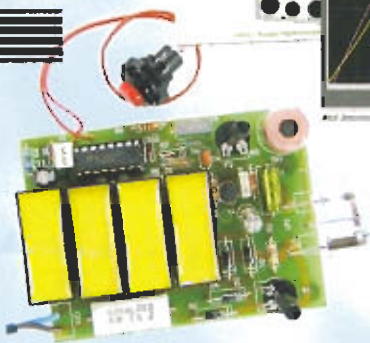


# RÁDIÓ – TECHNIKA ÉVKÖNYVE 2005



**Logger32**

**WinISD**



**ret**  
elektronika  
Tel.: 62/554-600 • www.ret.

**Anico**  
HÍRTELEPTECHNIKAI KÉREKEDÉLMÉSI ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.  
Nyiregyháza – Budapest  
Tel: 42/507-620, Tel.: 1/329-4089  
Általános  
MOTOROLA TAIT YAES  
márkakereskedő és szakszerviz

**INCOMP** Electronic  
Alkatrész kis- és nagykereskedés  
EXPORT - IMPORT  
2120 Dunakeszi, Fő út 35. ☎ (27) 342  
www.incomp.hu

**ELFA** ...ami az elektronika  
szükséges  
40.000 cikk egy katalógusban  
Kérje ingyenes katalógusunkat  
www.ageta.hu  
e-mail: ageta@ageta.hu AGeta  
tel: 30/256-4288

**Weller** szaküz  
Kft.  
1134 Bp. Angyalpályai út 38.  
ISO által minősített kéz-  
szerszámok kis- és nagy-  
kereskedelme.  
Tel.: 340-8456

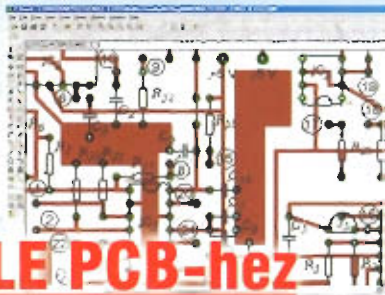
**A-oszt. HIP**



**SPITFIRE-antenna**



**EAGLE PCB-hez**



# Tervezzen magas szinten PIC18F-fel!



## Soklábú PIC® mikrokontrollerek a Microchiptől, nagysűrűségű memóriával

Pins	Memory	Program Sizes	RAM	Data EEPROM	Package Types	Serial I/O	Analog	PWR Capture Compare	Timers
PIC18F 40/44	Flash	4 to 64 kB	128 B to 4 kB	64 B to 1 kB	DIP, QFN, TQFP	PC™, SPI™, RS-232, RS-485, CAN, LIN	2 Comparators, 10-bit A/D (up to 13 channels)	10 bit (up to 2)	8 & 16 bit (up to 4)
PIC18F 64/68	Flash	32 to 128 kB	2 to 4 kB	1 kB	TQFP	PC, SPI, RS-232, RS-485, CAN, LIN	2 Comparators, 10-bit A/D (up to 16 channels)	10 bit (up to 5)	8 & 16 bit (up to 5)
PIC18F 80/84	Flash	32 to 128 kB	2 to 4 kB	1 kB	TQFP	PC, SPI, RS-232, RS-485, LIN	2 Comparators, 10-bit A/D (up to 16 channels)	10 bit (up to 5)	8 & 16 bit (up to 5)

Csak a csillagos ég a határ következő alkalmazásának tervezésénél: a Microchip 40...80 kivezetésű PIC-mikrokontrollereinek széles választéka minden perifériával és szükséges memóriaterülettel rendelkezik. Az akár 128 KiB flash memóriával, C-fordítóval támogatott és

40 MHz-es sebességű eszközök rendelkeznek minden olyan jellemzővel, amelyek segítségével nagyteljesítményű alkalmazások fejleszthetők. Vásárolja meg a 64-/80-kivezetésű PIC18FXX20 TQFP demó kártyát helyi disztribútoránál vagy a [www.buy.microchip.com](http://www.buy.microchip.com)-on!

**chipCAD**  
DISTRIBUTION  
Authorized Microchip Distributor

1094 Budapest, Tuzolto u. 31  
Tel: (+36-1) 231-7000, Fax: (+36-1) 231-7021  
[www.chipcad.hu](http://www.chipcad.hu)



**MICROCHIP**  
[www.microchip.com/highpin](http://www.microchip.com/highpin)

**A**  
**RÁDIÓTECHNIKA**  
**ÉVKÖNYVE**  
**2005**

## Szerkesztették:

Békei Ferenc főszerkesztő

okl. vill. üzemmérnök, HA5KU

Stefanik Pál ny. főszerkesztő

okl. villamosmérnök, HA5BT

## Írták:

Balás B. Dénes távközlési technikus

Békei Ferenc okl. vill. üzemmérnök, HA5KU

Dr. Falus László okl. villamosmérnök, HA5PE

Fáber József okl. villamosmérnök, HA5JJ/7

Dr. Fábrián Tibor okl. villamosmérnök

Ferenczi Ödön okl. villamosmérnök

Horváth Lajos rádióbemondó, HG5TZ

Horváth Péter híradástechnikai mérnök, HA8RM

Dr. Láng Róbert okl. gépészmérnök

Lóska Péter okl. IC-szakmérnök

Dr. Madarász László okl. villamosmérnök

Nagy Gyula villamosmérnök, HA8ET

Nagymáté Csaba villamosmérnök

ifj. Pálincás Tibor egyetemi hallgató

Plachtovics György műszeripari technikus

Schulcz Gábor okl. villamosmérnök, HA7SG

Dr. Simoncsics László okl. villamosmérnök

Sipos Gyula okl. IC-szakmérnök

Dr. Tolnai János okl. híradástechnikai szakmérnök,  
HA5LQ

Urbán István okl. villamosmérnök

Vörös Tamás tanár

## Tartalomjegyzék

Előszó .....	3
Az Elektromechanikai Vállalat története .....	4
Hangsugárzók tervezése PC-vel 2. ....	13
Elektroncsöves hangvégerősítők .....	44
A „Saját hangja, vigye haza!” stúdió története .....	70
Muzeális vevőkészülékek szakszerű restaurálása 7. Érdekes átalakítások .....	71
A világ rádiómúzeumai: Bécs .....	82
A stroboszkóptól a hangtárolóig – válogatott témák (URBÁN Elektronika) .....	84
A mikrovezérlők oszcillátor-megoldásainak fejlődése ...	100
Mikrokontrollerek a gyakorlatban .....	117
Az EAGLE 4.0 nyáktervező program használata .....	137
Az evolúció kerülőútjai a programozásban .....	155
20 MHz-es sweep- és függvénygenerátor .....	162
Technikatörténet – évszámokban .....	172
Napenergia-hasznosító áramtermelő rendszerek .....	177
A triak kapcsolástechnikája 2. ....	196
SG910 rövidhullámú adó-vevő .....	207
Az AM1 és az AH1 szélessávú erősítők .....	219
Nagytávolságú amatőrrádiózás a rövidhullámú alsósávokban 2. ....	233
Állomásvezérlő szoftver .....	243
CQ de HA... CQ de HG... 2004 .....	249
Rövidhullámú rádiózás – a nyelvtanár házhoz jön .....	254
Bevált kapcsolások .....	258
Sok kis kapcsolat .....	266
Akciós 2006-os évkönyv-rendelés .....	271
Hirdetések .....	272

### © A könyvvel kapcsolatos minden jog fenntartva!

A könyvben szereplő cikkek, ábrák, illusztrációk, ill. azok részei szerzői jogi védelem alatt állnak. Azokat részben vagy egészben bármilyen módon reprodukálni, adatrögzítő rendszerekben rögzíteni és/vagy tárolni, nyilvánosságra hozni (az iskolai oktatásban történő felhasználás kivételével) a kiadó egyértelmű engedélye nélkül tilos!

Kiadja a:

*Rádióvilág Kft.*

[www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)

A kiadásért felel: Békei Ferenc ügyvezető igazgató

Szedés: Sipos DTP-stúdió, Budapest

Felelős vezető: Sipos Gyula okl. IC-szakmérnök, cégt.



Nyomás: Athenaeum Nyomda Rt. 0405092, Budapest, 2004

Felelős vezető: Matolcsy Miklós vezérigazgató

HU-ISSN 0557-6229

# Előszó

A „Rádiótechnika” évkönyveinek immáron XXXVIII. kötetét tartja kezében a kedves olvasó. Ezen kiadványunkban is alapvetően a rádió adás-vétel technika, a műszer- és mérés technika és az általános elektronika területéről adunk cikkösszeállítást. Reméljük, olvasóink meglegedésére.

A 2005-ös esztendő többféle kedvező változást hoz a Rádióvilág Kiadó kiadványainál, így évkönyvünkénél is. A kedves olvasónak érdemes lesz odafigyelni ezekre, mert jelentős kedvezményhez is juthat általuk. Kiadónk például a „Rádiótechnika” folyóirat 1 éves előfizetését 2005 év végén egy ingyenes 2006-os RT évkönyvvel jutalmazza. A „Rádiótechnika” fél éves előfizetése is kedvezménnyel jár majd, – tessék hirdetésünkben utánanézni! Megéri! (Az igen kedvező lapelőfizetési ajánlat ezen évkönyvünkben is megtalálható.)

A Rádióvilág Kiadó kiadványai 2005-ben *nagyobb oldalszámmal, szebb papíron és színes kivitelben* jönnek ki! Mindezen termék-megújulás – sajnos és érthetően – áremelkedéssel is együtt jár, de mind a szerkesztőség, mind a kiadó bízik az olvasók megértésében. Bízunk abban, hogy érdeklődésükkel továbbra is kiténtetik megújult kedvenc lapjukat és annak évkönyvét.

Legújabb évkönyvünkben, egyebek mellett, ismét jelentkeznek állandó rovataink: az alkatrész-alkalmazás, a hangtechnika, a számítástechnika, a háztáji elektronika és az amatőr rádiózás. Bizton állítjuk: széles témaválasztékhoz kívánhatunk kellemesen hasznos évkönyvlapozgatást!

*A szerkesztőség*

## Koaxiális csatlakozók, kábelek, antennák és szerelvények egy helyről



Telegärtner

Kabelwerk  
EUPEN

DRAKA  
CABLES

FIMO

KATHREIN

### BNC • TNC • N • 7/16 • UHF

- \* Profesionális és standard csatlakozók
- \* Koaxiális túlfeszültség-levezetők
- \* Csatlakozóval szerelt kábelek
- \* GSM készülék- és antennacsatlakozók

### 5128 (1/2"-50) • 5228 (7/8"-50)

- \* Bázisállomási koaxiális kábelek

### RG 58 C/U • RG 213, 214 C/U

- \* Standard RG koaxiális kábelek

### RFB 1/2" • RFA5 7/8"

- \* Kábelrögzítő szerelvények, bilincsek
- \* Profesionális földelő bilincsek

### Mini UHF • FME • SMA • SMB

- \* SMA, TNC Reverse Polarity csatlakozók WLAN hálózatokhoz
- \* Antenna jumper kábelek, egyedi méréssel
- \* ISO 9001: 2000 minősítésű gyártás

### 213 RT 5 Low Loss

- \* Low loss (alacsony csillapítású) kábelek

### 1,35/3,6 AF Low Loss

- \* vékony, de kis csillapítású kábelek

### KMT 1/2" • KMT 7/8"

- \* Speciális, sugárzókábel tartó bilincsek
- \* Tömítő és vízmentesítő garnitúrák

### VHF • TETRA • GSM 900 / 1800 • GPS • CCIR URH/ GSM / GPS • CATV

- \* Gépjármű antennák minden sávra
- \* Kombinált többsávós antennák
- \* Szűrők, összegzők

- \* Profesionális bázisállomás antennák
- \* CATV fejállomás és hálózati építőelemek
- \* CATV mérőműszerek

ingyenes tervezési szaktanácsadás

budapesti raktár

megbízható műszaki háttér

1026 Bp. Guyon Richárd utca 13.  
Tel: 200-0296, 200-6968 Fax: 200-6971

Nagykereskedelmi forgalmazás:  
**RAKOTRADE Kft.**

e-mail: [mail@rakotrade.hu](mailto:mail@rakotrade.hu)  
<http://www.rakotrade.hu>

**Dr. Falus László okl. villamosmérnök**

*A nagy világegés után a magyar híradástechnika patinás nagyvállalatai, a Standard, a Telefongyár, a Philips, az Orion és a Tungstam tovább tevékenykedtek. Mellettük sikeresen működtek a negyvenes évek végéig a kisebb vállalkozások, amelyek az államosítást követően beolvadtak a nagyokba vagy új vállalatba összevonva dolgoztak tovább. A professzionális híradástechnikában új cégek is megjelentek 1945-46 idején. Történetünk szempontjából is kiemelkedik ezek közül a Fulmen és a Villamossági Vállalat. A romba dőlő távközlés és ipar újjáépítésén eredményesen tevékenykedő cégek, felismerve az államosítás közeledő veszélyét, maguk keresték a megoldást. A szövevényes történetek részleteit kiemelve, e két vállalatról kell elindulnunk ahhoz, hogy eljussunk az Elektromechanikai Vállalathoz, az EMV-hez.*

## Előzmények

*Szende Béla 1946 januárjában társaival megalapította a Fulmen Villamossági és Rádió Vállalatot [1]. Hamarosan igen jó kapcsolatokat alakítottak ki a Postával, a Standarddal, a Telefongyárral és több más vállalattal, melyeknek speciális műszereket készítettek. Később légitársaságoknak is dolgoztak, földi és fedélzeti rádióberendezéseket készítettek és szereltek fel. Műszereket fejlesztettek és gyártottak a Standardnál, a hazai és export célra megindult nagyadó-gyártáshoz. A Rádiótechnika régi évfolyamait lapozgató olvasó gyakran találkozhat a „Fulmen – Híradótechnikai mérőműszerek – Minőségi munka” szövegű hirdetésekkel. A cég a Budapest IX., Mester u. 46. alatt működött.*

*Csicsátka Antal a postamérnöki állását felhagyva 1946-ban Villamossági Vállalat néven alapította meg cégét, ahol elsősorban telefonközpontok alkatrészeit és átviteltechnikai berendezéseket gyártottak. A finommechanikai fejlesztésre és gyártásra jól felszerelt és más cégekkel kitűnően együttműködő vállalat különböző kapcsolókat és dugaszokat gyártott a Postának.*

A két cég Fulmen Villamossági és Műszeripari Kft. néven egyesült. Az ekkor már Albertfalván, a Perczel Mór u. (ma Bp. XI., Szalóki u.) 11. alatti irodákban és a Szatmár u. (ma Bp. XI., Szatmárhegy u.) 11-ben lévő műhelyekben 30 dolgozót foglalkoztató céget 1949 végén elérte az államosítás. A Belügyminisztérium és a honvédség számára készített adó- és egyéb berendezések iránt fokozódó igény jelentkezett. A két említett és néhány további kis cégből 1950-ben létrejött a „Központi Villamossági Nemzeti Vállalat” Bp. XI., Major u. 12. telephellyel. Az alapító Kohó és Gépipari Minisztérium 1951-ben átadta a vállalatot a Honvédelmi Minisztérium Haditechnikai Intézetének. Rövidesen egyesítették az addig is HM-tulajdonú, Daróczy úti Híradótechnikai Vállalattal. Az egyesített vállalatot rövidesen szétválasztották, a fejlesztés „289. sz. Vállalat” fedőnéven 1951. december 1-jén önálló lett [2]. Továbbra is a Major utcában működött, de megkapta a Haditechnikai Intézet (HTI) Bp. XI., Albert u. 31. alatti épületét is. Az épület már régóta a honvédségé volt. Az 1943. évi Telefonkönyvben megtalálható a következő bejegyzés: „M. kir. H. T. I. laboratórium – XI. Albert u. 31.”

A cégek története ezután két, eléggé párhuzamos pályán fut tovább. Az alapítók útja is kettévált. Szende Béla a későbbi Elektromechanikai Vállalatnál dolgozott műszaki vezetőként a tragikusán hamar bekövetkezett haláláig. Csicsátka Antal a Mechanikai Labora-

tórium vezető munkatársa lett. 1956-ban az USA-ban telepedett le és itt dolgozta ki a pilotjeles sztereoadás rendszerét.

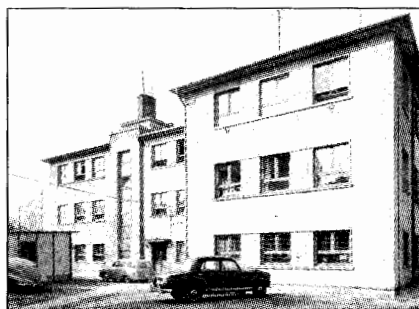
## Az EMV első időszaka

A fennmaradt iratok között megtalálható 1952. október 8-i keltezésű levél szerint szeptember 8-án 333. sz. Híradástechnikai Vállalat néven új cég alakult, amelynek címe: Bp. XI., Albert u. 31. Az átalakulási folyamat sokáig tartott, mert egy, a Híradótechnikai Vállalat fejléces levélpapírján írt 1951. december 18-i levélben már a vállalat kettéválását közlik. Az EMV születésének idejeként a vállalat 20 éves fennállása alkalmából kiadott könyvben is 1952. szeptember szerepel azzal, hogy a 333. sz. Híradástechnikai Vállalat 1953-ban vette fel az Elektromechanikai Vállalat nevet. Az alakuláskor a létszám 63 fő volt [3].

Érdekes az ebben az időszakban kialakult embléma is, amely nagy hasonlóságot mutat mind az USA egyik világhírű rádiótechnikai cégének, a COLLINS-nak, mind a többi, akkoriban polgári nevet kapott haditechnikai vállalatnak, például a Mechanikai Laboratóriumnak a jelképével.

Az Albert utca ma *Petzval Józsefnek*, a világhírű magyar optikusnak a nevét viseli. A környék családi házakkal beépült, igen csendes terület volt. A 31. számtól nem messze már földút vezetett Kelenföld vízenyős, beépítetlen vidékére. A Fehérvári úttal párhuzamos első mellékutcában, az utcai fronttól távolabb lévő, jól rejtőző földszintes épületben korábban a HTI Vegyi laboratóriuma működött. Hamarosan még két szintet kapott és ebben a formájában működött több, mint egy évtizeden át. A földszinten a mechanikai műhelyek voltak, az első emeleten az irodákat, a másodikikon a laboratóriumokat helyezték el.

Ebben az időben a feladatok szinte kizárólag haditechnikai jellegűek voltak. A következő néhány nagy téma, fejlesztési eredmény ma is emlékeztet:

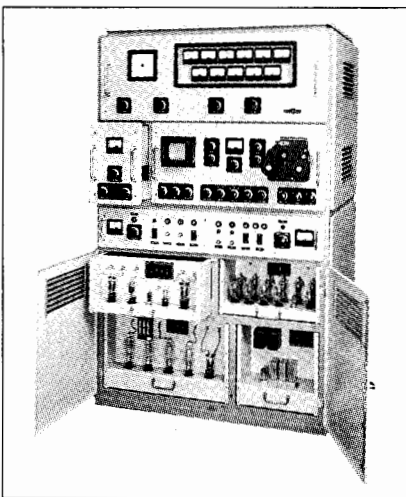


**A vállalat épülete az 1960-as évek elején**

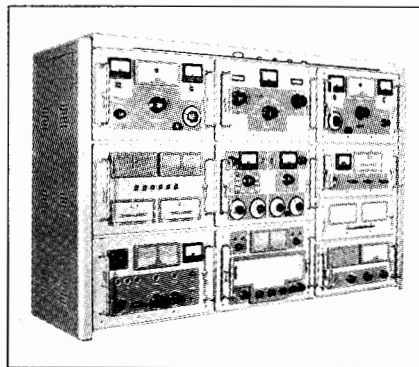
### a) Ionoszférakutató berendezés

A rövidhullámú távközlésnek ebben az időben még nagy jelentősége volt. Az ionoszféra különböző rétegeinek viselkedése, magassága, határfrekvenciái mind a műsorszórás, mind a polgári és a katonai távközlés számára fontos jellemzők voltak. A méréseket hazánkban a kezdeti időben kézi hangolású berendezéssel végezték, amit 1955-ben az EMV által készített félautomata rendszerre váltott fel. Ennek továbbfejlesztése 1956-ban kezdődött a vállaltnál. A munka eredménye az IRX típusú berendezés volt, amely az 1958. évi brüsszeli vilákiállításon nagydíjat kapott. A fejlesztők – Szende Béla, Halmágyi Tibor, Hofgard Károly és Tófalvi Gyula – 1959-ben Kossuth-díjat kaptak. A kitüntetést Szende Béla, az EMV műszaki vezetője már nem érte meg és Halmágyi Tibor, a berendezést fejlesztő labor húszas éveiben járó vezetője is fiatalon, 1960 tavaszán elhunyt. Az első, az EMV-nél készített berendezést az Országos Meteorológiai Intézet pestszentlőrinci obszervatóriumában szerelték fel. A sorozatgyártásra 1958-ban az óbudai Budapesti Rádiótechnikai Gyárban (a BRG-ben) került sor, ahol 25 db készült exportra, az EMV fejlesztőinek közreműködésével.

Az ionoszférakutató berendezés alapvetően három, egymással együttműködő részből, az adóból, a vevőből és a kettős antennából állt. A frekvenciatartomány 0,5-20 MHz, az adó impulzus-csúcs teljesítménye 120 kW, a hangolás automatikus volt. A függőlegesen felfelé sugárzott adóimpulzusok a 100...800 km magasságban lévő réte-



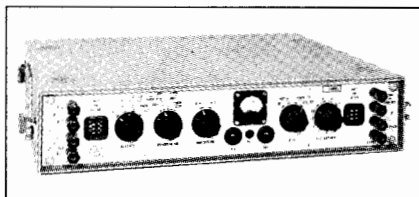
Az ionoszférakutató berendezés



Az Óceán hajórádió

gekről visszaverődtek és a vevőbe jutottak. Az oszcilloszkópok ernyőjének vízszintes eltérése a frekvenciának, a függőleges az adás és a vétel közötti időnek, tehát a visszaverő réteg magasságának, fényének intenzitása pedig a visszavert impulzus szintjének felelt meg. Az egyik oszcilloszkópról automatikus fényképezőgéppel a mérési periódusok rögzíthetők voltak.

A berendezés egy példányát az Országos Meteorológiai Intézetben megőrizték, így azt a Millenáris Parkban, a 2002-ben rendezett kiállításon, a magyar tudomány eredményei között bemutatatták [4].



A TCT 1-2 vivőfrekvenciás távbeszélő-berendezés

### b) Rádiótechnikai berendezések

A magyar ipar által gyártott tengerjáró hajók számára készült az „Óceán” hajórádió a kiegészítő készülékeivel együtt. A vevő- és az adókészülékeket tartalmazó alacsony állványt a rádiófülkébe szerelték be. Külön készülék volt az automatikus riasztójel-adó, ami a vészfrekvencián önműködően tudott segélykérő jeleket adni. Különleges, vízmentes, a vízbe dobást kibíró, ütésálló burkolattal készült az adó és vevőt tartalmazó mentőcsónak-rádió. Áramellátása kézzel forgatható dinamóval történt. További termék volt az 1 kW-os rövidhullámú adó nagystabilitású vezérosszcillátora.

### c) Átviteltechnikai készülékek

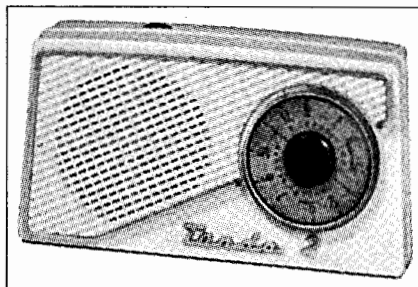
A vivőfrekvenciás távközlés az ötvenes években elsősorban a nagy csatornaszámú berendezéseket igényelte. Az EMV-ben a kis csatornaszámú változatok iránti igényre dolgozták ki a tranzistoros vivőfrekvenciás TCT 1-2 típusú távbeszélő-készülékeket, a TVT 4 négycsatornás FM táviróberendezést, továbbá a TVT 5 egycsatornás táviróadaptert, amelyeket a vállalat hosszú évekig sorozatban gyártott és amelyek eljutottak távoli országokba is. Különböző erősítőállomások és vonalvizsgáló műszerek is készültek.

### d) Egyéb készülékek

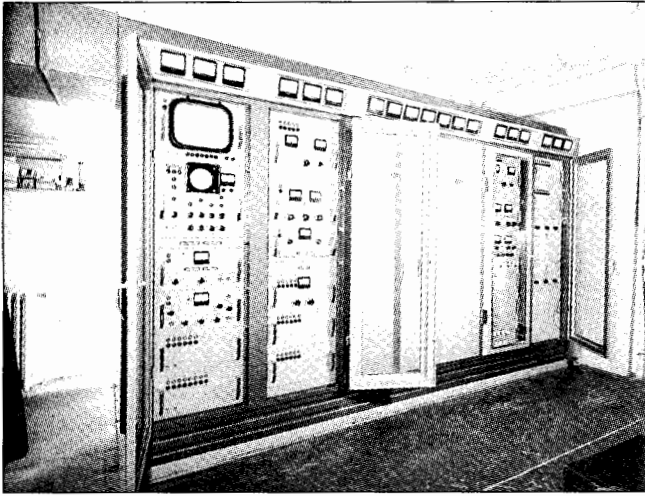
Újdonság volt a „Tünde” tranzistoros zsebrádió a középhullámú sáv vételére. A teljesen félvezetős felépítés mellett több technológiai különlegessége is volt: a kisméretű hangszóró, a golyós finommeghajtó, a fóliaszigetelésű forgókondenzátor és a nyomatott áramkör. A készülék, az Orion gyár rádiócsaládjának tagjaként, megkapta az 1958. évi brüsszeli vilákiállítás nagydíját. További termékek voltak: a radioizotópos szabályozó (RADAT) és a gázanalizáló.

### Kísérleti laboratóriumból ipari vállalat

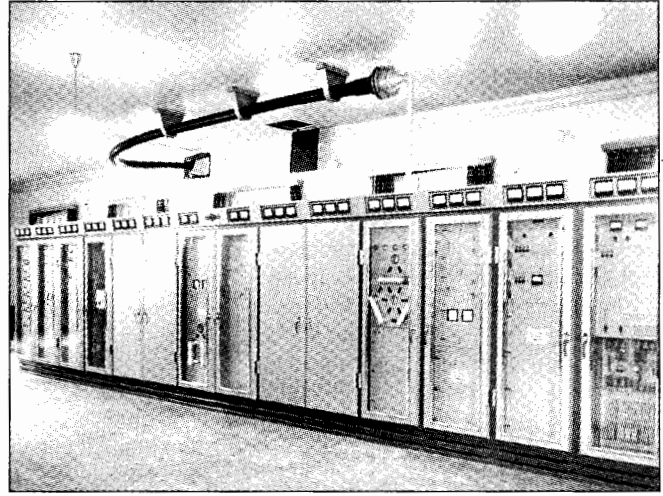
A hely egyre szűkebb lett, a laborokban egyre nagyobb lett a zsúfoltság. A kis sorozatokat a Szemere utcában létesített külső részleg gyártotta. A helyzet enyhítésére kapta meg a vállalat a Műszaki Faárugyár Kocsis utcai telepét, ahol addig rádió- és televíziókészülékek dobozait (káváit) gyártották. Az itt lévő épületekben először adómérő próbatermek, irodákat és kisebb műhelyeket helyeztek el, majd évek múlva ezen a részen épült meg az új laborépület, a



A Tünde zsebrádió



**A kékesi tévéadó**



**A Kab-hegyi tévéadó**

Mohai úti oldalon pedig az üzemcsarnok. A létszám 1965-re elérte a 600 főt.

Az ionoszférakutató berendezés sorozatgyártása még folyt, a berendezéseket sorban helyezték üzembe külföldön, amikor új téma jelent meg igényként a vállalatnál. A Posta 1958-ban televízió-adóberendezés fejlesztését kérte. A munka egy, a szakterület neves képviselőiből álló munkabizottságban hamarosan elkezdődött. Az ország legmagasabb pontjára, a Kékestetőre szánt III. sávi berendezés áramköri tervezése 1959 elején kezdődött és a feszített ütemű munka eredményeként a berendezés 1960 júliusában lett felállítva a helyszínen. Ez azonban közel sem jelentette azt, hogy a fejlesztés befejeződött volna. Azt azonban igen, hogy a 4/0,8 kW-os adó 1960. augusztus 25-től az ország jelentős területe számára

sugározta az első „televíziós olimpia”, a római olimpia nagy érdeklődéssel fogadott helyszíni közvetítéseit. A fejlesztés befejezésére, majd a végleges átadásra a helyszínen, a következő mintegy háromnegyed év alatt került sor. A berendezés 4 kW-os kép- és 0,8 kW-os hangadóból és az üzemi ellenőrző műszerekből állt. A kép- és a hangadó kimenőteljesítményét a diplexer egyesítette, ami nagyméretű koaxiális szűrőkből és transzformátorokból állt [5].

A panelekből felépített adóantennát a budapesti Népligetből áthelyezett, korábbi ejtőernyős-gyakorló toronyra szerelték fel. A berendezés elkészítése számos elektromos áramköri, mechanikai konstrukciós és gyártási probléma megoldását tette szükségessé.

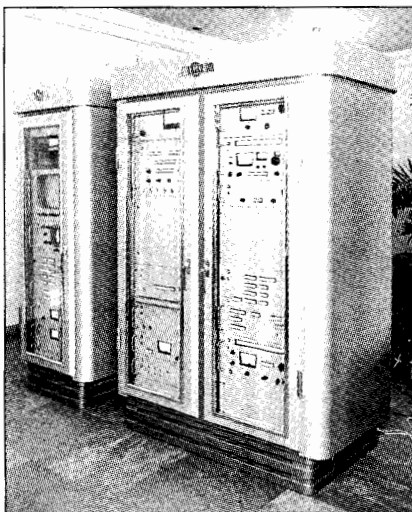
A kékesi után a Kab-hegyi tv-adó következett, új feladatokkal. A berendezés 20/4 kW teljesítményű volt a III. sáv legfelső, 223–230 MHz közötti csatornájára. A frekvencia és a teljesítmény új feladatokat jelentett. A kékesi adó tapasztalataiból kiindulva jóformán az egész berendezés, és nem csak a nagyobb teljesítmény miatti fokozatok, új fejlesztésűek voltak. Új konstrukció volt a berendezés automatika-rendszere és kezelőasztala [6]. Itt jelentek meg először a berendezés mérését és üzemvitelét szolgáló műszerek. Rendszerben és elemeiben új volt az antennarendszer, amelyet a helyszíni felszerelés előtt alapos vizsgálatnak vetettek alá a vállalat Bugyi község határában, Telekpusztán létesült mérőtelepén [7].

A televíziómérő- és üzemviteli műszerek, amelyeket Kab-hegyen mérő-

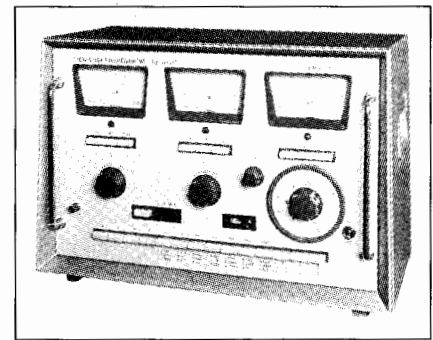
és stabilizáló állványokba építettek be, a teljesség igénye nélkül a következők voltak: tv-mérődemodulátor, tv-mérő-oszcilloszkóp, szélessávú generátor, video-vobbulátor, jelellenőrző oszcilloszkóp, AM-FM löketmérő, széles sávú szintmérő, hanggenerátor, vizsgáló-jel-generátor és keverő, automatikus videoszinttartó. A műszereket később mind állványba építve, mind pedig önálló kivitelűként értékesítették [8].

A műszerfejlesztés egyéb területeken is jelentős eredményeket ért el. Megszülettek a tranzisztorok alkalmazásához szükséges műszerek; a zajtényező-, a béta- és a határfrekvenciamező mérő műszerek, továbbá passzív alkatrészek mérésére a százalékoló mérőhíd. Ezekkel a készülékekkel ellátták a félvezetők alkalmazását megkezdő hazai ipart is.

Az antennamérő-telep története 1954-ig nyúlik vissza, amikor a Hadi-technikai Intézet kiadta az „Antennakísérleti állomás” követelményeit és utasítást adott a megvalósításra [2]. A Telekpusztán létesített objektumot ké-

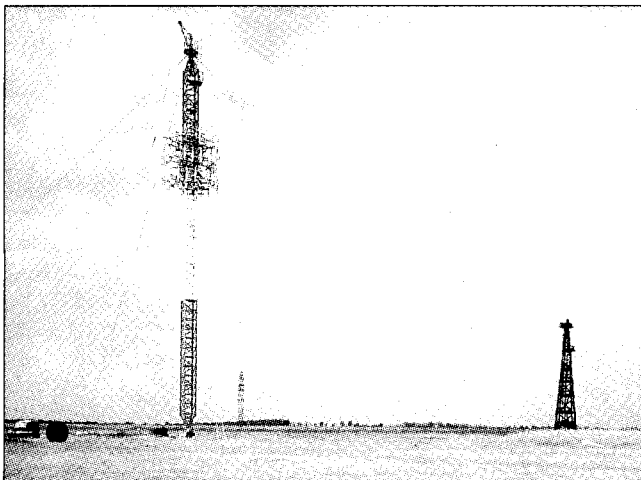


**Tévémérő- és stabilizáló állvány**

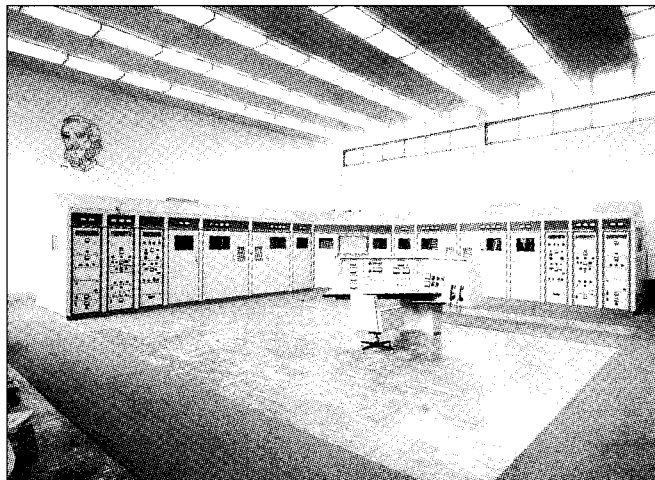


**Tranzisztorparaméter-mérő**





**A telekpusztai antennamérő-telep**



**A lakihegyi 300 kW-os Kossuth adó**

sőbb a BHG használta, majd az EMV kezelésébe került. A beépített területtől és az országúttól távoli telepen műszerek és eszközök elhelyezésére, valamint szociális célokra szolgáló épületet és telepőri lakóházat építettek. A mérések céljára egy 40 m magasságú fatorony és két, 45 és 32 m-es forgatható acéltorony épült. A mérendő antennát, antennarendszert az acéltoronyra szerelték. A mérés a fatoronyban, a műszerek számára készült helyiségben zajlott, a megfelelő magasságban felszerelt vevőantennával. A zavarmentes szabad terület egyéb mérésekre is alkalmas volt, így itt kísérletezték ki a jázberényi rövidhullámú tápvonalat és végeztek méréseket antennák kisméréti mintáin.

Az 1965–66. évek elhozták a tévéadó-ágazat számára az első nemzetközi sikert. Az osztrák Österreichischer Rundfunk két I. sávi, 4/0,8 kW teljesítményű adót vásárolt. A berendezéseket az alsó-ausztriai Jauerling és a tiroli Patscherkofel adóállomásokon szerelték fel. Ennek, az osztrákokkal kialakult kapcsolatnak, jelentős műszaki előnyei is voltak. A műszaki egyeztetés és az átadási mérések során számos minőségi és konstrukciós követelmény, mérési eljárás jutott el a témával foglalkozó szakemberekhez. Az első, Ausztriába szállított adó a Magyar Posta számára, a budapesti adóállomásra készült tartalékadó volt, amit így az eredeti határidőnél később, késéssel szereltek fel. Tokajban már 1960-ban megkezdődött a tévéadás egy, a Posta szakemberei által készített adóval. Ezt váltotta fel 1965-ben az EMV által épített 20/4 kW-os adó, aminek a frekven-

ciáját a II. sávban, az európai URH-műsorszóró sávban jelölték ki. A Posta ebben az időszakban készítette elő a IV. sávi tévéadó-hálózatot. A telephelyek kijelölésére lefolytatott mérésorozatnál az EMV-ben készített 100 W-os, hordozható mérőadót alkalmazták.

Az átviteltechnikai eszközök jelentős sorozatú gyártására került sor. A fejlesztés elkészítette az 1–4 csatornás távgépíró-adaptert és a vivőfrekvenciás telefonberendezés kiegészítő egységeit. Megszületett a PERSOTON hatsatornás, vezeték nélküli tolmácsberendezés.

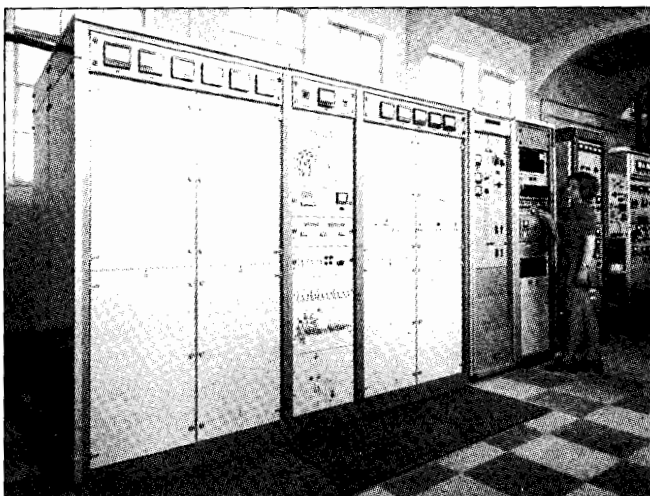
A tévé-, majd az URH-adóberendezések fejlesztésével párhuzamosan dolgozták ki az összegező-berendezéseket és antennarendszereket. A tévékép- és hangadók, illetve a különböző frekvenciájú URH-adók közös antennára csatlakoztatása összegező berendezésekkel történik. Ezek alapegységei a nagyteljesítményű, 3 dB-es iránycsatlók és a koaxiális szűrők, amelyek terhelése és egyéb jellemzői különleges konstrukciós és gyártási követelményeket támasztanak. Az antennarendszerek antennapanelekből és az azokat összekapcsoló nagyteljesítményű elosztókból állnak. A rendszer nyereségére és sugárzási jelleggörbéjére vonatkozó követelmények alapján alakították ki az elemekből az adott rendszert. Az esetek többségénél a körsugárzóétól eltérő karakterisztikát írtak elő, ami a rendszerek egyedi mérőtelepi felépítését és vizsgálatát tette szükségessé. Az idők folyamán valamennyi tévésávra és mindkét, a 70 MHz-es (ún. OIRT) és a 100 MHz-es (ún. CCIR)

URH-sávra kidolgozták az összegezőket és az antennákat is.

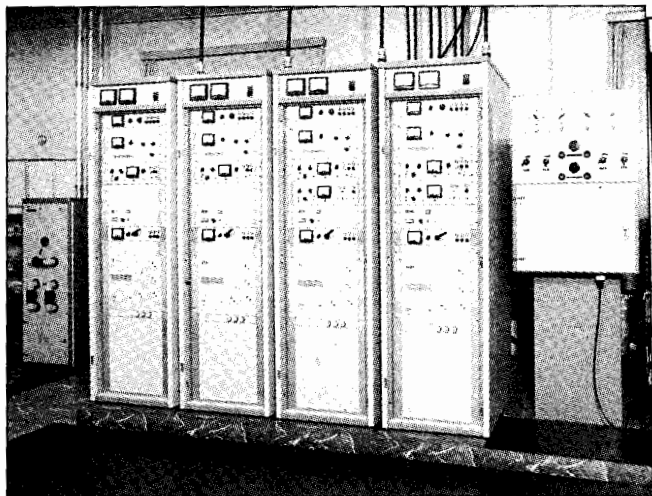
Az új feladatok új áramköri és mechanikai konstrukciók, mérés-technikai és technológiai területek megteremtését igényelték. Az adástechnika a nagyfrekvenciás, nagyteljesítményű erősítők, a videotechnika, a nagyfeszültségű tápegységek és a koaxiális tápvonalak, szűrők témakörét hozta magával. A koaxiális technika keretében néhánykor tíz kilowatt átvitelére alkalmas merev, rézcsövekből készült tápvonalak és nagyteljesítményű, koaxiális szűrők kidolgozására volt szükség. Mérés-technikai területen meg kellett teremteni az 1 GHz-ig terjedő tartományban a televíziós és az impedancia-mérések feltételteleit. Jelentős induló feltételt teremtett, hogy 1959-ben komplett televízióadó mérőkészülék (Bildsender Messgestell) érkezett a német Rohde & Schwarz cégtől. Az antennarendszerek is új igények teljesítését és az azokhoz kapcsolódó rendszermérési feltételeket kívánták meg. Konstrukciós területen új volt a nagyvázak és fiókrendszerek tervezésének, a léghűtés megoldásának és a koaxiális elemek kidolgozásának feladata. Technológiai újdonság volt a nyomtatott áramkörök, a rugós érintkezők gyártása és a nagyméretű alkatrészek ezüstözése is.

### **A profilrendezés**

A híradástechnikai ipart irányító minisztérium 1966-ban rendeletileg az EMV-hez helyezte a műsorszóró és kommunikációs adók, valamint antennák gyártását. A nagyteljesítményű rő-



**A 20 kW-os ISB-adó (Székesfehérvár)**



**3 kW-os URH-FM adóberendezések**

vid- és középhullámú adók addig a Magyar Adócsőgyárban, a Váci úton, az URH-műsorszóró berendezések a Budapesti Rádiótechnikai Gyárban (a BRG-ben) készültek. A Magyar Adócsőgyárban akkor már folyt az új, 300 kW teljesítményű, lakihegyi középhullámú adó fejlesztése. Gyártását az átszervezés után is a Váci úton fejezték be 1969-ben az EMV-be átkerült munkatársak, és csak 1970-ben költöztek át a Petzval József utcába. A BRG ekkor még gyártotta a korábban kifejlesztett 10 kW-os FM adóberendezéseit, elsősorban exportra. A témával foglalkozó munkatársai a BRG-ben maradtak.

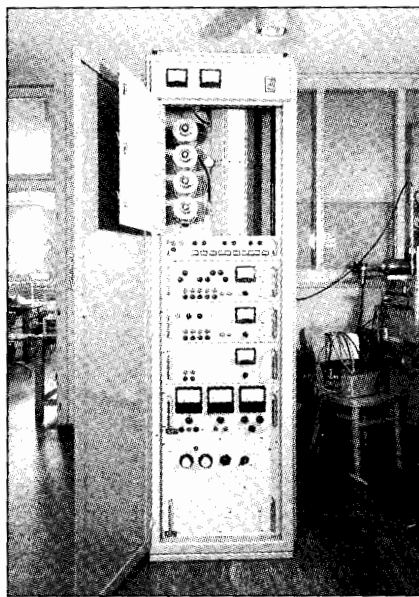
A lakihegyi rádióállomás számára készített 300 kW-os adóberendezés két azonos, 150 kW teljesítményű részből állt. A két részt összekapcsoló fokozat biztosította a két rész közötti automatikus átkapcsolást és a párhuzamos, 300 kW-ot eredményező üzemet. A teljesítménynek 135 kW-ról 300 kW-ra emelése szükségessé tette a 314 m-es, a magyar rádiózás jelképeként ismert antenna talpszigetelőjének cseréjét. Talán érdekes megemlíteni, hogy az eredeti szigetelőt 1932-ben egy USA-beli cég szállította. Az 1966-ban küldött megkeresésre azt válaszolták, hogy megvannak a 35 évvel korábbi rajzok és 3 hónap alatt tudják az új szigetelőket szállítani. A 300 kW-os berendezéssel megvalósították a régi igényt, a zivatar ideje alatti sugárzást. Zivatar közeledtekor korábban az adást leállították és az antennatornyot leföldelték. Az új rendszer szikraközökkel védi az adóberendezést és a nagyfrekvenciás meghajtás rövid idejű lekap-

csolásával biztosítja, hogy a begyűjtött szikraközön az ívet az adó RF-teljesítménye ne tartsa fenn.

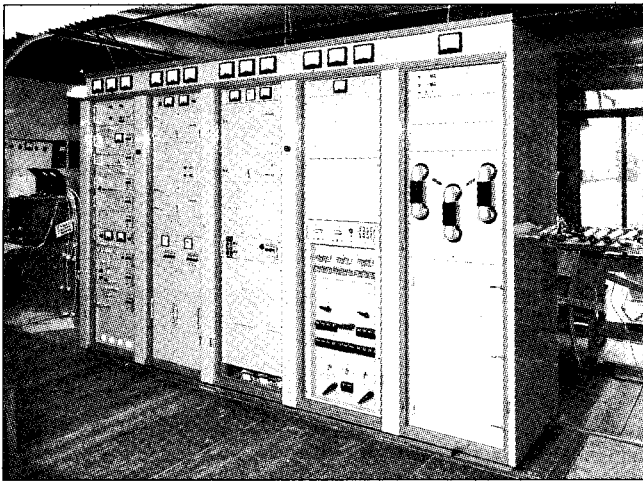
A Posta 1967-ben (a rádiókommunikációs szolgálata számára) korszerű adóberendezés fejlesztésével bízta meg az EMV-t. A berendezés alapegysége a dekadikus oszcillátor és a minden adásmódra, így az egyoldalsáv-os (SSB-n) kívül, a független oldalsáv-os (ISB) adásra is alkalmas modulátor volt. A meghajtófokozat széles sávú tranzistoros és elektroncsöves lánc-erősítőből állt. A végfokozat automatikus hangolású tetródás erősítő volt. Az első berendezést további kettő követte a székesfehérvári rádióállomásra. 1 kW-os rövidhullámú kommunikáci-

ós adókat gyártottak a követségi rádióhálózat számára. A berendezésben a hangolóelemeknek az egyes üzemi frekvenciákhoz tartozó állását mechanikai egységek tárolták és lehetővé tették az automatikus visszaállást. Kisebbsorozatban készültek a 20/100 W teljesítményű rövidhullámú mobil SSB adó-vevők. Ez időben készültek a Magyar Posta számára és egyiptomi exportra 5 kW-os középhullámú adók is.

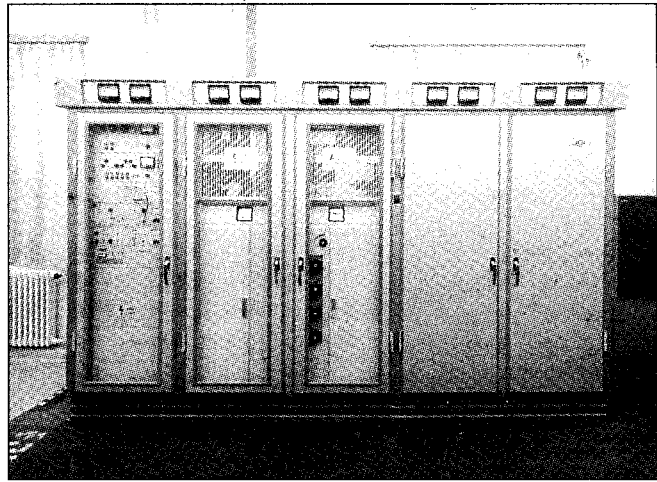
Megkezdődött az URH-FM adócsalád berendezéseinek fejlesztése. Az ötvenes évek végén politikai döntés született, hogy Magyarországon az URH műsorszórára nem a tervezett európai 87,5–100 MHz-es frekvenciasáv, hanem a 66–73 MHz-es ún. OIRT-sáv lesz alkalmazva. Ez a döntés sok nehézséget okozott nemcsak a Posta mérnökeinek, hanem az adók építőinek is. Az antennák és a szűrőberendezések közel 40%-kal nagyobb méretűek lettek, az európai sáv akkor még 12 MHz-es szélessége helyett az OIRT-sáv 7 MHz szélességű volt. Ebben a keskenyebb sávban kellett a célul tűzött háromműsoros magyar hálózat frekvenciáit elhelyezni. Ez az adókat összegező szűrőknél jelentett igen nehezen megoldható problémát. Sok helyen kellett 0,7 MHz frekvenciakülönbségű, 10 kW-os adók teljesítményét összegezni. Elkészültek a 0,3, 3 és 10 kW teljesítményű adók, amelyek sztereokódolója és 5 W-os alapegysége teljesen tranzistoros volt. Az egyes adók automatikus tartalékolásúak voltak, hiba esetén az azonos teljesítményű tartalék vette át az üzemet. Az állomásonkénti három adó kimenőteljesítményét koaxiális szűrőkből és 3 dB-es telje-



**TV IV/V. sávi 100 W-os adóberendezés**



10/2 kW-os KF-modulált TV I. sávi adó (Ausztria)



A TV IV. sávi 4/0,8 kW-os első színesadó

sítmény-csatolókból álló berendezések összegezték a közös antennához. A gyakran nem kör, hanem speciális iránykarakterisztikájú antennarendszerek panelekből épültek fel. Ezekből a berendezésekből épült meg az OIRT-sávi URH-FM adóhálózat.

További tévéadók készültek és megkezdődött a tévé-átjátszók fejlesztése is. Komádiban 1968-ban 4/0,8 kW-os, automatikus tartalékolású adót, továbbá antennarendszert szereltek fel. Az átjátszók az I. és III. sáv vételére és adására alkalmas családot alkottak. A vevő és 1 W teljesítményig az adó tranzistoros volt, csak a 20 W-os végfokozatban volt elektroncső. Eb-

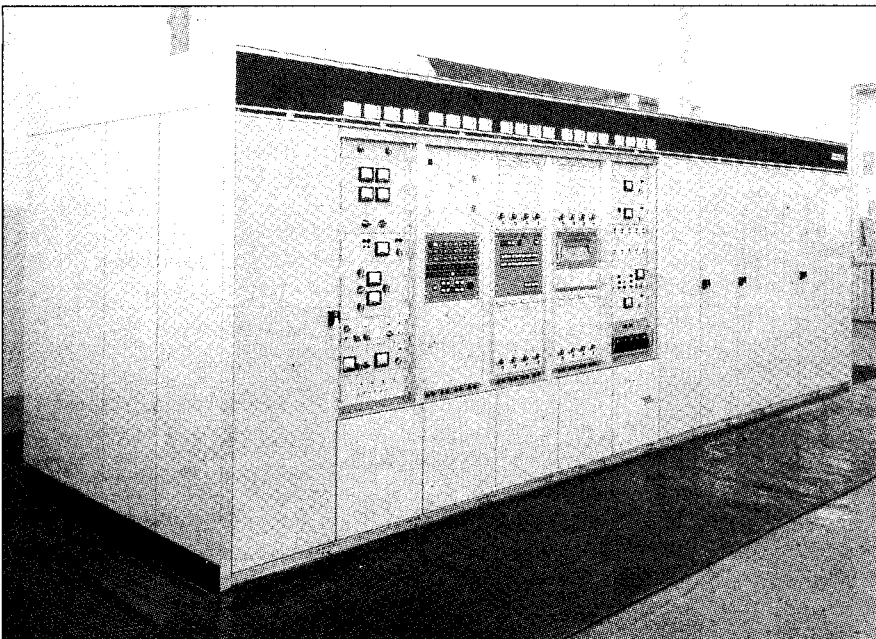
ből a típusból épültek a Posta átjátszó-állomásai a hetvenes években.

A nagy adógyárak figyelmüket a III. és IV/V. sávi berendezésekre fordították, mivel ebben a két frekvenciasávban van a csatornák 94%-a, így ezeket az adókat rendelték elsősorban. Az I. sáv három csatornájában is működtek állomások, ezért az 1960-as évek végén igény volt ilyen korszerű berendezésekre is. 1971-ben ismét Ausztriában sikerült versenytárgyalást nyerni 10/2 kW-os adó szállítására, a már említett Jauerling állomásra. A berendezésben az akkoriban tért hódított középfrekvenciás modulációt alkalmazták. A fokozatok – a nagyteljesítmé-

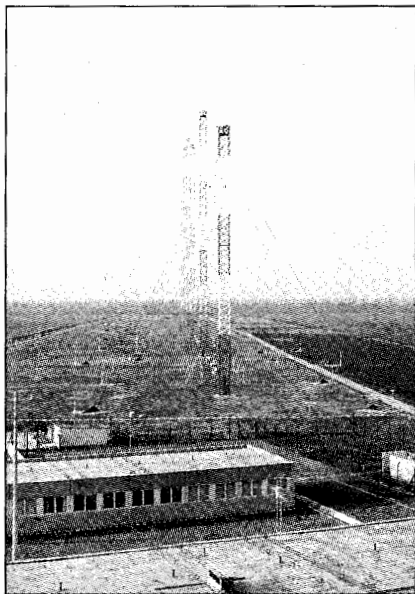
nyűk kivételével – tranzistoros áramkörök voltak.

A CCIR 1966-os oslói közgyűlésén döntés született a színes televízió szabványairól. Az európai országok többsége a német PAL-t, Franciaország, valamint politikai döntés következtében a Szovjetunió és a kelet-európai országok a francia SECAM-rendszert választották. A színes televízió bevezetése rohamléptekben megindult. Az első, zártkörű kísérletre az EMV laboratóriumi épületéből, 1967-ben került sor. Az 1968-as Budapesti Nemzetközi Vásár alkalmával az EMV egy 100 W-os, haladóhullámú csöves végfokozatú adóval sugározta a Városliget melletti, akkori VEGYTERV-irodaház tetéjéről, a Magyar Televízió Szabadság téri stúdiójában készült színes műsort. Az első adásról a szereplők – a műsorról és a stúdióbeli körülményekről – többször is, részletesen megemlékeztek, de az adóról ilyenkor egy szó sem esett. A vásár látogatói a műsort a magyar gyárak kiállított kísérleti készülékein nézhatték.

A Magyar Posta ekkor már színes sugárzásra alkalmas adóberendezés külföldi beszerzését tervezte. A korlátozott devizalehetőségek miatt a 2/0,2 kW-os adót nem importálták, a megrendelést az EMV kapta. A berendezés középfrekvenciás (KF) modulációjú volt, a kép- és a hangjeleket együtt erősítették (multiplex rendszer). A végfokozatban négyüreges klisztront alkalmaztak, amelyre a gyártó angol cég az alkalmazott erősítési módban és az előírt torzítás mellett 2/0,2 kW kimenőteljesítményt garantált. A fejlesztés során kidolgoztak egy, a kisteljesít-



250 kW-os RH adóberendezés



### A jászberényi RH antennarendszer

ményű fokozatba beépített előtorzító áramkört, ami lehetővé tette, hogy az adót 4/0,8 kW teljesítménnyel adják át 1969 márciusában a budapesti adóállomáson. Az antennarendszert az épület tetején helyezték el. Az állomáson 1975-ben 40/4 kW-os adót szereltek fel, az első berendezés ezután Győrbe került, ahol még sokáig volt üzemben.

### Az 1970-es évek és a vállalat megszüntetése

Az 1970-es évek elején az egész vállalat számára nagy feladat az új rövidhullámú telephely berendezéseinek és antennáinak az elkészítése volt. A Jászberényhez közeli, Jászágó község határában kijelölt adóállomás építkezését 1965-ben kezdték, az avatás 1974 novemberében volt. Az állomás EMV által fejlesztett és szállított adástechnikai berendezései a következők voltak:

#### Adóberendezés

Két 250 kW-os berendezés készült a 3,9–26,1 MHz-es frekvenciasávra. Tíz frekvencia előre programozható volt, a hangolóelemek ezekhez tartozó állását tárolni lehetett, a berendezés egyébként félautomatikus, illetve kézi hangolású volt. A frekvenciaváltás ideje 2 percen belüli. A kis- és a középteljesítményű fokozat félvezető, a meghajtó- és a végfokozat elektroncsöves volt. Az adóberendezés aszimmetrikus kimenettel csatlakozott az emeleten elhelyezett szimmetrizálóhoz.

### Szimmetrizáló és kombinátor

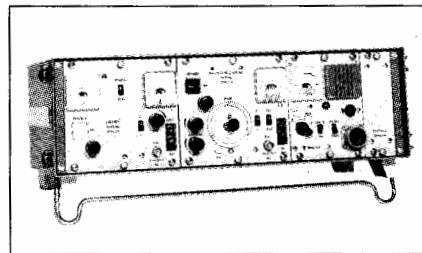
A szimmetrizálók az adó kimenetét csatlakoztatják a következő szimmetrikus tápvonal- és antennarendszerhez. Az egyes adók kimenetét a kombinátorok kapcsolják a kimenő főtápvonalak egyikéhez vagy a műantennához. Minden antennaághoz két főtápvonal tartozik, így arra is lehetőség van, hogy egymás melletti antennák sugározzanak, természetesen eltérő sávokban.

### Antennarendszer

Az antennarendszereket az adóépülettől három irány felé kiinduló, következő ágakban rendezték el: északnyugati ág, keleti ág, délnyugati ág, ami a kezdeti szakasz után déli irányban megtörik.

A kombinátortól az egyes ágak felé két-két 300 ohmos, szimmetrikus tápvonal vezet. A tápvonalat egymástól 440 mm távolságban lévő 80 mm átmérőjű hengerfelületen elhelyezett 8–8 huzalból alakították ki. Az egyes antennáknak a tápvonalra történő rákapcsolása, az irányváltás és a karakterisztika elfordítása távvezérelt kapcsolókkal történik. Az ágakat, az antennatípusokat, a sávokat és a sugárzási célterületeket a táblázat tartalmazza.

A HRR és a HRRS antennatípusok vízszintes dipólokból álló, egymással párhuzamos függönyantennák. Az egyik függöny sugároz, a másik reflektorként működik. A szerepük átkapcsolással megcserélhető és ezzel a sugárzási irány 180 fokkal változtatható. A HRRS típusoknál az egymás melletti dipólokat tápláló áram eltérő fázisával a sugárzási irány a vízszintes síkban elfordítható. A típusjelben a *H* a víz-



URH-FM szervizműszer

szintes dipólokat, az első *R* a reflektorháló alkalmazását, a második *R* a sugárzási irány megfordításának, az *S* pedig az elfordításnak a lehetőségét jelzi. Az első két szám az egymás melletti, illetve feletti dipólok számát, a harmadik pedig a legalsó dipólnak a föld feletti magasságát (hullámhosszban) adja meg. A magasság a kilövési szöveget határozza meg, a 0,25 érték a legfeljebb 2000 km-es rövid-, az 1 a közepes- és nagytávolságú sugárzás antennáihoz tartozik. A hét függönyantenna 6 és 21 MHz között egy-egy sáv sugárzására alkalmas. Az északnyugati ág végén lévő körsugárzó antenna 4 MHz-es, a déli ág végén lévő a 6 MHz-es sáv sugárzására készült.

Tovább folyt a tv-adók fejlesztése és gyártása. Az Ausztriába, Jauerlingre 1970-ben szállított berendezés megnyitotta az utat a további sikeres versenytárgyalásokhoz. Így került sor arra, hogy három teljesen tartalékoltt, tehát hat 10/2 kW-os adó 1972 elején a szerződés megkötése előtti szakaszba jutott a nyugatnémet Bayerischer Rundfunkkal. A szerződés aláírása előtt a magyar fél visszalépett. A németek azt hitték, hogy politikai okból, a témával foglalkozók pedig nem ismerték meg a tényleges okot, ami talán az

Ág	Sugárzási irány (fok)	Antenna-típus	Célterületek
Északnyugati	65 ± 10	HRRS 4/4/1	Ázsia, Ausztrália
	245 ± 10		Dél-Amerika
Keleti	7	HRR 2/2/0,25	Belföld és környező országok
	187		Észak-Európa Dél-Európa, Észak-Afrika
Délnyugati	1. szakasz	HRRS 4/4/1	Közél-Kelet, Kelet-Afrika
			316 ± 10
	2. szakasz	HRR 2/2/0,25	Kelet-Európa, Közél-Kelet
			288
		TRO 4/1/0,25	Belföld és környező országok

lehetett, hogy az illetékes vezetők a vállalat véges gyártási erejét kevésnek ítélték a határidőre történő teljesítéshez. Ezekből a berendezésekből alakultak ki a Magyar Postának a következő időszakban Budapestre, Győrbe, Kab-hegyre, Nagykanizsára, Pécsre, Sopronba és Szentesre szállított I. és III. sávi 1, 4 és 20 kW teljesítményű adók.

Az EMV felkészültségére és vállalkozókészségére az is jellemző, hogy itt működött éveken keresztül a német világcég, a Rohde & Schwarz magyarországi szerveze. További műszerek kerültek sorozatgyártásra, így a rádiótelefonok szervizműsere és kiegészítő mérőeszközei is.

A hetvenes évek közepére az EMV teljesen átalakult, a kezdeti idők kisvállalatából jelentős termelésű, erős középállalatná fejlődött. Az eredeti, Petzval József utcai épületet kibővítették az utcai frontig. Itt volt az igazgatóság és a laborok egy része. A Kocsis utcánál felépült a négyemeletes laborépület, amelynek földszintjén kapott helyet az adóberendezések mérőterme. A telep harmadik határán, a Mohai út mellett épült fel a termelési épület,

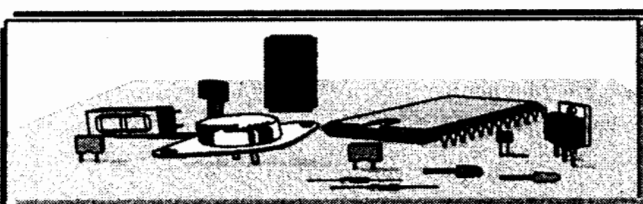
földszintjén a műhelycsarnokkal. Kisebbségi mechanikai alkatrészgyártó és elektromos-szerelő részlegek működtek Piliscsabán és Vásárosnaményban. Változatlanul létezett Telepusztán az antennamérő-telep, amelyet a feladatoknak megfelelően esetről esetre bővítettek.

A fejlesztési szervezet gerincét ekkorra négy részleg, a tévé- és URH-adók, a távközlési berendezések és műszerek, az antennák és koaxiális berendezések, valamint a nagyadók fejlesztési főosztálya alkotta. A fejlesztés elvi irányítását a műszaki igazgatóhelyettes magánál tartotta, a koordinációs és adminisztratív tevékenységet a fejlesztésvezető végezte. A gyártást a termelési főmérnök, a gazdálkodást a gazdasági igazgatóhelyettes, az értékesítést a kereskedelmi igazgatóhelyettes vezette.

A vállalat vezetője a megalakulástól majdnem a megszűnésig *Muli Béla* villamosmérnök volt. Irányítása alatt lett a kezdeti kisvállalatból jelentős középállalat. Biztosította, hogy a műszaki alkotók a munkájukkal foglalkozhassanak, a politikai élet megmaradt társadalmi tevékenységnek és nem volt a boldogulás, az előmenetel feltétele. Lehe-

tővé tette, hogy 1956 után máshonnan, elsősorban a Beloiannisz-gyárból a forradalom alatti tevékenységük miatt elküldött kitűnő mérnökök az EMV-ben sikeres alkotómunkát folytathattak. Példa erre *Simon Ferenc*, a nagy sikerű tranzistoros átviteltechnikai berendezések konstruktőre és *Kopócsy Mihály*, a nagyadók fejlesztésének vezetője.

A főmérnök 1961 és 1965 között *Mitterholczér Béla* volt. Utóda a műszaki igazgatóhelyettesi pozícióban 1965 júniusától 1975. február végéig *dr. Tófalvi Gyula*, az ionoszférakutató berendezés egyik Kossuth-díjas fejlesztője és a tévéadók fejlesztő főosztály korábbi vezetője volt. Feladatkörét, a vállalat műszaki irányítását megosztotta a termelési főmérnökkel és a fejlesztésvezetővel. A nagyberendezéseknek és elsősorban az antennarendszereknek a fejlesztését ekkor is közvetlenül irányította. Munkáját a részletekig terjedő és a termékek külső megjelenését fontosnak tartó alaposág jellemezte. Az első tévéadók fejlesztésének igényes és fáradhatatlan vezetésével megteremtette a további adóberendezések megalkotásához, nemzetközi elismertségéhez vezető utat. Létrehoz-



# LOMEX

ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZ KERESKEDELEM

**CÍMÜNK:**  
1134 Budapest, Lehel út 17.

Nyitva: hétköznap 9-17-ig

Nagyker. eladás - Tel: 349-59-06 Fax: 320-32-92  
Szaküzlet - Tel: 320-26-10

Honlap: <http://www.LOMEX.hu>  
email: [info@LOMEX.hu](mailto:info@LOMEX.hu)

**AZ** elektronikai alkatrészforgalmazás tekintetében évtizedes múltra visszatekintő cég, igényes színvonalú körülmények között folytatja kis és nagykereskedelmi tevékenységét. Az amatőr, a fejlesztő, a gyártó, a forgalmazó egyaránt partnerre talál a LOMEX Kft. szakmailag jól felkészült csapatában.

Szakembereink komoly gyártói háttér tudatában, nagy volumenű raktári kapacitással állnak mindkét üzletágban az Önök rendelkezésére.



ta az adástechnikai fejlesztés és gyártás közösségét és technikai körülményeit. Nagy jelentőségű volt számára a közösség tevékenysége, amelyről irodalmi munkáiban is írt. Az alig ötéves mérnöki tevékenysége után kapott Kossuth-díj mindvégig a bizonyítás terhét róta rá.

Az 1970-es évek elejétől a vállalat méreteivel együtt növekedtek a kezdetben alig látható belső bajok és személyi problémák. Erről – természetesen saját szemszögéből nézve – dr. Tófalvi Gyula számol be a „Mérnök vagyok” – Elektronika (OMIKK 1989.) könyvben. 1973 elején lemondott a műszaki igazgatóhelyettesi megbízatásáról azazal, hogy az addig vállalt munkák befejezéséig a helyén marad. Az öt kinevező minisztérium csak több, mint két év múlva érdeklődött először a lemondás okáról, majd elfogadta azt. Munkakörét 1975 februárjában adta át utódjának, *Tánczos Mihálynak*. Nem sokkal ez után felmentették Muli Béla igazgatót is.

1976. június végén megszüntették az Elektromechanikai Vállalatot. Munkatársait, épületeit és folyamatban lévő kötelezettségeit az egy utcasaroknyira lévő Beloiannisz Híradástechnikai Gyár, a későbbi BHG Híradástechnikai Vállalat kapta meg. Az adástechnika ezzel visszatért oda, ahol született és ahonnan az ipar átszervezésekor elindult kanyargós útjára. Ekkor azonban már más helyzetet talált a Fehérvári úton, ahol közben a telefonközpontok sorozatgyártására országos nagyvállalat alakult ki. Idegenkedve fogadta a felszerszámozott tömegtermelésre berendezkedett BHG az EMV magas színvonalú szaktudáson alapuló alkatrészgyártást és szerelést igénylő, gyakran fejlesztve gyártó egyedi feladatait. A Petzval József utcában először a BHG Egyedi és Kísérleti Gyára működött, majd itt kezdte meg működését a BHG Fejlesztési Intézet. A jelentősen átalakított és kibővített épületekben 1994 óta az Antenna Hungária Rt. központja van. Az adás- és antennatechnikai profil, amely később az ugyancsak megszüntetett Híradástechnikai Vállalat (HTV) témáival is bővült, elsősorban az elkötelezett munkatársaknak köszönhetően megmaradt és 1994-ben ebből alakult meg az Antenna Hungária Rt. elsősorban anyagi részvételével az Antenna-BHG Adástechnikai Kft. Az 1976 utáni időszak azonban már egy másik történet.

A szerző köszönetet mond régi kollégáinak, *Kincses Béla* és *Ruzsinszky Zsolt* mérnököknek, akik emlékeik felidézésével segítettek.

### Függelék

1. A 289. sz. *Vállalat vezető munkatársai 1952-ben*: *Muli Béla* vállalatvezető, az EMV későbbi vezérigazgatója, villamosmérnök; *Váradai Imre*, a Mechanikai Laboratórium későbbi vezérigazgatója, villamosmérnök; *Mallár Gyuláné* főmérnök; *Deres István* főmérnök, a Mechanikai Laboratórium későbbi műszaki igazgatója, gépészmérnök; *Littvai István* tervosztály-vezető, későbbi minisztériumi iparigazgató; *Szende Béla* laborvezető, későbbi műszaki vezető; *Kovács Ferenc* laborvezető, későbbi főmérnök; *Vidareny Iván* laborvezető, későbbi főosztályvezető; *Csicsátka Antal* fejlesztőmérnök; *Zoltai Ervin* fejlesztő, az ML későbbi főosztályvezetője.

2. *A kezdeti korszak laboratóriumainak, majd a fejlesztési főosztályoknak a vezetői a következők voltak*: az ionoszférakutató berendezés laboratóriumát, később a televízió-adó labort haláláig, 1960-ig *Halmágyi Tibor* vezette, akit főmérnöki kinevezéséig (1965-ig) *dr. Tófalvi Gyula* követett. A területet ekkor kettéosztották. A tv- és URH adófejlesztési főosztályt a vállalat megszűnéséig *dr. Falus László*, az antenna és koaxiális berendezések fejlesztési főosztályát *dr. Szalai Pál* irányította 1975-ig, a Finommechanikai Vállalathoz (FMV-hez) történt távozásáig. Utódja *dr. Szabó Pál* lett. Ezen a területen laborvezetők voltak: *Bernhardt Richárd* (1971-ig, fejlesztésvezetői kinevezéséig), *Csepregi-Horváth Kázmér* (később a műszerfejlesztés és szerviz egyik irányítója), *Ecséri Antal*, *Hercz Endre*, *dr. Hetényi László*, *Kékes László*, *Regenye Győző* (később a fejlesztés adminisztratív irányítója), *Somodi Józsefné dr.*, *dr. Soós Tibor*, *Szalai István* és *Varga László*.

Az elsősorban katonai adó-vevőkkel foglalkozó területet 1957 és 1965 között *dr. Pöschl Imre* vezette. A távközlési berendezések és a mérőműszerek fejlesztésével foglalkozó főosztályt a megszűnésig *Kincses Béla* vezette. Itt volt laborvezető *Kiss Károly*, *Kollár János*, *Simon Ferenc*, *Steffler Sándor*, *Szeghy István* és *Tornyos Béla*.

A gyártó témának a vállalathoz történt áthelyezése után megalakult fő-

osztályt *Kopócsy Mihály* vezette a megszűnésig, főmunkatársa *Sturmann György* volt. Laborvezetők: *Ruzsinszky Zsolt* és *Tóth Alice*. A rövidhullámú SSB adó-vevővel, a személyhívóval, a tolmácsberendezéssel és egyéb témákkal foglalkozó főosztályt 1959 és 1965 között *Vidareny Iván* vezette.

3. *Vezető konstruktőrök és technológusok*: a vállalatnál a nagy jelentőségű konstrukciós és technológiai terület vezetői *Hofgard Károly*, *Patay Vendel*, *Szabó Gergely* és *Tóth András* voltak. Irányítói szerkesztők: *Fürst Lajos*, *Kárpáti József*, *Torma János* és *Zavecz Mátyas*.

4. *A gyártás vezetői*: a kivitelezés, a gyártás – a különleges eljárásoknak és igényeknek megfelelő – magas színvonalú irányítást és minőségellenőrzést igényelt. E területek vezetői *Antonighel Károly*, *Csirmaz István*, *Hradeczky Béla*, *Jurák József*, *Kapitány Géza*, *Kucsera István*, *Németújvári László*, *Pálosy János*, *Tímár István*, *Török István* és *Wizl Imre* voltak.

5. Az EMV egyik nagy erősségét jelentették a mechanikai alkatrészeket készítő és szerelő műhelyek. A műszerek asztalain, az esztergályosok és marósok gépein példászerű pontosságú munkadarabok készültek. A konstruktőrök és a szakmunkások együtt dolgozták ki a megoldásokat. Az adóberendezések gyári, de különösen a helyszíni szereléseiről nagy szakmai tudást, lelkiismeretességet és önállóságot igényeltek. Az évtizedek óta megbízhatóan működő berendezések az elektromos és mechanikai konstrukció mellett ezt a szakszerű munkát is dicsérik.

### Irodalom

- [1] Deres István, Kozma Gyula: Egy százszor átszervezett vállalat, a Mechanikai Laboratórium története (Rádiótechnika Évkönyve, 1994.)
- [2] Elektromechanikai Vállalat iratai (Budapest Főváros Levéltára, XXIX. 305. sz. fond.)
- [3] Az Elektromechanikai Vállalat 1952–1972 (Budapest, 1973.)
- [4] Dósa György: A magyar gyártmányú ionoszféravizsgáló berendezés története és alkalmazása a hazai ionoszféravizsgálókban (Magyar Híradástechnika, 2002/8.)
- [5] Ferenczy Pál (BME) – Szalai Pál (EMV): Új módszer televízióadók oldalsávevényomó és közösi szűrőjének (filterplexer) méretezésére és beállítására (Magyar Híradástechnika, 1961/6.)
- [6] Csepregi-Horváth Kázmér, Bernhardt Richárd: Kab-hegyi televízió adó automatikája (Magyar Híradástechnika, 1965/5.)
- [7] Gärtner Péter: A Kab-hegyi TV-adó antennarendszere (Magyar Híradástechnika, 1968/2.)
- [8] Csepregi-Horváth Kázmér – Venczel János: Videojelet regeneráló készülékek (Magyar Híradástechnika, 1967/12. és 1968/2.)

# Hangsugárzók tervezése PC-vel 2.

Sipos Gyula okl. IC-szakmérnök, sipos.gyula@hu.inter.net

Ezen írás a Rádiótechnika 2002. évi évkönyvében közölt, azonos című cikk folytatása, amelynek ismerete lehetővé teszi vagy megkönnyíti az alábbiakban közöltek értelmezését és feldolgozását.

Az elmúlt időszakban olvasóink hangsugárzó-építési kedve nem lankadt, noha a megépítés költségei és az egyéb nehézségek sokakat visszaríasztanak ettől. A fő nehézséget az okozza, hogy szinte mindenki számára nagy bizonytalanságot jelent a helyes konstrukció, vagyis a mélysugárzó vagy szubbasszus láda számára alkalmas hangsugárzó-típus, továbbá a dobozfajta, illetve -méret (-térfogat) kiválasztása.

Kissé érthetetlen, hogy a beszerzés és megépítés előtt legtöbbször szinte semmiféle előzetes megfontolást nem tesznek. Megtetszik egy hangszóró az üzletben vagy a honlapon, az ára sem rossz, s ezek után megtörténik a beszerzés. Utána következnek – találmokra, megérzések alapján – a dobozfajta kiválasztása, majd a térfogat hozzáképzése sacc/kb. alapon és máris indulhat a famunka, a fúrás-faragás. S amikor mindezzel készen vagyunk és meghallgattuk a „műremeket”, kezdődhet az ihlető mintának vett leírás, a szerző, a hangszóró- és doboztípus, a gyártó és a kereskedő szidalmazása. Ugyanis annak a valószínűsége, hogy maradéktalanul meg leszünk elégedve az eredménnyel, az bizony jószerivel zérus. Voltaképp még azt sem tudjuk, hogy mit is várhatunk el magától a hangszórótól, nem is említve a komplett, megépített hangsugárzót.

Az elvárások általában közvetlenül arányosak a hangszóró színével, csillogásával, csicsáival, vagyis minél szebb egy hangszóró, következésképp *biztos annál jobban is szól*, de a dobozon kiképezett lyukak száma is mértékadó, nem is említve a szép, dizájnos küllemet.

Aztán amikor a hangsugárzót használatba vesszük, megkezdődhet a véget nem érő bosszankodás, a szidalmazás, a bezzeg- és dühkorszak, amelyhez természetesen hamarosan találhatunk társakat is, természetesen azok között, akik szintén mindenféle előzetes tervezés és néhány egyszerű, az általános



Neville Thiele

Richard Small

## A két ausztrál akusztikus, a hangsugárzók tervezéséhez nélkülözhetetlen matematikai és műszaki eljárások kidolgozója

iskola 8. osztálya szintű számítás nélkül láttak ilyesféle munkához.

Mi tehát a teendő? Elsősorban minden hosszadalmasabb és költségesebb munka előtt – és nem utána! – érdemes megfontolásokat tennünk, és lehetőleg tanulópénz nélkül megúszni a dolgot. Több olvasónk is beszámolt arról, hogy nem szeret a számolgatással pepecselgetni, helyette inkább két napig fúr-farag, kopácsol, fűrészel, ragaszt, csavaroz, majd kipróbálja, mire jutott. Az eredménnyel pedig többnyire elégedetlen, mert az ilyen/olyan cég hangszórói vacakok... és kezdődik minden előlről.

A Rádiótechnika 2002. évi évkönyvében, majd ennek folytatásaképp a Rádiótechnika 2002. évi számaiban huzamosabb ideig foglalkoztunk a hangsugárzók tervezésének szempontjaival, a kiindulási alapot képező, nélkülözhetetlen *Thiele–Small paraméterekkel* és a manuális, illetve a PC-s tervezőprogramok rövid ismertetésével. A korábban elmondottakat nem szándékozunk megismételni, de pl. a T/S paraméterek alapvető ismeretének hiánya hangsugárzó témakörben olyasmiről, mintha egy áramkör tervezése során nem lennénk tisztában az Ohm-törvénnyel. Többször is említettük, hogy az interneten található hasznos szimulációs tervezőprogramok, de forintért megvásárolható, alkalmas program is a rendelkezésünkre áll. Ezek egyikével, másikával szinte varázsolhatunk és pár másodperc alatt, néhány egérkattintás után anélkül megtudhatunk szinte minden alapvetőt, fontosat, hogy akár egyetlen szorzást is elvégeztünk volna. A programok használatával rengeteg

felesleges munkától, felesleges pénzkidobástól és kudarcotlól kímélhetjük meg magunkat, illetve bármely beszerzés és fúrás-faragás nélkül is nagy valószínűséggel már előre tudhatjuk, nagyjából mire számíthatunk. A programok segítségével egyeztethetjük magasba szárnyaló vágyainkat a szigorú, földhöz ragadt fizikai lehetőségekkel és nem utolsósorban pénztárcánkkal. Előre tisztában lehetünk a jó és rossz adottságokkal, a sajnálatosan kellemetlen korlátokkal, ezáltal nem várjuk a csoda bekövetkezését. Nem fogunk olyasmit elvárni a hangsugárzótól, amit az semmi körülmények között nem köteles nyújtani. Ezzel szemben viszont biztos számíthatunk arra, hogy a hangsugárzó – nem teljesen pontosan, de mégis, nagyjából – úgy fog teljesíteni, ahogyan azt a szimulációs program előre jelezte.

Sajnálatos az is, hogy sokan nem igazán törődtek a beszerzések során a hangszóróhoz mellékelte, a számítások elvégezhetősége szempontjából nélkülözhetetlen, részletes adatlappal. Többször megelégedtek a hangszóróra bélyegezett, ragasztott címke, felirat, nem ritkán a kereskedő szóbeli tájékoztatása két-három jellemzőjével (8 Ω, 150 W, 50...5000 Hz, 4500 Ft +áfa), és így indultak neki – találmokra – a hangsugárzó megépítésének.

A nem minden tekintetben biztató jelenségek, értesülések arra indították szerkesztőségünket, hogy tovább és a korábbinál nagyobb részletességgel foglalkozzunk a PC-s tervezés lehetőségeivel, az így elérhető eredményekkel. Vegyük tehát sorra, hogy milyen lehetőségeink és teendőink vannak hangsugárzó-építés előtt, továbbá hogyan javíthatjuk fel egy korábbi olyan konstrukciónkat, amelynek jellemzőivel nem vagyunk elégedettek, különös tekintettel arra, hogy az akkoriban még a sacc/kb. alapon készült.

## Felkészülés és irodalom

A megfelelő előtanulmányok és felkészülés nélkül végzett legtöbb tevékenység, így a hangsugárzó-építés is eleve kudarcra van ítélve. Esetünkben a szakirodalom minél alaposabb tanulmá-

nyozása később igen jól kamatozhat. Ne ragadjunk le egyetlen szerzőnél sem, és végképp ne gondoljunk arra sem, hogy az utóbbi néhány év (reklám- vagy nyíltan felvállalt, fizetett reklám-) irodalmában számtalan, fergetegetesen új megállapítást és konstrukciós ötletet találunk.

Akármilyen nevetségesnek is tűnik többek – különösen az ifjabb korosztály – számára, valójában a hangszórókkal és a hangszugárzókkal kapcsolatos legfontosabb alapismeretek, számítások már jó fél évszázada ismertek. Ezekhez sajnálatosan kevés új ismeretet tett hozzá az elmúlt ötven év akusztikai kutatása. Az akusztika az egyik legmostohább tudományág, ehhez képest – elenyésző mennyiségű – fissebb eredményeit óriási mértékben feltupírozzák, agyonreklámozták. Hasonlóképpen a mosóporhoz, a hajnövesztőhöz, a szépségápoló kenceficékhez és a gépkocsihoz, minden, úgyyszólván bármely silány termék eladható, jelentős haszonnal. Ha pedig így van, akkor miért is kellene nagyobb összegeket áldozni kutatásra?

Amikor a kezünkbe vesszünk egy kiváló – néhai – szerző, akusztikus (pl. Olson, Beranek, Fletcher stb.) által az 1950-es, 1960-as évek körül írott műszaki könyvet, ne gondoljuk, hogy abban a patintott kőbalta szintjén tanulmányozhatjuk az akusztikát. Kétségtelen, hogy ezen szerzők művein eléggé érezhető az idő múlása, de az ott és akkor frissiben leszőgett akusztikai törvényszerűségek *lényegükben* azóta sem változtak, és sajnos nem sok újat sikerült ezekhez hozzátenni. Csak egyetlen példát említünk a *haladás* érzékeltetéséhez: a membrán anyagát.

Jó fél évszázada folyik a próbálkozás a hangszórómembrán ideális anyagának megtalálására. Sikerült az őzbőrt, az alumínium-, titán és egyéb fémlemezeket, a különféle papírfeléseket, a műanyag csomagolólemezeket és a golyóálló mellény anyagát is kipróbálni az elmúlt két emberöltő alatt. A minden tekintetben megfelelő eredmény pedig még várat magára.

Az irodalom tanulmányozása után körvonalazódhat, hogy melyek az elvi lehetőségeink, milyen eredményt várhatunk az egyes hangszugárzó-típusok esetében. Például hiába látjuk, hogy akusztikai elvárásainknak egy jó tölcseér igencsak megfelelne, egy jó lehetőség, hogy a tervezett, óhajtott akusztikai paraméterek mellett el sem

férne lakószobánkban. Úgy járhatunk, mint egyik kedves olvasónk, akinek maximalista elvárásai szerint tervezett szub-basszus tölcseér külméretei hozzávetőleg  $4 \times 4 \times 1$  méterre adódtak, ami nem fér bele a vasúti úrszelvénybe, de kamionnal is csak ütemgedély birtokában szállítható...

A következő feladat egy PC-re írott akusztikai szimulációs/tervezőprogram beszerzése. Erre két lehetőségünk is van, a vásárlás és az internetről történő letöltés. Elsőként az internettel próbálkozzunk, ott ugyanis találunk olyan kiváló programot, amely egyrésztől ingyenes (és kereskedelmi forgalomba nem is hozható), másrészt céljainknak a feladatok egy részében maximálisan megfelel.

A hazai kereskedelemben árusított, Monacor fejlesztésű szimulációs program lehetőségei némiképp mások, és a gyakorlatban aligha lehet akár az egyiket, akár a másikat mellőzni munkáitaink során. A két program egymást nagyszerűen egészíti ki, amint ezt a későbbiekben látni fogjuk. Mindkét program csak akkor használható, ha rendelkezésünkre állnak a kiválasztott hangszóró Thiele–Small paraméterei. Az alkalmas típus megtalálásához, próbaszámítások elvégzéséhez mindkét program jelentős segítséget ad. A Monacor tervezőprogram például tartalmazza az összes Monacor típusú és mélysugárzó építése céljára alkalmas hangszóró adatait.

Mivel a hazai gyártású hangszugárzó adatait egyik program adatbázisa sem tartalmazza, a kiválasztás megkönnyítése érdekében közöljük a Hangszóró 2000 Kft. igen kedvező ár-színvonalú mélysugárzóinak az adatait (a Videotontól átvett, *azonos technológiával* gyártott típusok, eltérően egyéb forgalmazók utángyártott, többékevésbé *hasonló* hangszóróitól).

## Hangszórók beszerzése

Szerencsére elmúltak azok az idők, amikor a hangszóró kiválasztása egyrészt abban nyilvánult meg, hogy egyáltalán lehetett-e kapni bármilyet, másrészt a polcon levő, összesen 1 darab közül lehetett választani. Már rejtett hadiösvényeken sem kell hazacsempészni egy-egy külföldi útról, hiszen itthon is vannak szép árukészlettel felszerelt hangszóró-szaküzletek. Másrészt a „Nyugatról, a vámeljárással megkerülésével becsempészett” kifejezés

is Hegyeshalomról lassan beköltözi a uniós értelmező szótárba.

Több hazai cégnél is lehetőség van a teljes katalógus szerinti kínálatból történő kiválasztásra, megrendelésre is, ha éppen az üzletben nincs a kívánt típusból. Nagyon fontos, hogy a vásárlást ne hamarkodjuk el, csakis a kellő felmérés, tájékozódás, a fontos *előzetes számítások elvégzése után* döntsük. A hangszóró nem divatcikk és nem képezi az 50%-os kiárusítások tárgyát, ahová rohanni szokás, nehogy lemaradjunk róla...

Az elmúlt években nagyon sokan vágtak neki hangszugárzó megépítésének, többnyire bármiféle előzetes tájékozódás, számítások elvégzése nélkül. Ennek az utasítás számos kudarc lett a végeredménye, és bőséges alapot adott mindenféle mendemonda elterjedésének. Ezek lényege, hogy a nagyon óhajtott, de elfogadhatatlan, megfizethetetlen ára miatt meg nem vásárolt, soha ki nem próbált termék úgyyszólván a csúcstechnika remeke, míg a csekély anyagiak mellett is elérhető termékek csapnivalók. Bezzeg, ha azt vehettem volna meg...

Ezen állításokat soha, senki sem nem igazolta, sem nem cáfolta. A felesleges szöbeszéd csupán arra alkalmas, hogy termékcsoportokat, cégeket lejárásson mások előtt, rejtve hagyva azt az egyszerű tény, hogy az illetőnek fogalma sem volt, hogyan is kellett volna az egészhez hozzákezdni, és hogyan is lehetett volna a szóban forgó hangszóróból kihozni azt, ami abban valójában benne van.

A legkönnyebb dolog a saját hozzá nem értés és az ebből következő sikertelenség okait és felelősségét másokra áthárítani (ld. Hofi Géza: ...az a hülye akác...).

## Mit és hogyan?

Hangszugárzó építési tevékenységeink során többféle lehetőséggel is számolhatunk. Egyrészt – nulláról indulva – a tervezőprogramok segítségével, kívánság szerint, megtervezhetünk egy alkalmas hangdobozt a kiválasztott hangszóróhoz. Ez azonban korántsem minden. Gyakori, hogy valamely, korábban megépített hangszugárzókkal elégedetlenek vagyunk. Ekkor már három lehetőség is kínálkozik:

- a hangszóró cseréje,
- a hangdoboz cseréje,
- a hangdoboz átalakítása.



## 1. Hangszórócsere

Az első lehetőség várhatóan a legköltségesebb. Erre akkor kerülhet sor, ha a programokkal végzett próbálgatások, számítások során kiderül, hogy az eredeti hangszóró beszerzése elhibázott volt. Céljainkra alkalmatlan és bármely más dobozban sem hozná azt az eredményt, amire gondoltunk.

Igy járt azon kedves olvasónk is, aki kitűnő cég kitűnő, professzionális zenekari hangszórójából szeretett volna mélyládát építeni. Viszont a hangszórót a vokál számára tervezték, erőteljesen vágott mélyekkel, emellett kiváló, torzítatlan és lineáris középhangátvitellel...

Másrészt a dobozba fektetett sokasok asztalosmunka, a doboz jól sikerült, tetszetős kivitele, egyébként pedig alkalmas mérete (doboztérfogata) lehetővé teszi, hogy valamely más hangszóróval akár átalakítás nélkül is sokkal jobb eredményt szolgáltatson. Esetleg még egy kisebb átalakítás, pl. a hangszórónyílás módosítása (méretnövelése) is szóba jöhet, illetve fizikailag lehetséges is.

Ekkor a következő a feladatunk. A tervezőprogrammal keresni kell egy másik, a réginél alkalmasabb műszaki paraméterekkel rendelkező hangszórót, ráadásul, ennek fizikai méreteiben is és nem utolsó sorban árban is alkalmasnak kell lennie. Tulajdonképpen most fordítva kell elindulnunk, és szinte „a gombhoz keresünk egy kabátot”.

Belátható, hogy a feladat megoldása tervezőprogram nélkül szinte lehetetlen. Mivel azonban mindkét javasolt program hatalmas hangszóró-adatbázissal rendelkezik, szinte el sem képzelhető, hogy ne találánk bármely meglévő dobozunkhoz alkalmas hangszórót. Igaz, hogy erre esetleg nem csekély időt kell rászánunk, de a kedvező eredmény minden bizonnyal kárpótol bennünket.

Ha a korábbi hangsugárzónk tulajdonságaival elégedetlenek vagyunk, és hangszórócserere gondolunk, akkor eleve kedvezőtlen anyagi pozícióból

indulunk ki. Hiszen már van egy alkalmatlan, kellőképpen nem bevált hangszórónk, hangszórópárunk, készletünk, és ráadásul egy újabbat is be kell szereznünk. Ekkor az akusztikai paraméterek mellett már az anyagi megfontolások sem hanyagolhatók el.

Ahogy az élet minden területén, úgy a hangszórók, hangsugárzók világában is egyre nagyobb tért hódít az ostobaság, ezzel együtt a percenként változó divat, a „trendi”. A divatos, esicsás, ríktó dizájn sokaknál minden más szempontot megelőz, és a drága bővli gyakorta előzi a szolid kivitelű, netán olcsóbb minőséget.

Kirívó példaképp említhetjük, hogy egyik olvasónk azért vásárolt – nem éppen olcsón – egy pár ismeretlen eredetű mélyszugárzót bármiféle lényeges információ, adatlap nélkül, mert nagyon szép kék membránja volt. Utána kezdett el azon gondolkodni, hogyan tovább.

Napjainkban valósággal ömlik be hazánkba a bővli, a „benszüllöttek számára készült üveggyöngy”, legyen szó műadalekkel dúsított, tehenet soha nem látott géptejről, szuperostoba és ízléstelen, licenc tévműsorról vagy távolkeleti tarkabarka hangszórókölteményekről. Ugyanekkor az a tisztességes jellemzőkkel rendelkező, jó minőségű és jó árszintű bármely hazai áru, amelynek gyártása (és megvásárlása) magyar családokat tartana el, háttérbe szorul a külföldi bővli szemben.

Jó példa erre a magyar hangszórók ügye is. Például a *Hangszóró 2000 Kft.* által gyártott Videoton hangszórók minősége és méginkább ára igencsak versenyképes a *hasonlónak tűnő* – esetenként tetszetősebb – külföldi típusokkal, különösen mióta új, szupererős mágnessel építik meg azokat.

A szép színes, csillogó-villogó, messziről jött műrecek vásárlását főleg azoknak ajánlhatjuk, akik *nem hallgatni*, hanem főleg *nézni és mutogatni* kívánják hangszóróikat. Ha pedig – különös, már-már szokatlan ötlettől vezéreltetve – nézés helyett mégiscsak zenehallgatásra kívánunk vásárolni

céljainknak megfelelő akusztikai tulajdonságú, jó minőségű és kedvező ár-színvonalú hangszórókat, bátran válasszunk a Hangszóró 2000 Kft. kínálatából. Nem fogunk csalódní, nem fogunk rosszul járni.

Viszont garantáltan ráfizetünk a roppant tetszetős, ámde hiányos vagy hiányzó adattal árusított (hű, de sűrűly, ki tud róla valamit?), drága távolkeleti bővli.

## 2. Dobozcsere

A második lehetőség az egyébként jó minőségű, de nem a legalkalmasabb dobozba épített hangszóró megtartása és az adott típushoz új, esetleg eleve más típusú hangdoboz tervezése. A munkálatok sarkalatos feltétele a hangszóró paramétereinek ismerete. Végző soron szóba kerülhet még a paraméterek házilagos megmérése.

A paraméterek birtokában a programok használata során mi magunk is minősíthetjük hangszórókat, megismerhetjük viselkedését a különféle dobozkonstrukciókban és eldönthetjük, hogyan tovább. Az akusztikai törvényszerűségeket nem erőszakolhatjuk meg, és csak az adatok és az ebből következő tulajdonságok ismerete hiányában várhatunk el eszközeinktől teljesíthetetlen dolgokat.

## 3. Hangdoboz-átalakítás

Harmadik lehetőségként felvetődhet, hogy valamely trükkös átalakítással mind a régi hangszóró, mind pedig a doboz megtartható, csupán egy kisebb asztalosmunkára van szükség. Például átalakíthatjuk zárt dobozunkat reflex működésűvé. Erre a későbbiekben egyszerű példát is bemutatunk. Néhány terelőlappal és szájnyílás készítésével TL-dobozzá, netán tölcserre is alakíthatjuk azt.

Az igazat megvallva, ez a kissé keserves átalakítási forma a gyakorlatban a legritkábban alkalmazható. A hosszadalmas előzetes tervezgetés, próbálgatás a programban megmutatja,

**Minden eredeti!**

**VIDEOTON HANGSZÓRÓ**

Teljes választékban! Hangszóró, hangdoboz, hangváltó-alkatrészek...

**HANGSZÓRÓ 2000 Kft. Székesfehérvár, Zámoly köz 3.**

**Tel.: 06-22-329-954, fax: 06-22-337-072**



hogy egyáltalán vannak-e lehetőségeink, és ha úgy tűnik, vannak, akkor az is kiderül, merre is indulhatunk el.

A kedvezőtlen kilátások ellenére egy ügyes fogás alkalmazásával lehet az átalakítás igen sikeres is, legfeljebb a doboz az eredeti alkalmazási módtól eltérő szerepkört kap.

Például a zárt mélysugárzó dobozát osztófállal, reflexcsövekkel átalakítjuk kétkamrás, sávszűrő típusú reflexdobozzá és ettől kezdve szub-basszus sugárzóként használjuk. Az átalakítás tervezőprogram nélkül szinte lehetetlen. Arra, hogy ez mennyire kritikus, csak akkor eszmélünk rá, ha ténylegesen egy sávszűrős dobozt kezdünk tervezni. Ez semmivel nem kisebb feladat, mint egy AM-, vagy FM-vevő középfrekvenciás sávszűrőjének (KF-trafójának) a megtervezése, ugyanis a két feladat között szinte csak az üzemi frekvencia tartományában találunk különbséget. Az pedig eléggé közismert, hogy jó KF-trafó taláalomra, megérzéses alapon nem készíthető.

Olvasóink jelentős része a korábban már érintőlegesen bemutatott programok használatában – azok egyszerűsége ellenére – tanácstalan volt, el sem tudott elindulni a tervezőmunkával, s végül nem tudott zöld ágra vergődni. Ezért most a legalkalmasabb két programot és ezek értelemszerű kezelését részletesen is bemutatjuk.

Segítségükkel tanulmányozunk néhány hangszórót és pár másodperc alatt megtervezünk azokhoz néhány alkalmas dobozt, illetve kimutatjuk azt, hogy mi az, ami sehogyan sem sikerülhet. Bemutatjuk, hogy milyen villámgyorsan szerezhetünk számunkra biztató vagy lesújtó információkat egy kiválasztott hangszóróról, dobozról.

Arról azonban egy pillanatra se feledkezzünk meg, hogy a bemutatott programok a hangszórók és dobozok működését – igen jó valószínűséggel – csupán *szimulálják*. Miután a kiindulási paraméterek a hangszóró *mért paramétere*i, illetve ezek *gyári átlaga*, igen jó valószínűséggel az *eredmények is közel lesznek a valósághoz, de azzal nem lesznek teljesen azonosak*. Alaposan befolyásolja a frekvenciamenetet, az eredő viselkedést a dobozba beépített csillapítóanyag mennyisége és típusa (anyaga) is.

A hangszóró, hangszugárzó nem egy önálló, szuverén tárgy, hanem valamely használati helyen üzemel. Ezen tér és a hangszóró, hangszugárzó köl-

csonhatása semmilyen módon nem kerülhető el és gyakorta fáradozásaink döntő, elháríthatatlan akadályát képezi.

## Akusztikai problémák

A végső eredményt akusztikai mérésekkel minősíthetjük, illetve ennek hiányában a hallásunkra kell támaszkodnunk. Az akusztikai mérések azonban csalókák. Ha úgynevezett korrekt mérési eredményeket szeretnénk kapni, akkor a mérést süketszobában, pontos mérőeszközök, mérőmikrofon stb. segítségével kell végrehajtani. A méréseket azonban többnyire speciális, viszont a valóságos használati helyzetet meg sem közelítő mérőjelekkel végzik. Olyasféle probléma ez, mint mondjuk a cukrászdában: egy cukrászsütemény minőségét sem lehet úgy elvégezni, hogy megkóstoljuk a lisztet, az élesztőt és a porcukrot és véleményt mondunk a sütiről.

A hangszugárzót többnyire nem süketszobában, hanem a nappaliban vagy a színpadon, és nem mérőmikrofonnal, hanem a fülünkkel érzékeljük, értékeljük, ráadásul mérőjel helyett a KFT-együttest vagy a IX. szimfóniát hallgatjuk. Valójában egyetlen, szabványba foglalt akusztikai mérési eljárás sem hasonlít a szokásos hallgatási körülményekhez, meg sem közelíti azt, így nagyon nehéz értelmes összefüggést találni pl. a szinuszjeles frekvenciamenet és az üstdob hangjának visszaadása között.

Voltaképp egy hangszugárzó végső minősítése a használat helyén történhet, valós üzemi körülmények között, azaz műsorjellel. Az így szerzett összbemutató sokkal többet mond el a hangszugárzóról, mint bármely frekvenciakarakterisztika vagy hasonló mért fizikai paraméter. Furcsa ellentmondás, hogy nagyon durva az a hiba, amely a süketszobás, precíziós mérések során jóelőre jelzi a hangszugárzó alkalmatlanságát. Jelenlegi akusztikai mérési módszereink ugyanis nem eléggé finomak a megfelelő, hitelt érdemlő minősítéshez.

A gyakorlatban túlnyomórészt hangszerek hangját hallgatjuk hangszugárzóinkon. A hangszugárzó viszont nem hangszer, hanem tulajdonképpen egy szerszám, amelynek az a dolga, hogy a hangszer hangját élethűen közvetítse. Csak egy kisebb bökkenő van a dologban. Ez a hangszer hangja, ami

többnyire megfoghatatlan fogalom és a maga nemében akusztikai eszközökkel nem minősíthető, sőt, úgyszólván mérhetetlen. S még akkor nem is említettük az előadó művész személyiségét, ihletett vagy indiszponált állapotát. Mélni ugyan lehet valamit, de a mérési eredménynek éppen annyi köze lesz a hangszerhez, mint a lisztnek a cukrászsüteményhez.

Nem tudjuk megmérni és megmondani, hogy egy Stradivári-hegedű miért szól úgy, ahogy. Ötvenféle mérési eredmény sem ad korrekt, értékelhető információt a szóban forgó hegedű hangjával kapcsolatban. A kapott eredményeket értelmetlen összevetni akár egy zeneiskolai, agyonnyúzott, olcsó hegedűével. Ezek után ugyan mit is kellene megmérnünk ahhoz, hogy kijelenthessük: az adott hangszugárzó élethűen adja vissza a Stradivári-hegedű hangját. És mit mondjunk, mit mérünk akkor, amikor *halljuk*, hogy nem a szomszédék gyermeke gyakorol igen szépen hegedűn, trombitán avagy zongorán, hanem mondjuk Yehudi Menuhin, Michel André vagy Oscar Peterson varázsol el minket hangszereivel. Hol van az akusztikailag, méréstechnikailag megfogható különbség?

És pláne akkor mit mondunk, amikor a számtalan kattogás és sercegés mellett, a ma már 3 kHz-et sem elérő sáv szélességű, 78 fordulatú, ötvenéves bakelitlemezzel ellenére is *halljuk*, hogy igen, Toscanini vezényli az NBC zenekarát...

## Az elmélet és a valóság

Számos módszert és PC-s programot találunk hangszugárzó tervezésre, a T/S paraméterek alapján a szükséges számítások elvégzésére. A tervezést a beszerzés, majd a kivitelezés követi és hamarosan eljutunk arra pontra, hogy a megépített eszközt minősíteni lehet vagy kellene.

A legegyszerűbb és leggyakoribb módja a minősítésnek a házi meghallgatás. Hangszugárzó(i)kat elhelyezzük – többnyire a lakószobában – oda, ahol helyüket a legalkalmasabbnak véljük, vagy ahol egyáltalán van rá lehetőség, hely.

Erősítőnkre csatlakoztatva, kedvenc hanganyagunkkal – csodára várva – meghallgatjuk az új műtárgyat, vélhetően életünk egyik fő művét. Rövidebb, hosszabb idő múlva kiderül, hogy mit alkottunk. Ezek után minden-

ki a saját vérmérséklete szerint véleményt alkot a dobozról.

Ha a már a szimulációs tervező-programban láttuk, hogy a parányi hangszóróval, a kis dobozzal csekély esélyünk lesz a 100 Hz alatti hangok visszaadására, akkor többnyire nem fogjuk hiányolni a 20 Hz-es összetevőket. Ha viszont egy húszkilós, hatalmas hangszórót építettünk be az alig megmozdítható, „négyemberes” ládába, joggal számíthatunk meglehetősen jó mélyhang-viszaadásra. Kérdéses azonban, hogy összességükben a tulajdonságok hogyan viszonyulnak az előzetes elvárásokhoz.

Sokan esnek abba a hibába, hogy elfeledkeznek a lehallgatási térről, annak méreteiről, a térben elhelyezett hangszóró helyfüggő sajátosságairól. Másképpen szól a hangszugárzó egy meglehetősen nagy nappaliban és másképpen egy lakótelepi panellakás fél-szobájában. Másképpen szól a szoba sarkában, a padlóra állítva és másképpen a könyvespolcra telepítve, illetve megint másképpen a faltól kissé eltávolítva, netán lábakra állítva. A hangszóróval ilyen formában történő próbálkozások, annak a lakótérben történő változatos elhelyezése tetemes változásokat okoz a frekvenciamenetben, s ami jóval fontosabb, az összhatásban, hangképben, a hangzásban, a sztereó térhatásban. További – nem ritkán tetemes – változást jelenthet a lakás bútorzatának átrendezése, illetve a HIFI-be rendezés átköltöztetése egy nagyobb helyiségből egy valamivel kisebbre vagy fordítva.

Ismert – uniós – nagy akusztikai cég ajánló sorait olvasva, el lehet gondolkodni az elmélet és a gyakorlat között feszülő ellentétéről. Javaslatuk szerint addig tologassuk a helyiségben ide-oda a szub-basszus sugárzót, amíg a legkedvezőbb összhatást el nem érjük. Igen, értjük. De ezért a jótanácsért voltaképp nem is kellett volna az Unióba mennünk. Magunktól is tudjuk talán: ha esik az eső, nemcsak az Unióban, hanem többnyire mifelénk is célzerű az eresz alá állni.

A lakószobán belüli átrendezésnél a változások többnyire nem abba a nagyságrendbe esnek, amelyet csupán a vajtűlű zenerajongók, a megszállott hifisták észlelnek, hanem a hatások szinte bárki által észlelhetők, akár tolakodón erőteljesek is lehetnek. Heteket el lehet tölteni kísérletezgetésekkel, a helyiség és a HIFI áttelepítgetésével,

próbálkozásokkal a legjobb hangzás megkeresésére. Aki már kellő tapasztalatot szerzett ebben, sok-sok időt eltöltötte az ilyesféle célú próbálkozásokkal, némiképpen humorosnak is talál számos olyan törekvést, ami – tisztán korrekt műszaki alapon, egyéb körülmények elhanyagolásával – valamely villamos paraméter minél ideálisabb megközelítését tartja sarkalatos fontosságúnak.

Semmilyen alapon nem vitatjuk például a hanglemezek ilyen vagy olyan, az elmúlt században meglehetősen sokszor és sokat változtatott vágási frekvenciakarakterisztikájának a tényét, a jogosságát, a szabványban előírt paramétereit és ennek függvényében a helyes és minél pontosabb lejátszási korrekció fontosságát. Változatlanul alapvető követelménynek tartjuk – műszaki szempontból – a vágási karakterisztika minél pontosabb korrigálását a lejátszás során.

Mégis, túlságosan sokszor alapos kételyeink támadnak. A hangdobozok ismételt cipelgetése, a lakás hatodik – HIFI-indíttatású – átrendezése közben valahogy nem igazán érezzük és értékeljük az elméleti RIAA lejátszási karakterisztika  $\pm 0,1$  dB és  $\pm 1$  dB pontosságú megközelítése közötti sarkalatos különbséget. A korrektor-áramkör megvalósítása során a tized dB-ekért folytatott ádáz küzdelem, a precíziós alkatrészekre költött tetemes összeg, a különleges felépítésű és pontosságú kapcsolástechnika gyakorta teljességgel értelmet veszti. Ugyan az esetenkénti egy-egy bútorologatással, a hangdoboz csekély elmozdításával könnyedén  $+6$  vagy  $-6$  dB változást idézünk elő a frekvenciasáv széles tartományában. De hasonló a helyzet például szőnyeg- vagy függönyvásárlás, egy terjedelmesebb kárpitozott ülőgarnitúra beszerzése után, amikor azonnal a magashangok fokozott elnyelése a váratlan következmény. És akkor még nem is említettük a hangszórótípusok közötti hatalmas különbségeket. A mindennapok valóságában tehát nem a decibelek *törtrészeiért* folyik a harc.

Aki egy sikeres megépítés és hoszszadalmas beállítgatás után már tapasztalta, hogy berendezését máshová áttelepítve teljesen más hangzásképet, frekvenciamenetet fog kapni, sem a katalógusadatokat, sem a számítások végeredményeit nem fogja fétisizálni, nem fog azoknak a *kelleiténél nagyobb jelentőséget* tulajdonítani.

Más részről nem véletlen, hogy a hangszugárzó-tervező programokat „szimulációs program” néven is emlegetik. A tervezés ugyan valamely hangszóró akusztikai mérések útján megszerzett Thiele–Small paramétereiből indul ki, azonban két körülményre is tekintettel kell lennünk. A katalógus szerinti paraméterek egyrészt az új hangszórók *gyári mérési átlagát* képviselik, másrészt a számítás egyáltalán nem veszi, nem veheti figyelembe a *lehallgatás körülményeit*. A kapott számítási eredmények csak mintegy szimulálják a hangszugárzó működését, de a valós lehallgatási tér döntő módon szól bele a hangzásba. Továbbá a paraméterek az idők végtelenségéig nem állandó mennyiségek, hiszen a használat során fáradási jelenségek lépnek fel. A hangszóróba beépített rugószerű mechanikai elemek kifáradnak, kilágyulnak, a kónusz is elveszíti kezdeti merevségét, és összességében a mozgó mechanikai elemek az élettartam vége felé már egészen másképp működnek, mint kezdetben. Ez intenzív használat (pl. zenekar, diszkó) esetén meglepően hamar is bekövetkezhet.

Egy jól működő hangszugárzó-rendszer létesítésekor két alapvető követelménynek kell eleget tennünk, éspedig:

1. a rendszer *megtervezése*, ellenőrzése szimulációs tervezőprogrammal, továbbá

2. a *helyszíni beállítás*, a legjobb hangzás kikísérletezése, beleértve ebbe a helyiség bútorzatának, a kárpitozásnak, a függönyöknek, egyebeknek a jellemzőit is.

Gyakorta a második feltétel teljesítése sokkal nehezebb, mint az első, hiszen nem egyszerű – nem is ritkán lehetetlen – egy lakás akusztikai beállítása vagy átalakítása. Amíg egy hangszugárzó paramétereit mi magunk módosíthatjuk kívánságaink szerint, addig egy lakás jellemzőinek megváltoztatásához többnyire a család beleegyezésére is szükség van.

Tekintsük át, hogy egyszerű szimulációs tervezőprogramokkal milyen lehetőségeink vannak!

## A WinISD „beta” program

A finn HIFI-rajongó programozó, *Juha Hartikainen* által tervezett és folyamatosan továbbfejlesztett *WinISD beta* elnevezésű freeware programot választosan már ismertettük a *Rádiótechnikában*. Ezúttal részletes kezelését, napi

használatát, a tervezés menetét mutatjuk be.

A *WinISD beta* szimulációs tervezőprogram a [www.linearteam.org](http://www.linearteam.org) honlapjáról tölthető le. Minden eleme üzemképes és jól használható, úgyszólván hibátlan, noha – amint a neve is jelzi – még csupán „előzetesnek” tekintendő bétaverzió (1. ábra). A néhány évvel korábbi készültségi fokhoz képest (még 2002-ben) a program javítása és kisebb továbbfejlesztése is megtörtént, továbbá a már eddig is tekintélyes méretű hangszóró-adatbázist elképesztő mennyiségű további hangszórótípus adataival egészítették ki. **Adatbázisa – e sorok írásakor – 3729 féle mélysugárzó adatait tartalmazza.** Ez gyakorlatilag felöleli a 2002-es évig gyártott majd’ valamennyi – európai, amerikai stb. – típust.

Ugyanezen a honlapon megtalálható a lényegesen továbbfejlesztett, igen tetszetős, újabb változat, a *WinISD Pro Alpha* verzió is, ennek azonban számos eleme pillanatnyilag (2004 júniusában) még működésképtelen. Noha teljes körűen csak a bétaverziót tudjuk számításaink céljára felhasználni, érdemes mindkettőt letölteni, mert számos újdonságot ismerhetünk meg az alfa verzióban, és a félkész állapot ellenére néhány művelte – javított algoritmussal! – máris elvégezhető a programban. A még működésképtelen, de már látható opciók arra utalnak, hogy Juha Hartikainen barátunk igencsak nagy fába vágta a fejszéjét, de ha a fejlesztéssel és a teszteléssel elkészül, a program képességei egyszerűen lenyűgözőek lesznek.

Mindkét letölthető, tömörített verzió fájlmérete kicsi, a béta hozzávetőleg 0,9 MiB, az alfa 1,4 MiB méretű és önkicsomagoló, EXE kiterjesztésű. A két program mindegyike egyidejűleg is felrakható gépünkre, egymás működését nem zavarják. A telepítés a letöltött fájl elindításával (duplakattintással) történhet. Ekkor megtörténik az adott program kicsomagolása és az elemek beépülése a Windowsba. (Mindkét program 95/98 kompatibilis.)

A programok a Windows *Program Files* elnevezésű könyvtárba települnek. A béta változat fájlrendszerét a */WinISD*, az alfa változatét a */LinearTeam/WinISD Pro* alkönyvtárban találjuk meg.

A továbbiakban a *WinISD beta* verzió használatát ismertetjük, de ennek alapján az alfa verzióban való jártasság is percek alatt megszerezhető, mert kezelése szintén egyszerű és nagyon hasonló a bétához. Az alfa verzió adatbázisában mostanság még csupán 280 hangszórótípus található.

Némiképp sajnálatos, hogy a két adatbázis egymással nem kompatibilis. Amíg a béta verzió az összes típus adatait két nagy speciális fájlban (*driver.db* és *driver.idx*) tárolja, addig az alfa verzió hangszórótípusonként külön-külön fájl alkalmaz adattárolásra. Ezek a fájlok viszont – a korábbi speciális 2 fájllal ellentétben – bármely egyszerű kis fájlnevezővel megtekinthetők (pl. Word Pad), szükség esetén szerkeszthetők. Jól áttekinthető, érthető tartalmuk voltaképp egy hosszú lista a hangszóró megnevezésével és részletes adataival.

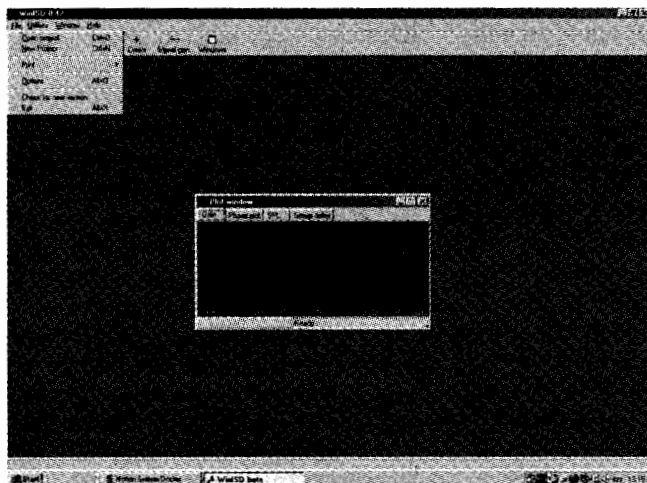
Kézenfekvő, hogy a fájl átnevezésével és az adatok átirásával közvetlenül tudunk új hangszórótípust felvenni a listába. Figyelemre méltó fejlődésre mutat az a tény, hogy ez az adatbázis sokkal részletesebb, mint a béta verzióé.

### Egy új projekt indítása

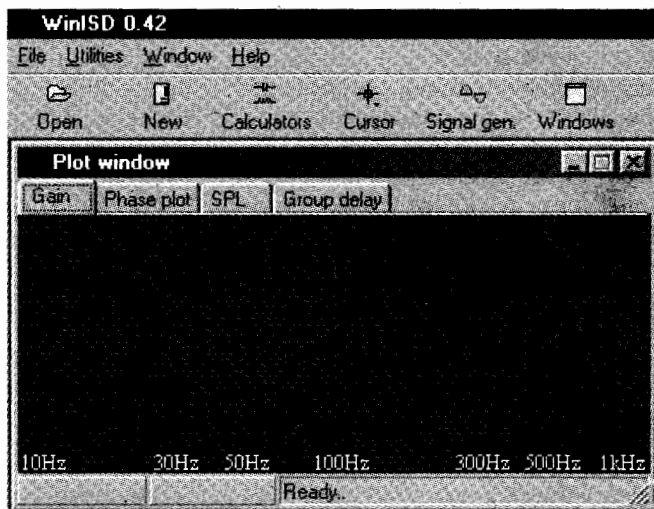
Amikor még csupán homályos elképzeléseink vannak a megépítendő mélysugárzóról, a munkát egy próbahangszóró kiválasztásával kezdetjük. Megérzéses vagy kínálati alapon eljuttunk egy vagy több – pillanatnyilag alkalmasnak tűnő – típushoz, és úgy mond „szárazon”, vásárlás nélkül, a program segítségével kipróbáljuk, körüljárjuk ezeket.

Típusos, hogy a választást gyakorta már a legelső pillanatban is a kívánatosnál jobban befolyásolja a hangszóró kiskereskedelmi ára. Többnyire nem egészen mindegy számunkra, hogy az egyébként alkalmas darab ötezer, harmincezer vagy százötvenezer forintba kerül, különösen akkor, ha két darabot készülünk beszerezni. Így a különféle beszerzési helyeken (pl. egyes üzletekben, az interneten) található hangszórók jó része – számunkra, tisztán anyagi okokból – eleve kiesik a válaszható típusok listájából.

Ennek ellenére két jó módszer is kínálkozik a tervezés (a projekt) indítására. Az első módszer szerint nem vagyunk tekintettel a költségekre, mert feltételezzük, hogy tengersok pénz áll a rendelkezésünkre és éppenséggel hangszórókba tervezzük azt befektetni.



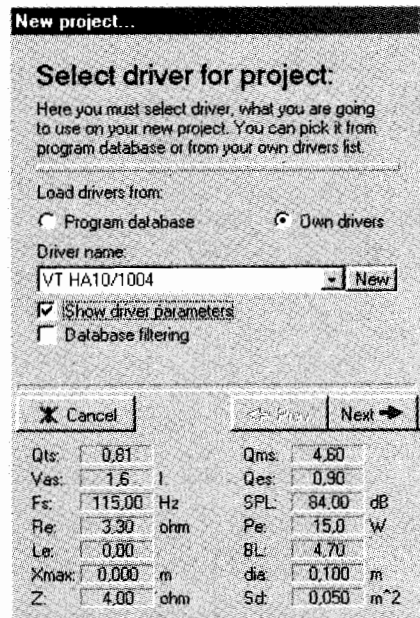
1. ábra. A *WinISD beta* program puritán bejelentkező képernyője



2. ábra. A munkát akár a File menüből, akár pedig a New ikonra kattintással indíthatjuk



3. ábra. A tervezés első lépése a hangszórótípus kiválasztása



4. ábra. A numerikus hangszóró-adatokat célszerű láthatóvá tenni

doboztérfogatot javasol, meglepően jó mélyátvitel mellett. Ha most nem tudjuk, hogy a gyártó max. 50 literes dobozra gondolt a tervezés során, és helyette beépítettük egy 300 literesbe, akkor ezen dobozba zárt levegő által képviselt légrugó túl puha a hangszórónk számára. Nagyon kis hangerőnél még csupán túl nagy kilengést, kevésbé csilapított és torz, berregős mélyhangot, túlzott mélyhangátvitelt kapunk. Ezzel szemben már a névleges teljesítmény töredékénél is a membrán pillanatok alatt kiszakad, a lengőcséve szétverődik a túl lágy felfüggesztés, a hiányzó rugóerő folytán létrejövő óriási, meg nem engedhető kitérés miatt.

Itt kell megjegyeznünk, hogy a szükséges adatok begyűjtésének igénye alapvető és egyáltalán nem függ attól, hogy voltaképp mely programmal is jutunk el a végeredményhez.

Lépjünk be a WinISD programba! Ekkor az 1. ábra szerinti ernyőképet látjuk. A program nagy, lényegében szinte üres munkafelületén látható lebegő (diagram-) ablak pozíciója és mérete, oldalméret-aránya az egerrel bármikor tetszés szerint módosítható. A program kezelése során mindenkinél kialakul, hogy milyen méretű és oldal-arányú diagramokat tart tetszetősnek. Célszerű ezt egy mozdulattal azonnal alaposan felnagyítani (kb. 3/4 ablakméretre).

A tervezési munkát akár a *File* menüből (*New Project*), akár pedig a *New* ikonra (2. ábra) kattintva indítva, egyaránt a *Select driver for project* feliratú lebegőmenühöz jutunk, vagyis adott a feladat: a projekt számára ki kell választanunk a hangszóró (*driver*) típusát (3. ábra).

Az ábrán az az állapot látszik, amikor a program adatbázisában keresünk számunkra alkalmas hangszórót. Emellett lehetőség van az általunk a saját adatbázisba bevitt hangszórók közül is választani akkor, ha az *Own drivers* („saját” hangszórótípusok) felirat melletti ikonra kattintunk.

Akár a „program” adatbázisából, akár a „saját” adatbázisunkból választunk hangszórót, a *Show driver parameters* (a hangszóró paramétereinek megmutatása) melletti ikonra kattintva a lebegőmenü alul kibővül a kiválasztott hangszóró adatait tartalmazó kis táblázattal (4. ábra). Ebben mindazon adat látszik, amely a számítások céljára szükséges és rendelkezésünkre áll. Célszerű – de nem kötelező – ezt a

számítások végéig láthatóvá tenni, hogy a diagramokon már bemutatott, számított értékeket összehasonlíthassuk a kiinduló paraméterekkel.

Esetünkben a *Videoton – Hangszóró 2000 Kft.* gyártmányainak az adatait vettük fel a saját adatbázisba és ezek közül most a HA10/1004 típusjelű, Ø10 cm-es hangszórót választottuk ki (4. ábra).

Kérdés, hogyan készíthetünk saját adatbázist? Nagyon egyszerűen, továbbá többféle módon is elindulhatunk. Például rákattinthatunk az *Own drivers* alatti *New* (új hangszórótípus) rádiógombra, vagy még a tervezési munka kezdete előtt a főmenüsorból kiválasztjuk az *Utilities* lehullómenüből a *Data base maintenance*, vagyis az „adatbázis-karbantartás” menüpontot.

Mindkét esetben a *Driver editor* lebegőmenü-ablak jelenik meg, csak míg a *New* rádiógomb segítségével üres táblázat áll a rendelkezésünkre, addig az „adatbázis karbantartás” kiválasztása során lehetőség van a korábban felvett hangszóróadatok javítására, kiegészítésére, netán átmunkálására (5. ábra).

Új típus bevitele ebben az ablakban is a *New* rádiógombra kattintással kezdeményezhető. Ebben az esetben is üres táblázatból indulhatunk ki. A beírás után az ablaknak a *Close* gombbal történő bezárása során az adatok automatikusan elmentődnek. Szükség ese-

A másik módszer kiindulási alapja a – meglehetősen lapos – pénztárcánk. Ekkor körülnézünk a számunkra elérhető hangszórópiacon, és egy rövid feljegyzést készítünk arról, hogy mely típusok azok, amelyek számunkra elérhető áron kaphatók. Már ezen első tájékozódás alkalmával is általában eléggé gyorsan kiszűrhetők közülük azok, amelyek pl. szemmel láthatóan alkalmatlanok teljesítményük vagy átviteli tulajdonságaik szempontjából.

Ha megtörtént a néhány alkalmas típus kiválasztása, akkor igyekezzünk megszerezni ezek valamennyi elérhető elektroakusztikai adatát, mindenek előtt a Thiele–Small paramétereket. Minden valamire való hangszórós cég esetén természetes, hogy ezek az adatok vagy már az előzetes (pl. internetes) tájékozódás során, vagy némi utánajárással megszerezhetők. Automatikusan ejtsük ki a választék azon részét, amelynél ilyen adatok nem állnak rendelkezésre, hiszen aligha tudunk hosszadalmas mérési műveletek nélkül a szükséges adatokhoz, pontosabban csupán azok egy részéhez hozzájutni. Előfordul az is, hogy a részletesnek tűnő katalógusból éppen a legfontosabb adatok egyike-másika hiányzik. Éppen az, amelyet nem tudunk megmérni és amely miatt így hozzá sem tudunk fogni a számításokhoz. Ilyen adat például a gumi membránszélű hangszórók javasolt max. doboztérfogata, amely adat hiányában teljesen hibás tervezésű, ötperces élettartamú (az első nagy bumm-ig tartó) hangszugárzót építhetünk meg.

Ez a helyzet akkor állhat elő, ha a hangszóró valóban eléggé lágy rugózású és a program – elvileg – 300 literes

5. ábra. Saját hangszóró-adatbázis készítése a „New”, míg átszerkesztése, javítása az „Edit” rádiógomb segítségével lehetséges

tén bármikor lehetőség van az adatok javítására, karbantartására.

Az új projekt indítás történhet más képpen is, ha már kellő tapasztalatot szereztünk a program kezelésében, továbbá nem vagyunk tekintettel a beszerzés fizikai és anyagi nehézségeire. Ekkor kihasználhatjuk a program adatbázis-szűrőjét a *Select driver for project* lebegőmenü *Database filtering* opciójára kattintva. Ekkor egy újabb lebegőmenü jelenik meg, amelynek üres celláiba beírhatjuk az általunk elképzelt típus *egy vagy több* adatát, amely szerint válogatni, keresni óhajtunk az adatbázisban. Például nagy teljesítményű, 1200 W-os típusokat kerestünk (6. ábra felső része), és a szűrő valóban számos ilyen hangszórót talált az adatbázisban. Amikor 20 Hz-es rezonanciafrekvenciájú és nagy teljesítményű típusokat kerestünk, akkor csak az 1000 W-os egységek között találtunk ilyeneket és mindössze négyet (6. ábra alsó része).

Akármilyen módon történik is a típus kiválasztása, de végül eljutunk a hangszóró adataihoz. Sőt, ehhez néha nem is válogatás, kiválasztás, hanem a részletes katalógusadatok beírása útján érhetünk el. A hangszóró ugyanis adott, történetesen valamely konstrukció része és például most számításokkal kívánjuk megfelelőségét utólag ellenőrizni, vagy a konstrukció átalakítását, javítását kíséreljük meg.

Kérdés, mi történik abban az esetben, ha nem áll valamennyi adat a rendelkezésünkre? Ebben a sajnálatos esetben az a döntő, hogy a fontos számításokhoz szükséges adatok hiányoznak-e, vagy csupán egyes másodlagos adatokhoz nem jutottunk hozzá. Ilyen másodlagos fontosságú adat pl. a lengő induktivitása ( $L_e$ ), impedanciája ( $Z$ ), a maximális (lineáris, a vezérlés hatására történő) lengőkitérés ( $X_{max}$ ), továbbá a három jósági tényező közül az egyik hiánya. Ezen adatok mellőzése nem teszi lehetetlenné egyes alapvető számítások elvégzését, de teljes körű eredményt hiányuk estén nem várhatunk. Szerencsére például a három  $Q$  érték egymással összefügg és a meglévő kétből a harmadik számítható ( $s$  ha szükséges, akár az egyenlet esetleges átrendezésének az árán is):

$$Q_{ES} = \frac{1}{\frac{1}{Q_{TS}} - \frac{1}{Q_{MS}}}$$

ahol  $Q_{TS}$  = a mélysugárzó teljes (villamos + mechanikai) jósága

$Q_{ES}$  = a mélysugárzó villamos jósága

$Q_{MS}$  = a mélysugárzó mechanikai jósága

Szükség esetén az egyenlet alkalmas átrendezésével bármelyik hiányzó adat számítható. Ne zavarjon bennünket a megértésben az, hogy számos paraméter megnevezésében a program technikai okokból nem használ indextelt kifejezést, pl. a helyes  $X_{max}$  helyett  $Xmax$  kifejezést találunk stb.

### Hangszóró-felhasználás

Amennyiben a hangszóró kiválasztása sikeresen megtörtént, a következő lépésben kell lépnünk a *Next*, azaz „tovább!” rádiógomb segítségével (7. ábra). Ekkor az előbbi lebegőmenü helyét átveszi a *Driver usage*, „hangszóróhasználat” elnevezésű menü. Ezt a kifejezést némiképp értelmeznünk kell. Alapvetően két lehetőségünk van. Megválaszthatjuk a *Driver* ablakban a használni kívánt hangszórók darabszámát, továbbá magának a használatnak a módját.

Nyilvánvaló, hogy alapesetben, az egyetlen hangszóróval történő számítás során semmilyen további választási lehetőségünk nincs. Ha viszont leg-

6. ábra. Keresés az adatbázisban egy vagy több paraméterre



7. ábra. Meghatározhatjuk a hangszórók darabszámát és használatuk módját

alább két darab (vagy páros számú) hangszórót tervezünk beépíteni a dobozba, akkor lehetőség van a hagyományos (*Normal*), vagyis egymás melletti beépítésen túl az izobarikus beépítési módot (*Iso-barik, Compound*) is kipróbálni a számítások során. Ez utóbbi esetben a hangszórópárt (igen ritkán: hangszórópárokat) szoros közelségben építjük be a hangdobozba és a továbbiakban – alkalmas lengőbekötés mellett – a párost (esetleg párosokat) egyetlen, új jellemzőkkel felruházott egységként kezeli a program.

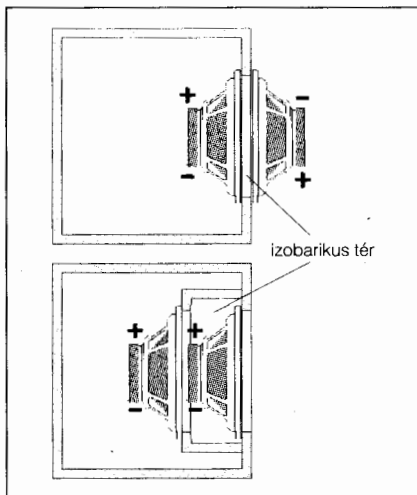
Előző cikkünkben (ÉK 2002) már utaltunk arra, hogy a *Compound* (= egyes, összetett) kifejezést gyakorta tévesen használják, mert az műszaki értelemben a kétkamrás hangsugárzókra értelmezhető (ld. kompaund üzemű kéthengeres gőzgép, pl. a néhai gőzmozdonyok többsége stb.). Amíg a kompaund a *doboz* felépítésére vonatkozik (ti. többkamrás), addig az izoba-

rikus a *hangszórópár* különleges beépítési módját jelzi. A két kifejezés szerinti konstrukció külön-külön is megépíthető, de lehet olyan doboz is tervezni, amelyben a két konstrukciós elem egyszerre valósul meg, azaz egy kompaund doboz izobarikus beépítésű hangszórópárt tartalmaz.

A programban a kis rajz segít eldönteni: az *Iso-barik (Compound)* felirat voltaképp izobarikus hangszóróbeépítést jelent (8. ábra).

Az izobarikus beépítésnek kétféle módja lehetséges. Az egyik esetben a két hangszórót egymással szemben erősítjük fel a hangszórónyílásban, a másik esetben azonos állásban, egymás mögé, de a lehető legszorosabb közelségben. A lengőtekercsek bekötési polaritásánál arra kell ügyelni, hogy a kónuszok kitérése, azaz vezérlés, működés közben a két hangszóró közé zárt tér állandó nagyságú legyen.

Ebből az következik, hogy az egymással szembefordított hangszórókat *ellentétes*, az egymás mögé beépítetteket *azonos* polaritással kell bekötni (9. ábra). A helytelenül bekötött hangszórók egymásba dolgoznak.

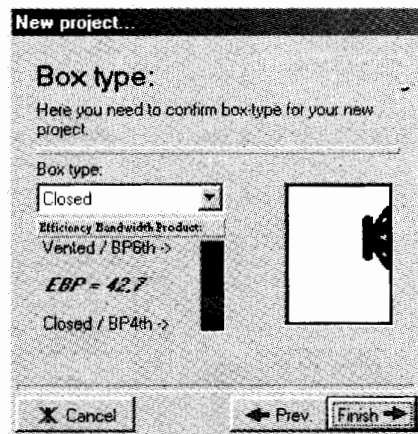


9. ábra. Az izobarikus beépítés kétféle módja és a hangszórók helyes polaritású bekötése

Az izobarikus beépítés kb. dupla költség árán fele akkora dobozzal hozza megközelítően azt az eredményt, mint egyetlen hangszóró. A gyakorlatban a mindenképpen túlságosan nagy méretű szub-basszus láda építése során érdemes megfontolni az izobarikus beépítési módot. A kétszeres hangszóró-költség egy része megtérülhet a kisebb doboz révén.

## Doboztípus

A Next rádiógombot megnyomva léphetünk tovább a *Box Type*, „doboztípus” lebegőmenübe (10. ábra). A program az eddig beadott adatok alapján már egyszerű számításokat végez és ennek első eredményét látjuk ebben a menüablakban. A számított EBP-értéket egy kis hőmérődiagram ábrázolja és ennek alapján a program javaslatot tesz a célszerű doboztípus kiválasztására.



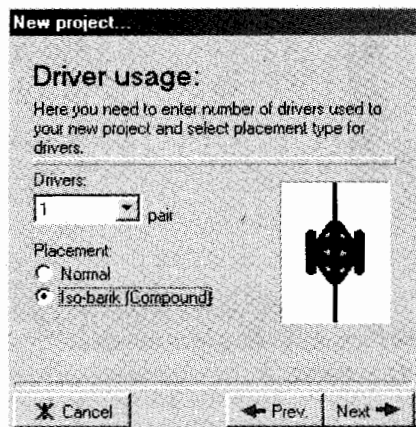
10. ábra. A doboztípus kiválasztása az EBP-érték alapján. A hőmérő jelzi a program ajánlatát

Az EBP-érték egy ökölszabály a hangszóró felhasználásával kapcsolatban. Számításokkal igazolható alapja nincsen, a hozzá való igazodás sem kötelező érvényű, inkább csak *tapasztalati javaslat, ökölszabály*. Az EBP-érték (Efficiency Bandwidth Product) használatát *Richard Small* javasolta még az 1970-es években. A javaslat szerint egy hangszóró EBP-értéke:

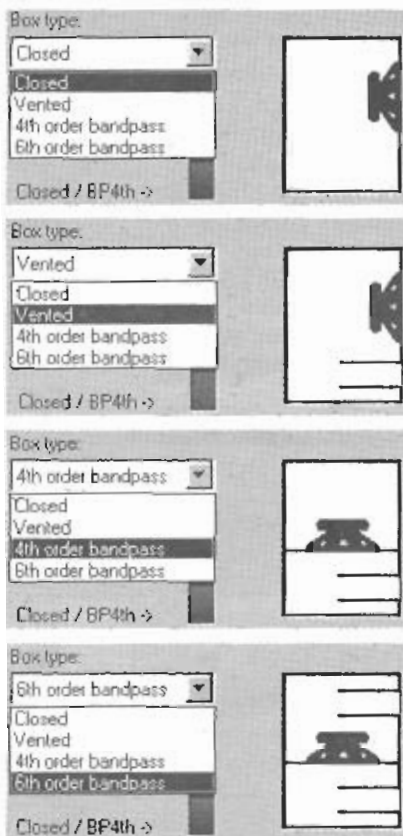
$$EBP = \frac{f_s}{Q_{es} Q_{ts}}$$

A tapasztalat szerint az így kapott érték – amely nem képezi szerves részét a Thiele–Small paraméterrendszernek – valamelyes támpontot nyújt még bármely számítás elvégzése előtt az optimális felhasználásra. Valójában a javaslat csupán egyfajta sugalmazás, mankó. A különböző cégek nem is teljesen egyező módon értelmezik a számszerű adatokat és a kapcsolatos értékhatárokat.

Abban többnyire megegyeznek, hogy EBP < 100 esetén a hangszórót célszerű *zárt dobozba* építeni. Egyes



8. ábra. Izobarikus hangszórópárok beépítése



11. ábra. A tervezhető doboztípusok és sematikus rajzuk (montázs)

zel a „doboztípus” ablakban szembesülünk. Összesen négy alapvető dobozféleség tervezésére van lehetőség:

- zárt (*Closed*),
- basszusreflex (rezonáns, *Vented*)
- negyedfokú rezonáns sávszűrős (*4th order bandpass*)
- hatodfokú rezonáns sávszűrős (*6th order bandpass*)

A programban választható fenti négy menüpontot, illetve a dobozok itt megjelenő kis *sematikus képeit* szemléltetési célból egy ábrába összemásoltuk, s a 11. ábrán látható ezek eredője.

Nagyon tanulságos a program használata során egy kiválasztott hangszóróval „végigzongorázni” valamennyi lehetőséget. Mivel ez tulajdonképpen semmibe sem kerül, sokat tanulhatunk belőle és vágyaink kissé közelebb kerülhetnek a valósághoz. Nagyon sok mememondának, kőszá hírnek itt találhatjuk meg a reális alapját. Már a reflexdobozzal történő próbálgatás is sok tanulsággal jár, de a csatolt üreges, rezonáns, negyed-hatodfokú dobozokkal való kísérletezés a *képernyőn* egyszerűen lelkesítő, hiszen új akusztikai lehetőségeket ismerünk meg, másrészt igen csak lehangelő a szűk korlátok láttán. Néhány, a képernyő előtt kísérletezéssel töltött munkás óra után beláthatjuk, hogy egy bonyolult működésű doboz találmónra történő megépítése milyen tetemes kockázattal is jár.

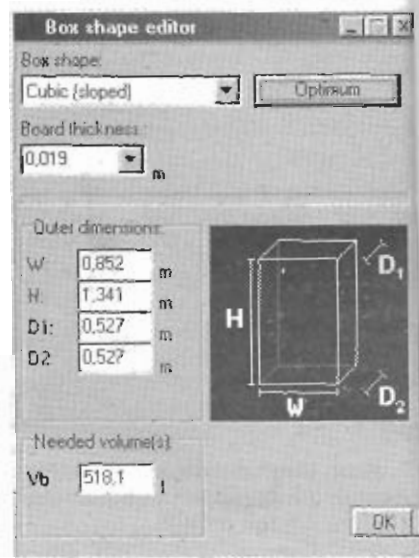
ajánlások szerint viszont  $EBP < 50$  esetén az ideális konstrukció a *TL-doboz*.

A *reflexdoboz* számára ideálisnak tartják az  $EBP = 50 \dots 120$  értékhatárokat, más javaslat szerint ugyanez az  $EBP = 100 \dots 150$  értékre igaz.

Az összetett felépítésű, vagyis a negyed- és hatodfokú rezonáns dobozok számára is kapunk javaslatokat. A *negyedfokú doboz* esetén javasolt az  $EBP = 60 \dots 120$ , míg a *hatodfokú hangszugárzó* esetén az  $EBP > 120$  az ideális érték. *Tölcsérsugárzó* esetén javasolt az  $EBP = 150 \dots 250$  érték.

Mínél inkább igyekezünk tájékozódni az EBP-témakörben, annál több, egymástól eltérő, egymást átfedő javaslatot kapunk és voltaképp a végén alig leszünk okosabbak. A gyakorlatban a doboztípusok és hangszóróadatok összevetése, előzetes próbaszámítások alapján juthatunk el az optimális konstrukcióhoz, adott esetben egészen másfajta dobozhoz, mint amire előzőleg gondoltunk.

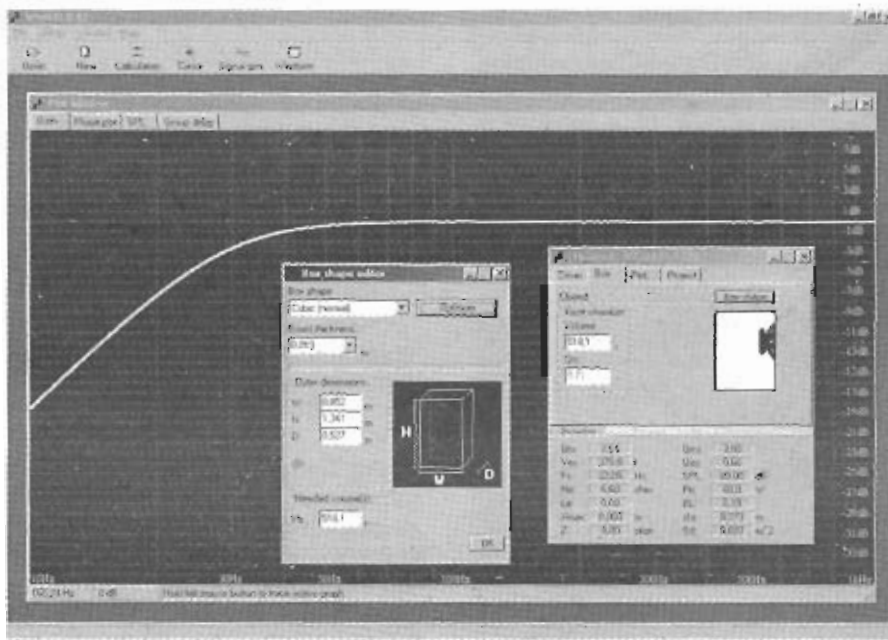
Sajnálatos, hogy a *WinISD beta* programverzió gyenge pontja a számításokkal ellenőrizhető vagy tervezhető hangdobozok csekély választéka. Ez-



12. ábra. A „Box shape” menü

Ha most a doboztípus kiválasztása után rákattintunk a *Finish* rádiógombra (10. ábra, jobbra alul), akkor egycsapásra az eredmények birtokába jutunk. A lebegőmenü helyére egy új, ezúttal fülesmenü lép, és ugyanekkor aktív lesz a nagy diagramablak is.

Ha az új fülesmenüben a doboz vázlatos ábrázolása fölötti *Box shape*, azaz „a doboz vázlatos rajza” feliratú rádiógombra kattintunk, megjelenik egy (ugyanezen feliratot viselő) második lebegőmenü is (12. ábra). Ebben a „fa-



13. ábra. Az eddigi adatok és beállítások birtokában a program elvégzi a szükséges számításokat és az eredményekhez többféle formában is hozzáférhetünk: a képernyőn, kinyomtatva és szöveges adatbázisként



anyag vastagságának" (*Board thickness*) kiválasztása (beírása) után az *Optimum* rádiógombra kattintva megjelennek a kis táblázatban a doboz asztalosrajzához, illetve elkészítéséhez szükséges *külső méretek* ( $W$  = szélesség,  $H$  = magasság,  $D$  = mélység, méter dimenzióban kifejezve) a kiválasztott anyag vastagságának beszámításával. Amennyiben a *Box shape* rádiógombra kattintunk, lehetőség van ferdehátú (pl. autós) doboz méreteinek kiszámítására is. Az összesített kép, vagyis a háttérben a nagy, méretezhető, négyfülvű, frekvenciakálás diagramablak, felette a kis úszó projekt-fülesmenü a hangszóró stb. adataival, továbbá a doboz méreteit tartalmazó, harmadik úszómenü a 13. ábrán látható.

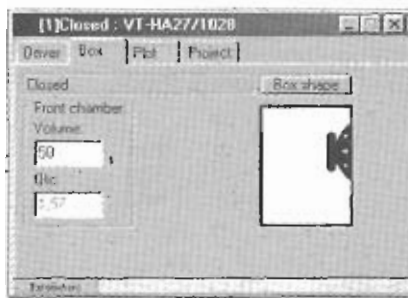
#### Példa: zárt doboz

Induljunk ki abból, amiből gyakorta olvasóink is: megtetszett a katalógusban egy hangszóró, az árát is megfelelőnek ítéltük, így elszántuk magunkat egy olyan hangszóró készítésére, amelynek mélyszekcióját a szóban forgó hangszóró képezi. Az eddig megismert eljárást követve, először beírtuk, elmentettük, majd kiválasztottuk kedvencünket a saját adatbázisunkból. Ez pedig a *Hangszóró 2000 Kft.* által gyártott, HA31/1008 típuszámú, papírkónuszos, műanyaghab membránszélű, 100 wattos névleges teljesítményű, 30...2000 Hz átviteli tartományú, Ø314 mm kosárméretű, *Videoton* hangszóró. A szóban forgó műtárgyból egy darabot szándékozunk beépíteni a tervezendő dobozba.

A katalógus alapján ismeretes, hogy a kellő keménységű légrugó, vagyis az optimális „akusztikai felfüggesztés” és a fizikai épség megőrzése érdekében ez a hangszóró legfeljebb 45–50 literes (vagy bármely ennél kisebb) zárt dobozba építhető be. A program ezzel szemben a *T/S* paraméterek alapján egy pillanat alatt kiszámította, hogy a mélyhangok szempontjából optimális, 0,7-es csillapítási tényező mellett a kívánatos doboztérfogat mintegy fél köbméter (518 liter). A 12. ábra ezen számítás egy pillanat alatt megkapott végeredményét mutatja. Hogyan tovább?

#### Problémák

A számítások intelligenciája véges, valamennyi adat figyelembe vételére a



14. ábra. A doboztérfogat (*Volume*) kívánság szerint módosítható

program nem képes. Így például az adatlapban ajánlott/maximált dobozméret feltüntetésére nincs előkészített hely, ezáltal ezt az adatot mellőzi a program. Ha most számítási példánkat vesszük figyelembe, a tévedés több, mint tetemes. Ez arra utal, hogy a program használata feltételezi a témához szükséges valamelyes hozzáértést. Vizsgáljuk meg a tévedés mértékét, következményeit és elhárításának lehetőségét!

Mintapéldánkban a szükséges légrugó (ún. akusztikai felfüggesztés), az 50 literes engedélyezett maximális térfogat helyett a program 518 literes dobozt számolt ki (12. és 13. ábra). Ezzel a dobozzal, a 0,71-es csillapítási tényezővel nagyon kedvező frekvenciamenet adódott volna, ha ez az állapot megvalósítható lett volna. A természetes, félköbméteres hangszóró alsó –3 dB-es

határfrekvenciájára 30 Hz adódott, viszont ekkora doboz légrugójának ellen tartó hatása túlságosan csekély, majdnem semmi. Ez a légrugó túl lágy a jelzett hangszóróhoz. Ilyen nagy dobozban – a kellő visszatérítő rugóerő hiányában – a membránkitérés túl nagy lesz és a hangszóró hamarosan, akár másodpercek alatt is, az első nagy „bumm” után tönkremegy. Ha viszont korrigáljuk a figyelembe nem vett érték miatti hibás számítást, akkor eljutunk a reális doboz reális, várható frekvenciamenethez. Ehhez módosítsuk kézzel a térfogatot a fülesmenüben!

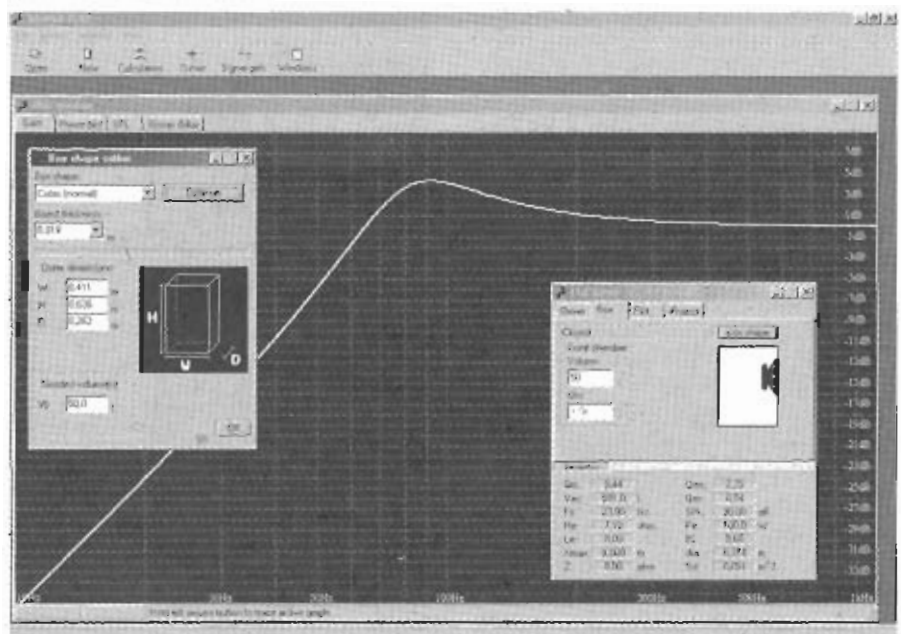
A *Front chamber* (előlső kamra) mezőben találjuk a *Volume* felirat alatt a térfogaterőteket literben.

Ezt most kísérletképpen átfírtuk 50 literre (14. ábra).

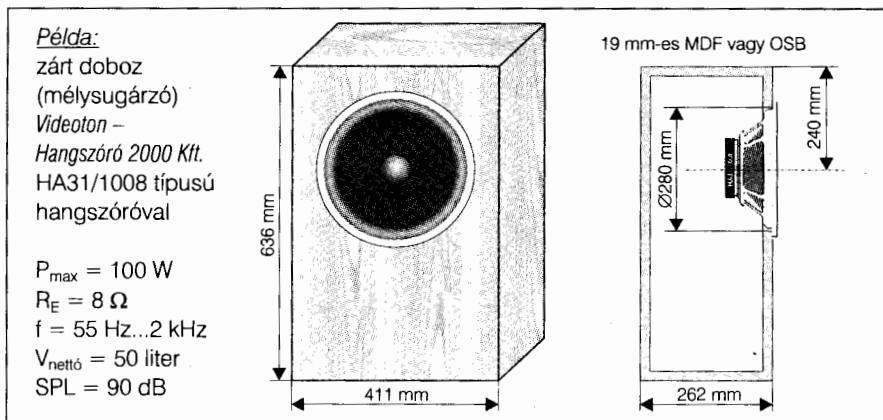
Az, hogy a menüben *előlső kamra* feliratot látunk, ne zavarjon senkit. Ez a programozó számára egyszerű gyakorlati megoldás volt, és miután csak egy kamrából áll a hangszóró, értelemszerűen most nem is kell keresnünk bármiféle *másik* kamrát.

Kérdés, milyen változások történtek ennek következtében?

Először is a program azonnal korrigálja a  $Q_{TC}$  értékét, a hangszóró teljes jóságát az eredeti kedvező, *maximális laposságú frekvenciamenetet eredményező* csillapítási értékről, azaz  $Q_{TC} = 0,71$ -ről  $Q_{TC} = 1,57$ -re. Ez azt jelenti, hogy a hangszóró ezúttal jóval



15. ábra. A kiválasztott hangszóró átvitele a gyártó által engedélyezett (maximális) méretű dobozban



**16. ábra. A 15. ábra szerinti mélysugárzó. Hangzása csillapítóanyaggal (pl. vattával) kísérletileg beállítandó. A közép- és magashangok lesugárzásához további hangszórókkal (továbbá hangváltóval) egészítendő ki**

keményebb légrugóval találja szemben magát, aminek következtében működésmódja jelentősen módosul. A  $Q_{TC}$  értékének módosító hatásáról részletesen cikkünk előző részében írtunk (*RT ÉK 2002, 98–99. old.*).

Most milyen hatásokra számíthatunk? A keményebb légrugó folytán a hangszóró első határfrekvenciája magasabbra, kb. 55 Hz-re kerül és a sávhatár közelében (kb. 70...80 Hz-nél) 4,5 dB kiemelés jön létre (**15. ábra**). A frekvenciamenet egyenetlensége, a rezonanciajelenség automatikusan együtt jár az impulzusátvitel valamilyen romlásával, ugyanekkor a kiemelés látszólag feldúsítja a mélyhangok sugárzását. Csak azért látszólag, mert a jelenség a magasabb mélyhang-frekvenciáknál jön létre, és ezen frekvencia alatt az átvitel esésével kell számolnunk. A tervezett doboz képe a **16. ábrán** látható.

A legtöbb szimulációs programban csak a mélysugárzó megtervezésére van módunk, jelen esetben is egy többutas rendszer mélyszekciójának jellemzőit tekintettük át. A doboz külme-reteit a program számította ki, 19 mm-es (MDF vagy OSB) anyagvastagság figyelembe vételével.

A teljes hangfrekvenciás sáv visszaadásához a mélyszekciót természetesen ki kell egészítenünk – két vagy háromutas konstrukcióban – közép- és magassugárzókkal. Ehhez támpontot ad a katalógus szerinti SPL-érték (dB-ben), amely az 1 wattnyi vezérlőjel hatására 1 méter távolságról mérhető hangnyomás. Jelen esetben ez 90 dB, amely meglehetősen csekélynek monható, így várhatóan nem lesz

nehéz a megfelelő kiegészítő hangszórók kiválasztása. A sokkal jobb hatásfokú hangszóróknál mindig az a gond, hogy nem találunk hozzá kellő (kb. azonos) hatásfokú kiegészítő (közép- és magashangú) sugárzókat, illetve ha mégis, azok hallatlanul drágák.

A határfrekvencia megemelkedése és a sávhatár-közeli kiemelés törvényszerű jelenség és nem ehhez a hangszóróhoz köthető. Ez ugyanis a tipikus, korrekt válasz a relatíve kis doboz használatának esetére. Bármely hangszóró viselkedése hasonló lesz, ha a  $Q_{TC}$  értékét viszonylag nagyra választjuk. Más kérdés, hogy számos, gumi vagy műanyaghab membránszélű, lágy felfüggesztésű hangszórótípus esetén *nem is lehetséges más megoldás*. Így voltaképp nincs is választási lehetőségünk az adott konstrukció, az üzembiztonság, a kellő élettartam követelményei folytán. A programmal mindössze ellenőrizni tudjuk a működésmódot, a kialakult körülményeket.

Ha valaki a tervezett vásárlás, megépítés előtt kb. ilyesféle méretű, teljesítményű és átviteli jellemzőkkel rendelkező hangszóróra gondolt, tekintse át a következő érveket, és ennek függvényében döntsön.

Látva a hangszóró jellemzőit, viselkedését a szimulációs programban, kérdés, hogyan értékelhetjük a szóban forgó típus viselkedését? Meglehetősen kedvezően! A *WinISD beta* hatalmas, több, mint három ezer hangszóró adatait tartalmazó adatbázisában kutakodva és a különféle paraméterekre szűrözve kideríthető, hogy a szóban forgó típus paraméterei meglehetősen egyediek, mégpedig pozitív értelem-

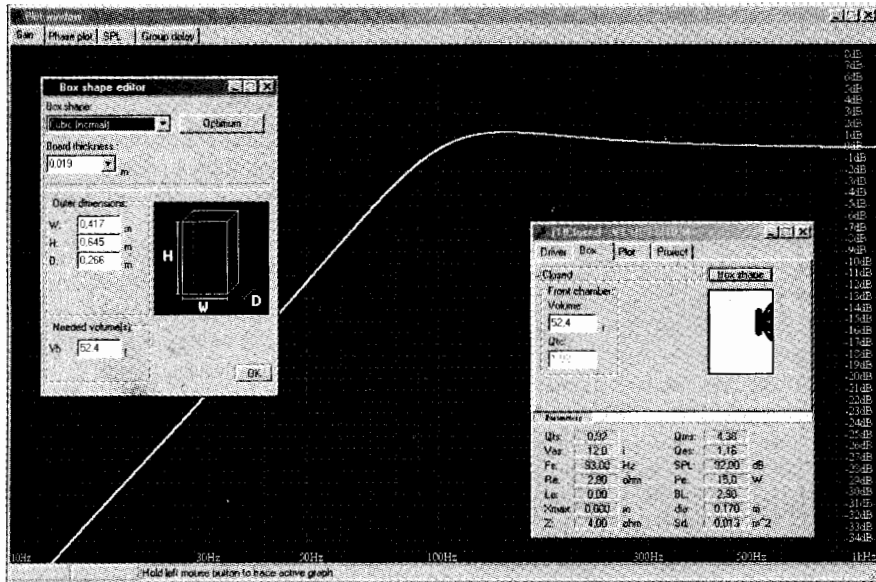
ben! Ekkora méretben (átmérőben) ilyen alacsony rezonanciafrekvenciájú hangszórót alig-alig találunk a sokezer között. A hangszóróárak ismeretében pedig kijelenthető, hogy voltaképp például ez a típus jelentheti az ún. jó vétel kategóriáját. Persze az sem vitatható, hogy biztosan találunk jobbat is, nagyobb átmérővel stb., és persze jóval drágábban.

Hátra van még egy döntő tényező, a meghallgatás, a hallás, a hangzás szerinti minősítés. Ez viszont már túlságosan sok, nem a hangszórótípustól, hanem egyéb körülménytől függ, így értelmes, korrekt, megfontolandó tanácsot egyszerűen nem lehet adni.

Egy házilagosan megépített doboz, rendszer kivitele is esetleges lehet, továbbá a lehallgatás helyszíni sajátosságai (pl. lakószobánál a térfogati méretek, a bútorzatok, a kárpitozási arányok stb.) között hatalmas eltérések lehetnek. Önmagában egy hangszóró, hangszugárzó nagyon nehezen minősíthető, mert bármely egység hangzása rövid idő alatt megszokható, ami a korrekt kiértékelést nagyon megzavarja. A minősítés ezért többnyire egy másik típusal történő összehasonlítással történik, különféle műsoranyagok felhasználásával. Ez pedig már nem a tervezés területe. Viszont adott esetben nem mindegy, hogy egy ötezer vagy egy ötvenezer, vagy netán egy kétszázötvenezer forintos tárgyban csalódunk. Továbbá nem biztos, hogy egy drágább termék okvetlenül jobb, egy olcsóbb pedig okvetlenül gyengébb minőségű.

#### *Példa: szélessávú zárt doboz*

Ismeretes, hogy a teljes hangfrekvenciás sáv visszaadása egyetlen szélessávú hangszóróval akusztikai szempontból nem ad optimális megoldást, viszont a lehető legegyszerűbb és legolcsóbb kivitel. A szélessávú hangszórók jellegzetes Doppler-torzítással rendelkeznek. A magasabb frekvenciák visszaadása során a kónusz vagy annak egy jellemző része (a magashangú szekció, amely lehet pl. egybeépített dóm vagy tölcser) a mélyhangok ütemében is mozog és így a magasabb hangok egyfajta sebességmodulációt szenvednek el. Ennek ellenére a konstrukciónak igenis van létjogosultsága, mert elmarad egy sor, szintén problémás eszköz, például a hangváltó. Így tehát amit veszítünk a vámon, visszakaphatjuk a réven, és eredőben a doboz



17. ábra. Próbaszámítás: 52 literes, zárt dobozos konstrukció 17 cm-es, 15 W-os, szélesávú Videoton hangszóróval. A mélyátvitellel elégedetlenek vagyunk. Alkalmasabb konstrukciót kell keresnünk a hangszóróhoz

jól fog működni, ha nem is a high-end kategóriában.

Éppen erről van szó: a kispénzű, a HIFI varázslataival éppen ismerkedők minimális költségek mellett építhetnek meg egy kielégítően működő szélesávú zárt dobozt a biztos, 100%-os siker reményében. Ezen a dobozon nincs mit elszúrni, ugyanekkor jó ujjgyakorlatnak számít a későbbi, komolyabb munkákhoz, de jól felhasználhatjuk PC hangkártárhoz is.

Céljainkra a Hangszóró 2000 Kft. ajánlatából egy papírkónuszos, szélesávú Videoton egységet választottunk ki. A HC17/1034 típusú, 17 cm-es hangszóró 15 W névleges teljesítményű és alkalmas a 70 Hz...16 kHz közötti frekvenciasáv visszaadására. A doboz méretére nincs megkötés.

A hangszóró adatait bevittük kedvenc WinISD programunk „saját” adatbázisába és néhány egérgattintás, pár másodperc után a szemük elé tárultak a hangszóró által nyújtott lehetőségek, a számított frekvenciakarakterisztika valamint az ajánlott doboz külméretei (41,7 × 64,5 × 26,6 cm), ha 19 mm-es MDF, OSB vagy hasonló fél-fagyártmányból készítjük el azt.

Először is azt kellett megállapítanunk, hogy a tervezés „legfáradtságosabb” része a hangszóró néhány adatának a beírása volt... Ettől kezdve viszont korlátlanok a lehetőségeink, a program által adott lehetőségek keretein belül szabadon szárnyalhat a fantá-

ziánk, néhány perc leforgása alatt számtalan variáció kidolgozására van lehetőség, majd az eredményeket (a diagramokat) kinyomtathatjuk és az adatokat szöveges formában is elmenthetjük.

Miután ezúttal nem vártunk semmiféle csoda bekövetkeztére, nem lepődünk meg azon, hogy ez az igen egyszerű és olcsó konstrukció a maga (számított) 52 literes nettó térfogatával kb. 80 Hz-től képes a mélyhangok visszaadására. Az alsó határfrekvenciától nem vagyunk elragadtatva, de tudjuk, hogy a zárt doboznál sokkal jobb kisfrekvenciás átviteli tulajdonságú dobozok is vannak. Miután a számított doboztérfogat igen közel van az előző projekt 50 literes térfogatához, minden további nélkül beépíthetjük az előző számítással nyert dobozba is. Természetesen most kisebb, Ø150 mm-es nyílást kell készítenünk a hangszóró számára.

A  $Q_{TC} = 1,02$  eredő jósági tényező arra utal, hogy a program segítségével legkisebb optimális dobozméretet kaptuk. A zárt dobozzal az olcsó hangszóró azt nyújtja, amit elvárhatunk tőle. A sávhatár tágabb környezetében a várható kiemelés mértéke nem számottevő, kb. +1,5 dB (17. ábra).

Megvizsgálhatjuk, hogy egy kisebb zárt dobozba építés milyen hatással van a hangszóró átvitelére. Próbaképpen átirtuk a felkínált dobozméretet 12 literre. Ebben az esetben a 19 mm-es

anyagból készített optimális alakú doboz külméretei 27 × 40,9 × 17,7 cm lettek. A doboz alakilag megegyezik a 12. ábra szerintiivel, csupán a méretei lényegesen kisebbek és a hangszóró számára most csak egy Ø150 mm nagyságú nyílást kell készítenünk az előlapon.

Az alsó sávhatár -3 dB-es pontja 95 Hz-re növekedett. A doboz eredő jósága,  $Q_{TC} = 1,30$  arra utal, hogy a frekvenciamenettel már kisebb bajok is lehetnek. Valóban, az átviteli görbét megtekintve, 155 Hz-en +3 dB-es kiemelését találunk, amelynek mértéke nem tragikus, de kellémetlen helyen, a „hordóhangok” frekvenciatartományában jelentkezik.

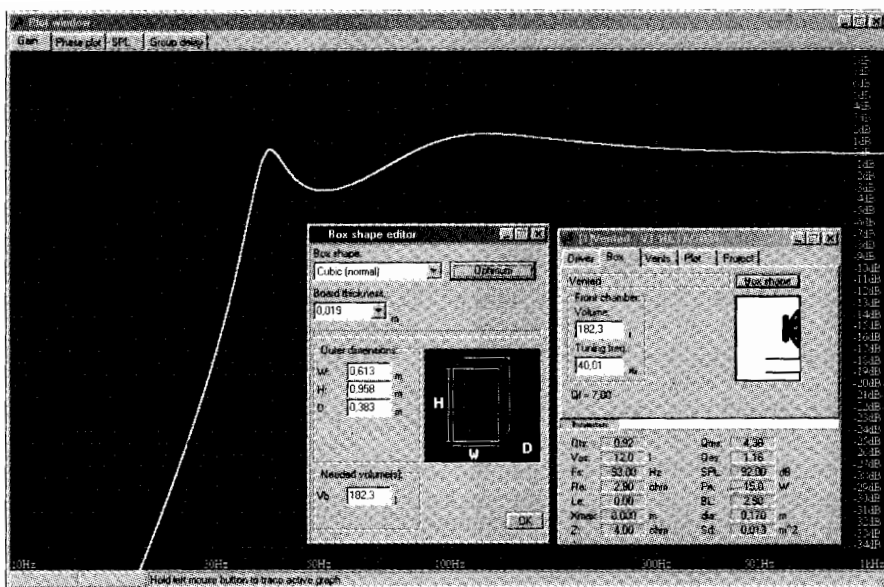
További méretcsökkentés a  $Q_{TC}$  és a kiemelés nagyságának növekedését okozza, romló mélyátvitel mellett. Viszont ellenkező irányban haladva, hiába növeljük meg a doboz méretét pl. 500 literre vagy akár 5 m<sup>3</sup>-re is, a frekvenciamenet úgyszólván semmilyen számottevő javulást nem mutat. Beigazolódott tehát, hogy a program elsősorban valóban az optimális méretű zárt dobozt kínálta fel.

Kérdés továbbá, hogy a program segítségével nem juthatunk-e kedvezőbb eredményre, például rezonáns (basszusreflex) dobozba építéssel.

### Rezonáns doboz tervezése

A rezonáns, más elnevezés szerint basszusreflex doboz (Vented Box) tervezésének nehézségei, a „borotvaélen táncolás” a különféle programok használata során egyértelműen kiderülnek. Elvileg arról van szó, hogy a rezonáns dobozba zárt levegőt annak méretezett s így alkalmas elektroakusztikai jellemzői folytán (tömeg, rugóállandó) ráhangoljuk a bépített hangszóróra úgy, hogy az akusztikai csatolás eredményeképp egy sávszűrős jellegű, kétpúpú frekvenciamenet alakuljon ki. A helyes behangolhatóság kulcskérdése: 1. a doboz térfogata, 2. a hangolásra használt, többnyire csőszerű eszköz átmérője (keresztmetszete) és hossza.

A reflexdoboz iredalma hihetetlenül bőséges, éppen a doboz működésében fellelhető különlegességek, anomáliák folytán. Ezek mind a méretezést, mind pedig a kivitelezést és nem utolsósorban a behangolást is meglehetősen körülményessé teszik. Korábbi cikkeinkben szó esett arról, hogy a doboz viselkedése nagy mértékben ha-



18. ábra. 182 literes, bassreflex-dobozos konstrukció 17 cm-es, 15 W-os, szélessávú Videoton hangszóróval. A számítás elsőre túl nagy méretű dobozt eredményezett. A frekvenciamenet jellegzetes módon hullámos, bár mértéke elfogadható, +2 dB...-3 dB

sonlatos a különféle típusú villamos szűrőkhöz, külön hangsúlyozva azok (és így a rezonáns dobozok) sokféleségét és egymástól döntően eltérő viselkedésmódjait. Ez a doboz ugyanis – amint erre már korábbi cikkeinkben utaltunk – akár tizenöt-húszféle (ismert) szűrőmódus valamelyikében is működhet, a tervezés, méretezés adott körülményei, szempontjai szerint. A dobozok egy része *önmagában* is kielégítően működik, más részükhöz *passzív korrekciós szűrő* is feltétlen szükséges, míg vannak reflexdobozok, amelyek üzemeltetése *aktív korrekciós szűrő* nélkül szinte reménytelen.

A tervezés során abból kell kiindulnunk, hogy a *bassreflexdoboz* az *alsó határfrekvencia* alatt *nem csillapítja a hangszórót*. Ebből az az egyenes következtetés vonható le, hogy lágy felfüggesztésű, légrugót, zárt légtérfigogatot is igénylő (általában: gumi membránszerű) hangszórót nem célszerű egy ilyen dobozba beépíteni. Nem tudjuk ugyanis azt megakadályozni, hogy az *alsó határfrekvencia* alatt ne jusson vezérlőfeszültség a lengőcsévére és ez ne terhelje túl a hangszórót. Egy bekapcsolási koppanás, egy dobbantás a mikrofon talpazata mellett a dobogón, egy film mélyeffektekkel dúsított kísérőhangja stb. azt eredményezheti, hogy a membrán, a lengő megsérül, nem is az üzemi frekvenciasávban, hanem azon kívüli vezérlőjel hatására. Kizárólag nagyme-

redeskégű mélyvágó (infra-) szűrőkkel lehet távol tartani a káros mélyfrekvenciákat.

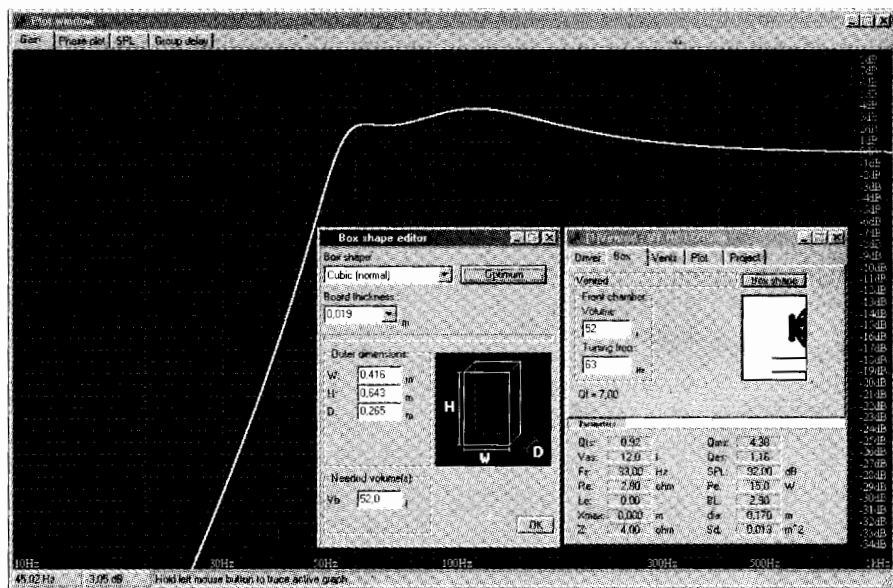
Mindamellett ipari/kereskedelmi példákat is látunk arra, hogy gumi membránszerű hangszórókat építenek be reflexdobozba. Ebből él meg a hangszórójavító-ipar, ki is lehet próbálni, bár nem érdemes.

Előbbi példánk zárt dobozos konstrukciójának mélyátvitelével nem voltunk elégedettek. Vegyük tehát előbbi

példahangszórónkat és tervezzük hozzá reflexdobozt! Az imént már be vittük az adatokat a „saját” adatbázisunkba, így néhány kattintás után máris meg is szemlélhetjük az eredményt, ha a *Box type* menüben a *Closed* (zárt doboz) opció helyett a *Vented* (rezonáns doboz) opciót választjuk.

Az eredmény az előbbiekhöz képest sokkal kedvezőnek tűnik. Mivel a *WinISD* program tervezője a számos lehetőség közül az egyik jó megoldás választotta és a rezonáns doboz paramétereit a *Butterworth-szűrő* jellemzői szerint számítja ki, az eredmény is ennek megfelelő lesz. A kis hangszóróval nagyon jó mélyátvitelt kapunk, de csereében el kell viselnünk az átviteli tartományban egy +2 dB-es kiemelést, továbbá egy -3 dB-es bemélyedést. A frekvenciamenet egyenetlensége automatikusan vonja maga után a impulzusátviteli hibát is. A hiba mértéke viszont egyáltalán nem katasztrofális. De lehetne jobb is? Vizsgálódjunk tovább!

Az első pillanatban két dologgal is elégedetlenek vagyunk: sokalljuk a felajánlott 182 literes dobozméretet és a frekvenciamenet hullámosságát, a kiemelést (18. ábra). Helyette arra gondolunk, hogy mi lenne, ha kipróbálnánk a hangszórót a korábbi számítások alapján kapott, netán meg is épített 52 literes dobozban. Nosza, írjuk át a dobozméretet! A program pedig engedelmesen kiszámítja az új dobozhoz tartozó jellemzőket (19. ábra). Az eredményt – a kis szépséghibától elte-



19. ábra. 52 literes, bassreflex-dobozos konstrukció 17 cm-es, 15 W-os, szélessávú Videoton hangszóróval

kintve – a maga nemében akár szenzációsnak is mondhatnánk.

A szépséghiba az előre várt kiemelés és hullámosság a sávhatáron. Ha a doboz hangolásával játszunk kissé, a viszonylag sima kiemelés átmehet két-púpba és eléggé aszimmetrikus is lesz.

Az ábra szerinti, a *kézzel beírt hangolófrekvenciával* 63 Hz-re hangolt doboz átvitele közelítőleg optimálisnak mondható, a kapott 4 dB-es kiemelés mértéke nem különösebben zavaró. Lakószobánkban a hangsugárzó vagy egy bútor áthelyezésével ennél jóval nagyobb hibákat (kiemelést vagy vágást) vihetünk be a frekvenciamenetbe. Ez nem jelenti azt, hogy ne törekedjünk a kifogástalan átviteli jellemzőkre, de ne szakadjunk el a szigorú tényektől, a gyakorta sanyarú valóságtól sem! Szükség esetén egy kis jóságú passzív vagy aktív szűrővel a hiba könnyen kompenzálható.

A *Vents* („hangolósövek”) fültre kattintva addig játszottunk a téglalap alakú hangolónyílás méreteivel, amíg csőhosszra 19 mm adódott, vagyis *éppen a doboz falvastagsága*. A doboz előlapján egy  $10 \times 5,2$  cm-es nyílást vágva, *elkészítettük a hangolósövet*, amely kb. 63 Hz-re hangolja a dobozt és amely ekkor a 17. ábra szerinti frekvenciamenetet fogja nyújtani, a korábbiakban a zárt doboz számára már kiszámított és elkészített 52 literes dobozban (20. ábra).

Ha tehát az előzőleg megépített zárt doboz birtokában előkapunk egy fűrészt és az előlapon sebtében elkészítjük a jelzett méretű kivágást, pár perc fűrészelgetéssel, némi famunkával a sáv szélességben nyerünk kb. 20 Hz-et, mert a zárt dobozból egy 50 Hz-től működő, *éppen behangolt bassreflex dobozhoz* jutottunk!

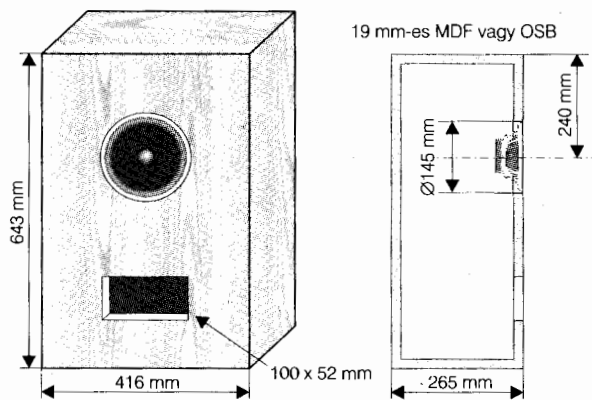
Az eddig elmondottak egyébként példát is jelentenek arra vonatkozóan, hogy meglevő dobozunk és hangszórónk esetében valamiféle ügyes átalakítással jóval többet is kihozhatunk azokból.

A zárt doboz → bassreflex doboz átalakítás csupán egy ötlet a sok közül, és arra is jó példa, hogy még bármiféle famunka *előtt* is érdemes próbálkozni a virtuális, a programban történő feljavítással. A tényleges átalakítást pedig csak akkor lehet vagy kell megejteni, ha már minden elképzelhető lehetőséget végigzongoráztunk a programban és ott jobb megoldásra jutottunk.

*Példa:*

szélessávú  
bassreflex doboz.  
*Videoton* –  
*Hangszóró 2000 Kft.*  
HC17/1034 típusú  
hangszóróval

$P_{max} = 15 \text{ W}$   
 $R_E = 8 \Omega$   
 $f = 55 \text{ Hz} \dots 16 \text{ kHz}$   
 $V_{nettó} = 52 \text{ liter}$   
SPL = 92 dB



**20. ábra. A 19. ábra szerinti bassreflex sugárzó. Hangzása csillapítóanyag (pl. vattával) kísérletileg beállítandó. A közép- és magashangok lesugárzásához további hangszórókkal (továbbá hangváltóval) egészítendő ki**

### Sávszűrő típusú dobozok

A mindennapi életben akkor találjuk szembe magunkat a legnagyobb kihívással, amikor többkamrás, vagyis csatolt üregekkel rendelkező, *sávszűrőjellegű* (kompaund) dobozok számítását kísérjük meg. Ezen dobozok egyik leggyakoribb, legcélszerűbb szerepköre szub-basszus sugárzó.

Cikkünk korábbi, első részében, a 2002. évi *évkönyvünkben* (ott a 104. oldalon, a 9. és 10. ábrán) ezen dobozféleségek számos típusának elvi felépítését már bemutattuk, de a számításokra nem tértünk ki azok bonyolultsága, illetve számítógép és alkalmas program nélkül nagyon nehezen optimalizálható végeredménye folytán.

A sávszűrős, összetett dobozok közül bármelyik konstrukciónál is kötünk ki, a végeredmény a „papír–ceruza” módszernél nagyon sok megismételt – közelítő, nehézkes – számítás elvégzése után kezd vázlatosan kialakulni anélkül, hogy belátható időn belül gyors konvergenciára, valamely használható konkrét eredményre, jól megfogható méretrendszerre számíthatnánk. Szerencsére a WinISD beta program tartalmaz ilyen opciót és próbaképpen elvégeztük egy szub-basszus láda méretezését.

A program használata során az is kiderül, hogy miért is oly nehézkes a papír–ceruza módszer, vagy a számtalan dobozmódosítással, fúrás–faragással járó, a véletlen szerencsére sokat bízó kísérletezgetés. A nyert tapasztalatokat a következőkben vázoljuk.

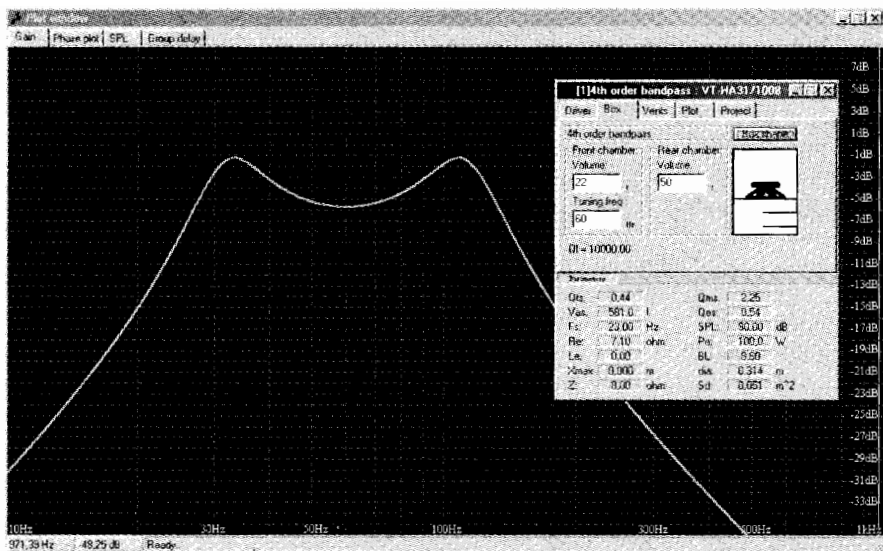
Meghajtónak ezúttal a *Hangszóró 2000 Kft.* által gyártott, 100 W-os név-

leges teljesítményű, 314 mm kosár-átmérőjű, 30...2000 Hz átviteli tartományú, HA31/1008 típusú, *Videoton* hangszórót választottuk. Két darabot fogunk használni, izobarikus beépítésben, így a doboz méreteit – jó mélyhangátvitel mellett is – kordában lehet tartani.

A hangszóró adatainak bevétele után az izobarikus beépítést és a „negyedfokú sávszűrő” konstrukciót jelöltük ki. A hátsó *zárt kamra* (*Rear chamber*) méretét, azaz a légrugó keménységét az ajánlott max. 50 literben határoztuk meg a műanyaghab membránszellő hangszóró megfelelő működése és várható hosszú élettartama érdekében.

Nem kevés időt eltöltve a választható adatok kisebb, nagyobb léptékben történő módosításával, variálgatásával, a 21. ábra szerinti – elgondolkodtató – eredményre jutottunk. A kapott kétpúpú görbe jól ismert a sávszűrő-beállításokkal foglalkozók előtt. A 22 literes és az 50 literes tér közötti meglehetősen szoros csatolás eredménye a kialakult átviteli görbe.

Kedvező, hogy a készítenő doboz mérete meglehetősen kicsi, 70 liter, miközben az átviteli sáv alsó határa 30 Hz-nél is mélyebben van. Az átviteli karakteristikából világosan kitűnik, hogy valóban sávszűrővel, ugyanekkor egész jó minőségű szub-basszus sugárzóval van dolgunk. A felső határfrekvencia fölötti, azaz a 100 Hz-nél szaporább frekvenciájú mélyhangokat már egy következő (mélyhangú vagy szélessávú) egységgel kell visszaadnunk, ami a – kiegészítő szerepkörű – szub-basszus sugárzók használata során természetes üzemmód.



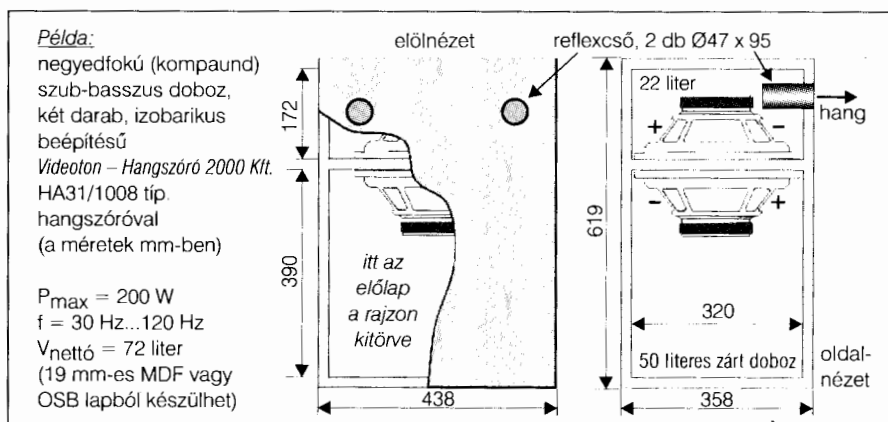
21. ábra. 50 + 22 literes, negyedfokú szub-basszus doboz, 2 darab, izobarikus beépítésű 100 W-os Videoton mélysugárzóval

Hogyan ítéltető meg a szimulációs programban kapott eredmény? Meglehetősen kedvezően. Aki már próbálkozott szub-basszus sugárzó tervezésével, építésével, jól tudja, hogy néhány hertz alsó határfrekvencia csökkentés többnyire jelentős térfogatnövekménnyel és aránytalanul nagy anyagai áldozattal jár. Minél mélyebbre kívánjuk az alsó frekvenciahatárt kitolni, tipikusan annál nagyobb teljesítményű, löketű és átmérőjű, következésképp annál drágább hangszóróra van szükségünk. A beszerzési költségek igen könnyen a 100...200 ezer forintos tartományba (vagy még feljebb) szöknek, amely költségek nem minden olvasónk engedheti meg magának. Esztünkben – összevetve a hangszórók beszerzési árát és a kapott eredményt – elmondhatjuk, hogy a számítások végeredményeképp megépíthető hangszóró (22. ábra) műszakilag is és ugyanakkor gazdaságilag is nagyon kedvező lesz. Mérsékelt költségek, kis térfogat mellett igen kedvező frekvenciaátvitelt kaphatunk.

Kellemetlen a sávközépen jelentkező lyuk, hupli, amelyre többféle módon is reagálhatunk. Első lehetőség, hogy nem foglalkozunk vele. Ezt az „illetlenséget” elvileg nem, a gyakorlatban mégis gyakorta megtehetjük. A szub-basszus sugárzó ugyanis általában erősen korlátozott méretű, zárt térben dolgozik, például lakóhelyiségben, amelyek méretei összehasonlíthatók a lesugárzott mélyhangok hullámhosszával. Azaz egy újabb, immár a hangszóró-

nál jóval nagyobb csatolt tér keletkezik, annak összes kellemetlen tulajdonságával. A szokásos lakószobaméreték pedig – a kialakult bonyolult rezonáns viselkedés miatt – olyan mértékben torzítják el a szub-basszus sugárzó eredeti frekvenciamenetét, hogy szinte rá sem ismerünk a hangszóróra. Sőt, ebben a kis térben még a frekvenciamenet közeltéri megmérése is komoly problémákat okoz.

A gyakorlati lakótér méretek egybeesnek a lesugárzott mélyhangok hullámhosszával, illetve azok valamely arányos részével, ezáltal a helyiségben álló hullámok, csomópontok alakulhatnak ki. Egy lépést odébb lépve már más frekvenciamenetet, átvitelt, csomópontot érzékelünk. Ha sikerül pl. hanggenerátorral a helyiség valamely adott



22. ábra. A 21. ábra szerinti szub-basszus sugárzó. A két – párhuzamos kapcsolású – hangszóró rejtett beépítésű. A hang lesugárzása a két reflexcsővön keresztül jön létre. A dobozméreteket kézi úton számítottuk/javítottuk

méretéhez tartozó jellemző frekvenciát megtalálunk, a keletkező rezonáns hatás, hangnyomás már kisebb hangereőről is frenetikus lehet.

A frekvenciamenet egyenetlenségével akkor érdemes egyáltalán foglalkozni, ha a lehallgatási tér nem lakószoba, hanem jókora teremnyi méretű. Ekkor van csupán értelme akusztikai méréseket megejteni és a frekvenciamenetet szükség szerint korrigálni pl. a hangszóróval sorba kötött soros, a lyuk frekvenciájára hangolt, igen kis jóságú LC-szűrővel.

A hangszugárzó a meghallgatás alapján várhatóan túlságosan csillapítatlan lesz, vagyis csillapítóanyag (pl. háztartási vatta) behelyezése szükséges. Ennek mennyiségét kísérleti úton tudjuk eldönteni.

Túl kevés csillapítóanyagnál a hangszugárzó mélyhangjai, tranziensei elkenődnek, összefolynak, túl sok csillapítóanyagnál pedig hatásfokcsökkenésre, mélyhangvesztésre és jelentős elhangolódásra is számíthatunk. Az optimális mennyiségű csillapítóanyagnál a frekvenciamenetben látható két púp kiemelése jelentősen csökken, tehát egyúttal megoldottuk a frekvenciamenet problémáját is.

Ha viszont ragaszkodunk a lehető leglineárisabb frekvenciamenethez, akkor ehhez megfelelő akusztikai környezet (pl. süketszoba) és mérőberendezés szükséges. A mérések során tapasztalt átviteli hibát pl. a meghajtóerősítőben lehet korrigálni egy csekély jóságú, kis kiemelést okozó LC-rezgőkörrel vagy alkalmas, kis jóságú aktív szűrővel.

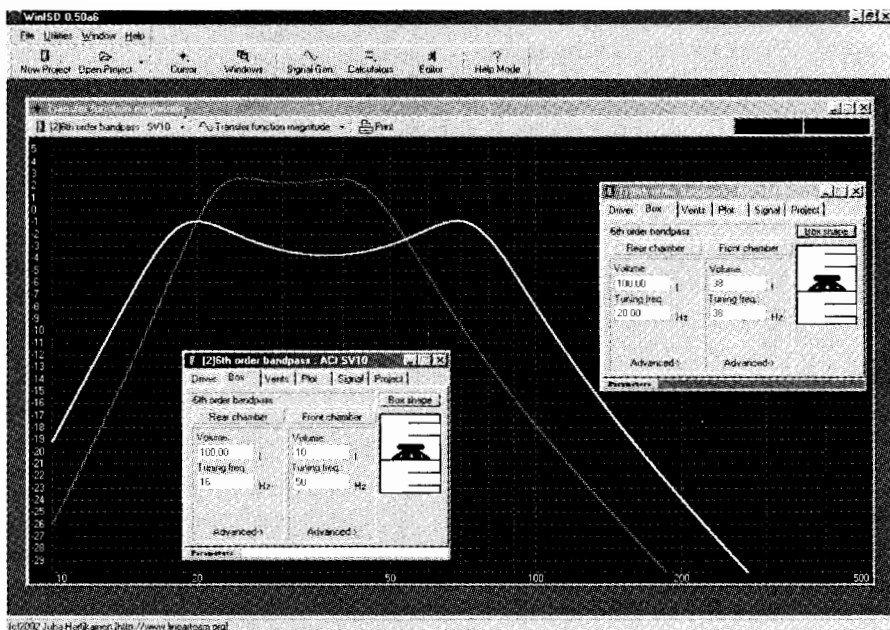
Ezzel azonban csak kizárólag a hangszugárzó átvitelét tudjuk optimálni.

záltni, és más kérdés, hogy lakószobánkban hogyan torzul el a jól beállított, precízen kimért, a működési sávban kellő linearitású frekvenciamenet. Arra számítsunk, hogy bizony nagyon, ami legalább is kérdéssé teszi a nyílt téri vagy süketszobás, hosszadalmas beállítgatások létjogosultságát. Voltaképp lakószobánk méretei azok, amelyek nem optimalizálhatók és adott esetben bármely szub-basszus hangszárgázóval ugyanolyan kellemetlen rezonanciákat tapasztalhatunk.

Sajnálatos, hogy ezúttal a program a szükséges (kissé összetett) doboz méreteit hibásan számolja ki. Egyrészt a doboz optimális oldalárányainak minden áron való erőltetése során nem veszi figyelembe a hangszóró kosáratmé-rőjét, így az nem fér be a dobozba. A számított (külső, bruttó) dobozméreték a következők: 460 × 713 × 291 mm. Látható, hogy a bruttó 460 × 291 mm-es belső osztófelületen nem fér el a Ø314 mm-es kosár, különösen akkor nem, ha körben levonjuk a 19 mm-es doboz-falvastagságot. Másrészt a falvastagság figyelembe vétele még valamely más módon is hibás, s ebből az következik, hogy a két dobozrész külön-külön térfogatait az osztott térfogatoknál hibásan számítja ki. Mivel azonban az elvi doboztérfogatókat ismerjük, a számítást kézi úton, értelem-szerűen korrigálva, jó végeredmény-hez juthatunk (22. ábra). A hibát idő-közben a programozó is nyilván felis-merte, és az alfa verzióban a javításra várhatóan sor fog kerülni; ez az opció az alfában mostanság még inaktív, nincs készen.

A hangolósó kivitele kétféle lehet. Amennyiben Ø47 mm-es műanyagcső-vet használunk, akkor ennek számított hossza 300 mm. A csőben áramló leve-gő sebessége (0,12 Mach) azonban ve-szélyesen megközelíti azt a kritikus ha-tárt (0,15 Mach), ahol a cső elkezd önálló életet élni, és dudálni, orgonálni fog. Ha viszont két darab Ø47 mm-es csövet alkalmazunk, egyenként 95 mm hosszban, akkor a légsebesség a csőben igen kedvezően alakul, 0,03 Mach lesz, tehát nem kell félnünk a dudálgatástól.

A programban való jártasság meg-szerzése után pillanatok alatt meggyő-ződhetünk egy kiválasztott hangszóró-típus számunkra alkalmas vagy alkal-matlan voltáról. A WinISD beta első-sorban a leggyakoribb doboztípusok tervezése, ellenőrzése során nyújt gya-korlatilag azonnali segítséget.



23. ábra. Példa a kettős projektre: egy 100 + 38 literes (halvány vonal), illetve egy 100 + 10 literes (világosabb vonal) hatodfokú szub-basszus doboz (a WinISD „alfa” programmal tervezve)

Kezdő hangszárgázó-építők számá-ra nem ajánlott a bonyolult, többkam-rás dobozokkal való foglalatosság; cél-szerű ehhez előbb némi jártasságot sze-rezni az építés területén.

A tervezőnkunka során a program az átviteli karakterisztika mellett még további három jelleggörbe megtekinté-sét teszi lehetővé. A füles diagramab-lak második opcióján a hangszárgázó fázismenetét szemlélhetjük meg. Jóval informatívabb a csoportfutási-idő ka-rakterisztika, amely a fázismenet meg-változásainak mértékére utal a frek-vencia függvényében. A gyakorlatban nem is annyira a fázistolás mértéke a zavaró, hanem annak túlzott megváltó-zási sebessége.

Amennyiben valamely frekvencián túlságosan nagy fázisváltozást mutat a csoportfutási-idő karakterisztika, jó okkal számíthatunk gyenge (hibás) tranzien-s viselkedésre. Ezen a karakter-iztikán jól nyomon követhető például minden mesterkedésünk hatása a tran-ziensátvitelre, különösen a bonyolult-tabb működésű dobozok esetén (pl. a reflex és a többkamrás dobozoknál). Jónak azt a dobozkonstrukciót tekin-telhetjük, amelynek egyidejűleg sikerült optimalizálni a frekvencia- és a fázis-menetét, ami nem tartozik az egyszerű feladatok közé. Minél magasabb fokú egy doboz működésmódja, annál na-gyobb csoportfutási-idő-ingadozásra,

azaz annál rosszabb impulzusátvitelre számíthatunk. A sok kellemetlen kö-rülmény között kell megtalálnunk az optimumot, amelyhez nem biztos, hogy a leglineárisabb frekvenciamenet tartozik!

A program tartalmaz további hasz-nos opciókat is, például a különféle típusú aktív és passzív váltószűrők stb. tervezéséhez. A kiválasztott szűrő szá-mítása lényegében a törésponti frek-venciák és az alkatrészek egy részének kiválasztására korlátozódik, mert a program ezek birtokában szolgáltatja a többi alkatrész értékét. Az opció hasz-nálata roppant egyszerű. Ki kell válasz-tanunk a szűrő típusát, be kell írniunk a választott adatokat és a következő lépésben megkapjuk a többi alkatrész számított értékét.

Az aktív szűrőkhöz műveleti erősí-tőket alkalmaz a program. Az ajánlott 741-es erősítő helyett természetesen bármely korszerűbb típust (pl. TL071) használhatunk.

Akusztikai mérésekhez vezérelhető hang- illetve zajgenerátort is találunk a programban, amelynek kimenőjelét hangkártánk kimenetéről nyerhetjük.

### A WinISD „alfa” verziója

A továbbfejlesztett WinISD alfa jóval többet fog tudni, ha elkészül, mint béta elődje. Ez már a hasonló, de alaposan

felbővített menürendszerből is látható. A programozó részben már finomította, illetve kijavította az előző változat több, kishibás algoritmusát, valamint a külalak is tetszetősebb lett.

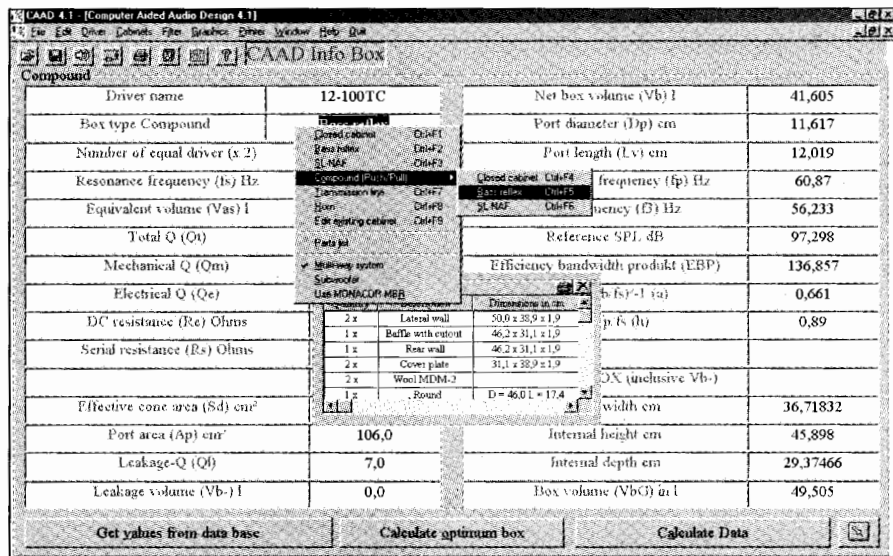
Néhány alpművelet, opció már jól működik, de a legtöbbjük még inaktív, még nem készült el. Már ebben a félkész állapotban is nagyon sokat ígérő program. Ha elkészül, ismertetésére visszatérünk.

Mindkét programváltozat alkalmas több (max. 10 darab!) projekt egyidejű futtatására, összehasonlítási célból. Ezt a választható színű és vonalvastagságú görbék is megkönnyítik. Ennek illusztrálására az alfa verzió segítségével egy kettős projektben bemutatjuk, hogy egy hatodfokú doboz tulajdonságai hogyan változnak a térfogatok és a hangolófrekvencia változtatásának hatására.

Az adatbázisból kiválasztottunk egy hangszórót és elindítottuk a tervezést (23. ábra). A hatodfokú hangszórgárzó két – csatolt és hangolósövegekkel kihangolt – üreget tartalmaz. A program alapesetben egy 100 literes, 20 Hz-re hangolt hátsó, továbbá egy 38 literes, 38 Hz-re hangolt elülső dobozt javasolt. Az így kialakuló sávszűrős görbét a 23. ábrán a halványabb (valójában a képernyőn lila színű), minimális hullámmossággal rendelkező vonal mutatja. A kedvező összképet zavarja, hogy a kapott sávészélesség csekély, alig több, mint egy oktáv.

Változtassuk meg a kapott adatokat úgy, hogy az összkép legyen valamivel kedvezőbb! A program mindkét változata megengedi, hogy egy diagrammezőn két projekt is fusson. Ehhez indítsunk el egy második projektet is anélkül, hogy az elsőt törölnénk. A második projekt mindössze csupán abban különbözik az elsőttől, hogy a nagy üreg hangolófrekvenciáját 20 Hz-ről 16 Hz-re írtuk át, továbbá lecsökkentettük a csatolt (kisebbik) üreg méretét 10 literre és a hangolófrekvenciáját 50 Hz-re állítottuk be. A műveletet, a térfogat- és frekvenciaállítást a számadatok felülírásával végeztük, miközben figyeltük a diagramon a frekvenciamenet alakjának a megváltozásait. A kapott új frekvenciamenetet a világosabbik, vastagabb (a képernyőn valójában sárga), kétpúpú görbe mutatja.

A kettős projekt jelentős tanulságokkal szolgál. Egyrészt látható, hogy ugyanazt a hangszórót egymás mellett két különféle konstrukcióban is kipró-



24. ábra. A CAAD 4.1 fő menüablaka teljesképernyős üzemmódban. A doboztípusok közötti váltás közben a grafika formája megmarad, viszont a táblázat soraiban látható szövegek kisebb-nagyobb mértékben megváltoznak

bálhatjuk és azonnal összehasonlíthatjuk a kapott eredményeket. A másik tanulság, hogy a csatolt üregekkel rendelkező hangszórgárzó kellő sávészélessége és minimális hullámmossága két, egymásnak ellentmondó követelményt támaszt a konstrukcióval szemben. Adott esetben meg kell keresni a még vállalható optimumot, ami természetesen kissé hullámos frekvenciamenetet jelent. További, kezelendő problémát jelent a jelentős fázishiba, a csoportfutási-ido ingadozás.

Az ábrán látható görbe egy -3 dB-es, (általunk beállított értékű) bemélyedést tartalmaz a sávközépen, amelyet vagy elfogadunk úgy, ahogy van, vagy pedig – szűrőáramkörrel – intézkedünk a kompenzálásáról.

### CAAD-4.1 (Monacor) program

Korábbi, hangszórgárzó tervezéssel foglalkozó cikkeinkben már röviden bemutatuk a Monacor cég – hazai üzletekben is megvásárolható – CAAD 4.0 elnevezésű, szimulációs tervezőprogramját. A szóban forgó szoftver az első, DOS alapú változat továbbfejlesztése volt Windows 3.11 és Windows 95/98 platformra, továbbá NT-re is alkalmas, ha már felraktuk rá a Service Pack 3. javítócsomagot.

A szerző megvásárolta a programot és eltöltött néhány fáradtságos órát annak érdekében, hogy összebarátkozzon a program filozófiájával. Hermann Helmke, a Monacor cég programozója

a CAAD 4.0 kifejlesztése során igyekezett igen alapos, sok fontos részletre kiterjedő munkát végezni. Ennek ellenére a termékben számos olyan kisebb, de annál bosszantóbb, elemi hiba maradt, amely a kezelést kifejezetten idegesítővé, nehézkesé tette. Történt ez annak ellenére, hogy a CAAD 4.0 összességében véve mégiscsak igen jól működik. Filozófiája azonban kissé szokatlan, el kell fogadni, viselkedését tudomásul kell venni és – erőből – meg kell tanulni.

Valamiképp olyan hatást kelt a felhasználóban, hogy fejlesztése messze nincs befejezve, mert bizonyos viselkedésmódok akár erre is utalhatnak. Az sem lehetetlen, hogy egyes opciók, üzemmódok, elágazások (üzleti vagy egyéb okból) le vannak tiltva. Talán valamikor egy sokkalta több lehetőséget kínáló verziót is üdvözölhetünk, s akkor kiderül, hogy a működés most miért is olyan, amilyen.

A szerző a Monacor cég hazai képviselőlete jóvoltából hozzájutott a program továbbfejlesztett, javított, CAAD 4.1 elnevezésű változatához (24. ábra). Ebben valóban sok hibás opció javítása megtörtént, a program jóval barátságosabb és összességében sokkal jobban működik, mint az előző változat. Sajnálatos, hogy a kissé nehézkes filozófia és a gyakorta csiki-csuki, netán inaktív működésmód itt-ott megmaradt. Karinthy Frigyes jut az eszünkbe: „...van rajta egy gomb, amit meg lehet nyomni és akkor kiugrik egy másik



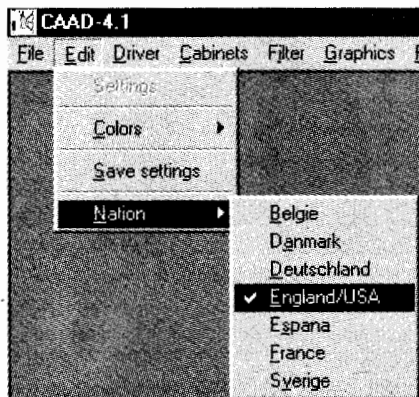
gomb, amit szintén meg lehet nyomni...". Néha pedig még ennyi sem, pontosabban: semmi sem történik.

Ha viszont ezeket a dolgait elkerüljük, elfelejtjük, rájövünk, hogy egy *nyon jó tervezőszerszám* áll a rendelkezésünkre, néhány tekintetben jobb is, mint a WinISD. *A napi gyakorlatban a két program lehetőségei nagyon jól kiegészítik egymást.*

A telepítő-CD a Monacor cég teljes – nem éppen mindennapi – katalógusválasztékát (adatlapokkal, táblázatokkal, diagramokkal, fotókkal, méretezett rajzokkal stb.) is tartalmazza egy gigantikus, összetett programcsomagban. A termékválaszték egyszerűen lenyűgöző, ugyanekkor sok jó ötletet, lehetőséget is ad a kivitelezés során. Dobozkészítés előtt érdemes végigböngészni és az árak iránt tájékozódni.

Legyünk azonban óvatosak, mértéktartóak. Ügyeljünk a telepítés során a felrakni kívánt részekre, mert nem biztos, hogy valamennyi multimédiás és képernyővédős mellékletre, video kodekre, tengeri herkentyűre valóban igényt tartunk a gépünkben. Az árukatalógus mérete önmagában is hatalmas, és adott esetben – a német alapossággal behordott – három-négyezer fogantyú, kallantató, bizgentyű és pl. a rengeteg hangszóró és más tárgy színes JPG képe, méretezett rajza, karakterisztikája, adatbázisa ellepheti a merevlemezünket. Mindezek nagyon hasznos, a tervezőmunkához szinte nélkülözhetetlen dolgok, csak arra kell vigyáznunk, hogy a katalógus ne vegye át gépünk felett a felügyeletet...

Mellesleg, azon felül, hogy a program Windows 95/98/NT/ME/2000 kompatibilis, a telepítő CD tartalmazza a Win 3.11-hez alkalmas, 16 bites programverziót is, *CAAD 3.0* néven.



25. ábra. A kezelőfelület és a segítő nyelvvezetének kiválasztása

A telepítés után a CAAD 4.1-et elindítva, tetszetős, animált reklámkép jelenik meg a képernyőn, amely egy – a Monacor cégnél végzett – süketszobás mérési összeállítást ábrázol. Erre kattintva belépünk a tulajdonképpeni szimulációs/tervezőprogramba.

Első teendőnk lehet a programfelület testreszabása, amelyen a program nyelvvezetét és a munkafelület méretarányának kiválasztását értjük.

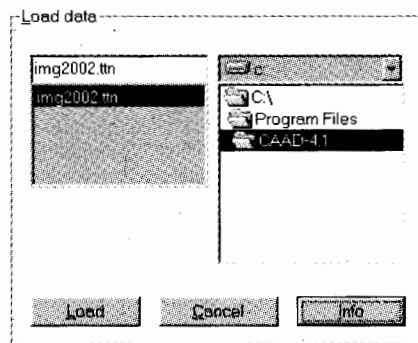
A program – a magyart kivéve – számos nyelven kommunikál (25. ábra); remélhetőleg egyszer talán valaki elkészíti a belga, dán, német, angol, spanyol, francia és a svéd mellett a magyar nyelvi változatot is. Ennek túl sok akadálya nem lehet, hiszen a program szemmel láthatóan fel van készítve az uniós nyelvi változatok sokféleségére. A szerző az angol változatot használja, képeink is ezt mutatják.

A munkaképernyő közepén lebeg a kiválasztott hangszóró adatbázisadatait, valamint a kiválasztott konstrukció számított adatait, jellemzőit tartalmazó, számunkra legfontosabb, főmenü-ablak, amely egy kattintással teljes képernyősre nagyítható (24. ábra).

Ez a táblázatos forma némiképp csalóka. Voltaképp csupán grafikai keretet bocsát a program rendelkezésére ahhoz, hogy a táblázat soraiiban a *különféle kiinduló paraméterek és a különféle számított végeredmények* megjelenjenek. Ha nem koncentrálnunk eléggé a feladatra, figyelmünket elkerülheti, hogy a különféle konstrukciók közötti kisebb, nagyobb váltás, ugrálás közben a terjedelmes táblázatban nem csupán a számadatok változnak meg, hanem gyakorta az egyes szövegek, feliratok, vagyis komplett opciók is.

Zavaró, hogy a változás *optikailag nem eléggé markáns*, egyes esetekben szinte észrevehetetlen, a szöveget akkurátusan böngészgetni kell. Erre ügyelnünk kell a használat során, illetve hamar megszokható, ha lelkileg felkészülünk rá.

Ha megszoktuk a program kezelését, akkor kiderül, hogy ebben is épp oly frappánsan, szinte azonnal eljutunk a kívánt konstrukció jellemzőihez, mint a WinISD-ben, csupán kissé más módon. Nagyon kedvező, hogy gyakorlatilag a teljes tervezőmunka folyamata során a szemünk előtt lehet a kiválasztott hangszóró és a tervezett hangszóró minden fontosabb adata, de a részletesebb adatbázis és kezelési mód folytán jóval részletesebben, mint



26. ábra. A hangszóró-adatbázis kiválasztása

a WinISD-ben. Bármilyen változtatást eszközölünk a szerkezeten, vagy adatokat felülírunk valamely cellában, hatása azonnal megjelenik a táblázat érintett többi cellájában is.

A programban való jártasság megszerzése azzal indulhat, hogy *kikapcsoljuk a PC-hez csatlakoztatott nyomtatót*. A program ugyanis lépten-nyomon hisztérikusan kinyomtatja az eredményeket, különösen akkor, ha még nem rendelkezünk a kezelésben kellő jártassággal. Kiválasztunk egy tetszés szerinti próbahangszórót és hozzá egy doboztípust. Öt-tíz percnyi próbálkozás, ismerkedés után rá fogunk jönni arra, hogy melyik az a rádiógomb, feleslegesen dupla vagy tripla opció, amire a továbbiakban soha többet nem kell rákattintanunk.

Hamar eljutunk ahhoz a megállapításhoz, hogy a program elsősorban a Monacor hangszórókkal történő műveletekre alkalmas igazán, noha mód van saját adatbázis készítéséhez is, de ez valamiért hajlandó felszívódni a gépben. Aztán, ha ezen felfedezésünk feletti csodálkozásunk elmúlik és megszoktuk a kezelést, kialakíthatjuk saját tervezői szokásainkat.

Jó ötletnek tűnik például a munkát a programba történő belépés után a *File* lehullómenüben *Load database file* feliratra történő kattintással kezdeni. Ekkor – megváltozott háttér mellett – feltűnik egy kis ablak (26. ábra), amely felkínálja a merevlemez *Program files* könyvtárának *CAAD-1.4* alkönyvtárában található \*.ttn fájlokat, alapesetben az *img2002.ttn* fájlt. Ezt nem más, mint a Monacor hangszórók adatait tartalmazó adatbázis.

Ha erre a feliratra akár duplán is rákattintunk, látszólag semmi nem történik. Ha viszont a háttérben látható (a kis ablakmenü által némileg takart)

Driver editor			
Driver name	C12-1009BASS	Compliance (Cms)	0.214
Resonance frequency (Fs) Hz	50.0	Mechanical resistance (Rms)	3.591
Total Q (Qt)	12.100TC	Moving mass (Mms) g	48.807
Equivalent volume (Vas) l	12.100TC	Force factor (B <sup>2</sup> l)	14.486
Mechanical Q (Qm)	12.100TC	Mounting height (Hc) mm	16.0
Electrical Q (Qe)	C10-200M	Mounting height (Hg) mm	6.0
Total Q (Qt)	C12-100BASS	Mounting volume Vd (cm <sup>3</sup> )	106.0
DC resistance (Re) Ohms	C12-100TC	Power handling (Pn) W	100.0
Effective cone area (Sd) cm <sup>2</sup>	C12-150GP	Mounting diameter (WxH or D) mm	311.0
Voice coil inductance (Le) mH	C12-200B	Mounting depth mm	123.0
	C12-209L		
	C15-200BASS		
	C15-250BASS		
	C15-400LR		
	C15-500BASS		
	C18-500BASS		
	C5-50M		
	C8-100GP		
	MS-130		
	MSH-115		
	MSH-1164		

CAAD-4.1 Copyright 2002 MONACOR INTERNATIONAL GMBH & CO. KG

Data base : img2002.tbu

27. ábra. A hangszóró adatbázis, továbbá ezen belül is a hangszóró kiválasztása jellemző tulajdonságok (név,  $f_s$ ,  $Q_{TS}$ ,  $V_{AS}$ , EPB-érték és névleges teljesítmény) alapján. Nincs OK gomb, a bezárás Windows-módon történhet

táblázatra vetünk egy pillantást, akkor tapasztalhatjuk, hogy abban már a kiválasztott menü első tételének megfelelő hangszóró részletes adatai látszanak (27. ábra). Itt most felesleges nyomkodnunk az *Info* rádiógombot is, nem szolgál semmiféle infóval.

Ezzel szemben sehol egy *OK*, *Tovább* vagy hasonló feliratú gomb, menüpont (26. és 27. ábra). Múlt zavarunkban, amúgy „Windows-módr”, a háttérmenü jobb felső kis x-ikonja segítségével egyszerűen bezárjuk ezt az ablakot. Ekkor visszakerülünk a nagy táblázatos főmenühöz.

Ha viszont még a bezárás előtt megtekintjük az előbbi menü opcióit, kiderül, hogy itt van lehetőség a hangszóró-tulajdonságok alapján való célzott keresésére (*Search driver*) a már kiválasztott adatbázisban. Kereshetünk a *név alapján* is, de kiválaszthatunk tervezési feladatunk számára típust vagy típusokat jellegzetes *tulajdonságok alapján* is (27. ábra, balra fent, a lehül-ómenüben). Ekkor többnyire az alapadat mellett (pl. a rezonanciafrekvencia legyen 25 Hz) annak *tűrési tartománya* iránt (legyen  $\pm 5$  Hz) is érdeklődik a program. A találatok – a típusszámok – a középső kis listaablakban jelennek meg.

Mind a táblázatos főmenü, mind pedig a most ismertetett adatbázis- (és kereső-) menü – célszerűen nem teljes-

képernyős módban – egyidejűleg, egymás mellett/mögött is használható.

Érdeemes a nagy főmenü ablak tételit részletesen, pontról pontra végigböngészni. Egyrészt a menü meglehetősen bőséges, részletes, másrészt célszerű alaposan megismerni a mihez tartás céljából is. A programozó nem minden ötletével fogunk ugyanis egyetérteni a tervezések, áttervezések során. Néhány adatot rögzítettnek tételez fel, míg más egyéb adat változtatható, miközben mi éppen fordítva gondoltuk vagy szeretnénk. Voltaképp a szabadon választható adatok egy kis része pl. általunk nem írható felül.

Az adatbázis, ezen belül a hangszóró kiválasztása után megkezdődhet a tervezőmunka érdemi része. Képezze tervezési munkánk alapját egy „közepes” (kb. 50..60 E Ft) árszínvonalú, strapabíró „igásló”, a szub-basszus célokra ajánlott, *papír membránszélű* Monacor mélysugárzó, amelynek típuszáma SP-46/500PA. Az 500 W névleges, 1000 W maximális (zenei) terhelhetőségű, Ø46 cm-es, 30 Hz-es rezonanciafrekvenciájú hangszórót a gyártó akár egy 120 literes reflexdoboz céljára is alkalmasnak tartja. A derék példány fotóját és méretezett rajzát az installáló CD monstre Monacor kereskedelmi adatbázisában találtuk meg. A két JPG képet a 28. ábrán összemontírozva mutatjuk be a hangszórót.

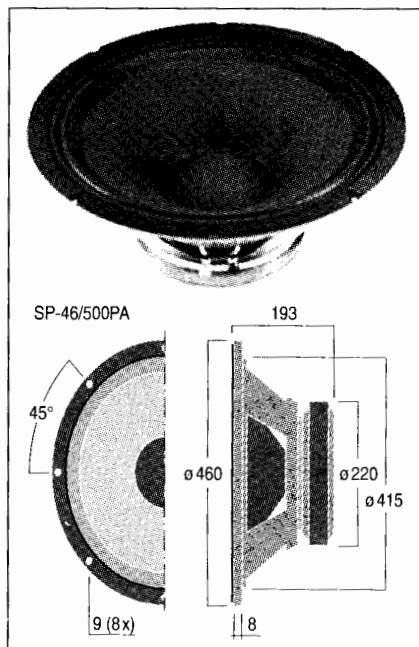
## Példa: zárt doboz

Miután a meglehetősen jó (101 dB) határfokú hangszóró nem igényel lég-rugós (zárt dobozos) beépítést, úgy szólván „azt csinálunk vele, amit akarunk”. Próbahangszórónk mindenre alkalmas, tehát segítségével felderíthetjük a program működését és lehetőségeit.

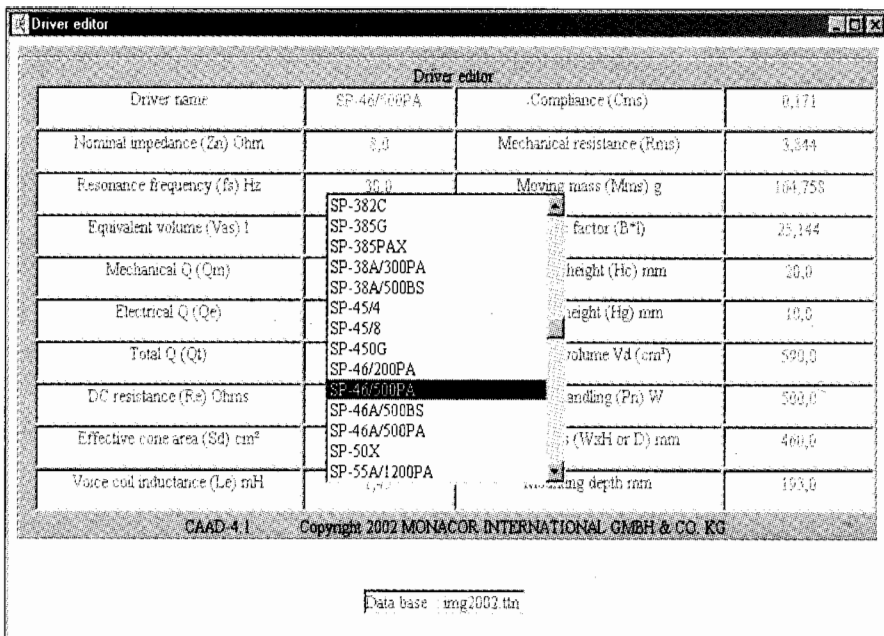
Első próbaszámításunk gyanánt tekintjük meg, hogyan viselkedik pl. zárt dobozba történő beépítés során, illetve, a CAAD 4.1 program mekkora zárt dobozt javasol. Persze már előre is tudjuk, hogy a zárt doboznál majd lesz jobb dobozajánlat is, ennek ellenére, – vagy éppen ezért – a számítás tanulságos lesz.

Amennyiben kiválasztottuk a hangszóró típusát az adatbázisból (29. ábra) és visszatértünk a fő menüablakhoz, a *Box type*, vagyis a „doboztípus” jobb oldali ablakára állva az egérkurzossal, megjelenik egy almenü, a különféle tervezhető dobozok elnevezésével. Ha a *Closed*, vagyis a „zárt doboz” opcióra kattintunk, a teljes főmenü-táblázat a tartalmában ehhez igazodik (30. ábra).

A program jóval részletesebben foglalkozik a doboz felépítésével, a konstrukció fontos részleteivel, mint a WinISD. Tekintsük át az eredményeket!



28. ábra. Az SP-46/500PA típusú hangszóró fotója és mechanikai méretei (két JPG kép a Monacor adatbázisából)



29. ábra. A Monacor hangszóró-adatbázisból név szerinti kereséssel kiválasztottuk a 28. ábra szerinti, SP-46/500PA típusú hangszórót, amelynek adatai azonnal feltűnnek a háttérben látható táblázatban

A számított adathalmazból kiderül, hogy egy kb. 60 literes dobozt ajánl a program, ekkor a dobozjóság 0,7-es értékű, vagyis optimális lesz. A doboz *belső* bruttó térfogata ugyan kb. 67 liter, de ebből egyrészt *lejön* a beépített hangszóró térfogata, másrészt *hozzájön* a beépítendő csillapítóanyag térfogatnövelő effektusa. Így az akusztikai szempontból figyelembe veendő kiszámított térfogat kb. 72 liter lesz.

Így a doboz számított belső mérete 46,0 × 50,883 × 67,452 cm lesz, amely 19 mm-es MDF, OSB anyagból készítve 49,8 × 54,7 × 32,6 cm-es külméretű dobozt jelent. (A program a dobozméreteket cm-ben adja meg.) A hangszóró végleges beépítése előtt ki kell kísérletezni a hangzás szempontjából optimális mennyiségű (a számítások szerint 12 liter akusztikai térfogatú) csillapítóanyagot.

Ha a főmenü bal felső részén található kis hangszóró-ikonra kattintunk, a képernyőn megjelenik a hangszóró axonometrikus vázlatrajza a legfontosabb méretdatok puritán listájával (31. ábra). A doboz belső elrendezésének metszeti rajza is megtekinthető, ha a bal felső sarokban látható lehullómentüdből kiválasztjuk az *Internal view* menüpontot (32. ábra). Ez éppenséggel egy zárt doboz esetén nem rejteget számunkra túlságosan izgalmas részleteket, viszont szinte az

összes többi dobozfajánál nélkülözhetetlenek a keresztmetszeti rajz információi. Itt többnyire nem komplett asztalosrajzot látunk. Viszont a közölt szám adatok és konstrukciós részletek alapján értelemszerűen készíthető el – általunk – a minden részadatra, méretre kiterő, komplett asztalosrajz.

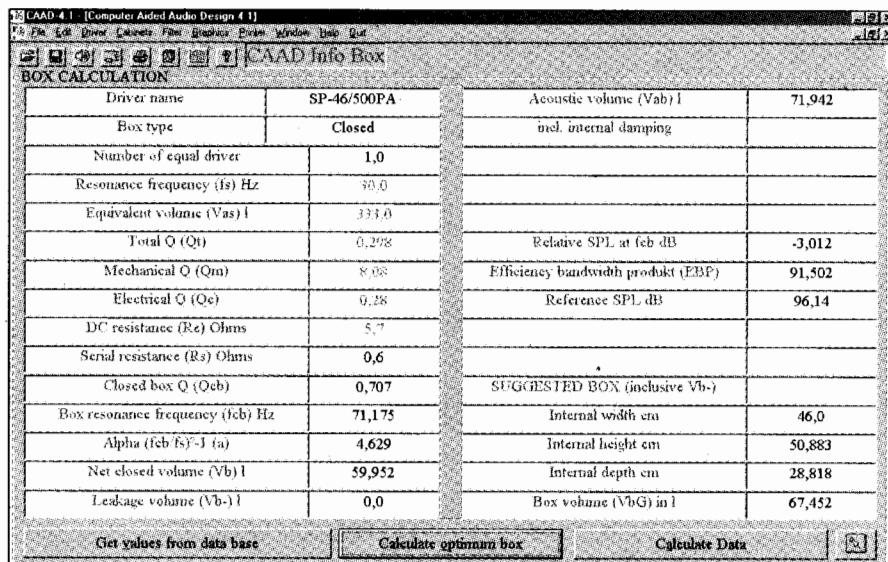
Lehet, hogy ehhez számításokra, egy kis kalkulátorra is szükségünk lesz, ha nem szeretünk papíron, fejben összeadni–kivonni. Nem bonyolult dolgokról van szó. Esetünkben pl. a

rajzokról hiányzó harmadik külméreti adatot (460 + 19 + 19 = 498 mm) kellett kiszámítani, vagyis a belmérethez még a kétszeres anyagvastagságot kellett hozzáadni.

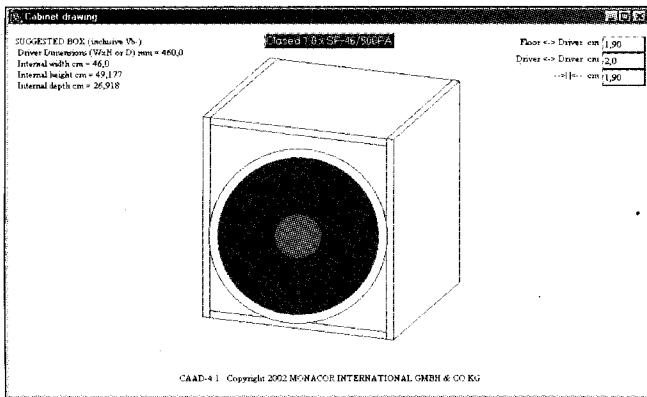
Ha főmenü bal felső részén a karakterisztikát jelképező kis ikonra kattintunk, akkor megjelenik a képernyőn a számított átviteli karakterisztika (hangnyomás szint dB-skálán), továbbá a jellegzetes alakú, számított impedancia-görbe (33. ábra). Erről leolvasható, hogy ez a puritán, viszonylag kis méretű doboz alsó –3 dB-es határfrekvenciája 72 Hz körül van, ami nem túl lelkesítő adat, tekintettel a kiváló, hatalmas hangszóró árszínvonalára és a befektetett munkára. Lépünk tovább, és kísérletezzünk reflexdobozzal!

### Példa: reflexdoboz

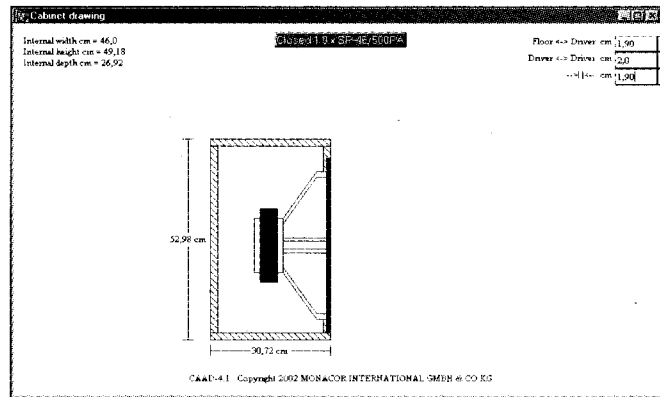
Menjünk vissza a főmenübe és válasszuk a *Box type* ablakban a *Bass reflex* opciót! Ekkor a menüablak tartalma hirtelen átrendeződik, egyes feliratok, opciók kicserélődnek, és a szemünk elé tárulnak egy kb. 120 literes reflexdoboz kiszámított adatai. Ha egyúttal a Monacor MBR műanyag hangolósöveket is kívánjuk alkalmazni, akkor rákattintva a szürke alappal kiemelt *MONACOR MBR* opciós ablakra, az üres mezőben megjelennek az ajánlott csőtípusok és darabszámok. Esetünkben kétféle cső, összesen pedig három darab. Ha az MBR csövek helyett pvc-lefolyócsöveket kívánunk alkalmazni, a hangolóső vagy csövek adatait a használt keresztmetszet alap-



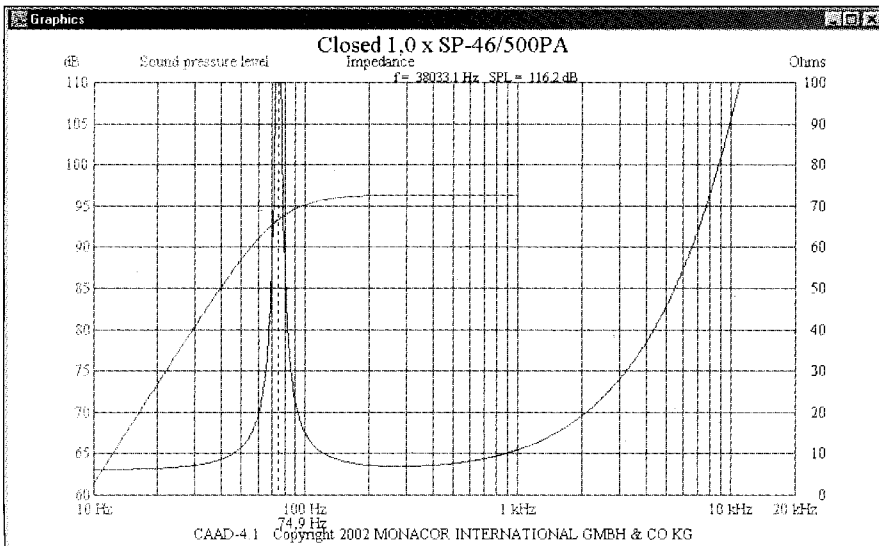
30. ábra. Zárt doboz tervezése a SP-46/500PA típusú hangszóróhoz



31. ábra. A tervezett zárt doboz axonometrikus rajza és méretadatai a programban



32. ábra. A tervezett zárt doboz méretezett metszeti rajza a programban



33. ábra. A tervezett zárt doboz frekvenciamenete és a hangszóró impedanciamenete a frekvencia függvényében. (Részlegesen működő opció!)

BOX CALCULATION		SUGGESTED BOX (inclusive Vb-)	
Driver name	SP-46/500PA	Net box volume (Vb) l	101,131
Box type	Bass reflex	Port diameter (Dp) cm	17,727
Number of equal driver	1,0	Port length (Lv) cm	29,327
Resonance frequency (fs) Hz	30,0	Port resonance frequency (fp) Hz	41,487
Equivalent volume (Vas) l	333,0	-3 dB frequency (B) Hz	0,0
Total Q (Qt)	0,284	Reference SPL dB	96,426
Mechanical Q (Qm)	8,08	Efficiency bandwidth produkt (EBP)	95,908
Electrical Q (Qe)	0,28	Alpha (fcb/fs)^-1 (a)	3,293
DC resistance (Re) Ohms	5,7	Ratio fp/fs (h)	1,383
Serial resistance (Rs) Ohms	0,3		
<b>MONACOR MBR</b> 2dMBR-110+MBR-25		SUGGESTED BOX (inclusive Vb-)	
Effective cone area (Sd) cm²	1180,0	Internal width cm	47,21471
Port area (Ap) cm²	246,81	Internal height cm	73,66544
Leakage-Q (Ql)	7,0	Internal depth cm	31,23295
Leakage volume (Vb-) l	0,0	Box volume (Vb0) in l	108,631

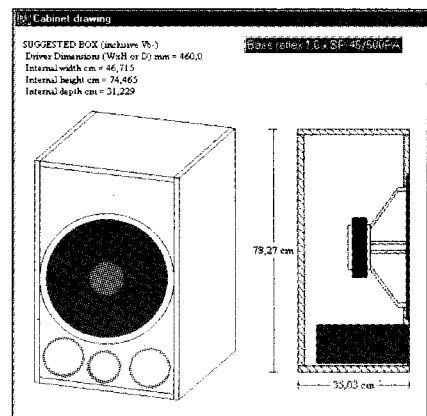
34. ábra. A tervezett zárt doboz frekvenciamenete és a hangszóró impedanciamenete a frekvencia függvényében. Részleges opció!

ján, kézi úton, programon kívül át kell számítani.

A fő menüablak alsó részén látható középső rádiógomb segítségével tulajdonképpen két különböző számítási metódus áll rendelkezésünkre. Ha a *Calculate optimum box* feliratú rádiógombra kattintunk, a program az optimális méretű dobozt adatait adja meg. Ha viszont a főmenü szűrővel kiemelt, *MONACOR MBR* feliratú mezőjére kattintunk, akkor a program a cég kínálatából választja ki az optimális méretű és darabszámú, műanyag MBR hangolósöveket, esetünkben két csőféleségből összesen hármat (34. ábra). Együttal a főmenü számított doboz- és egyéb adataiban *kis korrekció is történik*.

A program által tervezett reflexdoboz axonometrikus és metszeti képét egy ábrába másoltuk össze (35. ábra).

A hangnyomás frekvenciakarakteristikájából örömmel értesülhetünk arról, hogy az átviteli tartomány alsó -3 dB-es pontja kb. 48 Hz, ami már jóval kedvezőbb, mint a zárt doboz ese-



35. ábra. A program által megtervezett reflexdoboz képe (montázs)

CAAD-4.1 [Computer Aided Audio Design 4.1]			
CAAD Info Box			
BOX CALCULATION			
Driver name	SP-46/500PA	Net closed volume (Vb) l	64,268
Box type	Bandpass	Net reflex volume (Vf) l	53,838
Number of equal driver	1,0	(Vb) + (Vf) l	118,106
Resonance frequency (fs) Hz	30,0	Port diameter (Dp) cm	17,334
Equivalent volume (Vas) l	333,0	Port length (Lv) cm	9,812
Total Q (Qt)	0,234	Lower -3 dB (fl) Hz	46,102
Mechanical Q (Qm)	8,08	Central frequency (fo) Hz	74,588
Electrical Q (Qe)	0,28	Upper -3 dB (fh) Hz	120,635
DC resistance (Re) Ohms	5,7	Relative SPL at fob dB	-0,005
Serial resistance (Rs) Ohms	0,3	Maximum ripple dB	0,0
System damping (S)	0,707	Efficiency bandwidth produkt (EBP)	107,143
System Q (Qt)	0,707	Internal width, Vb cm	45,423
Port area (Ap) cm²	236,0	Internal width, Vf cm	25,443
Leakage volume (Vf-l)	0,0	Internal height cm	46,0
Leakage volume (Vb-l)	0,0	Internal depth cm	46,0
Get values from data base		Calculate optimum box	
		Calculate Data	

36. ábra. Sávszűrős, szub-basszus doboz tervezése a „Bandpass” opcióban

tén. Az is igaz, hogy a doboz mérete éppen a kétszerese annak. Más kérdés, hogy ez a méret képezi az impulzusátvitel szempontjából optimális ajánlatot, a program szerint.

Sajnálatos, hogy a program opciói a számítások bonyolultságával arányosan csökkennek. Voltaképp amikor egyre több probléma vetődik fel, amikor egyre több kérdésre várunk választ, akkor a program egyre szűkmarkúbb lesz. Az első ilyen, válasz nélkül maradt kérdés a reflexdoboz impedancia-menete. Ez az opció – sajnálatos módon – itt már nem jeleníthető meg, a program egyszerűen nem tartalmazza.

Lépünk tovább a konstrukciós lehetőségek kipróbálásával, válasszuk a dobozlehetőségek közül a sávszűrős, szub-bassz kivitelt!

#### Példa: sávszűrős doboz

Tervezzünk a kiválasztott hangszóróval szub-basszus dobozt! A *Box type* ablakban válasszuk ki alul a *Subwoofer* opciót (és célszerűen a Monacor MBR reflexcsövek használatát is), majd az *SL-NAF* opciót. Ekkor a kis ablakban a *Bandpass* felirat jelenik meg (mindez történhetne egyszerűbben is...) és a fő menüablak ismét átrendeződik (36. ábra). Miután csatolt üreges sávszűrőt kívánunk építeni, értelem szerűen két doboztér fogat kiszámítása történik meg. A program a teljes rendszer jóságát optimalizálja,  $Q_t = 0,707$ -re állítja be. Ez az átvitel szempontjából az (egyik) optimum.

A számítások szerint a hangszóró mögötti zárt tér nettó térfogata, azaz a *Net closed volume*,  $V_b$  mintegy 64 liter, a csatolt – reflexcsövet tartalmazó – reflexüreg nettó térfogata, a *Net reflex volume*,  $V_f$  pedig kb. 54 liter lesz, vagyis eredőben egy termetet, kb. 118 literes doboz van készülőben. A számított -3 dB-es két határfrekvencia 46 Hz és 120 Hz. Az átviteli karakterisztika hullámossága – éppen a hangszóróhoz optimalizált dobozméretet folytán – nem tartalmaz kiemelést, tehát kedvező. Amitől mégsem vagyunk túlságosan elragadtatva, az pedig az alsó határfrekvencia meglehetősen magasra sikeredett értéke. Egészen biztos,

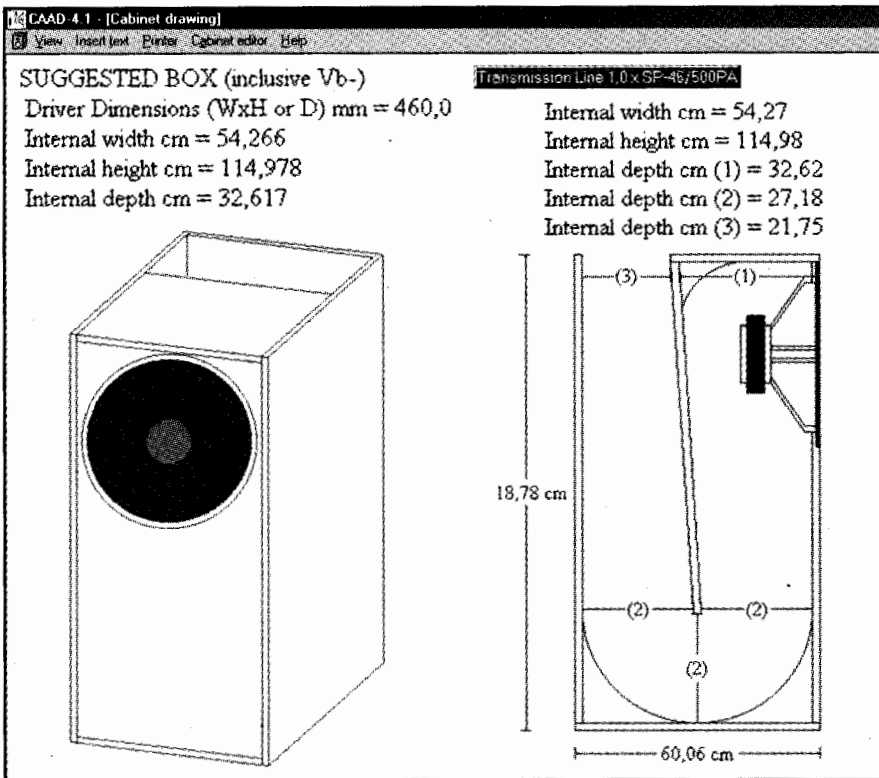
hogy amennyiben eltérünk az optimális, maximálisan lapos frekvencia-jelleggörbét eredményező konstrukciótól, valamelyes *elfogadható hullámosság* árán jóval alacsonyabb alsó határfrekvenciát is elérhetünk. Az adatok átírása, egy más dobozméret beállítása viszont ebben a programban nem tartozik az egyszerű és szórakoztató műveletek, sikertörténetek közé, ellenkezőleg. Néhány perces eredménytelen próbálkozás után feladtuk, és átugrottunk a WinISD beta verzióba. Ott villámgyorsan kiderítettük, hogy ugyanekkora dobozzal, de a térfogatok optimálisról való kis átrendezésével a helyzet igen sokat, mondhatni drámaian javul.

Ha például 100 literes zárt térfogatot és 15 literes csatolt reflexüreget alkalmazunk (reflexcsővel), akkor a szub-basszus doboz frekvenciaátvitelének két, -3 dB-es pontja nagyon kedvező, 20 Hz és 200 Hz lesz, továbbá a sáv közepén, 60 Hz tágabb környezetben egy nem kifejezetten kellemetlen, -3 dB-es bemélyedés lesz csupán. Ezt egy ügyesen megválasztott mélyhangú hangsugárzóval nem bosszorkányság zérusra kompenzálni. Ugyanekkor az is biztos, hogy bármelyik végeredményt tekintjük alkalmasnak megépítésre, az átvitelt 80–100 Hz fölött mindenképpen célszerűen aktív vagy passzív szűrővel korlátozni és a sávot inntől kezdve már a mélyhangú vagy a széles-sávú egységgel lesugározni.

A későbbiekben bemutatjuk, hogy a MONACOR tervezőgardája egy 137 literes, kissé módosított konstrukcióval milyen eredményre jutott.

CAAD-4.1 [Computer Aided Audio Design 4.1]			
CAAD Info Box			
BOX CALCULATION			
Driver name	SP-46/500PA		
Box type	Transmission Line		
Number of equal driver	1,0		
Resonance frequency (fs) Hz	30,0		
Equivalent volume (Vas) l	333,0		
Total Q (Qt)	0,234	Reference SPL dB	96,907
Mechanical Q (Qm)	8,08	Efficiency bandwidth produkt (EBP)	107,143
Electrical Q (Qe)	0,28		
DC resistance (Re) Ohms	5,7		
Serial resistance (Rs) Ohms	0,6	Internal width cm	54,266
		Internal depth cm (1)	32,617
Effective cone area (Sd) cm²	1180,0	Internal depth cm (2)	27,181
Design frequency (fd) Hz	30,0	Internal depth cm (3)	21,745
Stuffing density kg/m³	7,0	Internal height cm	114,978
Area factor [1,25-2,5]	1,5	Wool, approximated kg	2,374
Get values from data base		Calculate optimum box	
		Calculate Data	

37. ábra. TL-doboz kiszámítása



38. ábra. A tervezett – a vége felé *szűkülő* típusú – TL-doboz axonometrikus és keresztmetszeti rajza (a program két külön ernyőképéből összeállítva). A rajzon a 18,78 cm magassági adat nyilvánvalóan hibás!

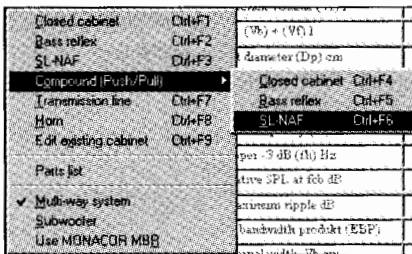
### TL-doboz

Megtartva kedvenc hangszórónkat, elvégeztük egy TL-doboz (azaz művonal jellegű doboz) megtervezését a CAAD 4.1 programmal. A *Box type* ablakban kiválasztottunk a *Transmission line* menüpontot, és már meg is kaptuk a doboz adatait (37. ábra).

A természetes, 1,15 m magas, mintegy 350 liter térfogatú szerkezetet a program 30 Hz-es *alapfrekvenciára* tervezte. Ügyeljünk arra, hogy ez az érték nem lehet kisebb, mint a hangszóró rezonanciafrekvenciája. Ezen felül előre el kell döntenünk egy-két apróságot, például azt, hogy a TL-csövet milyen  $\text{kg/m}^3$  sűrűségű csillapítósanyaggal töltjük ki. Jelen esetben egy meglehetősen kis fajsúlyú, vagyis laza,  $7 \text{ kg/m}^3$  anyagot (vattát) ajánlott fel a program.

Továbbá meg kellett választani a kónusz és a TL-cső kezdeti keresztmetszeti felülete közötti, ún. „keresztmetszeti arányt”, amely a TL-doboz Q értékét és a doboz rezonanciafrekvenciáját befolyásolja. A program az 1,5...2,5 értéktartományból tesz ajánlatot.

A frekvencia-jelleggörbe azonban ebben a menüpontban sem áll a rendel-



39. ábra. Az izobarikus hangszóró-beépítés lehetőségei a programban

kezésünkre. Az mindenesetre kiolvasható a főmenü megfelelő cellájából, hogy – a TL-dobozoknál megszokott módon – a megfelelő működéshez majdnem  $2,4 \text{ kg}$ ,  $7 \text{ kg/m}^3$  sűrűségű vatta beépítése szükséges a dobozba. Ez gyakorlatilag a doboz vattával történő laza kitömését jelenti.

A doboz külső, axonometrikus képét, valamint keresztmetszeti rajzát – a program két külön ernyőképéből összeállítva – a 38. ábra mutatja.

Noha a számításokkal kapott adatok korrektnek tűnnek, zavaró körülmény a rajzon megjelenő nyilvánvaló hiba, a doboz 18,78 cm-es magassága akkor, amikor a mindössze egy falvas-

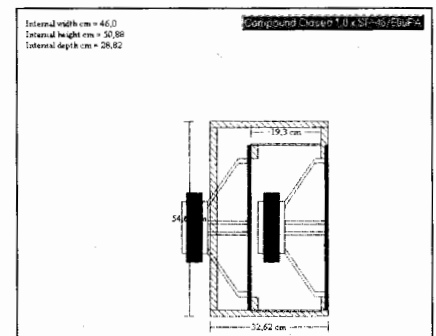
tagságnyi (1,9 cm) mérettel kisebb belső magasság 114,98 cm. (A helyes érték nyilván 118,78 cm.) Ilyen adatok láttán a felhasználó elbizonytalanodik és az áfás számlával árusított program, továbbá a programozó korrektségébe, hozzáértésébe, a misztikus „német precizitásba” vetett hite nagyot zuhan.

### Izobarikus beépítésű doboz

Mintahangszórónkat kipróbáltuk izobarikus beépítésben is. Amint erről már korábban szó esett, a szakirodalomban némi zavar tapasztalható az elnevezéseknél (lásd kompaund).

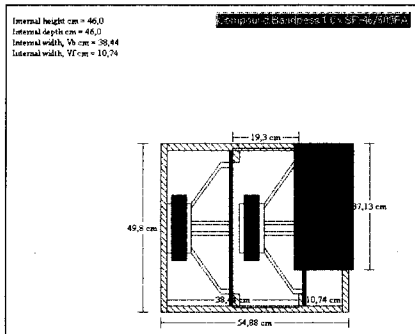
A menüopció esetünkben is értelmezési gondokkal küzd, továbbá a zárójeles magyarázat: „(Push/Pull)” pedig ebben a témakörben végképp értelmezhetetlen, itt nem ez a kifejezés szokásos vagy használatos (39. ábra).

Mindezzel azonban semmi bajunk nem lenne, ha egyébként a program ezen menüpontja jól működne. Sajnos az adott hangszóró alapján kiszámított adatok szerinti dobozkonstrukciók rendre különféle torzszülötteket eredményeznek. Az egyik esetben az egyik hangszóró például kilóg a dobozból (40. ábra). Ilyen hibával azonban több – ingyenes vagy shareware, az internetről letölthető – programban is találkoztunk. Valószínűleg a hiba elkerüléséhez jelentős matematikai apparátus szükséges, és ezt a „magasságot” a programozók többnyire „kihagyták”.

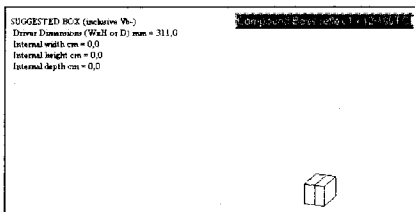


40. ábra. Hibás, zárt dobozos, izobarikus beépítésű konstrukció. Az egyik hangszóró – így – kilóg a dobozból

Máskor meg a reflexcső sikeredik túl nagyra, túl hosszúvá vagy túl nagy átmérőjűre úgy, hogy be sem építhető a dobozba (41. ábra). Van olyan dobozrajz is, amely teljesen hibás. Úgy, ahogy van. Ekkor kicsi dupla téglalap



41. ábra. Hibás sávszűrős, izobari-  
kus beépítésű konstrukció. A re-  
flexcső mérete túl nagy, kilóg a do-  
bozból



42. ábra. Hibás bassreflex, izobari-  
kus beépítésű konstrukció. Értel-  
mezhetetlen rajz és numerikus vég-  
eredmény (0,0 cm stb.)

szertű tárgyat látunk a képen, mert a program valahol elakadt a számítások során, és csak többszöri unszólásra ad – ilyen – eredményt (42. ábra).

A hibajelenség nagyon kellemetlen, mert felvetődik a kérdés: csak ez a torz végeredmény hibás-e, vagy a többi, szemre jónak tűnő is az, csak azokat a hibákat elhisszük?

Miután Murphys már korábbról is személyes jóbarátunknak tekinthetjük, rossz sejtelmek vannak.

### Exponenciális tölcser

Hangszórónkat kipróbáltuk tölcser-sugárzó-szerepkörben is, változatos eredménnyel. A *Box type* menüablakban a *Horn* opciót választva a főmenü átrendeződik és számos – egyébként általában szabadon választható – adatot az adatbázisból felvesz, majd egy kész tölcserkonstrukcióval rukkol elő (43. ábra). Ennek lényege a program szempontjából könnyű átméretezhetőség, amit a párhuzamos két oldalap tesz lehetővé.

A hangszóró a hátoldalán egy zárt üregre csatlakozik (44. ábra), így elvileg akár gumi membránszerű, lágy felületes típusú is alkalmazhatunk, ha az üreg méretét a programban korábban tudjuk tartani. Ez azonban kétsé-

CAAD 4.1 [Computer Aided Audio Design 4.1]

File Edit Driver Cabinet File Graphics Driver window Help Quit

CAAD Info Box

BOX CALCULATION

Driver name	SP-46/500PA	Throat area (A <sub>h</sub> ) cm <sup>2</sup>	590,0
Box type	Horn	Mouth area (A <sub>m</sub> ) cm <sup>2</sup>	10870,06
Number of equal driver	1	Horn constant (k)	1,205
Resonance frequency (fs) Hz	30	Horn length (L <sub>h</sub> ) cm	241,697
Equivalent volume (V <sub>as</sub> ) l	33,3	Closed cabinet volume (V <sub>b</sub> ) l	116,097
Total Q (Q <sub>t</sub> )	0,254364	SPL gain dB	12,654
Mechanical Q (Q <sub>m</sub> )	3,08	Efficiency bandwidth produkt (EBP)	105,499
Electrical Q (Q <sub>e</sub> )	0,28	Number of gradations	10,0
DC resistance (R <sub>e</sub> ) Ohms	5,7	Distance of gradations cm	24,17
Serial resistance (R <sub>s</sub> ) Ohms	0,3		
		Horn position in room	Floor-edge
Effective cone area (S <sub>d</sub> ) cm <sup>2</sup>	1180,0	Horn area	Round
Lower cut-off frequency (f <sub>gl</sub> ) Hz	33,0		0
Higher cut-off frequency (f <sub>hm</sub> ) Hz	214,286		
Pressure chamber volume (V <sub>c</sub> ) l	15,074		

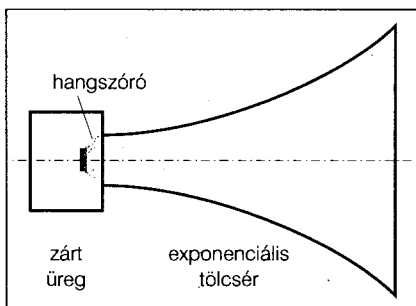
Get values from data base      Calculate optimum box      List horn dimensions

43. ábra. Tölcsér tervezése 33 Hz-es alsó határfrekvenciára

ges, ugyanis a főmenü az adatok átirására logikátlan módon reagál: vagy átszámítja az új paraméterre a tölcser, vagy nem, pontosabban egy óvatlan pillanatban visszaírja a régi adatokat. Megpróbáltuk az egyes – választható – paramétereket felülírni, de ez kevés sikerrel járt. Többnyire visszakaptuk a régi paramétersort.

A tölcser legfontosabb általános adatait egy külön ablakban, számértékekben, táblázatos formában kapjuk meg (45. ábra), ha megnyomjuk a jobb oldali, *List horn dimensions* felíratú rádiógombot. Ezek az adatok meglehetősen függetlenek a program által met-szetben és előnézetben bemutatott tölcserkonstrukciótól. A programban ugyanis kiválaszthatjuk a tölcser keresztmetszeti formáját, ami lehet kör, négyzetes és téglalap alakú, a bemutatott rajz méretadatai pedig csak téglalap keresztmetszetű tölcserre értelmezhetők.

Mindezek mellett egy tölcser megtervezése a programmal nem éppen



44. ábra. A CAAD 4.1 által tervezett tölcser elvi felépítése

egyszerű feladat, a CAAD 4.1 működésén itt is még igen sok javítanivaló maradt.

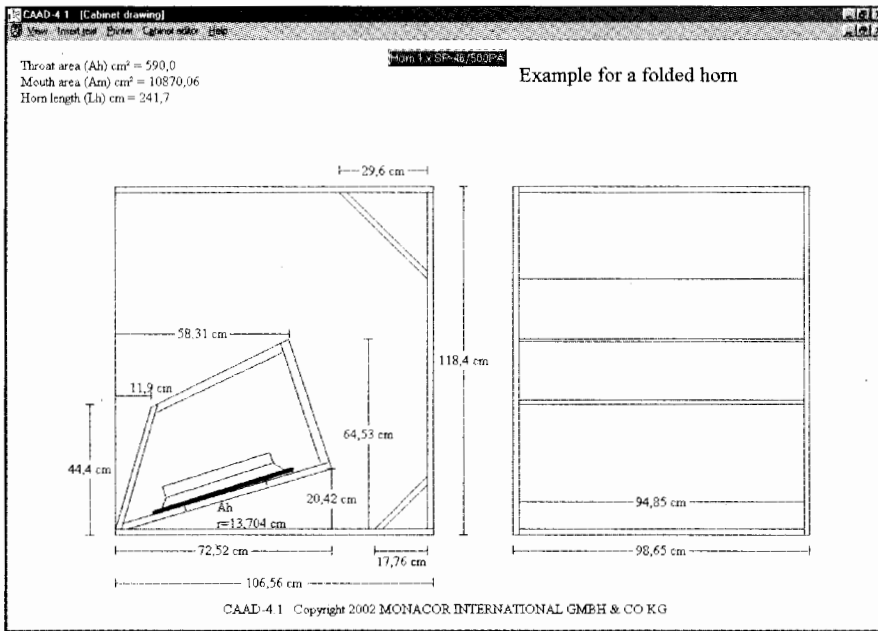
Például a tervezés egyik sarkalatos pontja a tölcser alsó törésponti frekvenciája, ami általában nem lehet magasabb, mint a hangszóró rezonanciafrekvenciája. Az alsó határfrekvenciát változtatva a tervezett tölcser méreteinek táblázatos számadatai követték a változásokat, azonban a műveletek alatt az alsó határfrekvencia gyakorta átugrott egy másik értékre.

A különféle hangszórókkal folytatott kísérletek gyakorta eredményeztek irreális fizikai kivitel, amint ezt a tölc-

Horn dimensions for the driver SP-46/500PA

Distance from throat (cm)	Area of (cm <sup>2</sup> )	Radius r (cm)	SPL gain dB
0,00	590,00	13,70	0,00
24,17	789,57	15,85	1,27
48,34	1056,65	18,34	2,53
72,51	1414,07	21,22	3,80
96,68	1892,39	24,54	5,06
120,85	2532,50	28,39	6,33
145,02	3389,14	32,85	7,59
169,19	4535,54	38,00	8,86
193,36	6069,72	43,96	10,12
217,53	8122,84	50,85	11,39
241,70	10870,45	58,82	12,65

45. ábra. A részletes tölcseradatok választhatóan kerek, négyzetes és téglalap keresztmetszetre a *List horn dimensions* rádiógomb megnyomása után láthatók egy külön ablakban



46. ábra. A megtervezett tölcser egy lehetséges kivitelének keresztmetszeti rajza. A rajz szerinti, számított tölcserék néha nem realizálhatók (pl. torzak)

csér *keresztmetszeti rajzán* (46. ábra) sajnálatos módon tapasztalni is lehetett. Például a hangszóró számára fenntartott hely, a zárt üreg túl laposra sikeredett, a szóban forgó hangszóró a kis belmagasság miatt el sem fért benne. Máskor a tölcser szélességi mérete lett eltúlzott és a zárt üreg szinte lepényszerű formát vett fel. Mindenesetre, aki kellő vizuális fantáziával rendelkezik, a táblázatos tölcseradatok birtokában el tudja készíteni a tölcser megfelelő asztalosrajzát egy bármilyen formájú, tehát nem csupán a javasolt típusú tölcserre. Ezt azonban nagyon jól tudjuk, hogy ez milyen hatalmas numerikus munkát, fejlett térszemléletet és magas szintű műszakirajz-készséget igényel.

Axonometrikus rajzot ez az opció nem szolgáltat, ami esetünkben – annak csekély információtartalma folytán – nem nagy tragédia. Viszont ropant sajnálatos, hogy frekvenciakarakterisztikát itt sem kapunk.

Ha visszalapozunk a 24. ábrához, annak középső részén látható a tervezésre kiválasztható dobozok listáját tartalmazó kis üszömenü, amelyet külön kinagyítva a 39. ábrán is bemutatunk. Ezen üszömenü középső részén látható a *Parts list* opció. Ha bármelyik hangsugárzó típus tervezése után rákattintunk erre az opcióra, megjelenik egy gördülőlistát tartalmazó kis ablak (47. ábra), ahol a lapszabászat során legyártandó alkatrészek megnevezését és méreteit láthatjuk.

Quantity	Description	Dimensions in cm
2 x	Lateral wall	65,9 x 53,4 x 1,9
1 x	Baffle with cutout	59,4 x 39,7 x 1,9
1 x	Reflex channel	0,0 x 39,7 x 1,9
1 x	Rear wall	62,1 x 39,7 x 1,9
2 x	Cover plate	39,7 x 53,4 x 1,9

47. ábra. Anyaglista a lapszabászat számára (darabszám, megnevezés, a méretek cm-ben)

A listát látva, elgondolkozhatunk azon, hogy mit tegyünk, ha a doboz nézeti képén jól látható hibát, alkalmatlan konstrukciót látunk, például a hangszóró vagy a reflexcső áthatásba kerül a doboz alkatelmeivel (lásd 35...37. ábra).

### Következtetések

A szimulációs tervezőprogramok általában addig a pontig működnek lényegében kifogástalanul, amíg a papír-ceruza módszer használatá is egyszerű. Amint a konstrukció kezd elbonyolódni, a programok tervezői egyre több számítási- és határértékproblémával, belső ellentmondással, kétértelmű, esetleg irreális végeredménnyel (negatív méretadatokkal) találják magukat szemben. Ha ezeket kellően részletes, áttekintő vizsgálatok nélkül, lazán benn hagyják a programban, akkor a számítások teljességgel lehetetlen végeredményeket is tartalmazhatnak.

Ez nem programozási probléma, hanem szintiszta matematika, tehát a programozónak először a program matematikai alapjait kell rendbe tennie, utána lehet a korrekt algoritmusokat, határértékeket stb. átvinni magába a programba.

Matematikailag, geometriailag nagyon nehéz egyszerű számításokkal meghatározni bizonyos szituációk korlátait, hogy például mikor lóg ki a dobozból egy hangszóró, vagy egy hangolósó mikor nem fér be a dobozba, vagy miért nem fér el valamely alkatrész bármely oldallapon. Voltaképp itt közbelső számítások alapján nyert térbeli minimális vagy maximális határértékeket kellene összevetni az adatbázis alapján (a hangszórók mechanikai adataiból) számítható más térbeli határértékekkel. Adott esetben „vakon” azt sem egyszerű számításokkal, három dimenzióban eldönteni, hogy melyik érték legyen kisebb és melyik legyen nagyobb, mint egy másik. Különösen nehéz, ha erősen alakos tárgyak viselkedését kell felderíteni, például a hangszóró mellett elfér-e a hangolósó.

Amíg ezek a dolgok matematikailag nem tisztázottak, addig például a hangszóró, a hangolósó kilóghat a dobozból, tárgyak áthatásba kerülhetnek egymással. Valamennyi olcsóbb szimulációs tervezőprogram erősen küzd a határérték- és méretproblémákkal, mert a korrekt megoldás a megvalósítottnál jóval terjedelmesebb matematikai apparátust igényelne. Erre a szintre viszont az 1–2 MiB terjedelmű programok többsége nem jutott el, ami egy ingyenes (pl. WinISD) vagy egy olcsó árkategóriájú (pl. CAAD 4.1) szoftverterméktől valójában el sem várható. Gondoljunk a Bill Gates névvel fémjelzett, vagy más, jóval drágábban árusított termékekre. Talán egy-két hibát azokban is találunk, néha, esetleg...

A szimulációs tervezőprogramok ugyan a segítségünkre vannak, de helyettünk mégsem gondolkoznak. Egyik bemutatott program sem hibátlan, és ugyanezért mindegyiknek vannak érveit. Mindegyik jól megél a másik mellett, mint ahogyan ez a szerző gépén is történik. Eredményeiket azonban minden esetben – legalább szemléleti szinten – ellenőriznünk kell.

Ha viszont – az ismert korlátok figyelembe vétele mellett – a könnyen elérhető programok, lehetőségek ellenére sem végzünk előzetes számításokat, akkor magunkra vessünk!



1. táblázat. A Hangszóró 2000 Kft. mélysugárzó célra alkalmas hangszóróinak fontosabb paraméterei

Típus	HA10/1004	HA10/1044	HA12/1048	HA12.5/118	HC12.5/114	HA13/1018	HA15/1018	HA16/1108	HC17/1034	HA17/1148
Frekv. (Hz)	90...5 k	90...5 k	90...5 k	75...10 k	50...20 k	50...6 k	50...6 k	55...4 k	70...16 k	55...4 k
V <sub>ajánlott</sub> (l)	≤2		≤4				≤10			
Q <sub>ts</sub>					0,81		0,41	0,47	0,92	0,47
V <sub>as</sub> (l)	1,55	1,55	1,55	6,8	5,1	11	8,6	19	12	19
F <sub>s</sub> (Hz)	115	115	115	88	92	58	58	52	93	52
R <sub>e</sub> (Ω)	3,2	3,2	6,5	7,2	3,7	6,4	6,5	6,3	2,8	6,3
L <sub>e</sub> (mH)										
X <sub>max</sub> (m)										
Z (Ω)	4	4	8	8	4	8	8	8	4	8
Q <sub>ms</sub>	4,60	4,6	4,6	3,18	3,88	2,83	2,52	3,63	4,38	3,63
Q <sub>es</sub>	0,90	0,90	0,90	0,91	1,02	0,47	0,48	0,54	1,16	0,54
SPL (dB)	84	84	84	88	87	86	86	87	92	87
P <sub>e</sub> (W)	15	15	25	15	15	35	35	55	15	55
BL (Tm)	4,7	4,7	4,7	3,8	3,3	6,4	6,7	6,5	2,9	6,5
dia (m)	0,1	0,1	0,108	0,125	0,125	0,134	0,138	0,125	0,171	0,159
S <sub>d</sub> (m <sup>2</sup> )	0,005	0,005	0,005	0,0072	0,0075	0,0087	0,0087	0,0132	0,0134	0,0132

Típus	HA17P/1016	HA17P/0916	HA18/1128	HA20/1138	HA20/0904	HA22/1128	HA25/1128	HA27/1028	HA31/1008	
Frekv. (Hz)	45...5 k	45...5 k	55...4 k	45...6 k	40...6 k	45...6 k	35...5 k	35...5 k	30...2 k	
V <sub>ajánlott</sub> (l)	≤10		≤25				≤40		≤50	
Q <sub>ts</sub>	0,46	0,386	0,46	0,46	0,54	0,56	0,54	0,54	0,44	
V <sub>as</sub> (l)	38	23	18	89	42	40	370	370	581	
F <sub>s</sub> (Hz)	40	45	55	35	40	42	22	22	23	
R <sub>e</sub> (Ω)	5,1	4,4	6,4	6,6	3,4	6,5	6,6	6,6	7,1	
L <sub>e</sub> (mH)										
X <sub>max</sub> (m)										
Z (Ω)	6	6	8	8	4	8	8	8	8	
Q <sub>ms</sub>	2,8	2,4	1,15	3,13	3,34	3,34	3,05	3,05	2,25	
Q <sub>es</sub>	0,55	0,46	0,78	0,54	0,65	0,68	0,66	0,66	0,54	
SPL (dB)	87	87	87	89	88	89	89	89	90	
P <sub>e</sub> (W)	40	60	55	45	60	45	60	60	100	
BL (Tm)	5,0	5,9	5,73	6,7	5,5	8,15	6,6	6,1	8,6	
dia (m)	0,159	0,159	0,17	0,2	0,2	0,21	0,25	0,26	0,314	
S <sub>d</sub> (m <sup>2</sup> )	0,0137	0,0137	0,0132	0,0228	0,0228	0,0227	0,0366	0,0366	0,051	

Megjegyzés: az adatok sorrendje – a beírás megkönnyítése érdekében – megegyezik a WinISD beta programban a *Driver editor* „sajtó adatbázis” táblázatának (5. ábra) a kitöltési sorrendjével.

A számítások megkönnyítése céljából közöljük a Videoton – Hangszóró 2000 Kft. hangszórók Thiele–Small és egyéb fontosabb paramétereit (1. táblázat).

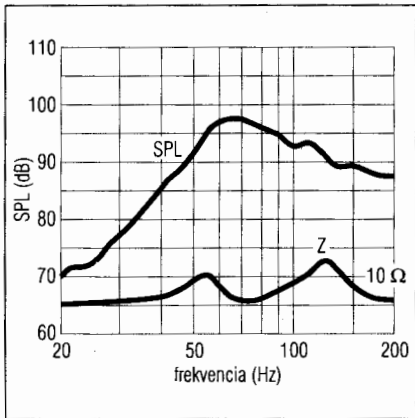
### Az „Advantage-Sub” doboz

A Monacor, mint a legtöbb hasonló hangszórós cég, ajánlásokat, konstrukciókat dolgozott ki hangszórói számára, az építési (vásárlási) kedv támogatása céljából. Az SP-46/500PA típusú hangszóróhoz elkészült a gyakorlatban is a méretezett szub-basszus konstrukció, az elvi működés lényegét nem érintő, kisebb módosításokkal.

Amint ezt már a korábbiakban be is mutattuk, a csatolt üreges, sávszűrő típusú doboz térfogatainak és hangolási frekvenciáinak célszerű módosításával (pl. próbálkozással) mód van az optimális, maximálisan lapos frekvencia-menetű megoldáshoz képest nagyobb sávzélességű, bár kissé hullámosabb frekvencia-menetű doboz kialakítására. Esetünkben is ez húzódik meg a változtatások hátterében. A számítotthoz képest valamivel nagyobb, 137 literes dobozban sikerült az általunk tervezett-höz képest kissé nagyobb, 40...160 Hz sávzélességet elérni, ami elsősorban az alsó határfrekvencia értékében tűnik kedvezőbbnek.

A Monacor „Advantage-Sub” elnevezésű szub-basszus láda a legfeljebb 1000 W zenei, max. 500 W névleges teljesítményt a négy darab, MBR110 típusú műanyag reflexcsövön keresztül sugározza a külvilág felé, SPL = 97 dB közepes hangnyomás mellett (2,83 V hangfrekvenciás vezérlőjelre, 1 m távolságból mérve).

A cég a hangsugárzó meghajtására külön szub-basszus erősítőt javasol, amelyben egyrészt korrigálhatók a frekvencia-menet problémái, továbbá amely tartalmaz egy 30–35 Hz törésponti frekvenciájú szubszonikus (kisfrekvenciás), legalább 12 dB/oktáv meredekségű, erőteljes mélyvágó szű-



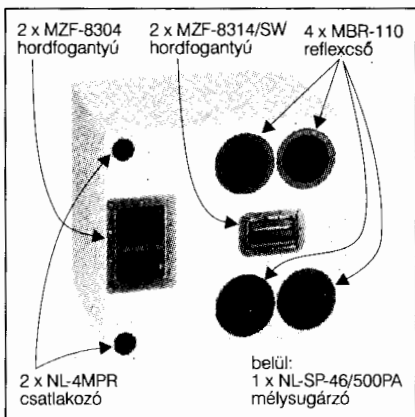
48. ábra. Az „Advantage-Sub” szub-basszus láda frekvenciamenete (SPL) és a hangszóró impedanciamenete (Z) (Monacor)

rőt a hangszóró épségének fokozott óvása érdekében.

A szub-basszus sugárzót a nagy sáv szélességű (mély-, közép-, magas-sugárzó) rendszerhez célszerű kb. 120 Hz törésponti frekvencián csatlakoztatni, illetve a teljes rendszer keresztelési frekvenciáját 120 Hz-en megválasztani. A két tartományt 12 dB/oktáv oldalmeredekségű alul-, illetve felüláteresztő szűrőkkel vagy váltósűrűvel (értelemszerűen aktív szűrőkkel) kell szétválasztani. A doboz frekvenciamenete a 48. ábra mutatja.

A cégnél az olcsó (OSB) alapanyagból, kiváló asztalosmunkával nagyon szép dobozt sikerült kialakítani. A dobozról készült, feliratozott fotót a 49. ábrán, a hangszóró és oldallap nélküli doboz képét a 50. ábrán láthatjuk, ahol a fotózáshoz a dobozt az oldalára állították.

A cég a megépítés során nem fukarkodott saját kínálatának bemutatásá-



49. ábra. A megépített „Advantage-Sub” szub-basszus láda előlőnézetből (Monacor)

val. Tekintettel a doboz alakjára, tömegére és méretére, az elő- és hátlapra 2–2 ügyes (süllyesztett), de nem kifejezetten olcsó, kétféle hordfogantyút is beépítettek.

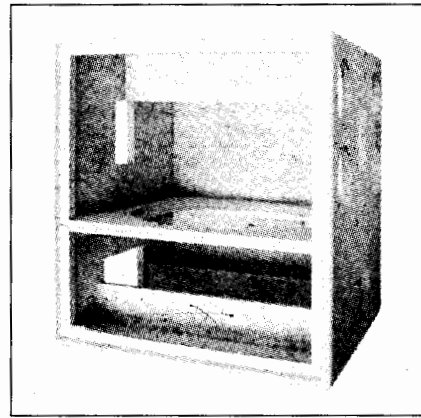
A két speciális hangszórócsatlakozó is cég kínálatából való. Ezek a megoldások az eredetileg egyszerűbb dobozon számos extra nyílás készítését vonták maguk után, amelyeket az oldallap nélküli képen is tanulmányozhatunk (50. ábra).

A doboz 18 mm-es fa-félgýártmányból (OSB-lemezből) készült, az asztalosmunka kivitele példaértékű. A bal oldali oldallapot képezték ki levehetőnek. Ennek eltávolítása után építhető be a hangszóró, készíthető el a csatlakozók előlapi bekötése és rögzíthető a csillapítóanyag. A kellő merevségről egyrészt a hangszórót hordozó, keretszerű belső hangfal gondoskodik, továbbá ezt szolgálják (a fotón az alsó és a felső) két üregben elhelyezett, állított, alacsony merevítőfalak is.

A doboz összeépítése során mintegy 60 darab, Ø5×30 mm-es önmetsző fécavart (pozdorjacsavart) használtak fel, a hangszóró rögzítése is ilyen típusú, de Ø4×16 mm méretű csavarral történt. A lapokat a csavarozáson felül még ragasztással is rögzítették egymáshoz.

(A szerző a kellemetlen építési, szilárdsági, szállítási tapasztalatok alapján a pozdorja, MDF, OSB dobozok összeépítésénél általában jóval hosszabb, Ø7×50...60 mm-es pozdorjacsavarokat használ, Ø5,7 mm-es, teljes hosszúságú előfúrás mellett.)

A belső élék mentén 20×20 mm-es fenyő lécek teszik szilárdabbá a do-



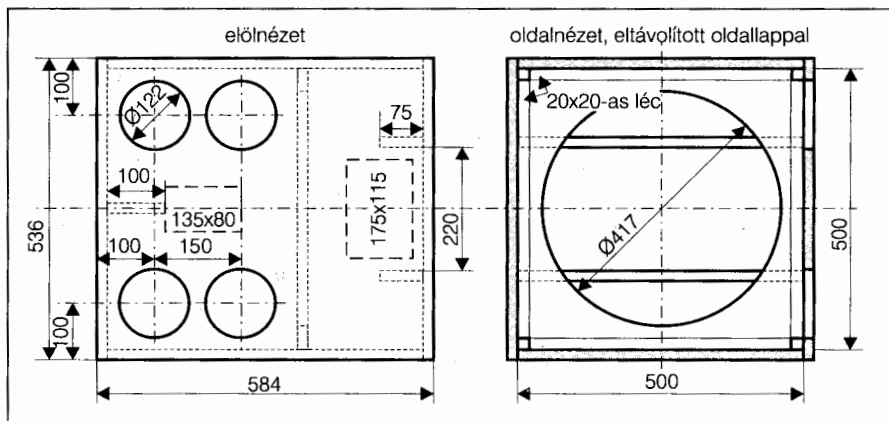
50. ábra. Az üres szub-basszus láda oldalnézetből, leszerelt bal oldali oldallappal (Monacor)

bozt, illetve az eltávolítható, süllyesztett oldallap is ilyen belső léckeretre rögzíthető. A doboz külső éleit kis sugárban lekerekítették.

A doboz kissé egyszerűsített asztalosrajza a 51. ábrán látható. A szaggatott vonallal rajzolt két téglalap a Monacor-féle süllyesztett fogantyúk felerősítési helyét jelöli (egy nagy és egy kicsi az előlapon, illetve ugyanennyi a hátlapon).

A beépítés során a hangszórókosár alatt öntapadó műanyaghab-csík tömítést alkalmaztak. Erre a célra kiválóan megfelel a hazai, ablakszigetelőként használatos, öntapadó habzivacs csík.

A doboz csillapítását a Monacor kínálatában szereplő akusztikai csillapítóanyagokkal: habzivaccsal és vattával oldották meg. Ennek során egy darab MDM-60 típusú, 100×50×6 cm-es, hullámos felületű, 20 kg/m<sup>3</sup> sűrűségű habzivacsot, 2 készlet MDM-3 tí-



51. ábra. A szub-basszus láda asztalosrajza. Az eltávolítható, pozdorjacsavaros rögzítésű hátlap mérete 500 x 548 mm. A belső élék 20 x 20 mm-es beragasztott fenyőléccel vannak megerősítve. A jobb oldallapon 2 db 75 mm magas, a bal oldallapon pedig 1 db 100 mm magas OSB-lap merevítő található

pusú, speciális (2/3-rész gyapjú, 1/3-rész poliészter összetételű, 300 g/m<sup>3</sup> sűrűségű) 63 × 33 × 3,5 cm-es méretű, összesen 2 × 2 darab vattapaplant használtak fel. A csillapítóanyagot úgy osztották meg a két üreg között, hogy az semmiképpen ne zavarja a kónusz mozgását. A két csillapítóanyag helyettesíthető a közismert, szürke, hullámos felületű habszivaccsal, illetve ipari vattával.

A két csillapítóanyagot arányosan osztották szét a két üreg között. A ragasztásos rögzítésénél ügyeltek arra, hogy a csillapítóanyag a kónusz mozgását ne zavarja, azzal semmi körülmény között nem érintkezessen.

#### Anyaglista (18 mm-es OSB-ből):

Oldalfalak	2 db	584 × 536 mm
	1 db	584 × 500 mm
	1 db	548 × 500 mm
Alja + teteje	2 db	500 × 518 mm
	1 db	500 × 500 mm
Osztólap	2 db	75 × 500 mm
	1 db	100 × 500 mm

#### Dobozalapanyagok

Elsődleges probléma a házi hangszugárzó-készítésnél a doboz alapanyagának a kiválasztása, majd a beszerzése. Két fő szempont vetődik fel: az alkalmaság és a megmunkálhatóság. Az alkalmaság természetesen akusztikai szempontból értendő.

Beváltak azok az anyagok, amelyek kellő merevségűek és sűrűségűek. Elsősorban faanyagok jöhetnek számításba, de extrém esetben szokatlan anyagokra is gondolhatunk.

A faanyagok közül *nem vált be a fenyő fűrészeltáru*, de a nagyon drága keményfával sem jobb a helyzet. A mi szempontunkból úgyszólván csak hibája van. Először is a kitermelés, felfűrészelés után a puhafa (fenyő) hozzávetőleg 3–5 évig, a keményfa legalább 5–7 évig dolgozik, fizikailag szárad, zsugorodik és kémiaiilag is átalakul. Emiatt a frissen vásárolt faanyag méretre szabása, illesztése illuzórikus művelet, néhány hónap után az elkészült, precíz famunka elvetemedik, széthasad, csavarodik stb. Ezen az sem segít, ha a faanyag hőkezelt, mesterségesen szárított.

Csak a hosszú évekig tárolt fűrészeltáru esetén van arra remény, hogy az elkészített tárgy többé-kevésbé megtartja az alakját, de az időszakos ellenőrzés és javítás semmiképp nem

mulasztható el. Emellett a fa szinte soha nem hal meg, örökké követi a klimatikus viszonyokat, elsősorban a légnedvesség változásait. Egy központi fűtéses lakóhelyiségben télen lehet akár 30–40% is a légnedvesség, ami már igen száraz levegőt jelent, viszont egy fűledt nyári zivatar során elérheti akár a 80–90%-os, közel trópusi szintet is. Ezeket a körülményeket a faanyag méretváltozással, torzulással követi, még akár százéves korában is. Az eredmény vetemedés, széthasadás lehet.

Annak ellenére, hogy nagyon szép megjelenésű, táblásított fenyőfa-lapokat kínálnak a barkácsáruházak, hangszugárzó célra nem javasoljuk vásárlásukat. Ennek a száradási problémákon kívül más oka is van. A puhafa nem eléggé sűrű, könnyen rezonál; amíg pl. hegedű készítésére ezen tulajdonsága folytán kiváló is lehet, egy hangszugárzó esetén ez kifejezett hátrány.

A jóval sűrűbb, ridegebb és sokkalta drágább keményfa megmunkálása házilag nagyon nehéz, barkácseszközökkel nem igazán sikerülhet. Kimondhatjuk tehát, hogy a puha- vagy keményfa fűrészeltáru a tulajdonságok összességében vett kedvezőtlensége miatt *általában* alkalmatlan hangdoboz készítésére. A dobozok élmerevítésére viszont kiváló lehet egy-egy alkalmas méretű, becsavarozott, beragasztott fenyőléc, -hasáb. Bevált a legöbolyított dobozélként alkalmazott keményfa-profil.

Hangszugárzó-készítésre leginkább alkalmas faanyagok a fa-félgyártmányok, ezek közül is leginkább az ún. aprítékból készülő típusok váltak be. Gyártásuk során a fát különböző finomságban aprítékolják és ragasztóanyaggal keverve, lemezekké sajtoltják. A legtöbb félgyártmány – különösen a 8–10 mm-nél vastagabb lemez – háromrétegű, vagyis a két keményebb színoldal között egy lazább, kevesebb ragasztóanyagot tartalmazó és sajnos könnyen szétváló, széthasadó töltőréteg van. Az aprítékolással készülő félgyártmányok kedvező árszínvonalú és eléggé jól megmunkálható anyagok. Elnevezésük és megjelenésük (gyártástechnológiájuk) szerint többféle is lehetnek, például a legapróbb szemcsékből, lényegében faliszttól készített, egyrétegű, meglehetősen puha félgyártmány a farostlemez. Ennek tipikus vastagsága 3–10 mm körüli. Esztünkben csupán alárendelt vagy kiegészítő alkalmazása jöhet számításba. Jó-

val durvább, „közepes” szemcseszerkezetű a különböző keménységű, háromrétegű, pozdorja vagy MDF-lemez (*Medium Density Fibreboard*). A szemcseszerkezet az aprítás finomságától függ, ebben jelentős különbségek is vannak. A lap keménysége pedig attól függ, hogy a gyártás során hány százalék kötőanyagot (műgyantát) adalékoltak az aprítékhoz.

A két borítórétegében asztalosforgács méretű aprítékból készül az OSB-lap. Igen jól használható, olcsó, erős és könnyen megmunkálható, háromrétegű alapanyag.

Akusztikailag bevált a többrétegű konstrukció, amikor pl. két különböző anyag összeragasztásával készítjük (vagy utólag feljavítjuk) a doboz oldal-lapjait. Akár megállapodott (idősebb) fűrészáru hulladékot is használhatunk az utólagos rétegezésre.

Ennél a megoldásnál a doboz alijában véve MDF-, pozdorja- vagy OSB-lapból készül, és a nagyobb, szabadon maradó belső felületeket beborítjuk egy vékonyabb, más anyagú réteggel, például farostlemezrel, puha- vagy keményfa-réteggel. Ennek a rétegnek az a feladata, hogy a dobozfall rezonanciát – eltérő akusztikai tulajdonságai révén – mérsékelje. Így voltaképp az utólagos darabok beépítésénél nem is kell precíz illesztgetésekkel bajlódni, megteszi a többé-kevésbé alkalmas méretű hulladéklemez, lécs.

A rétegelt lemez megmunkálhatósága a legjobb az összes félgyártmány közül akár barkácsszerszámokkal is, szerkezeté pedig eléggé tömör. Sajnos, eléggé drága és nem csekély *rezonáns hajlama* is van, ezért érdemes pl. egy ráragasztott farostlemez-réteggel a rezonanciákat mérsékelni.

A rostos szerkezetű fa-félgyártmányok általában nagyon rosszul szegelhethetők, csavarozhatók. A szög elhajlik, a facsavar kiszakad és szétfeszítheti a rétegeket. Legjobban bevált az ún. pozdorjacsavar, amely a fa-félgyártmány középső, puhább részében is meglehetősen szilárd rögzítést eredményez. A pozdorjacsavarhoz *magméretű* előfűrészt szükséges. A behajtás nyomatékigénye jelentős és hozzá hatszögletű (imbusz-) kulcs kell.

Ragasztóként a lejobban bevált és olcsó, *Mozaik* márkanévű, tejfölsűrűségű ragasztót ajánlhatjuk. Létezik ki-lós, dobozos kiszerelése is, de ugyanezt az anyagot kínálják – kissé magasabb árszínvonalon és többféle fantáziáné-

ven – a laminált parketta ragasztására is, adagolósúcsos flakonban. Ezen ragasztók állaga kissé hígabb, mint a dobozos változatoké.

A *Mozaik* faipari ragasztó jellemző tulajdonsága, hogy hamar dermed, ezért a ragasztandó felületek gyors bekenése és pontos összeillesztése után már nem szabad, nem célszerű a tárgyakat elmozdítani, illesztetni. Az illesztéshez rendelkezésre álló idő mindössze néhány perc, tehát eléggé átgondoltan és tempósan kell dolgoznunk. A kötési/száradási idő kb. 24 óra, ekkor a kötészilárdság már kiváló.

## Dobozfajták

Dobozépítésnél az első probléma rögtön szerszámaink minőségével adódhat. Egyszerű, motoros barkácseszközeink teljesítménye, művelési pontossága általában nem elegendő a kellő sikerű munkavégzéshez. Továbbá nincs mindenkinek ahhoz türelme, hogy több méternyit nyílegyenesen fűrészelgessen, vagy napokig illesztgesen csámpásra sikeredett oldaléleket egymáshoz. Kéziszerszámaink (körfűrész-tácsa, kézi- vagy motoros gyalu, véső) sem bírják a „gyűrődést”, túlságosan hamar élüket veszítik az MDF, OSB lapok megmunkálása közben. Célszerű az alapanyagot már a vásárlás alkalmával méretre vágatni, ami nagyobb településeken, vagy pl. a barkácsáruházakban általában nem probléma.

Hasonló gondot okozhat a konstrukció bonyolultsága. Az egyszerű zárt doboz oldalainak leszabása általában még nem túl nagy feladat egy gépműhely, lapszabászat, kisiparos számára. Ha viszont egy asztalosiparilag elbonyolított konstrukciót választottunk, akkor már a megrendelés leadásához szükséges szabásminta elkészítése sem egyszerű dolog. Jól gondoljuk át az előttünk álló feladatot és mérjük fel a rendelkezésre álló lehetőségeket, pl. a bérszabászat gyakorlati pontosságát, az esetleges megmunkálási ráhagyásokat!

A legtöbb problémát a *nem derékszögű* élvágások, megmunkálások jelentik (TL-doboz, tölcser!). Ilyet kevés helyen vállalnak, költséges is, valamint a várható pontossággal sem leszünk mindig elégedettek.

Különbféle hangszórószaküzletekben kész, natúr vagy díszbevonatos dobozokat is árusítanak. Lehetséges,

hogy ezek között találunk céljainknak éppen megfelelőt.

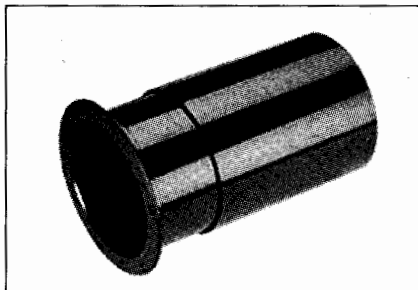
A *zárt doboz* mind tervezési, mind pedig kivitelezési (szabászati, illesztési) szempontból a legkedvezőbb. Kezdő barkácsolók lehetőleg maradjanak ennél a doboztípustól, de azoknak is ezt ajánlhatjuk, akik vagy nem rendelkeznek megfelelő (barkács vagy ipari) szerszámgéppel, vagy nem tudják szakműhelyben leszabtatni a famunkát.

Az egyszerű *reflexdoboz* elkészítése semmivel nem bonyolultabb a zárt doboznál. Gondot okozhat a reflexcső, hogyan és miből készítsük. Nagyon jól beváltak a szürke vagy sárga pvc lefolyócsövek, amelyek 2 méteres szálaban, többféle, számunkra kifejezetten alkalmas méretben (Ø22, Ø32, Ø47, Ø60, Ø80, Ø90, Ø110) kaphatók a műszaki áruházakban, vízszelvényi cikkek árusító üzletekben. Megmunkálásuk nagyon könnyű, fémfűrészrel gond nélkül méretre darabolható.

Más lehetőség is van, pl. a Monacor cég kész, tetszetős (alakos), *darabolható* vagy *toldat* útján, *teleszkopikusan állítható* műanyag reflexcsöveket is kínál Ø29 mm és Ø110 mm közötti mérettartományban. A **2. táblázat** néhány teleszkopikus típus méreteit mutatja, de a tényleges katalógusválaszték jóval nagyobb. Az **52. ábrán** pedig egy teleszkopikus hangolóső képe látható. A teleszkopikus csövek előnye, hogy hosszmeretük állításával elérhető a doboz finom behangolása.

## 2. táblázat. Gyári hangolósövek

Model	MBR-35	MBR-50	MBR-70	MBR-110
Ø (mm)	35	51	70	110
Felület (cm <sup>2</sup> )	9,6	20,4	34,2	95
Cső (mm)	110	150	128	150
Toldat (mm)	110	150	130	150
Hossz (mm)	110–210	150–280	128–245	160–280



**52. ábra.** Az MBR-110 teleszkopikus hangolóső képe. 160–280 mm közötti hossz állítható be a toldattal

A táblázat „Cső” rovatában a fixen beépítendő peremes alkatrész hossza, a „Toldat” rovatban a csőre illesztkedő és állítható, mozgatható rész mérete látható, míg a „Hossz” rovatban a lehetséges beállítható (től–ig) összhosszúság szerepel. A Monacor cég pillanatnyilag 17 féle darabolható, illetve teleszkopikus kivitelű hangolósövet kínál.

A többkamrás, bonyolult felépítésű dobozok házilag előállítását azt a problémát veti fel, hogy a doboz belsejében is vannak pontosan leszabandó, illesztendő lapok, alkotóelemek. Ilyesféle konstrukció előállítására csak az vállalkozók, aki képes a pontos, türelmes munkára.

A *TL-doboz* és a *tölcser* elkészítése hasonló, de még nagyobb problémát vet fel. Amíg a TL-dobozban csupán egy-két ferde él illesztése jöhet számításba, addig a tölcser szinte nem is áll másból, mint ferde oldalélű, illesztendő lapokból.

## Különleges dobozok/anyagok

Több olvasónk érdeklődését is felkeltették a csatornázások során alkalmazott narancsszínű műanyagcsövek. Ezek névleges belső átmérője Ø200, Ø300 és Ø400 mm, jelentős (6–10 mm körüli) falvastagság mellett. Beszerzésük nagyobb építőanyag-telepeken lehetséges.

A csövek használata – az áruktól eltekintve – több szempontból is kedvező. Szilárdságuk, merevségük kiváló, darabolásuk fémfűrész lappal vagy *fémvágásra alkalmas* darabolótárcsával („sikítóval”) könnyű. Az utólagos megmunkálással sincs probléma (illesztés, fúrás, lyuk kivágása stb.). A kör keresztmetszetű, rövid cső szerű doboz viselkedése pedig igen kedvező akusztikai szempontból. Akár zárt, akár reflexdoboz építésére is gondolhatunk.

A csőméret kiválasztása során természetesen a hangszórókosár átmérőjéből kell kiindulnunk.

A nagyobb átmérőjű csövek már kisebb építési hossz esetén is kiadhatják a szub-basszus dobozhoz szükséges térfogatot, és képesek a mélyhangszórók befogadására is. Ezen dobozfélések közel kocka szerű, alacsony, zömök megjelenésükkel akár kis asztalka szerepét is betölthetik.

Esztétikus kivitelezés esetén akár vita, perpatvar nélkül is befogadja és egyfajta bútornak tekinti a család.

## MAXWELL digitális multiméterek

### MX-25 303

3 3/4 digitos kijelzés



automatikus  
méréshatárérték

DC: 1000 V, 10 A  
AC: 750 V, 10 A  
R: 40 MΩ  
C: 100 μF  
f: 10 MHz  
T: -40...+1000 °C

dióda-, tranzisztorteszt,  
szakadásvizsgálat

mérőzsinór és  
hőmérőfej +250 °C-ig,  
műanyag védőpapucs

csak bruttó  
**9.990 Ft**

3 1/2 digitos kijelzés

### MX-25 304



DC: 1000 V, 20 A  
AC: 750 V, 20 A  
R: 2000 MΩ  
C: 200 μF  
L: 20 H  
f: 10 MHz  
T: -40...+1000 °C

dióda-, tranzisztorteszt,  
szakadásvizsgálat

mérőzsinór és  
hőmérőfej +250 °C-ig,  
műanyag védőpapucs

csak bruttó  
**13.990 Ft**

Megvásárolhatók a szerkesztőség HAM-bazárjában: Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em., H-P 9-14 óra.  
Utánvétellel is megrendelhetők, a postai és csomagolási költségek felszámításával.  
Postacím: 1374 Budapest, Pf. 603. Tel./fax: 239-4932, 239-4933.  
E-mail: hambazar@radiovilag.hu www.radiovilag.hu

### MX-25 104

3 1/2 digitos kijelzés



Hangnyomásszintmérés:  
35...100 dB (30 Hz...10 kHz)  
0,1 db felbontás  
±3,5 dB pontosság

Megvilágításmérés:  
0,1 lx...20 000 lx  
±5% + 10 digit  
hőmérséklet: ±0,1%°C

Páratartalom mérés:  
25%...95% rel. páratart.  
0,1% felbontás  
±6% pontosság

Hőmérsékletmérés:  
-20...1300 °C  
0,1 °C, 1 °C felbontás  
±3,5% ±5 digit pont.

Multiméter:  
U DC: max. 600 V  
U AC: max. 600 V  
I DC: max. 10 A  
R: max. 2 MΩ

dióda-, tranzisztorteszt  
szakadásvizsgálat

mérőzsinór és hőmérőfej,  
műanyag védőpapucs

csak bruttó  
**14.990 Ft**

5 + 5 digitos kijelzés és  
23 szektoros sávkijelző

### MX-25 501



Alap DC  
pontosság: 0,05%  
Bemenőellenállás mV-  
mérésnél: > 1000 MΩ  
Több, mint 50  
mérés funkció!

U DC: 0,1 μV...1000 V  
I DC: 0,1 μA...10 A  
U AC: 0,1 μV...750 V  
I AC: 0,1 μA...10 A  
R: 0,1 Ω...8000 MΩ  
C: 200 pF...100 μF  
f: 0,5 Hz...8 MHz  
adapterrel: 1 GHz  
T: -50...+1300 °C  
dBm: -80...+80  
20 féle impedancián  
automatikus/kézi  
méréshatárérték  
számítógépes kapcsolat  
(RS232)  
háttérvilágításos kijelző  
automata kikapcsolás

mérőzsinór  
RS232 kábel  
szoftver  
műanyag védőpapucs

csak bruttó  
**39.990 Ft**

Tartozékok a multiméterekhez: Tapintóhőmérő (K-líp.) MX-25 304-hez  
és MX-25 501-hez, á.: 1.800 Ft. MX-25 511 frekvenciamérő adapter  
MX-25 501-hez (0,01...1 GHz-ig, 20 mV-tól), á.: 5.990 Ft.

# Elektroncsöves hangvégerősítők

Plachtovics György, gyorgy.plachtovics@mail.somos.hu

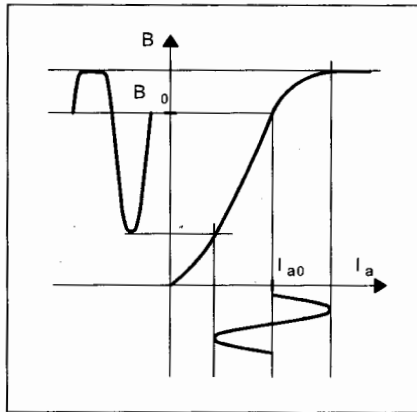
Az alábbi cikk az elektroncsöves technika híveinek készült. Kimondottan alacsony jelalaktorzítású, különböző teljesítményű erősítők leírását közlöm. A beépített elektroncsövek a szerkesztőség HAM-bazárjában megvásárolhatók. A transzformátorok különféle vasmagtípusra készíthetők. A kapcsolásokat megépítettem, a különböző mérési eredmények (torzítás, frekvenciamenet) ezek alapján készültek.

## Bevezető

Meglepően sok olvasó keresett meg telefonon vagy a fenti levélcímemen A-osztályú, szimpla végerősítő kapcsolását kérve. Jó minőségű szimpla végerősítőt készíteni nehéz feladat. Az A-osztályú végerősítőknél a munkapont (nyugalmi anódáram) a dinamikus rácsfeszültség–anódáram karakterisztika lineáris szakaszának a közepén található. Ezzel a beállítással biztosítható a maximális kivezérlés a legkisebb torzítás mellett. Az anódáram a kivezérlés függvényében keveset emelkedik. A nyugalmi anódáram átfolyik a kimenőtranszformátor primer tekercsén. Az egyenáramú előmágnesezés csökkenti a primer tekercs induktivitását. A kisebb primer induktivitás miatt a romlik a mély hangok átvitele, a torzítás jelentősen megnövekszik a vasmag előmágnesezése miatt. Az előmágnesezést légrés alkalmazásával csökkenthetjük. Sajnos ez tovább csökkenti a primer indukcióját. A csöves rádióvevő-készülékek végerősítői az alábbi kompromisszum jegyében készültek.

A transzformátort légréssel látták el. A primer kellő induktivitását nagyobb menetszámú tekercsrel biztosították. Segítségét jelent a vaskeresztmetszet növelése is. A nagyobb vaskeresztmetszetnek a köszönhetően csak nagyobb teljesítménynél jön létre a teljesítményből adódó torzítás.

A magas hangok átvitele a nagy primer menetszám miatt csapnivaló. A későbbiekben a primertekercset két részre osztották, e közé a szekunder tekercs került. Ez valamelyest javított a magas hangok átvitelén. Egy ilyen transzformátorral megépített erősítő-



1. ábra. Transzformátor viselkedése szinuszos árammal való táplálás esetén

nél a következőt mérhetjük. A közepes frekvenciákon a torzítás alacsony. Gyéribb frekvencián (mélyhangok, 100 Hz alatt) a kimenőteljesítmény csökken, a torzítás rohamosan emelkedik. Magas hangoknál a helyzet hasonló.

Elmondhatjuk, hogy a végerősítő torzítását lényegében a kimenőtranszformátor szabja meg. Az 1. ábrán látható a transzformátor viselkedése szinuszos árammal történő táplálás esetén. A vasmag mágnesezési görbéje nonlineáris torzítást hoz létre. A torzítás két módon csökkenthető. Alacsony meghajtógenerátor-belsőellenállást alkalmazunk a transzformátor primer impedanciájához képest. (A triódás végerősítők ennek a feltételnek megfelelnek.) A másik torzítást csökkentő eljárás a mágneses indukció (B) alacsony értéken tartása. A 4%-os szilícium ötvözetű transzformátorlemez mágneses indukciója szimpla végerősítőnél 0,4 T, míg ellenütemű kapcsolásnál 0,6 T.

Hiperszil anyagú szalagmagnál, szimpla A-osztályú végerősítőnél  $B = 0,6$  T, az ellenüteműnél 0,95 T a megengedett érték. A rádiókészülékek végerősítő csövei (EL3, EBL21, EL41, EL84) viszonylag kis anódárammal (35...45 mA) működnek. Az anód feszültség a 250...300 V közötti sávban volt. A hasznos hangteljesítmény 2...3 W körüli érték, általában 5% tor-

zítás mellett. Ezekre a kis anódáramokra még lehet kimenőtranszformátort készíteni, elfogadható méretben.

Napjaink körülményei mások. A legkisebb erősítőtől is elvárjuk a csatornánkénti minimális 6...8 W kimeneti teljesítményt. A torzítás maximum 2% lehet. (DIN 45.500-as szabvány). Ekkora teljesítmény eléréséhez több végcső párhuzamos kapcsolása vagy nagyobb teljesítményű cső alkalmazása szükséges. Mindkét esetben megnövekedett, 100 mA körüli nyugalmi anódárammal kell számolnunk. Ekkor jelentkeznek az előzőekben leírt problémák.

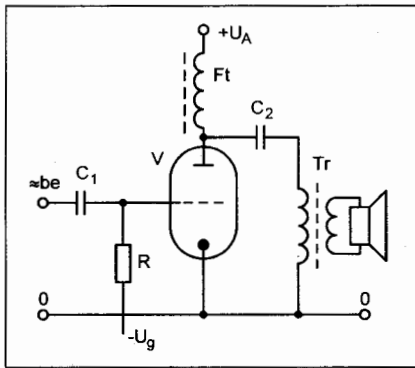
Jó minőségű, szimpla, A-osztályú triódás végerősítő kapcsolási rajza található N. Hiraga: „Initiation aux Amples a Tubes” című könyvében. A kapcsolat lényege a 2. ábrán látható. A teljesítménytrióda munkaellenállása az Ft jelű vasmagos fojtótekercs. Impedanciája az induktív és a huzal ellenállásából adódó valós komponensből tevődik össze. Képletben:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Az elektroncső anódján létrejövő váltakozó feszültség a  $C_2$  kondenzátoron át jut a Tr kimenőtranszformátorra. A  $C_2$  kondenzátor a cső anódján lévő egyenfeszültséget választja le a transzformátor primer tekercséről. A kapcsolat lényege, hogy nem folyik át a kimenőtranszformátor primer tekercsén a végcső anódárama, amely áram előmágnesezné a vasmagot.

A kimenőtranszformátor vasmagméretét, menetszámát ugyanúgy számoljuk, mintha az anódkörbe lenne galvanikusan kapcsolva. A transzformátort légrés nélkül vasaljuk be. Így könnyebben biztosítható a primer szükséges indukciója. Ennek eredménye az alacsony torzítású mélyhangátvitel. A relatíve kisebb menetszám kisebb szórt indukтивitás és szórt kapacitást hoz létre, amely a javuló magashangátvitelben realizálódik.

Az Ft fojtónak a következőket kell „tudnia”. Induktivitása 10...20 H közötti legyen. A végcső anódárama ne hozzon létre a sarkain túl nagy feszült-



2. ábra. Fojtótekerceses végerősítő vázlat

ségesést, tehát a rézellenállást alacsony szinten kell tartani. Ez a megfelelő szulátmérővel biztosítható.

Következő lényeges kérdés a végcső típusa: trióda, tetróda vagy pentóda. Mint azt már említettem, elsődleges cél a jó hangminőség elérése. Ezt a triódás végerősítő tudja nyújtani. Torzítása alacsony, csillapítási tényezője magas (2...4). A nagy csillapítási tényező hatásosan csillapítja a kimenőtranszformátort. Ezekért az előnyökért az alacsony hatásfokkal fizetünk. Az A-osztályú szimpla erősítő hatásfoka maximum 27%. (Erre mondják, hogy „még nem olyan drága a villany”.)

Akinek ezek egyike lesz élete első elektroncsöves erősítője, olvassa el a *Rádiótechnika* 2003/11., 2003/12., valamint a 2004/1. számában megjelent „Praktikák hangerősítők építéséhez” című cikkemet, amely a konstrukcióhoz nyújt segítséget.

### 6 W-os triódás végerősítő

Kapcsolása a 3. ábrán látható. Három darab elektroncsövet tartalmaz. Az erősítő műszaki adatai a következők:

Bemeneti érzékenység	160 mV ( $P_{ki} = 6 \text{ W}$ )
Bemeneti impedancia	kb. 800 k $\Omega$
Kimenőteljesítmény	6 W, ( $f = 1 \text{ kHz}$ , $k = 1\%$ )
Névleges kimenőimpedancia	4 vagy 8 $\Omega$

A hangfrekvenciás jel a  $C_1$  csatoló-kondenzátoron át a triódának kötött  $V_1$  elektroncső rácsára kerül. Az alacsony torzítás érdekében két negatív visszacsatolást alkalmazunk. Az  $R_1$  ellenálláson át feszültség-, míg a részben átblokkolt  $R_4$  ellenálláson át áramvisszacsatolás valósul meg. A fokozat erősítését az  $R_4$  katódelenállással párhuzamosan RC-tag, az  $R_5$  és a  $C_3$  állítja be. Amennyiben a bemeneti érzékenységen (maximális kivezérléshez tartozó bemenőjel) akarunk változtatni, az  $R_5$  ellenállás értékét kell módosítani értelemszerűen. (Kisebb ellenállás nagyobb erősítést eredményez.) Az elektroncső 6AU6 típusú, a HAM-bazárban kapható. Gyakorlatilag azonos erősítésű az orosz gyártmányú 6Ж5П (latin betűkkel 6Zs5P). Lábkiosztása, bekötése azonos a 6AU6-os csőével.

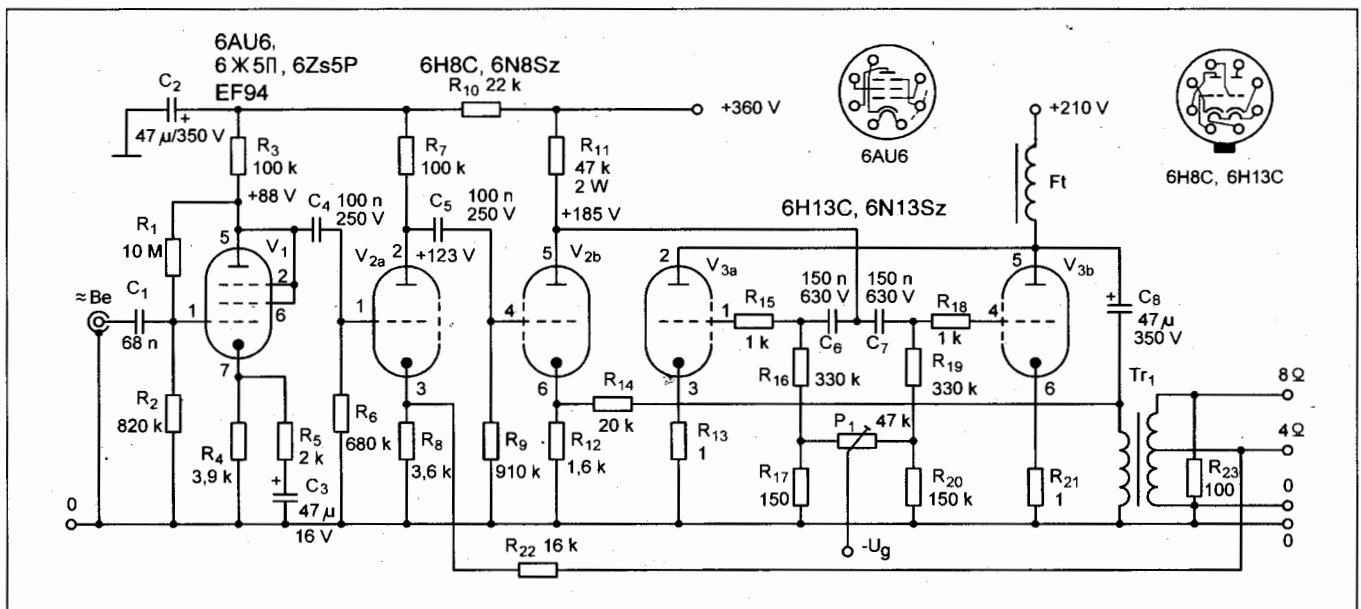
A felerősített hangfrekvenciás jel a  $C_4$  csatoló-kondenzátoron keresztül a  $V_{2a}$  trióda rácsára jut. A kettőstriódára

épülő erősítőben az orosz gyártmányú 6H8C (latin betűkkel 6N8Sz) típusút alkalmaztam. Oktál foglalatú, elektromos adatai hasonlítanak az ECC85-re. A tekintélyes nagyságú hangfrekvenciás jel a  $C_6$  és  $C_7$  kondenzátorokon keresztül a  $V_{3a}$ - $V_{3b}$  teljesítménytrióda rácsára kerül. A két teljesítménytrióda párhuzamosan van kötve. Ebben a kapcsolásban az optimális illesztőellenállás a felére csökken, az anóddisszipáció, valamint a meredekség megduplázódik. A végerősítő kettős trióda típusa 6H13C (latin betűkkel 6N13Sz) szintén orosz gyártmány. Robosztus felépítésű. A csövet eredetileg elektroncsöves tápegységek soros áteresztő csövének fejlesztették ki. Jellemző adatai:

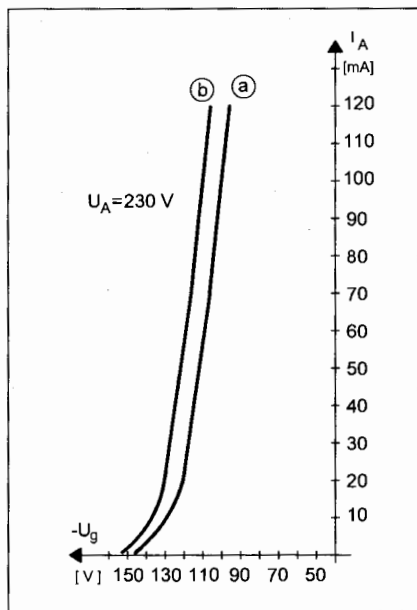
Fűtés	6,3 V, 2,8 A
Anódfeszültség	max. 250 V
Anódáram	max. 80 mA
Anóddisszipáció	max. 13 W
Meredekség (S)	3,5...6,5 mA/V
Erősítési tényező ( $\mu$ )	2,3
Belsőellenállás ( $R_b$ )	460 $\Omega$

Az adatok a fűtés kivételével egy csőfélre vonatkoznak. Az elektroncső oktál foglalatú. Bekötésben, lényeges paramétereiben azonos a nyugat-európai és amerikai gyártású 6080. Az eltérés a következő:  $S = 5,8...8,2 \text{ mA/V}$ ,  $R_b = 280 \Omega$ .

A 6080 cső kisebb üveggömbben van telepítve. Ezeket a csöveket a Siemens és a Telefunken gyártotta nagy



3. ábra. A 6 W-os triódás végerősítő kapcsolási rajza



4. ábra. A 6N13Sz anódáram-rácselőfeszültség karakterisztikája

darabszámában. Néhány EMG-gyártású elektronikus műszer tápegységében találkozhattunk ezekkel a csövekkel az 1960-as évek végén. A 4. ábrán látható a 6N13Sz elektroncső rácsfeszültség-anódáram karakterisztikája. A statikus görbét  $U_A = 230$  V-nál vettem fel. Jól látható az egy ballonban lévő triódák (a és b) közötti jelentős különbség. A teljesítmény-trióda kis belsőellenállású eszköz. Amikor párhuzamosan kapcsoljuk, hasonló problémával találjuk szemben magunkat, mint amikor diódákkal vagy tranzisztorokkal tesszük ugyanezt. A kis belsőellenállás miatt a párhuzamos kapcsolásban az az elem vezet nagyobb áramot, amelynek a belsőellenállása kisebb. Ezért – párhuzamos kapcsolás esetén – a triódák katódjába soros ellenállást kapcsolnak.

A triódák nyugalmi anódárama a rácselőfeszültségtől függ. Az  $R_{17}$ ,  $P_1$  és  $R_{20}$  egy hídáramkört alkotnak. A  $P_1$  potenciométert csavarva az egyik cső rácselőfeszültsége csökken, míg a másiké nő. A csövön átfolyó áram az  $R_{13}$  és az  $R_{21}$  katódellenállás sarkain feszültségesezt hoz létre. Ezeknek egyformának kell lennie. A munkaponti áramot a tápegységben lévő  $P_5$ , ill.  $P_6$  potenciométerrel állítjuk be, jobb és bal csatornánként.

A végerősítő cső munkaponti adatai:  $U_A = 210$  V,  $I_{Anyug.} = 60$  mA (triódánként),  $R_a = 626 \Omega$  (triódánként). A párhuzamosan kapcsolt teljesítmény-triódák illesztő-ellenállása  $313 \Omega$ .

A trióda feszültséggenerátorként jellemezhető. A legnagyobb kimenőteljesítményt akkor kapjuk, ha a terhelőellenállás megegyezik a végcső belsőellenállásával. A torzítás ekkor a legnagyobb. A terhelőellenállás értékét növelve a kimenőteljesítmény és a torzítás csökken. A legkisebb torzítást a belsőellenállás 3...3,5-szeres értékénél kapjuk. Az alacsony torzítás a kimenőteljesítmény csökkenését eredményezi. A fent leírtakat az 5. ábra világítja meg.

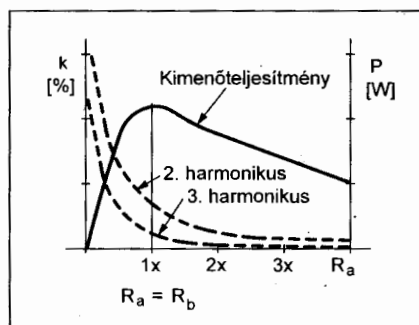
Két triódát kapcsolunk párhuzamosan, az  $R_a$  értéke így a felére csökken ( $313 \Omega$ ). A cél az alacsony torzítás elérése, így a  $3R_a$ -ra illesztünk. Az így kapott érték  $940 \Omega$ . Erre méretezzük a kimenőtranszformátort.

A  $Tr_1$  kimenőtranszformátor primer tekercse 3 részre van osztva. A szekunder tekercs négy részből áll, ezek párhuzamosan vannak kapcsolva. A névleges terhelőimpedancia 4 és  $8 \Omega$ . A végerősítőben két negatív visszacsatolás található. Az első a  $Tr_1$  transzformátor primer tekercséről ( $V_{3a,b}$  anódja) a  $V_{2b}$  katódjára az  $R_{14}$  ellenálláson keresztül. A visszacsatolás nagysága  $-4,4$  dB. A másik visszacsatolás a  $Tr_1$  transzformátor szekunder tekercsének  $4 \Omega$ -os kivezetéséről az  $R_{22}$  ellenálláson át a  $V_{2a}$  trióda katódjára csatol vissza. A soros feszültség-visszacsatolás nagysága  $-5,6$  dB.

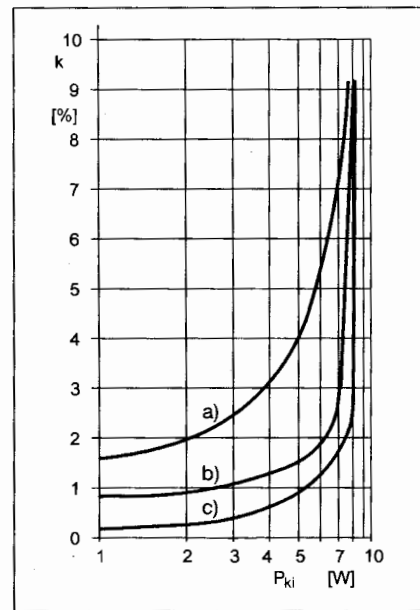
Megmértem az erősítő torzítását 1 kHz-en a kimenőteljesítmény függvényében, három változatban:

- negatív visszacsatolás nélkül,
- a kimenőtranszformátor primer tekercséről ( $V_{3ab}$  anódköre), illetve
- a kimenőtranszformátor primer köre és szekunder tekercséről visszacsatolva.

A torzítási görbék a 6. ábrán láthatók. Negatív visszacsatolás nélkül 2 W



5. ábra. Trióda kimenőteljesítménye és torzítása az illesztés függvényében



6. ábra. Torzítás különböző ellen csatolások esetén

kimenőteljesítménynél éri el a 2%-os torzítást az erősítő. A  $Tr_1$  primerköréről ( $V_{3ab}$  anód) történő visszacsatoláskor a 2%-os torzítás 6,3 W-nál jön létre. A negatív visszacsatolást növelve ( $Tr_1$  szekunder) a 2% torzításhoz tartozó kimenőteljesítmény 7,5 W-ra emelkedik. Megmértem a végerősítő torzítását különböző frekvenciákon a kimenőteljesítmény függvényében. A mérési eredmények a 7. ábrán szerepelnek. A végerősítő frekvenciamenetét mérve 5 W kimenőteljesítménynél, az 1 dB-es szintes 65 kHz-es frekvencián jött létre. Mély hangoknál 20 Hz-ig tudtam mérni. Ezen a frekvencián a szintes 1 dB-en belül volt. Oszcilloszkópon ellenőriztem a jelalakot a műterhelés sarkain. A képernyőn ebben a sávban szabályos szinuszelet lehetett látni.

Mérést végeztem négyszögjelekkel is 100 Hz, 1 kHz és 10 kHz-es frekvenciákon. A hangfrekvenciás erősítők négyszögjeles vizsgálata igen népszerű volt az 1960-as években. Mára valahogy elfeledkeztünk erről az egyszerű, de sok információt nyújtó mérésről.

A tiszta négyszögfeszültség egy alapszínust tartalmaz, amelynek frekvenciája megegyezik a négyszögfeszültség frekvenciájával. Tartalmazza ezen felül az összes páros és páratlan harmonikusokat a végtelenig. Amplitúdó szempontjából az alprezgis a legerősebb és növekvő frekvenciával az amplitúdó arányosan csökken. Példával illusztrálva: 300 Hz periódusú

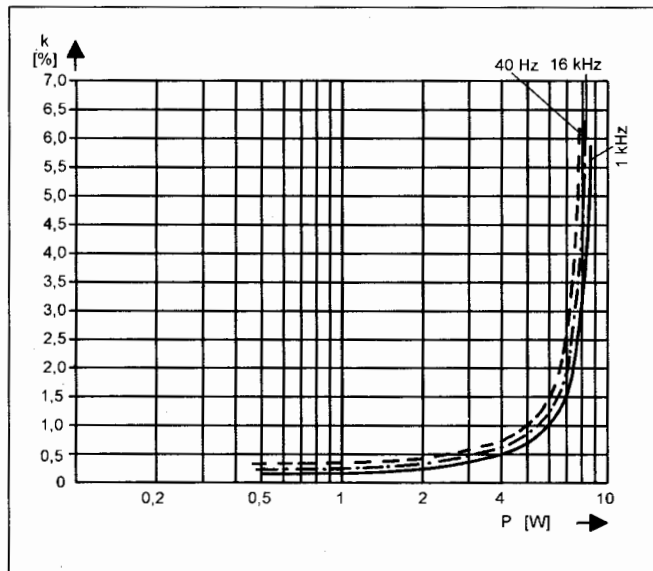


1. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	390	Ø0,28 mm Mz	Soranként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két sor 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges. * leágazás
	n6			
	n7			
Szekunder	n1	76*, 105	Ø0,40 mm Mz	
	n2			
	n3			
	n4			
Vasmag: hiperszil szalagmag SM 65				

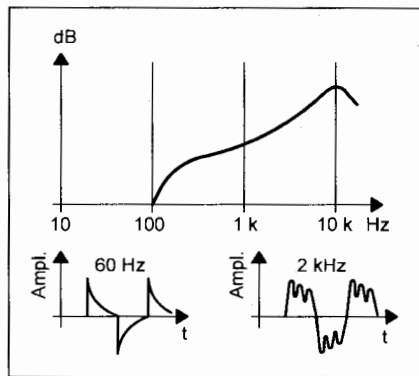
négyszögjel alapfrekvenciája a legnagyobb amplitúdójú 300 Hz-es szinuszfeszültség. Ehhez jönnek csökkenő amplitúdóval a 600 Hz, 900 Hz, 1200 Hz stb. frekvenciájú harmonikusok.

A négyszögjeles méréshez négyszöggenerátor és oszcilloszkóp szükséges. A mérendő erősítő bemenetére esetünkben 160...200 mV amplitúdójú négyszögjelet kapcsolunk. A négyszögjel amplitúdóját oszcilloszkóppal mérjük. Az AC-műszerek (hangfrekvenciás millivoltmérő, digitális kézi-műszer stb.) csak szinuszhullámformájú jelek mérésére alkalmasak. A műterhelés sarkain oszcilloszkóppal vizsgáljuk a kapott jel alakját. A következőket kell figyelembe venni. Minél jobban megmarad a négyszögfeszültség eredeti alakja, annál kevésbé frekvenciafüggő az átvitel. A négyszög függőleges oldalai (fel- és lefutás) a nagyfrekvenciás átvitel minőségére, a vízszintes oldal (tető és alja) pedig a kisfrekvenciás átvitelre ad információt. Vagyis: minél meredekebb a le- és a felfutás, annál jobb a nagyfrekvenciás átvitel, minél kisebb a tetőesés (alul, felül), annál jobb a kisfrekvenciás átvitel. Ezt illusztrálja a 8. ábra. Egy átlag-



7. ábra. Jelalaktorzítás különböző frekvenciákon

gos (közepes) minőségű erősítő frekvenciamenetét láthatjuk, valamint a kimenetén mért négyszögjelek megváltozott alakját. A 60 Hz-es négyszögjel vízszintes komponenseinek esése jól mutatja az elégtelen mélyhangátvitelt. Ezt a hibát a rácskori RC-tagok kis-

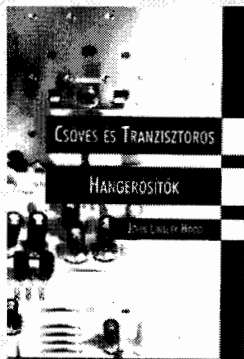


8. ábra. Átlagos erősítő frekvenciamenete (balra) s a kimenetén mérhető négyszögjelek

időállódoja, valamint a rosszul méretezett kimenőtranszformátor (alacsony primer indukció) okozhatja. A 2 kHz-es négyszögjelnél a belengések az átviteli lánc 10 kHz-es kiemelése miatt vannak.

Visszatérve erősítőnkhez, az 1 kHz-es és a 10 kHz-es négyszögjel a műterhelés sarkain megfelelő volt. Nem tartalmazott belengést, káros kiemelésre utaló jelet. A 100 Hz-es négyszögjeles mérésnél 10...12%-os esés mérhető a vízszintes összetevőknél. Ez igen jó eredmény.

A kimenőtranszformátort elkészítettem hiperszil anyagú tekercseltszalagmagra, valamint EI és M lemezzel magra is. Működés szempontjából egyenértékű az EI és az M formátum, csak nagyobb és nehezebb. A hiperszil szalagmag típusa SM65. A tekercselés sorrendjét a 9. ábrán láthatjuk. A menetszámok, a huzalátmérők, a szigetelőanyagok adatait az 1. táblázat tartal-



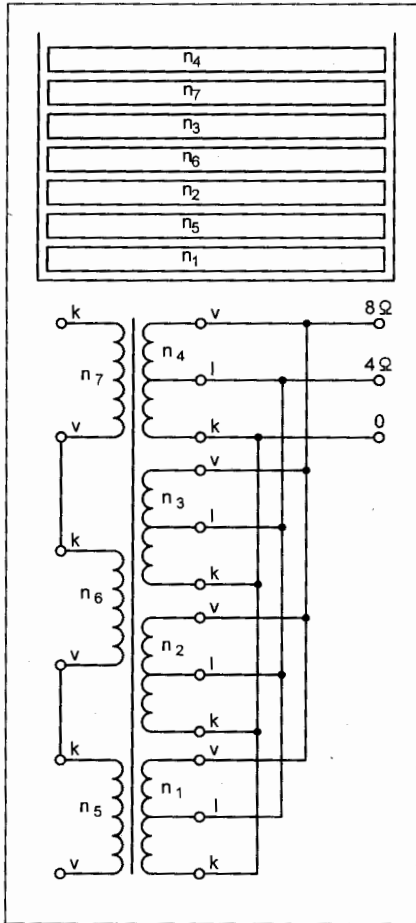
KÖNYVAJÁNLAT: HIFI-biblia – magyarul!

## John Linsley Hood: Csöves és tranzisztoros hangerősítők

A 243 oldalas, B5 méretű könyv ára: 3950 Ft (+ postaköltség).

Kapható a szerkesztőségben. A szerkesztőség címe: Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em.

A könyv postai utánvétellel is megrendelhető  
akár a 239-4932, 239-4933 tel./fax számokon,  
akár levélben a 1374 Budapest, Pf. 603. levélcímünkön,  
akár a [hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu) e-mail címen.



9. ábra. A Tr1 transzformátor tekercseinek felépítése

mazza. Az EI és az M magok vaske-  
resztmetszete  $7..8 \text{ cm}^2$  legyen. Az  
egyes lemezek vastagsága  $0,3 \text{ mm}$ . A  
tekercselési sorrend azonos. A menet-

2. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	440	$\varnothing 0,28 \text{ mm Mz}$	Soronként $0,06 \text{ mm}$ -es transzformátor papír szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két sor $0,15 \text{ mm}$ -es prespán szigetelés szükséges * leágazás
	n6			
	n7			
Szekunder	n1	$86^*, 120$	$\varnothing 0,40 \text{ mm Mz}$	
	n2			
	n3			
	n4			

Vasmag: M 74/32,  $q = 7,4 \text{ cm}^2$  vagy EI 84/28,  $q = 7,8 \text{ cm}^2$

számokban némi eltérés van. A leme-  
zelt transzformátorok tekercsadatait a  
**2. táblázatban** találjuk meg.

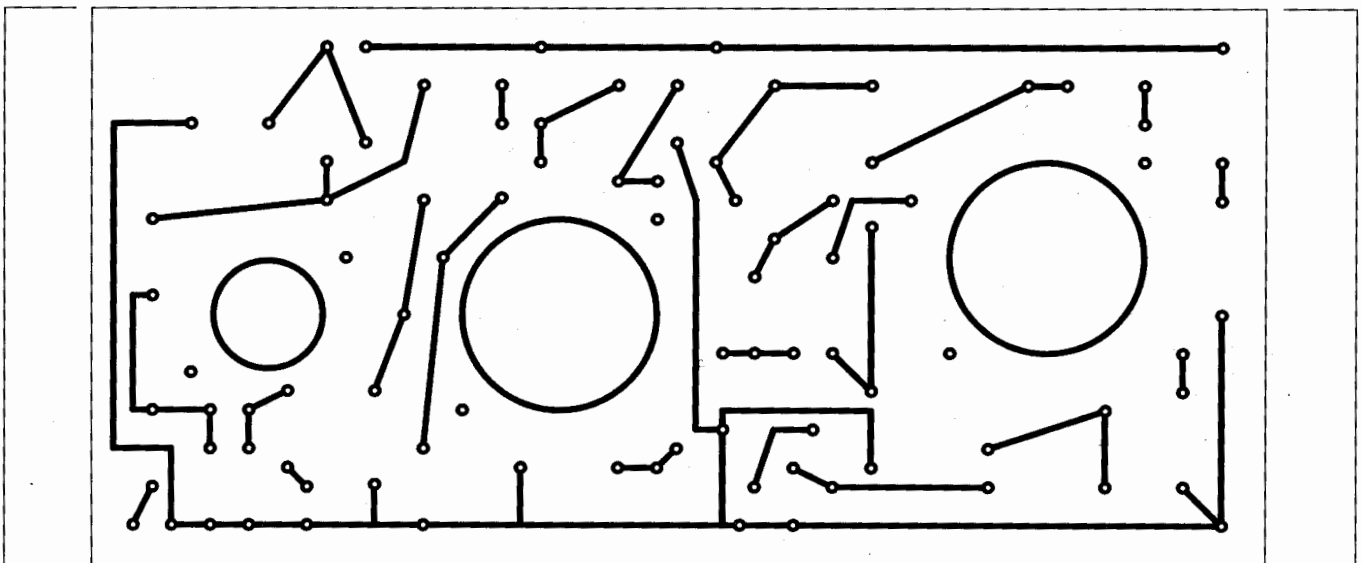
Az Ft fojtót is elkészítjük hiperszil  
alapú szalagmagra vagy lemezelt EI  
magra. Az induktivitás értéke  $10..20 \text{ H}$ .  
A tekercs ellenállása a huzal átmérőjé-  
től függ. Működés szempontjából a fojtó  
valós (vesztési) ellenállását ala-  
acsony értéken kell tartani, ezért kom-  
promisszumot kell kötni a menetszám  
(induktivitás) és a huzalátmérő között:

- vasmag SM65, menetszám 4400,  
huzal  $\varnothing 0,2 \text{ mm Mz}$ , ötsoronként  $60 \mu\text{-os}$   
transzformátorpapír-szigete-  
lés, vagy
- vasmag EI82/26, menetszám 4800,  
huzal  $\varnothing 0,3 \text{ mm Mz}$ , ötsoronként  $60 \mu\text{-os}$   
transzformátorpapír-szigete-  
lés, vagy
- vasmag EI84/28, menetszám 4500,  
huzal  $\varnothing 0,3 \text{ mm Mz}$ , ötsoronként  
 $60 \mu\text{-os}$  transzformátorpapír szige-  
telés.

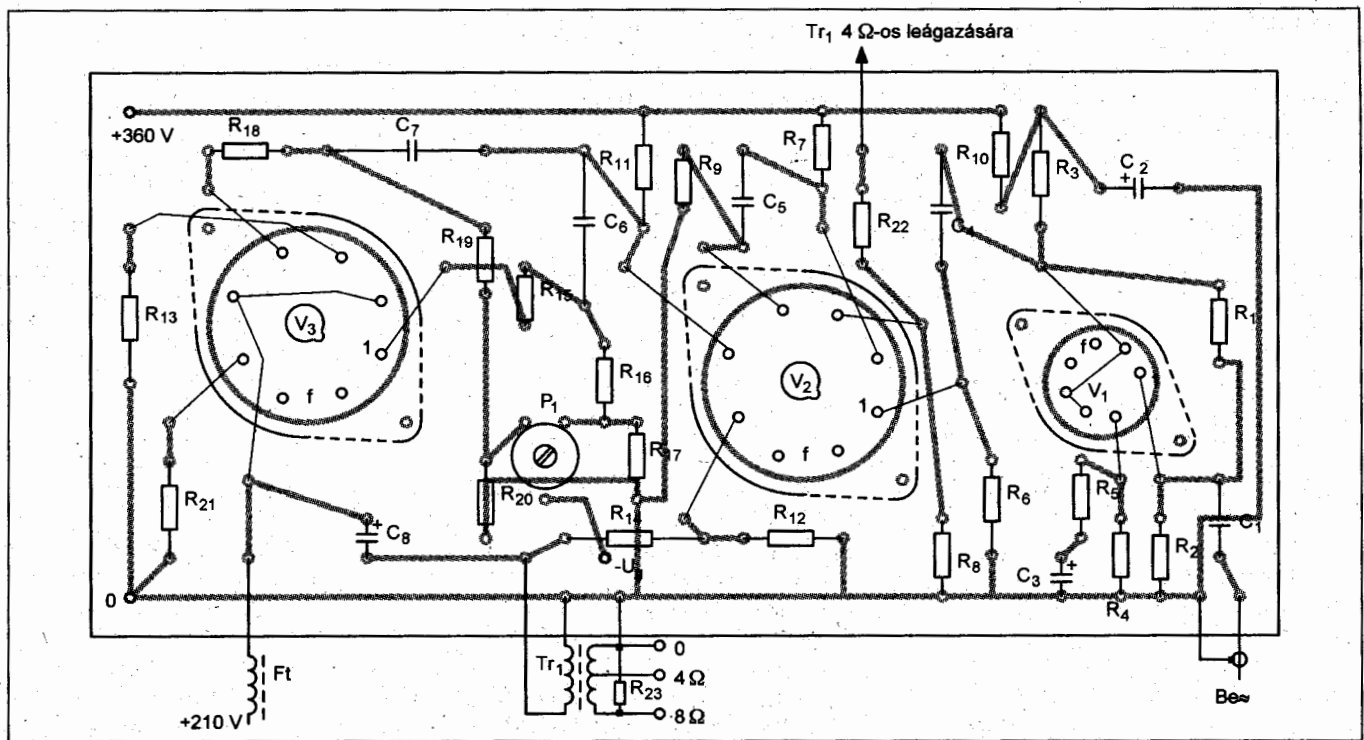
Az EI magoknál a szerelvény  
(pajzs), amely közé csavarozzuk a le-  
mezeket, alumíniumból legyen. Ez  
nem zárja rövidre a beállított légrést. A  
légrést  $0,2 \text{ mm}$ -es prespánlemezzel ál-  
lítjuk be, amelyet szalagmagnál a fél  
profilok közé helyezünk el. Az EI mag-  
nál egy oldalról lemezelünk, majd az E  
és az I közé helyezük a prespáncsikot.

A végerősítő nyomtatási rajza a **10. ábrán**,  
míg alkatrész-beültetési rajza a **11. ábrán**  
látható. A kapcsolási rajz  
tartalmazza a lényeges alkatrészadato-  
kat, ellenállások terhelhetőségét, kon-  
denzátorok üzemi feszültségét. A  
6H8C és a 6H13C oktál foglalatú.

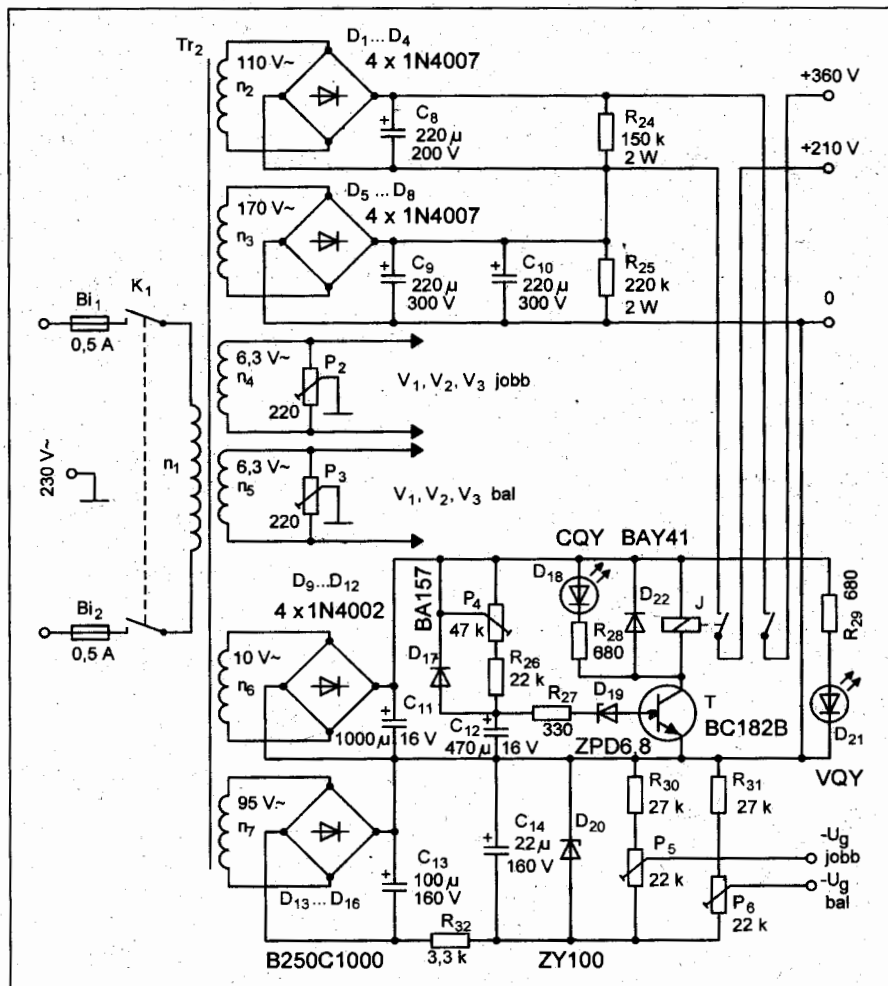
A nyomtatott lapon  $\varnothing 26 \text{ mm}$ -es ki-  
vágást készítünk, ebbe csavarozzuk a  
csőfoglatot a hozzá tartozó szerel-  
vényvel. A foglalat lábait és a nyák  
pontjait vékony szigetelt huzallal köt-  
jük össze. A fűtésvezeték szigetelt tö-  
mör huzalból készül. Sodorjuk össze,  
így a szórásuk sokkal kisebb!



10. ábra. A 6 W-os végerősítő nyomtatási rajza



11. ábra. A 6 W-os végérsítő alkatrész-beültetési rajza



Tápegység a 6 W-oshoz

A tápegység kapcsolási rajzát a 12. ábra tartalmazza. A  $Tr_2$  hálózati transzformátor sztereó rendszerhez készült; háromféle vasmagtípusra dolgoztam ki. A 3. táblázat az SM85/a hiperszil anyagú tekercselt szalagmag, a 4. táblázat az EI106/35, míg az 5. táblázat az M85/45 lemezeelt transzformátor adatait tartalmazza.

A tápegység elektromos leírásától eltekintek: Ilyen és ehhez hasonló kapcsolás ismertetése korábbi lapokban, évkönyvekben található (pl. *Rádiótechnika Évkönyve 1998*: Triódás végérsítők).

Az anódfeszültséget késleltetve kapcsoljuk, ettől jelentősen megnő a csövek élettartama. A késleltetési időt 25...35 másodpercre állítjuk a  $P_4$  potenciométerrel. Az anódfeszültségek simítását végző  $C_8$ ,  $C_9$  és  $C_{10}$  elektrolitkondenzátorok kisütését az  $R_{24}$  és az  $R_{25}$  ellenállás végzi. Kikapcsolás után 30...40 másodperc múltán már nincs jelentős feszültség a kondenzátorok sarkain.

A J jelfogó OMRON MY4 vagy a hazai gyártású RE-CO GPM-4 típusú. Természetesen más, 12 V-os jelfogó is

12. ábra. A tápegység kapcsolási rajza

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	780	Ø0,45 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A n1 és n2 tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. A többi tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
Szekunder	n2	407	Ø0,35 mm Mz	
	n3	630	Ø0,40 mm Mz	
	n4	23	Ø1,40 mm Mz	
	n5			
	n6	37	Ø0,25 mm Mz	
	n7	350	Ø0,20 mm Mz	

Vasmag: hiperszil szalagmag SM 85/a

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	920	Ø0,45 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A n1 és n2 tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. A többi tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
Szekunder	n2	480	Ø0,35 mm Mz	
	n3	750	Ø0,40 mm Mz	
	n4	28	Ø1,40 mm Mz	
	n5			
	n6	44	Ø0,25 mm Mz	
	n7	420	Ø0,20 mm Mz	

Vasmag: EI 106/35

megfelel, amely kellő biztonsággal kapcsolja az anódfeszültséget. Esetenként módosítani kell a nyomtatási rajzot. A végső csövek nyugalmi anódfeszültséget csatornánként állítjuk a P<sub>5</sub> és a P<sub>6</sub> potenciométerrel.

A tápegység fóliarajza a 13. ábrán látható. Addig ne készítsük el a nyáklapot, amíg a szükséges alkatrészeket be nem szerezzük. A C<sub>8</sub>, a C<sub>9</sub> és a C<sub>10</sub> elektrolitkondenzátor mérete és lábtávolsága típusonként igencsak eltérhet.

Az alkatrész-beültetési rajz a 14. ábrán található.

Az élesztést a tápegységgel kezdjük. Zárjuk a hálózati kapcsolót. A D<sub>21</sub> dióda fényre jelzi a bekapcsolás tényét. A P<sub>4</sub> potenciométerrel beállítjuk a 25...35 másodperc késleltetési időt. Amikor a jelfogó meghúz, a D<sub>18</sub> LED begyűjt, megjelenik a kimeneti kapcsolon az anódfeszültség. A jobb és a bal csatorna előfeszültségét a P<sub>5</sub> és a P<sub>6</sub> potenciométerrel -90 V-ra állítjuk be.

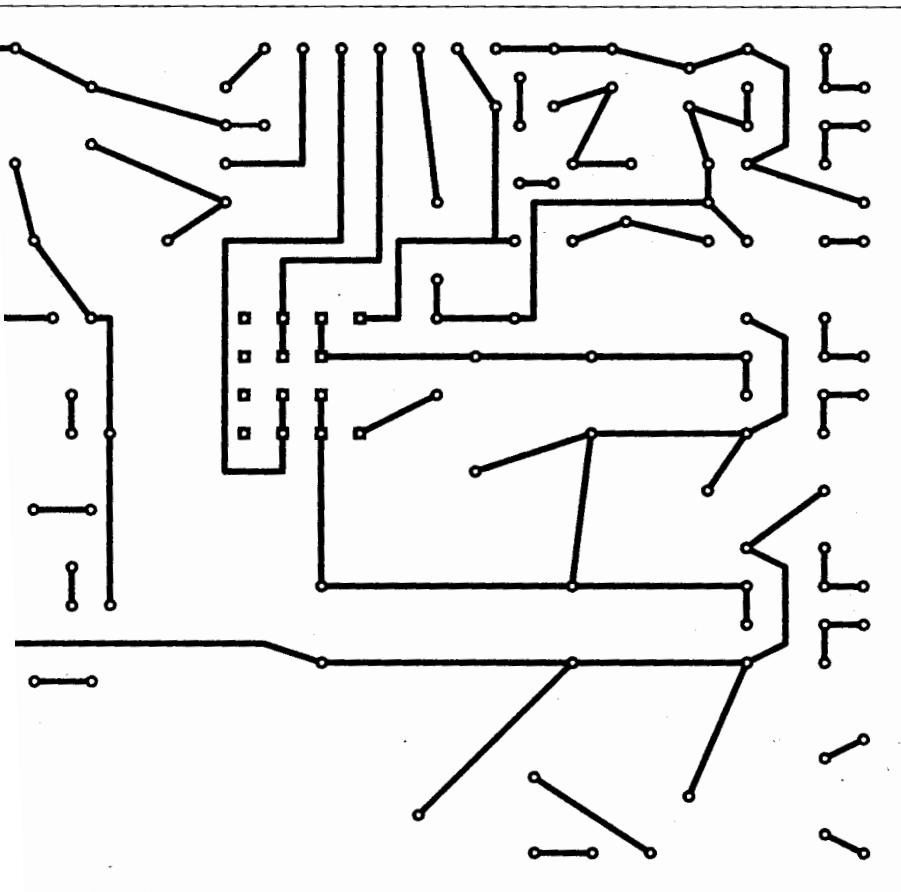
Kikapcsolás után összekötjük a tápegységet és az egyik oldal végerősítőt. A kimenőtranszformátor szekunder tekercsének 8 Ω-os kivezetését zárjuk le 8,2 Ω, 10 W-os ellenállással. A P<sub>1</sub> potenciométert középállásba állítjuk.

Bekapcsoljuk a tápegységet. A D<sub>21</sub> LED világít, az elektroncsövek fűtőszála izzik. Meghúz a jelfogó, az erősítő anódfeszültséget kap. Ha a kimenőtranszformátorból sípoló, kattogó hang jön, akkor kapcsoljuk ki a tápegységet, majd a kimenőtranszformátor primer oldalának kivezetéseit (C<sub>3</sub> kondenzátor és test) cseréljük meg!

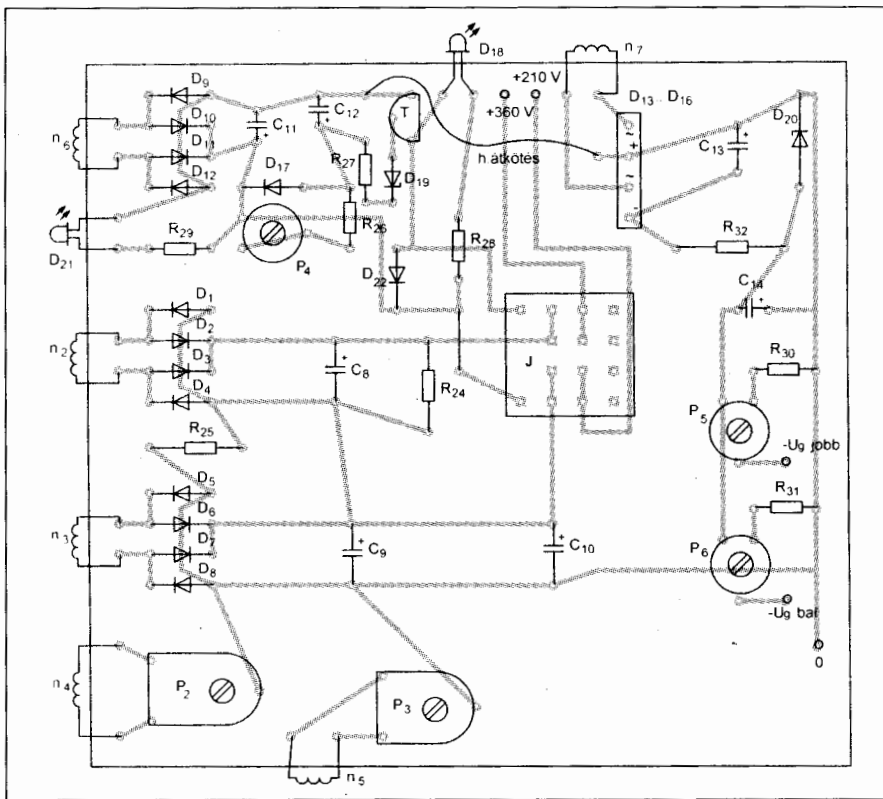
Szimmetriát állítunk a V<sub>3a</sub> és a V<sub>3b</sub> triódán. Felváltva mérünk az R<sub>13</sub> és az R<sub>21</sub> ellenállás sarkain. A P<sub>1</sub> potenciométerrel azonos feszültséget állítunk be. Ezután a tápegységben lévő előfeszültség-potenciométerrel (P<sub>5</sub> ill. P<sub>6</sub>) beállítjuk a 60 mA nyugalmi anódfeszültséget (triódánként). Az 1 Ω-os katódellenálláson ez 60 mV feszültségnek felel meg.

Ellenőrizzük kéziműszerrel vagy DC-csővoltmérővel a kapcsolási rajzon megadott anódfeszültségeket. A V<sub>1</sub> cső helyén az orosz 6Zs5P esetén az anódfeszültség néhány, 5...10 voltal magasabb lesz. A mért értékek 10%-kal térhetnek el a rajzon lévőkől.

A váltóáramú beméréshez hanggenerátor, hangfrekvenciás voltmérő, oszcilloszkóp, harmonikusztorzítás-mérő szükséges. A hanggenerátort 1 kHz-es frekvenciára, U<sub>ki</sub> = 90 mV-ra állítjuk. Az oszcilloszkóp ernyőjén szabályos szinuszelet látunk, a hangfrekvenciás voltmérő kb. 4 V-ot mutat. Növeljük lassan a hanggenerátor kimenőfeszültségét 190 mV-ig. Ez 8 W-nál nagyobb kimenőteljesítménynek felel meg. Méréseim szerint a torzítás itt már 4,5%-nál nagyobb lesz. A torzítás a szinusz lapulásában, levágásában nyil-



13. ábra. A tápegység fóliarajza



14. ábra. A tápegység alkatrész-beültetési rajza

vánul meg. A névleges 6 W kimenőteljesítménynél (generátor 160 mV) szemmel semmilyen torzítás nem látható. A mérést megismételjük 40 Hz-en és 16 kHz-en. A kapott eredménynek egyeznie kell a 7. ábrán lévőkkel.

A panelek elhelyezése a 15. ábrán látható. Kritikus része az erősítőgyártásnak a kábelezés, a földpontok kialakítása. A bemenetek és a kimenetek testpontját a hordozó fémlaptól szigetelten kell szerelni. A lényeg, hogy ne alakuljon ki földhurok. A panelek javasolt összehuzalozását a 16. ábra szemlélteti.

Kipróbáltam a megépített végerősítőt Telefunken gyártmányú 6080-as csővel. Ellenőriztem a maximális kimenőteljesítményt, a harmonikus torzítást néhány ponton. A kapott eredmények egyeztek az orosz gyártmányú 6N13Sz végtriódáéval. A 6080-as csőnél valamivel nagyobb rácselőfeszültsé-

ségnél áll be az előírt nyugalmi anódfeszültség (60 mA).

### 13 W-os végerősítő

A végerősítő három elektroncsövet tartalmaz: a miniatűr foglalatú V<sub>1</sub>-et (6AU6), a novál aljzatú V<sub>2</sub>-t (ECC85),

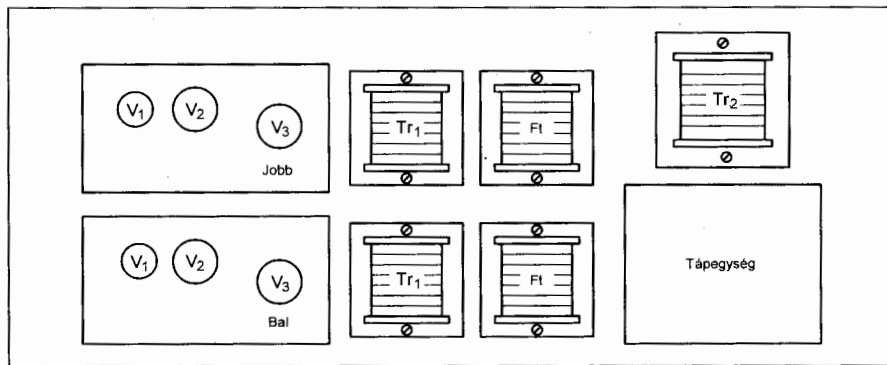
valamint a magnóvál V<sub>3</sub>-at (PL509). Az erősítő kapcsolása lényegében egyezik a 6 W-os erősítőével (3. ábra). A végerősítő triódának kötött PL509-es végpentóda. E magnóvál foglalatú végcsövet a színes televíziók sorvégfokozatához fejlesztették ki. Jellemző adatai:

Fűtés	U <sub>f</sub> = 40 V, I <sub>f</sub> = 0,3 A
Anódfeszültség	max. 400 V
Katódáram	max. 0,5 A
Anóddissipáció	max. 30 W
Anóddissipáció triódkapcsolásban (P <sub>a</sub> + P <sub>g2</sub> )	max. 40 W
Merekség triódkapcsolásban (S)	6 mA/V

A végerősítő kapcsolási rajza a 17. ábrán látható. Az erősítő műszaki adatai a következők:

Bemeneti érzékenység	120 mV (P <sub>ki</sub> = 13 W)
Bemeneti impedancia	kb. 800 kΩ
Kimenőteljesítmény	13 W (f = 1 kHz, k = 0,7%)
Névleges kimenőimpedancia	4 vagy 8 Ω

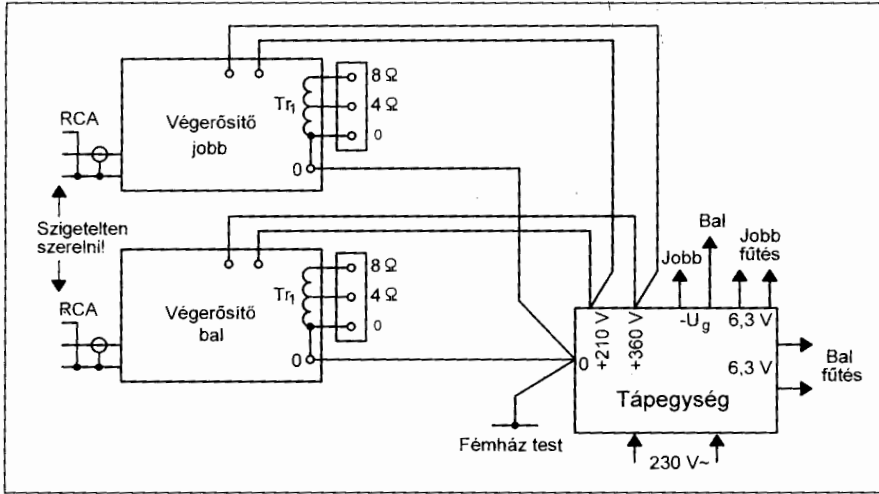
A PL509 több más csővel is helyettesíthető. Azonos vele az EL509, utóbbi fűtőfeszültsége 6,3 V, míg fűtőárama 2 A. A PL519 max. anóddissipációja nagyobb, 35 W, az együttes anód-



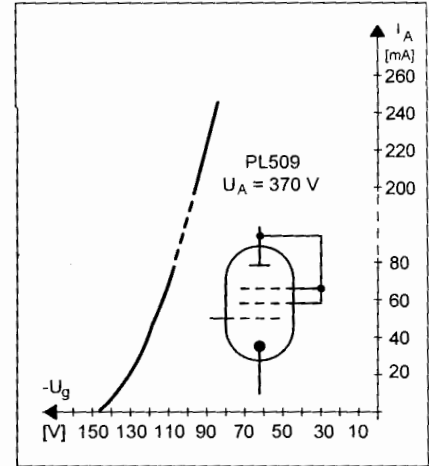
15. ábra. Az erősítő paneljainak elhelyezési vázlata

Belenézett már a **HAM-BAZÁR** kínálatába?

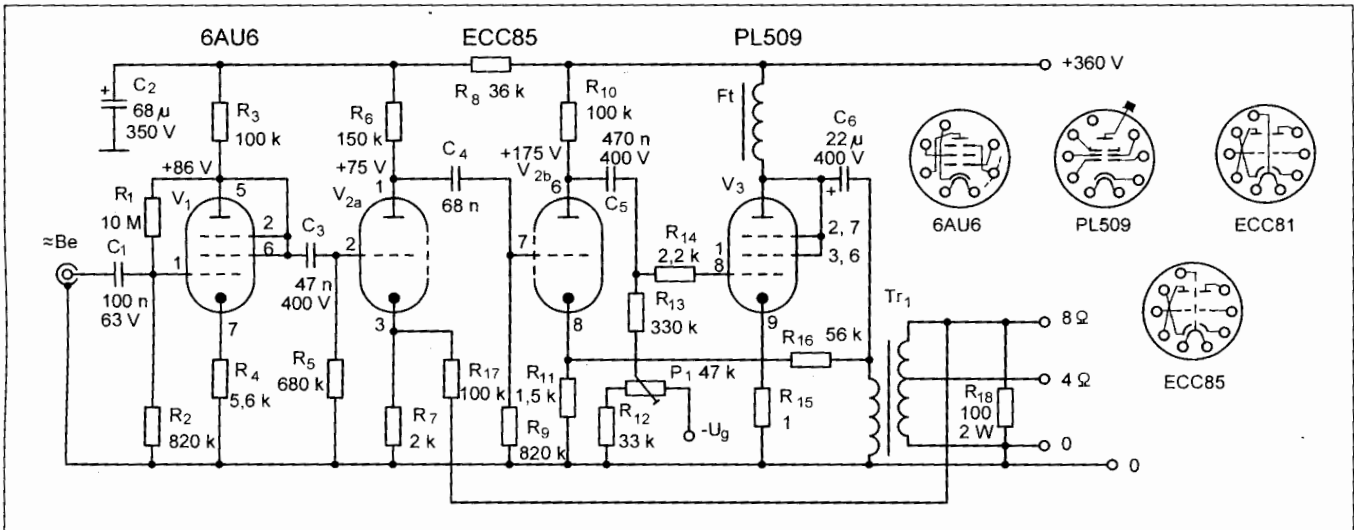
Megtalálható a **RÁDIÓTECHNIKA**-ban és a honlapunkon: [www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)



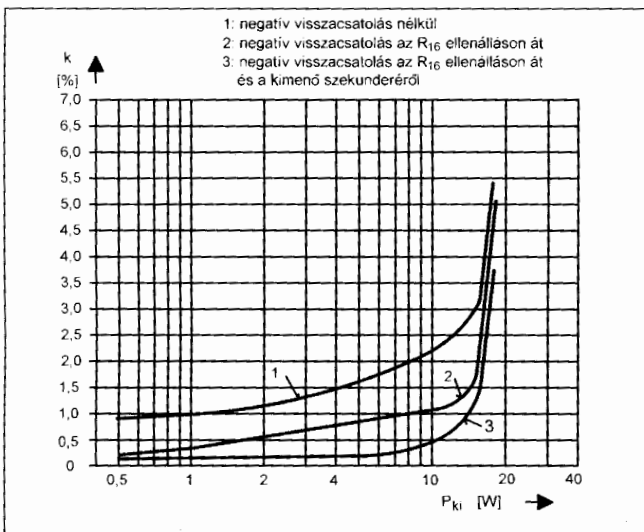
16. ábra. A panelek összehuzalozása



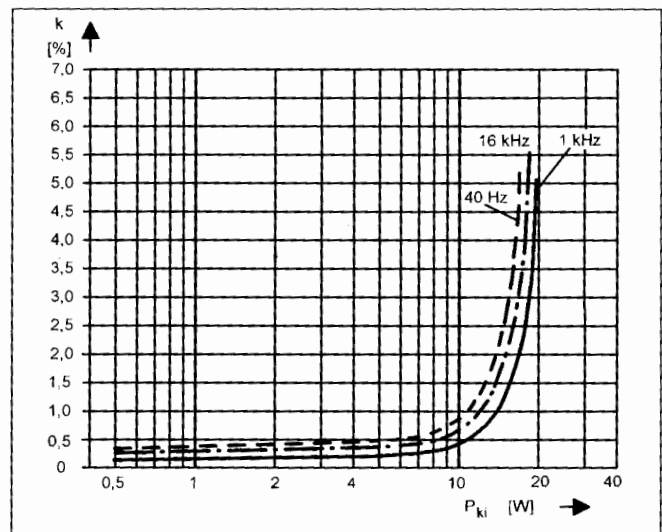
18. ábra. A PL509 rácseleőfeszültség-anódáram karakterisztikája



17. ábra. A 13 W-os erősítő kapcsolási rajza



19. ábra. Jelalotorzítások különböző visszacsatolások esetén a kimenőteljesítmény függvényében



20. ábra. Jelalotorzítások különböző frekvenciákon a kimenőteljesítmény függvényében

5. táblázat

Tekeracs	Tekeracs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	760	Ø0,45 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A n1 és n2 tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. A többi tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
Szekunder	n2	400	Ø0,35 mm Mz	
	n3	610	Ø0,40 mm Mz	
	n4	23	Ø1,40 mm Mz	
	n5		Ø0,25 mm Mz	
	n6	36	Ø0,25 mm Mz	
	n7	345	Ø0,20 mm Mz	
Vasmag: M 85/45				

és segédrcs-disszipáció 46 W. Ennek is létezik párhuzamos fűtésű változata, az EL519. Az orosz gyártmányú 6П45С (6P45Sz) az EL519-es csövel közel azonos. (A HAM-bazárban kapható a PL509 és az EL519 is. Ugyancsak itt említtem, hogy a PL509, a PL519 és az EL509 lábkiosztását az – egyébként nagy becsben tartott – Elektrotechnika-atlasz [Magyar Béla, Műszaki Könyvkiadó 1978] tévesen tartalmazza.)

A  $V_1$  elektroncső helyettesítőit leírtam a 6 W-os erősítőnél. A  $V_2$  cső helyére beépíthető az ECC81-es. A különbség a fűtésben van. Az ECC85 6,3 V-os, a fűtést a 4. és az 5. lábra kapcsoljuk. Az ECC81 (amerikai jelölése: 12AT7) fűtése 6,3 V vagy 12,6 V. A 6,3 V-os fűtésnél az egyik vezetékét a párhuzamosan kapcsolt 4. és 5. lábra, a másik eret pedig a 9-es lábra forrasztjuk.

A kimenőtranszformátort két változatban készítettem el. Az első a hiperszil anyagú tekercselt szalagmag, a típusa SM74. A második a 4% szilícium ötvözött EI lemez, a típusa EI 84/42. A transzformátorok adatait a 6. táblázat és a 7. táblázat tartalmazza. Az Ft fojtótekercs nagyobb vasmagra készült, mint a 6 W-osban levő. Vasmag SM74, menetszám 4000, Ø0,3 mm Mz, ötso-

7. táblázat

Tekeracs	Tekeracs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	500	Ø0,30 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két sor 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
	n6			
	n7			
Szekunder	n1	70*, 100	Ø0,50 mm Mz	
	n2			
	n3			
	n4			
* leágazás				
Vasmag: EI 84/42				

6. táblázat

Tekeracs	Tekeracs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	600	Ø0,28 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két sor 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
	n6			
	n7			
Szekunder	n1	85*, 102	Ø0,50 mm Mz	
	n2			
	n3			
	n4			
* leágazás				
Vasmag: hiperszil szalagmag SM 74				

ronként 60  $\mu$ -os transzformátorpapír-szigetelés, a légrés 0,2 mm-es prespán-csík. Lemezelt változat: vasmag EI84/42, menetszám 3500, Ø0,3 mm Mz, légrés 0,2 mm-es prespán-csík, vasmagkeresztmetszet 11,8 cm<sup>2</sup>. Megfelel a régebbi gyártású EI82-es vas is, a pakettvastagsága 42 mm, a vaskeresztmetszet 10,5 cm<sup>2</sup>; menetszám 3800, Ø0,3 mm Mz, légrés 0,2 mm-es prespán-csík, szigetelés 5 soronként 60  $\mu$ -os transzformátorpapírral.

A feszültség-erősítő kapcsolástechnikailag egyezik a 3. ábrán lévővel, de itt a végerősítő egy triódának kötött végpontja. A PL509-es elektroncső statikus rácselektrodszámánál a karakterisztikáját a 18. ábra tartalmazza. A nyugalmi anódszámot 95 mA-ra állítottam be.

Az Ft fojtó ellenállása a menetszámtól függően 170...200  $\Omega$ , sarkain 16...19 V feszültség esik. A  $V_3$  végcső anódján a nyugalmi anódszám mellett kb. 344...347 V anódfeszültséget mérhetünk. Az anóddisszipáció ebben az esetben 32 W. (Nem léptük túl a PL509-re triódakapcsolásban megadott 40 W-ot.) Ez az erősítő is két negatív visszacsatolást tartalmaz a végfokról. A  $V_3$  anódjáról ( $Tr_1$  primer) a

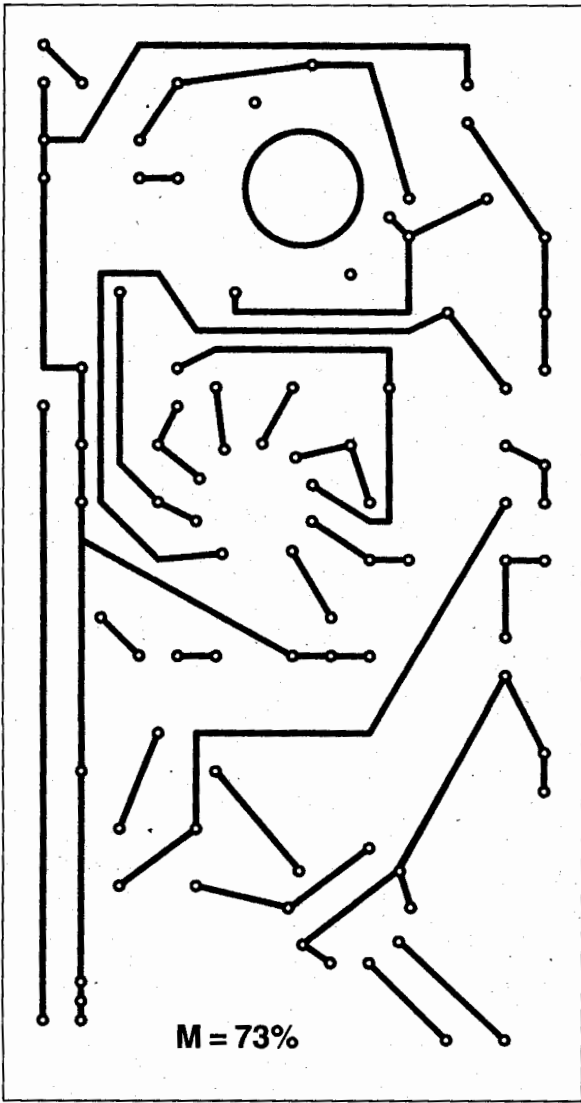
$V_{2b}$  katódjára az  $R_{16}$  ellenálláson át, nagysága –8 dB. A másik visszacsatolás a kimenőtranszformátor szekunder tekercsének 8  $\Omega$ -os kivezetéséről történik. A visszacsatolás a  $V_{2a}$  trióda katódjába az  $R_{17}$  ellenálláson keresztül történik, mértéke –5,5 dB.

A 19. ábrán látható a torzítás a teljesítmény függvényében különböző visszacsatolásoknál. A különböző frekvenciákon a torzítást a teljesítmény függvényében a 20. ábra szemlélteti. Az erősítő frekvenciamenete is kiváló. A szintesés 20 Hz-nél 0,5 dB, míg a felső sávban a –1 dB-es szintesést 45 kHz-nél éri el az erősítő. Ezek az adatok elsősorban a kimenőtranszformátortól függenek. A primerkörű tekercsek további osztásával a felső határfrekvencia megnövelhető 60...80 kHz-re. Ésszerű kompromisszumot kell találni az átvitt sáv és a transzformátor osztása, tekercselése között. Az előzőekben leírt négyzögjeles mérést itt is elvégeztem. Az erősítő minden követelménynek megfelelt.

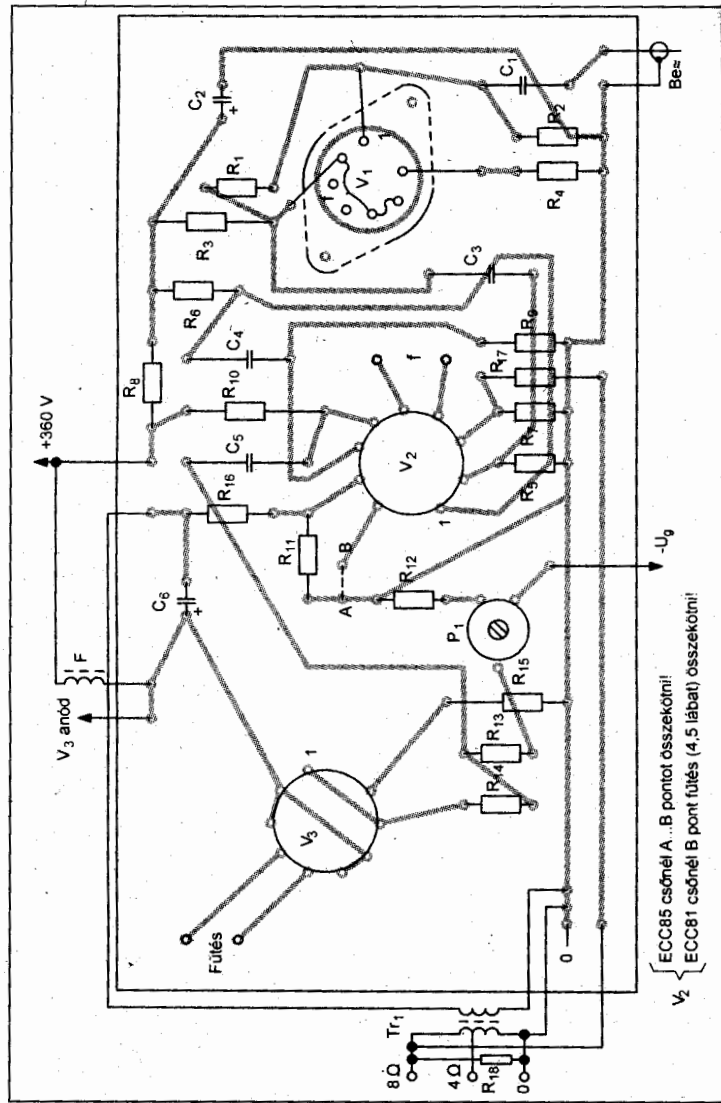
Hangerősítőket építőknak ajánlom figyelmébe a következőket. Amikor erősítőt építenek, keményen küzdenek a jelalaktorzítás csökkentésének minden tized százalékán. A hangerősítő az

8. táblázat

Tekeracs	Tekeracs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	550	Ø0,55 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A n1 és n2 tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. A többi tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
	n2	595	Ø0,35 mm Mz	
	n3	16	Ø1,20 mm Mz	
n4				
Szekunder	n5	100	Ø0,55 mm Mz	
	n6	25	Ø0,35 mm Mz	
	n7	240	Ø0,20 mm Mz	
	Vasmag: hiperszil szalagmag SM 85/b			



21. ábra. A 13 W-os végerősítő nyomtatási rajza



22. ábra. A 13 W-os végerősítő alkatrész-beültetési rajza

átviteli lánc közepén van. Tehát adott a hangforrás (dinamikus hangszedő, tuner, CD-lejátszó stb.) torzítása, s végül, ami számottevő, a hangdoboz, a hangszórórendszer torzítása. Miközben né-

hány tized jelalaktorzításért speciális kapcsolást építünk meg, méregdrága, „agyonosztott” kimenőtranszformátort

tekercseltetünk, egy rosszul elkészített hangdoboz (lehet gyári is!) az egészet tönkre teszi. A gondolatmenet lényege

9. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	640	Ø0,55 mm Mz	Soranként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A n1 és n2 tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. A többi tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
	n2	810	Ø0,35 mm Mz	
Szekynder	n3	19	Ø1,20 mm Mz	
	n4			
	n5	118	Ø0,55 mm Mz	
	n6	30	Ø0,35 mm Mz	
	n7	280	Ø0,20 mm Mz	

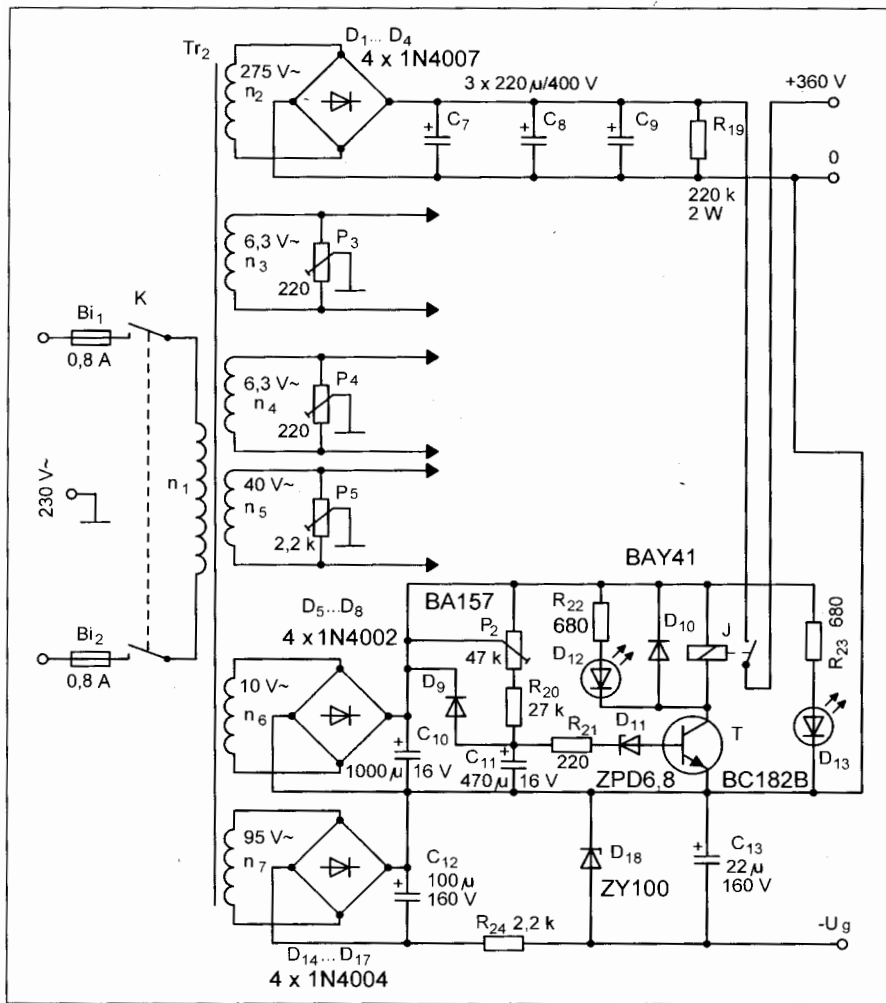
Vasmag: EI 106/45

10. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	190	Ø0,28 mm Mz	Soranként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két sor 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
	n6			
	n7			
	n8			
	n9			
Szekynder	n1	64*, 90	Ø0,55 mm Mz	* leágazás
	n2			
	n3			
	n4			

Vasmag: hiperszil szalagmag SM 85/a





23. ábra. A tápegység kapcsolási rajza

mátor elkészíthető tekercselt hiperszil szalagmagra, a típusa SM85/b. A transzformátor adatait a 8. táblázat tartalmazza. Kiszámítottam a Tr<sub>2</sub> hálózati transzformátort a hagyományos EI magra; a típusa EI106/45. Az elkészítéshez szükséges adatok a 9. táblázatban találhatók.

A tápegység bemérése az anódfeszültséget kapcsoló (késleltető) beállításából áll. A P<sub>2</sub> potenciométerrel kb. 30 s időt állítunk be. Összekábelezük a tápegységet a végerősítővel (először egy, majd a második csatornával). A P<sub>1</sub> potenciométer csúszkáját csavarjuk a -U<sub>g</sub> felé ütközésig. A kimenőtranszformátort 8,2 Ω, 20 W-os ellenállással terheljük.

Zárjuk a hálózati kapcsolót. Világít a D<sub>13</sub> LED, majd ha az anódfeszültség megjelenik, begyűjt a D<sub>12</sub> dióda is. Beállítjuk a V<sub>3</sub> nyugalmi áramát a P<sub>1</sub> potenciométerrel. Az R<sub>15</sub> ellenállás sarkain 95 mV feszültséget mérünk. Ellenőrizzük az egyes csövek anódfeszültségét. Nagyobb eltérés esetén cseréljük elektroncsövet. Ha ez sem vezet eredményre, akkor az anódköri és a katódköri ellenállásokat mérjük meg kikapcsolt (hideg) állapotban ohmmérővel.

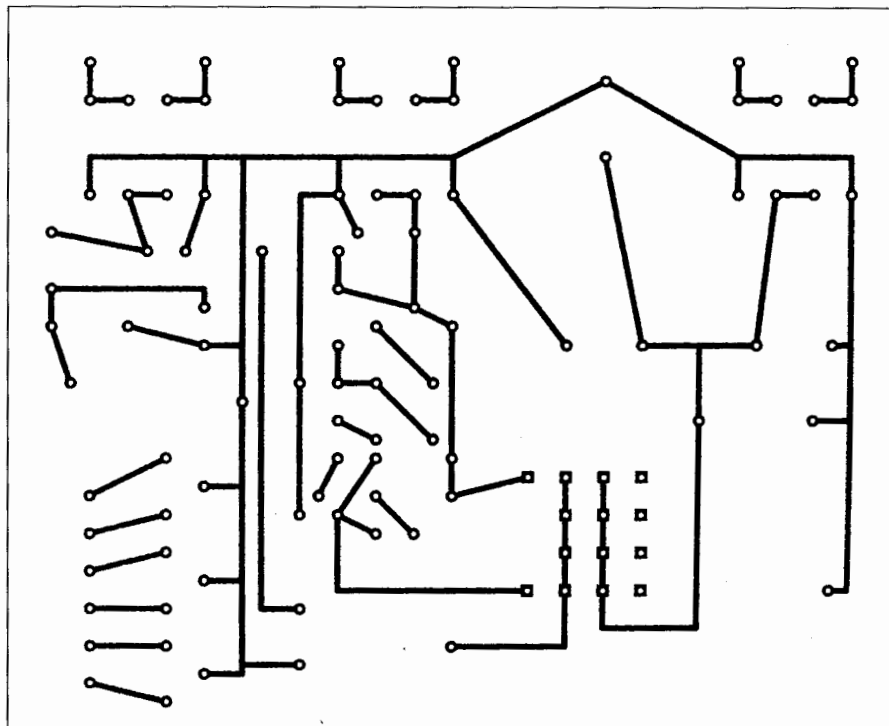
A V<sub>3</sub> elektroncső anódkivezetése a ballon tetején van. Feltétlenül használjunk szigetelt csatlakozást, mert az anódfeszültség magas (360 V), jól terhelhető, súlyos balesetet okozhat. A Rádiótechnika 2003/12. számában ta-

a következő. Vizsgáljuk meg a hangforrás és a sugárzó rendszer, a hangdobozok minőségét. Ehhez keressünk erősítőkapsolási rajzot, az adott paraméterekkel.

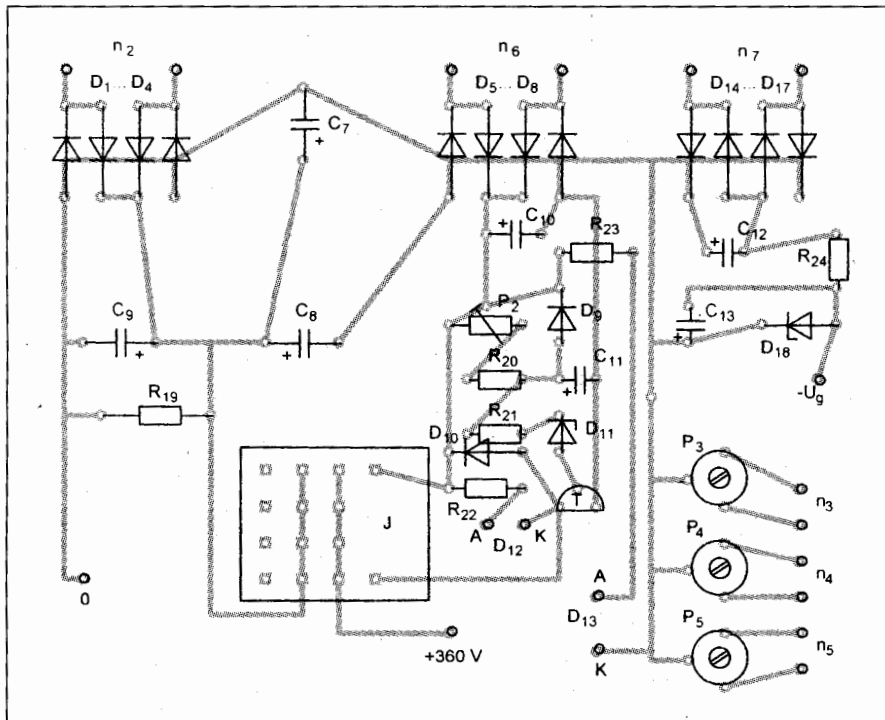
A végerősítő (nem mérhető) nyákrája a 21. ábrán, míg az alkatrész-beültetése a 22. ábrán látható.

### Tápegység a 13 W-oshoz

Kapcsolási rajzát a 23. ábra, nyákráját a 24. ábra, alkatrész-beültetési rajzát a 25. ábra szemlélteti. Felépítése hasonlít a 6 W-os erősítőéhez. A jobb és a bal csatorna V<sub>3</sub> végerősítő csövek közös (n<sub>5</sub>) fűtőtekercsről üzemelnek. Az n<sub>3</sub> és az n<sub>4</sub> tekercs huzalátmérőjét úgy választottam meg, hogy több mint 3 A-es áramot képesek legyenek leadni. A tápegységben levő Tr<sub>2</sub> transzfor-



24. ábra. A tápegység nyomtatási rajza



25. ábra. A tápegység alkatrész-beültetési rajza

lálható leírás az anódsapka elkészítéséről. A panelek elhelyezése, huzalozása gyakorlatilag egyezik a 6 W-os erősítőével.

### 25 W-os ellenütemű erősítő

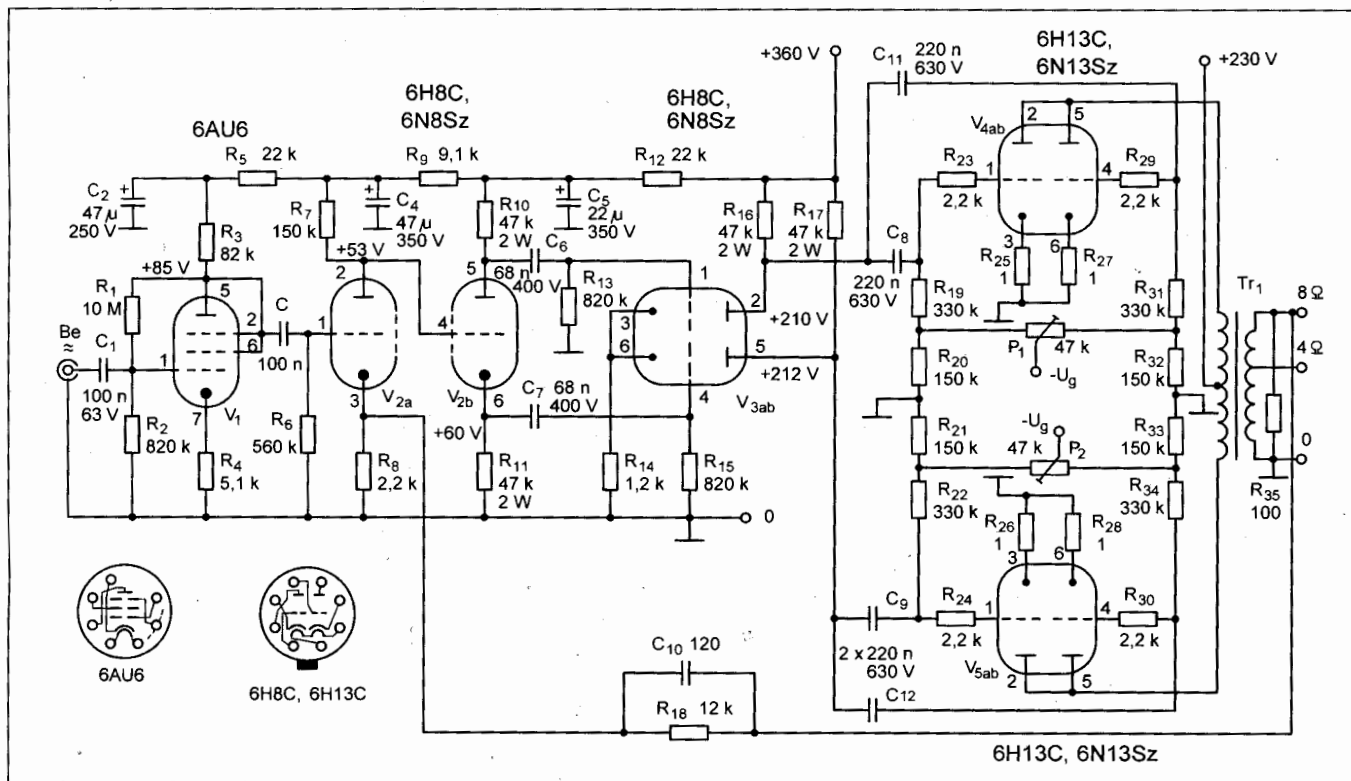
Az erősítő elkészítésénél az alapvető szempont az alacsony torzítás, a jó

hangzás volt. Teljesítménye közepes, de átlagos lakást figyelembe véve a  $2 \times 25$  W kimenőteljesítmény bőven elegendő. A 25 W-os erősítő kapcsolási rajza a 26. ábrán látható. Öt darab elektroncsövet tartalmaz csatornánként, e csövek a HAM-bazárban megvásárolhatók. Az erősítő műszaki adatai a következők:

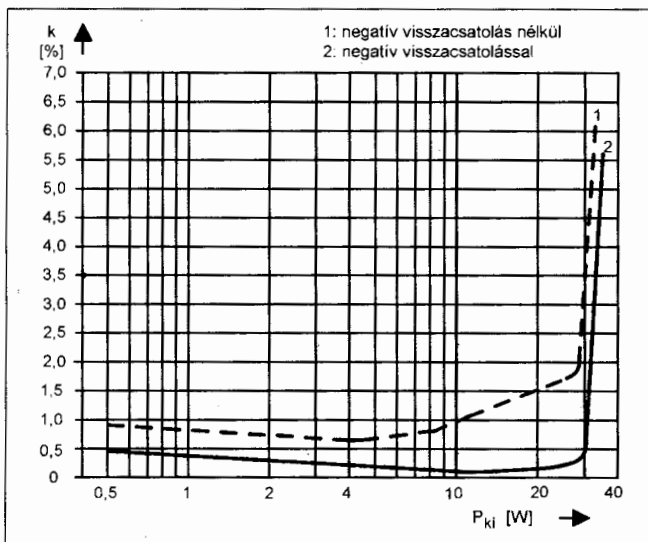
Bemeneti érzékenység	180 mV ( $P_{ki} = 25$ W)
Bemeneti impedancia	kb. 800 k $\Omega$
Kimenőteljesítmény	25 W ( $f = 1$ kHz, $k = 0,3\%$ )
Névleges kimenőimpedancia	4 vagy 8 $\Omega$

A hangfrekvenciás jel a  $C_1$  kondenzátoron át a  $V_1$  elektroncső rácsára kerül. A triódának kötött pentóda erősítése tízszeres. A felerősített jel a  $C_3$  csatolókondenzátoron át a  $V_{2a}$  trióda rácsára jut.

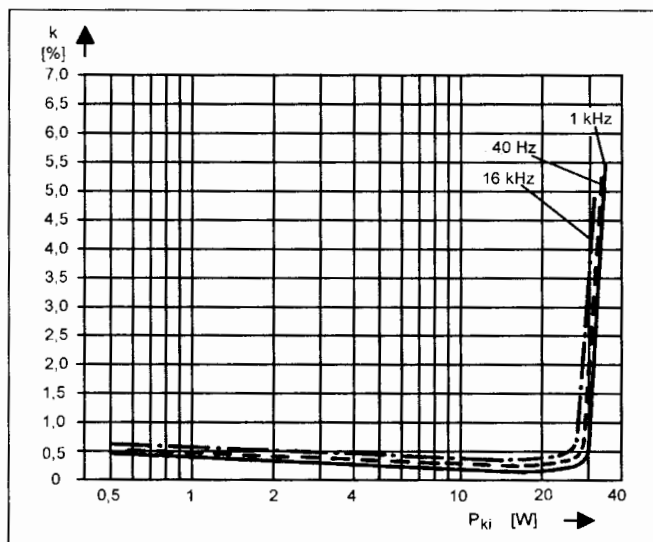
Az elektroncső földelt katódú kapcsolásban feszültséget erősít. Anódjához galvanikusan kapcsolódik a  $V_{2b}$  trióda rácsa. A  $V_{2b}$  trióda, mint anódkatód fázisfordító üzemel. A fázisfordító jellemzői a következők.



26. ábra. A 25 W-os erősítő kapcsolási rajza



27. ábra. A 25 W-os erősítő torzítása a teljesítmény függvényében, negatív visszacsatolással s a nélkül



28. ábra. Jelalaktorzítás különböző frekvenciákon, a teljesítmény függvényében

Az egyforma anódköri és katódköri ellenálláson ugyanaz az áram folyik át, a rajtuk létrejövő hangfrekvenciás jel tehát azonos nagyságú. Ez a szimmetria a csőadatoktól független. A fázis-

fordító bemenőimpedanciája igen nagy, torzítása a nagy katódelenálláson fellépő negatív visszacsatolás következtében kicsi. Erősítése kisebb, mint egy. Az egyszerű kapcsolat hátrá-

nya a kimenőimpedanciák aszimmetriája. A katódról kicsatolt jel forrásimpedanciája lényegesen kisebb, mint az anódköri. A következő cső bemeneti impedanciája (rácslevezető ellenállás,

#### 11. táblázat

Tekerics	Tekerics jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	200	Ø0,30 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két sor 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
	n6			
	n7			
	n8			
	n9			
	n10			* leágazás
Szekunder	n1	68*, 96	Ø0,55 mm Mz	
	n2			
	n3			
	n4			

Vasmag: EI 104/45 vagy EI 106/45, q = 15...16 cm<sup>2</sup>

#### 12. táblázat

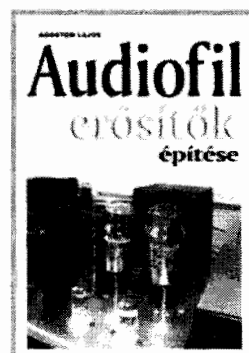
Tekerics	Tekerics jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	600	Ø0,60 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A n1 és n2 tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. A többi tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
Szekunder	n2	286	Ø0,25 mm Mz	
	n3	500	Ø0,50 mm Mz	
	n4	18	Ø1,50 mm Mz	
	n5			
	n6	26	Ø0,25 mm Mz	
	n7	370	Ø0,20 mm Mz	

Vasmag: hiperszil szalagmag SM 102/a

## Audiofil erősítők építése

ÁGOSTON LAJOS könyvében a szakirodalmakból ismert, jól bevált és általa is utánépített, együtemű és ellenütemű, csöves, illetve tranzistoros hangerősítők építési leírásait adja közre. „Ez a könyv az otthoni zenehallgatás szerelmesei közül azoknak szól, akik a zenehallgatás egyik legfontosabb láncszemét, a hangerősítő berendezést, maguk szeretnék elkészíteni. Egy szépen szóló berendezésen zenét hallgatni nagy öröm és tökéletes szellemi felfrissülés.” – írja a szerző a sajátos hangvételben íródott kötetében. A könyvhöz CD-melléklet is tartozik.

Megvásárolható a szerkesztőségben. A 228 oldalas, B5 méretű könyv ára: 4490 Ft.  
A könyv postai utánvétellel is megrendelhető akár a 239-4932, 239-4933 tel./fax számokon, akár levélben a 1374 Budapest, Pf. 603. levélcímünkön, akár a [hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu) e-mail címen.



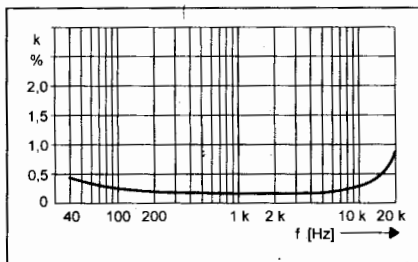
# H & M T R A F O Kft.

4400 Nyíregyháza,  
Derkovits u. 132-136.  
Tel./fax: 06-42-422-024  
hmtrafo@axelero.hu  
www.hmtrafo.hu

Híradásipari

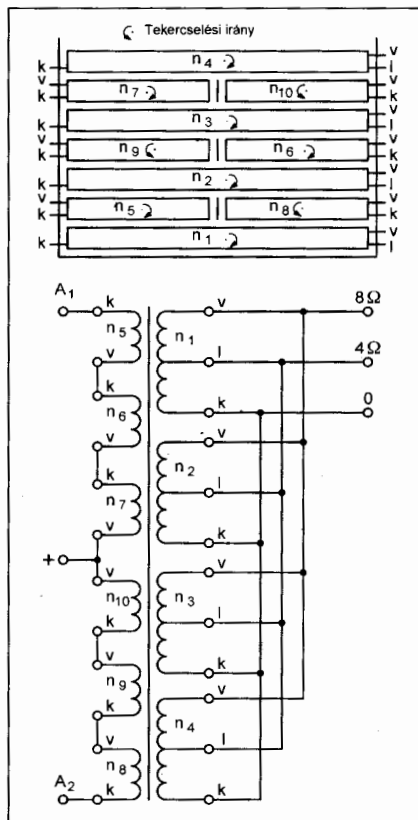
## TRANSZFORMÁTOROK

hálózati, kimenő, fojtó,  
szűrő tekercsek,  
toroid, M, EI, ferrit  
kivitelben



29. ábra. Harmonikustorzítás 19 W kimenőteljesítménynél, a frekvencia függvényében

bemeneti és szerelési kapacitás) ehhez csatlakozik. A katódról kicsatolt jel frekvenciamenete lényegesen jobb, mint az anódról levett jelé. Ez 8...10 kHz felett, az aszimmetria miatt a torzítás növekedését eredményezi. Ezt korrigálja a  $V_{3a}$  és  $V_{3b}$  triódából felépített erősítő. A közös  $R_{14}$  katódel-lenálláson jelentős negatív visszacsatolás jön létre. Ez a visszacsatolás az azonos fázisú jelekre vonatkozik. Jelentősen csökkenti a  $V_{2b}$  trióda által előállított jel aszimmetriáját. A kapcsolás másik nagy előnye, hogy a jel kicsatolása a végcsövek felé azonos impedanciáról történik.



30. ábra. A  $Tr_1$  transzformátor tekercseinek felépítése

# ElektroArt Bt

ElektroArt Bt.

## Elektronikai Alkatrészbolt

5900 Orosháza  
Kossuth u.6-8.

☎ 68/411-638

Mobil: 20/9618-955

Online bolt:

www.elektroart.hu

## Műszerdobozok gyártása,

előlapok, hűtőbordák készítése,  
teljeskörű lemez- és  
fémmegmunkálás egyedi elképzelés  
alapján is az

## Unimechanik Bt.-nél

Címünk:

1222 Budapest, Dankasírály u. 6.

Tel./fax: (1)-226-9539

Ügyintéző:

Nagy László: 06-30-989-1474

## Ω OMEGA ELEKTRONIKA Ω

CCD-kamerák, PMR-rádiók,  
GPS-ek, ACCUCCELL akkuk,  
IC-k, ellenállások,  
kondenzátorok, tranzisztorok,  
LED-ek, passzív alkatrészecskék,  
kvarcok nagy választékban.  
Amatőröknek engedmény!  
Postai utánvételes  
csomagküldés!

Omega Kft.

H-8600 Siófok, Szűcs u. 2.

☎ (06-84) 313-673 vagy 510-558

www.omegakft.hu

omegakft@elender.hu



## CardWare

**Elektronikus őrző-  
ellenőrző rendszerek**  
**Programozható**  
**beléptető rendszerek**  
**Intelligens munkaidő-  
nyilvántartó rendszerek**

RS-232, RS-485 és RS-422 – 20 mA  
áramhurok átalakítók

Telefonos információs rendszerek

**1113 Budapest, Bartók Béla út 152.**

Tel.: 20-957-6733, 1-204-8976, 1-481-0048

Tel./fax: 06-1-204-8976

E-mail: tiber@cardware.hu

## MŰSZERVÁSÁR

Több mint 3000 db

- OSZCILLOSKÓPOK
- GENERÁTOROK
- TÁPEGYSÉGEK
- MÉRŐVEVŐK
- ANALIZÁTOROK
- MULTIMÉTEREK
- FESZ. STABILIZÁTOROK
- MÉRŐHIDAK



1074 Budapest, Vörösmarty u. 3/a. (üzlet)

1074 Budapest, Vörösmarty u. 4/b. (börze)

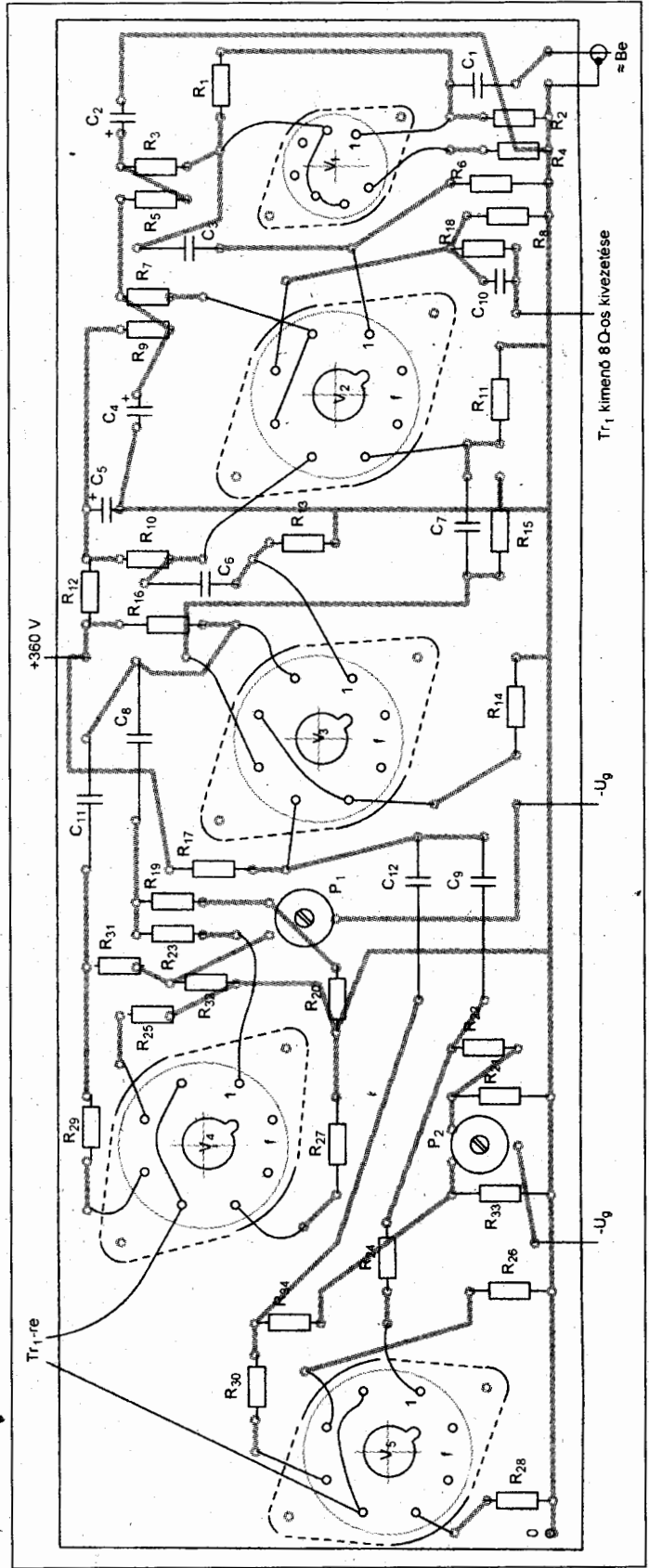
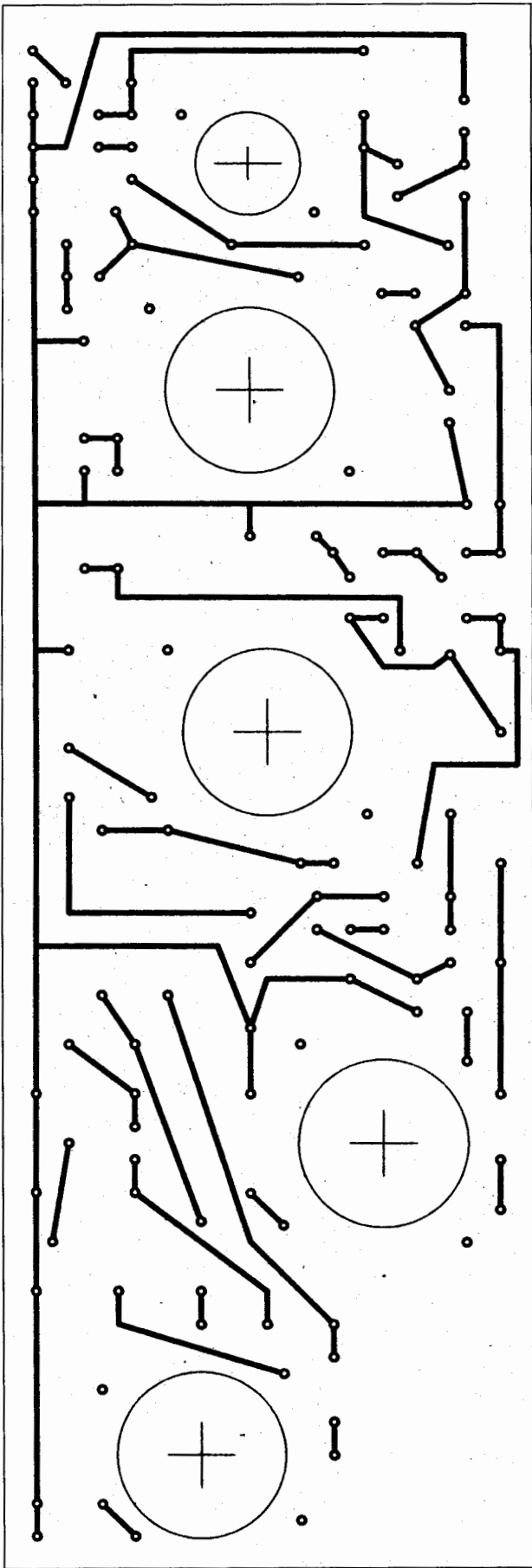
Tel./F: 252-0758, 363-1299, 222-7000

Mobil: 0670-3699697, 0670-3699684

E-mail: commed@commed.hu

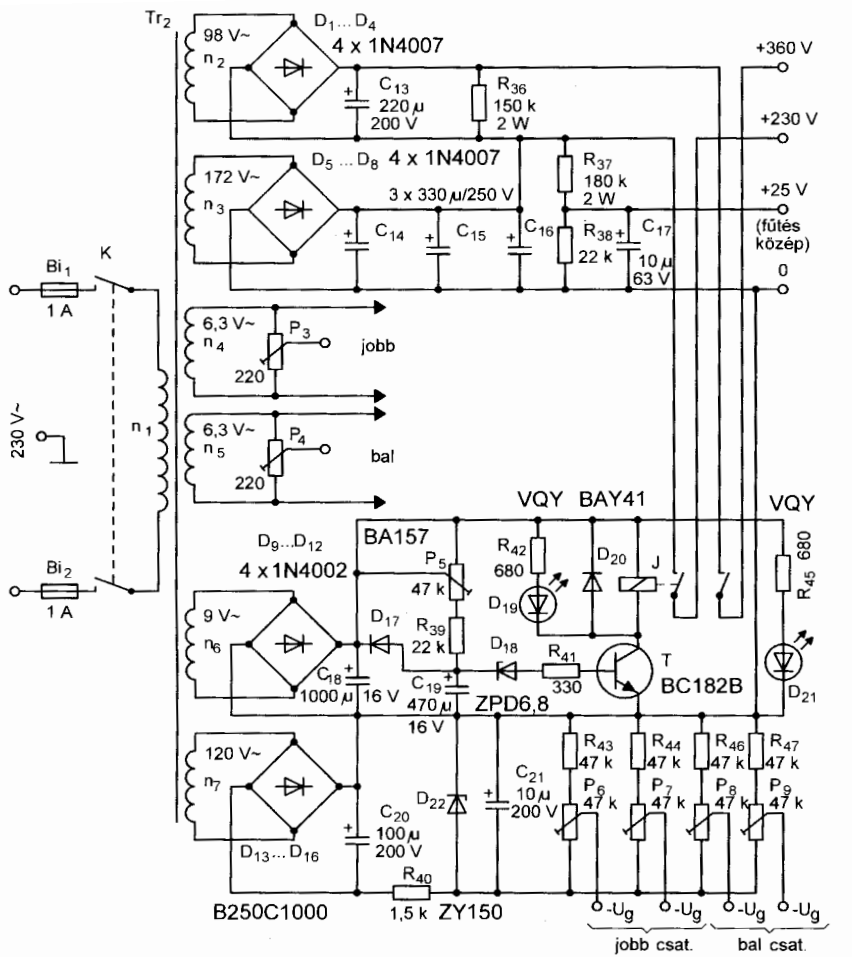
http://www.commed.hu





32. ábra. A 25 W-os erősítő alkatrész-beültetési rajza

31. ábra. A 25 W-os erősítő fóliarajza



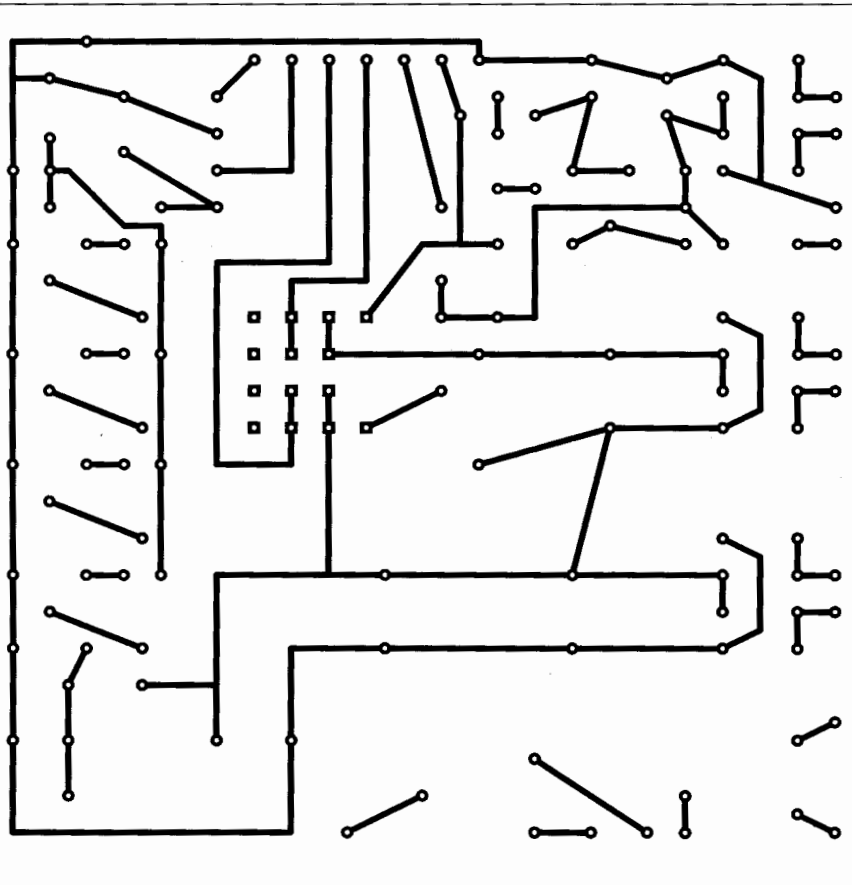
33. ábra. A tápegység kapcsolási rajza

- A teljesítmény növelésére a következő lehetőségek vannak:
- nagyobb teljesítményű végcső felhasználása,
  - két azonos típusú cső párhuzamos kapcsolása,
  - ellenütemű (push-pull) kapcsolás alkalmazása.

Az ellenütemű kapcsolás lényege, hogy a két végcsövet egymással szembekepsoljuk, s ellenfázisban vezéreljük. A csövek anódkörében ellenütemben jelentkező teljesítményeket a középkivezetésű ellenütemű kimenőtranszformátor egyesíti. Az ellenütemű kimenőtranszformátor ellenkező irányú egyenáramú előmágnesezése egymást lerontja, megsemmisíti. A transzformátor vasmagja nincs előmágnesezve, nem kell légrést alkalmazni. A szükséges primerindukció így kisebb menetszámmal elérhető. Ettől javul a transzformátor átvitele (magasabb lesz a felső határfrekvencia), jobb lesz a hatásfoka. Esetenként kisebb vasmagkeresztmetszettel elérjük a kívánt sáv szélességet és kimenőtelsítményt.

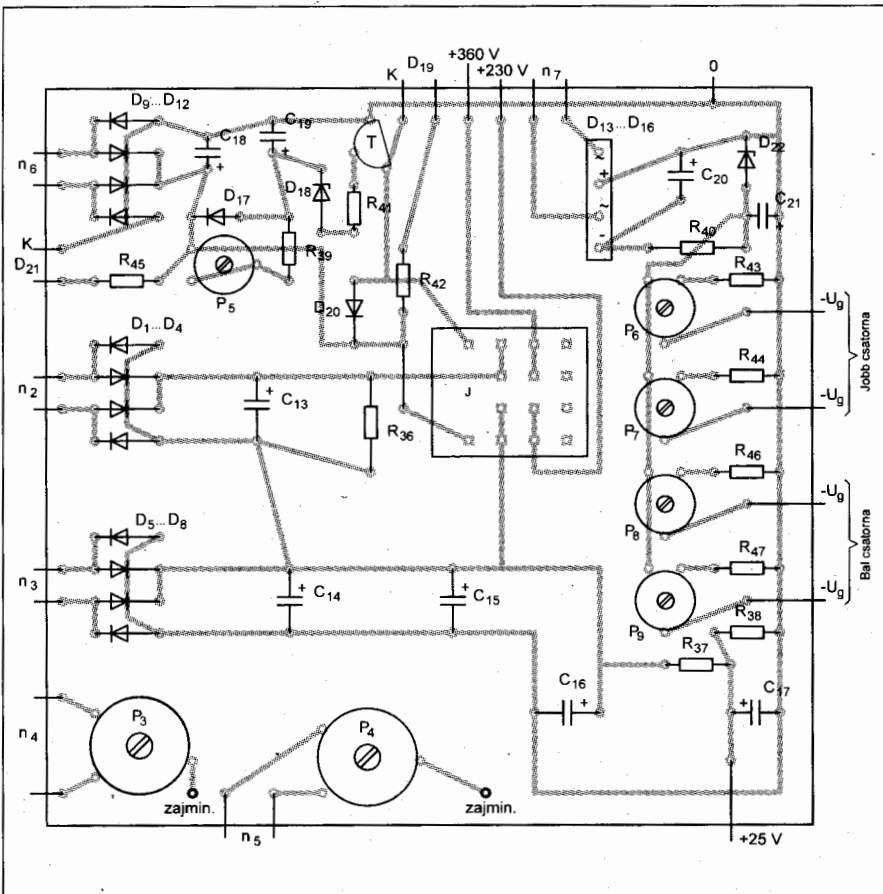
Az alacsony torzítás érdekében végcsőnek triódát alkalmazunk. A triódák bemeneti karakterisztikája kisebb görbületet mutat, mint a pentódáké. A közelítő görbe másodfokú, a trióda tehát elsősorban másodfokú harmonikust termel, amely az ellenütemű erősítőben kioltódik. A végcsövek párhuzamosan kapcsolt kettős triódák. A 6 W-os erősítőnél leírtam, hogy a kis belsőellenállású végtriódákat nem célszerű ki egyenlítés nélkül párhuzamosan kapcsolni. A két végcsőnél azt az áramkört alkalmazom, mint a 6 W-os erősítőnél. Ellenütemű erősítőnél lényeges szempont a munkapont. A triódás végerősítőnél az ellenütemű A-osztályú beállítás kimenőtelsítménye kicsi. A B-osztályú beállítás lényegesen nagyobb kimenőtelsítményt produkál, de alacsony teljesítménynél a torzítása jelentős.

Az áthidaló megoldás az AB-osztály. A munkapont (nyugalmi anóráram) a karakterisztika alján van. Tehát vezérlés nélkül – nyugalmi helyzetben – is folyik anóráram. A rácsra jutó váltakozó feszültség növelésével növekszik az anóráram is. Ennek a beállításnak a hatásfoka jó, torzítása kedvező.



34. ábra. A tápegység fóliarajza

**35. ábra. A tápegység alkatrész-beültetési rajza**

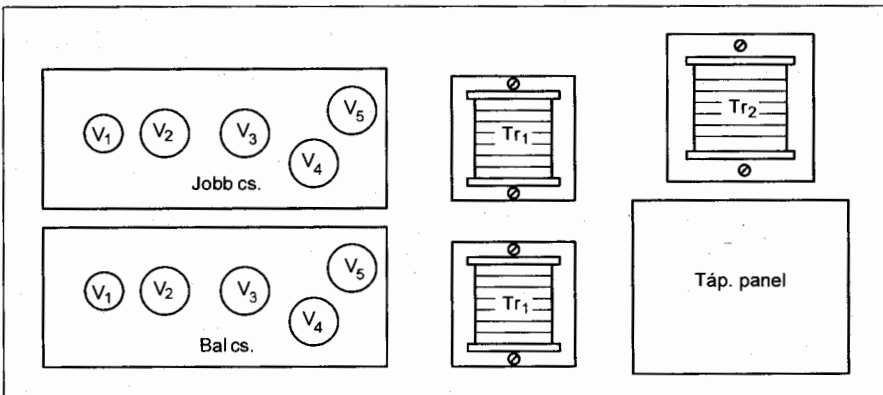


A  $V_3$  elektroncső anódjairól az egyforma amplitúdójú ellenfázisú jelek a csatolókondenzátoron át a  $V_{4a,b}$ , illetve a  $V_{5a,b}$  végtriódák rácsaira jutnak. A rácskörü soros ellenállások ( $R_{23}$ ,  $R_{24}$ ,  $R_{29}$ ,  $R_{30}$ ) a nagyfrekvenciás gerjedést akadályozzák meg. Az egy csőrendszerben lévő kiegyenlítést a  $P_1$ , ill. a  $P_2$  potenciométerrel végezzük el.

A végerősítőben a kimenőtranszformátor  $8 \Omega$ -os kivezetéséről az  $R_{18}$ ,  $C_{10}$  RC-taggal negatív visszacsatolást hozunk létre a  $V_{2a}$  katódjába. A visszacsatolás mértéke  $-15,4$  dB.

Megmértem az erősítő torzítását  $1$  kHz-en a kimenőteljesítmény függvényében: a) negatív visszacsatolás nélkül, b) negatív visszacsatolással. A felvett görbék a **27. ábrán** láthatók. A megfelelően méretezett, megépített erősítő és fázisfordító, meghajtó fokozatnak köszönhetően a  $2\%$  torzítást negatív visszacsatolás nélkül  $29$  W-nál éri el az erősítő. Ez igen jó érték! Pentódás végerősítővel ezt az eredményt nem lehet elérni. A negatív visszacsatolással jelentősen csökken a torzítás.

**36. ábra. A panelek elhelyezési vázlatja**



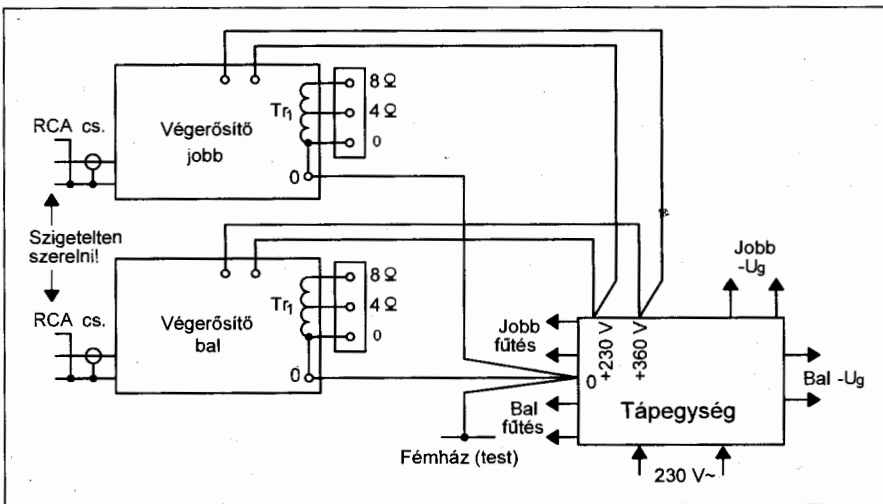
A jelalaktorzítást különböző frekvenciákon a teljesítmény függvényében a **28. ábrán** láthatjuk. A  $2\%$ -os jelalaktorzítást (harmonikusorzítást)  $16$  kHz-es frekvencián  $27$  W kimenőteljesítménynél éri el az erősítő.

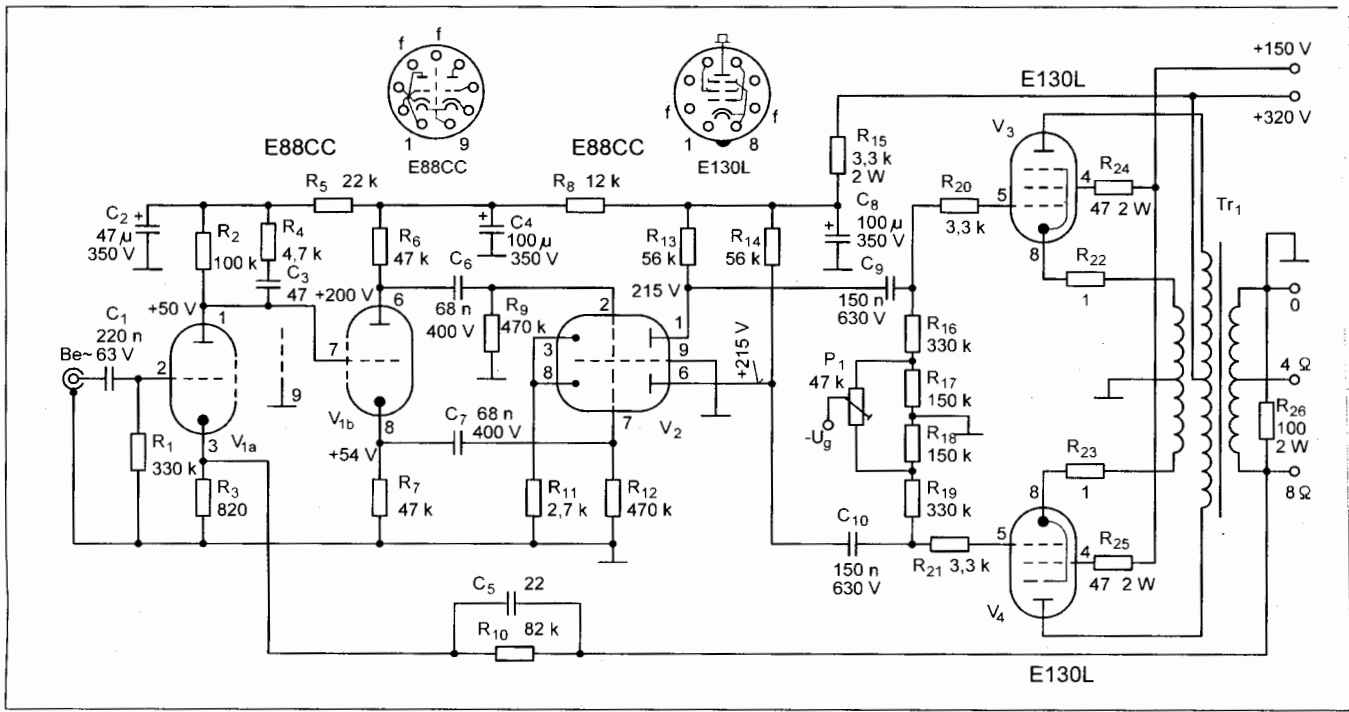
Felvettem a végerősítő frekvenciafenntartását  $19$  W kimenőteljesítménynél. Az  $1$  dB-es szintesítés  $80$  kHz-en jön létre. A jó átviteli tulajdonságok a kimenőtranszformátornak is köszönhetőek. A harmonikusorzítás szintén  $19$  W kimenőteljesítménynél a frekvencia függvényében a **29. ábrán** látható.

A  $Tr_1$  kimenőtranszformátor anód-tól anódig hat részre van osztva. A szekunder tekercs négy részből áll, ezek párhuzamosan kapcsolódnak. A csévest középen osztott, az egyes primer tekercsüket fordított menetiránnyal szimmetrikusan helyeztem el. A kimenőtranszformátor tekercselési sorrendje, összekötése a **30. ábrán** látható.

A kimenőtranszformátort elkészíthetjük hiperszil szalagmagra, típusa

**37. ábra. A panelek összehuzalozási rajza**





38. ábra. A 45 W-os erősítő kapcsolási rajza

SM85/a, vagy a hagyományos lemezelt magra: EI106/45. A hiperszil alapú kimenőtranszformátor adatai a **10. táblázatban**, míg az EI formátumúé a **11. táblázatban** található. Az elkészített transzformátort beépítés előtt célszerű ellenőrizni. A szekunder tekercs 8 Ω-os kivezetésére kapcsoljunk 6,3 V-ot (fűtőfeszültség). A primer oldalon a pozitív és az anód kivezetések között 40 V-ot kell mérnünk. A két anódkivezetés között ennek a dupláját, tehát 80 V-ot mérünk, amennyiben jól kötöttük össze az egyes tekercsvégeket.

A végerősítő fóliarajza a **31. ábrán**, míg alkatrész beültetési rajza a **32. ábrán** található. A végerősítő kondenzátorainak feszültségét a kapcsolási rajzon feltüntettem. A beépített ellenál-

lások fémréteg típusúak (R510, R512, RM4), a terhelhetőségük 0,5...0,6 W. A nagyobb teljesítményű ellenállásokat a kapcsolási rajzon külön jelöltem. A csőfoglalatok szereléséhez a 6 W-os erősítőnél leírtakat vegyük figyelembe.

### Tápegység a 25 W-oshoz

A tápegység kapcsolási rajza a **33. ábrán** látható. A Tr<sub>2</sub> hálózati transzformátor sztereó üzemhez készült. A hálózati transzformátort elkészíthetjük hiperszil anyagú szalagmagra, a típusa SM102/a, vagy a 4% szilícium ötvöztetű hagyományos EI magra. Az AB-osztályú munkapontra jellemző a változó áramfelvétel, ezért a feladat: kis belsőellenállású tápegységet készíteni, ahol a terheléstől alig változik a feszültség.

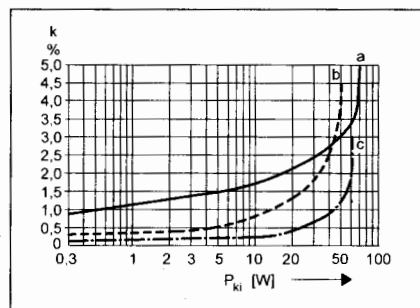
Ezt túlméretezett hálózati transzformátorral, kis belsőellenállású egyenirányító diódákkal, valamint nagy szűrőkapacitásokkal érjük el.

A Tr<sub>2</sub> hálózati transzformátor adatait hiperszil szalagmagra a **12. táblázat**, hagyományos lemezelt magra a **13. táblázat** tartalmazza.

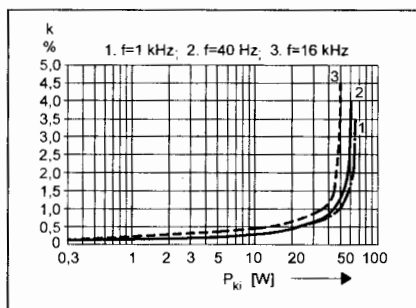
A tápegység-nyák fóliarajza a **34. ábrán**, alkatrészeinek beültetési rajza a **35. ábrán** található.

Az egyes panelek, transzformátorok javasolt elhelyezése a **36. ábrán** látható. A huzalozási rajzot a **37. ábra** szemlélteti.

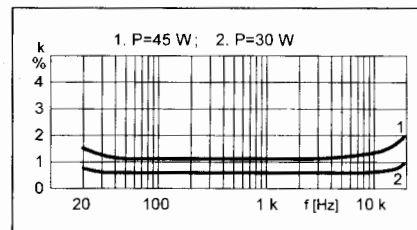
Az elektromos élesztést a tápegységgel kezdjük. Zárjuk a K kapcsolót. A D<sub>21</sub> LED világít. A késleltetési idő kb. 30 másodpercre állítjuk be a P<sub>5</sub> potencióméterrel. A jelfogó meghúzásával egyidejűleg begyűjt a D<sub>19</sub> LED, megjelenik az anódfeszültség a kime-



39. ábra. A végerősítő torzítása különböző negatív visszacsatolásoknál



40. ábra. A végerősítő torzítása különböző frekvenciákon, a teljesítmény függvényében



41. ábra. A végerősítő torzítása 30 W és 45 W teljesítménynél, a frekvencia függvényében



neti kapcsolatokon. Ezek a feszültségek terheletlenek, így értékük nagyobb. A  $P_6$  és a  $P_7$  potencióméterrel  $-135$  V-ot állítunk be. A sztereoerősítőt csatornánként mérjük be. Összekötjük az egyik végerősítőt a tápegységgel. A hangszóró helyére  $8 \Omega$ ,  $30$  W-os műterhelést kapcsolunk. Ezt több huzalellenállás párhuzamos kapcsolásával hozhatjuk létre: pl.  $22 \Omega$   $10$  W,  $22 \Omega$   $10$  W, valamint  $33 \Omega$   $10$  W párhuzamos kapcsolásának eredője  $8,25 \Omega$ . Zárjuk a K kapcsolót. Amennyiben a kimenőtranszformátorból sípoló vagy kattogó hang jönne, cseréljük meg az anódvezetékeket.

DC millivoltmérővel felváltva mérünk az  $R_{25}$  és az  $R_{27}$  ellenállás sarkain. A  $P_1$  potencióméterrel azonos feszültséget állítunk be. Ezután a  $P_6$  potencióméterrel addig változtatjuk a rácslőfeszültséget, míg a  $V_{4ab}$  katódenállásain ( $R_{25}$  és  $R_{27}$ )  $25$  mV-ot mérünk. Ellenőrizzük újból a szimmetriát, ha szükséges állítsunk utána a  $P_1$  potencióméterrel. A másik végcső, a  $V_5$  esetén a fent leírtakat kell megismételni. Bekapcsolás után tíz, húsz perc elteltével ellenőrizzük a kapcsolási rajzon megadott feszültségeket. Lényeges,  $20\%$  feletti eltérés esetén ellenőrizzük a beépített ellenállások értékét, cseréljük elektroncsövet. A zajminimumot (brumm) csatornánként (jobb és bal) állíthatjuk be a  $P_3$  és a  $P_4$  potencióméterrel. A potencióméterek csúszkáját (közepét) vagy földre, vagy az  $R_{37}$  és az  $R_{38}$  ellenállás osztáspontjára kössük, attól függően, hol kisebb a zaj! A zajminimum beállítását rövidere zárt beemenetnél végezzük.

#### 45 W-os ellenütemű erősítő

Kimenőteljesítménye alkalmassá teszi nagyobb terem, kerthelyiség hangosítására. Sztereo rendszerben a kétszer  $45$  W (szinuszos) teljesítménye jó hangdobozokkal tekintélyes hangerőt biztosít. Az erősítő érdekessége, hogy hosszú élettartamú ( $10$  ezer óras) ipari csövekből épült fel. Ez azt jelenti, hogy napi három órányi üzemeléssel szá-

molva az erősítő elvileg kilenc évig üzemel, csőcsere nélkül!

Az ipari csövek speciális, szigorított technológiával készültek. A legyártott elektroncsöveket „égették”, majd több ponton mérték jellemző paramétereiket. Természetesen az áruk többszöröse volt a hagyományos technológiával gyártott kommersz társaikhoz képest. Az erősítő az E88CC ket-triódára, valamint az E130L végpentódára épül. Ezek a csövek is kaphatók a HAM-bazárban.

A  $45$  W-os erősítő kapcsolási rajza a **38. ábrán** látható. Négy darab elektroncsövet tartalmaz csatornánként. Az erősítő műszaki adatai a következők:

Bemeneti érzékenység	290 mV ( $P_{ki} = 45$ W)
Bemeneti impedancia	kb. $330$ k $\Omega$
Kimenőteljesítmény	$45$ W ( $f = 1$ kHz, $k = 1\%$ )
Névleges kimenőimpedancia	$4$ vagy $8 \Omega$

Az erősítő meghajtó és fázisfordító fokozata egyezik a  $25$  W-os erősítő kapcsolásával. Az anódköri munkaelenállások, valamint a katódenállások értékei változnak, ennek oka, hogy az E88CC paramétereit eltérnek a 6N8Sz-étől. Akit érdekel a működés elve, az olvassa át a  $25$  W-os erősítő ezen részét, természetesen figyelembe véve az eltérő alkatrészpozíció-számozást.

A  $V_{2a,b}$  elektroncső anódjairól az egyforma nagyságú ellenfázisú jelek a  $C_9$ , ill. a  $C_{10}$  kondenzátoron át a  $V_3$ , ill. a  $V_4$  végpentóda vezérlőrácsára kerülnek. A rácsköri soros  $R_{20}$ , ill.  $R_{21}$  az ultranagyfrekvenciás gerjedést akadályozza meg.

A két végcső anódáramának kiegyenlítését a  $P_1$  potencióméterrel végezzük el. A végpentódák típusa E130L, a foglalatuk ún. oktál (nyolcsapos). E csőtípust hajdanán a Tunggram is gyártotta, s pl. az EMG impulzusgenerátorának kimenőfokozatában alkalmazták. Műszaki adatai:

Fűtőfeszültség	$6,3$ V
Fűtőáram	$1,7$ A
Javasolt anódfesz.	$250$ V
Javasolt segédrácsfesz.	$150$ V
Meredekség	$27,5$ mA/V
Anóddisszipáció	max. $27,5$ W

A végerősítő viszonylag alacsony anód- és segédrács-feszültséggel, nagy anódárammal üzemel. Az illesztőimpedancia ebből adódóan igen alacsony, mindössze  $1,6$  k $\Omega$ . A kapcsolásra jellemző a változó áramfelvétel: jelen esetben a nyugalmi áramfelvétel  $75$  mA, amely a teljes kivezérélnél ( $45$  W)  $180$  mA-ra megy fel csövenként. A tápegységet ennek figyelembevételével kell méretezni.

A csövek anódáramát befolyásolja a segédrácsfeszültség. Néhányszor tíz voltnyi változás jelentős anódáramváltozást eredményez. Ezért a segédrácsfeszültséget stabilizálni kell. Ennek műszaki megoldását a tápegységneél ismertetjük.

A két végcső „D” osztályú (fix előfeszültségű) üzemben működik. A nyugalmi anódáram gyakorlatilag egyezik az 1973-ban kiadott Tunggram katalógus adataival. Az eltérés abban van, hogy az általam közölt kapcsolás nem a hagyományos push-pull (amelyre a katalógusadatok vonatkoznak), hanem a Quad kapcsolás. Ennek az áramköri megoldásnak a lényegét leírtam a 2001-es *Rádiótechnika Évkönyve* 169. oldalán lévő „Elektroncsöves,  $35$  W-os hangvégerősítő” című cikkemben. A lényeg az, hogy a kimenőtranszformátor katódköri tekercsén ellencsatolás jön létre, amelyet az anód- és a segédrácsáram hoz létre. Az ultralinear kapcsoláshoz hasonlóan csökken a pentóda belsőellenállása. Minél nagyobb a visszacsatolás, annál jobban közelít a végpentóda a végtriódához. Ebből kifolyólag csökken a kimenőteljesítmény, a csillapítási tényező növekszik.

A kimenőparaméterek javulása nincs ingyen. A meghajtófeszültséget lényegesen nagyobbra kell méretezni.

**beyma**  
PROFESSIONAL LOUDSPEAKERS

MINDEN AMI HANG:

**REFLEX**  
SOUND SYSTEM

**CELESTION ECLEREO**

Hangrendszerek tervezése kivitelezése | Hangszórók, hangsugárzók

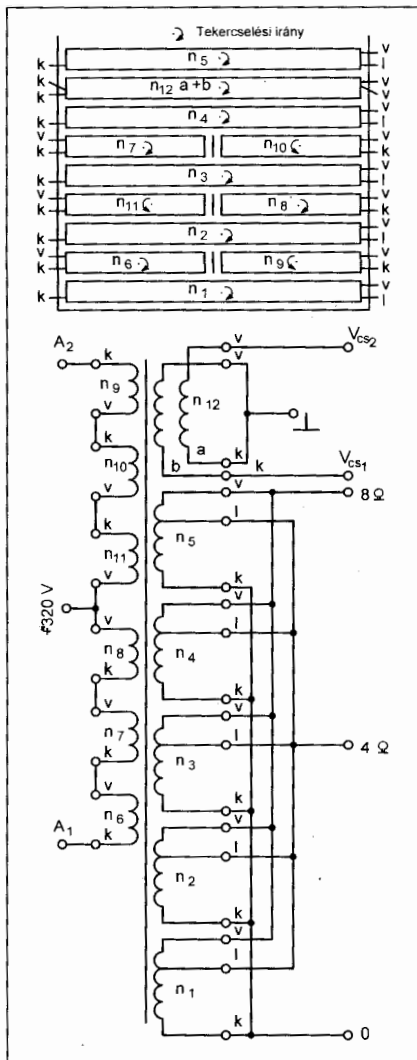
Erősítők, processzorok | 100 V-os rendszerek

Külséri hangsugárzók | Hangosítás (komoly referenciákkal)

Elektroakusztikai eszközök javítása



2225 Üllő, Pesti út 69. Tel.: 29 - 320-071, 320-688 Fax: 29 - 322-225 Nyitva: H-P 7-17 [www.reflexsound.hu](http://www.reflexsound.hu)

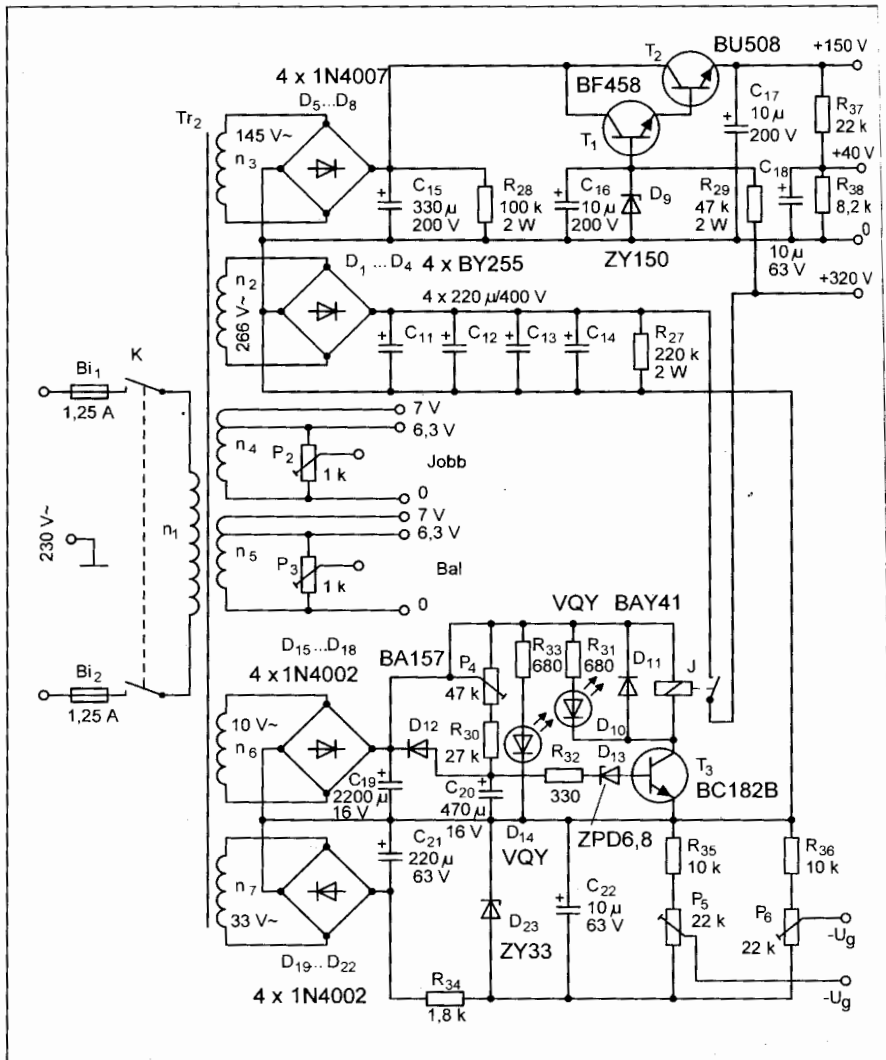


42. ábra. A  $Tr_1$  kimenőtranszformátor tekercseinek felépítése

13. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	830	Ø0,80 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A n1 és n2 tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. A többi tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
	n2	380	Ø0,30 mm Mz	
Szekunder	n3	670	Ø0,60 mm Mz	
	n4	25	Ø1,80 mm Mz	
	n5	35	Ø0,30 mm Mz	
	n6	470	Ø0,20 mm Mz	
	n7	470	Ø0,20 mm Mz	

Vasmag: EI 130/35



43. ábra. A tápegység kapcsolási rajza

14. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n6	150	Ø0,45 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két sor 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.
	n7			
	n8			
	n9			
	n10			
Szekunder	n1	48*, 67	Ø0,60 mm Mz	* leágazás Az n12 tekercs dupla szállal tekercselve.
	n2			
	n3			
	n4			
	n5			
Katódköri visszacsatoló	n12	90	Ø0,50 mm Mz	

Vasmag: hiperszil szalagmag SM 102/b

Gyakorlatilag arról van szó, hogy a katódköri visszacsatoló-feszültség kivo-nódik a vezérlőrács feszültségéből. Ez a fázisfordítóval és a meghajtóval szemben támaszt követelményt. Szerencsére az E130L a nagy meredeksége révén viszonylag kis rácsváltófeszültséget igényel.

A végsővek nyugalmi áramának szimmetrizálását a P<sub>1</sub> potencióméterrel végezzük. A nyugalmi (vezérlés nélküli) anódáramot a tápegységben lévő P<sub>5</sub> és P<sub>6</sub> potencióméterrel állíthatjuk be csatornánként. A nyugalmi anódáram 75 mA csövenként. Az R<sub>22</sub> és az R<sub>23</sub> (1 Ω-os) ellenálláson az anódáramon kívül a segédrácsáram is átfolyik; ez (a 150 V-os feszültségnél) 2,5 mA. Hozzáadva az anódáramhoz, kerekítve 78 mA-es áramot mérünk a katódkörben, amely 78 mV feszültségesést hoz létre az R<sub>22</sub> és az R<sub>23</sub> sarkain. Ennél a munkaponti beállításnál a disszipációs hiperbola által határolt területen belül vagyunk, kellő biztonsággal.

A végerősítő két negatív visszacsatolást tartalmaz. A kimenőtranszformátor n<sub>12</sub> jelű tekercséről a végsővek katódjába csatolunk vissza, ez a Quad kapcsolás lényege. Az ellencsatolás mértéke a tekercs menetszámától függ, jelen esetben 13,1 dB. A másik visszacsatolás a kimenőtranszformátor szekunder tekercséről történik, az R<sub>10</sub> és C<sub>5</sub> RC-tagon keresztül a V<sub>1a</sub> elektroncső katódjába. Nagysága 10,8 dB. A 39. ábrán látható az erősítő torzítása 1 kHz-es frekvencián:

- negatív visszacsatolás nélkül,
- Quad kapcsolásban,
- Quad kapcsolásban + a szekunder tekercsről ellencsatolással.

Az „a” görbe szerinti torzítás a legnagyobb. A kimenőteljesítménnyel együtt növekszik a torzítás. A meghajtófokozatnak köszönhetően 65 W kimenőteljesítménynél 4,2% a jelalaktorzítás, ez jó érték. (A ma már legendás gitárerősítőkben, pl. Marshall, Selmer, Fender, nem alkalmaztak negatív visszacsatolást a kimenőtranszformátorról. Véleményem szerint azért, mert a transzformátorok primitív felépítésűek voltak, csapnivaló frekvenciame-nettel. Ilyen esetben a negatív visszacsatolás csak ront a helyzeten – az erősítő gerjedékeny lesz.)

A „b” görbe a Quad kapcsolással kiegészített áramkör. A torzítás jelentősen csökken, majd meredeken emelkedik. Ez abból adódik, hogy a pentóda üzemmódból a trióda üzembe közeli-

tünk. Ennél az üzemmódnál a lényeg az, hogy a belsőellenállás csökken, tehát a csillapítási tényező (d) jelentősen növekszik,

A „c” görbe a Quad és a kimenőtranszformátor szekunder tekercséről létrehozott negatív visszacsatolás együttes hatását szemlélteti.

Megmértem az erősítő torzítását különböző frekvenciákon a kimenőteljesítmény függvényében. A mért eredmények a 40. ábrán láthatók. Megmértem az erősítő frekvenciame-netét 30 W kimenőteljesítménynél. Alacsony frekvencián, 20 Hz-en a szintesés 0,5 dB. Szaporább frekvenciáknál a -1 dB-es pont 50 kHz. A 3 dB-es esés 90 kHz-nél következik be. Ennél a frekvenciánál a műterhelés sarkain szabályos szinusz hullámformájú jelet láthatunk. A 41. ábrán a végerősítő torzítása látható a frekvencia függvényében 30 W, majd 45 W kimenőteljesítménynél.

Az E130L végerősítőcső optimális illesztőellenállása ennél a tápfeszültségnél R<sub>aa</sub> = 1,6 kΩ. Ez igen kedvező érték, mert alacsony primer menetszámot eredményez.

A Tr<sub>1</sub> kimenőtranszformátor anódtól anódig hat részre van osztva. A szekunder tekercs öt részből áll, ezek párhuzamosan kapcsolódnak. A névleges terhelőimpedancia 4, illetve 8 Ω. Két szekunder tekercs között helyezkedik el a dupla szállal tekercselt katódköri tekercs. A kimenőtranszformátor SM102/b típusú, hiperszil anyagú tekercselt szalagmagra készült. A transz-

formátor adatait a 14. táblázat tartalmazza. A kimenőtranszformátor tekercselési sorrendjét, a tekercsek összekötését a 42. ábrán szemléltethetjük meg.

Kiszámítottam a kimenőtranszformátort a hagyományos, 4% szilícium-tartalmú EI130-as vasagra is. Hangzásban nincs különbség, a lemezelt EI mag nagyobb térfogatú. Az EI magra vonatkozó adatok a 15. táblázatban találhatóak.

Az elkészített kimenőtranszformátort beépítés előtt ellenőrizzük. A szekunder tekercsre (8 Ω) kapcsoljunk 24 V, 50 Hz-es feszültséget (páka-transzformátor). A primer oldalon a középkivezetés (+) és az A<sub>1</sub>, illetve A<sub>2</sub> pontok között 160 V-ot kell mérni (pontos 24 V mellett!). Az A<sub>1</sub> és az A<sub>2</sub> között ennek a dupláját, vagyis 320 V-ot mérünk. A katódköri tekercs középkivezetése és bármely szélé között 29 V-ot, a két katódkivezetés között ennek a dupláját, vagyis 58 V-ot kell mérnünk, helyes bekötés esetén.

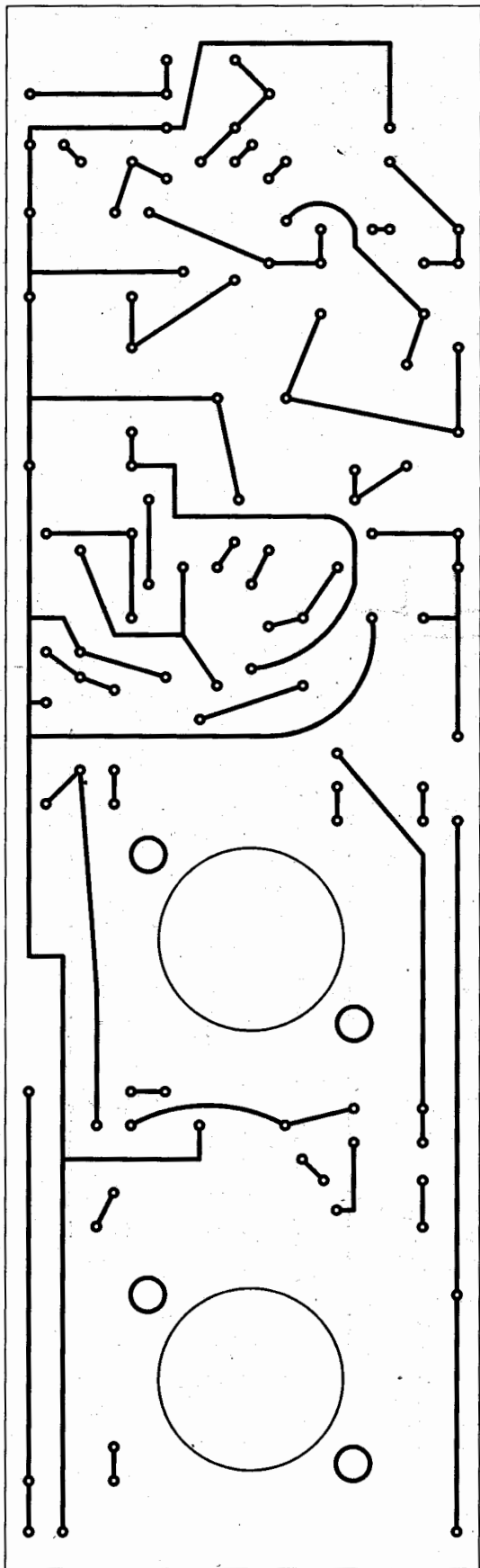
A kimenőtranszformátor 8 Ω-os tekercsével párhuzamosan található az R<sub>26</sub> jelölésű, 100 Ω/2 W-os ellenállás. Ez lényegében egy előterhelés, amely megszakadt hangszórókor esetén megakadályozza a primer oldali nagy – átütésveszélyes – feszültségcsúcsok létrejöttét.

### Tápegység a 45 W-oshoz

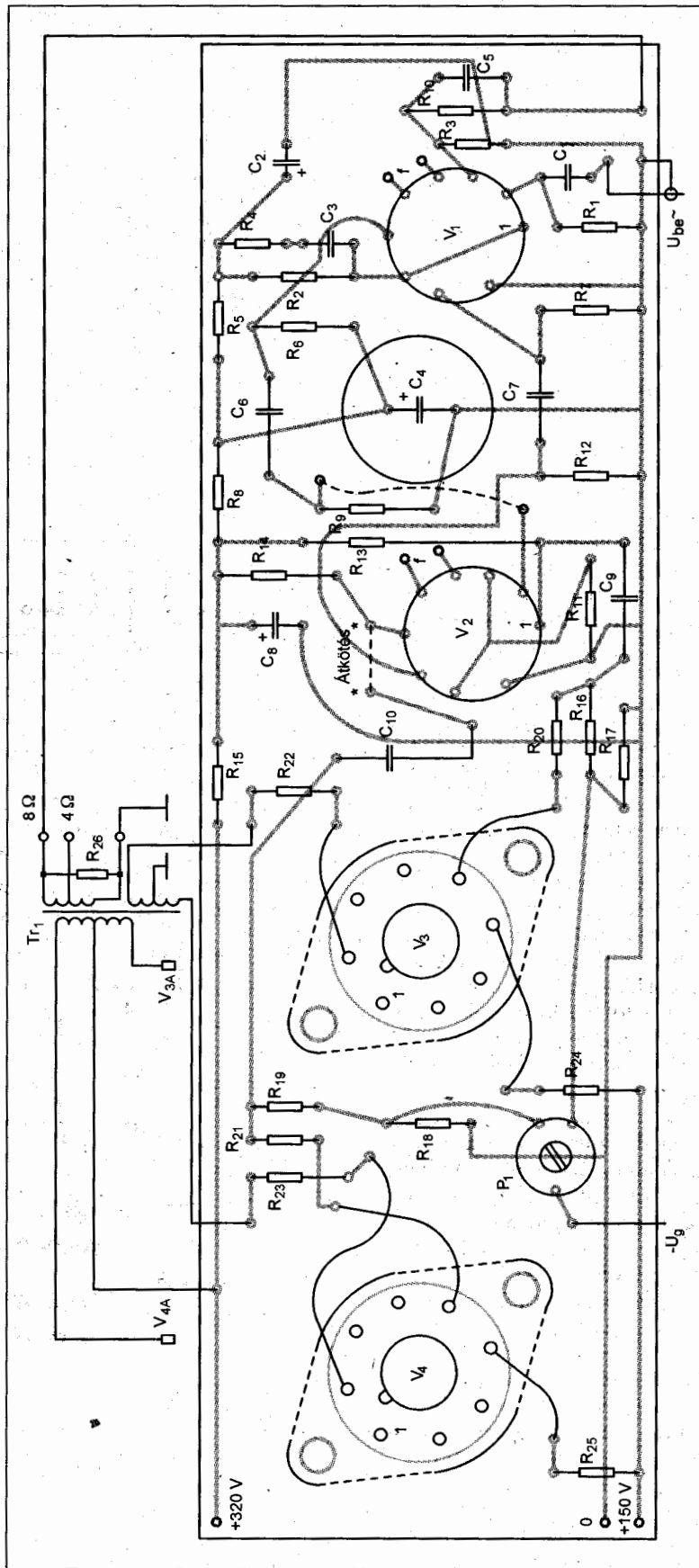
Kapcsolási rajza a 43. ábrán található. Gyakorlatilag felépítésében egyezik az

15. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n6	180	Ø0,50 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két sor 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges.  * leágazás
	n7			
	n8			
	n9			
	n10			
Szekunder	n1	57*, 80	Ø0,65 mm Mz	Az n12 tekercs dupla szállal tekercselve.
	n2			
	n3		Ø1 mm Mz	
	n4		Ø0,65 mm Mz	
	n5			
Katódköri visszacsatoló	n12	107	Ø0,50 mm Mz	
Vasmag: EI 130, q = 24...25 cm <sup>2</sup>				



44. ábra. A 45 W-os erősítő nyomtatási rajza



45. ábra. A 45 W-os végerősítő alkatrész-beültetési rajza

16. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	390	Ø0,80 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A n1 és n2 tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. A többi tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespánpapír szigetelés szükséges.  * leágazás
Szekunder	n2	475	Ø0,60 mm Mz	
	n3	258	Ø0,22 mm Mz	
	n4	11*, 13	Ø1,20 mm Mz	
	n5			
	n6	18	Ø0,30 mm Mz	
	n7	59	Ø0,20 mm Mz	

Vasmag: hiperszil szalagmag SM 102/a

17. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	640	Ø0,80 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátor papír szigetelés. A n1 és n2 tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. A többi tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespánpapír szigetelés szükséges.  * leágazás
Szekunder	n2	776	Ø0,60 mm Mz	
	n3	424	Ø0,22 mm Mz	
	n4	18*, 20	Ø1,20 mm Mz	
	n5			
	n6	29	Ø0,30 mm Mz	
	n7	59	Ø0,20 mm Mz	

Vasmag: EI 130, q = 18 cm<sup>2</sup>

eddig ismertett elektroncsöves erősítők tápegységével. Az eltérés a segéd-rács feszültségét előállító fokozatban van. Egy viszonylag egyszerű, két tranzisztorral, valamint egy Z-dióddal felépített, emitterkövetős tápegység adja a végerősítőcsövek segéd-rácsfeszültségét.

A T<sub>1</sub> és a T<sub>2</sub> tranzisztor Darlington-kapcsolásban üzemel. Mindkettő nagyfeszültségű típus. A kimeneti feszültséget a D<sub>9</sub> jelű Z-dióda állítja be közelítőleg 150 V-ra. A tranzisztorok bázis-áramát, valamint a dióda könyökbeállítását az R<sub>29</sub> ellenállás, a J jelfogó által kapcsolt tápfeszültségről végzi. Ennek a következő az előnye. A végpontdák (tetródák) halála, ha a segéd-rácsfeszültség jelen van, az anódfeszültség viszont hiányzik. Ilyenkor a segéd-rács-áram a többszörösére növekszik az üzemi értékhez képest. Hosszabb idő elteltével felizzik, az elektroncső tönkremegy.

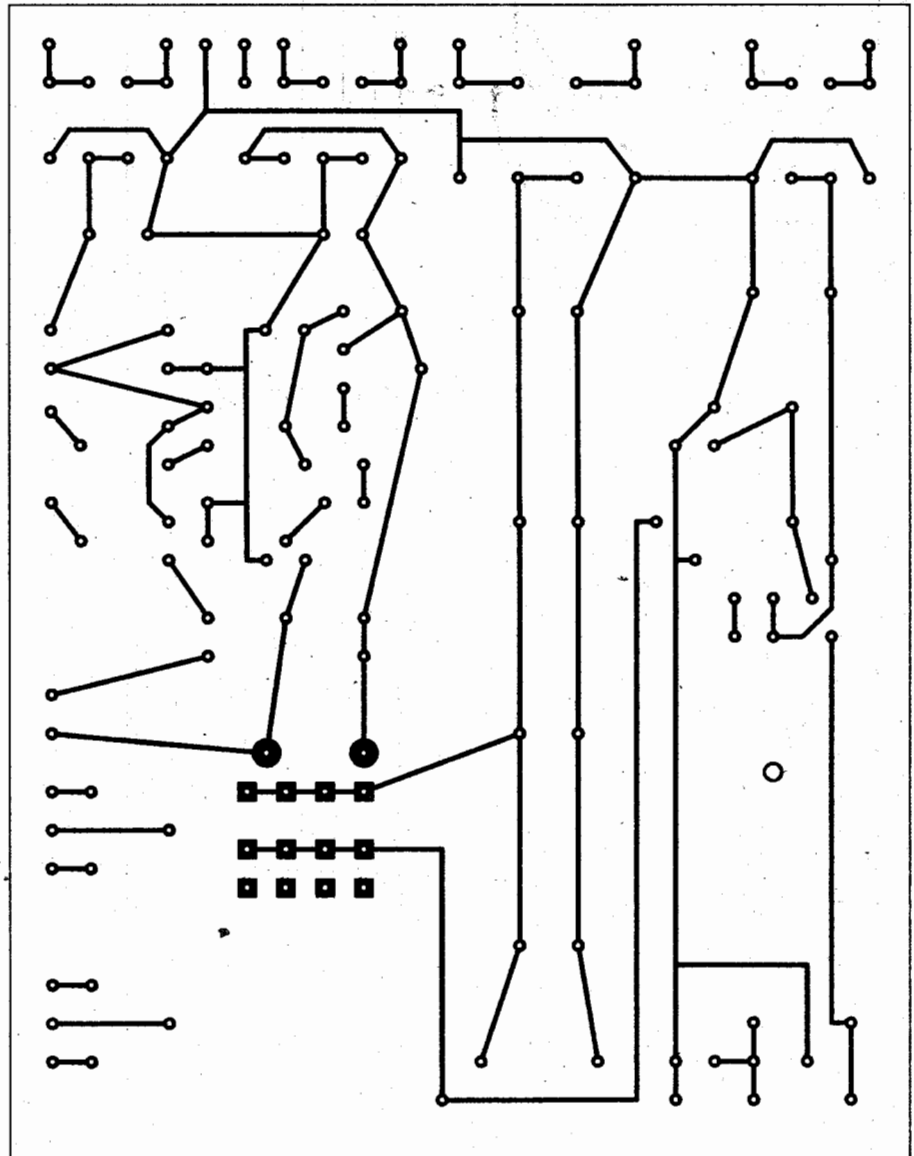
Az általam készített tápegységnél az anódfeszültség adja a T<sub>1</sub> és a T<sub>2</sub> tranzisztor bázis-áramát. Amennyiben nincs valamilyen okból anódfeszültség, nem lesz segéd-rácsfeszültség sem. Ezzel megvédtük a pusztulástól a drága végcsöveket.

A jobb és a bal csatornát külön fűtőtekercsről üzemeltetjük, így a minimális brumm könnyebben beállítható a P<sub>2</sub> és a P<sub>3</sub> potenciométerrel.

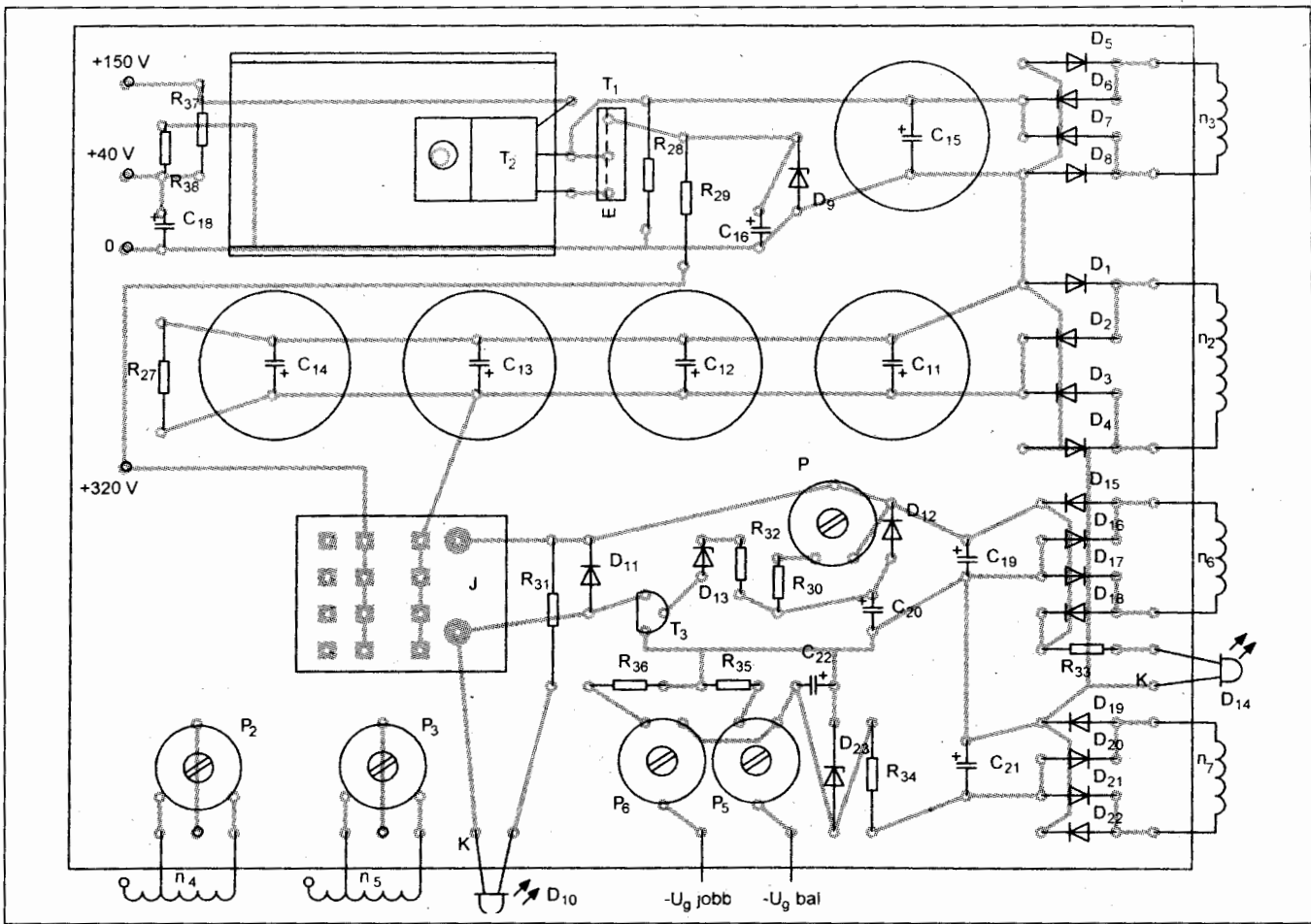
Az anódfeszültséget a fűtéshez képest késleltetve kapcsoljuk. A javasolt idő 30...40 s, amelyet a P<sub>4</sub> potenciométerrel állítunk be.

A negatív rácselőfeszültséget csatornánként állíthatjuk be a P<sub>5</sub> és a P<sub>6</sub> potenciométerrel.

A Tr<sub>2</sub> hálózati transzformátort elkészíthetjük hiperszil anyagú tekercselt



46. ábra. A tápegység nyomtatási rajza



47. ábra. A tápegység alkatrész-beültetési rajza

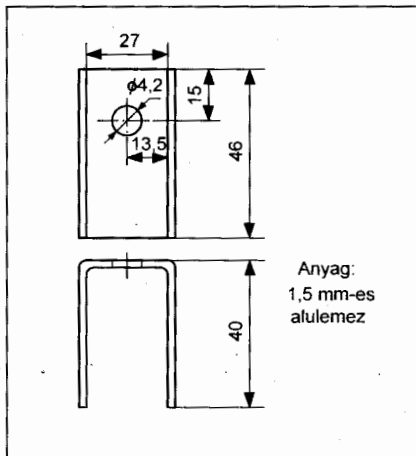
szalagmagra vagy a hagyományos EI formátumú lemezelt magra is.

A hiperszil vasmagra készült transzformátor adatai a **16. táblázatban**, míg az EI vasra épített transzformátor adatai a **17. táblázatban** találhatóak.

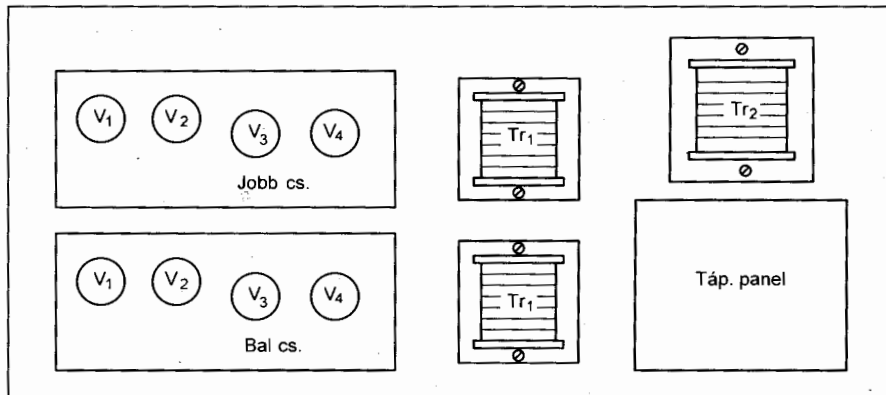
### Megépítés, bemérés

A végerősítő nyomtatási rajza a **44. ábrán**, míg alkatrész-beültetése a **45. ábrán** látható. A kondenzátorok üzemi feszültségét a kapcsolási rajzon feltüntettem. Az erősítőbe fémréteg-ellenlásokat építsünk be, pl. RM4 0,6 W-os típusúakat.

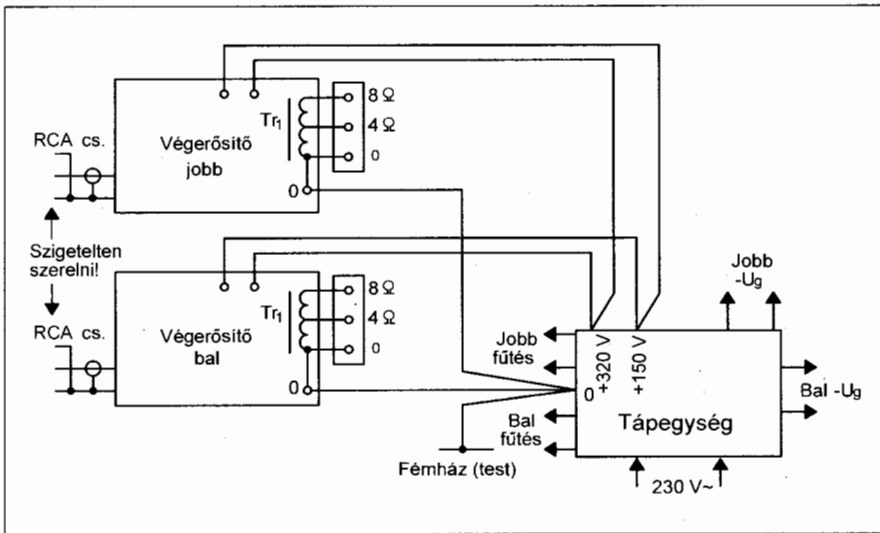
Az ennél nagyobb teljesítményű a kapcsolási rajzon jelöltem. Az erősítőben lévő potencióméterek Piher gyártmányúak. A noválcsovok foglalatai nyákba beültethetők, hazai gyártmányúak. A HAM-bazárban (váltak) kaphatók vagy régi berendezésekből (rádió, televízió) kiszerelhetők. A végerősítőcsövek 8 csapos oktál foglalataúak;



48. ábra. A T<sub>1</sub> hűtőfelülete



49. ábra. A panelok elhelyezése (vázlat)



50. ábra. A panelok összehuzalozási rajza

sajnos ezekből nem gyártottak nyomtatott áramkörbe valót. A panelon lombfűrésszel Ø26 mm-es nyílást vágunk ki. Ebbe csavarozzuk a foglalatot a hozzá tartozó szerelvény segítségével. A csőfoglalat lábait a nyáklap megfelelő pontjaival sodrott, szigetelt huzallal kötjük össze. A fűtésvezeték szigetelt huzalból legyen, amelyeket összesodorva vezetünk a csőlábakhoz, a fóliaoldalon.

A tápegység nyomtatási rajza a 46. ábrán, az alkatrész-beültetési rajza a 47. ábrán szerepel. A  $T_1$  jelű BU508 tranzisztort hűteni kell. Maximális kivezérlésnél kb. 90 mA áram folyik a végerősítőcsövek segéddrácsába. Ekkor a tranzisztoron kb. 3 W teljesítmény disszipálódik el. Az alumíniumból készült hűtő rajza a 48. ábrán látható. A  $T_1$  tranzisztor és a hűtőfelület közé csillám vagy teflon anyagú szigetelő alátétet helyezünk. A szigetelő mindkét oldalát szilikonpasztával bekenjük, a hőátadás javítása céljából. A tranzisztort rögzítő M3-as csavar feje alá szigetelő alátétet teszünk.

Az élesztést a tápegységgel kezdjük. Az anódfeszültség (320 V) kimeneti pontjára műterhelést kapcsolunk. Ezt huzalellenállásból összeállítani igen drága lenne, ezért egy kevésbé elegáns, de célravezető megoldást ajánlok. Kettő darab 230 V, 100 W-os izzót sorba kapcsolunk, ez a terhelés. A test és a 150 V-os kimenet (segéddrács) közé 1,5 kΩ, 20 W-os huzalellenállást kapcsolunk. Ez 100 mA-es áramfelvételnek felel meg.

Zárjuk a hálózati kapcsolót. Feszültséget mérünk a test és az anódfeszültségpont között, a műterhelés (iz-

zők) sarkain. A bekapcsolással egyidejűleg begyújt a  $D_{14}$  LED, majd a késleltetési idő után a  $D_{10}$ -es is. Ekkor a J jelű fogó meghúz, megjelenik az anód-, illetve segéddrácsfeszültség. A  $P_5$  és a  $P_6$  potencióméter csúszkája és a test között -22 V-ot állítunk be.

Ezek után összekábelezük a tápegységet az erősítő egyik csatornájával. A  $Tr_1$  kimenőtranszformátor szekunder tekercsének 8 Ω-os kivezetésére 8 Ω, 60 W-os műterhelést kapcsolunk. A műterhelést több ellenállás vegyeskapcsolásával hozhatjuk létre. Például négy darab 33 Ω, 20 W párhuzamos kapcsolása, az eredő 8,2 Ω, vagy öt darab 47 Ω, 20 W és egy darab 56 Ω, 10 W. A kimenőtranszformátor  $n_{12}$  tekercsét szabadon hagyjuk, továbbá letesteljük az  $R_{22}$  és az  $R_{23}$  trafó felőli végét.

Zárjuk a hálózati kapcsolót. Ha sípolás, kattogó hang jön a kimenőtranszformátorból, felcseréljük a  $V_3$  és a  $V_4$  anódjához kapcsolt trafókivezetéseket. Néhány perc elteltével ellenőrizzük a kapcsolási rajzon megadott anódfeszültségeket. A megengedett eltérés 10% lehet. Amennyiben az eltérés ennél jóval nagyobb, cseréljük elektroncsövet, ellenőrizzük a beépített anód- és katódelőállások értékét kikapcsolt állapotban.

Következő lépés beállítani a végpontodák munkapontját. Felváltva mérünk egyenfeszültséget az  $R_{22}$ , majd az  $R_{23}$  ellenállás sarkain. A  $P_1$  potencióméterrel egyforma feszültségesést állítunk be. A tápegységben lévő előfeszültséget állító  $P_5$ , ill.  $P_6$  potenciómé-

terrel 78 mV-ot állítunk be az  $R_{22}$ , illetve  $R_{23}$  ellenálláson.

A műterhelésre hangfrekvenciás voltmérőt és oszcilloszkópot kapcsolunk. A végerősítő bemenetére hangfrekvenciás generátor jelét adjuk. A generátor állása a következő:  $f = 1$  kHz,  $U_{ki} = 190$  mV. Bekapcsoljuk az erősítőt, feljegyezzük a műterhelésen mért feszültséget.

Kikapcsolt erősítőnél bekötjük az  $n_{12}$  katód körüli visszacsatolótekeresztet. Bekapcsoljuk az erősítőt. Amennyiben a műterhelés sarkain mért feszültség lecsökken, jó polaritással forrasztottuk be a tekeresztet. Ellenkező esetben a kimenőfeszültség megemelkedik, esetleg gerjed az erősítő (pozitív visszacsatolás).

Ismétellen ellenőrizzük (vezérlés nélkül) a végerősítőcsövek katódáramát. Mérünk az  $R_{22}$  és az  $R_{23}$  ellenállás sarkain. Amennyiben szükséges, korrigáljuk a megfelelő potencióméterekkel.

Az egyes panelok elhelyezése a 49. ábrán látható. A javasolt huzalozás rajza az 50. ábrán található.

Az E88C ipari cső közszükségleti változata az ECC88. Utóbbival szinte azonos a PCC88-as elektroncső, eltérés csupán a fűtőfeszültségben van: 7 V. A hazai gyártású fekete-fehér televíziókészülékek bemeneti fokozataiban használták, a Tungfram is gyártotta. A hálózati transzformátor fűtőtekercsére néhány menetet rátekerve, létrejön a 7 V-os fűtőfeszültség. Ezt a táblázatokban megadtam. Így a PCC88-as elektroncső is használható, természetesen – az ipari csövekhez képest – kevesebb üzemórával.

#### Felhasznált irodalom:

- Scultéty László: Elektroncsöves és tranzisztoros áramkörök. Kohó- és Gépipari Minisztérium, 1961 Budapest.
- Tarnay Kálmán: Elektroncsövek alkalmazása. BME Villamosmérnöki kar, 1957 Budapest.
- Demeter Károly: Négyszöggenerátor a mérés technikában. Rádió Compass, 1948 Budapest.
- G. Sz. Cikin: Hangfrekvenciás transzformátorok. Nehézipari Könyv és Folyóirat Kiadó Vállalat, 1953.
- Dr. Barta István: Rádiókészülékek és erősítők. Tankönyvkiadó, 1963 Budapest.
- Wilhelm Beier: Röhren Taschenbuch. VEB Verlag Technik, 1965 Berlin.
- Kádár Géza: Rádióvetél technika ismeretek. Műszaki Könyvkiadó, 1963 Budapest.

# A „Saját hangja, vigye haza!” stúdió története

Dr. Láng Róbert okl. gépészmérnök, mérnök-közgazdász

A huszadik század első évtizedében született *Seiber-testvérek* hárman voltak, valamennyien zenei tehetséggel megáldva. A legidősebb *Mátyás* zeneszerző, zenepedagógus és karmester volt, *Kodály Zoltán* és *Schiffer Alfréd* tanítványa a Zeneművészeti Főiskolán. Huszonhárom éves korában megpályázta és elnyerte a frankfurti Állami Főiskola jazztanszékének professzori állását. A középső *Keresztúryné Seiber Mária* zongora- és orgonaművész, az irodalomtudós miniszter felesége. Az elektrotechnika iránt már gyermekkorában is érdeklődő legkisebb *Seiber-Mike József* egyszerre tanult a Magyar Királyi József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki karán és a Zeneművészeti Főiskola ütőhangszer szakán.

Elhagyva a szülői házat, *Seiber-Mike József* a budapesti József körúton bérelt lakást, amelynek egyik szobáját műhelynek rendezte be. Hangtechnikai kísérletekkel akart foglalkozni, ez érdekelte mindenek előtt. Természetesen ebből megélni nem lehetett, ezért különböző állásokat vállalt. A Fővárosi Operettszínházban esténként dobolt, a Mogyoróssy-féle hangszerüzlet és hangszerkölcsonzó ütőhangszereit szállította és kezelési technikájukat mutatta be a vevőknek, valamint egy zeneiskolában is tanított zenetörténetet és zeneelméletet. Lakásában pedig folytatta kísérleteit, hangfelvételeket próbált készíteni a Standard Villamosági Rt. által gyártott Darling típusú rádiója segítségével. A Darling a harmincas évek legkorszerűbb rádióvevő készülékei közé tartozott, úgy hirdették, mint „luxusvevőt”, mint „az éter új királyát”. A kísérletekhez segítséget nyújtott barátja, *Kauszer János* gépészmérnök, a Mechanikai és Elektromos Ipari Szakiskola tanára.

A hangfelvételekhez kiselejtezett röntgenfilmeket használt. A kórházak a feleslegessé vált nagyméretű röntgenlemezeket ingyen, vagy fillérekért odaadták a szimpatikus, jó modorú fiatalembernek. Később acetilcellulóz-polivinilklorid alapanyagú, okkersárga színű, 25 centiméter átmérőjű korongokra vette fel a hanganyagot, amelyet 78-as fordulatszámmal lehetett lejá-



Seiber-Mike József

szani. Egy-egy lemezre 3...4 percnyi anyag fért rá. Csak az egyik oldal volt alkalmas a lejátszásra. A működési engedély megszerzése után tábla került a József körüti lakás egyik utcai ablakára: *Seiber Phono Stúdió*. Néhány újsághirdetés és a környező zeneiskolákban elhelyezett plakát nyomán 1938-ban megkezdődött a munka. Aztán lassan-lassan egyre több lett a megrendelő, és egy évvel később a stúdió már szűknek bizonyult a megnövekedett feladatok elvégzésére. Az ambiciózus fiatalember tovább lépett. Kibérelt egy három helyiségből álló lakást a Nagymező utca 8. számú ház első emeletén. A legbelső szoba falait gondosan hangszigeteltette, ez lett az új stúdió. A berendezése egyszerű volt: állványos mikrofon, zongora, dobfelszerelés, kottaállványok, asztal, néhány szék és egy falra szerelt kivilágítható doboz a tájékoztató feliratokkal: „Csendet kérünk, Próba felvétel indul, Felvétel indul, Felvétel vége, Közelebb a mikrofonhoz, Távolabb a mikrofontól”. A középső szobában készült a hanglemez, az első szoba váróteremmé alakult. A cégtábla is megváltozott, megszületett a „*Saját hangja, vigye haza!*” hangstúdió. A lemezekre elsősorban szöveg került, de lehetett rá énekelni (ha a megrendelő akarta, zongorakísérettel), vagy szólóhangszeren játszani. A felvételt pedig *azonnal* haza lehetett vinni a szlogen szerint.

*Ilus asszony*, *Seiber-Mike József* felesége volt az asszisztens, de anyagbeszerző, könyvelő és pénztáros is egy személyben. Szerződést kötött az Ábrahám Nyomdával, ahol a kétszínű lemezbortókat készítették olcsón, lábball

hajtott nyomdagéppel. A tájékozatlan jelentkezőket tapintatosan átsegítette a kezdeti nehézségeken, elmagyarázta, hogyan készül majd a felvétel, részt vett az esetleges próbákon, eloszlatta a lámpalázat.

1939–1947 között mintegy 14–15 ezer felvétel készült és került el a családokhoz a világ minden tájára. A felvett hang minősége gyenge volt, még az akkor forgalomban levő bakelit lemezekéhez képest is. A zörejek, torzítás és recsegés ellenére a hangjukat megörökíteni vágyók elégedettek lehetek: felismerték és „haza vihették” saját hangjukat.

*Seiber-Mike József* és felesége 1948 elején felszámolta a stúdiót és kivándorolt Ausztráliába. Sydneyben telepedtek le, ahol szerették volna a hangfelvételek készítését folytatni. Stúdiójukat „*Make this your choice: Take home your voice!*” szlogennel reklámozták. Később azonban megjelentek az első orsós magnetofonok és nem volt akkora szenzáció a lemezes hangfelvétel, ezért vállalkozásuk abba maradt, fotóüzletet nyitottak és ebből éltek szerényen.

A *Seiber* testvérek emlékére *Doráti Antal*, külföldön élő, világhírű karmesterünk emlékdíjat alapított fiatal zeneszerzők, karmesterek és szólisták részére. A nyolcvanas években több tehetséges zeneművész vehette át a Liszt Ferenc Zeneművészeti Főiskolán a díjat, amely oklevéllel, pénzjutalommal és külföldi tanulmányúttal is járt.

A hatvanas évek elején a Fővárosi Művészi Kézműves Vállalat létrehozta a József körúton egy hangstúdiót. Ez a stúdió – fennállásáig – magánszemélyek részére végzett szolgáltatásként szintén hanglemezeket készített. A technikai felszereltsége ez utóbbinak már természetesen sokkal korszerűbb volt, mint a korábbi, *Seiber-Mike* féle hangstúdióinak. Az újabb stúdió nem volt jogutódja az eredetileg alapítottnak, azonban – az akkori érának megfelelően – „természetesen” átvette a korábban már jól bejáratott szlogent: „*Saját hangja – Vigye haza!*” s így is hirdették magukat, bár az azonos hely-



# Muzeális vevőkészülékek szakszerű restaurálása 7.

## Érdekes átalakítások

Simoncsics László okl. villamosmérnök (simoncsics@freemail.hu)

*Minden gyűjtő találkozott már átalakított, módosított készülékekkel. Ilyenkor felmerül az a kérdés, hogy lehetséges és érdemes-e ezeket az eredeti állapotba visszaállítani, vagy hagyjuk meg ebben a formában. Az általános szabály, hogy az eredeti alkatrészek és anyagok (vagy ahhoz hasonló) segítségével törekedjünk a tervezők által kialakított konstrukció és küllalak helyreállítására, de van néhány eset, amikor a módosított készülék is érdekes, mert az átépítések többnyire jellemzőek voltak az adott korra, és magukon viselték a műszaki fejlesztés és gazdasági helyzet nyomait.*

### Bevezetés

Természetesen nem azokról az átalakításokról lesz szó, amelyek a gyűjtőket rendkívül zavarják, amikor egy javítás során, pl. az eredeti csövet egy sokkal későbbivel pótolják, kidobták a foglalatot, az összes alkatrészt, és az új foglalat körül nagy lyuk tátongott. Más esetben a mágneses hangszóró helyett dinamikus hangszórót építettek a készülékbe, és az „illesztést” úgy oldották meg, hogy huzalellenállást kötöttek az azal sorba. Minden gyűjtő találkozott már ilyen szakszerűtlen megoldásokkal. Ebben az esetben az egyetlen helyes eljárás az, hogy törekedni kell az eredeti állapot visszaállítására! Vannak viszont olyan átalakított készülékek, amelyeknél a módosítást nem a szakértelem hiánya, hanem a gazdasági helyzetből vagy a technikai fejlesztésből adódó szükségesség indokolta. Ebben az esetben meggondolandó, hogy a

készüléket átalakított formában tartjuk-e meg, vagy helyreállítjuk az eredeti állapotot.

Az első átalakítási kampány (1928) a közvetett fűtésű csövek megjelenésével kezdődött, ekkor egy fűtőtranszformátor beiktatásával a fűtőakkumulátorokat ki lehetett küszöbölni, az anódtelap helyett pedig anódpótlókat alkalmaztak. A második jellegzetes módosítás: a Budapest II. hivatalos adásának megindulásakor a helyi adó vételére szánt egyenes vevőket kellett alkalmazni a hosszú hullámon adó második hazai program vételére (1933).

Az olcsó néprádiók mindig csábították az amatőröket arra, hogy a lehető legtöbbet hozzanak ki a készülékből. Nem sajnálták, fűrták-faragták a dobozokat, cserélték a csöveket, alkatrészeket, hogy manapság már nem is lehet ezekre ráismerni. Legtöbbször a háborús és a háború utáni anyaghiány készítette a szerelőket az átalakításokra, sok tanácsot kaptak erre vonatkozólag a szakfolyóiratokból is (Rádióvilág, Rádiótechnika).

Az utolsó tömeges átépítés volt, amely már szinte ipari méreteket öltött: a második (ún. Rákosi) néprádió átalakítása kétsávós, rövid- és középhullám vételére alkalmas vevőkészüléké. Természetesen a gyűjtő az említetteken kívül még számtalan átalakított vevővel találkozhat. Olyanokkal, amelyeknél egy régi dobozba egy teljesen más vevőt építettek, vagy a készülék régi és a dobozt cserélték.

Ilyen jellegzetes „indokolt” átalakításokat mutatok be a fellelhető irodalmi források segítségével, vagy ame-

lyekkel magam találkoztam, majd néhány átalakított készüléket ismertetek részletesebben.

### A kezdetek

Mint olvasóim az előző részekben már megbizonyosodtak róla, a leggyorsabb fejlődés a műsorszóró rádiózás kezdete volt jellemző. Különösen igaz ez az 1924-től 1930-ig terjedő időszakra. Ennek elején még a wolframszálas teleples, a végén már a váltóáramú fűtésű báriumkatódos csöveket alkalmazták. Ez a gyors fejlődés eredményezte, hogy a készülékek, a csövek és az alkatrészek néhány év alatt elavultak. A tóriumos wolfram fűtőszálú, ún. takaréksövek alkalmazása még nem eredményezett jelentősebb átalakítást, csak a fűtőakkumulátorokat kellett ritkábban tölteni. A nagyobb gyárak kezdtek hálózatról táplált akkumulátortöltő és anódpótló készülékeket gyártani, de a fő törekvés a készülékek közvetlen váltóáramú hálózatról történő táplálása volt. A telepfűtésű csövek váltóáramú izmítása jelentős bűgást eredményezett. Egyrészt, ha a fűtőszál egyik végét földelték, a fűtőfeszültség hol kivonódott, hol hozzáadódott az anódfeszültséghez. Ezt még ki lehetett küszöbölni a fűtőközep földelésével, akár egy kis méretű trimmer potenciométer felhasználásával. Másrészt a vékony fűtőszál hőmérséklete jelentősen ingadozott, ami 100 Hz-es bűgást okozott. Rövid ideig gyártották a közvetlen fűtésű váltóáramú csövek között az ún. rövid fűtőszálúakat, amelyeknél a vastag szál hőtehetetlenségétől remélték a bűgás

(Folytatás a 70. oldalról)

színen kívül semmi közük nem volt egymáshoz. A Fővárosi Művészi Kézműves Vállalat megszűnése után az újabb stúdiót a Magyar Rádió vette át a műszaki berendezésekkel együtt és éventizedeken át itt készítette a rádióban elhangzott hírdetéseket. A történetünk helyszínén ma is hangstúdió működik: a Bose Hangstúdió. Úgy látszik, itt tényleg működik a genius loci...

Elnézést kérek az Olvasótól az esetleges pontatlanságért, a „Saját hangja, vigye haza!” hangstúdió történetét részben emlékezetből, nagybátyámmal, Seiber-Mike Józseffel folytatott beszélgetésekre gondolva idéztem fel. Megpróbáltam a hajdani stúdió műszaki részleteinek utána nézni a korabeli rádiótechnikai folyóiratokban, sajnos sikertelenül.

Felhívás az olvasókhöz

Amint a fenti visszaemlékezésből kiderül, a stúdió, ill. a helyiségeinek sorsa (története) az 1948 és az 1960-as évek eleje közötti időszakban ismeretlen. A szerkesztőségnek sem sikerült megbízható, hiteles forrásra találnia. Arra kérjük olvasóinkat, hogy ha valaki rendelkezik erről az időszakról pontos információval, akkor ossza meg velünk és a többi olvasótársával.

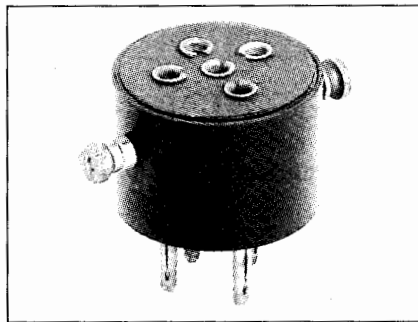
A szerkesztőség

megszűnését. Ilyen csövek voltak Tungsram G 150, R 150 és L 190 típusok (a Tungsram csövek típusjelzésénél a betűt követő első szám a fűtőfeszültséget voltban, a következő számok a fűtőáramot jelentik 10 mA-ben), de a Philips és a Telefunken is gyártott ilyen csöveket. Tudomásom szerint a nagyobb hazai gyártók közül csak a Standard használta fel ezeket a Standardyne (1929) nevű készülékében. Ebben is a bűgásra legérzékenyebb demodulátorcső a közvetett fűtésű AR 4101-es volt.

## Áttérés a váltóáramú fűtésre

A Telefunken cég dobta piacra Európában elsőnek 1927 végén a REN 1104 típusjelzésű közvetett fűtésű csövét. A cső akkor kétszer annyiba került, mint telepes társai [1]. A fűtőszálnak a katódtól való elszigetelése és a katód nagy hőkapacitása véglegesen megoldotta a váltóáramú fűtés addig tapasztalt legnagyobb hibáját, a bűgást. Ezeknek a csöveknek a fokozatos elterjedése nagy fellendülést eredményezett a hálózati készülékek gyártásában. Első időben külön gyártották a vevőket egyenáramú és váltóáramú hálózati táplálásra.

Ekkor még a korábban megvásárolt telepes készülékek nagyon jó állapotban voltak, kár lett volna kidobni ezeket. A fűtőakkumulátorokkal és az anódelepekkel való bajlódást viszont már annyira utálták a készüléktulajdonosok, hogy hajlandók voltak némi anyagi áldozatot hozni az átalakítás érdekében. A szaklapok számtalan cikket jelentettek meg a váltóáramú fűtésről, amelyek közül néhányat megemlítek az irodalomjegyzékben [2, 3, 4], sőt, egy egész könyv is foglalkozott a témával [5], de a számunkra érdekes átalakítás leírását a [6] irodalomban talál-  
tam meg. Ebben a szerző nem egy váltóáramú készülék újonnan való megépítésével, hanem egy jól működő két-háromlángos készülék modernizálásával foglalkozott. Ehhez szükséges volt egy anódpótló, amely nagyon hasonlított a későbbi készülékek saját (beépített) anódpótlóihoz, csak különálló egységet képezett, és a kimeneten elhelyezett feszültségosztó ellenállások segítségével különböző anód és rácselektrodszűrésűket lehetett beállítani. Ezen kívül kellett egy fűtőtranszformátor, amely a csövek számára a többnyire 4 V fűtőfeszültség mellett a szükséges fűtőáramot szolgáltatta. Ezért maradt meg a lomok között annyi „fűtőtranszformátor” (Heizungstransformator) felirátú alkatrész, mert a kisebb cégek ráálltak ezek gyártására. Az amatőrök számára készült a kor híres „EKA-trafója”, amely bakelitházba volt zárva, és az **1. fényképen** látható. Ugyancsak készen lehetett kapni a váltóáramú fűtéshez szükséges foglalatátalakítót (**2. fénykép**). A telepes triódák csak négyecsaposak voltak, a közvetett fűtésűek viszont ötcsaposak, ezért kellett ez az alkatrész, amelynek bekötését az **1. ábrán** láthatjuk. Az átalakítás úgy történt, hogy a fűtésvezetékét az oldalcsavarokhoz kötötték, a szükséges anód és előfeszültségeket az anódpótlóról vették. Egy szokásos kétlángos telepes készülék átalakított kapcsolási rajzát közöljük a **2. ábrán**. Látható, hogy csak az audioncső közvetett fűtésű, a végerősítő közvetlen fűtésű, ez már nem okozott morgást, ha a fűtőtekerces közepét földelték és összekötötték a katódpontokkal, illetve a telepes készülék fűtésvezetékével.



**2. fénykép. Foglalatátalakító**

mos fűtésű csöveknél a 4 voltos fűtőfeszültségről a 6,3 voltra. Ezt az autórádiók elterjedése indokolta, mert így nem kellett az autórádiókhoz külön csősorozatot alkalmazni, és sokkal egyszerűbb volt az átkapcsolás 6 V és 12 V akkumulátorfeszültség között. Ez nem okozott a készülékek konstrukciójában jelentős változást, a hasonló funkciójú csövek fűtőtéljesítménye csökkent, a többi paraméter lényegében nem változott, és még a háború után is gyártotta a Tungsram az „A” csöveket a szervizek számára. Néhány esetben mégis találkozunk olyan átalakítással, ahol az eredetileg 4 voltos fűtésű csöveket 6,3 voltosra cserélték. Ennek az lehetett az oka, hogy az „E” cső paraméterei jobbak voltak. Az AK 2 októdát a stabilabb rövidhullámú vétel érdekében volt érdemes cserélni az EK 3 sugároktódára, az AM 1 (Tungsram ME 4) varázsszemet az EM 4 kettős hangolászjelzőre. A háború utáni anyaghiány is indokolhatta az összes „A” cső cseréjét „E” csövekre.

Amennyiben minden csövet kicseréltek, indokolt volt a hálózati transzformátort szétszedni és a fűtőtekerceset áttekerceselni. Egyes csövek cseréje esetén vékony vezetékkel fűztek fel kb. 20 menetet a transzformátorra annak szétszedése nélkül, és a négyvoltos tekerccsel sorba kötve oldották meg az új cső fűtését [7].

Néhány gyári készüléknél is találunk ilyen keveredést. A Standard Szuper 39 típusjelzésű készülékben például ACH 1 a keverőcső, a többi cső már 6,3 V fűtésű. Először én is azt hittem, hogy hibás a kapcsolási rajz, amíg nem jutottam hozzá egy ilyen „öszvér” készülékhez. A panelon valóban európai átmeneti foglalatú „A” cső volt, és a 4 volt fűtőfeszültséget a foglalat bekötőhuzalát képező 1,1  $\Omega$ -os flexibilis ellenállás segítségével állították be. Valószínűleg a Tungsram nem tudta időben szállítani az akkor még új ECH 3-as keverőcsövet.

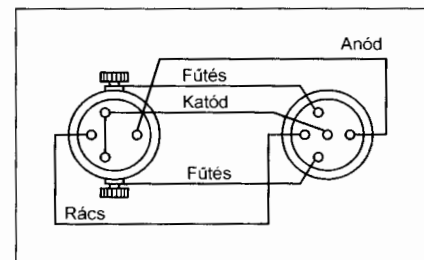
## Áttérés 6,3 V fűtőfeszültségre

1937–38-ban tértek át a nagyobb európai csőgyárak a váltóáramú párhuzam-

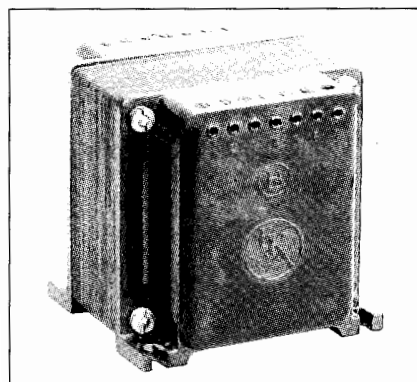
os fűtésű csöveknél a 4 voltos fűtőfeszültségről a 6,3 voltra. Ezt az autórádiók elterjedése indokolta, mert így nem kellett az autórádiókhoz külön csősorozatot alkalmazni, és sokkal egyszerűbb volt az átkapcsolás 6 V és 12 V akkumulátorfeszültség között. Ez nem okozott a készülékek konstrukciójában jelentős változást, a hasonló funkciójú csövek fűtőtéljesítménye csökkent, a többi paraméter lényegében nem változott, és még a háború után is gyártotta a Tungsram az „A” csöveket a szervizek számára. Néhány esetben mégis találkozunk olyan átalakítással, ahol az eredetileg 4 voltos fűtésű csöveket 6,3 voltosra cserélték. Ennek az lehetett az oka, hogy az „E” cső paraméterei jobbak voltak. Az AK 2 októdát a stabilabb rövidhullámú vétel érdekében volt érdemes cserélni az EK 3 sugároktódára, az AM 1 (Tungsram ME 4) varázsszemet az EM 4 kettős hangolászjelzőre. A háború utáni anyaghiány is indokolhatta az összes „A” cső cseréjét „E” csövekre.

Amennyiben minden csövet kicseréltek, indokolt volt a hálózati transzformátort szétszedni és a fűtőtekerceset áttekerceselni. Egyes csövek cseréje esetén vékony vezetékkel fűztek fel kb. 20 menetet a transzformátorra annak szétszedése nélkül, és a négyvoltos tekerccsel sorba kötve oldották meg az új cső fűtését [7].

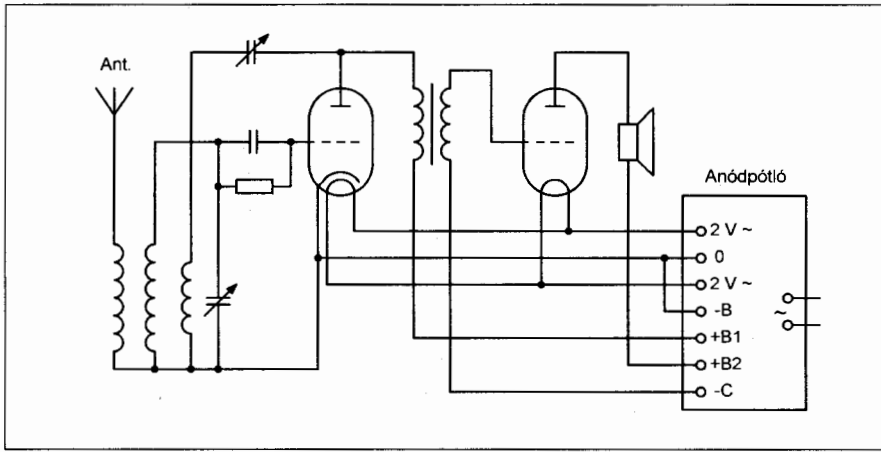
Néhány gyári készüléknél is találunk ilyen keveredést. A Standard Szuper 39 típusjelzésű készülékben például ACH 1 a keverőcső, a többi cső már 6,3 V fűtésű. Először én is azt hittem, hogy hibás a kapcsolási rajz, amíg nem jutottam hozzá egy ilyen „öszvér” készülékhez. A panelon valóban európai átmeneti foglalatú „A” cső volt, és a 4 volt fűtőfeszültséget a foglalat bekötőhuzalát képező 1,1  $\Omega$ -os flexibilis ellenállás segítségével állították be. Valószínűleg a Tungsram nem tudta időben szállítani az akkor még új ECH 3-as keverőcsövet.



**1. ábra**



**1. fénykép. EKA trafó**



2. ábra

### Budapest II. vétele

A második magyar program sugárzási frekvenciája az idő folyamán elég változatos képet mutatott. Mivel korábban már írtam erről a témáról egy cikket [8], az 1. táblázatban összefoglalom a változásokat. A gyűjtők számára ez azért érdekes, mert ha megtalálják egy ismeretlen készüléken a Budapest II. feliratot, a frekvenciából vagy a hullámhosszból be tudják határolni a készülék gyártási idejét. Az én Hornyphon készülékem skáláján 210 méteres hullámhossznál van jelezve Budapest II. Ebből tudtam meg, hogy 1932 elejére kell helyeznem a korát.

A jelentősebb hullámhosszváltások mind átalakítást jelentettek, különösen a közép-hosszúhullám váltás. 1932 előtt a csak helyi adó vételére alkalmas készülékeket kizárólag középhullámra tervezték. Aki ezután is akarta mindkét hazai adó programját venni, kénytelen volt készülékét átalakítani, vagy két hullámsávós készüléket vásárolni. A 3. ábrán egy ilyen átalakítást végző cég hirdetését látjuk, amely az ún. „sárga” Rádió Újságban

jelent meg. Látható, hogy többnyire egyhangoltkörös egyenes vevőkről van szó. Az Orion 7033-nak, amelyik kéthangoltkörös, már 15 pengőbe került az átalakítása. Azt nem tudom, hogy a Belgráder cég melyik átalakítást végezte, de én a következőkkel találkoztam:

A logikus a tekerescsere volt. Egy 6 cm átmérőjű hengeres tekercestestre kb. 100 menetet kellett tekeresni (a huzalvastagság, tekereshossz függvénye), hogy a készülék 500 pF-os forgókondenzátorral Budapest II.-t behozza. Mindegyik közül ez a legdrágább megoldás, a másik hátránya, hogy ezzel együtt Budapest I. az addig megszokottól teljesen eltérő skálaosztásnál volt

*Milyen rádiója van?*  
**HOLNAP VISSZAKAPJA MODERNIZÁLVA**  
 BUDAPESTI ÉS SZELEKTIVITÁSI

**ORION 7015. ORION 7016. ORION 7023. ORION 7029.**

10.- 10.- 10.- 10.-

**ORION 7123. ORION 7033. Standard 2a. Standard 2ap.**

10.- 15.- 10.- 10.-

**Standard 3a. T.R.T. AKTÍO T.R.T. GLÓRIA. TELEFUNKEN**  
 DIADAL

10.- 9.- 12.- 10.-

**ASTRA VOLTOHM AMATŐR** **HELYBEN ÉRTE MEGY. HAZA VI/31:**  
**BELGRÁDER**  
 SZERVIZ SZOLGÁLT  
 VII. JÓZSEF HRT34. IX. RÁDAY UCCA 14.  
 TELEFON: 44-7-73. 85-2-03  
 VIDEKROL PÓSTÁN SZALLITHATÓ!

3. ábra. Belgráder reklám

### 1. táblázat. Budapest II. (Petőfi) frekvenciájának változása

Dátum	Hullámhossz	Frekvencia	Megjegyzés
1930. 01. 01.	210 m	1428 kHz	Bp. II. kísérleti műsor
1932. 02. 14.	210 m	1428 kHz	Bp. II. rendszeres adás
1932. 10. 10.	840 m	357 kHz	Bp. II. hosszúhullámon
1943. ?	228,5 m	1313 kHz	Bp. II. a háború alatt
1946. 07.	288 m	1040 kHz	Bp. II. a háború után
1949. 02. 01.	288 m	1040 kHz	Bp. Petőfi rádió
1950. 03. 15.	252,7 m	1187 kHz	Bp. Petőfi rádió
1953. 10. 15.	344 m	872 kHz	Bp. Petőfi rádió

vehető. Az ún. Horthy néprádióknak volt ilyen skálája, amelyik beforgatott forgóállásnál fogta a második műsort és es kb. a skála felénél az első műsort.

Lényegesen olcsóbb megoldás volt a forgókondenzátor kapacitásának növelése. Ez történhetett úgy, hogy a forgókondenzátor teljesen beforgatott állásában egy érintkező egy trimmer kondenzátort kapcsolt párhuzamosan vele (kb. 950 pF teljes kapacitás volt szükséges). A trimmert úgy állították be, hogy ebben a helyzetben a rádió

840 méterre legyen hangolva. Az amatőrök által kedveltebb módszer volt egy 500 pF-os bakelit- vagy trolitulforgót párhuzamosan kötni az eredeti rezgőkörrel. Ez kiforgatott állásban volt a középhullámú adók vétele alatt, beforgatott állásban Budapest II. hallgatásánál. Így a külön forgó kezdő kapacitásának függvényében a középhullámon vett adók csak kismértékben tértek el korábbi, megszokott helyüktől. A beszerelés újabb furatot és forgatógombot jelentett a készülék elő- vagy oldalapján.

Feltétlenül kell szólnunk a reklámban is említett szelektivitás kérdéséről. A két adó nem volt frekvenciában olyan távol egymástól, hogy egyhangoltkörös készüléknél Budapest I. műsora ne hallatszott volna bele a második programba, hiszen ekkor már működött a lakihegyi „óriásadó”. Ezért egy hullámcspadát szereltek a készülékekbe, amely egy méhsejt tekercselésű tekercsből és egy csillám trimmer vagy egy bakelitforgóból állt. A hullámcspadát rendszerint a készülék oldalára szerelték, ezért van majdnem minden korabeli készülék oldala összefurkálva.

## Az első néprádió átalakítása

Az úgynevezett Horthy néprádió történetéről és felépítéséről már írtam ennek a sorozatnak az első részében [9]. A most fellelhető példányok állapota mutatja, hogy milyen bátran nyúltak az amatőrök és a kisiparosok ennek a készüléknek az átalakításához. Mivel az 50 mA-es soros fűtésű csövek (VCL 11) fűtőszála könnyen kiégett, a hálózati egyenirányító cső (VY 2) katódkivezetése pedig a legkisebb zárlat esetén a csövön belül elfüstölt, hamarosan hiánycikké váltak ezek a csövek. Az átalakításokat ösztönözte a háború alatt és után fellépő általános anyaghiány.

Az egyik tipikus átalakítást, amelynél a VCL 11-et UCL 11-es és a VY 2-t UY 1-el pótlták, már leírtam az említett cikkben. Ennek a készüléknek a megépítését javasolja a [10] irodalom. Az átépítés következtében nőtt a hangteljesítmény, de ehhez dinamikus hangszórót kellett beépíteni kimenő transzformátorral és nagyobb hálózati trafót. Aki megelégedett kisebb hangerevével, az „U 21-es” színűvegcsövekkel végezte az átalakítást [11]. Egy ilyen készülékről olvashatunk a részletes ismertetésnél.

## A német háborús csövek felhasználása

Volt egy olyan időszak a rádiózásban, amikor csak német háborús csöveket lehetett beszerezni (1946–47). A szaklapok, a *Makai István* által szerkesztett Rádióvilág és a Rádiótechnika is szinte kizárólag ezekkel a csövekkel közölt építési leírást. A legnépszerűbb az RV 12 P 2000 volt, ezt a csövet használták audionként, nagyfrekvenciás és hangfrekvenciás erősítőként, végerősítőként és hálózati egyenirányítóként. Építettek vele népvevőt [12], 2+1-es és 3+1-es egyenes vevőt [13] és szuperkészüléket [14]. Ez a kisméretű, de nagyteljesítményű, közvetett fűtésű pentóda a kor csövgyártásának csúcsteljesítménye volt. A 12,6 voltos fűtőfeszültség és 75 mA-es fűtőáram lehetővé tette az akkumulátoros táplálást, de a soros és párhuzamos fűtést is. Amellett 300 MHz-ig volt használható. A kivezetett harmadik rács lehetővé tette triódaként történő felhasználását, a 2 W-os anóddisszipáció pedig végerősítőként való használatát. 0 és 2 V rácselepfeszültség tartományban a mérhető meredekség pentóda kapcsolásban 2,5 mA/V, trióda kapcsolásban 4 mA/V, és 2 V alatt görbülőkarakterisztikája lehetővé tette szabályzócsőként történő felhasználását [15]. Ha ezzel a csövel átépített készüléket találunk, becsüljük meg mint kuriózumot!

Hosszasan lehetne még ismertetni azokat az átalakításokat, amelyeket a megszünt gyártású csövek helyettesítésére voltak kénytelenek a szervizek, vagy az anyagellátás hiánya miatt a kisiparosok elvégezni. Tipikus átalakítás volt az univerzális készülékeknel a 200 mA-es fűtésű „C” csövek helyettesítése 100 mA-es „U” csövekkel, majd a piros „U” csövek pótlása „U 21-es” színűvegekkel. A kosaras foglalatú párhuzamos fűtésű csöveket gyakran helyettesítették hasonló paraméterű színűveg csövekkel, amelyekből a háború után sokkal jobb volt az ellátás. Ha csak egy mód van rá, ezeknél a készülékeknel állítsuk vissza az eredeti állapotot.

## A fadobozos néprádiók áthangolása és átalakítása

A világ két táborra szakadásával és a hidegháború kiéleződésével figyelhető meg a törekvés: lezárni a másik oldalról érkező hírek, információk útját: le

kellett csökkenteni a vevők vételképességét. Ezt a kérdést a vezetékes rádió oldotta meg. A lakásokban elhelyezett hangszórókkal csak azt a műsort lehetett hallgatni, amelyet a központi vevő fogott. Ennek ellenére a vezetékes rádióknak nagy volt a jelentősége, és volt pozitív oldala is [16]. A vezetékes rádió műszaki megoldásairól találunk információt a [17] cikkben.

Az első ilyen egysávos készülék a Philips 209 A és az Orion 209 típusjelzésű Népszuper volt, amelyet szakszervezeti utalványra, részletre lehetett vásárolni 1949-ben. Azonnal megszületett az átalakított változat, ennél az eredeti készüléket nem kellett átalakítani, csak a keverőcsövet kihúzni és annak a helyére egy „rövidhullámú betétet” helyezni [18].

Még az előzőnél is szűkebb vételképessége volt az 1950. januárban megjelent második, ún. Rákosi néprádióknak, amelynek részletes leírását megtalálja az olvasó az előbb említett Népszuperrel együtt a *2001-es RT évkönyvben*. Mivel ez a szuper rendszerű vevőkészülék fixen volt hangolva a Kosuth, a Petőfi és egy helyi (relé) adóra, az 1. táblázatban közölt frekvenciaváltozásoknál át kellett hangolni a készülékeket. Az 1950. márciusi változást még vasmagokkal lehetett korrigálni, de az 1953. októberi átállás után már csak a rezgőkörökkel párhuzamosan kötött kondenzátorokkal vagy tekercscserével lehetett a készülékeket a Petőfi adóra behangolni. Az első változatot, a 313-as típust még készítették univerzális változatban, de a javított, 115 A típust már csak váltóáramú kivitelben. A cikkben említés történt az átalakított néprádiókról, de akkor a konkrét megoldások ismertetése – hely hiányában – elmaradt.

Míg az első néprádió – konstrukciójánál fogva – nem is volt másra alkalmas, csak a helyi adók vételére, addig a második, a hangfrekvenciás előerősítő kivételével egy teljes szuperkészülék volt, hangteljesítményben maradt csak el a kor szokásos típuszuperétől. Hogy mégis ezt a konstrukciót választották, annak az lehetett az oka, hogy gyáraink 1942 óta nem gyártottak 2+1 csöves egyenes vevőket, és az egy cső többlet az egész ország területén stabil és szelektív vételt eredményezett.

A fadobozos, 115 A változat volt alkalmasabb az átalakításra. A cél minden esetben a rövidhullámú vétel biztosítása volt, ezért nem találkozhattunk

## 2. táblázat. Átalakított néprádiók

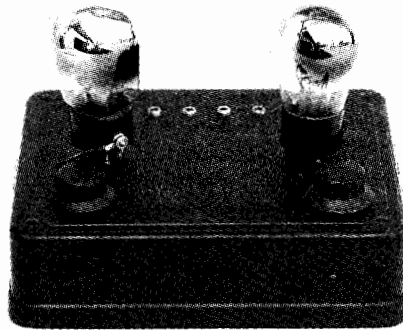
Típus	Gombok	Skála	Ellenállás	Skálaizzó	Megjegyzés
313	3	felső	fekete	2 db.	Bp. Petőfi 344 m
313	2	alsó	fekete	1 db.	Bp. Petőfi 252 m
313	3	felső	fekete	2 db.	Bpest II. 288 m
313	3	alsó	fekete	–	Bpest II. 288 m
115 A	2	alsó	zöld	–	Bpest II. 288 m
115 A	2	alsó	zöld	2 db.	Bp. Petőfi 344 m
115 A	2	alsó	zöld	1 db.	Bpest II. 288 m
115 A	3	alsó	zöld	–	Bpest II. 288 m

csak középhullámú változattal. Ebből adódott, hogy az állomáskapcsolót kellett hullámváltónak felhasználni, a három-három modulátor és oszcillátor tekercset két-két rövid- és középhullámú tekercsre átalakítani és egy kisméretű kettősforgót elhelyezni. Az átalakítás többi része már aszerint alakult, hogy az állomásmutató skálát hogy oldották meg.

A háromgombos változatnál, ahol a középső gomb az átalakítás előtt a pontos állomásra hangolásra szolgált, többnyire ezt a tengelyt használták fel a skálameghajtásra.

A 115 A típusban az autotrafónak van 12,6 voltos leágazása, ezt lehetett a skálaizzók táplálására felhasználni, a 313-as változatnál a 110 voltos leágazásról 1 k $\Omega$ -os, 10 wattos soros ellenállással ejthették a feszültséget 0,1 amperes izzók számára.

A csövek fűtésével nem volt ajánlatos az izzókat sorbakötni, mert bekapcsoláskor a hideg fűtőszálakon többszörös áram folyik.



3. fénykép. Philips for Budapest (telepes)

1954 előtt csak titokban folytak ezek az átalakítások, a politikailag enyhültebb időszakban, különösen 1956 után, már szövetkeztek is végezték ezt a munkát. Az előbb említett okokból az átalakítás „tabu téma” volt a Rádiótechnikában.

Míg az áthangolásról jelent meg részletes leírás [19], addig az átépítés-

ről nem találtam semmilyen információt, ezért csak a saját gyűjteményemben meglévő készülékekből tudtam tájékozódni.

Az átalakítás áramköri megoldására közölt egy megoldást 1958-ban egy kitalakú könyvecske [20].

A birtokomban lévő átalakított készülékek fontosabb adatai a **2. táblázatban** láthatók. A nyolc készülékből fele a korábbi 313-as (UY 22-es csövel), fele a váltóáramú 115 A típus (UY 1N csövel), fele 3 gombos, fele 2 gombos, ezeknél a hangológomb a készülék baloldalán található.

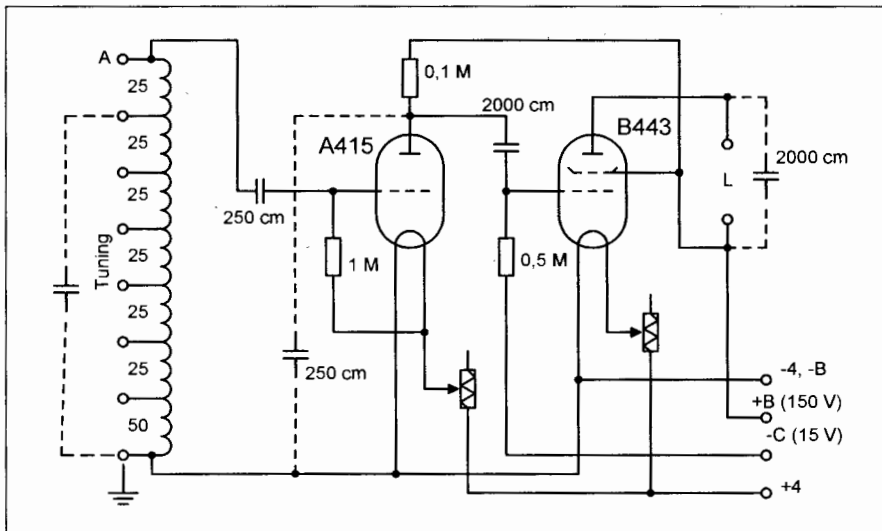
Minden példány skálával van felszerelve, kettőnél felül, hatnál alul, ami azt jelenti, hogy a hangszóróselyem előtt középen elhelyezett faléc alatt vagy felett helyezkedik el a skálaüveg, amelyet többnyire egy vagy két skálaizzó világít meg. A skálaüveg mögötti fél hangszórónyi területet vékony karton vagy bakelit lemezzel elfedték.

A felső skálának az volt az előnye, hogy a skálahúr görgői az előlap mögött helyezkedtek el, és a skálamutató az előlap fölött meghajlítva lógott le a skálaüveg mögé. Az alsó skálát csak úgy lehetett megoldani, hogy a skálahúr görgőit az előlap előtt helyezték el, ehhez viszont a készülék dobozában famaróval kellett helyet biztosítani. Ugyancsak így lehetett elhelyezni a skálaüveg mellett a világítást. Ez volt az oka, hogy főleg az amatőrök az átalakított készülékekbe nem tettek állomásnév skálát, de így nehezebb volt a rövidhullámú adókat megtalálni.

A táblázatban beírtam a használt ellenállások színét, ebből lehet következtetni az eredeti készülék előállításának idejére. A fekete lakkréteg ellenállásokat 1949 és 1952 között, a zöld kristályos szénréteg ellenállásokat csak ezután alkalmazták.

Az átalakítás időpontját a használt skálából és Bp. II. vagy a Petőfi rádió frekvenciájából lehetne meghatározni (lásd az 1. táblázatot), de az a tény, hogy a később gyártott vevők skáláján is Bpest II. olvasható, azt bizonyítja, hogy az átalakítók a frekvenciaváltás miatt kidobott régi skálaüvegeket használták fel.

Ezeknek a készülékeknek a tanulmányozása azért érdekes, mert nem találni két egyforma megoldást. Könnyen belátható, hogy nem érdemes az eredeti állapot helyreállítására törekedni. Mindezt a munkát a mesterek kb. 200 Ft ellenében végezték.



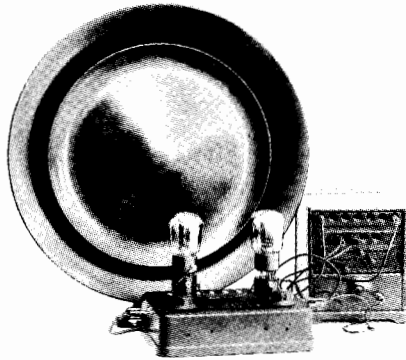
4. ábra

## Néhány készülék részletes ismertetése

### Telepes készülék fűtés- és anód-pótlóval

Maga az 1927–28-ban gyártott készülék is érdekes, mert felépítése szokatlan. Általában a kétszöves telepes készülékek első fokozata forgókondenzátoros hangolású visszacsatolt audion, a második transzformátoros csatolású végerősítő volt (ilyenre láttunk példát a 2. ábrán). Ennél, a *Philips for Budapest* nevű készüléknél viszont semmilyen kezelésszervet nem találunk a két fűtésszabályzó ellenállás kivételével (lehet, hogy ez is utólagos beépítés). A konstrukciónál a legfontosabb szempont az alacsony ár és az egyszerű kezelhetőség lehetett, ezért RC-csatolású alkalmaztak és megtakarították a forgókondenzátort, hasonlóan a detektoros készülékekhez, amelyek után két-fokozatú hangfrekvenciás erősítőt kapcsolnak. A korabeli árjegyzék szerint ez 30 pengővel tette olcsóbbá a készüléket [21]. A készülékhez külső, mágneses rendszerű hangszórót használtak. Természetesen – a detektoros vevőkhöz hasonlóan – a készülék csak Budapest műsorának vételére volt alkalmas – megfelelő antennával – az adó kb. 50 km-es körzetén belül. Az audion demodulátor felhasználásával elkerülhető volt a galenit detektor beállításával járó kellemetlenség.

Mivel ebből a típusból sem eredeti példányt, sem ismertetést nem találunk, a 4. ábrán található kapcsolási rajz csak az előbbiekből és a bakelitdobozon található feliratokból (tuning = hangolás, A 415, B 443, L = hangszóró) levonható következtetés alapján készült, a 3. fényképen látható készülék pedig rekonstrukció. A hangolás módja az ún. primer detektoros vevőkészülékeknel szokásos megoldás, ahol a rezgőkört a beépített induktivitás az antenna kapacitásával képezi (lásd a detektoros vevőkről szóló cikksorozat [22]), csak amíg a tolokás vagy variométeres készülékeknel a hangolás folyamatos, itt az antennavezetéknek a megfelelő leágazásra való csatlakozásával lehetett a maximumot kikeresni. Ez a fajta hangolás elég erős hangot, de gyenge szelektivitást eredményezett. Egy helyi adó esetében ez nem is volt szempont. Az antenna kapacitását úgy lehetett megbecsülni, hogy kb. 10 méterenként 100 pF. Egy átlagos antenná-



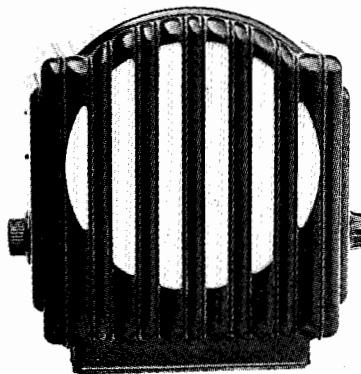
4. fénykép. Philips for Budapest (hálózati)

hoz 0,5 mH induktivitás volt szükséges, vagyis 4 cm átmérőjű, 160 mm hosszú celluloid hengeren 200 menet  $\varnothing 0,4$  mm-es huzalból. A többi alkatrész adatai a kapcsolási rajzból adódnak. A szaggatott vonallal rajzolt alkatrészek szükség esetén alkalmazandók, a rezgőkörrel párhuzamos kondenzátor rövid antenna, a másik két kondenzátor gerjedés esetén. A rekonstrukció kialakításához vezető megfontolásokat és a készülék, valamint a Philips 3003 típusú anódpótló részletes leírását megtalálja az olvasó a rádiógyűjtők lapjában.

A váltóáramú fűtés és az anódpótló felhasználásához a korábban ismertetett foglalatátalakítókat kellett alkalmazni és az eredeti A 415 típusú csövet E 415 indirekt fűtésű csőre cserélni. A módosított összeállítást a 4. fényképen láthatjuk.

### Vevőkészülék hangszóródobozban

Az 5. fényképen lévő készülékről látszik, hogy eredetileg hangszóródoboz volt. Az 1930 előtti időszakban a vevők és a hangszórók még külön életet éltek, még akkor is, amikor a tölcseeres hang-



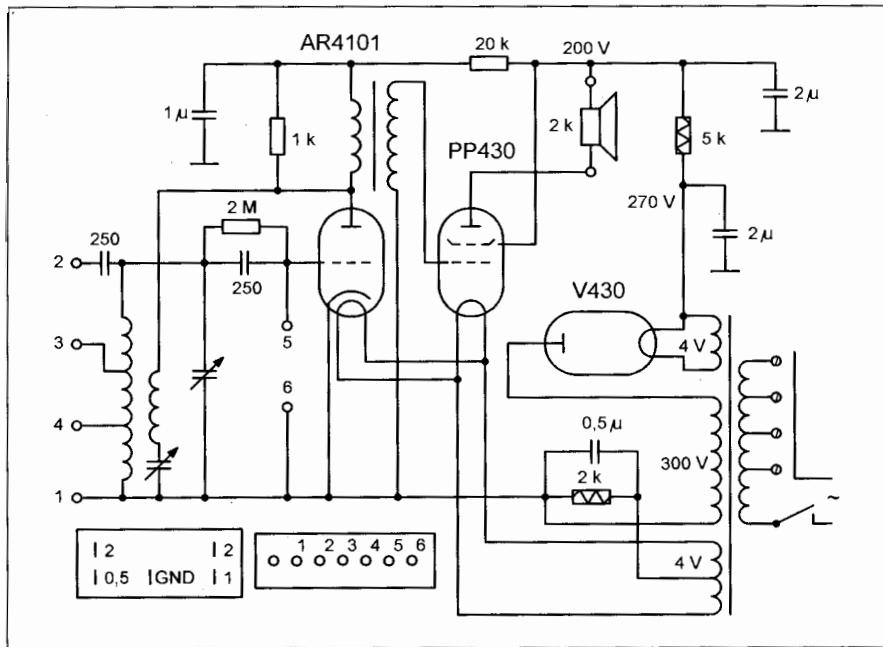
5. fénykép. Készülék hangszóródobozban

szórókat felváltották a kellemesebb hangú papírmembrános, ún. kónusz hangszórók. Ezek doboz nélkül elég sérülékenyek voltak, ezért a gyártók igyekeztek azokat valamilyen dobozban elhelyezni. A legolcsóbb a bakelitdoboz volt. A bakelit ebben az időben élte a műanyagok között a fénykorát. Szinte minden korábban keménygumiból (ebonit) készült alkatrészt bakelitból készítettek.

A harmincas évek elején a hangszórók és a rádiók közös dobozba kerültek, de – főleg a kisebb gyártók – még készítettek hangszóró nélküli, olcsóbb készülékeket. Az évtized közepétől már nem lehetett eladni külön hangszórós készüléket. A drága prészerszámok kihasználása érdekében a dobozgyártók olcsóbban adták a hangszóródobozokat. Így született meg az alább ismertetett készülék is, amelyről csak annyit tudunk, hogy a dobozt a Kábelgyár Részvénytársaság (száma: KRt 6288), a belső szerelvényt valamelyik kisüzem készítette az évtized közepén.

Mivel több gyűjtőtársam mondta, hogy ilyen vagy hasonló készüléke van, lerajzoltam a kapcsolási rajzot és azt közlöm az 5. ábrán. A rajz szinte teljesen azonos az Orionnak az évtized elejétől gyártott 7016 típusú készülékével [23]. Ez a legegyszerűbb 2+1-es, triódás visszacsatolt audionnal, transzformátoros csatolású végerősítő fokozattal. Mivel az utóbbi cső (lehet trióda is: L 414) közvetlen fűtésű, a fűtőkörbe iktatott ellenállás biztosítja az előfeszültséget. A tápegység egyoldalas egyenirányítót tartalmaz, a meglehetősen kis kapacitású papírkondenzátorok csak az alkalmazott mágneses hangszóró esetén biztosítanak elegendő szűrést. A rajzon megadom az egy blokkba épített szűrőkondenzátorok és a csatlakozó hüvelyek elrendezését.

A készüléket hátulról mutató 6. fényképen látható annak elrendezése. A szerelvény egy falpra van rögzítve, amelyet oldalról facsavarok rögzítenek a bakelit dobozhoz. Ugyancsak deszkalap tartja a hangszóró szerkezetet. A papírmembránra egy filckorong van ragasztva, az fekszik fel a doboz elejére. Hátulról nézve baloldalon van a hangoló bakelitforgó és a hálózati kapcsoló, jobboldalt a visszacsatoló forgó, ugyancsak bakelit. A hálózati trafó L vasakból szerelt ún. magtranszformátor. A hálózati feszültség beállítása csavar behelyezésével lehetséges. Bakelitpanel tartja a csöveket, amelynek fog-



5. ábra

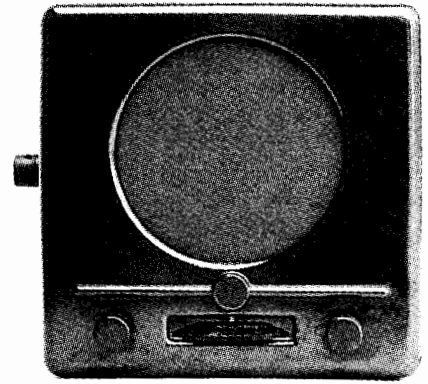
lalatai be vannak peremezve a panelba. A többi alkatrész, a papírblokk, a nyitott illesztőtrafó, a 4 cm átmérőjű papírhengerre készített légmagos tekercs szintén az alapdeszkára van szerelve. A készüléket egy perforált fém hátlap takarja. A készülék egyszerűsége ellenére szakértő konstruktőr tevékenységére utal. A 7. fényképen bemutatjuk az alapdeszkát a dobozból kiemelve.

### Egy átalakított Orion Falurádió

Az előző évkönyvben volt szó az ún. Horthy néprádió telepes változatáról, az Orion Falurádióról, amely a német DKE 38 B importkészülék volt. Az ebben felhasznált európai csapos fejű

KC 1 és KL 1 típusjelzésű csöveket néhány év múlva már nem gyártották. Ezért találunk akár az eredeti német, akár az import változat között annyi átalakított készüléket (8. fénykép).

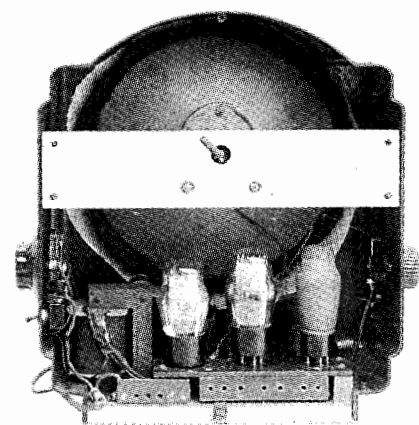
A kapcsolási rajzot abban a formában közlöm, ahogy a készüléket a háború utolsó éveiben, az alkatrészekből megítélhetően valószínűleg Magyarországon átalakították (6. ábra). Ezt abból gondolom, hogy nálunk a színűveg „U” csövek 1942-ben jelentek meg, és a hálózati zsinór hajlékony alumíniumhuzal volt. Az eredeti készülékből felhasználták az összes alkatrészt, amit lehetett: a visszacsatoló forgót, a hangoló forgót, a hangszórót és a tekercsszerelvényt.



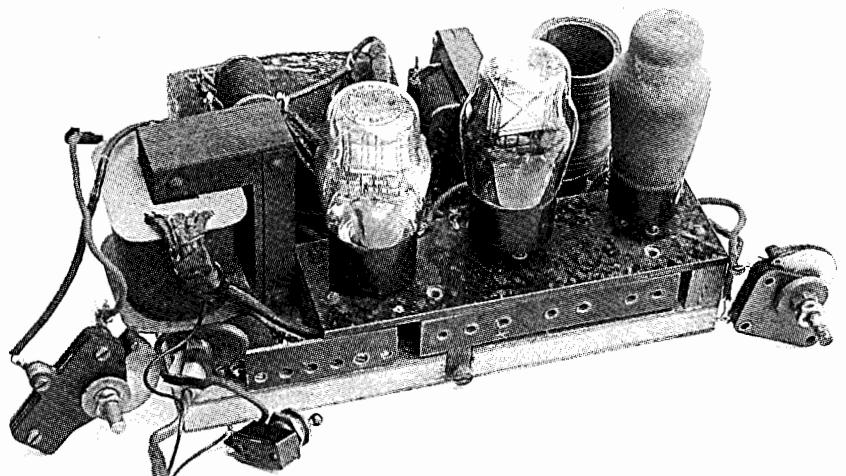
8. fénykép. Az átépített Falurádió

A készülék univerzális, ikercsöves 2+1-es, egyenes rendszerű. A tekercskészlet a német készülékekben alkalmazott hosszú-középhullámú, egy átkapcsolóval, amely a forgókondenzátor tengelyére van rögzítve. Amikor a fehér számskála látszik, a két rezgőköri tekercs párhuzamosan kapcsolódik, ez a középhullámú állás, amikor a piros skála látszik, az érintkező nyitott, így csak a hosszúhullámú rezgőköri tekercs van bekapcsolva. Az antenna és a visszacsatoló tekercs a két hullám-sávra azonos. A vasmagos antennatekercs a rezgőkörhöz képest 90°-kal elforgatható, így az antennacsatolás és a szelektivitás szabályozható. Az A<sub>1</sub> antennabemenet használatával még egy helyi adóra hangolt, a készülék oldalára szerelt, hullámcsapda is bekapcsolható.

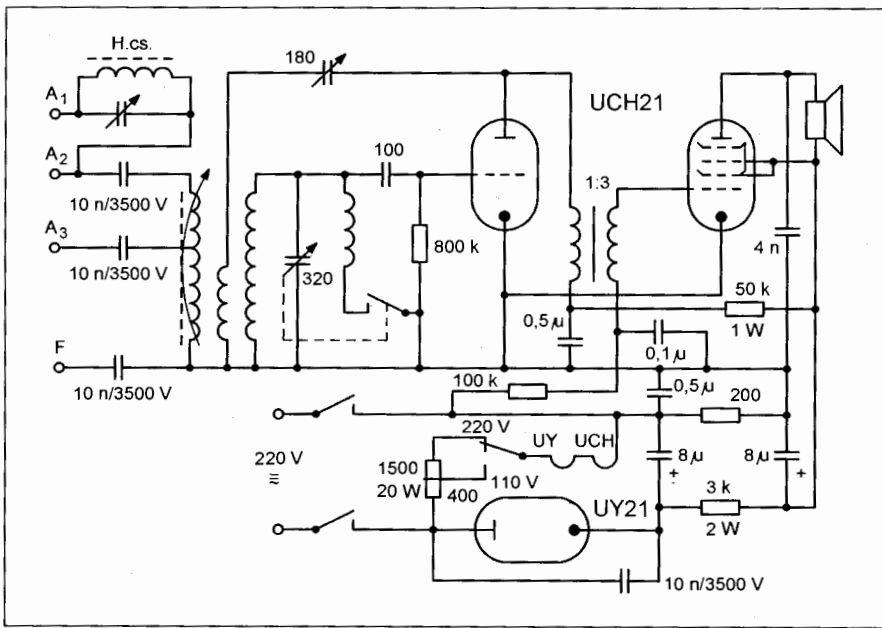
Az UCH 21 trióda része visszacsatolt audion, a végerősítő a kombinált csőheptóda része, amely az eredeti lengőnyelves hangszóróval normál szobahangerőt biztosít a helyi adók vételénél. A két cső közötti csatolást illesz-



6. fénykép. Készülék hangszóró-dobozban (hátról)



7. fénykép. A hangszóródobozos készülék panelja

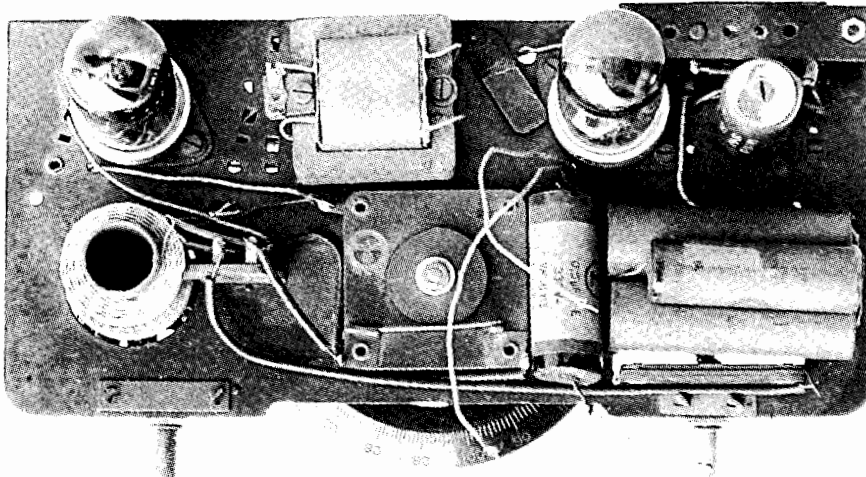


6. ábra

tótrafóval oldották meg, amely a korabeli néprádiók hálózati fojtótekercsének vasmagjára készült. Ez egy M alakú vasmag, amelynek a középső szára rövidebb, így biztosították a légrést. Az eredeti átalakítás után 110 voltról használhatták a készüléket, 220 volton törtenő használathoz egy 1500 Ω-os 20 wattos ellenállást kell sorba kötni a megfelelő fűtőáram biztosításához (9. fénykép).

#### Standard törpeszuper fadobozban

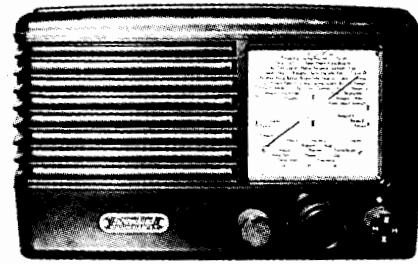
Minden gyűjtő tapasztalta, hogy a bakelitházás rádiók doboza milyen könnyen eltörik, a törött dobozt pedig nehéz szépen ragasztani, a ragasztás



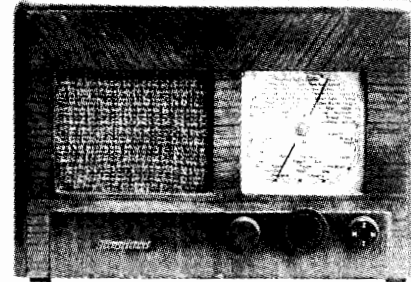
9. fénykép. Az átépített Falurádió panelja

helyét eltüntetni. Az alábbi készüléknél látunk példát arra, hogy a törött dobozt hogyan pótolták fadobozzal, amellyel a készülék eredeti kinézetét jelentősen nem változtatták meg. Mivel a készülék kapcsolási rajza 4433 T jelzéssel megtalálható a Kádár könyvben, és jelent meg róla részletes leírás a gyűjtők lapjában is [24], ezért csak röviden ismertetem az átalakított vevőt.

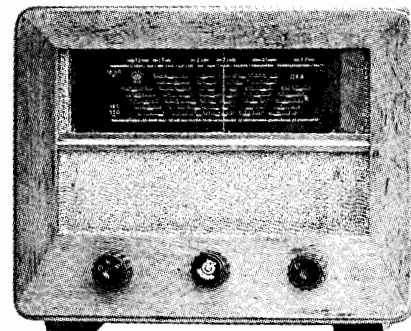
Ez a népszerű univerzális törpeszuper eredetileg a Lorenz 10 A típusjelzést viselte, és mivel rádiógyárainknak 1943-tól már nem volt szabad fejlesztőkapacitása, ezzel a korábbi német exportgéppel bővítette a Standard gyár a választékot. Csövezése szokatlan, mert



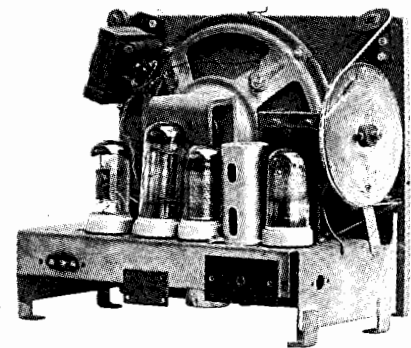
10. fénykép. Standard törpeszuper



11. fénykép. Standard törpeszuper fadobozos változata



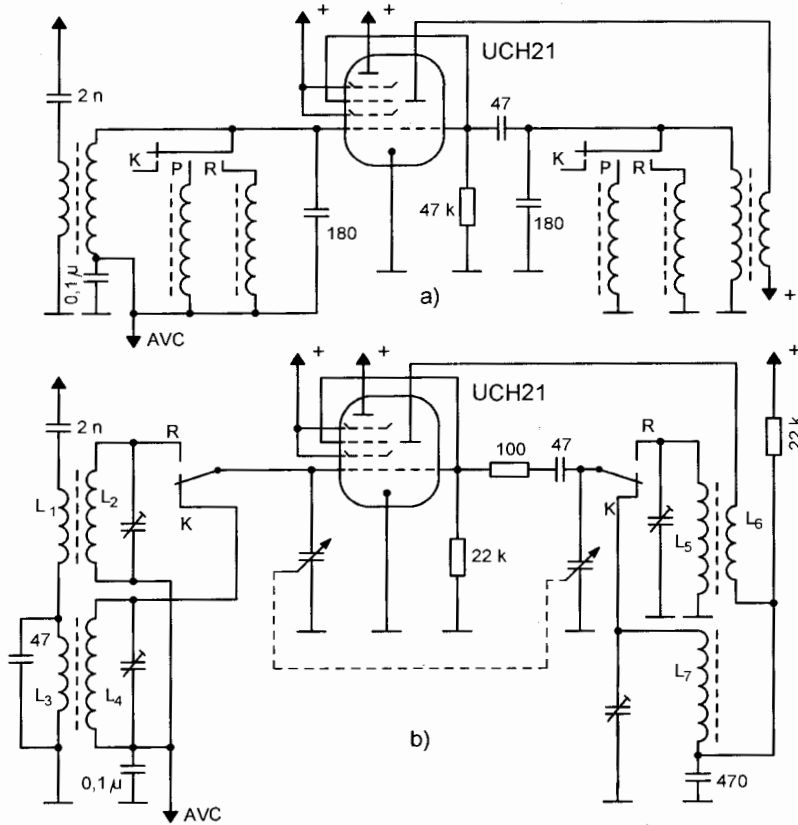
12. fénykép. Felsőskálás néprádió



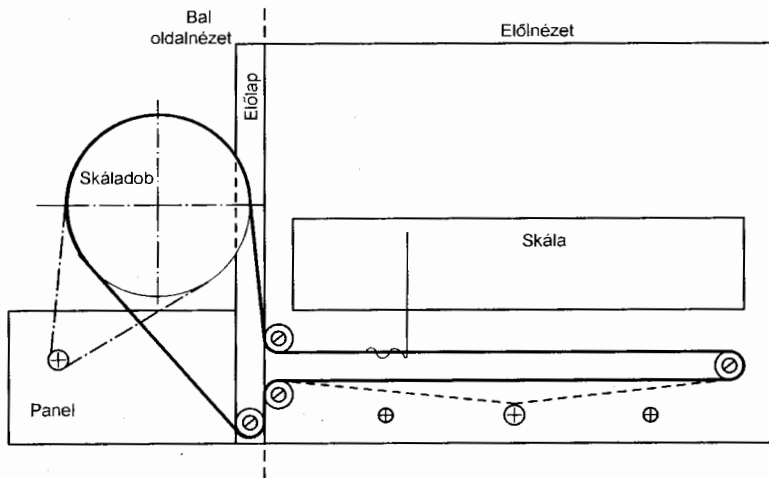
13. fénykép. A felsőskálás néprádió alkatrészrendezése

a Philips és az Orion törpeszuperek „U 21”-es csövekkel készültek, ez meg a német „11”-es acélcső sorozattal. 1941-ben a szerző ezt a készüléket vette alapul, amikor összehasonlította az amerikai és a német törpeszuperek felépítését [25].





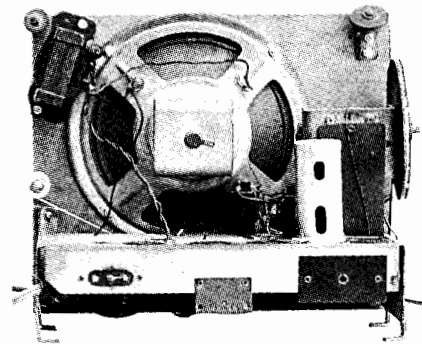
7. ábra



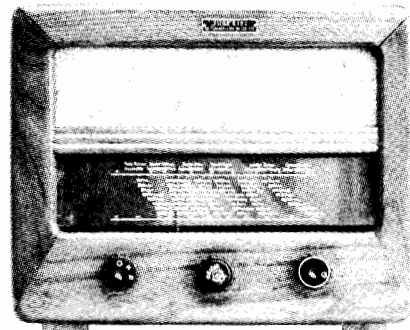
8. ábra

A kapcsolást egyszerűsítette, hogy a készülék csak 220 V feszültségre készült, így csak egy soros ellenállást kellett alkalmazni a fűtőáram beállítására, és elég nagy volt az anódfeszültség a hangszóró soros gerjesztéséhez. A készülék két hullámsávós, a legtöbb közép és hosszuhullámra készült (a Lo-

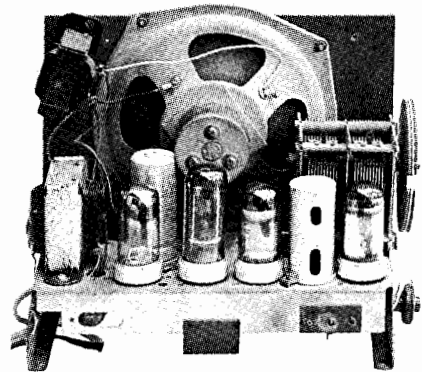
renznek volt rövid-közép változata: a K 10A), a hullámváltó középhullámú állásában három lamella egyszerűen rövidre zárja a hosszuhullámú antenna, modulátor és oszcillátor rezgőköri tekercest. A készülékben 5 V, 0,2 A-es skálaizzót alkalmaztak, ennek kiegészése esetén megszűnik az áramellátás.



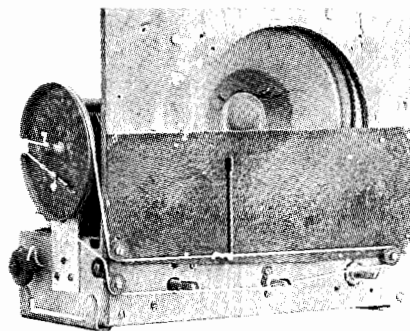
14. fénykép. A felsőkálás néprádió skálameghajtása



15. fénykép. Alsókálás néprádió



16. fénykép. Az alsókálás néprádió paneljének felülnézete



17. fénykép. Az alsókálás néprádió skálahúrozása

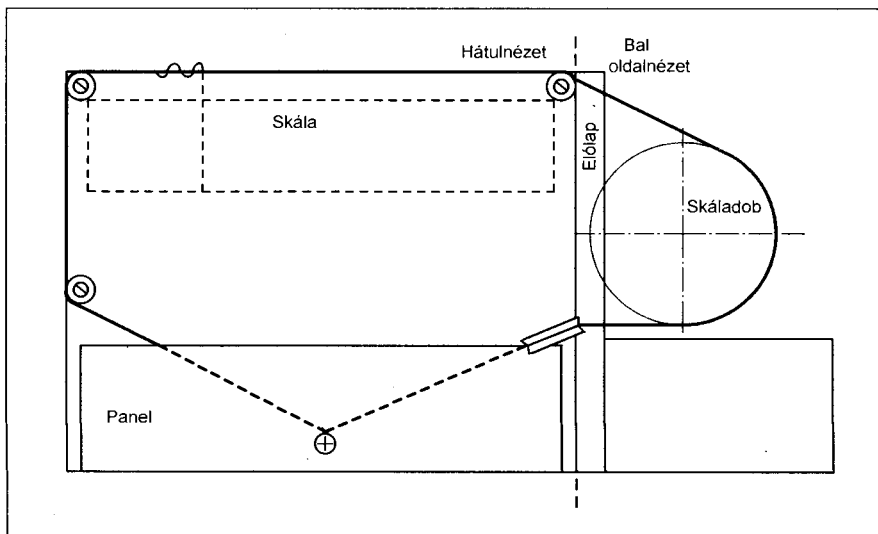
Az összehasonlítás kedvéért a **10. fényképen** megnézhetjük az eredeti bakelitházazás, a **11. fényképen** a fadozozos készülék képét.

### Világvevő néprádiók

A kapcsolási rajz módosításának lényegét a **7. ábra** mutatja. A I15 A eredeti keverőfokozatának rajzát látjuk a **7/a ábrán**. Mint ismeretes, az adók közötti váltás úgy történt, hogy a legáltalósabb frekvenciájú adóra (Kosuth) hangolt modulátor és oszcillátor tekercs fixen volt bekötve, és a rezgőköri tekercsel párhuzamosan kapcsolt tekercsek csökkentették a megfelelő módon az induktivitást a magasabb frekvenciájú (Petőfi és relé) adók vételéhez. Ha az átalakítás után az eredeti átkapcsolót meg akarták tartani, a **7/b ábrán** látható megoldást kellett alkalmazni. Behelyeztek egy kisméretű forgókondenzátort és ennek kapacitásához igazodó rövidhullámú ( $L_1, L_2$ ) és középhullámú ( $L_3, L_4$ ) modulátortekercset. Elegendő volt csak a rezgőköri tekercset átkapcsolni és a középhullámú antennatekercset egy 50 pF-os kondenzátorral áthidalni. Az oszcillátor átkapcsolása érdekesebb. Rövidhullámon a szokásos, induktív visszacsatolásos ( $L_5, L_6$ ), középhullámon hárompont (Colpitts) kapcsolásban dolgozik ( $L_7$ ), ahol a 470 pF-os egyben a padding kondenzátor is. Így lehetett elérni, hogy a rendelkezésre álló két érintkező elegendő legyen, mert csak az oszcillátor rezgőköri tekercsét kellett átkapcsolni. A **3. táblázatban** megadjuk a tájékoztató menetszámokat az akkor szokásos 8 mm-es ferrit (1/2 Manifer) magokra [26]. Természetesen, ha másik készülék, pl. az Orion 320 hullám-váltóját használták fel, amely hasonló felépítésű, de több érintkezőt tartal-

### 3. táblázat. Tekercs adatok

Te-ker-cs	Teker-cselés	Huzal Ø [mm]	Menet-szám
L <sub>1</sub>	kereszt	0,15 ZS	40
L <sub>2</sub>	soros	0,3 Z	9
L <sub>3</sub>	kereszt	0,1 ZS	400
L <sub>4</sub>	kereszt	9 × 0,05 ZS	105
L <sub>5</sub>	soros	0,5 Z	7
L <sub>6</sub>	soros L <sub>5</sub> főlé	0,15 ZS	9
L <sub>7</sub>	kereszt	0,15 ZS	75



9. ábra

maz, akkor más, hagyományosabb megoldás is lehetséges. A készülékek behangolása semmiben nem különbözött a szokásos szupereken elvégzett műveletektől.

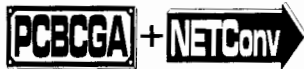
A mechanikai átalakítások közül a háromgombos készülékeknél egy felső- és egy alsóskálás, valamint a kétgombosok forgómeghajtását mutatjuk be. A beépíthető skálahossz, 15 cm, meghatározta az alkalmazható skáladob átmérőjét (9,6 cm). Ez minden készülékben azonos volt, függetlenül a meghajtástól, vagy a skála elhelyezkedésétől. Ez a skáladob kényelmesen az előlapra merőleges helyzetben, a paneltől kissé balra fért el. Ez meghatározta a forgókondenzátor pozícióját. A skáladob helyzetéből adódott, hogy az oldalgombos meghajtást alkalmazták többször, még akkor is, amikor háromgombos volt a készülék. Ehhez egy potmétertengelyt kellett a panel baloldalán felszerelni. A skálahúrozás rajzát látjuk kiterítve a **8. ábrán**. Az oldalgombos készüléknél többnyire két skálahúrt alkalmaztak, egyiket a meghajtó tengely és a skáladob között (az ábrán pont-vonallal jelölve), a másikat a skálamutatató mozgatására (folytonos vonal). A középső gombos meghajtásnál csak ezt a második skálahúrt használták, az eltérést az ábrán szaggatott vonallal jelöltük.

A felsőskálás készülékeknél is előfordul az oldal- és a középső gombos meghajtás. A húrozás megoldására látnunk példát a **9. ábrán**, ahol a kiterített rajzot hátulnézetben adtuk meg. Az átalakított készülékek fotóit a **12-től 17-ig** számozott fényképeken láthatjuk.

### Irodalom

- [1] F. Kunze, E. Schwandt: Neue Röhren auf der Funkausstellung (Funk-Bastler, 1927. 39. sz.)
- [2] Molnár János: A váltóáramú fűtés (MRU, 1927. 47., 48., 49., 50. sz.)
- [3] Éjszaky Előd: Váltóáramú hálózatból dolgozó készülék (Rádió amatőr, 1928. június)
- [4] Róthy Frigyes: A váltóáramú készülékek kérdéséhez (Rádió amatőr, 1929. január)
- [5] Balog Arthur: Hogyan használjunk hálózati áramot rádiókészülékeinkhez? (Népszava Könyvkereskedés kiadása, 1929.)
- [6] K. B.: Hogyan alakíthatjuk át könnyen telepes készülékünket hálózati készülékké (Rádió élet: A rádióélet műhelye, 1930/25. sz.)
- [7] Régi rádiókészülékek modernizálása (RT, 1941. március)
- [8] Simoncsics László: A „hányattot sorsú” Budapest II. (Nosztalgia Rádió Hírújság, 2000. június)
- [9] Simoncsics László: Kis- és törpeszuperek, néprádiók (RTÉK, 1999.)
- [10] Váltóáramú népvévo UCL 11 és UY 1 csövekkel (Rádió Compass, útmutató az 1941–42. évrre)
- [11] Mit építsünk? (Rádió Compass, útmutató az 1943. évrre)
- [12] Vörös Rezső: A legkisebb fogyasztású népvévo (RT, 1940. június)
- [13] Makai István: Amatőr R. K. (Rádióvilág, 1947. április)
- [14] Alexy László: RV szuper (Rádióvilág, 1947. szeptember)
- [15] Domokos Tamás: RV 12 P 2000 cső jellemzőiből (Rádióvilág, 1948. április)
- [16] Zelenka László: A rádióhíromdó (Rádióévkönyv 1949, Hungária Kiadó)
- [17] Kreisz Miklós: A magyar vezetékes rádió (Rádió- és filmtéchnika, 1951. október)
- [18] Makai István: Rövidhullámú betét (Rádió- és filmtéchnika, 1949. július)
- [19] Moszkály Edwin: Néprádiók áthangolása (RT, 1954. február)
- [20] Rátkay György: Tegyük korszerűbbé rádiókészülékünket (Kis technikus könyvtár, Tancsics Kiadó, 1958.)
- [21] Csoda 3 és más kapcsolások (Philips gyári kiadvány, 1928.)
- [22] Simoncsics László: Detektoros vevőkészülék építése (RT, 1992. január-február)
- [23] Kóger László: Orion 7016 (Nosztalgia rádió hírujság, 1999. február)
- [24] Kóger László: Standard 4433T (Lorenz 10A) (Nosztalgia rádió hírujság, 2004. február)
- [25] Dr. Horváth Dezső: Érdekes új kapcsolások (Rádió Compass 1941–42.)
- [26] Kádár Géza: Rádió és televízió vevőkészülékek (1956–57) (MK 1958.)

# A RÁDIÓTECHNIKA Software Service ajánlata!



## PCBCGA V 2.0 NYÁK-TERVEZŐ PROGRAM

EPSON mátrix, HP DeskJet 500, HP LaserJet III, IVL printereken 1:1, 2:1 arányú nyomtatással. Normál és felületszerelt, kis-, illetve nagyfrekvenciás panelek tervezhető a segítségével. Ebben a kategóriában valószínűleg a világon a legolcsóbb! A program menüvezérelt (56 menüpont), egérrel vagy billentyűzetről. A lemezen megtalálható a NETConv V 1.1 konvertáló program is, amely az ORCad NETLIST állományából a PCBCGA számára olvasható

alkatrész- és kötéslistát készít. Ebből a PCBCGA nyomtatott áramkört tervez. A programhoz a lemezen részletes, kinyomtatható magyar nyelvű használati útmutató található, amelynek kivonatos printelt változatát a lemezhez mellékeljük. Upgrade V 1.3-ról V 2.0-ra 2500 Ft, lemezcsereivel. A program angol nyelvű!

Fogyasztói ára: 7500 Ft (1 db lemezen, tömörítve).



## EXOR V 1.0 DIGITÁLISÁRAMKÖR-SZIMULÁTOR PROGRAM

Az áramkört a szimulátor kapcsolási rajz szerkesztőjével rajzolhatjuk meg. Kipróbált kapcsolásokat könnyen beülthetünk újakba. A rajz Epson mátrix-nyomtatón kirajzolható. Az interaktív szimuláció megjeleníti a logikai jelek időbeli lefolyását és kijelzi a zárlatokat, valamint az összetett logikai elemek hazárdjait. A program egyedülálló módon a felhasználó által is továbbfejleszhető, módosítható. Ezt a programhoz mellékel, szabadon felhasznál-

ható, 32-bites objektum-orientált programfejlesztő környezet biztosítja. A szimulátor használatát kinyomtatható magyar nyelvű dokumentáció és angol nyelvű On Screen Help segíti. A használati utasítás a CD-n HTM formátumban megtalálható. Legalább 486-os processzort, 16 MB RAM-ot, SVGA kártyát, egeret és Windows 3.x-et vagy újabbat igényel.

Fogyasztói ára: 7500 Ft (1 db CD-n).

## RTC ELEKTRONIKAI MÉRETEZŐ PROGRAMCSOMAG

Különböző rádiótechnikai/elektrotechnikai számításokra készített, táblázatkezelő keretei között megvalósított matematikai modellek gyűjteménye, egyszerű ábrákkal illusztrálva. 48 elektronikai jellegű számítási probléma oldható meg a segítségével, ez a felhasználó által is

bővíthető. Tartalmaz gazdasági számításokat és információs fájlokat is. Részletes ismertetése a Rádiótechnika 1992/11. számában található meg.

Fogyasztói ára: 1200 Ft (1 db lemezen, tömörítve, öninstalláló).



## NIGHTPIC V 2.1 BASIC FORDÍTÓ PIC MIKROKONTROLLEREKHEZ + V 3.1 UPGRADE



A programrendszer az ún. PICBASIC-szerkesztő és -fordító funkciót valósítja meg (Rádiótechnika 2004/3.). E könnyen elsajátítható nyelv és a fordító birtokában igen egyszerűen, gyorsan készíthetünk PIC-mikrokontrolleres alkalmazásokat, egy égető (Rádiótechnika 2004/6.) segítségével pedig be is tölthetjük, illetve azonnal ki is próbálhatjuk azokat. A fordító kezelni tudja az IC

EEPROM-okat is, soros adatátvitel (RS-232) és egyszerű megszálláskezelés is megvalósítható vele. A mikrokontrolleres BASIC-fejlesztéshez szükség van természetesen a mikrokontrollerre, a program fejlesztéséhez a BASIC-fordítóra, ill. a program betöltéséhez az égetőre.

Az alapprogram ára: 9500 Ft (CD-n), az upgrade: 4000 Ft (CD-n).

## PICPROG V 1.0 MIKROKONTROLLER PROGRAMOZÓ

A Rádiótechnika 2004/6. számában bemutatott PIC-égetőkhöz készült betöltőprogram a NightPic szoftvercsomagnál is tapasztalható kellemesen és egyszerűen kezelhető windowsos felületet kínálja. A program 3-féle párhuzamos és 8-féle soros portot ismer. Alkalmas a kód, illetve amelyek PIC tartalmaz beépített, ún. on-chip EEPROM-ot,

annak olvasására, törlésére. Rengeteg kényelmi opcióval rendelkezik, a „PICinyek” (8 lábú kontrollerek) égetésére is alkalmas.

Az égetőprogram ára: 5000 Ft (1 db lemezen).



## KANYI V 2.04 KAPCSOLÁSI RAJZ NYILVÁNTARTÓ PROGRAM ÉS ADATBÁZIS

Nagy és folyamatosan bővülő adatbázissal rendelkező, a korábbi verzióhoz képest lényegesen átdolgozott, alaposan kibővített nyilvántartó program. A kapcsolási rajzokat ugyan nem, de azok jellemzőit, fontos elemeit tárolja. A Rádiótechnika, a Rádiótechnika Évkönyve, a Hobby Elektronika idáig megjelent számain, kiadásain

kívül 200-nál több szakkönyv adatait vittük be az adatbázisba. Intelligens - akár többszintű - keresés logikai függvény alapján! Saját, tetszőleges (műszaki) tárgyú adatbázisok is létrehozhatók! Rövid ismertetése a Rádiótechnika 2001/7. számában megtalálható. F. ára: 4500 Ft (2 db 3,5"-os lemezen, öninstalláló). Upgrade: 2000 Ft.



## TTL, CMOS, MEMÓRIA, TRANZISZTOR, DIÓDA KATALÓGUSPROGRAMOK

Egyszerűen kezelhető programok, jelentős adatbázissal. A TTL- és CMOS katalógusok egyenként mintegy 400, a MEMÓRIA katalógus kb. 200 IC, a TRANZISZTOR katalógus 7500 tranzisztor, FET, MOSFET főbb paramétereit, a DIÓDA katalógus pedig közel 7000 típus adatait tartalmazza.

Utóbbiban a diódákon kívül megtalálhatók a tirisztorok, triakok, optocsatolók, erősítőmodulok paramétereit is.

A katalógusok fogyasztói ára: egyenként 990 Ft (1-1 db lemezen).

## ASSEMBLY\_1 PROGRAM

IBM PC-s tanfolyamunkhoz (RT 1993/3-tól). Fogyasztói ára: 600 Ft (1 db lemezen).

A programok a Rádiótechnika szerkesztőségében megvásárolhatók munkanapokon 9-14 óráig.

Címünk: 1138 Budapest, Dagály u. 11. I. em. 129. Telefon/fax: 239-4932, 239-4933.

Postán, utánvétellel is rendelhet, a posta- és csomagolási költséget felszámítjuk. (1374 Budapest, Pf. 603.)

E-mail: [hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu) [www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)

# A világ rádiómúzeumai: Bécs

Balás B. Dénes távközlési technikus

A magyar érdeklődőnek közeli Bécsben – néhány rádióamatőr lelkesedésével és hozzáértésével – ritka rádiógyűjteményt alakítottak ki egy csendes környék egyszerű épületében, melyben az osztrák rádióamatőr szövetség, az ÖVSV irodái is helyet kaptak. A gyűjteményt a kezelők joggal nevezik „Múzeum”-nak, mert számos rádióipari és rádiótörténeti emlékekkel, régiséggel rendelkeznek és a kiállítás érdekes abból a szempontból is, hogy nem csak a szokásos válogatást, hanem majdnem minden tárgyat közszemlére tettek.

Más múzeumokban mindig szembevetődő, hogy „a kevesebb több” elve miatt – nem akarván fásasztani a látogatókat –, gyűjteményüknek csak egy részét teszik láthatóvá, alaposan megszürt, átválogatott, meggondolt összetételben. Ebben a múzeumban minden tárgyakat értékesnek és historikusnak ítélve, helyet adtak a polcokon a fontosabb, érdekesebb alkatrészeknek vagy hiányos készülékeknek is...

A látogatót a négy kiállító-helyiségben, de a nagyteremben leginkább, a tárgyak bősége zavarja. Először tájékozódni, választani kell. Ottlétemkor a tárlatot bemutató *Peter Braunstein* úr segítségünkre volt, igyekezve időrendben bemutatni a kiemelkedő érdekességeket és készséggel eligazított a látnivalókban.

A rádiózás a szikratávíróból fejlődött ki, így természetesnek vehettük, hogy először egy Marconi-féle szikratávíró 1906-ban készült, kicsinyített adóját és vevőjét mutatta be a tárlatve-

zető –, az azonban már egyáltalán nem természetes, hogy működés közben! Lenyomta a morzebillentyűt és apró, fényes, szapora szikrák jelentek meg a szikraközön, a terem tulsó feléből pedig a kohéreses vevőkészülék visszajelzése hallatszott. Az adó- és vevőkészülékek az életszerűség kedvéért egy-egy függőleges varsaantennához csatlakoznak. Azután detektoros, egy-, két- és háromcsöves (vagy inkább „lámpás”) vevőkészülékekre hívta fel figyelmünket. Ezek számosan sorakoznak a polcokon (még fejhallgatókkal), majd a tölcseres hangszórók is megjelentek.

Feltűnő volt számomra egy négycsöves fekete vevőkészülék, az 1924-ben elinduló osztrák rádióipar első terméke, „RADIOHEKAPHON” felirattal. Ez a készülék a Czeija és Nisl cég gyártmánya és azért is érdekes, mert ez a társaság készítette Ausztria első 100 W-os kísérleti műsoradóját, mely 1923-ban kezdett működni Bécsben. (Czeija úr később, a bécsi rádió, a RAVAG igazgatója volt.)

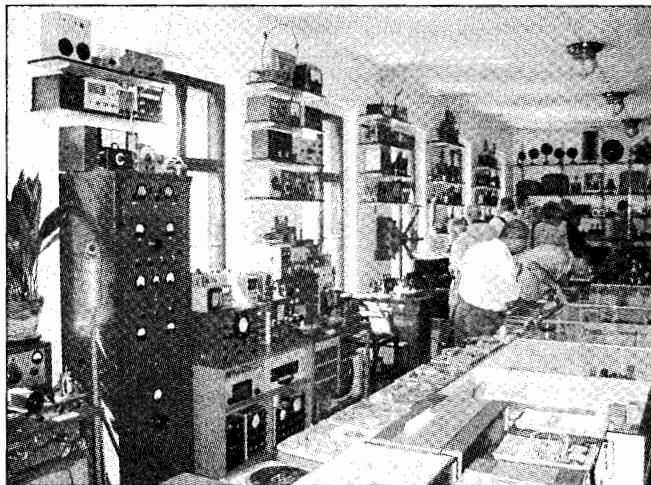
Az időben következő „állomás” a hálózati teleppótlók megjelenése. Itt egy ismerős névre figyeltünk fel: egy KREMENEZKY által készített anódpótló van kiállítva.

A kialakult és lassan hagyományos formát öltő fadobozos rádiók számos képviselője foglal helyet a polcokon. A '30-as években már hálózatról működtek és belsejükből építették a hangszórót is. Sőt, a gyárak igyekeztek minél több különleges szolgáltatással, szokatlan

formákkal felhívni a vevők figyelmét. Például egy tekintélyes, szép, 1936-ból való Telefunken készülékbe beállítható kapcsolóóra van építve, majd az állomásválasztást egyre érdekesebb skálák segítették, kivilágítva és az állomások nevével feliratozva. Két szokatlan megjelenésű, Ingelen gyártású vevőkészüléken különleges állomásmutatórendszer látható: a skála helyén lévő Európa-térképen kis fénypontokkal jeleníti meg az egyes adóállomásokat, fényvezető (optikai) szálakkal juttatva fényt a térkép egyes pontjaihoz!

A három alapító rádióamatőr révén az amatőr rádiózás eszközei nem csak helyet kaptak, hanem szép számmal vannak képviselve is a kiállításon. Egyik régi példányuk egy deszkamodell-kivitelben készült egycsöves Hartley-adó, még tápegység nélkül... A későbbi időkből talán érdekesség az olasz Geloso vállalat amatőr adója (ez a cég a II. világháború utáni Európában elsőként kezdett gyártani amatőrcélú készülékeket), de házilag készült kisebb-nagyobb adókat és vevőket is láthatunk.

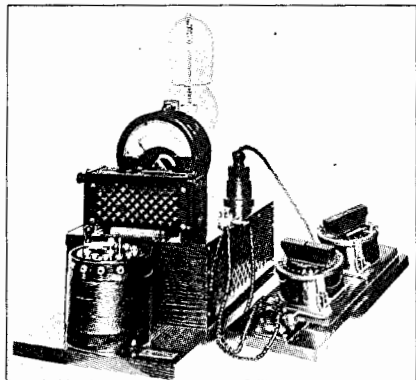
Az úgynevezett könyvtárszobában – könyvek és dokumentációk mellett – két különleges készülék találtam. Az egyik egy rádióamatőr és egy porcelángyár együttműködéséből született „Porcelánrádió”, egy kis törpeszuper készülék kerámiaházba dobozva... A másik, a híres és ma már nagyon ritkán látható Löewe-csővel készített egycsöves vevőkészülék. A Löewe-csővek egyetlen burában több (általában három) különböző csőszerkezetet egyesítettek, elvileg tehát az egyetlen csővel háromfokozatú vevőkészüléket lehetett kialakítani. Nagyon impozáns és magyar szemmel nézve bőséges a mú-



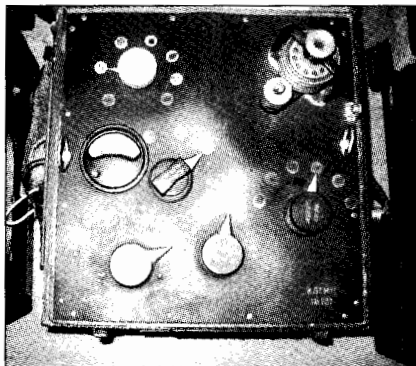
A nagyterem bal oldala



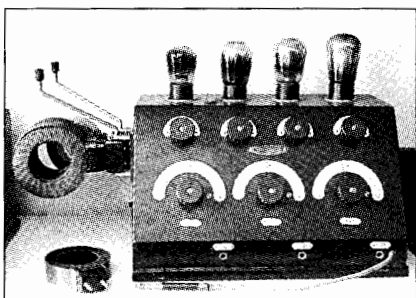
A nagyterem jobb oldala



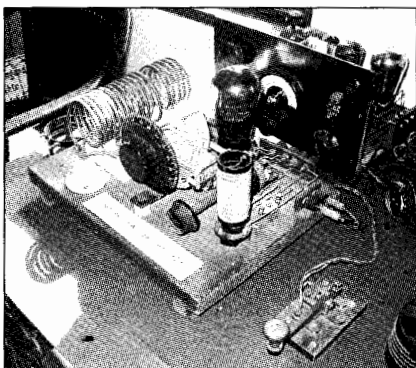
Meissner-adó



Siemens-Halske szikraadó („lövész-  
árok-adó”), 1917-ből



Radiohekapon 4 lámpás vevő, 1924



Hartley-adó (amatőr), 1929

zeum katonai-rádió gyűjteménye. Egy korai és ugyancsak működő képviselője a Siemens és Halske cég KST M17 típusú szikratávíró állomása: kisméretű

dobozokba épített, úgynevezett lövész-árok-(Sützgraben-)rádió, amely háton hordozható egységekből – egy detektoros vevőből, egy oltottsikrás adóból és áramforrásként egy rezgő átalakítóból (vibrátorból) áll. A harc téren négy darab akkumulátorral működött és az akkumulátorokat egy kis benzin- vagy petróleum-motoros generátorral töltötték. Érdeklődésemet látva Braunstein úr beindította a vibrátort, majd a készülék morzebillentyűjét lenyomta: s az adó tetején elhelyezett szikraközökön seregve, lila fényű szikrafolyam jelent meg...

A német Wehrmacht és Luftwaffe meglehetősen sok készüléke megmaradt, a százon felüli tömegből csak néhányat emelek ki: Telefunken EP. 2a. iránymérő, Lorenz LSE 2/203 adó-vevő, a háton hordozható Tornister E.b. vevőkészüléknek több évjárata (a katonák Bertának hívták)...

Érdekesekek a FUG 16 példányok, melyből van itt eredeti Lorenz gyártmányú, de megtalálható az Eumig cég által Ausztriában gyártott változat is. A FUG 10-ek is több változattal vannak képviselve, viszont láttam az SK-10 típusú, mely egykor a magyar Fulmen adókat vezérelte. A 200 W-os FKWS adót csak azért említem, mert méretével már kiemelkedik a sok, háton hordozható egység közül.

A gyűjtemény nem német darabjai közül találtunk keletről egy R-4 Labe vevőt és egy R-104 adó-vevőt, nyugatról viszont USA-készülékek vannak. Ez utóbbiak legnagyobb példánya egy Collins BC-610-es adó, amely a háború után Magyarországon is elterjedt volt -, postai alkalmazásban. Felsorolhatatlan a kiállított apróbb-nagyobb alkatrészek tömege: csövek, szikraközök, hangszórók, fejhallgatók, forgókondenzátorok, áramátalakítók, keretantennák, műszerek stb. Az egyetlen, másfélórás alkalom csupán kóstoló volt ebből a különleges múzeumból.

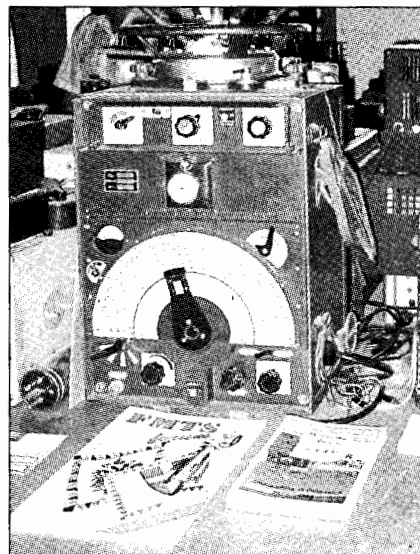
A múzeum csak előzetes megbeszélés után látogatható. Elvileg minden hónap első és harmadik hétfőjén van nyitva, 18.00–21.30 között, az esti órákban. Gyakorlatilag más időpontot is meg lehet beszélni, de csak hétfői napokra.

Címük: Erste Österreichischen Funk und Radiomuseum, Wien 6., Eisvogelgasse 4., III. emelet 5. A Westbahnhoftól pár percrenyire gyalog!

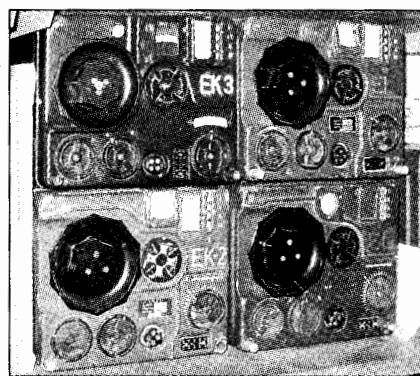
Bécsről szólva említenem kell a Ferenc József császár által alapított Bécsi Technikai Múzeum rádiógyűjteményét



Kremezky-féle anódpótló



Telefunken iránymérővevő, EP.2a



FUG-fejek

is, amely sajnos, 1991 óta raktáron van, a jelenlegi kiállításban nem látható. Ebben a gyűjteményben található a k.u.k. idők szikraadóinak maradványa, néhány oltottsikrás- és ívlámpás adó, többségükben a bécs-laaerbergi, a vevők pedig a stubenringi katonai rádióállomásokról. Érdemes a múzeum kiállításait figyelemmel kísérni, mert várható, hogy idővel újra bemutatják legalább egy részét a gyűjteménynek.

A cím: Technische Museum Wien, Schönbrunn, Mariahilfer Strasse 212.

## A stroboszkóptól a hangtárolóig – válogatott témák

URBÁN ELEKTRONIKA Kft.

Folytatva a 2002-ben megkezdett válogatás-sorozatunkat, az alábbiakban is néhány, az URBÁN ELEKTRONIKA Kft. által forgalmazott népszerű áramkör leírása következik. A részletes ár-ajánlat a mellékelt hirdetésben megtalálható.

### Általános utánépítési tudnivalók

A Rádiótechnikában és a Hobby Elektronikában is e rovatban rendszeresen felhívjuk olvasóink figyelmét azon általános építési tanácsokra, amelyek nemcsak könnyítik és gyorsítják a cikkeinkben szereplő készülékek utánépítését, de a betartásuk rengeteg bosszúságtól kímél meg minket és az eredményül kapott szerelt nyák is esztétikus, megbízható lesz.

#### Az alapszabályok:

- a szerelés megkezdése előtt a nyák-lemezt erős fényrel átvilágítva vizsgáljuk meg, hogy nincs-e rajta gyártási hibából eredő zárlat vagy szakadás. Ezt mindig érdemes megtenni, mert sokkal rövidebb időt vesz igénybe, mint a szerelt panelen történő hibakeresés,
- a forrasztáshoz pisztolypákát ne használjunk, mert túlhevül és leszedheti a nyákról a forraszemeket,
- a beültetést lehetőleg az alkatrészek magassági méretének sorrendjében, az alacsonyabbakkal kezdve végezzük! Így először az esetleges huzalátkötéseket forrasztuk be, aztán a diódákat, ellenállásokat, az IC-foglatokat vagy az IC-eket, a kondenzátorokat, az elkókat, végül az álló helyzetű TO-220 tokozású eszközöket (megfelelő helyzetben),
- a hálózati feszültségű csatlakozópontokba érdemes csavaros nyáksorkapcsot beültetni,
- mindent ültessünk a panel szintjére, hogy ne legyen zárlatot okozó lógó alkatrész,

- az ellenállásokat ne a színkódjuk alapján azonosítsuk, hanem ohmmérővel mérjük meg,
- a diódák és az elkók beforrasztásakor nagyon figyeljünk arra, hogy azok helyes polaritással kerüljenek a panelra!

A gondosan és esztétikusan összerakott áramkört a tápfeszültség bekapcsolása előtt a kapcsolási rajzzal összevetve még egyszer ellenőrizzük, hogy nem követtünk-e el valami hibát!

## 1. Diszkóstroboszkóp

Egyetlen diszkóból és buliból sem hiányozhat ez a fényeffekt, melynek hangulatkeltő hatása mindenkit megfog. Az effekt lényege azon a fiziológiai tényen alapul, hogy a szemünk időbeni felbontóképesége is korlátozott, így jó megközelítéssel a 25 Hz fölötti villogást folyamatosnak, az ez alattiakat pedig szakaszosnak látja. Természetesen ez a frekvenciaérték nem merev határ, mert a szakaszos és folyamatos mozgás közötti átmenet érzékelése szubjektív.

Ha egy mozgó testet olyan pontszerű fényforrással világítunk meg, melynek frekvenciája az átmeneti tartományba esik, a mozgást darabosnak látjuk. A feladatunk tehát egy pontszerű, villogó fényforrás elkészítése, amivel szemben annyi a követelmény, hogy megfelelő fényenergiával rendelkezzen egy nagyobb terem bevilágításához és egyszerűen vezérelhető legyen. Itt már érezni lehet, hogy egy közönséges izzólámpa nem jöhet számításba a tehetetlensége miatt, ezért erre a feladatra például villanócsövet lehet használni, mint a vakunál. Ehhez viszont készíteni kell egy olyan áramkört, ami a töltést és a kisütést vezérli.

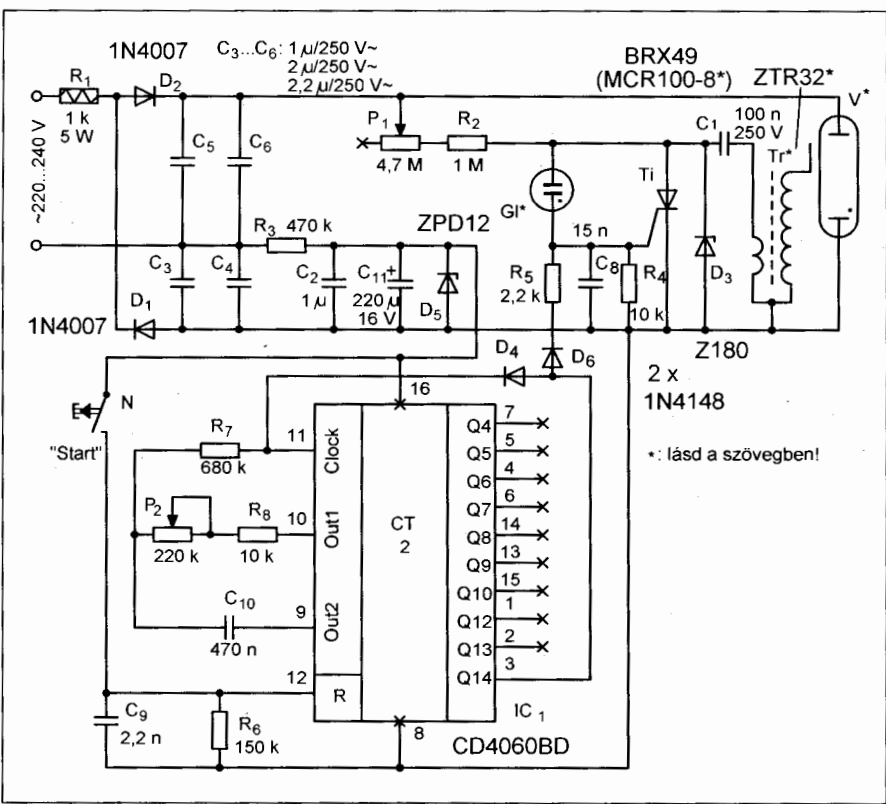
### 1.1. A stroboszkóp működése

Az áramkör működése a **1. ábra** alapján követhető. Az  $R_1$  ellenállás által meghatározott töltőáram a  $D_1$ ,  $D_2$  diódából és a  $C_3...C_6$  kondenzátorból kialakított feszültségkétszerező révén kb. 600 V-os egyenfeszültséget állít

elő, amely a sorba kapcsolt kondenzátorcsoportokon jelenik meg. Ez a feszültség a  $P_1$ - $R_2$  soros tagon és a  $T_r$  impulzustranzformátor primer tekercsén keresztül tölti a  $C_1$  gyújtókondenzátort. Amikor a gyújtókondenzátor töltése eléri  $G_1$  gázkisüléses cső (glimmlámpa) 130...160 V körüli gyújtófeszültségét, a csövön átfolyó áram begyűjtja a  $T_i$  tirisztort. A begyűjtött tirisztor a gyújtótranszformátor primer tekercsén keresztül kisüti a  $C_1$ -et. A kisütő áram a különleges felépítésű transzformátor szekunder tekercsében kb. 6 kV-os feszültséget indukál, ami begyűjtja a  $V$  villanócsövet. A  $C_1$  kisülése után megszűnik a tirisztor tartóárama, ezért az lezár. A folyamat  $P_1$ ,  $R_2$ ,  $C_1$  RC-tag időállandója által meghatározva ismétlődik.

A villanócső élettartamának meghosszabbítása és a túlmelegedés elkerülése érdekében célszerű a stroboszkóp villogását egy időzítő áramkörrel leállítani. Az időzítő fokozat illesztésénél azt használjuk ki, hogy az előbbieken részletezett folyamat a tirisztor blokkolásával leállítható.

Az időzítő fokozat a CD4060 típusú IC-re épül, amely tartalmaz egy külső elemekkel meghatározható frekvenciájú RC-oszcillátort és egy 14 bites bináris osztót. Az IC tápfeszültségét az  $R_3$ ,  $D_5$ ,  $C_2$ ,  $C_{11}$  elemekből kialakított egyszerű stabilizátor állítja elő az energiatároló kondenzátorok feszültségéből. A frekvenciameghatározó  $P_2$ ,  $R_7$ ,  $R_8$ ,  $C_{10}$  RC-tagot úgy választottuk



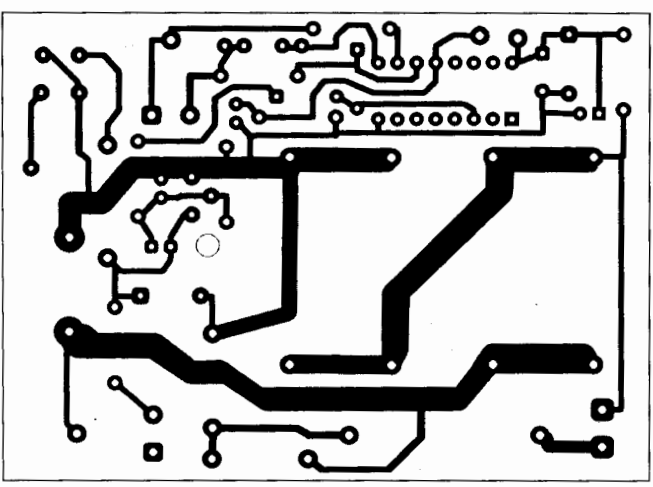
1. ábra

meg, hogy a 14 bites osztó kimenete a megfelelő idő elteltével (3...10 perc múlva) billenjen. A késleltetési idő a P2 potenciométerrel folyamatosan állítható. Az időzítő átbillent kimenete a D6 diódán és R5 ellenálláson keresztül folyamatosan magas szinten tartja a tirisztor gate-jét, ezzel leállítja a villogást. Az átbillent Q14-es kimenet a D4 diódán keresztül leállítja az RC-oszcillátort, így stabil, kikapcsolt állapotba kerül a készülék.

Az időzítő IC regisztereit az N nyomógombbal törölve az összes kimenet alacsony szintre vált és a fentiek szerint újra indul a folyamat.

1.2. A stroboszkóp szerelése, élesztése

A konstrukció kialakításánál arra törekedtünk, hogy kompakt, jól dobozolható, kis méretű áramkört építhessen az egységcsomag tartalmából. Ennek ér-

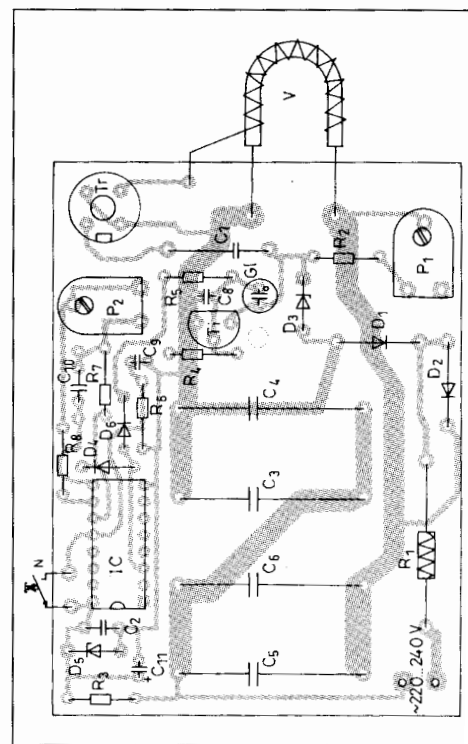


2. ábra

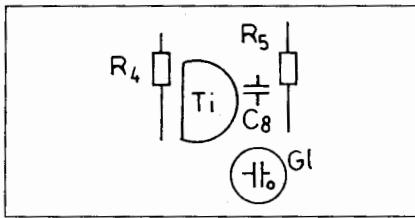
dekében a panelt úgy terveztük, hogy arra minden elem ráültethető legyen. A nyákrajz a 2. ábrán látható. A jó tervezés eredményeként csak a Start gombot kell huzalokkal bekötni. A felhasznált alkatrészeknél legfontosabb szempont az érintésvédelem betartása volt. Ezért csak műanyag tengelyű potenciómétereket (fekvő trimmerek, „pót-tengellyel”), ill. hálózati feszültségre is alkalmas nyomógombot használtunk!

A szerelésre, élesztésre, első bekapcsolásra oda kell figyelni, hogy a kellemetlen meglepetéseket és az életveszélyes mozdulatokat elkerüljük. Az alkatrészeket a 3. ábrán feltüntetett beültetési rajz alapján forrasszuk be! Az 5 W-os ellenállást a megfelelő levegőmozgás biztosítása érdekében a szokásostól eltérően kb. 5 mm-rel a panel szintje fölé kell beültetni. Előtte célszerű a lábaira 1-1 porcelángyöngyöt húzni.

A tirisztor és a villanócsövet hagyjuk utoljára! A tirisztor bekötése az eddigieknél több figyelmet kíván, mert a hasonló paraméterű és tokozású alkatrészek lábkiosztása nem minden esetben azonos. A panelre szitázott beültetési rajz a BRX49 tirisztorhoz készült, az egységcsomagba viszont a beszerzéstől függően más típus is kerülhet. A másik jellegzetes típus, az MCR100-8 tirisztor pozícionálását a 4. ábrán külön feltüntettük, hogy az eltérést egyér-



3. ábra



4. ábra

telmően azonosítani lehessen. A töltőkör kondenzátorain 250 V~ feszültségérték van feltüntetve. A 230 V-os hálózati feszültség csúcsértékéhez ez még jól használható. A speciális gyűjtőtrafó pozicionálásához egyértelmű jelzés van a műanyag csévén, ne próbáljuk fordítva beültetni!

Legutoljára a villanócsövet forrasztjuk be. Vigyázzunk, kézzel ne érintünk a kvarcüveg-buráéhoz, mert az élettartama drasztikusan csökken! Beforrasztás előtt a cső gyárilag meghajlított lábait egyenesítsük ki, majd egy laposfogóval az üveg mellett megfogva, derékszögbe hajlítsuk meg! Az üveg törékeny, ezért a műveletet kellő óvatossággal végezzük! A csövet a lábait emelik a panel síkja fölé.

A cső lábait beforraszthatók. A gyűjtőelektródájára a forrasztás előtt húzzunk egy darabka mipoláncsövet! A villanócső két elektródája azonos felépítésű, így azok felcserélhetők.

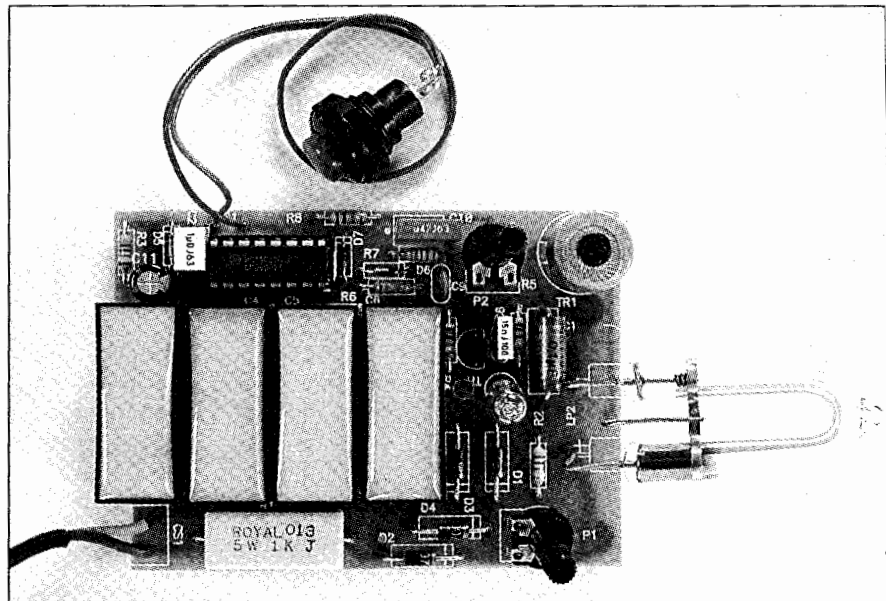
A készülék az alkatrészek beültetése után normális esetben azonnal működőképes. Bekapcsolás előtt a P1-et tekerjük középállásba!

A működésről meggyőződhetünk, ha a villogót a hálózatra csatlakoztatjuk. Ehhez húzzunk rá a mellékelt törésgátlót a hálózati kábelre úgy, hogy a csupaszolás után a két vezetékből a dobozolás miatt kb. 15 mm „lógjon ki”. Ezek végeit tegyük szabaddá és a jelölt forrsemekbe forrasztjuk be! Mivel az időzítő fokozat IC-je a feszültség alá helyezés után véletlenszerű állapotba kerül, az első pontos időzítési ciklus előtt működtetni kell a RESET gombot. Ezután a cső villogni fog. A stroboszóp szerelt panelje az 5. ábrán látható.

*Figyelem! A csőnek nagy az UV-sugárzása; szabad szemmel ne nézzünk bele!*

### 1.3. A stroboszóp dobozolása

A készülékhez szitázott dobozt is vásárolható, amibe a szerelt áramkör kényelmesen behelyezhető. Az egységcsomag ezt azért nem tartalmazza,



5. ábra

hogy ha valaki másképpen szeretné beépíteni, ne fizessen feleslegesen a dobozért. Ha valaki úgy dönt, hogy a nálunk vásárolt dobozba építi be a stroboszópot, a feliratozott dobozon a következő műveleteket kell elvégezni. A szitázott dobozrész belsejéből egy oldalcsipővel el kell távolítani a belső csonkokat. Fúrjuk ki a „Speed”, a „Delay” és a „Start” kezelőelem helyét egy Ø3,5 mm-es fúróval. Az első kettőnél ez a végleges méret, a Start átmérőjét növeljük 11 mm-re. A kontúrok a pontos kivágáshoz mindenhol fel vannak tüntetve. A Start-gomb furatát a rögzítő szárnyak miatt türeszelővel alakítsuk végleges méretre, majd nyomjuk a helyére a kapcsolót. A cső ablakát a belső kontúr mentén lombfűrészszel vagy éles késsel vágjuk ki. A szerelt panelt helyezzük be a másik dobozfélbe. A panel

középen egy csavarral rögzíthető a dobozhoz. Ezután a hálózati kábel törésgátlóját süllyesszük be a doboz oldalába. Ezt figyelmesen végezzük, hogy a törésgátló ne lötyögjön, pontosan illeszkedjen a kivágott részbe úgy, hogy a doboz felső felének a pereme is leszorítsa azt!

Az összeillesztett doboznál ellenőrizzük a cső és az ablak pozícióját. Szükség esetén fogóval hajlítsunk a cső lábán. A kisugárzott fény-sűrűség növelhető, ha a cső alá valamilyen fényvisszaverő anyagot ragasztunk.

*A stroboszóp megépítésénél, bemérésénél és használatakor fokozott figyelemmel tartsuk be az érintésvédelmi szabályokat! A készülék nincs leválasztva a hálózatról, ezért üzem közben bármely pontjának (még a csőnek is) a megérintése áramütést okozhat!*

## 2. Triakos teljesítményszabályozó

A váltakozó áramú hálózatra kapcsolt fogyasztó teljesítményének szabályozására a gyakorlatban több módszer ismerünk. Kezdetben, már a múlt század első felében a gyűrűmagra tekercselt, speciálisan felületkezelt, leszédőkarral ellátott úgynevezett toroid transzformátorokat használtak erre a célra. Ez a konstrukció olyan jól bevált, hogy még napjainkban is előszeretettel alkalmazzák, mert a harmonikusmentes hálózati feszültség-szabályozásnak ez a legegyszerűbb módja. A toroiddal

kapcsolatban „csupán” három probléma vetődik fel: a gazdaságtalan gyártóhatóság, a teljesítmény négyzetgyökével arányos méret- és súlynövekedés, valamint a komoly mechanikát igénylő zárthurkú szabályozás.

A kilowatt feletti teljesítmények szabályozására már abban az időben is megvolt az igény, amit elfogadható méretű és áru eszközökkel kellett kielégíteni. Gondoljunk itt a különböző teljesítményű villanymotorok kiszolgálására! Ekkor születtek meg a fázishasi-



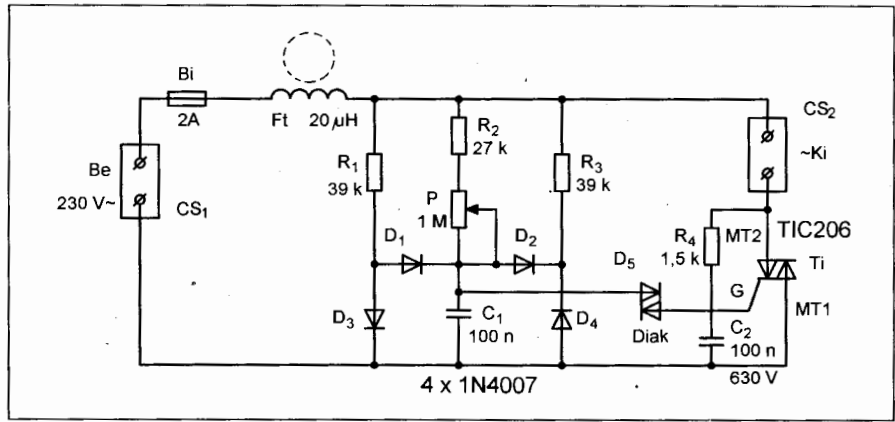
tás elvén működő vákuumtechnikai eszközök, mint például a tirátron. Ma a félvezetők világában is előszeretettel alkalmazzuk a fázishasításos eljárást, mert a mindennapi gyakorlat számára rendkívül kis mérettel, alacsony költséggel, könnyen reprodukálható teljesítményszabályozót lehet készíteni. Ebben a cikkben egy ilyen fázishasításos elven működő egyszerű teljesítményszabályozót ismertetünk, amelyben a feladat elvégzésére triakot használunk. (Ezen eszközről és alkalmazástechnikájáról részletes cikksorozatot kezdődött a *2004-es kiadásunkban A triak kapcsolástechnikája* címmel, amit *jelen kötetünkben* folytatunk. A szerk.)

### 2.1. A teljesítményszabályozó működése

Az áramkör működése a **6. ábra** kapcsolási rajza alapján követhető. A triakot gyújtó impulzust a  $D_5$  diak állítja elő. A TIC206 gyújtására elvileg bármilyen triggerelem megfelel, a gyakorlatban azonban a szerényebb igényű feladatoknál szinte kizárólag a diakot alkalmazzák. Ez az egyszerű felépítésű, kétirányú kapcsolóeszköz kifejezetten a triak gyújtására lett kifejlesztve. A háromrétegű, szimmetrikus NPNP-struktúrájú félvezető tokozása ugyanolyan, mint egy egyszerű diódié. A szimmetrikus struktúrája miatt a bekötése polaritásfüggetlen, a billenési feszültsége pedig kb. 32 V.

A gyújtóimpulzus helyét a hálózati feszültség nullátmenetéhez képest az  $R_2$ , P,  $C_1$  RC-tag határozza meg. A szabályozó körben fellépő hiszterézis csökkentése érdekében az  $R_1$ ,  $D_1$ ,  $D_3$  és az  $R_3$ ,  $D_2$ ,  $D_4$  a pozitív és a negatív csúcsok után következő nullátmenetek közelében kisütik a  $C_1$  kondenzátort. A töltő és kisütő áramkör szimmetriája biztosítja, hogy mindkét félpériódusban azonos pillanatokban gyűjsson a triak. Az  $R_2$ , P,  $C_1$  taggal megvalósítható fázistolás értéke a szórásokat figyelembe véve kb.  $18...170^\circ$ .

Az Ft, ferritgyűrűre tekercselt fojtó és az  $R_4$ ,  $C_2$  tag a triak kommutációja során keletkező harmonikusokat csökkenti. Az áramkörrel megvalósítható teljesítményszabályozás értéke a triak paraméterétől függ. Az egységcsomagban levő TIC206 600 W-ig biztonságosan használható. Nagyobb teljesítményigény esetén TIC226-ra vagy még nagyobb áramú, azonos gyújtási



6. ábra

paraméterű és tokozású triakra cserélhető.

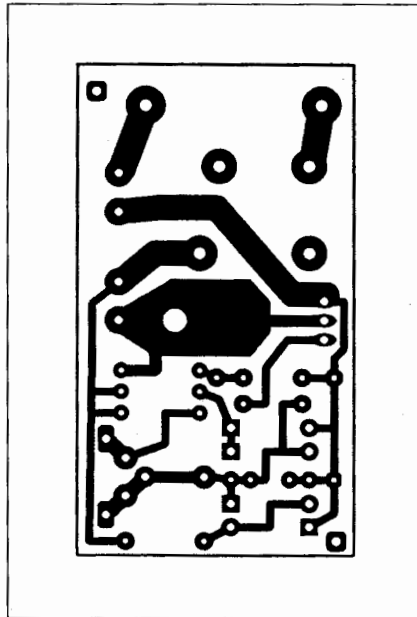
### 2.2. A teljesítményszabályozó szerelése, élesztése

A teljesítményszabályozó nyomtatott áramkört egyoldalas panelre terveztük (**7. ábra**), ami Positiv 20-as technológiával házilag is elkészíthető, de ha valakinek ez gondot okoz, megvásárolhatja az URBÁN ELEKTRONIKA szaküzletben az áramkör egységcsomagjával együtt. Az egységcsomagban minden, alkalmas méretű alkatrész megtalálható, ami a kapcsolási rajzon szerepel. A továbbiakban a szerelés minden műveletét figyelmesen ellenőrizzünk, hogy ne kövessünk el hibát, mert ezt az áramkört csak fokozott biztonságtechnikai előírások betartása

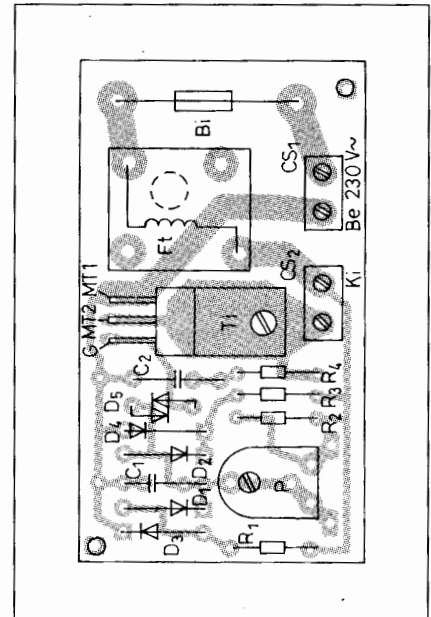
mellett szabad műszeresen ellenőrizni. Ezt elkerülendő, a szabályozónak az első bekapcsolásra működni kell. A beültetést a **8. ábra** alapján végezzük el!

Az összeszerelt áramkört még egyszer figyelmesen ellenőrizzük, mielőtt a hálózatra csatlakoztatjuk. A működés ellenőrzése egyszerű. Kössünk a „~Ki” jelű sorkapocsra egy 100 W-os izzót! Csatlakoztassuk a szabályozót a hálózatra. A potenciométer tengelyét elfordítva a fényerőnek változnia kell. Ha ez teljesül, akkor kész az áramkör. Hiba esetén a fáziszárlat elkerülése végett az áramkört csak leválasztó transzformátorral szabad mérni! *A kész szabályozót a balesetek elkerülése érdekében be kell dobozolni. A trimmert feltétlenül el kell látni műanyag „póttengellyel”!*

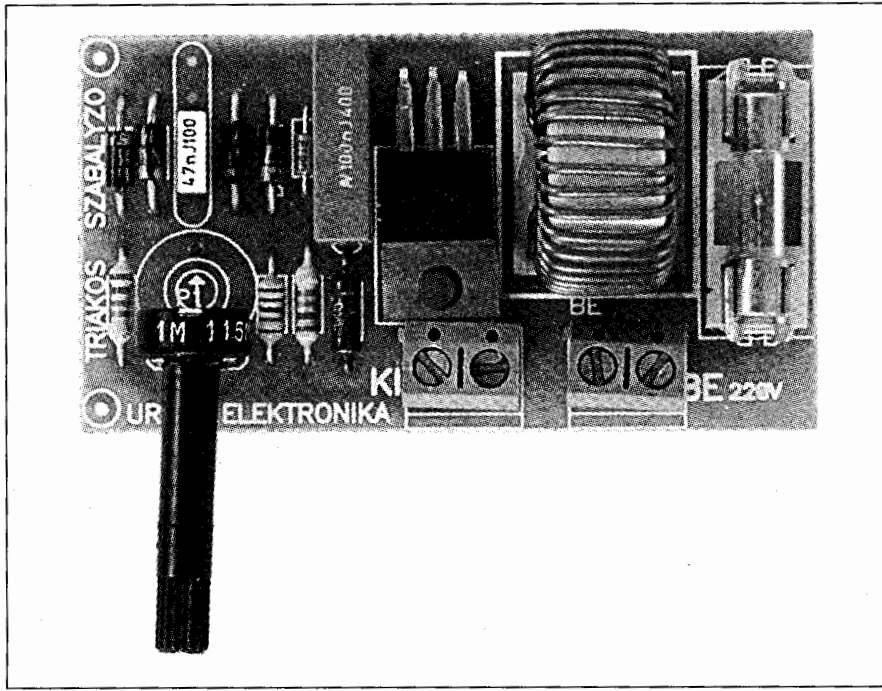
A kész teljesítmény szabályzó fotóját a **9. ábra** mutatja.



7. ábra



8. ábra



9. ábra

### 3. ERTR-3 hangfrekvenciás előerősítő

A hétköznapi gyakorlatban sokszor van igény olyan egyszerű, olcsó hangfrekvenciás előerősítőre, amire univerzálisan, sokféle jelforrás ráköthető. Az itt bemutatott háromfokozatú erősítő alacsony áramfelvétel mellett széles tápfeszültség-tartományban működik és nincs körbeépítve hangszínszabályozóval. Alacsony kimeneti impedanciájával sokféle végfokhoz, keverőhöz, PC-s hangkártyához jól illeszkedik. Főleg az olcsó, közkezdvelt elektrétmikrofonokhoz használható jól ez az áramkör, amely az URBÁN ELEKTRONIKA szaküzletében megvásárolható egységcsomagból építhető meg.

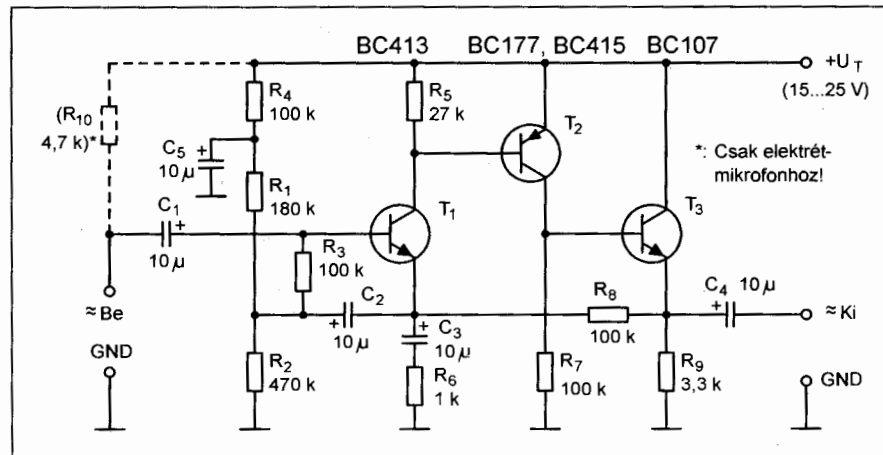
#### 3.1. Az erősítő működése

Az áramkör egyszerű felépítésű, 3 tranzistoros, negatív visszacsatolású erősítő. A 10. ábrán feltüntetett kapcsolási rajzon a bemenőfokozat a nagy bemeneti impedancia megvalósítása érdekében feszültségutánehúzó kapcsolatban működik. Az erősítést a  $T_1$ -ből és a  $T_2$ -ből álló komplementer földelt emitteres erősítő végzi. A  $T_3$  emitterkövető a viszonylag nagy bemeneti és alacsony kimeneti impedanciájával levalasztja a terhelést a második erősítő fokozatról.

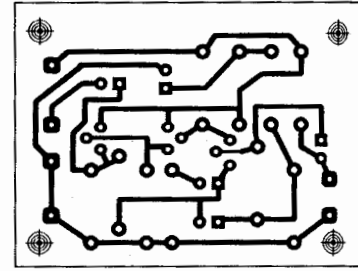
Az egész erősítőláncra kiterjedő negatív visszacsatolást a  $T_3$  emitteréből az  $R_8$  biztosítja. Az erősítés értékét közelítőleg az  $R_8/R_6$  hányadosa adja meg. Ez a kapcsolási rajzról leolvasott értékek alapján ennél az erősítőnél 100-szoros, azaz 40 dB. Ha növelni szeretnénk, akkor az  $R_8/R_6$  hányados értékén kell változtatni, azaz  $R_8$ -at növelni vagy az  $R_6$ -ot csökkenteni szükséges.

A gyakorlatban az  $R_8$ -at célszerű növelni, 2...5 szörösré.

Az  $R_4$ ,  $C_5$  komplexum a  $T_1$  munkapontjának beállításához biztosít szűrt



10. ábra



11. ábra

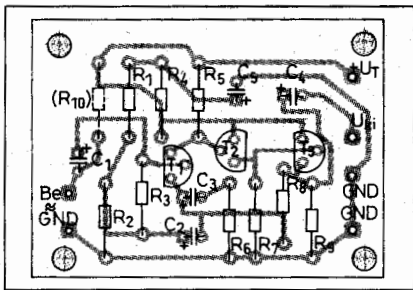
tápfeszültséget. Az  $R_{10}$  ellenállásra csak akkor van szükség, ha az előerősítőre elektrétmikrofont csatlakoztatunk. A kétkivezetésű elektrétmikrofon kapszula belső FET-jének többnyire ui. nincs beépített munkaellenállása, ezért azt a kívülről csatlakoztatott  $R_{10}$  képezi. (A szerkesztő megjegyzése: sok mikrofontípushoz a rajzon feltüntetett feszültségátvitel közötti táplálásnál az  $R_{10}$ -et növelni kell.)

#### 3.2. Az erősítő szerelése, élesztése

Az előerősítő nyákrterve a 11. ábrán látható; ez amatőртеchnológiával is elkészíthető. Ha valakinek a nyákkészítés gondot jelentene, akkor a panelt a komplett egységcsomagjával együtt megvásárolhatja az URBÁN ELEKTRONIKA szaküzletben.

A panel ellenőrzése után beforrasztjuk az alkatrészeket, a szokásos sorrendben (12. ábra). A tranzisztorok beforrasztásakor különösen figyeljünk, mert a három egyforma tokozású alkatrész közül az egyik PNP struktúrájú!

A tápfeszültséget az élesztésnél és az alkalmazásnál is egyaránt telepről kell biztosítani. Az értéke nem kritikus, már 9 V-ról is működik az erősítő, de a

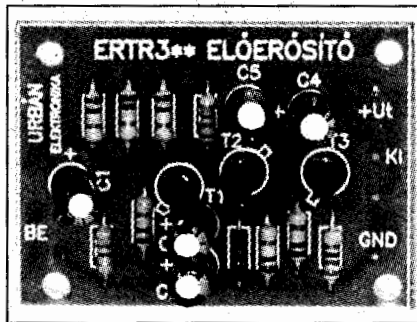


12. ábra

jobb kivezérelhetőség érdekében a kapcsolási rajzon megadott értéket érdemes biztosítani. Az áramfelvétel kb. 5 mA.

Gondos, szakszerű szerelés esetén az élesztéssel nem kell foglalkozni, az erősítő rögtön működésképes. Hiba esetén hanggenerátort és oszcilloszkópot használjunk a javításhoz!

Az előerősítő sztereó formában is kapható. Ez a változat csak annyiban különbözik a kapcsolási rajzon ábrázolt monó áramkörtől, hogy az egységcsomag a nyáket és az azonos pozíciószámú alkatrészteteket duplán tartalmazza. A szerelt áramkör fotója a 13. ábrán megtekinthető.



13. ábra

## 4. Overdrive torzító

A zenei témák ismertetésekor sok olvasóban felvetődhet a kérdés, hogy mit produkál az áramkör, milyen a hangzása? Erre a kérdésre nehéz választ adni, mert az egyértelmű dicséret az elfoogság látszatát keltené. Mindig műszaki szemmel vizsgáljuk az áramkörök paramétereit és a fizikai működésre helyezük a hangsúlyt. Részletesen ismertetjük a szerelést/élesztést és felhívjuk a figyelmet a változtatási lehetőségekre. Azért ezt a módszert választottuk, mert a Korg, Ibanez stb. effektek elég elterjedtek nálunk is. Ezért egy kis utánajárással, baráti körben az eredetit is meg lehet hallgatni, hogy elképzelésünk legyen arról, mit is lehet kihozni egy-egy effekt egységcsomagjából.

4.1. Az Overdrive áramköre

Az Overdrive is a torzítók családjába tartozik. A 14. ábrán bemutatott kap-

csolási rajz alapján a következőképpen működik. A bemenőjel a C<sub>1</sub>, R<sub>1</sub> csatlólkörön át az IC<sub>1a</sub> követőerősítőre kerül. Ez illeszti a gitárhangszedő viszonylag nagy kimenőimpedanciáját az Overdrive effektáramkörének bemenetéhez.

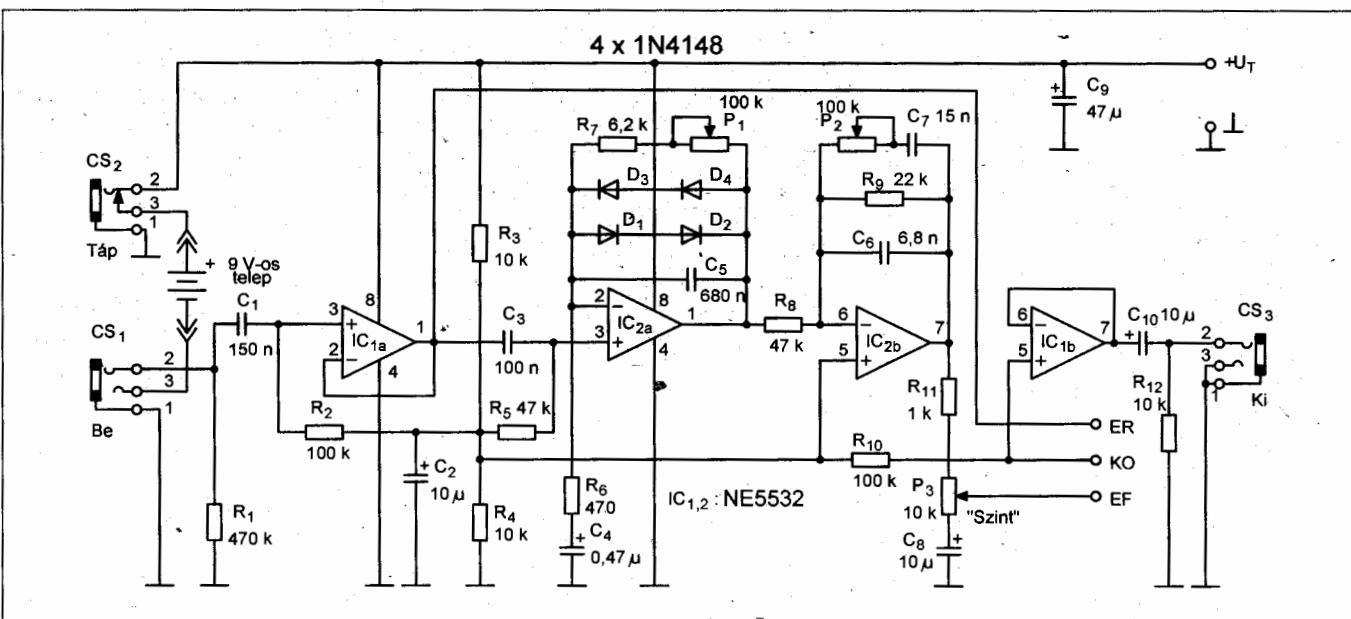
Az erősítő kimenőjelének útja két felé ágazik. Az egyik ág az eredeti jelet vezeti az ER kimenetre, a következő pontban bemutatott átkapcsoló áramkörre. A másik ág a C<sub>3</sub> kondenzátorral az IC<sub>2a</sub>-ra vezet. Ez az erősítő a hozzá kapcsolódó R, P, C, D elemekkel együtt egy határolót, limitert alkot. A limitálást D<sub>1</sub>...D<sub>4</sub> kettős antiparalel dióda komplexum nyitófeszültsége adja. Mivel a limiter működésének lineáris tartománya is van, negatív visszacsatolást kell alkalmazni. Ez a visszacsatolás határozza meg az A<sub>1</sub> váltóáramú erősítését, aminek értéke:

$$A_1 = 1 + (R_7 + P_1)/R_6.$$

A képletből kiolvasható, hogy a P<sub>1</sub> „Drive” potenciométer állása az erősítés szabályozásával határozza meg a túlvezérlés mértékét. Az effekt innen kapta a nevét. (Az overdrive túlvezérlést jelent.)

A limiter kimenetéről a jel az IC<sub>2b</sub>-vel felépített aluláteresztő szűrőre kerül. Ez a szűrő hangszínszabályozást végez, a töréspontja a P<sub>2</sub>-vel állítható be.

A szűrőt egy újabb, egységnyi erősítésű OPA (IC<sub>1b</sub>) követi, ami kisimpedanciás kimenetet biztosít.



14. ábra

Az Overdrive elektronikája egytepes táplálású, ezért a kivezélhetőség érdekében a munkapontokat telepközépre – azaz a mindenkori tápfeszültség felére – kell állítani.

A telepközépet az  $R_3$ ,  $R_4$  osztó állítja elő, a  $C_2$  szűri. A telepközépre kapcsolódnak közvetlenül vagy egy ellenállás közbeiktatásával a műveleti erősítők neminvertáló bemenetei. Ez biztosítja azt, hogy jelmentes állapotban a kimenetek is a fél tápfeszültség jelenjen meg.

Az  $IC_{2b}$  jelét  $P_3$ -ra vezetjük, aminek csúszkáján, az  $EF$  kimeneti ponton megjelenik a torzított jel. A torzított jel szintjét ezzel a potenciométerrel szabályozhatjuk, hogy az egyenlő legyen az eredeti jel szintjével. Így az átkapcsolás során nem lesz hangerőváltozás.

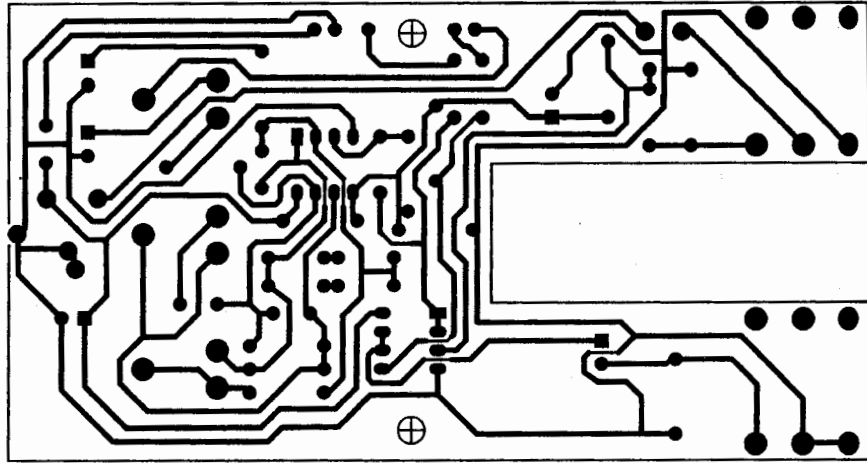
Az  $IC_{1b}$  követő bemenetét a kapcsolóáramkör köti össze az  $ER$  vagy az  $EF$  ponttal.

#### 4.2. Az Overdrive szerelése, élesztése

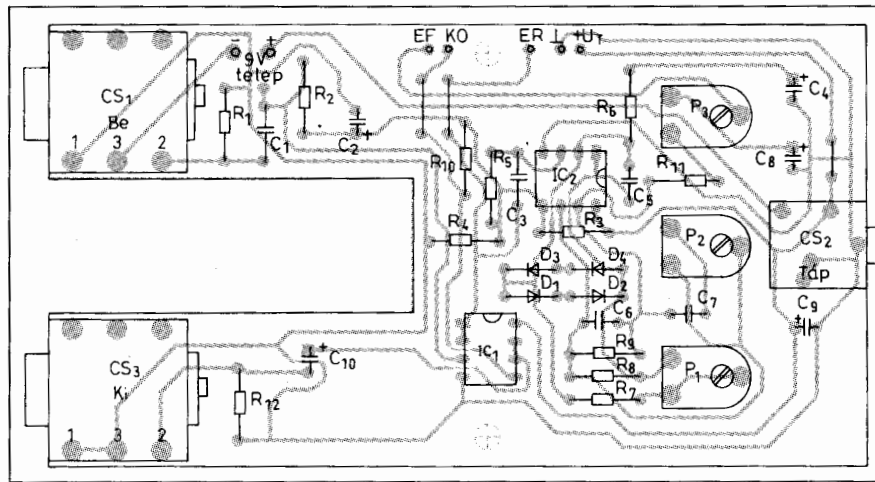
A torzító áramköréhez egyoldalas panelt terveztünk (15. ábra). Ez amatortechnológiával is elkészíthető. Ha valakinek mégis gondot okozna, akkor célszerű az áramkör komplett egységcsomagját megvásárolni. Az egységcsomagban a panelt forrasztásgátló lakkal bevonva, a szükséges helyeken perforálva, beültetésre készen találjuk meg, a mérethelyes alkatrészekkel együtt. Az áramkör a 16. ábrán feltüntetett beültetési rajz alapján szerelhető.

Először a 2 db átkötést forrasszuk be, amit a rajzon folytonos vonalak jelölnek, majd az ellenállásokat, kondenzátorokat és a többi alkatrészt! Ügyeljünk a pontos munkára, a szakszerű forrasztásokra, hogy a végtermék esztétikus, bemérésre, dobozásra alkalmas legyen! Ha a bevezetőben ismertetett irányelveket betartjuk, akkor valószínű, hogy az élesztéssel nem lesz sok gondunk.

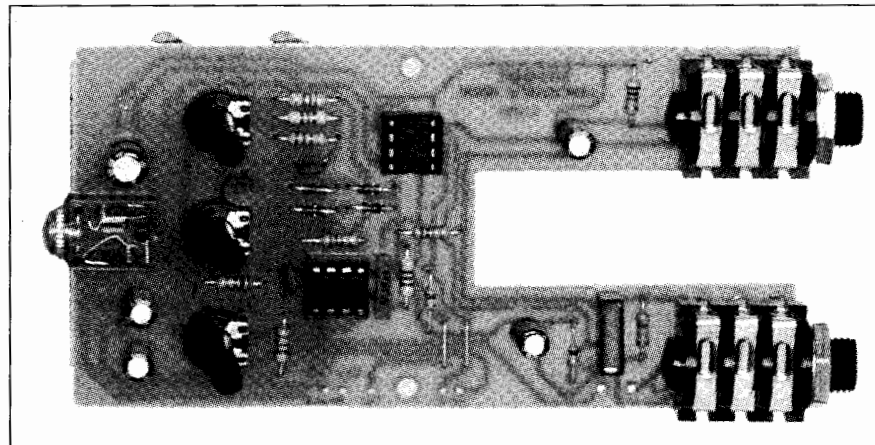
Ha minden kész, a polaritásra ügyelve kössünk egy 9 V-os telepet a „+” és „-” pontra és kapcsoljuk be az áramkört! A torzító tápfeszültségének ki-be kapcsolását a bemeneti,  $CS_1$  sztereó Jack-aljzat oldja meg. Az ide bedugott *monó* Jack-dugasz rövidre zárja az 1. és a 3. pontot, ezáltal a tápvezeték földjét rákapcsolja az áramkörre. Ebből következik, hogy a méréshez a jelzett pontokat egy rövid huzaldarabbal össze kell kötni. Ha a  $CS_2$  jelű,



15. ábra



16. ábra



17. ábra

Ø3,5 mm-es dugasztáp-aljzatot használjuk, akkor erre nincs szükség.

Kéziműszerrel ellenőrizzük az  $R_3$ ,  $R_4$  osztó feszültségét: itt a tápfeszültség felét kell mérni! Ez az osztó állítja be a négy műveleti erősítő munkapont-

ját. Mindkét tok 1. és 7. lábán ugyanennek a DC-szintnek kell megjelenie

Hanggenerátorral és oszcilloszkóppal célszerű az áramkört dinamikusan is tesztelni és a jelszinteket megvizsgálni. Megfelelő műszerek hiányában

marad az „éles” próba. A gitár jelét valamilyen előerősítőn keresztül csatlakoztassuk a bemenetre, az effekt kimenetét pedig az erősítőre. Minimális hangerővel kezdve állítsuk be a megfelelő hangzást!

Természetesen, ha mindezt az átkapcsoló panel nélkül csináljuk, akkor az *EF*, a *Ko* és az *ER* pontok összekötését egy mechanikus kapcsolóval, vagy egy huzaldarabkával meg kell ol-

dani. Az *EF-Ko* vonalon megy a torzított jel, az *ER-Ko* vonalon pedig az eredeti jel. A mechanikus kapcsoló beszerelhető a torzítóhoz kapható dobozba is.

Aki ennél elegánsabb megoldást szeretne, építse meg a következő pontban bemutatott *elektronikus kapcsolóáramkört*, majd azt huzalozza össze a torzítóval! A szerelt áramköt fotója a **17. ábrán** látható.

## 5. Elektronikus kapcsolóáramkör

Zenélés közben nem sok idő van arra, hogy a zenész az effektel kibélődjön. Ha azt egyszer beállította, utána már csak egy mozdulat kelljen ahhoz, hogy ki-, vagy bekapcsolja. Ezt a profi gyártók általában fémből készült lábpedállal oldották meg. Mivel ez az effekt hazánkban nem nagyszériás termék, egy ilyen szerkezet alkalmazása szóba sem jöhet, hiszen a doboz a kapcsolóval sokkal többbe kerülne, mint az egész áramkör, amit ez a leírás ismeret, ezért más módszert választottunk. Az effektet egy kisméretű, tetszetős fekete műanyag dobozba terveztük. A kapcsolót a doboz törékenysége miatt célszerű kézzel működtetni. Ehhez vi-

szont egy megbízható, könnyen kezelhető elektronikus kapcsoló kell.

### 5.1. Az elektronikus kapcsoló működése

A torzított és az eredeti jel kapcsolását a **18. ábrán** látható módon az IC<sub>102</sub> analóg kapcsoló *A* és *C* része végzi, amelyek közül az egyik vezet, a másik zár. Ezt az állapotot a T<sub>101</sub> és az inverternek használt IC<sub>102d</sub> biztosítja. Az analóg kapcsolók állapotát a K<sub>101</sub> Hall-elemes nyomógomb váltja.

A nyomógomb állapotát az IC<sub>101</sub>, kettős osztónak kötött D-tároló rögzíti. Utóbbi *Q* kimenete a H<sub>101</sub> minden

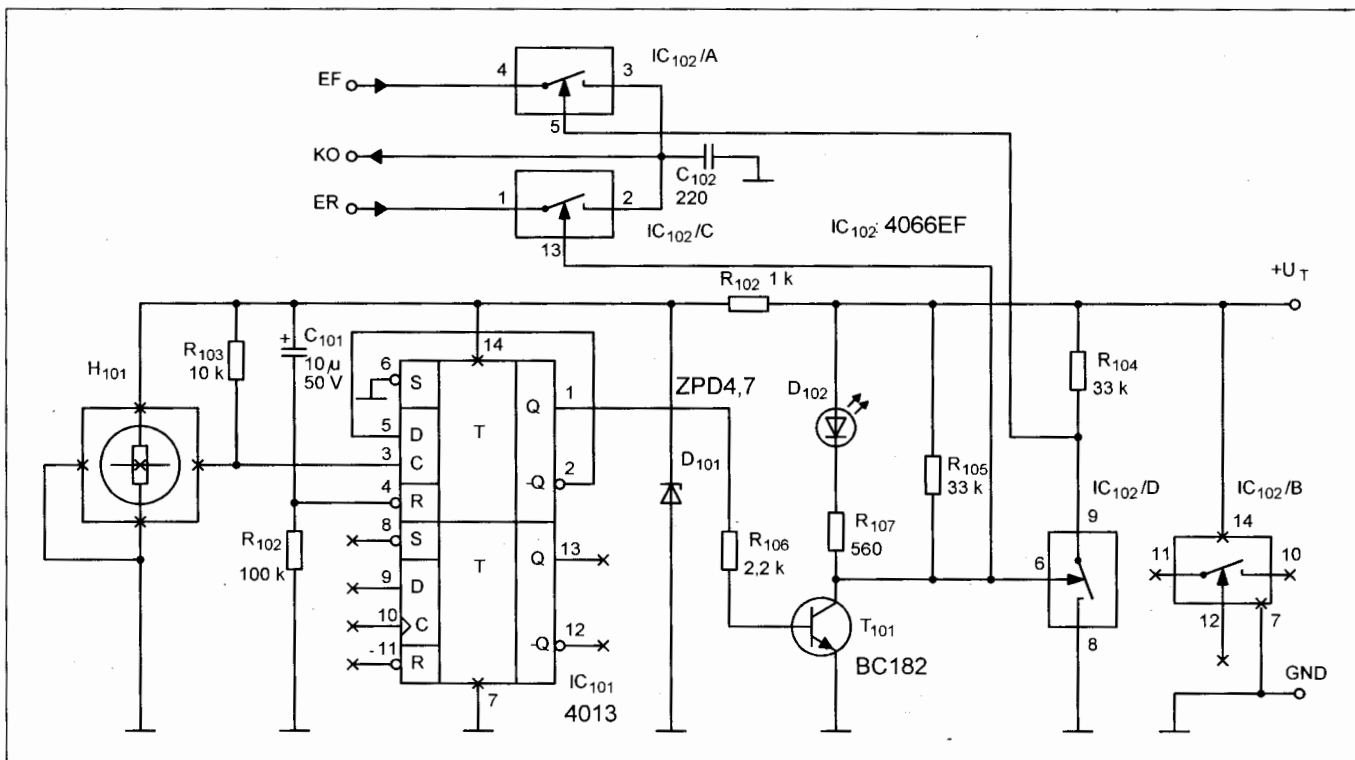
egy megnyomására állapotot vált, így az analóg kapcsolók egyszer az *EF*, egyszer az *ER* bemenetet kapcsolják a *Ko* vonalra. A D<sub>102</sub> akkor világít, amikor az effekt jele (*EF*) kerül a kimenetre. A D<sub>101</sub> a Hall-nyomógomb áramkörének tápfeszültségét „fogja meg” 4,7 V-on.

Mivel a Hall-kapcsoló lágy működésű, könnyen kezelhető, pergésmentes kapcsoló, ez a szisztéma kiválóan alkalmazható minden esetben, ha két kisszintű analóg jel közül kell választani. Az effektjeinkben egységesen mindig ezt az áramkört célszerű használni!

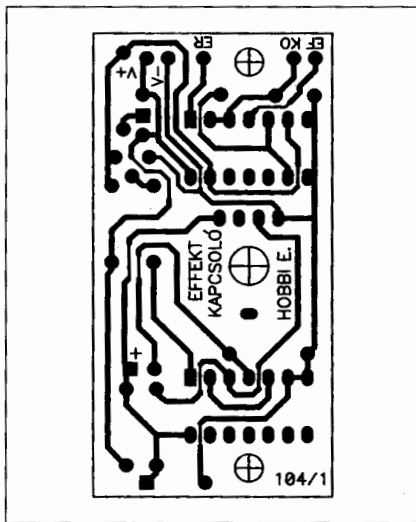
### 5.2. A kapcsoló megépítése

A kapcsolóáramkör nyákrája a **19. ábrán** látható. A **20. ábrán** feltüntetett beültetési rajz alapján ez is hasonló módszerrel szerelendő, mint az effekt. Eltérés csak a C<sub>101</sub>-nél és a D<sub>102</sub>-nél van. A kondenzátort fektetve kell beültetni, a LED-et pedig csak a dobozolás utolsó fázisában szabad beforrasztani!

Ha a forrasztás készen van, akkor a csomagban levő távtartók segítségével rögzítsük egymáshoz a két panelt, hogy az összekötő forraszemek egymás fölött legyenek! Kb. 3 cm-es huzaldarabokkal kössük össze az egymás fölött levő forrpontokat!



18. ábra



19. ábra

Ezután a doboz kimunkálása következik. A szitázott előlapon lehetőleg pontosan, a körvonal mentén ki kell fúrni a LED és a potméter tengelyek furatait és ki kell alakítani a nyomógomb helyét.

A doboz két végén jelöljük be a két Ø6,3 mm-es Jack-aljzat és az Ø3,5 mm-es tápaljzat középpontjának a pozícióját, majd ezek furatait is készítsük el! *Figyelem!* A furatok pontos pozíciójára és méretére ügyelni kell, mert a csatlakozók menetes része ide rögzíti a szerelt áramkört! A műveletek végzése előtt és közben gyakran ellenőrizzük a pontosságot!

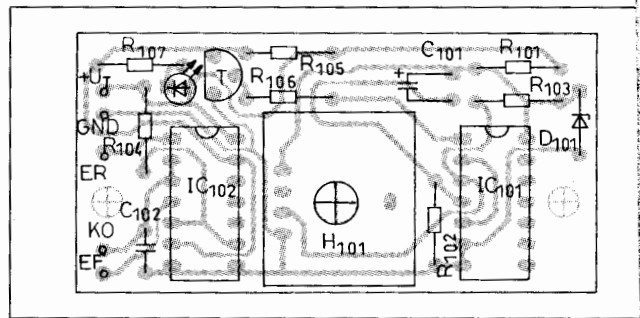
A kész áramkört a pontosan előkészített dobozba kell behelyezni és a két Jack-aljzat, valamint a DC-csatlakozó csavarjával rögzíteni. Ellenőrizzük, hogy a Hall-kapcsoló nyomógombja kényelmesen mozog-e, annak akadoznia nem szabad. Ha szorulna, akkor lazítsuk meg a két távtartó csavarját és próbáljunk jobb pozíciót találni!

Szükség esetén a furatok bővítése segít. A kapcsoló körüli műanyagrézsfaragása esztétikai okok miatt maradjon utoljára.

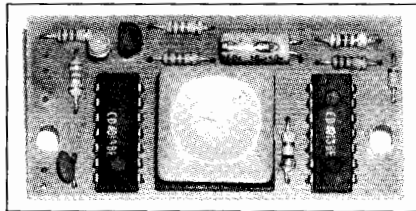
A LED-et igazítsuk a furatba, állítsuk be a magassági méretét és forrasszuk be a lábait!

A bedobozolt készülékbe behelyezhető a 9 V-os telep, ami alá célszerű egy vékony szivacsdarabot ragasztani, hogy ne mozogjon a dobozban. A telepes működtetés azonban csak szükségmegoldás.

Az áramkör 10 mA nagyságrendű áramfelvétele miatt érdemesebb egy „tuningolt” hálózati dugasztpont használni.



20. ábra



21. ábra

A szerelt panel fotója a 21. ábrán látható.

*Figyelem!* A torzító és az erősítő összekötéséhez monó Jack-dugasztpont ellátott kábelt használjunk! Ha ilyen nincs, akkor a sztereó dugót monóként kell bekötni!

## 6. Négycsatornás sztereokeverő

Az egységcsomag tartalmából egyszerű felépítése ellenére meglepően jó minőségű keverő építhető.

Felhasználható minden olyan helyen, ahol egyidejűleg több jelforrás (magnó, CD, videomagnó, mikrofon, gitár, billentyűs hangszer stb. jelét szeretnénk az elképzelésünknek megfelelően keverni. Az alkalmazás lehetőségét a bemenő jelszintek tekintetében mindenki maga határozhatja meg, mert a kapcsolás lehetőséget nyújt a módosításra is.

### 6.1. Az áramkör működése

A 22. ábra kapcsolási rajza szerinti sztereokeverő bemeneti szekciója 8 db azonos áramköri egységből épül fel, így elegendő csupán az egyik, például az L1 csatorna tárgyalása. (Az egyszerűség kedvéért az ábrán csak az 1. és a 4. sztereocsatornát tüntettük fel.)

A bemenet impedanciája 47 kΩ, amit az R<sub>1</sub> lezáró-ellenállás biztosít. A C<sub>1</sub> elkő szerepe a bemeneti DC-leválasztás. A bemenőjel az IC<sub>1a</sub>, az R<sub>3</sub> és az R<sub>2</sub> visszacsatoló hálózat által invertáló beállításban dolgozó műveleti erősítőre kerül.

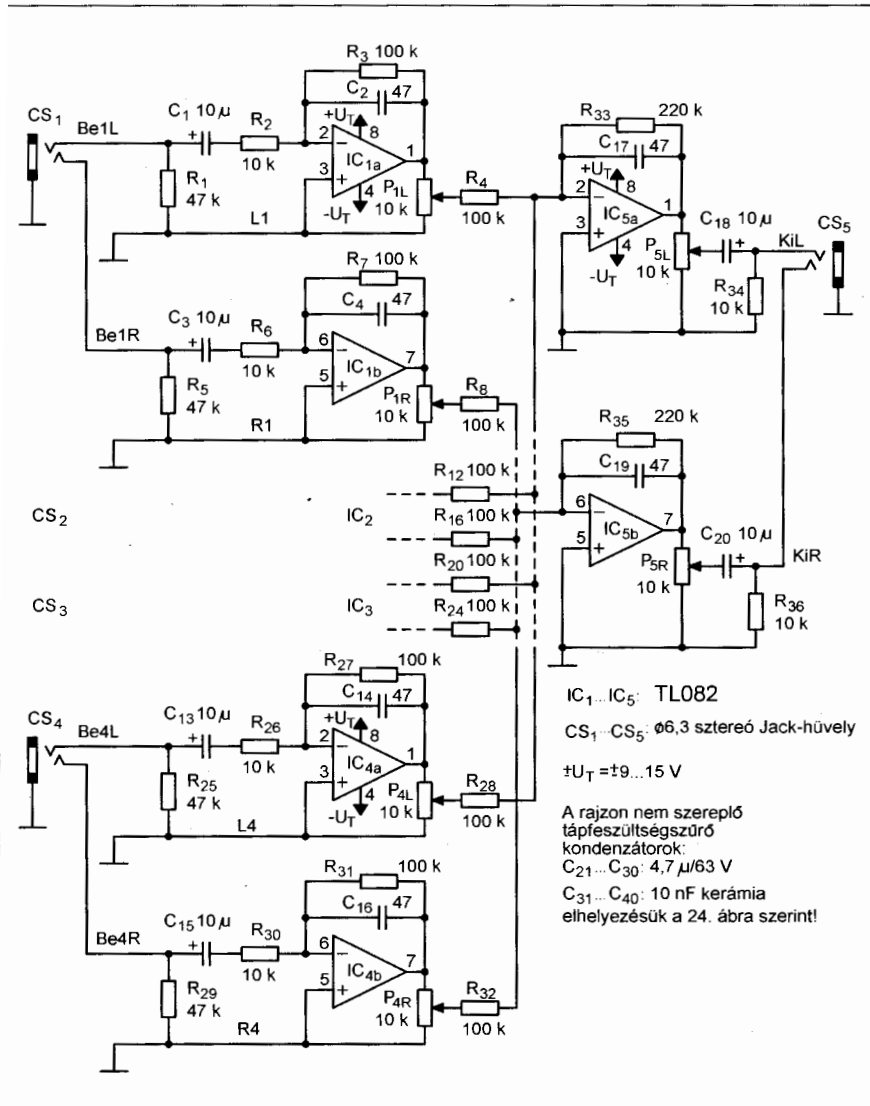
A fokozat feszültségerősítése a visszacsatoló hálózat rajz szerinti értékeivel:  $A_u = 10$ . A C<sub>2</sub> kerámiakondenzátor integráló jellegűvé teszi az erősítőt, „kivédvé” a magasfrekvenciás zavarokat.

(A fokozat feszültségerősítése:  $A_u = R_3/R_2$ . Ha valaki az alkalmazás során a 10-szeres erősítést túlságosan nagy vagy kicsinek találja, akkor az előbbi összefüggés alapján bármelyik irányban megváltoztathatja. Szükség esetén az R<sub>3</sub> helyére trimmerpotenciométer köthető, amivel az erősítés folyamatosan állítható.)

A rajzon minden bemenőkörü alkatrészt azonos értékűre vettünk. Az egységcsomag is ennek megfelelően tartalmazza az alkatrészeket.

A bemenőkörök kimenete egy-egy potenciométerre kerül, amelyekkel a hangerőt állíthatjuk. Annak ellenére, hogy a keverő sztereó, a potenciométerek monó kivitelűek. Az egyszerűsítés miatt célszerű ezt a megoldást választani, mert így a potenciométerek külön-külön is állíthatók. Ezzel megoldódik a balanszszabályozás is. Ha jó a potenciométerek elhelyezése, akkor ez a megoldás vizuálisan jól áttekinthető keverési beállítást biztosít. A nyomtatott áramkörön az alkatrészeket úgy helyeztük el, hogy ez a feltétel teljesüljön.

A potenciométerekről a jel a sztereocsatornáknak megfelelően két azonos felépítésű összegzőre (IC<sub>5a</sub>, b) kerül, amelyek szintén invertáló jellegűek. A visszacsatoló hálózatuk olyan, hogy a bemenetük 4-4 csatorna jelét tudja fogadni, az R<sub>4</sub>, R<sub>12</sub>, R<sub>20</sub>, R<sub>28</sub>-on, ill. az R<sub>8</sub>, R<sub>16</sub>, R<sub>24</sub>, R<sub>32</sub>-n keresztül. Az összegzők kimenete egy-egy mester-



22. ábra

potenciométerre ( $P_{5L}$ ,  $P_{5R}$ ) dolgozik. Ezekkel állíthatjuk be a kimenőszintet. A  $C_{18}$  és a  $C_{20}$  a kimenetek DC-leválasztására szolgál.

Minden bemenet-párt, ill. a kimenet-párt egy-egy  $\varnothing 6,3$  mm-es sztereó Jack-hüvelyre vezetjük ki.

Ha valaki a teljesen önálló megépítés gondolatával foglalkozik, akkor a feladatot először a tolopotenciométerek beszerzésével kell, hogy kezdje! Az áramkört egyoldalas panelre terveztük (23. ábra). A topológiája nem túl bonyolult rajzolatú, ráadásul elég vastag a vonalvezetése. Amatőreszközökkel is próbálkozhatunk az elkészítésével, de a mérete miatt mindenkit lebeszélnek erről. Ha mégis felvállaljuk, akkor a megvilágításhoz kontrasztos filmet készítünk! Ha viszont nem tudunk nyákkészítéssel foglalkozni, célszerű az **URBÁN ELEKTRONIKA Kft. szaküzletében a komplett egységcsomagot megvásárolni**. Ebben a tolopotenciométerekkel együtt minden alkatrész mérethelyesen megtalálható. A csomagban található panel marott, méretre vágott és felületkezelt, de nincs kifúrva. A szerelést a furatok elkészítésével kell kezdeni. Az alkatrészek lábvastagságától függően többféle átmérőjű furatot kell készíteni.

A 24. ábra beületési rajza alapján először a 8 darab átkötést forrasszuk be, amit két pontot összekötő folytonos vonal jelöl, majd sorban, egymás után az R, IC foglalat, C elemeket a magasági méretük függvényében, az alacsonyakkal kezdve! Ezután a mellékelt rövid csavarokkal egyenként rögzítjük a potenciométereket a panelhez. A művelet során ügyeljünk arra, hogy a hosszasan átnyúló csavar ne hogy szétfeszítse a potmétert!

A készre szerelt áramkört még egyszer ellenőrizzük, majd kössünk  $9 \dots 15$  V értékű tápfeszültséget a jelzett pontokra! Az áramfelvétel nem több mint  $50$  mA, ezért telepről is tesztelhető. Feszültségmérővel mérjük meg a

## SZUPER! RÁDIÓTECHNIKA ELŐFIZETÉSI AKCIÓ!

2005-től **színes** kivitelben, **60 oldalon** jelenik meg kedvenc elektronikai lapja!

A megújult „RÁDIÓTECHNIKÁ”-hoz SZUPER előfizetési akciót hirdetünk:

- Ha Ön **fél évre** fizet elő **3950 Ft-ért**, akkor csak **5 lapszám áráért** kapja fél évig kedvenc folyóiratát!

**A megtakarítás 790 Ft!**

- Ha Ön **1 évre** fizet elő **9480 Ft-ért**, akkor a jövő év végén **ingyen megkapja** tőlünk a „RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE 2006”-ot!

**A megtakarítás 3000 Ft!**

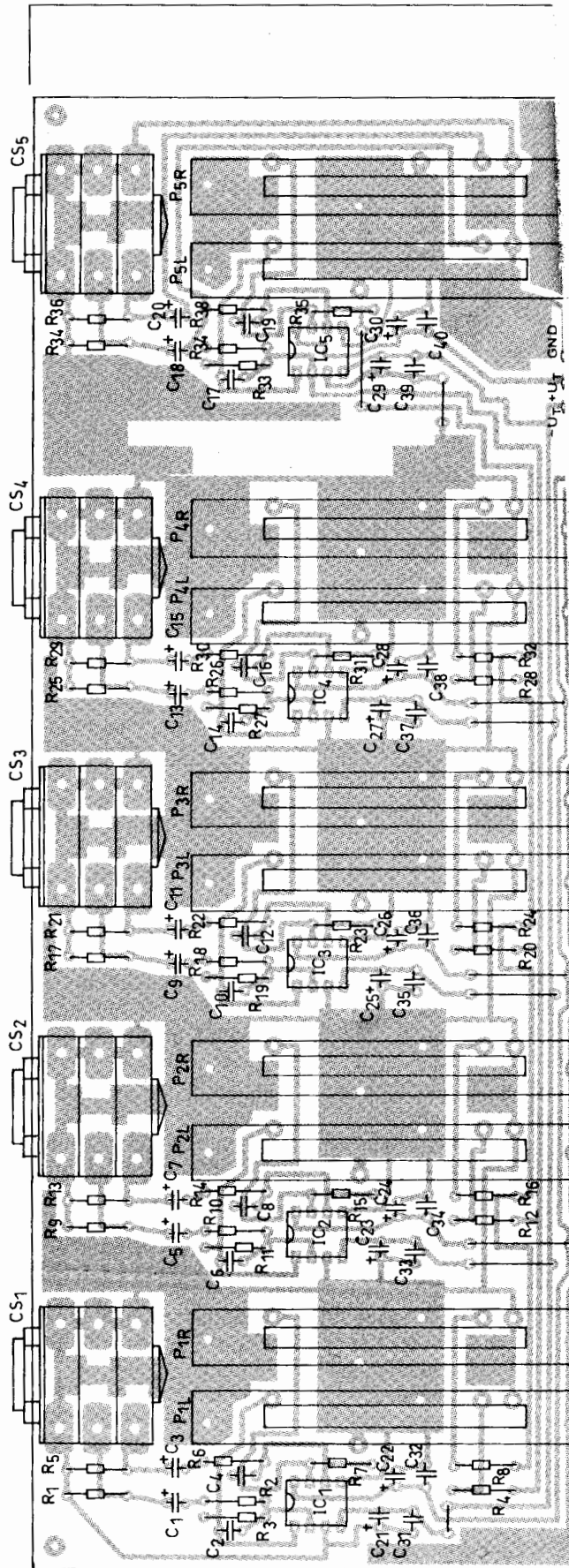
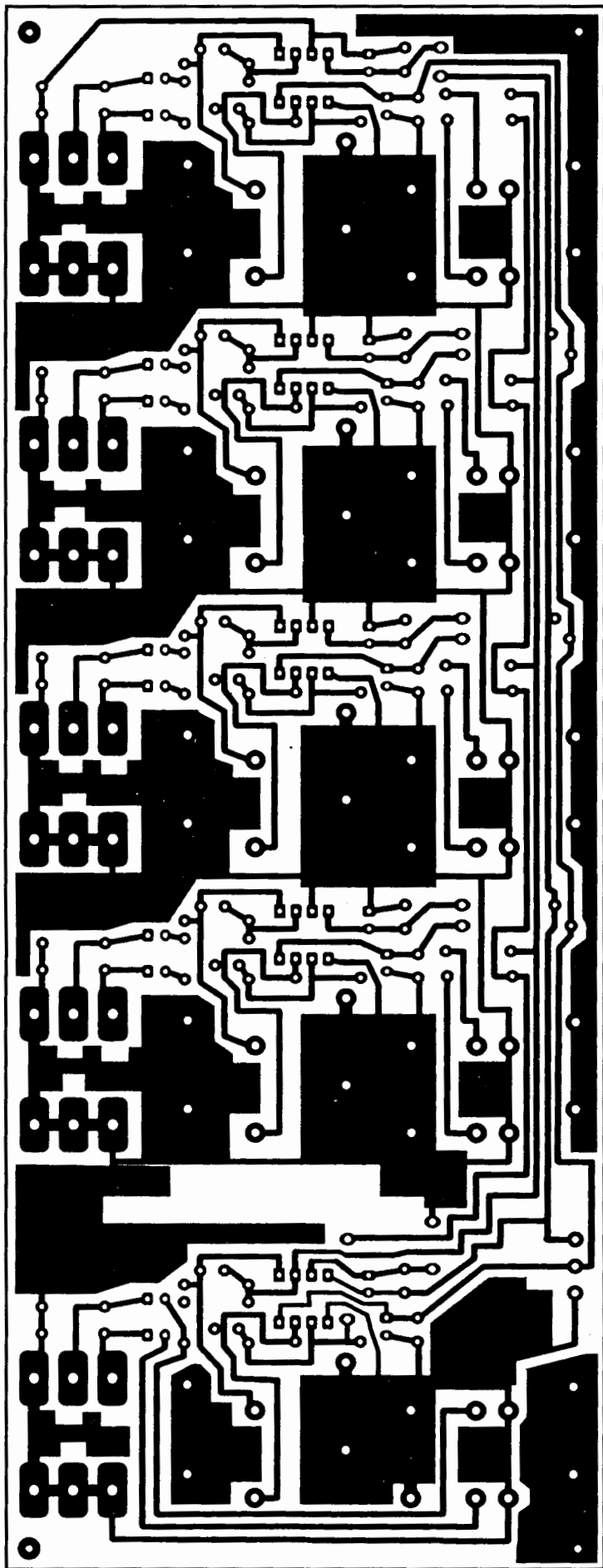
**Bármelyiket választja, csak jól járhat!**

Rendeljen és küldjük a csekket! (Kérjük jelezze, ha a lapelőfizetésről számlát is kér!)  
Az előfizetési díjnak 2004. dec 31-ig be kell érkezni!

☎ 239-4932, 239-4933

www.radiovilag.hu

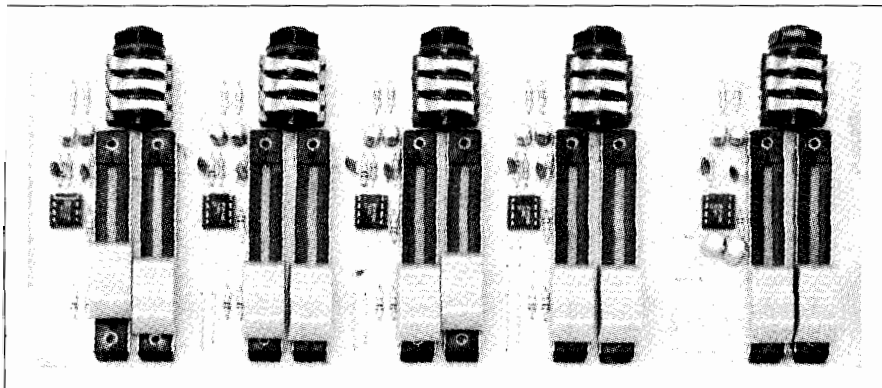
hambazar@radiovilag.hu



24. ábra

23. ábra





25. ábra

műveleti erősítők kimenetét! Minden kimeneten 0 körüli szintet kell mérni. Ha ez nem teljesül, akkor panel-, alkatrész-, IC-hibát keressünk!

A panelre kivezérlésjelzőt nem tervezünk, mert a LED-ek elhelyezését nem lehet optimálisan megoldani. Lehet kivezérlésmérő nélkül is használni a keverőt, de az a jó megoldás, ha tudjuk, hogy milyen szintű a kimenőjelelünk. Az URBÁN ELEKTRONIKA Kft. szaküzletében vásárolható LED-es kivezérlésjelző erre a feladatra nagyon

jól megfelel. Ezt hanggenerátorral és millivoltmérővel egyszer kalibrálni kell a keverőhöz, hogy az ne csak indikálja a kimenőjelet, hanem kellően pontos információk legyen a pillanatnyi szintről.

**Figyelem!** A tápfeszültségű szűrő kondenzátorok (C<sub>21</sub>...C<sub>30</sub>; 10 × 4,7 μF, 63 V-os, ill. C<sub>31</sub>...C<sub>40</sub>; 10 × 10 nF kerámia) csak a beültetési rajzon vannak feltüntetve!

A sztereokeverő szerelt paneljének fotóját a 25. ábra mutatja.

## 7. Tápegység μA723-as IC-vel

Adatai: U<sub>KI</sub>: 0...25 V, szabályozható  
I<sub>KI</sub>: 0...2 A, szabályozható

Egy érdekes megoldású tápegységet ismertettünk ebben a fejezetben, bár az áramkör a jól ismert 723-ra épül. A közismertségre való tekintettel az áramkör működése nem igényel részletes magyarázatot, ennek ellenére röviden fussunk át rajta, hátha valaki netán mégsem ismerné!

A 26. ábrán látható egyszerű kapcsolás hálózattól galvanikusan leválasztott AC tápfeszültségét a Tr<sub>1</sub>

S<sub>1</sub>...S<sub>5</sub> szekundere szolgáltatja. (A kapcsoláshoz javasolt hálózati transzformátor az *egységcsomagban* megtalálható.) A szekunder feszültséget a D<sub>1</sub>...D<sub>4</sub> Graetz-híd egyenirányítja, a C<sub>1</sub> szűri. A pufferekő stabilizálatlan feszültségét a Bi biztosítón keresztül a T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> Darlington-pár kollektorára, mint soros áteresztő elemre vezetjük. A Darlington-párt az IC<sub>1</sub> vezérli, úgy, hogy a kimenetén (az R<sub>7</sub> áramfigyelő ellenállás után) stabil feszültséget kapjunk.

A P<sub>1</sub> a kimenőáramot szabályozza az R<sub>7</sub>-en eső feszültség és a T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> áramgenerátor árama függvényében. A kimenőfeszültséget a P<sub>2</sub>-vel állíthatjuk be a kívánt értékre.

Feszültségreferenciának ezúttal nem az IC saját referenciáját alkalmazzuk, mert akkor a kimenőfeszültség csak kb. 7 V-ig lenne szabályozható. Ezt kiküszöbölendő, a trafó S<sub>6</sub>...S<sub>9</sub> szekunderről a Gr Graetz-híddal egyenirányított, a C<sub>6</sub> pufferrel szűrt és az IC<sub>2</sub>-vel stabilizált segédfeszültséget állítunk elő. Ezen referenciafeszültség kívánt értékét a P<sub>3</sub>-mal állíthatjuk be úgy, hogy a P<sub>2</sub> csúszkájának balra ütköztetett állásánál a tápegység kimenőfeszültsége éppen nulla legyen.

### 7.1. A tápegység szerelése, élesztése

A tápegység nyomtatott áramköre egyoldalas panelre készült (27. ábra). A nyák Positiv 20-as technológiával házilag is elkészíthető, de ha valakinek ez gondot okoz, megvásárolhatja az URBÁN ELEKTRONIKA szaküzletben az áramkör egységcsomagjával együtt. Az egységcsomagban minden alkatrész mérethelyesen megtalálható, ami a kapcsolási rajzon szerepel. A beültetést a 28. ábra alapján végzzük!

Az összeszerelt áramkört még egyszer figyelmesen ellenőrizzük, mielőtt a transzformátorra csatlakoztatjuk! A működés ellenőrzése egyszerű. Kösünk a kimenetre egy feszültségmérőt! A P<sub>2</sub> potenciómter tengelyét elfordítva a feszültségnek változnia kell.

Ezután árammérőn keresztül terheljük a kimenetet egy 20 Ω körüli ellenállással, miközben a P<sub>1</sub> változtatásával ellenőrizzük az áramhatárolást!

A kész tápegységet építjük be fémdobozba, amelynek hátoldalára a T<sub>4</sub>

**InterElectronic Hungary**

tel.: +36 1 207-37-26  
www.interelectronic.hu

**DEN-ON INSTRUMENTS**

Forrasztó állomások, kiforrasztó készülékek, szervizállomások, rework berendezések, video mikroszkóp

**APS**

Automata és kézi SMT beültetőgépek, stencilnyomatók, reflow kemencék, szelektív és hullámforrasztó gépek valamint alkatrész-előkészítő berendezések

**MBR**  
ELEKTRONIKA

Ultrahangos forrasztó állomások kerámia, üveg, alumínium, porcelán stb. összeforrasztására

**Glenbrook Technologies**

Röntgenberendezések μBGA, metalBGA, CSP, készreszerelt szerelvények teljes vizsgálatára valamint akár egészségügyi készülékek minőségbiztosításához

**MECO** *Manufacturing*

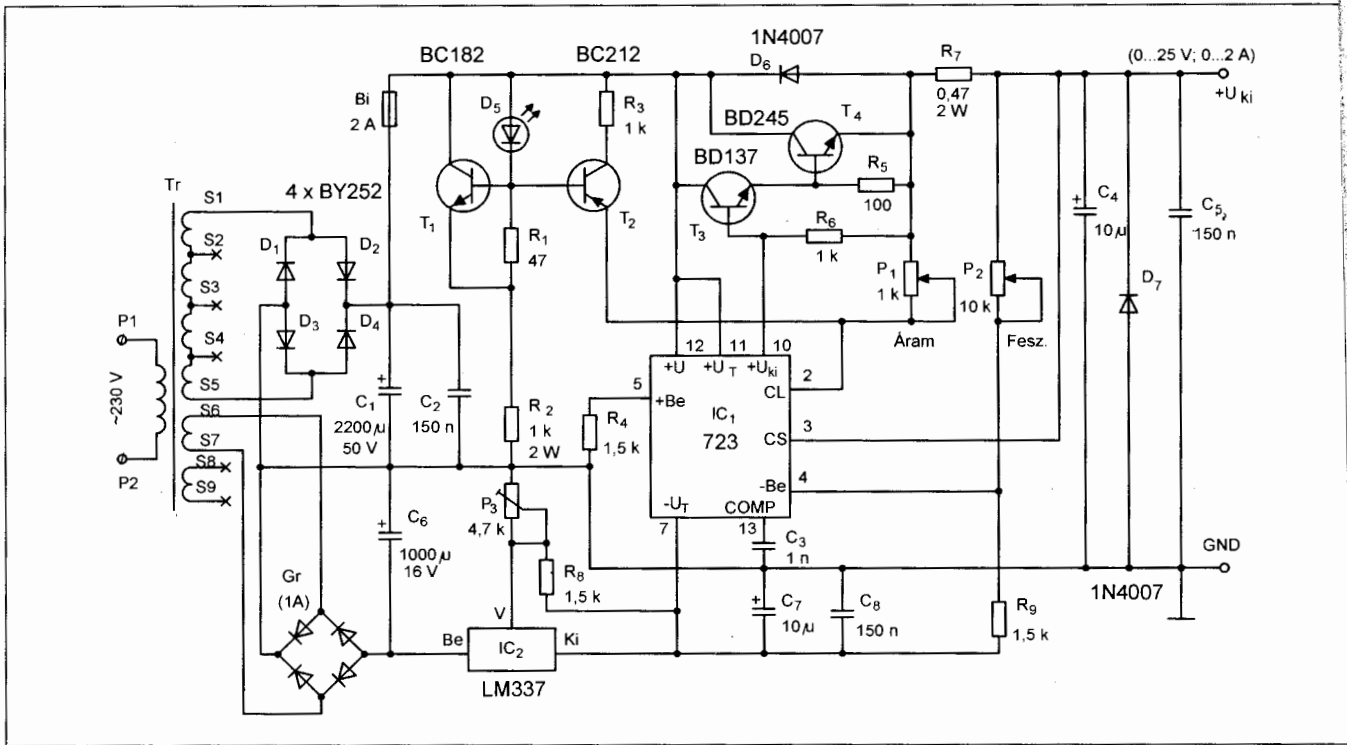
ESD termékek

**NEC**  
SOLUBLEMOUNT TECHNOLOGY

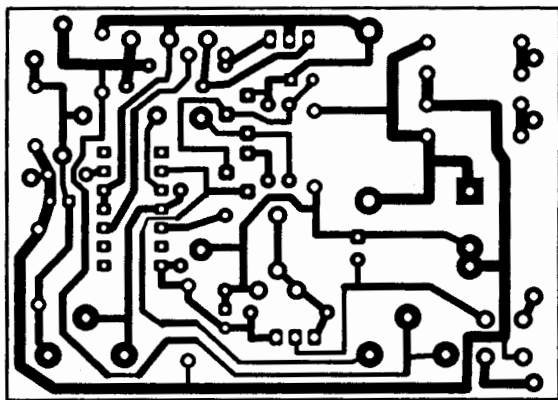
Meleg levegős berendezések

Electronic Assembly Materials **ASMT**

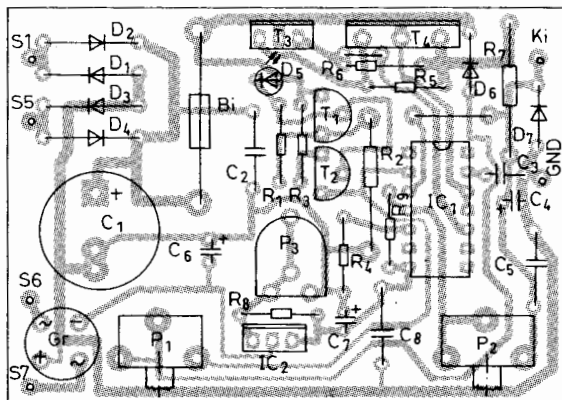
Forrasztó paszták, folyasztószer



26. ábra



27. ábra



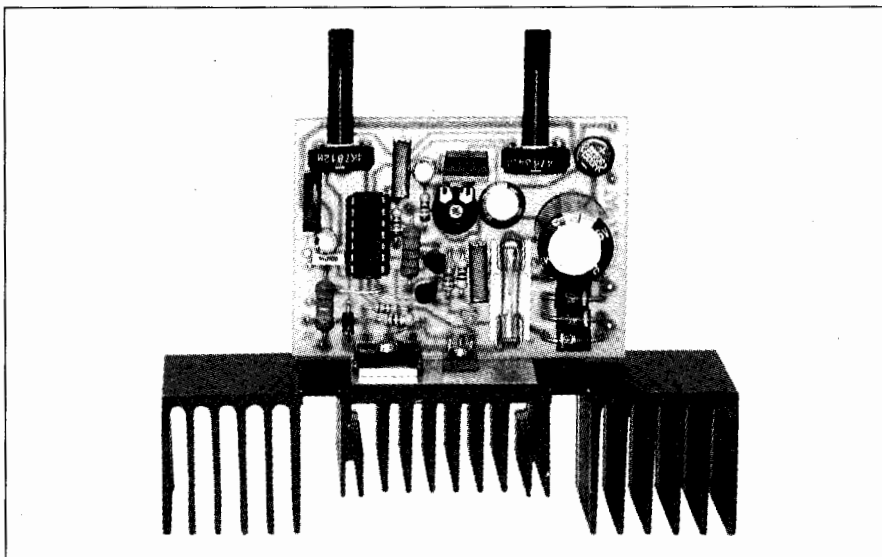
28. ábra

számára nagyméretű hűtőbordát szereljünk! A tranzistor „fület” galvanikusan el kell szigetelni a hűtőbordától. A jó termikus kapcsolat érdekében használjunk csillám szigetelőlemezt és szilikonszírt!

A hálózati transzformátor primer oldalát az érvényes érintésvédelmi előírások figyelembevételével szereljük és kössük be! A primer oldalra is érdemes áganként 1-1 db 0,5 AT biztosítót, ill. egy kétáramkörös hálózati kapcsolót is beiktatni. (Ezek a kapcsolási rajzok nem szerepelnek.) A hálózati védővezetőt kössük össze a fémdobozzal!

A szerelt panel fotóját a 29. ábrán láthatjuk.

29. ábra



# ELEKTRONIKUS MÉRŐMŰSZEREK

## ELEKTRONIKAI EGYSÉGCSOMAGOK

**MŰSZERVÁSÁR! SZAKÜZLETE ADÁSVÉTEL**



**URBÁN ELEKTRONIKA Kft.**

Budapest VII., Dózsa György út 16. (Dózsa-Jobbágy sarok)  
Tel./fax: 322-8892

Nyitva: H-P 10-17 óráig

Naprakész árlistánk az interneten: [www.urbanelektronika.hu](http://www.urbanelektronika.hu)



Készletünkben több száz műszer áll vásárlóink rendelkezésére.  
Kérje naprakész részletes tájékoztatónkat faxon vagy levélben.

**ELEKTRONIKAI EGYSÉGCSOMAGOK - KIPRÓBÁLT KAPCSOLÁSOK**  
A szerző által a Rádiótechnikában és a Hobby Elektronikában megjelentetett cikkek alapján.

### SZÁMÍTÁSTECHNIKA

	egységcsomag	szereelt
PIC-égető	-	5 500 Ft
PIC in circuit debugger	-	9 500 Ft
PIC-16F87x fejlesztő kártya	-	9 500 Ft
PIC-es frekvenciamérő, 25 MHz	6 500 Ft	9 500 Ft
Frekvenciamérő soros portra, 25 MHz	4 500 Ft	6 500 Ft
Relés panel printer portra (8 relével)	8 500 Ft	-
IC teszter PC-hez (TTL, CMOS)	12 500 Ft	17 500 Ft
EPROM-égető PC printerportra	-	19 500 Ft
EPROM-égető belső kártyás	-	27 500 Ft
EPROM-emulátor	6 500 Ft	9 900 Ft
EPROM-törő	6 500 Ft	8 500 Ft
80C535 fejlesztőrendszer	17 500 Ft	22 500 Ft
80C552 mikrokontroller kártya	7 900 Ft	10 900 Ft
8 csatornás mérésadatgyűjtő	9 500 Ft	15 900 Ft
Optocsatolt RS-232 adapter	3 000 Ft	-
I/O kártya PC-be: 48 vonal	7 500 Ft	9 500 Ft
IIC buszos bővítők: I/O, számláló	-	4 900 Ft

### ZENE-HANGTECHNIKA

Visszhangosító (csomag/szerelt)	7 900 Ft	10 900 Ft
Dolby-surround dekóder (prologic)	-	8 500 Ft
ERTR3 előerősítő mono/sztereó	900 Ft	1 800 Ft
HIFI-sztereó előerősítő LM1036 IC-vel	-	4 500 Ft
RIAA korrektor IC-vel (sztereó)	-	2 500 Ft
HDST-3 hard torzító	-	2 900 Ft
Overdrive torzító	-	3 500 Ft
Kapcsoló áramkör + doboz a torzítókhoz	-	2 500 Ft
Diszkrét keverő, 4 csatornás, sztereó	-	6 500 Ft
Elektroncsöves előerősítő	Aktuális ár az üzletben	-
Elektroncsöves gitárelőerősítő torzítóval	Aktuális ár az üzletben	-
10 W-os elektroncsöves HIFI-erősítő	Aktuális ár az üzletben	-
14 W mono/sztereó erősítő	1 250 Ft	2 500 Ft
2x12 W, 18 W, 24 W profi erősítők kocsiba	-	3 000 Ft
2x18 W sztereó végfok kocsiba	-	4 500 Ft
60 W mono HIFI-erősítő (VMOS)	-	5 500 Ft
100 W mono HIFI-erősítő (VMOS)	-	6 500 Ft
Subwoofer aktív szűrő (hangolható)	-	4 500 Ft
100 W subwoofer végfok, hangolható	-	6 500 Ft
100 W komplementerszimmetrikus erősítő	-	4 500 Ft

Az egységcsomagok árai az ÁFÁ-t tartalmazzák. Az árváltoztatás jogát fenntartjuk.

2x50 W HIFI-sztereó erősítő STK496-tal	5 500 Ft
2x40 W sztereó erősítő	4 000 Ft
Quad 405 100 W-os HIFI-erősítő	5 500 Ft
Quad 405 200 W-os HIFI-erősítő	8 500 Ft
300 W VMOS HIFI-erősítő	17 600 Ft
Védelem hangfalakhoz	2 900 Ft
Háromutas aktív hangváltó	4 500 Ft

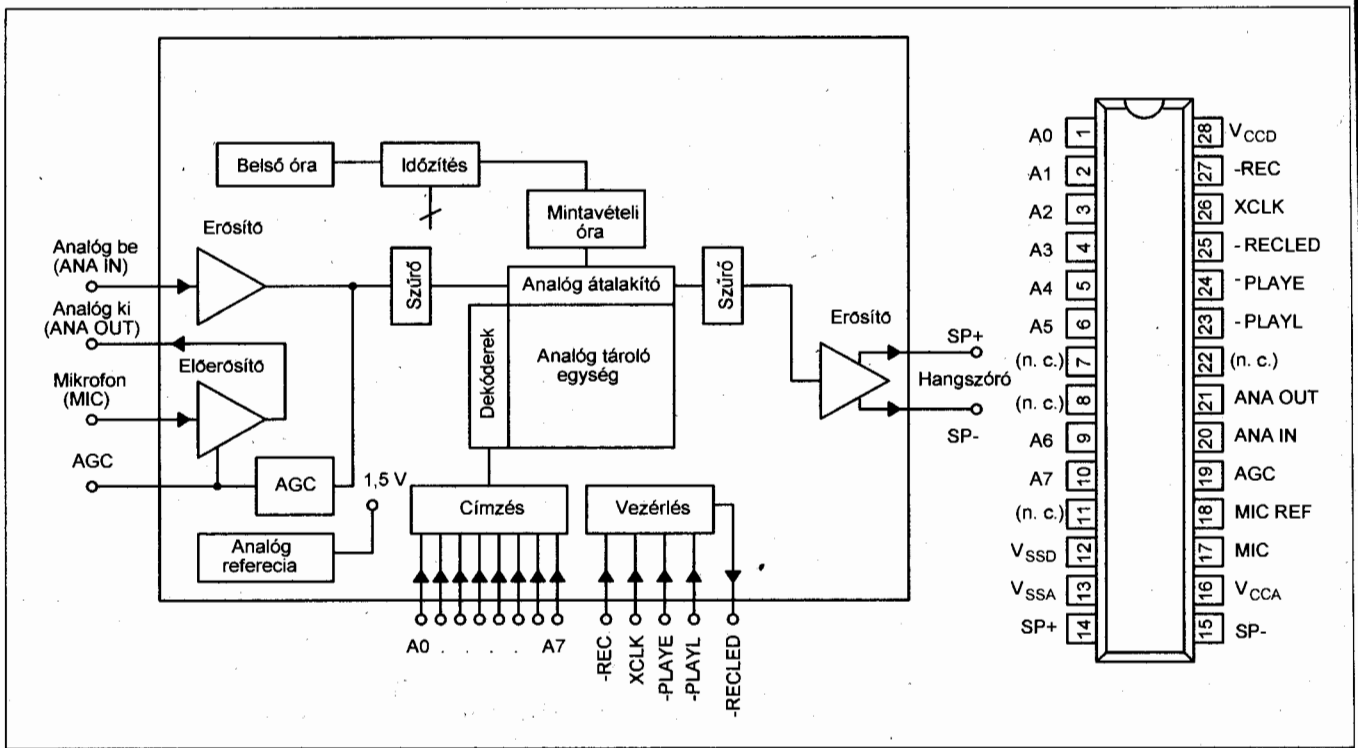
### HOBBY ELEKTRONIKA

8x8 fénymátrix-vezérlő panel	4 500 Ft
Fénymátrixhoz LED panel (64 db, 10 mm)	5 500 Ft
Futófény 8 bites TTL kimenet	2 500 Ft
Futófény nx4 lámpás, 230 V-ra	3 500 Ft
Fényorgona, 3 csatornás	4 500 Ft
Knight rider futófény	3 500 Ft
Diszkrétosztobozók	4 500 Ft
Doboz, táp, szerelvény a fényorgonához	4 500 Ft
Mono kivezérlésjelző 12 LED-es	1 900 Ft
Intelligens sztereó kivezérlésmérő	7 500 Ft
Dallamgenerátor Z80-nal	2 500 Ft
Hangutató: kocszi, rap, vízcsobogás	1 900 Ft
Analóg hangtároló (tehén, ló, kutya stb.)	4 500 Ft
Időzítő 555 IC-vel 0,1...10 percig	1 900 Ft
PIC-es időzítő, 0,1 s...20 perc	3 500 Ft
Többfunkciós PIC-es időzítő	6 500 Ft
Infrakapu PIC-es időzítővel	4 500 Ft
Programozható időzítő fényerőszabályozóval	4 500 Ft
Teljesítményszabályzó 230 V/4 A	1 900 Ft

### MŰSZEREK

Függvénygenerátor 10 Hz...100 kHz	7 000 Ft
Szinuszgenerátor 17 Hz...35 kHz	6 800 Ft
Képmintagenerátor/PAL-kóder	2 900 Ft
Induktivitásmérő adapter	4 500 Ft
Labortápegység 30 V/(1-2-3) A	4 800 Ft
Frekvenciamérő: 25 MHz, TTL szint	6 500 Ft
Frekvenciamérő PC-hez: 25 MHz, TTL szint	4 500 Ft
Programozható számláló, 7 digit	7 500 Ft
Egyszerű csővizsgáló	Aktuális ár az üzletben

Csomagküldő szolgálat. Rendelés: levélben, telefonon vagy faxon. Tel./fax: 322-8892 Levélcím: 1656 Bp., Pf. 50.



30. ábra

## 8. Analóg hangtároló

Jó pár évvel ezelőtt még szenzációsnak minősültek azok az üzenetrögzítő telefonok, amelyek a kimenőüzenetet nem a hagyományos megszokott kazettáról, hanem valamilyen félvezetős szövegtárolóról játszották le. Ezek kényelmes kezelhetősége, kiváló minősége pillanatok alatt „lesöpörte a piacról” a korábbi kétkazettás változatot. Kezdetben valami titok lengte körül ezeket a készülékeket, nemigen lehetett pontosan tudni azt, hogy milyen elven működnek. Ma már jobb a helyzet: a *Rádiótechnika* és a *Hobby Elektronika* is ismertette az ISD-sorozatú csipek vázlatos felépítését. Az ilyen, analóg jeleket tároló IC-k meglepően egyszerű áramköri környezetben működhetnek és az elektronika számos területén felhasználhatók státuszok, vézállapotok stb. szóbeli közlésére.

Példák a hangtároló felhasználására: biztonságtechnika, őrző-védő áramkörök építőeleme, kutyaugatás- és egyéb állathang-imitátor, beszélő autóriasztó, üzletbe betérő, távozó vásárlók köszöntése, tréfás, trükkös áramkörök kelléke, zenei részletek folyamatos játszása stb.

E néhány alkalmazási terület is jól illusztrálja, hogy milyen sokrétű applikációja lehet, amelyek körét az olvasók fantáziája tovább bővítheti.

### 8.1. Az ISD14xx sorozat belső felépítése

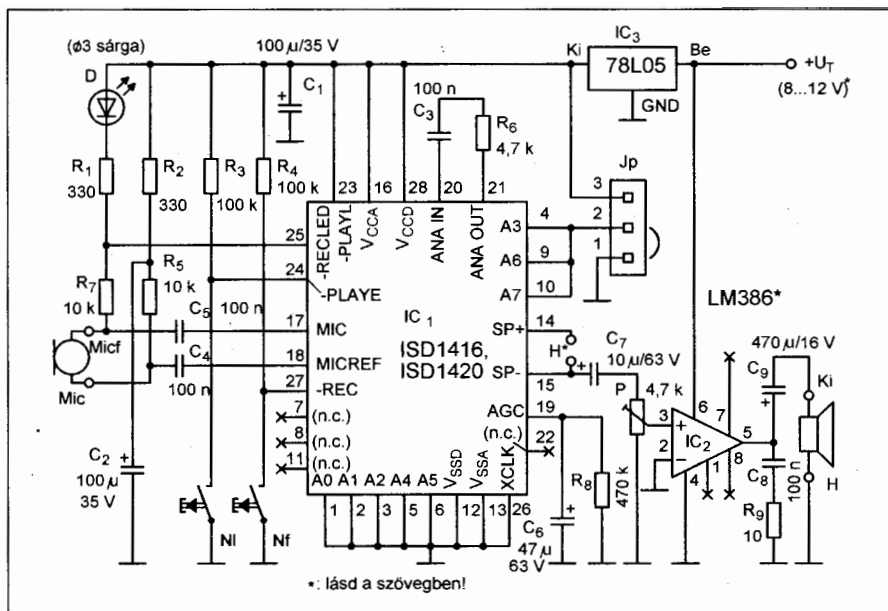
A 28 lábú IC lábkiosztása és tömbvázlata az **30. ábrán** látható. A jel/zaj viszony javítása érdekében saját előerősítővel és AGC fokozattal rendelkezik. Innen a jel egy belső, ötödfokú aluláteresztő szűrőre kerül. A szűrőnek típusonként változik a letörési frekvenciája. Ezt a táblázat mutatja, ami pillanatnyilag beszerezhető típusokról is tájékoztatást ad. Természetesen léteznek már hosszabb szöveg tárolására alkalmas tokok is, amelyek szintén hasonló elemekből építkeznek.

Szűrés után a belső órajellel mintavételezés történik, majd a jel a lebegőpontos analóg tárba kerül, ahol a mintavételezési periódushoz tartozó amplitúdót 8 bites cellasor tárolja. Innen a visszajátszás egy aluláteresztő szűrőn és egy kiszellő erősítőn keresztül történik. A tömbvázlaton is jelölt *Vezérlés* állítja be az IC üzemmódjait.

Az ISD1416-tal vagy ISD1420-szal megépített áramkör kapcsolási rajzát a **31. ábra** mutatja. A hang felvétele valamilyen hangforrás vonalkimenetéről, számítógép hangkártyájáról vagy elektrétmikrofonról történik. A kapcsolási rajzon ez utóbbi esetet ábrázoltuk. Minden egyéb jelforrást a mikro-

fon helyére kell kapcsolni. (A szerkesztő megjegyzése: mivel az elektrétmikrofon a bemeneti ellenálláshálózaton, ill. az IC<sub>1</sub> 25. lábán keresztül tápfeszültséget is kap, minden egyéb HF-forrás csatlakoztatásánál ügyelni kell a kimeneti leválasztó-kondenzátor meglétére.) Az R<sub>2</sub>, C<sub>2</sub> a mikrofon tápfeszültségét szűri. A mikrofon a C<sub>4</sub> és a C<sub>5</sub> kondenzátoron keresztül csatlakozik az IC<sub>1</sub> előerősítőjére. Ennek az erősítési tényezőjét egy automatikus erősítésszabályozó áramkör állítja be. Az R<sub>8</sub>, C<sub>6</sub> tag meghatározza a szabályozófeszültség burkológörbéjének felfutási, illetve lecsengési idejét. Az IC<sub>14</sub>, ill. IC<sub>15</sub> lábán közvetlenül is képes meghajtani egy 16 Ω-os hangszórót (a panelen „H” betűvel jelölt pontok), azonban csak legfeljebb 100 mW-nyi teljesítmény leadására képes, ami a gyakorlatban kevés, ezért vezetjük a kimenőjelet egy egyszerű hangfrekvenciás végfokra.

Az LM386-tal felépített kapcsolás erősítése kb. húszszoros. Az ISD kimenőjele direkt csatolásban ezt túlvezérelné, ezért az erősítő bemenete a C<sub>7</sub>, P közbeiktatásával csatlakozik a hangtároló IC-hez. A megfelelő hangerő a trimmerpotenciométerrel beállítható. Az IC<sub>1</sub> RECLD kimenetere a D LED csatlakozik, amely a felvétel ideje alatt világít. Az Nf gomb elengedésekor, vagy ha az analóg tárló megtelik, akkor a LED kialszik. Ez a láb alacsony aktív



31. ábra

szinttel a föld felé az R7-en keresztül ad tápot az elektrétmikrofonnak. Az Nf nyomógomb lenyomásával indul a felvétel és ez addig tart, amíg a gombot lenyomva tartjuk, vagy amíg le nem telt a maximális felvételi idő. A felvett hanganyag visszajátszása a N1 nyomógombbal indítható.

Az Nf felvételi gomb működtetése megszakít minden lejátszást és egy új felvételi ciklus indít, amely felülírja a tár előbbi tartalmát. A Jp jumperrel az IC1 üzemmódja állítható be: „2-3” állásban megállás nélkül, folyamatosan játssza a felvett anyagot, „1-2” állásban pedig csak addig működik, amíg egyszer lejátszsa a felvett szöveget.

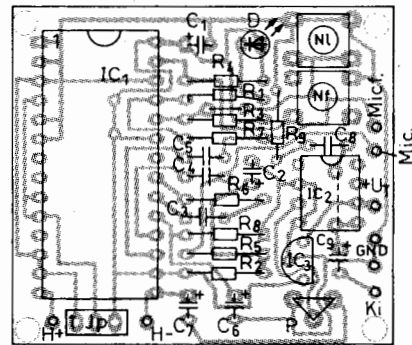
A jumper állása a felvételt is befolyásolja. „2-3” állásban folyamatosan üzemben vesz fel. Ilyenkor nem tudjuk, hogy hol van a rögzítési idő vége, ezért a már rögzített szöveget is felülírja. Az „1-2” állásban csak annyi ideig készít felvételt, ameddig az Nf gombot nyomva tartjuk, vagy amíg a memória meg-

nem telik. Ez utóbbit a LED is indikálja. A működő áramkör kipróbálásával mindez pillanatok alatt begyakorolható.

### 8.2. A hangtároló szerelése, élesztése

Az építeni szándékozónak először az ISD1416 beszerzésével kellene foglalkozniuk, de nem érdemes erre tetemes időt szánni, hiszen az URBÁN ELEKTRONIKA ezúttal is segít a beszerzésben. A szaküzletben megvásárolható egységcsomag tartalmazza a panelt és a mérethelyes alkatrészeket az IC-vel együtt. A gyakorlottabb, megfelelő technológiával rendelkező amatőrök a 45 × 50 mm-es, egyoldalon fóliázott nyákok saját maguk is elkészíthetik (32. ábra). Az alapos ellenőrzés után a panel szerelését a 33. ábra szerint végezzük! A beültetést a két átkötés beforrasztásával kezdjük, majd az R, C, D, N, DIL-28 IC-foglalat, IC3 sorrendben folytassuk! Az elektrétmikrofon földelését micf jelű pontra kell forrasztani.

Az áramkör különösebb élesztést nem igényel. Gondos, szakszerű munka után kapcsoljunk tápfeszültséget a

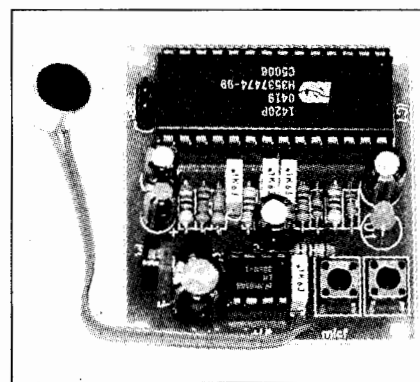


33. ábra

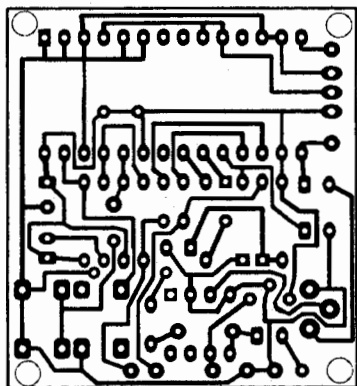
megfelelő pontokra és a hangtároló biztosan működni fog! A tápellátás nem kritikus: 8...12 V között bármilyen egyenfeszültség megfelel (pl. egy 800 mA-es hálózati dugasztpár kimenőfeszültsége), mert az ISD számára a panelon saját, 5 V-os stabilizátort (IC3) helyeztünk el. Amennyiben az IC2 LM386-N4 típusú, úgy a tápfeszültség 16 V-ig növelhető.

A jumper állásának változtatásakor vagy valamilyen okból bekövetkező anomália esetén az áramkört reszettelni kell. Ez a tápfeszültség kikapcsolásával történik. Az alacsony áramfelvétel miatt azonban a C1 lassan veszíti el a töltését, ezért reszet esetén néhány másodpercet várni kell, mert a gyors kibekapcsolás hatástalan.

A hangtároló-áramkör fényképét a 34. ábra mutatja.



34. ábra



32. ábra

Típusjel	Tárolási idő, minimum s	Maximális mintavételi frekvencia kHz	Az aluláteresztő törésponti frekvenciája kHz
ISD1410	10	6,4	2,7
ISD1412	12	5,3	2,3
ISD1416	16	8,0	3,4
ISD1420	20	6,4	2,7

# A mikrovezérlők oszcillátor-megoldásainak fejlődése

Dr. Madarász László okl. villamosmérnök, KF GAMF Kar

*A mikrovezérlők kicsit fiatalabb áramkörök, mint a mikroprocesszorok. Amikor az 1970-es évek közepén a mikroprocesszorok iránti érdeklődés egyre inkább fokozódott, akkor jelent meg néhány gyártó egy újabb típusú áramkörral, az egycsipes mikroszámítógéppel. Megkísérelték a mikroprocesszort és a körülötte alkalmazott kiszolgáló áramköröket egyetlen szilíciumszelvényen előállítani. Ez csak úgy sikerült, ha leegyszerűsítették a processzort, mégpedig olyan módon, hogy vezérlési, irányítási alkalmazásokra optimalizálták. Ezt a célt szolgálja az elkülönített program- és adatmemória (Harvard-architektúra), a speciális utasításkészlet és sok más részlet is. A ma mikrovezérlőknek nevezett áramkörök órajelét is belső oszcillátor állítja elő. Mivel az egyes alkalmazásokban az órajel eltérő frekvenciájú, az oszcillátorok külső elemekkel hangolhatók.*

Az oszcillátor hibátlan, biztos működése a mikrovezérlő számára alapvető fontosságú; sokan az órajelét a mikrovezérlő szívdobbanásaként kezelik. Hiába tökéletes a program, ha az oszcillátor bekapcsoláskor nem indul el, vagy változik a frekvenciája, ill. esetenként leáll. Ha az oszcillátor futásában hiba mutatkozik, akkor a mikrovezérlőre épülő készülék vagy hibásan működik, vagy teljesen lebénel.

A mikrovezérlő digitális áramkör, belső egységeit logikai kapukból alakítják ki. Természetes tehát, hogy a belső óragenerátor is logikai kapukra épül. Az első mikrovezérlőknél, mint majd látjuk, egy INVERTER bemenetét és kimenetét vezették ki az áramkör két csatlakozópontjára, amelyekhez be lehetett kötni a külső frekvenciameghatározó elemet. A későbbiekben a gyártók finomították az oszcillátorok felépítésén: a különféle oszcillátortípusok használatához (konfiguráló bitek segítségével) az óragenerátor belső felépítését is „át lehet alakítani”.

## 1. Az oszcillátorok általános felépítése

Az oszcillátorok egy erősítőtől és egy visszacsatoló hálózattól állnak (1.a ábra). Az erősítő feszültségerősítése legyen A, a visszacsatoló hálózaté pedig B. Az oszcillátor működésének megértéséhez a \* jelnél vágjuk el az áramkört, így jutunk az ún. felnyitott körhöz. A felnyitás helyén a jelek iránya egyértelmű, ennek megfelelően az 1.b ábrarészleten megjelöltük a felnyitott kör bemeneti és kimeneti pontját. Ha a bemeneten  $U_{be}$  feszültség áll, az erősítő kimenetén  $AU_{be}$  alakul ki, a visszacsatoló hálózat kimenetén a feszültség  $ABU_{be}$ ; ezeket az értékeket is feltüntettük az ábrán.

Az oszcillátor működésének az a lényege, hogy kívülről bevezetett jel nélkül a benne kialakuló váltakozó feszültséget folyamatosan képes legyen fenntartani úgy, hogy annak amplitúdója ne csökkenjen, de ne is növekedjen. A stabil oszcillátor állandó frekvenciájú, állandó amplitúdójú és az igénynek megfelelő alakú jelet állít elő, hosszú időn keresztül. Erre akkor képes, ha a felnyitott körön keresztül pontosan olyan jel érkezik vissza, mint amilyen a bemenetén belépett, azaz ha

$$U_{be} = ABU_{be}.$$

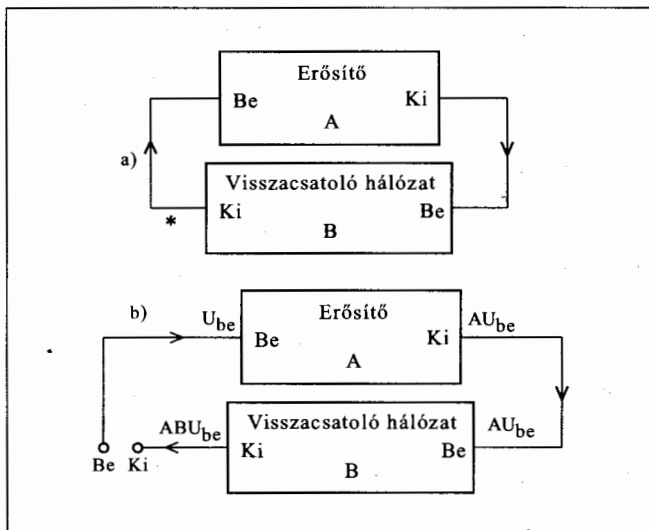
Ez a feltétel (az ún. Barkhausen-kritérium) az A és a B szorzatára vonatkozó kettős megkötést tartalmazza: az abszolút értékekre és a fázisforgatásra vonatkozó megkötéseket. Az abszolút értékek szorzatának egységnyinek kell lennie:

$$|A| |B| = 1$$

Ha  $|A| |B| < 1$ , akkor a megszakítás helyén zárva az áramkört, kialakulhat egy jelsorozat, de az amplitúdója folyamatosan csökken és végül leáll a rezgés. Ha teljesül az  $|A| |B| = 1$  kritérium az oszcillátor áramkörének zárása után, és ha egyszer kialakul a váltakozó áram rezgés, akkor az folyamatosan fenn is marad. A Barkhausen-kritérium teljesülése esetén az oszcillátor szinus alakú rezgéseket állít elő. Természetesen az abszolút értékek szorzatát pontosan, hosszú időn át egységnyire beállítani és megtartani nem egyszerű feladat. Ezt nemlineáris amplitúdókorlátozó elemekkel lehet megvalósítani, melyek az amplitúdó növekedésekor az erősítést csökkentik és fordítva.

Ha a felnyitott kör erősítése túlságosan nagy ( $|A| |B| > 1$ ), akkor az oszcilláció megindulása után az amplitúdó egyre nő, majd az áramkör amplitúdókorlátozó hatásai érvényesülnek és a tápfeszültség, valamint a 0 értékkel határolt jelalak keletkezik.

Az oszcillátor működésének azonban nemcsak amplitúdó-, hanem fázisfeltétele is van, mivel csak akkor lesz a visszacsatoló hálózaton át az erősítő bemenetére érkező jel valóban azonos az oda eredetileg bevezetett jellel, ha



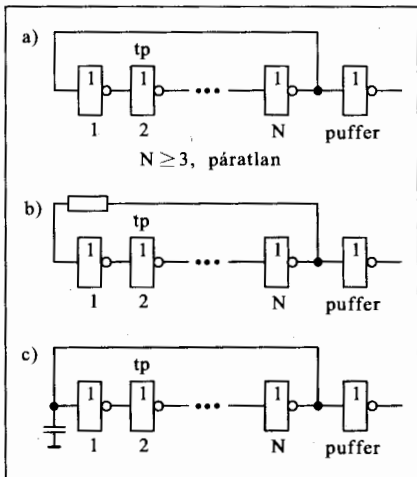
1. ábra

fázisban is megegyezik vele. Ez azt jelenti, hogy a felnyitott kör vagy nem forgatható fázist, vagy a fázisforgatása  $360^\circ$  (ill. annak egész számú többszöröse).

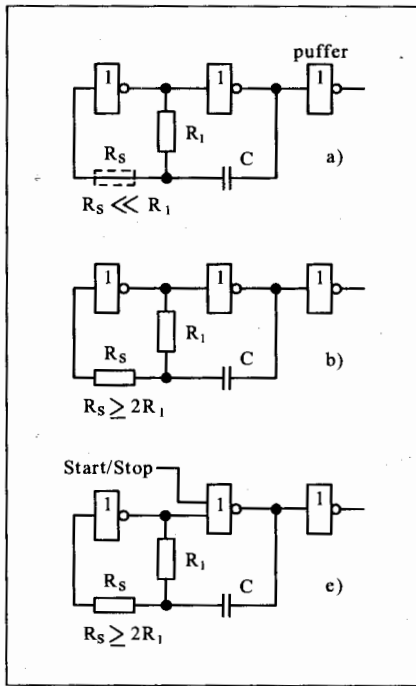
Mivel az erősítő is és a visszacsatoló hálózat is frekvenciafüggő, az amplitúdó- és a fázisfeltétel egyetlen frekvencián teljesül, ez lesz az oszcillátor működési frekvenciája.

Általában úgy méretezik az oszcillátort, hogy a frekvenciaértéknek megfelelő visszacsatoló hálózatot kialakítják, majd a szükséges további erősítési értéket és fázisforgatást az erősítővel valósítják meg. Mivel a mikrovezérlőkben négyzögjelet használunk órajelként, nincs szükségünk a pontosan beállított szinuszos oszcillátorra, a cél az üzembiztos, stabil impulzussorozat előállítása. Az is megoldás, ha szinuszos oszcillátort építünk, majd egy túlvezérelt erősítőfokozattal „négyzögösítjük” a jelet. A továbbiakban az impulzusokat előállító oszcillátorokkal foglalkozunk, amelyeket négyzöggenerátornak vagy impulzusgenerátornak is neveznek.

Sokakban felvetődik, hogyan is indul el az oszcillátor? Nem tételezzük fel, hogy a tápfeszültség bekapcsolásakor valahonnan bekerül a megfelelő frekvenciájú jel az áramkörbe! Pedig így van, csak hogy nem kizárólag a szükséges frekvenciájú jel, hanem egy igen széles frekvenciasávban mindenféle jelek fellépnek. A tápfeszültség bekapcsolásakor ugyanis csak zajfeszültség van az áramkörben. Annak különféle frekvenciájú összetevőit a felnyitott kör különféleképpen erősíti, a többségüket csillapítja, a névleges frekvenciáját viszont erősíti. Így az oszcillátor



2. ábra



3. ábra

a zajból emeli ki a saját frekvenciáját, ezt a jelet erősíti, míg beáll a stabil rezgési állapot. Ez a folyamat rövidebb-hosszabb időt vesz igénybe, ezt hívják az oszcillátor indulási idejének.

## 2. Logikai kapukból épített oszcillátorok

Az egyik legegyszerűbb digitális áramköri egység az INVERTER, az az áramkör, amelyik a kimenetén a bemenetivel ellentétes logikai szintet állít elő. Ha elég lassú működésű, akkor a kimenetét a bemenetére kapcsolva impulzussorozatot fog előállítani, mert a kimeneten megjelenő jel a bemenetre vezetve a kimeneti értéket megváltoztatja, s mindez folyamatosan zajlik. A gyakorlatban általában akkor alakul ki folyamatos rezgés, ha három vagy több, de páratlan számú INVERTER-t sorba kapcsolunk a gyűrűben. Ezt az ún. gyűrűs oszcillátort láthatjuk a 2.a ábrán. A gyűrűs oszcillátor frekvenciáját az INVERTER-ek jelkésleltetési ideje ( $t_p$ ) határozza meg. (Az egyszerűség kedvéért tegyük fel, hogy a felfutó és a lefutó élek esetében a jelkésleltetés azonos,  $t_p$  értékű.) Az N darab INVERTER-ből álló gyűrűs oszcillátor frekvenciája így a következő összefüggéssel számolható:

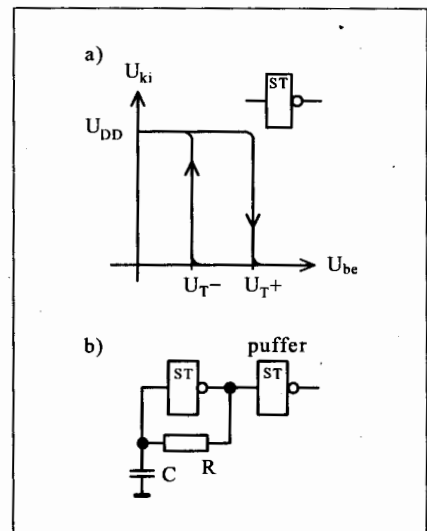
$$f = \frac{1}{2 \cdot N \cdot t_p}$$

A gyűrűs oszcillátor működési frekvenciáját csökkenthetjük a gyűrűbe bekötött soros ellenállással (2.b ábrarészlet), vagy valamelyik belső pont és a GND közé bekapcsolt kondenzátorral (2.c ábrarészlet). A gyűrűs oszcillátor biztosan induló típus, de működési frekvenciája nagyon sok tényezőtől (az áramkör egyedi paramétereitől, a tápfeszültségtől, a környezeti hőmérséklettől, a terheléstől) függ. A terhelés hatását úgy lehet csökkenteni, ha nem közvetlenül az oszcillátor egy pontjáról vezetjük el a jelet a felhasználás helyére, hanem egy újabb INVERTER-t iktatunk az oszcillátor és a terhelés közé, egy pufferelemet. Ezt egyébként minden kapuból kialakított oszcillátor esetén célszerű megtenni. A 2. ábra mindhárom áramkörének utolsó INVERTER-e ezt a célt szolgálja.

Pontosabb működésű oszcillátorokat lehet kialakítani, ha a működési időket nem a kapuk, INVERTER-ek késleltetési ideje határozza meg, hanem a kapcsolásban alkalmazott időzítő elemek. A 3.a ábrán látható oszcillátor működési frekvenciáját az  $R_1$  és a C elem állítja be. Az ellenállással és kondenzátorral „hangolt” oszcillátorokat nevezünk RC-oszcillátoroknak. A 3.a ábra áramkörében, ha az  $R_s$  jel ellenállás értéke jóval kisebb, mint  $R_1$ , akkor a működési frekvencia közepes értéke:

$$f = \frac{1}{1,4 \cdot R_1 \cdot C}$$

Az  $R_s$  itt csak áramkorlátozó szerepet játszik, a korszerű áramkörök ese-



4. ábra

tében, melyek bemenetein védődiodás hálózatokat találunk, legtöbbször nincs is rá szükség.

Tulajdonképpen egy másik oszcillátorhoz jutunk, ha az  $R_s$  értéke jóval nagyobb, mint az időzítésben szerepet játszó  $R_1$  (**3.b ábra**). Ennek az oszcillátornak a működési frekvenciája már nagymértékben független a tápfeszültségtől, s ha az  $R_s \gg R_1$  feltétel teljesül, a frekvenciáját a következő összefüggéssel lehet meghatározni:

$$f = \frac{1}{2,2 \cdot R_1 \cdot C}$$

(A szerkesztő megjegyzése: ennek az oszcillátortípusnak a részletes analízise a *Rádiótechnika 1998/6. számában* található meg.)

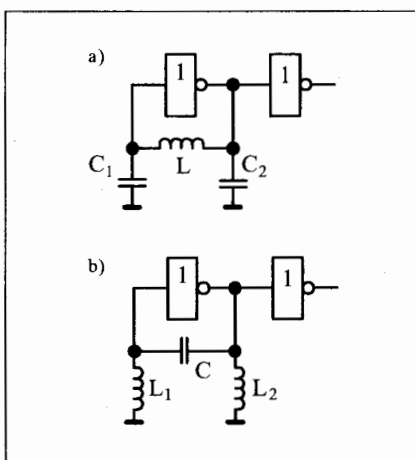
Az oszcillátorokban alkalmazott logikai elemek lehetővé teszik, hogy az áramkör működését vezéreljük. Ha egyszerű INVERTER helyett pl. NOR kaput használunk, logikai jelekkel vezérelhető lesz az oszcillátorunk (**3.c ábra**). Ha a Start/Stop jel **L** szintű, akkor az oszcillátor működik, ha a Start/Stop jel **H** szintre vált, az oszcillátor leáll. Hasonló módon bármelyik oszcillátorból vezérelhető áramkört lehet kialakítani!

Egyetlen INVERTER is elegendő az oszcillátor kialakításához, ha visszacsatoló hálózata RC-tag, maga az INVERTER pedig hiszterézises, azaz Schmitt-trigger bemenetű. Az ilyen logikai elem karakterisztikája az **4.a ábra** szerint alakul. Láthatóan más küszöbszint érvényesül akkor, ha a bemenőjel nő és másik, ha a bemenőjel csökken. Ez a két küszöbszint erősen befolyásolja a működési frekvenciát is. Az oszcillátor a **4.b ábrán** láthatóan igen egyszerű felépítésű. A kimeneten fellépő jelsorozatban a **H** és az **L** szintek időtartama a következő összefüggések alapján számolható ki:

$$t_H = RC \ln \frac{U_{T+}}{U_{T-}}$$

$$t_L = RC \ln \frac{U_{DD} - U_{T+}}{U_{DD} - U_{T-}}$$

A logikai kapukból többnyire RC-oszcillátorokat alakítanak ki, de megoldható velük más felépítés is. LC-oszcillátort mutat be az **5.a ábra**, a Colpits oszcillátor kapuval kivitelezett megoldását. Egy Hartley oszcillátor



5. ábra

szerepel az **5.b ábrán**. (A két tekercs mágneses csatolásban van.)

Az RC-oszcillátorok frekvenciapontossága nem túlságosan jó, de szerényebb igényeket kielégítenek. Valamivel kisebb a tűrési, nagyobb a frekvenciastabilitása az LC-oszcillátoroknak. Sokszor azonban valós idejű folyamatokat kell kezelni, időt kell mérni, működéseket kell precízen időzíteni. Ilyen esetekben nagy pontosságú órajelekre van szükség: a megoldás a kvarcoszcillátor használata. Mivel a mikrovezérlőknél a kvarcoszcillátor alapvető fontosságú, ezért ezzel a típusal egy külön fejezetben, részletesen foglalkozunk. Az is indokolja a részletes ismertetést, hogy a rezgőkvarcok adataival, jellemzőivel kapcsolatban sok félreértéssel, tájékozatlansággal lehet találkozni a felhasználók körében.

### 3. A kvarcoszcillátorok és a rezgőkvarcok

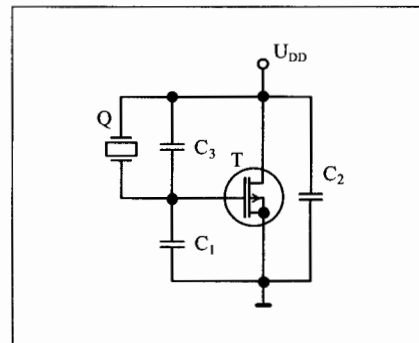
Az oszcillátorokban használt rezgőkvarc szintetikus szilíciumdioxid kristály, melyet magas hőmérsékleten és nyomáson készítenek. A kvarckristálynak már régen felfedezték azt a tulajdonságát, hogy mechanikai feszültség hatására a határlapjai között villamos feszültség keletkezik, ha pedig villamos feszültséget vezetnek rá, megváltoztatja a méretét. Ez a piezoelektromos hatás a különféle kvarckalkalmazások alapja. 1880-ban Pierre és Jacques Curie fedezte fel a kvarckristályok sajtóságos viselkedését, egy évvel később már kvarcoszcillátort is építettek.

Ha váltakozó feszültséget vezetnek a kvarckristályhoz, akkor abban me-

chanikus rezgés keletkezik. Változtatva a bevezetett jel frekvenciáját, rezonanciajelenséget lehet megfigyelni: egy jól meghatározott frekvencián a rezgések amplitúdója jelentősen megnő, azaz a kvarc rezonál a működtető frekvenciára. Tovább növelve a frekvenciát, még több rezonanciafrekvenciát is ki lehet mutatni, de a leghatékonyabb a legkisebb értékű, ez az ún. alapprofrendencia.

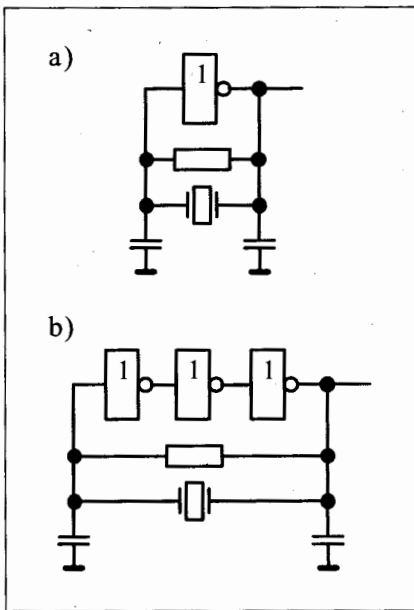
A mikrovezérlőkben természetesen logikai kapuval megvalósított kvarcoszcillátor működik, de ez lényegében a közismert Pierce-oszcillátor (**6. ábra**) megfelelője. A működési frekvenciát alapvetően a kvarckristály határozza meg, de befolyásolja a  $C_1$  és a  $C_2$  kondenzátor is, melyek a kvarc két végpontja és a GND között helyezkednek el (a kvarc szempontjából ez a két kondenzátor sorba kapcsolódik). A kvarckristály az ún. párhuzamos terhelte rezonanciáján dolgozik ebben a kapcsolásban. Ezt az oszcillátort egyetlen INVERTER-ből is ki lehet alakítani (**7.a ábra**), CMOS jellegű áramkör alkalmazása esetén. Az INVERTER bemenete és kimenete között egy ellenállást kell elhelyezni, ami aktív tartományban tartja az elemet. Az ellenállás értéke nem kritikus, a villamos modellben szereplő belsőellenállás értékének kb. 200-szorosa az ideális. Ha a rezgőkvarc jósága kicsi (azaz nagyok a veszteségei), akkor több, sorba kapcsolt INVERTER jelentheti a megoldást, mivel így megnő a hurokerősítés (**7.b ábra**).

A kvarckristály egy rezgő elektromechanikai rendszer. Mivel elektronikai áramkörökben aktivizáljuk, célszerű villamos modellt készíteni a működés leírásához, az oszcillátor méretezéséhez. A modellben a kvarcplapocskát tömegének egy inductivitás felel meg, a kristály merevségét egy kapacitás írja le, a rezgés közben fellépő energia-



6. ábra





7. ábra

veszteséget pedig egy ellenállás. A kvarckristály villamos modellje a **8. ábrán** látható. A  $C_0$  a csatlakozók között mérhető kapacitás (söntkapacitás), az  $R_1$  az ekvivalens soros ellenállás, az  $L_1$  és a  $C_1$  az ún. mozgási (motional) induktivitás és kapacitás (az elnevezés arra utal, hogy ezek az elemek írják le a kvarckristály mechanikus rezgését). A gyakorlatban az  $L_1$  általában igen nagy érték, a  $C_1$  egészen kicsiny. Pl. egy 200 kHz-es kvarcnál  $L_1 = 27$  H,  $C_1 = 0,024$  pF,  $R_1 = 2$  k $\Omega$ ,  $C_0 = 9$  pF. Az induktivitás és a kapacitás aránya sokkal nagyobb, mint amit diszkrét alkatrészekből épített rezgőkörnél el lehet érni, ezért a kvarc jósága akár 100 000 értékű is lehet, míg a hagyományos rezgőköröknél a jósági tényező felső értéke 1000 körül van. A soros rezonanciánál a rezgési frekvencia:

$$f_s = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 \cdot C_1}}$$

Ezen a frekvencián a helyettesítő képen levő induktivitás és kapacitás váltakozóáramú ellenállása azonos abszolút értékű, így az ellentétes fáziszögnek köszönhetően egymást kiejtik, az eredő impedancia a harmadik taggal, az  $R_1$ -gyel, azaz a soros ellenállással (ESR, ekvivalens soros ellenállás) egyezik meg. Az ESR értékét csak rezonanciafrekvencián lehet megmérni.

A kvarckristály impedanciájának frekvenciamenete a **9. ábrán** látható. Alacsony frekvenciákon negatív (ka-

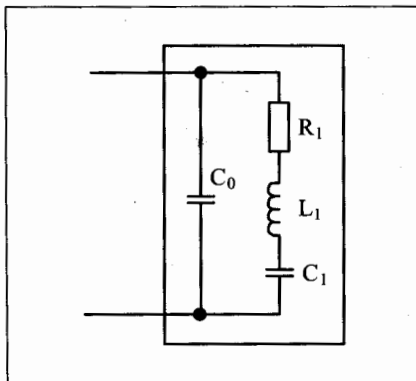
pacitív jellegű) az impedancia, növekvő frekvenciák esetén egyre kisebb abszolút értékű, az  $f_s$  soros rezonanciafrekvencián zérus értékű (itt tehát a kvarc soros rezgőkörként viselkedik). A **10.a ábrán** egy olyan kvarcoszcillátor szerepel, amelyik a soros rezonanciafrekvenciáján használja a kristályt. A mikrovezérlők belső oszcillátora nem a soros rezonancián rezgeti be a kvarcokat!

Tovább növelve a frekvenciát, az impedancia pozitív (induktív jellegű), egyre nagyobb abszolút értékkel. Ezt a frekvenciatartományt nevezik terhelt párhuzamos rezonanciatartománynak. A kifejezés arra utal, hogy a kvarc két végpontja és a GND között elhelyezett terhelő kapacitások ( $C_1$  és  $C_2$ ) értéke határozza meg a rezgési frekvenciát (természetesen a kvarc saját paraméterein kívül). Az  $f_a$  antirezonancia közelében az impedancia amplitúdója minden határon túl nő, e felett a határérték felett pedig igen nagy abszolút értékű, de negatív előjelű (kapacitív viselkedésű) lesz (az  $f_a$  környezetében párhuzamos rezgőkörként működik a kvarckristály). A Pierce-oszcillátorban tehát a kvarc az  $f_s$  és az  $f_a$  közötti frekvencián rezeg, az áramkörü alkatrészek, elsősorban a kvarc, a  $C_1$  és a  $C_2$  értékétől függően. A teljes terhelőkapacitás a külső  $C_1$  és  $C_2$  értékéből és a kristály kivezetései közötti  $C_0$  kapacitásból áll össze. A terhelt párhuzamos rezonanciafrekvencia értékét ( $f_L$ ) a következő kifejezéssel lehet meghatározni:

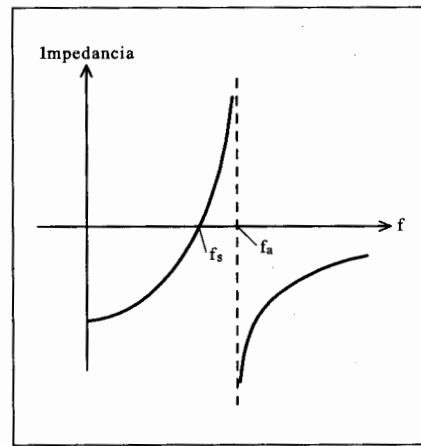
$$f_L = f_s \left[ \frac{C_1}{2(C_0 + C_L)} \right],$$

ahol  $f_L$  a terhelt párhuzamos rezonanciafrekvencia,

$f_s$  a soros rezonanciafrekvencia,



8. ábra



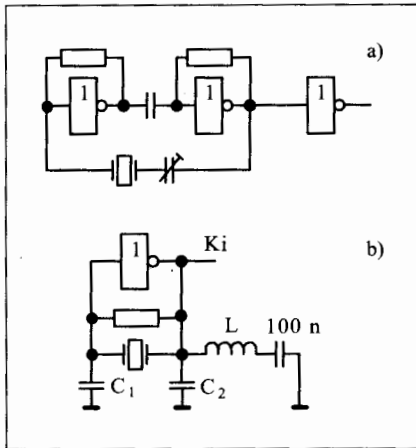
9. ábra

- $C_1$  a helyettesítő képen szereplő kapacitás,
- $C_0$  a kvarckristály csatlakozópontjai közötti kapacitás,
- $C_L$  a külső terhelőkapacitás (a  $C_1$  és a  $C_2$  soros eredője).

Ha a gyártó a kvarcot párhuzamos üzemre szánja, akkor a terhelt párhuzamos rezonanciafrekvenciát jelöli meg a katalógusban. A helyes használat érdekében a katalógusban a terhelő kondenzátorok ( $C_1$  és  $C_2$ ) értéke is szerepel. Ha az egyik kondenzátort változtatható értékű elemmel (trimmerkondenzátorral) valósítják meg, akkor a rezonanciafrekvenciát kis mértékben állítani is lehet.

Ha választani lehet egy szélesebb terhelőkapacitás-tartományból, azt kell meggondolni, hogy a nagyobb kondenzátorok hosszabb oszcillátor-felélédesi időt jelentenek. A túl kis kondenzátorérték viszont azért nem célszerű, mert a szerelési (pl. a nyákmintázatból eredő) kapacitások hatása a kis kondenzátorok mellett erőteljesebben jelentkezik. A 10 pF alatti értékeket azért is kerülni kell, mert ezeknek a kondenzátoroknak a hangoláson kívül egyéb feladata is van, így pl. csatolásmentesítés, a szórt zavarok szűrése.

Minden rezgőkvarcnak több rezonanciafrekvenciája is van, mégpedig az alapfrekvencia páratlan számú többszöröseinél. Az ilyen magasabb rezonanciafrekvenciák egyikén is megvalósítható oszcilláció, ha a kisebb rezonanciafrekvenciákon meggátoljuk a működést. A **10.b ábrán** egy ilyen ún. felhangoszcillátor látható, amelyik az alapfrekvencia háromszorosán működik. Az L tekercsből és a  $C_2$  kondenzátorból álló párhuzamos rezgőkört az



10. ábra

alapfrekvencia és a harmadik harmonikus közötti értékre kell behangolni.

A kvarckristály modelljét a harmonikusoknak megfelelően ki kell egészítenünk, a 11. ábrán már szerepel az 3. és az 5. harmonikust modellező RLC-részlet is.

Az alpmódusú és a felhangrezonanciára készített kvarckristály kizárólag a kalibráció jellegében különbözik egymástól. Az alpmódúnál az alapfrekvenciát adja meg a gyártó, míg a felhang-kristály esetében pl. a 3. harmonikus. Bármelyik rezgőkvarc berezegtethető azonban alpmódban is, a 3. harmonikuson is, de a felhangkvarc alpmódon nyilván a katalógusában szereplő frekvencia egyharmadával fog rezegni, az 50 MHz feliratú kristály kb. 16,6 MHz-en. (Megjegyezzük, hogy a kristályok harmonikus módban nem pontosan az alapfrekvencia egész számú többszörösét állítják elő. A szerk.) 30 MHz alatt általában alpmódban kalibrálják a kvarckristályokat, míg magasabb frekvenciák esetén többnyire felhang-rezonanciára vonatkozó értéket tüntetnek fel a tokon. Fontos tudni a kvarcról, hogy a névleges frekvenciája alpmódú vagy felhang jellegű-e, mert az oszcillátoráramkör a két esetre különbözik, mint láttuk!

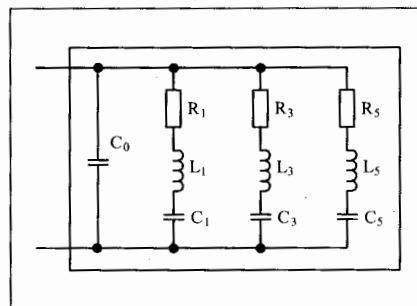
A rezonanciafrekvencia a kristály geometriai méreteiből adódik; a magasabb frekvenciára készülő kvarcok vékonyabbak. 30 MHz-felett már olyan vékony a kristály, hogy a gyártás nehézkessé válik, 40 MHz-es, vagy annál magasabb alapfrekvenciájú kristály gyakorlatilag kezelhetetlen. A 60 MHz-es felhang-kvarc tulajdonképpen egy 20 MHz-es kristály, tehát annak megfelelőek a méretei, így a vas-

tagsága is! Mindenesetre a felhang-rezonanciára kalibrált kvarc is a megfelelő harmonikusnál jelentkező soros-és antirezonancia frekvenciák közé van gyárilag kalibrálva, a katalógusban megadott külső terhelőkapacitások alkalmazása esetére.

Mind az alphaszoros közelében, mind a felharmonikusoknál, a kalibrált rezonanciafrekvencia felett néhány további frekvencián is rezonanciajellegű viselkedést mutatnak a kvarckristályok. Ezek a hamis (spurius) rezonanciafrekvenciák a gyakorlatban általában nem okoznak problémát, mert a kristály metszési tájolásával, a metszés kivitelezésével a gyártó el tudja érni, hogy a hamis rezonanciák ne jelentkezzenek olyan aktivitással, hogy az oszcillátor ezek valamelyikén be tudjon rezegni.

A kvarckristályt azért használják fel oszcillátorok építésére, mert segítségével nagyfokú frekvenciapontosság érhető el. A jobb RC-oszcillátorok 0,1% stabilitást tudnak produkálni, az LC-oszcillátorokkal 0,01% is elérhető, míg a kvarcoszcillátor a legrosszabb esetben is további két-három nagyságrenddel pontosabb frekvenciaértéket szolgáltat! A kristály frekvenciátűrését 25 °C-ra adják meg, a névleges frekvenciától való eltérés mértékével, vagy a névleges frekvencia százalékában vagy ppm-ben. A kvarckristályok jellegzetes tűrésértéke 50 ppm. A gyártók katalógusaiban szinte kizárólagos a ppm (milliomod rész) használata.

Ha a kvarckristályt olyan alkatrészboltban vásároljuk, ahol katalógust nem tudnak mutatni, vagy ha egy készülőben lévő kristályt vizsgálunk, akkor is képet kaphatunk a frekvenciapontosságról. Ha egy rezgőkvarc tokozásán a frekvenciát így adták meg: 10.000 MHz, az azt jelenti, hogy 100 Hz nagyságrendű a tűrése. Ha a felirat csak ilyen rövid: 10.0 MHz, ak-



11. ábra

kor sokkal rosszabb tűrésértékre kell számítanunk, akár 10 kHz-es eltérés is adódhat!

Ha a tűrés ppm (Parts Per Million) értékkel adták meg, abból a frekvenciában mért eltérések úgy számíthatóak ki, hogy a ppm-ben mért tűrésértéket megszorozzuk a MHz-ben adott névleges frekvenciával; az eredmény Hz-ben adódik. Legyen pl. a névleges frekvencia 10 MHz, a tűrés 10 ppm, ekkor a frekvenciaeltérés mértéke:

$$10 \text{ ppm} \cdot 10 \text{ MHz} = 100 \text{ Hz.}$$

Ha a frekvenciaeltérés adott és a ppm értéket kell meghatározni, akkor a frekvenciaeltérés Hz-ben adott értékét el kell osztani a névleges frekvenciával (MHz-ben adott) értékével. Ha tehát a tűrés 200 Hz, a névleges frekvencia 20 MHz, akkor a ppm érték így adódik:

$$200 \text{ Hz} / 20 \text{ MHz} = 10 \text{ ppm.}$$

A kvarckristály fontos jellemzője a frekvenciastabilitás. A működő oszcillátorban a rezgési frekvencia eltér a névleges értéktől, mégpedig számos tényező együttes hatására. A legnagyobb mértékben a környezeti hőmérséklet hat a kvarcra, de befolyásolja a frekvenciát a működési mód, a meghajtási szint, a terhelőkapacitás, a kivitelezés fizikai paraméterei stb. Az is alapvető fontosságú a frekvencia stabilitása szempontjából, hogy milyen metszésű a kvarc. Oszcillátorokban elsősorban az AT, ill. a BT metszésű rezgőkvarcokat szokták használni. A metszési mód azt jelenti, hogy a kvarclapocskát az egyes kristálytengelyekhez viszonyítva milyen szöghelyzetben helyezkedett el az eredeti kvarckristályban. Az AT metszésű kvarc hőmérsékletfüggvénye harmadfokú. 25 °C körül 0 értékű a névleges értéktől való eltérés, egyben itt van a hőmérsékletgörbe inflexiós pontja. Ha a hőmérséklet e körül az érték körül ingadozik, akkor az átlagos frekvenciaeltérés közel zérus, mivel egyszer pozitív, másszor negatív az eltérés. A BT metszésű kristály frekvenciagörbéje másodfokú parabola, lefelé álló ágakkal, a csúcsa 25 °C-nál van. Mivel mind alacsonyabb, mind magasabb hőmérséklet hatására is negatív eltérés jelentkezik a névleges értékhez képest, változó hőmérsékletek esetén sem kompenzálódnak az eltérések. A hőmérsékletfüggés nemlineáris függvény, a pontos értéket diagrammal le-

# Kontel Kft. Alkatrész nagykereskedés

## Elektronikai alkatrész nagykereskedés



**OMRON**

**KEMET**



**EXCELL**



**intersil**



**TOSHIBA**

**TEMIC**  
Semiconductors



### Témaköreink:

#### AKTÍV ALKATRÉSZEK:

EPROMOK, PROCESSZOROK, KONTROLLEREK, E-EPROMOK, LOGIKAI INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK, ANALÓG INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK VALAMINT PROGRAMOZHATÓ LOGIKAI ÁRAMKÖRÖK, DIÓDA, TRANZISZTOR, GRAETZ, LCD, LED, OPTOCSATOLÓ, RIZSSZEMIZZŐ,

#### PASSZÍV ALKATRÉSZEK:

##### KONDEZÁTOR:

ELEKTROLIT: 85°, 105°, ÁLLÓ, FEKVŐ, BIPOLÁRIS, KERÁMIA, MULTILAYER, TANTÁL, POLIÉSZTER, POLIPROPILÉN, X2 ZAVARSZÜRŐK, ELLENÁLLÁSOK: 0,25 W 5% 2#, 0,6 W 1% 3#, 2 W 5% 5X12MM, 5W 5%, 1206 5%, 0805 5%

POTENCIOMÉTEREK: TRIMMER, HELITRIMMER, TENGELYES, INDUKTIVITÁS, VARISZTOROK: PTC, NTC, TRANSZFORMÁTOROK: AVISOR, FNT, TOROID, KVARCKRISTÁLYOK, ELEKTRET MIKROFONBETÉTEK,

##### CSATLAKOZÓK:

TELEFONCSATLAKOZÓ, AUDIÓ-, VIDEÓCSATLAKOZÓ, SZÁMÍTÓGÉPES ÉS EGYÉB CSATLAKOZÓ, NYÁKOS SORKAPOCS, BONTHATÓ SORKAPOCS, IC-FOGLALAT: PRECÍZIÓS, LEMEZES, PLCC, SMD PLCC, NYÁKCSATLAKOZÓ CSALÁDOK: 2 MM, 2,54 MM, 3,96 MM ÉS 4,2 MM-ES LÁBTÁVOLSÁGGAL,

##### EGYÉB:

JELFOGÓ, KAPCSOLÓ, NYOMÓGOMB, NYÁK-LEMEZ, TÁBLÁBAN ÉS DARABBAN, ÜVEGSZÁL, BAKELIT, EGY ÉS KÉTOLDALAS KIVITEL, PRÓBA-PANEL, SPRAY, SZALAGKÁBEL, TELEFONVEZETÉK, MŰANYAG, FÉM MŰSZER-DOBOZ, MŰSZERVENTILÁTOR, BIZTOSÍTÉK, BIZTOSÍTÉK FOGLALAT, HŰTŐBORDA, HŰTŐZÁSZLÓ, FORRASZTÓPÁKA, FORRASZTÓCSÚCS, FORRASZTÓÓN, ÖNLESZÍVÓ SZALAG

Megrendelésre egyéb anyagok beszerzését is vállaljuk, csomagolási egység szerint!

Cégünk elektronikai alkatrészek nagykereskedelmével foglalkozik. Vállaljuk komplett listák beszerzését és összekészítését.

Viszonteladókát kedvező feltételekkel kiszolgálunk!

Várjuk új partnerek jelentkezését!

Kérje árlistánkat vagy kérje árajánlatunkat!

E-mail-ben vagy faxon!

Címünk:

KONTEL KFT.

1043 BUDAPEST,

Munkásotthon u. 33-39.

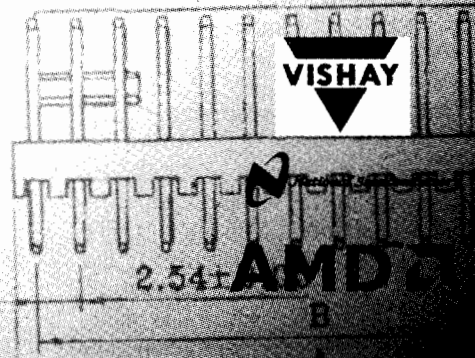
Fax: +36-1-369-17-72

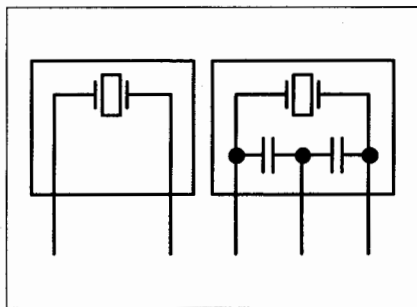
Tel.: +36-1-370-370-9

E-mail: [kontel@axelero.hu](mailto:kontel@axelero.hu)



**LITEON**





12. ábra

het megadni, de egyszerűbb megoldásként a katalógusban szerepeltetni szoktak egy maximális értéket, pl. 50 ppm/°C.

A kvarcon átfolyó áram értékét meghajtási szintnek nevezik. Ez az áram és az ESR érték együttesen határozza meg a kvarcon elvesző teljesítményt és így a kristály melegedését, öregedését. A túlzott melegedés elkerülésére jelenik meg egyes kvarcoszcillátorokban a rezgőkvarccal sorba kötött  $R_s$  ellenállás, melynek értékét a rezgőkvarc adatlapja adja meg. Túl kicsiny sem lehet a meghajtási szint, mert bizonyos kivezérlési érték szükséges a biztos induláshoz és a stabil működéshez.

A kvarckristály mechanikai rezgéseket végez; a nagyobb frekvenciájúak másodpercenként több milliószor változtatják az alakjukat. Ez az állandó, intenzív mozgás a kvarc szerkezetében változásokat okoz, a kristály kifárad. A katalógusok az öregedés hatását ppm/év dimenzióval adják meg. A tipikus érték: 5...10 ppm/év. A kristály öregedését befolyásoló fontosabb tényezők:

- a kristály felszínén megjelenő szennyeződések,
- a mechanikai részek, felerősítő elemek mechanikai feszültségei,
- a kvarckristály gázosodása,
- a tokozás minősége, különösen a lezárás jellege, épsége,
- a kivezérlés mértéke, a meghajtási szint.

#### 4. A kerámiarezonátorok

A kvarckristály helyett az olcsóbb kerámiarezonátorral is megépíthető a „kvarcoszcillátor”. Minden oszcillátorkapcsolás, melyet rezgőkvarchoz terveztek, az azonos rezonanciafrekvenciájú kerámiarezonátorral is működik, bár a működési paraméterekben

némi eltérés jelentkezhet. A kerámia alapú hangolóelemben esetenként a két terhelő kondenzátort is beintegrálják, így csökken a beépítendő alkatrészek száma (12. ábra). A beintegrált kondenzátoros kerámiarezonátort arról lehet felismerni, hogy három csatlakozója van, ezek közül mindig a középső a két kondenzátor közös pontja (ezt kell a hidegpontra, általában a GND-re kötni.)

A kerámiarezonátor mechanikailag rendkívül szilárd, rázásnak, ütésnek ellenáll. Tulajdonképpen egy kerámia-tömb, az oldalfalain kiképzett forrasztható felületekkel. A kvarckristály azért érzékeny mechanikus hatásokra, mert a legtöbbször igen vékony kvarclemes két vékony, rugalmas felfüggesztéssel erősítik az alaphoz.

A kerámia hangolóelem kevésbé érzékeny a túlvezérlésre, így az oszcillátor tervezője szélesebb paramétertartományokat is megengedhet. Ugyanakkor a kerámiaelem impedanciája alacsonyabb, ESR értéke sokszor csak 20...30  $\Omega$ . Ez azonban azt is jelenti, hogy a kerámiarezonátorral megépített oszcillátornak jobb az indulási képessége és rövidebb az indulási ideje. Az impedancia/frekvenciamenete laposabb, szélesebb tartományban alakulhat ki a rezonancia, a frekvenciapontosság pedig kisebb értékű, mint a kvarckristályok esetében.

#### 5. A mikrovezérlők órajelgenerátora

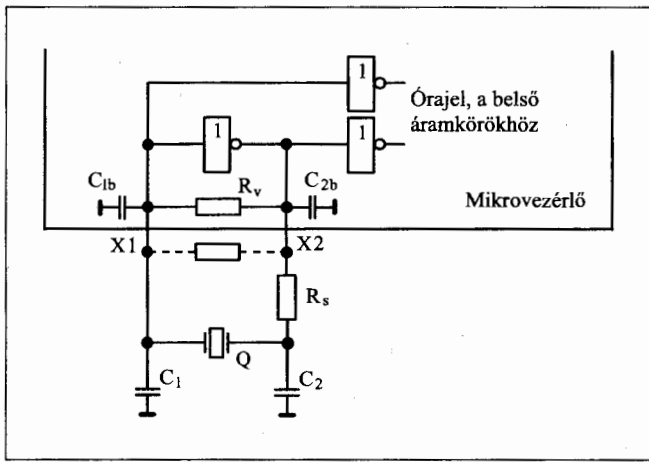
Az eddigiek alapján joggal vetődik fel a kérdés az olvasóban: ha a mikrovezérlő belső oszcillátora nem egyéb, mint egy INVERTER, amelyiknek a bemenete és a kimenete is egy-egy csatlakozólábra is ki van vezetve, akkor mit lehet még elmondani erről az áramkörrel? Amint látni fogjuk, sok érdekes részlettel lehet még gazdagítani ezt a képet! Egyrészt a kvarcoszcillátoros üzemmód a mikrovezérlők belső órajelgenerátorának csak az egyik lehetséges működési módja, sokszor más (RC- vagy LC-) jelleggel is használható az oszcillátor, másrészt azonos üzemmódra is különféle részletmegoldásokat nyújtanak az egyes típusok gyártói.

A 13. ábrán mutatjuk be, hogy legtöbbször hogyan alakul a mikrovezérlő belső órajelgenerátora, ha azt kvarcoszcillátorként lehet használni. A fő alkotórész valóban egy INVERTER, a be-

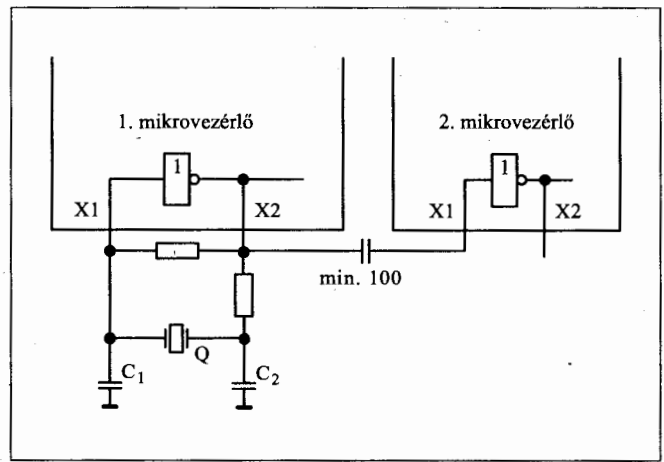
menete és a kimenete a mikrovezérlő két csatlakozópontja, két lába, az ábrán az X1 és az X2 jelöli ezeket. A csatlakozópontok elnevezésére nem alakult ki egységes álláspon. Egyes mikrovezérlőknél a fenti jelölési módot használják, máshol XTAL vagy akár OSC jelzésűek ezek a pontok. Kvarcoszcillátor esetén nincs jelentősége annak, hogy melyik az INVERTER bemenete és melyik a kimenete, de az 1-es indexszámú szokott lenni a bemenet. RC-oszcillátor vagy külső órajel használatkor már nem cserélhető fel a két pont!

Az INVERTER bemenete és kimenete közötti ellenállást egyes mikrovezérlő-gyártók beintegrálják az IC-be, mások a felhasználóra bízzák a csatlakoztatását, mint külső elemet. Az előbbi megoldás egyszerűsíti az áramkör használatát és azért is kedvezőbb, mert a rezgőkvarc csatlakozóvezetékei lényeges zavarójel-források, ezért is és a nagyfrekvenciás működés szabályai szerint is a lehető legrövidebb bekötővezetéseket kell használni. Ha ellenállást is kell kívül csatlakoztatni, akkor a nyákmintázat jelentősen hosszabbra adódik. Az  $R_s$  áramkorlátozó ellenállást kisebb frekvenciákon kell alkalmazni, többnyire a kvarckristály katalógusa megadja az ajánlott értéket. A mikrovezérlő gyártója azzal is segítheti a pontos időzítés elérését, ha megadja, hogy az áramkörben a kvarckristály csatlakozópontjainál mekkora belső kapacitások adódnak ( $C_{1b}$ ,  $C_{2b}$ ), ezeket ugyanis figyelembe kell venni a  $C_1$  és a  $C_2$  külső terhelőkapacitás értékének megválasztásakor.

Az oszcillátor energiaforrása az INVERTER. Erősítésének elegendően nagyok kell lennie ahhoz, hogy bekapcsoláskor a kisszintű, széles frekvenciatartalmú zajt felerősítve abból a szűrőhatású kvarckristály segítségével ki tudja választani, fel tudja erősíteni a rezonanciafrekvenciás összetevőt. Túl nagy erősítést nem szabad alkalmazni, mert az a stabil rezgés állapotában is felerősíti a működési frekvenciától eltérő komponenseket, az órajelen zajokat, torzításokat eredményezve. Maga az INVERTER egy széles sávú erősítő (a visszacsatoló-ellenállás hatására lineáris tartományban működik, szinte műveleti erősítőként), tehát nem valószínű, hogy szűrőhatást, a frekvenciaviszonyokat így teljesen a rezgőkvarc és az ahhoz kapcsolódó részletek, elsősorban a kondenzátorok és a szórt kapacitások befolyásolják.



13. ábra

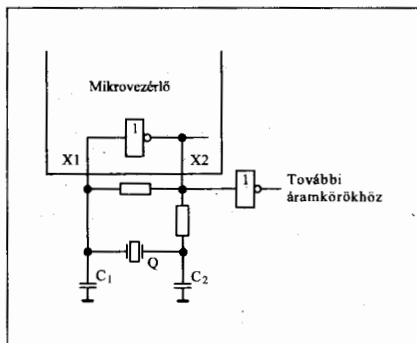


14. ábra

A gyártók többnyire úgy készítik el a terhelt párhuzamos rezonanciára (röviden párhuzamos rezonanciára) szánt rezgőkvarcokat, hogy a felhasználói áramkörben 20...30 pF értékű terhelőkapacitásokat kelljen alkalmazni.

Ha két mikrovezérlőt szinkronban kell működtetni, akkor a legegyszerűbb megoldás az, ha az egyik oszcillátort építjük fel kvarckristályos működésre, a másik áramkörbe pedig átvezetjük az elsőből az órajelet (14. ábra). A csatolásra 100 pF-nál nagyobb kondenzátort, ill. helyette egy 100 kΩ-os ellenállást szokás felhasználni. Ha a mikrovezérlő mellett működő egyéb áramkörökben van szükség az órajelre, akkor elválasztó-szerepű CMOS INVERTER-en át célszerű elvezetni az oszcillátor jelét (15. ábra). Minden esetben, ha a mikrovezérlő oszcillátorának jelét kívül el kell vezetni, arra a csatlakozópontra célszerű kapcsolódni, amelyik a belső INVERTER kimeneti pontja (általában a 2 indexszámú pont).

A régebbi kiadású mikrovezérlőkben a belső óragerátor egy változtathatatlan áramköri egység volt. Sokszor



15. ábra

csak két üzemmódot biztosított: belső kvarcoszcillátor vagy külső órajel fogadása. A mai áramkörök többségében a belső áramköri egység átconfigurálható, így több különféle üzemmód is használható (pl. különféle frekvenciatartományú kvarcoszcillátorként vagy RC-oszcillátorként is működhet a belső órajelgenerátor).

### 5.1. A mikrovezérlők belső oszcillátorának alakulása, az Intel processzorok példáin keresztül

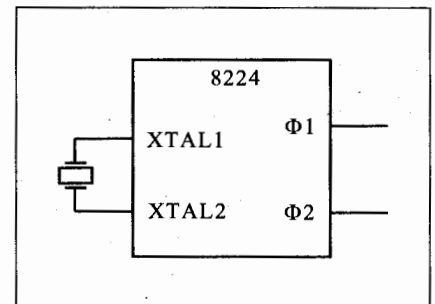
A nagyintegráltságú digitális áramkörökben hamarabb megjelentek a belső oszcillátorok, mint ahogyan a mikrovezérlőket egyáltalán kifejlesztették. Mire ezek az áramkörök megjelentek, a gyártóknak már volt bizonyos tapasztalatuk a belső oszcillátorok kialakításában.

Az Intel 1974-ben jelentkezett az a nyolcbites, NMOS technológiájú, korszerű utasításkészletű mikroprocesszorral, mely sokak szerint a digitális elektronika fejlődését tulajdonképpen megalapozta. Ez a processzor a 8080 volt, ennek mintájára készültek el a „nagy nyolcbites generáció” többi tagjai, így a Motorola MC6800 és a Zilog Z80CPU is. A 8080 kétfázisú külső órajelet igényelt, ehhez a felhasználónak speciális oszcillátort kellett terveznie. Néhány év múlva már mentesültek a 8080 alkalmazói ez alól a feladat alól, mert az Intel kiadta a 8224 típusszámú oszcillátoráramkört (nagyon vázlatosan a 16. ábra szemlélteti). A 8224-ben kialakított oszcillátor külső rezgőkvarccal működött, a kétfázisú órajel sajátos előállítás miatt a kvarc frekvenciája az órajelfrekvencia kilencszerese volt. Az Intel egy rezgő-

kvarcot is forgalmazott (8801 típuszámmal), 18,432 MHz névleges frekvenciával. Ezt felhasználva a 8080 a megengedett leggyorsabb működésre volt készíthető.

A 8224 igen nagy stabilitású, jó indulási készségű oszcillátort tartalmaz. Amikor a szerző és munkatársai a kecskeméti GAMF-on az első, 8080-ra épülő mikroszámítógépet megépítették, kísérletezni kezdtek az óragerátorral. Meglepő eredmények születtek, melyeket a 17. ábra foglal össze. Az, hogy kvarckristállyal és kerámiarezonátorral működik az áramkör, természetes. Az ábrán azonban látható, hogy RC-oszcillátorként is használható az IC, sőt, akár egy LED-del (!) is be lehet állítani a frekvenciáját. Igaz, hogy külső elem nélkül is képes az oszcillátor rezegni. A feltüntetett frekvenciaértékek természetesen csak az adott kísérleti összeállításra, az alkalmazott konkrét áramköri elemekre, a környezeti hőmérséklet és a tápfeszültség pillanatnyi értéke mellett teljesültek!

A mikrovezérlőknél kötelezően megjelenik a belső óragerátor, de a mikroprocesszorok külső órajellel működnek. Az Intel a 8080 után egy sajátos mikroprocesszort fejlesztett ki,



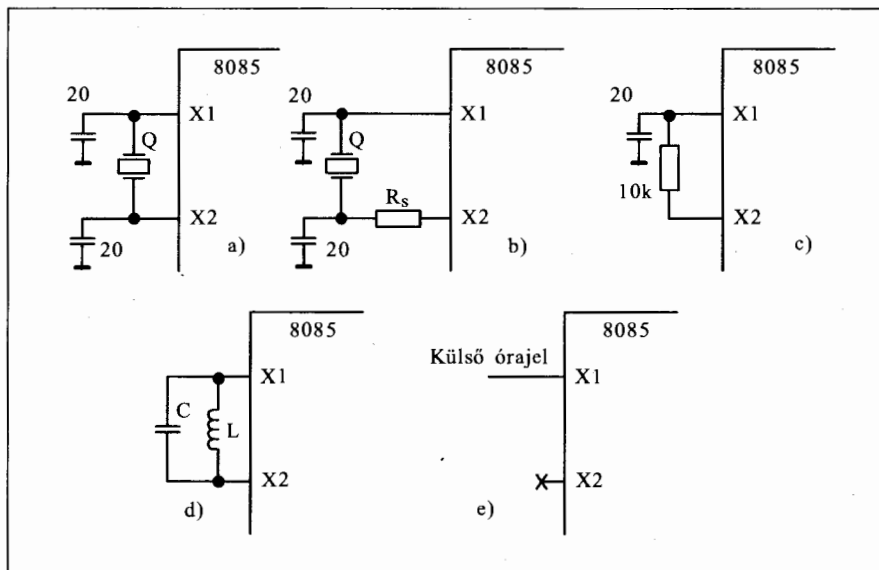
16. ábra

Frekvenciameghatározó elem	Az órajel frekvenciája
	$f_Q/9$
	$f_Q/9$
	2,63 MHz
	0,385 MHz
	0,9 MHz
	2,22 MHz
	0,77 MHz
	1,54 MHz

17. ábra

melyben sokan a mikrovezérlők őspéldányát látják; ez volt a 8085. Ez a mikroprocesszor több olyan jellegzetességgel is büszkélkedhet, amelyek később kizárólag a mikrovezérlőknél fedezhetők fel, így többek között belső oszcillátora is van.

A 8085 belső oszcillátora nem konfigurálható, az áramköri kialakítása rögzített, változtathatatlan. Az óragerátor frekvenciája a mikroprocesszor belső órajelfrekvenciájának kétszerese, mert egy belső frekvenciafelező áramkör van az IC-ben. A belső oszcillátor pontos szerkezetét az Intel nem



18. ábra

adta meg, de valószínűleg azonos a 8048 mikrovezérlő belső áramkörével (ld. később). A 8085 katalógusa szerint az órajelhez a belső áramkört kvarcoszcillátorként, RC- vagy LC-oszcillátorként lehet használni, de külső órajel is fogadhat az áramkör (18. ábra). A 18.a ábra megoldását magasabb frekvenciák esetén javasolja az Intel, a 18.b ábrán szereplő soros áramkorlátozó ellenállást alacsonyabb frekvenciáknál ajánlja. A kvarckristály a párhuzamos rezonanciafrekvenciáján rezeg.

Az LC-oszcillátornál figyelembe kell venni a 8085 csatlakozópontjai közötti kb. 15 pF-os kapacitásértéket is. Az RC-oszcillátorhoz az Intel nem adott számítási képletet, sőt, szinte egyetlen értékpáros alkalmazását javasolta. A 18.c ábrán is látható elemértékek esetére az oszcillátor működési frekvenciája kb. 3 MHz, és a gyártó sem alacsonyabb, sem magasabb oszcillátorfrekvenciák beállítását nem javasolja. Az LC-oszcillátor párhuzamos rezgőkörét a 18.d ábra szerint kell illeszteni.

Ha külső órajel használnak a 8085 működtetésére (18.e ábra), akkor figyelembe kell venni, hogy az X1 bemeneten nem TTL szintű, hanem minimum 4 V-os H értékű jelsorozatot igényel az áramkör.

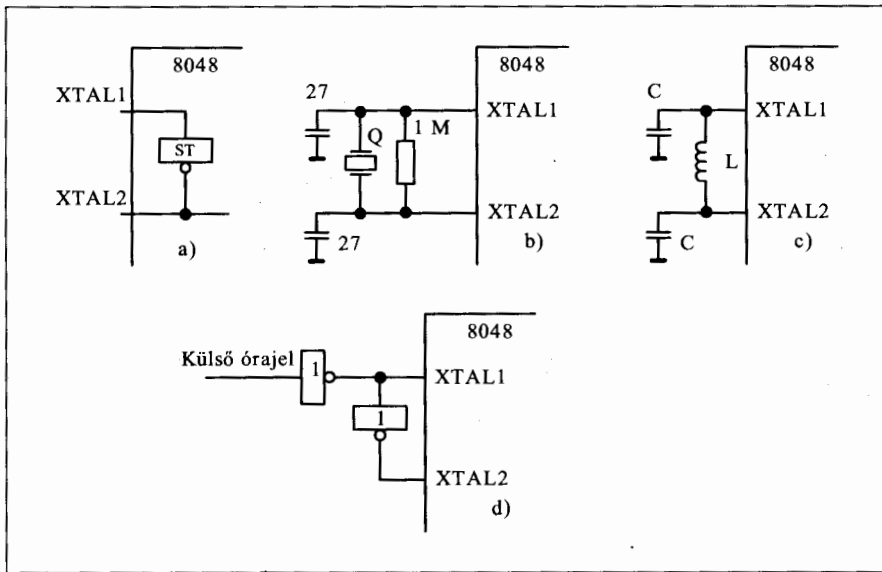
Az Intel első mikrovezérlő-sorozata a 8048-as család volt. A 19.a ábrán látható módon a belső oszcillátort egy Schmitt-triggeres INVERTER alkotja ezekben az áramkörökben. Az oszcillátor belső áramköre itt sem módosítható,

nem lehet átkonfigurálni, csak a külső alkatrészeket lehet változtatni. Az Intel katalógusa szerint a 8048 esetében a 19.b ábrán látható kvarcoszcillátor vagy a 19.c ábrán szereplő LC-oszcillátor használható.

A kvarckristály a párhuzamos rezonanciafrekvenciáján rezeg, az ekvivalens soros ellenállása legfeljebb 75  $\Omega$  lehet (ezt az értéket a belső elem, az INVERTER erősítése alapján határozták meg). Az INVERTER aktív tartománybeli működését biztosító ellenállást a felhasználónak kell kívül, a kristállyal párhuzamosan a mikrovezérlőhöz csatlakoztatni. Az LC-oszcillátor 20 pF-os kondenzátorok használata mellett 45  $\mu\text{H}$ -s tekercssel 5,2 MHz-es, 120  $\mu\text{H}$ -s tekercssel 3,2 MHz-es frekvenciát szolgáltat.

Ez lehetővé teszi, hogy a 4.b ábrán szereplő RC-oszcillátort kialakítsuk, ami tökéletesen működik, bár a gyártó a mikrovezérlő katalógusában erről a lehetőségről nem szól semmit.

Az Intel röviddel a 8048 után kifejlesztette a 8051 sorozatot is. Sok részletben továbbfejlesztették az áramköröket, többek között módosult a belső oszcillátor felépítése is. Az INVERTER ebben a családban már nem Schmitt-triggeres. A technológiai korlátok miatt azonban a belső oszcillátor kialakítása, szerkezete még ezekben az áramkörökben sem változtatható, továbbra sincs konfigurálási lehetőség. A katalógus általában csak két oszcillátor-üzemmódot ismertet: a kvarcoszcillátort és a külső órajel használatát



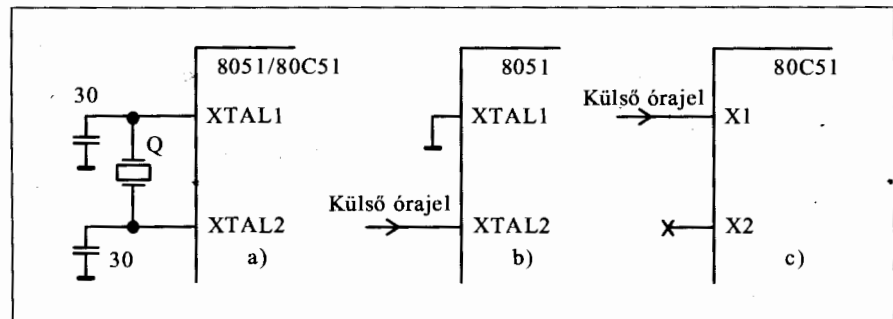
19. ábra

(20.a, b ábra). A kvarcoszcillátorként történő felhasználást segíti, hogy az INVERTER visszacsatoló ellenállása és az áramkorlátozó soros ellenállás a mikrovezérlőn belül már szerepel. Mint általában, itt is Pierce-oszcillátorként működik az oszcillátoráramkör, tehát párhuzamos rezonanciafrekvenciájú rezgőkvarcot kell használni, a katalógusnak megfelelő terhelőkapacitásokkal. Arra az esetre, ha a kvarc katalógusadatai nem ismertek, az Intel 30 pF-os kondenzátorok beépítését javasolja. A 8051 működtethető kerámiarezonátorral is, ilyenkor a külső kondenzátorok értékét meg kell növelni, célszerűen 47 pF-ra. Természetesen a rezonátor mellett nincs szükség külső kondenzátorokra, ha az beépítetten tartalmazza a kapacitásokat (azaz ha három kivezetéses).

Az oszcillátor belső elrendezése némileg eltér az NMOS és a CMOS kivitelű áramkörök esetén. Az NMOS változatoknál az XTAL2 ponthoz csatlakozó belső részletekről vezették el az órajelet, míg a CMOS megoldásúaknál az XTAL1-ről. Ez magyarázza, miért kell a külső órajelet a kétféle technológiájú mikrovezérlő esetében eltérő jelleggel bevezetni az áramkörbe (20.b, c ábra).

Az Intel 8051-es mikrovezérlő-családja elmúlt harminc éves, de máig is az egyik legsikeresebb architektúra, utasításkészlete a mai napig is hatékonynak, rugalmasnak minősül. Ezért folyamatosan készültek olyan mikro-

vezérlők, melyek központi részletei megegyeznek a 8051 áramköreivel (8051 magra épülő mikrovezérlők), utasításkészletük is azonos, viszont a korszerű igényeknek megfelelő a beépített elemkészletük, új perifériaegységeket tartalmaznak. Az Intel a 8051-et úgy szerkesztette meg, hogy 12 óraciklus valósít meg egy gépi ciklust. Ez a működési mód ma már sokszor nem megfelelő, ezért a mai gyártók egy része módosította a hardver kialakítását. Több olyan, 8051-re épülő mikrovezérlőt is találunk, mely alkalmas az eredeti (Intel-szerű) órajelkezelésre is, de kétszeres sebességgel is tud működni (hat óraciklus/gépi ciklus). Ezekben az áramkörökben általában szoftverrel választható módon az órajel eredeti értékével vagy felezett frekvenciájával is használható, így a program maga képes a frekvenciát váltani. Ilyen képességekkel rendelkezik az Atmel AT89C sorozat is, az itt kialakított órajelkezelést a 21.a ábra mutatja be.



20. ábra

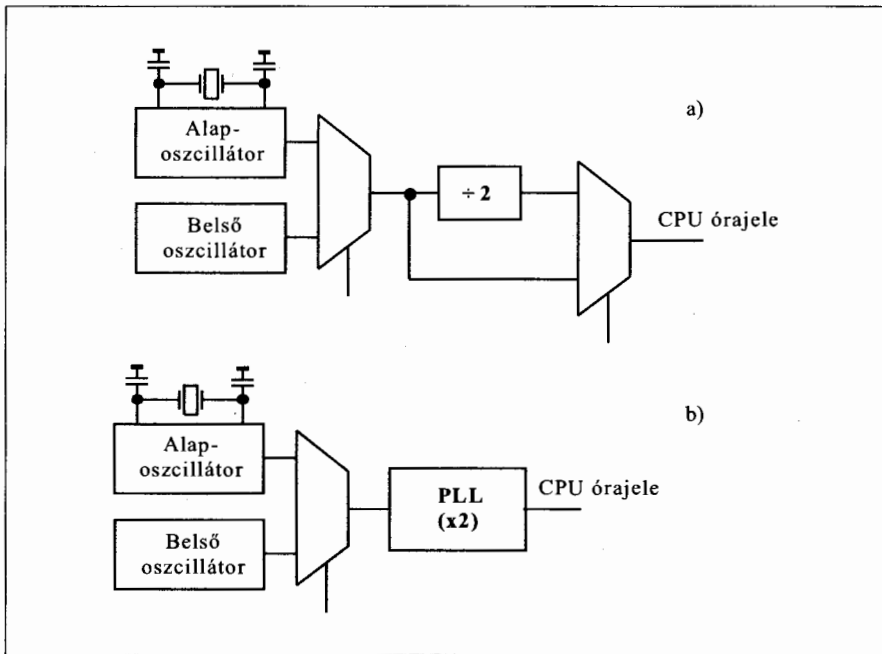
Az Infineon (korábban Siemens) szinte minden Intel-processzort átvett gyártásra, így a mikrovezérlőket is. Ezen a téren azonban sok új fejlesztést is végzett, máig készülnek 8051 magra újabb és újabb áramkörei. Ilyen, 8051-kompatibilis mikrovezérlő a C508 is, melyben a kétféle órajelfrekvenciát nem osztóáramkörrel, hanem PLL-lel megoldott szorzóval oldották meg (21.b ábra).

## 5.2. Az első PIC mikrovezérlők oszcillátormegoldásai

A PIC áramkörök egy fiatal, másfél évtizede alapított cég, az arizonai Microchip termékei. Kifejezetten mikrovezérlő-gyártásra alakult a Microchip, mégpedig a nyolcbites mikrovezérlők piacán a 8048 kihalását követően kialakult vásárlói igény kielégítésére. Rendkívül egyszerű (és olcsó) mikrovezérlőt fejlesztettek ki, a PIC16C5x sorozatot. Az áramkörökben éppen csak annyi belső egység volt, hogy mikrovezérlőnek lehessen nevezni ezeket, az utasításkészletük is szerény volt. A gyártó nem is általános célokra szánta áramköreit, hanem periféria-kezelő áramköröknek (erre utal a típusjel is: PIC, azaz Peripheral Interface Circuit, periféria-illesztő áramkör).

A Microchip fejlesztői már az 1980-as évek elejének korszerű áramköri megoldásait használhatták az első változatok kialakítására is, így számos olyan tulajdonsága volt a PIC mikrovezérlőknek, ami a többi sorozat elé helyezte ezeket az IC-eket. Rövidesen olyan méretű lett a felhasználás, hogy indokolttá vált a továbblépés. Mára a Microchip a nyolcbites mikrovezérlők piacvezető gyártója lett, legújabb termékeivel pedig a 16 bites területre is bemerészkedett.

Már a legelső áramkörökben, a már említett PIC16C5x sorozatban is konfi-



21. ábra

gúrálható a belső oszcillátor. Az áramkör felépítése az ún. konfiguráló bitek segítségével változtatható meg, így minden működéshez ideális belső áramköri kialakítást lehet létrehozni. A konfigurálható oszcillátortípusok száma folyamatosan nő. A PIC áramkörök megjelenésekor az egyik szenzációs újítást az jelentette, hogy a módosítható tartalmú, fejlesztési célt szolgáló mikrovezérlő-változatok és a végtermékbe, a sorozatgyártáskor beépítésre kerülő mikrovezérlők ugyanazt a csipet használták. Ez azért volt újdonság, mert az Intel (a 8048-as és a 8051-es családnál egyaránt) azt a megoldást választotta, hogy fejlesztésre a kvarcablakos tokozású, EPROM programmemóriát tartalmazó IC-eket lehetett használni. A kész programot be kellett küldeni a gyártóhoz, s ott ROM-jellegű programtárba került. A végtermékbe az olcsó, műanyag tokozású vagy a zárt fémkerámia tokozású (a kvarcablak hiánya miatt azért még mindig olcsó), belül ROM programmemóriát tartalmazó változatok kerültek.

Ez a megoldás egyrészt azért nem volt minden felhasználó számára kedvező, mert nem szívesen adták ki az Intelnek a féltve őrzött programjaikat, másrészt azért sem, mert egyes alkalmazásokban, ahol szélsőséges paraméterértékek mellett üzemeltették a mikrovezérlőket, az EPROM-os változatok nem teljesen úgy működtek, mint a ROM-alapúak.

Mindenesetre minden mikrovezérlő-családnál valahogyan meg kell oldani, hogy legyen minden típusból olyan változat, melyben a program törölhető, átírható, még akkor is, ha ez valamennyivel drágább így, és legyen egy olcsóbb, a végtermékbe kerülő változat, az olcsóság fejében azzal az engedménnyel, hogy a belső programtár az első feltöltés után már nem módosítható, nem írható át.

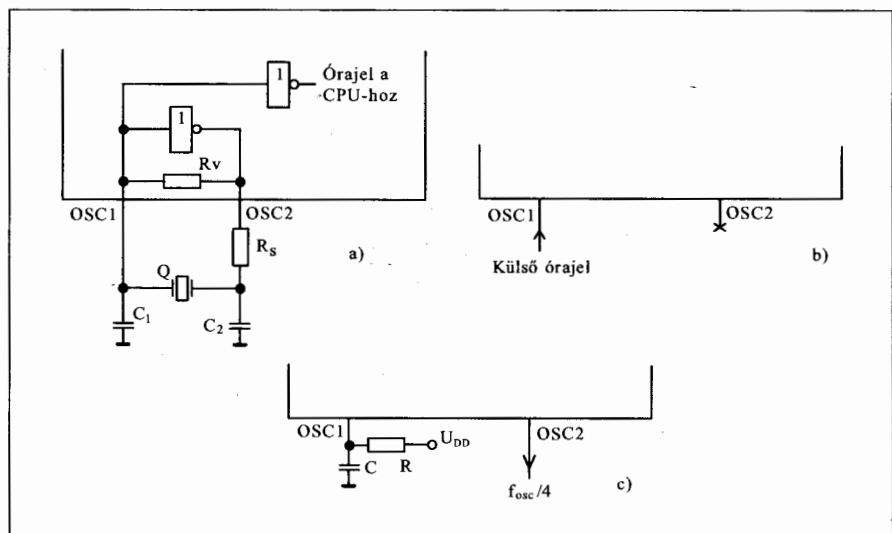
A Microchip fejlesztői az 1980-as évek elején a CMOS EPROM-technológiát választották, s minden mikrovezérlőjüket EPROM programmemóriával gyártották. Hogyan tudták a kétféle

árigényt mégis érvényesíteni? Úgy, hogy a fejlesztésre szánt példányokat a költségesebb, kvarcablakos fémkerámia tokozással szállították, a végtermékbe szánt áramköröket zárt műanyag tokban. Ezek az egyszer programozható (One Time Programmable, OTP) kivitelű áramkörök jóval olcsóbbak, mint a kvarcablakos társaik.

Mindez érinti az oszcillátor-témakört is. A PIC kiválasztott oszcillátortípusának megfelelően be kell állítani a konfiguráló biztosítékokat. Ezeket a fejlesztőrendszer tudja kezelni, mégpedig a program betöltésével egyidejűleg. A kvarcablakos áramkörök esetében azután, ha a mikrovezérlő bekerült az EPROM-törölő készülékbe, a konfigurációs bitek is törölődtek, a legközelebbi programbevitelkor ismét be kellett azokat állítani. Így azonban az is megoldható, hogy programváltáskor az oszcillátor típusát is módosítja a fejlesztő.

Más a helyzet az OTP kivitelű áramkörök esetében. Ezeknél már a tokozáson, a típusjelben megjelölte a gyártó az egyik oszcillátortípust, ugyanis ezeket az áramköröket a gyártási folyamatban véglegesen konfigurálják. Mivel ezeket úgysem lehet átprogramozni, nem okoz gondot, hogy már a megrendeléskor meg kell adni az oszcillátor típusát. Az, hogy az OTP elemekben az oszcillátor nem változtatható, egyszerűbbé tette a belső felépítésüket, így még olcsóbbakká váltak ezek az áramkörök.

A későbbiekben először az EEPROM jellegű programmemória jelent meg. Ennél már nem volt kétféle kivi-



22. ábra



tel; ugyanaz a zárt tokozású mikrovezérlő szolgált a fejlesztésre, mint amit a végtermékbe is beépíttek. Ugyanez a helyzet a mai korszerű PIC mikrovezérlőkkel is, melyeknél a programmemória (és vele együtt a konfigurációs biteket tartalmazó memóriaterület is) már Flash jellegű.

A PIC mikrovezérlőknél használható alapvető oszcillátortípusokat a **22. ábra** foglalja össze. A **22.a ábrán** a kvarcoszcillátor látható, ami a mai PIC áramköröknél többnyire háromféle is lehet, alacsonyfrekvenciás, azaz LP, normálfrekvenciás, azaz XT vagy nagyfrekvenciás, azaz HS. Erre a három esetre a belső oszcillátor áramköri kialakítása megegyezik, de az oszcillátor alapját képező INVERTER erősítést három különféle értékre kell beállítani, ezért kell eltérően konfigurálni a három esetet. A kisfrekvenciás működéshez kell a legkisebb erősítés, a nagyfrekvenciához a legnagyobb. Az ábrán látható, hogy az INVERTER R<sub>v</sub> visszacsatoló ellenállása a mikrovezérlőn belül megtalálható, az esetleges soros áramkorlátozó ellenállást azonban a felhasználónak kell kívülről csatlakoztatnia.

Az egyes kategóriák frekvenciahatárai függenek a konkrét típustól is, pl. a PIC18Fxx2 elemeknél az LP beállításban 5-től 200 kHz-ig működhet az oszcillátor, az XT típus beállításakor 0,1...4 MHz között, a HS konfigurálásakor pedig 4...25 MHz között. 25 MHz felett már csak felhangoszcillátorral lehetne működtetni a mikrovezérlőt. Mint láttuk, a felhangoszcillátor az alaplámpához képest kiegészítő áramköri elemeket, hangoltkört is igényelne. A felhangoszcillátor kialakítását a Microchip úgy kerüli el, hogy az újabb áramköreibe szerepeltet egy HS+PLL beállítási módot is, ahol a kvarcoszcillátor frekvenciáját egy belső PLL négyszerezi. Mivel a PIC18Fxx2 sorozat 40 MHz-es határfrekvenciával jellemezhető, ebben a beállításban a kvarcfrekvencia 4...10 MHz közötti lehet, így a belső órajel 16...40 MHz között alakul.

A PIC mikrovezérlőkhöz a Microchip AT metszésű, párhuzamos rezonanciájú, alaplámpás rezgőkvarcok használatát ajánlja. A katalógusokban arra is figyelmeztet, hogy amennyiben soros rezonanciájú kristályt építenek be a felhasználók, számítsanak rá, hogy

az oszcillátor a kvarcon feltüntetett frekvencia helyett attól eltérő értéken fog rezegni. A katalógusban néhány frekvenciára a terhelőkapacitások értékét is felsorolja, de azzal a kiegészítéssel, hogy a pontos frekvenciaérték elérése érdekében a rezgőkvarc adatlapját kell tanulmányozni, vagy fel kell venni a kapcsolatot a kvarc gyártójával. Az előző fejezetek alapján már érthetőek a gyártónak ezek a megjegyzései!

A külső órajel fogadásakor (**22.b ábra**) az *OSCI* pontra kell vezetni az impulzussorozatot. Ebben a beállításban az órajel frekvenciájának alsó határa nincs, a felső határ a már említett PIC18Fxx2 áramkörök esetében 40 MHz, azaz a mikrovezérlő megengedett legnagyobb órajel frekvenciája. Ha egy alkalmazáshoz csak soros rezonanciájú kristály áll rendelkezésre, akkor is a külső órajeles beállítást lehet alkalmazni, s a mikrovezérlő mellett fel lehet építeni egy olyan oszcillátort, amelyik soros rezonancián használja a kvarckristályt (pl. a 10.a ábra szerinti áramkört). A Microchip a mikrovezérlő-katalógusaiban még a külső órajelet előállító kvarcoszcillátorokra is ad kapcsolási javaslatot.

## ELSŐ KÉZBŐL... ... KÖZVETLEN A GYÁRTÓTÓL

**NEOSIO**

INDUKTÍV ELEMÉK

**SIBA**

OLVADÓBETÉT  
FOGLALAT

**narda**

MIKROHULLÁMÚ ELEMÉK



DC MOTOR

**PIHER**

POTMÉTER, TRIMMER

**dau**

HŰTŐBORDA  
TRIMMERKONDEZÁTOR

**MARQUARDT**

HÁLÓZATI KAPCSOLÓ  
MIKROKAPCSOLÓ

**MGB**

**KKT**

Raktár & Iroda

1033 Budapest, Zab u. 11.

[www.mgb.hu](http://www.mgb.hu) [meggyes@mgb.hu](mailto:meggyes@mgb.hu)

Tel: 250 6378 \* Fax: 367 4180

**IRCON**

INFRAHŐMÉRŐ

**CALEX**

1. táblázat

C pF	R kΩ	Névleges frekvencia	Tűrés % (5 V, 25 °C)
20	3,3	4,973 MHz	±27
	5	3,82 MHz	±21
	10	2,22 MHz	±21
	100	262,15 kHz	±31
100	3,3	1,63 MHz	±13
	5	1,19 MHz	±13
	10	684,64 kHz	±18
	100	71,56 kHz	±25
300	3,3	660 kHz	±10
	5	484,64 kHz	±14
	10	267,63 kHz	±15
	160	29,44 kHz	±19

A 22.c ábra az RC-oszcillátort mutatja be. Ez a PIC18Fxx2 elemek esetében legfeljebb 4 MHz frekvencián működhet, alsó határfrekvencia nincs. Olyan alkalmazásokhoz ajánlja a gyártó, melyek költségérzékenyek, ugyanakkor az időzítés pontossága nem alapvető követelmény. Kis ellenállások esetében az oszcilláció nem stabil, esetenként le is áll az óragenerátor, túl nagy ellenállások esetében viszont zajokra, zavarokra érzékennyé válik az áramkör. A Microchip az RC-oszcillátorhoz 3...100 kΩ közötti ellenállásértékeket javasol. A PIC mikrovezérlők külső kondenzátor nélkül is képesek működni RC-oszcillátor üzemmódban, de mindenképpen célszerű legalább egy 20 pF-os kondenzátort bekötni az OSC1 pontra, így kevésbé lesz érzékeny a frekvencia az egyes mikrovezérlők egyedi paramétereire, a nyákmintázatra, a kvarckristály tokozásának kapacitására. Terhelőkapacitások használata nélkül a sorozattermék egyes példányai különféle frekvenciákon működnek.

A Microchip nem ad képletet az RC-oszcillátor elemértékeinek és a működési frekvenciának az összefüggésére. A katalógusokban egy táblázat mutatja meg néhány RC-párosításra a frekvencia értékét és a várható tűrésértéket (1. táblázat).

Ha a mikrovezérlő közelében lévő egyéb áramköröknek is szükségük van órajelre, RC-oszcillátor használatakor nem szükséges a 15. ábrán bemutatott módon megoldani a feladatot. Konfigurálható ugyanis úgy is a mikrovezér-

lő, hogy az OSC2 csatlakozóponton ki lépjen a belső órajel, mégpedig egy 1:4 osztón átvezetve.

A bemutatott óragenerátor-változatok már széles lehetőségét biztosítják az alkalmazásoknak, a különféle feladatokhoz meg lehet találni az optimális óragenerátor-kialakítást. Vannak azonban olyan alkalmazási esetek is, melyeknél működés közben is változnak az oszcillátorral szemben támasztott követelmények. Elsősorban nem a működtetett elemek sebességigényére kell gondolnunk, hanem a mikrovezérlő fogyasztására.

A mikrovezérlőkkel kialakított készülékek nagy része hálózattól függetlenül működik, többnyire akkumulátorokról, elemekről. Ilyen körülmények között elsődleges fontosságú, hogy az áramkör fogyasztása minél alacsonyabb legyen, minél ritkábban kelljen elemet cserélni, minél tovább lehessen használni a készüléket az akkumulátor feltöltése után.

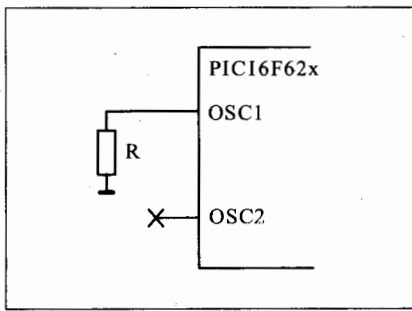
Az alkalmazásoknak minden esetben vannak olyan feladatai, melyek meghatározzák az alkalmazható legkisebb órajel frekvenciát, ami esetenként elég magas is lehet, ez a magyarázata annak, hogy a gyártók, így a Microchip is az újabb és újabb mikrovezérlő-családokat egyre magasabb órajelfrekvencia-határokkal alakítja ki. Ugyanakkor az is biztos, hogy folyamatosan nincs szüksége a mikrovezérlőnek erre a magas frekvenciára, feladatai jelentős részét kisebb frekvencián futva is tökéletesen meg tudja oldani. Azért beszélünk folyamatosan a frekvenciáról,

mert a mai CMOS mikrovezérlők esetében az áramkör fogyasztása a működési frekvenciával szinte arányos kapcsolatban van, kétszeres frekvenciáért dupla teljesítményfelvétellel kell fizetni.

A fogyasztás csökkentésének drasztikus módja a mikrovezérlő kikapcsolása. A PIC mikrovezérlők szoftverből sleep állapotba hozhatók („elaltathatók”). Ekkor leáll az órajelgenerátor, megszűnik a programvégrehajtás, csak olyan belső egységek működnek tovább, melyeknek saját belső óraáramkörük van. Sokszor azonban nincs mód a teljes leállásra, mégis csökkenteni kellene a fogyasztást, mert a teljes sebesség tört részével is elegendő működni. Ilyen esetekre alakították ki a PIC mikrovezérlőkben a belső RC-oszcillátort. Ez általában 4 MHz frekvenciával működik, és szoftverből lehet az alaposzcillátor helyett bekapcsolni (eközben az alaposzcillátor természetesen leáll). Egyes típusokban (pl. PIC16C781/782, PIC16F627/628) a belső RC-oszcillátor átkapcsolhatóan 4 MHz-es vagy 32 kHz-es frekvenciával fut. A 4 MHz-es belső RC-oszcillátorok sajátossága, hogy kalibrálhatóak. A kalibrációs értéket egy regiszterben kell elhelyezni. Arra kell ügyelni, hogy a program törlésekor (ablakos EPROM vagy Flash változatoknál) ez az érték is törlődik.

További szempontok is szólhatnak a belső RC-oszcillátor alkalmazása mellett. A Microchip egy újabb sorozata a PIC12C család. Ezt a korábban kifejlesztett mikrovezérlők olyan változatai alkotják, melyeket 8 kivezetéses tokozással láttak el. A nyolclábú mikrovezérlőnek minden csatlakozójára szükséges lehet, ezért alakították ki a belső RC-oszcillátort. Ha azt választja a felhasználó, két programozható I/O ponttal többet tud a feladatához felhasználni, hiszen felszabadulnak azok az IC-lábak, melyek a rezgőkvarc csatlakoztatására szolgálnak. A PIC12C áramkörök belső RC-oszcillátora is kalibrálható.

A Microchip egyik legújabb meglepetése a mikrovezérlők belső oszcillátorai területén az egyetlen külső ellenállással hangolható óragenerátor. Ha az alkalmazásban az időzítések pontossága nem alapkövetelmény, ez egy olcsó és egyszerű megoldást biztosít. Az ER (External Resistor) jelölésű oszcillátor megtalálható pl. a PIC16F62x mikrovezérlőkben. A frekvenciája 200 kHz



23. ábra

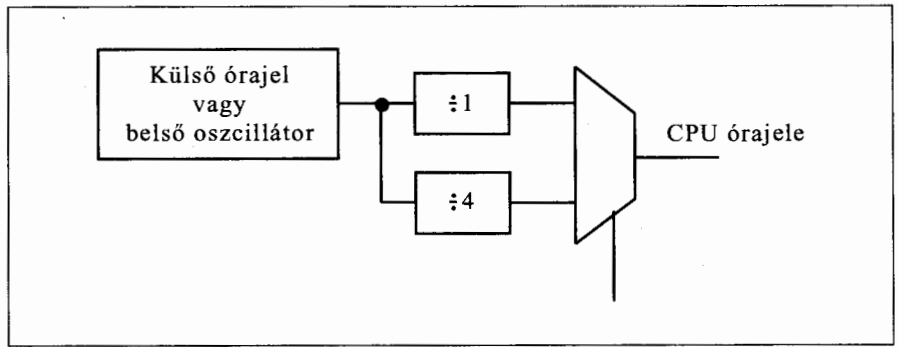
10 MHz között változtatható, az ellenállás megfelelő értékével (23. ábra). Az ER-működésre is a PIC alaposzcillátort lehet beállítani, konfigurálás-kor. Az R ellenállás nem a hagyományos módon, mint egy RC-tag eleme határozza meg a működési frekvenciát, hanem a rajta átfolyó áram vezérli a belső oszcillátort. Ennek a megoldásnak az a nagyon kedvező következménye, hogy a tokozás, a nyákmintázat, a vezetékrendezés változó kapacitásai nem befolyásolják az óragenerátor frekvenciáját! Függ viszont a frekvencia a mikrovezérlő egyedi paramétereitől, a hőmérséklettől és a tápfeszültségtől.

Ha a hangoló ellenállás 38 kΩ alatti értékű, a működés bizonytalaná válik, esetenként az oszcillátor le is áll. A Microchip ezért az ER oszcillátorhoz 38 kΩ ... 1 MΩ közötti ellenállásértéket ajánl.

Az ellenállás az OSC1 pontra csatlakozik, az OSC2 bekötetlen marad. Ahogyan az RC-oszcillátornál, úgy az ellenállással hangoltnál is lehetőség van arra, hogy az OSC2 ponton kivehetődjön az órajel, négygel leosztott frekvenciával. A 2. táblázatban bemutatjuk, hogy a hangolóellenállás értékétől függően milyen frekvenciával működik (névlegesen) az ER oszcillátor.

2. táblázat

R kΩ	Frekvencia MHz
0	10,4
1	10
10	7,4
20	5,3
47	3
100	1,6
220	0,8
470	0,3
1000	0,2



24. ábra

A Microchip katalógusai részletesen elemzik az oszcillátorok indulási folyamatát is. Mivel ez meglepően hosszú folyamat is lehet, nem elegendő abban bízni, hogy a felhasználó figyelni fog az indulási folyamat esetleges elhúzódására. Az oszcillátor feléledési idejének azt az időtartamot tekintjük, amely alatt az előzőleg álló oszcillátorban a meginduló rezgések a tápfeszültség 40...45%-ának megfelelő amplitúdót érnek el.

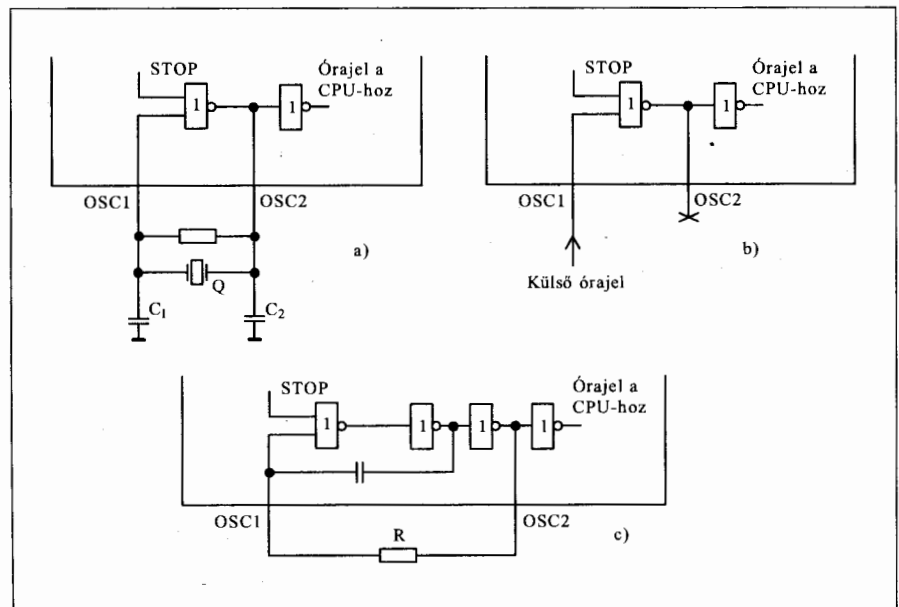
A mai mikrovezérlők üzem közben gyakran leállítják az oszcillátorukat. Említettük már a PIC mikrovezérlők kikapcsolt állapotát, a sleetet. Amikor a sleep állapotból ébred a mikrovezérlő, indul az alaposzcillátor, addig nem lehet a belső működéseket engedélyezni, amíg a tökéletes, végleges jelalak meg nem jelenik.

Hasonló a helyzet a reset-folyamatnál, ahol a belső működések, a regiszterek kezdőértékének feltöltése csak

akkor kezdődhet, ha az órajelek végleges időzítésűek és alakúak. Ezért pl. a reset-folyamatot a mai PIC mikrovezérlők addig nem is engedik lezárulni, míg a futó oszcillátor tökéletes alakú impulzusaiból egy számláló előírt darabszámú, pl. 1024 darabot be nem számlál.

Az oszcillátor indulási, feléledési ideje sok tényezőtől függ, ezek közül a legfontosabbakat a Microchip így foglalja össze:

- az oszcillátor jellege,
- a kvarckristály vagy kerámia-rezonátor frekvenciája,
- az oszcillátoráramkörben alkalmazott kondenzátorok értéke,
- a tápfeszültség felfutási ideje,
- a környezeti hőmérséklet,
- a frekvenciabeállító alkatrészek (kvarckristály, rezonátor, RC-elemek) minősége,
- a mikrovezérlő körüli huzalozás, nyákminta,



25. ábra

- a környezeti és a belső zajok, zavarok.

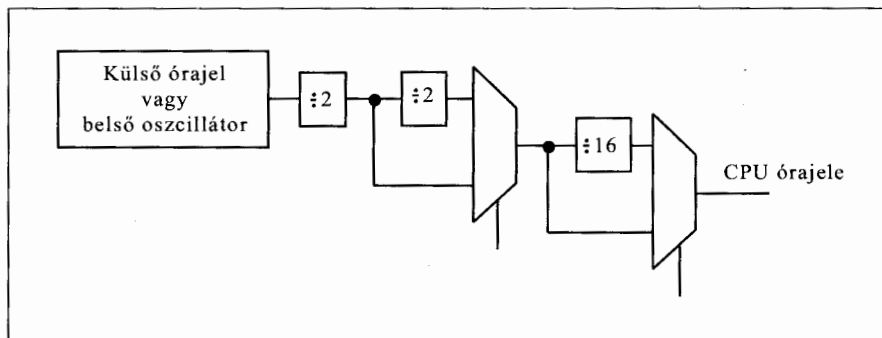
LP üzemmódban, +5 V tápfeszültségen, 32 kHz-en a feléledési idő közel 1 s, 200 kHz esetén kb. 0,1 s. XT üzemmódban (szintén +5 V tápfeszültségen) 200 kHz frekvenciánál 30 ms alatt indul az oszcillátor, a 40 MHz-es órage-nerátor esetén ez az időtartam keve-  
sebb, mint 10 ms. A HS üzemmódban 8 MHz-en a feléledési idő 4 ms, 20 MHz esetén kisebb, mint 2 ms.

### 5.3. Néhány további mikrovezérlő órajel-megoldásai

APIC mikrovezérlőkkel lábkompatibi-  
lis nagysebességű áramkörök az SX-  
család tagjai. Az alposzcillátor konfi-  
gurálható, kvarckristály vagy kerámia-  
rezonátor használható az egyik üzem-  
módban, külső órajel a másikban és  
RC-oszcillátorként működik az áram-  
kör a harmadik üzemmód beállításá-  
kor. A mikrovezérlő működését belső  
oszcillátor is segíti, amelyik 4 MHz  
névleges frekvenciájú RC-oszcillátor.  
Az SX20/28 áramkörökben az alap-  
oszcillátorból vagy a belső oszcillátor-  
ból származhat az órajel, amit vagy  
közvetlenül használ fel az IC, vagy át-  
vezeti egy frekvenciaosztón, ami a  
frekvenciát néggyel osztja (24. ábra).  
Az SX48/52 áramkörökben már a  
4 MHz frekvenciájú belső oszcillátort  
egy programozható osztóáramkör kö-  
veti, amelyik nyolc különféle frekven-  
ciaérték egyikét állítja elő, 31,25 kHz  
és 4 MHz között.

A Texas Instruments mikrovezérlő-  
iben, a TMS370 család tagjaiban a  
24. ábrán szereplő áramközi elrende-  
zéshez hasonló megoldás állítja elő az  
órajeleket. A belső áramkörök műkö-  
déséhez az alapórajelet négy részre kell  
osztani, ezt a célt szolgálja a négyes  
osztó. Ha gyorsabb működés szüksé-  
ges, a frekvencia negyedelése pedig  
nem engedhető meg, akkor az áramkör  
úgy oldja meg a problémát, hogy PLL  
áramkörrel az alapórajel frekvenciáját  
négyeszeresíti, azután ezt a jelet vezeti rá  
egy négyes osztóra. Az egymás után  
kapcsolt négyes szorzót és négyes osztó-  
t jelöli ebben az esetben az egyszeres  
osztási arányú tag.

A Motorola hosszú ideig vezette a  
nyolcbites mikrovezérlők piacát, alig  
két éve taszította onnan le a Microchip.  
A 25. ábrán a 68HC05 típusú mikro-  
vezérlők konfigurálható belső oszcillá-  
torának lehetséges működési módjai



26. ábra

láthatók. A 25.a ábrán a kvarcoszcil-  
látort találjuk meg, szokás szerint pár-  
huzamos rezonanciájú kvarckristállyal  
működik. Az INVERTER visszacsato-  
ló ellenállása nincs beintegrálva az  
áramkörbe, azt kívül kell csatlakoztat-  
ni. A 25.b ábrán látható, hogyan lehet  
külső órajelet bevezetni a mikrovezér-  
lőbe.

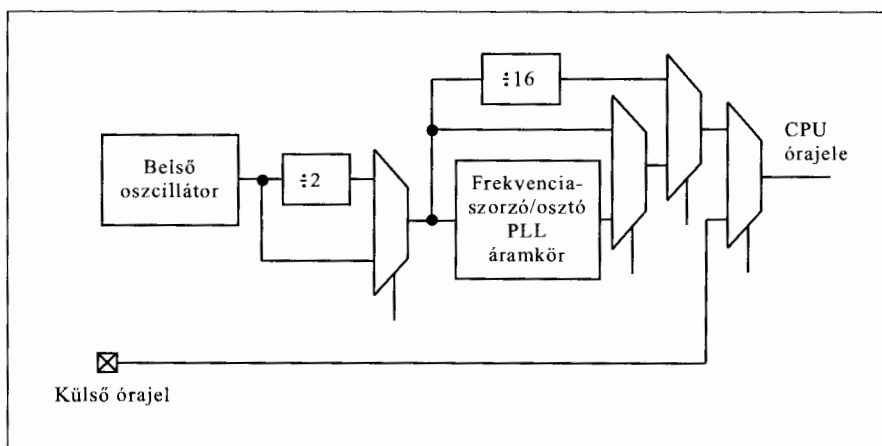
A kisebb frekvenciapontosságot  
igénylő, kisebb fogyasztást megenge-  
dő alkalmazásokban a Motorola is az  
RC-oszcillátort javasolja felhasználni.  
A 25.c ábrán láthatjuk, hogy a jó indu-  
lási képességű, stabil működésű RC-  
oszcillátort választották a fejlesztők,  
amelyet a 3.a ábrán már megismertünk.  
Sajátos megoldás, hogy az oszcillátor  
működéséhez szükséges kapacitív tag-  
got a Motorola beintegrálta a mikrove-  
zérlőbe, kívül csak az ellenállást kell  
csatlakoztatni.

Azt is megfigyelhetjük, hogy a kor-  
szerű mikrovezérlők milyen komoly  
„kapcsolástechnikai átrendezését” tud-  
nak megvalósítani a mikrovezérlők  
belső oszcillátoránál a konfiguráló bi-  
tek különféle beállításai hatására. Az  
ellenállás értéke 8...24 kΩ között vál-

tozhat, eközben a frekvencia 5,8 MHz  
és 2,2 MHz közötti lesz.

A Zilog Z8 mikrovezérlőiben is  
belső oszcillátor vagy külső órajel az  
elsődleges forrása a CPU órajelének.  
Mindkét esetben a szükséges frekven-  
cia kétszeresét kell előállítani, mert  
mindenképpen beiktatódik az áram-  
körbe egy frekvenciafelező, amely  
egyúttal szimmetrikus négyszög hullá-  
mot, azaz 50%-os kitöltési tényezőjű  
impulzussorozat alakít ki. Szükség  
esetén a kapott órajel frekvenciája to-  
vább felezhető és/vagy 16-tal is oszt-  
ható. Az áramkör kialakítását a 26. ábrán  
mutatjuk be.

Az SGS-Thomson ST90 típusjelű  
mikrovezérlőiben a belső oszcillátor-  
ból származó jelsorozat opcionálisan  
leosztható egy kettes osztóval, majd  
így kerül a frekvenciabeállító egységre  
(27. ábra). Itt megoldható a frekvencia  
16-tal való osztása, de a változatlan  
frekvenciájú jel is továbbvezethető. A  
harmadik lehetőség a PLL áramkörrel  
kialakított programozható frekvencia-  
beállító áramkör használata. Ez az egy-  
ség akár 7-tel osztani is tudja a frekven-  
ciát, vagy 14-gyel szorozhatja is.



27. ábra

#### 5.4. Az órajelkezelés a minimális fogyasztás szolgálatában – a nano-Watt áramkörök

A Microchip az utóbbi két évben intenzív fejlesztésbe fogott, a nyolcbites mikrovezérlők olyan alkalmazásait célozva meg, ahol elsődleges szempont a minél kisebb fogyasztás. Ennek érdekében megoldotta, hogy ne csak konfigurálással lehessen oszcillátortípust választani, hanem az alkalmazói áramkörben programból is megoldható legyen a pillanatnyilag optimális áramkörtípus használata. Ennek érdekében az újabb fejlesztésű áramkörökben megjelentek a programozható frekvenciájú belső oszcillátorok, az átkapcsolható oszcillátorok. Mindezeket a lehetőségeket együtt alkalmazza a nano-Watt technikának nevezett energiatakarékos megoldás, melyet pl. a 18F1220/1320 mikrovezérlőkben is alkalmazott a cég.

Az órajelet előállító áramköri csoportot a **28. ábrán** mutatjuk be. Három fő egység alkotja az áramkört: az elsődleges oszcillátor, a másodlagos oszcillátor és a belső oszcillátor.

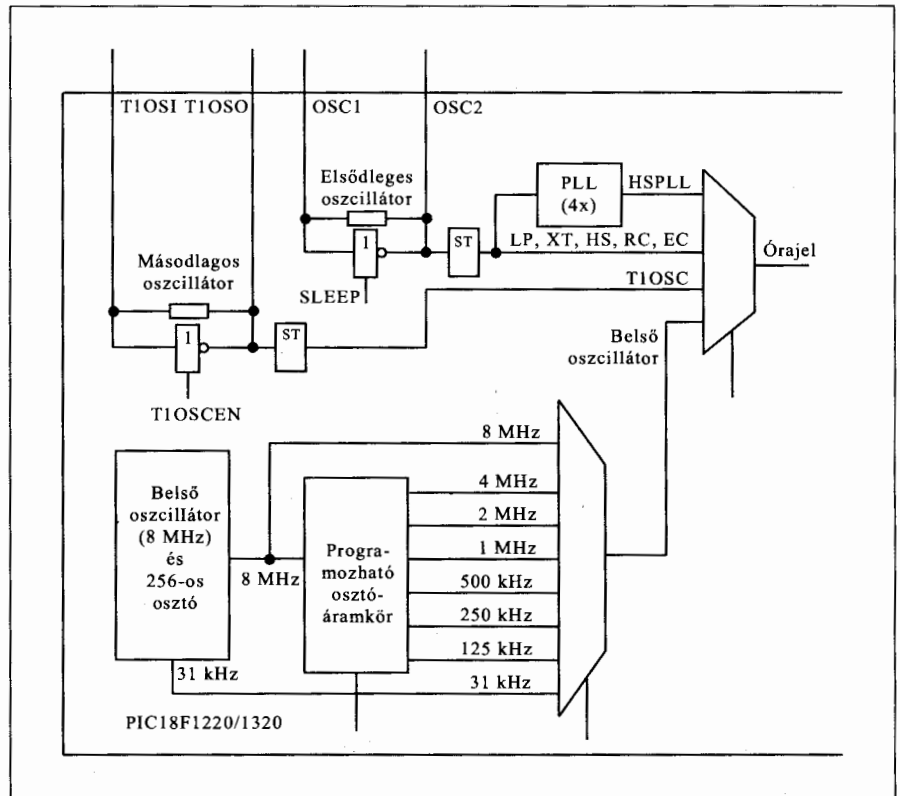
Már a konfigurálható üzemmódok is impozáns sorozatot alkotnak:

- kisteljesítményű kvarcoszcillátor (LP),
- normál kvarcoszcillátor (XT),
- nagysebességű kvarcoszcillátor (HS),
- nagysebességű kvarcoszcillátor, PLL frekvencianégyszerezővel (HSPLL),
- RC-oszcillátor, kivezetett leosztott órajellel (RC),
- RC-oszcillátor, kivezetett leosztott órajel nélkül (RCIO),
- belső oszcillátor, kivezetett leosztott órajellel (INTIO1)
- belső oszcillátor, kivezetett leosztott órajel nélkül (INTIO2),
- külső órajel, kivezetett leosztott órajellel (EC),
- külső órajel, kivezetett leosztott órajel nélkül (ECIO).

A nanoWatt technika egy sajátos működési módot tesz lehetővé, a teljesítménymenedzselést (Power Managed Mode, PMM). Ebben az üzemmódban három órajelforrás egyike aktivizálható, ezek:

- az elsődleges oszcillátor,
- a másodlagos oszcillátor,
- a belső oszcillátor.

A tápáram értéke ezeknél a mikrovezérlőknél alapvetően kicsiny, de az



28. ábra

új megoldásokkal még tovább is csökkenthető. Elsődleges oszcillátorról, 1 MHz órajel-frekvenciával történő üzemeltetéskor a tápáram 150  $\mu$ A. A másodlagos oszcillátorról, ha az 32,768 kHz-es órakvarccal működik, akkor az áramfelvétel csak 14  $\mu$ A. Ha az 1 MHz-es működést a belső RC-oszcillátorról valósítja meg az áramkör, a felvett áram akkor is kb. 110  $\mu$ A. A megadott értékek 2 V tápfeszültségre vonatkoznak. Látható, hogy az oszcillátorok optimális megválasztása valóban nagy hatással van a mikrovezérlő fogyasztására. Az órajelforrások közül ebben az üzemmódban regiszterek útján lehet választani, tehát programból történik az éppen működő oszcillátor kiválasztása. A másodlagos oszcillátor a TIMER1 oszcillátora, ami ebben az esetben órajel-generátorként hasznosul. Ez is kvarcoszcillátor, az elsődleges oszcillátor kvarcoszcillátor-üzemmódjával megegyező kapcsolással, tehát itt is egy párhuzamos rezonanciafrekvenciájú rezgőkvarcot kell csatlakoztatni, a szokásos terhelőkapacitásokkal együtt. A gyakorlatban ide egy 32,768 kHz-es órakvarcot szokás csatlakoztatni, így ez az oszcillátor egy alacsonyfrekvenciás üzemmódot biztosít.

A belső oszcillátorblokkban egy 8 MHz-es, gyárilag kalibrált RC-oszcillátor állítja elő az alapfrekvenciát. Ezt már hasznosítani lehet órajelként, de egy programozható osztóegység segítségével 4 MHz és 125 kHz közötti értékekre le is osztható a frekvencia. Az alapegységben is van egy 256-os osztó, ami 31 kHz-es jelet szolgáltat, ez is lehet a mikrovezérlő órajele. A belső oszcillátorokkal megvalósítható alacsonyfrekvenciás működést a Microchip olyan esetekre ajánlja, ha a sleep állapotot nem lehet megvalósítani, mert valamilyen program végrehajtására folyamatosan szükség van, de nincs igény a nagy sebességű működésre.

A belső oszcillátoregység más esetben is szerephez juthat. A mikrovezérlőben működik egy órajel-monitor áramkör, ami az elsődleges oszcillátor stabil működésére ügyel (ha az az oszcillátor aktív). Ha az oszcillátor nem szolgáltatja az órajeleket (pl. leejtették a készüléket és eltört a kvarckristály), akkor a monitor jelzi az órajel hibáját és a mikrovezérlő azonnal átkapcsol a belső óragenerátor-blokkra. Így, ha nem is teljes teljesítménnyel, de a készülék képes tovább üzemelni. A

8 MHz-es oszcillátor gyári kalibrálása a teljes élettartam alatt biztosítja, hogy frekvenciája a névlegestől ne térjen el 2%-nál többel. Ennek ellenére a Microchip biztosítja a felhasználó részére is a kalibrálás lehetőségét.

## 6. Összefoglalás

Egy-egy feladatra a mikrovezérlők kiválasztása ma már igen komoly feladat. Nagyszámú gyártó sokféle áramkör van egyidejűleg a piacon, de egyetlen cégtől is több áramkör család, azon belül sok tucat eltérő képességű áramkör rendelhető. A különféle választási szempontok között fontos helyen áll az órajellel kapcsolatos igény. Fel kell mérni, hogy milyen konfigurálható oszcillátortípusra van szükség, s ma már azt is megtehetjük, hogy futás közben, programból változtatjuk meg a mikrovezérlő órajelforrását.

Az órajel rugalmas kezelése egyrészt a feladatok sokoldalúsága miatt szükséges: az adott alkalmazás esetén is lehetséges, hogy egyszer nagy sebességű adatkezelést kell folytatni, máskor elegendő az alacsony frekvenciás működés is. További lehetőségeket

nyújtanak az esetleges monitorozó egységek. (A bemutatott hibaelhárítási megoldás a PIC mikrovezérlőknél, más áramköröknél az órajelhiba esetén automatikusan kialakuló reset-folyamat.) Az órajelek optimális megválasztása a mikrovezérlő minimális fogyasztását is biztosíthatja, ami a hordozható, elemekkel, akkumulátorokkal működő készülékek esetében döntő fontosságú.

Ez az összeállítást csak arra tett kísérletet, hogy megmutassa, a mai mikrovezérlőknél már az órajelet előállító oszcillátoráramkör sem mindössze egy INVERTER. Érdemes ezért a kiválasztásra kerülő áramkör család órajelmelegoldását alaposan és részletesen elemezni, a változatok közötti választásnál az itt megismert szempontokat is érvényesíteni.

### Felhasznált irodalom

1. Tom Williamson: Oscillators for Microcontrollers (Intel AP-155.)
2. Dan Matthews: Basic PICmicro Oscillator Design (Microchip AN849)
3. Kim Peck: PICmicro Microcontroller Oscillator Design Guide (Microchip AN588)
4. Jim Murashige: A Users Guide to COPS Oscillator Operation (National Semiconductor AN-326)

5. Steven Bible: Crystal Oscillator Basics and Crystal Selection for rPIC and PICmicro Devices (Microchip AN826)
6. Peter Mariutti: Ceramic Resonator Oscillator and the C500 and C166 Microcontroller Families (Infineon ApNote AP242401)
7. Crystal Oscillator and PLL Considerations for AT91M42800A and AT91M55800A Atmel AT91 (ART Thumb Microcontroller Application Note rev. 1740-09/01)
8. A. Pauptit E. Nordberg: X-tal Oscillator on 8-bit Microcontrollers (Philips Semiconductors, AN96103.)
9. Bill Travis: Crystal Oscillators; Looking Good is Wireless Systems EDN, November 20, 1997. p. 3848.
10. Norman Bujanos: Choosing the Right Crystal for Your Oscillator (Circuit Cellar INK, Issue 91, february 1998, p. 6670.)
11. On-Chip Oscillator Design (Zilog Application Note, 2001)
12. Cathy Cox and Clay Merritt: Microcontroller Oscillator Circuit Design Considerations (Motorola Semiconductor Application Note AN1706/D)
13. Owen Bishop: Crystals and Oscillators (Elektronics, 11/2001. p. 32-33.)
14. John R. Vig: Quartz Crystal Resonators and Oscillators (A.S. Army Communications-Electronics Command, AMSEL-RD-C2-PT. January 2003.)
15. Bonnie Baker: When things go wrong, listen for the heartbeat (EDN, January 22, 2004, p.)

### Továbbá:

A gyártók Internet-honlapjai  
A gyártók katalógusai



## DÍJ-, ENGEDÉLY- és BEJELENTÉSMENTES kézi rádió ADÓ-VEVŐK MINDENKINEK!

**Nem tévedés: Megveszi és azonnal használhatja!**

### Közös jellemzők:

446 MHz, 8 csatorna,  
NBFM, 0,5 W ERP,  
0,3...3 km-ig,  
3 db ceruzaelem/-akku,  
automatikus zajzár,  
kézi monitor lehetőség,  
elemkímélő vételüzem,  
LCD-/LED-kijelző

### Rendelhető tartozékok:

tokok, fejbeszélő-készletek,  
akkuk, akkutöltők

Ezen, ún. „PMR446-os szabványú” rádiók nemcsak itthon, hanem Ausztria, Belgium, Csehország, Dánia, Egyesült Királyság, Észt-, Finn-, Francia-, Görögország, Hollandia, Horvát-, Írország, Izland, Lengyelország, Litvánia, Németország, Portugália, Spanyolország, Svájc és Törökország területén is használhatók. (A lista csak bővíthet.)

- mezőgazdaságban
- karbantartóknál
- rendezvényeken
- irodaházakban
- őrző-védőknél
- építkezéseken
- kiránduláson
- vitorlázásnál
- autók között
- raktárakban
- vadászaton
- repülésnél
- ház körül
- sportban
- hobbi

A PMR446-os kézi adó-vevők és tartozékaik megrendelhetők, illetve megvásárolhatók a szerkesztőség HAM-bazárjában:

Bp. XIII., Dagály u. 11. I. em., H-P: 9-14<sup>h</sup>  
Postacím: 1374 Budapest, Pf. 603.  
Tel./fax: 239-4932/36 m., 239-4933/36 m.  
E-mail: hambazar@radiovilag.hu

## Aktuális választék és árak a legfrissebb

# RÁDIÓTECHNIKA

## lapszámban

## és az interneten:

# www.radiovilag.hu

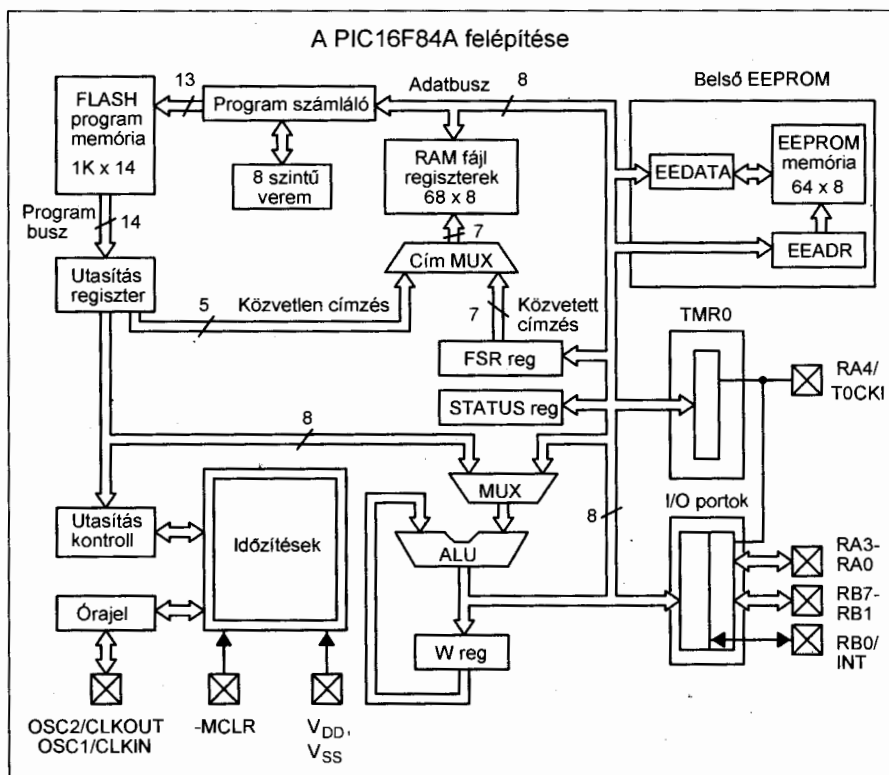
# Mikrokontrollerek a gyakorlatban

Vörös Tamás tanár, adlerson@freemail.hu

Néhány évvel ezelőtt egy magfizikai fejlesztés során felvetődött egy univerzális, szcintillációs elven működő gamma-detektor elkészítésének gondolata. Alapkövetelmények közé tartozott a kis fogyasztás mellett a telepes vagy akkumulátoros kivétel, illetve a kellemes kezelőfelület, továbbá az alfanumerikus LCD-kijelző is. A tápegység rész, amely kb. 1500 V-os egyenfeszültséget szolgáltat a fotoelektron-sokszorozónak, még megoldható lett volna, ám az LCD és a többi „kényelmi” rész diszkrét CMOS-áramkörökkel szinte megoldhatatlannak tűnt. Ekkor a figyelem a mikrokontrollerekre terelődött. Egyszerű kezelhetőségük és utasításkészletük miatt a MicroChip által gyártott PIC jelzésű tokok kerültek előtérbe. Azóta nyilvánvalóvá vált: a mikrokontroller „mindenre” jó!

Gondolom vannak jónéhányan a kedves olvasók között, akik hasonlóan gondolkoznak e témában. Kísérletekkel, fejlesztéssel eltöltött éjszakák és logikai kapuk halmaza után egyszer csak eszükbe jutott a mikrokontroller. Persze nem szabad átesni a ló másik oldalára sem. A komolyabb PIC-nyek ára azért még mindig jócskán meghaladja egy fél marék NAND-kapu árát...

A mikrokontrollerek széleskörű alkalmazásához vezető út kezdő állomása lehet a PIC16F84A. Legnagyobb előnye, hogy FLASH technológiával



2. ábra

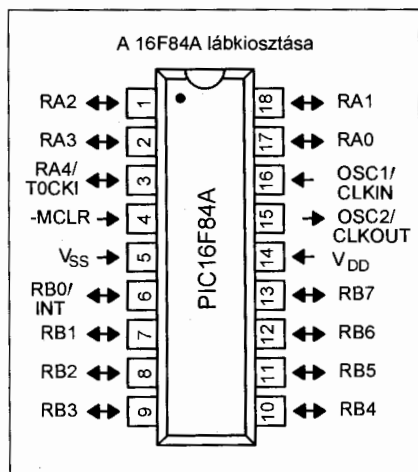
készül, így lehetséges a többszöri programozása is. Bár vannak hasonló teljesítményű egyszer programozható, ún. OTP (one time programmable) tokok is, ezek ára természetesen alacsonyabb is.

A tok lábkiosztása az 1. ábrán látható. Ez a típus szinte etalonnak tekinthető a PIC-ek között, mivel az alapvető alkalmazások elkészítéséhez két, egymástól függetlenül vezérelhető port (RA és RB), 20 MHz-es maximális működési órajel, és beépített, ún. on-chip EEPROM segíti munkánkat. 2,5 V-tól 5,5 V-ig terjedő tápfeszültség-tartományban megbízhatóan üzemeltethető, ezáltal eleget tesz az egyre szélesebb körben terjedő 3,3 V-os technológiának is. Ilyen feszültséggel működő eszközök pl. a grafikus LCD-k jórésze, egyes szenzorok, érzékelők továbbá a kis fogyasztású időalap egységek. Külön kell szót ejteni a megszakítási lehetőségekről, a 84-es ezekből is birtokol néhányat.

## A PIC16F84A felépítése

Az IC felépítése a 2. ábrán látható. A 16F84 lelke az aritmetikai és logikai egység (ALU). Ehhez kapcsolódik a 8 bites adatbusz, melynek segítségével mind a RAM regiszterek, mind a kimeneti/bemeneti portok, mind pedig a belső 64 bájtos EEPROM érhető el. A tok 8 szintes hardveres veremmel (stack) rendelkezik, amelynek fő feladata, hogy pl. szubrutin híváskor a visszatérési címet megőrzi, így a program futása a megfelelő helyen folytatódik tovább. A 68 bájtos RAM a legtöbb feladatot elvégzésére elegendő, ellenben a FLASH program memória igen hamar megtelhet, ha hosszabb működető programot írunk, netán sok adatot (konstansok) helyezünk el benne.

Hosszabb program esetén az adatok külső elhelyezése erősen ajánlott, mivel külső kódmemória ezekben a mikrokontrollerekben nem használható. Ekkor egy párhuzamos vagy egy soros vezér-



1. ábra

Név	Leírás	
OSC1/CLKIN	Oszc. kristály/külső órajel bemenet	
OSC2/CLKOUT	Oszc. kristály/órajel kimenet	
-MCLR	Reset/égetőfeszültség	
RA0	A PORTA kétirányú port	
RA1		
RA2		
RA3		
RA4/T0CKI		
RB0/INT	Külső megszakítás fogadása	
RB1	A PORTB kétirányú port szoftveres felhúzás minden bemenetre	
RB2		
RB3		
RB4		
RB5		
RB6		Égető órajel
RB7		Égető adat

3. ábra

lésű (pl. I2C) EEPROM-ban tároljuk a konstansokat. 130 bájt tárolandó adatméret felett már megéri megírni az eszköz-kommunikációs rutint, amely adott esetben bekéri az adatokat a „háttértároló(k)ból”. A 16F84-es 1024 word FLASH tárhellyel rendelkezik, amely átszámolva 1792 bájtot jelent. A betöltött program helyes futásáról a program számláló és az utasításregiszter gondoskodik. A programbusz 14 bit „széles”, amely az utasítások struktúrájának köszönhető.

### A kivezetések funkciói

A kivezetések funkciói a 3. ábrán láthatók. A csipen külön órajel be- és kimenetet alakítottak ki, amely a lábak számát kettővel növeli, de másra sajnos nem használhatóak (majd látjuk a különbséget a 628-cal). Kétféle funkcióval rendelkezik azonban az MCLR-nek keresztelt kivezetés. Egyrészt általános hardveres resetként funkcionál, amely a lábra adott alacsony logikai szintű impulzussal képes újraindítani a kontrollerben futó programot, másrészt pedig a működtető szoftver betöltésénél, azaz az égetésnél vehetjük hasznát. Az MCLR-re adott 0 V, +5 V, ill. +13 V a működési üzemmódváltásokat hivatott eszközölni.

Az RA port első nibble-je teljesértékű kétirányú portként használható, azaz a lábak egymástól függetlenül (bitenként), és együtt is (bájt-ként) vezérelhetőek. A port 4. lába azonban csak nyitott kollektoros, de többfunkciós. A nyitott kollektoros ebben az esetben azt jelenti, hogy a szoftver képes a lábat nagyimpedanciás állapotba vagy

GND-re kapcsolni. Pozitív feszültséget nem képes szolgáltatni. (Pl. ha LED-et vagy jelfogót vezérlünk segítségével, akkor az csak „fentről” köthető be – azaz a pozitív tápoldalról – egy áramkorlátozó ellenállás segítségével.) A második funkció a rendszer elengedhetetlen tartozéka a TMR0 időzítő-számláló külső órajelbemenete, amely lehetővé teszi a „pontos idő” mérését a kontroller segítségével. A TMR0 időzítő képes megszakítással jelezni a 8 bites túlsordulást. A számláló órajelét a belső órajelből vagy akár az RA4-es lábra kötött órajelgenerátorból veheti. Ennek konfigurálására is szolgál többek között az OPTION regiszter. 2-től 256-ig terjedő órajelosztás állítható be a regiszter alsó 3 bitjével. A külső órajel határozott fogadása érdekében ez a bemenet Schmitt-triggerrel van ellátva. A túlsordulási megszakítás az INTCON regiszter 5. bitjével engedélyezhető.

Az RB, azaz a B port egy 8 bites teljes értékű ki- és bemeneti port két fontos kiegészítéssel. Az egyik: az RB0 lábbon a processzor külső áramkörtől megszakítást tud fogadni, amennyiben engedélyezzük azt. A másik: a teljes B port belső, szoftveres felhúzással látható el, ami szükségtelenné teszi a külső felhúzó ellenállásokat pl. egy szimpla billentyűvezérlésnél (zongora). A belső felhúzás az OPTION regiszter 7. bitjével aktiválható (a bitet logikai magas szintre kell állítani). A port 6. és 7. lábára az égetésnél is szükség van. A 6-on érkezik az égető által küldött órajel, míg a 7-es a kétirányú adatátvitellel használható fel.

### A WatchDog-Timer (WDT)

Magyarul talán őrző-védő kutyának lehet nevezni a csipre integrált, de a kontroller belső részeitől elválasztott időzítőt, amely kb. 18 ms-onként aktiválódik. Szerepe akkor lehet jelentős, ha a kontrollerben futó program valamilyen okból kifolyólag megáll, lefagy, netán a tápfeszültségingadozások miatt hibásan fut. Ez az időzítő képes újraindítani a programot, amely így újra előlről kezd futni. Mint látjuk jelentősége óriási, de használata csak a gyakorlott fejlesztőknek ajánlható. Amennyiben a programkódban „néha” nem helyezzünk el egy CLRWDT assembly utasítást, a program kíméletlenül újraindul minden 18 ms elteltével. Azért nem olyan rossz a helyzet, mint gondol-

nánk, ugyanis ez a csekélyke időtartam jelentősen meghosszabítható. A WDT engedélyezése a CONFIG WORD-ben történik.

### Power-up Timer (PWRT)

A tápfeszültség bekapcsolásakor – ha csak nem külső órajel használunk – a csip oszcillátorának néhány ms-ra van szüksége a stabil órajel előállításához. Amíg az órajel nem megbízható, a PIC helyes működése nem garantált. Ha ezen idő alatt az MCLR kivezetést valamilyen módon alacsony logikai szinten tartjuk, a beégetett program nem indul el. A stabil oszcillátorfrekvencia megjelenése után már felengedhető a láb tápfeszültségre. Hogy ezt a procedúrát ne manuálisan vagy egy külön külső áramkör közreműködésével kelljen elvégezni, a gyártó a csipre integrált egy fix 72 ms-os időtartamú időzítőt, amelyet, ha a CONFIG WORD-ben engedélyezünk, szabályos bekapcsolást generál. A tapasztalatok szerint a rezonátoros vagy kvarcoszcillátor alkalmazása esetén nem szükséges bekapcsolni, RC-oszcillátor esetében azonban mondhatni kötelező a használata.

### Alacsony fogyasztású, ún. SLEEP üzemmód

A 16F84A 5 V-os tápfeszültség és 4 MHz-es órajel mellett kb. 2 mA áramot vesz fel a tápegységből, amennyiben a kimeneteken nem folyik számottevő nagyságú áram. Az esetek többségében a működési idő nagy részét a kontroller várakozási ciklusokkal tölti (pl. megfigyelés, vagyonvédelem), ritka az az eset, amikor az IC-t folyamatosan hosszú időn keresztül maximális kihasználtsággal működtetjük. Telepes ellátás esetén még ez a csekélynek mondható áram is sokra mehet. Egy 750 mAh-s akkuköteggel csak mindössze 2 hétig üzemelne, ha az akkuk kifogástalan állapotban vannak.

A holtidőkben történő áramfogyasztás csökkentésére a kontrollereket SLEEP (pihenő) üzemmódba lehet küldeni. Ezt a módot az assembly SLEEP utasítás kiadásával érhetjük el. Ekkor a WDT törlődik, de éles marad, az oszcillátor kikapcsol, a program futása lokálisan megszakad, a portok állapota pedig a SLEEP utasítás kiadása előtti állapotban marad. Kívülről ez úgy látszik, mintha az egész áramkör befa-

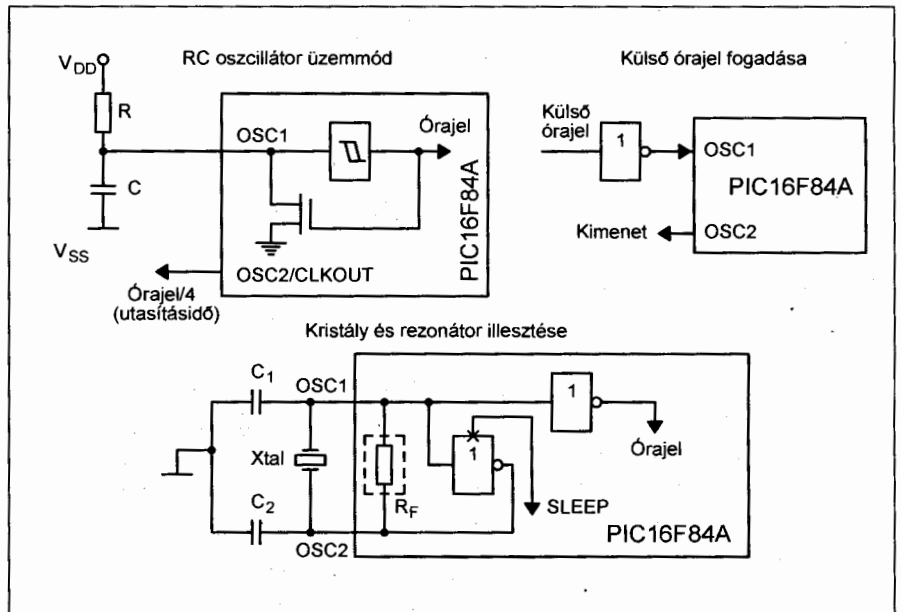


gyott volna. Ebben az állapotban a csip mindössze 0,5 mA-es fogyasztással működik. Ebből a szendergő állapotból háromféleképpen lehet az IC-t „felkelteni”: az MCLR lábra adott alacsony szintű impulzussal (reset), a WDT aktiválásával és valamely megszakítás aktiválásával (a TMRO kivételével). Ekkor az oszcillátor újra órajelet szolgáltat a helyes működéshez, a program futhat tovább.

### Oscillátor-üzemmódok

A 84-es az órajelet tekintve alapvetően háromféle üzemmódban képes működni. A különböző lehetőségeket a **4. ábra** szemlélteti. A legegyszerűbb RC-taggal felépített oszcillátort használni, mivel ez a legolcsóbb, de ugyanakkor ez a legpontatlanabb is. Ha valamely alkalmazásnál pontos időmérésre van szükség, akkor ezt a módot feltétlenül mellőzzük. Leginkább a hobby szintű építéseknek használható. Az ellenállást a pozitív táp és a PIC OSC1 bemenete közé helyezzük, míg a kondenzátor ugyanezen bemenet és a GND közé kerül. A működési elvét tekintve igen egyszerű, ugyanis a kondenzátor töltődni kezd az ellenálláson keresztül, amint megjelenik a tápfeszültség. Ha a töltöttség nő, akkor nő a kondenzátor feszültsége is. Amennyiben a feszültség eléri egy bizonyos értéket, a belső tranzistor kisüti a töltött kondenzátort, és az egész kezdődik előlről. A folyamat önmagában fűrészfogregést generál, ami egy belső Schmitt-triggerrel formálható szép, felhasználható négy-szögjellé.

Az órajelkimeneten (OSC2 láb) az előbbieken leírtak alapján keletkezett órajel frekvenciájának csak negyede



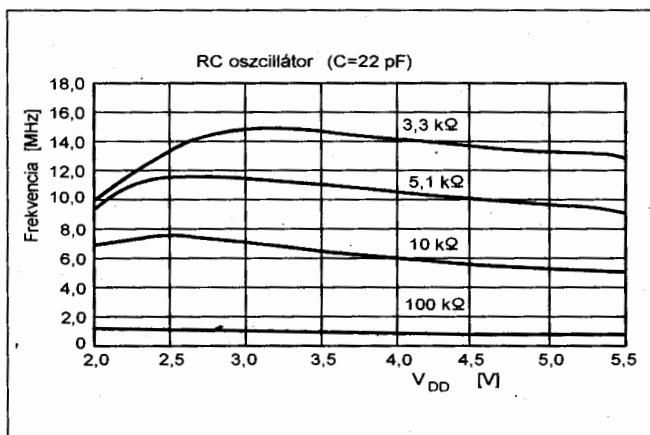
4. ábra

jelenik meg, ez az assembly utasítási-dő. Egy szimpla utasítás végrehajtásához ugyanis 4 órajelre van szükség. Ha valaki ilyen oszcillátort tervez új építésű készülékébe, tudnia kell az RC-tag időállandóját, alapvetően ugyanis ettől függ a keltett rezgés frekvenciája. Ez szép is lenne, de a helyzet a valóságban sajnos nem ilyen egyszerű.

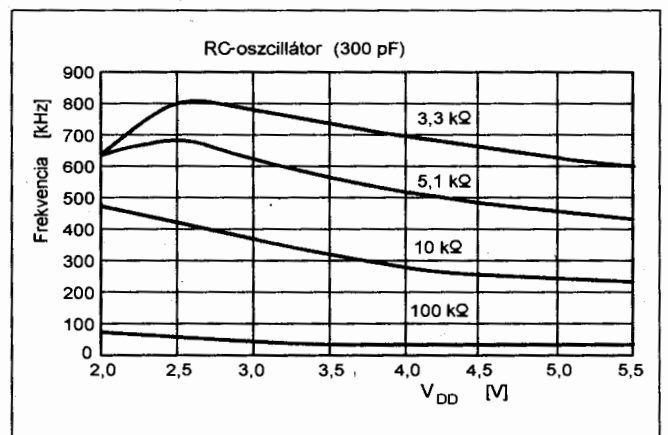
A keletkező frekvencia nagymértékben függ az áramkör tápfeszültségétől, s az alkatrészekon keresztül a környezet hőmérsékletétől, illetve annak változásától is. A szokásos ellenállás/kondenzátor-értékekre grafikonokról olvashatjuk le a frekvenciaértéket. Az **5. ábrán** a nagysebességű változat (kb. 15 MHz-ig), a **6. ábrán** pedig a kis sebességű (kis fogyasztású, kb. 700 kHz-ig) változat látható. Bármely

lyik verziót választjuk is, fontos, hogy a tápfeszültség elegendően nagy és stabil legyen; 3 V alatt ugyanis igencsak függ az oszcillátorfrekvencia a tápfeszültségtől. A stabil működés érdekében javasolt az ellenállásértéket 6 kΩ felett tartani, s ehhez választani a kondenzátort. Ekkor ugyanis a fogyasztás és a kisütőáram is még megengedhető nagyságú.

A második és egyben a leggyakrabban használt rezgéskeltési mód a kristályoszcillátoros vagy kerámiarezonátoros. A legnagyobb elérhető pontosságot garantálja. Kristályok alkalmazásakor szükséges két 20...30 pF-os kondenzátor, amit a 4. ábra szerint kell bekötni. Ezek a kondenzátorok a rezgés stabilitását javítják, továbbá elősegítik a biztos kezdeti berezgéset. Rezonátor



5. ábra



6. ábra

esetén a kondenzátorok szükségtelemek, s olykor károsak is lehetnek. A legtöbb esetben háromlábú rezonátorokat használunk, ahogy a későbbiekben a példák során látható is.

Amennyiben a mikrokontrolleres áramkörünket már meglévő rendszerbe szeretnénk beilleszteni, az ott előforduló órajelek segítségével is vezérelhetjük azt. Ebben az esetben semmi más dolgunk sincs, csupán az OSC1 órajelbemenetre csatlakoztatjuk a külső áramkör órajelét, amennyiben az megfelelő a PIC számára. Négyesögjel esetén közvetlenül a bemenetre, ellenkező esetben pedig egy 4093-as Schmitt-triggeres NAND kapun keresztül kapcsoljuk össze az áramköröket. Ugyanez a helyzet adódhat, ha több mikrokontrolleres áramkört kapcsolunk össze. Ekkor azonban még szükség lehet az órajel kimenetre is, hiszen a PIC-eket sorosan is felfűzhetjük, másrészt pedig így kevésbé terhelt az alaposzcillátor. A közös órajel ugyanakkor szinkront is biztosít a PIC-ek között, ami igen sok esetben kívánatos lehet és meggyorsítja az adatkommunikációt.

Bármelyik órajel lehetőséget vesszük is igénybe, azt tudatunk kell a kontrollerrel. Ez történhet a szoftver fejlesztésénél és az évetésnél is. Erre szolgál az ún. CONFIG WORD.

### Megszakítási lehetőségek a 16F84A-ban

Ez az univerzális kontroller 4-féle megszakítási lehetőséggel rendelkezik. Megszakítást generálhat a TMR0 időzítő túlszordulása, az RB0 lábón érkező külső hardveres megszakító jel, a beépített EEPROM írásának befejeződése, valamint a B port állapotának megváltozása is. A 7. ábra szemlélteti a megszakítás kialakulásának lehetőségeit. Minden megszakításhoz tartozik egy engedélyezőbit és egy jelzőbit (flag). Amennyiben az engedélyezőbit (E) magas szintű, a jelzőbit (F) pedig alacsony szintű, a megszakítás készenlében van. Ha az általános engedélyezőbitet (GIE) is magasra állítjuk, a helyesen beállított megszakítások élesednek. Az ábra szerinti csengő megszólal, ha a GIE kapcsoló, illetve valamelyik párhuzamos ágon lévő kapcsolópár zárt helyzetű. A megszakítási esemény létrejötte után a jelzőbitet törölni kell (0 állapot), különben nem jöhet létre újabb megszakítás. A megszakításokat

engedélyezni, illetve tiltani az INTCON regiszterben lehet, hasonlóan a jelzőbittekhez, azok is itt helyezkednek el. Egyszerre természetesen többféle megszakítási lehetőséget is beállíthatunk, de ekkor a megszakításrutin megírására nagyon ügyelni kell (jelzőbitek stb.), különben nem tudjuk, miért történt interrupt.

Megszakítási esemény bekövetkeztekor a program futása megszakad, s a vezérlés átadódik a megszakítási rutinnak. Ilyenkor érdemes letiltani a további megszakítást, ugyanis az interrupt interruptja beláthatatlan programfutást eredményezhet. A rutin lefutása után a veremben eltárolt értékeknek megfelelően a program futását onnan folytatja, ahonnan kiugrott a megszakítás miatt. Az előbb leírtakból következik, hogy egy hosszabb időzítési vagy mérési algoritmus futtatása előtt a megszakításokat érdemes a GIE bit logikailag alacsonyra (0) állításával letiltani, ugyanis a mérőalgoritmus a megszakítási rutin véges végrehajtási ideje miatt nem a valós eredményt fogja szolgáltatni. Az időzítés vagy mérés megtörténte után természetesen visszaállítható a GIE bit eredeti állapota.

### Legfontosabb regiszterek

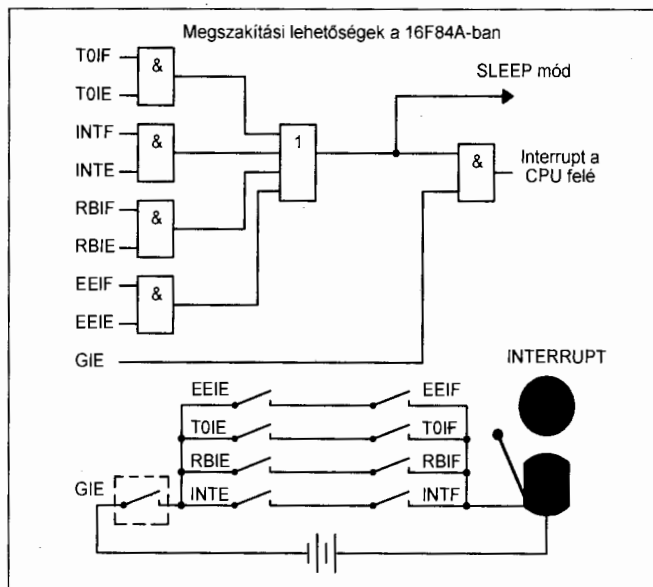
Átlagos felhasználás mellett 10 féle különböző regiszter – TRISA, TRISB, PORTA, PORTB, TMR0, INTCON, OPTION\_REG, EECON, EEDATA, EEADR – állapotát olvassuk és írjuk a programozás során.

Az első négy regiszter elsődleges feladata a külvilággal való kapcsolat-

tartás felügyelete. A TRIS regiszterekkel állítható be az adott port irány szerinti felosztása, azaz, hogy melyik láb legyen ki-, illetve bemenet. A bitek magas logikai szintje bemenetet, míg az alacsony szintek kimenetet jelölnek. Pl. a TRISB = 33 a B port első (RB0) és hatodik (RB5) lábát bemenetre állítja, a port többi kivezetése pedig kimeneti állapotba kerül. Sajnálatos, hogy az A port csak 5 bites, így az oda írható legmagasabb decimális érték 31. Alapértelmezésként mindegyik port bemeneti állapotban van. A másik két regiszterrel (PORTA és PORTB) az előbbiekben konfigurált kivezetések logikai állapotait írhatjuk és olvashatjuk.

A TMR0 regiszterben a 8 bites időzítő számláló pillanatnyi értéke található, amit tetszés szerint meg is lehet változtatni. Ezzel elérhető, hogy a számláló 0 és 255 közötti decimális értékről induljon, ezáltal a megoldható időzítési feladatok skálája kiszélesedik.

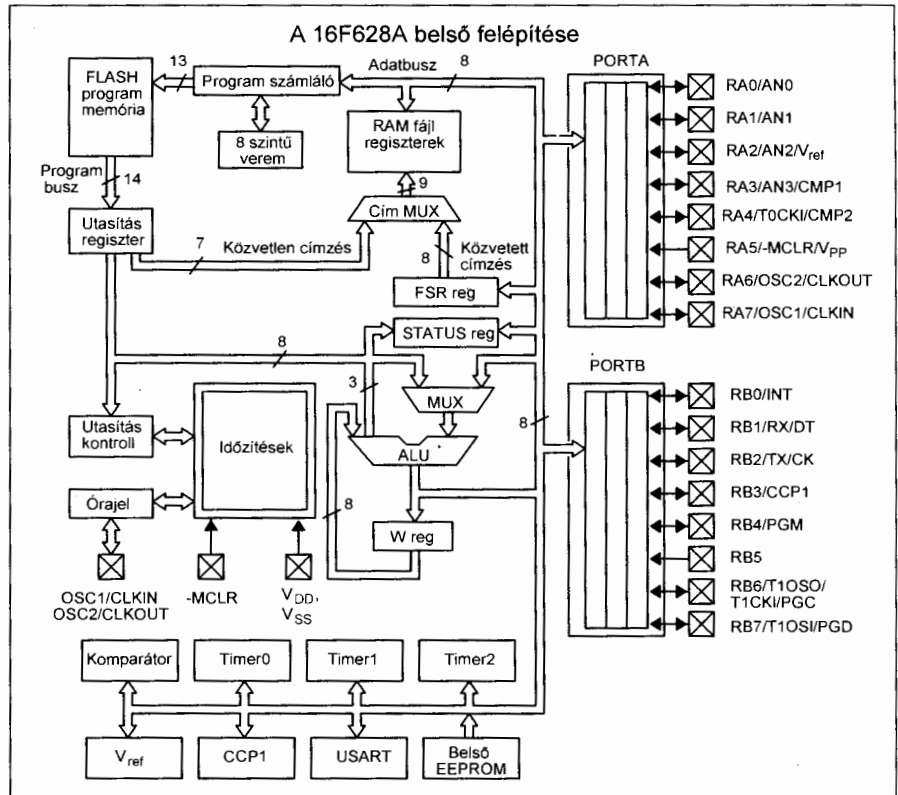
Az INTCON regiszter a megszakításokat kezeli. A 7. bitje a GIE, azaz az általános megszakítást engedélyező bit. A 6. bit magasra állításával az on-chip EEPROM írásának befejezésekor aktiválódó megszakítást engedélyezhetjük. Ez igen fontos akkor, amikor több adatot írunk egymás után a belső tárolóba, az írás helyes végrehajtásához a kontrollernek néhány ezredmásodpercnnyi időre van szüksége. Amennyiben ezt az időt nem várjuk meg, hanem újabb írási utasítást küldünk, az adatbevitel hibás lesz. Az 5. bit kapcsolja be a TMR0 időzítőt, a 4. bit pedig az RB0 lábára érkező külső



7. ábra

hardveres megszakítás lehetőségét engedélyezi. A B port felső négy kivezetése rendelkezik egy sok esetben igen hasznos tulajdonsággal. Ezen négy bit állapotának megváltozása – feltéve, ha a hozzájuk tartozó lábak bemenetek – ún. on-change interrupt eseményt válthat ki. Ez is egy megszakítási esemény, melyet a szóban forgó regiszter 3. bitjének magasra állításával kapcsolhatunk be. Az INTCON alsó három bitje a megszakítást jelző biteket tartalmazza. A 2. a TMR0 túlcscordulást, az 1. a külső (RB0) megszakítás tényét, míg a 0. bit az előbb említett portállapotváltozást jelzi. Az EEPROM-írás befejezését jelző bit az EECON regiszterben található.

Az OPTION\_REG által a controller finomhangolását végezhetjük el. A B port rendelkezik engedélyezhető belső szoftveres felhúzással, ami a külső felhúzó ellenállások beépítésétől kímélheti meg a fejlesztőt. A teljes B portra vonatkozó szoftveres felhúzás ezen regiszter 7. bitjének magasra állításával kapcsolható be. A 6. bit a fentebb említett RB0 megszakítás aktiválásának éltípusát hivatott beállítani. A bit 1-es értéke felfutó élre aktiválódó interruptot, a 0 érték pedig a lefutó élre bekövetkező eseményt jelöli. Ezzel az opcióval egy inverter (NOT kapu) külső hozzáépítésétől menekülhetünk meg. Az 5. bit a TMR0 számláló órajelforrását állítja be. A magas logikai szint az RA4-en érkező, az alacsony szint pedig a belső órajelet jelenti. A 4. bittel ismét a fel-, ill. a lefutást változtathatjuk meg, a bit 1-es értéke lefutó élre, a 0 érték pedig felfutó élre változtat egyet a TMR0 regiszter értékén. A controller tartalmaz egy előosztót is, amelynek segítségével a TMR0 és a WDT ciklusának lefutási idejét növelhetjük meg. A regiszter 3. bitjének magas szintje a watchdog-timerhez, alacsony szintje pedig a TMR0-hoz rendelhető előosztót. Az osztási arányt a 2,1,0 bitekkel állítható be. A TMR0 számlálónál ez 2-től 256-ig terjedő kettő hatvány osztást, a WDT-nél pedig 1-től



8. ábra

128-ig terjedő osztást eredményez. Így pl. előidézhető, hogy az őrző-védő időzítő ne 18 ms-onként, hanem kb. 2,3 másodpercenként fejtse ki hatását.

Az utolsó három regiszter az EEPROM-műveleteknek kap nagy szerepet. Az EECON regiszternek csak az alsó 5 bite működőképes. A 4. bit az a bizonyos jelzőbit, amelyről már a megszakításoknál szó volt. A 3. bit az EEPROM-írás helyességét hivatott jelezni. Magas értéke a megszakított írási folyamatot mutatja, alacsony szintje a sikeres írási folyamat megtörténtét jelzi. A 2. bit 1-re állításával elérhetjük, hogy lehessen írni is a memóriába, a 0 szint csak olvasható on-chip EEPROM-ot jelez. Az 1. bit magas értékére megkezdődik az írási folyamat, amelynek során az EEADR regiszterben megadott címre beíródik az EEDATA regiszter tartalma. A 0. bit az olvasás megkezdé-

sét engedélyezi, amelynek során az EEADR-ban megadott címről – amennyiben az létezik – az adat az EEDATA regiszterbe másolódik, amely már könnyűszerrel feldolgozható.

### A 16F628A felépítése

A 16F84A nagytípusú, a 628-as is kiemelkedő a FLASH mikrokontrollerek között. Nemcsak nagyobb programmemóriával, RAM-mérettel és több sokrétűen felhasználható ki-, ill. bemenettel rendelkezik, hanem tartalmaz újjdonságokat is. Ezek közül talán a legérdekesebbek: 3 féle számlálót (timert) integráltak a tokba. Ezek közül két 8 bites (TMR0 és TMR2) és egy 16 bites (TMR1). Rendelkezik két analóg komparátorral és önálló referenciaforrással is. A komparátormodul csatlakozásai szoftveresen vezérelhetők, ha-



**Weller**<sup>®</sup>  
Angyalföldről  
az Angyalföldi útról



**C+F**  
**Kft.**  
1134 Budapest,  
Angyalföldi út 38.  
Tel./fax: 340-8456 és 340-8476



**bis**  
SWITZERLAND  
Csipeszek



**SANDVIK**  
Belzer  
Kéziszerszámok



**PIERGIACOMI**  
SMD csipeszek, fogók

cf@cf.hu

www.cf.hu

sonlóan a feszültségreferencia kimenő-feszültségéhez.

Tartozék egy PWM-modul is, melynek segítségével lehetőség nyílik impulzusszélesség-modulált jel előállítására is. A legjobban használható újdonság azonban tagadhatatlanul a belső USART egység, amely szinkronizált és szinkronizálatlan soros adatátvitelt tesz lehetővé megszakításvezérléssel mind az I2C, mind az RS232 célramkörök felé. Változás továbbá, hogy beépített 4 MHz-es oszcillátorral is rendelkezik, amely akár feleslegessé is teheti a külső alkatrész felhasználásával keltett órajelet.

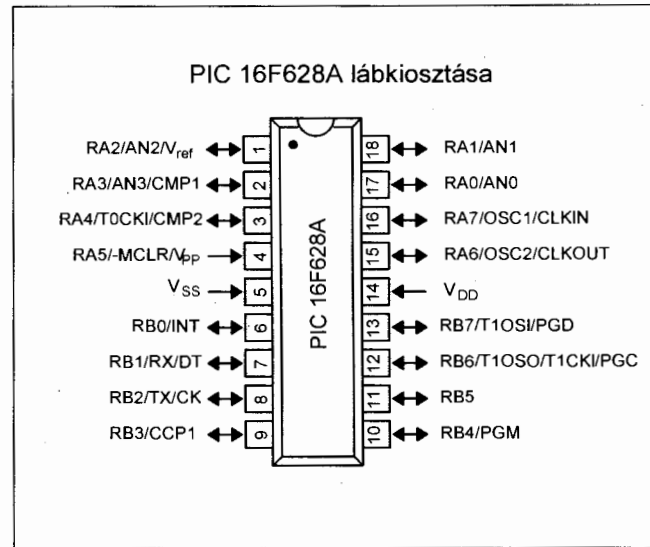
Az IC belső felépítése a **8. ábrán** látható. Felépítése alapvetően hasonlít a 84-eséhez, ugyanúgy megtaláljuk az ALU egységet, a 8 bites adatbuszt, a FLASH program memória azonban kétszer akkora, azaz 2 kword nagyságú. Ezzel a mérettel akár már hosszabb programjaink futtatása is lehetségessé válik. A RAM és a beépített EEPROM méretét is megnövelték 224, illetve 128 bájtra. Ekkora RAM-ban akár hosszabb tömböket is egész nyugodtan létrehozhatunk és kezelhetünk. Újdonság a 84-eshez képest, hogy itt már 7 bit széles a közvetlen címzés, míg kistestvérében csak 5 bithez férhettünk hozzá. Az adatbusszal közvetlen kapcsolatban állnak az előbb említett új szerkezeti egységek is.

#### A kivezetések funkciói

Az IC lábkiosztása a **9. ábrán** található. A 628-as felépítésében és lábkiosztásában a multifunkcióra való törekvés elve bontakozik ki. A kivezetésstruktúra gondos kialakításának köszönhetően az IC használata egyszerű vezetékezésel megoldható. A 628-as a gondos tervezésnek köszönhetően kompatibilis a 84-essel, így csekély módosításokkal – a program újrafordítása a célmikrovezérlőnek megfelelően – a kistestvére írt programok és az elkészített hardverkörnyezet a 628-ra is felhasználható.

A fent említett elv miatt a tok 16 bemeneti és 15 kimeneti láb kombinációja közül bármelyikre konfigurálható. A B port megmaradt teljesértékű be- és kimeneti portnak, tudja mindazt, amit elődje B portja. Fejlesztésként az RB1 és az RB2 jelentkezik, ugyanis itt foglal helyet az USART modul be- illetve kimeneti (vétel és adás) kivezetése. Az RB3 másodlagos szerepe a PWM-jel generálásában merül ki, ide kerül

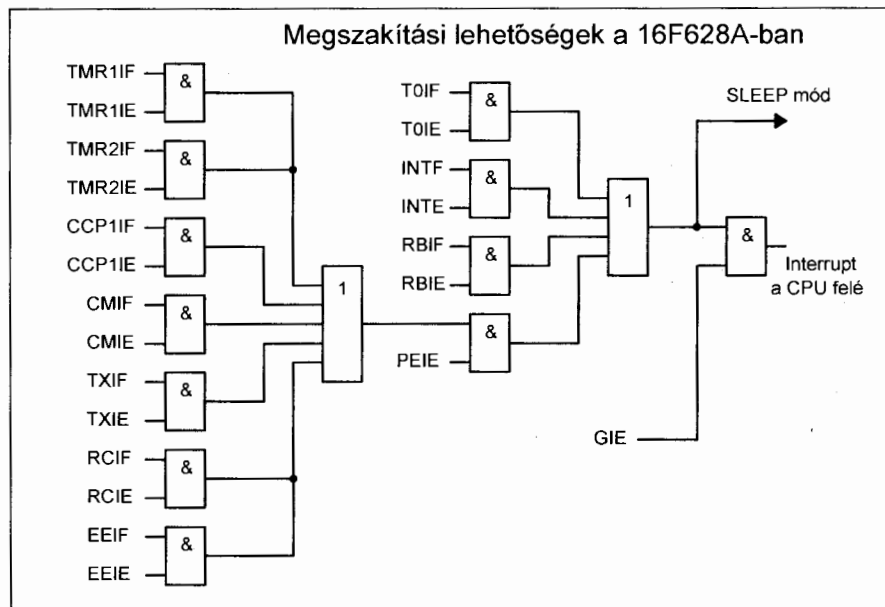
9. ábra



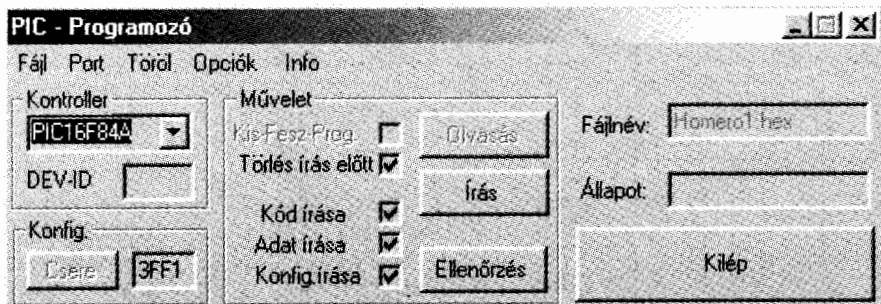
ugyanis a CCP1 modul ki- és bemenete. A 628-as lehetőséget ad kis feszültségű programozásra is (a FLASH PIC-ek égetéséhez általában 10...13 V szükséges), az ezt engedélyező láb az RB4-es. Az A portot tekintve a változás hatalmas. A 84-es alapfunkciók kiegészültek az RA5, RA6 és az RA7 lábakkal. Az RA5 az MCLR, azaz a reset és az égetési funkció túl még egy bemenet szerepét is ellátja, a régi OSC1 és OSC2 kivezetések pedig ki- és bemeneti funkcióval is fel lettek ruházva. Az RA0-tól RA4-ig terjedő kivezetéseken foglalnak helyet az analóg komparátorok ki- és bemeneti hozzáférési pontjai is. Az RA2-n nyerhetjük a szoftveresen beállított referenciafeszültséget is.

#### Megszakítási lehetőségek a 16F628A-ban

Az új moduloknak köszönhetően 11 féle megszakítási forrás érhető el a 628-asban. A megszakítás sémáját a **10. ábra** szemlélteti. A 16F84-ben tapasztaltak kibővültek a TMR1 és TMR2 interruptokkal, így összesen háromféle időzítő túlsordulása generálhat megszakítást. Az időzítő számlálók kezdeti értékei természetesen itt is beállíthatók, így csaknem tetszőleges, a gyakorlatban előforduló időzítés megoldható velük. A PWM modul is és az USART modul ki- és bemeneti tárolója is kapott egy-egy megszakítási lehetőséget. Az USART kimeneti megszakí-



10. ábra



11. ábra

tása a tároló kifogyásának pillanatában aktiválódik, míg a bemeneti interrupt valós vett bájtnyi adat esetén. Az általános interrupt engedélyező bit (GIE) szerepe itt is ugyanolyan, továbbá a jelzőbitek funkciója és vezérlése is, mint a 16F84-ben.

### A program betöltése

A megírt programot a kipróbáláshoz a mikrokontroller FLASH programmemóriájába kell juttatni. Ehhez a legkényelmesebb esetben szükség van egy PC-s szoftverre és egy adatkábelre. Egy soros és egy párhuzamos programozó hardver leírása megjelent a *Rádiótechnika 2004/6-os* számában, az ehhez tartozó windows-os szoftver alapeírásával együtt. Most ezt a leírást némileg kibővítjük.

A szoftver főablaka a **11. ábrán** látható. Ez a program támogatja mind a soros, mind a párhuzamos égetést, ezt – illetve a felhasználandó portot – lehet beállítani a főmenü PORT menüpontja alatt. A program lehetővé teszi a kódmemória olvasását, írását, az on-chip EEPROM olvasását és írását, továbbá az előbbieken említett CONFIG

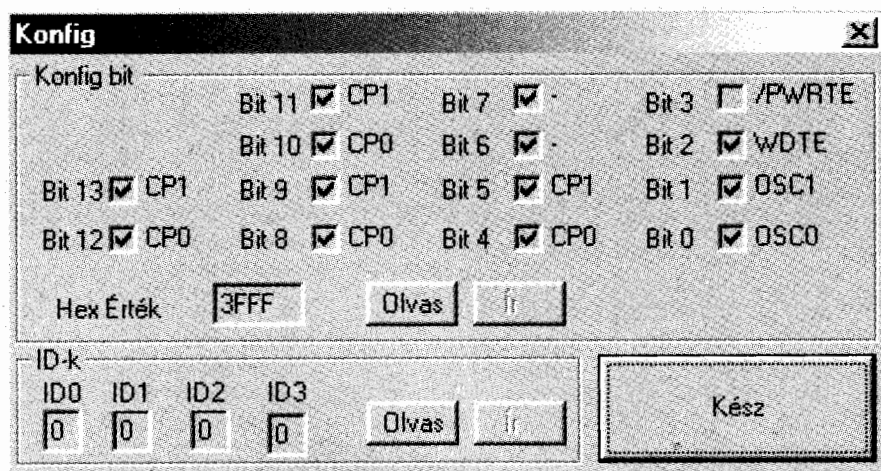
WORD-del végezhető beállításokat akár külön-külön is. A beégetett adat helyességét írás után le is ellenőrizhetjük. A „Kilép” gomb feletti felső szerkesztőmező a használatban lévő fájl nevét, az alsó pedig a szoftver pillanatnyi állapotát jelzi ki. Az égetőhardver csatlakoztatása és a megfelelő port beállítása után a „PIC csatlakozva” felirat jelenik meg az „Állapot” mezőben. Amennyiben nemlétező portot választanánk ki – pl. nincs COM5 –, akkor „Port nincs kész” hibaizenetet kapunk. Ha létezik a kiválasztott port, de nem csatlakoztattuk az égetőhardvert, akkor „Nincs illesztő” üzenet figyelmeztet a hibára. Az „Olvasás” feliratú gombra kattintva a helyesen csatlakoztatott kontroller tartalmát a program egy „Olvasott.txt” nevű fájlba menti, amely a program könyvtárban helyezkedik el.

A konfigurációs adatok megváltoztatását a KONFIG keretben a „Csere” gomb megnyomásával érhetjük el. Ekkor megnyílik a **12. ábrán** látható ablak, amely segítségével bitenként változtathatjuk a beállításokat. Kiolvashatjuk és írhatjuk az eszközzonosítókat is. A KONFIG.BIT keretben állíthatjuk be a megfelelő oszcillátorüzem-

módokat (0. és 1. bit), a watchdog timer és a power-on timer be-, ill. kikapcsolását. A 4. bitől kezdődően a kódvédelem egyes részeit aktiválhatjuk, azaz azt, hogy illetéktelen személyek ne tudjanak hozzáférni fáradságos munkával megírt programjainkhoz.

Egyes mikrokontrollerek égetéséhez nem szükséges nagy feszültség (>10 V), hanem a tápáramkör feszültségével is égethetők. Ilyen típus pl. a 16F628 és a 16F877 is. Ezt az üzemmódot a MŰVELET keretben található legelső jelölőnégyzettel aktiválhatjuk, ha a kontroller lehetővé teszi (11. ábra).

A CONFIG WORD szerepe és biteinek jelentése mikrokontrollerenként változhat. A 16F84 esetében négyféle oszcillátorüzemmód lehetséges, így az jól lefedhető 2 bittel. A 16F628-as már rendelkezik belső oszcillátorral is, így három biten kell tárolni az üzemmódot. A beállításra a 0., 1. és a 4. bit szolgál. A fáradságos munkával elkészített programot, pláne ha az sok saját ötletet tartalmaz, védeni kell az illetéktelen megváltoztatástól. Erre szolgál a kódvédelem. A 84-ben a kódvédelem még 10 bites, a 628-ban pedig csak 6 bites. A védelmi bitek alacsony logikai szintre állításával aktiválhatjuk. A 628-as védelme érdekes, mivel külön lehet védeni az egész FLASH memóriát és annak egyes részeit, továbbá a csipe integrált EEPROM tartalmát is. A 628-as CONFIG WORD-jének 5. bitje engedélyezi az MCLR láb későbbiekben bemenetként történő használatát.



12. ábra

# 1 Segítsen % Ön is!

**Reményi István  
Rádióamatőr  
Alapítvány**

**18226429-1-43**

Az alapítványt támogatja a

**RÁDIÓTECHNIKA**

**Elektronika**

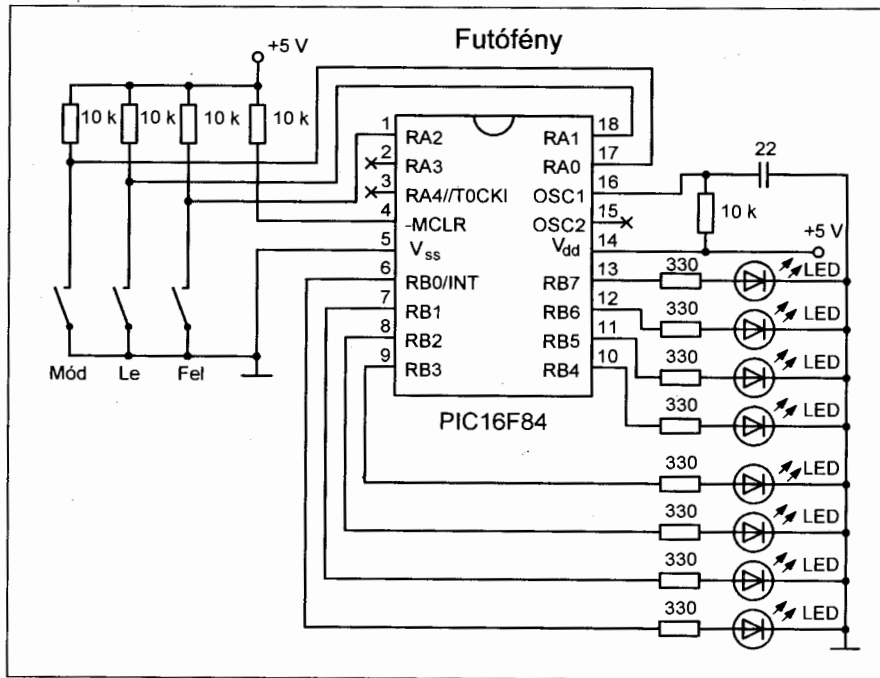
Az égetőszoftver a Rádiótechnika szerkesztőségétől szerezhető be (ld. az RT szoftverhirdetését). Az égetőszoftvert célszerű a NightPic programcsomagból vezérelni, így nincs szükség újabb parancsikon elhelyezésére. A „Hex ablak” gyorstíppú, kék H betűt tartalmazó gyorsgomb melletti gombra kattintva indítható belülről a PicProg V1.0, így az elkészített program betöltésre kész. Ezen kényelmi opció használata csak a NightPic V2.1 vásárlóinak lehetséges. A szerzővel való kapcsolatfelvétel és a NightPic V2.1 megvásárlásának igazolása után (szerkesztőségi számla) a bővített változat ingyenesen megkapható.

### Programozási példák, alapeladatok

Ebben a fejezetben néhány érdekes építési „projekt” segítségével mutatjuk be a kontrollerek és a BASIC-nyelv felhasználhatósági körét. Remélhetőleg a teljesen kezdők (futófény, lépcsőhávilágítás, hanggenerálás) és a haladók (alfanumerikus LCD-k vezérlése, hőmérő, DTMF, 84 × 48-as Nokia grafikus LCD) is találnak maguknak érdekes fogásokat, újdonságokat.

A megépítendő áramkörök tápellátása bármely 5 V-ot adó, néhány száz milliamper terhelhetőségű áramforrással megoldható. Ha nincs kéznél más, az LCD-s kapcsolások kivételével sikerrel kísérletezhetünk akár egy 4,5 V-os szebteleppel is. Az LCD-s kapcsolásokhoz a háttérvilágítás nagyobb fogyasztása miatt feltétlenül tápegységet használjunk. Akinek lehetősége adódik s be tud szerezni egy AT-s számítógéptápegységet, annak rendelkezésére áll egy földelt „erőmű” ±5 V-os, ±12 V-os és +3,3 V-os nagy terhelhetőségű feszültséggel.

Az AT-s típus azért fontos, mert ezek a 230 V-os hálózati feszültség bekapcsolása után rögtön teljes értékűen indulnak, míg az ATX-es típusokat egy külön jellel kell erre utasítani. Egy hátránya van: annak, aki csendben szeret kísérletezgetni, egyáltalán nem ajánlható, ugyanis a ventilátor zaja néha igen zavaró. A beüzemeléskor ügyeljünk arra, hogy egyes példányok – főleg a korosabbak – csak megfelelő terhelés esetén hajlandóak feszültséget szolgáltatni. Egy 50...60 Ω-os előterhelő-ellenállás az esetek többségében megoldja a problémát. Fordítsunk különös gondot a PC-táp megfelelő föld-



13. ábra

lésére, hiszen a kapcsolóüzemű tápegység jelentős mértékű elektromos zajt termel! A földelés ezenkívül életvédelmi szerepet is betölt!

Az itt szereplő BASIC-programok kipróbálásához szükség van a NightPic V2.1-es szoftvercsomagra, amely a már említett Rádiótechnika Software Service hirdetés alapján a Szerkesztőségben kapható.

### Futófény

A futófény elkészítése a programozással ismerkedők számára „elengedhetetlen” feladat. A játék kapcsolási rajza a 13. ábrán található. Tartalmaz egy üzemmódválasztó gombot, amely segítségével lehetséges a futási irány kiválasztása, és két sebességállító gombot, amelyekkel a futás gyorsaságát változtathatjuk meg. A kapcsolás külön érdekessége, hogy RC-oszcillátort használ rezgékeltetőnek. Tipikus példa, amikor nincs szükség nagy pontosságra, a cél csak a működés bemutatása. Az RC-oszcillátort ennek megfelelően kell konfigurálni az égetésnél, a CONFIG WORD helyes beállításával. A 22 pF és 10 kΩ páros az 5. ábráról leolvashatóan kb. 5,5 MHz körüli rezgési frekvenciát eredményez, ennek megfelelően a „define osc 5” utasítással 5 MHz-es órajelet deklarálunk. A NightPic V 2.1 „define osc” deklarációja automatikusan elvégzi az égetés-

nél szükséges 0. és 1. bit beállítását a CONFIG WORD-ben.

A rendszer működése az 1. program alapján szemléltethető meg. A program

### 1. program

```

device 16f84
define osc 5
dim v as word
dim a,b,c as byte
trisb=0
portb=1:b=1

indit:    c=porta
          gosub megnez
          if a=2*(a/2) then gosub fel
          if a<2*(a/2) then gosub le
          goto indit

fel:      portb=b
          b=b*2
          if b=0 then b=1
          delays (v/10)
          return

le:       portb=b
          b=b/2
          if b=0 then b=128
          delays (v/10)
          return

megnez:   if c=4 then inc a
          if c=2 then v=v+50
          if c=1 then v=v+50
          if v>65000 then v=65000
          if v<1000 then v=1000
          c=0
          return

```

ramból is látszik, hogy a NightPic V2.1 utasításkészletét milyen könnyű elsajátítani, főleg annak, aki már PC-t vagy C-64-est is programozott BASIC-ben. A program első sora feltétlenül az eszközkód megadása kell, hogy legyen. Amennyiben ezt a sort kihagyjuk a programból, a „hex” fájl automatikusan a 16F84-re készül. Ezután a felhasznált oszcillátor típusát és frekvenciáját kell deklarálnunk. Ha időzítéseket és méréseket is írunk a programba, akkor feltétlenül ügyelni kell e sor helyességére. A felhasználandó változók deklarációja a NightPic V2.1-ben kötelező! A „delays” utasítás újdonság az eddigiekhez képest. Ennek az utasításnak a feladata a milliszekundum nagyságrendű késleltetések generálása. Argumentuma word típusú, azaz maximum 65,5 s késleltetés lehetséges egy utasítás kiadásával.

### Lépcsőház-világítás I, II

Ugyan lépcsőház-világítást lehet mikrokontroller nélkül is építeni, de alkalmazásával kellően „elbonyolítható” a téma, ezenkívül kényelmi szolgáltatások is beépíthetők.

Az alapverzió kapcsolási rajza a **14. ábrán** látható. A nyomógombok megnyomását követően a programban előre beállított időintervallumra bekapcsolja a csatlakoztatott hálózati feszültségű izzókat és egy visszajelző LED-et is. A visszajelző LED áramkorlátozó ellenállása akár el is hagyható, ha az alkalmazott LED elviseli a 25 mA-t, ugyanis a 16F84A kimenetei belső áramkorlátozással vannak ellátva. A rendszer az izzók bekapcsolt állapotában nem fo-

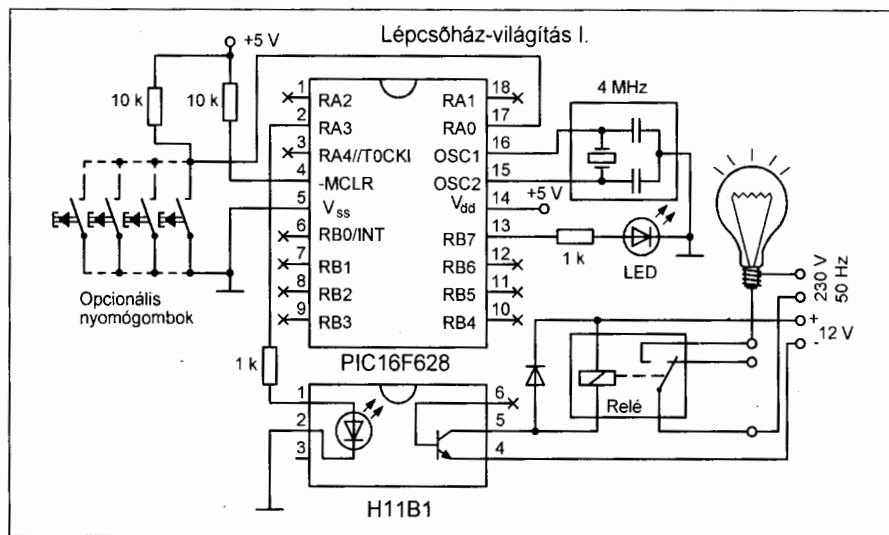
### 2. program

```

device 16f628
declare xtal 4
dim i as byte
output porta.3
input porta.0
output portb.7
delays 1000

kezd:   if porta.0=1 then goto kezd
        high porta.3
        high portb.7
        for i=0 to 4
        delays 60000
        next i
        low porta.3
        low portb.7
        goto kezd

```



14. ábra

gad el újabb kérést az időzítő újraindítására. A kontroller RA3-as kimenete egy Darlington-párral ellátott optocsatlón keresztül vezérli a kapcsolást végző nagyáramú jelfogót. A kapcsolat hátránya, hogy a jelfogó meghúzásához 12 V-os külső, a kontroller tápegységétől megfelelően elválasztott tápegységet igényel. A pl. 1N4001 típusú dióda a jelfogó elengedésekor fellépő feszültségcsúcsoktól védi a Darlington-pár tranzistorait.

Működtető programja, a **2. program** meglehetősen egyszerű, nem tartalmaz különleges programozói fogást. A deklarációk után beiktatott 1 másodperces várakozás hasznosnak bizonyult, ugyanis ezzel kiküszöbölhető a rendszerindításkor bekövetkező izzóbekapcsolás. A „kezd” címkét tartalmazó sorban a program folyamatosan figyeli a bemenetnek konfigurált RA0-s lábát, amelynek alacsony logikai értékre kerülése esetén – valamelyik gomb lenyomása – elindítja az 1 perces előre beállított izzóműködtetést. Ha hosszabb időzítést szeretnénk elérni, akkor az időzítés köré szervezzünk egy kívánságnak megfelelő ciklust, mivel a késleltető utasítás csak word típusú (max. 65535) értéket képes fogadni. A kimeneteket közvetlenül a „high” és a „low” utasításokkal állíthatjuk magas, illetve alacsony logikai szintre.

A második változat már lehetőséget nyújt a késleltetési idő kívülről történő beállítására is. A **15. ábra** szerinti elrendezésben a kontroller RB0 lábára csatlakozó 10 kΩ-os potenciométerrel 0 és 10 perc között szabályozhatjuk az időzítés intervallumát. A potenciomé-

ter értékének lekérdezése – mivel a 16F84-ben nincs analógdigitális konvertermodul – nem könnyű feladat. A **3. program** egy lehetséges megoldást ismertet.

Az ellenállásérték meghatározásának alapötlete az, hogy adott kapacitású feltöltött kondenzátor ellenállással történő kisütése időt vesz igénybe. Ez az idő az RC-tag időállandójából pontosan kiszámítható, majd utána feldolgozható. Nincs más dolgunk tehát, csak

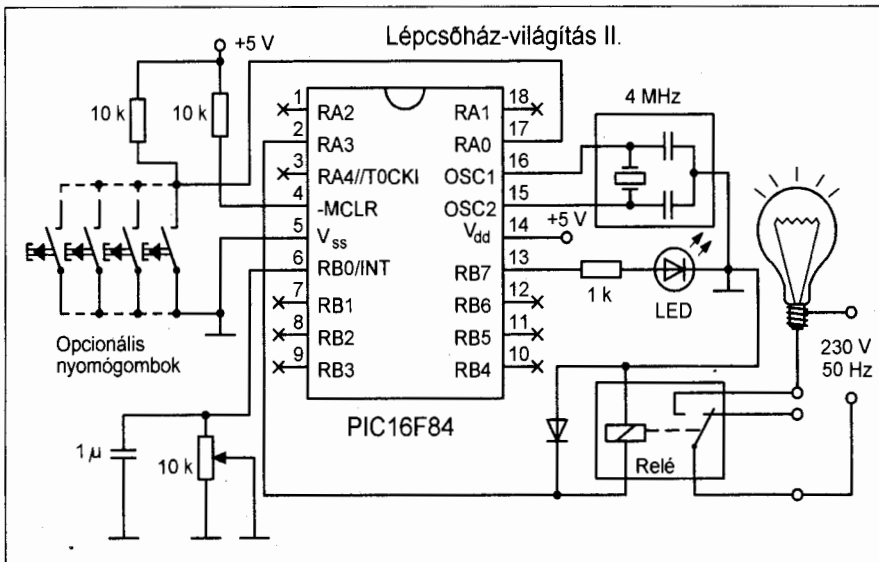
### 3. program

```

device 16f628
declare xtal 4
dim i as byte
dim a as word
output porta.3
input porta.0
output portb.7
delays 1000

kezd:   if porta.0=1 then goto kezd
        high portb.0
        asm
        nop
        nop
        nop
        nop
        endasm
        input portb.0
        a=pulsin portb.0,1
        a=a/300
        high porta.3
        high portb.7
        for i=0 to a
        delays 30000
        next i
        low porta.3
        low portb.7
        goto kezd

```



15. ábra

feltölteni az RB0 kivezetésre csatlakozó kondenzátort – a biztos feltöltődéshez kell a négy „nop” assembly utasítás, amely 16 órajelnyi, azaz 4 ms késleltetés – és megmérni, hogy mennyi idő alatt sül ki a bemenet által már alacsony logikai szintnek érzékelt feszültségértékre. Természetesen fordítva is elvégezhető a mérés, azaz a kisütött kondenzátort töltjük fel a szintátváltási értékig. A mérést a „pulsin” utasítással hajtjuk végre, amelynek argumentuma tartalmazza a vizsgált portot és lábát, továbbá annak kezdeti állapotát. Eredményként egy word típusú értéket ad vissza, amely egyenes arányban áll a kondenzátor kisülési idejével. A kisütőellenállás és a kondenzátor értékének változtatásával sokféle mérés megvalósítható. A megadott értékekkel az átlagos mérési idő 100 ms nagyságrendű. A módszer persze alapjaiban pontatlanabb mérést tesz csak lehetővé, mint egy „igazi” A/D konverzió. Az időméréshez használt órajel ugyan elég stabil a felhasznált 4 MHz-es rezonátor miatt, a gond azonban ott kezdődik, hogy a nem Schmitt-triggeres bemenetek kapcsolási feszültsége és a kapcsolás határozottsága ingadozó gyártási paraméternek számít (ezért nem lehet egy darab 4069-es NOT kapuval oszcillátort építeni), azaz minden bemenetnél más értéket vehet fel.

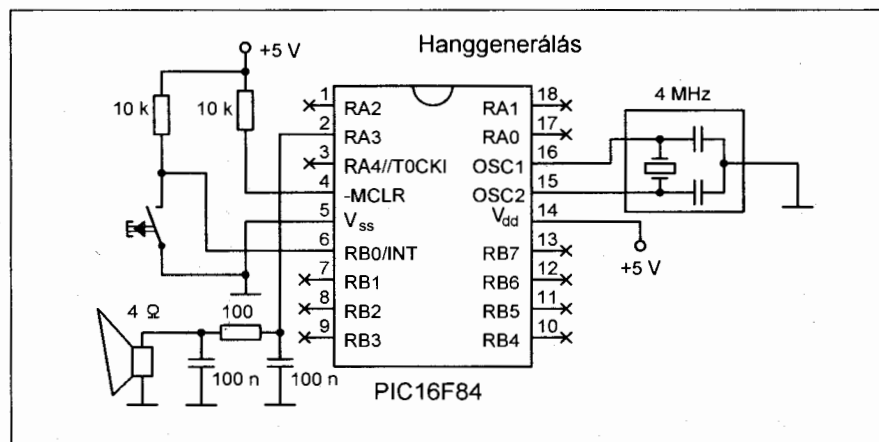
A kapcsolat további érdekessége, hogy nem használ optocsatolót, ezáltal kiküszöbölhető a külső 12 V-os tápegység. Ezen az esetben kizárólag olyan jelfogót alkalmazunk, amely megfelel az *életvédelmi előírások*nak,

tökéletesen elszigetelt egymástól a meghúzótekerecs és a kapcsolt áramkör, továbbá tekerccellenállása 1 k $\Omega$  körüli. A diódát a PIC belvilágának védelme érdekében feltétlenül építsük be!

### Hanggenerálás

A következőkben egy, a „Boci-boci tarka” dallamot eljátszó példával ismerkedhetünk meg. A 16. ábrán látható hardver felépítése igen egyszerű, ugyanis egy RB0 portra csatlakozó nyomógombból, és egy RC-szűrővel kiegészített hangszóróból áll. Hangszórónak ne alkalmazzunk 8  $\Omega$ -os típusú, mivel igen kis hangerőt produkál.

A szűrőre igen nagy szükség van, mert nélküle a kiadott hang eléggé „szögletes”, hiszen a PIC logikai szintekkel dolgozik, nem analóg eszköz. Ez az RC-szűrő a lehetőségekhez mérten



16. ábra

### 4. program

```
dim a as word
dim b as word
dim i as byte
data 1000,523,1000,659,1000,523,1000
data 659,2000,783,2000,783,1000,523
data 1000,659,1000,523,1000,659,2000
data 783,2000,783,1000,1045,1000,987
data 1000,880,1000,783,2000,698,2000
data 880,1000,783,1000,698,1000,659
data 1000,587,2000,523,2000,523
```

```
on interrupt goto fel
intcon=144
```

```
prog:    asm
         nop
         nop
         endasm
         goto prog
```

```
fel:    restore
         for i=0 to 23
         read a
         read b
         toggle porta.4
         freqout porta.0,a,b
         next i
         intcon.i=0
         goto fel
end
```

igen szépen szinuszosítja a keltett hangot. (Aluláteresztő jellege lévén az alaphangokat átengedi, a harmonikusokat pedig nagy hatásfokkal csillapítja. A Fourier-analízisből pedig tudjuk, hogy tetszőleges periodikus jelalak tetszőleges pontossággal előállítható kelően sok szinuszos rezgés szuperpozíciójából.)

A kiadott frekvenciák pontosságát a 4 MHz-es rezonátor biztosítja. Itt szükség is van rá, hiszen nélküle a hőmérséklet és a tápfeszültség függvényében változó dallamot kaphatnánk

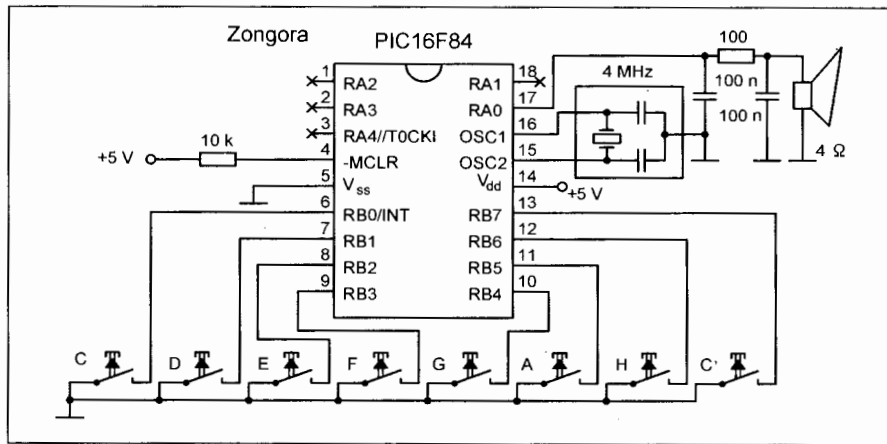


csupán. A HAM-bazárban is kapható ZTT 4.0 MG típusú, kék színű, háromlábú kerámiarezonátor kiválóan megfelel a célra. Mind a frekvencia pontossága, mind a frekvencia hőfokstabilitása igen jó.

A működtető szoftver azonban hardveres megszakítással figyeli a nyomógombot (nem úgy, mint a futófénynél) és modellezi a FLASH kódmemóriában történő adatelhelyezést is. A dallam eltárolásának mechanizmusa a következő: minden lejátszandó hanghoz tartozik egy hangmagasság (frekvencia) és egy megszólaltatási időintervallum. Egy hang kiadásakor tehát két word típusú értéket kell kiolvasnunk a kódmemóriából, ezek közül az első a megszólaltatási hossz ms-ban, a második pedig a hangmagasság Hz-ben mérve. Ez az adatstruktúra a **4. programban** szépen nyomom is követhető.

Az adatsorok elhelyezése után a megszakítás konfigurálása következik, a 144-nek az INTCON regiszterbe történő beírásával bekapcsoljuk a GIE (általános megszakításengedély) bitet, az RB0 külső interrupt fogadási lehetőséget és töröljük a többi megszakítást, na és persze a jelzőbiteket is. A megszakítást ezzel élesítettük is (gondoljunk a csengőre). A főprogram csupán üres assembly utasításokat tartalmaz, azaz „nem csinál semmit”. Megszakítás érzékelésekor – gombnyomás esetén – azonban a vezérlés átadódik a „fel” címkével jelzett programsorra és lejátsza a dallamot. A jelzőbit törlését követően a program ismét visszaugrik a „semmittevésbe”, majd vár az újbóli gombnyomásra.

Mivel a hangmagasság adatok a FLASH programmemóriában nyertek elhelyezést, így a valódi működtetőprogram elől falják fel a helyet. Bár sokszor igen egyszerű megoldásnak tűnik a konstansok ily módon történő elhelyezése, a program feljesztésekor mindig ügyeljünk a kérdésre, hogy van-e elég hely? A program a rövidebb kódigényűek számára elkészíthető a belső EEPROM használatával is. Ekkor csaknem 92 bájttal helyet takaríthatunk meg a FLASH memóriában. Ebben az esetben azonban némi trükközni kell folyamodni, ugyanis csak 64 bájtnyi hely áll rendelkezésre az on-chip EEPROM-ban. Lehetséges megoldás pl. az, hogy a hangmagasságokat 5-tel osztva tároljuk, az intervallumokat pedig 100-zal osztva. Ezekkel az értékekkel csupán 46 bájtra lesz szükség,



17. ábra

amely még nem meríti ki az EEPROM tárcapacitását. Lejátszáskor pedig visszaszorozva megkapjuk az eredeti dallamot. A dallam kódolt változata a következő:

0A 68 0A 83 0A 68 0A 83 14 9C 14  
9C 0A 68 0A 83 0A 68 0A 83 14 9C 14  
9C 0A D1 0A C5 0A B0 0A 9C 14 8B  
14 B0 0A 9C 0A 8B 0A 83 0A 75 14  
68 14 68.

Egy esetleges harmadik lehetőség, hogy a mikrokontrolleren kívül, egy EEPROM-ban helyezük el a kívánt adatokat. Ekkor érdemes két vezetéken kommunikáló, I2C EEPROM-típust választani.

### Zongora

A **17. ábrán** bemutatunk egy zongorát egy oktáv hangterjedelemmel félhangok lejátszási lehetősége nélkül. A hangszóróval kapcsolatosan ugyanazok az elvárások, mint az előbbi példában. A hardver érdekessége, hogy a billentyűzet nem tartalmaz felhúzóellenállásokat, mint az előbb bemutatott példák, hanem a belső szoftveres felhúzással helyettesíti azokat. Ezzel 8 db 10 kΩ-os ellenállás beépítésétől „menekülhetünk meg”. Itt is szükség van a rezonátoros órajelre, a frekvenciák pontossága érdekében.

Az **5. program** deklarációi után következik az OPTION regiszter megfelelő beállítása. Ezzel a regiszterrel találkozhatsz akkor is, ha a TMR0 időzítő osztásarányát állítjuk be. Itt kapott helyet a megszakítás élvezérlésének beállíthatósága is (fel-, ill. lefutó élre történő aktiválódás). A 7. bit logikailag magas állapota engedélyezi a belső szoftveres felhúzást, ami tulajdonképpen egy „kicsit” kinyitott tranzistor-

ként realizálódik a kontrolleren belül. A program egyetlen érdekessége a „freqout” utasítás, amelynek kiadása után az argumentumban megadott frekvenciájú és időtartamú hang kerül a kijelölt portlábra. A nyomógombok lehetőleg pergesmentesek és jó minőségűek legyenek. Egy tipp a beszerzésre: szétbontott CD-s magnókból, rádiókból lehetünk fel 4 lábú nyomógombokat. A tapasztalat szerint kellően határozottan kapcsolnak. Ha mégsem működőnek megfelelően, akkor néhány 10 nF párhuzamosan segíthet.

A hangok természetesen egészen kerekítve jelennek meg a lejátszáskor, ami nem okoz különösebb meghallgatásbeli pontatlanságot. Az egyes billentyűkhöz rendelt hangfrekvencia értékeket az **1. táblázat** tartalmazza. Az előző példában ismertetett dallam ezzel az eszközzel manuálisan is lejátszható. Tessék gyakorolni!

### 5. program

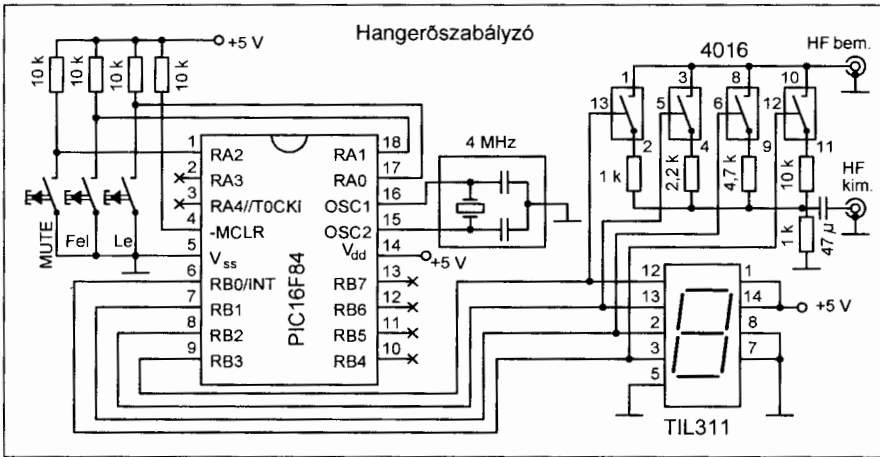
```
device 16f84
declare xtal 4
dim b as byte
dim hang as word
option_reg=128
```

```
zene:      b=portb
           if b=255 then goto zene
           if b=254 then hang=521:goto kiad
           if b=253 then hang=585:goto kiad
           if b=251 then hang=658:goto kiad
           if b=247 then hang=697:goto kiad
           if b=239 then hang=783:goto kiad
           if b=223 then hang=880:goto kiad
           if b=191 then hang=989:goto kiad
           if b=127 then hang=1048:goto kiad
```

```
kiad:      freqout porta.3,500,hang
           goto zene
```

## 1. táblázat. Zongora

Hang	C	D	E	F	G	A	H	C'
Frekvencia [Hz]	521	585	658	697	783	880	989	1048



18. ábra

## Digitális hangerőszabályzó

A nyomógombok és kapcsolók világában joggal vetődik fel a kérdés: miért nem váltjuk ki digitális hangerőszabályzóval a régi, recsegő potmétereket? Kontroller nélkül bizony csak egy hétszegnemes kijelzőt engedhetünk meg magunknak – kellő egyszerűség megtartásával –, s akkor is még jónéhány más egyéb CMOS-IC is előkerül a fiókból. Jómagam is építettem már hasonló elven működő CMOS-csodát, s most itt az alkalom, hogy a vezérlést PIC-re cserélve, a kijelző és a beavatkozáramkört megtartva korszerűsítsünk.

A 18. ábrán látható kapcsolás a kontrollernek köszönhetően jelentősen egyszerűbb képet mutat, mint az eredeti elrendezés. A TIL311 alkalmazásával elhagyható volt a szokványos 7447-es BCD-meghajtó, mivel ebbe a kijelzőbe azt is beleintegrálták. Ezt természetesen magasabb árban kell megfizetni, ám az alkatrészigény, s ezáltal a kapcsolás jelentősen egyszerűsödik. A két gomb a hangerő változtatás szándékát hivatott a PIC-nek továbbítani, a tényleges beavatkozárszerveket – azaz egy 4016-os által vezérelt változtatható osztásarányú ellenállásosztót – pedig a B port alsó négy bitje irányítja. A 6. program így meglehetősen egyszerű lett, a billentyűfigyelésen és a léptetésen kívül más dolga nincs is.

Természetesen gondoskodni kell a maximális hangerőről felfelé és a mini-

mális hangerőről lefelé léptetés esetéről is. Ekkor természetesen a legnagyobb és a legkisebb hangerő marad aktuális. A hangerő léptetése bármelyik irányban automatikus, ha fél másodpercnél hosszabb ideig tartjuk nyomva az aktuális gombot. Az RA porton sajnos nem engedélyezett a belső szoftveres felhúzás, így a nyomógombokhoz be kell építeni a két 10 kΩ-os felhúzóellenállást. A kapcsolás átrendezésével – azaz, ha a B port maradék négy lába közül kettőre csatlakoztatjuk a hangerőállító gombokat, a belső felhúzás alkalmazásával még ezt a két ellenállást is kiküszöbölhetjük. Megépítés esetén a 4016-os kapcsolóknak +5 V és -5 V táplálást kell adni, mivel a beérkező elektromos jel egyaránt tartalmaz pozitív és negatív félperiódusokat is.

## 6. program

```

device 16f84
declare xtal 4
dim a,b,c as byte
trish=0

kezd:    a=porta:if a=3 then goto kezd
         if a=1 then dec b
         if a=2 then inc b

beallit: if b=16 then b=15
         if b=255 then b=0
         portb=b
         delayms 500
         goto kezd
    
```

## LCD-vezérlések lehetőségei

Manapság egy készülék – legyen az analóg vagy digitális működésű, profi vagy amatőr építésű – nem állhat meg kijelző nélkül. A kijelző feladata, hogy a készülék működéséről informálja a felhasználót, s kijelje az esetleges a rendszerbe beviendő adatokat (gondoljunk csak a mai kor népszerű, digitális fényképezőgéppel ellátott telefoncsodáira).

A hétszegnemes kijelzőegységek csak igen korlátozott információ megjelenítésére alkalmasak. Elsősorban számokat, esetleg speciális karaktereket, de szép, olvasható szöveget semmiképp sem lehet velük kijelteni. A videomagnók nagy részénél használt vákuumfluoreszcens cső ugyan kellemesen egyszerű megjelenítőeszköz, de magában hordozza az elektroncsövek legfőbb hátrányos tulajdonságait, úgymint a fűtésigény és nem nagyon „szertetik” a megrázkódtatásokat sem. Ezekkel szemben napjaink már általánosan elterjedt megjelenítőtípusa az LCD, vagy ahogyan az angolmánia magyarrá fordítása mondatja velünk, a folyadékkristályos kijelző. Ezt teljesíti az egyszerű vezérelhetőség, a rázkózással szembeni ellenállás és a fűtésigény elmaradásának követelményeit is. Egy alkalmazás feljesztésekor már csak az a kérdés, hogy alfanumerikus vagy grafikus kijelzőt használjunk-e?

Az alfanumerikus LCD-k igen egyszerűen – általában 4 vagy 8 bites párhuzamos illesztővel – vezérelhetőek, de alapvetően csak előregyártott karakterkészletük használható. Némely példányok, mint pl. a HD44780 alapú kijelzők 8 karakter „megtanulását” is lehetővé teszik. Különböző nyelvi karakterkészlettel készülnek, ezért a vásárlás során nagyon oda kell figyelni, nehogy pl. cirill betűkészletes kijelzőt kapjunk, esetleg meglepően olcsón, néhány száz forintért.

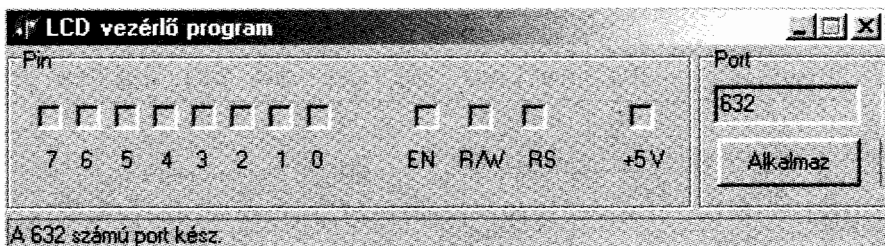
Az LCD alapvetően nem sugároz ki saját fényt, fogyasztása igen csekély, mikroamper nagyságrendű. A sötétben is láthatóság kedvéért sokhelyütt alkalmaznak beépített háttérvilágítást. Mivel ez leginkább a hosszú élettartamú LED-ek fényének köszönhető, egy ilyen kijelző beépítésekor esetlegesen 100 mA fogyasztásnövekedéssel is számolni kell. Ez telepes üzemeltetésnél a telep gyors kimerülését okozhatja, így ilyen készülékeknel vagy ne használjunk háttérvilágítást, vagy csak nyo-

mógombbal bekapcsolható, esetleg időzített (GSM-telefonok). Másik jelentős hátrányuk, hogy trükkök nélkül a legkevesebb lábat igénylő esetben is 6 kivezetés segítségével kommunikálnak. Összefoglalva: ezek a kijelzők mérési eredmények, szövegek megjelenítésére kiválóan alkalmasak.

A grafikus LCD-k nem rendelkeznek az előbbieken említett megjelenítési korlátokkal, a kijelző felépítése ugyanis pontmátrix jellegű. Sőt, mondhatni itt a karakterek megjelenítése okozhat problémát, ugyanis a karakter mintákat, ún. patterneket vagy a kontrollerben, vagy egy külső háttértárban – pl. egy I2C-s soros EEPROM – kell definiálnunk. Itt már szinte csak a soros vezérlés jöhet szóba az átviendő adatmennyiség struktúrája miatt, mivel a párhuzamos adatátvitel jelentősen növelné a vezérlő kivezetések számát, bár kétségtelen, hogy az átviteli sebesség jelentősen növekedne. Az egyik legelterjedtebb a régebbi Nokia gyártmányú telefonokban használt LPH7779 alapú  $84 \times 48$  pontmátrix-kijelző. Ennek kivezetésigénye a soros adatátvitelnek köszönhetően csupán 5 láb, amely akár egy RA porton keresztüli kommunikációt is lehetővé tesz a 16F84 esetében. Összefoglalva tehát: ezek a kijelzők igényes grafikák, rajzok, animációk megjelenítésére alkalmasak, szintén igénylik a háttérvilágítást, alapfogyasztásuk rendkívül alacsony, és vezérlésük sem túl bonyolult.

### A HD44780 alapú LCD-modul

A leginkább elérhető alfanumerikus LCD-k vezérlése a Hitachi cég által gyártott HD44780-as IC-n alapul. A kijelző sematikus rajza a **19. ábrán** látható. Az első három láb a tápfeszültségek hozzávezetésének funkcióit látja el. Ezek közül különösen érdekes a 3. láb szerepe. Ezeknél a kijelzőknél a kontraszt analóg módon állítható a  $V_{EE}$  lábba adott feszültséggel. A feszültség



20. ábra

értékének természetesen 0 és 5 V közé kell esnie. Egy gyakorlati jótanács: ha egy új építésű készülék LCD-je netán nem az elvárásaink szerint működne, akkor először a kontrasztot vizsgáljuk meg; könnyen lehet, hogy az áramkör jól funkcionál, csak a megjelenített eredményt nem látjuk.

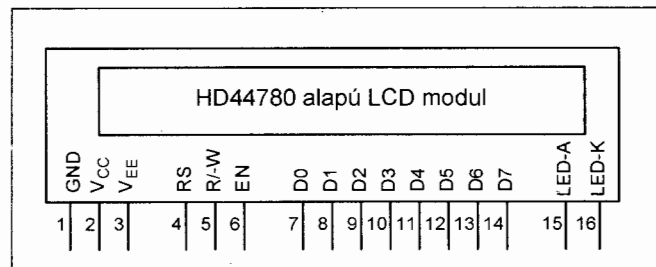
A következő három láb az adatkommunikáció vezérlését hivatott megoldani. Az RS láb logikai állapotával a parancs-, illetve az adatbevitel között választhatunk, az R/W lábba adott jel az olvasást és írást szabályozza, míg az EN funkciója a bevitel nyugtázása. A D0-D7 vezetéseken adat érkezik az LCD-be, vagy adat hagyhatja el azt. Ez tulajdonképpen egy kétirányú párhuzamos port. Az LCD-modul egyaránt képes 4 és 8 bites kommunikációra is. Mikrokontrollereknél ajánlatos a 4 bites adatátvitelt alkalmazni, ugyanis még így is legkevesebb 6 kivezetést foglalunk el a megjelenítéssel. Tény viszont, hogy a 8 bites esetben kb. dupla sebességgel hajthatjuk meg a modult. A 15. és a 16. kivezetés a független háttérvilágítás feszültségét képes fogadni; ide feltétlenül áramkorlátozó ellenállással ellátott tápegységet szabad csak csatlakoztatni.

A HD44780 által értelmezett parancsok leírása a **2. táblázatban** található meg. Az LCD bekapcsolása után igen fontos a táblázatban foglalt inicializáló parancsok végrehajtása. A „vájtfülűek” és a parancsok könnyebb megértése kedvéért elkészítettem egy Delphi6-ban írt programocskát, amelynek

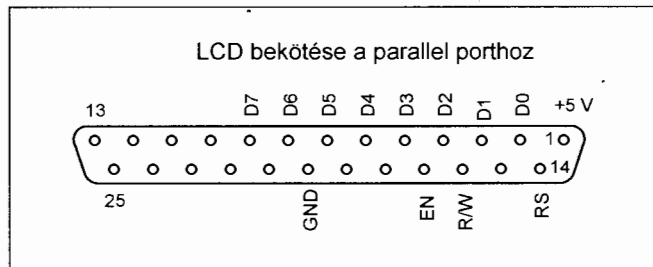
segítségével az egyes parancsok a gyakorlatban is kipróbálhatóak, így akár az egér kattintgatásával is ki tudunk iratni a kijelzőre szöveget, bár meglehetősen hosszadalmas. A program, akár annak forráskódja is a szerzővel való kapcsolatfelvétel után ingyen beszerezhető. A szoftvere csomag egyetlen ablaka a **20. ábrán** látható.

A régebbi gépek tulajdonosai minden bizonnyal hasznát veszik a portbeállítási lehetőségnek. A párhuzamos portokat általában a 888-as és a 632-es címen lehet elérni. Az újabb építésű PC-knél szinte kivétel nélkül a 888-as terjedt el, ide csatlakozik a nyomtató és/vagy a lapszkenner is. A számítógép és a kijelzőmodul összekötését a **21. ábra** szemlélteti. A PC párhuzamos portja meglehetősen kényes „jóság”, erre feltétlen ügyeljünk a szerelés közben. Soha ne forrasszunk a működő géphez csatlakoztatott áramkörben, az illesztőt csak többszöri szemrevételezés után csatlakoztassuk. Vigyázat! A fentebb említett kontraszt bekötésére szükség van! A kísérletezéshez segítséget nyújthat a **22. ábra** karakterkészlete, amely a tulajdonképpeni ASCII kódokat tartalmazza az LCD-modul számára. Látható, hogy az alapkaraktereken kívül szép számban fordulnak elő extra karakterek is. Ezekkel a matematikai műveleteket, a nyelvtani jeleket és idegen jelöléseket egy részét írathatjuk ki a kijelzőre.

Ha már eléggé megismerkedtünk az LCD vezérlésével és még egerünk gombja sem ment tönkre, akkor jöhet a



19. ábra



21. ábra

2. táblázat. HD44780

Parancs	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Leírás
Képernyőtörlés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	LCD törlése
Kurzor visszaállítása	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x	Kurzor a 0,0 koordinátájú pontba kerül
Kijelző beállítás	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	I/D: kurzor mozgás iránya S: „kijelző” léptetés
Kijelző üzemmódok	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	D: Be-, ill. kikapcsolás C: kurzor be-, ill. kikapcsolás B: villogó kurzor
Működési módok	0	0	0	0	1	DL	N	F	x	x	DL: 4 ill. 8 bites átvitel N: a kijelző sorainak száma F: betűkészlet
CGRAM címbeállítás	0	0	0	1	Karaktergenerátor RAM címzése					Karaktergenerátor RAM címzése	
DDRAM címbeállítás	0	0	1	Kijelző RAM címzése					Kijelző RAM címzése		
Állapotlekérdezés	0	1	BF	CGRAM vagy DDRAM cím					BF: állapot lekérdezése (szabad, foglalt) CGRAM, DDRAM: címszámláló állapota		
Írás	1	0	Írandó adat					Adat írása a CGRAM-ba vagy a DDRAM-ba			
Olvasás	1	1	Olvasható adat					Adat olvasása a CGRAM-ból vagy a DDRAM-ból			

mikrokontrolleres vezérlés. Azért, hogy több kivezetés maradjon egyéb teendőink számára, érdemes 4 bites illesztőt használni. A 16F84-es esetben mondhatni ez is elég sok. Akinek kevesebb lábra fáj a foga, írhat akár 3 kivezetéses LCD-kommunikációs rutint egy plussz IC (tároló) alkalmazásával. Egy apró trükk: a fejlesztések során előfordulhat, hogy a 16 karakteres sorból csak 8 látszik a kijelzőn. Ez nem hiba, hanem a gyártott LCD-k nem szabványosított volta miatt fordul elő csupán. A megoldása egyszerű: pl. kétsoros kijelző esetén egy 3-as „FOR”

ciklusba szervezve többször küldjük ki ugyanazt a 16 karakter hosszúra méretezett adatot. A hiba oka ugyanis az, hogy az egyes karakterek memóriacímei gyártótól függően helyezkednek el – szerencsére általában 8-as csoportokba rendezve –, így a 8. után a 9. karaktert nem a 9. címen találjuk, hanem esetleg jóval később. Ez a hiba tapasztalataim szerint csupán némely noname

gyártmánynál fordul elő, de annál bosszantóbb tud lenni.

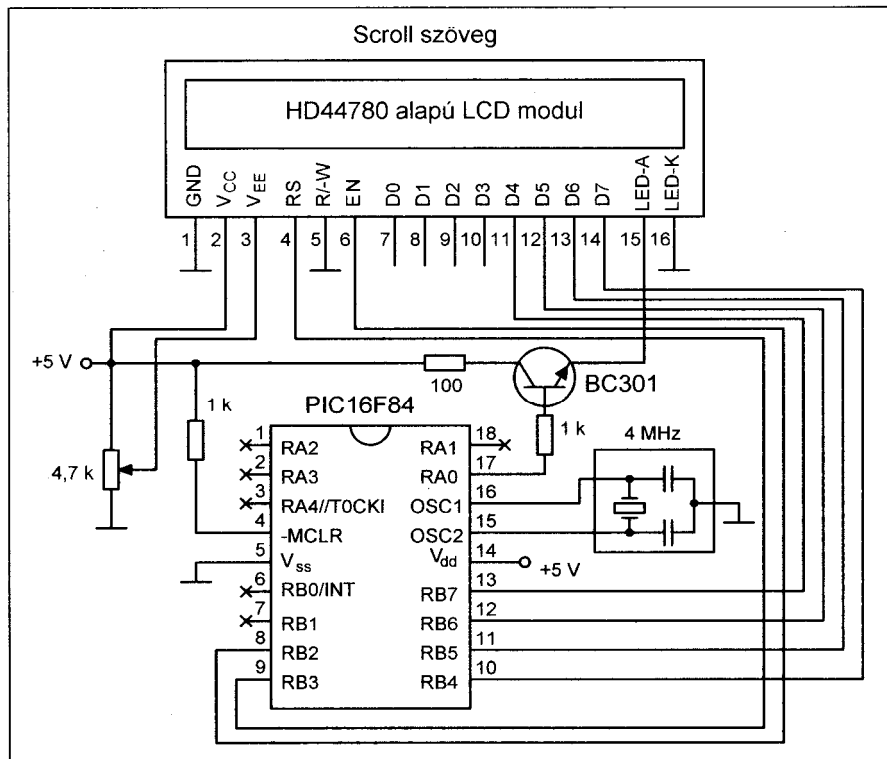
Scrollozó szöveg megjelenítése

Fényűjság készítése a mikrokontrollerekkel – egyszerű feladat. A 23. ábrán látható kapcsolás hardveres része érdekességként a vezérelt háttérvilágítást tartalmazza. A 100 Ω-os ellenállással

Karakter kódok (ascii)

xxxx0000	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1	0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1	0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx0001	0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1	0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx0010	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx0011	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx0100	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx0101	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx0110	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx0111	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx1000	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx1001	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx1010	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx1011	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx1100	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx1101	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx1110	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
xxxx1111	0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1

22. ábra



23. ábra

## 7. program

```

dim szo[19] as byte
dim i,j as byte
high porta.0
szo[0]="M"
szo[1]="i"
szo[2]="k"
szo[3]="r"
szo[4]="o"
szo[5]="k"
szo[6]="o"
szo[7]="n"
szo[8]="r"
szo[9]="r"
szo[10]="o"
szo[11]="l"
szo[12]="l"
szo[13]="e"
szo[14]="r"
szo[15]=" "
szo[16]="!"
szo[17]=" "
goto kiir
kezdes:
szo[18]=szo[0]
for i=0 to 18
szo[i]=szo[i+1]
next i

kiir:
cls
for j=1 to 3
print str szo[16]
next j
delayms 300
goto kezdes

end

```

## 8. program

```

dim a as word
dim c as word
dim v[1] as byte
v[0]=223
ismet:
high porta.1
delayms 200
high porta.1
asm:nop:nop:nop:nop:endsm
input porta.1
a = pulsln porta.1 , 1
c=(39250-a)/629
gosub kiir
delayms 100
goto ismet

kiir:
if c<10 and c>=0 then print "Hőmérséklet: ",dec c , str v[1] , "C"
if c<100 and c>=10 then print "Hőmérséklet: ",dec c , str v[1] , "C"
if c<0 or c>=100 then print "Túlsordulás..."
return

```

beállított enyhe háttérfényt az A port első lábára kapcsolt BC301 vezéri. Aki számára kevésnek bizonyul a háttérfény ereje, nyugodtan csökkenthet az ellenállás értékén; 30 Ω-ig biztonságosan üzemel az LCD.

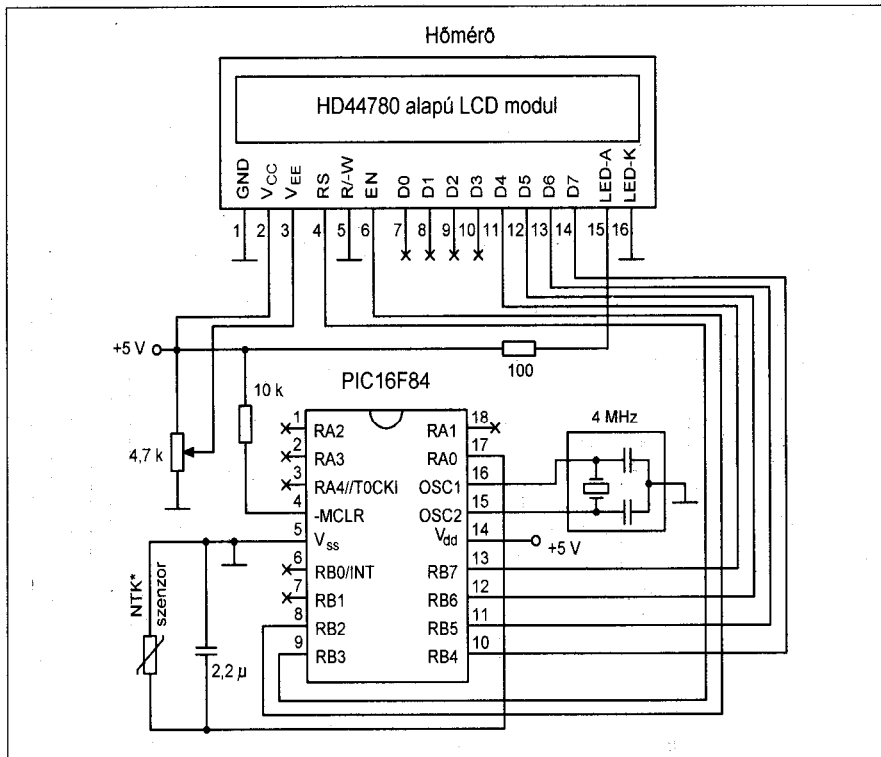
A **7. programban** a deklarációk után a harmadik sorban bekapcsol a háttérvilágítás. A felhasználandó adatot (kiírandó szöveg) ismételtlen a FLASH kódmemóriában helyezük el. Hosszabb szövegek esetén bánjunk csínján a helyvel. A „kiir” címke alatt

szépen látható az a bizonyos „FOR” ciklus, amely mindenféle kijelzőn – beleértve a problémás noname típusokat is – lehetővé teszi a mozgó „mikrokontroller!” szöveg kiíratását. A szöveg változási fázisai közt egy „delayms 300” utasítással 300 ms várakozási időt hagyunk, ezáltal még olvasható, de változása határozott és gyors.

### Hőmérő

Digitális hőmérő készítésére vállalkozóknak jó példa lehet a **24. ábrán** és a **8. programban** ismertetett hőmérő. A műszer „lelke” egy, a HAM-bazárban is kapható üvegcsőves, NTK karakterisztikájú szenzor. Üveges kivitele révén még folyadékok hőmérséklete is mérhető vele, csak arra kell ügyelni, hogy a kivezetések ne ériék el a folyadékot, ha annak vezetőképessége számottevő. Rendkívül kis aktív tömege lévén igen kis hőtehetetlenséggel rendelkezik, így a viszonylag gyors változások mérésére is alkalmas. Fizikaórán még a párologással elengedhetetlenül együttjáró lehűlés is modellezhető vele. A párologás hőt von el az anyagtól, így az lokálisan lehűl. Ebben az esetben a lehűlés akár több fokot is kitehet, ami már igen szépen kijelvezhető.

Az alapfeladat tehát csupán az, hogy megmérjük a szenzor ellenállását. Erre már láttunk példát a lépcsőházvilágítás esetében, az ott leírtak irányadók itt is. Az ellenállásértékből viszont reprodukálni kell a hőmérsékletértéket, mert a felhasználó számára az ellenállás megváltozása nem sokat mond. A mérések azt igazolták, hogy a hétköznapi hőmérsékletek tartományá-



24. ábra

ban a szenzor jó közelítéssel lineárisnak mondható. Segítségül kell tehát hívni a koordináta geometriát a megfelelő kalibrációhoz. Néhány mérés után könnyűszerrel illeszthető egyenes az adatokra, majd ezután már csak a kalibrációs képlet rendezése marad hátra. +5 V-os stabil tápfeszültség és két bájtos – word típusú – mintavétel mellett a

$$\text{hőmérséklet} = (39250 - \text{ellenállásérték}) / 629$$

összefüggés megfelelő pontossággal szolgáltatja a szenzor hőmérsékletét. A kalibrációt 20 °C-on és 50 °C-on végeztem el. Az egyes mérések közé 0,1 s idő késleltetést iktattam be, ez összességében azonban fél másodpercre is kijöhet, ha a hőmérséklet mérése sokáig tart. A kijelzésnél a bevált háromszorosos trükköt alkalmazva biztos a megjelenítés minden általam tesztelt kijelzőn. Még egy jótanács: oszcillátorként mindenképpen kvarcot vagy rezonátort használjunk, különben a pontosság nem lesz megfelelő.

Az ékezetes betűk kiírása gondot okozhat, ha a modul karakterkészletében nem található meg az adott betű. A vásárlásnál feltétlenül tájékozódjunk az LCD karakterkészletéről, ugyanis igen könnyen előfordulhat, hogy a csábító néhány száz forintért bizony egy csak kínai betűket ismerő modullal leszünk gazdagabbak. Ha európai karakterkészlettel rendelkező modellt vásároltunk, akkor általában nincs gond, de a HD44780 lehetőséget nyújt 8 db egyéni mintával (pattern) rendelkező, általunk megrajzolt karakter kijelzésére is. Ezek az új minták sajnos minden kikapcsolásnál elvesznek, mivel csak egy RAM típusú memória tárolja őket.

### Frekvenciamérő

A bevezetőben említett gamma-sugárzás detektor számlálóegységét végül is egy LCD-alapú kijelzővel sikerült esztétikusan megoldani. Ez a modul az impulzusszámlálás elvén működik, azaz meghatározott időtartam alatt beérkező jelek számát vizsgálja meg. A műszer alapváltozata egy kis módosítással frekvenciamérésre is használható. Az alapötlet csupán az, hogy a mintavételi időtartamnak legyen köze a 10 valamely hatványához. Ezt jelen esetben a 100 ms-os (10E-1 s) mérési idő reprezentálja. A bejövő impulzusok számát tároló változó word típusú, ezáltal maximálisan 655 kHz-es frekvencia mérhető a készülékkel. A minimális

### 9. program

```
dim i as byte
dim a as word

meres:    a=counter porta.0,100
          a=a*10
          for i=1 to 3
            print "Frekv.=",a," Hz"
          next i
          goto meres
```

mérhető frekvencia a 0,1 s-os mintavétel miatt 10 Hz. A műszer kapcsolása a 25. ábrán látható.

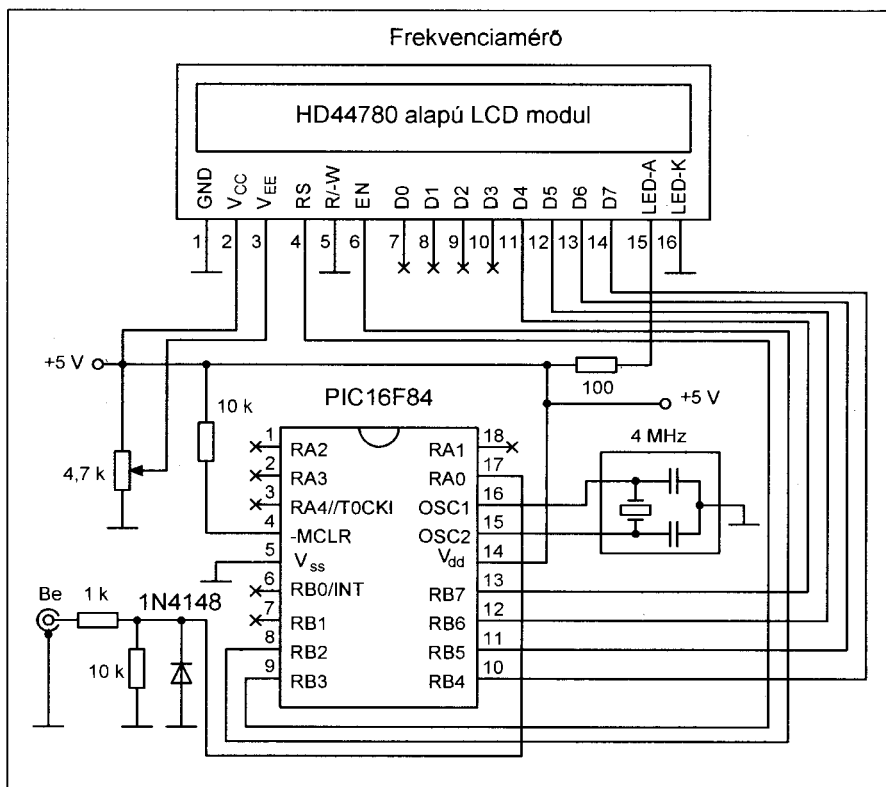
A megépítés során feltétlenül stabil rezgéskeltőt használjunk, mivel a pontosság csak ettől függ. A jelbemenet az RA0 bemeneten lett kialakítva. A mikrokontroller bemenetét a negatív feszültségcsúcsoktól védeni kell. Ezt hivatott ellátni az 1N4148-as dióda. A határozott bemeneti impedancia és potenciál érdekében a két bemeneti ellenállást feltétlenül építsük be. A 9. programot lefordítás után a kontrollerbe töltve a kis műszer máris működékes. Az impulzusok számlálását a „co-unter” utasítással kezdeményezhetjük, amelynek argumentuma tartalmazza a mérési időt milliszekundumban, továbbá a vizsgálni kívánt portot és lábat.

### Billentyűzetkezelés

Az eddigiekben mérő és jelfeldolgozó egységeket láthattunk minimális külső beavatkozási lehetőséggel. A gyakorlatban azonban gyakran vetődhet fel olyan feladat, hogy manuálisan többféle adatot kell bevinnünk vagy beállítást kell elvégeznünk a program működése közben. Erre szolgál a billentyűzet. A 26. ábrán a legjellemzőbb vezérlési lehetőségeket mutatjuk be.

Az első és egyben a legpazarlóbb bekötési forma az, amit már a zongoránál láttunk. Belső, szoftveres felhúzást használva, minden kivezetésre egy nyomógombot illesztünk. E módszer tagadhatatlan előnye, hogy több gomb egyszerre történő lenyomását is érzékelni lehet vele. Kétségtelen hátránya, hogy 8 gombhoz elhasznál egy teljes 8 bites portot. Ez a kisebb kontrollerek szűkös lábkiosztását tekintve nem ideális megoldás.

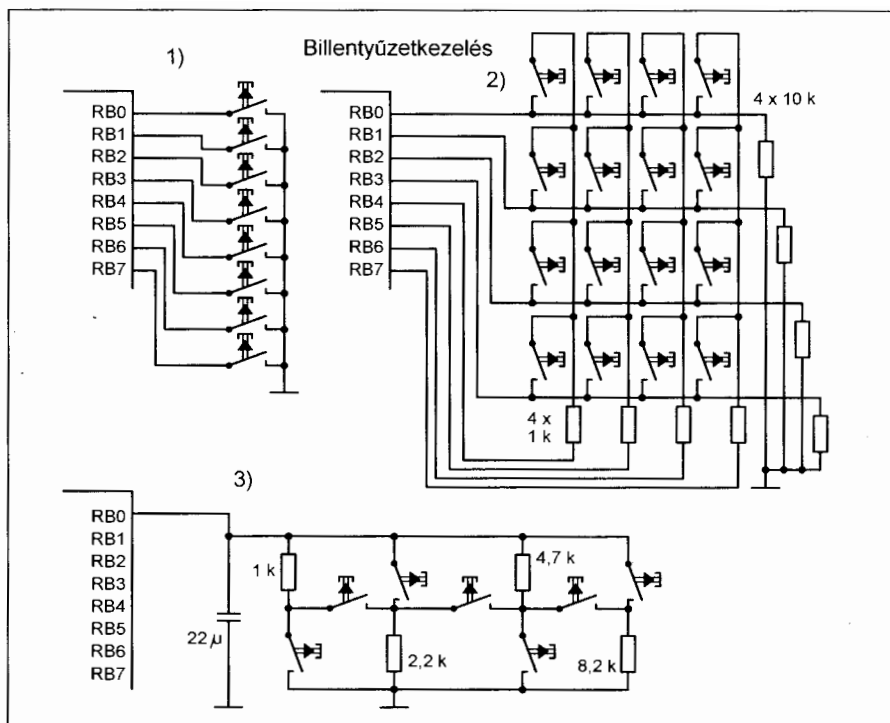
A telefonbillentyűzet (számok 0-tól 9-ig, valamint \* és #) szimulációját már csak mátrix-módszerrel érdemes végezni. Ezzel 16 billentyű lekérdezésének lehetőségéhez jutunk. Kétségtelen, hogy így elvileg nem lehetséges egyidejűség vizsgálata. A szokványos beviteli forrásoknál erre azonban nincs is



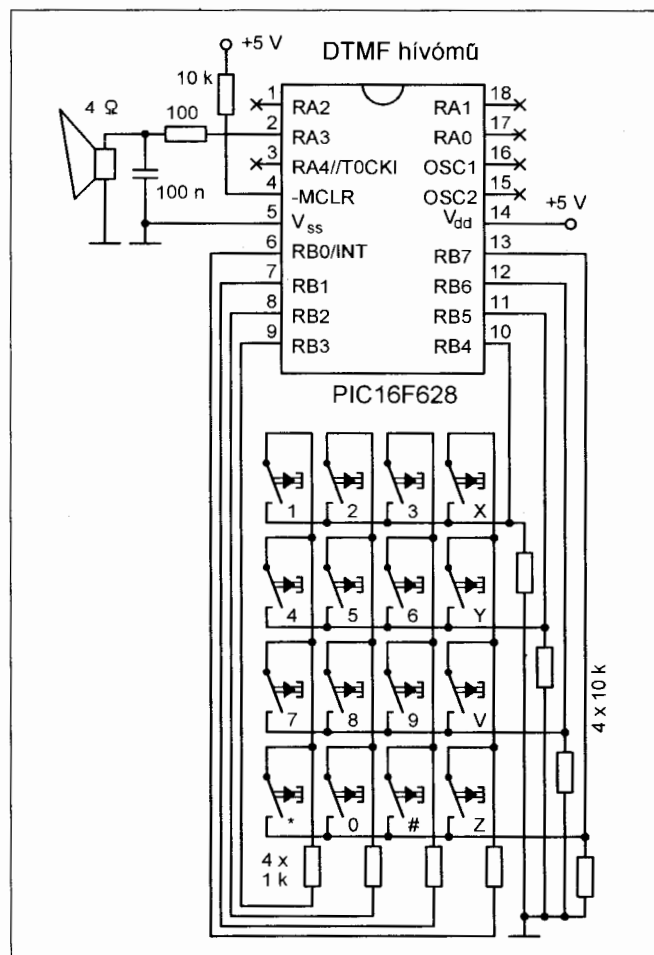
25. ábra

nagyon szükség. A lekérdezés alapötlete az, hogy a 8 bites portból felét kimenetnek, felét pedig bemenetnek konfiguráljuk. A kimenetekkel végigszkenneljük az oszlopokat, s közben a 4 bit bemeneten megvizsgáljuk a soroktól kapott választ. A port pillanatnyi állapota egyértelműen definiálja a lenyomott billentyű helyzetét. Ekkor pedig már nincs más dolgunk, minthogy a kapott értéket kielemezzve, a szoftverben felhasználjuk a gombnyomást. Pl. a régebbi Nokia mobilokon azért van összesen 16 féle billentyű, mert a lekérdezés ezzel a módszerrel működik (5110, 3210 stb.).

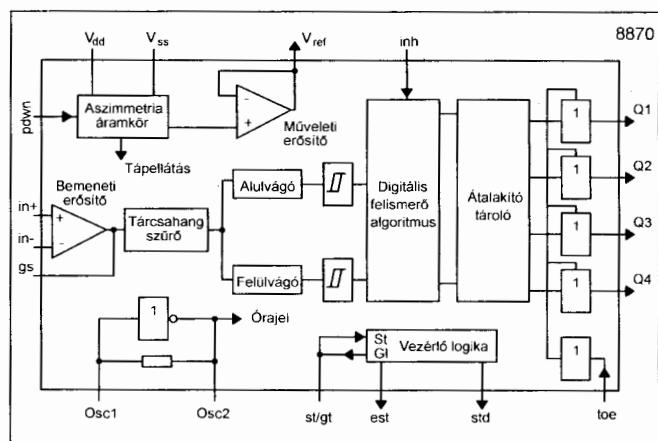
A harmadik, s egyben a legizgalmasabb módszer alapötletét az előbbi példákban felvetődött ellenállásmérés módszere adta. A belső A/D konverter modullal rendelkező kontrollerek, mint pl. a 16F877 esetében bőven elegendő a konverter kiolvasása, a kisebb PIC-eknél azonban ismét a jól bevált trükkhöz kell folyamodnunk. A kapcsolók helyzetét és az ellenállások értékeit he-



26. ábra



27. ábra



28. ábra

lyesen választva az ellenálláslépcső egyes elemei megfelelően távol lesznek egymástól, így a lenyomott gomb érzékelése hibátlanul lehetséges. A módszer hatalmas előnye, hogy pl. 7 gomb lekérdezésére csupán 1 db kivezetést használ fel. Ha ezt a számot egy teljes portra kiterjesztjük, akkor 56 különféle gomb állapotát tudjuk beolvasni a controllerrel. Ez pedig sok esetben több, mint elég. Az eljárás hátránya, hogy minden controllerre más és más lehet a kapcsolási feszültség, így meglehetősen kényes a beállításra, ezenkívül érdemes kis hőfoktényezőjű alkatrészeket felhasználni (az elkókat felejt-sük el)! A tápfeszültség változásaira is

eléggé érzékenyen reagál, ezért csak hobby szintű építéseknel ajánlott e módszer használata.

### DTMF-tárcsázó

Telefonos berkekben a két, egymástól különböző, de hallható hanggal kódolt üzenetváltás igen gyakran alkalmazott eljárás. Segítségével legfeljebb néhány száz bit/s-os (baud) adatátvitel valósítható meg. Ebből következően elsősorban nem nagymennyiségű adat, hanem jelzések átvitelére alkalmazzák. A 4 bites kódolásnak köszönhetően 16 különböző jelzés átvitelére van lehetőség, melyeket a hexadecimális számrendszer egyjegyű értékei jelölnek.

Az előbbieken ismertetett második (mátrix) típusú billentyűzetkezelésre mutat példát a **27. ábrán** található kapcsolás. Egy teljes DTMF-tárcsázót láthatunk, 16F628-as kontrollerral megvalósítva.

A kiadott DTMF-hangpárok az A port 3-as kimenetére illesztett hangszórón jelennek meg. Ha továbbvezetjük a jelet – pl. egy telefonvonalra –, akkor nincs nagy szükség az RC-szűrőtagra, ugyanis a sávkorlátozást az esetleges átviteli eszköz magától elvégzi. A kapcsolás egyedülálló érdekessége, hogy nem tartalmaz külső rezgékeltőt, hanem a 628-as belső, 4 MHz-es oszcillátorát használja fel. A CONFIG WORD beállítására ennek fényében feltétlenül ügyeljünk az égetésnél, mert különben a **10. program** nem fog megfelelően működni.

A 16 gomb figyeléséért bizony viszonylag hosszú programot kell cserébe adnunk. A billentyűfigyelésre kb. az egész program hosszának háromnegyed része fordítódik. Jó hír azonban, hogy a tényleges lefordított hex fájl nem túl méretes, mert a gombok kezelése regiszterek olvasásában és állítgatásában merül ki. Az oszlopokra csatlakozó ellenállások akár el is hagyhatók, ha biztosítani tudjuk, hogy egyszerre legfeljebb csak egy gomb legyen lenyomott állapotban.

A PIC kimenetei ugyanis „nem szeretik”, ha ellenkező logikai állapotú jellel összekapcsolják azokat. A program a DTMF-hangok kiadására a „dtmfout” utasítást használja, amelyet meg kell „toldani” a kiadandó hang kódjával, továbbá annak hosszával és annak a kivezetésnek a nevével, amelyre a hangszórót kapcsoltuk. Az utasítás végrehajtása alatt ne használjunk meg-

### 10. program

```

dim a,b,c,d as byte
trisb=240

kezd:    portb=1:b=1
         a=portb
         if (portb and 240) <>0 then kez
         portb=2:b=2
         a=portb
         if (portb and 240) <>0 then kez
         portb=4:b=4
         a=portb
         if (portb and 240) <>0 then kez
         portb=8:b=8
         a=portb
         if (portb and 240) <>0 then kez
         goto kezd

kez:     if a=16 then gosub elso
         if a=32 then gosub masodik
         if a=64 then gosub harmadik
         if a=128 then gosub negyedik

elso:   if b=1 then d=13
         if b=2 then d=3
         if b=4 then d=2
         if b=8 then d=1
         goto kiad

elso:   if b=1 then d=12
         if b=2 then d=6
         if b=4 then d=5
         if b=8 then d=4
         goto kiad

elso:   if b=1 then d=11
         if b=2 then d=9
         if b=4 then d=8
         if b=8 then d=7
         goto kiad

elso:   if b=1 then d=10
         if b=2 then d=14
         if b=4 then d=0
         if b=8 then d=15
         goto kiad

kiad:   dtmfout porta.3,1000,d
         goto kezd

```

### 11. program

```

dim b,i as byte

cls

ismetel:if porta.4=1 then goto kiir
         goto ismetel

kiir:    b=porta
         b=b&15
         if i=8 then cursor 1, 41
         if i=16 then i=0: cls
         if b<10 then print dec b
         if b=10 then print "0"
         if b=11 then print "*"
         if b=12 then print "#"
         inc i

kiir01: if porta.4=1 then goto kiir01
         goto ismetel

end

```

### 12. program

```

device 16f628
symbol rst=porta.2:symbol ck=porta.3
low ck:low rst

nez:    if porta.0=0 then olvas
         goto nez

olvas:  low ck:low rst
         gosub keses

kiolvas:for i=0 to 63
         high ck
         gosub keses
         low ck
         gosub keses
         next i
         for i=72 to 79
         high ck
         gosub keses
         low ck
         gosub keses
         if porta.4=1 then inc a
         next i
         for i=80 to 87
         high ck
         gosub keses
         low ck
         gosub keses
         if porta.4=1 then inc b
         next i
         for i=88 to 95
         high ck
         gosub keses
         low ck
         gosub keses
         if porta.4=1 then inc c
         next i
         for i=96 to 103
         high ck
         gosub keses
         low ck
         gosub keses
         if porta.4=1 then inc d
         next i
         e=512*a+64*b+8*c+d
         for i=1 to 3
         print "tartalma: ",e," ft"
         next i
         goto nez

keses:  asm
         nop
         nop
         nop
         nop
         endasm
         return

```

szakítást, mert az a saját végrehajtási idejével megtörheti a hangkiadás folyamatát.

### DTMF-dekóder

Egy tárcsázó, DTMF-jelküldő akkor válik igazán használhatóvá, ha egy fogadóegység is van mellette. Az érkező DTMF-hangpárok dekódolási algoritmusát meg lehet ugyan oldani szoftveren is, de minek, ha van rá igen egy-



szerűen kezelhető céláramkör is. Ez az IC a 8870-es típusjelzést viseli. Tömbvázlata a **28. ábrán** látható. A vevőegységből érkező jel egy változtatható erősítésű műveleti erősítőre jut. Az erősítés a külső elemek segítségével állítható be, így lehetőség nyílik mikrofonszintű, de akár voltnyi nagyságú jelek fogadására is. A megfelelő szintű jel ezután a tárcsahangszűrőre kerül, ami a hangpárok felismerését javítja.

Mivel a DTMF-hangok frekvenciái meghatározott sávba esnek, az ezen kívüli jelek csak zajt hordoznak a felismerő egység számára. Ezek levágása szintén fontos. A kellően megtisztított jel a digitális felismerő algoritmus segítségével egy tárolón keresztül a kimenetre kerül. Ezt a jelet fogjuk a továbbiakban feldolgoztatni a controller programjával. Az egyes kimenetek állapotai és a felismert DTMF-hangpárok közötti összefüggést a **3. táblázat** szemlélteti.

Az ismertetett 8870-es integrált áramkörrel kb 5...10 ms-onként lehet biztonságosan jelet fogadni, ez összességében 50...100 bájt/s adatátviteli sebességet tesz lehetővé. Ebből látszik, hogy csak jelzések továbbítására érdemes az IC-t igénybe venni, tényleges és gyors adatátvitelre nem alkalmas. Az IC összekapcsolása egy mikrogéppel a legjobb példája lehet egy hívófél-azonosító egységnek. A mikrofon igénybevitelével pedig telefonszámmá alakíthatjuk a REDIAL gomb megnyomása után a telefon által kiadott hangokat. A rendszer kapcsolási rajza a **29. ábrán** látható. Egy átkapcsolóval lehetséges a jelet közvetlenül a vonalról is venni, eb-

ben az esetben azonban ügyeljünk arra, hogy a telefonvonal nem a megszokott TTL- vagy CMOS-feszültség szinteket követi.

A 8870-es működtetéséhez feltétlenül szükség van egy 3,579 MHz-es kvarcra, amely időalapul szolgál a hangok pontos felismeréséhez. A PIC ebben a beállításban saját, 4 MHz-es oszcillátorral rendelkezik, de nincs akadálya annak sem, hogy a két rendszer órajelét egyesítsük. A **11. program** a céláramkör felhasználása miatt igen egyszerűre sikerült, dolga csak a 8870-től érkező jelek figyelése és az LCD-modul vezérlése. Ebben a programban is kiküszöböltük a noname LCD-k hibáját, de másképp, mint eddig.

Az ötlet a következő: a „cursor” utasítás kiadásával az LCD kurzorát tetszőleges helyre mozgathatjuk. A példában használt „rendellenes” LCD első 8 karaktere a 1-től 8-ig terjedő memóriacímen érhető el, míg a második 8 karakter a 41-től a 48-ig terjedő részen. Így nem kell tenni mást, csupán a 8-ik kiírt karakter után a 41-ik helyre pozicionálni, s ott folytatni tovább a karakterbevitelt.

#### Telefonkártya-olvasó

A Magyarországon használható telefonkártyákhoz bizonyos multicegek már forgalmaznak kártyaolvasót. Ezekkel az eszközökkel lehetséges a felhasználható összeg ellenőrzése. Telepről vagy akkurról üzemelnek, kis LCD segítségével tudatják a felhasználóval, hogy még mekkora összeget te-

lefonálhat le. A készülékek változást nem képesek előidézni a kártyában, ezért használatuk megengedett. (A kommunikációs algoritmust persze nem adják a használati utasítás mellé...) Ezek ismeretében akár otthon is összeállíthatunk egy olvasókészüléket. Nemcsak olcsóbb, mint a gyári, hanem a megépítés során érdekes tapasztalatokra tehetünk szert. A kapcsolás a **30. ábrán** látható.

A soros kommunikáció megvalósításához csupán a PIC 3 lábára van szükség. Az RA4 fogadja a kívülről érkező adatokat, az RA2 és az RA3 pedig a vezérlést valósítja meg. Mivel az eszköz kimenete nyitott kollektoros, így szükséges egy 10 kΩ-os felhúzó-ellenállás is. Az RA0 bemenet érzékeli a kártya csatlakoztatását, ide egy mikrokapcsolót ajánlatos beszerelni, amelynek zárt állapotát a betolt kártya váltja ki. A B port feladata, mint mindig, az LCD illesztése és a kiírás lebonyolítása. A kiolvasó algoritmus bonyolultsága miatt a **12. program** is kissé hosszúra sikerült, de cserébe kulturált „tartalma: x Ft” kijelzett szöveget kapunk. A programban található „keses” címke igen fontos, mivel az itt előforduló nop üres utasítások 16 órajelnyi késleltetést adnak a kiolvasás és a következő művelet előtt. Ez azért szükséges, mert a kártya kommunikációs sebessége ugyan eléggé nagy, de véges érték.

Mivel a kártya 6 kivezetéssel rendelkezik, így csatlakozó céljára jól megfelel egy régi GSM-telefonból kitermelt SIM-csatlakozó. Megfelelő burkolattal ellátva igen könnyen megbízható érintkezősorhoz juthatunk.

**Fenti cikkünk befejezését (további érdekes PIC-alkalmazásokat) a „Rádiótechnika” 2004/12. száma hozza!**

## Nagy Évkönyv-akció!

### A RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE

'91, '92, '93, '94, '95, '96, '97, '98, '99, 2000, '01, '02, '03, '04 kötetek közül

1 db csak 990 Ft-ért,  
2 db most összesen

**1900 Ft-ért kapható.**

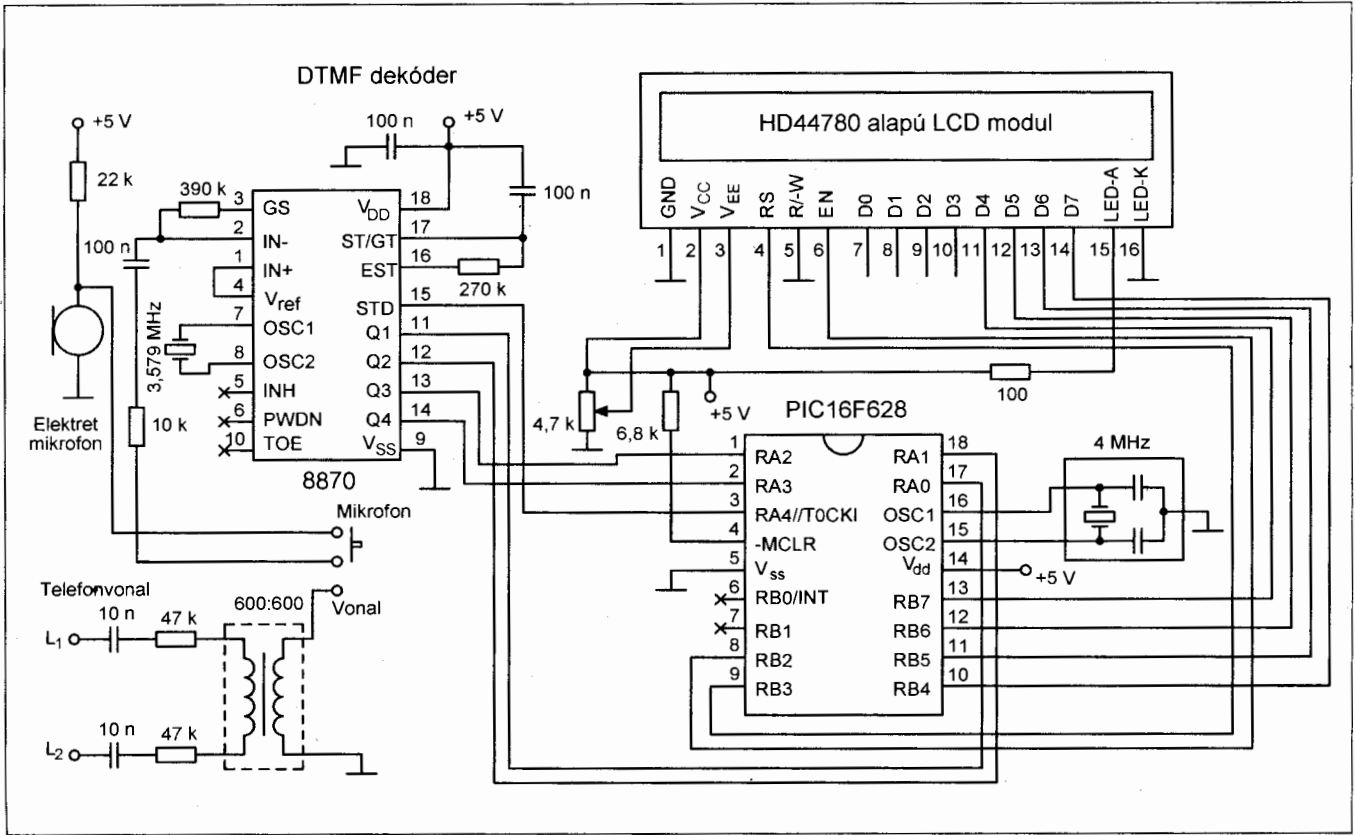
1991...2004-ig, 14 db csak 11 111 Ft!

Személyesen a szerkesztőségben, Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. 130. 9-14 óráig.

Tel./fax: 239-4932

Az akcióban tehát 2-4-6... egyforma vagy különböző példányt lehet vásárolni.

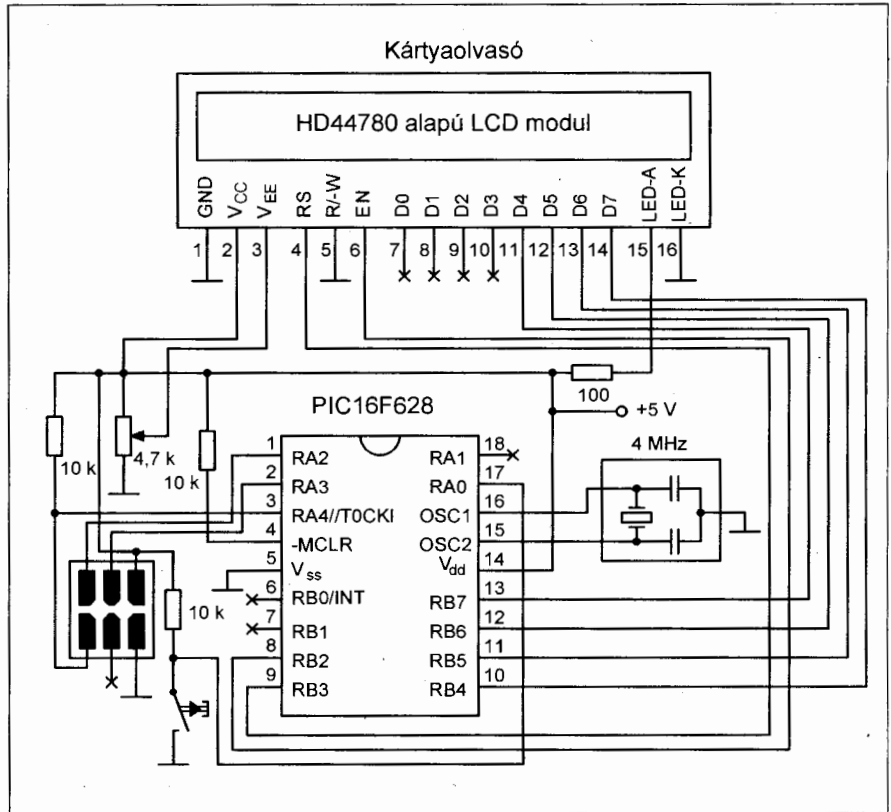
✉ 1374 Bp., Pf. 603.  
hambazar@radiovilag.hu  
www.radiovilag.hu



29. ábra

3. táblázat. MT8870

Digit	Q4	Q3	Q2	Q1
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
0	1	0	1	0
*	1	0	1	1
#	1	1	0	0
X	1	1	0	1
Y	1	1	1	0
V	1	1	1	1
Z	0	0	0	0



30. ábra

# Az EAGLE 4.0 nyák-tervező program használata

© CADware s.r.o., cadware@pvtnet.cz

Alábbi írásunk – kedvcsinálónak – az EAGLE nyáktervező program használatának rövid leírását tartalmazza. Bemutatjuk az alapvető funkciókat és azok használatát. Írásunk az EAGLE mindhárom modulját (Schema, Layout Editor és az Autorouter) tárgyalja, röviden ismertetve a munkamenetet a kapcsolási rajztól a nyák tervezésén keresztül az autorouter használatáig.

Írásunk feltételezi, hogy az érdeklődő olvasó számára a számítógép és a Windows operációs rendszer használata nem okoz problémát és az olyan kifejezéseket, mint például a „nagyobbítjuk meg a szerkesztő ablakot”, bővebb magyarázat nélkül használhatjuk.

Ismertetésünk a Windows verzió alapján készült, de – elhanyagolható különbségek mellett – a Linuxos verzióhoz is jól használható. Az angol tutorial fordítása és gondozása során a kissé szájbarágós, fontoskodó szöveget egyszerűsítettük, olvasmányosabbá tettük, a szakmai hitelesség feltétlen megőrzése mellett.

## Gépigény

Az EAGLE használatához a következő minimális számítógép-konfiguráció szükséges:

- IBM-kompatibilis számítógép (486 vagy jobb),
- Windows 95/98/ME, NT4/2000/XP vagy Linux (kernel 1.2.x, libc6 és X11 min. color depth 8 bpp),
- legalább 50 MB szabad tárterület a merevlemezen,
- lehetőleg háromgombos egér.

Az EAGLE-lel nyomtatók, plotterek, fotoplotterek, fűrógépek számára kimeneti fájlok és az ULP makroprogramozó nyelvvel készült programok generálhatók.

## Az EAGLE főbb jellemzői

Általános jellemzők:

- modulrendszerű program (Schema, Layout, Autorouter),
- a legnagyobb rajzterület: kb. 1500 × 1500 mm (64 × 64 hüvelyk),

- felbontás: 0,1 µm,
- a raszter mm-ben vagy hüvelykben is beállítható,
- 255 rajzréteg, a felhasználó által beállítható színekkel,
- a C-nyelvhez hasonló felhasználói makroprogramozó nyelv,
- könyvtármenedzser az alkatrészek különböző feltételek szerinti kereséséhez,
- különböző technológiák támogatása (pl. 74L00, 74LS00...)
- automatikus adat backup,

## Layout Editor modul (nyáktervezés)

- teljes támogatás,
- beépített Design Rule Check (DRC) a nyák ellenőrzéséhez,
- automatikus részfelület kitöltés
- az alkatrészek több fajta tokozásának támogatása.

## Schema modul (kapcsolási rajz)

- 99 oldalnyi kapcsolási rajz,
- on-line kétirányú annotáció a nyákon vagy a kapcsolási rajz-nyakon történt módosítás között
- a nyáktervezéshez szükséges adatok a kapcsolási rajzból való automatikus generálása,
- a táplálási pontok automatikus generálása (az IC-k számára),
- a kapcsolási rajz elektromos szempontból való ellenőrzése (Electrical Rule Check = ERC)

## Autorouter modul (aut. huzalozás)

- a nyáktervező modullal való teljes integráltság,
- a beállított tervezési szabályok betartása (Design Rules),
- a különböző összekötéscsoportok előre beállított paramétereinek betartása (Net Classes),
- az auto és a kézi routerelés közötti bármely pillanatban való átkapcsolás lehetősége,
- ripup&retry algoritmus,
- felhasználói stratégia,
- a huzalozás számára a legkisebb raszter 0,02 mm (0,8 mils)
- max. 16 jelréteg

– max. 14 táplálási réteg  
A Professional verzió korlátozása:

- maximum 16 jelréteg.

A Standard verzió korlátozásai:

- a lap legnagyobb mérete 160 × 100 mm,
- maximum 4 jelréteg (felső, alsó és 2 belső réteg).

A Light (freeware) verzió korlátozásai:

- a lap legnagyobb mérete 100 × 80 mm,
- 2 jelréteg (belső rétegek nélkül),
- a kapcsolási rajz csak egy oldal terjedelmű lehet.

## A program telepítése és indítása

Windows operációs rendszernél helyezzük be a telepítő-CD-t, és válasszuk ki a megfelelő menüpontot a megjelent ablakban. Amennyiben az ablak nem jelenik meg automatikusan, a My Computer ablakban kattintsunk kétszer a CD-ROM ikonra. Kövessük a telepítő utasításait.

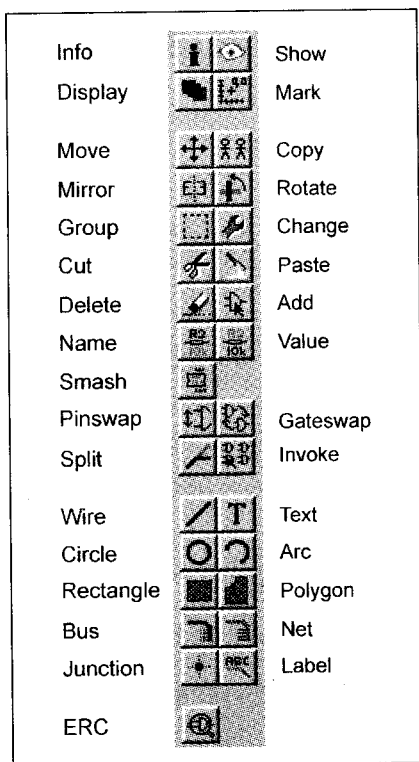
A Light verziónál (freeware) a licenz megadása nélkül a „Run as freeware”-t jelöljük meg.

Amennyiben a programot törölni szeretnénk a számítógépünkben, használjuk az EAGLE-lel együtt telepített Shield programot.

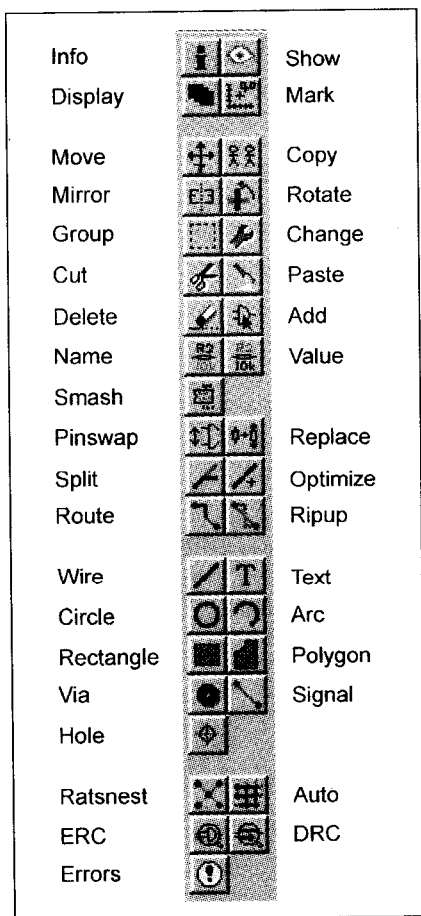
Az EAGLE telepítő-CD-n egy olyan Freeware program is található, amely némi korlátozással, a CD-ről telepítés nélkül is indítható.

Linux operációs rendszer esetén helyezzük be a telepítő-CD-t a számítógépbe. Válasszuk ki a megfelelő könyvtárat (/english/linux/install) és olvassuk el a telepítés utasításait a README fájlban. A telepítés során a program megkérdezi, hogy Freeware, vagy teljes verzióban kívánjuk-e telepíteni.

Amennyiben nincs érvényes licenzünk, válasszuk ki a „Run as Freeware”-t. Az EAGLE telepítő-CD egy telepítés nélküli Freeware verziót is tartalmaz. Ebben az esetben a CD-t 'executable' módban kell indítani. Az ily módon indított programnak további korlátozásai vannak, ami abból ered, hogy a CD nem írható.



1. ábra



2. ábra


## Egyéb jellemzők

A program alapbeállításai mellett lehetőség van az egyedi beállításokra is (pl. menü konfigurálása, billentyűk, színek stb.). Ezeket a beállításokat ezen útmutató nem tárgyalja.

Az EAGLE felhasználói környezete úgy lett megszerkesztve, hogy minden egyes művelet parancssal indul, menüből vagy a parancsikonok segítségével. Az egyes parancsokat nem szükséges megjegyezni, de ha ezeket ismerjük, a parancsok más módon is indíthatók. Bármelyik parancs indítható annak a parancssorba való beírásával vagy egy szövegfájlból (scriptből, lásd SCRIPT parancs) történő beolvasásból. Elegendő beírni néhányat a parancs első betűiből úgy, hogy a program biztonságosan felismerje azt (pl. a RATSNEST parancs beírható úgy is, hogy RATS vagy rats). Bármely parancs gyorsbillentyűhöz is hozzárendelhető. Ezért célszerű, ha a legtöbbet használt parancsok írásmódját megtanuljuk. (A parancsok szintaxisát bővebben a Help tárgyalja.) Ismertetésünkben a program alapvető, menü és ikonokkal való kezelését írjuk le.

## A parancsok indítása

Az EAGLE parancsokat indíthatjuk a billentyűzetről, ikonra való kattintással vagy a menüből. Például a MOVE parancs a következőképpen indítható:

- a Move ikonra való kattintással, 
- a MOVE parancssorba való beírásával és az Enter billentyű lenyomásával
- az F7 funkcióbillentyű lenyomásával, amelyhez a MOVE parancsot rendeltük hozzá (ez módosítható)
- a parancs Edit-Move menüből való kiválasztásával.

Ismertetésünkben főleg a menüparancsok, illetve az ikonok használata alapján mutatjuk be a program kezelését. Ha az egérrel ráközelítünk vala-

mely ikonra, megjelenik az ikon parancsa is. Az **1. ábrán** a kapcsolási rajz szerkesztő, míg a **2. ábrán** a nyák-tervező modul ikon-eszköztára látható. A **3. ábrán** a program négy soros főmenü-fejléce látható. Fentről lefelé: menüsor, eszköztár, dinamikus paraméterek sora, koordináták és a parancssor.

A billentyűkombinációk mellett (pl. Alt + F1) a parancsok parancssorból is indíthatók. Ehhez írjuk be a parancs nevét a parancssorba és nyomjuk meg az Enter billentyűt. Amennyiben valamit pontosan kell beírni, akkor például írjuk be így:

```
CHANGE WIDTH 0.024
```

és nyomjuk meg az Enter gombot! Az EAGLE nem tesz különbséget a nagy és kis betűk között, továbbá a parancsokat azok első néhány betűjére is lerövidíthetjük. Az előző parancsot tehát pl. így is beírhatjuk:

```
cha wid 0.024 (és Enter)
```

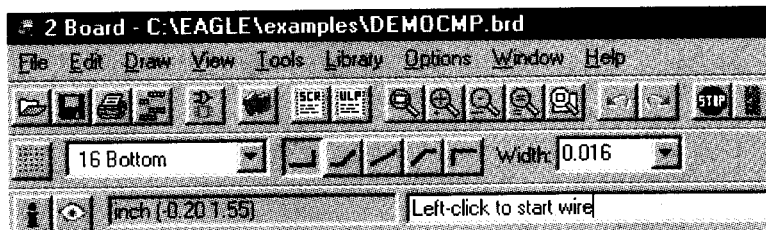
## Control panel

A program indítása után a képernyőn a Control panel jelenik meg (**4. ábra**). Segítségével beállíthatók az egyes paraméterek, betölthetők vagy elmenthetők a projektek, a gyártáshoz szükséges adatok generálhatók, megtekinthetők az alkatrészkönyvtárak, vagy a beépített makroprogramozó-nyelvvvel dolgozhatunk stb.

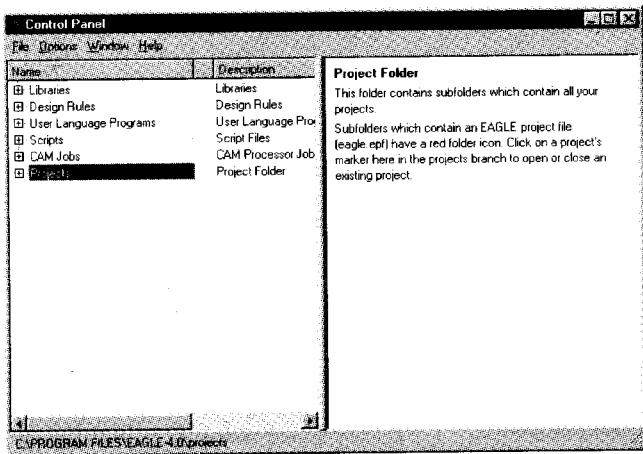
A (+) jelre való kattintással (pl.: Libraries, Projects, ...) az egyes csoportok részletei is láthatóvá válnak. A (-) jelre való kattintáskor az adott csoportok bezáródnak.

A jobb egérgombbal való kattintás után a menü automatikusan, szükség szerint változik. Lehetőség nyílik új alkatrész könyvtár létrehozására, átnevezésre (Rename), szerkesztésre (Edit), törlésre (Delete), nyomtatásra (Print), új projekt létrehozására, új kapcsolási rajz rajzolására stb.

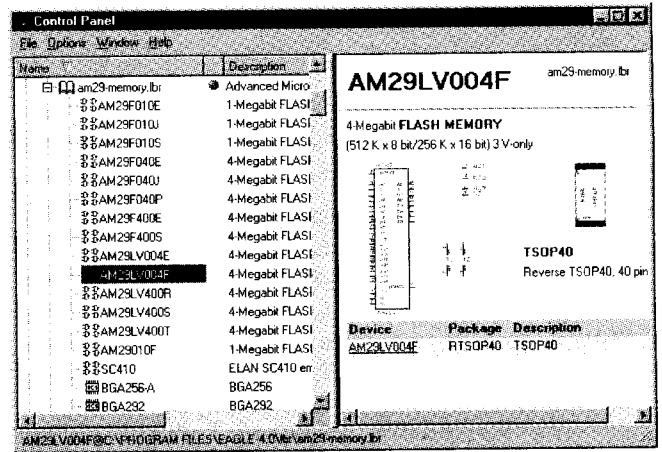
A könyvtárra (Libraries) való kattintáskor annak mappája kicsomagolódik és láthatóvá válik a benne lévő többi mappa is (**5. ábra**). Egy adott map-



3. ábra



4. ábra



5. ábra

pára való kattintáskor megjelennek a könyvtár alkatrészei.

A jobb egérgombbal a Projects-re való kattintással a megjelenő menüben megadható egy újabb projekt és az új projektben megjelenő menüben az új kapcsolási rajz, nyák, könyvtárak stb.

#### Az EAGLE fájl típusai

Az EAGLE programban a következő fájl típusokkal dolgozhatunk:

Fájl típus	Menüablak	Név
Nyák (Board)	Layout Editor	*.BRD
Kapcs. rajz (Schematic)	Schematic Editor	*.SCH
Könyvtárak (Library)	Library Editor	*.LBR
Szkript (Script)	Text Editor	*.SCR
ULP (User Language Program)	Text Editor	*.ULP
Szövegfájlok	Text Editor	**

**Figyelem!** A Linux-verzió kizárólag a kisbetűs fájlkiterjesztéseket ismeri!

#### EAGLE projektek (Projects)

Próbáljunk meg létrehozni egy új projektet. A program indítása után kattintsunk a Projects-nél levő (+) jelre, ezután a megjelent projektek közül kattintsunk az Examples-re, majd a Tutorial-ra, amíg meg nem jelenik annak könyvtára.

A menüből válasszuk ki a New Project-et. Az új projektmezőbe írjuk be a projekt nevét, pl. Teszt, és nyomjunk egy entert. Létrejött egy új, Teszt nevű mappa, amely majd az új projekt összes adatait tartalmazni fogja.

A Control panel Options-directories menüjében további mappák is létrehozhatók, amelyekbe a különböző adatokat mentjük majd el.

A jobb egérgombbal az új projekt-névre (Teszt) való kattintással elkezdhetjük rajzolni az új kapcsolási rajzot (New-Schematic), tervezni az új nyáklapot (New-board) stb. A projekt minden mappája tartalmaz egy Eagle.epf fájlt, mely a programnak az adott projekthez tartozó beállításait tartalmazza.

Az éppen aktív projektet zöld kiemelőszín jelzi.

Az EAGLE indításakor az utoljára használt projekt automatikusan betöltődik. Amennyiben a munkát az Alt+X paranccsal fejezzük be és a programot újra indítjuk, a projekt pontosan ugyanolyan beállításokkal jelenik meg, mint amilyenekkel előzőleg befejeztük a munkát.

#### Fájlbetöltések és az ábrázolás nagyítása (Zoom)

A következőkben gyakorlati alkalmazásokat mutatunk be. Indítsuk el az EAGLE programot és várjunk, amíg meg nem jelenik a Control panel. Az Examples-Tutorial mappából töltsük be a Demo2.brd lapot. Ez végrehajtható a Projects-től az Examples-Tutorial-ig való kétszeri kattintással, vagy a Control panel menüjéből File-Open-Board és a megadott fájl név megkeresésével. Az adott lap kapcsolási rajza a lappal együtt automatikusan betöltődik. Nagyítsuk meg a szerkesztőablakot!



Erre az ikonra való kattintással ráközelítünk az ábrára (zoom in).



Erre az ikonra való kattintással az egész panel kitölti a teljes munkafelületet.



Erre az ikonra való kattintással az ábra távolodik (zoom out).



Erre az ikonra való kattintással az ábrázolást tetszőlegesen állíthatjuk be:

a) a lenyomva tartott bal egérgombbal kijelöljük az ábrázolni kívánt felületet, s az egérgomb felengedésével a program a kijelölt területre közelít rá.

b) kattintsunk a bal egérgombbal arra a pontra, amely majd a kívánt ábrázolás középpontjában lesz, majd kattintsunk a szemafor ikonra – az ábrázolás elmozdul, de a nagyítás megmarad.

c) a munkafelület három pontjának megadásával (bal egérgombbal való kattintás a kiválasztott ponton) az ábra egyidejűleg elmozdítható és nagyítható is: az első pont az új ábrázolás középpontját, a másik kettő pedig a nagyítás mértékét adják meg – amennyiben a harmadik pont távolabbra esik az elsőtől, mint a második, a távolságuk arányában nagyítódik meg az ábra.



Erre az ikonra való kattintással a rajz újrarajzolódik és az esetleges ábrázolási hibák is kijavíthatók (Redraw).

#### A rajzolórétegek kiválasztása

A rajzok egyes objektumai különböző rajzolórétegekben helyezkednek el. A kimeneti adatok generálása során, az adatok helyessége miatt, az egyes rétegek kombinálódnak. Például a Top (felső lapréteg), Pad (forraszfelület) és a Via (másik rétegre való átmeneti

lyuk) kombinációival megkapjuk a felső rézréteg elkészítéséhez szükséges filmmatrica fotoplottoláshoz szükséges adatait. A Pad réteg a forraszfelületek adatait, a Via réteg pedig a két rézfelület közötti átmenetek adatait tartalmazza.

Töltjük be a DEMOCMP lapot és kattintsunk a Display ikonra. Megjelenik a rajzolórétegek listája, amelyben a jelenleg láthatóak vannak megjelölve. Az egyes rétegek melletti kis mezőre való kattintással az egyes rétegek láthatóvá vagy éppen rejtetté válnak. Az All és None billentyűk egyszerre kapcsolják az összes réteget.

*Nagyon fontos!* A felső rétegen lévő alkatrészek csak abban az esetben választhatók ki vagy mozdíthatók el, ha a tOrigins réteg láthatóságát bekapcsoltuk. Ugyanez érvényes az alsó rétegre is, ahol a bOrigins réteg láthatóságának kell bekapcsolva lennie. Az ún. Origins-ek az egyes alkatrészek referenciapontjai, amelyek szerint az egyes alkatrészek elhelyeződnek, elmozdíthatók vagy elfordíthatók, pl. középpont, 1. számú kivezetés stb.

### A raszter (Grid) és a mértékegységek (Unit) beállítása

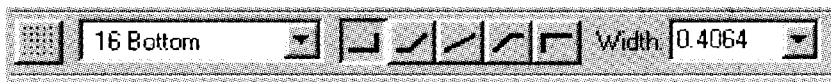
A kapcsolási rajzoknak mindig a 0.1 hüvelykes (2,54 mm-es) raszterben kell készülniük, mert a sematikus szimbólumok ebben a raszterben készültek (a kivezetések a 0.1" raszterbe esnek). A nyák-lapon különböző raszter használható, a felhasznált alkatrészek alapján. Erre az ikonra való kattintással a GRID parancsot aktiváljuk, amellyel a raszter és a mértékegység is beállítható. Az adatok az éppen kiválasztott mértékegységben adhatók meg.

### Vonalak, körvonalak, körívek, téglalapok és szövegek

Az összekötések, vonalak, körvonalak, körívek, téglalapok és a szövegek a WIRE, CIRCLE, ARC, RECTANGLE és TEXT parancsokkal készíthetők.

Példaképpen új kapcsolási rajzot készítünk. Zárjuk be a szerkesztő összes ablakát és a Control panel menüjéből válasszuk ki a File-New-Schematic-ot.

Megjelenik a kapcsolásirajz-szerkesztő, UNTITLED.SCH névvel. Soha ne mentjük el a kapcsolási rajzot ezen név alatt, a mentéshez használjuk a Fi-



6. ábra

le-Save as parancsot a saját megadott fájl névvel. Nagyítsuk meg a szerkesztőablakot.

### WIRE (huzal)



A WIRE (huzal) parancs huzalok rajzolását teszi lehetővé.

Amennyiben ezek a huzalok a nyák tervezésénél az egyes rétegekben (Top, Bottom vagy Route2...15) használhatók, azokat a program nyomtatott huzalozásnak értelmezi. A kapcsolási rajz szerkesztésénél a program a 15-ös rétegben értelmezi. Ezzel a parancssal rajzolható meg a nyák-lap külső körvonala is, a Dimensions rétegben.

A parancs használata: kattintsunk a WIRE parancsra. A rajzolóréteg, a dőlésszög és a vonal vastagsága a paramétersorban állítható be (6. ábra).

A huzal kezdőpontját kattintással adjuk meg. Húzzuk lassan a kurzort ferdén felfelé, elkezdődik a huzal rajzolása, kattintsunk a jobb egérgombbal, majd folytassuk a huzal rajzolását, minden egyes kattintással a dőlésszöget változtatjuk meg. A folytonos vonal befejezéséhez kétszer kattintsunk. A dőlésszög a paramétersorban is kiválasztható, de a jobb egérgomb használata egyszerűbb és gyorsabb. A rajzolás közben a rajzolóréteg beállítását a középső egérgombbal módosíthatjuk.

### Vonalvastagság

Amennyiben a WIRE parancs aktív, a vonalvastagság a parancssorban beállítható. A vonalvastagság utólagos módosítása a CHANGE parancssal és a WIDTH menüponttal végezhető. Az előre beállított vastagságokból választunk és ezután a kiválasztott vonalszegmensre kattintással annak vastagsága megváltozik.

Amennyiben más vonalvastagságra van szükségünk, mint az előre beállítottak, írjuk be a következőhöz hasonló parancssort a kívánt értékkel:

CHANGE WIDTH 0.017 Enter

Ezután kattintsunk a kiválasztott vonalszegmensre. Hasonló folyamattal a rajzolás előtt is beállítható a vonalvastagság.

### Objektum más rajzolórétegbe való áthelyezése

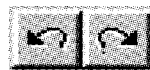


Az objektumok más rétegbe való áthelyezését az EDIT menü CHANGE parancsával végezzük. A parancs indítása után kiválasszuk a LAYER menüpontot, ahol kiválasztjuk a szükséges réteget. A bal egérgombbal az áthelyezni kívánt objektumra kattintva az objektum az előzők szerint kiválasztott rétegre kerül.

*Figyelem:* néhány objektumtípus nem helyezhető át bármely rétegre, mert a tervezés szabályai szerint csak előre meghatározott rétegeken helyezkedhetnek el.

### Undo/Redo parancs (visszavonás/visszavonás törlése)

Amennyiben a már kiadott parancsot vissza kell vonni, vagy a már visszavontakat törölni, azt az UNDO és REDO parancsokkal végezhetjük el, melyeket az EAGLE-ben korlátlanul használhatunk. A bal oldali ikon a visszavonást jelenti, a jobb oldali pedig a visszavonás törlését.



### CIRCLE (kör)



A kör rajzolásához a DRAW menüpont CIRCLE parancsát használjuk. Az EAGLE-ben a kör meghatározásához két kattintásra van szükség: az első kattintással a kör középpontját adjuk meg, a második pedig a kör sugarát.

Helyezzük el a kurzort a kör középpontjának helyére, kattintsunk a bal egérgombbal, majd helyezzük át a kurzort a kör sugarának végpontjára és ismét kattintsunk egyet a bal egérgombbal. Ekkor megrajzolódik a kívánt átmérőjű és helyzetű kör.

A vonalvastagságot és a rajzolóréteget a paramétersorban adhatjuk meg. Rajzolás közben a réteget a középső egérgombbal módosíthatjuk.

*Figyelem:* A nulla méretű vonalvastagság kitöltött kört eredményez!

## ARC (körív)



A körív a DRAW menüpont ARC parancsát használjuk. Az EAGLE-ben a körív meghatározásához három kattintásra van szükség: az első kattintás a körív kezdőpontját, a második a körív átmérőjét, a harmadik kattintás pedig a körív végpontját adja meg. Helyezzük el a kurzort a majdani körív kezdőpontjába, kattintsunk a bal egérgombbal. Húzzuk el a kurzort, megjelenik egy kör, amely a körív átmérőjét adja meg. A kívánt átmérőnél kattintsunk egyet. Végül jelöljük meg a körív végpontját, és az a kattintás után megrajzolódik. Ha az utolsó kattintás előtt a jobb egérgombbal kattintunk, választhatunk a két körív között. A réteg a középső egérgombbal módosítható.

## RECT (téglalap)



Téglalapot a DRAW menü RECT parancsával rajzolhatunk. A téglalap két ponttal adható meg: az első pont az egyik sarkot, a másik pont pedig az átellenes sarokpontot adja meg. Helyezzük el a kurzort a téglalap egyik sarkának helyére, kattintsunk egyet, húzzuk át a kurzort az átellenes sarokba, majd kattintsunk megegyet.

A téglalap az adott réteg színével töltődik ki. A szín a SET parancsallátható be. A réteg a középső egérgombbal módosítható.

## TEXT (szöveg)



A DRAW menü TEXT parancsa egy ablakot nyit meg, amelybe tetszőleges szöveg írható. Az OK gombra való kattintással a beírt szöveg a kurzorhoz ragad, amellyel a szöveg a munkafelület tetszőleges helyére helyezhető. Kattintás után a szöveg az adott helyen marad. Ha már egyszer elhelyeztük a szöveget, az még mindig a kurzorhoz ragadva marad, így kattintásokkal többször is elhelyezhető ugyanaz a szöveg. A szöveggel való munka befejezéséhez elég egy másik parancsot kiválasztani. A szöveg irányát, 90 fokként, a jobb egérgombbal változtathatjuk. Amennyiben újabb szöveget szeretnénk beírni (és még a szöveg módban vagyunk), elég azt a billentyűzetről beírni és a régi szöveg az újabbra változik. Az új szöveg végére mindig nyomjunk egy En-

tert. Az olyan szöveget, mely tartalmazza a (-) és/vagy a (;) karaktert, tegyük mindig idézőjelek közé.

A szöveg méretét a CHANGE – SIZE parancsral módosíthatjuk, az érték kiválasztásával és a szöveg origópontjára való kattintással (alapértelmezésben a szöveg bal alsó sarka). Amennyiben a szöveg forgatva van, az origópont helyzete megváltozik.

A szöveg a CHANGE – TEXT parancsral és az origópontra való kattintással módosítható.

A CHANGE és RATIO parancsral a szöveg vonalvastagsága a betűméret figyelembe véve módosítható.

## Speciális szövegváltozók

Amennyiben a >SHEET szöveget írjuk be, a szöveg automatikusan az aktuális oldalszámra változik, pl.: '1/1'. A program egy sor további szövegváltozót is tartalmaz, pl.: dátum/időpont (date/time), alkatrésznév és érték (VALUE a NAME) stb.

## Alkatrészkönyvtárak

Az EAGLE nyák-tervező program egy sor alkatrészkönyvtárat tartalmaz, melyekben klasszikus és SMD alkatrészek is szerepelnek. Az alkatrészek tematikusan, típusok szerint vannak csoportosítva, megkönnyítve azok keresését. Tekintsük át, hogyan kell egy alkatrészt megkeresni, a rajzban elhelyezni és vele dolgozni.

Nyissunk meg egy új kapcsolási-rajz-szerkesztő oldalt a FILE – NEW – SCHEMATIC parancsral, így egy üres oldallal kezdünk dolgozni.

## ADD (alkatrészhozzáadás)



Az EDIT menü ADD parancsral kiválasztunk egy alkatrészt és azt elhelyezzük a rajzfelületen. A parancs indításával megjelenő ablakból a könyvtárakban szereplő bármely alkatrészt kiválaszthatjuk a következők szerint.

A SEARCH (keresés) mezőbe beírható a keresett alkatrész teljes vagy részleges neve. Ez utóbbi esetben a hiányzó karakterek csillaggal vagy kérdőjellel (wild card karakterrel: \* vagy ?) pótlandók.

Például a 74LS00 típusú alkatrészt keressük. A SEARCH mezőbe beírhatjuk például a következőket: 74\*00\* vagy 74LS00\*, ahol a \* az ún. wild card

karakter, amely a jelen esetben bármely másik karaktert helyettesíthet.

Amennyiben a 74LS00\*-t írjuk be, a keresés eredménye azon könyvtárlisták és azok részei, amelyek tartalmaznak olyan alkatrészeket, melyek nevében előfordul a 74LS00 (pl. 74LS00N).

Amennyiben a 74\*00\* -t írjuk be, a keresés eredménye azon könyvtárlisták és azok részei, amelyek tartalmaznak olyan alkatrészeket, melyek nevében előfordul a 74 és a 00 (pl. 74HC00N, 74AC11004, 74LS00FK stb.).

Válasszuk ki a NAME listából a kívánt alkatrészt (74LS00N), és nyomjunk egy OK-t. Ezzel a kiválasztott sematikus szimbólum megjelenik a kurzornál. A szimbólumot a kapcsolási-rajz-szerkesztő munkafelületén kattintással helyezhetjük el. A szimbólumot helyezzük el a munkafelület közepén. A szimbólum elhelyezése (kattintás) után a kurzornál megjelenik egy ugyanolyan szimbólum, melyet egy további kattintással szintén elhelyezhetünk a munkafelületen. Helyezzünk el ily módon 4 kaput a munkafelület közepe táján. Ezután helyezzük el az ötödik kaput is, és figyeljük meg, hogy amíg a program az első négy kaput IC1A-tól IC1D-ig nevezte el, az ötödik kapu neve már IC2A, mert az ötödik kapu számára már egy újabb alkatrész (integrált áramkör) szükséges.

Amennyiben láthatóvá tesszük a 93-as PINS réteget, láthatóvá válnak az egyes kivezetések adatai. A képernyőn látható, hogy az egyes kivezetések Input-tal (In) vagy Output-tal (Out) vannak megjelölve, és a számok ún. Swaplevel-t jelölnek, ami annyit jelent, hogy a 0-tól nagyobb számmal jelölt kivezetések egymás között felcserélhetők, amennyiben azonos számmal vannak megjelölve. Például a Swaplevel 1-gyel jelölt kivezetés bármely másik, szintén Swaplevel 1-gyel megjelölt kivezetéssel felcserélhető. A Swaplevel 0 azt jelenti, hogy az adott kivezetés nem cserélhető fel semmilyen más kivezetéssel sem. A 93-as (PINS) réteg általában a nyomtatásban nem látható.

Amíg az ADD parancs aktív, a szimbólum a kurzorral együtt mozog és elhelyezhető a rajzfelületen. Az alkatrész kiválasztása az ESC billentyű megnyomásával szüntethető meg.

Írjuk be a SEARCH mezőbe az LM555\*-ot vagy a \*555\*-ot és válasszuk ki az LM555N alkatrészt a Name mezőben. Fordítsuk el az alkatrészt

180 fokkal a jobb egérgomb kétszeri kattintásával, majd helyezzük el az alkatrészt a rajzfelületen.

Próbáljunk további alkatrészeket is elhelyezni a rajzfelületen. Figyeljük meg, hogy mind az európai, mind az amerikai szabványok szerinti rajzszimbólumok jelen vannak az adatbázisban.

Természetesen az alkatrészek a név beírása nélkül is kiválaszthatók a \*,\*'-nak a SEARCH mezőbe való beírásával. Ekkor megjelenik az összes alkatrész listája, és abból a kívánt alkatrész kiválasztható.

Az alkatrészelhelyezés egyik más formája a Control panel-ben a könyvtárlistából való kiválasztás. A könyvtárlista a LIBRARIES melletti (+)-ra való kattintással lesz látható. Az egyes alkatrészkönyvtárak melletti (+)-ra való kattintáskor láthatóvá válnak az adott könyvtár alkatrészei. Az alkatrész nevére való kattintáskor a jobb oldali ablakban megjelennek az alkatrész adatai, sematikus szimbóluma, tokozása és az alkatrész szöveges leírása. A kiválasztott alkatrész a rajzfelületre helyezhető nevének áthelyezésével (Drag/Drop), vagy a Control panel jobb oldalán levő ADD paranccsal. Amennyiben az adott alkatrésznek többféle variánsa létezik, a kívánt alkatrészt az ADD parancs ablakából kell kiválasztani még az elhelyezés előtt.

A program feltételezi, hogy az összes aktív alkatrész azonos tápfeszültség vezetékre (plusz és föld) lesz kapcsolva. Ezért a táplálási pontok nincsenek ábrázolva, de azok a nyák tervezésekor automatikusan kapcsolódnak a betáplálási pontokhoz (amennyiben azokat a felhasználó nem változtatja meg).

A legtöbb sematikus szimbólum abban az esetben, ha egy plusz és egy föld (mínusz) tápot igényel, nem tartalmaz látható betáplálási pontokat. Némely esetben, mint például az 555-nél van konkrét értelme, hogy a tápkivezetések is láthatók legyenek. Ebben az esetben ezek a kivezetések bármely jelhez (net) kapcsolhatók.

## USE (hozzáférhető könyvtárak)



A program alapbeállítás szerint az Options/Directories/Libraries könyvtárakban keres. Szükség szerint beállítható, hogy egyes könyvtárakban ne keressen. A Control panel Libraries könyvtárban látható, hogy minden alkönyv-

tár mellett egy zöld jelzés van, amely kattintásra szürkére vált. A zöld jelzés azt jelenti, hogy az adott könyvtár az alkatrészkeresés számára hozzáférhető, amíg a szürke jelzés a hozzáférés tiltottságát jelzi. A USE paranccsal a megjelölt könyvtár ismét hozzáférhetővé válik.

## INVOKE



Az INVOKE parancsnak többféle értelmezése van.

1) Abban az esetben is használatos, amikor egy alkatrészt az előre meghatározott tápfeszültségtől eltérő feszültséggel kell táplálnunk. Például a 74LS00N-nél, amelyet az előzőekben már a rajzba helyeztünk, a betáplálást a következőképpen módosíthatjuk:

Aktiváljuk az EDIT menüből az INVOKE parancsot és válasszuk ki a bal egérgombbal egy kaput. A megjelölt ablakban válasszuk ki a PWRN szimbólumot és nyomjunk egy OK-t. A kurzornál megjelennek a betáplálási pontok, amelyeket kívánság szerint helyezhetünk el. Ezeket a pontokat bármelyik jelhez (tápfeszültség) kapcsolhatjuk.

2) A több részből álló alkatrészek egyes részeinek beszúrásai sorrendjének módosításához is használható. Alapértelmezésben a program az egyes részeket (pl. kapuk) az alkatrészkönyvtárban meghatározott sorrendben helyezi el a rajzban. Néha azonban tervezési szempontból némelyik részt korábban kell elhelyezni, mint ahogy az sorra kerülne, pl: az IC2D kaput az IC2B és IC2C kapuk előtt kell elhelyezni. Aktiváljuk az INVOKE parancsot és válasszuk ki a kívánt alkatrészt. A megjelölt ablakban látható, mely kapuk vannak már használatban és melyek még nem. Bármelyik még nemhasznált kapu kiválasztható és az OK-val vagy a kapu nevére való kettős kattintással a rajzba beszúrható.

Amennyiben egy, valamely oldalon már elhelyezett kapu ugyanazon kapcsolási rajz egy másik oldalán való elhelyezésére van szükség, aktiválni kell az INVOKE parancsot, be kell írni az alkatrész nevét, pl. IC2, a megjelölt ablakból kiválasztott kapu pedig beszúrható a rajzba.

A rajzokba bármennyi könyvtárból beszúrhatók alkatrészek. Az adatotváltás szempontjából a rajzokban használt alkatrészekről az összes infor-

mációt a kapcsolási rajz, vagy a nyákrajz fájjai tartalmazzák, ezért a megtervezett kapcsolások mellé külön nem szükséges mellékelni az alkatrészkönyvtárakat.

## Kapcsolási rajz

Nyissunk új, üres kapcsolási rajz munkafelületet a Control panel File-New-Schema paranccsal vagy a már nyitott szerkesztőben a File-New paranccsal.

### Grid (raszter)

A standard, alapbeállítású raszter mérete 0,1 hüvelyk (2,54 mm). A szimbólumok elhelyezésénél ezen raszter használata előnyös, mivel azok kivezései is ebben a raszterben készültek és a megfelelő összekötésekhez is erre van szükség.

### Rajzkeret beszúrása

A rajzolás elkezdése előtt helyezzük el a rajzfelületen egy, a FRAMES.LBR könyvtárból kiválasztott keretet. A könyvtárban több, különböző méretű rajzkeret található. Aktiváljuk az ADD parancsot és a SEARCH mezőbe írjuk be a LETTER szót. A megjelölt listából válasszuk ki például a LETTER\_P keretet. A kiválasztott keret a kurzorhoz ragadva jelenik meg.

Amennyiben a keret nem látható teljes egészében, nyomjuk meg az F4 billentyűt. Helyezzük el a keretet úgy, hogy a bal alsó sarka a 0,0 koordinátán legyen, majd a bal egérgombbal való kattintással rögzítsük oda. A kurzornál egy másik ugyanolyan keret jelenik meg. A művelet és az ADD parancs a STOP ikonra való kattintással szüntethető meg. Az Alt+F2 billentyű megnyomásával vagy a Zoom-to Fit ikonra kattintással a keret kitölti az egész látható rajzfelületet.

### Text a rajzkeret módosítása



Az előre elkészített rajzkeretek vonalak, szövegek és objektumok hozzáadásával módosíthatók. Különböző kereteket magunk is készíthetünk és a könyvtárba elmenthetjük (a Demo verzió nem engedélyezi). A szövegváltozók, mint pl. a projektneve, verziószám stb. azonnal beírhatók. A rajzkeretek a könyvtárban mint szimbólumok vannak elmentve, ezért a keretekben lévő szövegeket is



ajánlatos a 94-es (Symbols) rétegen írni.

Közelítsünk a rajzra, hogy a sarokpecsét szövegrészei jól láthatók legyenek. Aktiváljuk a TEXT parancsot (ikon vagy a DRAW menüpont segítségével), és a megjelent ablakba írjuk be a szövegünket. Az OK-ra való kattintás után a beírt szöveg a kurzorhoz ragadva jelenik meg. A szöveget az egérrel helyezzük el a kívánt helyre és a bal egérgombbal rögzítjük le.

A szöveg rögzítése után annak másolata a kurzorhoz ragadva marad, amíg a TEXT parancsot nem állítjuk le a STOP ikonnal vagy egy másik parancs aktiválásával.

A betű mérete és típusa a szöveg beírása után a szerkesztőablakban állítható be utólag, a CHANGE parancs segítségével:

Aktiváljuk a CHANGE parancsot (ikon vagy az EDIT menüpont segítségével) és a megjelent menüből válasszuk ki a SIZE-ot vagy a FONT-ot, majd az új értéket. A módosításra kattintsunk OK-t, majd a módosítandó szöveg bal alsó sarkára kattintsunk és a szöveg az új beállítás szerintire változik.

Amennyiben a betűméretet olyan értékre szeretnénk változtatni, amely nem szerepel a CHANGE-SIZE menüben, pl. 0.17-re, egyszerűen írjuk be a következőket:

CHANGE SIZE 0.17 Enter

és kattintsunk a szöveg bal alsó sarkára.

A sarokpecsét két szövegmezőt, a TITLE és DATE nevű tartalmaz, amelyeket a program automatikusan tölt ki (a TITLE a rajz neve, a DATE a rajz mentésének dátuma). Ezen szövegmezők a következők beírásával készültek:

>DRAWING\_NAME, és

>LAST\_DATE\_TIME

Ezek a szövegmezők a felhasználó által készített sarokpecsétteken is használhatók és mentéskor mindig automatikusan kitöltődnek.

## Kapcsolási rajz elkészítése

Rajzoljuk meg a 7. ábrán szereplő kapcsolási rajzot. Amennyiben nem akarjuk az egész rajzot megrajzolni, használjuk a DEMO1.SCH rajzot, mely a ..examples\tutorial könyvtárban található.

## 2. táblázat

Part	Value	Device	Package	Library
C1	30p	C-EUC1206	C1206	rcl
C2	30p	C-EUC1206	C1206	rcl
C3	10n	C-EU025-025X050	C025-025X050	rcl
C4	47u/25V	CPOL-TAP5-45	TAP5-45	rcl
C5	47u	CPOL-TAP5-45	TAP5-45	rcl
D1	1N4148	1N4148	DO35-10	diode
IC1	PIC16F84AP	PIC16F84AP	DIL18	microchip
JP1	PROG	PINHD-1X4	1X04	pinhead
JP2	APPL	PINHD-1X17	1X17	pinhead 1
Q1		XTAL/S	QS	special
R1	2.2k	R-EU_R1206	R1206	rcl
U1	78L05	78LXXZ	TO92	linea

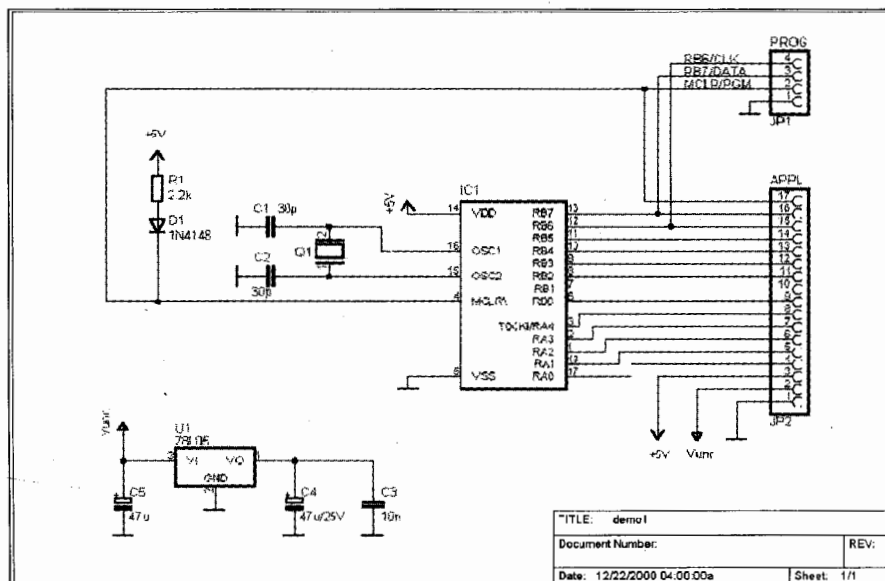
A rajzot az ALT+F2 megnyomásával vagy a Zoom-to-fit ikonra kattintással nagyítsuk a teljes képernyőre. A kapcsolási rajz a 2. táblázat szerinti alkatrészeket tartalmazza.

Az alkatrészek kiválasztásához aktiváljuk az ADD parancsot és helyezzük el az alkatrészeket a 7. ábra szerint. A megfelelő elhelyezéshez kapcsoljuk be a rasztert. Az F6 billentyűvel kapcsolhatjuk be és ki a raszter láthatóságát. A rajzon az alkatrészek szükség szerint áthelyezhetők a MOVE parancsral (F7 billentyű, ikon, EDIT menüpontból). Az alkatrészeire való kattintás, a kurzor új helyre való áthelyezése, majd a bal egérgombbal való újbóli kattintással az alkatrész az új helyre

helyeződik át. Az alkatrész az első kattintásra színt változtat, jelezve, hogy kiválasztottuk és készen áll az áthelyezésre.

Az áthelyezés után a MOVE parancs még mindig aktív marad az esetleges következő alkatrész áthelyezésére. Amennyiben az áthelyezés folyamán a jobb egérgombbal kattintunk, a kiválasztott alkatrész 90 fokkal elfordul. Minden egyes kattintással 90 fokkal fordíthatjuk el az alkatrészüket. Amennyiben elhelyeztük az összes alkatrészt, elkezdhetjük azokat a – rajz alapján – a NET parancs segítségével összekapcsolni.

*Figyelem! Az egyes kivezetések összekapcsolásához ne használjuk a*



7. ábra

*WIRE* parancsot hanem mindig a *NET* parancssal dolgozzunk!

## NET (összekötések)



A *NET* parancssal (ikon, *DRAW* menüpont) megrajzolt összekötés csakis akkor lesz az alkatrész kivezetéséhez kapcsolva, ha az az alkatrész kivezetésének kapcsolódási pontjában (connection point) kezdődik vagy végződik. Amennyiben nem vagyunk biztosak a kapcsolódásban, a *DISPLAY* parancssal jelelnünk meg a 93-as (*PINS*) réteget, amelyen a kapcsolódási pontok zöld színű körrel vannak ábrázolva. Kattintsunk a bal egérgombbal az egyik kivezetésre (kapcsolódási pontra) – elkezdjük az összekötés rajzolását. Az egér mozgatásával húzzuk az összekötést a kívánt irányba. Irányváltáshoz a megfelelő helyen kattintsunk egyet a bal egérgombbal, majd ha elértük összekötésünk végpontját, kattintsunk még egyet a bal egérgombbal és az összekötésünk befejeződik. Az összekötés rajzolása közben a jobb egérgombbal való kattintással az összekötés irányváltatásának szögét változtathatjuk merőlegesről átlósra vagy tetszőleges szögűre.

Az összekötés bármely, már megrajzolt összekötés bármely pontján kezdődhet és végződhet. Ebben az esetben a program a kapcsolódási pontokon egy-egy pontot helyez el. Amennyiben két különálló összekötést utólag kapcsolunk össze, a program megkérdezi, a két összekötés neve (net name) közül melyikkel jelöljük meg a keletkezett összekötést.

Az *EAGLE* program a rajzolás folyamata közben automatikusan megnevezi az egyes összekötéseket (net name). Az automatikus net name formátuma *N\$xxx*, ahol az *x* az összekötés sorszáma. Mivel az automatikus megnevezés már a rajzolás megkezdésétől fogva működik, ajánlatos a kapcsolódó összekötéseket a már megrajzolt összekötéstől kezdve megrajzolni, hogy az egész net azonos nevet kapjon. Ellenkező esetben pedig, ha a kapcsolódó összekötést az alkatrész kivezetésétől kezdve egy másik összekötéshez húzzuk, választanunk kell a két net name között.

A mi esetünkben az összetett összekötés egy példája az *U1* alkatrész 1-es kivezetése, a *C3* plusz kivezetése és a *C4* közötti összekötés.

Amennyiben módosítani akarjuk valamelyik összekötés nevét, azt a *NAME* parancssal végezhetjük.

## NAME (név)



A *NAME* (ikon, *EDIT* menüpont) parancs az összekötések (net name), sinek vagy alkatrészek (Reference Designator) neveinek módosítására szolgál.

Aktiváljuk a *NAME* parancsot és kattintsunk bármely összekötésre. Ekkor egy ablak jelenik meg az összekötés nevével, melyet módosíthatunk, majd megnyomjuk az *OK* billentyűt. Azonos módon módosíthatjuk az egyes alkatrészek neveit is.

A program nem engedélyezi az alkatrészek kettőzött elnevezését. Azok az összekötések viszont, amelyek nincsenek láthatóan összekötve, kaphatnak azonos nevet. Ennek során az azonos nevű összekötések automatikusan összekapcsolódnak. Ezt használjuk ki abban az esetben, amikor a kapcsolási rajzunk többoldalyi terjedelmű és a másik oldalon folytatódó összekötéseket az azonos elnevezéssel oldjuk meg.

## LABEL (megjelölés)



A *LABEL* (ikon, *EDIT* menüpont) az egyes összekötések neveinek láthatóvá tételére szolgál. Aktiváljuk a *LABEL* parancsot és kattintsunk valamelyik összekötésre! A kurzor mellett megjelenik az összekötés neve, amelyet a bal egérgombbal való kattintással bárhol elhelyezhetünk. A jobb egérgombbal a szöveget 90 fokként elforgathatjuk. Amennyiben az összekötés nevét utólag módosítjuk, a látható szöveg is automatikusan megváltozik.

Ez a látható szöveg a *CHANGE-TEXT* parancssal nem módosítható, mert a szöveg az összekötés valódi nevével azonos – csak a *NAME* parancssal módosítható. A betű mérete és fontja azonban módosítható a *CHANGE-SIZE* és *CHANGE-FONT* parancsokkal.

## DELETE (törlés)



A *DELETE* (ikon, *EDIT* menüpont) parancssal a rajzból objektumok törölhetők. Amennyiben összekötések vagy vonalak törlésére használjuk, csak a kiválasztott szegmensek törölődnek. Akti-

váljuk a *DELETE* parancsot és kattintsunk egy objektumra. A törlést visszavonni az *UNDO* parancssal lehet. Az *UNDO* parancs után ismételtlen törölni a *REDO* parancssal lehet. Objektumcsoportot törölni úgy lehet, hogy először a *GROUP* parancssal kiválasztjuk a csoportot (körülhatároljuk a csoportot, az utolsó szegmens a jobb egérgombbal való kattintással automatikusan bezáródik), majd aktiváljuk a *DELETE* parancsot és a jobb egérgombbal való kattintással törlődik a csoport.

## JUNCTION (kapcsolódás)



Két összekötés kapcsolódási pontján automatikusan megjelenik egy nagyobb pont, ami a kapcsolódást (junction) ábrázolja. Az automatikus pontmegjelenítés az *OPTIONS-SET-MISC-Auto Set Junction* menüpontban kikapcsolható. A kézi pontelhelyezést a *JUNCTION* (ikon, *DRAW* menüpont) parancssal végezhetjük. A parancs aktiválása után a kurzornál megjelenik a pont, amelyet kattintással az összekötésen bárhol (nemcsak a két összekötés kapcsolódási pontján) elhelyezhetünk. A kapcsolódási pont kizárólag az összekötésen (net) helyezhető el.

## SHOW (információ megmutatása)



A *SHOW* (ikon, *VIEW* menüpont) parancs segítségével az adott objektum adatai válnak láthatóvá. Aktiváljuk a parancsot és kattintsunk egy összekötésre! A képernyő alsó sorában megjelenik az összekötés neve (net name). Kattintsunk egy alkatrészt és az alsó sorban megjelennek az alkatrész adatai (Ref.Designator, alkatrész neve, könyvtár, tokozás neve).

A megjelölt alkatrész szint változtat. Az összekötés kiválasztásakor szint változtatnak a kapcsolódó részek is (kivezetések, kapcsolódási pontok, kivezetések nevei stb.). Egy konkrét objektum adatainak megjelenítése elérhető a parancs és az objektum nevének együttes beírásával is. Próbáljuk beírni a következőt:

*SHOW U1 Enter*

A program más színnel jelöli meg az adott alkatrészt (*U1*) és az alsó sorban megjeleníti az adatokat. Az így aktivált parancs aktív marad, és a további adatokhoz elég beírni csak az objektum nevét a *SHOW* parancs nélkül.

## MOVE (elmozdít)



Az összekötések rajzolása és elmozdítása körüli félreértések elkerülése miatt meg kell értenünk a MOVE parancs következő hatásait:

Amennyiben egy összekötést (net) a MOVE parancssal mozdítunk el úgy, hogy az az új helyen áthalad egy alkatrész kivezetésén, nem keletkezik kapcsolódás az összekötés és az alkatrész-kivezetés között.

Ha viszont egy alkatrészt mozdítunk el oly módon, hogy a kivezetése (kapcsolódási pontja) érinti egy másik alkatrész kivezetését vagy egy összekötést, ezek között elektromos összekötés keletkezik annak ellenére, hogy ez az összekötés nem lett megrajzolva. Amennyiben az így összekapcsolódott kivezetést elmozdítjuk, automatikusan maga után fogja húzni az összekötést. Amennyiben az így keletkezett összekötés tévedés eredménye, használjuk az UNDO parancsot.

### Előző parancsok

Az előzőleg használt parancsokra a „felfelé nyíl” és a „lefelé nyíl” billentyűkkel mehetünk vissza. A „felfelé nyíl”-l al az utolsó parancstól visszafelé lehet léptetni, míg a „lefelé nyíl”-l al ellenkező irányba. Próbáljuk ki a következőket:

```
SHOW R1 Enter
SHOW C1 Enter
SHOW IC1 Enter
```

Fejezzük be a SHOW parancsot a STOP ikonra való kattintással, rajzoljuk át az ábrát az F2 billentyűvel, majd nyomjuk meg néhányszor a felfelé nyíl billentyűt, majd néhányszor a lefelé nyíl billentyűt. Amint megtaláljuk a keresett parancsot, az Enter billentyűvel aktiválhatjuk.

### A kapcsolási rajz befejezése

Aktiváljuk az ADD parancsot és helyezzük el a rajzunkban a tápláláshoz szükséges szimbólumokat (VCC, V+, GND) a Supply.lbr könyvtárból.

A táplálás szimbólumai a megfelelő tápfeszültséget jelképezik és a kapcsolat elektromos ellenőrzése (ERC) ezeket ellenőrzi. A NET parancssal a tápfeszültség szimbólumait a megfelelő pontokkal összekötjük.

## SMASH



Amennyiben egy alkatrészt elfordítunk, a megjelölése is együtt forog az alkatrésszel. A SMASH parancssal ez kiküszöbölhető és az alkatrészek egyes jelölései (ref.designator, name) az alkatrésztől függetlenül forgathatók, elmozdíthatók.

Aktiváljuk a SMASH parancsot (ikon, EDIT menüpont) és kattintsunk a dióda szimbólumára. Aktiváljuk a MOVE parancsot kattintsunk a dióda megjelölésére D1 a szöveg a kurzorhoz tapad. Az elmozdításkor a jobb egérgombbal forgathatjuk a D1 szöveget. Az új helyzetbe a bal egérgombbal helyezzük el. A CHANGE-SIZE parancssal a betű méretét is módosíthatjuk.

### VALUE (érték)



A VALUE parancssal (ikon, EDIT menüpont) megadhatjuk vagy módosíthatjuk az alkatrészek értékét (pl. 4k7, 10k ellenállások esetében).

Integrált áramkörök, különböző félvezetők esetében a típust adhatjuk meg vele (pl. 74LS00N).

Aktiváljuk a VALUE parancsot, majd kattintsunk egy ellenállásra, a megjelent ablakba írjuk be az új értéket, pl. 4k7, és kattintsunk az OK -ra. Az ellenállásnál az új érték jelenik meg.

Az alkatrészek és netek nevének módosításához használjuk a NAME parancsot.

### Electrical Rule Check (ERC) (az elektromos kapcsolat ellenőrzése)



Az ERC (ikon, TOOLS menüpont) a kapcsolási rajz elektromos szempontból való ellenőrzésére szolgál. Az ellenőrzés eredménye egy hibajelentés, mely a kapcsolási rajz nevével azonos névvel, de .erc kiterjesztéssel mentődik el. Abban az esetben, ha az ERC hibát talált a kapcsolási rajzban, ez a jelentés megjelenik a képernyőn is.

Aktiváljuk az ERC parancsot! Az ellenőrzés automatikusan végrehajtható.

Az ellenőrzés a hibákat nem javítja ki, csak figyelmeztet az esetleges hibákra, azokat a felhasználónak kell kijavítania.

## BOARD (nyák-lap generálása a kapcsolási rajzból)



A kapcsolási rajz elkészítése vagy egy kapcsolási rajz betöltése után a BOARD parancs (ikon) segítségével automatikusan a nyák-tervezéshez jutunk. A program a nyák tervezéséhez szükséges információkat (alkatrészek és azok kapcsolásai, tehát a Partlist és Netlist) a kapcsolási rajzból automatikusan generálja, elindítja a nyomtatott huzalozás szerkesztőt és az alkatrészeket, azok összekötéseivel a nyák-lap körvonalán kívüli helyezi el (ez egy fiktív áramkör).

További bővebb információk a nyák-panel tervezése fejezetben található. Addig szóljunk még néhány szót a kapcsolási rajzról.

### BUS (busz)



A File-Open parancs segítségével töltjük be a BUS.SCH kapcsolási rajzot az (\\eagle\examples\tutorial) könyvtárból. Egy busz tartalmazó kapcsolási rajz lesz látható. A busz az EAGLE programban a BUS parancs (ikon, DRAW menüpont) segítségével rajzolható. A busz neve az összekötés nevéhez hasonlóan automatikusan generálódik, a formátuma azonban különböző (B\$1, ...).

A busz ábrázolásának nincs semmilyen logikai értelme, az csak egy grafika. A logikai összekötéseket csak a NET parancssal rajzolhatunk. Az Eagle program az összekötéseket úgy értelmezi, hogy az azonos nevű összekötések (net name) a kapcsolási rajzban automatikusan össze vannak kötve, még ha azok vizuálisan nincsenek is összekötve (például különböző oldalon helyezkednek el vagy fizikailag nincsenek összekötve). A busz neve a buszon belül levő összekötéseket határozza meg, ezért a busz neve az egyes összekötések neveiből áll. Esetünkben a busz a VALVE0 ... VALVE11 és EN összekötéseket tartalmazza. Ezért a busz neve EN, VALVE[0...11], amit a NAME parancssal adunk meg.

Kapcsolásunkban a busz még nincs befejezve, néhány összekötést még meg kell rajzolnunk. Kössük össze az IC7-et a NET parancs segítségével és a buszra való kattintással, az IC7 14-es kivezetése körül megjelenik az összekötések menüje. Ebből válasszuk ki az EN-t, ezzel a busz EN vezetéké kezd rajzolódni, amelyet kössünk az IC7 14-

es kivezetéséhez (húzzuk az összekötést a 14-es kivezetés végéhez és kattintsunk amennyiben helyesen kapcsoltuk az összekötést a 14-es kivezetéshez (a 93-as Pins réteg bekapcsolásával láthatóvá válik), az összekötés automatikusan befejeződik. Folytassuk az IC7 további összekötéseinek megrajzolását a következőképpen:

VALVE0 = pin 16,

VALVE1 = pin 15,

VALVE2 = pin 10,

VALVE3 = pin 9.

Amennyiben a rajzolás folyamán az összekötések irányát változtatni kell, a jobb egérgombbal a derékszögű irányváltoztatásról átlósra, majd teljesen szögűre válthatunk.

Az összekötések neveinek láthatóságát a LABEL paranccsal kapcsolhatjuk be.

Próbáljuk meg az összekötést elmozdítani a MOVE paranccsal. Aktiváljuk a MOVE parancsot, kattintsunk az összekötés sarkához közeli helyen: a kurzor elmozdításával elmozdíthatjuk az összekötés sarkát. Amennyiben az összekötés szegmensének közepe tájára kattintunk, az egész szegmenset mozdtítjuk el.

A DELETE paranccsal és a szegmensre való kattintással az összekötés szegmensét törölhetjük ki.

Ne felejtjük el, hogy az UNDO paranccsal (vagy az F9 billentyűvel) visszavonhatjuk az utolsó parancsot, és a REDO paranccsal pedig visszatérhetünk az UNDO előtti állapotba.

Amennyiben az objektum kiválasztásakor (kattintással) a kurzor négyirányú nyílra vált, azt jelenti, hogy a kattintás közelében több olyan objektum van (ezek ún. origin-jei), melyet a program kiválaszthat. Amennyiben a megjelölt (más színre váltott) objektumot választjuk ki, kattintsunk a bal egérgombbal. Ha viszont egy másikat akarunk kiválasztani, a jobb egérgombbal kattintsunk addig, amíg a választott objektumunk nem jelölődik meg.

## **Funkcióbillentyűk**

Némelyik funkcióbillentyűhöz már előre hozzá vannak rendelve egyes funkciók, azonban ezek a hozzárendelések bármikor módosíthatók. Csak arra ügyeljünk, hogy a Windows által használt funkcióbillentyűket (pl. az F1 a sűgő billentyűje) ne módosítsuk. A funkcióbillentyűk és a parancsok egymáshoz rendelését az ASSIGN paranccsal

csal végezhetjük (OPTIONS menüpont).

## **Automatikus kétirányú annotáció**

Az EAGLE program lehetőséget ad a kapcsolási rajzban végzett módosítások a nyák-lapra való automatikus átvetésére, átvetésére és fordítva (forward-backward annotation). Az automatikus annotáció használata főleg akkor előnyös, ha több módosítás történik, ezáltal a nyák-lap mindig meg fog felelni az aktuális kapcsolási rajznak. A program a kapcsolási rajz és a nyák betöltésekor mindig automatikusan aktiválja az annotációs mechanizmust. Amennyiben a két fájl azonos névvel, azonos könyvtárban helyezkedik el, a program betölti mindkettőt és azokat összehasonlítja. Mindkét rajzban a netlist-et, alkatrészeket és az értékeket hasonlítja össze.

Amennyiben a program eltérést talál a két rajz között, elindíthatjuk az ERC-t, amely eredménye a szövegszerkesztő ablakában jelenik meg. Az eredménytől függően kézzel kijavíthatjuk a két rajz közötti különbségeket. Ezzel a módszerrel például egy kész nyák-lapról kapcsolási rajz készíthető.

Az annotációs mechanizmus kapcsolódik abban az esetben, ha csak az egyik rajzot töltöttük be (pl. csak a kapcsolási rajzot a nyák nélkül vagy fordítva). Ebben az esetben minden módosítás különbözőséget eredményezhet. Ezért tartsuk be a következő eljárást:

*Amennyiben a panel tervezésén dolgozunk, soha ne zárjuk be a kapcsolási rajz szerkesztő ablakát. Ha nincs szükségünk a kapcsolási rajzra, minimalizáljuk az ablakát. Ugyanez fordítva is érvényes. Még az ablak bezárása előtt a program egy üzenettel jelzi, hogy az automatikus annotáció ki lesz kapcsolva.*

Amennyiben az automatikus annotáció be van kapcsolva, minden megengedett módosítás a kapcsolási rajzban módosítást eredményez a nyák-lapon is és fordítva. Azért beszélünk megengedett módosításról, mert némely módosítás végrehajtható mindkét rajzban (pl. alkatrészmegnevezés), ellentétben más olyan módosításokkal, amelyek pl. csak a kapcsolási rajzban megengedettek. Ilyen például az alkatrészhözadási: a panelre a program nem enged alkatrészt hozzáadni és figyelmeztet,

hogy a műveletet a kapcsolási rajzra kell végrehajtani.

Töltjük be a Demo2 kapcsolási rajzot, amelyen kipróbáljuk az automatikus annotációt. Figyeljük meg, hogy a kapcsolási rajzjal együtt a nyák-panel is betöltődött és automatikusan elindult a nyák-tervezés szerkesztője. Helyezzük el a képernyőn mindkét szerkesztő ablakot (kapcsolási rajz és nyák-lap) úgy, hogy mindkettőt egyszerre lássuk. Módosítsuk néhány alkatrész nevét és értékét a NAME és VALUE paranccsal. Figyeljük meg, hogy a kapcsolási rajzban való módosítás során ugyanaz az alkatrész a panelen is megjelölődik és fordítva. Abban a pillanatban, amikor pl. módosítjuk egy alkatrész nevét (az EAGLE nem enged ketős megnevezést) az egyik rajzban, az alkatrész neve módosul a másik rajzban is. Próbáljuk ki az alkatrésztörölést is a DELETE paranccsal, és próbáljuk ki az UNDO és REDO parancsokat is.

## **A nyák-panel tervezése**

Ebben a fejezetben egy kisebb panel tervezésén és egy meglévő panel módosításán megtanuljuk a nyák-szerkesztő használatát.

Először megtervezünk egy nyák-lapot kapcsolási rajz nélkül. Ez a folyamat azon felhasználók számára lehet fontos, akik nem vásárolták meg a Schema modult. Amennyiben programunk tartalmazza a Schema modult is, valószínűleg az alábbi folyamatot nem fogjuk használni. Ennek ellenére érdemes megismerkedni az alábbi folyamattal, mert sok, a nyák-tervezéséhez szükséges információt tartalmaz.

## **Nyák-tervezés kapcsolási rajz nélkül**

Nyissunk meg a Control panelen a File/New/Board paranccsal egy új nyák-lapot.

## **A panel körvonalainak meghatározása**

Az első dolgunk, a tervezendő nyák-lapunk körvonalainak meghatározása lesz. Még ennek elkezdése előtt be kell állítanunk a megfelelő mértékegységet (metrikus vagy angol hüvelyk) és a rasztert. Ezt a GRID paranccsal (ikon, VIEW menüpont) végezzük el. A megjelölt ablakban a DEFAULT billentyűre kattintással beállítjuk az inch mér-

tékegységet és a 0.05"-os rasztert. A beállítást az OK-ra való kattintással aktiváljuk.

Rajzoljunk meg egy 4 × 3 hüvelyk méretű panelt.

A panel körvonalát a 20-as (Dimension) rétegen a WIRE paranccsal rajzoljuk. Aktiváljuk a WIRE parancsot (ikon, DRAW menüpont), a rajzolórétegek ablakában válasszuk ki a 20-as (Dimension) réteget, állítsuk be a WIDTH ablakban a vonalvastagságot, majd rajzoljuk meg a panelünk oldalait: állítsuk be a kurzort a 0,0 koordinátára (a rajzfelületen kis kereszttel van jelölve) és kattintsunk. Ezzel meghatároztuk a körvonalunk első pontját. Helyezzük át a kurzort a 4,00, 3,00 koordinátára (bizonyosodjunk meg, hogy a derékszögű rajzolósi módban vagyunk vagy a jobb egérgombbal vagy a koordinátasorban), és ismét kattintsunk. Két derékszögű oldalunk kész. Helyezzük vissza a kurzort a kezdőpontra (0,0) és kétszer kattintsunk (az első megrajzolja a másik két oldalt, a második befejezi a rajzolást). Ezzel befejeződik a WIRE parancs is. A téglalap alakú panelünk körvonala elkészült.

A MOVE paranccsal a körvonal sarkait elmozdíthatjuk, az UNDO és REDO parancsokkal pedig visszaállíthatjuk az eredeti állapotba. Az Alt-F2 vel vagy a Zoom to Fit ikonnal nagyítunk fel ábránkat úgy, hogy kitöltse az egész rajzfelületet.

### **Alkatrészelhelyezési raszter**

Az alkatrészek elhelyezése előtt be kell állítanunk a megfelelő rasztert, amelyre majd az alkatrészek kerülnek. Ez a raszter a panel körvonalának raszterétől eltérő is lehet úgy, hogy a nyomtatott huzalozás rasztere is eltérő lehet az előzőektől. Mindig az a mérvadó, hogy az adott tevékenységhez az optimális rasztert állítsuk be. Általában az alkatrészelhelyezéshez a 0.1" vagy a 0.05" rasztert használjuk, melyben a 0.1" (vagy többszöröse) lábtávolságú alkatrészek könnyen elhelyezhetők.

Amennyiben többségében metrikus méretű alkatrészeket használunk, a raszter mértékegységét mm-re, méretét pedig szükség szerint állítsuk be.

### **Az alkatrészek elhelyezése**

Aktiváljuk az ADD parancsot (ikon, EDIT menüpont) és keressük meg a DIL14 tokozást (a SEARCH ablakba

írjuk be hogy DIL14 és nyomjunk egy ENTER-t. A listából válasszuk ki a DIL14 tokot és kattintsunk az OK-ra, vagy kattintsunk kétszer a listában a DIL14-re). A DIL14 tok a kurzorhoz ragadt, s helyezzük el a panelünkön, majd kattintsunk. Az elhelyezés alatt a tokot a jobb egérgombbal forgathatjuk. Figyeljük meg, hogy az elhelyezés után a tok másolata a kurzorhoz ragadva marad, további elhelyezésre várva. Helyezzünk el még egy tokot a lapunkon. Az ESC billentyűvel megszüntetjük a DIL14 elhelyezését. Az F3 és az F4 billentyűkkel vagy az egér görgőjével változtatható a rajz mérete.

Amennyiben a már elhelyezett tokot egy másikra akarjuk cserélni, azt a REPLACE (ikon, EDIT menüpont) paranccsal végezhetjük.

Válasszuk ki előbb az új tokot, pl. DIL16, majd válasszuk ki a panelen a cserélendő tokot (kiválasztáskor mindig az ún. Origin-eket használjuk, ez általában a tok középpontja).

### **Az SMD alkatrészek elhelyezése**

Helyezzünk el két 1210-es ellenállástokot ismét az ADD parancs segítségével (a könyvtárban a \*1210\*-t vagy az R1210-t keressük). Egy adott könyvtárban, pl. az IPC-ben a 1210-es tokot úgy is megkereshetjük, hogy a parancssorba következőt írjuk be:

```
ADD R1210@smd-ipc
```

Az SMD tok piros forraszfelülettel (pad) jelenik meg a kurzor mellett, ami azt jelenti, hogy a tok a felső, 1-es rétegen helyezkedik el és ugyanazon rétegen lesz beforrasztva.

Amennyiben az alkatrészt az alsó oldalon akarjuk elhelyezni, az elhelyezés után a MIRROR paranccsal helyezzük át az ellenkező oldalra. Aktiváljuk a MIRROR parancsot (ikon, EDIT menüpont) és kattintsunk a tokra (Origin), amelyet az ellenkező oldalra akarunk áthelyezni. További alkatrészeket is áthelyezhetünk azokra való kattintással, a MIRROR parancs még mindig aktív (a STOP ikonnal szüntetjük meg).

Példánkban az alkatrésztokokat a felső rétegre helyezzük el.

### **Alkatrésznevek hozzárendelése = Name (Reference Designator)**

Az elhelyezett alkatrésztokok megjelöléséhez a NAME parancsot használjuk (ikon, EDIT menüpont). Aktiváljuk a

NAME parancsot és helyezzük a kurzort DIL14 tok Originjének közelébe és kattintsunk. A megjelent ablakba írjuk be IC1 és kattintsunk az OK-ra. Az IC1 név megjelenik az adott toknál.

Nevezzük meg a többi alkatrészt is (IC2, R1, R2).

### **Az értékek hozzárendelése (Value)**

Minden alkatrészhez tartoznia kell egy értéknek is (az ellenállásoknál azok valódi értéke, az IC-nél annak típusa). Az értéket a VALUE paranccsal rendeljük az alkatrészhez (ikon, EDIT menüpont). A VALUE parancs aktiválása után helyezzük a kurzort az IC1 Originjé közelébe és kattintsunk. A megjelent ablakba írjuk be a típust: CD4001 és kattintsunk az OK-ra. Hasonlóképpen a többi alkatrészhez is rendeljük hozzá az értéküket:

CD4002-t az IC2-höz, 10k-t az R1-hez és 22k-t az R2-höz.

### **Az összekötések meghatározása (Signals)**

A következő lépésben az ún. gumikötelekkel (rubberbands) meghatározzuk az egyes összekötéseket. Először kössük össze a földelő kivezetéseket aktiváljuk a SIGNAL parancsot és írjuk be a következőt:

```
GND Enter
```

Kattintsunk az IC1 7-es számú forraszfelületére (IC1-7) és helyezzük át a kurzort az IC2-7-re, majd kétszer kattintsunk, befejeződik a GND gumikötél rajzolása. Mindkét kivezetés a GND-hez lett kapcsolva.

A következőben rajzoljuk meg a VCC összekötést. Írjuk be a következőt:

```
VCC Enter
```

és kattintsunk az IC1-14-re, helyezzük át a kurzort az IC2-14-re és kattintsunk kétszer. A VCC összekötés rajzolása befejeződik.

Hasonlóképpen határozzuk meg a többi gumikötél összekötést is. Amennyiben nem akarjuk megadni az összekötés nevét, kattintsunk az első kivezetésre, majd a rajzolást kettős kattintással fejezzük be (vagy a STOP ikonnal).

A program az összekötésneveket automatikusan generálja, amelyek

majd utólag a NAME paranccsal módosíthatók.

**EAGLE kifejezések:** A Pad-ek a furatszerelt alkatrészek forraszfelületei. A Pin-ek az alkatrészek sematikus szimbólumainak kapcsolódási pontjai. Az Smd felületszerelt (SMD) alkatrészek forraszfelületei.

### **Összekötéscsoportok meghatározása (Signal Classes)**

A CLASS parancs (EDIT-Net Classes menüpont) segítségével meghatározhatunk egyes összekötéscsoportokat, amelyekhez hozzárendelhetjük a huzalozás szélességének, a szigeteléstávolságnak és a via furat legkisebb átmérőjének az értékeit. Ezáltal ezeket az értékeket nem szükséges minden egyes összekötésre megadni. Például a tápfeszültség huzalozása szélesebb és nagyobb feszültség esetén a szigeteléstávolság is nagyobb szokott lenni a többi huzalozástól. A program a tervezés során (kézi vagy automatikus) az így megadott értékekkel fog dolgozni. Amennyiben nincs egyetlen összekötéscsoport sem meghatározva, az alapértelmezésben a beállított érték minden attribútum számára 0. Ez annyit jelent, hogy a tervezés szabályaiban (Design Rules) beállított értékek az összes összekötésre érvényesek. A különböző összekötéscsoportok (signal classes) példája a Hexapod.brd panelen látható.

### **Nyák-tervezés kapcsolási rajzból**

Amennyiben elkészült már a kapcsolási rajzunk, a nyákot a következőképpen szerkeszthetjük meg:

### **A nyák-lap fájljának létrehozása (Board File)**

Töltsük be a Demo1.sch kapcsolási rajzot és aktiváljuk BOARD parancsot az ikonnal.

Ezzel a paranccsal a nyák tervezéséhez szükséges adatállományt hozzuk létre. A kapcsolási rajzzal azonos nevű, de brd kiterjesztésű fájl jön létre (Demo1.brd). A Create file? Kérdésre OK-val válaszoljunk.

A munkafelületet (Layout Editor) a lehető legnagyobbra állítsuk be. A jobb oldalon elhelyezkedő, a 20-as rétegen (Dimension) automatikusan létrejött fehér keret a nyák-lapunk ideiglenes körvonala. Aktiváljuk a MOVE parancsot és kattintsunk a keret jobboldali

függőleges vonalára, kb. középen. Mozdítsuk el kissé balra, majd kattintsunk. A keret jobb oldala kicsit balra tolódott és a felület kisebb lett. A keret méretét szükség szerint módosíthatjuk.

### **Az alkatrészek elhelyezése (Component Placement)**

Klikkeljünk a Zoom-to-Fit ikonra, hogy a kép kitöltsse az egész munkafelületet. Az alkatrészek a keret bal oldalán helyezkednek el. Aktiváljuk a MOVE parancsot és kattintsunk a legnagyobb integrált áramkör közepén és helyezzük át a kurzort a kereten belülré. A kiválasztott alkatrész a kurzor mozgásával együtt helyeződik át. A jobb egérgombbal való kattintásra az alkatrész 90 fokkal elfordul. A légkötések (airwires) szintén az alkatrésszel együtt mozognak és mindig a megfelelő kivezetéshez kapcsolódva maradnak. Az alkatrész elhelyezéséhez kattintsunk a megfelelő helyen. Hasonlóan helyezük el a többi alkatrészt is.

Aktiváljuk a RATSNest parancsot (ikon, TOOLS menüpont). Ekkor a program optimalizálja és kiszámítja a légkötések hosszát úgy, hogy azok a legrövidebbek legyenek. Az alkatrészek elmozdítása után használjuk mindig ezt a parancsot, megelőzendő a feleslegesen hosszú huzalozást.

### **Autorouter: az automatikus huzalozás rövid bemutatása**

Aktiváljuk az AUTO parancsot (ikon, TOOLS menüpont). A megjelent ablakban kattintsunk az OK gombra, ezzel elindítottuk az autoroutert. Az OK előtt, a GENERAL fülön beállítható a huzalozás pontrácsa – Routing Grid és az egyes oldalakon az előnyben részesített huzalozási irányt Preferred Directions (Top = felső, Bottom = alsó). Amennyiben az alkatrészeinket egymáshoz viszonyítva megfelelően helyeztük el, az automatikus huzalozás gyorsan elkészül. Amennyiben a huzalozás sokáig tartana, a STOP ikonra való kattintással megszakíthatjuk, az „Interrupt?” kérdésre a Yes gombbal válaszoljunk.

Amennyiben az automatikus huzalozás eredménye nem nyeri el tetszésünket, a RIPUP paranccsal (ikon, EDIT menü) az összes vagy egyes kiválasztott huzalozást megszüntethetjük és visszaváltoztathatjuk légkötésekre. A parancs aktiválása után, ha

valamelyik szegmensre kattintunk, az a szegmens visszaváltozik légkötésre. Amennyiben a jobb felső oldalon lévő szemafor ikonra klikkelünk és a „Rip-up all signals?”-ra YES-szel válaszolunk, az összes huzalozás visszaváltozik (az aktivált parancsot a NO válasszal szüntetjük meg).

Az autorouter bármikor indítható, pl. akkor is, ha már léteznek huzalozások. A gyakorlatban a táplálás huzalozásait többnyire kézzel, még az autorouter indítása előtt végezzük el.

### **Kézi huzalozás (Routing Manually)**

A kézi huzalozáshoz a ROUTE parancsot (ikon, EDIT menüpont) használjuk, mellyel a kiválasztott légkötést nyomtatott huzalozásra változtatjuk.

Aktiváljuk a ROUTE parancsot és kattintsunk valamelyik légkötés elejére. Tetszés szerint húzzuk a kurzort, miközben a légkötés nyomtatott huzalozásra változik. Klikkeléssel sarkot hozunk létre (befejezünk egy szegmenst) és a kívánt irányban folytatjuk. Kettős kattintással ideiglenesen befejezzük a huzalozást, a ROUTE parancs mindvégig aktív marad és egy másik huzallal folytathatjuk. A huzalozás alatt a jobb egérgombbal a derékszögű, átlós és tetszőleges szögű rajzolás között kapcsolhatunk át. A forraszfelülethez (Pad) vagy egy már meglévő szegmenshez érve egyetlen kattintással fejezzük be a huzalt (a program tudja, hogy az adott összekötésen tovább nem húzható a huzal).

Amennyiben a huzal húzása közben réteget váltunk (jobb felső menüből), az éppen aktuális szegmens átkerül a kiválasztott rétegre. A program a szegmens sarkában a két réteg összekapcsolásához automatikusan via furatot helyez el.

### **Az elkészült lap módosítása**

A már elkészült lapon utólag is végeztünk módosításokat:

- szegmensek és alkatrészek elmozdítása a MOVE paranccsal,
- szegmens megtörése a SPLIT paranccsal,
- a nyomtatott huzal légkötésre való visszaállítása a RIPUP paranccsal,
- légkötés törlése a DELETE paranccsal (kizárólag az automatikus annotáció használatával!),

- alkatrésztokozás cseréje a CHANGE PACKAGE vagy REPLACE paranccsal (kapcsolási rajz nélkül). A Demo3.brd lapon az IC1 tokozása SMD-re lett felcserélve.

Az autorouter bármikor indítható, függetlenül attól, hogy a lapunkon már van-e nyomtatott huzalozás vagy nincs, mivel az autorouter a már kész huzalozást nem módosítja. Ez a tápfeszültségek és kritikus összekötések esetében fontos, amelyek általában, még az autorouter indítása előtt, kézilég készülnek.

## A nyák-szerkesztő további parancsai (Layout Editor)

Ebben a részben a már kész huzalozást fogjuk módosítani. Töltsük be a Demo2.brd lapot és nagyítsuk fel a legnagyobb a munkafelületet. Próbáljuk ki az alábbi parancsokat, funkciókat:

### DISPLAY (megmutat)

A rajz jó áttekinthetőségét biztosítja, hogy a képernyőn a nem szükséges információk nincsenek ábrázolva. Aktiváljuk a Display parancsot és kattintsunk a 21-es (tPlace) rétegre. Ez a réteg tartalmazza a felső oldal nyomtatási információit. A réteg kiválasztásával automatikusan kiválasztódik a 23 tOrigins, 25 tNames, 27 tValues és a 51 tDocu réteg is, mivel ezek a rétegek a 21-es rétegnek vannak alárendelve. Az ismételt kiválasztással a kiválasztás visszavonódik. Az OK-ra való kattintással a kiválasztott rétegek láthatatlanná válnak és fordítva. A DISPLAY ablakában megjelenő CHANGE gombra kattintással a kiválasztott réteg paramétereit módosíthatjuk (szín, név, láthatóság).

### MOVE (elmozdít)

A parancs segítségével a lapon lévő objektumok (alkatrészek, nyomtatott huzalozások, via furatok, a lap körvonala, szöveg stb.) mozdíthatók el. A MOVE parancs aktiválása után a huzal szegmensének vége körüli kattintással a szegmens vége (sarka), míg annak közepe táján való kattintással az egész szegmens mozdítható el. Amennyiben a via furatok mozdítódnak el, velük együtt mozdulnak a huzalok via furathoz kapcsolódó végei is. Hogy a felső vagy alsó rétegen lévő alkatrészek el-

mozdíthatók legyenek, a 23-as (tOrigins) – felső, vagy 24-es (bOrigins) alsó rétegnek láthatónak kell lennie.

Amíg a MOVE parancs aktív, az elmozdítandó alkatrész a jobb egérgombbal forgatható.

### GROUP (csoport)

A paranccsal egy objektumcsoporttal végezhetünk különböző műveleteket, pl. elmozdítás (Move), forgatás (Rotate), tükrözés (Mirror), paraméter módosítás (Change) stb. Aktiváljuk a GROUP parancsot. A munkaterületen lévő első kattintással adjuk meg a csoportot behatároló sokszög kezdőpontját. A kurzor húzásával megrajzoljuk a sokszög első oldalát, a következő sarkot kattintással adjuk meg stb. A sokszög a jobb egérgombbal való kattintásra automatikusan bezáródik. A csoport kiválasztásához soha ne használjuk a POLYGON parancsot! A sokszögön belül levő kiválasztott objektumok színe megváltozott. Bizonyosodjunk meg arról, hogy a kiválasztott objektumok a látható rétegeken vannak. Például a felső oldalon (Top layer) levő alkatrésztokozások (packages) csak abban az esetben választhatók ki, ha a 23-as (tOrigins) réteg látható (az alsó réteghez a 24-es (bOrigins) réteg tartozik). A szükséges objektumok rétegeinek láthatóságát a DISPLAY paranccsal kapcsolhatjuk be, ill. ki.

A Rotate, Move, Mirror, Change stb. parancsok aktiválásával a parancsok a jobb egérgombbal a GROUP paranccsal meghatározott csoportra vonatkoznak, bal egérgombbal pedig csak egyetlen objektumra.

Például aktiváljuk a MOVE parancsot és kattintsunk a jobb egérgombbal. Az egér elmozdításával az egész csoport elmozdul. Az elmozdítás alatt a jobb egérgombbal a csoportot forgathatjuk. Az új helyzetbe a bal egérgombbal rögzíthetjük.

A csoport attribútumai a CHANGE paranccsal együttesen módosíthatók. Határozzuk meg a nyomtatott huzalozás csoportját. Aktiváljuk a CHANGE parancsot és a megjelenő menüből válasszuk ki a WIDTH (szélesség) majd válasszuk ki a 0,032-es értéket. A munkaterületen a jobb egérgombbal való kattintásra a csoporton belüli nyomtatott huzalok a 0,032 szélességre változnak.

Az UNDO paranccsal mindent visszaállíthatunk az eredeti állapotba.

A csoportot téglalappal is körbehatárolhatjuk a következőképpen. A GROUP aktiválása után kattintással meghatározzuk a téglalap egyik sarokpontját, a bal egérgombot lenyomva tartva az egeret a téglalap átellenes sarkába mozdítjuk, majd ott elengedjük az egérgombot. A kiválasztott csoport mindvégig aktív marad (annak ellenére, hogy a végrehajtott parancs után a színek az eredetire változnak), amíg a rajz is aktív. A csoportot a GROUP beírásával szüntethetjük meg.

### SPLIT (megtör)

A paranccsal a már megrajzolt nyomtatott huzalba egy sarkot szúrhatunk be. Aktiváljuk a SPLIT parancsot és kattintsunk a szegmens azon pontjára, ahol azt meg akarjuk törni. A kurzor húzásával egy sarkot rajzolhatunk. A jobb egérgombbal a vonal törését kapcsolhatjuk át (derékszögű, diagonális, tetszőleges szög).

### CHANGE (módosít)

A paranccsal a kiválasztott objektum paramétereit módosíthatjuk, pl. a nyomtatott huzal szélessége, a huzal más rétegbe való áthelyezése stb.

A nyomtatott huzal egy szegmensének szélességét a következőképpen módosíthatjuk. Aktiváljuk a CHANGE parancsot, a menüből kiválasztjuk a WIDTH parancsot, majd megjelöljük az új értéket és a módosítandó szegmensre kattintunk. Amennyiben a kívánt szélesség nem található a listában, írjuk be a következőt:

CHANGE WIDTH 0.23 Enter

majd kattintsunk az adott szegmensre. A szegmens más rétegbe való áthelyezését a következőképpen végezzük: aktiváljuk a CHANGE parancsot, a megjelenő menüből kiválasztjuk a LAYER parancsot, a réteglistán pedig azt a réteget, amelyre át kívánjuk helyezni a szegmenst, majd kattintsunk a szegmensünkre. A program automatikusan elhelyezi a szükséges via furatokat (amennyiben szükséges) vagy éppen eltávolítja (amennyiben feleslegessé válnak).

### ROUTE

A paranccsal a légkötéseket (airwire) nyomtatott huzalozássá változtatjuk. A

légkötésre való kattintással és a kurzor húzásával a nyomtatott huzalt rajzoljuk meg, azokkal a beállításokkal, amelyeket előzőleg a CHANGE paranccsal állítottunk be. Kattintással a huzalokon sarkok keletkeznek. Amennyiben ideiglenesen abba kell hagynunk az adott huzal rajzolását, kétszer kattintsunk. A rajolás közben a jobb egérgombbal a rajolás stílusát kapcsolhatjuk át (de-rékszögű, átlós, tetszőleges szögű).

### RIPUP

A paranccsal a már megrajzolt nyomtatott huzalt légkötésre állíthatjuk vissza. Amennyiben egy szegmenst akarunk visszaállítani, aktiváljuk a RIPUP parancsot és kattintsunk az adott szegmensre. Amennyiben az azonos nevű összekötést (net name) kell visszaállítanunk, pl. az összes GND-t, a RIPUP aktiválása után írjuk be az összekötés nevét, pl. GND és nyomjunk egy Enter-t. Egyszerre több net nevét is megadhatjuk, pl. GND VCC és Enter, ami visszaállítja az összes GND és VCC nevű összekötést. Amennyiben a GND és a VCC-n kívül az összes huzalt vissza kell állítani, írjuk be a következőt:

```
! GND VCC Enter.
```

### SHOW

A paranccsal különböző objektumokat gyorsan megkereshetünk. Aktiváljuk a SHOW parancsot és írjuk be:

```
IC1 Enter
```

Az IC1 színváltozással mutatja meg magát.

### REDRAW (újrarajzol)

A paranccsal a rajzunk újrarajzolódik. Az F2 billentyűnek azonos a funkciója.

### UNDO/REDO (visszavonás/visszavonás törlése)

A parancsokkal a már végrehajtott műveletek állíthatók vissza vagy a visszavonás törölhető. Az F9 és F10 billentyűknek azonos a funkciójuk.

### Inner Layers (belső rétegek)

A belső rétegek (Route2...15) a külső rétegekhez hasonlóan jelrétegekként

használhatók. A Light verzióban nem használhatók, mivel az csak két rétegre van korlátozva (felső és alsó).

### Supply Layers (táprétegek)

A táprétegek a Light verziónál nem elérhetők!

A belső rétegek (Route 2...15) is használhatók csak egy, adott összekötésnév számára, többnyire táprétegekként (GND, VCC, ...). Ezt a kiválasztott réteg átnevezésével érhetjük el, a \$signalname beírásával, ahol a signalname az összekötés (net) nevét jelenti. Minden azonos nevű összekötés ezen a rétegen fog elhelyezkedni. A használatát az alábbi példán, a GND réteggel mutatjuk be. Töltsük be a Demo2.brd lapot, majd írjuk be a következőt:

```
SHOW GND Enter
```

A GND huzalok más színben jelennek meg, majd írjuk be:

```
RIPUP GND Enter
```

A nyomtatott huzalok légkötéssé változnak. A 2-es réteget jelöljük meg a GND számára úgy, hogy a réteget nevezzük el \$GND-nek (\$-nek kell lenni a név előtt). Írjuk be:

```
LAYER 2 $GND Enter.
```

A másik lehetőség a DISPLAY parancs használata, a megjelent menüben válasszuk ki a Layer 2-t (Route2), kattintsunk a CHANGE parancsra és az ablakban aktiváljuk a Supply Layer-t, a name ablakba pedig írjuk be az összekötés nevét: GND.

Aktiváljuk a RATSNEST parancsot, erre a GND légkötések eltűnnek (a program tudja, hogy ehhez a jelhez egy egész réteg tartozik). Kapcsoljuk ki a 2-es rétegen (\$GND) kívül az összes többi réteget vagy a DISPLAY menüből, vagy a következő parancs beírásával:

```
DISPLAY NONE $GND Enter.
```

Ne felejtjük el, hogy a parancsokat kisbetűvel is írhatjuk és elég a parancs első néhány betűjét beírni, pl. az előző parancsot a következőképpen is beírhatjuk:

```
dis none $gnd Enter.
```

Írjuk be, a SHOW GND-t és nyomjunk egy Enter-t. Színváltozással megjelölődnek mindazon pontok, ahol az alkatrészkievezetések a GND rétegen áthaladva ezen réteghez kapcsolódnak. A kivezetések a GND rézfelülethez való kapcsolódását különleges szimbólumok jelölik, melyek a kivezetést több apró pontban kapcsolják az adott réteghez. Azok a kivezetések viszont, amelyek nem kapcsolódnak az adott réteghez, egy, a kivezetés körüli gyűrűvel vannak elszigetelve. Esetekben a C1 és C2 alkatrészek, mivel SMD tokozásúak, még nem kapcsolódnak a belső GND réteghez. Az SMD forraszfelületről utólag egy rövid huzalt szerkesztünk, amely másik végét egy via furattal fejezzük be. A program a via furatot automatikusan a GND réteghez kapcsolja.

A \$signalname-mel megjelölt táprétegek plottolása inverzen jelenik meg, ami annyit jelent, hogy a táprétek színével jelölt objektumok valójában rézmentes felületek lesznek.

### Copper Pouring (rézfelületkitöltés)

A POLYGON parancs segítségével egy adott rétegen meghatározhatjuk azokat a területeket, amelyek egyazon összekötéshez tartoznak. Amennyiben a területen olyan kivezetések is találhatóak, amelyek az adott összekötéshez kapcsolódnak, a program azokat automatikusan összekapcsolja. Azokat a kivezetéseket, amelyek az adott felületen áthaladnak, de elektromosan nem kapcsolódnak, a program automatikusan elszigeteli a beállított szigetelési távolsággal.

Próbáljuk meg a panel felső rétegén a GND összekötésen kitölteni a rézfelületet. Töltsük be a Demo2.brd lapot, a RIPUP GND Enter paranccsal távolítsuk el a GND huzalozást. A DISPLAY None billentyűvel kapcsoljuk ki az összes réteg láthatóságát, majd kapcsoljuk be az 1-es (Top), 17-es (Pads), 18-as (Vias) és a 20-as (Dimension) rétegek láthatóságát. Aktiváljuk a POLYGON parancsot és írjuk be a következőt:

```
GND Enter
```

Ezzel a következőkben megszerkesztett sokszöghöz (polygon) a GND-t rendeltük. A bal felső sarokban a réteglistánál válasszuk ki a felső réteget (Layer Top), és a panel sarkaira klik-



kelve rajzoljuk meg a polygont, végül kattintsunk kétszer, ami bezárja a sokszögünket. Aktiváljuk a RATSNEST parancsot, amely kiszámítja a kitöltendő felületet, ez egy kis ideig eltarthat. Láthatjuk, hogy a kitöltött részfelület a forraszfelületekkel (Pads), a forrasztás alatti hőelvonás csökkentése érdekében, 4 keskeny vonallal van összekötve. A többi kivezetés a GND részfelületől el lett szigetelve. Ellenőrizzük a következő beírásával:

SHOW GND *Enter*.

Amennyiben a kitöltött részfelület tartalmazó nyák-lapunkat elmentjük, az újbóli betöltés után csak a polygon körvonalai lesznek láthatók. A részfelületet a RATSNEST paranccsal tehetjük láthatóvá.

## Autorouter

Egyetlen autorouter sem tervezi meg a nyomtatott huzalozásokat úgy, ahogy azt mi szeretnénk, ennek ellenére a munkánkat megkönnyíti és meggyorsítja. A legjobb eredmény érdekében előnyös a kézi és automatikus routolás együttes használata, amit a következőkben mutatunk be.

Töltsük be a Hexapod.brd panelt. A DISPLAY paranccsal kapcsoljuk ki a 21-es (tPlace) réteg láthatóságát, ezáltal a felső oldalon lévő alkatrészek nem lesznek láthatók. Az AC1 és AC2 huzalokat kézzel helyeztük el. A 41-es (tRestrict) és a 42-es (bRestrict) rétegen az autorouter számára tiltott területeket határoztunk meg (felső és alsó oldal). A B1 alkatrész a 43-as (vRestrict) réteg, a via furat számára tiltott területen helyezkedik el, tehát az autorouter ezen a területen nem helyezhet el via furatot. Indítsuk el az autoroutert az AUTO paranccsal. A megjelenő menüben állítsuk be a huzalozási rasztert (Routing Grid) 10 mil-re (0,254 mm). Az automatikus routolás paramétereit hexapod.ctl fájl tartalmazza, amely a LOAD billentyűvel tölthető be. Mivel az összes, még meg nem szerkesztett huzalt akarjuk routolni, kattintsunk az OK-ra. Amennyiben az autoroutert a paraméterek beállítás nélkül akarjuk indítani, írjuk be:

AUTO; *Enter*

így az autorouter menüje nem jelenik meg.

Az autorouter munkája közben az alsó sorban látható a folyamat: a program mennyi huzalt szerkesztett meg, mennyi via furatot használt stb. Amennyiben meg szeretnénk állítani az autoroutert, kattintsunk a STOP ikonra.

A jelentés a routolásról a .pro fájlban mentődik el (esetünkben a hexapod.pro-ban), amely a szövegszerkesztő segítségével olvasható.

Az autorouterrel készült áramkör, ugyanúgy, mint a kézi routolással készült, utólag módosítható. Amennyiben vissza akarunk térni az eredeti állapotba, a RIPUP paranccsal változtassuk vissza az összekötéseket az AC1-en és AC2-n kívül, amelyek már azelőtt készen voltak, a következő beírásával:

RIPUP ! AC1 AC2 *Enter*.

## Design Rule Check (tervezési szabályok ellenőrzése)

Mielőtt elkezdjük a nyák-lapunk tervezését, át kell gondolnunk a tervezési szabályokat (Design Rules) is, hogy lapunk ne csak elektromos szempontból, hanem gyártási szempontból is megfelelő legyen. A tervezési szabályokat a DRC paranccsal adhatjuk meg és ellenőrizhetjük. Az ablakban megjelennek az ellenőrizendő beállítások. A beállítások módosítása után, az APLLY-ra való kattintással, azok a lap adataival együtt mentődnek el. Az OK-ra való kattintással a megadott paraméterek szerinti ellenőrzést indítjuk el.

A SELECT billentyűvel az ellenőrzés területét választhatjuk ki (első kattintással az egyik sarok, a második kattintással az átelles sarok jelölődik meg).

Töltsük be a Demo3.brd lapot, majd indítsuk el a DRC-t. Az ellenőrzés befejezése után a DRC egy jelentéssel közli az ellenőrzés eredményét, esetünkben: No errors (hibátlan), tehát a panelünk tervezése megfelel a beállított szabályoknak. Módosítsuk a lapot úgy, hogy hibát tartalmazzon, pl. csináljunk zárlatot a huzalok között. Ha ezután elindítjuk a DRC-t, az ERROR ablakban megmutatja a hibalistát. A hibák kijavítása után a hibák grafikus ábrázolása a DEL ALL billentyű lenyomásával törölhető.

A DRC az ablak megjelenése nélkül a DRC; *Enter* beírásával indítható. A DRC utáni pontosvessző jelenti azt, hogy az ablak nem jelenik meg.

Megjegyzés: amennyiben a lapon olyan, a DRC által készült, grafikus hibaábrázolást találunk, amely a DELETE paranccsal nem törölhető, írjuk be a ERRORS CLEAR parancsot és ezek az objektumok is törlődnek.

## Libraries (alkatrészkönyvtárak)

A kapcsolási rajzban használatos alkatrészek az alkatrészkönyvtárban (Library) találhatóak. A könyvtár szerkesztője (Library Editor) a kapcsolási rajz vagy a nyák-szerkesztővel azonos környezetben dolgozik. Ezért elég csak néhány új, az alkatrészek szerkesztéséhez szükséges parancsot megtanulnunk.

A könyvtár három részből áll:

- *Package*: az alkatrész tokozásának ábrázolása
- *Symbol*: az alkatrész sematikus ábrázolása
- *Device*: a valóságos alkatrész sematikus és tokozási információi

Az alábbiakban a könyvtár-szerkesztő leírása található:

A FILE-NEW-LIBRARY paranccsal nyissunk meg egy új könyvtárat, egyúttal megjelenik a könyvtárszerkesztő munkafelülete is.

### *Ellenállás tokozása (Resistor Package)*

Aktiváljuk a tokozás szerkesztését a LIBRARY-PACKAGE paranccsal vagy a Package ikonnal és az ablak NEW mezőjébe írjuk be az új tok nevét: R-10. A „Create new package 'R-10'?” kérdésre válaszoljunk a YES gombbal. A forraszfelületek megfelelő elhelyezése érdekében, a GRID paranccsal állítsuk be a rasztert például 0,05 hüvelykre (50 mil).

A furatszerelt alkatrészek forraszfelületeit a DRAW-PAD paranccsal készítjük el. A listából válasszuk ki a megfelelő forraszfelületet (pad shape) és a furatméretet (drill).

A forraszfelület átmérője (Diameter) automatikusan (Auto) 0 értékre állítódik be, ne módosítsuk. A valódi méretet a DRC táblázatban lévő paraméterek adják meg.

A kurzor mellett megjelenik a forraszfelület, amelyet a megfelelő helyen, kattintással helyezünk el. Helyezünk el két forraszfelületet a rajzterület közepén lévő kereszt, amely később az elhelyezési és forgatási pont lesz, két oldalán, egymástól kb. 0,5” (500 mils)

távolságra. A STOP ikonnal megszüntetjük a további elhelyezést.

Az SMD alkatrészeknél a DRAW-SMD paranccsal dolgozunk. Amennyiben a rolómenüben nem találjuk a kívánt padméretet, egyszerűen írjuk be.

Állítsuk be a felső réteget (layer TOP), annak ellenére, hogy később az alkatrész az alsó rétegre kerül. Az alkatrész ellenkező oldalra való áthelyezését a MIRROR paranccsal végezzük, amely mindent, ami a felső rétegen volt, áthelyez az alsó rétegre.

Helyezzünk el két SMD forraszfelületet a megfelelő távolságba. A kör alakú forraszfelület esetében is négyzet alakút válasszunk, amelyet a CHANGE ROUNDNESS paranccsal és 100% értékkel kör alakúra módosítunk. A NAME paranccsal nevezzük meg a két forraszfelületet pl. 1 és 2-re.

Amennyiben olyan alkatrészt rajzolunk, amelynek sok kivezetése van, a következő eljárást használjuk:

Aktiváljuk a PAD parancsot, írjuk be az első forraszfelület nevét, pl. '1' (idézőjelek közt kell lennie), majd sorban helyezzük el a többi forraszfelületet is. A program automatikusan növekvő számsorrendben megnevezi a többi pad-et is.

Az alkatrész körvonalait (silkscreen) a WIRE paranccsal a 21-es (tPlace) rétegen rajzoljuk meg. Ezen a rétegen található az az adatok, amelyek a nyák gyártása folytán a felületre lesznek nyomtatva. Rajtunk múlik, hogy a körvonalakat milyen részletességgel rajzoljuk meg. Ha szükséges, állítsunk be finomabb grid-et.

A nyomtatási kép rajzolásához az ARC, CIRCLE, RECT és a POLYGON parancsokat is használhatjuk. A rajzolásakor arra kell ügyelnünk, hogy a vonalak ne haladjanak át a forraszfelületeken.

Az 51-es (tDocu) rétegre további részletrajzokat készíthetünk, amelyek majd nem jelennek meg a silkscreenen, de fontosak lehetnek pl. a részletes beültetési rajzhoz. Itt helyezhetjük el pl. az alkatrészek huzalkivezetéseit, amelyek egészen a forraszfelületekig érnek.

A TEXT paranccsal a 25-ös (tNames) rétegre beírjuk a NAME szöveget és a 27-es (tValues) rétegre pedig a VALUE szöveget, abba a helyzetbe, ahol majd az alkatrész nevét és értékét látni akarjuk. Amennyiben ez a helyzet később, a panelen nem lesz megfelelő,

a SMASH és MOVE parancsokkal módosítható.

A CHANGE paranccsal később a tok egyes paramétereit módosíthatjuk (pl. betűméret, objektum rajzrétege stb.)

Amennyiben több objektum paraméterét szeretnénk egyszerre módosítani, határozzuk meg a csoportot a GROUP paranccsal, majd a CHANGE paranccsal hajtsuk végre a módosítást, végül kattintsunk a jobb egérgombbal valahol a csoporton belül.

A DESCRIPTION paranccsal a tokról további információt adhatunk meg, amelyet majd az ADD parancs használata közben a keresés fog figyelembe venni.

### *Az ellenállás sematikus szimbóluma (Resistor Symbol)*

Aktiváljuk a sematikus szimbólum szerkesztőjét a LIBRARY-SYMBOL paranccsal vagy a Symbol ikonnal és az ablak NEW mezőjébe írjuk be a szimbólum nevét: R. A „Create new symbol 'R'?” kérdésre a YES billentyűvel válaszoljunk. Az R névnek a program számára csak belső jelentése van, megjelenik a kapcsolási rajzban, de nem az alkatrész valódi nevét jelenti.

Ellenőrizzük, hogy a raszter a 0,1 hüvelykre van-e beállítva. A program megköveteli, hogy a sematikus szimbólumok kivezetéseinek ezen a raszteren kell lenniük.

Aktiváljuk a PIN parancsot (ikon, DRAW menüpont). A megjelölt mezőben beállíthatjuk a kivezetés paramétereit (alak, irány, felcserélhetőség = swap stb.). A beállított kivezetést a bal egérgombbal helyezhetjük el. A CHANGE paranccsal később az összes paraméter módosítható.

Több objektum paraméterének együttes módosításánál szintén használhatjuk a GROUP parancsot.

A NAME paranccsal megnevezhetjük a már elhelyezett szimbólum kivezetéseit.

A sematikus szimbólum grafikus ábrája a 94-es (Symbols) rétegen helyezkedik el.

A TEXT parancs segítségével írjuk be a NAME és a VALUE szöveget és helyezzük el azokat a 95-ös (Names), ill. a 96-os (Values) rétegeken, a szimbólumnál, azon a helyen, ahol majd megjelentetni kívánjuk. A grafikus ábra rajzolása és a szöveg írása közben sűrűbb rasztert is használhatunk, de ne

felejtjük el, hogy az alkatrészkivezetéseket kizárólag a 0,1 hüvelykes raszterben helyezhetjük el.

### *Az ellenállás, mint alkatrész (Resistor Device)*

Aktiváljuk az alkatrész definiálás szerkesztőjét a LIBRARY-DEVICE paranccsal vagy a Device ikonnal és az ablak NEW mezőjébe írjuk be a szimbólum nevét: R-10. A „Create new device 'R-10'?” kérdésre a YES billentyűvel válaszoljunk.

Később, az alkatrész ADD paranccsal való kiválasztása az alkatrész (device) neve alapján történik. Esetünkben véletlen, hogy az alkatrész (device) és a tokozás (package) neve azonos.

Amennyiben többféle technológiával és tokozással gyártott alkatrészt határozzunk meg, az alkatrész nevében az ún. wild card (\* vagy ?) karaktereket kell használnunk, a következőképpen: a \* a technológiát jelenti, a ? pedig a tokozást (package).

Például a 7400 alkatrész (L és LS) technológiával készült változatainak (device) helyes megnevezése 74\*00. A különböző tokozás jelölése automatikusan a név végére kerül. Amennyiben a különböző tokozás jelölését például a név elejére akarjuk tenni, a ? karaktert kell használnunk: ?74\*00.

Kattintsunk az alkatrész-szerkesztő (Device Editor) NEW billentyűjére. Válasszuk ki az R-10 tokot. Hogy további tok is hozzárendelhető legyen, kattintsunk még egyszer a NEW billentyűre. A PREFIX paranccsal az alkatrész jelölését határozzuk meg. Az ellenállás esetében ez az R betű lesz. Ezután az ellenállások a továbbiakban R1, R2, R3 stb. jelölést kapnak. A jelölést a NAME paranccsal bármikor módosíthatjuk.

A VALUE paranccsal meghatározhatjuk, hogy a kapcsolási rajzon vagy a nyák-lapon legyen módosítható az érték (value). Az értéknek (value) az ellenállások esetében bekapcsolva (On) kell lennie. Némely más típusú alkatrész esetében az értéket kikapcsolhatjuk (Off).

Amennyiben az alkatrész több sematikus szimbólumot, (az EAGLE programban Gates nek nevezett) kaput tartalmaz, melyek egymástól függetlenül használhatók, a kapcsolási rajzban minden egyes kapu (gate) az ADD paranccsal helyezhető el.

A paramétertáblázatban állítsuk be az ADDLEVEL-t Next-re, a SWAPLEVEL-t 0-ra és helyezzük el a kaput (gate) az origin közelében. A kapu Swaplevel (felcserélhetőség) funkciója hasonló a kivezetések felcserélhetőségével.

A 0 érték azt jelenti, hogy a kapu (gate) nem cserélhető fel az alkatrész más kapujával. A 0-tól nagyobb swaplevel értékű kapu az alkatrész azonos swaplevel értékű kapujával cserélhető fel.

Az alkatrészen belüli kapuk a GATESWAP paranccsal cserélhetők fel. Megnevezésük a NAME paranccsal módosítható. A kapu megnevezése az egy kaput tartalmazó alkatrészek esetében nem lényeges. Amennyiben az alkatrész több kaput (gate) tartalmaz, az alkatrész neve kibővül a kapu nevével.

*Példa.* A kapuk (gates) A-, B-, C- és D-vel vannak jelölve, az alkatrész pedig IC1-gyel. A kapcsolási rajzban az egyes kapuk jelölése a következő lesz: IC1A, IC1B, IC1C és IC1D.

A CONNECT paranccsal meghatározzuk, hogy a sematikus szimbólum egyes kivezetései a tokozás mely kivezetéseihez fognak csatlakozni. Kattintsunk a Connect billentyűre.

### A Connect ablak

Ebben az esetben az ellenállás sematikus jele automatikusan G\$1-gyel jelölődik meg. Ezért a PINS oszlopban a kivezetések G\$1.1 és G\$1.2-vel vannak jelölve. A PAD oszlopban a tokozásban lévő forraszfelületeket látjuk. Kattintsunk az egyik kivezetésre (pin) és az egyik forraszfelületre (pad) és

kattintsunk a CONNECT billentyűre. Amennyiben szét akarjuk kapcsolni a sematikus szimbólum kivezetését a tokozás forraszfelületétől, válasszuk ki a Connect oszlopban az adott párt és kattintsunk a Disconnect billentyűre. Az OK billentyű befejezi a CONNECT parancsot és bezárja az ablakot.

Az alkatrész további információit a DESCRIPTION paranccsal adhatjuk meg. A megadott szöveg, az alkatrész kiválasztásakor megjelenik a Control panelen.

A szöveget az ADD parancs is figyelembe veszi. Ezzel az ellenállásunk elkészült és használhatjuk a tervezéshez.

### Kimeneti adatok – rajzok és gyártási adatok

A program PRINT paranccsal a kapcsolási rajzok és a megtervezett nyáklapok nyomtathatók ki. A nyomtató beállítása azonos a Windows nyomtatóbeállításával.

A Linux verzió Postscript formátumot generál, amely a lézernyomtató párhuzamos portjára vagy fájlba küldhető. Nyomtatásra az aktív szerkesztő rajzainak látható rétegei kerülnek (DISPLAY parancs).

A film készítéséhez szükséges adatok a Layout editorból ikonnal indítható CAM Processorral generálhatók. A CAM Processor a felhasználó által módosítható, saját meghajtóit használja (lásd az.../eagle/bin/eagle.def fájlt). Az anyagjegyzék, beültetési, marási, tesztelési adatok a User Language Programs (röv. ULP) makroprogramozói nyelv segítségével készíthetők.

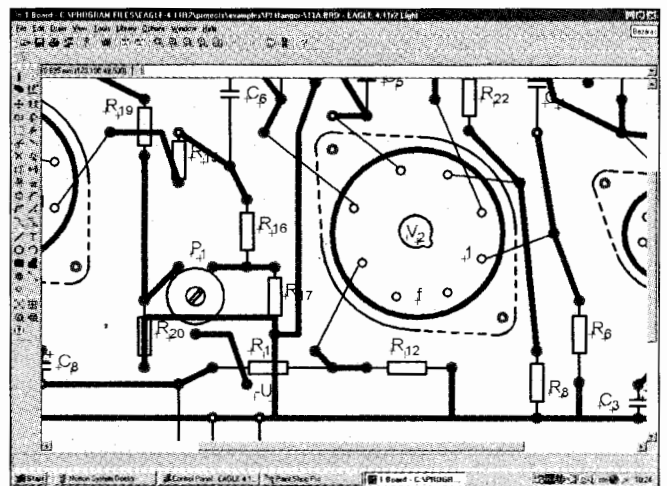
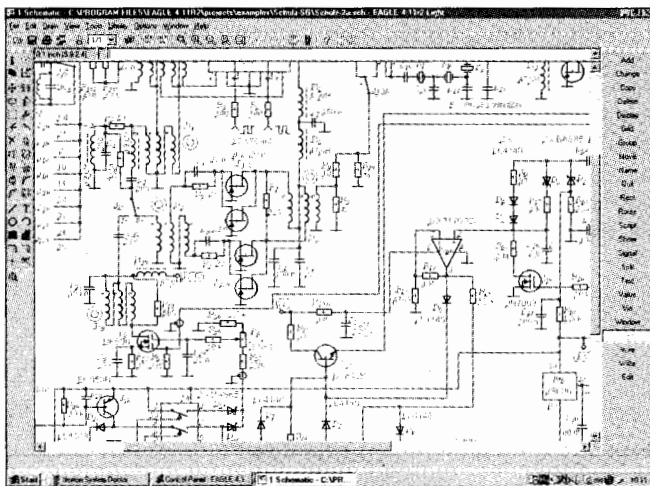
### A kapcsolási rajz PRINT parancssal való nyomtatása

Nyomtassuk ki a Demo1.sch kapcsolási rajzot teljes méretben, fekete-fehéren és egy oldalra.

Töltsük be a Demo1.sch fájlt és kattintsunk a PRINT ikonra. Jelöljük be a következőket: Black, Solid és Rotate (mivel a rajz hosszanti). A Mirror és az Upside down nincsenek bejelölve. A Scale factor (lépték) és a Page limit mezőbe írjunk be 1-et. Ez határozza meg, hogy a rajz – ha elfér egy oldalon – az 1:1 méretarányban lesz kinyomtatva. Amennyiben a rajz a papír méreténél nagyobb lenne, a program annyival módosítja a léptéket, hogy a rajz elférjen a papíron. Amennyiben a Page limit 0-ra van beállítva, a rajz a megadott léptékben kerül kinyomtatásra (esetleg részleteiben több oldalra is). A nyomtató típusa a Printer billentyűvel választható ki. A Page billentyűvel a nyomtatási paraméterek állíthatók be. Amennyiben megjelöljük a Caption-t, a rajz fejléccel együtt nyomtatható ki, ez tartalmazza a fájlnevet, dátumot, a nyomtatás időpontját és a rajz léptékét.

### Kimeneti adatok CAM Processorral való generálása

A következőkben leírt, filmek készítéséhez és a gyártáshoz szükséges kimeneti adatok generálásának folyamata általában mindig azonos. A folyamatot ún. CAM Processor job-ként határozhatjuk meg. A kétoldalas lapok gyártásához szükséges Gerber adatok automatikus generálását a CAM kimenetek (jobs) könyvtárában lévő Gerber.cam



Munkában az EAGLE: Schulcz- és Plachtovics-cikk ábrák készülnek

fájllal végezzük. *Figyelem!* Az alábbi folyamat kizárólag a raszteres fotoplotterekre érvényes, nem használható az apertúrás (lencsenyílásos), (aperture wheels) fotoplotterekhez. Töltsük be panelünket (job) a CAM Processor-ba vagy a Control panelen (CAM Jobs) a Gerber.cam-ra való kettős kattintással, vagy a nyák-tervező CAM Processor ikonjára kattintással és a File/Open/Job menüpontból a Gerber.cam kiválasztásával.

Amennyiben a Control panelről indultunk, töltsük be a demo3.brd fájlt: File/Open/Board és demo3.brd

Kattintsunk a Process Job billentyűre és a Delete.name.\$\$\$... és a More than ... -ra kattintsunk OK-t.

Az összes kimeneti fájl a projekt könyvtárba (Project directory) mentődik el, itt található a kapcsolási rajzok és a nyák-panelek is. Az egyes kimeneti fájlok jelentései a következők:

demo3.cmp = alkatrészoldal (Component side)

demo3.sol = forrasztási oldal (Solder side)

demo3.plc = az alkatrészoldal szitanyomása (Silkscreen for component side)

demo3.stc = az alkatrészoldal forrasztásgátló maszkja (Soldering mask for the component side)

demo3.sts = a forrasztási oldal forrasztásgátló maszkja (Soldering mask for the solder side)

demo3.whl = lencsenyílastáblázat (Aperture wheel file)

demo3.gpi = információs fájl, nem fontos

demo3.\$\$\$ = ideiglenes fájl (Temporary file), törlődik

A nyák gyártójához az első 6 fájl kell elküldeni. A fűrási adatok (Excellon data) az Excellon.cam fájllal hasonlóképpen generálhatók. Mielőtt elindítanánk a CAM Processor-t, definiálnunk kell az ún. Rack file-t, vagyis a használatos fűrók információit tartalmazó fájlt. A RUN paranccsal indítsuk el a Drill.cfg nevű ULP (User Language Program) fájlt. Az ULP egy boardname.drl fájlt generál, amely majd a CAM Processor-ba kerül betöltésre.

### Adatcsere az EAGLE User Language Program segítségével

Az EAGLE egy a C nyelvhez hasonló felhasználói programozási nyelv fordít-

tóját is tartalmazza, mely segítségével gyakorlatilag a projekt összes adatát további feldolgozásra el tudjuk érni. Ezzel a programozói nyelvvel (ULP - User Language Program) bármilyen kimeneti fájl elkészíthető, tehát az EAGLE adatai más programokba vagy hardverbe könnyen átvihetők. Egy példa egy ilyen kis programra a Bom.ulp, mellyel anyaglista (bill of material) készíthető.

### Script fájlok - bemeneti interfész

A script fájlok az EAGLE bármely parancsaiból álló szöveg fájlok, melyek a program bemeneti interfészét alkotják. Ugyanúgy használható többek között a program és a menü beállításainak módosítására, mint ahogy a kapcsolási rajzokba vagy a nyák-lapokba való külső adatok betöltésére is.

Ez az útmutató az EAGLE program használatának gyors elsajátításához készült. A program részletesebb leírása a programhoz tartozó kézikönyvben és a program súgójában található.

**CADware**  
S.R.O.

460 05 Liberec  
Aloisina výšina 447/13  
Czech Republic

Tel.: (+420) 485-106-131, 06-20-334-9056  
e-mail: cadware@pvtnet.cz  
http://www.cadware.cz (magyar oldalak is)

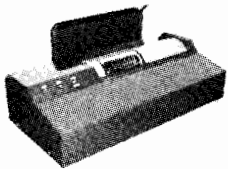
## **Elektronikai és erősáramú villamossági tervezőrendszerek kizárólagos magyarországi forgalmazója**



**EAGLE** modulrendszerű, Windows, Linux és Mac OS X alatt futó nyáktervező CAD-program. A Schema, a Layout editor és az Autorouter modulokkal és angol vagy német környezettel rendelkező programhoz magyar használati utasítást mellékelünk.

Az autorouterek közül a klasszikus rip-up reroute, vagy az igényesebb, push&shove, SPECCTRA® kompatibilis, az Eaglehez is kapcsolható, ELECTRA autorouter választható, amely 2, 4, 6 vagy korlátlan rétegű lapok tervezéséhez alkalmazható.

Az ELECTRA gyorsabb és pontosabb routelést biztosít.



Cseh gyártmányú **FP3000**, **FP6000** és **FP8000** típusú kis, raszteres fotoplotter 260-360 x 450 mm rajzterülettel, modelltől függően 1016-8000 dpi beállítható felbontással. A fotoplotter a Gerber RS 274 D/X, BMP és Postscript formátumokkal dolgozik.

**PCschematic** - erősáramú villamossági CAD tervezőrendszer, főleg kapcsolási rajzok, kapcsolószekrények tervezéséhez, különböző (anyag, kapocs, kábel stb.) listák elkészítéséhez. Jól alkalmazható az épületvillamosság és gépek elektromos berendezéseinek, valamint hidraulikus és pneumatikus rendszerek tervezéséhez is. A tervek teljes mértékben az EU-s szabványok szerint készülnek. A szimbólumkönyvtár tartalmazza az EU szabványos szimbólumokat. A kb. 30 000 alkatrész adatbázis, amely folyamatosan bővül, több ismert világcég alkatrészait tartalmazza. A program magyar környezettel is rendelkezik és az eredeti mellé magyar felhasználói kézikönyvet is mellékelünk.

Német gyártmányú minilaboratórium, a fűró - marógéptől a vegyi maratásig, a nyák kisszeriás és prototípusos gyártásához.

**BUNGARD**

**Honlapunkon további információk olvashatók, e-mail címünkön és a 06-20-334-9056 telefonszámon szívesen fogadjuk kérdéseiket, érdeklődésüket.**

# Az evolúció kerülőújtjai a programozásban\*

Ifj. Pálincás Tibor egyetemi hallgató, BME

## 1. Bevezető

Ma már – úgy tűnhet – viszonylag jól értjük a világ működését. A kémia és a fizika számos olyan természeti jelenségre magyarázatot ad, amivel egy átlagember az élete során találkozhat. Azonban ha ugyanezekkel az eszközökkel megvizsgálunk egy egyszerűnek tűnő élőlényt, akár csak a rovarok közül is, akkor könnyen beláthatjuk, hogy az, mint fizikai rendszer, leírhatatlanul bonyolult. Nagyságrendekkel bonyolultabb, mint a mi legösszetettebb szoftvereink [Gelernter], ennek ellenére jól működik. Talán még jobban is, mint a legjobb programjaink, mivel képes egyedül, programozók beleszólása nélkül fejlődni, folyamatosan alkalmazkodni a változó környezethez.

### 1.1. Egy elmélet átültetése a gyakorlatba

Arra, hogy ezek a bonyolult rendszerek hogy jöhettek létre, tudományos magyarázattal jelenleg csak az evolúció elmélete szolgál [Jones]. Szemben az előre tervezett, gondosan felépített rendszerekkel, ez az elmélet azt állítja, hogy az élőlények a véletlen struktúrák (nem véletlenszerű) kiválasztódásai révén fejlődtek eddig és fejlődnek tovább [Dawkins].

Ésszerűnek tűnik hát a gondolat, hogy ha az élőlényeknél már bevált a módszer, akkor próbáljuk ki a számítógépen is! A továbbiakban azt írom le, hogy miként kíséreltem ezt meg és végül milyen, olykor – megítélésem szerint – elgondolkodtató következtetéseket lehetett az eredményekből levonni. Nézzük meg, mik lehetnek a módszer előnyei és hátrányai!

Az előre látható előnyök:

- nem kell leülni programozni;
- egy program soha nincs kész, mindig van újabb verzió;
- minél többet használjuk a programot, annál jobb lesz;

- ha változnak az igényeink vagy változik a feladat, akkor a program igyekszik megfelelni az új követelményeknek.

Az előre látható hátrányok:

- a program első használható verziója nagyon lassan készül el;
- a program terjedelmesebb lesz, mint a legkisebb, a feladatot el látó, ember által írt program lenne;
- működés közben, főleg az első időszakban, nagyon nagy hibaszázalékkal dolgozik;
- a program működése rendkívül lassú lesz;
- ha a felhasználó tud programozni, akkor is valószínűtlen, hogy a legegyszerűbb módosításokat is el tudná végezni a programon, mivel a forrás teljesen áttekinthetetlen lesz.

Vannak olyan területek, ahol még a felsorolt hátrányok ellenére is érdemes lehet az így készült programot használni. Leginkább azokra a feladatokra célszerű a megoldás ezen útját választani, ahol még a gyakorlott programozók is csak legyintenek: „– Erre nem lehet jó algoritmust találni” [Hillis].

## 2. Működési elv

Először is érdemes megvizsgálni, hogy a valódi evolúció hogyan működhet. Van egy igen komplex világ, amiben önmagukat sokszorozítani képes struktúrák (továbbiakban élőlények) élnek. Az élőlények szaporodására az egyik általánosan elterjedt módszer a DNS használata. Az új egyed végső soron egyetlen sejtből, a DNS „receptje” alapján fejlődik ki. Itt egy új egyed létrejöttéhez például az emlősöknél a legtöbb esetben két élő egyed szükséges és a két egyed DNS-receptjeinek egy kombinációja adja az új egyed DNS-ét, így az új egyed eltér mindkét szülőjétől.

Egy másik módszer a sejtosztódás, amit például az egysejtűek használnak. A konkrét „technikai megoldások” persze rengetegféleképpen képzelhetőek el a hímnős szaporodástól kezdve addig, hogy az apa lesz „vemhes”, miként

a csikóhalak esetében történik [Judson].

Mindkét módszer esetén felléphet másolási hiba, ami azt jelenti, hogy a meglévő DNS-készlet (a DNS-ek összes lehetséges kombinációja), vagy az éppen élő, egymástól különböző egysejtűek száma képes növekedni. Egyszerűbben szólva: az adott faj sokszínűsége fennmaradhat, sőt, növekedhet [Dawkins].

Fontos dolog, hogy az egyedek nem örökéletűek, így az új generációnak több esélye van életben maradni és szaporodni, akkor is, ha működés szempontjából teljesen megegyeznek szüleikkel. Ez azt eredményezi, hogy a folyamatos változás lehetősége adott. Természetesen nem állíthatjuk azt, hogy valamiféle, a faj szintjén ható evolúció működne, viszont ebből a szempontból tényleg „szerencsés megoldás” a halál, ami valószínűleg a szaporodási sikeresség optimalizálásaként jött létre [Diamond].

A rendszer egy igen fontos eleme a szelekció, amely eldönti, hogy adott környezetben mely egyedek maradnak életben, vagy még inkább: mely egyedek képesek szaporodni, ezzel saját „receptjüket” örökíteni. A kiválasztódás nem teljesen véletlenszerű, hanem valamilyen szempont szerint történik, amit egyszerűen *eredményességnek* nevezhetünk [Dawkins].

A fenti alapelveket kell megpróbálni programokra alkalmazni. Az egyedek programok, „ők” alkotják a generációkat és „ők” szaporodnak. A szaporodás módja lehet akár a kétszemélyes, DNS-keveréses módszer, akár az egyszerűség kedvéért, az osztódás is. Fontos, hogy a programokat szelektáljuk, a legjobbaknak adjunk nagyobb esélyt a szaporodásra, a legrosszabbakat pedig öljük meg (töröljük). Ha a jó és rossz fogalmát megfelelően definiáljuk, akkor várhatóan a programok viselkedése a kiválasztódás révén a számunkra jónak definiált irányba sodródik.

Ez a dolgozat azt mutatja be, hogy miért nem történik feltétlenül úgy, ahogyan szeretnénk, hogy a programok hogyan „találják meg” a számunkra kényelmesebb, „olcsóbb” megoldásokat,

\* A cikk a 2003-ban a BME Gazdaság- és Társadalomtudományi Karán azonos címmel benyújtott tudományos diákköri dolgozat alapján íródott. Dolgozatával a szerző 1. helyezést ért el.

hogy a kijelölt feladat költséges vagy veszélyes megoldását elkerüljük.

### 3. Előre látható problémák

Néhány probléma már jóval az első tesztprogramok kitenyésztése előtt látható volt. Ezekből adok most egy rövid, technikai részletektől mentes felsorolást.

#### 3.1. Virtuális processzor

A fentiek alapján egyértelmű, hogy itt nagyon sok, igen lassú és terjedelmes programot kell egymás után rengetegszer lefuttatni. Az is nyilvánvaló, hogy a programok nagy része, a véletlen változtatások miatt, életképtelen lesz. Ez a két probléma indokoltá tette egy olyan környezet kifejlesztését, mely viszonylag gyorsan képes programot futtatni, rendkívül hibatoleráns és semmiképpen nem fagyasztja le a futtató számítógépet, bármilyen hibás vagy „furcsa” műveletet is próbál meg végrehajtani egy program.

Véleményem szerint a fentiekre legjobban egy virtuális processzoron futó gépi kód felel meg. A program futtatása viszonylag gyors, mert alacsony szintű nyelvről van szó. A változtatás is elég egyszerű, ugyanis a parancsok és az operandusok (a parancs paraméterei) is egészszámokként kerülnek tárolásra. Egy parancs nulla és egy fix érték között bármilyen szám lehet, az operandusok pedig gyakorlatilag tetszőleges egészszámok lehetnek. Így a program átírása véletlen számok beszúrását jelenti. Az eredmény mindenképpen lefut hiba vagy fagyás nélkül.

#### 3.2. Szaporodás

Két, egymástól eltérő algoritmust megvalósító processzornyelvű program bármilyen keveréke nagyon kis valószínűséggel ad olyan programot, ami egyáltalán „csinál valamit” a feladat megoldása érdekében. Nagyon valószínű, hogy a valódi evolúcióban sem rögtön a DNS jelent meg (és mondjuk a kétegyedes szaporodás), hanem az egyszerű osztódás.

Ennél bonyolultabb mechanizmusról valószínűleg csak akkor van szükség, mikor már az egyed is elég bonyolult. Annyira bonyolult, hogy két, jóval 90% feletti mértékben egyező egyed DNS-einek keveréke még eléggé eltérő

utódot eredményezzen. Az első tesztfeladatok egyszerűek, ezért az osztódást választottam. Nincs értelme ugyanazt a programot egyszerűen lemásolni, ezért a folyamat felgyorsítása érdekében minden másoláskor mindenképpen hiba keletkezik a másolatban (nagy a mutáció aránya).

#### 3.3. Szűkítések

A 3.1.-es pontban említett „tetszőleges egészszám” eléggé tág fogalom, amely igen sok lehetőséget szül. Minél több a lehetőség, annál több különböző program fejlődhet ki és így annál több processzoridőt kell szánni az egész folyamatra, míg egy használható programot kapunk.

Érdekes tehát a környezetet minél egyszerűbbre venni, a lehetőségek számát visszaszorítani néhány olyan korlátozással, amely a nyilvánvalóan működésképtelen egyedek számát csökkenti.

Erre jó megoldás az, ha nem bízunk mindent teljesen a véletlenre, hanem egy táblázatot állítunk össze arról, hogy milyen változtatás mekkora valószínűséggel történhet meg, ezzel egy (még elfogadhatóan széles) sávba szorítva vissza a végtelen evolúciós teret.

### 4. Környezetek, programok, kerülő módszerek

#### 4.1. Szám keresése

A legelső gondolatom az volt, hogy veszek egy számegetest, azon valahol egy induló pozíciót és egy célpozíciót. Minden programnak lehetőséget biztosítok arra, hogy megkérdezze az aktuális pozíciója és a cél közötti különbséget és egy általa választott mértékkel változtasson a pozícióján.

A környezet definiálása után elkészült az a program, ami véletlenszerű programokat ír a már említett virtuális processzorra, azaz egy előre meghatározott számú véletlen bájtsorozatból álló generációt. A generáció minden egyes elemét lefuttatta a keretprogram, és  $n$  darab lépés után megnézte, hogy mennyire van távol a pozíciója a célpozíciótól.

Az elképzelhető legoptimálisabb algoritmus az, hogy lekérdezzük a különbséget és annyit lépünk is. Így mindig egyetlen ugrással a célban „termünk”.

Ezt az algoritmust viszonylag hamar meg is találta a program. Ekkor úgy gondoltam, hogy ideje tovább lépni, valamivel bonyolultabb feladatot megadni. Ez abból állt, hogy az egyedek által igényelt lépéshosszt limitáltam, így már nem volt lehetséges egyetlen lépéssel a célba ugrani.

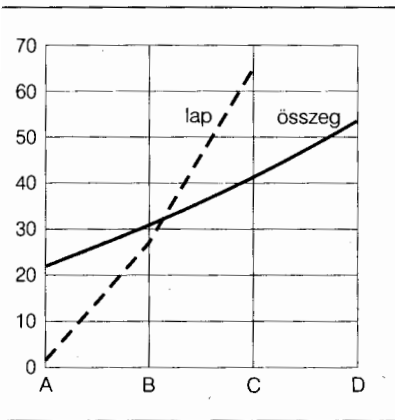
Az ide elképzelhető legjobb algoritmus gyakorlatilag megegyezik az előzővel, azzal a módosítással, hogy azt ismétlődően kell végrehajtanunk. Ha az elfogadott maximális lépéshossz 5 és a cél 7 lépésnyire van, akkor az elsőre kiadott 7-es távolság helyett csak 5-öt sikerül lépnünk. Ekkor viszont csak 2 lépés marad a cél távolsága, amit lelépve a célba érkezőnk.

Már itt, ennél az egyszerű feladtnál megmutatkozott az evolúció egyik alapvető természete: egy egyszerű ciklus helyett inkább több konstans lépést választott. Ha például a lépéshossz-limit 5 volt, az induló távolság pedig 15, akkor a végeredmény egy olyan program lett, ami háromszor kiadott egy ötnél nagyobb számot, így a számoktól függetlenül a lelépett távolság éppen 15 lett.

Ezután megváltoztattam a távolságot egy prímszámmra. Ekkor talált egy ötten osztható számot a prímszám környezetében, amire a fenti algoritmus működött, majd onnan egyetlen lépéssel ugrott a célba.

A probléma az volt, hogy rosszul írtam le a feladatot. A feladat leírását a *pontozás* adja az evolúciónak, ugyanis ez választja ki a programokat. A leírás pedig nem azt mondta, hogy „– Egy tetszőleges helyről juss el a célba!”, hanem azt, hogy „– Erről az egyetlen helyről juss el arra az egyetlen helyre!”. Valóban: egy sok szabadságfokú autónál sokkal egyszerűbb közlekedési eszközzel (pl. szállítószalaggal) is megoldhatunk egy szállítási feladatot, ha biztosak vagyunk abban, hogy az adott tárgyakat két, egymástól 25 méterre lévő pont között kell szállítanunk, és a két pont közötti egyenes mentén semmilyen akadály nem található.

A következő lépés tehát a feladat átfogalmazása volt. A célpozíciót mozgóvá kellett alakítani. Hogy kisebb legyen az esélye annak, hogy valamilyen trükkös módszerrel megint megkerüljük a programok a valódi feladatot, bevezettem a *lépés és a látás hibájának fogalmát*: a program által adott lépésszámot és a programnak adott távolságot kis mértékben véletlenszerűen



1. ábra

nódosítottam. Ezt a kísérletet aztán nem futtattam le, mivel nagyon elvont. Ehelyett próbáltam egy hasonló nehézségű, de sokkal kézzelfoghatóbb feladatot találni, ahol a programok eredményessége (vagy eredménytelensége) is sokkal kézzelfoghatóbb, legalább is az ember számára.

#### 4.2. 21-ezés, pontozással

A választás a népszerű 21-ezésre esett. Az itt felhasznált szabályrendszer a következő volt:

- nincs pakli; a kártyalapok 1 és 11 között teljesen véletlenszerűen jönnek (akár egymás után 5 azonos érték is);
- az egyedek húzhatnak lapokat tetszés szerint, majd bejelentetik, hogy végeztek;
- a húzott lapok összege nem haladhatja meg a 21-et, viszont minél inkább megközelíti azt, annál eredményesebb az egyed;
- a program futási ideje limitált (tehát ha nem jelzi, hogy végzett, egy idő után akkor is leállítjuk).

A pontozás elsőként egy lineáris függvény volt, ami az összeg távolságát adta meg 21-től, 21 fölött pedig a távolságot szorozta egy szép nagy konstanssal.

Sajnos úgy tűnt, hogy nem igazán választódtak ki a jobbak. Néha felbukkant 1-1 eredményesebb program, de hirtelen bármikor meghalhatott. A probléma oka az volt, hogy nem egyenlő mérce szerint hasonlítottam össze őket: mindenki más véletlen lapokat kapott, így a legjobbak is meghalhattak, ha éppen pechük volt. Egyetlen pici tévedés elég volt a halálhoz. Az életben is elég lehet egyetlen tévedés a

halálhoz, de nem igaz az, hogy bármilyen tévedés halált eredményez!

A hibák kiegyenlítésére két módosítást vezettem be: egyrészt a programok nem egyetlen alkalommal játszottak és a pontjaik a játszmák során átlagolódtak. Ezzel 1-1 nagyon rossz leosztás okozta traumát el lehetett kerülni. Viszont sajnos még így is előfordult, hogy akár tíz vagy száz leosztás átlaga is rosszabb volt, mint más leosztásoké.

A másik módosítás éppen ezért az volt, hogy előre generáltam leosztásokat, majd ugyanabban a sorrendben, minden generáció összes tagja ugyanazokat a leosztásokat játszhatta. Teljesen igazságos megoldás, persze, nem jó...

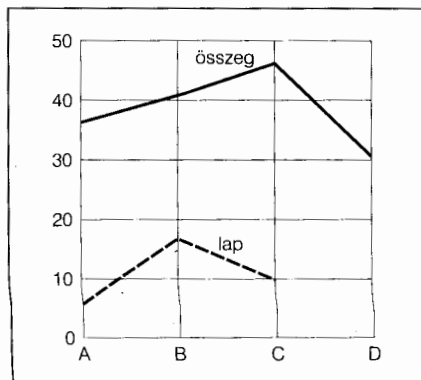
Így ugyanis megint nem huszonegyezni tanultak meg, hanem egy adott leosztás-sorozatot jól játszani. A probléma javítása egyszerű volt: minden generáció előtt regenerálni kellett a leosztásokat, így a generáción belül egyenlők voltak az esélyek a túlélésre, viszont a feladat minden buktatóját is rázúdítottam a programokra.

#### 4.3. Három lap

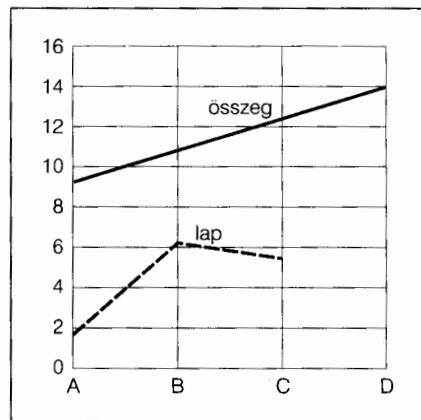
A feladatra egyik triviális megoldás az, hogy az ember elkezd lapokat húzni, összegzi azokat és egy előre definiált összeg fölött már nem kér több lapot. Várható volt, hogy az evolúció is valami hasonlóval fog előállni.

Persze, nem tette.

Helyette egy sokkal egyszerűbb megoldást választott: húzott három lapot és bejelentette, hogy végzett. A módszer azért működik viszonylag jól, mert a lapok teljesen véletlenszerűen jönnek, így nagyon sok futás átlaga viszonylag magas szám, cserébe a 3 lap összege elég ritkán haladja meg a 21-et (a nagy büntetés elkerülhető). Ennél biztonságosabb a 2 lap húzása, aminél



2. ábra



3. ábra

az esélye a 21 túllépésének szinte nulla (két 11-est kellene húznunk, szemben a 2 lap bármilyen más kombinációjával).

A kockázatosabb, de néha jobb eredményt hozó megoldás 4 lap húzása, ami már gyakran lépi túl a 21-et. A tenyésztés során mind a három megoldás időről időre előkerült. A pontozás alapján került túlsúlyba generációszámában is, időben is az egyik megoldás.

A lineáris pontozás a 3-4 laposnak kedvezett. Ha a büntetést növeltem, akkor inkább a 2-3 lapos, „biztonságosabb” út került előtérbe. A probléma megoldására bevezettem a másodfokú pontozást, ami a különbség négyzetét vette alapul, így a biztonságos, de 21-től távoli eredmény hátrányba került. Ezzel viszont csak azt értem el, hogy erős túlsúlyba került a 3 lapos variáció.

Ekkor úgy döntöttem, hogy a pontozással szakítani kell. Ennek oka az, hogy az evolúció láthatóan nem az elképzelt, hanem az általam leírt feladatot próbálta meg jól megoldani, és a leírás sokkal inkább szólt a pontozás módjáról, mint a cél eléréséről. Mint ahogy a jó ügyvédek a gondosan megírt törvényekben a kiskapukat, réseket keresik, ebben az esetben az evolúció a pontozás adta könnyebbségek kihasználásának legjobb módját kereste meg. Erre akkor jöttem rá, mikor az egyik 3-at húzó algoritmust összemértem egy 17-es összegig húzó programmal és kiderült, hogy a túlkomplikált pontozásom mellett valóban jobb pontszámot kap a 3-at húzó.

Hogy a különbség érthetőbb legyen, pontozás nélkül, a legjobbnak tűnő mérőszámok segítségével összehasonlítottam az algoritmusokat. Az 1...3. ábra diagramján ennek eredmé-

## 1. táblázat

Algoritmus	21 fölött	21	Jó tartomány
Lap (2)	0,862	1,621	9,963
Lap (3)	26,809	6,202	20,133
Lap (4)	64,962	5,467	13,782
Összeg (15)	21,550	9,245	37,511
Összeg (16)	30,654	10,879	41,731
Összeg (17)	40,961	12,438	46,601
Összeg (18)	53,537	14,004	32,459

nye látható. Az „összeg” vonal az összegzéssel dolgozó algoritmus eredményeit mutatja, míg a „lap” görbe a lapok számlálásával dolgozóét. A vízszintes tengelyen az A, B, C és D pontok a két algoritmus bemeneti paramétereit mutatják, melyek rendre 2, 3 és 4 a lapok számolásához és 15, 16, 17, 18 az összegzéssel való esetben.

(A folyamatos görbék az összeget vizsgáló algoritmustípusra vonatkoznak. Ezeknél A = 15, B = 16, C = 17, D = 18. A szaggatott görbék a lapok számát vizsgáló algoritmustípus szerinti. Itt A = 2, B = 3, C = 4 lap. A függőleges tengelyen önkényesen megválasztott, relatív mérőszámokat tüntettünk fel.)

*Rontott:* az összeg 21 fölött van (1. ábra).

*Jó:* az összeg egy „kellems” sávan, azaz 17–20 pont között van (2. ábra).

*Nyert:* az összeg 21 (3. ábra).

Jól látható, hogy az összeget figyelők közül a 17-nél (C) megálló program a leghatékonyabb. Az evolúció által kitenyésztett megoldások közül a legjobbnak valóban a 3 (B) lap húzása tűnik, bár ez is csak fele annyira eredményes, mint a 17-re játszás.

A fenti eredmények számszerűsítve az **1. táblázatban** tekinthetők át.

Az adatok százalékban értendők. Az egyes sorok összege száz százalék, a jó tartomány alatti húzásokkal kiegészítve (tehát a 2 lap húzása esetén a legtöbb összeg a jónak mondott tartomány alá esett, miközben a 18-as összegre játszó algoritmus nem tudott a jó tartomány alá húzni).

A fentiek nem azt jelentik, hogy nem lehet megfelelő pontozófüggvényt készíteni, akár erre a feladatra is. Sokkal inkább azt, hogy nekem nem sikerült, így a függvény további bonyolítása helyett inkább egy olyan megoldás felé mozdultam el, ahol egyáltalán nincs függvény, ezzel újabb hibalehetőséget zárhatok ki.

dás felé mozdultam el, ahol egyáltalán nincs függvény, ezzel újabb hibalehetőséget zárhatok ki.

### 4.4. Kitérő: a rosszabbak esélyei

Jelentős probléma volt még a szaporodás körül: a leponozott programokat sorba rakva, a programok legjobb pár szálalékát engedtem tovább, a többit mindenképpen megöltem, helyüket a legjobb utódainak átadva. Így egy biztonságosan játszó programnak hosszú távon nem volt esélye szaporodni, mivel rövid távon meghalt.

A valóságban sem mindig csak a legjobbak szaporodnak. Szinte minden fajnál lehetőséget kapnak a kevésbé jók is. Ugyanis az evolúció – a „közvélekedéssel” ellentétben *nem a legrátermettebbeket hagyja életben, hanem senkit nem pusztít el, aki nem túlságosan rossz ahhoz, hogy túléljen.* A két megfogalmazás (és felfogás) között persze ég és föld a különbség [Barrow], de most az én szempontomból a dolog úgy fogalmazható át, hogy a rövid távú nyereségekért nem szabad feláldozni a hosszú távú lehetőségeket! A most kevésbé sikeres egyedekben lehetnek olyan tulajdonságok, melyek egy megváltozott környezetben vagy a fejlődés egy későbbi szakaszában még hasznosak lehetnek.

Ha csak a legjobbak szaporodnak, akkor az ő gépi kódja terjed el és válik akár egyeduralmukodóvá a csoporton belül, így csökkentve a „biodiverzitást”, a sokszínűséget, ezzel a fejlődés irányát egy szűk sávra korlátozva.

### 4.5. Kitérő: lokális csúcok

Az evolúció egyik buktatója a lokális csúcok eredményes felfedezése. Az eddigiekben az egyik alapvető elv az volt, hogy a legjobbakat életben hagy-

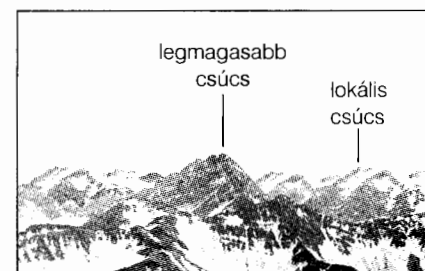
juk, sőt, szaporítjuk, míg a legrosszabbakat megöljük. Ez azonban csak rövid távon térül meg.

Egy szemléletes példa a problémára az, ha elképzelünk egy hegymászt, aki azt a feladatot tűzte ki maga elé, hogy szeretné az ország legmagasabb hegyét megmászni bármilyen térkép vagy útbaigazítás nélkül. A probléma megoldásának egyik lehetséges megközelítése az, hogy ha több irányba is mehet, akkor arra menjen, ami láthatóan a legmagasabban van az aktuális pozíciójához képest. Ez először látványos eredményeket hoz, nagyon meredeken indul a hegymászónk az első domb oldalán felfelé, viszont ahogy elér a csúcra, elfogy a lelkesedése. Ennek oka az, hogy a csúcstről fölfelé már nem lehet menni; a következő domb megmászásához pedig először az aktuális dombtól kell lemászni (**4. ábra**). Mivel turistánk nem tudja, hogy most épp a legmagasabb dombon van-e, vagy hogy a szomszédos domb magas-e, vagy hogy egyáltalán van-e másik domb, ezért tanácstalan.

Ilyen helyzetben azt lehet tenni, hogy elindítjuk a hegymászt az ország egy másik pontjáról és reménykedünk, hogy ez a pont éppen a legmagasabb csúcs tövében volt és véletlenül jó irányban indult el.

A gyakorlatban ez úgy festett, hogy a legjobb pontozási algoritmussal is csak a legközelebbi „lokális csúcra mászott fel a program”, ami a 3 lap húzását jelentette. Innen már csak az eredmények időleges feladásával, visszalépéssel lehetett volna jobb algoritmust fejleszteni, ezért a programok megálltak a fejlődésben.

Minél jobb függvényt írtam, annál gyorsabban jöttek az eredmények. A legjobb függvénnyel már pár tíz generáció alatt megjelentek a 2-3-4-et húzó programok. Először a húzások elszórtan jelentkeztek a kódban, ezért nagy volt a valószínűsége, hogy közéjük kerül egy utasítás a mutációk során, így



4. ábra



sérülékenyek voltak. Pár százezer generáció alatt elrendeződtek úgy, hogy a 3 hűzás nagyon közel került egymáshoz. A maradék generációk millióiban már nem történt fejlődés.

Szemléletesen ez azt jelenti, hogy néhány gyors lépéssel a hegymászónk felmászott a dombra, aztán pár száz lépést arra használt fel, hogy a domb legmagasabb pontját mikrométer pontossággal megtalálja, majd a maradék időben e körül járt körbe-körbe. Az ismert evolúcióbiológus, Dawkins nem véletlenül adta egyik könyvének azt a címet, hogy „A valószínűtlenség hegyének meghódítása”!

#### 4.6. Egymás ellen

Visszatérve a pontozásos eljáráshoz, ki kellett küszöbölni a következő problémákat:

- a pontozási függvény befolyásoló hatását,
- a lokális csúcs gyors és biztos felfedezését,
- a hirtelen halál lehetőségét.

Triviálisnak tűnik az a megoldás, hogy a programok küzdjenek meg egymás ellen és ez döntse el az életben maradási. Így nincs szükség csalóka függvényre és az esélyek is egyenlők. Az előzőekben egy másik probléma az volt, hogy egy bármilyen rontás miatt hirtelen bármelyik egyed meghalhatott.

Az új környezetben ezért minden programnak volt egy *életereje*, ami induláskor egy meghatározott értéknek felel meg. Ha az életerő elfogyott, akkor a program meghalt. Csak annyi új gyermek születik egy új generációban, ahány hely keletkezett régi programok elhalálása miatt, tehát a generációk lélekszáma állandó.

A generáció minden tagja az összes többi tag ellen játszott pár meccset. Azért többet, több leosztással, hogy ne a véletlenül müljön, hogy melyiket minősítem jobbnak. Ha egy ilyen meccs sorozat után az egyik egyed legyőzte a másikat, akkor a győztes életereje eggyel nőtt, a vesztesé pedig eggyel csökkent. Amelyik program életereje teljesen elfogyott, az már többet nem játszhatott. A mérkőzések után a fel szabadult helyeket az aktuális életerő-pontok arányában a legjobb néhány program között felosztom, majd azok leszármazottaival helyettesítem. A leszármazottak kezdő életereje viszonylag alacsony érték.

Ez a megoldás esz tökéletes; a felvetődő problémákra érdemes részletesen is kitérni.

#### 4.7. Öregedés

Mivel a szaporodási esélyeket az aktuális életerő határozza meg és életerőt nyerni gyorsan nagyon nehéz, azok, akik hosszabb ideje vannak már a rendszerben, sokkal jobb eséllyel szaporodnak. Ez azt jelenti, hogy az evolúciós térben tőlük egy lépésnyire található gyerekeik kifejlődésének aránya nagy, miközben a tőlük két lépésnyire levő unokáik gyakorlatilag nem jelenhetnek meg. Ennek csak az a feltétele, hogy az első néhány helyen olyan öreg programok legyenek, amelyek egymással általában hosszú távon döntetlenre jutnak.

Ez azért probléma, mert a fejlődést így „sikerül” kizárnunk. Ha egy sikeres egyed gyermeke csak nem működő részekben tér el a szülőjétől, akkor ő már soha nem veheti át a legjobb helyeket, így nem szaporodhat. Az a változás, ami létrejötték belekerült, gyakorlatilag elveszik. Hogy ezt elkerüljem, bevezettem az öregedés fogalmát, ami azt jelentette, hogy egy program egy bizonyos kor után mindenképpen veszít életerőt minden új generáció eljövetelel (miként ez a valódi evolúciós rendszerekben is történi szokott; lásd fentebb). Az életkort persze generációszámban kell érteni. A későbbiekben másodfokú függvényt használtam az öregedés számítására, így minél öregebb volt egy program, annál jobban kellett küzdenie az életben maradásért.

#### 4.8. Családok háborúja

A tenyésztőprogram az összes újszülött programnak adott egy azonosítót és jegyezte, hogy kinek ki a szülője. Ez

#### 2. táblázat

Azonosító	Életerő	Kor	Származás						
			A	B	C	D	E	F	
8213	1969	129	→22	→271	→1188	→4488	→8213		
9665	1880	87	→22	→271	→1188	→3209	→6443	→9665	
11493	1124	37	→22	→271	→1188	→4488	→8213	→11493	
6666	935	171	→22	→271	→1188	→3209	→6666		
6443	825	177	→22	→271	→1188	→3209	→6443		
11569	644	32	→22	→271	→1188	→4488	→8213	→11569	
12186	540	17	→22	→271	→1188	→4488	→8213	→12186	
9923	468	80	→22	→271	→1188	→3209	→6443	→9923	

azért fontos, mert így könnyen vissza lehet nyomozni, hogy ki honnan származott, akár családfát is lehet rajzolni.

Egy érdekes hatás figyelhető meg a vérvonal-visszavezetéskor. A **2. táblázat** a legerősebb 8 programot mutatja egy tenyészet 379. generációjában.

Úgy tűnik, hogy pár generációra visszamenőleg már kiválasztódtak a legjobbak. A 22→271→1188 vérvonal itt például a legjobb, és most (az *F* szinten) a *B* szint 4488 és 3209 vonala csap össze. A *D* szinten látszik, hogy a 4488 vonalon különösen jól sikerült a 8213, a másik vonalon pedig a 6443. Tehát vannak hosszú vonalak, „csápok”, amelyek folyamatosan próbálják kiirtani egymást. A legeredményesebb csáp meg is teszi ezt, de mire egyedül maradna, már ő is szétágazik 2-3 felé.

Az is látszik a táblázatból, hogy az öregedés jól működik, hiszen támogatja az unokák születését. Az életkor-oszlopban látszik, hogy a fiatalabbak is egész magasra fel tudnak kapaszkodni a ranglétrán és például a *D* oszloptól két lépésre levő ...→3209→6443→9665 egyed jobb eredményt ért el, mint az egy lépésnyire levő ...→3209→6666, mivel az már erősen öregszik.

#### 4.9. Csapatos viselkedés

Egy igen érdekes kerületutat találtam az egymás elleni futtatás során, még az öregedés bevezetése előtt. A fent vázolt szabályok alapján a döntetlen játszma változatlanul hagyja mindkét fél életerejét. Mivel az egy szülődtől származó gyerekek, a testvérek nagyon hasonlítanak egymásra, általában gyakorlatilag ugyanazt teszik, ezért a generációkat jórészt az 1 vagy 2 legjobb programtól származó, szinte ugyanazt csináló gyerekek teszik ki (mint az előző pontban hivatkozott két vérvonal).

E két hatás összegeként előállt az a furcsa helyzet, hogy egy idő után minden program minden másikkal döntetlent játszott, így senki sem sérült, nem volt haláleset és minden program képes volt az idők végezetéig túlélni. Mintha a háttérben összebeszéltek volna, hogy senki ne próbáljon jobb lenni a másiknál, mert nyerni nem nyer vele semmit; így garantált az örökélet.

Ahogy alapvető gondolat az, hogy ha egy steril környezetben egy önmagát sokszorosítani képes struktúra jelenik meg, akkor az elég hamar elszaporodik (amíg az erőforrások engedik), úgy a fenti hatás is egyirányú: ha egyszer létrejött, akkor (amíg le nem állítjuk) stabilan ezt fogja tenni. Ha egy másik irányból indítjuk a folyamatot, akkor esetleg egy más „kinézetű” algoritmussal, de ugyanez lesz az eredmény. Ezért is fontos az öregedés, ugyanis ezzel az a lokális csúcstól a földbe tudjuk döngölni.

#### 4.10. Nagy ugrások

A kérdés továbbra is az, hogy miért nem hajlandó ciklust írni, miért ragaszkodik ahhoz, hogy hármat húzzon. A válasz egyszerű: a három lap húzása három utasításon múlik, melyek közül ha két utasítás a helyén van, az sokkal jobb, mintha csak egy, és ha mind a három stimmel, az jobb, mint ha csak kettő. Ezzel szemben a ciklus esetén is három utasítás szükséges, viszont itt csak két eredmény képzelhető el: vagy jó sorrendben ott a három utasítás és akkor működük, vagy nem, de akkor az eredmény ugyanaz, mintha csak egy lapot húzna. Így tehát ha nulláról indulunk és kialakul az első lépés, miszerint húz egy lapot és kiszáll, akkor két út közül választhat: vagy húz még egyet, majd utána száll ki, ezzel növelve a hatékonyságát, vagy elhelyezi az egyik ciklusszervező parancsot úgy, hogy ugyanaz marad a hatékonysága. Annak az esélye, hogy ezután a másik ciklusszervező is a helyére kerüljön, már igen kicsi, miközben ezt a vérvonalat mindenféle nehézség nélkül győzi le a kettőt húzó vonulat. Vagyis ez mindenképpen az ellen a „nagy ugrásokkal dolgozó evolúció” elmélete ellen szól, amiről Dawkins tudományos ellenfele, Niles Eldredge is beszél [Galántai].

Dawkins így ír: „Sokan úgy gondolják, hogy az evolúció elmélete azért nem igaz, mert például az emberi szem nem fejlődhetett ki: ha csak az egyik

alkotóeleme hiányzik (pl. a szemlencse), akkor már használhatatlan. Erre viszont azt lehet válaszolni, hogy kis lépésekben, egyszerre fejlődtek az „alkatrészek”.

Ha egy élőlénynek van 1%-nyi látása, akkor már nagyobb esélye van túlélni, mint a társának, akinek egyáltalán nincs látása.” [Dawkins].

A mi esetünkben viszont éppen az a probléma, hogy a ciklus magja annyira kicsiny egység, hogy vagy kifejlődik egyszerre és utána tökéletesedik, vagy sehogy, ugyanis külön-külön a részei egyáltalán nem befolyásolják az eredményt. Mintha a látás vagy 0, vagy 100% lenne ebben az esetben.

### 5. Egyéb trükkök

A próbálkozások során néhány olyan trükköt is kifejlesztett a rendszer, amire elsőre nem gondoltam. Ezek inkább technikai jellegűek, de érdemes foglalkozni velük, mivel egy adott problémára a megszokotthoz képest egy alternatív megoldást adnak.

#### 5.1. Végtelen ciklus

Az eredeti szabályok szerint a programok bejelentetik, hogy mikor nem kérnek már több lapot. Hogy a rendszer mégse álljon le egy hibás programtól, ami soha nem jelenti be, hogy végzett, a futási idő limitált, azaz előbb-utóbb abbahagyja a futást.

Ezt kihasználva a programok egy része nem ad jelet, hogy végzett, hanem egy végtelen ciklusba keveredik. A végtelen ciklus egyetlen utasítás, a paramétere pedig viszonylag széles határok között alkalmas arra, hogy végtelen ciklus legyen belőle, tehát a két módszer „költsége” majdnem azonos.

Sajnos, a végtelenciklusos módszer sokkal több processzoridőt fal fel, mint a szabályos kilépés.

#### 5.2. Első lap

Néhány köztes verzió megpróbált ellenőrzéseket végezni a bejövő adatokon, persze az összegzésig már nem jutott el. Viszont addig egy-egy program eljutott, hogy egy lapot mindenképpen húzni kell, és csak a második lap húzása után érdemes ellenőrizni. Annak az esélye, hogy két tizenegyet húzunk, szinte nulla, ezért ez a módszer akár az összegzős algoritmusnál is megspórolna egy ellenőrzést.

### 6. Körkörös csúcsok

Ha az összes lehetséges egyedet és a hozzájuk tartozó eredményességet felrajzolnánk egy hatalmas, háromdimenziós diagramra, akkor egy domborzatot kapnánk. Ezen a domborzaton rengeteg kisebb csúcs lenne (helyi optimumok), és néhány igen magas.

Sejtésem szerint ezeket a magas csúcsokat helyi csúcsok bástyája veszi körül, így „kintről” nehéz bejutni hozzájuk. Ezt a 3.8. pontban leírt probléma is alátámasztja: az adott helyről egy lépésnyire ott a lokális csúcs és egy kerülő úton, egy, a jelenlegivel azonos szinten levő hágón keresztül lehetne két domb között a hegyhez jutni.

### 7. Továbbfejlődési lehetőségek

Érdekes lenne az 5. pontban leírtakat igazolni úgy, hogy egy sokkal jobban leszűkített térben megkeressük az összes megoldást és ténylegesen felrajzoljuk azokat. Valószínűleg ehhez alapvetően át kellene alakítani a feladatot és a rajz is könnyen négy- vagy többdimenzióssá válna.

Egy másik kísérlet keretében be kellene vezetni azt, hogy minden generáció után 1-1 gyenge program is szaporodhasson, ne csak a legerősebbek. Ez ellensúlyozná az erősek elnyomó hatását. Meg kellene engedni, hogy néhány kivételes esetben a másolási hiba sokkal nagyobb legyen, így adva némi esélyt a nagyobb ugrásokra. Persze abban nem reménykedhetünk, hogy nagy ugrásokkal hamar felérünk a hegyre. Egy olyan helyre, amelyet két kis lépésnyi távolságban van, völgyön keresztül, még jó eséllyel eljuthatunk.

Jó lenne kipróbálni a fokozatos hűtés elvét: ahogy halad az idő, egyre szigorúbbnak lenni az egyedekhez. Ha már rögtön az elején nagy szigorral válogatunk köztük, akkor gyakran elhal az egész tenyészet. Szinte teljesen új tenyészet keletkezik az egyik szerencsés programból, ami gyakorlatilag semmivel sem volt jobb a többinél, csak szerencsésebb. Ha viszont a szigorításokat fokozatosan vezetjük be, akkor később, mire már nyerő helyzetbe kerül 1-1 vérvonal, újabb kihívásokkal találhatják szembe magukat.

### 8. Konklúzió

A valódi evolúcióba nem avatkozott be „fentről” senki – ellentétben az eddig

követett megoldásokkal. Állandó módosításaimnak több oka volt:

### 8.1. Megfelelő lokális csúcok

Az élőlények esetén a lokális csúcok általában elég jónak számítanak. A jelenleg létező élőlények is valószínűleg lokális csúcot jelentenek vagy legalábbis egy ilyen lokális optimum felé tartanak. Ha például egy ragadozó és egy zsákmányállat közötti versengést kísérünk figyelemmel, beláthatjuk, hogy ha mindketten bekerülnek egy lokális optimumba, akkor kölcsönösen állhatnak le a fejlődésben.

A mi esetünkben viszont a kitűzött cél általában sokkal jobb megoldást követel meg, mint egy, az induláshoz közeli lokális optimum. Ez nem jelenti azt, hogy egyes feladatokra egy így megtalált lokális csúc által adott megoldás ne lenne jobb, mint amit eddig emberek fejlesztettek ki rá.

### 8.2. Idő

A földi élet kialakulására rendelkezésre állt pár milliárd év. Nekünk sajnos,

nincs ennyi időnk. A program első verziójának viszonylag hamar meg kell jelennie, ezért néha beavatkozásra van szükség.

### 8.3. Céltalanság

A valódi evolúciónak nincsen célja. Programok írásakor az evolúciót egy konkrét, előre definiált feladat megoldására szeretnénk használni. Minden bizonnyal ez a legnagyobb különbség a valódi evolúció és a programok tenyésztése között. Ez a különbség indokolja a módszerek közötti eltérést is.

### 8.4. Általánosítás

Ha egyszer egy feladattípusra jó környezetet sikerül kialakítani, akkor később hasonló feladatok esetén nem kell kézi vezérléssel befolyásolni az evolúció lefolyását. Ez azt jelenti, hogy csak az első tenyésztéskor, a megfelelő környezet kialakítása miatt szükséges a kézi beavatkozás.

Végezetül köszönetet mondok konzulensemnek, dr. Galántai Zoltánnak hasznos tanácsaiért.

A dolgozat aktuális változatát és az újabb eredményeket a következő honlapon lehet megtalálni:

<http://igor2.mcomp.hu/tdk2/>

### Irodalom

- Barrow, John D.: A művészi világegyetem (Kulturtrade, 1998. Abonyi Iván, Béresi Csilla és Both Előd fordítása)
- Dawkins, Richard: A vak órásmester. Godolatok a darwini evolúcióelméletéről (Akadémiai Kiadó – Mezőgazda Kiadó, 1994. Síklaki István, Simó György és Szentesi István fordítása)
- Diamond, Jared: Miért élvezt a szex? Az emberi szexualitás evolúciója (Kulturtrade, 1997. Kertész Balázs fordítása)
- Galántai Zoltán: Méretek, elméletek, evolúciók (Beszélő, 1997/11, <http://beszelo.c3.hu/97/11/27.htm>)
- Gelernter, David: Ami működik, az csodálatos. A technika esztétikája (Vince Kiadó, 1998. Kertész Balázs fordítása)
- Hillis, Daniel: Üzenet a kövön. Hogyan működik a számítógép? (Vince Kiadó, 1999. Kertész Balázs fordítása)
- Jones, Steve: Darwin szelleme. A fajok eredete – mai változatban (Typotex, 2003. Gyárfás Vera és Orosz István fordítása)
- Judson, Olivia: Kedves dr. Tatiana... Szexuális tanácsadás mindenféle teremtményeknek (Magyar Könyvklub, 2003. Bihari György fordítása)



# GLOBAL FOCUS Kft.

1119 Budapest, Etele u. 59-61.

[www.globalfocus.hu](http://www.globalfocus.hu)



## Műszerek, méréstechnikai kiegészítők forgalmazása

**METEX** asztali- és kéziműszerek  
**PICO** PC-s alapú méréstechnikai megoldások  
**GOODWILL** oszcilloszkópok

### Szervizműszerek:

- funkciógenerátorok
- frekvenciaszámlálók
- tápegységek

**TES** környezeti jellemzőket vizsgáló műszerek:  
hőmérséklet-, fény-, hangszint-, páratartalom-, fordulatszám- és légsebességmérők

**PROTEK, HC** oszcilloszkópok

## Rendelés - Információ

Telefon: 481-1233, 481-1161; Fax: 203-4355

E-mail: [gmark@mta.mmsz.hu](mailto:gmark@mta.mmsz.hu); [bvarga@mta.mmsz.hu](mailto:bvarga@mta.mmsz.hu)

Megrendelésüket - kérésükre - csomagküldő szolgálattal, szállítási költség fejében házhoz szállítjuk!

## Viszonteladók

### Fairtool Kft.

1101 Budapest,  
Kőbányai út 47/b  
260-8025, 261-9561  
[fairtool@fairtool.hu](mailto:fairtool@fairtool.hu)

### Plast-Ker Kft.

1102 Budapest,  
Hölgy u. 39.  
433-1550, 433-1549  
[plastker@plastker.hu](mailto:plastker@plastker.hu)

### KMI Impex Kft.

4028 Debrecen,  
Kossuth u. 18.  
52-412-421, 52-418-174  
[hobbyelektronika@kmi-kft.hu](mailto:hobbyelektronika@kmi-kft.hu)

### Korondán Kft.

4028 Debrecen,  
Sámsoni u. 19.  
52-460-791, 52-461-223  
[korondan@axelero.hu](mailto:korondan@axelero.hu)

### MÁL-TA Kft.

9700 Szombathely,  
Losonc u. 20.  
94-510-236, 94-510-237  
[mal-ta@axelero.hu](mailto:mal-ta@axelero.hu)

### Arszenál 90 Kft.

8000 Székesfehérvár,  
Széchenyi u. 136.  
22-327-767, 22-340-591  
[info@arszenal.hu](mailto:info@arszenal.hu)

### C+F Kft.

1134 Budapest,  
Angyalföldi út 34-36.  
340-8476, 340-8456  
[cf@cf.hu](mailto:cf@cf.hu)

### Trapéz By Kft.

4400 Nyíregyháza,  
Hunyadi út 53.  
42-404-945, 42-403-874  
[trapezby@externet.hu](mailto:trapezby@externet.hu)

### Horizont Color Kft.

5100 Jászberény,  
Kossuth L. u. 48-50.  
57-410-500, 57-410-500

### OHM Elektronika Kft.

9400 Sopron,  
Baross út 12.  
99-508-972, 99-508-973  
[e.ohm@chello.hu](mailto:e.ohm@chello.hu)

### Elektronik Ker. Kft.

3530 Miskolc,  
Hunyadi u. 44.  
46-504-284, 46-413-118  
[emomiskolc@netquick.hu](mailto:emomiskolc@netquick.hu)

### Modul Bt.

8800 Nagykanizsa,  
Petőfi u. 84.  
93-314-861, 93-310-336

# 20 MHz-es sweep- és függvénygenerátor

Nagymáté Csaba villamosmérnök

Bizonyára minden elektronikát művelő vagy kedvelő szakember és amatőr egyetért abban, hogy a professzionális vagy otthoni laboratórium egyik legfontosabb műszere a hanggenerátor, illetőleg ma már a függvénygenerátor. Többnyire egyszerű áramköri megoldásainak köszönhetően házilagos kivitelezhetősége sem okoz különösebb problémát. Az igényesebb típusok sweep (magyarul talán pásztázónak lehetne mondani) üzemmóddal is rendelkeznek, melynek használata révén igen gyorsan képet kaphatunk, pl. egy erősítő négyfázisú viselkedéséről. Nem véletlen tehát, hogy a téma külön-külön (függvény-, ill. sweepgenerátor) vagy együttesen időről-időre feltűnik évkönyvünk hasábjain.

Mi az, ami a mostani készülékünk bemutatását indokolja? Nos az az általános – főleg távközlési – tendencia, amely az egyre magasabb frekvenciák használata felé tolja el elektronikus világot. Évkönyvünk megjelenésekor már a 2 GHz-es sávot ostromolja a hazai távközlési piac. Lépest tartva ezen irányzattal, olyan függvénygenerátort készítettünk, amely messze túlszárnyalja az ilyen típusoknál megszokott 100 kHz-es (ritkán 1 MHz-es) felső határfrekvenciát. Tesszük ezt úgy, hogy

az előbb említett egyszerű felépítésből, mint követelményből nem engedünk. Bár mint tudjuk, minden relatív... Szerencsére elmondhatjuk, hogy a segítségünkre levő internetböngésző is egyre inkább természetes „munkaeszköz” az elektronikával foglalkozók körében. Így akadtunk a MAXIM félvezetőgyártó speciális függvénygenerátor-csipjére, amely nálunk is kapható.

Alapos környezeti kiépítésével sikerült a lehető legjobban kihasználni a tok témánkba vágó adottságait (lásd később). Szükség is volt rá, mert szinte minden internetforrás „olcsó 20 MHz-es függvénygenerátor” címmel mutatja be a MAX038-as IC-t alapkapsolásban. S talán mi tudjuk a legjobban, hogy az „alacsony költségű berendezés” mást jelent az óceán túlsó partján és mást nálunk...

Ha már a birtokába jutottunk az előbbi jelzővel nem egészen illethető IC-nek, akkor elvárható egy olyan áramköri alkalmazás, amelynek kapcsán elmondhatjuk: megérte a befektetés! Egy ilyen bevált kapcsolásra tesszünk az alábbiakban javaslatot, remélhetőleg az utánépítők meglepedésére.

Előzetesen beavatjuk az olvasót az alkotási folyamat filozófiájába, amely majd – ha nem is szó szerint – „végig

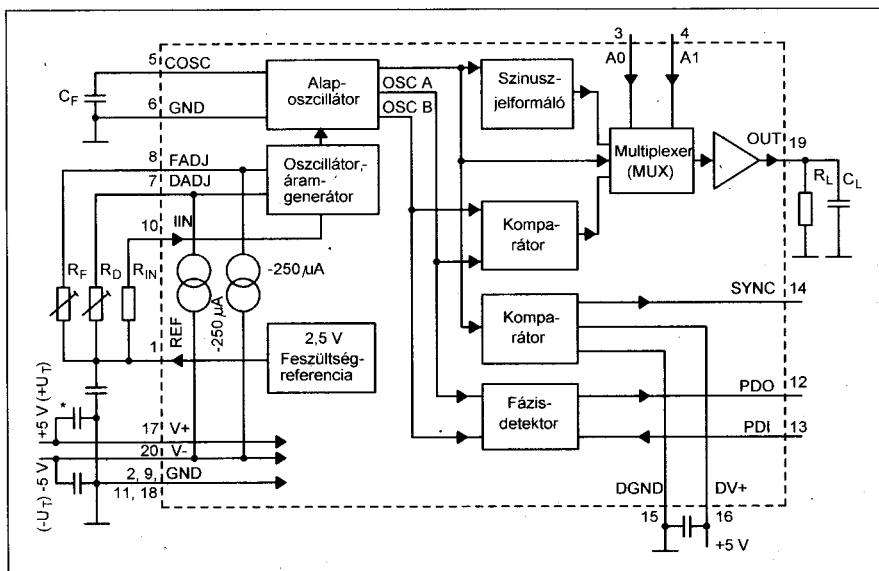
kíséri” mostani írásunkat, megerősítve illetve cáfolva „teteleit”. Az oszcilloszkópokkal foglalkozó írásomban (*Rádiótechnika Évkönyve 1996*) megállapítást nyert, hogy mire is van szüksége egy elektronikai szakembernek munkássága során. Hasonló komolysággal átgondoljuk az alkotás 5 fázisát, melyeket a fejlett ipari társadalmak marketingszakemberei (néhány pohár kiürítése után) vallanak.

Az első a *lelkesedés*, amikor is minden új dologhoz nagy buzgósággal fogunk hozzá. Ezt követi a *zűrzavar*, mivel az óriási információáradatban képtelenek vagyunk eligazodni. Harmadik elem a *kiábrándulás*, mert rájövünk, hogy nem is tudunk olyan jót és szépet alkotni, mint azt a lelkesedés fázisában elképzeltük. Az emberi természet ismeretében nem jelent meglepetést a negyedik fázis: a *bűnbak(ok) keresése*. S ha már végleg nem sikerült elképzeléseinket megvalósítani, akkor nincs más hátra, mint a kívülállók, a *vétkesek megbüntetése*.

Hozzájutván az említett IC-hez, természetesen nagy lelkesedéssel kezdődött a tervezőmunka, s mindjárt az elején jött a zűrzavar, a változatok sokasága. Szándékunk szerint ebben a kérdésben próbálunk a legszigorúbban rendet teremteni, felkínálva az olvasónak a választás lehetőségeit is. A többi tétel pedig – úgy gondoljuk – kétszereplős: másként éli meg a szerző és másként a leendő felhasználó. Az alábbi írás erre szövegeket tartalmaz.

## 1. A csip

A konkrét kapcsolás ismertetése előtt a teljesség igénye nélkül bemutatjuk a MAXIM MAX038-as függvénygenerátor IC-jét. A MAX038 egy olyan nagyfrekvenciás precíziós függvénygenerátor, amely a lehető legkevesebb külső alkatrész segítségével nagy határfrekvenciájú háromszög-, (fűrész-) szinus- és négyszög- (impulzus-) jeleket állít elő, a szokásosnál pontosabb jelalakokkal. A kimeneti frekvencia 0,1 Hz és 20 MHz közötti tartományban állítható. Egy  $\pm 2,3$  V-os vezérlőjel alkalmazásával a kitöltési tényező szé-



1. ábra

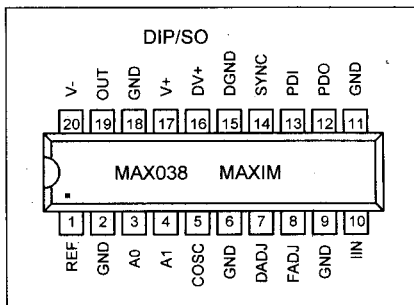
les tartományban változtatható, ami biztosítja az impulzusszélesség-modulációt és a fűrészel-hullámformák létrehozását. Hasonló módon érhető el a sweep-üzemmód is (ld. később).

A kitöltési tényező- és a frekvenciaszabályozó kezelőszervek egymástól függetlenek. A kimeneti hullámformák kiválasztása (szinusz, négyszög, háromszög) kódolt formában lehetséges, amihez TTL-kompatibilis jelre van szükség. Ez a megoldás lehetővé teszi a kézi és a dinamikus (vezérelt) jelkiválasztást.

A kimeneti jel  $2 V_{CS-CS}$  értékű bármely jelalakra nézve, amely természetesen földszimmetrikus. Az alacsony impedanciás kimenet 20 mA-es áramot képes biztosítani. A belső oszcillátor TTL-kompatibilis kimenete 50%-os kitöltési tényezőjű négyszögjelet szolgáltat, függetlenül a többi hullámforma kitöltési tényezőjétől. Így lehetőség van egy mérési rendszerben működő többi berendezés szinkronozására is. A belső oszcillátort is lehet szinkronizálni egy külső TTL-jellel.

Az előbbi főbb jellemzők tömondatos felsorolása az érdeklődés felkeltését célozta, s hogy a már-már jelenkező zűrzavart eloszlassuk, nézzük a tok működését kicsit részletesebben! Az IC vázlatos belső felépítését az **1. ábra**, a DIL-20 tok lábkiosztását a **2. ábra** mutatja. A belső áramköri tömbökről kevés információt ad a gyártó, azok használatáról, tervezési megfontolásairól már szerencsére bővebb a tájékoztatás. Az egyes csatlakozási pontok két-hárombetűs rövidítéseit az eredeti alakban hagytuk meg a szakirodalom utalásaival összecsengően, de igyekeztünk mindent körülírni, vagy megmagyarázni.

A MAX038  $\pm 5 V/5\%$ -os tápellátással működik. Az Alaposzcillátor relaxációs típusú, amely működése közben állandó áramerősséggel tölti ill. kisüti  $C_F$  kondenzátort, ezzel egyidejűleg há-



2. ábra

romszög- és négyszögjelet szolgáltat. A működését az Oszcillátor-áramgenerátor blokk befolyásolja. A feltöltő és kisüti áramot az *IIN* árambemeneten befolyó áram szabályozza, és annak bizonyos mértékű módosítását az *FADJ* (frekvenciaszabályozás) és a *DADJ* (kitöltésitényező-szabályozás) bemeneten alkalmazott feszültség biztosítja. Az *IIN*-be befolyó áram  $2 \mu A$  és  $750 \mu A$  között változhat, amely így  $C_F$  bármely értékére több mint kétdekádos frekvenciaátfogást eredményez.

Visszatérve az előbbi járulékos módosításokra: ha az *FADJ* (Frequency Adjust) bemenetre  $\pm 2,4 V$ -os feszültséget adunk, akkor a névleges frekvencia ( $U_{FADJ} = 0$ )  $\pm 70\%$ -kal változik, így ez a lehetőség frekvencia finombeállításához használható. Ugyanígy a kitöltési tényező (az idő azon százaléka, amelyben a kimeneti hullámforma pozitív)  $10\%$  és  $90\%$  között változhat, ha a *DADJ*-ra  $\pm 2,3 V$ -os feszültséget adunk. Ez a feszültség a  $C_F$  töltésére és kisütésére használt áramerősséget változtatja meg úgy, hogy közben közel állandó frekvencia fenntartását teszi lehetővé.

Az eddigiekben a jelalak előállításához három fontos bemenetet ismerünk meg (*IIN*, *FADJ*, *DADJ*) és ezek szerepe a későbbiekben is igen fontos lesz. Egy állandó  $+2,5 V$ -os referenciafeszültség (*REF*) segítségével, rögzített ellenállásokkal könnyen beállítható *IIN*, *FADJ* vagy *DADJ* értéke, és lehetőség van azok működés közbeni módosításukra is, ha az összes ilyen bemenetnél potenciométereket alkalmazunk. Ha a *FADJ* bemenetet földre kötjük (természetesen ellenálláson keresztül), akkor a névleges frekvenciát kapjuk, míg ha a *DADJ* bemenetet földeljük, akkor kapjuk az  $50\%$ -os kitöltési tényezőjű jelet.

A kimeneti frekvencia fordítottan arányos  $C_F$  kondenzátorral. Értékét ki lehet választani úgy is, hogy  $20 MHz$  feletti frekvenciáról eredményezzen. (Ennek korlátairól később.) A tömbvázlaton látható szinuszejformáló áramkör az oszcillátor háromszögjelét kis torzítású, állandó amplitúdójú szinuszzel alakítja át. A most már rendelkezésre álló három jel képezi a multiplexer bemenőjeleit. Az *A0* és az *A1* címzővonal állapotkombinációja szabja meg, hogy a három hullámforma közül a melyik jelenik meg a kimeneten.

A kimeneti erősítő állandó  $2 V_{CS-CS}$  ( $\pm 1 V$ ) amplitúdót hoz létre, függetle-

nül a frekvenciától vagy a hullámformától. A háromszögjel egy komparátorhoz is továbbítódik, amely ebből nagymerekségű négyszögjelet hoz létre, a *SYNC* (szinkron) kimenet számára. A szinkronáramkör tápellátása független, így annak működése leállítható energiaellátásának megszüntetésével. Az alaposzcillátor két, egymáshoz képest  $90^\circ$ -os fázistolású négyszögjelet állít elő, amelyek egy *KIZARÓ VAGY* típusú fázisdetektor egyik oldali bemenőjelei. A fázisdetektor másik oldali bemenetét (*PDI*) egy külső oszcillátorhoz csatlakoztathatjuk. Az egész eljárás lehetővé teszi a MAX038-as IC szinkronozását egy külső oszcillátorral (lásd később) A vázlatos ismertetés után az egyes beállítási, méretezési kérdéseket nézzük meg részletesen.

### 1.1. A hullámformák kiválasztása

A három szokásos hullámformát (szinusz, háromszög, négyszög) az *A0* és az *A1* bemenetre adott TTL/CMOS logikai szintekkel lehet kiválasztani a táblázat értékeinek megfelelően.

A0	A1	Hullámforma
x	1	Szinusz
0	0	Négyszög
1	0	Háromszög

x = közömbös

A hullámformák között a kimenet fázisától függetlenül bármikor lehet váltani. Az átváltás  $0,3 \mu s$  alatt megtörténik. A kimeneti jelalakban egy kis tranziens megjelenhet, ami  $0,5 \mu s$ -ig tart.

### 1.2. A kimeneti frekvencia beállítása

Mint azt az előzőekben láttuk, a kimeneti frekvenciát az *IIN* bemenetre jutó áram, a  $C_{OSC}$  kapacitása ( $C_F$ ) és a *FADJ* bemenet feszültsége határozza meg. Ha  $U_{FADJ} = 0$ , akkor a névleges kimeneti frekvencia a következő összefüggéssel számolható:

$$f_0 = \frac{I_{IN}}{C_F}$$

ahol  $f_0$  MHz,  $I_{IN}$   $\mu A$ ,  $C_F$  pF;  
 értelmezés:  $I_{IN}$  = az *IIN*-be befolyó áram ( $2 \dots 750 \mu A$ ),  
 $C_F$  = a  $C_{OSC}$  és a *GND* közé kötött kondenzátor kapacitása ( $20 pF \dots 100 \mu F$ ).

A periódusidő értelemszerűen az előző kifejezés reciproka. Optimális teljesítmény akkor érhető el, ha az  $I_{IN}$  10 és 400  $\mu A$  között van, de a linearitás 2 és 750  $\mu A$  között is jó. Az ezen tartományon kívüli eső áramerősség nem ajánlott. A méretezést **3. ábra** is segítheti. A kapacitás 20 pF-tól kb. 100  $\mu F$ -ig terjedhet, de a szórt áramköri kapacitásokat minimalizálni kell az ésszerű nyákterv kialakításával. A COSC lábat és a hozzávezető vezetősávot földfóliával kell körülvenni, hogy csökkenjen a nemkívánatos jelek jelenléte ezen a csomóponton.

A 20 MHz feletti oszcilláció is lehetséges, de ilyen körülmények között nő a hullámmódok torzítása. A frekvencia alsó határát döntően a  $C_F$  kondenzátor vesztesége határozza meg. A legalacsonyabb frekvenciára a legnagyobb pontosságot 10  $\mu F$ -os vagy annál nagyobb, *nem polarizált* kondenzátorok segítségével lehet elérni. Az  $I_{IN}$  bemenetet vagy valódi áramgenerátorral, vagy egy feszültségforrással sorba kötött ellenállással táplálhatjuk. A  $REF$  és az  $I_{IN}$  közötti ellenállás kényelmes megoldást kínál az  $I_{IN}$  generálására:

$$I_{IN} = U_{REF}/R_{IN};$$

(lásd: 1. ábra). Amennyiben ez utóbbi megoldást választjuk, úgy az oszcillátorfrekvencia képlete:

$$f_0 = \frac{U_{IN}}{R_{IN} \cdot C_F},$$

ahol  $f_0$  MHz,  $R_{IN}$  k $\Omega$ ,  $C_F$  pF.

A periódusidő:

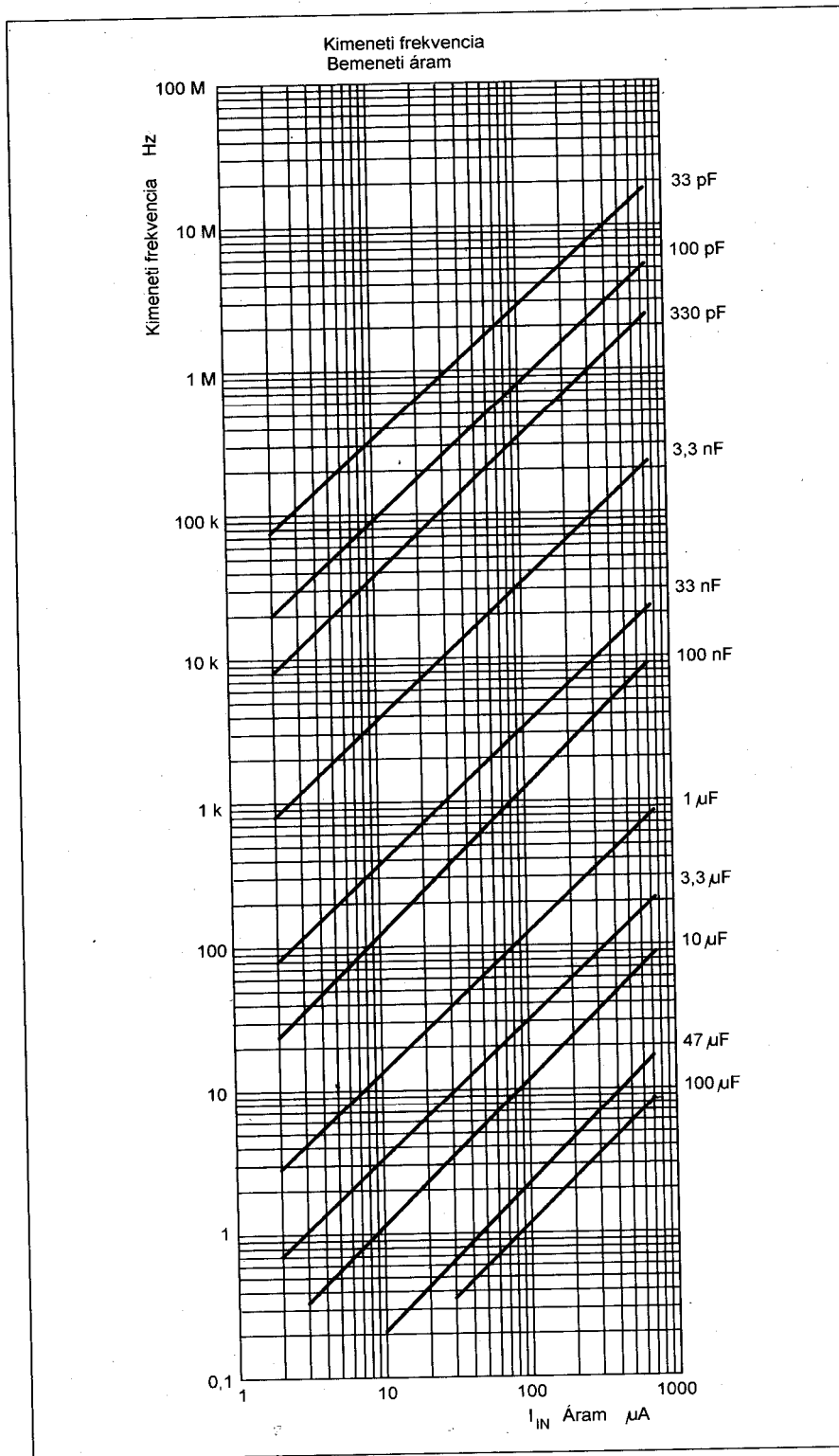
$$t_0 = \frac{C_F \cdot R_{IN}}{U_{IN}}, \mu s.$$

Amint az előző kifejezésből látszik, a kimeneti frekvencia  $U_{IN}$  közvetlen függvénye. Ha például egy 10 k $\Omega$ -os ellenállást használunk  $R_{IN}$ -nek és  $U_{IN}$  20 mV és 7,5 V között változik, akkor jelentős, akár 375 : 1 arányú frekvenciaváltozást is előidézhetünk! Ezen alapszik a tok *sweepgenerátoros* üzemmódja. (Megjegyezzük, hogy a vobuláló jel legnagyobb frekvenciáját az  $I_{IN}$  szabályozó erősítőjének sáv szélessége határozza meg, ami jellemzően 2 MHz.) Sajnálatos, hogy az  $I_{IN}$  bemenet összegzési pontként szolgálhat a különböző (zavar)forrásokból származó áramok összeadódásához vagy kivonásához. Ilyen módon a kimeneti

frekvencia számos változó összegének a függvénye lehet. Ahogy  $U_{IN}$  értéke közeledik a 0-hoz, az  $I_{IN}$  offsetfeszültsége (tipikusan  $\pm 2$  mV) miatt az  $I_{IN}$  hibaértéke nő. Bekapcsolás után 10 s-mal a kimeneti frekvencia változása kb. 1% a végső értékhez képest.

### 1.3. Az FADJ hatása

Paradox módon, a nevével ellentétben az FADJ „frekvenciabeállító” kivezetés nem a legjobb módja a frekvenciaváltoztatásnak. Az FADJ bemenet csupán a frekvencia finomhangolására



3. ábra

szolgál a bemenetére adott feszültséggel. (Megjegyezzük, hogy itt lehet frekvenciamodulációt is megvalósítani.) Ez a feszültség  $-2,4\text{ V}$ -tól  $+2,4\text{ V}$ -ig terjedhet, ami a frekvenciaváltozást  $1,7$  és  $0,3$  szorosára teszi lehetővé a névleges (ekkor  $FADJ = 0$ ) állapothoz képest. ( $f_0 \pm 70\%$ ) A  $\pm 2,4\text{ V}$  feletti érték instabilitást okoz, vagy a frekvenciaváltozás ellenkező irányú lesz. Fontos felismerés lehet még, hogy míg az  $IIN$  közvetlenül arányos a center frekvenciával ( $f_0$ ), addig  $U_{FADJ}$  az  $f_0$  százalékos eltéréseivel van lineáris összefüggésben. Bármely frekvenciahoz tartozó vezérlő feszültség a következő összefüggéssel számolható:

$$U_{FADJ} = \frac{f_0 - f_X}{0,2915 \cdot f_0}$$

ahol  $f_X$  = a kimeneti frekvencia,  
 $f_0$  = az  $U_{FADJ} = 0$  értékhez tartozó frekvencia.

Megfordítva: ha  $U_{FADJ}$  ismert, akkor a kimeneti frekvencia értéke:

$$f_X = f_0 [1 - (0,2915 \cdot U_{FADJ})].$$

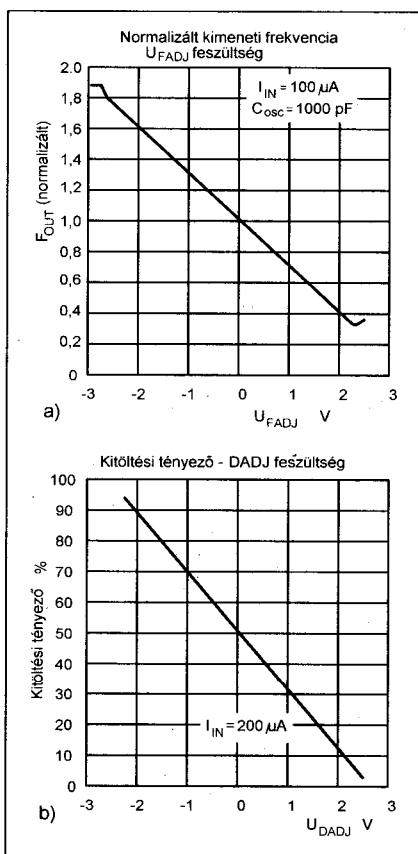
Aki nem szeret a képletekkel számolgatni, annak segítségére lehet a **4.a ábra** nomogramja.

#### 1.4. Az FADJ bemenet vezérlése

Az  $FADJ$  bemenet a negatív táp felé egy állandó áramú,  $250\text{ }\mu\text{A}$ -es áramnyelővel rendelkezik, amit egy feszültségforrással kell táplálni. Ez rendszerint egy műveleti erősítő kimenete. Ilyenkor az áramgenerátor hőfok-együtthatója közömbös. Változtatható ellenállást kötni (1. ábra  $R_F$ ) a  $REF$  és az  $FADJ$  közé megfelelő módja lehet a frekvencia kézi változtatásának. Mivel a külső ellenállások (potenciométerek) hőfoktényezője nem összemérhető a tok belső hőmérsékletiegyüttható-görbéjével, az áramgenerátor  $T_K$  értéke összességében már jelentőssé válik. Ezt a megszorítást kiküszöbölendő, a konkrét kapcsolásunknál az elsőnek említett megoldást alkalmazzuk. A potenciométeres megoldáshoz visszatérve az ellenállás értéke:

$$R_F = \frac{U_{REF} - U_{FADJ}}{250\text{ }\mu\text{A}}$$

Jegyezzük meg, hogy  $U_{REF}$  és  $U_{FADJ}$  előjeles számok, így a megfelelő matematikai szabályokat alkalmazzuk!



4. ábra

Például, ha  $U_{FADJ} = -2\text{ V}$  ( $58,3\%$ -os eltérés), akkor a számítás:

$$R_F = [+2,5 - (-2\text{ V})] / 250\text{ }\mu\text{A} = 4,5\text{ V} / 250\text{ }\mu\text{A} = 18\text{ k}\Omega.$$

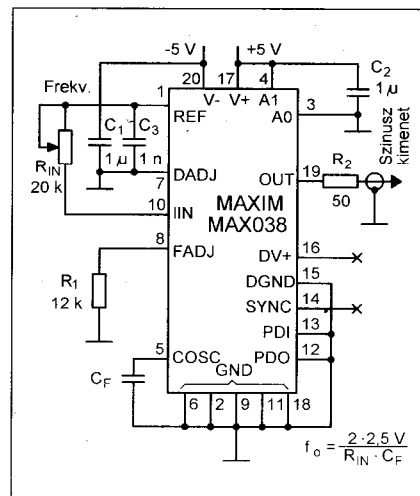
Sok esetben nem szükséges a frekvencia finomszabályozását kihasználni. Ekkor ez a „szolgáltatás” kikapcsolható a bemenet földre kapcsolásával, amit egy  $12\text{ k}\Omega$ -os ellenálláson keresztül tehetünk meg. Ez az állapot látható az **5. ábrán**. A  $-250\text{ }\mu\text{A}$ -es áramgenerátor ezen az ellenálláson  $-3\text{ V}$  feszültséget hoz létre, amelynek két jelentős hatása lesz. Először is az  $FADJ$  áramkör a lineáris tartományban marad, s ami sokkal fontosabb: az *oscillátor frekvenciája megkétszereződik*. Ha az  $FADJ$ -t ilyen módon letiltjuk, akkor az eddigi frekvenciameghatározó összefüggésekben az  $f_0$  megkétszereződik. Természetesen ez csak a felső határfrekvencia eléréséig igaz, azt nem duplázza meg az áramkör! Általánosságban azt kell még megjegyezzük, hogy az  $FADJ$  bemenetet ne hagyjuk szabadon, vagy ne tartuk nagyobb negatív feszültségen, mint  $-3,5\text{ V}$ ! Ez utóbbi eset hatása – a belső tranzisztorok szaturációja miatt – nem kívánatos frekvencia- és kitöltéstényező-változást tapasztalhatunk.

vencia- és kitöltéstényező-változást tapasztalhatunk.

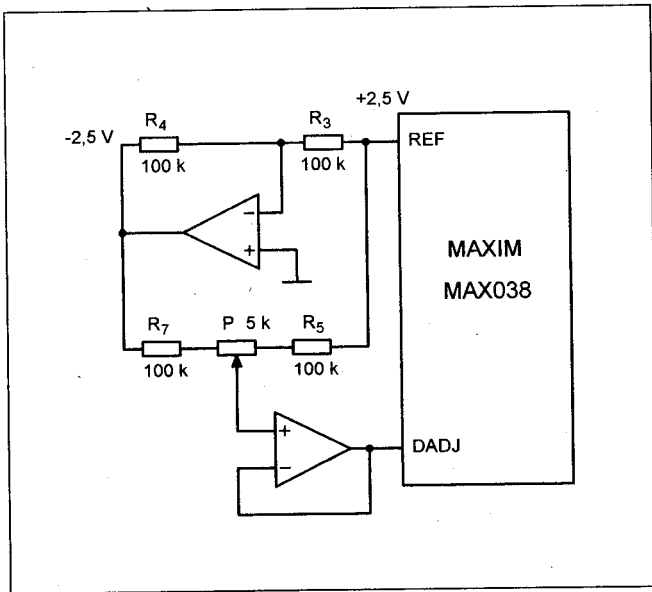
Az eddigiekben a kimeneti frekvencia manuális szabályozásával foglalkoztunk. A kimeneti frekvencia sweepelhető, ha az  $IIN$  vagy az  $FADJ$  bemenetre fokozatosan változó feszültséget adunk. Az  $IIN$  bemenet szélesebb tartományú, kissé lassú válaszáú, alacsonyabb hőmérsékleti együtthatójú és – ami igen kedvező – egytelepes áramforrást igényel. Az  $FADJ$  bemenet akkor használható, ha a söprési tartomány kisebb mint a centerfrekvencia  $70\%$ -a. Különösen alkalmas PLL áramkörök-höz, nagy pontosságú zárthurkú szabályozókban, de sajnos, földszimmetrikus sweep-feszültséget igényel. Egy ellenálláshálózatot kötve a  $REF$  kimenet és az  $FADJ$  vagy az  $IIN$  bemenet közé, az alkalmas lesz a sweepfeszültség offsetjének a beállítására.

#### 1.5. A kitöltési tényező

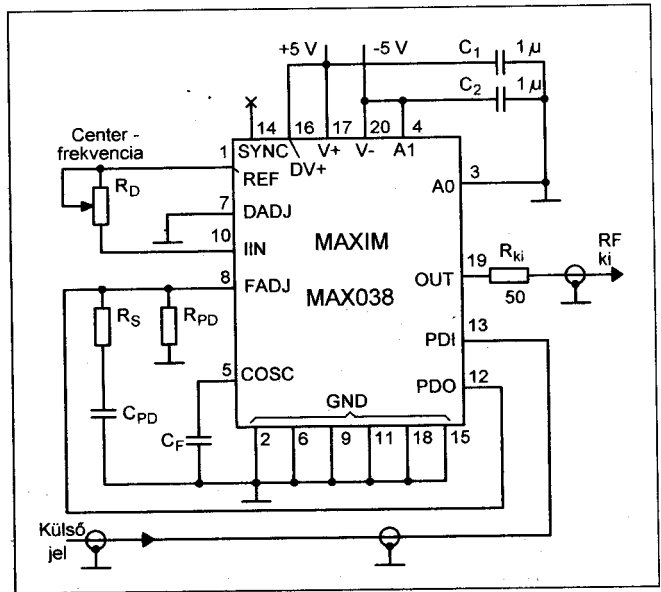
Ezen jellemző változtatásával további jelalakok származtathatók az alapjelalokból (pl. fűrés, impulzus). A csip  $DADJ$  (Duty Cycle ADJust) bemenetére (7. láb) adott feszültséggel tudjuk ezt megtenni. Alapesetben ez  $0$ , amihez  $50\%$  kitöltési tényező tartozik (**4.b ábra**). Ezt a feszültséget  $\pm 2,3\text{ V}$  között változtatva a kitöltési tényező  $15\% \dots 85\%$  között változik. (Kb.  $-15\%/V$ ) Ezen feszültség feletti érték kimeneti frekvenciaeltolódást és/vagy instabilitást okoz. Sajátos módon a kitöltési tényező változtatása – a szinuszjel esetében – a torzítási tényező csökkentésére is felhasználható. Mint láttuk, alapesetben a kitöltési tényező  $50\%$  ( $U_{DADJ} = 0$ )



5. ábra



6. ábra



7. ábra

$\pm 2\%$ . Ettől bármely értékű eltérés a szinuszjelnél harmonikusok előállítását is okozza. Kis értékű kiigazító feszültséget alkalmazva (tipikusan kisebbet, mint  $\pm 100$  mV) *DADJ*-nál, az igen pontos szimmetria beállítható, ezáltal a torzítás minimalizálható. Erre mutat megoldást a **6. ábra**.

A teljesség kedvéért nézzük meg e jellemző számítási eljárásait is! Az adott kitöltési tényező eléréséhez szükséges feszültség:

$$U_{DADJ} = (50\% - dc) \cdot 0,0575,$$

ahol  $U_{DADJ}$  = a *DADJ* feszültsége,  
dc = kitöltési tényező.

Ha a vezérlőfeszültség az ismert, akkor a kitöltési tényező:

$$dc = 50\% - (U_{DADJ} \cdot 17,4).$$

### 1.6. A *DADJ* bemenet vezérlése

A módszer hasonló az *FADJ* vezérléséhez, ugyanazon indokok alapján, hiszen ez az áramkör is egy  $-250$   $\mu$ A-es áramgenerátorral rendelkezik. Potenciometert kötve a *REF* (+2,5V) és *DADJ* közé, lehetségessé válik a kitöltési tényező változtatása. Az ellenállás értéke:

$$R_D = \frac{U_{REF} - U_{ADJ}}{250 \mu A}$$

Miként az *FADJ* esetében, az ebben a képletben szereplő értéket is előjeles számok s így is kell velük számolnunk.

Végezetül álljon itt még egy nomogram a képleteket mellőzni akarók számára (4.b ábra)! Amennyiben a kitöltési tényezőt 15% és 85% között változtatjuk, annak hatása a kimeneti frekvenciára minimális lesz (jellemzően kevesebb, mint 2%, ha az *IIN* árama 25...250  $\mu$ A között van). A *DADJ* áramkör szélessávú és 2 MHz-ig modulálható.

### 1.6. A kimenet

A kimeneti amplitúdó rögzített: földszimmetrikusan  $2V_{cs-cs}$ , valamennyi hullámformánál. Az IC kimeneti ellenállása  $0,1 \Omega$  alatti és  $\pm 20$  mA meghajtására képes 50 pF kapacitív terhelésnél. Az ennél nagyobb kapacitív terhelést válasszuk el egy ellenállással (többnyire 50  $\Omega$ -ossal) vagy megfelelő buffererősítéssel!

### 1.7. A referencia

A *REF* egy stabil, névlegesen +2,5V-os feszültségreferencia, amely 4 mA leadására vagy 100  $\mu$ A elnyelésére képes. Elsősorban az *IIN* stabil áramát, illetve a *DADJ* és az *FADJ* előfeszítését biztosítja. A *REF* kivezetést 100 nF-os kondenzátorral hidegítve, a referencia-áramkör saját zaját minimalizálhatjuk.

### 1.8. A *SYNC* kimenet

Egy TTL/CMOS kompatibilis hozzáférés, amely külső áramkörök szinkronizálására alkalmas. A *SYNC* kimenet

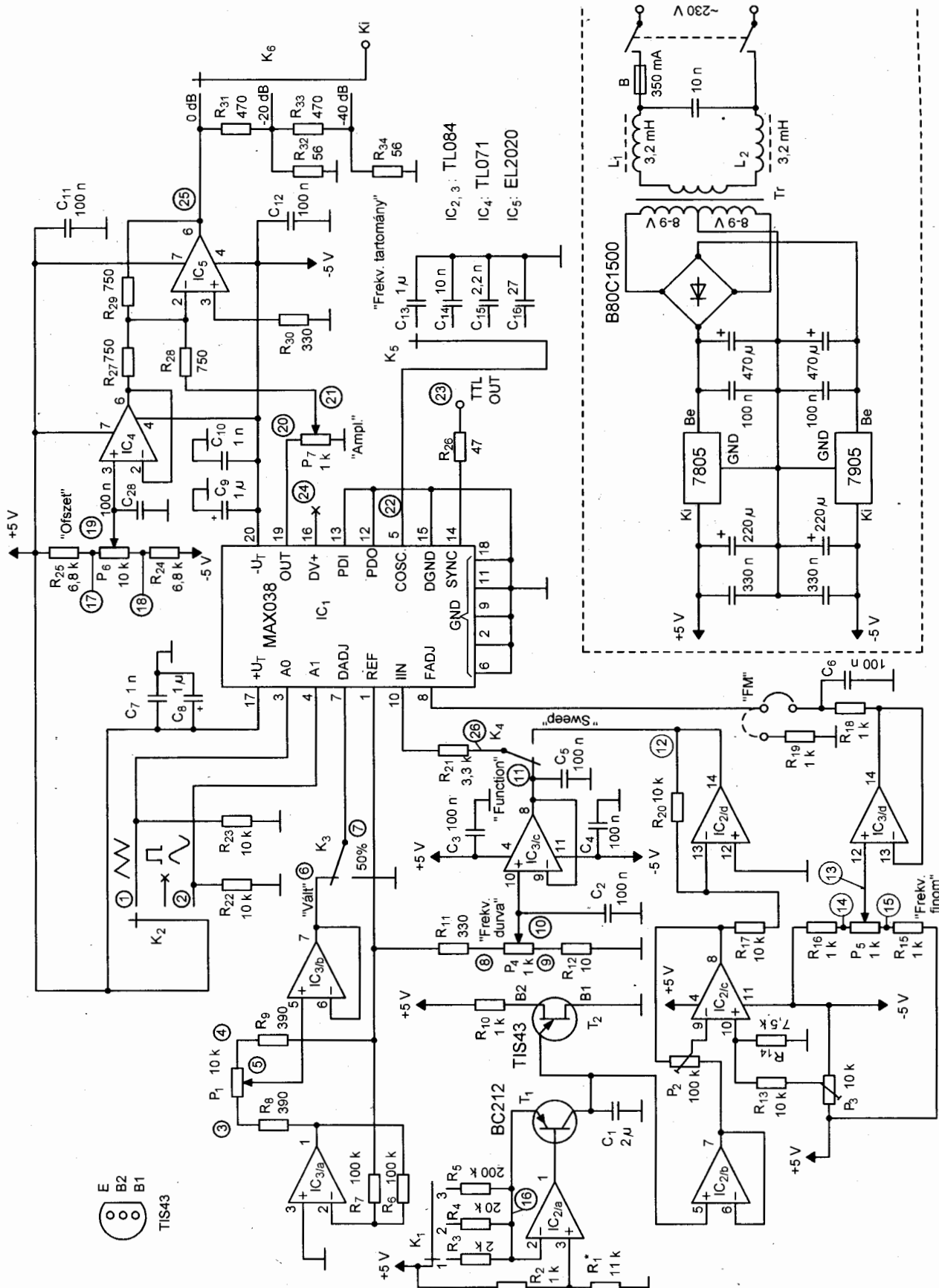
négyszögjelű, amelynek felfutó éle a kimeneti szinusz- és háromszögjel 0 pillanatnyi értékének a környezeténél jelentkezik. Amikor a négyszögjel van kiválasztva, a *SYNC* felfutó éle a kimeneti négyszögjel pozitív félperiódusának közepén jelenik meg (ténylegesen  $90^\circ$ -ot siet). A *SYNC* kimenet kitöltési tényezője mindig 50%-os, függetlenül *DADJ* szabályozásától. Mivel nagyságú TTL kimenetről van szó, a tranziens áramok a *DGND* és *DV+* tápvezetékeknél „rászórnak” a kimeneti jelre, amit keskeny szuperonált tüskék formájában látunk. (A „látáshoz” legalább 100 MHz-es oszcilloszkóp szükséges.)

Az IC-hez használt foglalat ezt a hatást csak erősíti, ezért foglalatot nem ajánlatos betenni, ha ez az áramkör be van kapcsolva. Ugyanis ez az áramköri részlet külön tápellátással rendelkezik (*DGND*; *DV+*), így a tápok elvételével az áramkör kikapcsol. Tehát ha nincs szükség szinkronozási feladatokra, kapcsoljuk ki a *SYNC* áramkört a tüskék eliminálása céljából!

### 1.9. Fázisdetektorok

A MAX038 tartalmaz egy TTL/CMOS fázisdetektort, amelyet a PLL-áramkörök szinkronizálásához használhatunk. Erre mutat példát az **7. ábra**. A külső jelet a fázisdetektor *PDI* bemenetéhez kell csatlakoztatni, a kimenet pedig a *PDO*. Az ábrán azt is megfigyelhetjük, hogy alapesetben *PDO* az *FADJ*-hoz csatlakozik. Az  $R_{PD}$  ellernállás állítja





8. ábra

be a fázisdetektor erősítését, míg  $C_{PD}$  kondenzátor csillapítja a magasfrekvenciás összetevőket, egyben a hurokszűrő egyik pólusát adja. A  $PDO$  egy négyszöghullámú áramkimenet, melynek az árama 0...500  $\mu A$  között változik. Kitöltési tényezője 50%, akkor, amikor a  $MAX038$  kimenete és  $PDI$  egymáshoz viszonyított fázistolása  $90^\circ$ . A kitöltési tényező a 100%-hoz közelít, amikor ez a fáziskülönbség  $180^\circ$ -hoz tart, és 0% lesz, ha a fáziskülönbség  $0^\circ$ -hoz közelít. Amikor a hurok zárt, a fázisdetektor bemenetén levő jelek kb.  $90^\circ$  fázistolásúak, a kitöltési tényező 50% és az átlagáram a  $PDO$ -nál 250  $\mu A$ . Ez az áram az  $FADJ$  és  $R_{PD}$  között oszlik meg. 250  $\mu A$  mindig „bemej” az  $FADJ$ -ba és a különbségi áram (ami a 250  $\mu A$  „elnyelése” után maradt) az  $R_{PD}$ -n egy vezérlőfeszültséget hoz létre (mindkét előjellel). Például amikor a fáziskülönbség növekszik, az átlagos áram is növekszik; ettől az  $R_{PD}$ -n levő feszültség is (ez egyben az  $U_{FADJ}$  is) pozitívabbá válik. Ennek hatására csökken az oszcillátorfrekvencia, csökkentve a fáziskülönbséget, így fenntartva a fáziszárt.

Nagyobb  $R_{PD}$ -érték nagyobb  $U_{FADJ}$ -ot eredményez egy adott fáziskülönbséghez. Más szavakkal: nagyobb hurokerősítés, kisebb behúzási tartomány. Vegyük azt is észre, hogy  $PDO$  kimeneti áramának  $C_{PD}$ -t is töltenie kell, így az arány, amivel  $U_{FADJ}$  változik (a hurok sávszélessége) fordítottan arányos  $C_{PD}$ -vel!

Most következnék néhány számítási eljárás ismertetése az oszcillátor keverési erősítésének, a hurokerősítésének, a nyílthurkú átvitelnek meghatározásához, de mivel ez nem tartozik szorosan témánkhoz, ezeket az érdeklődők [1]-ben megtalálhatják. Ugyancsak nem mutatjuk be azt az esetet, mikor a belső fázisdetektor helyett külsőt használunk. Ezt is és még néhány érdekes alkalmazást (pl. frekvenciaszintézt) a már említett honlapon meg lehet tekinteni. Ami a jelen feladatunkat illeti, elmondhatjuk, hogy ha a  $MAX038$  belső fázisdetektorát nem használjuk, akkor a  $PDI$  és  $PDO$  láb  $GND$ -re kötendő!

Úgy gondoljuk, hogy az 1. ábra tömbvázlatának egyes elemeit és azok környezetét, kezelését be kellett mutatni ahhoz, hogy az elkészítendő kapcsolásunk ne szoruljon hosszú magyarázkodásra és a miértekre a válasz már az alapoknál meglegyen. Ezzel csak töre-

kedtünk a zűrzavar eloszlatására és reménykedünk, hogy az olvasó nem jutott el a „kiábrándulás” szakaszába. Azt is megfigyelhettük, hogy az egyes alfejezetekbe becsempesztük a csip alapvető műszaki paramétereit is csupán a praktikumra szorítkozva, hiszen a gyári adatlap maga 16 oldal terjedelmű.

## 2. Az áramkör

A 8. ábrán a megvalósított készülék elvi kapcsolási rajzát láthatjuk. Mielőtt az egyes áramkörü részeket bemutatnánk, közöljük generátorunk főbb sajátosságait, *műszaki paramétereit*.

Műszaki adatok	
Jelalak	szinusz, négyszög, háromszög
Frekvencia-tartomány	6...600 Hz, 600 Hz...60 kHz, 2,7...260 kHz, 220 kHz...21,1 MHz
Frekvencia-szabályozás	durva, finom
Hőmérsékleti drift	220 ppm/°C
Kimeneti amplitúdó	max. 2 $V_{cs-cs}$ , szabályozható
Kimeneti ellenállás	50 $\Omega$
Kimeneti osztó	0 dB, -20 dB, -40 dB
Kimeneti ofsztet	$\pm 2$ V (állítható)
Kitöltési tényező	18...85% vagy fix 50% (átkapcsolható)
Sweep-idő	20 ms; 200 ms; 2 s

Az áramkör ismertetését az 1. rész egyes alfejezeteihez igazodva tesszük meg, megkönnyítve annak megértését. A kapcsolás központi eleme természetesen a  $MAX038$  függvénygenerátor IC. Az  $IC_1$  tápfeszültsége  $\pm 5$  V. A tok szinkronáramkörü részének külön tápellátást (+5 V) kell vagy lehet biztosítani. A két fő táp szűrése az IC megfelelő lábainál (17., 20.) 1–1 db 1  $\mu F$ -os kerámiakondenzátort vagy 1  $\mu F$ -os tantálkondenzátort kell alkalmazni, párhuzamosan 1–1 db 1 nF-os kerámiával. Esetünkben ez utóbbi megoldást választottuk. A hullámforma-kiválasztást a  $K_2$ -vel valósítjuk meg, a már megismert táblázatnak megfelelően. Kicsit összetettnek tűnhet a frekvencia-beállítás megoldása, de igyekeztünk az IC lehetőségeit kihasználni úgy, hogy

az olvasó is dönthessen bizonyos alkalmazások mellett.

A  $K_4$  „Function” állásában az  $IIN$  bemenőáramát az  $IC_3/c$  kimenőfeszültsége szolgáltatja az  $R_{21}$ -en keresztül. A követőerősítő bemenőoldala az  $R_{11}$ ,  $P_4$ ,  $R_{12}$  osztó, amely a tok referenciájából táplálkozik. A leosztott referenciafeszültség +0,02 V-tól +1,88 V-ig szabályozható, ami tekintve az  $IIN$  virtuális földponti helyzetét az  $R_{21}$ -en 6...570  $\mu A$  nagyságú áramot biztosít az  $IIN$ -nél. Mint látjuk, ez az áramtartomány jól megfelel a működési intervallum lineáris szakaszának.

A másik frekvenciameghatározó tényező a  $C_{osc}$  kapacitása. A műszaki adatoknál már láttuk, hogy négy frekvenciasávot alakítottunk ki. Az ezekhez tartozó kondenzátorokat a  $K_5$ -tel váltjuk ( $C_{13}$ ... $C_{16}$ ). Az értéktartományokból megállapíthatjuk, hogy sávonként a frekvenciátfogás kb. 1 : 100, ezért a  $P_4$  feltétlenül helikális potenciométer legyen! Külön áramkörü részlet gondoskodik a harmadik frekvenciameghatározó tényező, az  $FADJ$  szabályozásáról. Ez a bemenet (8. láb) egyrészt az előlapra kivezethető, ezzel korlátozott mérvű frekvenciamoduláció valósítható meg. Másrészt jumper segítségével vagy az  $R_{19}$ -re, vagy az  $IC_3/d$  kimenetre köthető. Az előbbi az az eset, amikor a frekvencia finomszabályozásáról lemondunk, de emlékeztünk arra, hogy ekkor a kimeneti frekvencia megkétszereződik! Természetesen ilyenkor  $C_{13}$ ... $C_{16}$  értéket át kell számolni. Az immáron kétféle frekvenciameghatározó összefüggés:

$$f_0 = 2 \cdot \frac{I_{IN}}{C_F}$$

ahol  $f_0$  MHz,  $I_{IN}$   $\mu A$ ,  $C_F$  pF.

Ha a jumpert az  $R_{18}$ -hoz kötjük, akkor a frekvencia finomszabályozásáról az  $IC_3/d$  kimenet gondoskodik úgy, hogy a követőerősítő bemenetét egy olyan osztó táplálja, melynek talppontjai  $\pm 5$  V-ra vannak kötve. A  $P_5$ -tel beállítható feszültségérték:  $\pm 1,6$  V és a 4.b ábrából kiolvasható a finomhangolás mértéke. (A matematikai vénájuk a megadott egyenlettel ki is számolhatják.) Ha módunkban áll, itt is alkalmazhatunk helipotot a  $P_5$  helyén!

Merőben új helyzet áll elő, ha  $K_4$ -et „Sweep” állásba kapcsoljuk. Ekkor a frekvenciahangolás automatikusan és periodikusan ismétlődve megy végbe,

azaz sweep-generátort készítettünk! Az automatikus hangolásról egy nagy linearitású fűrészel-generátor áramköri rész gondoskodik. Az IC<sub>2/a</sub>, T<sub>1</sub> elemen alapuló áramgenerátor a C<sub>1</sub> kondenzátor töltőkörre, a gyors kisütést pedig T<sub>2</sub> UJT biztosítja. Az előálló fűrészellet IC<sub>2/b</sub> követőerősítő a nagy bemenőimpedanciája következtében „tehermentesíti”. A szükséges szintbeállításokat (erősítés, ofszet) az IC<sub>2/c</sub> valósítja meg, míg végül a helyes fázishelyzetet az egyszeres erősítésű invertáló fokozat (IC<sub>2/d</sub>) állítja be.

A többfokozatú áramköri megoldásnak köszönhetően a fűrészel a manuális frekvenciaállító potenciométer szabályozási tartományát tökéletesen leutánozza, így a számított frekvenciahatárok sweep üzemmódban sem változnak. Az áramgenerátor áramának változtatásával (K<sub>1</sub>) állítható be a háromféle „söpresi” idő.

A bemenőoldali utolsó áramköri részlet a kitöltési tényező szabályozásának megoldása. Itt is választási lehetőség adódik. Amennyiben K<sub>3</sub>-at GND-re kapcsoljuk, akkor fix 50%-os értéket állítunk be. Átkapcsolva K<sub>3</sub>-at, a DADJ bemenetet az IC<sub>3/b</sub> kimenete táplálja. Ez a műveleti erősítő is követőerősítő üzemmódu, melynek bemenetén szintén egy feszültségosztó található (R<sub>8</sub>; P<sub>1</sub>; R<sub>9</sub>). A referenciafeszültséget IC<sub>3/a</sub> invertálja, így a feszültségosztó táplálási feszültsége ±2,5 V. A megadott értékekkel a P<sub>1</sub> szabályozási tartománya ±2,3 V, azaz teljesen kihasználjuk a DADJ bemenet működési tartományát (lásd az 1. fejezetet). Ezen áramköri részekkel már tulajdonképpen egy működőképes berendezésünk van, melynek kimenetéről (19. láb) már le is vehetjük a megfelelő jeleket. De épp a kimenetnél állapítottuk meg bizonyos megkötéseket, így külső buffererősítő alkalmazását javasoltuk.

Tekintettel a viszonylag nagy sávzélességre, ezt a feladatot is speciális eszközzel tudjuk egyszerűen megoldani. Választásunk az Elantec gyártmányú EL2020 típusú videoerősítőjére (IC<sub>5</sub>) esett, éppen a beszerezhetősége miatt. Típuszám-azonossága miatt véletlenül se tévesszük össze TDA2020-as sorozattal! Amatőrörökben ez az IC nem túlságosan ismert, ezért néhány tulajdonságát megemlíjtük, jelen áramköri alkalmazására szűkítve mondanónkat. Alapvetően koaxkábelek meghajtására készült eszköztől van szó,

amely egységnyi erősítéssel 50 MHz-es, míg 10-szeres erősítésnél 30 MHz-es sávzélességgel rendelkezik (SR = 500 V/μs). Mivel belső visszacsatoló hálózata van, az EL2020 sokkal jobb erősítési pontossággal és alacsonyabb torzítással rendelkezik, mint egy nyílt-hurkú buffer. Kimeneti rövidzárvédelemmel és bemeneti ofszetállítási lehetőséggel is ellátták. Belső védelme kb. 50 mA-es terhelőáramnál lép működésbe, valamint akkor is, ha a tok hőmérséklete eléri a +175 °C-ot (!). Amennyiben nagyobb kimenőáramra van szükség, az IC visszacsatoló hálózatába egy újabb videobuffer-erősítőt célszerű beiktatni. Erre a célra legjobban az Elantec EL2004 típusú eszköze felel meg. A cég által javasolt áramkört mutatja a 9. ábra. Bővebb információt a cég internetes oldaláról lehet megtudni róla. Visszatérve kapcsolásunkhoz: egy összegző erősítőt készítettünk, amelynek erősítését az R<sub>29</sub>; R<sub>27</sub>; R<sub>29</sub> ellenálláshálózat -1-re állítja be; az így elérhető sávzélesség 40 MHz!

Kihasználva azt a lehetőséget, hogy a kimeneti fokozat összegzőerősítő is lehet, egy újabb műveleti erősítő alkalmazásával a kimeneti ofszetállítás is megoldható. Az IC<sub>4</sub> követőerősítő bemenőoldala a P<sub>6</sub>-tal állíthatóan legfeljebb ±2 V-os feszültséget kap. Ez a DC-szint jelenik meg az egyébként a P<sub>7</sub>-tel szabályozható kimeneti amplitúdón. A kimeneti szint egy szokásos megoldású 50 Ω-os létraosztó 0; -20; -40 dB (K<sub>6</sub>) beiktatásával kerül az előlapi BNC csatlakozóra.

A 8. ábrán nem véletlenül elkülönülten szerepel a tápegység egy lehetséges megvalósítása. Kész dokumentációt éppen a kötöttségek elkerülésére nem mellékelünk hozzá, ennek okán nem alkalmaztunk alkatrészpozíció-számozást sem. Alapvető követelmény

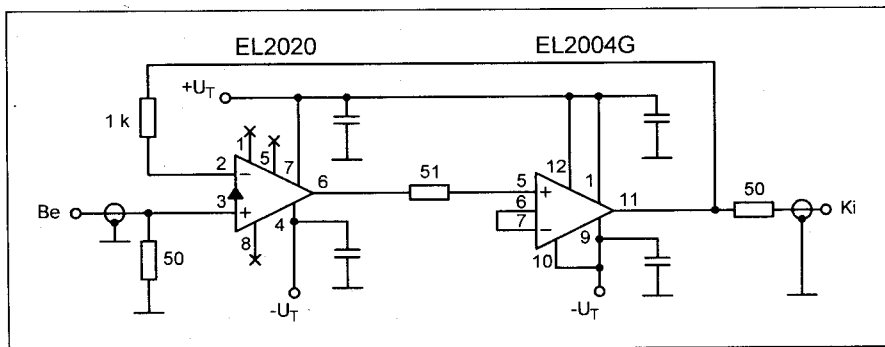
a stabil ±5 V-os feszültség kb. 100 mA-es áramfelvétel mellett, valamint egy elemi hálózati zavaroszűrés.

### 3. Megépítés – bemérés

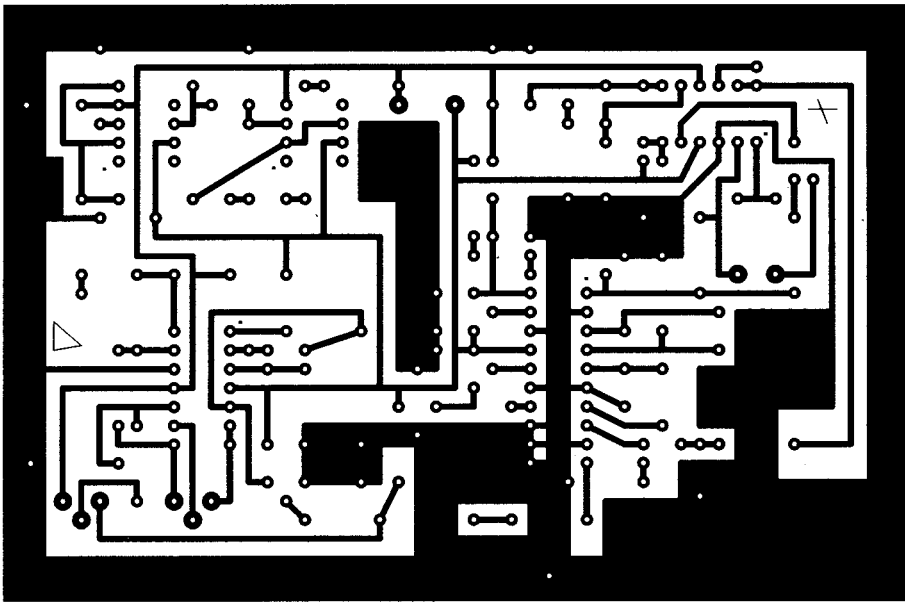
A MAX038 – mint láttuk – időben és hőmérsékletben stabil kimeneti frekvenciájú jeleket ad, de ezt a jó tulajdonságát leonthatja a külső frekvencia-meghatározó alkatrészek helytelen megválasztása. Az ellenállások lehetőleg 1%-os, fémréteg típusúak legyenek, míg a kondenzátorok esetében az alacsony hőfoktényezőjük a jók. A COSC lábán a működésmódnak megfelelően háromszögjel van jelen 0 és -1 V közötti amplitúdóval. Éppen ezért polarizált kondenzátor nem ajánlott! (Ha mégis azt használunk, akkor a negatív pólusát kötjük a COSC lábára, a pozitív pólusát a GND-re.)

Nagyon alacsony frekvenciához nagy kapacitású kondenzátorra van szükség. Körültekintően kell kiválasztani, mert a legtöbb típusnak gyalázatos a hőfokfüggése és a szivárgóárama! Főleg ez utóbbi „interferálhat” a „rendes” töltő-kisütő árammal. Ha lehetséges, akkor feltétlenül tantálkondenzátort válasszunk!

Az egyoldalas nyák fóliatervét a 10. ábrán, az alkatrészek beültetését a 11. ábrán láthatjuk. Az áramkör viszonylagos „sűrűsége” ellenére a beültetési rajz csak 3 db átkötést tartalmaz. A szerelt nyáklap a külvilág felé számtalan kezelőszervvel tart kapcsolatot, így a beültetést és a kábeleztést fokozatról-fokozatra haladva végezzük! Az egyes csatlakozási pontokat a 8. ábrán bekarikázott számokkal jelöltük, miként a 11. ábrán is. Amennyiben IC<sub>1</sub>-nek foglalatot teszünk, akkor a legalacsonyabb profilú precíziós típust válasszunk (pl. E-tec). Akár foglalattal,



9. ábra



10. ábra

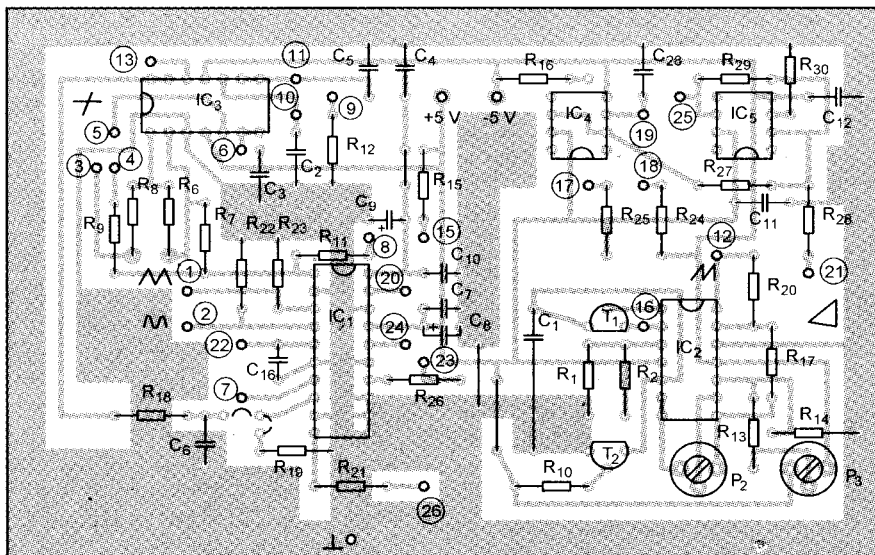
akár anélkül építkezünk, az IC<sub>1</sub>-et a legvégén tegyük a helyére, mert addig minden részáramkör előzetesen működtethető, beállítható!

Az előzetes működtetéshez használjunk áramkorlátos kettős tápegységet, vagy a generátor tápellátására készült (pl. a rajz szerinti) tápáramkört! A következőkben az egyes fokozatokhoz adunk kivitelezési illetve beállítási tanácsokat. Mivel az áramkör egyes részei igénylik az IC<sub>1</sub> referenciaértékét, egy kiegészítő +2,5 V-os feszültségre is szükségünk lesz. Higyjük el, megéri!

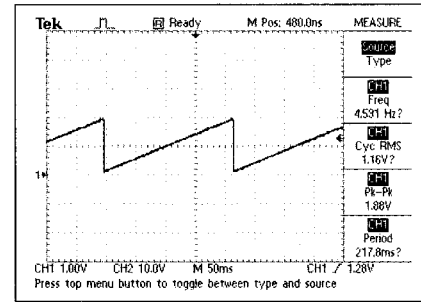
Az IC<sub>3</sub>/c-nél kezdjük a mérést: a P<sub>4</sub>-gyel beállítható 0 és +1,85 V közötti

érték ellenőrzésével! (Az ellenőrzéseket az üres IC<sub>1</sub> lábainál végezzük.) Hasonló módon IC<sub>3</sub>/d kimenete P<sub>5</sub>-tel állíthatóan ±1,6 V-ot kell, hogy szolgáltatson.

Kicsit izgalmasabb a sweep üzemmód beállítása. Olyan fűrészelre van szükségünk, amelynek periódusideje három fokozatban állítható, a felfutása pedig 0,02 V-tól +1,85 V-ig tart. A beállításhoz oszcilloszkópra feltétlenül szükség van! Az IC<sub>2</sub>/a-val felépített áramgenerátor forrásáramát R<sub>1</sub>-el módosíthatjuk, ha nagyon eltér a három megadott értéktől. Abszolút precíz igény esetén R<sub>1</sub> helyén potenciométert kellene alkalmazni, de már így is van



11. ábra

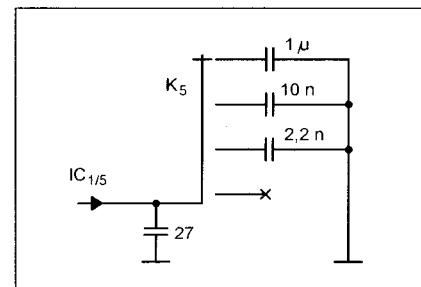


12. ábra

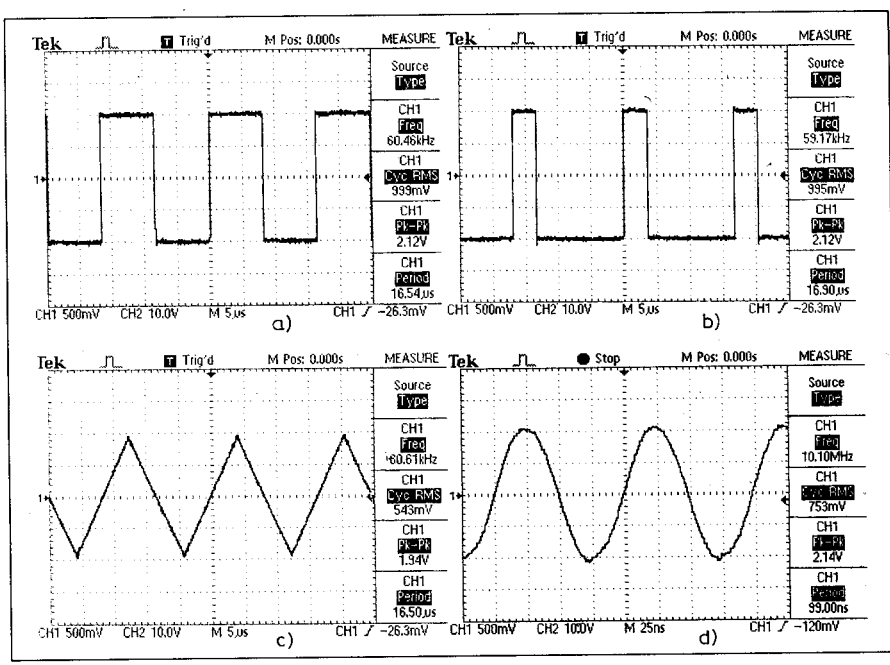
az áramkörben elég. A C<sub>1</sub>-en előálló fűrészel, IC<sub>2</sub>/b után sem nem 0-tól indul, s az amplitúdója sem 1,85V. Tehát az erősítést a P<sub>2</sub>-vel és az ofszettet a P<sub>3</sub>-mal külön be kell állítani. Egy végső állapothoz közeli jelalakot mutat a **12. ábra** oszcillogramja. A kitöltési tényező változtatásához IC<sub>3</sub>/b kimenete ±2,3 V-ot ad a DADJ bemenet feszültségéhez. Tekintve az egyenfeszültségű, ill. alacsonyfrekvenciás részleteket, idáig a megvalósítás problémamentes.

A kimeneti fokozat vizsgálatához nagyfrekvenciás generátorra is szükség lenne. Ennek hiányában csak a már működő IC<sub>1</sub> jelét tudjuk vizsgálni. Annyit mindenképpen ellenőrizni kell, hogy az IC<sub>4</sub> kimenetén előáll-e a ±2 V-os, a P<sub>6</sub>-tal szabályozható DC-feszültség! A két jel együttes hatása jelenik meg az IC<sub>5</sub> kimenetén. A mintakészülékben a tápfeszültség alsó határa ellenére, az IC<sub>5</sub> még elviselte a 2 V-os ofszettet. Ha az erősítő valamelyik oldalon már vág, akkor az R<sub>24</sub> és/vagy az R<sub>25</sub> módosításával csökkenteni kell az ofszettet. Másik megoldás a kimeneti erősítő tápfeszültségének megemelése: ilyenkor magasabb ofszet, ill. nagyobb erősítés is beállítható. A nyákterv módosítása nélkül ez utóbbi is megtehető, de akkor a tápegységünk sem így néz már ki!

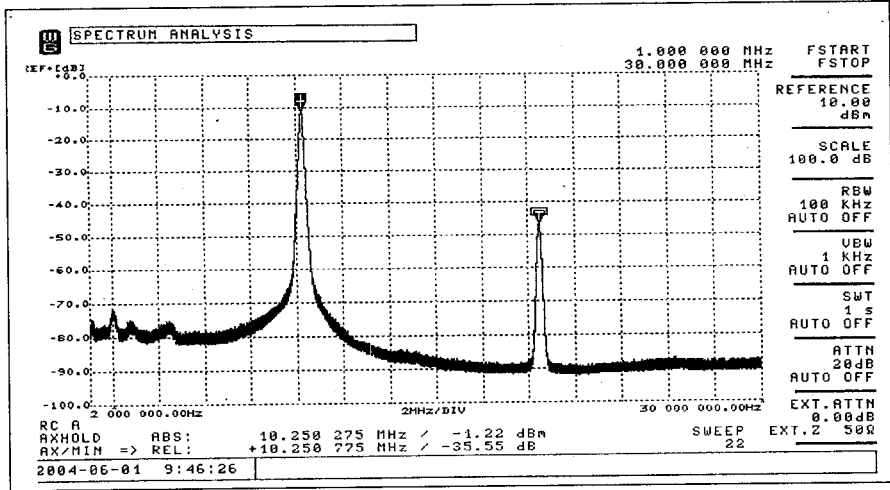
Mindezek után helyére tehetjük az IC<sub>1</sub>-et! Némi magyarázatra szorul még a hanglókondenzátorok áramköri



13. ábra



14. ábra



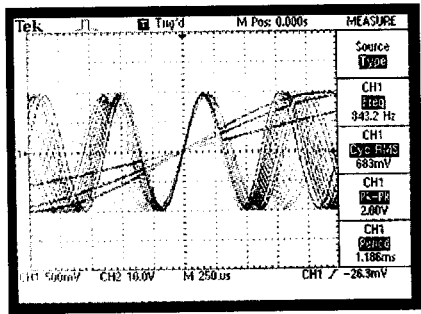
15. ábra

helyzete. Alapesetben ezeket az alkatrészeket egy tárcsás fokozatkapcsolóra (yaxley-re) forrasztottuk. Amennyiben a felső határfrekvenciát beállító C<sub>16</sub>

mellett nem elhanyagolható a szórt kapacitás, akkor az közvetlenül a nyáklapra is forrasztható, a K<sub>5</sub> bekötése pedig a 13. ábra szerint módosul.

Kritikus lehet még a hullámformaválasztó kapcsoló (K<sub>2</sub>) bekötése. E helyen használunk minél rövidebb koaxkábel! Hangsúlyozzuk, hogy ezek a tapasztalatok egyetlen kipróbált MAX038-ra vonatkoznak, ami ugye, semmiképpen nem tekinthető statisztikai átlagnak. Utaltunk is rá, hogy ha nincs szükség finomhangolásra, akkor az R<sub>19</sub>-et kell beültetni és a jumpert a megfelelő helyre kell forrasztani.

Értelemszerűen most IC<sub>3/d</sub> és környezete elmaradhat. Ugyancsak nem használtuk ki a SYNC kimenet adottsá-



16. ábra

gait éppen az 1. részben elmondottak miatt, ám a lehetőséget a nyáklap tartalmazza (R<sub>26</sub> és 23. pont). A kimeneti szintszabályozó potenciométer (P<sub>7</sub>) típusára és a kimeneti osztó kialakítására már a nagyfrekvenciás szereléstechnika szabályai érvényesek, amelyeket néhány példán keresztül a [3] mutat be.

S az immáron kész függvénygenerátor dobozolás, esztétikus megjelenítése egy újabb kihívást jelent(het) az ilyen részert építeni szándékozónak. Erre részletes receptet adni olyan terjedelmi igényt jelentene, ami meghaladná írásunk limitált lehetőségét. Így mindezen munkálatok a határtalan amatőrleleményességre vannak bízva.

Végül a 14. ábrán bemutatunk néhány szkóppal mért jelalakot, a 15. ábrán a 14.d szerinti szinuszjel spektrumát, a 16. ábrán pedig egy Sweep üzemmódbeli kimenőjelet.

### Zárszó

További irodalmi források szerint egyes MAX038-as típusoknál elérhető a 30 MHz feletti határfrekvencia is. Ha ez így is van, ez az egyoldalas nyákterv már nem megfelelő erre az esetre.

Eddigi tapasztalatom összecseng a katalógusadatokkal, miszerint a szinuszjel 20 MHz-ig oszcilloszkópon nem látható torzítással van jelen, ugyanez négyszögjelnél kb. 10 MHz-ig mondható el.

Ennek oka a csip kimeneti buffererősítőjének sávszélesség-korlátja. A háromszögjel esetén is működik ez a korlát, de mivel ez hasonló a szinuszhoz, a torzítása 20 MHz-ig alig észrevehető. A tok adottságainak megfelelően kialakíthatunk teljesen menüvezérelt, kijelzős változatot is, amire a [2]-ben találhatunk egy lehetséges, ám nem ilyen „egyszerű” megoldást.

Végezetül abban bízom, akár a cikk végigolvasása, jó esetben a függvénygenerátor utánépítése nem mélyítette el a kezdeti zűrzavart, a jól működő műszerek nem okoztak kiábrándulást, s a vétlen környezetünket (családtagokat) nem büntetjük dührohainkkal, mert mint tudjuk, a bűnbak mindig a szerző.

### Irodalom

1. www.maxim\_ic.com
2. http://elm-chan.org/works/wave/report/html
3. Rózsa Sándor: Elektronikus amatőr mérőkészülékek (MK, 1974. 191. old.)
4. www.alternatezone.com/electronics/files/hsfglc.txt

# Technikatörténet – évszámokban

dr. Fábíán Tibor okl. villamosmérnök

## 10 éve történt

– Az 1995. évi fizikai Nobel-díjat – megosztva – *Martin L. PERL* (\*1927) és *Fredrick REINES* (1918–1998) amerikai fizikus kapta részecskefizikai felfedezéséért.

– Az informatikát nagy veszteségek érték. Januárban meghalt *George Robert STIBITZ* (\*1904) amerikai matematikus. Nevét a hármastöbblétes kód és a *Bell-II.* számítógép őrzi. Júniusban követte őt *John Presper ECKERT* (\*1919) amerikai villamosmérnök, az *ENIAC* számítógép egyik alkotója. Ugyancsak júniusban hunyt el *John Vincent ATANASOFF* (\*1903) amerikai villamosmérnök, fizikus, az első elektronikus bináris célszámítógép, az *ABC* (Atanasoff – Berry Computer) feltalálója. Decemberben búcsúztak el *Konrad ZUSE* (\*1910) német mérnöktől, a *Z1...Z4* programvezérelt elektromechanikai számítógépek és az első tranzistoros gépek közé tartozó *Z22* konstruktőrétől (1. ábra).

– Január 2-től a Magyar Televízió 2. programját teljes egészében a PAL szabvány szerint sugározzák – az ekkor még földfelszíni – adók.

– Májusban meghalt *BUDINCSE-VICS Andor* (\*1905) Kossuth-díjas magyar vegyész, a félfűtőáramú telepes csövek, klisztronok és magnetronok konstruktőre, az oxidkerámiák fejlesztője; Winter Ernő, Bródy Imre, Gábor Dénes, Bay Zoltán munka- és alkotótársa.

– Júniusban meghalt *Marvin CAMRAS* (\*1916) amerikai villamosmérnök, a magnók korszerűsítője, a nagyfrekvenciás előmágnesezés (újra-)feltalálója, a mágnescsíkos film kidolgozója. Olyan mágneses réteget fejlesztett ki, melyet ma is használnak a szalagoknál és a lemezeknél. A II. világháborúban a szövetségesek normandiai partraszállásakor az általa fejlesztett huzalos magnókról a haditengerészet egységei több ezer wattal csata hangjait sugározták – megtévesztésül – olyan helyeken, ahol nem is volt ütközet...

– Júliusban a wiesbadeni DAB frekvenciaegyeztető értekezleten az európai felhasználók számára a 230 MHz-es és 1,5 GHz-es sávot jelölték ki. Az ülés határozata alapján minden ország két DAB-blokkhoz jut, azaz országonként 12

csatornán lehet műsort teríteni, CD-mi-nőségben.

– A Microsoft augusztus 24-én tartotta a *Windows 95* világpremierjét. Két hónap alatt 7 millió példányt adtak el belőle. Ugyanekkor jelent meg az Internet Explorer is, s ezzel megkezdődött a „böngészők háborúja” a Netscape és a Microsoft között. Hazánkban a „sokat emlegetett” *Win95* szeptember 1-jén jött ki.

– A berlini Nemzetközi Rádiókiállításán bemutatkozik a *PAL-Plus* rendszer: hivatalosan megkezdődnek az analóg „szélesvásznú” (16:9 képarányú) színadások. A kísérleti adásokat a ZDF közszolgálati televízió 1994 decemberében kezdte.

– Szeptembertől a BBC London körzetében rendszeres *DAB* (Digital Audio Broadcasting) adásokat indít. Az öt darab London környéki adó révén Nagy-Britannia lakosságának 20%-a veheti az adásokat.

– A Sony szeptember elején az Egyesült Államokban, majd e hó végén Európában is forgalomba hozza a PlayStation számítógépes játékkonzolt.

– December 1-jén az Antenna Hungária Rt. és a Magyar Rádió Rt. megkezdte az Eureka 147 szabvány szerinti kísérleti *DAB* sugárzást. A Rádió 6-os stúdió-

jából a jeleket optikai kábelben juttatják a Szabadság-hegyi adóhoz, mely 700 W hatásos teljesítménnyel 230,784 MHz-en sugároz.

– Kezdődik a makrovírus-invázió. Tömeges elterjedésük a következő évek-re tehető. Az 1996–99 között regisztrált vírusfertőzések mintegy 90%-a a dokumentumfájlokra irányult. (Bár ezen utóbbi kártevők inkább férgek. *A szerk.*)

– Az év végén az Intel forgalomba hozza a PentiumPro processzor 133 MHz-es változatát, mely 5,5 millió tranzistorból áll, másodpercenként 400 millió aritmetikai művelet végzésére képes.

– A Philips – Sony – 3M és a Toshiba – Time Warner – Matsushita csoportok megállapodása alapján megszületik a DVD (Digital Video Disc, Digital Versatile Disc) szabvány.

– Bejelentik, hogy Darmstadtban az *S. Hofmann* és *P. Armbruster* által vezetett csoport előállította a 110. és a 111. rendszámú kémiai elemet. (A 110. elem nevét és vegyjelét a kémikusok nemzetközi szervezetének 2003. évi közgyűlése hagyta jóvá: darmstadtium, Ds.)

## 25 éve történt

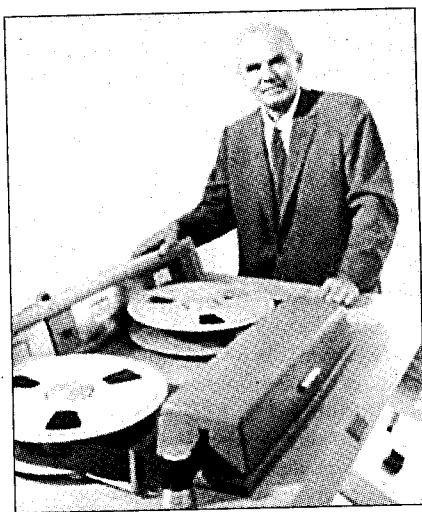
– Az 1980. évi fizikai Nobel-díjat – megosztva – *James W. CRONIN* (\*1931) és *Val Logsdon FITCH* (\*1923) amerikai fizikus kapta „a semleges K-mezonok bomlásakor az alapvető szimmetriaelvek megsértésére vonatkozó felfedezésért”.

– Januárban meghalt *John William MAUCHLY* (\*1907) amerikai fizikus, az *ENIAC* egyik társ-feltalálója. Az Electronic Numerical Integrator and Computer (1942–46) „csak” az első általános célú, de nem az első elektronikus számítógép volt a világon. Az amerikai szabadalmi bíróság ugyanis az *ENIAC* elsőbbségét az 1942-ben elkészült Atanasoff-Berry-féle *ABC* elektronikus számítógéppel szemben megsemmisítette.

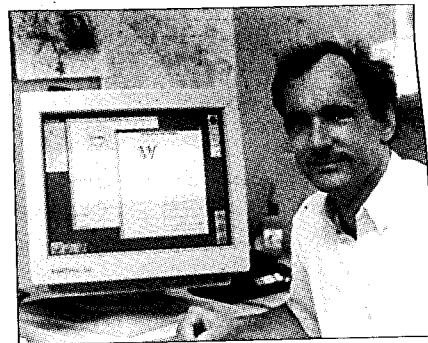
– Elhunyt *Alexander M. PONIA-TOFF* (\*1892, Alekszandr Matvejevics Ponjatov) orosz származású amerikai mérnök, a kaliforniai Ampex cég alapítója, hang- és videomagnetofonok fejlesztője. (Az *Ampex* Poniatoff nevének kezdőbetűi és az *excellent* = kiváló szó rövidítése; 2. ábra).



1. ábra. Konrad Zuse a Z2 számítógép előtt



2. ábra. Alexander Poniatoff a VR-1000 videomagnóval



3. ábra. Tim Berners-Lee

csétlenségben tragikusan elhunyt – *Philip D. Estridge* vezette.

– A Magyar Posta Budapesten üzembe állította első 13 GHz-es digitális mikrohullámú hálózatát a távbeszélőközpontok közötti átkérővonalak kapacitásának növelésére.

– Az Egyesült Államokban a Panasonic és a Quasar bemutatta a Matsushita által gyártott *hand-held* számítógépet, mely már csak 40 dkg tömegű volt.

– Az IBM felkérésére *Bill Gates* a Microsoftnál elkészítette az MS-DOS operációs rendszert a jövődöbéli PC-hez.

– A Népszabadság december 16-i száma ismertette az első sikeres hazai kísérleti teletext-adásokat, melyeket a Budapesti Műszaki Egyetem Híradástechnikai Intézete a Posta Kísérleti Intézettel együttműködve hajtott végre.

– Decemberben geostacionárius pályára állították az Intelsat ötödik generációs műhold-család első tagját, mely szimultán 12 ezer telefonbeszélgetést és két tv-műsort továbbított.

## 50 éve történt

– Az 1955. évi fizikai Nobel-díjat – megosztva – *Willis Eugene LAMB* (\*1913) amerikai fizikus, valamint *Polykarp KUSCH* (1911–1993) német származású amerikai fizikus kapta; az előbbi „a hidrogén színképe hiperfinom szerkezetének felfedezésért”, míg az utóbbi „az elektron mágneses momentumának pontos meghatározásáért”.

– Márciusban elkészült a második generációs, azaz tranzistoros számítógépek első példánya a Bell Telephone Corp. kísérleti laboratóriumában. A kb. 800 tranzistorból és 11 ezer germánium diódából álló *TRADIC* (Transistorized Digital Computer) gépet az amerikai légierő rendelésére *J. H. Felker* tervezte. A számítógépet az SM-62A SNARK robotrepülőgépbe építették be, navigációs feladatok ellátására.

– Áprilisban Princetonban elhunyt az 1921. évi fizikai Nobel-díjas német fizikus, *Albert EINSTEIN* (\*1879). 1905-ben a Becquerel által felfedezett külső fényelektromos jelenség kvantumelméleti magyarázatát adta, mely a speciális relativitáselmélet alapjául szolgált.

– Május elsejével kezdődtek meg hazánkban a rendszeres URH-FM adáskísérletek a Széchenyi-hegyi 100/50 W-os tévéadó hangrészével. A vétel értelemesen Budapesten és környékén volt lehetséges.

– Június 8-án Londonban született *Tim BERNERS-LEE*. A genfi CERN kutató informatikusaként kidolgozta a világháló (WWW, World Wide Web) kon-

cepcióját és kifejezésrendszerét, a HTML-t (HyperText Markup Language). Létrehozta a világ első web-szerverét és -lapját, a <http://nxc01.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html>-t (3. ábra).

– Június 16-án az Orionban bemutatták az AT501 tv-vevő mintapéldányát. A kétcsatornás, 35 kg tömegű, 43 cm képátlójú, 70°-os eltérítésű képcsöves készülék fejlesztői: *Antalfy Gyula* és *Laszip Sándor*. A sorozatgyártás 1956-ban indult.

– A székesfehérvári Vadásztöltény-, Gyutacs- és Fémárugárban rádiók sorozatgyártását kezdik meg. A „Vidi” első készüléke, az R545 volt az első hazai nyomógombos hullámváltós vevő. A 4+1-es hálózati alaptípusból és változataiból mintegy 100 ezer darab készült.

– Augusztus 1-jén megkezdődött a bécsi, gráci és linzi adókról az ORF rendszeres kísérleti tv-adásainak sugárzása. A bécsi adó már májusban, hetenként 3–4-szer jelentkezett kísérleti műsorokkal.

– Szeptember 22-én indult az *Independent Television* (ITV) kereskedelmi tévécsatorna. Két órával az ünnepélyes adáskezdet után a London körzetében élő mintegy 10 millió néző már láthatta is az első tévéreklámot egy fogpaszta „csodálatos hatásáról”.

– Október 28-án Seattleben született *William Henry (III.) GATES*, a Microsoft Corp. társ-alapítója, a szoftverfejlesztés vezetője.

– November elsejével a Magyar Rádió *Szülőföldünk* címmel adást indított a Nyugat-Európában élő magyarok számára.

– December 21-én a az NDK televízió-társasága az Adlershof-i (Berlin) tévéközpontból megkezdte rendszeres adását.

– Genfben a CCIR a színestévé nemzetközi szabványát kiválasztó egyeztető ülésorozatát kezdeményezett. Megállapodás nem született, sokan az amerikai NTSC-rendszert, néhányan – köztük a Szovjetunió, és így a volt szocialista or-

szágok is – a francia SECAM-ot, míg Európa nyugati fele a német PAL-t választotta.

– Ebben az évben indult a germánium tranzisztorok sorozatgyártása. Az *Electronics* 1955. évi számai a tranzisztorok felhasználási lehetőségeit ecsetelik pl. a hordozható rádiónál, lemezjátásonál, vagy éppen a Motorola irányadós golfballójánál. Itt a labdába 122 kHz-es, egytranzisztoros adót építettek, mely két órán keresztül adott jeleket. A készlethez tartozott a hattranzisztoros, ferritantennás, telepes „róka”-vevő is!

– A Zenith Radio Corp. vezeték nélküli távirányítós tévét mutatott be. A *Flash-o-matic* távvezérlő irányított fényimpulzusokkal dolgozott. A fényt a káva sarkain elhelyezett fotoellenállások érzékeltek, vezérelték a csatornaváltást, hangolást, hangerőt. A korabeli közlemények szerint a tévé egyéb fényforrásokra is reagált...

– *Masaru Ibuka* és *Akio Morita* japán fizikusok az 1946-ban alapított, kezdetben rádiójavitással foglalkozó *Tokyo Tsushin Kogyo KK* (Tokió Távközlési Mérnöki Kft.) cégük nevét SONY-ra változtatják. (Az elnevezés játék a latin *sonus* = hang, és az amerikai szleng *sonny* = *fiacskám*, *öcsikém* kifejezésével, hogy ez utóbbira csak a szelídebb változatokat említjük...) Novemberben az első házi használatra szánt szalagos sztereomagnetonofon már Sony gyártmányként jelenik meg a piacon.

– A Tyndall író fizikus által a XIX. században megfigyelt jelenség, a zárt közegű fényvezetés első gyakorlati alkalmazására 1955-ben került sor. Ekkor az angol *Narinder S. Kapany* észlelte, hogy a vékony, hajlékony üvegszálak is képesek a fény teljes reflexiós vezetésére. A fényvezető üvegszál felfedezésével megteremtette a száloptikai hírközlés „alapjait”.

– Az Electric and Musical Industries Ltd. angol cég ebben az évben állította

elő az első elektronikai képletapogatót, azaz szkennert (az angol *to scan* = letapogatóni.).

## 75 éve történt

– Az 1930. évi fizikai Nobel-díjat (*Sir Chandrasekhara Venkata RAMAN* (1888–1970) indiai fizikus kapta „a fény szóródásával kapcsolatos munkásságáért és a róla elnevezett hatás felfedezéséért”.

– Januárban – *P. A. Molcsanov* professzor kezdeményezésére – a Szovjetunióban felbocsátják a világ első magaslégkör-kutató rádiószondáját. A ballon 2 MHz-es rádióadója, melyet *I. G. Frejman* tervezett, a nyomásra, hőmérsékletre, nedvességre vonatkozó mérési adatokat továbbította a földi vevőállomásra. (A szonda felépítéséről röviden a *2001-es évkönyvünkben* volt szó. A szél irányára, sebességére vonatkozó adatokat akkoriban a szondának ún. ballonteadóitokkal történő megfigyeléséből nyerték. A szerk.)

– Januárban meghalt *Otto NUSSBAUMER* osztrák mérnök (\*1876), a műsorozó rádió egyik feltalálója.

– Februárban elhunyt *Alan Archibald CAMPBELL SWINTON* (\*1863) skót elektromérnök, röntgenológus. Elsőként figyelte meg a fókuszált katódsugarak hatására bekövetkező felmelegedést. 1907-ben nyilvánosságra hozta a katódsugárcsővel felépített elektronikus tévékészülék elvi vázlatát. (Vezetéknévét helyesen kötőjel nélkül kell írni!)

– A Magyar Posta új szolgáltatást vezet be: a lakihegyi adóról – az osztrák *O. Fulton* találmánya, a *Fultograph* készülék segítségével – megkezdte képtáviratok leadását.

– Február 13-án a magyar rádió a Kossuth Lajos utcai Fórum filmszínházból a *Rio Rita* filmoperettet közvetíti. Májusban a BBC „élő” csalóány-koncertet ad Berkshire erdejéből...

– Márciusban *Baird*-nek első ízben sikerült a képet és a hangot szinkronizáltan továbbítani a londoni Coliseum varietéből való adás során. A 30 soros felbontású képeket a Brookmans Park-i adó 261,3 m-en, a hangot 356,3 m-en sugározta.

– Március végén *G. Marconi* a genovai öbölben lévő jachtjáról, 14 ezer km távolságból „kapcsolta be” rádióhullámok segítségével a Sydneyben rendezett elektrotechnikai kiállítás izzólámpáit. Akkor gyulladt ki „3000 gyertyafényű villanykörte”, amikor Marconi hangja – a rádióhullámok hátán – Genovából Sydneybe ért (**4. ábra**).

– 1930 áprilisában jelent meg az amerikai *Electronics* folyóirat első száma.

– *L. A. Hyland*, a Tengerészeti Kutató Laboratórium mérnöke javasolta, hogy a hajókat megközelítő ellenséges repülőgépeket irányított antennájú URH rádióadó-vevő berendezéssel derítsék fel. A júniusi, 32,8 MHz-es iránymérési kísérletei közben térerősség-ingadozást figyelt meg, melyet az antenna előtt pár kilométerre elrepülő gépek okoztak. A rádióhullámok visszaverődését, hajótestek árnyékoló hatásait Taylor és Young már korábban tapasztalta.

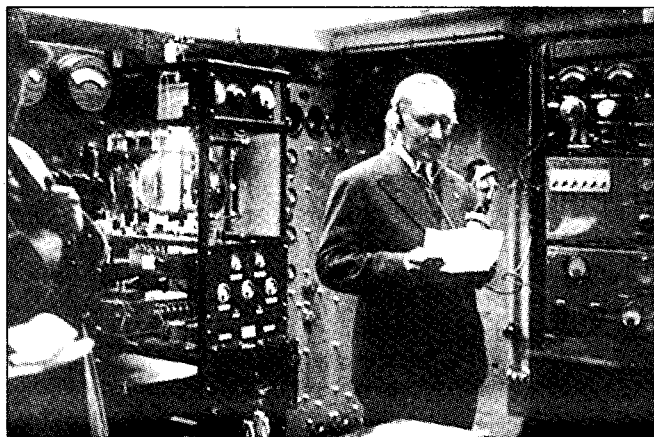
– Július 14-én a BBC elsőként mutat be tévéjátékot. Élőben közvetítik *Baird* londoni stúdiójából *Pirandello: Férfi, vírággal a szájában* egyfelvonásosának adaptációját. A három szereplős dráma arc- és kéz-felvételekből állt, melyek közé expresszionista grafikákat vágtak be. Az adás után az első monoszókpban „gyönyörködhettek” a nézők.

– Júliusban *Baird* „nagyképernyős” tévét mutatott be a londoni Coliseum varietében. A 70 × 30 inches (kb. 1,8 × 0,8 m-es) „képernyőt” mintegy 2100 kisméretű izzólámpa alkotta.

– Szeptemberben a német *Johannes Ostermeier* szabadalmaztatta a villanólámpát, mely a fényképészetben a tűzveszélyes és körülményesen kezelhető „meztelen” magnéziumot volt hivatott helyettesíteni. Az ős-vakunál minden egyes villantás után cserélni kellett az izzóhoz hasonló formájú villanólámpát; hiszen az is magnéziumon alapult.

– A Posta Kísérleti Állomáson *Magyar Endre* és *Tomcsányi István* elkészítette a 3/0,75 kW-os, a nevük kezdőbetűiről *MATOM*-nak nevezett táviró- és távbeszélő adóberendezést. Az adó október 1-től – kísérleti üzemben – 820 m-en az MTI hírszolgálatát vitte, majd 1932 és 1934 között 840 m-en, napi 5 órában a Budapest II. műsorát sugározta.

– Decemberben meghalt *Eugen GOLDSTEIN* (\*1850) német fizikus, a



4. ábra. Marconi az Elettra jacht rádiószobájában



gázkisülések, a katódsugárzás tulajdonságainak kutatója, a csősugarak felfedezője. Ő nevezte el a Plücker által felfedezett sugarat katódsugárnak.

– Megszületett a teljesen elektronikus európai tévé. *Manfred von Ardenne* német fizikus december 24-én bemutatta az általa fejlesztett repülőpontos (flying spot) elektronikus képletapogatóval megvalósított álló- és mozgókép átvitelt. Ennek során 100 soros felbontással másodpercenként 20 képet jelenített meg a vevő katódsugárcsővé. Ardenne új képcsővének felületi fényűrűsége a korábbi típusok 200-szorosa volt (**5. ábra**).

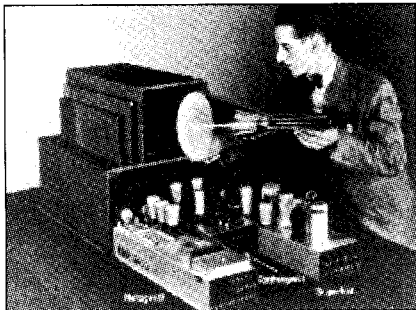
– Hazánkban vidéken is bevezetik a beszélgetésenkénti telefondíj-számlázást. Az általánódíjas fizetés megszüntetése következtében a korábbi napi átlagos 15 hívás 2,5 hívásra esett vissza.

– *Heinrich Lamm* orvostanhallgató Münchenben első ízben használ rendezett, képkötésre alkalmas üvegszárnyalábot az emberi belső szervek tükrözéses vizsgálatánál. Az izzólámpa fényét is üvegszálon továbbította. Találmányi bejelentését visszautasították C. W. Hansell amerikai villamosmérnök korábbi szabadalmára való hivatkozással.

– *Vannevar Bush* amerikai villamosmérnök tervei alapján és vezetésével elkészült a Massachusetts Institute of Technology-n az első automatikus működésű analóg számítógép, a *Differential Analyzer*, melyet a differenciálegyenletek kiszámítására használtak.

– A rádiókban megjelenik a dinamikus hangszóró. Ebben az évben az Orion napi termelése 200 darab hangszóró volt.

– A BBC először adott műsort acélszalagos hangrögzítőről: novemberben V. György király beszédét játszották le különböző időpontokban. A *Blattnerphone* készüléket *L. Blattner* angol filmproducer fejlesztette ki a Stille-féle huzalos magnóból. Az ős-magnó 6 mm széles, 0,08 mm vastag acélszalagra rögzített kb. 1,5 m/s sebességgel. A 9,5 kg-os orsón



**5. ábra. Manfred von Ardenne elektronikus televíziója**

lévő szalag mintegy 20 perces felvételt tett lehetővé. Az ormótlan készülék kezelése veszélyes volt: a szalag mély sebeket tudott ejteni...

## 100 éve történt

– A fizikai Nobel-díjat a pozsonyi születésű *Philipp Eduard Anton von LENARD* (1862–1947) kapta „a katódsugarakkal kapcsolatos munkásságáért”. Lénárd Fülöpöt *A Nobel-díjasok kislexikona*, a *Nobel Alapítvány* német fizikusként tartja számon, míg a hazai szakirodalom az első magyar, ill. magyarországi születésű Nobel-díjas tudósnek tekinti.

– Januárban született *SZIGETI György* (†1978) gépészmérnök, az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézet megszervezője, igazgatója. Az Egyesült Izzó kutatólaboratóriumában gáztöltésű egyenirányítók, gázkisülésű csövek, fémgőzlámpák, fluoreszcens fényforrások, katódsugárcsövek kutatásával-fejlesztésével foglalkozott. Bay Zoltánnal SiC alapú elektrolumineszcens fényforrást (ős LED-et!) szabadalmaztatott. A telefonhálózatokban használt túlfeszültség-levezető ködfénykisüléses biztosító szintén az ő találmánya.

– Január elején mutatták be először a nyilvánosság előtt a tantálszálas izzólámpát a feltalálók, *Werner von Bolton* és *Otto Feuerlein*, a Siemens-Halske munkatársai.

– Januárban meghalt *Ernst Karl ABBE* (\*1840) német fizikus, az optikai mikroszkóp elméletének kidolgozója, optikai eszközök, akromatikus lencsék tervezője, a jénai C. Zeiss gyár egyik alapítója. Nevét – rengeteg egyéb mellett – a mikroszkóp felbontóképességére vonatkozó törvény őrzi.

– Márciusban született *KALMÁR László* (†1976) matematikus, a szegedi József Attila Tudományegyetem kibernetikai laboratóriumának létrehozója, a JATE professzora. 1958–60-ban munkatársával megépítette a Kalmár-féle jelfogós, huzalozott programozású logikai gépet, mellyel meg lehetett állapítani, hogy egy összetett logikai feladatsor milyen feltételek mellett igaz vagy hamis. A gépet – az oktatáson túlmenően – telefonközpont-kapcsolásokat, vasútbiztosító áramköröket is vizsgáltak (**6. ábra**).

– Márciusban elhunyt *Jules VERNE* (\*1828) francia író, vagy ahogy nálunk ismert: Verne Gyula. Kalandos regényeiben a természettudományos eredményeket és – akkor még utópisztikusnak tűnő – lehetőségeket népszerűsítette. *A rejtelmes sziget*-ben például a Wheatstone-féle tús távíró készítését ismertette.



**6. ábra. Kalmár László**

– Júliusban meghalt *KRUSPÉR István* (\*1818) mérnök, a Műegyetem professzora. Alapvető munkásságot fejtett ki a méter és a kilogramm törvényes mértékegységként való elfogadtatása érdekében. Megalapította és vezette a Mértékhiatalos Bizottságot, az Országos Mérésügyi Hivatal elődjét. A párizsi székelyű Nemzetközi Mértékügyi Bizottság alapító tagja volt. (Erről a méter története kapcsán a *2000-es évkönyvünkben* részletebben szó esett. *A szerk.*) Geodéziai műszerek fejlesztésével is foglalkozott. Amikor az öreg „műszakisok” nevét hallják, ez is jusson eszükbe, ne csak a „Kruspér-tanszék” (az egykori kocsma a Kruspér utcában) (**7. ábra**).

– Októberben született *Felix BLOCH* (†1983) svájci származású Nobel-díjas amerikai fizikus. Nobel-díját az atommag mágneses terének mérésére kidolgozott módszerért kapta. E hónap szülötte *Karl JANSKY* (†1950) amerikai rádiómérnök, a rádiócsillagászat megteremtője. Feltalálta a rádióteleszkópot, s ezzel 1931-ben felfedezte a Tejút irányából érkező kozmikus eredetű, 21 cm hullámhosszú elektromágneses sugárzást.

– December elsején született *Clarence ZENER* (†1993) amerikai fizikus. 1934-ben megadta a dielektrikumok átütési mechanizmusának magyarázatát, melyet a félvezető p-n átmenetek záróirányú letörési jelenségére is alkalmaztak. A Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (IEC) – Zener kérésére – a Bell laborban kifejlesztett feszültségstabilizáló eszközre a *Z-dióda* elnevezést javasolta a dióda karakterisztikájának formája alapján. Tehát a *Zener-dióda* elnevezés **helytelen, C. Zener akaratával ellentétes!**

– Decemberben született *Hendrik W. BODE* (†1982) amerikai matematikus, a szabályozáselmélet egyik jelentős kutatója, a négypólusok logaritmusos frekvencia-jelleggörbéjének, a „Bode-diagramnak” alkotója. Ugyancsak ekkor jött világra *Semi Joseph BEGUN* (†1995) né-



7. ábra. Kruspér István

met származású amerikai mérnök, a szalagos magnetofon egyik konstruktőre (1934), a repülőgépek „fekete doboza”, a hangos „magnó-levél” (Mail-A-Voice), azaz mágnesezhető réteggel egyik oldalán bevont papír feltalálója.

– Jozef (Joseph) Murgas szlovák származású amerikai feltaláló saját fejlesztésű adó-vevőkészülékével – melyre több amerikai szabadalmat is kapott – 200 km-es rádiótvíró kapcsolatot létesít. Nevét a Wilkes-Barreban (Pennsylvania) lévő *Murgas Amateur Radio Club* (K3YTL) viseli.

### 200 éve történt

– Januárban öngyilkos lett *Claude CHAPPE* (\*1763) francia abbé, fizikus, a szemaforos optikai távíró feltalálója, az első „telegráf-mémők”. Mozgatható karos („szárnyas”) távíróját (8. ábra) fivéreiivel és Breguet órásmester segítségével készítette el 1792–3-ban. A Konvent képviselői előtti sikeres bemutató után, annak anyagi támogatásával 1794-ben építették meg az első, Párizs és Lille közötti – katonai jelentőségű – távíróvonalat. 1804 végén Chappe mérgezési tünetekkel ágyának esett. Betegsége és találmányáról terjesztett plágium-vád miatti elkeseredésében a párizsi l’Hôtel Villeroy-ban lévő Távírda Igazgatóság kútjába ugrott. (Chappe távíróját Alexander Dumas szépen leírja a *Monte Cristo grófja* c. regényében. A szerk.)

– Ebben az évben született *John Watkins BRETT* (†1863) angol vállalkozó, aki öccsével, Jacobbal 1845-ben megalapította a General Oceanic Telegraph Company-t. A Társaság 1850. augusztus 28-án fektette le az első, majd ennek meghibásodása után 1851-ben a második tengeralatti távírókábel Anglia és Franciaország között.

– Augusztusban született (Sir) *William Rowan HAMILTON* (†1865) ír matematikus, fizikus, Írország királyi csillagásza, a dublini Trinity College egyetemi tanára. Megteremtette a relativitáselmélet, a kvantummechanika matematikai tárgyalásánál alapvető, róla elnevezett függvényt és operátort; bevezette az *i*, *j*, *k* egységvektorokat. A *vektor* elnevezés is tőle származik (a latin *vector* = vivő szó alapján).

– *Joseph-Marie JACQUARD* francia takács szabadalmat kap a damasztösvőszék lyukkártyás láncfonal-vezérlésére. Az újabb kutatások megállapították, hogy a vezérlés ötlete honfitársaitól: Vaucansontól, Bouchon és Falcon paszományos mesterektől ered; találmányának kidolgozásában, javításában pedig elvitatathatlan érdemei vannak J. Bretonnak. Jacquard a lyukkártyát soha nem szabadalmaztatta.

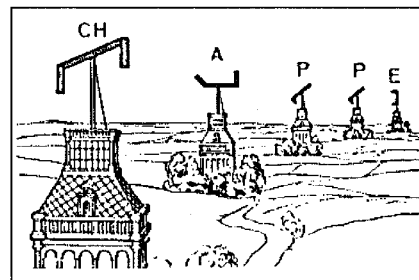
### 300 éve történt

– Elhalálozott *Guillaume AMONTONS* (\*1663) francia fizikus. Galilei hőmérőjét korszerűsítve elkészítette az első levegő-termostert. Elsőként jutott el az abszolút nullapont gondolatához, felfedezte a gázok hőtágulását. Optikai távíróval is kísérletezett: a szélmalom szárnyaira erősített betűket teleszkóppal olvasta le.

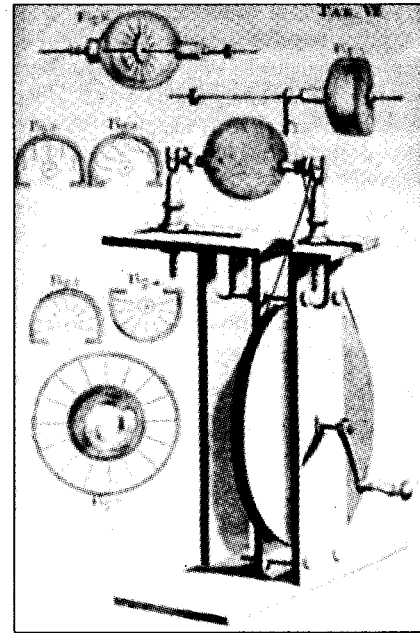
– Június 5-én megjelent hazánk első újságja, a latin nyelvű – elsősorban a külföldnek szóló – *Mercurius Hungaricus*.

– Augusztusban meghalt *Jacob (I.) BERNOULLI* (\*1655) svájci matematikus, a nagy számok törvényének felfedezője, a variációs számítás egyik megalapozója. (A Gergely-naptár szerint 1655. január 6-án, a Julianus-naptár szerint 1654. december 27-én született, így a különböző forrásokban e két dátum váltakozva fordul elő.)

– *Francis HAUKSBEE* (egyes szerzőknél: HAWKSBEE) angol műszerész – a légszivattyúk és barométerek specialistája, Newton munkatársa – a londoni



8. ábra. Jeltovábbítás az optikai telegráfvonalon



9. ábra. Üveggömbös dörzselektromos gép *Hauksbee: Physico-Mechanical Experiments on Various Subjects* c. könyvéből (1709)

Royal Society előtt bemutatta első frikciós (dörzselektromos) gépét. A megforgatott és száraz kézzel dörzsölt léghíjas üveggömb belseje a sztatikus elektromosság hatására olyan erősen „világított”, hogy fényénél – besötétített teremben – már olvasni is lehetett. A gépnek ő adta az *influence machine* (töltésmegosztó-gép) nevet (9. ábra).

(E visszatekintés az 1992-es évkönyvünkben megkezdett, azonos című „sorozat” folytatásának is tekinthető. A szövegben \* -gal a születési, † -tel a halálozási évet jelöltük. A szerk.)

### Az ábrák forrása

1. ábra: [www.slamnet.org.uk/kmg/westbourne/icctimeline/](http://www.slamnet.org.uk/kmg/westbourne/icctimeline/)
2. ábra: [www.ampexdata.com/Company/History/history.html](http://www.ampexdata.com/Company/History/history.html)
3. ábra: [www.sat.lib.tx.us/Displays/itfig.htm](http://www.sat.lib.tx.us/Displays/itfig.htm)
4. ábra: [www.aei.it/ita/museo/mte\\_aaa1.htm](http://www.aei.it/ita/museo/mte_aaa1.htm)
5. ábra: [www.gfu.de/Pages/history/tv03.htm](http://www.gfu.de/Pages/history/tv03.htm)
6. ábra: [www.scitech.mtesz.hu/10kiraly/](http://www.scitech.mtesz.hu/10kiraly/)
7. ábra: [www.scitech.mtesz.hu/08raum/](http://www.scitech.mtesz.hu/08raum/)
8. ábra: [www.it.kth.se/docs/early\\_net/](http://www.it.kth.se/docs/early_net/)
9. ábra: [www.sparkmuseum.com/BOOK\\_Hauksbeee.htm](http://www.sparkmuseum.com/BOOK_Hauksbeee.htm)



# Napenergia-hasznosító áramtermelő rendszerek

Ferenczi Ödön okl. villamosmérnök

*Az emberiség történelmének jelen szakaszában kulcskérdés a világ energia-ellátása, ugyanakkor az emberi lét fenntartásához alkalmas környezet megőrzése. Az emberiség jól felfogott érdeke, hogy minél gyorsabban változtasson energia-felhasználási szokásain és energiatermelő bázisát a megújuló energiaforrásokra helyezze át.*

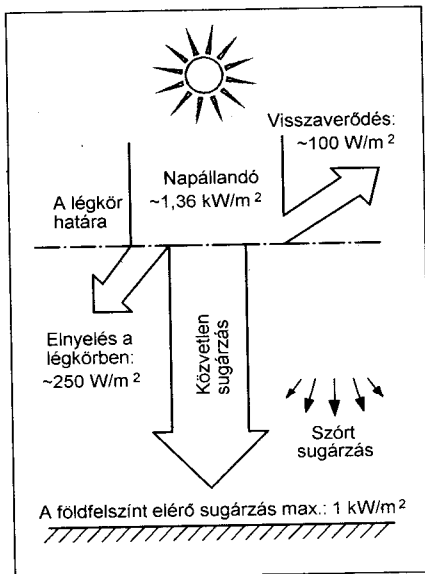
A megújuló energiák felhasználásának előnyeiként említhető, hogy az:

- elősegíti a környezetvédelmi feladataink megoldását,
- decentralizáltsága révén javítja az elektromos energiaellátás biztonságát, csökkenti a hálózati fogyasztást („Zöld Projektek”),
- csökkenti az energia importfüggőségét-, és a folyamatos áremelkedést,
- az egyszer már megépült, megújuló energiát használó, önellátó helyi rendszerek esetében az energia árának növekedésével nem kell számolnunk.

A megújuló energiaforrások közül a legstabilabbnak a napenergia tekinthető. Cikkünkben ezért elsősorban a napenergiát elektromos árammá átalakító rendszerek bemutatását tűztük ki célul. Reméljük, hogy e cikk a mindinkább tért hódító új energiaforrások, a napelemes tápfeszültség-ellátó rendszerek területén az új utakat keresők körében gondolatébresztőként, s a technikai fejlődést elősegítő olvasmányként hat.

## Ingyenes energiaforrásunk: a Nap

A Földön az életet a Nap melege, a Nap sugárzása teszi lehetővé. A növényekben elraktározott szerves vegyületek létüket a Nap melegének köszönhetik. A kőolaj, a földgáz, a szén létrejötte a Nap melegére vezethető vissza. A Nap melege emeli a tavak, tengerek, folyók elpárolgó vizét a felső légkörbe. A felhőkből innen jut a csapadék a hegyekbe, s az onnan lezúduló víz felhasználható energiát ad. Az árapály jelenséget



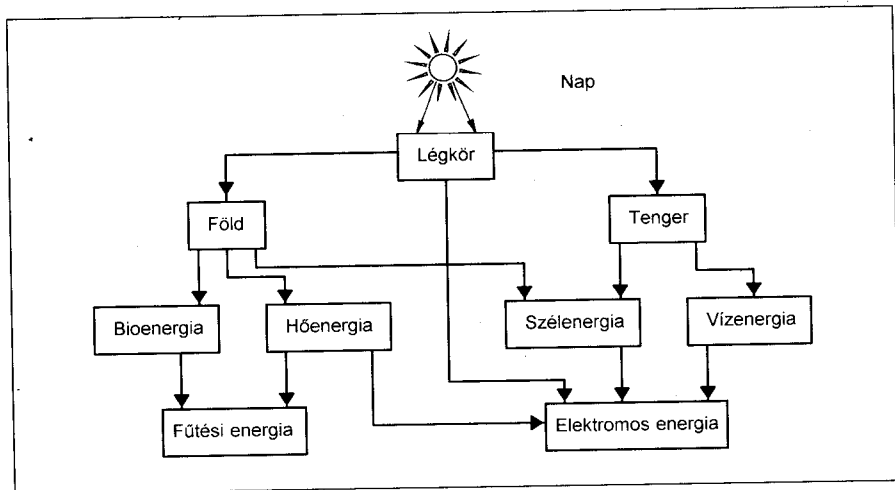
1. ábra

kivéve a vizek körforgásának, a tengereket mozgató áramlásoknak végső oka tehát a Nap. Kivételt továbbá talán csak a geotermikus és a nukleáris energia jelenthet, amennyiben eltekintünk a naprendszer bolygóinak közös eredetétől. A napenergia a legfontosabb kimeríthetetlen energiaforrásunk.

A Nap által kibocsátott sugárzás azonban nem jut el maradéktalanul a Föld felszínére (lásd 1. ábra.). A nap-

sugárzás értéke a Föld légkörének felső határán, a Naptól való közepes távolságban és a beesési irányra merőleges felületen mérve  $1,36 \text{ kW/m}^2$ . Ezt az értéket napállandónak is nevezik. A földi légkör a napsugárzás egy részét visszaveri, egy részét elnyeli. Így a Föld felszínén mérhető sugárzás értéke ideális esetben mintegy  $1 \text{ kW/m}^2$ . A közvetlen sugárzás eltérítés nélkül, vagyis a Nap irányából érkeve éri el a Földet és melegíti a légkört (F8. és F9.). A szórt sugárzás az általános megvilágítást javítja-, így az árnyékban sincs egészen sötét. A földfelszínre érkező sugárzás jelentős részét a szárazföld, a tenger és a növényzet nyeli el. A Föld felszínén elnyelt sugárzás átalakulását a 2. ábrán tüntettük fel. (F12.). A bio-, a hő-, a szél- és a vízenergia a Nap energiájából származik.

A földfelszínre érő napsugárzás erőssége nem mindenütt egyforma. Ez egyrészt a földrajzi szélességtől függ, mivel a különböző földrajzi szélességeken a napsugárzás beesési szöge eltérő. Függ továbbá a napsugárzás erőssége az évszaktól és attól is, hogy az adott terület felett az égbolt derült-e vagy borult. A napenergia-hasznosító berendezéseknél általában a légkörön áthaladó közvetlen sugárzás és a szórt (diffúz) sugárzás összegével, vagyis a teljes sugárzási intenzitással számol-



2. ábra

nak. Ennek átlagos értéke ideális, tiszta légkör esetében:  $1225 \text{ W/m}^2$  lenne. A civilizációs szennyeződés miatt a légkör sugárzáscsökkentő tulajdonságát az úgynevezett homályosság tényezővel (T) jellemzik, amely megadja, hogy az adott helyen a légkör a sugárzás mekkora részét engedi át.

Tapasztalati és tájékoztató értékei 0,3...0,8 közöttiek (ipari környezet, szennyezett nagyváros, ill. zavartalan természet, tenger).

A napenergia-hasznosítás során a napsugárzást megfelelő szerkezetek révén többnyire hő- vagy elektromos energiává alakíthatjuk át. A napenergia-hasznosítás lehetséges főbb módzatait a 3. ábrán tüntettük fel. Az aktív és passzív hasznosítás esetén az érkező napenergiát hő formájában hasznosítjuk.

Az első esetben napkollektorokkal, hőcserélők alkalmazásával pl. használati melegvizet állítunk elő, a másodikban az épületek hőtároló képességét növeljük meg főleg építészeti eszközökkel.

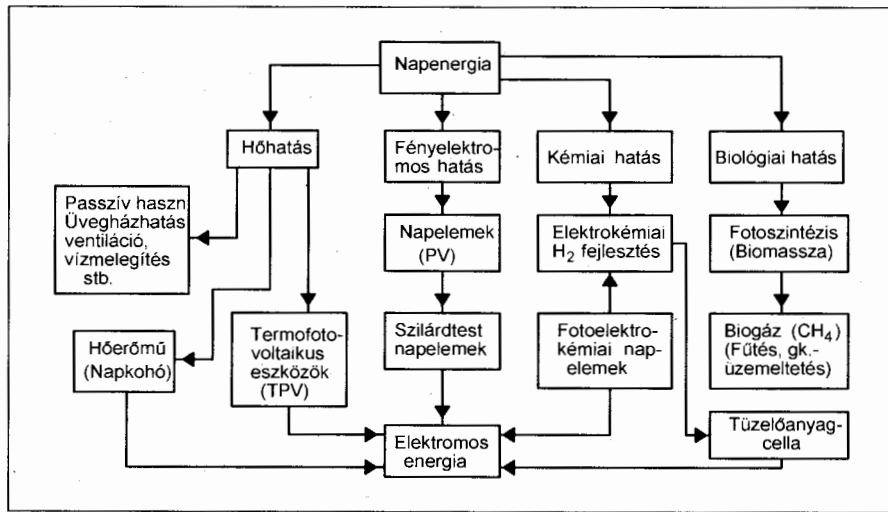
Napelemek alkalmazásakor az érkező napenergiát elektromos energiává alakítva használhatjuk fel. A három hasznosítási forma lehetséges hatásfok határértékei a technika ma ismert szintjén a következők:

- aktív napenergia-hasznosítás: 30...60%
- passzív napenergia-hasznosítás: 15...40%
- napelemes (fényelektromos) átalakítás: 8...25%

Példaképp említjük, hogy az USA kutatóinak felmérései szerint a napenergia hasznosításával a családi házak fűtési energiaszükségletének mintegy 70...80%-át lehetne biztosítani az egyenlítőtől a 45. szélességi fokig terjedő napsütéses övezetben.

A következőkben elsősorban a napenergia napelemek, ill. napelem modulok közvetlen elektromos árammá történő átalakításával foglalkozunk. Tény, hogy a legstabilabbnak a napenergia tekinthető, mivel az a földi élet létezéséig garantáltan rendelkezésre áll (F7.).

Előnyként jelentkezik, hogy az egyszerűen megépült napelemes áramellátó rendszer esetében a napenergiából előállított áram költségnövekedésével nem kell már számolnunk. A Nap ugyanis az elmúlt néhány millió évben még soha sem emelte sugárzási dját!



3. ábra

### Az energiaváltás a XXI. század kényszere

#### A napenergia-hasznosítás fő módjai

Az energia-felhasználást ma 90%-ban a fosszilis energiaforrások adják, mely a környezetet súlyosan károsítja. Az ökológiai katasztrófa elkerülése érdekében világszerte energiaváltásra van szükség, de mindenekelőtt az energiafelhasználás mérsékelésére. Ehhez az energiavesztéseket kell csökkenteni, jobb hatásfokú, új technológiákat, megújuló energiaforrásokat kell alkalmazni (F1., F11.).

A környezetkímélő, megújuló energiaforrások az alábbiakat foglalják magukba:

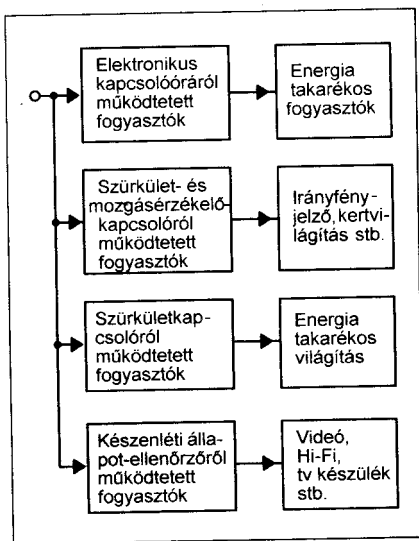
- napenergia (hasznosítás elektromos vagy hőenergia formájában napelemek, ill. hőcserélős napkollektorok felhasználásával),
- szélenergia (szélmotoros áramfejlesztő, szélgenerátor),
- vízenergia (beleértve a tengerek hullám- és árapály-energiájának hasznosítását is),
- biomassa (beleértve a biogáz és a folyékony bio-üzemanyagok előállítását),
- geotermikus energia (a Föld melege) stb.

A legismertebbek ezek közül az egyértelműen környezetbarát energianyerési módok közül: a napelem, a napkőhő, a szélerőmű, a hegyvidéki vízerőmű, az árapály-erőmű stb. (F12.).

Az új, a jelenleg elsődleges fosszilis tüzelőanyagoknál alkalmasabb, megbízhatóbb és olcsóbb környezetbarát energiaforrások keresése sok szak-

értő képzeletében „különböző okokból” fel sem vetődik. Megnehezíti ugyanis a probléma tárgyalását, hogy minden oldalról óriási erők csapnak össze, sok érdekcsoport létezik, ezek széleskörű anyagi és erkölcsi támogatást élveznek. A cél pedig nem mindig az összes információ feltárása és objektív értékelése, hanem esetenként az anyagi- vagy presztízs-nyerség maximalizálása (F11.). Tény, hogy az olaj egyenlőtlen eloszlása aránytalan hatalommal ruházta fel azokat, akik ezekhez az összpontosított készletekhez hozzáférnek, különösen az Egyesült Államokat, Oroszországot és a Közel Keletet. Példaképp említjük, hogy a nap- és szélenergia-gazdaság (F10., F12.) bőségebb és egyenletesebben elosztott, decentralizált forrásokon alapulna. Egyes országok kiváltképp jó helyzetben vannak a napenergia kihasználásához, mások pedig különösen nagy szélenergiával rendelkeznek. Ez azt is jelentené, hogy a megújuló energiák „elérhetőbb” árucikké válnának, melyek nem állnának folyton a nemzetközi válság határán.

A napenergia földi alkalmazásánál a gondot elsősorban az jelenti, hogy a sugárzási energia a napelem modul (napelem tábla) munkafelületére a légkörön át, annak szennyeződése miatti abszorpció után, gyengülve érkezik és a napelem munkafelületének csak időszaki, ciklikus megvilágítása biztosítható (F7., F12.). Mivel a fényelektromos berendezések többségénél nem esik egybe a „kínálat” és az igény időpontja, ezért a megtermelt elektromos energiát tárolni kell (pl. szolár akkumulátor stb.).



4. ábra

Közvetőleg megjegyezzük, hogy a világűrbe „kilőtt”, orbitális pályán mozgó távközlési, műsorszóró, ill. meteorológiai stb. műholdak elektromos energia-ellátásához szinte egyetlen lehetőség a napelem. A napelemek űrben történő alkalmazása igen előnyös, mert ott légköri abszorpciók nincsenek vagyis a sugárzási energia gyengítetlenül érkezik a fényelektromos modul munkafelületére és annak „felhőmentes” megvilágítása biztosítható (F13.). A napelemek leadott űrbeli teljesítménye nagyobb, mint földi körülmények között, ugyanis a földi maximális AM1 (100 W/cm<sup>2</sup>) besugárzás helyett ott AM0 esetén (lásd később!) 136 mW/cm<sup>2</sup> értékkel számolhatunk és a spektrális besugárzási viszonyok is kedvezőbbek. Az űrbeli alkalmazásoknál ma már a 15 éves napelem élettartam és a több mint 10 kW terhelhetőség természetesnek mondható. Példaként

említhető, hogy egy tipikus Ga-As/GaSb átmenetes, világűrben alkalmazott fényelektromos cella hatásfoka eléri a 30,5%-ot, melyet 100-szoros koncentrátor elemmel érnek el. Figyelemre méltó, hogy a Skylab, ill. a Szaljut 7 űrállomások fedélzeti számítógépeit, kommunikációs berendezéseit is már 8,4 kW-os, ill. 7 kW-os összeteljesítményű fényelektromos modulokkal látták el.

Mint a fentiekből is látható, hazánkban a megújuló energiaforrások közül különösen a nap- és szélenergiát kellene intenzíven felhasználni (F1., F10. és F11.). Ezen túlmenően igen fontos, hogy lehetőleg minél kisebb fogyasztású, energiatakarékos és a szükségletnek megfelelően időszakosan működtetett készülékeket és berendezéseket használjunk (pl. kompakt fénycsővek, fényerő-szabályozós világítótestek, időkapcsolós fogyasztó működtetés, szűrület- és mozgásérzékelős fénykapcsolók, készenléti-üzem korlátozó automatikák stb.-, mint ahogy azt a 4. ábra mutatja).

### Energiaszükséglet-változás, decentralizált áramforrások

Az elektronikus eszközök és berendezések megnövekedett szolgáltatását és egyre kisebb méretét a mikroelektronikai technika (a szilícium félvezető csippek) teszik lehetővé. Így a készülékek és berendezések energiafogyasztása mind kisebb lesz, s egyre közelebb kerül a megújuló energiaforrások decentralizált elhelyezési lehetőségeihez. A hordozható mikroelektronikai készülékek méreteinek és energiaigényének, továbbá a helyhez kötött berendezések elektromos energiaigényének csökke-

nése és ezzel együtt a decentralizáció a XXI. századi energiagazdaság fontos jellegzetességévé válhat (takarékosabb üzemvitelű berendezések).

Míg a XX. századra a nagyobb létesítmények, valamint az elektromos energiaforrás és felhasználás közötti nagyobb földrajzi távolságok voltak jellemzőek, az új technológiák oda helyeznek a megfizethető, megbízható tápáramforrást, ahol arra szükség van. Egy decentralizált, kis léptékű, kisebb teljesítményű áramtermelésről lenne szó (F1., F2. és F10.). A mai monokulturális áram-előállítással ellentétben, egy megosztott, decentralizált energia-rendszer a megújuló áramforrások egész sorát egyesítené. Pl. kis áramtermelő generátorokat üzemekben, lakótelepi-, családi háztetőkre szerelt napelem modulokat (lásd 5. ábra) és nagyterjedésű napelemtábla-mezőket (lásd 6. ábra), legelőkön, szél járta területeken telepített szélgenerátorokat (F2., F3. és F10.), más szóval szélmotoros áramfejlesztőket (lásd 7. ábra).

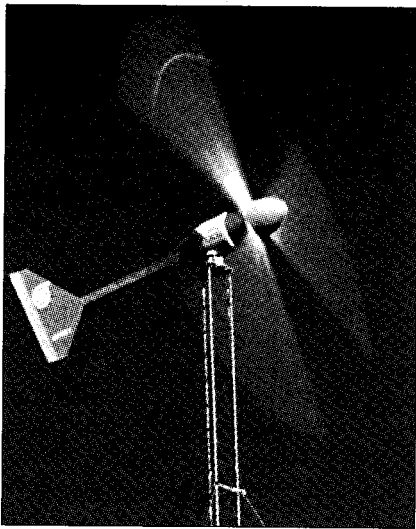
Az információs kor (mely maga is egyre inkább a kis méretek és a decentralizáltság, valamint a hordozhatóság kora) segíthetne egy megosztott, megbízható tápenergia-rendszer létrehozásában az azonnali telekommunikáció és a kifinomult elektronikus szabályozás révén. Az ilyen rendszer több millió egyedi alternatív áramforrást hangolna össze az internet jelenlegi működéséhez nagyon hasonlóan, melyben az elektromos energiát az igények ingadozásához igazodva „raktározna”, ill. osztaná el. E módon nem lenne egyetlen fogyasztó sem nagyon távol valamelyik másik egyedi áramforrástól-, így a hálózati feszültség értéke viszonylag kis tűrésmezőben lenne tart-



5. ábra



6. ábra

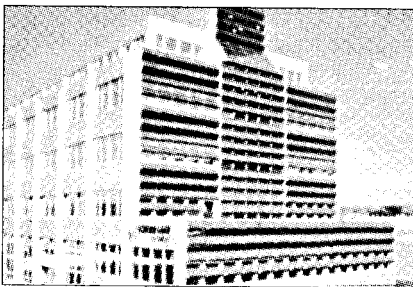


7. ábra

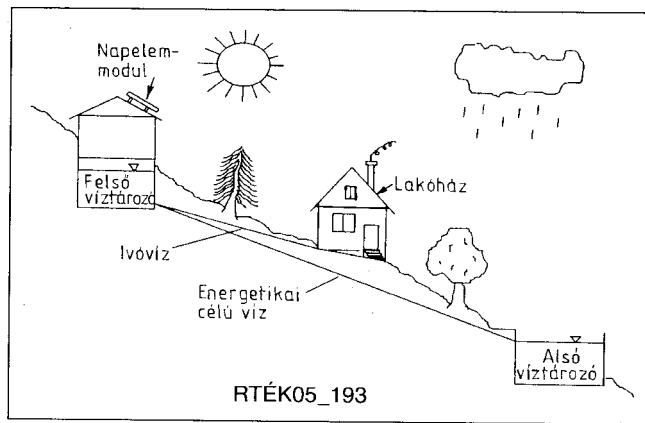
ható. Gyakorlatilag egyetlen fogyasztó sem lenne a „hálózat legvégén”, s az áramkimaradás kevésbé ismert fogalom lenne. Az áramellátás és a mindenkori szükséglet közötti egyensúly e finom szabályozása növelné az ilyen rendszer hatékonyságát, csökkentené a környezetszennyeződést és a veszteségeket, valamint elektromos energiát és költséget takarítana meg.

Egy megosztott energiarendszer lehetővé tenné, hogy az egyes nagyobb létesítmények (lásd 8. ábra), épületek, lakótelepi házak (lásd 9. ábra) kielégítsék saját elektromos energiaszükségletük kisebb-nagyobb részét a házra, ill. háztetőre szerelt napelem modulokkal, sőt energiatermelőkkel válhatnának, s a pillanatnyilag fel nem használt, felesleges energiát a közüzemi táphálózatnak adhatnák át.

A megújuló energiaforrásokkal üzemelő áramtermelő energiarendszerek megkövetelik, hogy a rendszer alkalmazkodjon az energiaforrások (napsütés, szélenergia stb.) időszakos természetéhez (F1., F10.). Ezért kisegítő, ráségítő energiaforrásokról, ill. ener-

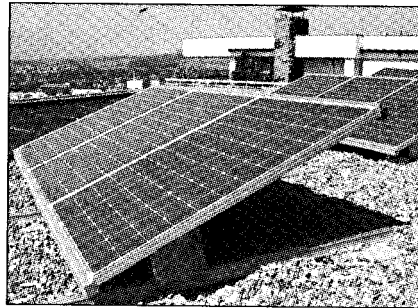


8. ábra



10. ábra

giatárolókról kell gondoskodni (pl. gázturbinás, robbanómotoros áramfejlesztő, napelem modulok által termelt energiával felpumpált vizet tároló, a víz helyzeti energiájával működtetett ráségítő turbina által hajtott villamos generátor, szolár akkumulátorbank, sűrített levegős meghajtású villamos generátor, lendkerék-tárolós energia-kielégítő stb.).



9. ábra

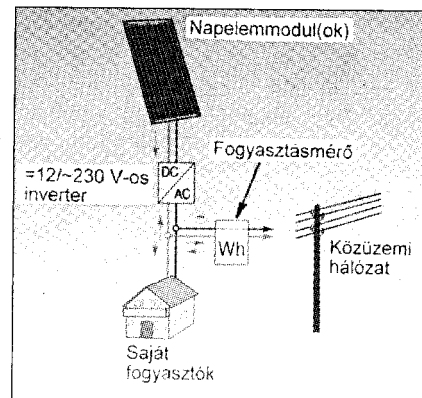
A 10. ábrán egy napelem modul hidroszisztéma vázlatát láthatjuk (F12.). Az energiátárolást itt felszivattyúzott vízzel valósítják meg. Azokon a napokon, amikor a napelem modul nem képes elegendő elektromos energiát biztosítani (pl. erősen felhős időben), a szükséges áramigényt egy ráségítő vízturbina által hajtott villamos generátor segítségével nyerik a felső víztározó vizének leeresztése révén.

### Napelemes, hálózatra visszatápláló rendszerek

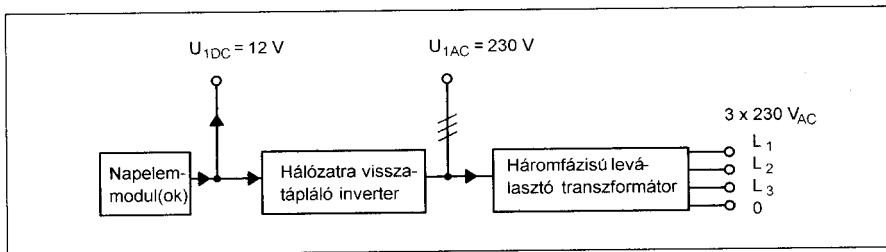
A napelemek alkalmazásai az autonóm, önálló, szigetüzemű (Stand alone) „villanypótló” megoldásoktól az úgynevezett hálózatra visszatápláló (Utility Interactive) napelemes rendszerekig bezárólag támogatást élveznek az EU országokban (F1., F10., F11. és F13.). Ez utóbbi rendszerek

nem tartalmaznak energiátároló szolár akkumulátorokat (így a veszteségek is csökkenthetők), s a napsugárzásból nyert elektromos energia fel nem használt részét egy erre a célra szolgáló inverteren keresztül közvetlenül a kiépített közüzemi elektromos hálózatba juttatják (11. ábra.). Egy ilyen háromfázisú visszatápláló rendszernek a tömbvázlatát a 12. ábrán láthatjuk (F1. és F8.).

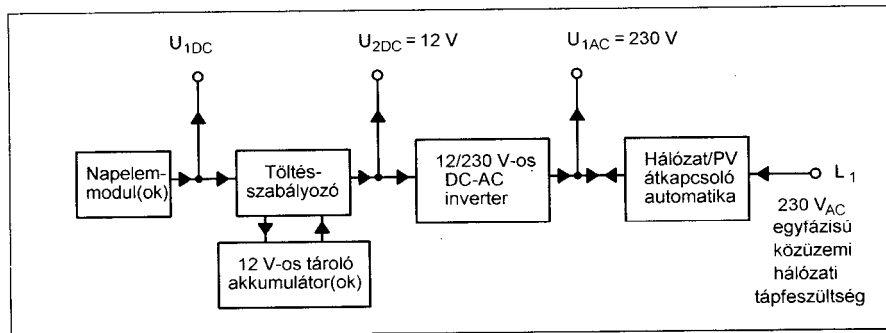
Ezeknek a visszatápláló rendszereknek lényege az, hogy a napelemes rendszerrel felszerelt családi ház, irodaház stb. egy-egy kis energiaszolgáltatóként funkcionál. Nappal, amíg süt a nap, van energiatermelés és a megtermelt elektromos áram egy része „kifelé folyik” más fogyasztók felé, napszegény időszakokban és este, ill. éjjel pedig a közüzemi szolgáltatótól vételezzük az áramot. Lehetőség van a két rendszer, vagyis az önálló szigetüzemű és a hálózatra visszatérő változat kombinációjára is (lásd 13. ábra). A hálózatra visszatápláló DC-AC inverter ez esetben a napelemek és a szolár akkumulátorbank (F2., F6.) által biztosított energiát visszatáplálja a hálózatba a csatlakoztatott fogyasztók által felvett teljesítmény bizonyos mér-



11. ábra



12. ábra



13. ábra

tékéig. Az ilyen rendszer közüzemi áramszolgáltatói áramszünet esetén szünetmentes, 230 V-os váltakozó feszültségű áramforrásként üzemel.

A hálózatra visszatápláló, tároló akkumulátor nélküli rendszereknél a napelemmel megtermelt energiánkkal „ugyanolyan energiaszolgáltatóvá válunk mint egy kis erőmű”. Az általunk megtermelt nappali energiafelesleg a közüzemi hálózatba kerül, így azt rajtunk kívül más fogyasztók is használ-

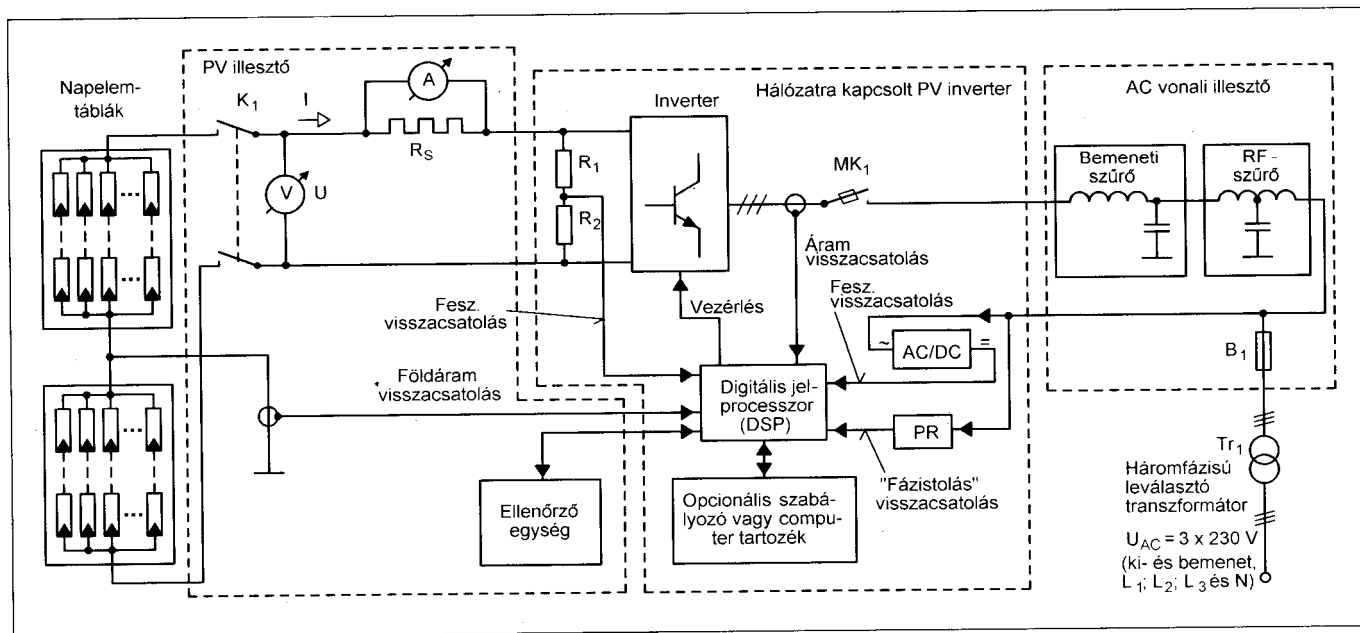
hatják (képletesen szólva: ez esetben a „villanyóránk” visszafelé forog) és ezért az elektromos energiaszolgáltató nekünk fizet. Ha nem termelünk áramot, de fogyasztunk, akkor mi fizetünk az energiáért. Mint már említettük e rendszermegoldásnál igen nagy előny, hogy a napelem modulok által nappal termelt elektromos energia közel teljes mértékben (minimális veszteséggel) hasznosul, mivel nincs akkumulátor, tehát nincs tárolási veszteség.

E megoldás már nálunk is járható út, mely több nyugat-európai országban már régen megoldott.

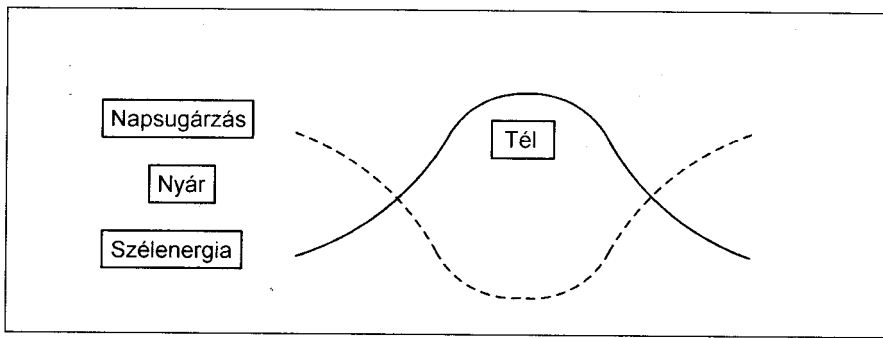
Egy ilyen rendszer többféle szabályozó, átalakító és védelmi áramkörből épül fel. A 14. ábrán napelemes, a háromfázisú  $3 \times 230$  V-os hálózatra visszatápláló energia-átalakító rendszer egy lehetséges tömbvázlatát tüntettük fel (Terra Solar Kft.). Az energia-átalakító rendszer a napelem táblák adta egyenfeszültségű elektromos energiát alakítja át és táplálja a háromfázisú hálózatba egy leválasztó transzformátoron keresztül (F8.). A teljes hálózatra dolgozó rendszert egy PV (PV=Photovoltaikus, fényelektromos) illesztő, egy háromfázisú hálózatra kapcsolt inverter és egy AC-vonalillesztő és a háromfázisú leválasztó transzformátor alkotja, természetesen a napelem táblákkal együtt. Az inverter a háromfázisú kimeneti feszültségét mikroprocesszoros áramkör segítségével szinkronizálja a hálózathoz, így a kimeneti feszültség szinkronban kerül a hálózatra. A napelemek munkapontját az inverter választja meg intelligens szoftvere által, így keresve meg a napelem táblából a mindenkor maximálisan kivehető elektromos energiát.

### Napelemes- és szélgenerátoros hálózatra visszatápláló rendszerek

A szélgenerátorok nagyon jól kiegészíthetők a napelemes rendszereket



14. ábra



15. ábra

(F2., F3. és F10.). Míg a napelemek nyáron termelik elsősorban az elektromos energiát, a téli energiaigény nagyobb része szélgenerátorral biztosítható. (lásd 15. ábra).

A két rendszer kiegészítheti egymást. Ezért a kevésbé napsütéses évszakok szűk „energia-keresztmetszetének” megszüntetésére célszerű egyúttal a szélenergia hasznosítása is. A szélmotoros áramfejlesztőket napelemes rendszerekkel kombinálva kiegyenlíthetjük a napenergiát, ill. a szélenergiát hasznosító rendszerek szezonális fluktuációk miatti eltérő energiatermelését. Tény, hogy a szél előfordulása véletlenszerű.

Magyarország ugyan nem számít széles országnak, de annak nagy részén használható szélmotoros áramfejlesztő, vagyis szélgenerátor a kisebb feladatok ellátására, ill. „rásegítésre” (F2., F7, és F10.).

A 16. ábrán látható, közvetlen hálózatra visszatápláló rendszer jó példa a decentralizált áramtermelésre. Itt változó teljesítményű szélgenerátor

(400 W...50 kW) és napelem modulok (160 W...10 kW) szolgálnak az áramtermelésre.

Az inverter (F2., F3. és F4.) alakítja át a termelt áramot 230 V-os váltakozó feszültséggé. Az interaktív kapcsolatot biztosító, a 230 V-os váltakozó áramú hálózatra visszatápláló rendszerben a szélgenerátor és a napelem modulok által előállított energiával csökkenthetjük a közüzemi hálózatról vásárolt energia költségét (mivel az áramfelesleg eladható a közüzemi hálózati szolgáltatóknak).

Mivel e rendszerkialakítás nem tartalmaz tároló akkumulátorokat (akkumulátorbank), ezért költségkihatása és veszteségei is kisebbek. További előny, hogy az könnyen hozzáilleszthető a meglévő rendszerhez (F1., F8. és F10.) Közüzemi áramkimaradásnál a rendszer kikapcsol.

A 17. ábra egy szünetmentes 0,6...30 kW között megépíthető, hálózati rendszert mutat, ahol az áramtermelést szélgenerátor és napelem modul biztosítja (F10.). A kis akkumulátor-

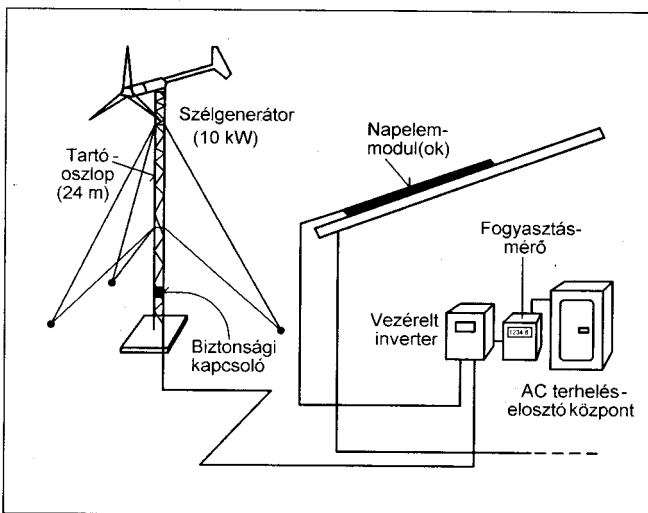
bank (kb. 50 kW, back-up) bármikor szünetmentes energiaellátást tesz lehetővé, így képes a völgyidőben (a minimális terhelési időszakban) termelt energiát a csúcsidekben leadni. Az akkumulátorok töltése szél- és napenergiával termelt árammal vagy a közüzemi hálózatról történhet.

## A napenergia hasznosítási lehetőségei hazánkban

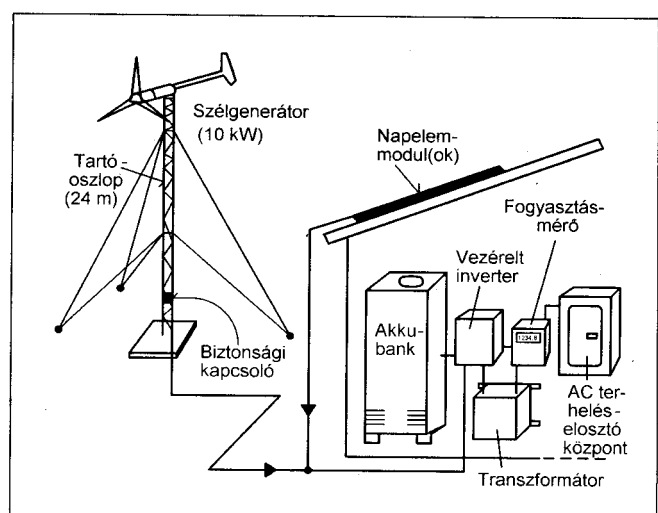
Tény, hogy a megújuló energiaforrások hasznosítása nem oldhatja meg országunk távlati energiagondjait, azonban jelentős szerepe lehet az energiatakarékoságban, a környezetkímélő technológia és a szemléletmód elterjedésében. Alapvető energiapolitikai célkitűzés: az energiatakarékoság és a megújuló energiaforrások fokozatos igénybevétele.

A legismertebb, hazánkban legcélszerűbb megújuló energiaforrás-hasznosítási mód a napenergia igénybevétele különféle formában: aktív passzív vagy fényelektromos felhasználási területeken. Szóba jöhet továbbá a szélenergia hasznosítása is.

A napelemes áramforrások sikerrel használhatók mindenütt, ahol nincs hálózati áram és azon esetekben is amikor a közüzemi villanyszámlánk mérséklése a cél. Mint már említettük ez utóbbi történhet az egyes fogyasztók elkülönített önálló tápellátásával, ill. „napszeény időszakokban” a fogyasztók automatikus hálózatra-kapcsolásával, továbbá az interaktív kapcsolatot biztosító, a 230 V-os váltakozó áramú hálózatra visszatápláló rendszerrel.

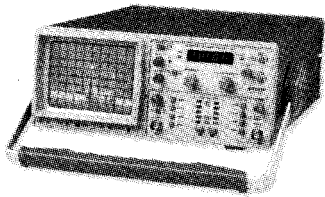


16. ábra



17. ábra

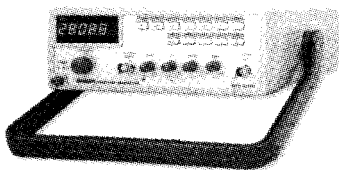




### SPEKTRUMANALIZÁTOROK

178.000,- Ft-tól

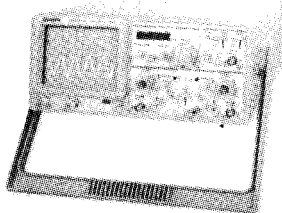
- 0,15-1050 MHz
- méréshatár-bővítővel: 4050 MHz-ig



### FUNKCIÓGENERÁTOROK

46.000,- Ft-tól

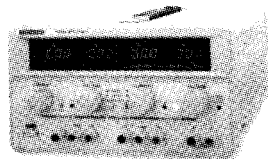
- 0.3 Hz - 3 MHz-ig
- beépített frekvenciamérő
- szinusz, háromszög, négyszög, fűrészfű jelalakok



### OSZCILLOSKÓPOK

66.000,- Ft-tól

- DC-20 MHz-ig
- két csatorna



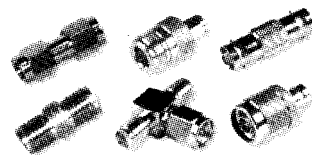
### LABORTÁPEGYSÉGEK

18.000,- Ft-tól

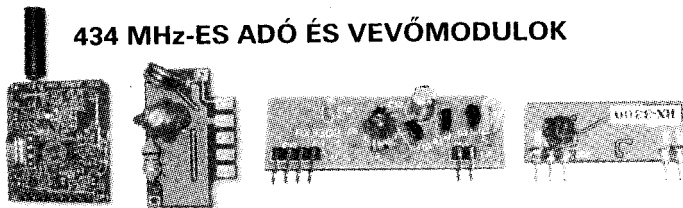
- 0-30 V, 0-10 A
- feszültség- és áramgenerátoros működés
- soros és párhuzamos működés

### NAGYFREKVENCIAÓS ZTÓK, CSATLAKOZÓK

- DC -12,4 GHz
- 1-10 dB, 20, 30, 40 dB
- terhelhetőség: 2 W (0,5 kW/5msec)
- bemenet: 50 Ω, max 15 dBm



### 434 MHz-ES ADÓ ÉS VEVŐMODULOK



### TÁVIRÁNYÍTÓK



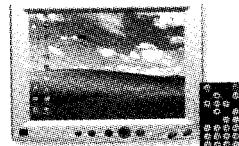
### 2,4 GHz-ES AV ESZKÖZÖK



### TFT, LCD MONITOROK

12.400,- Ft-tól

- 1,8" - 10,4"
- AV és VGA bemenettel



### KÉZI FREKVENCIAIMÉRŐK

20.000,- Ft-tól

- 10 Hz - 3 GHz
- 10 számjegyes LCD kijelző
- RSSI indikátor
- bemenet: 50 Ω, max 15 dBm

Áraink kiskereskedelmi nettó árak!

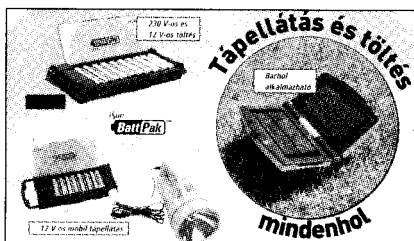
PROFITECH Kft. 1112 Budapest, Péterhegyi út 40. Tel/fax: 310-3092, 310-1685 H-P:8.00-16.00

## Napelemes hordozható kis készülékek

Mint a következőkben látni fogjuk az elektronikát kedvelők számára a napelemek számtalan alkalmazási lehetőséget kínálnak (F1., F2. és F5.). A kis fogyasztású, napelemről is működtethető, azzal egybeépített kis készülékek fajtája, típusa és gyártási mennyisége napról-napra nő. A kereskedelemben kapható pl. szolár-rádió- és tv, napelemes számológép, napelemes óra, napelemes szűnyogriasztó, napelemes villanófény, napelemes zseblámpa, szolár levélmérleg stb.

Igen elterjedtek a napelemes kerti és lakóházi kis készülékek (F5.). Ha egy kertben pl. esztétikai vagy biztonsági okokból utólag világítást és több helyhez-kötött kerti elektromos ill. elektronikai berendezést kívánunk használni, akkor a napelemes kivitel mindenképpen anyag-, ill. munkamegtakarítást eredményez. Ezek telepítéséhez hálózati tápkábel és áramcsatlakozás nem szükséges. Ilyenek pl. a leszűrhető szolár kerti lámpák, melyek energiaköltség-mentesen mutatják az utat, s mozgás esetén útjelző irányfényből átkapcsolnak világító fényvető, a napelemes mozgásérzékelős fényvetők, a földbe szúrható napelemes vakond-riasztók és hangyasokkolók, a napelemes szellőztető rendszerek, melyek gondoskodnak a szükséges légcseréről, meggátolva a meleg megrekedését jármű, pl. lakókocsi utasterében, kerti üvegházban, sátorban stb., mivel azok a napsugárzás hatására automatikusan üzembe lépnek. Ilyen továbbá pl. a napelemes házszám tábla-megvilágító, a napelemes dísz-szökőkút pumpával, különböző vízköpőkkel, a napelemes kerti úszófény, a napelemes víz-levegőztető, mely membránszivattyú segítségével megakadályozza az oxigénhiányt pl. a dísz-halastavakban stb. (F2. és F5.).

Kaphatók továbbá igen célszerűen használható különböző közszükségleti



18. ábra



19. ábra

cikkek, mérőeszközök, mint pl. napelemes ventilátor, ventilátoros szolár védősapka, mely friss levegőt fúj a sapkába napsütés esetén, s így horgászoknak, focimeccsre járóknak, vagyis hosszú időtartamra napon tartózkodóknak különösen ajánlott stb.

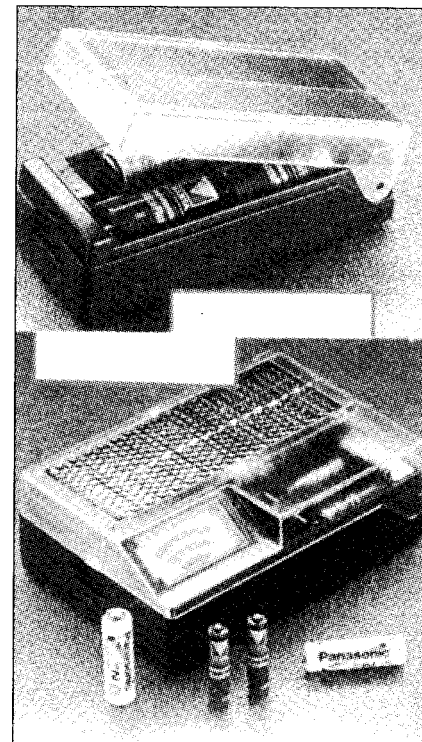
## Napelemes töltők hordozható kis készülékekhez

Egyre nagyobb a kereskedelmi kínálat a hordozható kis készülékekhez használható napelemes áramforrások, ill. töltők terén (F2., F4 és F5.). Ezek kiválóan alkalmasak kisebb fogyasztók közvetlen üzemeltetésére, ill. akkumulátorainak energiatakarékos töltésére ott, ahol csak a Napot „fejthetjük meg” elektromos energia nyeresére (pl. vadkemping, puszta, elhagyott sziget stb.).

A hordozható készülékek számára igen alkalmas pl. az iSun szolár töltőkészlet (18. ábra), amely tápfeszültség-ellátó és töltőkészülék egy készletben (F2. és F5. Ára: bruttó 35 E Ft/készlet). Ezzel az olyan elektronikus készülékek, mint a különböző kézi eszközök, GPS, MP3 lejátszók, digitális kamerák, mobiltelefonok (lásd 19. ábra) vagy kis rádiók üzemeltethetők vagy tölthetők ott, ahol nincs a közelben semmilyen áramvételezési lehetőség (230 V-os hálózati feszültség, ill. 12 vagy 24 V-os jármű fedélzeti feszültség). A készülék polikristályos napelemei 2,2 W teljesítményt biztosítanak (290 mA 7,6 V-nál, ill. 145 mA

15,2 V-nál). A készlet tartalmaz tapadókorongokat, valamint a legáltalánosabban használt kis elektronikus készülékekhez alkalmas csatlakozó adaptereket. A készletben az iSun szolárcellán kívül található egy BattPack megnevezésű akkumulátortartó (lásd 18. ábra) és egy AC-DC hálózati adapter, szivargyújtó csatlakozókábel és a fentebb említett leginkább használatos elektronikus készülékek számára különböző kifestésű dugókkal felszerelt adapter. A BattPack-ban max. 10 db. ceruza- vagy mikroakku tölthető. Tápfeszültség-forrásként vagy az iSun szolárcellák, vagy egy 12 V-os szivargyújtóba csatlakoztatható adapter, vagy szintén a készletben található hálózati adapter használható. Ezzel az akkumulátorok mindenkor feltölthetők, akár lakásunkban (230 V-ról), akár autónkban, akár a szabadban. A 10 db ceruzaakkumulátor feltöltési időtartama mindössze kb. 4 óra (kapacitástól függően). A BattPack 10 db „saját” ceruzaakkumulátorral ellátva még mobil 12 V-os tápfeszültség-forrásként is használható.

A hordozható készülékek akkumulátorainak töltésére a kereskedelemben további különböző napelemes töltőkészülékek kaphatók (20. ábra). A felső képen látható monokristályos szolárcellával ellátott típusnál a töltési idő



20. ábra

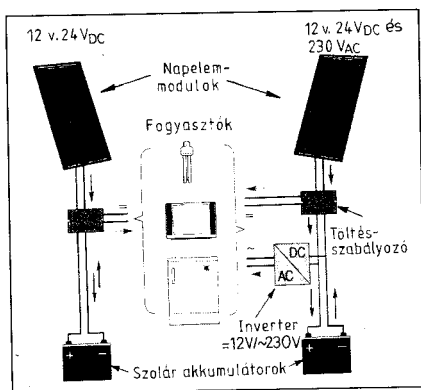
tiszta napsütésnél 2 db ceruzaakkura kb. 4 óra, 2 db baby akkura kb. 8 óra. Max. töltőáram: 110 mA.

Az alsó képen látható töltő kijelzi az aktuális töltőáramot és a várható töltési időtartamot. Különböző prizmatikus cellák is tölthetők vele. A töltési időtartam tiszta napsütésnél 2 db mignon akkunál kb. 3 óra, 2 db baby akkunál kb. 6...7 óra. Max. töltőáram tiszta napsütésnél: 160 mA (F5., Áruk: 3,7, ill. 5,5 E Ft/db).

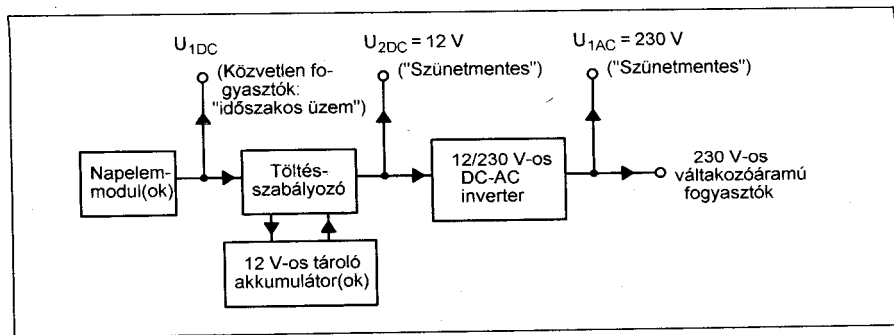
### Önellátó, szigetüzemű napelemez áramellátás

A kis és közepes teljesítményű napelemez tápellátó rendszerek kiválóan alkalmasak elektromos hálózat nélküli (elektromos hálózathoz nem csatlakozó) hétévű házak, kis nyaralók, vadászházak, erdészházak, borospincék, istállók, horgásztanyák, egyéb épületek, pl. hegyvidéki kis házak, tengerben lévő szigetek házai, lakókocsik, vitorlások, kitelepült rádióamatőr-állomások stb. elektromos fogyasztóinak (pl. világítás, rádió, tv, hűtőszekrény, riasztókészülék távjelző készülék stb.) áramellátására.

Valljuk be, sokan gondoltunk már arra, hogy milyen jó volna valamilyen módon elektromos energia formájában összegyűjtve tárolni a nyári nap ragyogását. Nappal hűteni vele a sört és működtetni amatőr adó-vevőkészülékünket. Esténként világítani vele, s nézni a nap energiájával működtetett tévét. Bárhol, ahol nincs elektromos áram, a napelem ott is működtetheti elektromos készülékeinket, még hozzá a rendszerkiépítéstől függően 12 V egyenfeszültségről vagy 230 V váltakozófeszültségről egyaránt. Nézhetünk tévét, videót, olvashatunk a lámpa fényénél és még meg is borotválkozhatunk.



21. ábra



22. ábra

A napelemez áramtermelés kiváltja a közüzemi elektromos hálózattól távol lévő hétévű házuk, borospincénk stb. eddig használt 230 V-os aggregátoros, ill. a 12 V-os akkumulátoros tápfeszültség-ellátási módját. Most már „nemcsak addig van villany”, ameddig az aggregátor pöfög, s az akkumulátorokat pedig a feltöltés céljából nem kell ide-oda cipelni (F1., F2., F10.).

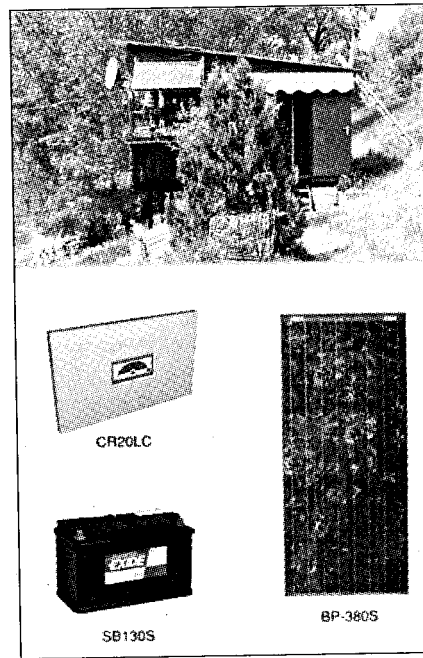
A 21. ábrán a 12 V-os, ill. a 230 V-os rendszerkiépítés vázlatos szemléltető rajzát láthatjuk. A 12 V-os rendszer esetében a napelem modul által termelt elektromos áram a töltésszabályozón keresztül a tároló akkumulátorba kerül. A 12 V-os egyenfeszültségből a 230 V-os váltakozófeszültséget egy DC-AC inverterrel állítjuk elő (F3., F4.). Ez utóbbi esetben lehetőségünk van 12 V-os egyenfeszültségű, valamint 230 V-os váltakozófeszültségű fogyasztók egyidejű „szünetmentes” tápfeszültség-ellátására (lásd 22. ábra). Amennyiben egy fogyasztót közvetlenül a napelem modulról látunk el tápfeszültséggel (F5.), akkor annak csak időszakos működtetése lehetséges. Sok olyan fogyasztó van azonban, melynek működtetése akkor célszerű, ill. elégséges, amikor éppen süt a nap (pl. lakókocsik, fóliásátrak ventilátoros légcseréje, halastavak levegőztető berendezése, szolárventilátoros fejhűtősapka tartósan napon tartózkodóknak, ivó víz-, öntözővíz-, állat-itatóvíz-, elárasztó vízszivattyú áramellátás stb.).

A 23. ábrán egy horgászházikó 12 V-os fogyasztóinak feszültségellátásához szükséges áramellátó rendszer főbb egységeit tüntettük fel az ábra alsó részén. Ez az alapkiépítés (SET-PV80 alapkészlet, F1.) egy darab 80 W csúcsteljesítményű napelem modulból, egy darab 20 A-es töltésszabályozóból és egy darab 130 Ah-s tárolókapacitású szolár akkumulátorból nyert kialakí-

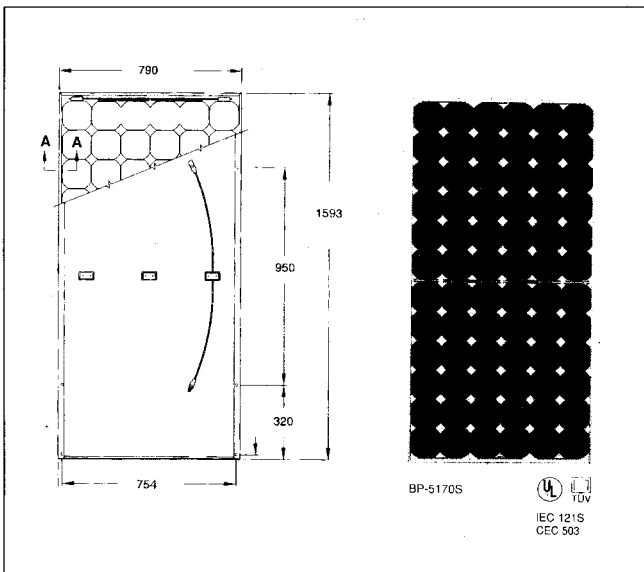
tást. Segítségével a nyári, tavaszi és őszi, valamint a téli időszakban rendre: 150 Wh, 100 Wh és 50 Wh töltési energia elérésére nyílik lehetőség naponta, számolva az időjárás szeszélyeivel (lásd később!).

### Tervezési megfontolások, költségek

Tegyük fel, hogy 12 V-os tápfeszültségű fogyasztóink teljes fogyasztása 0,6 kWh/nap, melyeket alapvetően nyáron kívánunk működtetni horgásztanyánkon vagy hétévű házukban. Kérdésként merül fel, hogy mekkora teljesítményű és hány napelem táblával és mekkora tárolókapacitású akkumulátorral tudjuk ezt a 0,6 kWh/nap energiaigényt fogyasztóink (világítás, rádió, tévé, kis házi vízellátó stb.) számára biztosítani? Felvetődhet továbbá igényként, hogy ez a 0,6 kWh/nap



23. ábra



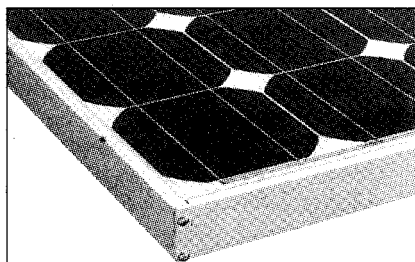
24. ábra

energiaigényünk négy felhős nap esetén is kielégítést nyerjen.

Az akkumulátornak elméletileg 4 nap  $\times$  600 Wh/nap = 2400 Wh energiát kell tárolnia. Ezért a 12 V-os névleges feszültségű akkumulátornak 2400 Wh/12 V = 200 Ah kapacitásúnak kell lennie. A biztonságos, „szünetmentes” áramellátás céljából legalább 1,5-szeres szorzóval kell itt számolnunk (lásd később!). E szerint 300 Ah-s, vagyis három, párhuzamosan kapcsolt 100 vagy 130 Ah-s szolár akkumulátort kell használnunk (F1., F6.).

A napelem modulok közelítő számításánál abból kell kiindulnunk, hogy négy „napos” nap alatt, a szokásos használat esetén fel kell tudnunk tölteni akkumulátorainkat még a négy „nem napos” vagyis felhős napra is. Felhasználásra 600 Wh, tárolásra 600 Wh, tehát összesen 1200 Wh energiára van szükségünk.

Ha a napelem táblák naponta öt óra hosszan „látják” a napot és 70% határfokkal dolgoznak, akkor a szükséges névleges napelem modul teljesítmény ideális körülmények között



25. ábra

1200 Wh/5 h = 240 W lenne. A 70%-os határfok miatt azonban a gyakorlatban  $240 \text{ W}/0,7 = 343 \text{ W}$  összteljesítményű napelem modul(ok) alkalmazása válik szükségessé. Ez négy darab 85 W (vagy 80 W), ill. 2 darab 170 W-os (lásd 24. ábra) teljesítményű párhuzamosan kapcsolt napelem tábla használatával oldható meg.

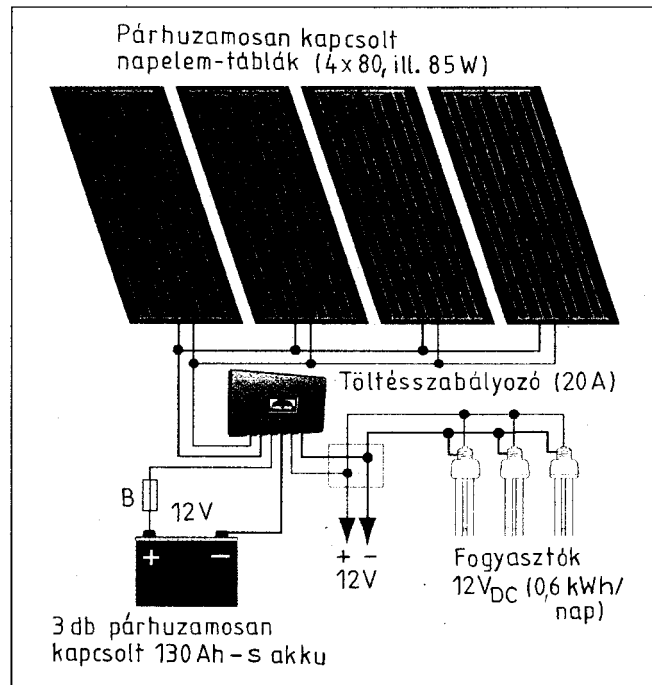
A 85 W-os táblák  $9 \times 4 = 36$  napelem cellából állnak (lásd 25. ábra) és max. 4,72 A leadására képesek.

A BP-5170 170 W csúcsteljesítményű típusok  $2 \times 6 \times 6 = 72$  napelem-cellából állnak.

Ez a közelítő számítási eljárás a gyakorlatban jól bevált, a valóságban inkább egy kissé felültervezi a rendszert. Megemlítjük, hogy az interneten ingyenesen letölthető szimulációs programok találhatóak, melyek az időjárási adatok alapján lehetővé teszik az ennél pontosabb tervezést is (F1.). Megjegyzendő, hogy a nyári időszakban szolgáltatott 0,6 kW/nap energia a tavaszi és az őszi időszakban várhatóan 0,4, a téli időszakban pedig 0,2 kW/nap értékre csökken.

A 23. ábrán látható maximum 150 Wh/nap energiaigényt kielégítő alapkialakítás főbb költségösszetevői a következők:

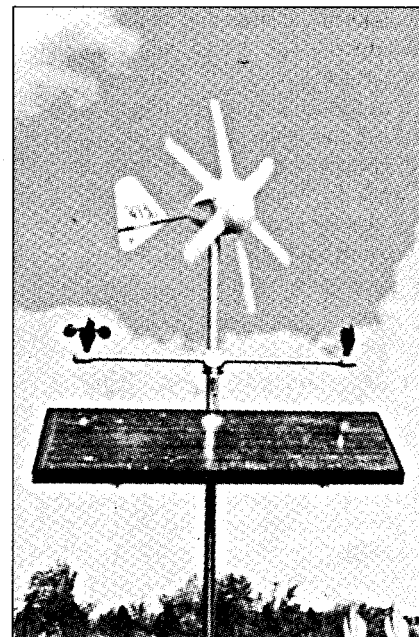
- BP-380S 80 W-os, ill. BP585S 85 W-os napelemek: egységesen 110 E Ft/db. +25% áfa



26. ábra

- CR20LC (20 A) töltésszabályozó: 21 E Ft/db. + 25% áfa
  - SB105S, ill. SB130S szolár akkumulátor (12 V/105, ill. 130 Ah): 30, ill. 34 E Ft/db. +25% áfa.
- Összesen: 165 E Ft + 25% áfa + telepítési díj.

A 26. ábrán látható 0,6 kWh/nap energiát termelő 12 V-os napelemes táprendszer a fentiekkel felül még 3 darab 85 W-os napelemet és két további



27. ábra

akkumulátort igényel, mely így össze-  
sen:

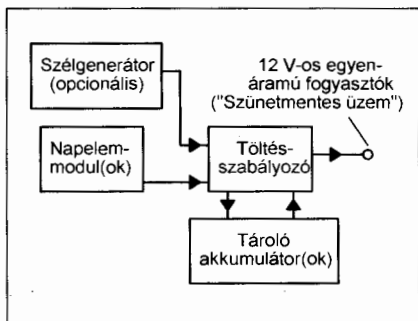
$165 \text{ E Ft} + 3 \times 110 \text{ E Ft} +$   
 $+ 2 \times 34 \text{ E Ft} = 563 \text{ E Ft} + 25\% \text{ áfa}$   
beruházási költséget jelent. Autóakku-  
mulátorok használata esetén (mely  
szükségmegoldás), azok beszerzési  
költsége kb. 1/3-ára csökkenthető (lásd  
később!), a szolár akkumulátorokhoz  
képest.

Az igaz, hogy a napelemes rend-  
szerek nem olcsók, ám egyszeri beru-  
házással 15...35 évre díjmentesen biz-  
tosított lehet az elektromos energia.  
Maga a rendszer ennyi év után sem  
megy tönkre (kivéve annak akkumulá-  
torait), csak hatásfoka csökken mini-  
mális mértékben a napelem minőségé-  
től függően.

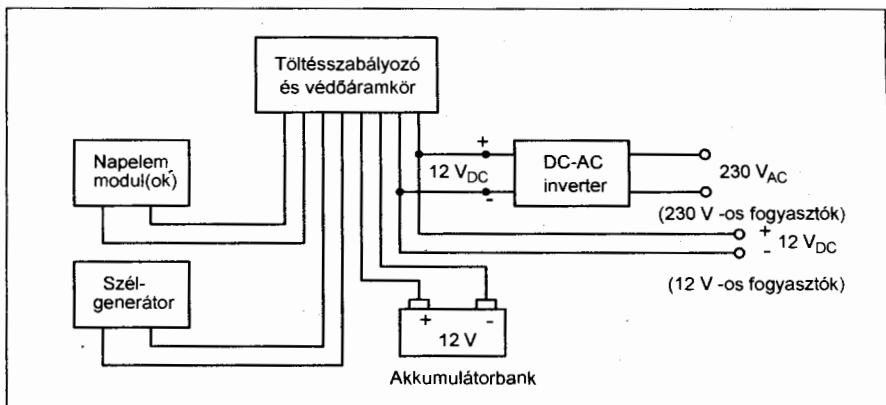
A 23. ábrán látható napelemes  
rendszert célszerű kiegészíteni szélge-  
nerátorral is, hogy lehetőleg ki lehessen  
egyenlíteni a két rendszer szezonális  
fluktuációk miatti eltérő energiaterme-  
lését. Így kisebb tárolókapacsságú szo-  
lár akkumulátorok alkalmazhatók. A  
27. ábrán a Marlec cég által gyártott,  
12 V egyenfeszültség mellett max.  
18 A áramot (250 W) leadni tudó (F3.,  
Ára: 162 E Ft/db. + áfa), szélgenerátor-  
ral kombinált napelemes rendszer képe  
látható. A rendszerkialakítás tömbváz-  
latát a 28. ábrán tüntettük fel.

Az ilyen kombinált (hibrid) rend-  
szereknél a napelem modul(ok) és a  
szélgenerátor töltésszabályozója egy  
egységként kerül kialakításra (29. áb-  
ra). A szélgenerátoros kiegészítéssel  
az akkumulátorbankra dolgozó, DC-  
AC inverterrel 230 V váltakozó fe-  
szültséget nyújtó, kezelést nem igény-  
lő, minimális szerviz-igényű, hosszú  
élettartamú megújuló energiarendsze-  
rek építhetők ki (F2., F3., és F10.).

A hibrid rendszerek előnye, hogy  
együtt sokkal megbízhatóbb és gazda-  
ságosabb rendszert képeznek, mint  
bármelyik önmagában.



28. ábra



29. ábra

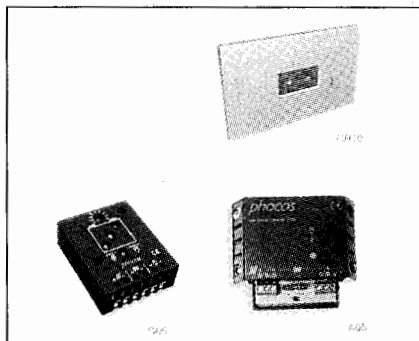
### Az önálló, szigetüzemű napelemes táprendszerek főbb egységei

Mint az előző ábrákból látható, egy napelemes rendszer napelem modul(ok)ból, töltésszabályozóból, tároló akkumulátor(ok)ból és 230 V-os rendszer esetén egy DC-AC inverterből áll.

#### Töltésszabályozók

A töltésszabályozó (F1., F2. és F4.) megakadályozza az akkumulátorok túltöltését és annak mélykisütését, s el látja a rendszer felügyeletét. A 30. ábrán néhány töltésszabályozó képét láthatjuk (F1., Áruk: 6...25 E Ft/db. + 25% áfa).

A töltésszabályozónak biztosítania kell, hogy a napelem modul mindig a maximális teljesítményű munkapont-jában működjön. A korszerű töltésszabályozóknál a beépített MPPT (maximális teljesítményű munkapont-keresés) kialakításnak köszönhetően, azok a napelem modulokból nyerhető legnagyobb kimenőteljesítményt hasznosítják. A napelemes töltésszabályozók többségén a 26. ábrán láthatóan hat



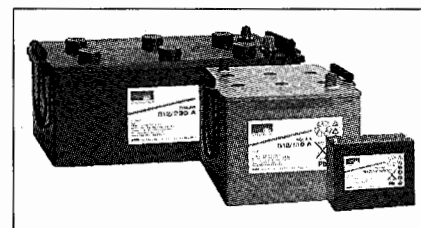
30. ábra

csatlakozópont található. Kivételt képeznek a szélgenerátoros bemeneti pont-tal is rendelkező típusok (lásd 29. ábra).

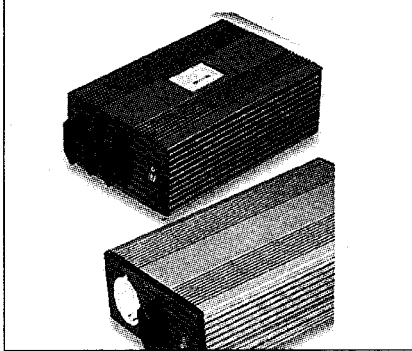
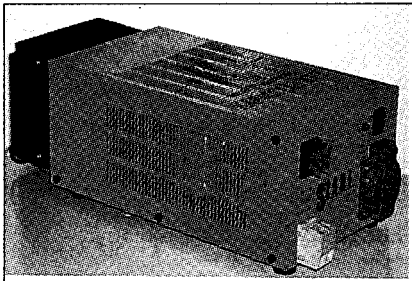
#### Szolár akkumulátorok

A szélgenerátoros és napelemes rendszerekhez speciális, ún. ciklusálló szolár akkumulátorok (F2., F6. és F8.) a legalkalmasabbak (31. ábra). Ezek az akkumulátorok képesek hosszú időn keresztül jó hatásfokkal feltöltődni, majd kisülni a tárolókapacsságuk 20%-áig is. A ciklusállóságot jóval nagyobb tömegű ólommal tudják biztosítani, így ezek nehezebbek az azonos tárolókapacsságú gépjárműindító savas ólomakkumulátoroknál és költségesebbek is. A gépjárműindító savas ólomakkumulátorok nem igazán alkalmasak a ciklikus töltés-kisütés üzemmódra, még a drágább kivitelek sem. Ezeket az igen kis belső ellenállású indítóakkumulátorokat arra tervezték, hogy rövid időtartamra több száz amper leadva elindítsák a gépjármű motorját, majd az indulást követően annak áramfejlesztője azonnal tölteni kezdi az akkumulátort.

Az autóakkumulátorok 1...1,5 év alatt tönkremennek a szélgenerátoros, ill. napelemes használatban. Ez idő alatt is nagyon rossz hatásfokkal és nagy energiavesztéssel (önkisülés)

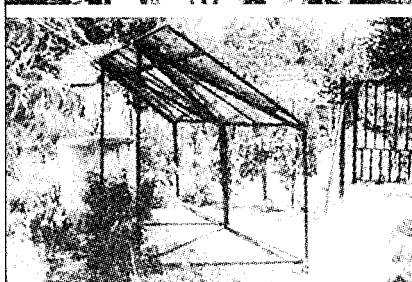
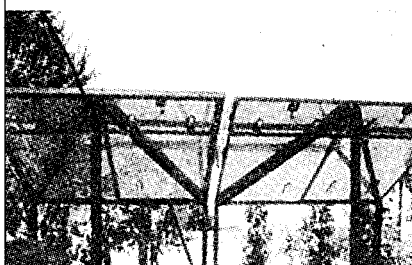
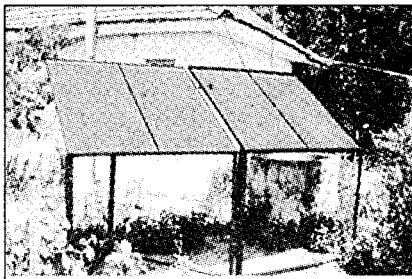


31. ábra

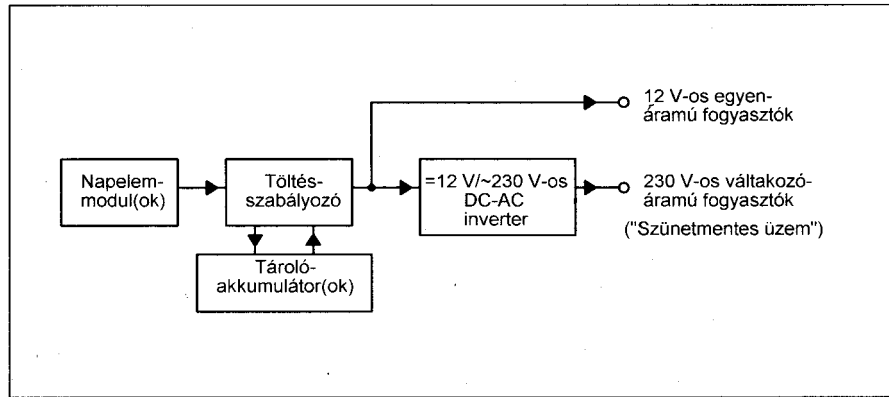


32. ábra

üzemelnek. Ezzel ellentétben a szélgenerátoros és napelemes rendszerekhez használható korszerű szolár savas ólomakkumulátorok 6...10 évet bírhatnak ki. A szolár akkumulátorokon nem tűntetnek fel indítóáramot, így a legkönnyebb felismerni azokat.



33. ábra



34. ábra

Abban az esetben, ha igen olcsón hozzájuthatunk gépjárműindító savas ólomakkumulátorhoz (F6.), akkor a szükséges szolár akkumulátor (ciklusszálló akkumulátor) tárolókapacitásának mindenkor a kétszeresét meghaladó tárolókapacitású autóakkumulátort vásároljunk, tehát pl. 55 Ah-ás helyett min. 100 Ah-st. Ez esetben, ha azt kevésbé terheljük (áramtakarékos fogyasztók), ill. nem merítjük le nagyon (csak a tároló-képességének 70%-áig), akkor azok 2...3 éves üzemidőt is elviselnek. Tény, hogy a szolár akkumulátorok alkalmazása megdrágítja a rendszert, de csak ezek teszik lehetővé az energiatermelés és felhasználás időbeli szétválasztását.

### DC-AC inverterek

Az egyenfeszültségű rendszereket DC-AC inverterrel (32. ábra) kiegészítve, lehetővé válik „egyes” váltakozófeszültségű fogyasztók üzemeltetése (F2., F3., és F4.). A különböző kivitelű inverterek többnyire a kimeneti feszültség alakjában térnek el egymástól, azok bármely fogyasztó tápellátására nem alkalmasak! Kaphatók olcsóbb négyszög, trapéz, valamint költségesebb kváziszinuszos és teljesen tiszta szinuszos kimeneti jelet adó inverterek. Túlterhelhetőségük típusától függően igen eltérő. Különböző védelemmel rendelkeznek, mely előnyt, de esetenként hátrányt is jelenthet (lásd az RT Tápforrások, hálózathelyettesítők c. cikksorozatában!).

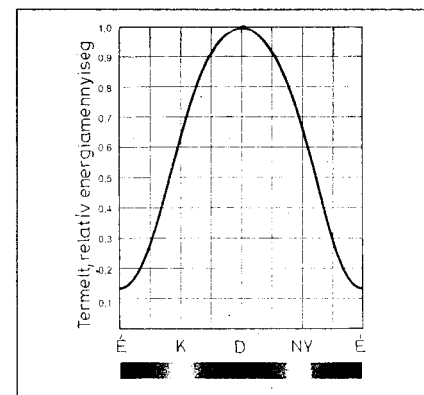
### Gondolatok a napenergia begyűjtéséhez

Igen fontos dolog, hogy mielőtt még cselekednénk, gondolkozzunk. A napenergia begyűjtés főbb gondolatait egy

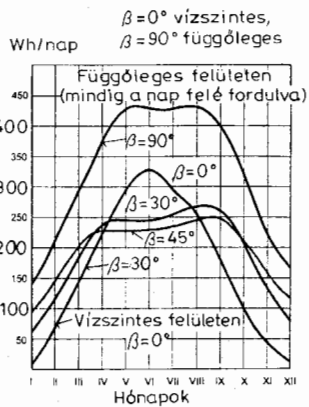
négy darab DS40, egyenként 40 W csúcsteljesítményt leadó, hazánkban kapható, amorf szilícium vékonyréteg napelem modulok (F2., F8. és F9.) felhasználásával kialakított, (tanyán felszerelt) áramellátó rendszeren mutatjuk be. A négy DS40 típusú napelem modul földön álló állványzatra került elhelyezésre (33. ábra). A rendszerkialakítás tömbvázlatát a 34. ábrán láthatjuk.

Tudvalevő, hogy a megtermelt elektromos energia mennyisége a napelem modul fajtájától, típusától, annak munkafelületére eső megvilágítás erősségétől és a napelem modulok elhelyezésétől függ. Az optimális elhelyezés az lenne, ha fény a nap folyamán a lehető leghosszabb időtartamig és mindig merőlegesen érné a napelem modulokat. Ezért azokat (az északi féltekén) déli irányba állítva célszerű felszerelni. Amennyiben erre nincs lehetőség, akkor azokat csak csökkent hatásfokkal termelnek elektromos energiát (F2.).

A 35. ábrán a DS40 napelem ideális iránytól való eltéréseinek hatása látható az energiatermelésre. Az északi irányba fordítva a napelemet, csak a szórt fény hatása látszik.

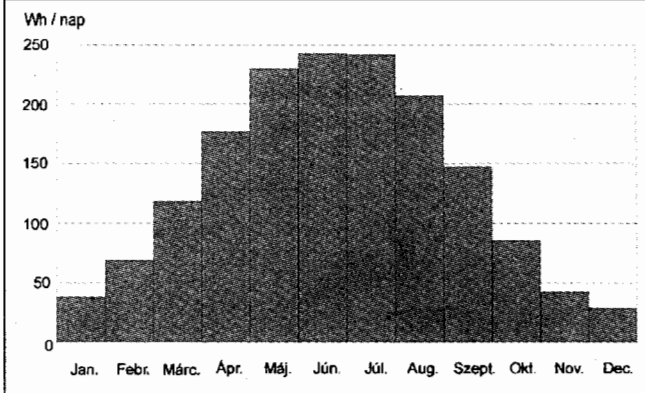


35. ábra



36. ábra

A 36. ábrán a dél felé fordított, de különböző dőlésszögben elhelyezett DS40 napelemmel termelt átlagos, napi energiamennyiség látható. A dőlésszög a vízszintessel bezárt szöget jelenti. A vízszintes elhelyezés azért sem lenne célszerű, mert a napelem öntisztulása ez esetben nem biztosított. Az ideális dőlésszög 30...45 fok közötti, attól függően, hogy télen vagy nyáron akarunk-e több energiát a napsu-



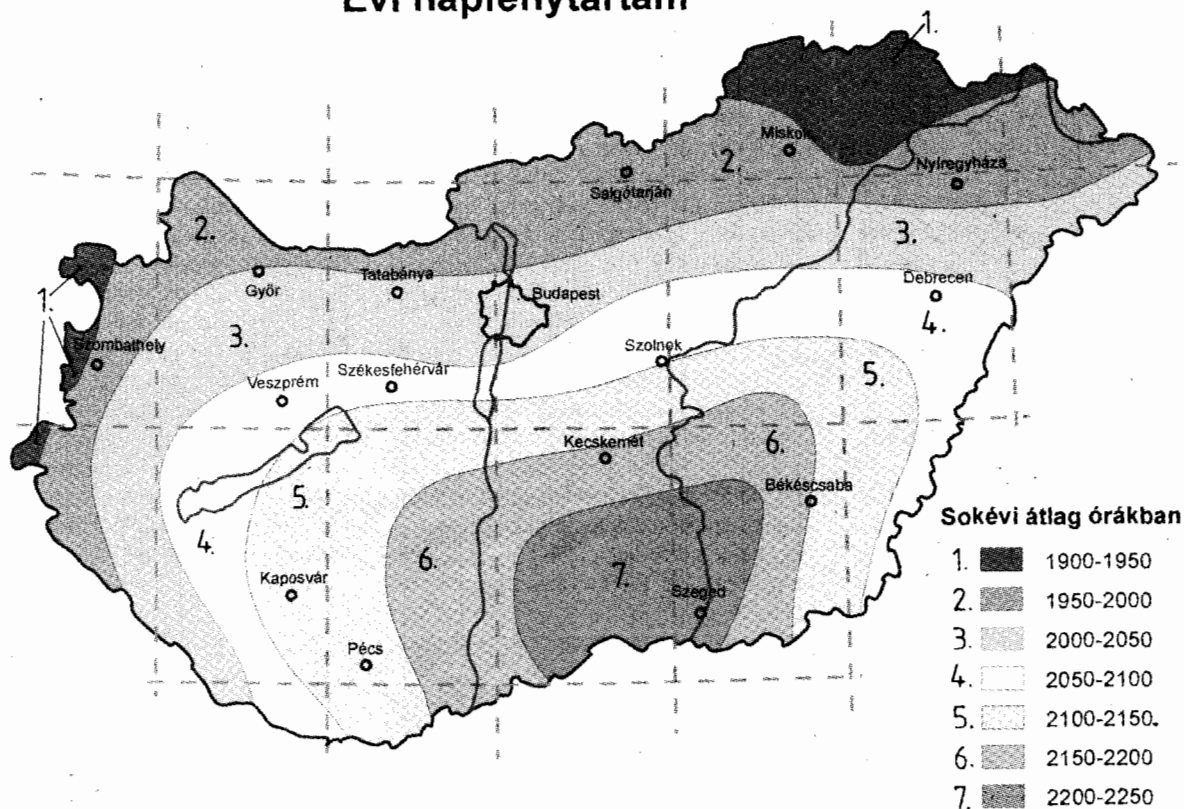
37. ábra

gárázsból „befogni”. A 37. ábrán látható grafikonon az egy darab 40 W-os amorf szilícium vékonyréteg (pl. DS40, TS40) napelem modullal Magyarországon egy nap alatt átlagosan begyűjthető (megtermelhető) elektromos energiamennyiség (Wh/nap) látható havi bontásban (F8. és F9.). A grafikomból leolvasható, hogy nyáron egy 40 W-os amorf szilícium napelemmel begyűjthető energiamennyiség 240...250 Wh/nap, ami pl. egy 12 V-os szolár akkumulátor töltésekor mintegy  $240 \text{ Wh} / 12 \text{ V} = 20 \text{ Ah-t}$  jelent.

A 33. ábrán látható 4 db. 40 W-os napelem modult párhuzamosan kapcsolunk, így az 80 Ah-s töltésnek felel meg. Itt figyelembe kell vennünk, hogy a közös ágakban nagyobb áram folyik, tehát nagyobb keresztmetszetű (6 mm<sup>2</sup>) bekötő vezetékkel kell használnunk (F9.).

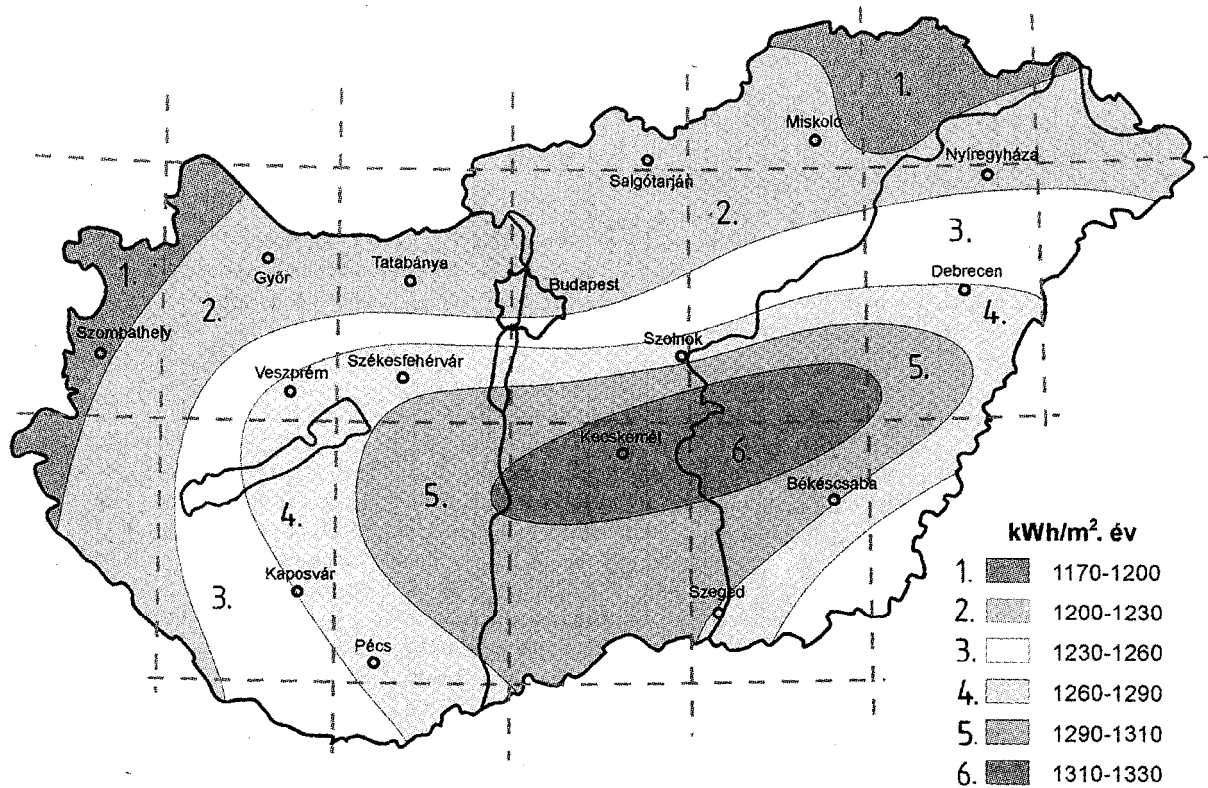
Mint a 37. ábrából látható, a télen begyűjthető elektromos energia a nyárinak kb. 1/6 része. Így egy 40 W-os napelem esetében naponta átlagosan mintegy 40...50 Wh energiával számolhatunk.

## Évi napfénytartam



38. ábra

## A napsugárzás évi összege



39. ábra

Az évi napsütéses órák számát Magyarországon, vagyis az évi napfénytartamot a **38. ábrán**, a napsugárzás évi összegét pedig a **39. ábrán** tüntettük fel.

A meteorológiai táblázatokból származó és számított adatok alapján (F8.) egy 40 W-os amorf szilícium napelem modullal egy év alatt begyűjthető energia várható értéke az ország különböző pontjain 48...53 kWh/év, az energiahozam éves átlaga pedig 132...145 Wh/nap.

### A napelem modulok elhelyezése, tájolása

Mint már említettük igen fontos, hogy a napelem modulok megfelelő irányban és szögben álljanak a nap járásá-

hoz. Ez pedig a déli irány, 15°-nál kisebb eltéréssel. A dőlésszög pedig a vízszinteshez képest a következő (F1.):

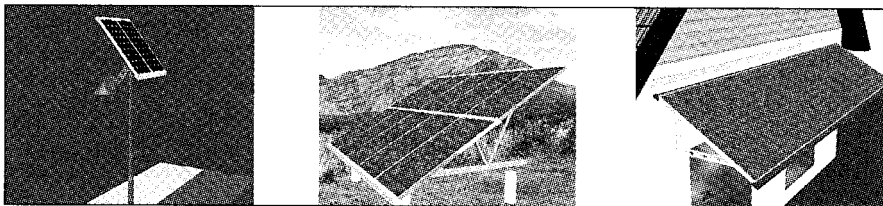
- nyári időszakra optimalizált rendszereknél 35...40° (pl. csak nyáron használt hétvégi házaknál, nyári öntöző rendszereknél),
- tavasztól ősziig működő rendszereknél 45...47° (pl. tanyák, ahol télen nem laknak stb.),
- téli időszakra optimalizált, vagyis egész évben működő áramforrásoknál 60...65° (pl. hírközlő átjátszóknál, meteorológiai állomásoknál).

A téli napállásra optimalizált rendszerek nyáron a lehetséges energiának kb. csak a felét termelik meg. Ugyanis a dőlésszög és az energiatermelés

összefüggése nyilvánvaló, ha belegondolunk a Nap téli és nyári járásába.

Hihetetlenül fontos, hogy a kívánt energiatermelés időpontjában vagyis addig, amíg a napelem modulok „látják” a Napot, semminek sem szabad, még részlegesen sem árnyékot vetnie a napelem modul munkafelületére. A monokristályos napelem moduloknál már egy közepes méretű falevél árnyéka is képes az egész rendszert blokkolni. Mivel az ilyen napelemekben a cellák soros kapcsolásúak (lásd előbb 24. és 25. ábrát.), így egyetlen cella leárnyékolása (pl. falevél, kémény, tetőtéri ablak stb.) is meggátolhatja az energiatermelést. Az amorf szilícium modulok esetében ez kevésbé jelent gondot, mivel ezeknél csak a leárnyékolt felület arányában csökken az energia termelés (F1).

Tudnunk kell továbbá, hogy a napelemek esetében nincs olyan, hogy csak „kicsit árnyékolja”, meg „azért jó irányban áll”. Kicsit felhős időszakban, amolyan fátyolos égbolt mellett is csak töredékére számíthatunk a specifikált teljesítménynek, kivéve pl. a saturn technológiával gyártott monokristályos típusokat, melyek kissé felhős idő-



40. ábra



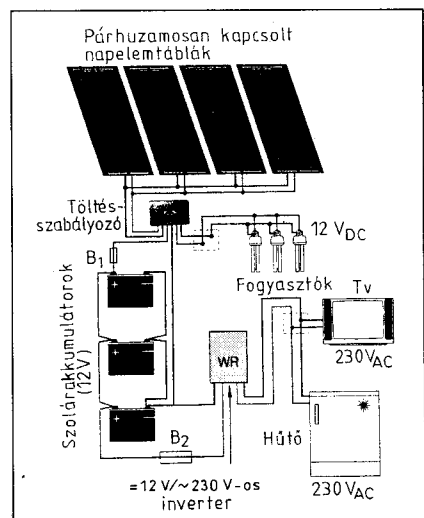
ben is jó hatásfokkal működnek. A napelemek a téli hidegben kb. 15%-kal kedvezőbb hatásfokkal dolgoznak, mint a 35 fokos nyári melegben.

A legkedvezőbb energiabefogás elérése céljából készíthetők olyan állványzatok is, melyek az adott évszakhoz lehetővé teszik a napelem modulok dőlésszögének optimalizált beállítását (lásd 40. ábra.).

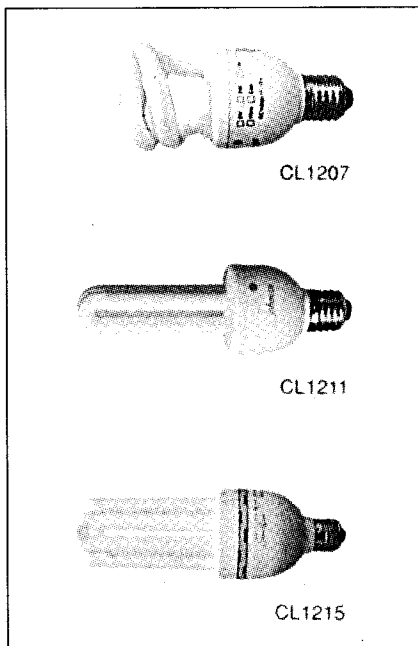
A napelem táblák meglévő épületek esetén (amennyiben a tájolás és a tetőfelület alkalmas rá), a tetőfelületen helyezhetők el. A tető általában a legideálisabb hely: nincs útban, lopásbiztos, dőlésszöge többnyire megfelel a kívánalmaknak. Természetesen a kisteljesítményű, időszakosan használt napelemeket, vagy öntözésre használt napelem táblákat egyáltalán nem szükséges a tetőre szerelni. A jó irányban álló erkély, a puszta földön álló állványzat is kiválóan megfelel.

#### További tervezési megfontolások, költségek

A 41. ábrán látható, négy párhuzamosan kapcsolt DS40 40 W-os napelem modul (lásd még 33. és 34. ábrára vonatkozókat) 1000 W/m<sup>2</sup> energiájú napsugárzás esetén 4 × 40 W = 160 W elektromos teljesítmény leadására képes. Hat órás nyári napsütés esetén e rendszerrel 6 × 160 Wh = 960 Wh elektromos energiát lehet átlagosan megtermelni. A DS40, ill. TS40 40 W-os napelem modul munkaponti feszültsége 44,8 V, munkaponti árama 0,9 A. Mérete: 635 × 1245 mm, teljes munkafelülete: 0,79 m<sup>2</sup>. Tömege: 13,5 kg. A



41. ábra



42. ábra

négy napelem modul beszerzési ára: 4 × 30 E Ft/db = 120 000 Ft + 25% áfa.

Amennyiben korszerű BP monokristályos napelem modulokat alkalmazunk pl. BP585S, ill. BP5170S 85, ill. 170 W-os típusokat, akkor a DS40 típusok helyett a 960 W elektromos energia begyűjtéséhez 0,38-szor kisebb felületű napelem-mező alkalmazása is elégséges lenne. Fordítva ez azt jelenti, hogy egy adott értékű energia megtermeléséhez a monokristályos napelemekhez viszonyítva, amorf szilícium napelem modulok használatakor kb. 2,62-ször nagyobb napelem felület szükséges.

A BP585, 85 W csúcsteljesítményű, saturn technológiájú napelem modul munkaponti feszültsége: 18 V, munkaponti árama: 4,72 A. Mérete: 1240 × 530 mm, teljes munkafelülete: 0,64 m<sup>2</sup>, tömege: 11 kg. Beszerzési ára: nettó 110 E Ft/db (F1., F10.)

A napelemes tápfeszültség ellátó rendszerek használatakor természetesen energiatakarékos fogyasztókat ajánlanak, melyekkel jelentős energiamegtakarítás érhető el. Ilyenek pl. 12 és 230 V feszültségre gyártott kompakt fénycsövek (lásd 42. ábra), a programozott időkapcsolóval történő, vezérelt fogyasztó-működtetés, az IR mozgásérzékelés és szürkületkapcsolós világítás-működtetés (43. ábra), tévé stb. standby (készenléti állapot) ellenőrző készülék, mely lekapcsolja a készülé-

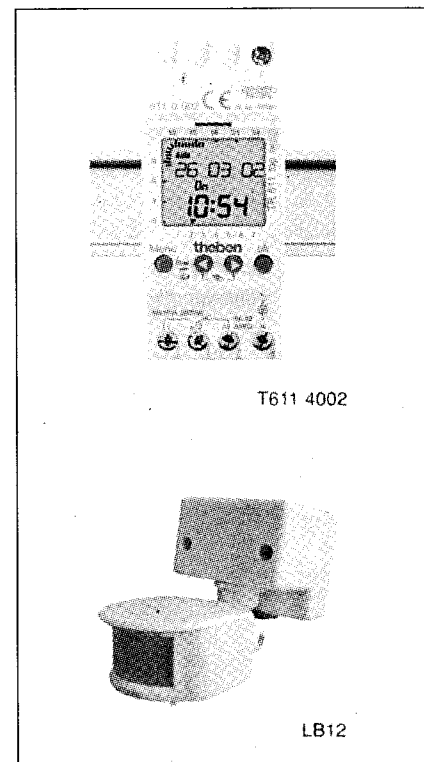
ket a hálózatról az üzemi állapot megszűnésekor.

#### Tanyák, hegyvidéki települések önálló áramellátása

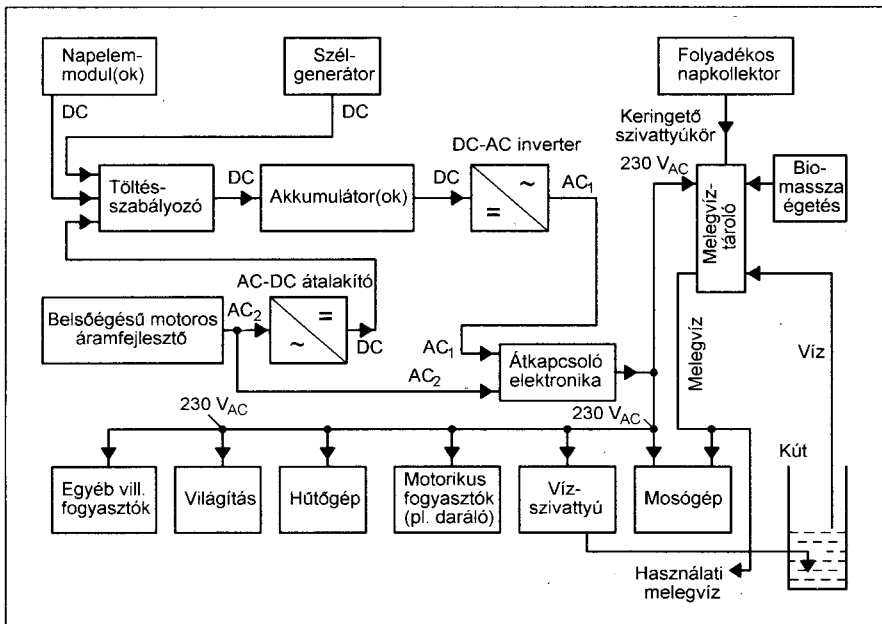
Egyes gazdaságok, birtokok, tanyák és hegyvidéki települések ún. zártkörű rendszerében többnyire nap- és szélenergiából nyert elektromos áramot használnak. Ugyanis egy gazdaságot ellátó szolár- és szélmotoros áramfejlesztő rendszer létesítési és fenntartási költségei kisebbek, mint egy hosszú vezetékrendszerrel a meglévő közüzemi áramellátó hálózathoz való csatlakozás (F10., F12.).

Az energiaellátó hálózatra nem csatlakozó (autonóm) települések, pl. tanyák farmgazdaságok, szigetek településeinek stb. energiaellátása a szokásos elektromos energia-felhasználáson (világítás, rádió, tévé, hűtőszekrény stb.) túlmenően magában foglal egyéb igényeket is, mint pl. használati melegvíz-ellátás, szerszámgépek, darálók működtetését, vízszivattyúzást és még sorolhatnánk tovább.

Megújuló energiaforrásokat használva, a rendelkezésre álló forrásokat optimális kihasználtság mellett oszthatjuk szét az egyes helyi felhasználók között. Ily módon csökkenthetjük a



43. ábra



44. ábra

megtermelt energia szállításával, tárolásával kapcsolatos költségeket. A 44. ábrán egy ilyen autonóm, megújuló energiaforrásokkal felépített komplex energia-ellátó rendszer tömbvázlatát tüntettük fel (F12.). Ennek főbb egységei a következők:

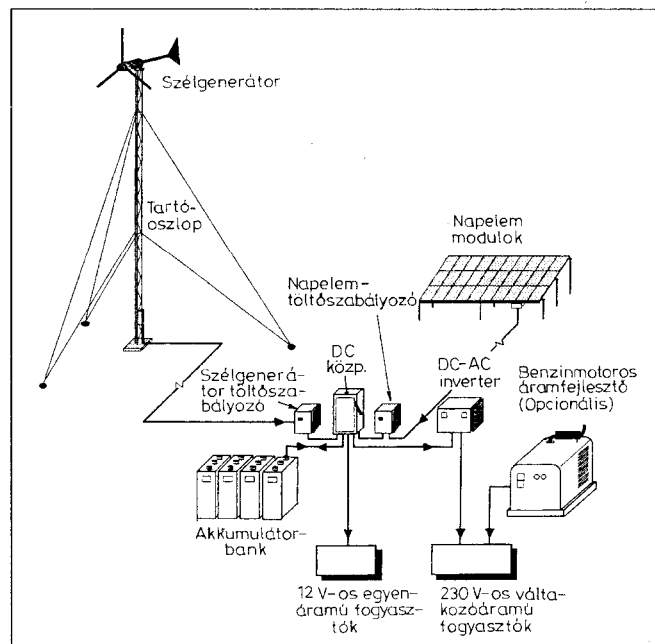
- napelem modulok,
- szélgenerátor,
- fagyálló folyadékos napkollektor a használati melegvíz előállításához,
- benzinmotoros áramfejlesztő (aggregátor) az akkumulátorok töltésére és hálózati tápfeszültség-ellátásra.

Egy ilyen, kb. havi 165 kWh energia fogyasztás kielégítésére hazánkban 1500 W csúcsteljesítményű napelemtábla-mező és egy kiegészítő, 400 W

névleges (max. 630 W) teljesítményű szélgenerátor (lásd 45. ábra) használata elégségesnek bizonyul. Szélgenerátorként AIR 400 W-os típust választottunk (F2., F10.), amely a szélerőtől függően kb. 15...80 kWh/hó elektromos energia termelésére képes. Kimeneti feszültsége: 12 V, névleges kimenőteljesítménye 400 W, 11,5 m/s sebességű szélnél. Csúcsteljesítménye 630 W. Üzemkedési szélessége: 2,7 m/s. Az 1,15 m átmérőjű szélkerék egy állandómágneses, kefe nélküli egyenirányító generátort hajt meg. Magába a szélgenerátor-házba épített



45. ábra



46. ábra

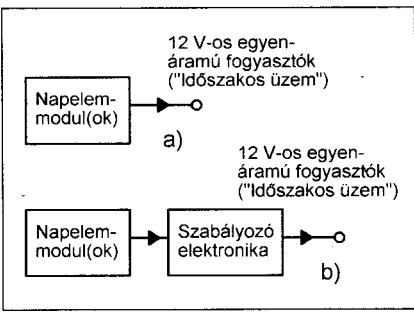
mikroprocesszoros szabályozó elektronika optimalizálja az akkumulátor(ok) feltöltését s egyben megakadályozza, hogy nagy szélben hangos legyen a szélkerék. Egy automata fékrendszer lelassítja a szélkereket egy csendesen forgó üzemmódra, amikor az akkumulátor(ok) már kielégítően töltődnek.

Ez a kis szélgenerátor egyszerűen a tetőre szerelhető, külön tartóoszlop nem kell hozzá. Karbantartást nem igényel, csak két mozgó alkatrésze van. E típust alacsony szélességű helyekre fejlesztették ki.

Végezetül a 46. ábrán egy további nap- és szélenergia hasznosító hibrid áramtermelő rendszer vázlatos felépítési rajzát tüntettük fel (F10.). Az ilyen kombinált rendszer használatával kiegyenlíthetők az egyes rendszerek szezonális fluktuációból adódó különböző energiatermelési-szintek és kisebb tároló képességű akkumulátorok alkalmazása is elegendő. A szünetmentes tápfeszültség-ellátás biztonságát tovább növeli a benzinmotoros áramfejlesztő megléte.

### Energiatárolás-mentes, önálló, szigetüzemű áramellátás

Sok olyan elektromos és elektronikus berendezés van, melyeknek az energiaigénye éppen akkor jelentkezik, ill. akkori működtetése szükséges, ill. elégséges, amikor süt a nap, vagyis a napsugárzásból származó energiámnnyiség a legkedvezőbb. Ezeknél



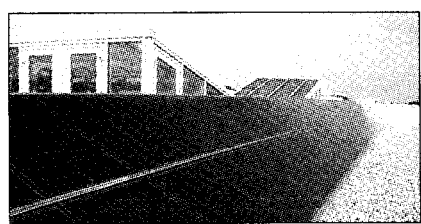
47. ábra

elektromos energiátárolóra (akkumulátorra) nincs szükség. Ilyen alkalmazásként említhető pl. ivó- vagy öntözővíz-tárolóba történő vízszivattyúzás áramellátása, szellőző berendezések áramforrása, pl. magára hagyott gépjárművek (személygépkocsi-, autóbusz utastere, kamionok vezetőfülkéje, lakókocsik), fóliásátrak stb. ventilátoros légcseréje, autóakkumulátor kondicionálás, halastavak levegőztető berendezésének áramellátása, használati melegvizet előállító napkollektorok keringtető szivattyúinak áramellátása, mobil hűtőláda rásegítő hűtésének áramellátása.

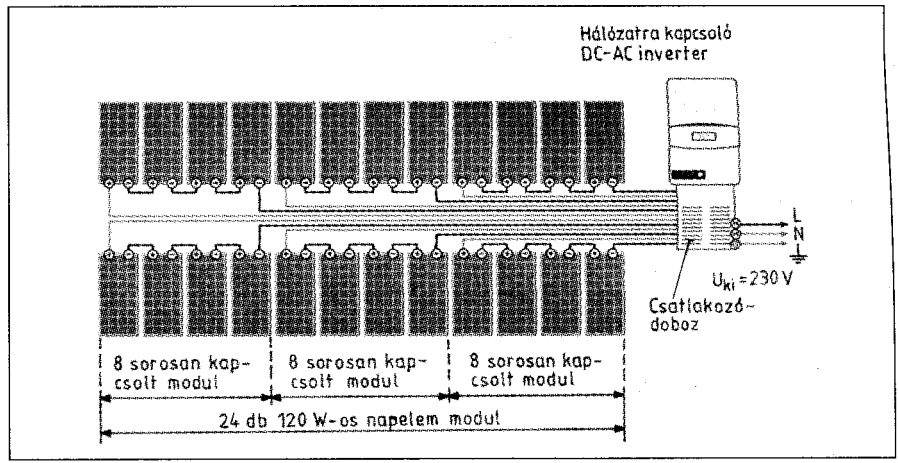
Mint látható, abban az esetben, ha a fényelektromos modulok által begyűjtött energiát azonnal felhasználjuk, úgy a napelemekről, vagy az azt követő szabályozó elektronikán keresztül közvetlenül az egyenáramú fogyasztókhoz csatlakozhatunk és ekkor tároló akkumulátorokat sem kell alkalmaznunk (lásd 47. ábra).

**Létesítmények önálló napelemes áramellátása**

A napenergiás áramellátó rendszerek alkalmazhatók intézmények, üzemek, családi házak stb. elektromos áramellátásához., rásegítő vagy önálló áramforrásként (F12.). Egyes vélemények szerint a 12...20 éves beruházási megtérülési idő, az energiatakarékosságot és a megújuló energiaforrásokat támogató pályázatok segítségével (F11.) a felére csökkenthető. Az EU irányelvei szerint



48. ábra



49. ábra

Magyarországon a megújuló energiaforrások részarányának az energiamérlegben el kellene érnie a 12%-ot. Ez az érték jelenleg 3,6% alatt van. Ezért célszerű megismerni és kihasználni az Európai Unió és a hazai pályázati lehetőségeket (F2., F10., F11.).

Ezek után kérdésként merülhet fel, hogy mekkora beruházási költséget tesz ki pl. egy családi ház csupán napelemes rendszerrel történő elektromos áramellátása.

**Beruházási költségösszetevők**

Minden napelemes rendszernél a legnagyobb költséget a napelem-táblák beszerzése jelenti (F1., F2., F9.). Jelenleg a monokristályos napelem-táblák 4...5 Euro/W, a polikristályos táblák 3...4 Euro/W, az amorf szilícium vékonyréteg napelem-táblák 2...3 Euro/W áron kerülnek forgalomba.

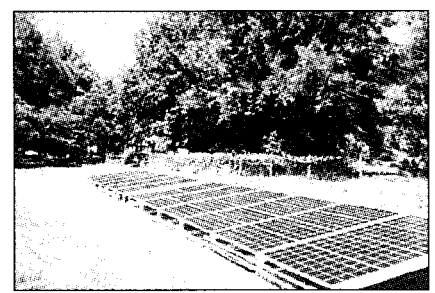
A minél kisebb beruházási költségek elérése céljából, első közelítésként az amorf szilícium napelem modulok felhasználásának lehetőségével számoltunk. A 40 W csúcsteljesítményű (pl. DS40, TS40 stb.) amorf szilícium napelem modulok 1 kW/m<sup>2</sup> energiájú nyári napsütés esetén max. 40 W elektromos teljesítmény leadására képesek. Egy ilyen napelem modullal napi hat órá „napfénybefogás” esetén mintegy 240 Wh elektromos energiát lehet naponta átlagosan megtermelni, télen pedig 40...50 Wh-t. Ezekből a napelem-táblákból több darabot összekötve, tetőleges energiatermelő kapacitás érhető el.

A mintegy max. 3,2 kW DC-oldali energiatermelés eléréséhez a rendszerkiépítés az alábbi fő részekből áll (F8.):

- napelem modulok (80 db 40 W-os, DS40 típusú napelem-tábla),
- töltésszabályozóval egybeépített inverter (230 V AC, 1 fázis, akkutöltés 48 V/max. 90 A),
- akkumulátorbank (12 db 12/100 Ah-s akkumulátor),
- napelem modulok felszereléséhez szükséges tartószerkezetek,
- elektromos kábelek, kapcsolók, biztosítók stb.

A fenti rendszer kialakítással nyáron, napi 5...6 óras napsütést feltételezve és a rendszerveszteségeket is figyelembe véve naponta átlagosan mintegy 15 kWh, télen pedig max. 3 kWh energia termelhető meg. Az akkumulátorbankban 14 kWh energia tárolható, a maximális terhelhetőség pedig 3 kW lehet.

Ezek az értékek kielégíthetik egy átlagos családi ház elektromos energiaigényét, amennyiben nincs villanyfűtés vagy más extra fogyasztás. Megjegyezzük, nyáron igen előnyös lehet kisebb teljesítmény-felvételű (pl. 2,6 kW-os) klímaberendezés használata. A napi kb. 4...5 óras „hűtési” időtartam 10,4...13 kWh energia-felhasználást jelent. Így még napi min. 2 kWh energiával rendelkezünk az egyéb fogyasztóink működtetésére.



50. ábra

Tény, hogy ezen napelemes rendszer termelte energia a téli hónapokban kevés lehet, ekkor vagy további napelem modulokat kell telepíteni, vagy valamilyen kiegészítő áramforrást pl. szélgenerátort, dízelmotoros áramforrást (aggregátort) célszerű alkalmazni, melynek teljesítménye néhány kW.

A fenti rendszer tájékoztató jellegű költségei a következők:

- napelem modulok (80 db,  $80 \times 30$  E Ft = 2400 E Ft + 25% áfa),
- töltésszabályozóval egybeépített inverter (380 E Ft + 25% áfa),
- akkumulátorbank (12  $\times$  19 E Ft = 228 E Ft + 25% áfa),
- telepítési, beüzemelési költség (a teljes rendszerköltségnek kb. 15...20%-a).

A fentiek alapján a teljes költség kb. 3 millió Ft + 25% áfa + telepítési, beüzemeltetési költség.

A napelem-táblák meglévő családi ház esetén (amennyiben a tájolás és az árnyékmentes tetőfelület alkalmas rá) a tetőn helyezhetők el. Csak déli tájolású kiépítést alkalmazunk a legkedvezőbb, vagyis a maximális „napfénybefogás” érdekében. Mint már említettük a napelem-táblák dőlésszöge attól függően, hogy a nyári, a téli vagy egész éves időszakra optimalizáljuk 35...55° között változhat.

A napelem modulok tetőre történő felszerelésénél feltétlenül vegyük figyelembe, hogy 1 darab 40 W-os amorf szilícium napelem-tábla súlya kb. 13 kg a kiegészítő szerelvények nélkül, továbbá hogy a tetőre nemcsak a többletterhelés nehezedik, hanem a szélterhelés is megváltozhat, így a statikai számítás feltétlenül indokolttá válik.

A 80 darab 40 W-os napelem-tábla tetőre szereléséhez min. 65 m<sup>2</sup> tetőfelület szükséges. A napelem-táblák összsúlya szerelvényekkel együtt mintegy 1080 kg. A felszereléshez a gyártók speciális profilalakítású, univerzálisan alkalmazható alumíniumtartók fejlesztettek ki.

Amennyiben pl. BP585S vagy BP5170S típusú 85 W-os, ill. 170 W-os monokristályos napelem-táblákat használnánk a 40 W-os amorf szilícium napelem-táblák helyett, akkor kb. 0,38-szor kisebb felületű napelem-mező telepítése is elégséges lenne (F1.). A területigény így kb. 25 m<sup>2</sup>-re csökkenthető, az összsúly mintegy 418 kg.

A 3200 W DC-oldali csúcsteljesítmény eléréséhez a 40 W-os napele-

mekből 80 db, a 85 W-os saturn technológiájú monokristályos napelem modulokból már  $3200/85 = 38$  db alkalmazása is elégséges, melynek beszerzési költsége:  $38 \times 110$  E Ft/db = 4180 E Ft + 25% áfa. A teljes rendszerköltség így mintegy kb. 4,8 millió Ft + 25% áfa + telepítési, beüzemeltetési költség.

Az alacsonyabb költség érdekében, mint látható, célszerűbb, ha amorf szilícium napelem modulokat használunk. Az viszont igaz, hogy a saturn technológiájú monokristályos napelemek a kevésbé napsütéses időszakokban is valamivel több energiát termelnek.

A nagyobb súlyterhet jelentő napelem-táblák természetesen a földre vagy a lapostetős házra megfelelő vázszerkezetre is felszerelhetők (lásd **48. ábra.**)

### Néhány végkövetkeztetés

Annak, hogy családi házak önálló, szigetüzemű teljes áramellátását az egész év folyamán kizárólag napenergiából nyert árammal valósítsuk meg, hazánkban a napsugárzás eloszlása alapján nincs reális lehetőség. Ehhez egyrészt sok pénz igénylő beruházásokra, másrészt még így is az áramfogyasztás rendszeres, főleg téli korlátozására lenne szükség, még energiatakarékos fogyasztók használata esetén is.

Be kell vallani, hogy a nagyobb energiaigény esetén a napelemek távlati alkalmazásai (az előbbieken leírtakból láthatóan) nem az ilyen „villany-pótló” megoldásokra szorítkoznak. Az EU tagországokban elsősorban az ún. hálózatra termelő, hálózatra kapcsolt – interaktív hálózati kapcsolatot biztosító – napelemes rendszer-kiépítéseket támogatják.

Az tény, hogy az egyszer már megépült napelemes tápfeszültség-ellátó rendszer esetében a „napenergia árának” növekedésével nem kell számolnunk, a Nap ingyen süt és gyakorlatilag korlátlanul rendelkezésre áll.

A beruházás megtérülési ideje az energiaárak fokozatos emelkedésével és az Európai Unió, valamint a hazai pályázati lehetőségek kihasználásával egyes kivitelezők szerint 12...20 évről várhatóan 4...8 évre csökken (F11.).

További előnyként jelentkezik, hogy a napelemes rendszer a mintegy 25...30 éves élettartamán belül gyakorlatilag felügyeletmentesen üzemeltethető. Ez nem jelenti azt, hogy ennyi év

múlva nem működnek, csak azt hogy akkorra célszerű lecserélni őket. A gyártók többsége a monokristályos és polikristályos napelemeire 25 évre 10%-os, ún. teljesítménygaranciát vállal. A DS40 amorf szilícium vékonyréteg napelem modulokra a gyártó (BSC: Bangkok Solar Company, Thaiföld) 10 évre 10%-os teljesítménygaranciát ad. Ez azt jelenti, hogy a szóban forgó napelem 10 év múlva még mindig több, mint 36 W energiát fog termelni 1kW/m<sup>2</sup> energiájú napsugárzás esetén.

A valóságban legcélszerűbben a közüzemi hálózatra kapcsolt, arra visszatápláló napelemes áramtermelő rendszerrel csökkenthetjük legjobban villanyszámlánkat. A már ismertetett 80 db 40 W-os napelem modullal felépített napelemes rendszerünk itt annyiban egyszerűsödik, hogy tároló akkumulátorokra és azok töltésére felügyelő töltésszabályozó áramkörre nincs szükség.

A közüzemi hálózatra visszatápláló inverter itt a kimeneti 230 V-os változó feszültségét megfelelő szinkronizáló áramkörrel a hálózati jellemzőkhöz illeszti, így az inverter kimeneti feszültsége szinkronpozícióban kerül betáplálásra a közüzemi elektromos hálózatba.

Mivel itt töltésszabályozóra és akkumulátorbankra nincs szükség, így a beruházási költség:

2,7 millió Ft + 25% áfa + telepítési, beüzemelési költség. E rendszer fő előnye továbbá hogy a tároló akkumulátorok hiányában, annak hatásfoka sokkal kedvezőbb.

Példaképp egy további ilyen rendszert mutatunk be a **49. ábrán**, mely lényegében két fő komponensből, a napelem-tábla-mezőből és a hálózatra kapcsoló inverterből tevődik össze. Itt a 24 db 120 W-os csúcsteljesítményű napelem-tábla max. 2880 W DC-oldali energia leadására képes. A munkaponti feszültség (8 db sorosan kapcsolt napelem modul) max. 125 V.

A napelem modulok állítható dőlésszögű tartószerkezetre erősítve, a földön nyertek elhelyezést (lásd **50. ábra**). Azok déli irányba forgatva, árnyékmentes helyen foglalnak helyet. A legkedvezőbb „napfénybefogás” céljából a modulok négy fokozatban állíthatók (15°, 25°, 35° és 50°).

Végezetül elmondhatjuk, hogy a napelemes tápellátó rendszerek vonatkozásában a piac bővülésének a legjelentősebb akadály a fizetőképes ke-

reslet hiánya. A magánszféra korlátozott lehetőségeit jelenleg nem enyhítik eléggé sem az EU-s, sem a hazai pályázati lehetőségek és a helyi szintű támogatások sem. Ellenkezőleg: újra 25%-os általános forgalmi adó sújtja a napelemeket és a megújuló energiaforrások összes többi elemeit is (F11.)!

**Forgalmazók, forrásirodalom:**

- F1. Napelemek és kiegészítő berendezések: Velocit Bt. 9200 Mosonmagyaróvár Hajnalka u. 19.  
Tel.: 96-576-637, 20-943-2927  
velocit@velocit.hu  
www.velocit.hu
- F2. Napelemek, szélgenerátorok és kiegészítő egységeik: ACCUSEALED Kft. 1158 Bp., Késmárk u. 14.  
Tel.: 417-3312  
www.napelem.hu  
info@accusealed.hu
- F3. Szélgenerátor rendszerek, inverterek: ATYS-co Irányítástechnikai Kft. 1107 Bp., Fertő u. 14.  
Tel.: 263-2561  
kissa@atysco.hu  
www.atysco.hu
- F4. Akkumulátorok, töltőszabályozók, inverterek: Kapacitás Kft. 1115 Bp., Szentpétery u. 24. Tel.: 463-0885,  
info@kapacitas.hu  
www.kapacitas.hu
- F5. Napelemek, napelem-készletek, napelemmel működő készülékek: CONRAD elektronika. 1067 Teréz krt. 23.  
Tel.: 302-3588  
szakuzlet@conrad.hu
- F6. Akkumulátorok, töltők, szulfátlanítók, töltésregenerálók: FOREX Kft. 1037 Bp., Csillaghegyi út 13.  
Tel.: 368-6212  
forex@forex.hu  
www.forex.hu
- F7. Napenergia hasznosítás; A szélenergia hasznosítása; Energiatakarékos ház és lakás; Villanyserelési munkák c. Csináld magad sorozat könyvei. CSER kiadó 1114 Bp., Károli Gáspár tér 3.  
Tel.: 368-9019  
cser@chello.hu  
www.cserkido.hu



**Szélgenerátor-rendszerek**

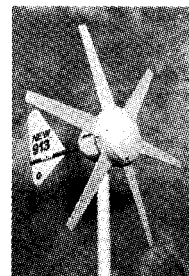
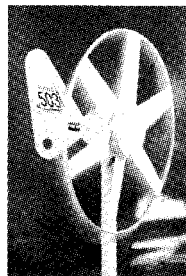
autonóm energiaellátási rendszerek

Jellemzők:

Alacsony indulási szélsebesség  
Könnyű szerelhetőség

Alkalmazási területek (energiaellátás)

telemetriás mérések  
monitoring  
kommunikáció  
mezőgazdaság  
navigáció  
katonai alkalmazások



Az eszközök magyarországi forgalmazója az:



**ATYS-co**

IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI KFT.

1107 Budapest, Fertő u. 14., Tel.: 263-2561, Fax: 261-4639  
E-mail: kissa@atysco.hu, Internet: www.atysco.hu

- F8. Közepes és nagy teljesítményű szolár rendszerek: TerraSolar Hungary Kft. 1121 Bp., Konkoly Thege M. út 29-33.  
Tel.: 392-2787  
info@terrasolar.hu  
www.terrasolar.hu
- F9. Napelemes rendszerek: SOL Kft.  
Tel.: 06-30-645-0452, 310-5150  
sol@axalero.hu
- F10. Szél- és napenergia-hasznosító rendszerek: Wind Energy Systems: 1111 Bp., Zenta u. 1. Tel.: 279-0407, 06-30-650-1244  
www.windenergy.hu

- F11. Gazdasági Minisztérium: Energia Központ Kht. Bp., 1092 Ráday u. 42-44.  
Tel.: 456-4300  
www.gkm.hu
- F12. Dr. Farkas István: Napenergia a mezőgazdaságban, Mezőgazda Kiadó, 2003
- F13. Nemcsik Ákos: A napelem és fejlesztési perspektívái, Akadémiai Kiadó, Budapest
- F14. Napenergiás berendezések tervezése és kivitelezése: SOLART-SYSTEM Kft. 1112 Bp., Gulyás u. 20.  
Tel.: 246-1783

**Nagy Évkönyv-akció!**

**A RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE**

'91, '92, '93, '94, '95, '96, '97, '98, '99, 2000, '01, '02, '03, '04 kötetek közül  
1 db csak 990 Ft-ért,  
2 db most összesen  
**1900 Ft-ért kapható.**  
**1991...2004-ig, 14 db csak 11 111 Ft!**

Személyesen a szerkesztőségben,  
Budapest XIII.,  
Dagály u. 11.  
I. em. 130.  
9-14 óráig.

Tel./fax: 239-4932

Az akcióban tehát 2-4-6... egyforma vagy különböző példányt lehet vásárolni.

✉ 1374 Bp., Pf. 603.  
hambazar@radiovilag.hu  
www.radiovilag.hu

# A triak kapcsolástechnikája 2.

Lóska Péter okl. villamosmérnök

(A cikk első része a 2004-es évkönyvünkben jelent meg!)

## 9. Szinkronizált ZPS-gyűjtőegységek diszkrét alkatelemekkel

A MASTER-tirisztor gate-köri vezérlési követelményeinek az ún. szinkronizált gyűjtőkörök tesznek eleget. A vezérlőjel egyaránt lehet megfelelő időzítésű széles impulzus vagy sűrű impulzussorozat. A következőkben mindegyik módszerre látunk példákat.

Elsősorban érzékeny tirisztorokhoz, valamint 110...230 V hálózati feszültséghez kialakított gyűjtőköri megoldást mutat a **39. ábra**. A jelzettel érzékletlenebb eszközök esetén az  $R_1$  és az  $R_2$  ellenállást arányosan csökkenteni kell, ami azonban a disszipált teljesítmény növekedésével jár.

Az áramkör működése a K kapcsoló zárásával kezdődik. Erre nincs semmiféle megkötés, tehát tökéletesen véletlenszerű lehet. Semmi sem történik, ha már a pozitív félciklus aktív tartományában vagyunk, hiszen a  $D_1$  dióda lezár. Ellenkezőleg, ha a zárás éppen a negatív félperiódus tartamára esik, akkor a  $C_1$  kondenzátor a K,  $D_1$ ,  $C_1$ ,  $D_2$ ,  $R_2$  útvonalon az  $R_1$ ,  $R_2$  feszültségosztó, ill. a hálózat által megszabott szintre töltődik. A vázolt alkatrészes adatokkal, valamelyest a negatív félciklus közepe után a  $C_1$  feszültsége kb. 46 V, amit

megőriz egy ideig, mivel lezár a  $D_2$  dióda.

Ettől a pillanattól kezdve a hálózat, a  $C_1$  kondenzátor feszültsége, a  $D_3$  dióda, a  $D_i$  triggerdiak, valamint az  $R_3$  „gate-vezető” ellenállás lényegében sorba kapcsolódik. Az eredő feszültség kezdetben negatív (kb.  $-120$  V), melyet a  $D_3$  dióda blokkol. Közeledve a hálózat nullátmenetéhez, ez a különbségi feszültség mindinkább pozitívvá válik, kinyit a  $D_3$  és innentől fogva közvetlenül a triggerelemre hat. Kb. 0,36 ms-mal a hálózat nullátmenete előtt teljesül a triggerdiak billenési feltétele ( $U_{BR} = 46 - 18 = 28$  V) és így hirtelen átvált a kis ellenállású tartományába.

Ezzel lehetővé válik, hogy a  $C_1$  kondenzátor töltése kisüljön az  $R_2$ ,  $R_1$ ,  $D_3$ ,  $D_i$  gate nyomvonalon. Az  $R_3$  ellenálláson üresjárásban (Ti gate-je nincs csatlakoztatva) kialakuló feszültség exponenciális lecsengésű és a vázolt építőelemekkel kb. 7 ms tartamú (**40. ábra**). Látható, hogy a kérdéses nullátmenet környezetében jó közelítéssel DC gate-meghajtást biztosítottunk a MASTER-tirisztorok.

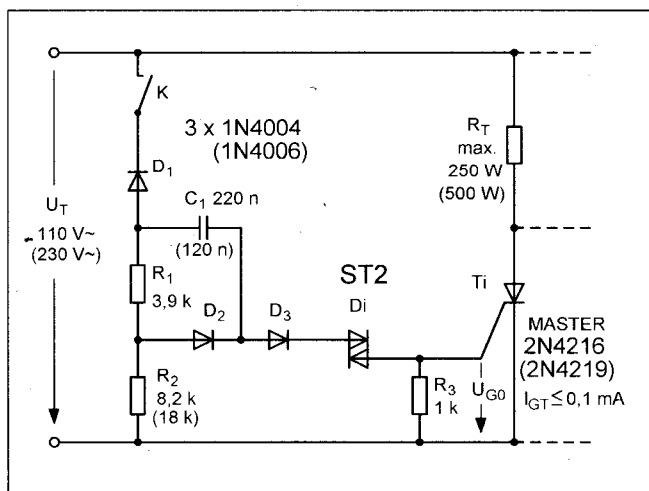
A **41. ábrán** bemutatott megoldás valamelyest hasonló az előzőhöz. A lényeges különbség az, hogy a  $C_2$  kondenzátorral söntöljük az  $R_1$ ,  $R_2$  feszültségosztót. Az áramkör működésében így onnantól jelentkezik eltérés, amikor a  $C_1$  kondenzátor kezd a gate-körön

kisülni. A kisütőkör most:  $C_1$ ,  $D_3$ , SBS,  $R_3$ , Ti gate és  $C_2$ . A nagy amplitúdójú gatekörü áramimpulzustól a  $C_2$  kondenzátor hirtelen (kb. 10 ms alatt) a jelzett polaritásra töltődik és lezár a  $D_1$  dióda. Közben a töltőáram rohamos csökkenésével leblokkol a  $D_3$  dióda és az SBS, így az RC-kör egy ideig „magára marad”.

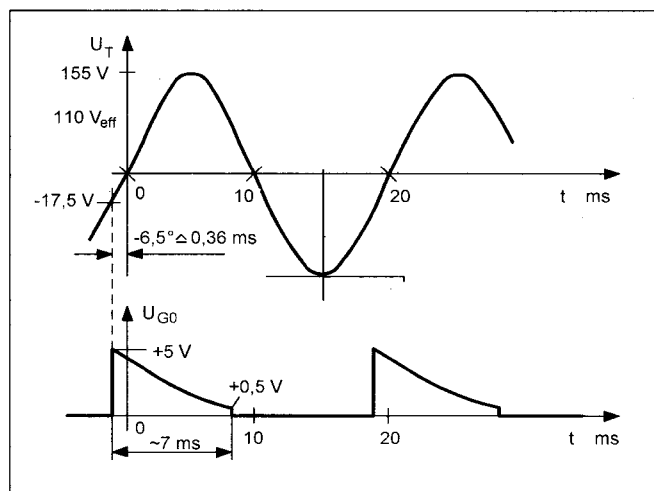
A  $C_2$  kondenzátor ezt követően az  $R_1 + R_2$  láncon kezd kisülni; kb. 0,5 ms múltán ismét teljesül az SBS billenési feltétele és a folyamat „előlről” ismétlődik. A vázolt alkatrészes adatokkal a **42. ábrán** illusztrált gateimpulzus-sorozat termelődik, melyek közül a harmadik (kis pozitív anódfeszültség mellett) már begyűjtja a MASTER-t. Végül megjegyezzük, hogy a  $C_3$  kondenzátor segítségével kismértékben változtatni lehet az impulzusok és a nullátmenet kölcsönös helyzetét; beépítése siettető hatású.

Az eddigiektől eltérő módon realizálja az érzékeny MASTER szinkronizált, nullátmenetes vezérlését a *General Electric* a **43. ábrán** vázolt ajánlás szerint. A módszernek az a lényege, hogy a T tranzisztor lezárásával a  $D_3$  és az  $R_3$  építőelemen keresztül meghajtást kap a Ti tirisztor. A tranzisztor telítésbe vezérlésével viszont lesöntöljük a gatekört, így a félciklus végétől a kikapcsolt állapotban marad a tirisztor.

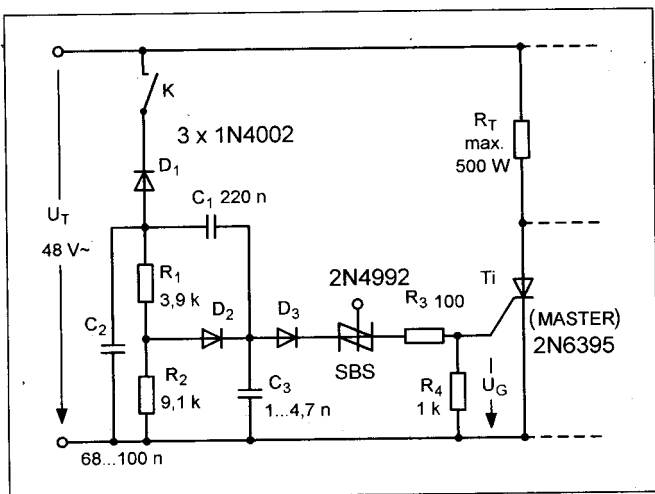
A szinkronizált kapcsoló funkcióját betöltő tranzisztor állapotát a K kap-



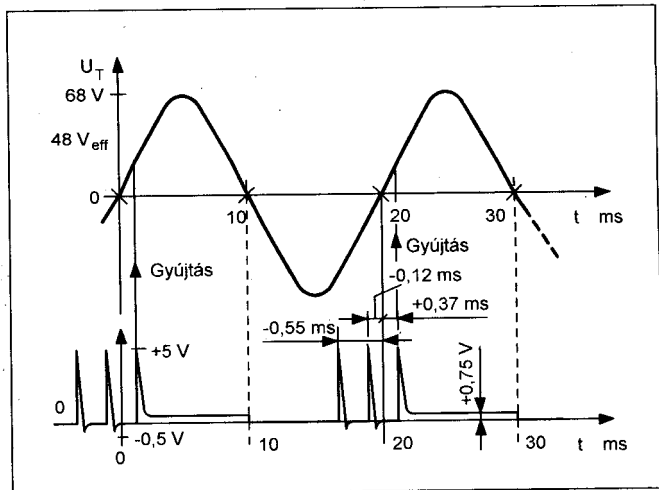
39. ábra. Szinkronizált ZPS-vezérlőkör triggerdiak felhasználásával



40. ábra. Az előző ábrán bemutatott gyűjtőkör tipikus hullámformái



41. ábra. Javított kivitelű, szinkronizált vezérlőáramkör SBS felhasználásával



42. ábra. Az SBS-es vezérlőáramkör oszcillogramjai

csoló helyzete, vagy a vele paralel kapcsolt ellenállás értéke szabja meg. Előjáróban megjegyezzük, hogy megfelelő óvintézkedések szem előtt tartásával a kapcsoló helyett használhatunk optikai csatolóelemet (pl. TIL111 típusút) is. A módszerrel láthatóan minden további nélkül egyesíthető az optikai csatolók és a nullátmenetes kapcsolóáramkörök valamennyi előnyös tulajdonsága.

Nyitott K esetén a hálózat negatív félciklusaiban a  $C_1$  az  $R_1 + R_3$  osztó által megszabott csúcserőre (kb. 68 V) töltődik, a  $D_1, R_1, R_3, D_2$  építőelemen keresztül. Amint az AC tápfeszültség csökken,  $D_1$  lezár,  $C_1$  pedig az  $R_3, D_2$  alkatrészen keresztül relatíve lassan kisül, így a teljes pozitív félciklus tartamára lezáró hatású bázis-előfeszítést ad a tranzisztornak. Ez a tény az érzékeny tirisztor közvetlen, a nullátmenetet követő gyújtását eredményezi, mivel a  $D_3, R_5$  elemen keresztül számottevő pozitív gatemeghajtást kap. Így teljesül a MASTER „szinkronizált” begyújtása. Látható, hogy a gyújtókör „felkészítése” most is a negatív félciklusokban történik, ezért a kapcsoló véletlenszerű nyitása nem okoz illegális fázishasítást. A kontaktus zárásával a  $C_1$  kondenzátor csak kicsi, kb. 10 V-os csúcserőre tud töltődni (43. ábra). A tranzisztor bázisa így az  $R_4$  ellenállás segítségével kiadós, pozitív vezérlést kap. Ezért már a pozitív félciklusok legelején telítésbe megy, még mielőtt a  $T_{i1}$  be tudna gyújtani. A tirisztor vezérlőárama tehát idejekorán elterelődik, függetlenül attól, hogy mi történik a kapcsolóval a pozitív félciklus hátralevő részében.

Az áramkör kivitelezéséhez az alábbi megfontolásokat kell figyelembe vennünk:

a) a pozitív félciklusok kezdetén az  $R_5$  ellenálláson keresztül álljon rendelkezésre elegendő gateáram, vagyis

$$R_5 \leq \frac{3 \dots 5 \text{ V}}{2 \cdot I_{GTmax}} \approx \frac{4 \text{ V}}{400 \mu\text{A}} = 10 \text{ k}\Omega.$$

$R_5$  legkisebb megvalósítási értékét a tranzisztor kollektorárama és a gyújtókör megengedett disszipációja korlátozza;

b) az  $R_4$  ellenállásnak a tranzisztor telítődéséhez biztonságosan elegendő bázisáramot kell produkálnia közvetlenül a nullátmenet után, miközben a  $C_1$  kondenzátor kisütött állapotban van! Óvatos becsléssel  $h_{FE} = 10$  nagyjelű áramerősítési tényezőt feltételezve

$$R_4 \leq h_{FE} \cdot R_5 = 100 \text{ k}\Omega;$$

c) az  $R_3$  legyen lényegesen kisebb mint az  $R_4$ , azon célból, hogy nyitott

kontaktus esetén a  $C_1$  felől jövő negatív bázisáram domináljon még a pozitív félciklusokban is.  $R_3$  értékét 47 k $\Omega$ -ra választottuk;

d) az  $R_3 \cdot C_1$  időállandó olyan nagy legyen, hogy a tranzisztor lezárása biztonságosan kiterjedjen (áthúzódjon) a pozitív félciklusok tartamára (44. ábra). Helyesen járunk el, ha kisütési időállandónak legalább a hálózati periódusidő egynegyedét választjuk, vagyis

$$R_3 \cdot C_1 \geq 5 \text{ ms},$$

innen

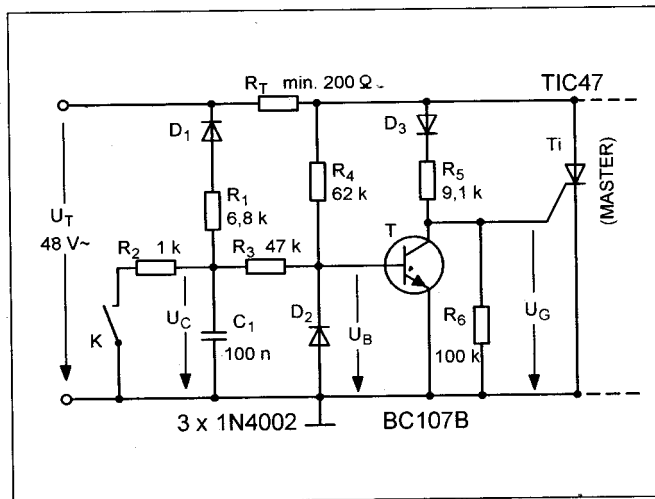
$$C_1 \geq \frac{5 \text{ ms}}{47 \text{ k}\Omega} = 100 \text{ nF adódik.}$$

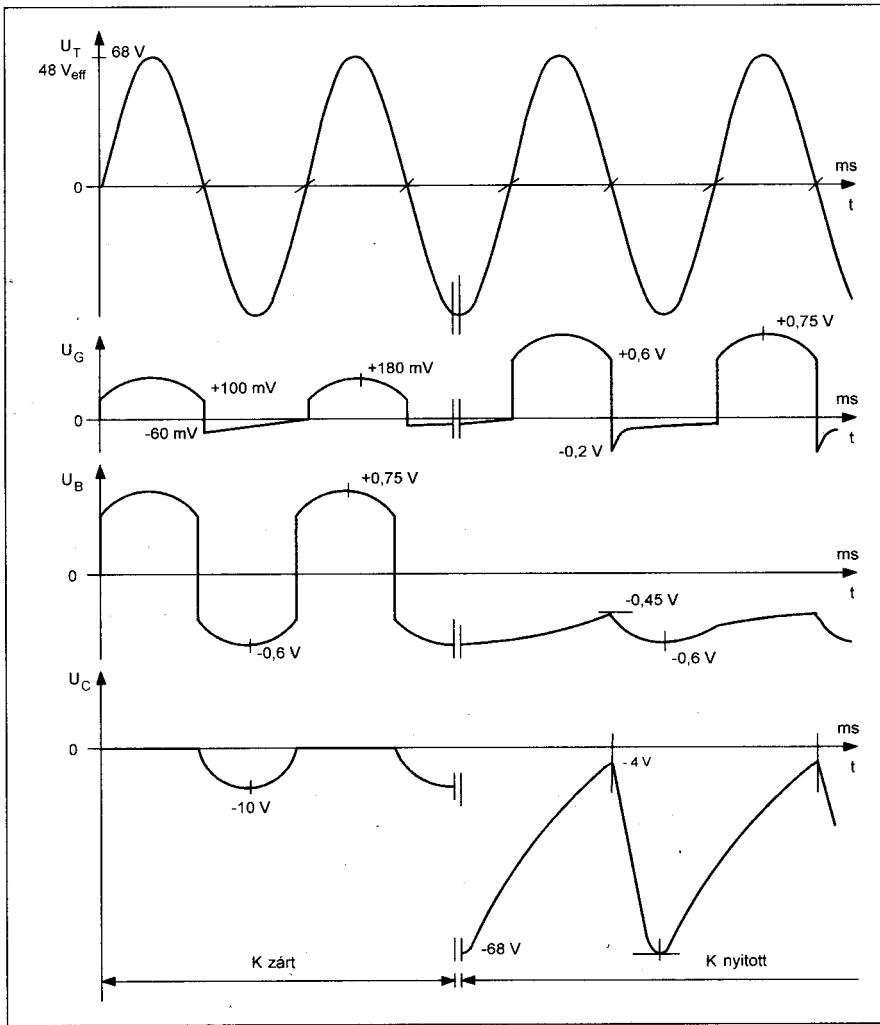
e) az  $R_1 C_1$  töltő-időállandót célszerű 1 ms alá választani, így

$$R_1 \leq \frac{1 \text{ ms}}{C_1} = \frac{1 \text{ ms}}{0,1 \mu\text{F}} = 10 \text{ k}\Omega.$$

f) végül az  $R_2$  a kondenzátor kisütőáramát és a kapcsoló áramát korlá-

43. ábra. Szinkronizált, tranzisztoros ZPS-vezérlőáramkör





44. ábra. Oszcillogramok a tranzisztoros vezérlőáramkör tanulmányozásához

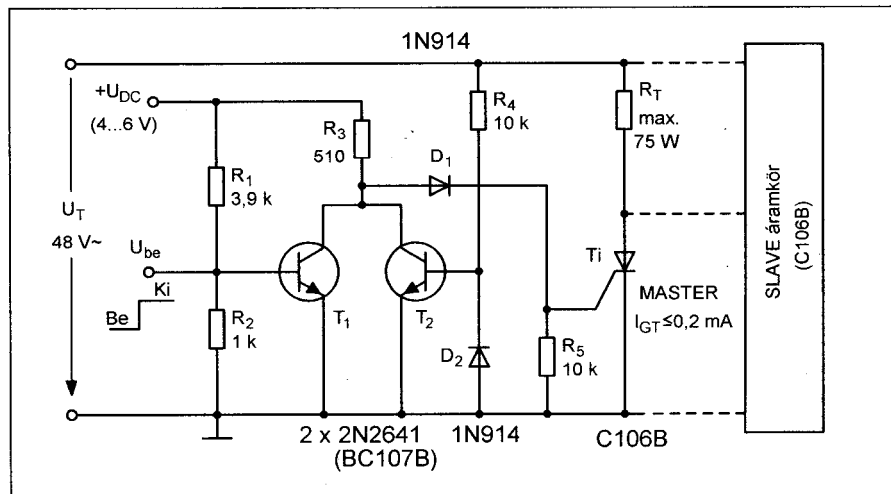
tozza, amikor ez utóbbi kontaktusai zártak. Helyes a méretezés, ha az  $R_2$  értéke kb. egy nagyságrenddel kisebb, mint az  $R_1$ . Esetünkben  $1\text{ k}\Omega$  megfelelőnek adódott.

A 45. ábrán az előző elvnek egy tökéletesített megoldását ábrázoltuk.  $T_1$  állítja elő a kapuzójelet, míg  $T_2$  a hálózati feszültség mullátmenetét dektálja, amely után kis idővel letiltja a tirisztor gyűjtőáramát. A  $T_1$  báziskörének megfelelő kialakításával lehetőség van inverzlogika illesztésére is.

A  $D_1$  és a  $D_2$  dióda védelmi funkciókat lát el. A  $D_1$  nyitófeszültsége ezenkívül biztosítja, hogy a tirisztor nem gyűjthető mindaddig, amíg a  $T_1$ , vagy a  $T_2$  telített. Az  $R_1$  és az  $R_4$  megválasztását a b) pontban leírtak szerint végezzük!

Értéküket lényegesen növelhetjük is, amennyiben a tranzisztorokat megfelelő Darlington-párokkal helyettesít-

jük. A szelektív működés érdekében ilyenkor a  $D_1$ -gyel még egy további diódát kell sorba kapcsolni, amely



45. ábra. Az ikertranzisztoros ZPS-gyűjtőegység

kompenzálja ezen tranzisztortípusok nagyobb szaturációs feszültségét.

A kapcsolóáramkörünk működtetéséhez egy pozitív telepfeszültségre is szükség van, amely végső soron biztosítja a MASTER gyűjtését. Ez célszerűen megegyezhet pl. egy TTL logika +5 V-os tápfeszültségével.

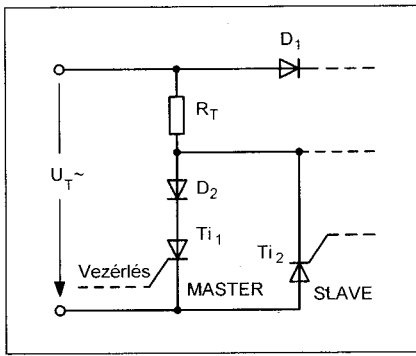
A gyűjtőáramkör működésének részletes tanulmányozásával belátható, hogy a tirisztor a hálózat negatív félciklusaiban is kaphat pozitív gateáramot. Ez a nem kívánt gate meghajtás minimalizálható a  $+U_{DC}$  és az  $R_3$  optimális megválasztásával.

Kedvezőtlen esetben megoldást jelent a 46. ábra szerinti elrendezés, amikor is a MASTER-rel sorba kötünk egy vele azonos határáramú,  $D_2$  jelű diódát. Így elkerüljük a  $T_1$  záróáramának növekedését, ill. többletdisszipációját. A fogás különösen kis teljesítményű, érzékeny tirisztorok esetén alkalmazható, és/vagy amikor a terhelés nem kényes a rákapcsolódó feszültség csekély aszimmetriájára. A  $D_2$  nyitóirányú feszültségesése (kb. 1 V) ugyanis mintegy levonódik a pozitív félciklusköből.

További nagyon kedvelt nullátmenetes kapcsolóáramkört készíthetünk komplementer tirisztor (CSCR), illetve programozható egyrétegű tranzisztor (PUT) felhasználásával (47. ábra). Működésének megértéséhez tudnunk kell, hogy a CSCR akkor gyűjt, amikor az anódja egy dióda nyitófeszültségével pozitívabb, mint a gate-je. (Természetesen mindkét feszültség pozitív). Vagyis

$$U_A \geq U_G + U_D.$$



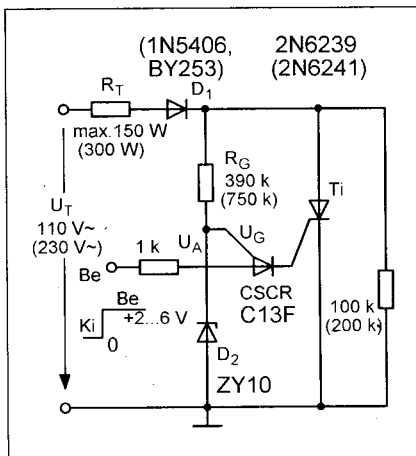


46. ábra. Módszer az érzékeny masztertirisztor termikus védelmére

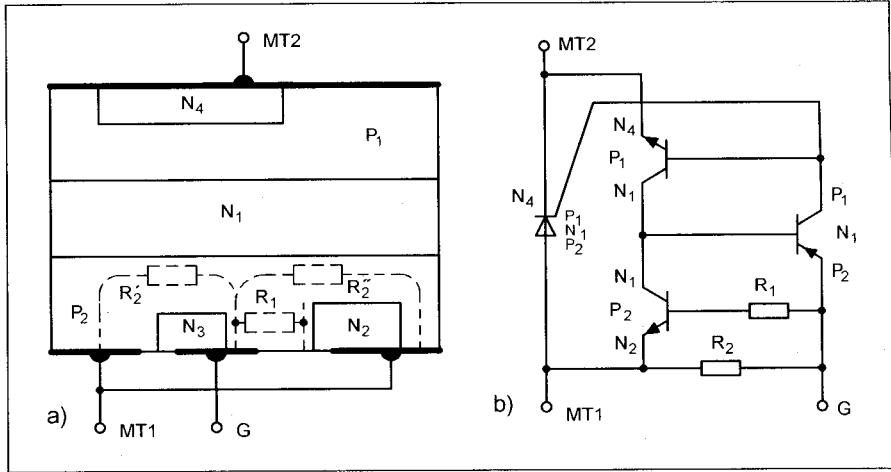
Ellenkező esetben blokkolt állapotban marad és csak a szivárgási áram folyik rajta keresztül, amely legfeljebb mikroamperes nagyságrendű.

Egyelőre tekintsünk el a gatekörü D<sub>2</sub> Z-diódától, mely elsősorban védelmi funkciót lát el! Letörési feszültségét az alkalmazott vezérlőjel legnagyobb értékével összehangban kell megállapítanunk. Az áramkör működése ezután tömören a következő. Nulla vezérlőjelet alkalmazva, a CSCR gate-jén a negatív/pozitív nullátmenetek környezetében tulajdonképpen a tápláló AC feszültség van jelen. Mivel ilyenkor U<sub>A</sub> U<sub>G</sub>, az eszköz nem tud vezető állapotba billenni, elmarad a tirisztor gyújtása is. Ugyanez a helyzet áll elő akkor is, ha a vezérlőjel feltűnése a hálózat pozitív félciklusának aktív tartományára esik, amikor már U<sub>T</sub> > U<sub>A</sub>.

Abban az esetben viszont, amikor a sztatikus vezérlőjel már a negatív félciklus során jelentkezik, a nullátmenetet követően előáll a CSCR billenési feltétele, hiszen ilyenkor: U<sub>A</sub> > U<sub>G</sub>. A



47. ábra. Szinkronizált ZPS-gyűjtőkör komplementer-tirisztor felhasználásával



48. ábra. A triak mint nagyteljesítményű IC: a) vázlatos belső felépítése, b) helyettesítő áramköre a IV. kvadránsban

CSCR vezető állapotba billenése a tirisztornak intenzív, pozitív gate-meghajtást biztosít. A vázolt építőelemekkel a gyújtás már U<sub>T</sub> = +0,9 V-os anód-feszültségnél előáll, amely igen kis szintű RFI-generálással jár együtt.

Mint érdekességet megemlítjük, hogy a CSCR gate- és a tirisztor anód-feszültsége a kérdéses pillanatokban azonos, vagy legalábbis arányosak. Ezért az áramkör tetszőleges teljesítménytényezőjű terhelés esetén használható.

## 10. Nullátmenetes (ZPS) kapcsolóáramkörök triakkal

A mai korszerű kis és közepes teljesítményű, teljeshullámú fázisszabályozók két antiparalel tirisztorra (és a hozzá tartozó szerelvények) helyett célszerűbb egyetlen triak alkalmazása. A triak külső megjelenését tekintve a tirisztorra emlékeztet, belső szerkezete valószínűleg egy nagyteljesítményű integrált áramkör, hiszen egyetlen szilícium „pasztillán” realizálja az inverzparalel tirisztorpár és az elválasztás szerepét játszó SLAVE-meghajtó áramkör funkcióját (48. ábra).

A háromkivezetésű eszköz tehát csak egyetlen vezérlőelektrodával rendelkezik, amelyre pozitív vagy negatív impulzusokat juttatva (elvilleg) egyaránt gyújtható. A váltakozóáramú működtetés miatt a főelektrodákat nem lehet anód-, ill. katódnak nevezni, mivel ezen fogalmak burkoltan tartalmazzák az áram irányítottságát is. A szakirodalom ezért az MT1 és az MT2 jelzésű, ún. főcsatlakozás megnevezést használja (1. rész: 5.a ábra).

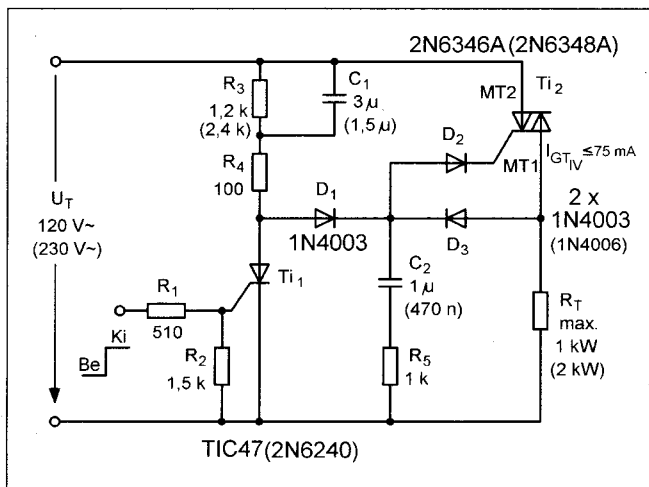
A működés és a gyújtási módusok tanulmányozása céljából az MT1 főcsatlakozást tekintjük referenciának és ehhez viszonyítjuk a gate, valamint az MT2 feszültségét és azok polaritását. Az AC-táplálás következtében az MT2 mindkét polaritást felveszi, miközben a gate-re is egyaránt juttathatunk pozitív és negatív impulzusokat. Az ideális triak mind a négy lehetséges módusban, más szóval kvadránsban egyformán vezérelhető (1. rész: 5.b ábra).

### 10.1. Egyszerű, diszkrét építőelemes, ZPS-kapcsolóáramkörök

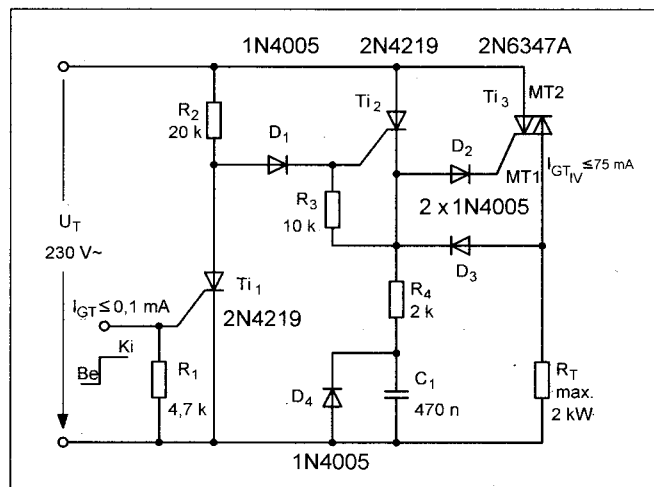
A legegyszerűbb, mondhatnánk alapmegoldást a 49. ábra szemlélteti. Zérus vezérlőjel mellett a TIC47 pilottirisztor blokkol és mintegy szakadás-ként viselkedik. A pozitív félciklus kezdetén begyűjt a triak, a C<sub>1</sub>, R<sub>4</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> elemeken keresztül. A tápláló hálózati feszültség mintegy a terhelőellenállásra kapcsolódik. A D<sub>3</sub> diódán és az R<sub>5</sub> ellenálláson keresztül a pozitív feszültség csúcserkére töltődik.

Kb. a pozitív félciklus kétharmadánál a D<sub>3</sub> lezár, a D<sub>2</sub> pedig kinyit és a C<sub>2</sub> megkezdte kisülését a D<sub>2</sub>, gate, R<sub>T</sub>, R<sub>5</sub> útvonalon. Az építőelemek alkalmas megválasztásával elérhető, hogy a soron következő nullátmenetnél, ill. a hálózat negatív félciklusának kezdetén még számottevő a pozitív polaritású gateáram. Hatására újragyújt a triak a IV. síknyegyedben.

A folyamat ezt követően előlről ismétlődik, mindaddig, míg nem alkalmazzuk a „Ki” kikapcsoló hatású vezérlőjelet. Legáltalánosabb esetként té-



49. ábra. Egyszerű nullátmenetes kapcsolóáramkör triak felhasználásával



50. ábra. Javított kivitelű ZPS-áramkör triakkal

telezzük fel, hogy a „Ki” jel egy pozitív félciklus „aktív tartományában” jelentkezik. A pilottirisztor ugyan begyűjt, de az még most hatástalan a triakra, mivel az már a félciklus legelején begyűjtött, következésképp a D<sub>1</sub> lezár.

A negatív félhullám elején nem sokat változik a helyzet, viszont annak vége felé a vezérelt tirisztor erősen csökkent anódköri „ellenállása” a D<sub>1</sub> diódán keresztül elkezd intenzíven ki-sütni a C<sub>2</sub> kondenzátort. Ezzel elősegítjük, hogy a már vázolt öntriggerelés nem tud előállni a soron következő nullátmenetnél. A pilottirisztor a pozitív félciklus kezdetén (U<sub>A2</sub> 1 V) begyűjt és eltereli a triak gate-áramát. Ezzel szemléletesen szólva kikapcsol-tuk a terhelés táplálását.

Mint már utaltunk rá, áramkörünkben a triak az I. és a IV. gyújtási mó-

dussal üzemel, így csak az ilyen célra válogatott típusokkal érhetünk el jó eredményt.

Legnagyobb problémát azonban az egy borszton belüli legelső gyújtás (az adott pozitív félhullám kezdetén) okozza. Tudnunk kell ui. azt, hogy egy triak a vele azonos teljesítőképességű tirisztorhoz képest körülbelül egy nagyságrenddel érzékenyebb. Jelen példánkban: I<sub>GT</sub> = 50...75 mA. Így a hálózati feszültség a kérdéses pozitív félciklus kezdetén elérheti a 10...12 V-ot is, mire a gyújtás bekövetkezik. A nagyobb kapacitású kondenzátorok és a kisebb ellenállások (R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>) előnyösen befolyásolják, vagyis csökkentik ezt a kritikus gyújtási szöveget, de tetemesen megnövelik az egész rendszer disszipációját.

Ezen a problémán kíván segíteni az 50. ábrán látható, javított kivitelű null-

átmenetes szabályozó. A triak pozitív félciklusbeli, ezen belül is a legelső gyújtását az érzékeny Ti<sub>2</sub>, „gateáram-erősítő” tirisztor forszírozza. Jól követhető, hogy amennyiben a Ti<sub>1</sub> blokkolt állapotban van, az R<sub>2</sub> ellenálláson keresztül a Ti<sub>2</sub> igen korán begyűjt, amennyiben a hálózat pozitív félciklusában vagyunk. Ennek feltétele a 25. ábra adatainak felhasználásával:

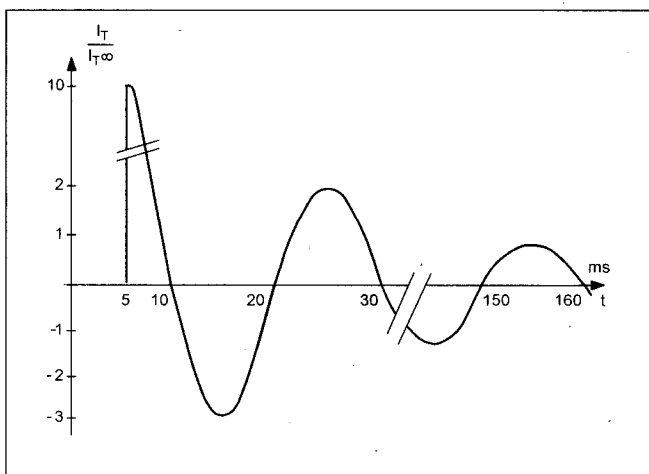
$$U_1 \geq I_{GT(2)max} \cdot R_2 + 4U_D, \text{ másrészt}$$

$$U_{D1} + U_{Ti2GK} + U_{D2} + U_G - U_{MT1} = 4U_D,$$

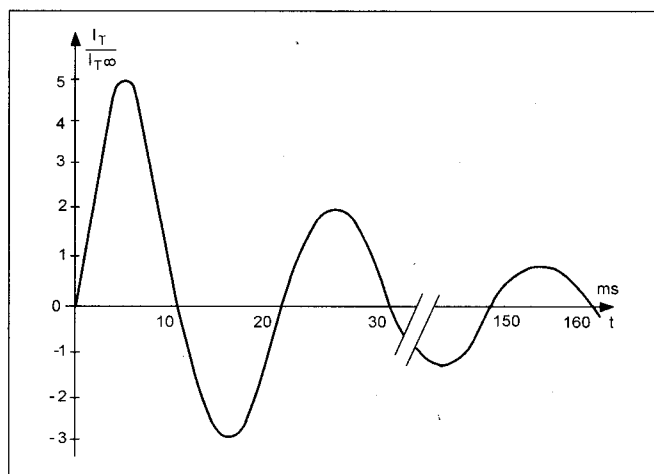
ahol: U<sub>D</sub> egy dióda nyitófeszültsége. Így a triak gyújtásához „szükséges” hálózati feszültség pillanatértéke:

$$U_T \geq 100 \mu A \cdot 20 k\Omega + 4 \cdot 0,6 V \geq 4,4 V$$

A Ti<sub>2</sub> begyűjtása a D<sub>2</sub>-n keresztül igen intenzív gate-meghajtást ad a triak-



51. ábra. 230 V, 100 W-os izzólámpa áramlökése; bekapcsolás a hálózati feszültség csúcserőértékénél



52. ábra. 230 V, 100 W-os izzólámpa áramának tranziense; bekapcsolás a hálózati feszültség nullátmenetekor (a lámpa termikus időállandója mindkét esetben 0,13 s)

nak. Egyúttal megkezdődik a  $C_1$  feltöltése is, melynek funkciójáról az előzőekben szövegtünk.

Lényeges eltérés az előzőekhez képest a  $D_4$  dióda. Szerepe az, hogy megakadályozza a  $C_1$  kondenzátor negatív polaritású töltődését (a  $D_2$ , és az  $R_4$  alkatrészen keresztül), azon jelzett félperiódusokban, amikor a triak vezet.  $D_4$  hiányában ui. könnyen előállhat a negatív félciklusok vége felé a  $Ti_2$  téves gyújtása, különösen ha a  $Ti_1$  pozitív vezérlést kap. Szemléletesen szólva előfordulhat, hogy a triak éppen akkor nem fog kikapcsolni, amikor szeretnénk.

Végül megemlítjük, hogy a megoldás ún. Selected Gate Triac-ot, igényel, mivel a gyújtás most is az I. és a IV. síknyegyedben történik.

## 11. A triak és az izzólámpa együttműködése „ki-be” üzemmódban

Az előzőekben vázolt elveket nagyon egyszerűen és praktikusán az izzólámpás rendszerekben hasznosíthatjuk. Mint az izzólámpás szakirodalmakból ismeretes, egy „ki-be” üzemmódban működő izzólámpa (pl. villogó) élettartama kb. a 10-szeresére nő, ha nem véletlenszerűen, hanem pontosan a nullátmenetkor kapcsoljuk az AC hálózatra. Hasonló mérvű javulást érhetünk el pl. az izzólámpa előfűtésével is. Ezen módszerek a mai, modern félvezetőtechnika számára már egyszerűen megoldható feladatok. Úgy hisszük, nem kell külön illusztrálnunk, hogy segítségükkel milyen komoly mértékben javíthatjuk egy rendszer megbízhatóságát, ill. csökkenthetjük annak fenntar-

tási költségeit (gondoljunk pl. egy forgalomirányító berendezésre)!

Fejezetünk nem 100%-ig a nullátmenetes technikára épül, viszont az ettől eltérő megoldások is jó szolgálatot tesznek az optikai hírközlés (fényjelátvitel), a reklámvilágításban, a játékokban, a forgalomirányításban, az automatizálásban, a fotózásban és optikában, valamint minden olyan területen, ahol az izzólámpa gyakori be- és kikapcsolásnak van alávetve.

### 11.1. Diszkrét alkatelemes ZPS-áramkörök

Előző gondolatmenetünket két ábra segítségével kívánjuk alátámasztani. Mindkét esetben azonos a hálózat (230 V/50 Hz) és azonos a terhelés szerepét játszó, átlagos teljesítményű (100 W-os) izzólámpa. Az **51. ábrán** vázolt oszcillogram azt az esetet szemlélteti, amikor az izzózt a hálózati feszültség csúcserékénél véletlenszerűen (azaz fázishasítással) kapcsoljuk be. A kialakuló bekapcsolási áramlökések kerekén *tíz-szer akkora*, mint az állandósult állapot áramfelvétele! Továbbá jelentős mágneses és termikus igénybevételt jelent az izzó, ill. a szabályozó triak számára az igen meredek áramfelfutás (di/dt).

Már „első ránézésre” is szimpatikusabb az **52. ábrán** látható áramtranzienzens, amelyet akkor kapunk, ha az izzólámpát pontosan a nullátmenetnél kapcsoljuk a hálózatra. Egyszóval: ha ZPS-technikát alkalmazunk.

Maga az első bekapcsolási áramcsúcs pontosan a fele, a kezdeti di/dt pedig töredéke az előző példának. Ezzel igazoltuk azon állításunkat, miszerint a nullátmenetes kapcsolástechnika

segítségével egy nagyságrenddel redukálható az izzólámpa és a szabályozó triak igénybevétele.

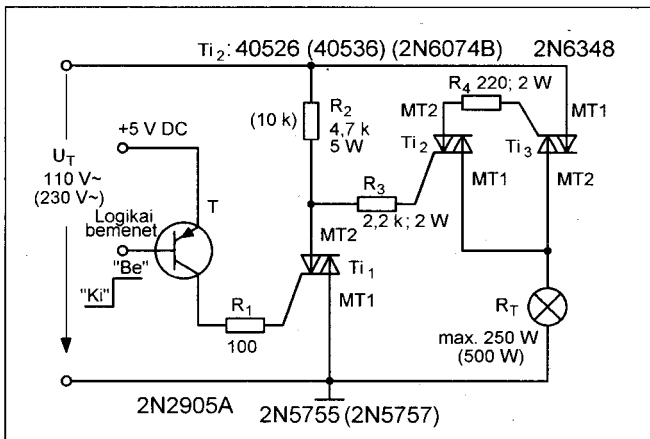
Az **53. ábra** diszkrét építőelemekkel realizált ZPS-áramkört szemléltet, melyet „földelt végű” izzólámpa terheléshez alakítottak ki. Amennyiben a  $T_1$  tranzisztort telítésbe visszük a *hálózzattal megfelelően szinkronizált* logikai vezérlőjellel, akkor ennek hatására a  $Ti_1$  érzékeny, „interfésztriak” begyűjt az I., ill. a IV. módusban. Ezzel lesöntölődik a  $Ti_2$  gate-köre, így a  $Ti_3$  nagy teljesítményű triak sem fog gyűjtani.

A tranzisztor lezárásával elmarad a  $Ti_1$  begyűjtása. A  $Ti_2$  érzékeny triak az  $R_2$  és az  $R_3$  ellenálláson keresztül meghajtást kap, így közvetlenül a nullátmenetek után gyűjt az I. és a III. kvadránsban. Ugyanezen módusokban kap intenzív vezérlést a  $Ti_3$  triak is, amely a gyújtását követően szemléletesen szólva rövidre zárja saját gatekörét. Így bekapcsolt izzó esetén csökkenti a  $Ti_2$  és az  $R_4$  disszipációját.

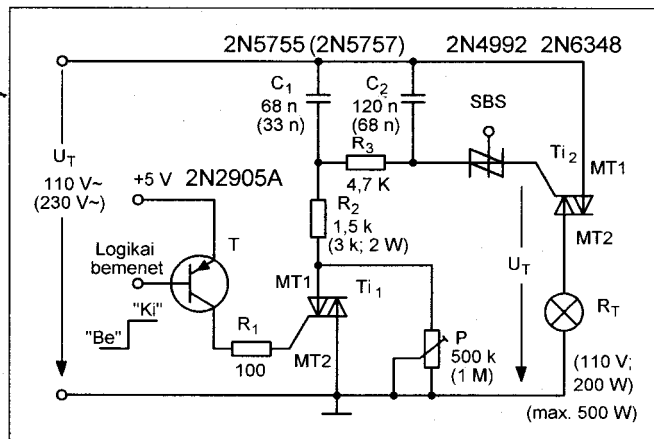
### 11.2. Módszerek az izzószál előfűtésére

Mint jeleztük, az izzószál előfűtése egy további módszert jelent az izzó bekapcsolási áramlökések mérséklésére, egyúttal az élettartamának meghosszabbítására. Az **54. ábra** egy olyan megoldást szemléltet, ahol az előfűtés funkcióját kombináltuk a nullátmenetes kapcsolástechnikával.

Amikor a tranzisztor lezár a logikai **1** (itt **H** szintű) bemenőjel hatására, akkor a  $Ti_1$  „interfésztriak” is leblokkol, természetesen az aktuális félperiódus végén. Ebben az állapotban az áramkörünk nem más, mint az előző tanul-



53. ábra. Nullátmenetes kapcsolóáramkör diszkrét építőelemekkel



54. ábra. Az izzószál előfűtő „ki-be” kapcsolóáramkör



8. táblázat. A felhasznált triakok legfontosabb jellemzői

A hivatkozott triak típusjelzése	Típusa	$\pm U_{DRM}$ (V)	$I_{TRMS}$ (A)	$I_{TSM}$ (A)	Jellemző $I_{GT}$ (mA)	Jellemző $I_H$ (mA)	Tokozás	A funkcionálisan egyenértékű típusok (példák)
ESM22...	Standard	100...500	1,6	20	15...60	25	TO39	SC136B...-D (-M); TIC201A...-S
2N6068...-75	Standard	25...600	4	30	30	30	TO126	~SC136B...-M; T0510BH...-NH
2N6068A...-75A	Sel. gate	25... 600	4	30	5...10	15	TO126	BTA04-200D...800D; MAC6069C...-75C
2N6068B...-75B	Interface	25...600	4	30	3...5	12	TO126	BTA04-200T...800T; TIC206A...-S
2N6342...-45	Standard	200...800	8	100	12...20	6	TO220	SC142B...-E; TIC226A...-N
2N6346...-49	Sel. gate	200...800	8	100	12...35	6	TO220	MAC228A2...-A10; TIC225A...-S
2N6342A...-45A	Standard	200...800	12	120	12...20	6	TO220	TIC236A...-N; MAC15-4...-10
2N6346A...-49A	Sel. gate	200...800	12	120	12...35	6	TO220	T1210BH...-NH; MAC15A4...-A10
2N5641...-43	Sel. gate	200...600	40	300	16... 32	12	TO203	SC261A...-M; ~MAC224A4...-A10
2N5644...-46	Sel. gate	200...600	40	300	16...32	12	~TO48	SC260A...-M; T6420D...-N
2N5754...-57	Standard	100...600	4	30	30	30	~TO126	~2N6070...-75; T0510BH...-NH
40526...-536	Sel. gate	200...400	10	100	50...75	~10	~RD5	~RD54

9. táblázat. Az idézett félvezető eszközök

Fajtája	Az idézett félvezető		A funkcionálisan egyenértékű, III. a helyettesítő típusok (példák)
	Jelölése	Kulcsfontosságú paraméterei	
Egyenirányító, kisjelű és Z-diódák	BY251	200...1300V; 3A	BY251...-5
	ZY10	10 V; 1,35 W	BZX85C10; MZD10; 1N3020A
	1N914	75 V; 150 mA; 4 ns	1N4148; 1N4448; BAY43
	1N4001...-7	50...1300 V; 1 A	BY133; 1N4225...-49; 1N5614...-22
	1N5401...-8	50...1000 V; 3 A	BY500...; 1N4719...-25; 1N5624...-27
Bipoláris tanzisztorok	BC107B	45 V; 0,1 A; 250 MHz	BC182; BCY59; BSX52A; BC546
	BC301	60 V; 0,5/1 A; 120 MHz	BC141; BD137; 2N4238; 2N4922
	2N2219(A)	60 V; 0,8 A; 250 MHz	BC140...-141; BC301...-302; 2N2222
	2N2641	45 V; 2 x 30 mA; 80 MHz	2N2480A; 2N2652; 2N2915; 2N5794
	2N2905(A)	60 V 0,6 A 250 MHz	BC160...-161; BC303...-304; 2N2904
Trigger-elemek	C13F	CSCR: 50 V; 0,5 A	MPU133; U13T2; 2N6027...-28; 2N6137
	ST2	Triggerdiak; $\pm 32$ V	BR100; DB3; HT32; 1N5761(A)
	2N2647	Cube UJT; $\eta \geq 0,7$	2N4853 2N4893 2N5431
	2N4992	SBS $U_S = \pm 7,5...9$ V	2N4991...-93 MBS4992 BS08A
	40583	Trigger-diak $\pm 32$ V	MTP32 ST2 1N5761(A) DB3
Tirisztorok	C106Y...-D	30...400 V; 2,5 A; 0,2 mA	TIC106A...-N; TLS106-05...-6
	L9U...-B	40...300 V; 0,4 A; 2 mW/cm <sup>2</sup>	L911U...-B; MLS201...-205; MLS105
	TIC44...-47	30...200 V; 0,6 A; 0,2 mA	BRY44...-47; BRY55-30...-600
	2N4167...-74	25...600 V; 5 A; 30 mA	TIC116A...-N; 2N4241...-44; C11U...-M
	2N4212...-19	25...400 V; 1 A; 0,1 mA	KT506; 2N2322...-29; 2N5724...-28
	2N5164...-67	50...600 V; 13 A; 40 mA	TYN0516...-816; 2N6400...-05
	2N6236...-41	30...600 V; 2,6 A; 0,2 mA	TIC106A...-N; TLS106-05...-6
2N6394...-99	50...800 V; 8 A; 30 mA	TIC126A...-N; S1210BH...-NH	
Integrált áramkörök	MC7400...	TTL kapuk	SN7400 sorozat stb.
	MC672	MHTL kapu	FZH105A; FZH115B
	MC14000...	CMOS kapuk	CD4000 sorozat stb.
	MC3401	quad OPA	$\mu$ A3401; LM124; LM148

## 12. További, izzólámpás „ki-be” kapcsoló áramkörök

A következőkben két, logikai rendszerrel vezérelhető, „ki-be” típusú (közelítően nullátmenetes), nagy teljesítményű, félvezetőcs kapcsolóáramköröket ismertetünk. Kedvező tulajdonságaik folytán eredményesen használhatók a nagy megbízhatóságú fénytájékoztató berendezésekben. Az áramkörök előnyei közé tartozik, hogy az izzó és a vezérlőlogika egyik ága közösíthető, ez a pont földelhető, továbbá a teljesítmény- és a logikai kör egy érzékeny, ún. interfésztriak alkalmazásával „el-szigetelődik”.

Positív, H szintű logikai meghajtást hasznosít az **58. ábrán** vázolt megoldás. Az I. és a IV. módusban vezérelt  $T_{i1}$  az interfésztriak, amely biztosítja a logika és a  $T_{i2}$  nagy teljesítményű triak közötti helyes illesztést.

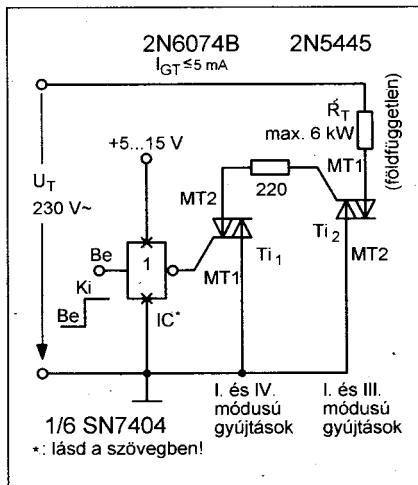
$T_{i1}$  begyűjtésével a  $C_1$  kondenzátor „meredeken” töltődni kezd az  $R_2$  ellenálláson keresztül, egészen az alkalmazott Di triggerelem kb. 32 V-os billenési szintjéig. Ezen pillanatokban gyűjtőimpulzust kap a  $T_{i2}$  triak (I. és III. módus) és megindul a terhelés táplálása (**59. ábra**).

Az  $U_C$  feszültség oszcillogramján megfigyelhető, hogy a triggerdiak áramköre relaxációs módusban, kb. 3 kHz-en tovább oszcillál. Megjegyezzük továbbá, hogy az  $R_2$   $C_1$  töltő időállandót olyan csekélyre választottuk, hogy a terhelés bekapcsolása gyakorlatilag már a 32 V-os hálózati feszültség pillanatértékek mellett bekövetkezzen. Következésképpen a bekapcsolt izzó esetén kevés rádiófrekvenciás zavar keletkezik.

Negatív (inverz) logikával működethető a **60. ábrán** vázolt megoldás. Ebben az áramkörben  $T_{i1}$  interfésztriak begyűjtésével megszűnik a gyűjtőenergiát tároló  $C_1$  kondenzátor töltődése, így kikapcsol a  $T_{i2}$  és a lámpa.

Ellenkező esetben, ha  $T_{i1}$  blokkolt állapotban van, akkor  $C_1$  töltődni tud az  $R_2$  és az  $R_3$  ellenállásokon keresztül, egészen a Di triggerdiak billenési feszültségéig.

Ezen pillanatokban a diak részlegesen kisüti a  $C_1$  töltését a  $T_{i2}$  gate-körén keresztül.  $T_{i2}$  vezérlése most is az I. és III. módusokban történik és így kevéssel a nullátmeneteket követően táplálást kap a terhelés.  $T_{i2}$  begyűjtését követően a soron következő nullátmenetig megszűnik a relaxációs oszcilláció,



**62. ábra. Tipikus példa az interfésztriak alkalmazására**

így mérséklődik a gate-kör disszipációja. A rendszer működtetése során felvett tipikus oszcillogramokat a **61. ábra** szemlélteti.

Végül szeretnénk mindkét megoldásra érvényes megállapításokat és kiegészítéseket tenni.

a) Mint láttuk, az előző áramköröket folyamatos (DC) logikai bemenettel működtettük. A meghajtó logikai áramkörök teljesítményszükségletét (vagyis ami ezzel egyenértékű, annak disszipációját) mérsékelni lehet impulzus-üzemmód alkalmazásával. Ez a tény nem befolyásolja a teljesítményfokozatok működését. Leszögezhetjük azonban, hogy így a meghajtólogika lényegesen elbonyolódik! (Persze, ma már pl. egy „nyolclábú” mikrokontrollert felokosítva e feladatra, éppen hogy leegyszerűsödik. A szerk.)

b) Megtartva a praktikus DC-vezérlőjelet, természetesen egyszerű lehetősége van annak, hogy a hálózattal szinkronizáljuk a logikát. Ily módon megszüntethető az izzó véletlenszerű bekapcsolása, mivel a gyűjtési pillanatok kizárólag a nullátmenetek környékére korlátozódnak.

## 13. Az AC/DC szigetelés

Az eddig bemutatott kapcsolóáramkörökben többnyire egy megfelelő interfésztriakot használtunk a DC logikai bemenet és az erősáramú AC-kör elválasztására. Ennek legfrappánsabb példáját a **62. ábra** szemlélteti.

Az ilyen megoldás előnye, hogy csak a kis teljesítményű  $T_{i1}$  triaktól követel nagy érzékenységet az I. és a IV. gyűjtési módusokban. A  $T_{i2}$  fő triak ún.

„hálózati”, vagyis a legolcsóbb típusú is lehet. A teljesítményfokozat meghajtását egy TTL, ill. bufferelt kimenetű CMOS IC (pl. inverter) tökéletesen biztosítja.

Mint láttuk, az előző típusú kapcsolóáramkörök ilyenképpen elrendezését az tette lehetővé, hogy az izzó és a meghajtólogika egyik ága közösíthető és természetesen földelhető.

Vannak azonban olyan alkalmazások, amelyek megkövetelik a logika és az erősáramú rész tökéletes ún. galvanikus elválasztását. Az ilyen különösen igényes feladatok ellátására is alkalmas áramkörökre mutatunk be most példákat.

A **63. ábrán** vázolt megoldás gyors működésű ( $t_r < 5 \text{ ms}$ ) reedrelét alkalmas szigetelőelemként. Amint a relét meghúzzatjuk, a triak igen kis vezérlőköri disszipáció mellett gyűjt az I. és a III. módusban. A módszer a „Be” állapotban gyakorlatilag nullátmenetes.

A **64. ábra** egy kis teljesítményű izzólámpából (pl. 2,5 V/180 mA) és egy alkalmas fotoellenállásból kialakított optikai csatolóelemet alkalmaz „szigetelőként”. A megoldás jó működésének egyik sarkalatos pontja, hogy a fotoellenállásnak elegendően nagy legyen az ún. sötétellenállása, tekintettel arra, hogy szerves része a gyűjtőkörnek.

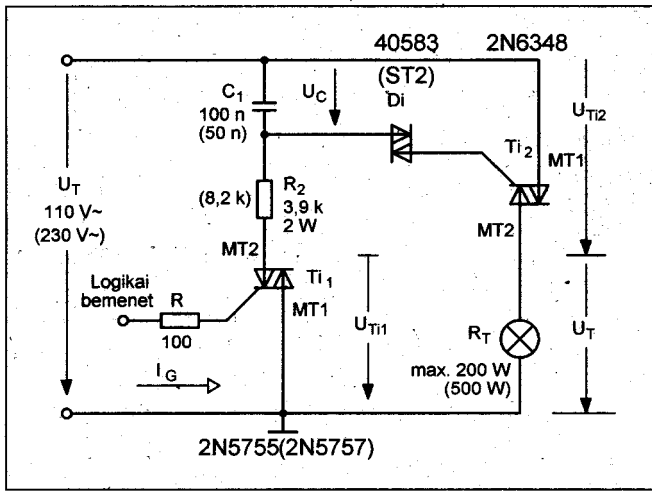
Kedvező megválasztással elérhető, hogy sötétben nem tud kialakulni a kondenzátoron a diak billenéséhez szükséges  $\pm 32 \text{ V}$ -os feszültség.

A **65. ábra** elvi megoldása egy 1:1 áttételű impulzustranzsfórmatort használ elválasztó elemként. A vázolt módszer közel nullátmenetes kapcsolóáramkört eredményez, hiszen a triak vezérlését egy 15 kHz-es blockingoszcillátor biztosítja. A gyűjtés így legfeljebb 6 V-os hálózati feszültség mellett bekövetkezik.

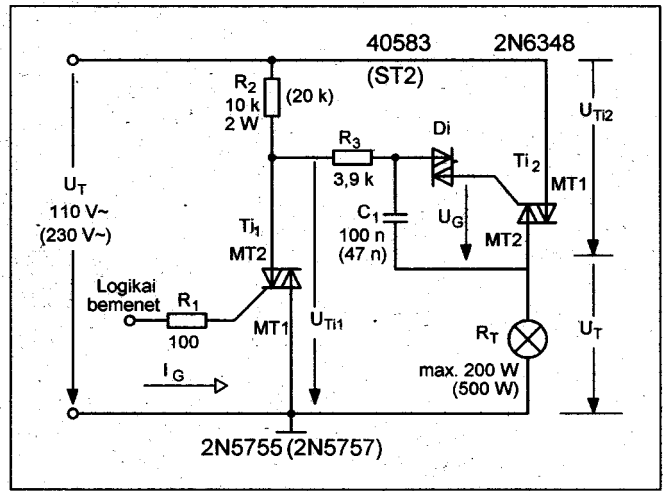
A tökéletes ZPS érdekében azonban célszerű a logikai tiltójelet a hálózattal szinkronizálni. Megjegyezzük azonban, hogy a triak vezérlése vagy I. és IV. vagy II. és III. módusú lesz, az impulzustranzsfórmatort áttételének előjelétől függően.

## 14. Függelék

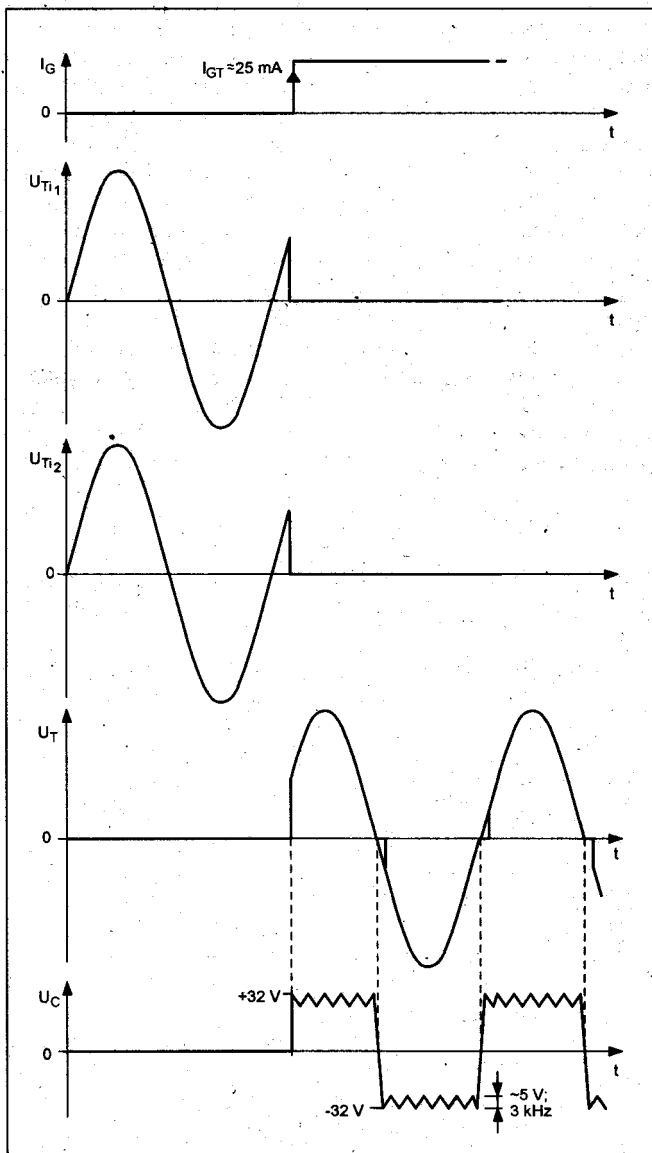
Befejezésként a részletes katalógusokkal, CD-ekkel, és/vagy internethozzáféréssel nem rendelkező, gyakorlati szakembereknek egy táblázatcsoport közreadásával kívánunk segíteni!



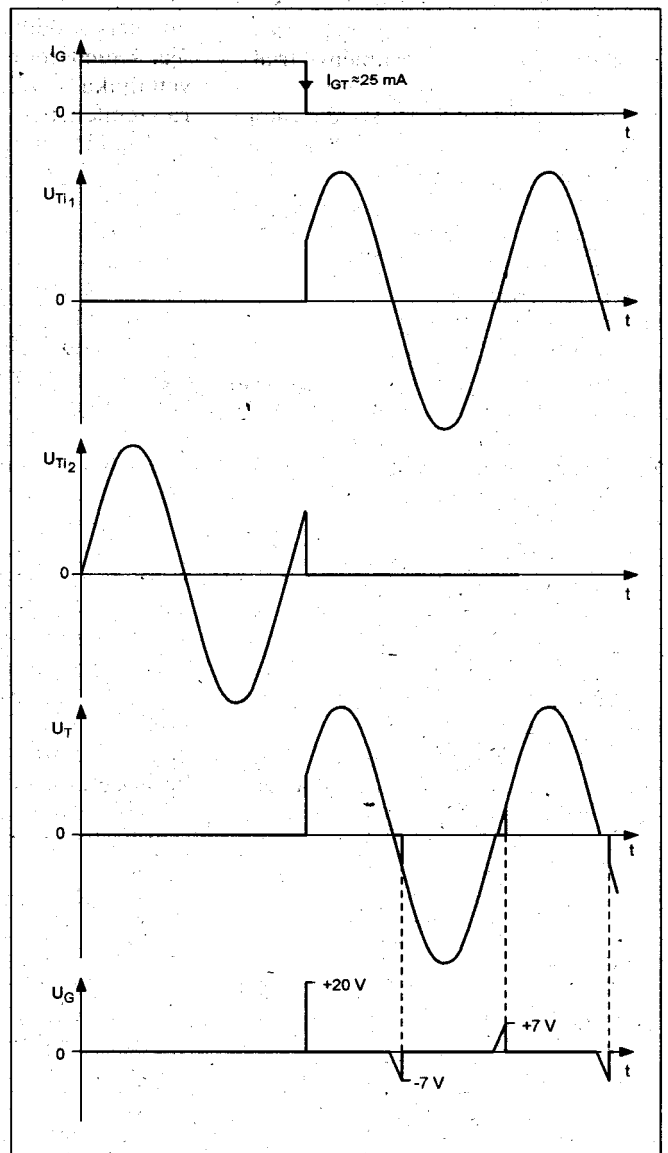
58. ábra. „Ki-be” kapcsolóáramkör pozitív logikához



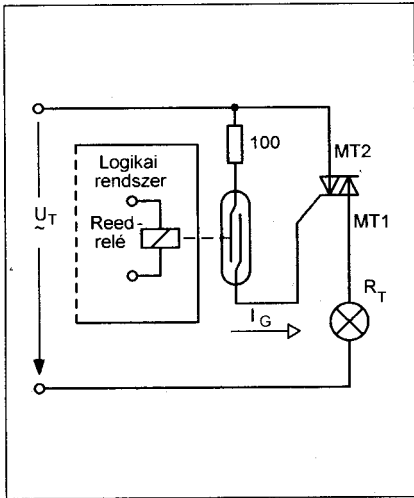
60. ábra. „Ki-be” kapcsolóáramkör negatív (inverz) logikához



59. ábra. Az 58. ábra megoldásának tipikus hullámformái



61. ábra. A 60. ábra kapcsolásának oszcillogramjai



63. ábra. AC-DC szigetelés redrelével

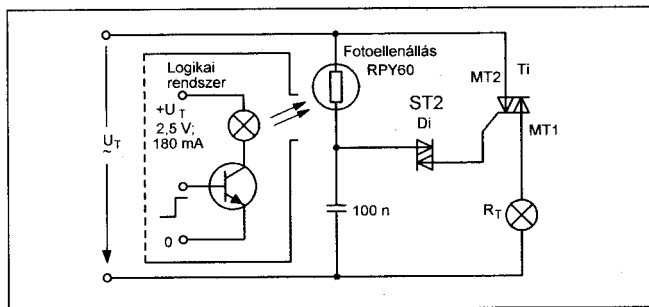
A 8. táblázat a jelen összeállításban idézett triakok, míg a 9. táblázat az egyéb félvezető eszközök legfontosabb jellemzőit tartalmazza.

A 10. táblázat a tirisztortechnikában (SCR, TRIAC, GTO stb.) nemzetközileg használatos feszültség-határadoatok jelölésrendszerét foglalja össze. Végül a 11. táblázat a kis és a közepes teljesítményű triakok áttekintő és összehasonlító típusválasztékát szolgáltatja, természetesen a teljesség igénye nélkül.

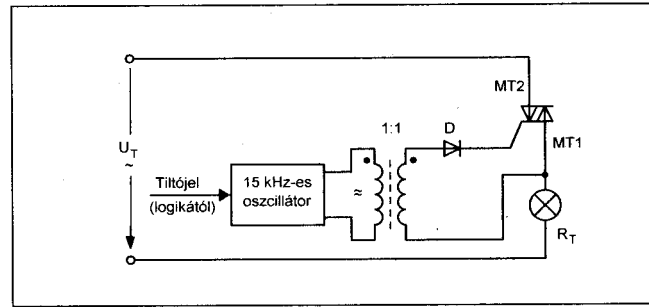


10. táblázat. A feszültség-határadoatok jelölései

A triak vagy tirisztor jelzésének végződése		A megfelelő $U_{DRM}$ , ill. $U_{RRM}$ határadoat V
Szám	Betű	
-1	-U	25
-2	-F	50
-3	-A	100
-	-G	150
-4	-B	200
-5	-C	300
-6	-D	400
-7	-E	500
-8	-M	600
-9	-S	700
-10	-N	800
Az előzőektől eltérő jelölések	-T	900
	-P	1000
	-PA	1100
	-PB	1200



64. ábra. Optikai csatolóelem alkalmazása „szigetelőként”



65. ábra. Galvanikus elválasztás impulzustranszformátorral

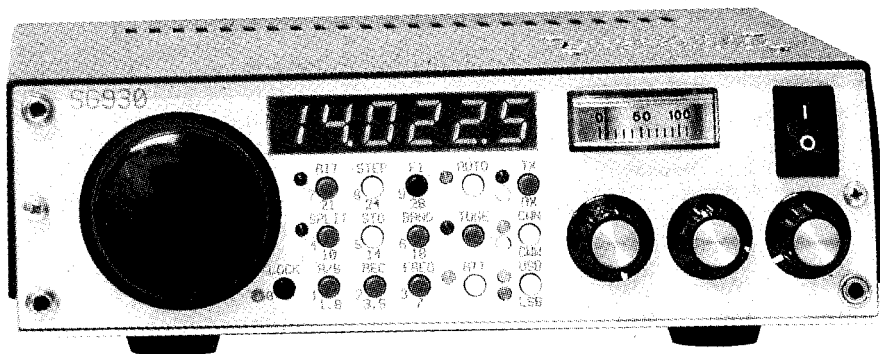
11. táblázat. A kis és közepes teljesítményű triakok összehasonlító típusválasztéka (példák)

Főbb jellemzők	Gyártmány, típus (példák)				
	General Electric	Motorola	Texas	Harris-RCA	Egyéb (AEG, Tesla, Thomson, Siemens, TAG stb.)
<0,6 A max. 400 V $I_{GT} = 10$ mA	SC92A...-M	MAC92... MAC92A MAC97B3...-B8		40769... 40772	TLC111...-138 Z0102B...-NA TAG94-A...-D
0,7...1,6 A max. 500 V $I_{GT} = 5...15$ mA		2N6070A... 2N6075A 2N6069B...-75B	TICK206 TICP206 (D...M)	40526... 40536	ESM22... TXC03... Z0110BA...-NA
1,7...3 A max. 500 V $I_{GT} = 10...50$ mA	SC35...-36 (F,A,B,D)	SC136B...M	TIC205 (A,B,D)	2N5754 2N5757	KT 205... TXC02... Z0305BG...-MG
3,5...6 A max. 500 V $I_{GT} = 10...75$ mA	SC40...-41 SC141... (B,D,E)	2N6068... 2N6075	TIC206 TIC215 TIC216	40430 40486 40503 40510	KT774 EMS23... TW6N... TXC01
7...11 A max. 800 V $I_{GT} = 50...80$ mA	SC 45; 46 SC 146 (B,D,E)	2N6342 2N6153 2N2641	TIC226 (B,D)	2N5568 2N5570	KT784 TW6N TXD99
12...15 A max. 800 V $I_{GT} = 50...100$ mA	SC 50 (B,D,E)	2N6347 2N5574	TIC236 TIC246 (B,D)	2N5574 40576	TW10N... TXD98 T151 2BJ...-NJ
16...25 A max. 600 V $I_{GT} = 75...150$ mA	SC60 (B,D,E)	MAC35... MAC38 2N6161	TIC253 TIC263 (B,D,E,M)	40661... 40663 2N5445	BTA16... BTB24... T2513BH...-NH
30...40 A max. 600 V $I_{GT} = 70...100$ mA	SC260 (B,D,E)	2N5444...-46 2N6157...-65 MAC50-6...-10 T6420D...-N		40916...-924 T8420...	BTA40 BTB41 T4012BK...-NK



# SG910 rövidhullámú adó-vevő

Schulcz Gábor HA7SG,  
ha7sg@lightronic.hu,  
www.lightronic.hu



2000 tavaszán, a Rádióvilág Kft. ügyvezető igazgatójától az „Év szerzője” elismeréssel járó díj átvételekor néhány mondat erejéig szót kaptam. Ekkor ígéretet tettem, hogy készítek egy utánépíthető adó-vevőt, ami figyelemre méltó paraméterekkel rendelkezik és a lehető legolcsóbb. Az ígéretet az alábbi cikk keretében teljesítem, mert az időközben megvalósított konstrukció mostanra érett meg a közlésre. Ajánlom e készüléket mindenkinek, aki akár hobbiól, akár második adó-vevőnek kirándulásra, akár fő készülékként, végfokozattal való használatra kívánja megépíteni.

A következőkben ismertetett 9 sávós, 10 W-os, egyszeres keverésű rövidhullámú adó-vevő SSB, ill. CW üzemmódban képes működni. Stabilitása, dinamikája biztosítja, hogy a digitális üzemmódokban is használható. Az ár/műszaki paraméterek kompromisszumnak áldozatul esett a kettős keverés, a vételi oldalon a zajkapu és a DSP; adásoldalon a hanggal történő adásra kapcsolás és a 10 W-os végfok utáni aluláteresztő-rendszer. A készülék erőssége a stabil DDS-PLL lokálág, a mikrokontrolleres vezérlés, a különlegesen nagy dinamikájú vevőbemenet, a kettős SSB/CW-szűrő, a hatásos AGC, a kis torzítású végfokozat, a kompakt felépítés („hátzissákos”, 60 x 200 x 230 mm-es méret).

## 1. Az adó-vevő rendszere

A készülék egyszerűtranszponált, felső, kivonó keverésű. A vevő keverési tervét az 1.a ábra mutatja. Itt látható, hogy a frekvenciatengelyen miképp helyezkedik el az AGC-, a KF-, a bejövő-/kimenőjel, a VFO jele. A KF-érték célszerűen 8...10,7 MHz között lehet. Jó választás a 8,86 MHz-es középfrekvencia, így olcsó PAL kvarckoból

összeállíthatók a szűrők. A VFO frekvenciája mindig magasabb a KF-nél. A bejövő-/kimenőjel természetesen lehet a KF alatt is.

A VFO frekvenciáját az SG930C vezérlőkártya módosítja az üzemmód függvényében. A keverő, az SDVFO és az SG930C áramkör részletes leírása a Rádiótechnika 2003/5., 7., 8., 10., 11. számában jelent meg. Ezeket a leírásokat tekintjük e cikk részének!

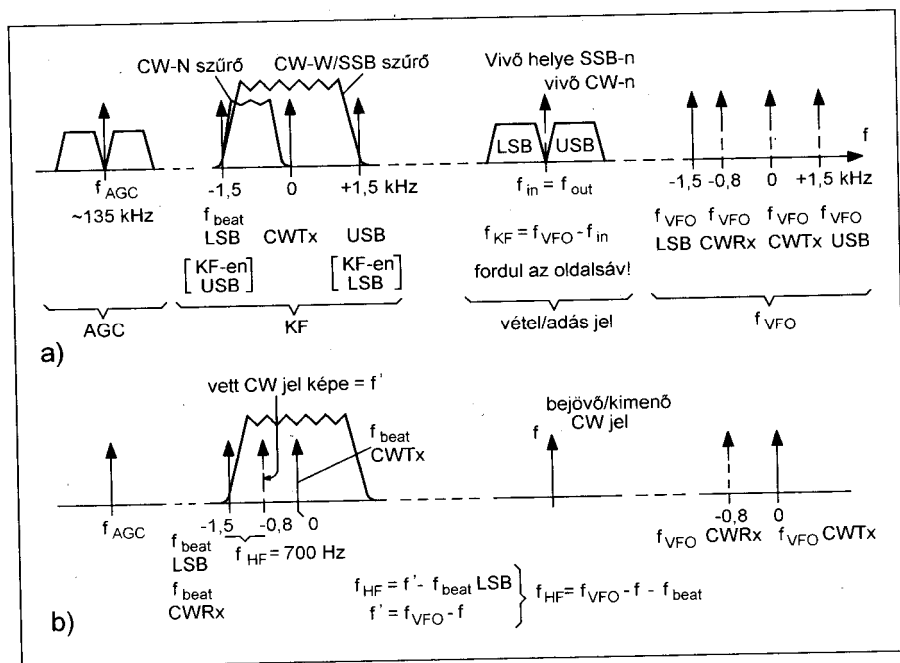
Minden adó-vevőnél külön feladat a CW-üzemmód előállítás. Az erre vonatkozó keverési terv az 1.b ábrán látható. Adáskor a vivőoszillátor a szűrő közepes frekvenciájának környezetében rezeg, ekkor a VFO frekvenciája olyan, hogy a névleges, kijelzőn látható frekvenciájú jel sugárzódik ki. CW-vételkor a névleges frekvenciájú jelet 700 Hz-cel halljuk. Azért, hogy az SSB-szűrő átviteli sávjában levő jelek csak egyszer legyenek hallhatók, az

üttetőoszillátor az LSB-nek megfelelő frekvencián rezeg. Így a CW KF-tükörállomást elnyomja a szűrő.

Ebben az adó-vevőben KF-szűrőnek létraszűrőket alkalmaztam. A keskenysávú CW-szűrő és az SSB-szűrő ugyanolyan kristályokkal készült. A kristályok között nincs soros kondenzátor, így a keskenysávú és az SSB-szűrő „alsó éle” kb. egybeesik. Ennek az előnye, hogy mindkét esetben az alsó él alá beállított üttetőoszillátorral vehető a 700 Hz-es CW-jel.

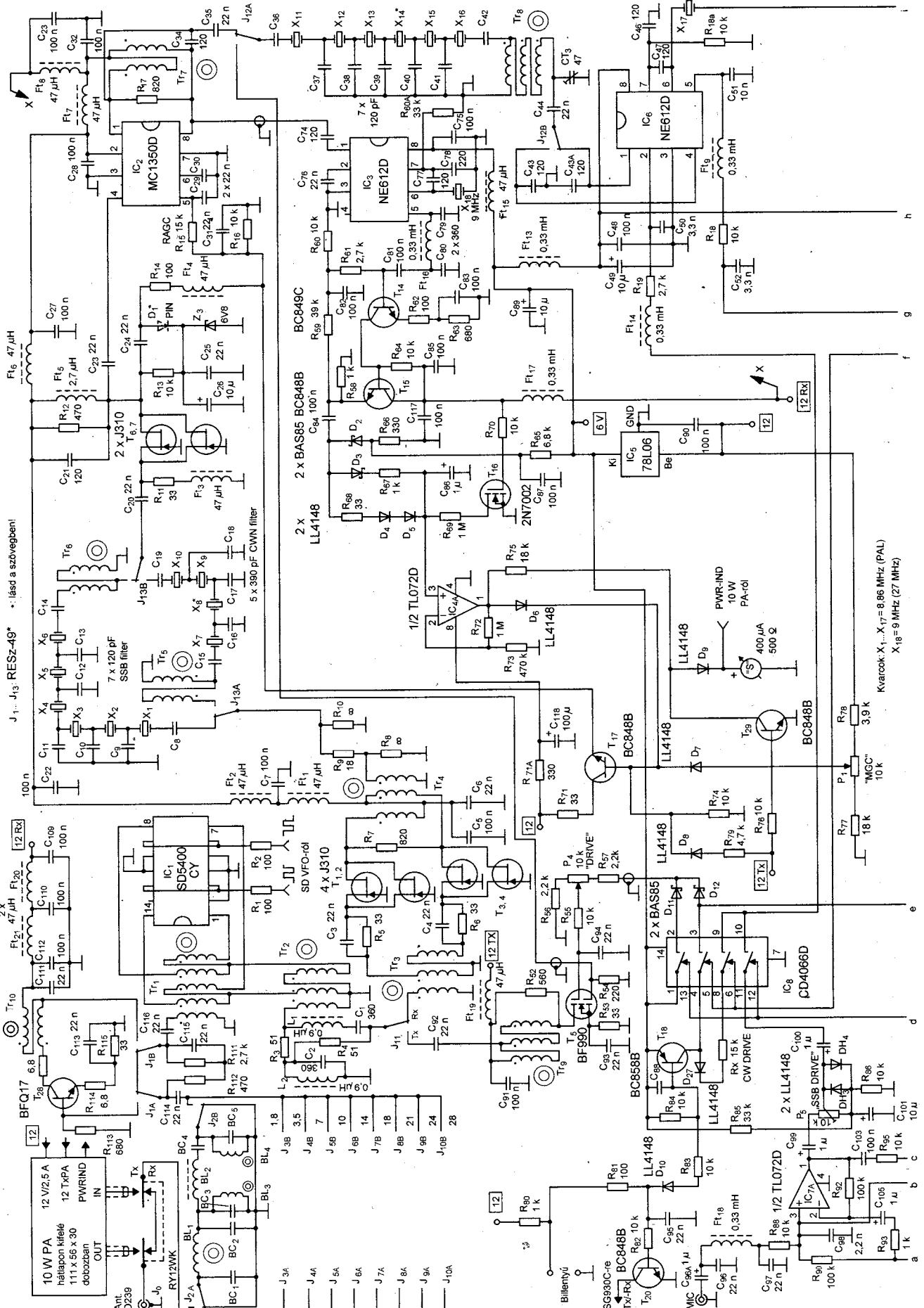
Az ábrákból látható, hogy az így beállított BFO-val KF-en a felső oldalsáv vehető, ez megfordul a kivonó keverés miatt. Így egy CW-jelet hallgatva, ha felfelé hangoljuk a rádiót, akkor a hang magasodik, ha a vett jel frekvenciája növekszik, mélyül a hangja.

Az adó-vevő kapcsolási rajza a 2. ábrán látható. Az antenna jele a J<sub>0</sub> adás-vétel váltó jelfogóra jut. Ez a jel-

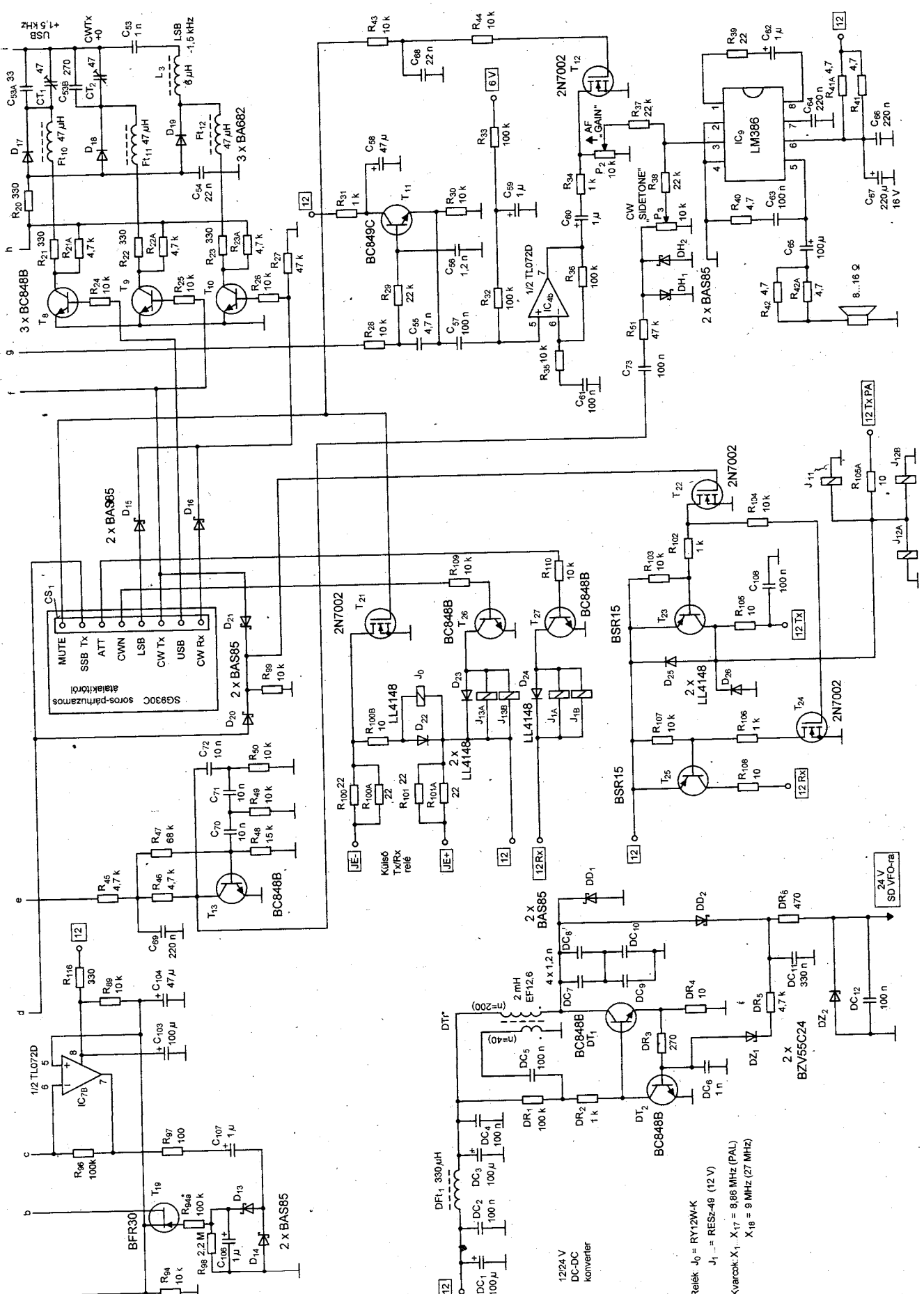


1. ábra

J<sub>1</sub>...J<sub>13</sub>: RESZ-49\*  
\*: lásd a szövegben!



Kvarok: X<sub>1</sub>...X<sub>17</sub>=8.86 MHz (PAL)  
X<sub>18</sub>=9 MHz (27 MHz)



Relék J<sub>0</sub> = RY12W-K  
 J<sub>1...5</sub> = RESz-48 (12 V)  
 Kvarcok: X<sub>1</sub> - X<sub>17</sub> = 8,95 MHz (PAL)  
 X<sub>18</sub> = 9 MHz (27 MHz)

fogó vételkor az antennát a sávszűrőkre kapcsolja, adásnál beiktatja az itt csak áramköri blokként ábrázolt 10 W-os végfokot. (Erre egy későbbi *Rádiótechnika-lapszámban* szándékozom visszatérni.)

## 2. Vételi fokozatok

### 2.1. Sávszűrők

Vételkor a jel a relékkel váltott sávszűrőkre jut. A sávonként váltott szűrők aluláteresztő +  $\Pi$ -sávszűrő jellegűek. (A kilenc, azonos áramköri felépítésű sávszűrőből az egyszerűség kedvéért a kapcsolási rajzon csak az egyiket részleteztem ki.) A sávonkénti behangolás így egyszerűbb, ráadásul az aluláteresztő szűrők javítják a tükörelnyomást. A jelfogós sávváltás drágább ugyan, mint a diódás, de a kiváló nagyjelű viselkedés miatt itt a műszaki paraméterek győztek.

A felsőkeverés miatt a tükőrálomlás  $f_1 = f_{be} + 2KF$  frekvencián van, tehát olyan szűrőkre van szükség, amelyek a hasznos jel feletti frekvenciákra nagyobb csillapítással rendelkeznek. Kompromisszumot kell kötni a sávszélesség, az oldalmeredekség, a csillapítás és természetesen a bonyolultság között. A választott megoldás még elfogadható. Igazából itt lehetne még sokat javítani a készüléken. Szívem szerint egy hármasszűrővel hangolható sávszűrőket építettem volna be. Azonban

úgy gondolom, ezzel el is vettem volna a kedvet az utánépítéstől. Többsektoros forgót pl. bőrzéken lehet beszerezni, de abban már nem vagyok biztos, hogy akár csak két egyforma is található, így maradt a szélessávú megoldás. Az alsóbb sávokon nagyobb a relatív sávszélesség, a fölsőkön 20...25% körüli. Keskenyebb sávszélességnél megvalósíthatatlan elemértékek jönnek ki.

Szimulátorba berajzolva nagyon szép görbéket kapunk, de a megvalósított, kisebb sávszélességű szűrők siralmas mérési eredményeket adtak. Azért, hogy a szórt kapacitások hatását kompenzálni lehessen, a sávszűrők hosszszanti ági tekercseit hangolhatóra (NEOSID 7,5 x 7,5 mm-es szerelvényre; a *HAM-bazárban* szerezhető be) készítettem. Igazán jó eredményt 14 MHz-ig adott, 18 MHz-en még elfogadható, fölötté túlságosan nagy csillapítást okozott. A ferriteket toroid porvasmagra cserélve, a veszteség látványosan (3...4 dB-lel) csökkent. A beállítás ezzel kényelmetlenebbé vált, de a végeredmény sokkal jobb lett. A csillapítás végül 1,5...2,5 dB között van.

Az alkatrészadatokat az **1. táblázat** tartalmazza.

### 2.2. Előerősítő

A sávhatárolt antennajel egy be-/kiiktatható előerősítőre kerül ( $T_{28}$ ). Az előerősítő és kapcsoló jelfogója csak vételkor kap tápfeszültséget, így nem za-

varja a működést adás közben. Ebben a fokozatban egy közepes teljesítményű bipoláris tranzisztor üzemel a szokványos kapcsolástechnikával. Kollektorárama kb. 30 mA, teljesítményerősítése 15 dB körüli. Az előerősítő használatának csak a felső sávokon van létjogosultsága, ott is csak akkor, ha nagy térerejű állomás nem okoz zavaró intermodulációt.

### 2.3. Keverő

Az eredeti vagy a felerősített jel a TRX gyöngyszemét képező FET-négyessel felépített „H” kialakítású keverőre ( $IC_1$ ) jut. A keverő kéttranszformátoros, kommutációs típusú. Jellegzetessége az igen nagy dinamika. Megfelelő transzformátorokkal az  $IP_3$  a 40...50 dBm-es tartományban van. Ez a fokozat alapvetően meghatározza a vevő nagyjelű tulajdonságát. Részletesen ismertettem a *Rádiótechnika 2003/04. számában*. A keverő szélessávú transzformátorai kb. 1000 relatív permeabilitású, 10 mm átmérőjű ferritgyűrűre készültek (anyaguk kb. az AMIDON -43 anyagnak felel meg). A transzformátorok, valamint az  $L_1...L_3$  tekercs adatai a **2. táblázatban** találhatóak meg.

A keverőt stabil, alacsony zajú ellenfázisú négyszögjellel kell táplálni, amely feladatot az SDVFO DDS-PLL rendszerű VFO látja el. A VFO-t és az egész készüléket az SG930C mikrokontrolleres vezérlőkártya irányítja.

**1. táblázat. A sávszűrők alkatrészadatai**

Sáv MHz	BC <sub>1</sub> pF	BC <sub>2</sub> pF	BC <sub>2A</sub> pF	BC <sub>3</sub> pF	BC <sub>4</sub> pF	BC <sub>5</sub> pF	BL <sub>1</sub> μH	BL <sub>2</sub> , BL <sub>4</sub> μH	BL <sub>3</sub> μH
1,8	1200	2200	330	2200	470	2200+1200	6,1; 37 menet Ø0,28; T37-2	2,36; 23 menet Ø0,28; T37-2	17,7; 43 menet Ø0,18 NEOSID 7,5x7,5 F2
3,5	680	1000	100	1200	270	1500+120	3,3; 27 menet Ø0,28; T37-2	1,35; 17 menet Ø0,28; T37-2	8,2; 29 menet Ø0,22 NEOSID 7,5x7,5 F2
7	180+180	1200	150	1200	82	1200	1,8; 20 menet Ø0,28; T37-2	0,41; 10 menet Ø0,28; T37-2	5,9; 25 menet Ø0,22 NEOSID 7,5x7,5 F10b
10	270	680		820	39	1200	1,3; 17 menet Ø0,28; T37-2	0,2; 7 menet Ø0,5; T37-6	6,1; 25 menet Ø0,22 NEOSID 7,5x7,5 F10b
14	180+12		1000		33	820	0,9; 14 menet Ø0,28; T37-2	0,17; 6 menet Ø0,5; T37-6 (fél kerületen)	4; 23 menet Ø0,22 NEOSID 7,5x7,5 F20
18	150		1000		15	1000	0,75; 13 menet Ø0,5; T37-2	0,08; 4 menet Ø0,5; Ø5 magon légmagos önhordó l=5 mm	5; 23 menet Ø0,28 NEOSID 7,5x7,5 F20
21	120+12		820		15+1,8	680	0,68; 14 menet Ø0,5; T37-6	0,08; 4 menet Ø0,5; Ø5 magon légmagos önhordó l=3 mm	3,3; 25 menet Ø0,28 T37-2
24	100+12	330		470	12	680	0,56; 13 menet Ø0,5; T37-6	0,06; 4 menet Ø0,5; Ø4,5 magon légmagos önhordó l=3 mm	3,4; 26 menet Ø0,28 T37-2
28	82+10	330		470	10	680+18	0,46; 11 menet Ø0,5; T37-6	0,045; 3 menet Ø0,5; Ø5 magon légmagos önhordó l=3 mm	2,8; 27 menet Ø0,4 T37-2

## 2.4. Dplxer

A keverőt dplxer követi, ami után a  $J_{11}$  adás-vétel váltó jelfogó található. A dplxer minden eleme a középfrekvencián  $50\ \Omega$ -ot képvisel. Ez a beállítás nem eredményez jó szelektivitást, de kismértékű félrehangolás nem ront jelentősen az átvitelen, ugyanakkor könnyen megvalósítható elemértékeket ad. A dplxer tekercsei is a HAM-bazárban vásárolt NEOSID  $7,5 \times 7,5$  mm-es tekercstestre készültek.

## 2.5. Ellenütemű erősítő; csillapító

A nemkívánatos keverési termékektől a dplxer által részben megtisztított jel 4 db jFET-ből ( $T_1, T_2, T_3, T_4$ ) álló ellenütemű előerősítőre kerül. Ez az erősítő a vevőrész egyik kritikus fokozata. Feladata a jelszint emelésén túl a korrekt illesztés megvalósítása dplxerhez, ill. a kristálysűrőhöz. Valós  $50\ \Omega$ -os bemenőellenállással, alacsony zajjal, mérsékelt erősítéssel, extrém nagy dinamikával kell rendelkeznie. Fontos még a stabil kimenőellenállás, a visszahatásmentes működés és a jó linearitás. A szakirodalom ebbe a fokozatba többféle megoldást ajánl. Az egyik a Norton-erősítő. A javított változatban két Norton-erősítő dolgozik ellenütemben. Az általában ajánlott bipoláris tranzisztorok néhány wattos UHF-típusok. A Norton-erősítő alkalmazásánál figyelni kell arra, hogy a kimeneti terhelés erősen megváltoztatja a bemeneti impedanciát. Mivel ez az erősítő általában erőteljesen változó impedanciájú kristálysűrőt hajt meg, nem pedig spektrumanalizátort, a Norton-erősítőt egy 3...6 dB-es csillapító, esetleg drágább megoldásként egy ellenütemű közös bázisú erősítő kell, hogy kövesse. A visszacsatoló transzformátorok felépítése, ferritanyaga kritikus, így az utánépítés sikere kérdéses.

Egy másik ajánlott megoldásban 4 db J310 FET működik párhuzamosan, ahol a bemenőimpedanciát, valamint az erősítést a közösített forráselektrodáknál a kapukra ható transzformáto-

ros visszacsatolás állítja be. A visszacsatoló transzformátor kivitele szintén kritikus.

A sikeres utánépíthetőség érdekében, egy harmadik megoldást választottam. Ellenütemű, földelt kapus jFET-es erősítőt építettem be. A földelt kapus fokozat zaja ugyan nagyobb, mint a közbelső földelésű, felépítése azonban sokkal egyszerűbb annál. Jellemzője a stabil, mérsékelt erősítés, a jó nagyjelű viselkedés és a kitűnő elválasztás a kimenet és bemenet között.

A fokozat mindkét ágában 2-2 db párhuzamosan kapcsolt J310 FET működik, FET-enként kb. 15 mA-es munkaponti árammal. A párhuzamosan kapcsolt FET-ek meredeksége összeadódik, így eredőben kb. 25...30 mA/V-os eszközt kapunk, 0,4 W max. disszipációval. A bemenőellenállás közelítőleg  $R_{be} = 1/Y_{21} \approx 35...40\ \Omega$ , ami széles frekvenciatartományban állandó. A két ág együttes bemenőellenállására 70...80  $\Omega$  adódik. Ezt kell illeszteni 50  $\Omega$ -ra.

A feladatot a  $J_{11}$  adás-vétel váltó jelfogót követő  $TR_3$  transzformátor oldja meg. A menetszámarány  $3/(2+2)$ , így eredőben  $(3/4)^2 \cdot 80 = 45$ , azaz 50  $\Omega$ -hoz közeli értéket kapunk. Az illesztés finomítható a menetszámáttétel kismértékű módosításával és/vagy a FET-ek munkaponti áramának változtatásával.

A fokozat kimeneti ellenállását a Drainek közé kapcsolt 820  $\Omega$ -os ellenállás állítja be. Ez a  $TR_4$ , 1:1:1 áttételű transzformátor kimenetén 200  $\Omega$ -ot jelent. (Ennek az értéknek semmi köze a fokozat optimális terhelőellenállásához. A 200  $\Omega$  az az ellenállás, amit az erősítőt követő kristálysűrő lát.) A fokozat teljesítményerősítése  $A_p = 2 \cdot 25\ \text{mA/V} \cdot 100\ \Omega = 5$ , azaz 7 dB, terhelve. A 100  $\Omega$ -os eredő terhelés a 820  $\Omega$ -os áttranszformálódott értékéből (= 200  $\Omega$ ) és a párhuzamosan kapcsolódó kristálysűrőt lezáró fokozat bemenőellenállásából adódik. A 7 dB-ről nem mondható el, hogy nagy érték lenne; éppen kompenzálja az előtte levő fokozatok veszteségét, de vegyük fi-

gyelembe, hogy az erősítő minden elvárást teljesít, amit vele szemben támasztottunk, továbbá igen jelentős kivezérlési tartalékkal rendelkezik!

A keverő után következik a jelútban az  $R_{8...10}$  1 dB-es csillapító. A csillapító egyenletesebbé teszi az erősítő terhelését, javítva ezzel az intermodulációs tulajdonságokat.

## 2.6.1. KF-sűrők

A KF-jel a vevő fő szelektivitását adó 8,86 MHz-es, orosz RESZ-jelfogókkal váltott ( $J_{13A, B}$ ) 6 tagú SSB, vagy 4 tagú CW létrasűrőre jut, amelyek a vevő fő szelektivitását biztosítják. A sűrők azonos frekvenciájú kristályokból álló létrasűrők. A 8...11 MHz közötti kristályokkal lehet könnyen megfelelő sávzélességű sűrőt készíteni. Célszerű kb. 25 db 8,86 MHz-esből kiválasztani a 200 Hz-en belüli példányokat. Ha azonos gyártótól, azonos sorozatból származókat vásárolunk, akkor jó esélyünk van az egyformaságra. A CW-sűrőbe pontosabbakat válogassunk! Én egy olyan kéttranzisztoros oszcillátorban mértem a kristályokat, ami a soros rezonancián rezgeti be azokat.

Az SSB-sűrőben az összes kondenzátor 120 pF-os, a keskenysávú CW-sűrőben 390 pF-os. Az SSB sűrőről 200  $\Omega$  körüli lezárások között ad szép átvitelt, a CW-sűrő 50  $\Omega$ -osok között. A megfelelő illesztés érdekében az SSB-sűrő kimenetén, valamint a CW-sűrő bemenetén van egy-egy 200/50  $\Omega$ -os transzformátor ( $TR_5, 6$ ). Az átkapcsolás a  $J_{13}$  jelfogóval történik, a sűrők bemenetén 200  $\Omega$ -os, a kimenetén 50  $\Omega$ -os impedanciák között.

Lényeges, hogy a keskenysávú CW-sűrő a KF-lánc elején van, az AGC-jel kicsatolása előtt! Ez biztosítja, hogy ha a gyenge hasznos jel frekvenciájához nagyon közeli frekvenciájú „erős” állomás működik, az nem sűkíti le a vevőt az AGC-áramkörön keresztül. (A hangfrekvenciás CW-sűrők tipikus problémája ez; mind egy, hogy DSP-vel vagy egyszerű analóg áramkörökkel van megoldva.)

**INCOMP Electronics**

**Elektronikai alkatrész kis- és nagykereskedelem**

2120 Dunakeszi Fő út 35. Tel.: 27/342-407  
Nyitva: hétköznap 9.00-17.00 óráig

Fax: 27/341-601 Email: [incomp@dunaweb.hu](mailto:incomp@dunaweb.hu)  
Postai utánvételes csomagküldés

Raktárról kínálunk többezer féle elektronikai alkatrészt.  
IC-k, ellenállások, kondenzátorok, diódák, tranzisztorok, LED-ek, kvarcok stb. nagy választékban, SMD kivitelben is.  
Internet címünkről [www.incomp.hu](http://www.incomp.hu) online keresési és rendelési lehetőség!

Az SSB-módban 2,5 kHz-es, a CW-módban kb. 800 Hz-es sávészélességű KF-jel a T<sub>6,7</sub> földelt kapus jFET-es erősítőre kerül. Ebben a fokozatban 2 db J310 FET működik, párhuzamosan kapcsolva. A draináram kb. 25 mA, a merekség 20...25 mA/V, így a bemenőellenállás 50 Ω körüli, a teljesítményerősítés pedig 8...10. Ez elegendő ahhoz, hogy a rendszer zaját ne a fő KF-erősítést adó MC1350 zaja háttárazza meg. A két jFET munkaellenállása erősen csillapított rezgőkör. További csillapítást lehet elérni ebben a fokozatban az opcionális D<sub>1</sub> PIN-diódával. A dióda söntöli a jelet, továbbá a munkaellenállás csökkenése mérsékli a fokozat erősítését. (A mintapéldányban nincs beépítve a PIN-dióda, mert az MC1350 erősítésszabályozási tartománya is elegendőnek bizonyult.)

## 2.7. KF-erősítő

A vételi lánc következő eleme az MC1350 KF-erősítő IC. A teljes erősítés nagy részét ez a fokozat adja, ez emeli a KF-jelet detektálható szintre. Zajának csökkentése érdekében 450 Ω körüli bemeneti impedanciáról működik. Itt valósul meg a vevő erősítésszabályozása, aminek mértéke kb. 70 dB. Ehhez járulhat még hozzá az említett PIN-dióda csillapítása. Az IC kimenete differenciál üzemmódban egy 820 Ω-os ellenállásra dolgozik. Ez aszimmetrikusan 200 Ω-ot ad, így illeszkedik a KF-erősítőt követő 2. kristálysűrűhöz.

### 2.8.2. KF-sűrű

Az AGC áramkör és az MGC által szűkített dinamikartományú középfrekvenciás jel a KF-erősítő IC-ből a J<sub>12A</sub> jelfogón át jut a második kristálysűrűre. Ez a 6 tagú szűrő (X<sub>11</sub>...X<sub>16</sub>, C<sub>36</sub>...C<sub>42</sub>) ugyanolyan felépítésű, mint a KF-lánc elején lévő. Szerepe kettős. Vétel üzemmódban zajsűrűként működik, valamint a szelektivitást növeli kiváló szintre. Adásirányban a jel „fordítva” halad át rajta; a DSB-jelből állítja elő az SSB-jelet. A kristálysűrű kimenetén (a vétel irányból nézve) a TR<sub>8</sub> 200 Ω/1,8 kΩ rezonáns transzformátor található, amelynek feladata az IC<sub>6</sub> NE612 balanszmodulátor/demodulátor 2 kΩ-os impedanciáit illeszteni a szűrő optimális 200 Ω-jához.

A J<sub>12B</sub> jelfogó kapcsolja át a szűrőt IC<sub>6</sub> be-/kimenetéhez. A TR<sub>8</sub>-at a középfrekvenciára kihangoló C<sub>43</sub> és C<sub>43a</sub>

kondenzátor külön-külön csatlakozik IC<sub>6</sub> be-, ill. kimenetéhez. Így adásirányban javítható a kiegyenlítetttség, a vivőelnyomás.

## 2.9. AGC

A jelút másik ága az IC<sub>3</sub> AGC-keverőre vezet. Ennek a kimenetén kb. 140 kHz-re lekevert KF-jel keletkezik, amit tranzistoros erősítővel emelünk könnyen egyenirányítható szintre. Az egyszeres keverésű KF-en egyenirányított AGC-jű vevőknel ugyanis komoly problémát okoz a szükséges igen nagy erősítés. Az alacsony AGC II. KF-re történő átkeverése megoldja ezt a problémát.

Az AGC-keverő fokozat NE612 belső oszcillátora olyan kvarekristállal üzemel, amelynek a frekvenciája 100...150 kHz-cel tér el a KF-értéktől. (pl.  $f_{KF} = 8,86$  MHz,  $f_{X18} = 9$  MHz.) Így egy kényelmesen kezelhető jelet kapunk. Az IC<sub>3</sub> feszültség-erősítése kb. 20, kimenőellenállása 2 kΩ. A zavaró keverési termékektől egyszerű aluláteresztő tisztítja meg az AGC KF-jelet, amit kéttranzistoros erősítőfokozat (T<sub>14</sub>, T<sub>15</sub>) emel voltos nagyságrendű szintre.

Az egyenirányítást alacsony szinten főképp az előfeszített D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> Schottky-diódás kétutas egyenirányító végzi. Nagyszintű jeleknél besegít a D<sub>4</sub> és a D<sub>5</sub> is, ami gyorsabb AGC-válaszidőt eredményez. Az AGC-egyenirányító előfeszültségét az IC<sub>5</sub>, 6. V-os stabilizátor IC állítja elő. Az AGC lecsengési időállandóját a C<sub>86</sub> és az R<sub>69</sub> szorzata állítja be 1 s-ra.

Az R<sub>69</sub>-cel sorba kapcsolódik a T<sub>16</sub> kapcsoló MOSFET. Adás üzemben ez a FET zárt, így az R<sub>69</sub> leválasztódik a tárolókondenzátorról. Ennek eredményeképpen az AGC-áramkör mintegy „emlékszik” az előző vételi állapotra, így adásról vételre kapcsoláskor nincs zavaró nagyszintű HF-jel.

Az AGC egyenfeszültséget IC<sub>4A</sub> DC-erősítő emeli olyan nagyságúra, ami képes leszabályozni az MC1350-et. Az AGC-jelet, az erősítésszabályozó potméter jelét és egy adásra kapcsoláskori süketítő jelet a D<sub>6</sub>, a D<sub>7</sub>, ill. a D<sub>8</sub> összegzi. Az összegző kimenetét a T<sub>17</sub> emitterkövető illeszti az MC1350 AGC-bemenetéhez, valamint a PIN-diódás csillapítóhoz. A vett jel erősségét az IC<sub>4A</sub> kimenetéről ellenálláson át táplált 400 μA/500 Ω-os kisméretű „magnóindikátor” jelzi. Szerepe szerintem igazából a készülék díszítése.

Úgy gondolom, a riportot inkább fültre adja az amatőr, nem mikrovoltra. Ha jó jel/zaj viszonytal lehet hallani egy S5 térerejű állomást, akkor örömmel adunk 599-et. Ellenben hiába jön S9-cel, ha olyan magas a zajszint, hogy éppen hogy csak kiemelkedik belőle. Ekkor a riport pl. 339.

## 2.10. BFO/modulátor-demodulátor

A fő jelútban az X<sub>11</sub>...X<sub>16</sub>, C<sub>37</sub>...C<sub>41</sub> kristálysűrű után az IC<sub>6</sub> BFO/modulátor-demodulátor következik, amelynek kimenetén már a hangfrekvencia jelenik meg. Kapcsolásunkban az NE612 belső oszcillátortranzisztor működik vivőgenerátorként. Egy külső jFET-es kapcsolás jobban viselkedne, de enélkül is van bőven alkatrész a készülékben. Az oszcillátortranzisztor emitterére (7. láb) az R<sub>18a</sub> 10 kΩ-os ellenállás csatlakozik, ami megnöveli a tranzisztor áramát, javítva ezzel a rezgőképességet. (Ez a gyártó adatlapja szerint megengedett eljárás.) Az oszcillátorban 1 db, a szűrőkbe beépítettekkel azonos típusú, frekvenciájú kvarc működik. A szükséges frekvenciaeltolásokat (LSB-n -1,5 kHz, CWTx-en 0, USB-n +1,5 kHz) a kristállal soros impedanciák diódás átkapcsolásával oldjuk meg. A kapcsolódiódákat (D<sub>17</sub>...D<sub>19</sub>) tranzisztorok (T<sub>8</sub>...T<sub>10</sub>) vezérlik, amelyek az SG930C-ről kapják a vezérlőjelet. Az egyszerűség kedvéért a CW-vétel az LSB-jellel történik. Az IC<sub>3</sub> és az IC<sub>6</sub> stabilizált tápfeszültségét szintén az IC<sub>5</sub>-ről nyerjük.

## 2.11. Hangfrekvenciás fokozatok, önhanggenerátor

A demodulált hangfrekvenciás jel passzív, majd a T<sub>11</sub> köré épült aktív aluláteresztőn átjutva az IC<sub>4B</sub> HF-előerősítőre kerül, amelynek a feszültség-erősítése 11-szeres. Az így felerősített HF-jel áramkorlátozó ellenálláson át a P<sub>2</sub> hangerőszabályozó potenciométeren átjutva az IC<sub>9</sub> LM386 HF-vég-erősítő IC bemenetét vezérli. A hangerőszabályozóval párhuzamosan kapcsolódik a T<sub>12</sub> HF-némító FET, amit a MUTE jel vezérel. Ez a némítás is hozzájárul a sima Tx → Rx váltáshoz. Ide keverhető be a P<sub>3</sub> potenciométerrel a CW önhanggenerátor (fázistolós oszcillátor; T<sub>13</sub>) jele is.

A megfelelő hangfrekvenciás teljesítményt az IC<sub>9</sub> szolgáltatja. A kb. 0,5 W-os HF-jel egy kapcsolós Jack-

aljzaton át vagy a belső hangszórót, vagy a külső fejhallgatót működteti.

### 3. Adófokozatok

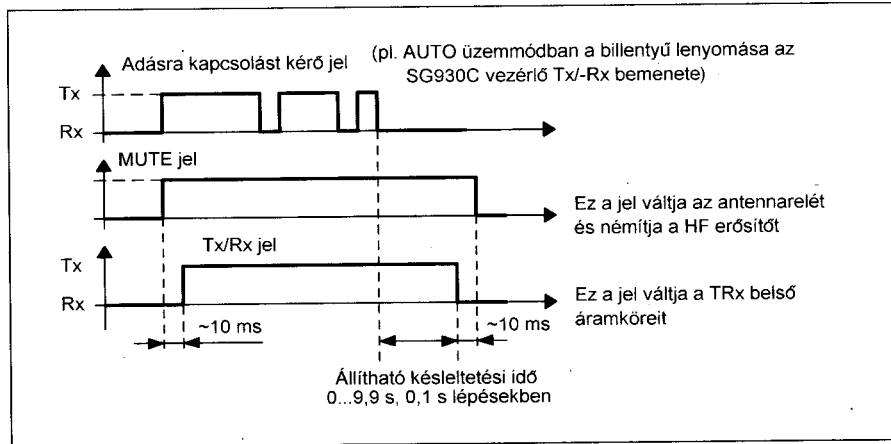
Adásirányban, SSB üzemmódban az IC<sub>7A</sub> alacsony zajú erősítő fogadja a mikrofon jelét. Az IC<sub>7B</sub>-n és a T<sub>19</sub>-en alapuló automatikus szintszabályozó áramkör tartja közel állandó értéken a moduláló jelet. CW-üzemmódban a T<sub>18</sub> kapcsolótranszisztor kezeli a billentyű jelét, miközben a T<sub>20</sub> vezérli az SG930C mikrokontrolleres kártyát. A jelek üzemmódok szerinti irányítását az IC<sub>8</sub> analóg kapcsoló végzi, ami a vezérlését az SG930C modulról kapja.

A megfelelően kezelt moduláló HF-, ill. a billentyű által gerjesztett DC-jel a balanszmodulátorként működő IC<sub>6</sub>-ra kerül. Ennek kimenetén vagy a DSB jel, vagy CW-üzemben a vívő jelenik meg. Ez a jel a J<sub>12B</sub> jelfogón át „visszafelé” halad az X<sub>11</sub>...X<sub>16</sub> kristálysűrőn. A J<sub>12A</sub> mozgó érintkezőjén már egyoldalsávú jel mérhető, amelyet a T<sub>5</sub> erősít fel. Itt történik az adás kimenőszintjének beállítása is. A felerősített, megfelelő szintű SSB jel J<sub>11</sub>-en át az IC<sub>1</sub> keverőre kerül, ahol ugyancsak visszafelé haladva a sávszűrőkön át a kisszintű kimenetre jut.

Az illesztőerősítő, egy további szintemelő erősítő, egy ellenütemű meghajtó és az ellenütemű végfokozat a hátlapra szerelt külön dobozban kapott helyet. Mint említettem, ezt az egységet egy későbbi cikkben részletezem.

A 10 W-nyi RF-jelet a J<sub>0</sub> kapcsolja az antennára. A szükséges vezérlési feladatokat az SG930C áramkör, a szintillesztéseket, a relémeghajtásokat a T<sub>21</sub>...T<sub>27</sub>-tel felépített áramkörök végzik. A J<sub>2</sub>...J<sub>10</sub> jelfogót a soros átalakító vezérli, az RT 2003/11. számában megjelent folytatás 5. ábrája szerint. Ez a kapcsolási részlet a 2. ábrán nem szerepel, de a netről letölthető (lásd később) SM-oldali beültetési rajzon természetesen megtalálhatók a szükséges alkatrészek (BT<sub>1</sub>...BT<sub>9</sub>, BD<sub>1</sub>...BD<sub>9</sub>, BR<sub>1</sub>...BR<sub>9</sub>).

Az adás-vétel átkapcsolást végző áramkörök a T<sub>21</sub>...T<sub>25</sub> tranzisztorokra épülnek. Vezérlést az SG930C MUTE és az összekapuzott SSBTx, CWTx kimenetről kapnak; az üzemmódoknak megfelelően 12 V-ot kapcsolnak a készülék áramköreire. A T<sub>23</sub> és a T<sub>25</sub> PNP tranzisztor kis maradékfeszültségű, 0,5 A-es típus.



3. ábra

Fontos rendszertechnikai részlet az adás-vétel váltás megoldása. A kissé módosított programú SG930C vezérlő két jele kapcsolja át az adás-vétel üzemmódokat. A jelek sorrendisége a 3. ábra szerinti. A MUTE (némítás) jel süketíti a HF-erősítőt a produkt-detektor irányából, ugyanakkor átkapcsolja a J<sub>0</sub> antennaváltó jelfogót. Ez a váltójel a készülék hátoldalán levő csatlakozóra is ki van vezetve védőellenállásokon keresztül, így egy külső teljesítményerősítő antennaváltó reléjét tudja közvetlenül kapcsolni. A CWTx és SSBTx jelekből kikapuzott jel váltja át a többi fokozatot. Így biztosítható, hogy az antennaváltó relé nem kap RF-teljesítményt váltás alatt. A végfokozat biztonságosan az antennára van kapcsolva, amikor megjelenik a kimenő RF-jel. Adásról vételre váltáskor a vevő lágyan éled, zavaró kattanástól mentesen.

CW-üzemmódban a billentyű lenyomása lezárja T<sub>20</sub>-at ami az SG930C Tx/-Rx bemenetét magas logikai szintre állítja. AUTO üzemmódban ez ki-váltja az adásra kapcsolást, ami innentől egyenértékű a kézi adásra kapcsolással. Az SG930C CWTx vonalán megjelenő 5 V a vívőösszcillátort a sűrű közepes frekvenciáján engedélyezi, továbbá az analóg kapcsolót úgy állítja, hogy a balanszmodulátor bemenetére a billentyűzés ütemében a kiegyenlített-jelet felborító vezérlőáram kerüljön. A CW-szint az Rx CWDRIVE ellenállással állítható. A T<sub>5</sub> erősítését állító P<sub>4</sub> DRIVE potméter felső fele is a CW-jel ütemében kap feszültséget, így csökkentve a jelszűnetekben megmaradó jelszintet.

A CW-önhanggenerátor tranzisztorának munkapontja úgy van megválasztva, hogy billentyűzéskor a lehető

legkisebb legyen a DC-ugrás a kollektorán.

A klikket csökkenti a C<sub>69</sub> kondenzátor, valamint az önhang szintjét állító P<sub>3</sub>-mal párhuzamosan kapcsolt 2 db Schottky-dióda.

### 4. Segédáramkörök

#### 4.1. DC/DC-konverter

Az SDVFO megfelelő működéséhez +24 V feszültség is szükséges. Ezt a DT<sub>1</sub>-gyel, ill. a DT<sub>2</sub>-vel felépített szabályozott DC/DC átalakító állítja elő. (Technikatörténeti érdekesség: A kapcsolás alapja egy 1640/88 számon szabadalmat kapott áramkör és működési leírása. A szabadalom alapján kiszámított tápegységek és világítástechnikai elektronikai készültek. A szerzők: Deli Jenő, Schulcz Gábor, Kocsis Ferenc. DSK35 néven még talán ma is készül nátriumlámpához elektronikus előtét, aminek már valószínűleg semmi köze az eredeti szabadalomhoz, eredeti áramkörhöz. A gyártó talán még nem, a T. olvasó már tudja, hogy honnan származik a termék neve...)

Bekapcsolás után a DC<sub>5</sub> töltődni kezd DR<sub>1</sub>-en át, így DT<sub>1</sub> „teljesítmény” tranzisztor egy idő után elkezdi vezetni, így a DTR<sub>1</sub> transzformátor nagy menetszámú tekerésén feszültség jelenik meg. Ez a feszültség átranzszformálódik a DC<sub>5</sub> oldalra, így megemeli DT<sub>1</sub> vezérlőfeszültségét. Az jobban nyit, a folyamat felgyorsul, a DT<sub>1</sub> telítésbe vezetődik, árama lineárisan emelkedik. Ez az áram átfolyik a DR<sub>4</sub> figyelőellenálláson, folyamatosan emelve a DT<sub>2</sub> vezérlőtranzisztor bázisfeszültségét. Amikor ez a feszültség elkezd nyitni a DT<sub>2</sub>-t, az lezárni igyekszik a DT<sub>1</sub>-et. A

belső késleltetések és visszacsatolások miatt az áramkör nem megy át áramgenerátorba, hanem szépen oscillál a DT<sub>r</sub> és DC<sub>7...DC10</sub> által meghatározott frekvencián. Az átkapcsolási áram szintje csökkenthető a DT<sub>2</sub> bázisához folytatott árammal. Végeredményben egy trapéz alakú jelet produkáló, záróüzemű, szabályozott DC/DC átalakítót kapunk, ami sokkal kisebb zavar szintet termel, mint a szokásos négyszögüzeműek. A DT<sub>1</sub> természetesen kapcsolóüzemben működik. A kimenőfeszültség kétszeresen stabilizált.

#### 4.2. A készülék tápfeszültség-ellátása

A készülék tápfeszültség-ellátása 12...14 V stabilizált hálózati tápegységről vagy akkumulátorról lehetséges. Vételkor az áramfelvétel < 0,4 A; adáskor < 2 A. (Az SG930C meglehetősen sokat fogyaszt.) Valamilyen módon célszerű biztosítani, hogy fordított polaritású feszültség ne kerülhessen az adó-vevőre. Ha tápegységről használjuk, akkor a párhuzamos Schottky-dióda a jó megoldás, legfeljebb bekapcsol a túláramvédelem. Akkumulátoros táplálásnál vigyázni kell, mert többször tíz amperes áram is folyhat, így olvadóbiztosítót kell használni! Ha soros diódát építünk be, akkor számolni kell annak feszültségességével (kb. 0,5 V Schottkynál), valamint plusz szűrőelköt (pl. 2200 µF/16 V-osat) kell beépíteni.

#### 5. Mechanikai kialakítás

Véleményem szerint a legtöbb elképzelés azért nem ölt testet működőképes berendezésben, mert az amatőröknek sem lehetőségük, sem energiájuk nincs elfogadható szintű mechanikát, dobozt, nyáklemezt készíteni. Ahhoz, hogy egy konstrukció utánépíthető legyen, a konstruktőr felelőssége a beszerezhető alkatrészek kiválasztása, az esetleges nehezen hozzáférhető alkatrészek hozzáférhetőségének biztosítása, a mechanika olyan kialakítása, ami akár a konyhaasztalon is elkészíthető stb. Aki ilyen szemmel nézve is tervezett már készüléket és azt publikálta, tudja, hogy ez legalább annyi energiát emészt fel a konstruktortól, mint maga a tervezés és a mintapéldány elkészítése.

Azért, hogy a készülék ne felfasztalnyi méretű legyen, az alkatrészek nagy része SMD. Az egész áramkört az SG930C, SDVFO, végfok kivételével

egyetlen kétoldalas nyák hordozza. A panel hagyományos alkatrészek felőli, illetve az SMD-oldalának **nyák-rajza** a [www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu) honlapról, ezen évkönyv tartalomjegyzékénél **tölthető le**.

Az SDVFO az eredeti elképzelést követve merőlegesen van a „nagy” panelre ültetve. Az SG930C helye a nagy nyákból kimarad, 2 db fül segítségével van a doboz aljára rögzítve. Sikerült megállapodni a felhasznált 60 × 200 × 200 mm-es doboz gyártójával, hogy az előlapon szükséges jelentős számú furatot, kivágást elkészíti, nagymértékben megkönnyítve az esztétikus utánépítést. A nagy nyákon számos hagyományos vezetékvezetés található, ezek beazonosítása a beültetési rajz alapján lehetséges. Az összeköttetést az SG930C áramkörrel, annak dobozába épített soros-párhuzamos átalakítón levő csatlakozók biztosítják. Az adó-vevőbe a vezetékek másik vége be van forrasztva, így a csatlakozás az SG930C felől bontható. Kissé átprogramoztam az SG930C-t, így a középső 6 pólusú csatlakozó csak az esetleges külső végfokozatban lévő aluláteresztő szűrőket váltja, ezért ezt közvetlenül a hátlapon levő csatlakozóra lehet vezetni. Az SDVFO-t vezérlő /2 vonal a 10 pólusú csatlakozó 6 pólusú felé eső utolsó pontjára került.

A készülék hátlapján kapott helyet az antennacsatlakozó, az RS232 és a külső végfokozatot vezérlő csatlakozó, valamint a kimenőszintet állító potméter. (Az RS232 még nem működik. A korrekt jelszintek biztosítása érdekében kell egy kis, pl. MAX232 IC-vel felépített áramkör, amit a csatlakozóra lehet forrasztani. Továbbá némi programozási munka is hátra van. Célszerűen valamelyik gyári készülék utasítás-készlet-részt fogja ismerni az adó-vevő. 7TY Bandi a Kenwood-ot ajánlotta. Hajlok a szóra. Amennyiben valakinek van más ötlete némi indoklással, azt szívesen fogadom.)

A készülék tetején kapott helyet a kb. 60 mm átmérőjű hangszóró. Tudom, nem a legjobb megoldás, de csak itt volt hely. Ha komolyabb hangerőigényünk van, akkor az előlap bal felső sarkában levő 3,5 mm-es Jack-aljzatba egy számítógép-hangdoboz bemeneti kábele csatlakoztatható. A mikrofon ugyanilyen csatlakozója bal oldalon alul van, míg a billentyű jobb oldalon alul.

Az egész előlap meglehetősen zsúfolt. Eredetileg csőtengelyes kettős po-

tenciométereket akartam beépíteni. Sajnos ezek már alig beszerezhetőek, így 3 db hagyományos Piher gyártmányú építettem be. A funkciójuk balról jobbra: érzékenység, hangerő, CW-önhang. Forgatógombnak valamilyen esztétikus, kisméretűt kell felszerelni. Az adó-vevő paneljét 4 db csavarral rögzítettem a doboz ilyen célra kiképzett tartó sínén 4 db szegeccselhető anya segítségével.

A készülék belsejéről készült fotót a **4. ábrán** láthatjuk. A hangszóró a doboz leemelt, az ábrán nem látható fedeléhez van belülről hozzáerősítve. A hangszóró előtti fedéláttörést dísrács takarja.

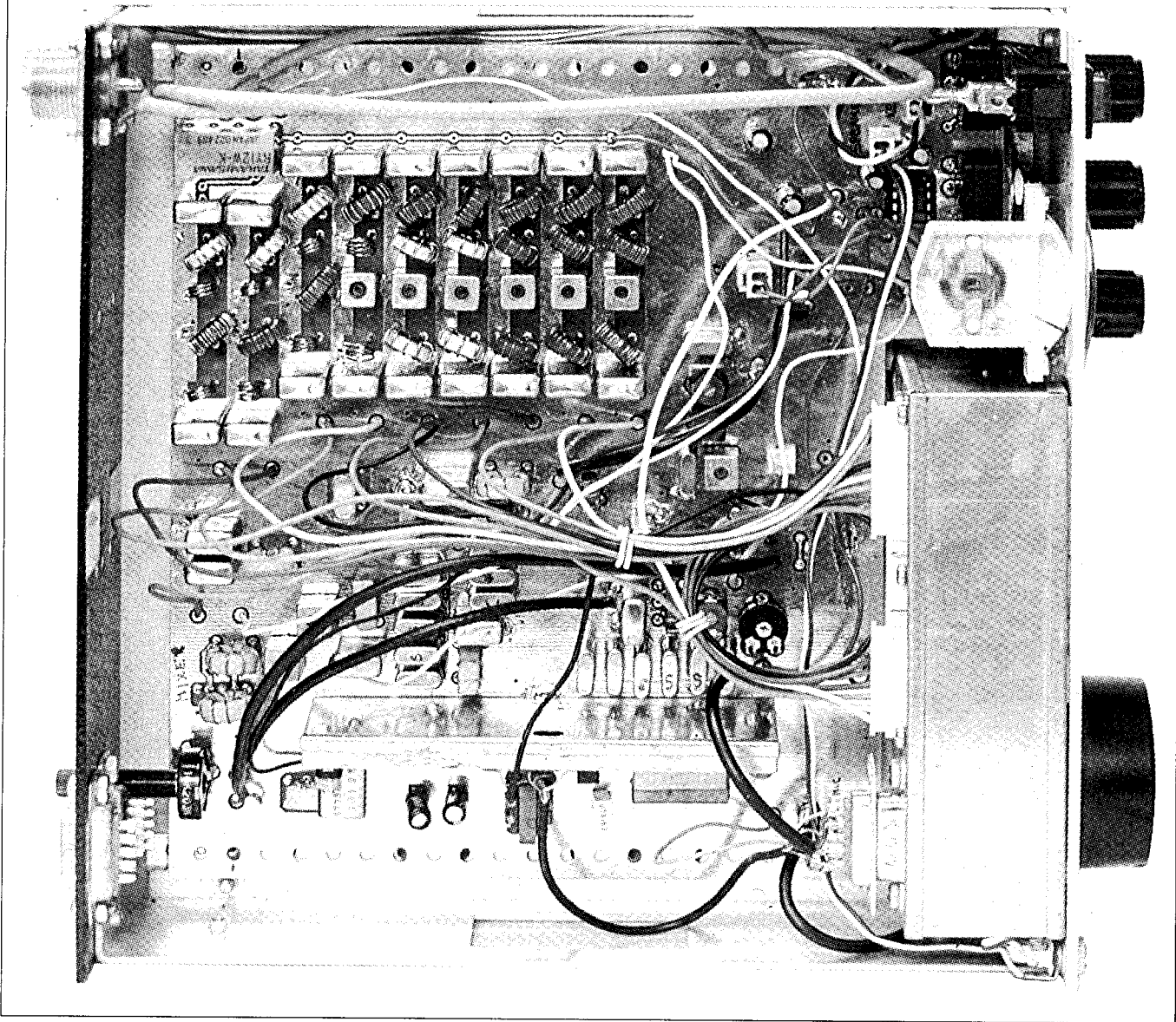
#### 6. A mintakészülék megépítése, élesztése során szerzett tapasztalatok

##### 6.1. Általános tanácsok, tapasztalatok

Az SMD-kel megszerelt nyákoldal és a hagyományos alkatrészeket hordozó paneloldal **beültetési rajza** a korábban már jelzett helyről **tölthető le**. A vezetékvezetés a következőképpen alakul:

- a MUTE, SSBTx, PREAMP, CWN, LSB, CWTx, USB, CWRx sorrendben az SG930C soros-párhuzamos átalakítójának CS<sub>1</sub> kimeneteire;
- a BPF\_1.8...BPF\_28 sorrendben az SG930C soros-párhuzamos átalakítójának CS<sub>3</sub> kimeneteire;
- 10 cm-es Tx/Rx vezeték az SG930C DSUB9-re;
- 10 cm-es árnyékolat vezeték (12\_SG) az SG930C DSUB +12 V, 0 pontra;
- 10 cm-es vékony, 50 Ω-os koax az ANT pontokra;
- 20 cm-es vékony, 50 Ω-os koax a vég-erősítő-bemenetre (PA\_IN);
- 10 cm-es vékony, 50 Ω-os koax a vég-erősítő-kimenetre (PA\_OUT);
- 20 cm-es fekete vezeték a 12TXPA vég-erősítő tápbemenetre;
- 10 cm-es piros vezeték az előlapi tápfesz. kapcsolóra, 4 mm-es saruval;
- 10 cm-es árnyékolat vezeték a MIC csatlakozópontok és az előlapi mikrofon Jack-hüvely közé;
- 10 cm-es kéteres vezeték a KEY csatlakozópontok és az előlapi billentyű Jack-hüvely közé;
- 10 cm-es kéteres vezeték az S\_METER csatlakozópontok és az előlapi indikátorműszer közé;
- 25 cm-es, kétpólusú vezeték a SPEAKER csatlakozópontok és a bontóérintkezős előlapi Jack-hüvely, valamint további kéteres vezeték a fedőlapi hangszóró közé;
- 8 cm-es piros vezeték a 12\_1 és a 12\_BPF közé;
- 2 db 8 cm-es piros vezeték a 12\_2, a 12\_4 és a 12\_3 közé;





4. ábra

- 8 cm-es fehér vezeték a 12RX és a 12RX\_1, valamint 15 cm-es fehér vezeték a 12RX\_1 és a 12RX\_2 közé;
- 17 cm-es fekete vezeték a 12TX és a 12TX\_1 közé;
- 10 cm-es fehér vezeték az AGC és az AGC\_1 közé;
- 10 cm-es fehér vezeték a J11 és a J11\_1 közé;
- 10 cm-es fehér vezeték a J12 és a J11\_12 közé;
- 17 cm-es fehér vezeték a J0\_1 és a J0\_2 közé;
- 15 cm-es vékony árnyékolt vezeték a DRV1 és a DRV1\_1 közé;
- 10 cm-es vékony, 50 Ω-os koax az SSB és az SSB\_1 közé;
- 10 cm-es vékony, 50 Ω-os koax az AGCRF és az AGCRF\_1 közé.

Az előlapoldali potenciométereket egy kisméretű, a nagy nyákhöz forrasztott felfogópanellel is rögzítettem. Beépítés előtt az összes RESZ49 típusú

felfogót ellenőrizni kell 11 V-tal, hogy ténylegesen kapcsolnak-e. *Nem csak kattanniuk kell, hanem kapcsolniuk is!*

12 V-ot kapcsoltam az LM386-hoz közeli tápfeszültségpontra. A hangszóróban megjelent a halk sístergés, jelezve a HF-erősítő működését. A MUTE vezetékét átmenetileg a GND pontra kötöttem, hogy ne zavarja az élesztést a MUTE FET. (Hanggenerátort kapcsolva a HF-lánc bemenetére, netán oszcilloszkópot a hangszóróra, ellenőrizhető a működés.) Csipesszel megérintettem a produktdektort követő aluláteresztő egyik alkatrészét: az ismerős bűgást hallottam. A vezérlővezetékek helyére egy-egy huzaldarabot forrasztottam. Beforrasztottam a J12A és a T5 közötti vékony koaxkábel-darabot. A vezérlővezetékekkel LSBTX

üzemmódot állítottam be (LSB, SSBTX, MUTE = 6 V, a többi nullán). Az IC<sub>6</sub> (most balanszmodulátor) 2. lábát földeltem, így az oszcillátóra által keltett jel a kimenetére jutott. Oszcilloszkóppal megmértem: kb. 0,5 V effektív értékű volt a jel.

A J12A, J12B-re 12 V-ot adtam. A 2. kristálysűrű után a T5 kapuján kissintű vívő jelent meg. Az IC<sub>6</sub> oszcillátorában levő L<sub>3</sub>-at úgy állítottam be, hogy a jelszint a tizedére esett vissza (-20 dB-es pont), a teljesen kicsavart ferritmágus szinthez képest. Az LSB-t nullára, az USB-t 6 V-ra kapcsoltam. Most a CT<sub>1</sub> trimerrel állítottam be a 20 dB-es pontot. CWTX-et 6 V-ra, az USB-t nullára kapcsoltam, CT<sub>2</sub>-vel a szűrő közepes frekvenciájára hangoltam az oszcillátort. Ilyenkor a szűrő kimenetén a

viszonyítási szint mérhető. Ezzel a vivőoszillátort behangoltam. (Ha ismerjük pontosan a szűrő átvitelét, úgy elég egy frekvenciamérő is.) Ellenőriztem a CW-önhanggenerátort. A billentyűbemenetet rövidre zárva hallható volt a kb. 1 kHz-es jel. Ez az egyszerű áramkör eléggé érzékeny a hőmérséklet, ill. a tápfeszültség változásaira; kismértékű módosítására még szükség lenne.

Az eredeti vivőoszillátor-kapcsolásban a diódák nem választották eléggé szét a különböző üzemmódokat. Utólag került be az  $R_{21a}$ , az  $R_{22a}$  és az  $R_{23a}$  ellenállás.

Beforrasztottam az összes vezeték, az IC<sub>6</sub> 2. lábán a testelést megszüntettem. A  $J_{11}$  mozgó érintkezőjén kb. 1 V-os vivő mérhető, rövidre zárt billentyű mellett. Az oszcilloszkóppal a  $J_{1B}$  mozgó érintkezőjén figyeltem a jelet. A keverőfokozat működését lehet indikálni úgy, hogy amennyiben az  $R_1$  és az  $R_2$  azonos potenciálra van, akkor nem látható jel az oszcilloszkóp képernyőjén. Ha az egyik ellenállás nullán, a másik 6 V-on van, akkor a vivő keresztülmegy a keverőn.

A sávszűrők gyűjtővezetéke és a nulla közé ideiglenesen egy 51  $\Omega$ -os ellenállást forrasztottam. A diplexert maximumra hangoltam, majd az 51  $\Omega$ -os ellenállást kiforrasztottam. LSBTx üzemmódot állítottam be (SSBx, LSB, MUTE = 6 V, a többi nullán). Dinamikus mikrofonnal és oszcilloszkóppal ellenőriztem a mikrofonerősítőt és a szintszabályozót. Itt némi módosítást kellett végezni az eredeti tervhez képest. A kapcsolási rajz természetesen a működő állapotot mutatja. Ezen a fokozaton még van kis javítanivaló, de ilyen beállításban is eléggé nagy hangerőkülönbséget képes kiszabályozni. (Talán túl nagyot is, és ebből adódik a gyengébb tranziszorviselkedés.) Az oszcilloszkópot a  $J_{1B}$ -re kapcsoltam át, így ellenőrizni tudtam a balanszmodulátor működését.

## 6.2. A KF ellenőrzése, beállítása (LSB = 6 V, a többi nullán)

Félrebillentettem a keverőt (az  $R_1$ -re GND, az  $R_2$ -re 6 V). Szignálból középfrekvenciás jelet adtam  $J_{1B}$  mozgó érintkezőjére. A jel haladásának irányában követtem a szintváltozásokat. A FET-es erősítő munkapontját ellenőrizni kell, feszültséget mérve a forráskörbe kapcsolt ellenálláson. A szignálgenerátor finom hangolásával megfi-

gyeltem a szűrők átvitelét. Kb. a szűrő közepére hangoltam a szignált, így ellenőriztem az AGC-láncot. Az IC<sub>3</sub> AGC-keverő kimenetén 135 kHz-es jel tapasztalható. A szignál szintjét emeltem, megfigyeltem az „S” mérő működését. Közben oszcilloszkóppal a kimeneten a HF-jelet is ellenőriztem. A szignál jelét tovább emeltem 0,3 V-ig: az AGC-fokozat visszaszabályozta az erősítést. Az AGC-tartomány 70 dB, PIN-dióda nélkül.

A jelszintet visszavettem, maximumra hangoltam a CT<sub>3</sub> trimmerkondenzátort. Az MC1350 kimenetén levő ferritgyűrűs trafó (TR<sub>7</sub>) finoman hangolható a menetek széthúzásával. A T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub> Drainkörében levő rezgőkört úgy ellenőriztem, hogy 10 pF körüli kondenzátort párhuzamosan kapcsoltam azzal. A szint alig változott. Az 5%-osnál tágabb tűrésű SMD tekercsek eléggé szórnak (az értékeltérésük jellemzően pozitív irányú), így ezt a rezgőkört célszerű ellenőrizni, behangolni.

A DC/DC konverter kimenetén ellenőriztem a 24 V-ot. A bemenőfeszültséget 9...15 V között állítva, a 24 V alig változik.

Mivel rendben találtam mindent, a tápfeszültséget lekapcsoltam, a keverő félrebillentését megszüntettem. Beforrasztottam az SDVFO vezetékait. Természetesen ezt az áramkört már előzőleg bemértem, az SG930C vezérlővel együtt. Az SDVFO-t mechanikailag egy forrasztással is rögzítettem. Összekapcsoltam az adó-vevőt az SG930C-vel, majd tápfeszültséget kapcsoltam az egész készülékre. Az áramfelvétel <0,4 A (340 mA, 14 V-ról) volt.

Az összes üzemmódot kipróbáltam. CWTx üzemben oszcilloszkópon figyelve a jelet, az kicsit zavaros, mert a tükrőfrekvenciát is tartalmazza. Vételre állítottam a készüléket. Egy néhány méteres huzaldarabot  $J_{1a}$ -ra forrasztva a hangszóróban a zajszint megemelkedett, a hangológombot állítgatva meghallottam az első állomást, megszólalt a rádió! Innen viszont eléggé nehezen sikerült továbblépni, mert lekötött a kis készülék szép hangja. CWTx üzemben (rövidre zárt billentyűbemenet mellett) behangoltam a sávszűrőket. Az alsó sávokon a NEOSID tekercsekkel könnyű dolgom volt, de a toroid porvaszagra készült tekercsek is kismértékben hangolhatók a menetek igazításával.

A sávszűrők behangolásához sok türelem kell. A hangolást a 1,8 MHz-es sávól fölfelé haladva végeztem. Sike-

rült úgy beállítani a sávszűrőket, hogy a teljes rövidhullámú tartományban az amatőr sávokban a színtingadozás kb. 1,5 dB. Sávon belül alig mérhető, különbség inkább a sávok között van.

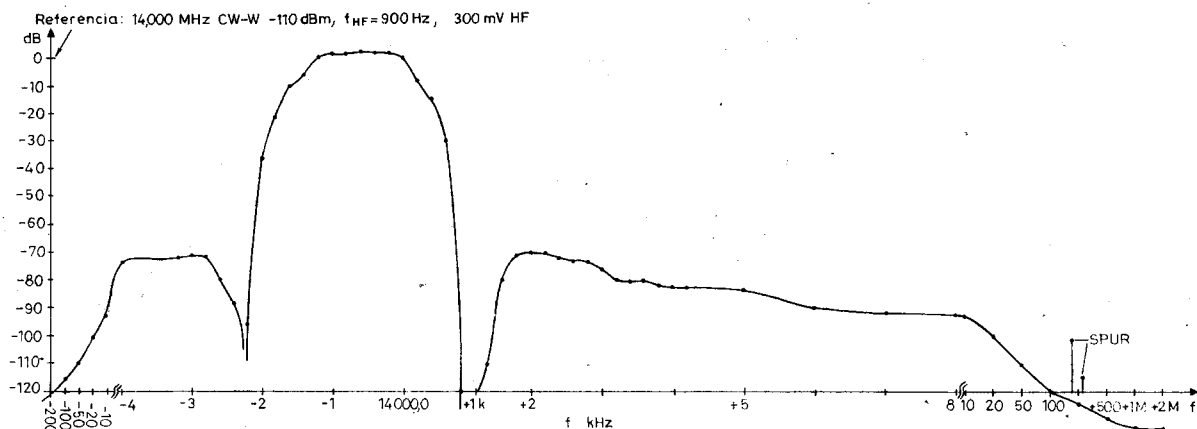
Ismét szignálgenerátort kapcsoltam az antennabemenetre, valódi effektív-érték-mérőt a hangszóróra. Maximumra állított érzékenységi- és hangerőszabályozó mellett a zaj 40...50 mV között volt. 0,9  $\mu$ V-os (azaz -109 dBm-es) jelet adtam a bemenetre, majd az összes sávban ellenőriztem a HF-szintet: 350...550 mV közötti értékeket mértem. A (jel+zaj)/zaj viszony így 18 dB körül van. (A jó öreg NDK-s szignálgenerátorom szintje kicsit ingadozik.) Ebből a zajküszöb -127 dBm.

A CW-szűrőt bekapcsolva, határozottan hallható a magas hangú zaj csökkenése. A (jel+zaj)/zaj 1-2 dB-el javul. A jelszintet 3 dBm-ig (kb. 320 mV-ra) növeltem. A vevő nem fulladozott, az AGC szépen visszaszabályozta az erősítést. Ellenőriztem a sávszűrők tükrölynyomását. Az alsóbb sávokon 60 dB körülire, a felsőbbeken 50 dB-re adódott. Ez sajnos, nem túl jó érték, de figyelembe véve, hogy az erős műrszóró adók 20 MHz alatt vannak, még elfogadható eredményt ad.

Mivel a végfok akkor még nem készült el, adásüzemben csak a kisszintű jelet tudtam megfigyelni. A várakozásnak megfelelően kristálytisza CW-jelet hallottam az ellenőrzött vevőből. SSB-üzemben a moduláció jól érthető, a beszédszünetekben érezhető, hogy az automatika emeli a mikrofonerősítést. Spektrumanalizátorral mérve a kimenőjelet, a CW jel/szünet arány kb. 60 dB. SSB-üzemben mikrofonjel nélkül látszik a szűrő által sávhatárolt zaj, kb. 45 dB-lel a maximális szint alatt. A jel/zaj természetesen javul, ha van moduláció. Mikrofonként olcsó, számítógépekhez ajánlott, dinamikus típus használhatunk.

Úgy gondoltam, kész vagyok a beállítással, véglegesen a dobozába szereltem az adó-vevőt.

Néhány mérést végeztem a bedobzott készüléken. Újra ellenőriztem a sávszűrők átvitelét és a vivőoszillátorfrekvenciákat. Változást nem tapasztaltam. Az antennabemenetre szignálgenerátort kapcsoltam, megmértem a teljes átvitelt CW-W (szélessávú távíró) üzemmódban. A mérést úgy végeztem, hogy amikor a generátort az átviteli sávba hangoltam, a bemenőjel 0,9  $\mu$ V-os volt. A hangszórón oszcil-



5. ábra

2. táblázat. Transzformátor- és tekercsadatok

Pozíciószám	Menet-szám	Huzal-átmérő	Mag	Megjegyzés
Tr <sub>1</sub>	5×7	0,28 mm	T37-43, 10×6×4	Szélessávú
Tr <sub>2</sub>	3×7			
Tr <sub>3</sub>	2×6+9			
Tr <sub>4</sub>	3×6			
Tr <sub>5</sub> , Tr <sub>6</sub>	2×6		NEOSID F40, 9×6×3	KF-re hangolt
Tr <sub>7</sub>	2×10			
Tr <sub>8</sub>	3×7		T37-43, 10×6×4	Szélessávú
Tr <sub>9</sub>	3×4			
Tr <sub>10</sub>	2×7		NEOSID F20, 7,5×7,5	KF-re hangolt
L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub>	9,5 (0,9 μH)			
L <sub>3</sub>	26 (6 μH)			

loszkóppal mértem a HF-jelet. A digitális szkóp effektív értéket is számolt. Az érzékenységi- és hangerőszabályozók maximumon voltak. A 0,9 μV-os, 14 MHz-es jel 300 mV, 900 Hz-es hangfrekvenciás jelet adott. Ezt választottam viszonyítási szintnek. Az átvitelt 200 Hz-enként mértem. A generátor jelszintjét fokozatosan emeltem, ahogy haladtam kifelé a szűrők átviteli sávjából. Az eredmény az 5. ábrán látható. Érdekes, hogy a görbék visszahajlanak. Ennek oka a generátor és a VFO fáziszaja, valamint a jel és a zaj eltérő spektrális eloszlása. Vegyük figyelembe, hogy a jelszint az átviteli sávban 0,9 μV, sávon kívül 0,3 V! A generátor jelszintjét úgy választottam meg, hogy a HF-jel lehetőleg 100 mV és 1 V közé essen. Az LM386 8 Ω-on, elviselhető torzítással legfeljebb 2,6 V<sub>eff</sub> HF-jelet képes leadni. Ez 0,85 W; szerintem elegendő.

Az átvitel mérésekor, amikor a vételi frekvenciától kb. 200 kHz-re voltam, a kiértékelhető HF-zaj elérésére a bemenőjelet 1 V-ra növeltem. A szig-

nált hangolva egy kb. 10 mV-os jelnek megfelelő füttyöt hallottam (az 5. ábrán SPUR = hamis jel). A jelet 10 dB-lel csökkentve a fütty megszűnt. Úgy látszik, 0,5 V körül van az a határ, amit a vevő még elvisel. A pontos mérési eredményeket egy kiegészítő cikkben szeretném ismertetni.

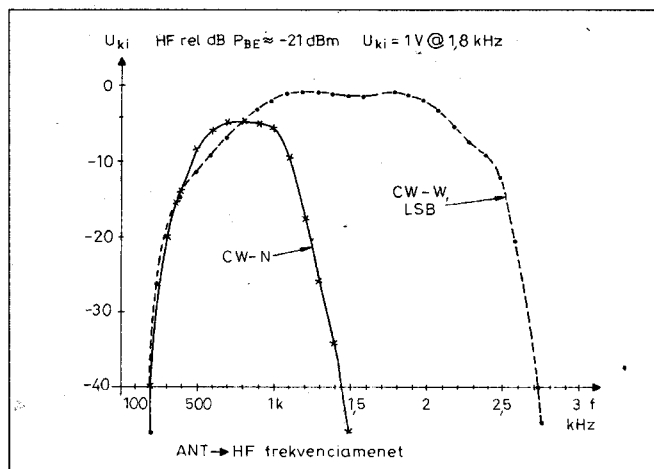
Az antennabemenetre kvarcoszcillátor -21 dBm-es jelét kapcsoltam. A

vevő hangolásával újra fölvettem az átvitelt 100 Hz-enként, már CW-N (keskenysávú táviró) üzemmódban is (6. ábra). Az érzékenységszabályozót úgy állítottam be, hogy az AGC ne szabályozzon. A referenciaszint 1 V HF volt. Szívesen megmértem volna a vevő IP<sub>3</sub>-értékét, de sajnos még nem építettem meg 5BGL Csaba által javasolt áramkört. A korrekt minősítés csak tiszta jelű kvarcoszcillátorokkal lehetséges. (Az én LC-szignálomnak is túlságosan „csúnya” a jele ahhoz, hogy 40 dBm körüli IP<sub>3</sub>-mérést végezzek vele...)

Kérdezheti a T. olvasó, hogy szükség van-e ilyen jelszintek feldolgozására képes vevőkészülékre? A válasz a különböző külföldi szakfolyóiratokban és az interneten megjelenő ismertetőkben megtalálható...

\*

Biztatok mindenkit az adó-vevő megépítésére, a kellemes meglepetés nem marad el. Véleményem szerint egy komolyabb végfokkal (ha lehet csövesel,



6. ábra

## Hirdetni szeretne?

Látogasson el honlapunkra és tekintse meg aktuális ajánlatunkat!

[www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)

így teljes a skála a mikroprocesszortól a csőig) az amatőrállomás fő készüléke lehet. Egy antennahangolóval kiegészítve QRP-s kísérleteket végezhetünk. Kirándulásnál előny a készülék viszonylag kis mérete.

Végeredményben amatőrszemmel nézve kellemes kis készülék született. Persze küllemében nem vehető össze a korszerű gyári készülékekkel, de használhatóságában talán megközelíti azokat.

Köszönettel tartozom mindenkinek, aki valamilyen módon hozzájárult az adó-vevő elkészültéhez: *5BGL Csabának*, *9CE Barnának* a temérdek információért, *7TY Bandinak* a hasznos ötletekért, *6VZ Gyulának*, aki elsőnek építette be adó-vevőbe az SDVFO-t és az SG930C vezérlőt. Továbbá családomnak, munkatársaimnak a türelemért, *Krisztinek* az olvashatatlan kézírás gépelésért (most elgondolkodtam: lehet, hogy inkább megírta a cikket, mint kibetűzte az frásomat?!)

*Az esetleges utánépítést megkönnyítendő tervezzük, hogy a készülék kitiben is hozzáférhető legyen. A terveim szerint a keverő az SMD-kkel beültetett adó-vevő panel megvásárolható lesz, hasonlóan pl. a DDS VFO-hoz. Mindenkinek jó bütykölést kívánok, a kis adó-vevő használatához pedig sok szép DX-et!*



**Ferritmagos tekercsek,  
ferritmagos transzformátorok,**

**hálózati  
transzformátorok,  
NF-tekercsek,  
csévetestek, ferritek,  
smd-induktivitások,  
Amidon porvasmagok  
nagy választékban kaphatók!  
Postai utánvétellel is szállítunk.**



**2600 Vác, Rádi út 1-3.**

☎ 06/27/501 220 Fax: 06/27/501 221  
E-mail: tali@mail.digital2002.hu

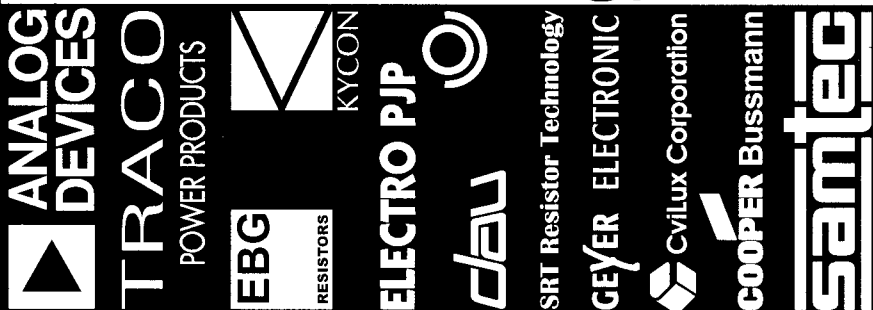


1139 Bp., Frangepán u. 18.  
Tel.: 350-3201, fax: 350-8801  
H-P: 9-12, 13-17 ó

**Nagyfrekvenciás,  
amatőr alkatrészek,  
koaxcsatlakozók,  
Mini-Circuits IC-k.**

[www.gigatechnik.hu](http://www.gigatechnik.hu)

## SMD Technology Kft.



1042 Budapest, Rózsa u. 35. V/31 [www.smd.hu](http://www.smd.hu)  
Tel.: (06 1) 390-4028, 370-7994, Fax.: (06 1) 231-0544

### KEDVEZMÉNNYEL » A MAGYAR RÁDIÓZÁS HŐSKORA « c. könyvsorozat kötetait ajánljuk

*Érsek János HA2MP*

**Rövidhullámú  
amatőr rádiózás**

A kezdetektől 1944-ig  
280 oldal, 1490 Ft

*Sugár Gusztáv*

**A néprádiótól**

**a műholdas televízióig**  
300 oldal, 1490 Ft

*Sugár Gusztáv*

**A színes televízió és a  
sztereó rádiózás**

224 oldal, 1490 Ft

*Molnár György*

**Molnár János élete**

**70 év a Sándor utcában**  
122 oldal, 1490 Ft

*Sugár Gusztáv*

**Megszólal a rádió**

300 oldal, 1490 Ft

*Stefanik Pál HA5BT*

**A magyar rövidhullámú  
amatőr rádiózás**

**története 1945-1955**  
242 oldal, 1490 Ft

A könyvek megvásárolhatók, postai utánvétellel (csomagolás+postaköltség felszámításával) megrendelhetők a szerkesztőségnél.  
Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. 130. ☎ Budapest, Pf. 603. H-1374 ☎ 239-4932, 239-4933 ● [hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu)

2

# Az AM1 és az AH1 szélessávú erősítők

Nagy Gyula villamosmérnök, HA8ET@pollak.sulinet.hu

## Bevezetés

A mai „rádiószmoggal” terhelt világunkban egyre nehezebb olyan vevőkészülékeket készíteni, amelyek képesek szelektálni a sok zavaró, idegen jel közül a számunkra hasznos jelet, ill. jeleket. Az elmúlt néhány évben a mobiltelefon-szolgáltatók bázisállomásainak robbanásszerű szaporodása már nem csak a hegycsúcson, hanem a városokban is tapasztalható. Gyakorlatilag majdnem minden magasabb épület tetejéről folyamatosan sugározzák jeleiket. A földi sugárzású tévé- és rádióadók, valamint az engedélyhez kötött és egyéb rádiószolgálatok jeleivel együttesen, e jelkavalkád gyakran túlvezérl a hagyományos vevőkészülékeket. Azok bemeneti fokozataiban olyan torzítási termékeket hoznak létre, amelyek a későbbiekben már nem, vagy csak nehezen szűrhetők ki.

A „rádiószmog” forrásainak felsorolása ezzel még koránt sem teljes. Nem szoltunk még a tömérdek vezeték nélküli számítástechnikai eszközről (egerek, billentyűk, WLAN-kártyák), a vezetékes számítógépes- és kábeltévé-hálózatokról (amelyek adatátviteli vezetékai terjedelmes antennáknak viselkednek), a kapcsolóüzemű tápegységek impulzusairól, a gépkocsi- és lakásriasztókról, távirányítású kapunyitókról, külső érzékelős hőmérőkről, rádiós adatátviteli hálózatokról, vezeték nélküli telefonokról, valamint a rohamosan terjedő Bluetooth-technikáról. Az egyre újabb digitális modulációs eljárások, valamint a szórt spektrumú rádiók megjelenése, még tovább nehezíti a bemeneti fokozatok számára a torzításmentes jelfeldolgozást.

Hiába bizonygatják a hibás frekvencia-kiosztásért felelős adminisztrátorok, hogy ezek egy része kis hatósugarú berendezés és más rádiószolgálatok működését nem zavarják, ezért működhetnek azok frekvenciatartományában (pl. 433,95 MHz-en). Az a jel-szint, amit a kis hatósugarú kommersz rendszerek „játék antennáikkal” már nem is érzékelnek, egy nagyobb távolságban működő, megfelelő külső antennára kapcsolt, nagyérzékenységű

vevőkészülék számára komoly zavarforrást jelenthet. Kiprobáltuk 432 és 1296 MHz-en, hogy még az ország egyik legmélyebb pontjáról is, 10 és 100 mW közötti teljesítménnyel akár több száz kilométert is át lehet hidalni. Ezért kellene szigorúbban ellenőrizni a sokszor ismeretlen eredetű, esetenként házilag barkácsolt 433 MHz-es adatátviteli (riasztó) rádió modulokat, mert parányi teljesítményük ellenére is komoly zavarforrásokká válhatnak.

Spektrumanalizátorral és nagy nyereségű antennarendszerrel számtalan ilyen berendezés jeleit azonosítottam, de gyakran nem a számukra kijelölt frekvencián sugároztak, hanem annak 1 MHz-es környezetében. Még tovább rontotta a helyzetet, hogy frekvenciájuk esetenként vándorolt és közülük a legrosszabb minőségűek rendkívül erős, széles zajspektrumot sugároztak. A rádióamatőrök nem kis bosszúságára ezek maximuma majdnem mindig a DX-sávba esik. Ismeretlen tervezőik és gyártóik gyakorta nemhogy az oszcillátorok jeltisztaságának és fáziszajának fogalmát, de még a frekvenciastabilitással kapcsolatos követelményeket sem ismerik.

Az elektromágneses sugárzások hatásainak vizsgálata is egy fontos részét képezik a környezetvédelemnek. Környezetkárosító és egészségvédelmi szempontból (a médiában gyakran elhangzó véleményekkel ellentétben) nem a rádiótelefon-bázisállomások, hanem a több megawattnyi ERP-vel sugárzó rádió- és tévéadók, katonai adók, valamint a nagyteljesítményű radarok számíthatnak igazán veszélyesnek. A sokcsatornás digitális jelátvitellel dolgozó GSM-bázisállomások viszont inkább csak a közeli vevőkészülékek (leginkább a sajátjaik) bemenetét teszik próbára. Jelátviteli és feldolgozási szempontból nem az élő szervezetekre gyakorolt hatásukat, hanem a vevőkészülékek bemeneti fokozataira, más rádiószolgálatok jeleivel együttesen kifejtett zavaró hatásait kell figyelembe vennünk.

Most röviden áttekintjük a bemeneti fokozatok fejlődését, az alkalmazott félvezetőket és jellegzetes kapcsolása-

ikat, a vonatkozó szakirodalom alapján. Az összehasonlítás során elemezzük előnyeiket és hátrányaikat. Az elsődleges követelménynek a minél kedvezőbb nagyjelű viselkedést tekintjük. Ezután bemutatjuk az AM1 típusú MMIC-t, amely alacsony zajszámot és nagy dinamikát biztosít rendkívül széles sávban. Néhány példán keresztül röviden érintjük a nagyfrekvenciás áramkör-szimulációt és azt, hogy az elméleti SCH rajzból hogyan készíthető használható, fizikai PCB. Nagyobb jelű erősítők számára ismertetjük az AH1 típusú áramkört, amely még elfogadhatóan alacsony zaj mellett, közel 150 mW teljesítmény leadására képes, kb. 3 GHz-ig.

## A bemeneti fokozattal szemben támasztott követelmények

A jó vevőkészülék bemenőfokozata érzékeny, szelektív, „feltétlenül” stabil és nem vezérlődik túl. Keverője kétszeresen vagy háromszorosan kiegyenlített, nagy dinamikájú, széles sávban, valamennyi kapuján illetetve lezárt fokozat. Oszcillátora, illetve oszcillátorai alacsony fáziszajúak, harmonikusoktól mentesek, nem hoznak létre reciprok-keverési termékeket. Ezeket a követelményeket nagyon nehéz összehangolni és teljesíteni.

A rövidhullámú tartományban az atmoszféra és a környezet zaja miatt általában megelégednek 6...10 dB-es bemeneti zajszámmal. A 144 MHz-es rádióamatőr-sávban, a földi forgalomban 1...2 dB a kitűzött cél, EME-forgalomban lehetőleg az égbolt „hideg pontjának” megfelelően 0,5...0,8 dB [1], míg a magasabb frekvenciákon a galaktika és a környezet zajának csökkenése miatt már kihasználhatók az újabb fejlesztésű félvezetők kedvező adottságai.

Egyes GaAs FET-ekkel és PHEMT-ekkel hűtés nélkül is elérhető a 0,2...0,4 dB a néhány GHz-es mikrohullámú tartományban. Ezekhez az alacsony zajszámokhoz speciális félvezetők szükségesek. Ahhoz, hogy a vevőkészülék zajszámát alapvetően az első fokozat határozza meg, a kis zajú

rendszereknél nagy erősítésre van szükség a keverő előtt. A bemeneti fokozat szelektivitása és zajszáma egymásnak ellentmondó követelmény, mert a zaj végtelen eloszlású, míg a jel véges eloszlású az átviteli sávban. Így az alacsony zajszám érdekében a bemeneti szelektivitásról általában le kell mondani.

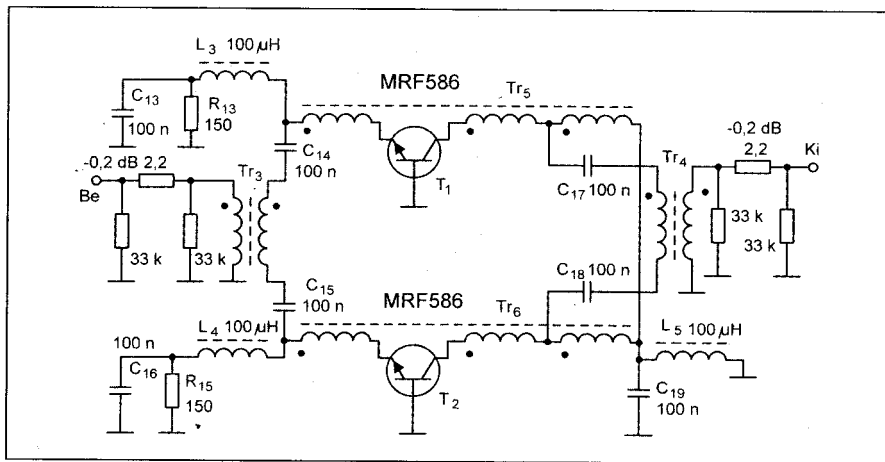
A nagy erősítésű és az optimális zajillesztésre beállított bemeneti fokozat többnyire igen rossz dinamikát eredményez. Egy hagyományos eszközökkel, a megszokott tervezési metodikák alapján elkészített berendezés, nagy nyereségű antennára kapcsolva, egy hegytetőn, általában rosszul viseli a nagy jeleket a bevezetőben említett nagyfrekvenciás jelek sokasága miatt.

Fontos kérdés a tervezés szempontjából, hogy egy vevőkészülék melyik jellemzőjét tekintjük elsődlegesnek. Nagy nyereségű csoportantennák használatakor, egy hegycsúcsra telepített vevőkészülék bemenetére akár több volt nagyságú jelek is kerülhetnek a közeli állomások jóvoltából. SM5BSZ mérései szerint a VHF-sávban, egy 1 kW-os adó  $4 \times 10$  elemes antennával, egy tőle 1 km távolságra lévő, szintén  $4 \times 10$  elemes antennában, megközelítőleg 22 dBm-es jelet gerjeszt. Ez a jelszint csak különleges eszközökkel dolgozható fel.

A bemenőfokozattal szemben támasztott követelményeket fokozza az a tény, hogy gyakran nemcsak egyetlen ilyen nagyságú jel kerül a vevőkészülék bemenetére, hanem kedvezőtlen esetben egyidejűleg több is. Tovább rontják helyzetet vételi sávon kívüli erős jelek, amelyek általában torzítási termékként jelennek meg a vevő kimenetén (keresztmoduláció, intermoduláció, reciprok-keverés, zajnövekedés, indokolatlannak tűnő túlvezérlődés, lefulladás stb.).

A hegycsúcsokon és egyéb magaslati pontokon ilyen esetek gyakran előfordulnak. Hiába van a rendszernek 1 dB alatti zajszáma, a nagy erősítés miatt nemcsak a keverő, hanem gyakran már a bemenő fokozat is telítésbe vezérlődik, ezért a gyenge jelek detektálása lehetetlenné válik.

Ebben az esetben sokkal kedvezőbben működne a vevőkészülék, ha a zajszám rovására az előerősítő és a keverő IP3-értékét (harmadrendű bemeneti intercept-pontját) növelnénk meg drasztikusan, hogy elkerüljük a káros túlvezérléseket.



1. ábra. Hagományos alkatrészekből felépített, nagy dinamikájú, szélessávú erősítő kapcsolási rajza a nagyfrekvenciás szimulációhoz

### A különböző bemeneti fokozatok összehasonlítása

Vizsgáljuk meg, hogy a professzionális hírközlésben milyen megoldásokkal küszöbölik ki a fenti problémákat. Talán legelőször a kábeltévés gyakorlatban vetődött fel az egyidejűleg meglehetősen sok, nagy szintű jel erősítésének igénye. Mindez kereszt- és intermoduláció létrejötté nélkül kellett megvalósítani. Ehhez nagyon lineáris karakterisztikájú, viszonylag nagyáramú, gyakran közepes teljesítményű tranzisztorokat fejlesztettek ki, amelyeket A-osztályú beállításban alkalmaztak, jelentős visszacsatolással. Ilyen CATV-tranzisztorok, pl. a BFG34, BFG96, BFG135, BFG196, BFQ17, BFQ34, BFR64, BFR65, BFR94, BFR95, 2N5109 stb. Ezekkel a tranzisztorokkal gyakran találkozhatunk a kedvező intermodulációs tulajdonságaik miatt nem csak adókészülékek kisszintű és meghajtó fokozataiban, hanem vételi előerősítőkben, bemeneti fokozatokban is. Az 1980-as évek legendásan jó nagyjelű viselkedésű Sugiyama F-850 típusú rádiójának bemeneti fokozataiban az RH- és az URH-sávokban egyaránt a 2SC1426 típusú adótranzisztor alkalmazták (közelítő helyettesítője a 2N5109).

A professzionális rövidhullámú vevőkészülékekben, ha szükséges az előerősítő alkalmazása, gyakran a felsorolt típusokat vagy valamelyik helyettesítőjüket használják a nagyszintű DBM-ek előtt, illetve azok leválasztó erősítőjeként, többnyire veszteségmentes Norton-féle emitter-visszacsatolással [2]. Az így kialakított szélessávú

fokozat 50 Ω-os ki- és bemeneti impedanciával rendelkezik, tehát optimális terhelést jelent a DBM valamennyi kapuja számára. 144 MHz-en kedvező dinamikájú és alacsony zajszámú bemeneti fokozat készíthető ezzel a kapcsolástechnikával BFT66 típusú tranzisztorral [3, 4]. Később ugyanezt a kapcsolást DJ9BV átdolgozta a korszerűbb ATF42085 típusú tranzisztorral 432 MHz-re. SM-alkatrészekkel és kisebb veszteségű balunvasmaggal (Siemens A-60), ebben a sávtartományban is kiváló eredményeket ért el vele [5]. A közel 30 éves áramkört még ma is gyakran alkalmazzák, mert minden szempontból felülmúlja a legtöbb drága, gyári készítésű rádióamatőr adó-vevő bemeneti fokozatait.

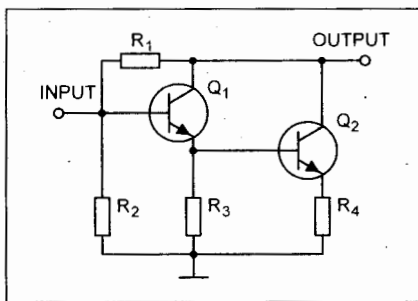
A különösen magas IP3 igényű katonai- és mérő vevőkészülékek előerősítőiben ezeket a szélessávú, visszacsatolt fokozatokat ellenütemben alkalmazzák. Ugyanílyen fokozatokat használnak a DBM-ek után, azok alacsony SWR-értékű, szélessávú lezárására is. Az 1. ábrán egy ellenütemű, szélessávú, különlegesen nagy dinamikájú erősítő elvi kapcsolási rajzát láthatjuk [6]. Házilagos elkészítését megnehezíti a sok illesztőtranszformátor, mert a helyes működésnek nem csak a tranzisztorok, hanem a transzformátorok pontos szimmetriája is fontos feltétele. Az URH-tartományban csak kevés tranzisztor teljesíti az alacsony zajszám és a nagy dinamika szabta követelményeket, ezért az ilyen kapcsolásokat általában a 100 MHz alatti sávokban alkalmazták. 100 MHz felett, ilyen fokozott minőségi követelmények esetében

különleges teljesítmény FET-eket használnak.

Az 1980-as évektől kezdve, az URH- és tévévevő-készülékek bemeneti és keverő fokozataiban nagy számban megjelenő Dual Gate GaAs FET-eket sok cég gyártotta igen jelentős szeriában, ezért hamar lecsökkent az árak és egyszerűbb kapcsolástechnikájuk miatt, szinte mindenki ezeket alkalmazta előerősítőnek vagy bemeneti fokozatnak. Sok hasonló jellemzőjű típus közül legismertebb talán a CF300, amely 144 és 432 MHz-en a normál tranzistorokhoz képest alacsonyabb zajszámot biztosított. Közepes IP3 értéke miatt nemcsak EME, hanem földi forgalomban is jó eredménnyel használták [1]. A drágább mikrohullámú FET-ekhez (MESFET, HEMT, PHEMT) az 1990-es évektől kezdve, a rohamosan szaporodó műholdvevő kültéri egységek miatt, viszonylag olcsón hozzá lehetett jutni. Különösen a magasabb frekvenciákon, rendkívül alacsony zajszámot lehet elérni velük. Sajnos dinamikájuk eléggé kedvezőtlen és működésük során stabilitási gondokkal is kell számolni. Átfogó áttekintést kaphatunk rólok DJ9BV tollából a különböző sávokra a [7]-ban.

Valamennyi GaAs FET-re jellemző, hogy nehéz velük feltétlenül stabil előerősítőt építeni. Ez azt jelenti, hogy az 50  $\Omega$ -mal terhelt előerősítő stabilan viselkedik ugyan, de a be- vagy a kimeneti impedanciák változásának hatására, akár a vételi sávban, vagy azon kívül is oszcillálhat. Ehhez elegendő az antena SWR-jének kismértékű változása (pl. deresedés következtében). Pontos illesztésüket megkönnyíthetjük egy kis értékű source-köri induktivitás beépítésével, ami gyakorlatilag a source kivezetésnek a szokásosnál hosszabbra hagyását jelenti. A legtöbb típus negatív előfeszültséggel üzemel, és a gerjedési hajlam csökkentése érdekében, a source-ellenállás helyett egy külön negatív előfeszültséget előállító IC-s kapcsolást is be kell építeni (pl. ICL7660), ami tovább bonyolítja az áramkört.

A tehetősebb felhasználók a nagyjából 20-szor drágább, mikrohullámú teljesítmény GaAs FET-eket alkalmazták előerősítőnek a VHF- és az UHF-sávokban. Ezek a félvezetők alacsony zajszám mellett közepes dinamikát biztosítanak (pl. MGF1601, MGF1801, MGF2116) [8]. A magas üresjárású jóságú tényezővel rendelkező bemeneti üreget az antennával nagymértékben



2. ábra. A MAR-sorozatú MMIC-k jellegzetes belső felépítése

leterhelik, ezáltal a veszteségek csökkentésével nagyon alacsony zajszámot érnek el, igen gyenge bemeneti szelektivitás mellett. A FET csatornájának szélességétől függően, egyes típusok más-más frekvenciákon biztosítják a minimális zajszámot.

A professzionális vételtechnikában gyakran alkalmaznak 90 fokos (Quadratura) hibrideken keresztül összegzett, két különálló teljesítmény-FET-es előerősítőt. Ezáltal a rendkívül alacsony zajszám nagyon magas IP3 értékkel párosul. A rendszer zajszáma mindössze az összegző beiktatási csillapításával növekszik (kb. 0,3 dB-lel), de egy-egy FET-re -3 dB-lel kisebb jel jut, ami nagyjából 9 dB-lel növeli az elérhető dinamikartományt. Az ilyen előerősítőt szelektív üregek, egy közepes zajszámú, de nagyon magas dinamikájú bemenőfokozatnak és extrém nagy dinamikájú keverőnek kell követnie. A 400 MHz-es frekvencia tartományban egyaránt alkalmazzák az MGF1601-eket és a CLY2 típusokat. Ezek 1 dB-es kompressziós pontja több száz milliwatt, tehát a gyakorlatban előforduló antennafeszültségekkel nehezen lehet túlvezérelni őket. A professzionális híradástechnika jóvoltából hozzáférhető a rádióamatőr-sávokban is használható, miniatűr SM-tokozású hibridek 432 MHz-re (pl.: Murata, Anaren).

1. táblázat. A WJ és a MiniCircuit néhány jellemző MMIC-jének összehasonlítása

Típus	f <sub>MIN</sub> -f <sub>MAX</sub> MHz	G <sub>MAX</sub> dB	NF dB	P <sub>1dB</sub> dBm	IP3 dBm	VSWR be	VSWR ki	U V	I mA
AH1	250-3000	13,5	2,7	21	41	1,4	1,4	5	150
AM1	60-3000	14	2,4	18	37	1,7	1,4	4,5	75
AH31	50-1000	19	1,8	22	42	1,4	1,3	5	150
MAR-1	DC-1000	13	5,5	1,5	14	1,3	1,2	5	17
MAR-6	DC-2000	9	3	2	14,5	1,4	1,4	3,5	16
MAR-8	DC-1000	19	3,3	12,5	27	3,1	3,1	7,8	65

## Az MMIC-k rövid ismertetése

A GaAs FET-ekkel nagyjából egy időben megjelentek az alkatrészgyártók kínálatában az 50  $\Omega$ -os be- és kimeneti impedanciával rendelkező, szélessávú MMIC-k, más néven Gain Block-ok. Gyakorlatilag külső alkatrészeket, illesztő hálózatokat nem igényeltek, ezért egyszerű áramkörü megoldásaik miatt hamar népszerűvé váltak. Egyaránt alkalmazták azokat adó- és vevő-áramkörökben. Jól illeszkednek a szélessávú technika követelményeihez, egészen kis szintektől néhányszor 10 mW-ig, s elfogadható áron beszerezhetők.

Az első időszakban kb. 2 GHz-ig működő példányokat lehetett kapni, de pár éve megjelentek a 6, sőt 10 GHz-ig működő típusok is. Legismertebb reprezentánsaik a kommersz elektronikában is használatos, MiniCircuit gyártmányú MAR-sorozat tagjai [9, 10]. Tokozásuk alkalmazkodik a SMT-szereléshez, de még normál forrasztópákával is beforraszthatók, nem úgy, mint legújabb fejlesztésű társaik. Általában a tokok két mikrohullámú tranzisztort tartalmaznak, a munkapont-beállító ellenállásaikkal együtt, a 2. ábra kapcsolásának megfelelően. Csupán a be- és a kimeneti csatolókondenzátorokat és a szükséges tápfeszültséget beállító ellenállást kell az IC-re kapcsolni. Valamivel növekszik a fokozat erősítése, ha a feszültségejtő ellenállással sorosan egy fojtót is alkalmazunk. Amikor ezek az áramkörök fénykorukat élték, az amerikai szakirodalomban gyakorlatilag minden VHF-, UHF- és SHF-sávra megjelentettek egy-egy „no-tune” transzverterkapcsolást.

Mégsem váltak igazán népszerűvé, mert a szélessávú erősítő IC-k zajszáma még az 1960-as években alkalmazott elektroncsöves konverterekénél is magasabb (4...6 dB) volt, ezért a szük-

séges sok kiegészítő áramkör miatt túlzottan bonyolulttá és drágává vált a kapcsolás. A másik hibája a MAR-sorozatnak, hogy a stabilitási kritériumoknak nem minden frekvencián tesznek eleget, esetenként gerjedékenyek. Előerősítőnek a magas zajszám, adóerősítőnek viszont a nem eléggé nagy kimeneti teljesítmény miatt nem nyújtják a legoptimálisabb megoldást. Stabilitási problémáik mellett, szélessávú felhasználáskor, a frekvenciamenetük sem lineáris. Kommersz, alacsonyabb minőségi követelményű, olcsó készülékek közbülső fokozataiban viszont jól felhasználhatók.

### A korszerűbb MMIC-k megjelenése

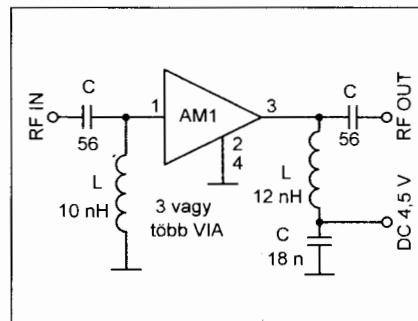
A Watkins-Johnson Company 1957 óta gyárt különlegesen nagy megbízhatóságú mikrohullámú eszközöket katonai célokra. Az itt szerzett tapasztalataikat 1997-től WJ Communications Inc. néven, a telekommunikációs üzletágban kamatoztatják, kedvező ár/érték arányú, magas megbízhatóságú félvezetők gyártásában [11]. Két figyelemre méltó nagyfrekvenciás jellemzővel bíró, olcsó, szélessávú erősítőt fejlesztettek ki, AM1 és AH1 típusjelzéssel.

Az 1. táblázatban összehasonlítotuk a legfontosabb jellemzőiket a MiniCircuit közismert MAR-1, MAR-6 és MAR-8 típusaival a [9, 10, 11] alapján. Az alacsonyabb frekvenciás felhasználók kedvéért feltüntettük a táblázatban a WJ legújabb fejlesztésű AH31-es típusának adatait is. Feltűnő a WJ erősítőknek a sokkal nagyobb dinamikája, a nagyobb sáv szélessége, a kisebb zaja a jóval nagyobb kimenőteljesítménye és a jobb hatásfoka. Ezekre az eszközökre a gyártó 150 °C-

os csatornahőmérsékleten számítva, MTBF 100 éves üzemeltetést garantál!

Az AM1 és az AH1 segítségével 100 MHz-től 2300 MHz-ig gyakorlatilag minden erősítési feladatot megoldhatunk. Az AM1 kisebb zajával, de még így is elképesztően magas dinamikájával ideális bemenőfokozata lehet bármilyen vevőkészüléknek 3 GHz-ig, ott, ahol az antennát extrém nagy jelek érhetik. Megfelelő nagyszintű DBM alkalmazása esetében, ha a kis zajszám is követelmény, akkor nyugodtan elébe lehet kötni egy ellenütemű teljesítmény GaAs FET előerősítőt is, túlvezérlési problémák nélkül. Az AH1-gyel pedig 150 mW körüli folyamatos kimenőteljesítményt érhetünk el a jelzett sávokban, tekintélyes teljesítményerősítés mellett. Ez utóbbi két adat különösen a 13 cm-es amatőrsávban és a WLAN hálózatokkal kísérletezők figyelmét keltheti fel.

A gyártó nem közli az erősítők belső kapcsolását, de közvetett utalásokból és az S-paraméterekből arra lehet következtetni, hogy a tokok egy közepes teljesítményű GaAs FET-et tartalmaznak, munkapont-beállító ellenállással és valamilyen belső visszacsatolással kiegészítve, amely megkönnyíti az illesztésüket. Az egész átviteli sávban kedvező be- és kimeneti SWR-t mutatnak, tehát csatolókonduktorokon keresztül közvetlenül ráköthetők a be- és kimeneti 50 Ω-os csatlakozókra. Szükség esetén azonban egy-egy sáv tartományban, egy egyszerű illesztőtaggal egészen kiváló SWR-érték érhető el velük. Óriási előnyük a MAR erősítőkkel szemben, hogy a teljes frekvenciatartományban mindegyik erősítő *feltétel nélkül stabil*, tehát bármilyen lezáróimpedanciát is kötünk rá, nem mutat gerjedési hajlamot ( $k > 1$ ). Ezt



3. ábra. Az AM1 ajánlott kapcsolása 0,8-től 2,6 GHz-ig

áramkör-szimulátorral és mérésekkel, több kapcsolásnál is ellenőriztem Az S11 és S22 minden frekvencián negatív maradt.

A más gyártók által gyártott, hasonló „Gain Block”-okhoz képest kedvezőbb a hőellenállásuk és jobb a hatásfokuk is. Tápfeszültség-ellátásuk egyszerű, egy 5 V-os stabilizátor-IC-ről közvetlenül megoldható. A viszonylag nagy teljesítmény ellenére sem szükséges külön hűtésről gondoskodni, elegendő a panel rézfóliájának hőelvezető hatását kihasználni, ami egyúttal megoldja a source-elektroda megfelelő kis induktivitású földelését is (lásd később).

Természetesen jónéhány gyártó termékválasztékában találunk hasonló, jó minőségű MMIC-eket, de valamelyik elektromos paraméterükben, árukban vagy beszerzési lehetőségeiket tekintve kedvezőtlenebbek e két ismertetett típushoz képest.

### Az AM1 alkalmazása

Ez az általános felhasználású „erősítő blokk” alacsony zajszám mellett magas IP értékkel, egyaránt használható keskeny- és szélessávú erősítőnek. Általános jellemzőit a 2. táblázat tartalmazza. A 3. ábrán bemutatjuk a gyári ajánlott kapcsolást 0,8 és 2,6 GHz közötti alkalmazásokhoz. A 4. ábrán az aján-

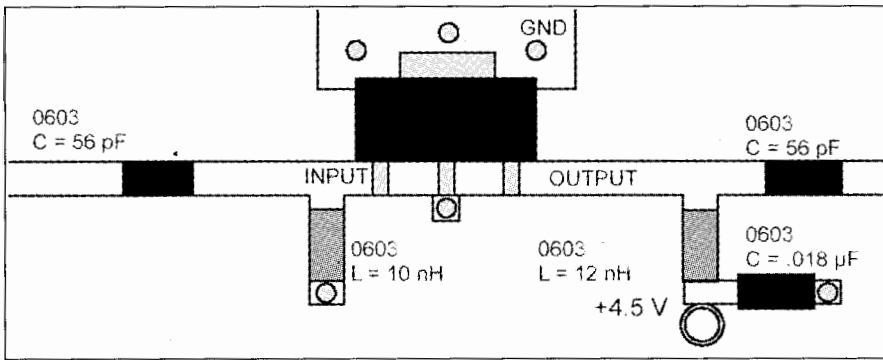
2. táblázat. Az AM1 jellemzői

Paraméterek	Min.	Tipikus	Max.
Frekvenciatartomány, MHz	60		3000
S21 erősítés, dB	13	14	16
S11 bemeneti refl., dB		-9	
S22 kimeneti refl., dB		-15	
IP3 (kimeneti), dBm	+33	+37	
P1dB (kompresszió), dBm		+18	
NF, dB		2,4	
Áramfelvétel, mA	55	75	100
Tápfeszültség, V	3,3	4,5	5,5

3. táblázat. Az AM1 mérési eredményei

Frekvencia MHz	900	1900	2400
S21, dB	13,4	12,2	11,5
S11, dB	-12,5	-13,2	-11,4
S22, dB	-21,2	-17,8	-17,3
IP3, dBm	+37,5	+37,0	+37
P1dB, dBm	+18,1	+18,0	-
NF, dB	2,4	2,6	2,8





4. ábra. Az „AM1-PCB” jelzésű gyári panel beültetési rajza

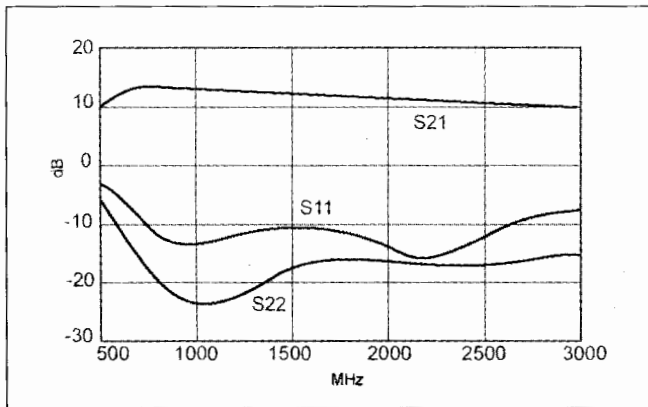
lott kapcsoláshoz kifejlesztett „AM1-PCB” jelzésű gyári panelt és beültetési rajzát láthatjuk, amely fejlesztési célokra külön megrendelhető. Sajnos a pontos méreteket a gyártó nem közli, csupán annyit hoztak nyilvánosságra, hogy a panel kétoldalas, 12 MIL (kb. 0,3 mm) vastag FR-4-es hordozóra készült, 0603-as méretkódú SM-alkatrészekkel. Valamennyi tápvonal impedanciája 50 Ω-os, ami ezen a panelon éppen megfelel a 0603-as méretkódú alkatrészek szélességének. Akár erre a hordozóra, akár más vastagságúra könnyen átméretezhetjük az 50 Ω-os tápvonalakat, a tavalyi évkönyvünkben bemutatott programok valamelyikével [12]. A 3. táblázatban megadtuk az ajánlott kapcsolás gyári mérési eredményeit 900, 1900 és 2400 MHz-en az AM1-PCB jelű gyári panelon mérve.

Az 5. ábra az ajánlott kapcsolás S-paramétereit mutatja, a vizsgált frekvenciatartományban. A mérési adatokból kitűnik, hogy az áramkört elsődlegesen mobilszolgáltatók bázisállomásai számára fejlesztették ki. Amennyiben az ott fellépő, elképesztően szélsőséges igénybevételeknek megfelelnek, akkor szinte bármilyen más alkalmazásra is bátran ajánlhatók.

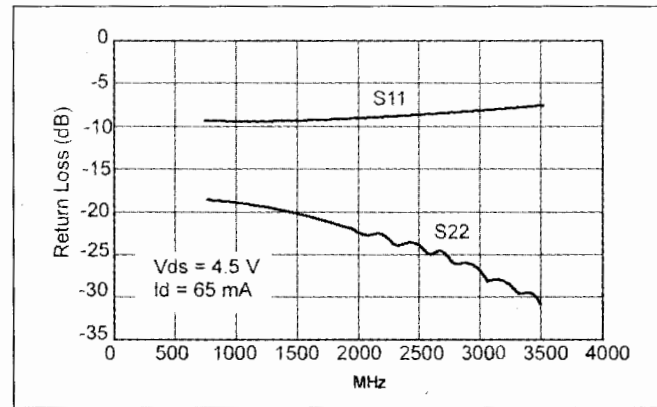
Ahhoz, hogy ezzel a nagyszerű MMIC-vel, egy adott célra kifejlesztessünk valamilyen áramkört, először egy olyan elemmodellt kell készíteni, amelyet magának a csipnek az S-paramétereit definiálnak. Ezután kell figyelembe venni a tok és a forrszemek parazita induktivitásait és kapacitásait, majd az így kialakított fizikai modellhez kell megtervezni és optimalizálni a szükséges illesztőhálózatokat. Ez még

mindig csak elmélet, ha meg is akarjuk valósítani a kapcsolást, akkor az így létrehozott elemmodellhez egy olyan tokrajzolatot kell készíteni a megfelelő forrszemekkel, amelynél összhangban vannak az elektromos és a fizikai jellemzők. Különösen gondosan kell eljárni a többkivezetéses alkatrészeknél, ahol egy vagy több elektróda a kisebb eredő induktivitás érdekében több kivezetésre is rá van kötve (esetünkben ilyen a source).

Lapunkban mindeddig aktív elemek nagyfrekvenciás áramkör-szimulációjára még nem mutattunk be mintapéldát, ezért ezen az áramkörtön keresztül nyújtunk rövid betekintést e területre. Szerettem volna ellenőrizni az ajánlott kapcsolás jellemzőit szimulációval, ezért először elkészítettem az AM1 elemmodelljét, amelyhez kiindulási alaplank vettem a WJ Communications Inc. 2003. februárjában kiadott AM1 adatlapján [13] szereplő S21, S11 és S22 görbéket. Ezeket a görbéket illesztőhálózat nélkül, közvetlenül az IC kivezetésein, két 50 Ω-os kapu (port) között mérték,  $V_{DS} = 4,5$  V és  $I_D = 75$  mA-es munkaponti adatoknál. Az adatlapon megtalálhatók az AM1-es szélesávú erősítő S-paramétereit a 4. táblázatban látható formában is. Ezeket átszerkesztettem „szabványos” Touchstone (EESOF) formátumú fájlba, amelynek kiterjesztése s2p, jelölése a későbbi ábrákon: AM1\_M.s2p. Ezt át-



5. ábra. A 3. ábra ajánlott kapcsolásának gyárilag mért jelleggörbéi



6. ábra. Az AM1 bemeneti (S11) és kimeneti (S22) reflexiócsillapítás-görbéi illetlenül 50 Ω-os kapuk között mérve



## DEÁKI ELEKTRONIKA Kft.

**Műszergyártás, tervezés, speciális elektronikák javítása**

**Termékeink:** adatátvitel GSM hálózaton keresztül, feszültségmérők, számlálók, frekvenciamérők, kijelzők.

Vállaljuk egyedi készülékek, műszerek, vezérlések tervezését, gyártását.

1158 Bp., Molnár Viktor u. 74/b • Tel./fax: 410-6212 • Internet: [www.deaki.hu](http://www.deaki.hu) • e-mail: [mail@deaki.hu](mailto:mail@deaki.hu)

4. táblázat. Az AM1 S-paraméterei szabványos Toutstone formátumban (a gyári adatlap alapján)

Typical Test Data

S-Parameters (Vds = +4.5 V, Id = 75 mA, T = 22°C, unmatched device in a 50 ohm system)

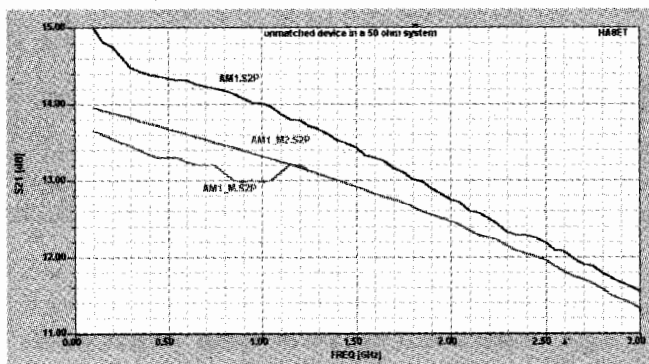
Freq (MHz)	S11 (Mag)	S11 (Ang)	S21 (Mag)	S21 (Ang)	S12 (Mag)	S12 (Ang)	S22 (Mag)	S22 (Ang)
250	0.499	-26.60	4.732	163.00	0.091	7.59	0.292	-24.50
350	0.483	-29.90	4.677	160.00	0.092	2.17	0.275	-23.50
450	0.473	-34.20	4.624	156.00	0.093	-1.66	0.263	-23.80
550	0.466	-39.20	4.624	152.00	0.093	-4.84	0.257	-25.00
650	0.459	-44.60	4.571	148.00	0.093	-7.70	0.248	-27.00
750	0.453	-50.30	4.571	143.00	0.094	-10.40	0.243	-29.20
850	0.447	-56.10	4.467	139.00	0.094	-12.90	0.234	-31.50
950	0.441	-62.30	4.467	134.00	0.094	-15.40	0.229	-34.30
1050	0.435	-68.60	4.467	130.00	0.094	-17.90	0.221	-37.50
1150	0.347	-74.23	4.576	132.39	0.096	-18.13	0.108	-27.27
1250	0.345	-80.74	4.537	128.65	0.096	-20.21	0.102	-27.41
1350	0.351	-86.61	4.492	124.94	0.096	-22.23	0.100	-27.26
1450	0.351	-91.21	4.450	121.26	0.095	-24.21	0.098	-30.03
1550	0.351	-97.34	4.406	117.51	0.095	-26.26	0.093	-29.92
1650	0.357	-102.70	4.357	113.92	0.094	-28.09	0.094	-30.82
1750	0.357	-107.50	4.321	110.26	0.094	-30.05	0.089	-33.77
1850	0.360	-113.99	4.265	106.53	0.093	-32.01	0.086	-32.21
1950	0.368	-118.52	4.222	103.05	0.093	-33.81	0.087	-36.15
2050	0.366	-124.10	4.178	99.26	0.092	-35.95	0.078	-37.29
2150	0.375	-129.50	4.115	95.85	0.091	-37.66	0.081	-36.43
2250	0.380	-133.90	4.081	92.16	0.091	-39.71	0.077	-42.91
2350	0.378	-139.40	4.018	88.51	0.090	-41.70	0.073	-39.88
2450	0.395	-144.55	3.984	85.14	0.089	-43.45	0.076	-45.37
2550	0.394	-148.39	3.928	81.27	0.088	-45.65	0.067	-46.63
2650	0.391	-154.12	3.868	77.98	0.087	-47.48	0.070	-45.24
2750	0.410	-159.49	3.828	74.36	0.087	-49.46	0.065	-52.31
2850	0.405	-162.27	3.757	70.85	0.085	-51.43	0.060	-49.00
2950	0.407	-168.06	3.713	67.63	0.085	-53.15	0.062	-52.88
3050	0.421	-172.65	3.655	64.07	0.083	-55.23	0.055	-56.02
3150	0.419	-175.62	3.597	60.85	0.082	-56.91	0.055	-55.16
3250	0.423	178.73	3.560	57.48	0.081	-58.82	0.052	-59.73
3350	0.432	174.86	3.501	54.10	0.080	-60.67	0.049	-59.49
3450	0.432	170.90	3.458	50.87	0.079	-62.36	0.048	-60.99

szerkesztettem és bevitettem a Serenade v8.7 szimulátorba, majd kirajoltattam az egyes S-paramétereket. Ezután a [www.wjcommunications.com/rf\\_components/](http://www.wjcommunications.com/rf_components/) lapról letöltöttem az

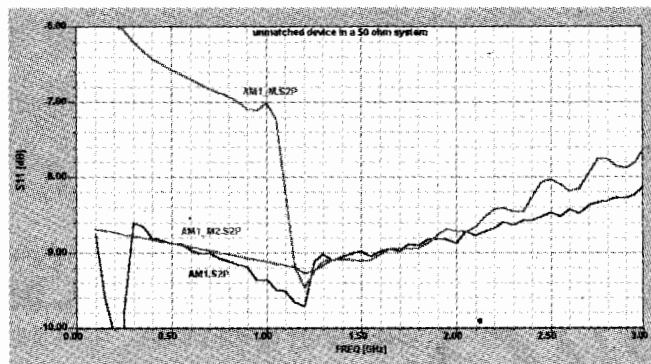
„AM1%20S%20Parameters” fájlt. Jelölése a későbbi ábrákon: **AM1.s2p**. Ezt is az előzőhöz hasonló „subcircuit”-ként bevitettem a szimulátorba és ellenőriztem a görbéket. A szimuláció-

kat, a gyári S-paraméterek méréséhez hasonlóan, illetetllenül, 50 Ω-os kapuk között végeztem el.

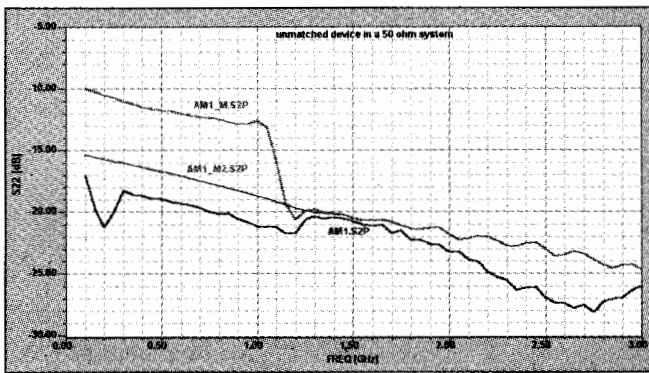
Annak ellenére, hogy mindkét adatállomány a gyártótól származik, a gör-



7. ábra. Az AM1 S21 (erősítési tényezőjének) szimulált görbéi. Az „AM1\_M2.S2P” jelzésű görbe az interpoláció eredménye



8. ábra. Az AM1 S11 bemeneti reflexiócsillapítása (szimuláció)



9. ábra. Az AM1 S22 kimeneti reflexiócsillapítása (szimuláció)

bék egymástól és az IC adatlapján szereplő, a 6. ábrán bemutatottól is különböznek. 1,1 és 1,2 GHz között az addig folyamatos görbéken jelentős ugrást tapasztaltam. A 7., a 8. és a 9. ábrán láthatók az S21, S11 és S22 görbék 50 MHz és 3 GHz között a Serenade 8.7 áramkör-szimulátor segítségével a felsorolt gyári adatokból szimulálva.

Az AM1\_M.s2p (az adatlapon szereplő táblázat S-paraméterei) mérésekor az S11 és S22 paramétereknél 1050 és 1150 MHz között egy jelentős ugrás látható. Ez a probe (Test Fixture), vagy a mérővezeték rezonanciájából, a kalibráció nélküli mérésáthár-váltásból, vagy a referenciasíkok helytelen megadásából következhetett be. Az S21 görbén az illetetlen kapuk ellenére alig vehető észre ez a jelenség.

Az ugrást követő frekvenciáktól felfelé haladva, az adatlapon látható (6. ábra) S22 görbét jól közelíti a szimulált görbe. Alatta viszont jelentősek az eltérések!

Az AM1.s2p letöltött fájl vizsgálatakor sokkal kisebb mértékben jelentkezik a fent említett mérési hibából következő „ugrás”, de ez a görbe is jelentősen különbözik, a 6. ábra S22 görbéjétől.

Itt 250 MHz körül található egy káros rezonanciára utaló hiba, de sajnos a gyártó által megadott görbék csak 750 MHz körüli frekvenciáktól felfelé ábrázolják az S-paramétereket, így nincs összehasonlítható alap. Egy 3–4 GHz-es csipnél ilyen alacsony frekvencián nem szabadna parazita rezonanciának mutatkoznia.

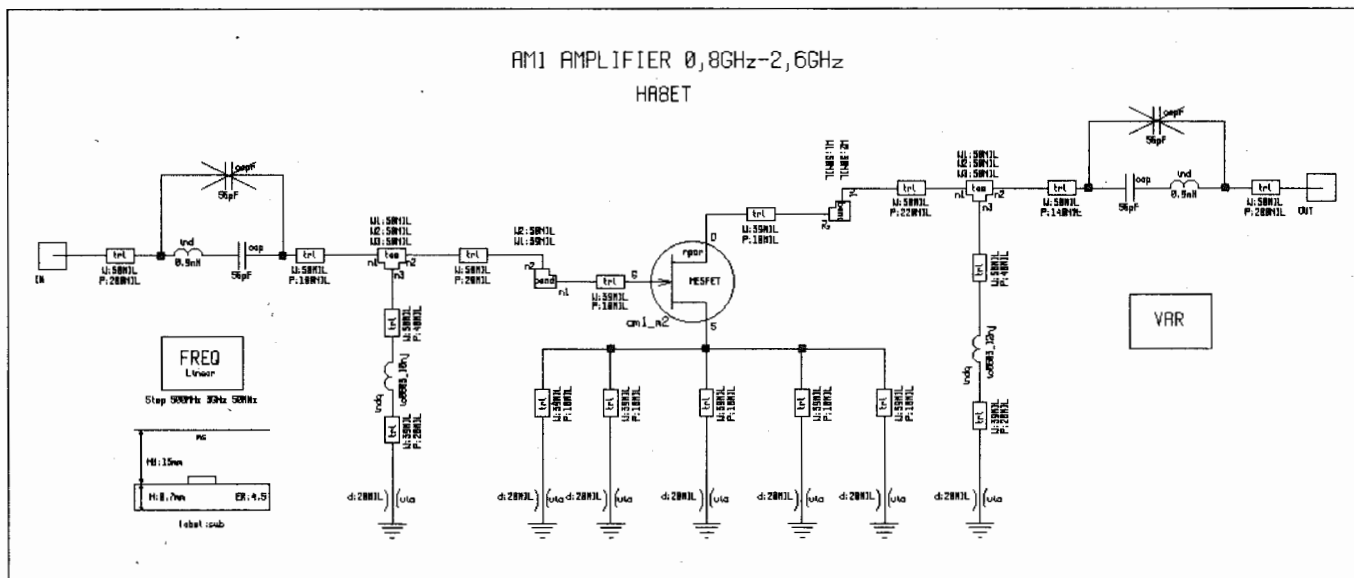
A felsorolt ellentmondások feloldásaként 50 és 1300 MHz között átszerkesztettem az S-paramétereket és egy „LIN/CUB” interpolációt alkalmaztam, hogy csökkentsem az azokon látható, ismeretlen eredetű ugrásokat.

Ezt a fájlt mindhárom ábrán „AM1\_M2.s2p”-nek neveztem. A továbbiakban ezt a közelítő fájlt használom a szimulációk során.

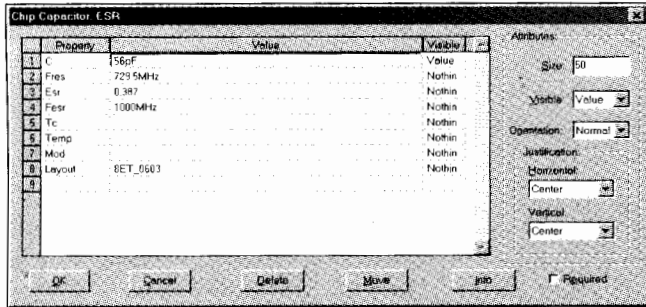
## Gyakorlati áramkör-szimuláció

A 10. ábrán látható a gyári mintaáramkör nagyfrekvenciás kapcsolási rajza a Serenade 8.7 programban megrajzolva, a parazita hatások figyelembe vételével. A kapcsolást átméreteztem egy általánosabban használt 0,7 mm vastag FR-4-es hordozóra, de megtartottam az eredeti 0603 méretkódú SM-alkatrészeket. 1,5 mm-es hordozónál a miniatűr kondenzátor szélessége és az 50 Ω-os vonal szélessége már jelentős mértékben eltér volna egymástól, ami megnéveztetne volna az összehasonlíthatást a gyári mérések eredményeivel. A ki- és bemeneti soros, 56 pF-os csatoló kondenzátorokat az AVX cég SPIMIC programja segítségével, két módszerrel is modelleztem. Jelenleg a kapcsolási rajzon az alsó csatoló kondenzátorok az aktívak, ezek vesznek részt a szimulációban. Itt az SM-kondenzátorok saját induktivitásait, mint parazita tagot sorosan kötöttük a veszteséges (jósági tényezővel jellemzett) kondenzátorokkal. A soros parazita induktivitások az AVX kondenzátor adatlapján és a SPIMIC programban egyaránt megtalálhatóak (esetünkben  $L_S = 0,9 \text{ nH}$ ).

A másik módszer alkalmazásához a 10. ábrán, a jelenleg „deaktivált” (áthúzott) felső csatoló kondenzátorokat kell aktiválni. Az adott 56 pF-os kondenzátorok soros rezonancia frekvenciáját ( $F_{RES}$ ) és 1000 MHz-en a soros rezonancia-ellenállását (ESR) beírtuk a 11. ábra párbeszédés ablakába (CHIP/ESR nevű kapacitás szimbólumot vá-



10. ábra. Az ajánlott kapcsolás nagyfrekvenciás helyettesítési rajza a Serenade programban



11. ábra. A csatoló kondenzátor párbeszédablakának kitöltése

5. táblázat. A különböző méretkódú SM-kondenzátorok soros parazita induktivitása (AVX adatok)

Méretkód	Ls nH
0603	0,9
0805	1,1
1206	1,3

lasztva), továbbá megadtuk a „Layout”-ot (0603 méretkód) és így végeztük el az áramkör szimulációját. A felhasznált adatok szintén megtalálhatók a fentebb említett forrásokban. Gyakorlatilag a két helyettesítőkép szimulációjának eredménye megegyezik, mindössze 2 GHz-en környékén mutat jelentéktelen eltérést az S22 görbe a 12. ábrán látható módon.

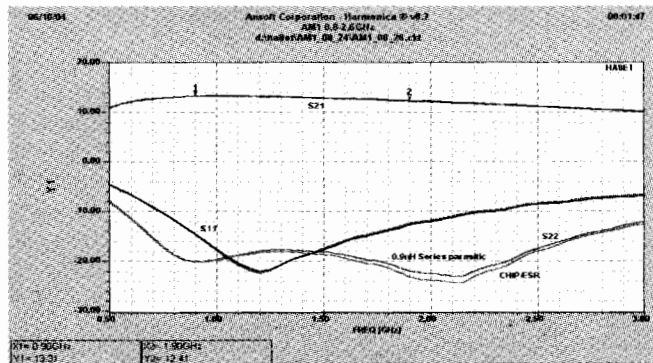
Ismertlen gyártmányú SM-kondenzátorok nagyfrekvenciás modellezésénél a VHF- és az UHF-sávokban az 5. táblázatban megadott soros induktivitásértékeket célszerű figyelembe venni. Ezek az értékek gyártónként, csak kis mértékben térnek el egymástól. Ezen eltérések kisebb pontatlanságokat eredményeznek a szimuláció során, mint a kondenzátorok értékszórásai. Természetesen a mikrohullámú sávokban a megfelelő pontosság érdekében a gyártó S-paraméterekkel jellemzett eredeti elemmodelljeit célszerű használni. Az ismertebb gyártók weblapjáról (pl.: ATC, AVX, Murata és Johanson) a mikrohullámú felhasználásra ajánlott csipkondenzátorok S-paraméterei regisztráció után letölthetők. Bármely elemmodellt is használjuk, az csak a kondenzátor „testre” vonatkozik, tehát nem tartalmazza a forrszemei (PAD-ek) parazita hatásait. Erről könnyen meggyőződhetünk, mert akár hozzárendeljük az alkatrészhez a forr-

szemeket (tokozást), akár nem, azonos karakterisztikákat kapunk. A szimulációt a kapcsolási rajz alapján végzi el a szimulátor, tehát annak minden ismert parazita hatást tartalmaznia kell.

A magasabb frekvenciákon különös gondot kell fordítani az alkatrészek forrszemei által okozott parazita hatásokra. Ezek SM-alkatrészek esetében egy-egy rövid, meghatározott impedanciájú tápvonalszakaszként (TRL) viselkednek. Mivel az elemmodellek nem tartalmazzák azokat, ezért a tervezőnek kell egy-egy adott méretű tápvonalszakaszként az alkatrészhez hozzárendelnie.

A gyakorlatban a forrasztási felület legtöbbször átfedi a kondenzátorra csatlakozó microstrip tápvonalat, ezért közelítő szimulációnál vagy alacsonyabb frekvenciákon nem szükséges külön tápvonalszakaszként szimulálni azokat. A 6. táblázatban láthatjuk, hogy nem okozott a gyakorlatban észrevehető eltéréseket a szimulációnál alkalmazott közelítés, a WJ mérési adataihoz viszonyítva.

A kapcsolási rajzból a Serenade S2A Layout áramkör-szimulátor, az S2A Layout



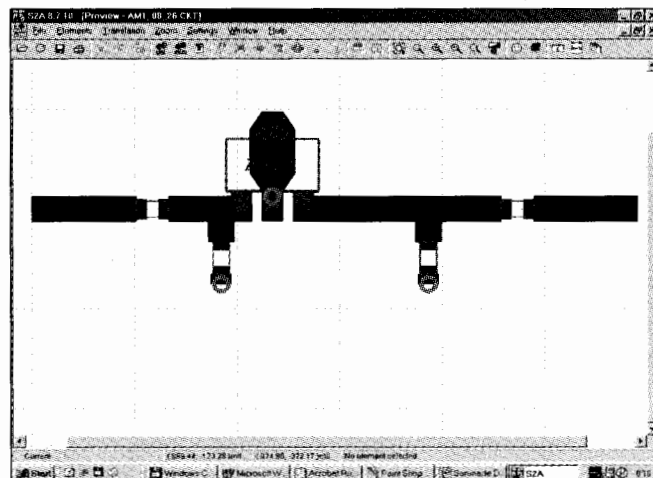
12. ábra. A 10. ábra kapcsolásának szimulációja

6. táblázat. A gyári kapcsolat mérési eredményeinek és szimulációjának összehasonlítása

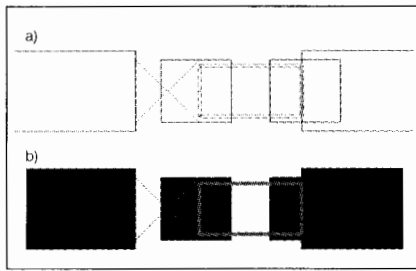
Jellemzők	S21 dB	
Frekvencia, MHz	900	1900
WJ mérései	13,4	12,2
HA8ET szimuláció	13,31	12,41

program segítségével automatikusan előállítja a nyomtatott áramkör rajzolatát, az úgynevezett Layout-ot (13. ábra).

A külön megrendelhető konvertáló programokkal a leggyakrabban használt PCB-tervező programokba konvertálható a nyák-terv, de közvetlenül is előállíthatók a legismertebb gyártófájlok. Nagyon nagy figyelmet és alaposítást igényel azonban kapcsolási rajz (SCH) és a nyomtatott áramköri rajz (PCB) tökéletes összhangja. Amennyiben az elméleti kapcsolási rajzból készített PCB nem felel meg az elképzeléseinknek (pl. két alkatrész fe-di egymást), akkor a PCB-rajzon azok



13. ábra. A Serenade S2A Layout programjában a PCB rajz 0,7 mm-es FR-4-es hordozón. A bekapcsolt rács 5 × 5 mm-es



**14. ábra. A valóságos csatolókon-  
denzátor és annak parazita indukti-  
vítása a PCB-rajon: a) kitöltés nél-  
kül, b) kitöltéssel ábrázolva**

paraméterezésével módosíthatjuk az elhelyezkedésüket, ami egy parancs segítségével visszaíródik az SCH-rajzba. Ez a lehetőség különösen hasznos az úgynevezett meander vonalak vagy a spirál induktivitások fizikai megvalósításakor.

### A PCB helyes kialakítása

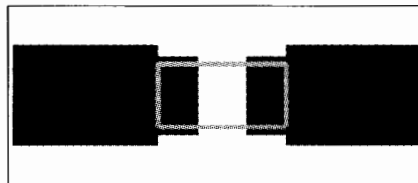
Most bemutatunk néhány egyszerű eljárást, miként lehet az SCH- és a fizikailag helyes PCB-rajz összhangját úgy biztosítani, hogy még a mikrohullámú sávokban is elfogadható pontosságú legyen a szimuláció eredménye. Először a 10. ábra alapján vizsgált erősítő csatolókonkondenzátorának első közelítést elemezzük. Maga a kondenzátor 0603 méretkódú, a párbeszédéses ablak Layout rovatába ezt beírva, a PCB-rajzon helyesen jelennek meg a forrsemei. A referenciasíkok gyárilag úgy vannak megadva, hogy a csatlakozó tápvonal szakaszok éppen a kondenzátortest végéhez csatlakozzanak. Az SCH-ban, a helyettesítő rajzon, ott található a kondenzátor test saját induktivitását reprezentáló 0,9 nH-s parazita induktivitás is. Ha nem rendelünk hozzá valamilyen fizikai Layout-ot, akkor a 14.a ábrán látható (a szimulátor képernyőjén piros) X jelzi annak helyét, így a PCB-t nem lehet elkészíteni.

A 14.b. ábrán ugyanezt a rajzrészletet láthatjuk, a vezetősávok kitöltéssel. Az X megjelenésének elkerülése érdekében egy olyan fizikai Layout-ot kell a parazita induktivitáshoz hozzárendelni, amelynek a két referenciasíkj egybe esik, tehát nincs fizikai kiterjedése, de a kötélistában elektromos kötetést hoz létre. A mintapélda párbeszédéses ablakában, a Layout rovatban a „8ET\_parasitic” elemet rendeltük a so-

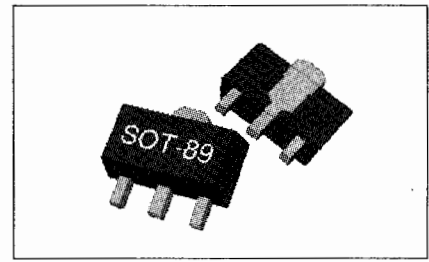
ros induktivitáshoz, és a 15. ábrának megfelelő PCB-rajzot kaptuk eredményül. Ekkor a szimulációhoz felhasznált elektromos kapcsolási rajz és a PCB-rajz összhangban van, így nem szükséges a gyártófájl elkészítéséhez egy módosított rajzot is készíteni, a parazita hatások elhagyásával.

A másik módszer, amikor a kondenzátor párbeszédéses ablakába beírtuk annak jellemzőit: a rezonanciafrekvenciáját és a soros rezonanciaellenállás értékét. Ekkor ugyancsak a 15. ábrának megfelelő nyomtatott áramköri rajzot kaptuk eredményül. Természetesen ezek a közelítések csak az alacsonyabb frekvenciákon állják meg helyüket. Az 1 GHz feletti frekvenciákon speciális mikrohullámú kondenzátorokat kell használni, amelyekhez rendelkezésre állnak a gyári S-paraméterek (forrsemekek nélkül!). Ezeket kell a helyettesítési kapcsolásban a kondenzátorokhoz hozzárendelni, majd elemmodellként kezelni, de a Layout rovatba beírt méretkód csak a PCB elkészítést teszi lehetővé, a forrsemekek parazita hatásait villamos szempontból nem veszi figyelembe. Ezért a tervezésnél a referenciasíkokat nagyon átgondoltan kell alkalmazni, a forrsemekeknek megfelelő méretű tápvonalszakaszokat kell helyezni a pontos szimuláció érdekében. Ennek részletes ismertetése meghaladná e cikk terjedelmét.

Ennél is bonyolultabb az aktív elemek pontos szimulációja. Az ezekhez tartozó korrekt elemmodell először magának a csipnek a villamos jellemzőit tartalmazza, ehhez kell hozzárendelni a tok parazita hatásait (az elektródák induktivitásait, kapacitásait stb.), majd a forrsemekek okozta tápvonalhatásokat. Sajnos a gyártó cégek eléggé „pongyolán” kezelik ezeket a kérdéseket, sok esetben egy-egy elemmodellről még az sem derül ki, hogy csak a csipet, vagy a tokozott áramkört mérték, illetve hová helyezték szoftveresen a referencia síkot. Több áramkörszimulátor könyvtáraiban búvárkodva, az



**15. ábra. Az elvi rajznak mindenben  
megfelelő PCB-rajz**

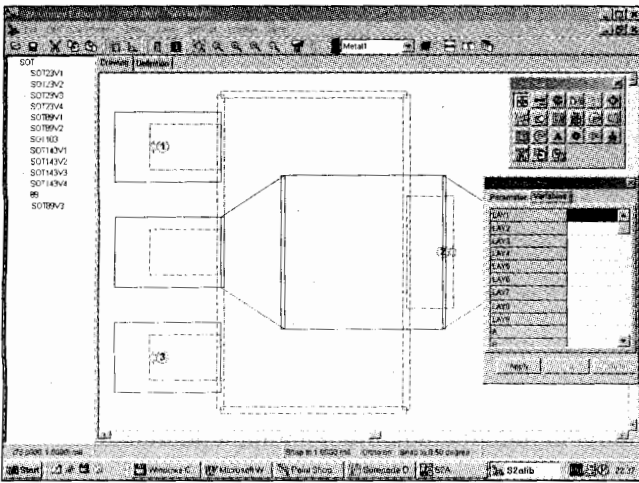


**16. ábra. A SOT-89-es tok fényképe**

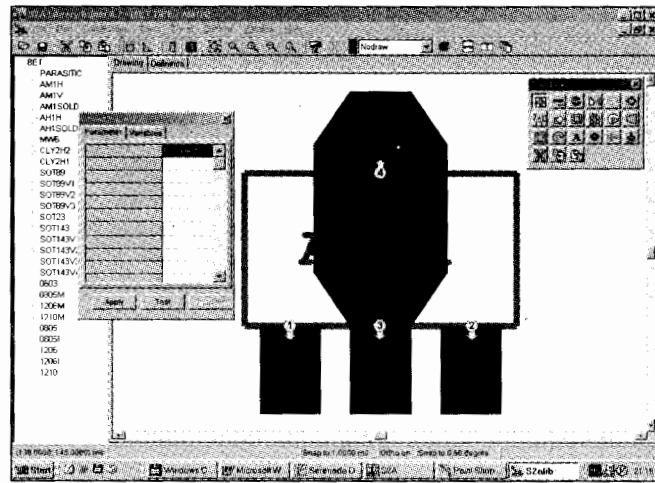
1990-es évek elején kiadott régi Siemens S2P vagy TXT kiterjesztésű fájlok köszönnek vissza, esetenként még a fejrészüket sem aktualizálták. Részletesen írunk pl. arról, hogy gyönyörű napsütéses hétvégén végezték a mérést, de azt elfelejtik közölni, hogy miként mérték az adott félvezetőt...

Az újabb kiadású áramkör-szimulátorok általánosan használt elemmodelljei („Empirical FET Model”, „Process & Physics-based MESFET Model”, „MESFET and HEMT Models”, „ITT PFET Intricit Model”, „Materka” stb.) többnyire a nemlineáris szimulációhoz készültek és általában csak a gyártó cégek tervezői tudják alkalmazni ezeket a gyakorlat számára is megfelelő pontossággal. Nagyon kevés cég közli ugyanis a gyártástechnológiától függő pontos adatokat valamennyi gyártmányára, amelyeket a felhasználónak kellene beírnia a szimulátor párbeszédéses ablakában a fenti modellek valamelyikébe. Néhány jellegzetes típus adatai megtalálhatók az egyes szimulátorokban, de az általános elemmodellek inkább csak demonstrációs célra használhatók. Gyakorlatilag a felhasználónak kellene az egyes félvezetők adatait megmérni és bevinni a szimulátorba. Ez a lehetőség világszerte csak nagyon kevés tervezőnek adatik meg.

Amíg a korábbi években akár az internetről, akár a gyártók katalógus CD-iről vagy más hasonló szimulátorok könyvtáraiból is át lehetett venni egyes adatokat, ma már sok esetben a formátumok is különböznek annak érdekében, hogy minden információért pénz lehessen kérni. Van olyan cég, amely arra szakosodott, hogy megrendelésre megmérjen egy-egy alkatrészt, elkészítse az adott szimulátorhoz annak elemmodelljét a szükséges formátumban, a kért hordozóra. Mindezt 100...200 USD-ért. Nem tévedés, minden hordozón más-más elemmodell jellemzi egy-egy alkatrész pontos nagyfrekvenciás működését a forrse-



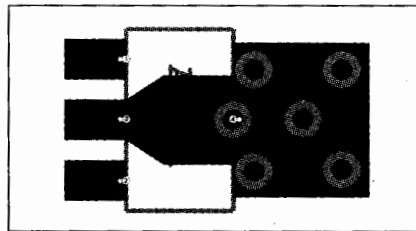
17. ábra. Az eredeti SOT-89-es tok kivezetései és referencia síkjai



18. ábra. A SOT-89-es tok átszerkesztése az AM1-es erősitőnek megfelelően

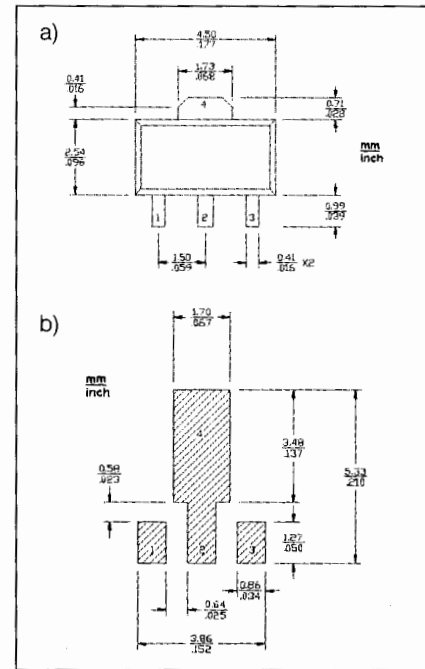
mek tápvonalhatása miatt. Ezért minden rendelkezésre álló adatot meg kell becsülnünk s archiválni kell, mert egyre nehezebb beszerezni azokat. Miután az alkatrész már nem szerepel a tervezéshez ajánlott korszerű alkatrészek listáján, azután már gyakorlatilag képzelenség a szimulációhoz szükséges adatokhoz hozzájutni, pedig az adott félvezető még legalább tíz évig kapható a kereskedelemben.

Mindkét mintapéldánkban alkalmazott MMIC, az AM1 és az AH1 tokozása is SOT-89 jelzésű. Ez egy közismert tok (16. ábra). Azt gondolhatná a tisztelt Olvasó, mi sem egyszerűbb, mint ezzel elkészíteni a szükséges PCB-t. Nos, ha megnézzük az áramkör-szimulátorokban, a SOT-89-es tok kivezetései transzisztorhoz készültek a 17. ábrának megfelelő lábkiosztással és referenciasíkokkal. Ez sem

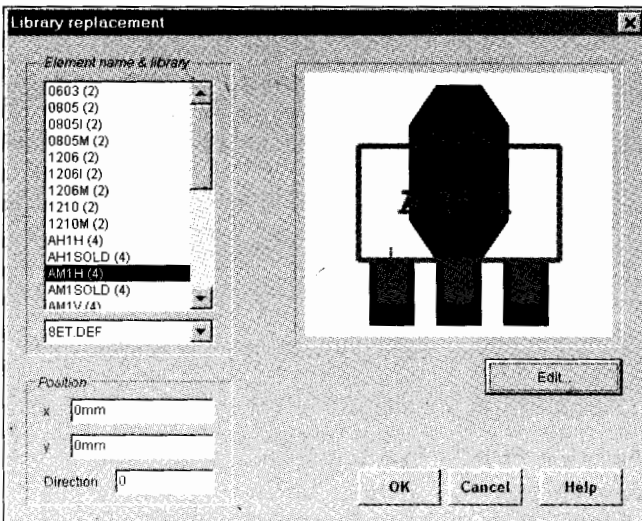


20. ábra. A SOT-89 tok megnövelt hűtése

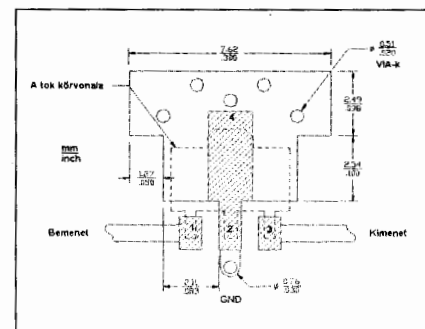
az AM1 és AH1 MMIC-k lábkiosztásának, sem pedig a csatlakozó referenciasíkoknak nem megfelelő, ezért a könyvtári elemszerkesztőben át kell azokat szerkeszteni a 18. ábrának megfelelőre. Az ábra jobb felső sarkában látható „Tool box” segítségével a beállított rétegen némi gyakorlattal minden szerkesztési feladatot elvégez-



21. ábra. A SOT-89-es tok felülnézete (a). A tok forrszemeinek méretei (b)



19. ábra. Az AM1 tokrajza mentés után a könyvtárban



22. ábra. A SOT-89-es tok ajánlott forrasztási felülete megnövelt hűtéssel



szemben 1000 MIL = 1 inch = 25,4 mm.) A **22. ábrán** látható egy gyárilag ajánlott, egyszerű PCB a tok nagyfrekvenciás alkalmazásához. Ezek a rajzok azok számára nyújtanak jelentős segítséget, akik hagyományos PCB-tervező programmal és nem speciális nagyfrekvenciás tervezőrendszerrel kívánják az áramköröket megrajzolni. A korszerű SM-tokozású félvezetőkkel (pl. az új fejlesztésű LDMOS-ok) ilyen hűtési megoldással akár 10 W (!) disszipáció is elérhető kétoldalas FR-4-es panelon, a megfelelő VIA-k kialakításával.

A szükséges tokrajzok elkészítése után, az elvi rajzon az elemmodellhez hozzárendelhetjük az S-paraméterek mellett a korrek SOT-89-es tok rajzolatát is, majd a referenciasíkok gondos csatlakoztatása után a parazita-hatásokat is megfelelő pontossággal szimulálhatjuk. A **23. ábrán** kinagyítottuk a kapcsolat egy részletét, hogy bemutathassuk a parazita hatások pontos szimulációját. A bemeneti lábra, a referenciasíknál csatlakozik egy, a kivezetés szélességével megegyező szélességű ( $W = 39$  MIL) és hosszúságú ( $P = 10$  MIL) tápvonal. Ezt követi egy ugyanilyen széles, nem optimalizált, tehát derékszögű sarok (BEND) elem a megfelelő irányítottsággal paraméterezve, ezt követően az  $50 \Omega$ -nak megfelelő szélességű tápvonal, majd az elágazás a földre kötött induktivitás számára.

A **24. ábrán** az ennek megfelelő PCB-n megfigyelhetjük, hogy az alkalmazott microstripelemek pontosan a referenciasíknál csatlakoznak a kivezetésekre, azokat teljes egészében fedik, s nem csak a PCB-rajz kialakításában, hanem a pontos villamos szimulációban is részt vesznek. Mindkét ábrán a 10 MIL hosszú, 39 MIL széles tápvonal ki van világítva a szemléletesség kedvéért.

Valamennyi vezetősáv kitöltése ki van kapcsolva, hogy a részleteket is tanulmányozhassuk a PCB-rajzon. Érdemes megfigyelni, hogy a kimeneti lábra csatlakozó BEND elem irányítottságát a 23. ábrán meg kellett változtatni, hogy a megfelelő rajzolatot kapjuk. Az így kialakított áramkör nemcsak a villamos szimulációját tekintve, hanem a PCB-je szempontjából is megfelel a vizsgált tartományban az AM1-PCB gyári áramkörnek. A hűtést megvalósító VIA-k a következő lépésben kerülnek a rajzra.

A **25. ábrán** bemutatunk egy ajánlott gyári kapcsolást az AM1-es erősítő

tővel 70 MHz-re optimalizálva. A kapcsolat bemeneti illesztő tagja 60 és 100 MHz között biztosít megfelelő illesztést és stabil működést. Az erősítési tényező 16,3 dB, a zajtényező pedig 5,1 dB a gyári mérések alapján. A felhasznált induktivitások Toko gyártmányú, LL1608-FSR18J típusok. Ebből a példából is látható, hogy megfelelően méretezett egyszerű illesztőtagokkal az ajánlott frekvenciatartományon kívül is jól működik az áramkör.

Sok kísérleti kapcsolásnak elvégeztem a stabilitási vizsgálatait is. Megfelelő illesztőtagok esetében sem az üzemi frekvenciatartományban, sem azon kívül gerjedést nem mutatott a szimulátor. A megépített próbaáramkörök még terheletlen kapcsok mellett sem gerjedtek be.

A nagy dinamika, a nagy erősítési tényező, a jó illeszthetőség, az alacsony zajszám mellett stabil működés jellemzi e nagyszerű erősítőáramkört. Az AM1-es szélessávú erősítő zajillesztésére vonatkozó „Gamma OPT” és „RN” adatokat sehol nem tették közzé, csupán néhány „application circuit”-nál adják meg a zajszámot egy-egy frekvenciatartományra. Ebből egyértelműen látható, hogy az AH1 típusnál hozzávetőleg 0,3 dB-lel kisebb az AM1 típus zaja és ennek megfelelően az  $F_{MIN}$  értéke is. Amennyiben sikerül hozzájutni ezekhez az adatokhoz, akkor tetszőleges frekvenciára el lehet végezni az optimális zajillesztést is.

### Az AH1 bemutatása

Ez az áramkör hasonlít az AM1-hez, azzal a kis különbséggel, hogy még nagyobb jelek feldolgozására készült. Egyaránt alkalmas szuper nagy dinamikájú bemeneti fokozatnak vagy kis szintű meghajtó-, illetve végfokozatnak 250-től 3000 MHz-ig. A zajszáma mindössze 0,3 dB-lel nagyobb az előző típusnál, a kimenőteljesítménye vi-

### 7. táblázat. Az AH1 jellemzői

Paraméterek	Min.	Tip.	Max.
Frekvenciatartomány, MHz	250	3000	
S21 Erősítés, dB	12,4	13,5	
S11 Bemeneti refl., dB		-8	
S22 Kimeneti refl., dB		-15	
IP3 (kimeneti), dBm	+37	+41	
P1dB (kompresszió), dBm		+21	
NF, dB		2,7	
Áramfelvétel, mA	120	150	180
Tápfeszültség, V		5	6

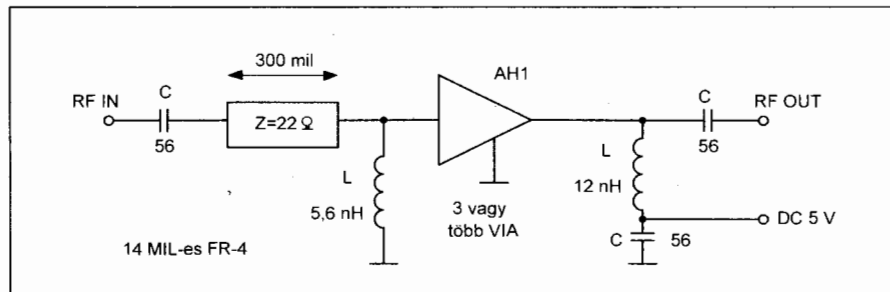
szont közel 150 mW. Részletes adatait a **7. táblázat** tartalmazza. A **26. ábrán** bemutatjuk a gyár által 900 MHz-től 2500 MHz-ig ajánlott kapcsolást. Az ehhez kialakított AH1-PCB jelzésű gyári panel rajza a **27. ábrán** látható. Az AM1-től eltérően ez 14 MIL-es (0,35 mm-es) FR-4-es panelre készült, 0603-as méretkódú alkatrészek felhasználásával.

A tápvonalak közelítő adatain kívül a gyártó más adatot nem adott meg. Az áramkör mért S-paramétereit a **28. ábra** diagramja tartalmazza.

Az előző AM1-es MMIC-n bemutatott áramkör-szimulációs eljárások mintájára, gyakorlatilag a legkülönbözőbb alkalmazási területekre lehet egy-egy többfokozatú erősítőket kialakítani, az adott feladatra optimalizálni.

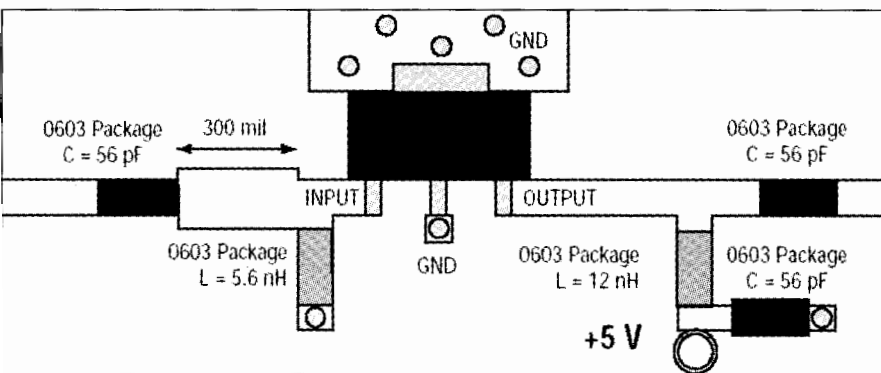
Gyakran alkalmazzák ezt a két típusú olyan elrendezésben, hogy az első fokozatba AM1-et, míg a másodikba AH1-et építenek be. Most egy ilyen áramkört mutatunk be 400 és 500 MHz közé optimalizálva. Természetesen ennél sokkal nagyobb az áramkör sávszélessége, de ezt a célt tűztük ki szimuláció és az optimalizálások eredményeként. A kimenet és a bemenet egyaránt  $50 \Omega$ -os.

Mindkét MMIC-nél az S-paraméterekkel definiált elemmodelleket hasz-



26. ábra. Az AH1-es erősítő ajánlott kapcsolása 900 MHz-től 2500 MHz-ig

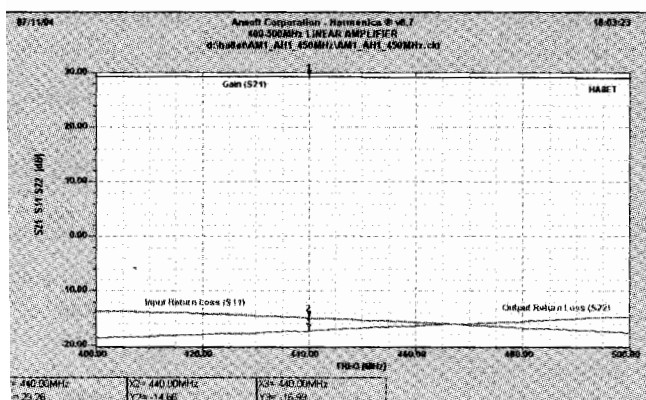




27. ábra. A gyári, AH1-PCB jelű panel beültetési rajza

ráltuk a szimuláció során. Az induktivitások CoilCraft 0805 CS típusok, a gyári S-paramétereikkel modellezve, a kondenzátorok kommersz 0805 méret-

nalak szélessége változott a vastagabb hordozó miatt, illetve a két fokozat közötti illesztés jelent némi különbséget. A csatoló- és a hidegítőkondenzátorok



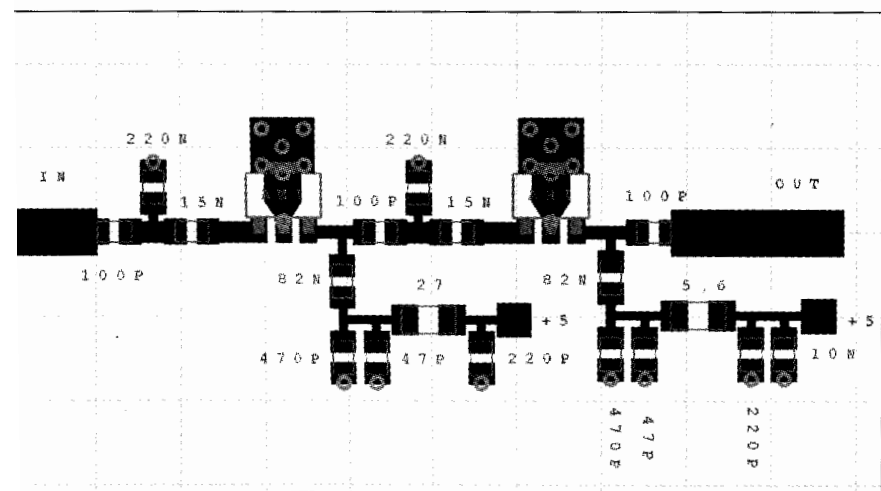
29. ábra. Kétfokozatú 400–500 MHz-es AM1-AH1 erősítő jelleggörbéi

űdű alkatrészek, a korábban bemutatott helyettesítő képpel szimulálva. A ét feszültségejtő ellenállás a szükséges disszipáció miatt 1206 méretkódú. z áramkör tápfeszültsége 5 V.

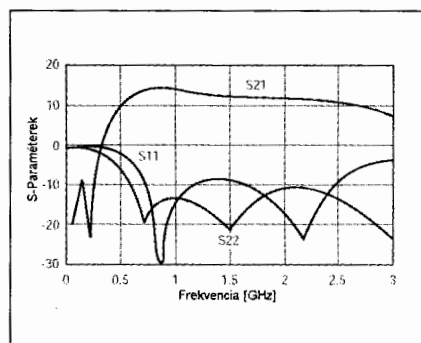
A kapcsolási rajzot terjedelmi kobból nem közöljük, gyakorlatilag a orábban bemutatott egyfokozatú erősítővel azonos felépítésű, csak a tápvo-

értékeit sok szimulációval és optimalizálással ellenőriztük, hogy sem az átviteli sávban, sem pedig azon kívül, egyik alkatrész se okozzon káros rezonanciái folytán gerjedést, netán egyenlenségeket az átviteli függvényben.

Az erősítő jelleggörbéit (S-paramétereit) a 29. ábrán, a beültetési rajzát pedig a 30. ábrán láthatjuk. A rajzon



30. ábra. A kétfokozatú erősítő alkatrész-beültetési rajza

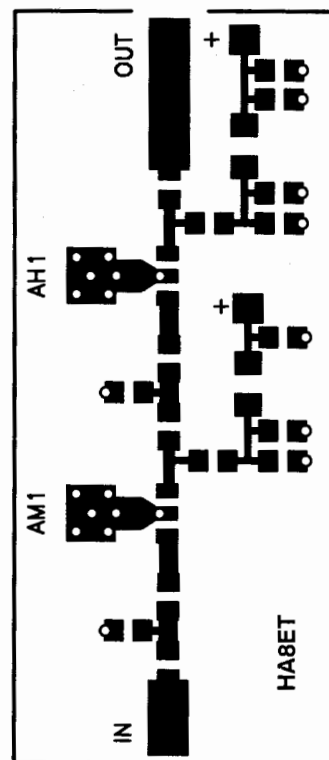


28. ábra. A 26. ábrán látható erősítő S-paramétereit (gyári adatok)

bekapcsoltuk az 5 × 5 mm-es rácsot, a méretek könnyebb azonosítása érdekében. Az induktivitások értéke nH-ben, az ellenállásoké pedig Ω-ban van megadva.

A 31. ábrán átkonvertáltuk a nyákrájzot az eredeti S2A Layout-ból Tango PCB formátumúra. A panel kétoldalas, 1,5 mm vastag FR-4 típusú, a méretarány 2:1.

A két +5 jelzésű, csak a felső oldalon kialakított forrszemet vezetékkel kell összekötni. Valamennyi látható furat „furatgalván VIA”, tehát az alsó, föld oldalhoz van kötve. A ki- és a bemeneti 50Ω-os tápvonalak hossza az erősítő jellemzőit nem befolyásolja.



31. ábra. A kétfokozatú erősítő PCB rajza (M = 2 : 1)

A kész erősítő egy kb. 50 × 20 mm-es dobozba építhető be. A doboz fedele 15 mm-re van a paneltől. Az alsó földoldalt a doboz oldalához több helyen hozzá kell forrasztani, elsősorban az IC-k földelése közelében, a jobb hűtés érdekében, valamint a csatlakozóknál. Ez az erősítő sokoldalúan felhasználható a 400 MHz-es professzionális és rádióamatőr-frekvenciákon adó- és vevőáramkörökben egyaránt. Használata mellett szól az 50 Ω-os ki- és bemeneti impedancia, a stabil működés, az alacsony zajszám, a rendkívül jó hőfokstabilitás és a nagyfokú megbízhatóság.

Tovább javítható a fokozat egyenletes frekvenciaátvittele, az erősítés kismértékű csökkenése mellett, egészen széles frekvenciatartományig, ha frekvenciafüggő és frekvenciafüggetlen visszacsatolások kombinációját alkalmazzuk.

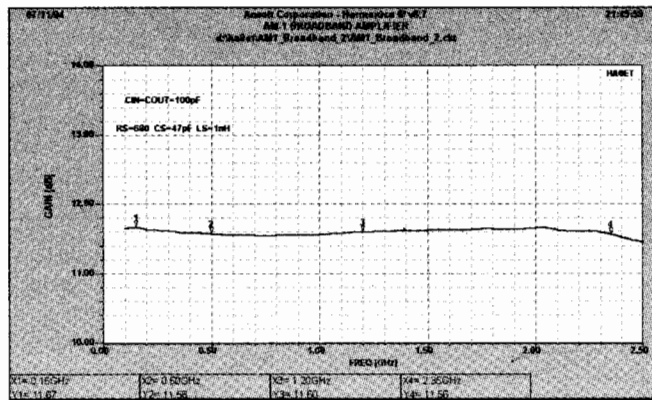
A tervezés részletezése nélkül bemutatjuk egy ilyen optimalizált áramkör jellegzőgörbéit a 32. ábrán. Sajnos az alkatrészek szórása sokszorosa az áramkör-szimulátor és az alkalmazott tervezési módszerek pontosságának, ezért ilyen extrém szélessávú esetben, a megtervezett kapcsolás megépített prototípusát pontosan be kell mérni hálózati analizátorral. Az eredményeket a szimulátorba beírva, a valós alkatrészeknek megfelelően ismételt el kell végezni az optimalizálásokat. Ez általában csak több prototípus elkészítése után hozza meg az ábrán bemutatott kiváló eredményt.

Az FR-4-es hordozó és a kommersz kondenzátorok és induktivitások alkalmazása ez esetben nem javasolt a nagy gyártási szórás miatt.

\*

A bemutatott erősítővel és az alkalmazott tervezési eljárásokkal inkább

### 32. ábra. Extrém szélessávú mérőerősítő optimalizált jellegzőgörbéi



iránymutatást, mintsem konkrét építési leírásokat szerettünk volna az érdeklődők kezébe adni. Felhívjuk a figyelmet azokra a látszólag jelentéktelen körülményekre, amelyek egy-egy szélessávú erősítőben gerjedéseket vagy az előírtól eltérő karakterisztikákat eredményezhetnek. Különösen nagy hangsúlyt fektettünk a stabil, megbízható működésre és az elérhető, minél nagyobb dinamikatarományra. Sok esetben általános tervezési módszereket is tárgyaltunk, amelyek más áramkör-szimulátoroknál is eredményesen alkalmazhatók.

#### Irodalomjegyzék:

1. Nagy Gyula HA8ET: GaAs FET előerősítő 144 MHz-re. Rádiótechnika Évkönyve 1990. 106. oldal.
2. David E. Norton: High Dynamic Range Transistor Amplifiers Using Lossless Feedback. Microwave Journal, May 1976, pp 53-57. (US Patent 4,042,887).
3. M. Martin DJ7VY: Neuartiger Vorverstärker für 145 MHz und 432 MHz Empfänger. UKW Berichte 4/1977.
4. Nagy Gyula HA8ET: Ötletek RH adó-vevő építők számára. Rádiótechnika Évkönyve 1986. 79. oldal.
5. R. Bertelsmeier DJ9BV: High IP-LNA for 432. DUBUS 2/1992.
6. Jacob Makhinson N6NWP: A High Dynamic Range MF/HF Receiver Front End. QST, Feb 1993. („Feedback” Jun 1993.)

7. R. Bertelsmeier DJ9BV: The Art of LNA-Design, 5<sup>th</sup> International EME-Conf. 1992, Thorn, Netherlands.
8. D. Marini I8CVS and P. Moroni I5TDJ: Cavity Preamplifier for 144 MHz using a Power GaAs-FET. DUBUS 3/1994.
9. Mini-Circuits: RF/IF Designer's Handbook DH-97.
10. Mini-Circuits: RF/IF Designer's Guide CD 02.
11. WJ Communications Inc.: RF Semiconductor Selection Guide 2003.
12. Nagy Gyula HA8ET: Microstrip és stripline tápvonalak összehasonlítása. Rádiótechnika Évkönyve 2004. 215. oldal.
13. Az AM1 és az AH1 adatlapjai, www.wjcommunications.com/rf\_components/data

### RF elektronikai Kft.

2120 Dunakeszi, Szent I. u. 1.

Tel. + Fax: 06-27-391-216

www.rfelektronik.vnet.hu

### RF-800 szoftver-rádió

A legújabb technológiával készített kisteljesítményű adó-vevő, mely széles körben alkalmazható pl. adatgyűjtés, átjelző, modulus adatátviteli eszközként. Szoftver segítségével a felhasználó igényeinek megfelelő készüléket tud kialakítani.

Az alapkészülék 4 bemenettel, – ebből 2 programozható analóg bemenet –, 4 kimenettel és soros porttal rendelkezik. Csatlakoztatható hozzá bővítőártya, amely a bemeneteket és a kimeneteket megduplázza. Ezenfelül ebben az esetben rendelkezésre áll egy hatásosan használható monitoregység is.

## SZUPER! RÁDIÓTECHNIKA ELŐFIZETÉSI AKCIÓ!

2005-től színes kivitelben, **60 oldalon** jelenik meg kedvenc elektronikai lapja!

A megújult „RÁDIÓTECHNIKÁ”-hoz SZUPER előfizetési akciót hirdetünk:

- Ha Ön **fél évre** fizet elő **3950 Ft-ért**, akkor csak **5 lapszám áráért** kapja fél évig kedvenc folyóiratát!

**A megtakarítás 790 Ft!**

- Ha Ön **1 évre** fizet elő **9480 Ft-ért**, akkor a jövő év végén **ingyen megkapja** tőlünk a „RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE 2006”-ot!

**A megtakarítás 3000 Ft!**

### **Bármelyiket választja, csak jól járhat!**

Rendeljen és küldjék a csekket! (Kérjük jelezze, ha a lapelőfizetésről számlát is kér!)

Az előfizetési díjnak 2004. dec 31-ig be kell érkezni!

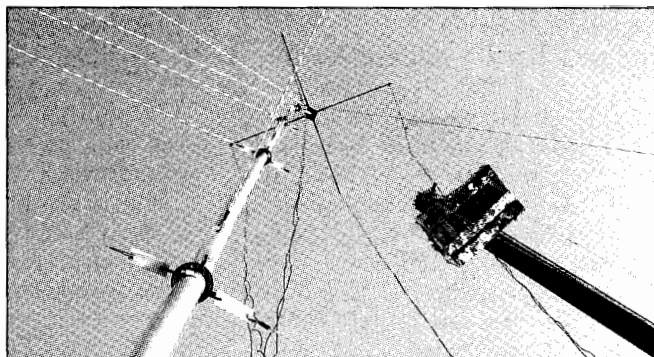
☎ 239-4932, 239-4933

www.radiovilag.hu

hambazar@radiovilag.hu

# Nagytávolságú amatőrrádiózás a rövidhullámú alsósávokban 2.

Horváth Péter híradástechnikai mérnök,  
HA8RM



Közel két éve, a *Rádiótechnika* 2003-as évkönyvében megjelent cikkem alkotáskor még nem gondoltam arra, hogy az akkori, bevezetőnek szánt írást én fogom folytatni. Bár voltak még (és már) elképzeléseim, terveim, sőt kidolgozott (megvalósított) antennaprojektjeim is, az akkori hétoldalt gondolatébresztőnek, figyelemfelhívónak szántam. Bízom abban, hogy a „Szakma Nagy Öregjei” – esetleg Fialtaljai – átveszik a stafétabotot és a saját maguk elképzeléseit, sikeres konstrukciójukat közkinccsé téve folytatják az általam elindított (remélem, hogy magát sorozattá kinövő) témát.

A 2004-es Évkönyvben színvonalas technikai cikkek láttak napvilágot, de valahogy a nagytávolságú rádiózásról (ill. antennákról) csak nem tett említést senki. A különféle szakmai összejöveteleken, a rádióamatőr-hullámsávokon folyó beszélgetések viszont arra engedtek következtetni, hogy az olvasók még több ilyen jellegű információt és konkrét gyakorlati megvalósítások publikálását igénylik. Az említettek, valamint jónéhány közlendőm okán határoztam el magam, hogy ismét „kézbe veszem ezt az alsósávós ügyet”, folytatom ott, ahol az írást – és persze a rajzolást – két éve abbahagytam.

Már az akkori cikkemben megfogalmaztam e tevékenység életforma jellegét, szót ejtettem néhány alapvető dologról is (pl. az adó-vevő készülékekkel, valamint a jó DX-antennákkal szemben támasztott követelmények), ezekre felesleges lenne ismét kitérni. Jelen cikkem most tényleg „csak” az eredményességet alapvetően meghatározó, a rádióamatőr-keretek között egyszerűen utánépíthető, többemeles antennák egy részének elvi bemutatásával, valamint egy kiválóan teljesítő, a 80 méteres sávban működő, 3 elemes iránysugárzó bemutatásával foglalko-

zik. Mielőtt azonban belekezek, tájékoztatom kell a t. Olvasót néhány tervezési-elvi szemponttól.

Tudomásom szerint bizonyára nem írtam a *Rádiótechnika* hasábjain úgy, hogy ne a kispénzű rádióamatőrök, technikusok szemüvegén keresztül nézzem, ill. közelítsem meg az adott témát. Jelen esetben is így teszek, bár el kell mondanom, hogy nem is olyan régen még nagyobb volumenű „beruházások” foglalkoztattak. Hogy miért maradtam mégis az amatőrök többségére jellemző szerény, de ötletes megoldásoknál, néhány mondatban elmesélem.

## Tornyom volt, de eladtam

Sikerült szert tennem egy 30 méteres öntartó, rácsos árbocra. Bár az utak mellett manapság is százasával állnak ilyen tornyok, ezeket hivatalos célokra (világítás, GSM-átjátszók, hirdetőfelület stb.) használják és csak nagyon ritkán bontják le azokat. Ilyenkor ezeket rendszerint nem a vasterlepre, hanem már a várakozólistán lévő, jó ismerős portájára viszik.

Nem teljesen így, de lényegében szerencsés módon és elfogadható áron jutottam hozzá a tornyomhoz. A birtokbavélt követően azonnal más dimenzióban kezdtem gondolkodni. A tervek: HB9CV vagy 3 el. Yagi 7 MHz-re; 2 el. Quad vagy 4 Square 3,5 MHz-re; Sloper függöny vagy 2 el. Delta Loop 1,8 MHz-re. Ezek így leírva csodálatosnak tűnnek, de hamarosan jöttek a gondok.

*Először is.* Egy ilyen építményt engedélyeztetni kell az építészeti hatóságnál! (Itt mondok köszönet azon rádióamatőr-társaimnak, akik rendelkezésemre bocsátották az általuk megszerzett építési-engedélyeztetési tervdokumentációkat, ezzel is megkönnyítve a dolgom a hatósági útvesztő-

ben.) Körülbelül fél év alatt lezajlott az engedélyeztetési eljárás, amely magába foglalta a talajmechanikai vizsgálat eredményétől kezdve közel húsz (!) szakhatóság állásfoglalását ilyen vagy olyan korlátozással, kitételrel.

Ez az engedélyeztetési procedúra többre került (200 E Ft), mint maga a torony. Már ekkor éreztem, hogy nem úszom meg olcsón ezt a tornyos mutatványt.

*Másodszor.* Ha valakinek van a közelben szomszédja, javasolom, kérje ki a véleményét az „objektum” elhelyezésére vonatkozóan. Sok vitát el lehet kerülni, ha időben és teljes körűen átbeszéljük a dolgot, őt is beavatjuk a tervbe. Megjegyzem, valahol igaza lehet a szomszédáságnak, ha a tőle néhány méterre lévő telken egy nagy 30 vagy 40 méteres monstrumot kell néznie nap, mint nap, és persze nem lelkesedik érte hasonlóképpen, mint mi.

*Harmadszorban.* Ezen „bukatók” leküzdése után következett volna az effektív toronyállítás. Jogerős építési engedéllyel a zsebemben elkezdtem kalkulálni a várható további költségeket:

- acélszerkezet homokfúvása 250 E,
- hágcső és tetőkosár 200 E,
- horganyzás vagy festés 250 E,
- teljes alapozás 300 E és a
- szerelési, szállítási kb. 100 E Ft.

Bizony, akárhogy is számoljuk, ez 1,1 millió forint + a torony ára, ami lényegesen több, mint amit első közelítésben, a torony kiszemelésekor terveztem áldozni e nemes hobbinakra! És hol vannak még az antennák? Az elképzeltőn magas aluanyag-árakból eredően szintén százszoros nagyságrendből jött volna ki a 7 MHz-es sugárzó, a forgatóról, valamint a többi antennáról nem is beszélve! Így aztán több álmatlan éjszakát követően, sok érvet-ellenérvet felsorakoztatva a torony eladásá mellett döntöttem...

## De akkor mi lesz a nagyszabású DX-tervekkel?

Kétség nem férhet hozzá, az alsósávokon is csak irányhatású sugárzókkal lehet igazi eredményeket elérni! Bizony át kellett értékelnem alaposan a helyzetet és dönteni. Vagy megelégszem az egyébként kiválóan működő 3 sávós vertikál antennával és a hozzá tartozó Beverage-rendszerrel vagy fejlesztetem az antenaparkot. Az utóbbi mellett döntöttem és alkottam néhány olyan irányugárzót, ami kis anyagi ráfordítással szinte bárhol utánépíthető és a hozott eredmény alapján az élvonalba tartozik. Mielőtt rátérnék a konkrét megvalósításokra, következzen egy kis bevezető az irányugárzók világába.

Hogy az említett például szolgáló vertikál antenna jól működik, ahhoz kétség nem férhet; elméleti síkon és a gyakorlatban is bizonyított. De mint minden szimla sugárzó, kevés irányítóképességgel bír (estünkben teljesen kör-sugárzó). Felvetődik a kérdés, hogyan lehetne egyes irányokba koncentrálni a kisugárzott adóteljesítményünket (ill. csak egy irányból venni a jeleket)?

Vannak antennák (rombusz, V-antenna stb.), ahol a száruk hosszának növelésével, ill. az általuk bezárt szög változtatásával igen jó irányhatás érhető el. Hátrányuk csak az, hogy alsó sávokon telepítve ezeket, több száz méter huzalt kell kifeszíteni, így hatalmas a helyigényük.

Létezik más, használhatóbb megoldás is. Bizonyos módszer szerint egy vagy több elemmel kiegészítve a már működő alapantennát (itt nem csak a vertikálra kell gondolni, lehet vízszintes helyzetű dipól, Delta Loop, Quad elem), irányhatással rendelkező sugárzóhoz juthatunk!

Ezen módszerek többféleképpen osztályozhatók, én most a táplálási mód által alapvetően meghatározható két alapsoportot jellemzem.

### Fázistáplálású antennák

Talán még a középiskolás időkől emlékezhetünk arra, hogy két pontban rezgéseket generálunk a hullámkádban és figyeltük, miként alakul a víz fodrozódása. A két elemi hullámforrás (antenna) egymáshoz viszonyított helyzete (távolság), a két hullámforrás által kibocsátott rezgések fáziseltérése (fázis-zög) és a kibocsátott rezgések erős-

sége (amplitúdó) alapvetően meghatározza a hullámképet (irányjelleggörbét).

E modellezés során jól megfigyelhető volt az, ami a nagyfrekvenciás technikában kissé körülményes. A két kiindulási pontból (esetünkben A és B) gerjesztett azonos erősségű hullám a kád bizonyos részein erősítve, más helyeken gyengítve (sőt kioltva) egymást létrehozott egy olyan hullámvezető utat (fő irány), ahol lényegesen erősebb volt a rezgés, mint bármelyik elemi hullámforrásnál (nyereség) és voltak helyek, ahol nagyon gyenge volt a rezgés (melléknyaláb). Ez a hullámkéadás példa teljes analógiája annak az esetnek, mikor két antennát táplálunk fázisban eltolt rádiófrekvenciás árammal és egyes irányokban térerőtöbbletet (nyereség) sikerül generálni, míg más irányokban csökken a térerő.

Hogy ez a nyereség miként is alakul a sugárzó távolsága és a nagyfrekvenciás áram fáziskülönbségének függvényében, az 1. ábra jól szemlélteti. Figyelmesen áttanulmányozva a görbék sorozatát, felfedezhetünk egy számunkra nagyon előnyös összeállítást. Amikor a két sugárzó  $1/8 \lambda$  távolságra van egymástól, 135 fokos fáziseltolással vannak táplálva, a rendszer nyeresége 4,2 dB! Ez nagyon szimpatikus érték, főleg ha figyelembe vesszük még azt a kardiodioid jellegű karakterisztikát is, ami rendkívül jó elöre-hátra viszonyt eredményez. Nem véletlen az, hogy a legendásnak mondható ZL-Special és HB9CV is ezen fáziszögekkel és elemtávolságokkal készülnek!

Természetesen nem csak kételemes fázistáplálású antenna létezik. A rövidhullámú sáv alsó tartományában (1,8-7 MHz) előszeretettel alkalmazzák a 4 elemes, függőleges, fázistáplált rendszert (4 Square).

### Parazitaelemes antennák

Közismertebb néven ezek a Yagi-típusú antennák. Alapvető különbség az előző csoportba tartozó antennákhoz képest, hogy itt csak egy táplált elemet használunk, a fáziseltolást a parazita elemek hosszának eltérése biztosítja. Mivel az irányított antennák nagy többsége (a magasabb frekvenciákon dolgozókat is beszámítva kb. 80%-a) ebbe a csoportba tartozik, nap, mint találkozhatunk velük. A felépítésük nagyon egyszerű (2. ábra): táplált elem, mögötte reflektor(ok), előtte direktor(ok).

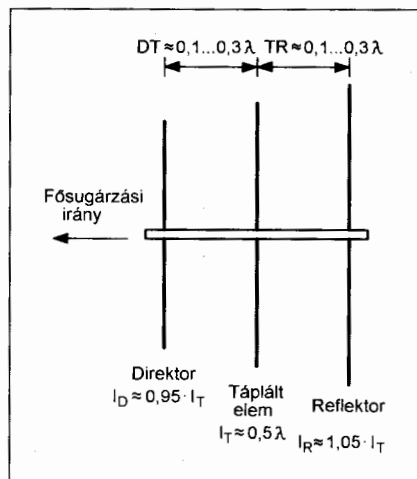
Jellemző rájuk, hogy méretezésük kevésbé kritikus és beállításuk is jóval egyszerűbb, mint a hasonló elrendezésű fázistáplálású antenna esetében. Teljesítmőképesség tekintetében (nyereség, irányítóhatás) kissé gyengébb, sáv szélesség esetében általában jobb (nagyobb átfogási tartomány), mint fázistáplált társaik.

Amatőr eszközökkel (mérőszalag, SWR-mérő, esetleg antennaanalizátor) nagyobb a siker valószínűsége, ha ilyen típusú antennát építünk. Ha valamelyik paraméter (pl. elemtávolság, elemhossz) nem az optimális, attól még többé-kevésbé jól működhet a parazita elemes sugárzó (fázistáplálás esetén sokkal több a buktató).

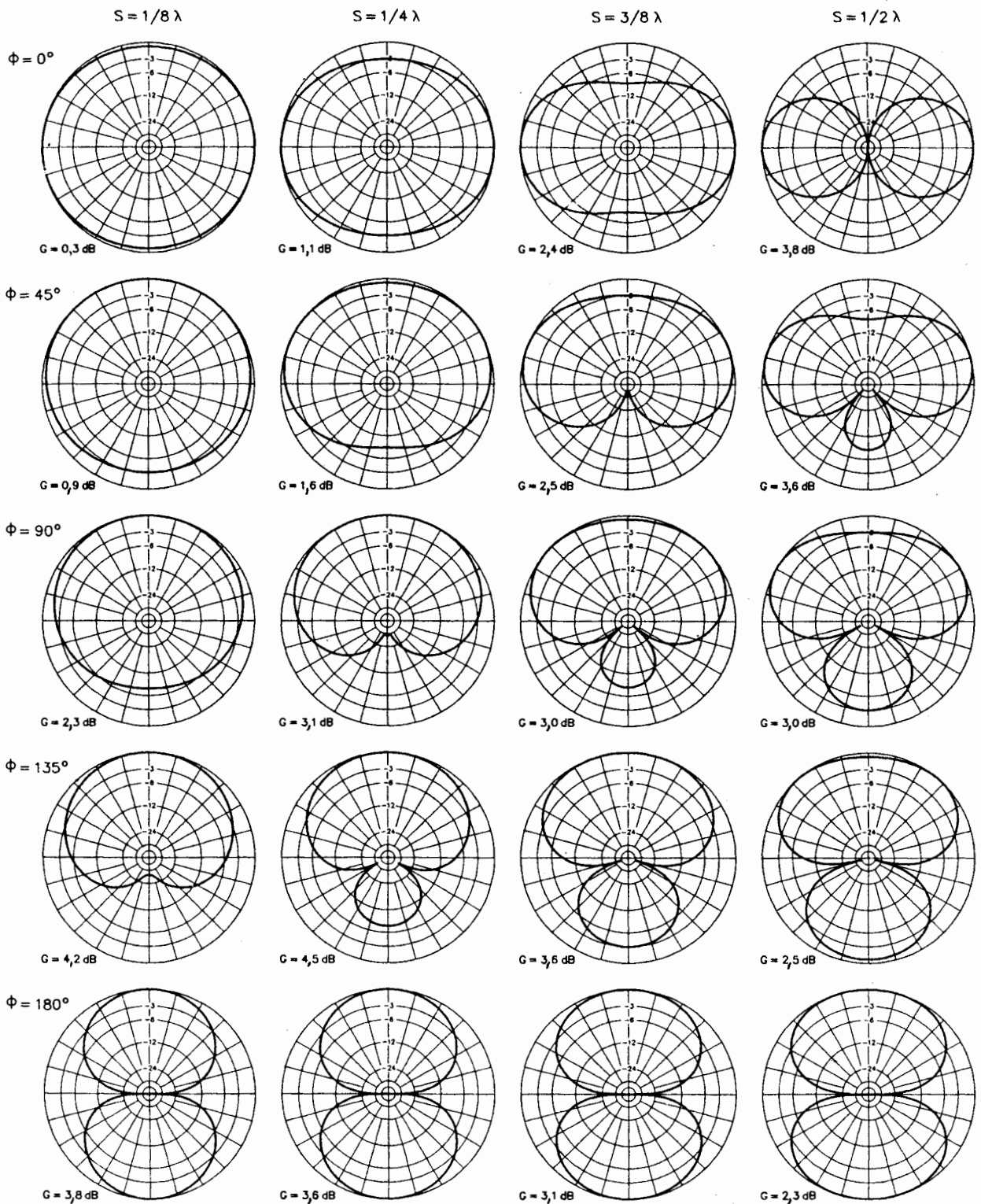
Nem véletlen tehát, hogy – bár az előző fejezetben a 4 Square-t emeltem ki – én mégis az egyszerűbb, Yagi-típusú antennákkal foglalkoztam.

### Fix telepítésű, parazitaelemes huzalantennák, egy sugárzási irányra

A most bemutatásra kerülő antenna elrendezések közös jellemzője, hogy házilag viszonylag könnyen megépíthető, relatíve olcsók és nyereség tekintetében felveszik a versenyt öntartó, tornyon lévő „testvéreikkel”. Igazán nagy hátrányuk, hogy csak egy (legfeljebb kettő) irányba képesek sugározni, valamint – a vékony huzalanyagok köszönhetően – kicsi a sáv szélességük. Egy-egy nagy verseny (ARRL, Asia DX) vagy expedíció miatt, ahol szinte végig egy irányba kell sugározni, mégis érdemes megépíteni ezeket, még ha csak ideiglenes jelleggel is. Nagy ver-



2. ábra. A parazitaelemes antennák klasszikus kiképzése

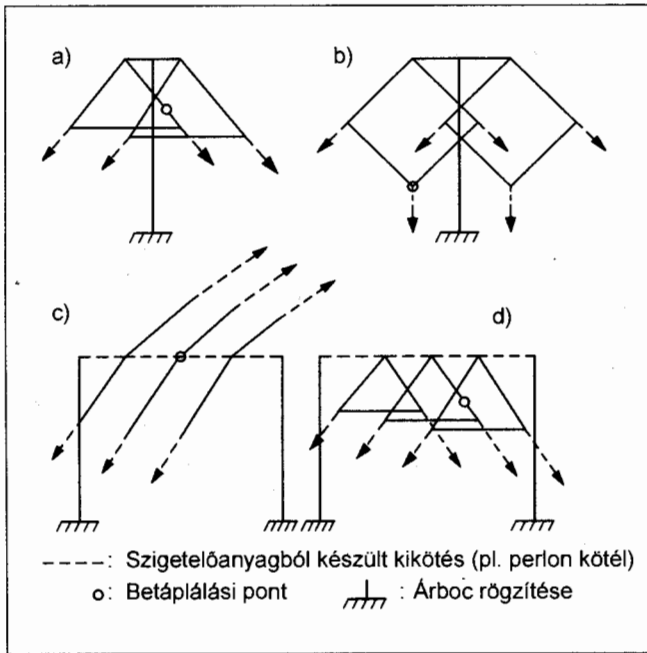


**Ábra. A 2 elemes, fázistáplálású vertikál rendszerek horizontális karakterisztikái. Mindkét elem egyenlő nagyságú árammal táplált; a sugárzási görbék ideális földelés esetére és  $0^\circ$ -os elevációra vonatkoznak**

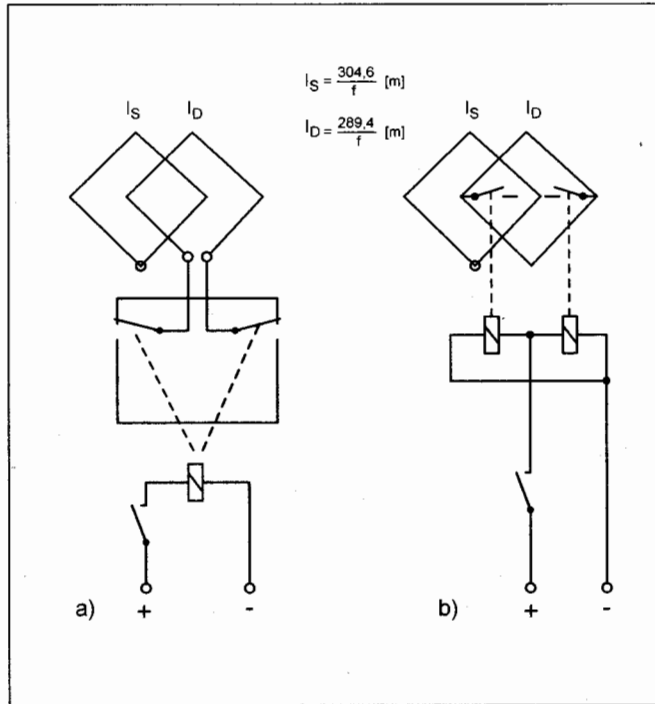
ráállomások is előszeretettel használnak fix huzal-yagikat vagy többelvezés Delta Loop-rendszert, a forgatható nysugárzóval – ha van ilyen – in-

kább szorozzunk. A **3. ábrán** láthatóak a különböző elemelrendezési példák. Az **a** és **b** rajz az egytartóárbcos, a **c** és **d** rajz a kétszlopos megvalósítást

mutatja. A zárt hurokantennák (a, b, d) negyedhullámú transzformáló koax taggal akár közvetlenül is táplálhatók, az inverted V típusú yagi (c) esetében.



3. ábra. Példák parazitaelemes huzalantennák telepítésére: a) 2 elemes Delta Loop, b) 2 elemes Quad, c) 3 elemes huzal-Yagi (3 elemes inverted V) és d) 3 elemes Delta Loop



4. ábra. Példák a rezonanciafrekvencia változtatására: a) kiegészítő hurokkal (stub), b) terhelő kapacitással

szükség van gamma vagy egyéb 1:2 impedancia-illesztésre.

### Írányváltás

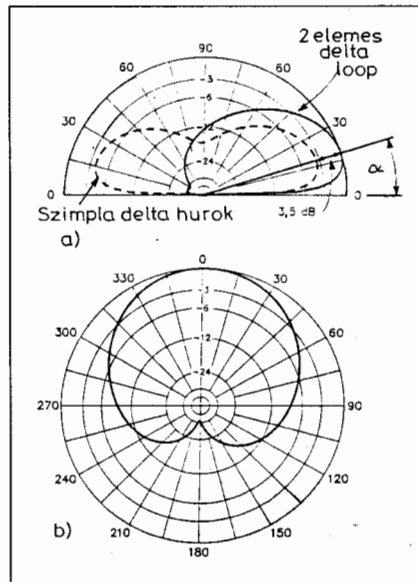
Bár egy fix irányra terveztük ezen antennákat, nem hátrány, ha legalább 180 fokkal el tudunk „fordulni” és hátra is tudunk sugározni. Négy- vagy többelemes antennánál nagyon bonyolult ez, háromelemes verziónál „mindössze” a reflektor és direktor hosszát kell átkapcsolással változtathatóvá tenni, a két-elemes antennánál érdemes a parazita elem szerepét egy szimpla átkapcsolással meghatározni.

Ez utóbbira mutat példát a 4.a ábra, ahol a parazita elem egyszer direktorként működik (alap huzalkeret), ill. jelfogóval bekapcsolva egy kiegészítő hurkot, mintegy reflektorra egészíti ki azt.

Létezik olyan megoldás is, miszerint plusz kapacitást jelentő vezetékcsakaszt csatlakoztatunk jelfogóval az elhangolandó antenna huzaljára (4.b ábra). Így ennek rezonancia frekvenciája alacsonyabb értékű lesz (reflektor szerep). Ugyanez az eljárás alkalmazható akkor is, ha pl. egy 3,8 MHz SSB-DX-frekvenciára méretezett sugárzót szeretnénk a 3,5 MHz CW-DX-sávba „áthúzni”.

### Írányhatás

A különböző antennamodellező programok (EZNEC, MININEC) segítségével nagyon jól tájékozódhatunk az imént felsorolt antennák tulajdonságairól. A számunkra nagyon fontos, függőlegesen kilövési sugárnyaláb elérése



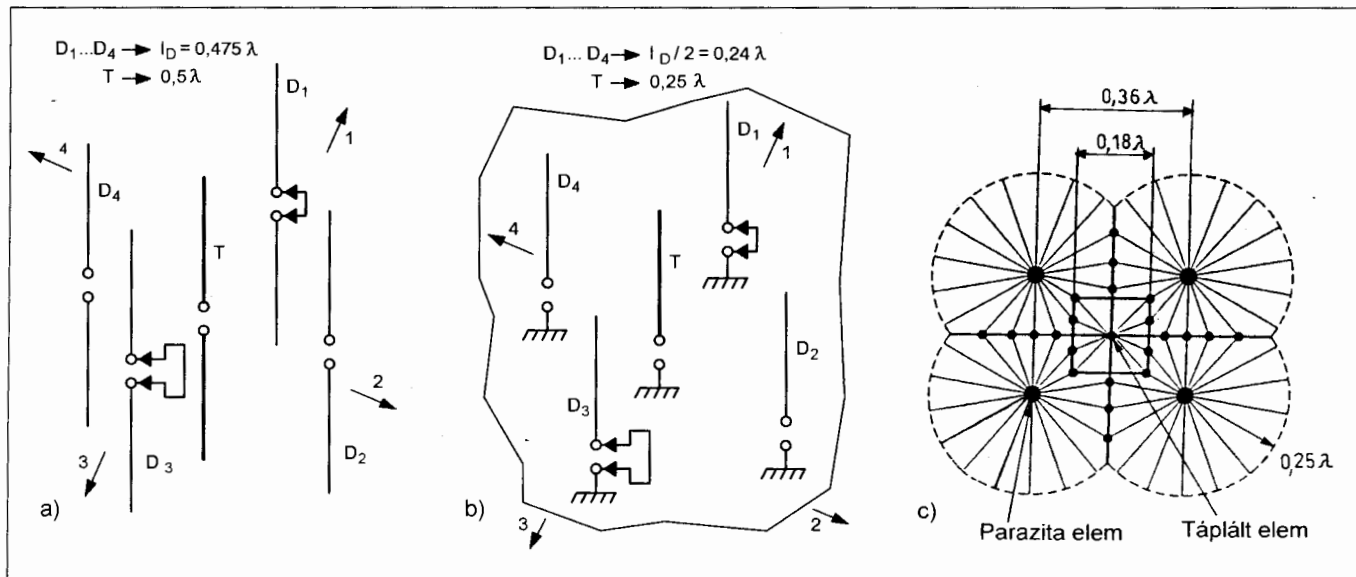
5. ábra. A 2 elemes, parazitaelemes Delta Loop antenna sugárzási jelleggörbéi: a) függőleges síkban, b) vízszintes síkban

alapvetően két tényezőtől függ: a telepítési magasságtól és a táplálási pont helyzetétől. A bemutatott antennák esetében a felső rögzítési pont 0,3...0,5 λ magasságban van, táplálási pontjuk pedig az ábrákon megjelölt helyen eredményezi az optimális lapos kisugárzást (nem elfelejtendő, hogy a talpponti impedancia is meg fog változni a betáplálási pont megváltoztatása esetén).

Az 5. ábra a 2 elemes Delta Loop-rendszer (3.a ábra) függőleges és vízszintes síkú irányjelleggörbéjét mutatja.

### Átkapcsolható irány sugárzók

Az előző alfejezetben vázolt megoldások közös hátránya, hogy csak egy (de legfeljebb kettő) irányba képesek sugározni. A most bemutatásra kerülő parazita elemes antennák igazi nagy előnye, hogy 4 különböző irányba, pillanatok alatt átkapcsolhatunk, „körbefordulhatunk”! Az antenna alapelképzelése a 6.a ábrán vázolt, 5 elemes vertikális kialakításból származtatható. Bár 5 elem van feltüntetve, valójában ez nem más, mint egy vertikális helyzetű, 3 elemes Yagi-antenna. A középső elem a mindenkori sugárzó, a körülötte lévő elemek közül mindig csak egy szemközti pár funkcionál (az egyik a



**6. ábra. A 3 elemes vertikális rendszer „átváltozásai”: a) függőleges, félhullámú elemekből készült beam, b) függőleges, negyedhullámú elemekből készült beam (földelt ellensúlyokkal), c) az ellensúlyrendszer elrendezése**

reflektor, a másik a direktor), a maradék két elem meg van szakítva elektromosan (lebeg), ezek nem vesznek részt a sugárzásban.

Mivel a valóságban igen nehézkes lenne 40 méteres függőleges elemeket (pl. 80 méteres sáv) létrehozni, adódik a kérdés, mi lenne, ha az alsó negyedhullámú részeket egy közös, nagy földhálózatra csatlakoztatnánk?

Mint hogy egy félhullámú, függőleges dipól sugárzási tulajdonságai is közelítenek egy földhálózattal rendelkező, negyedhullámú vertikális antennához, teljesen indokoltnak tűnik a felvetés! A **6.b ábra** már ezt az elrendezést mutatja.

Évekkel ezelőtt megépítettem ezt a fajta antennát kísérletképpen a 40 méteres amatőrsávra, ahol nagyon biztatóak voltak a hozott eredmények. Az elemek üvegszál horgászbotokra rögzített aluhuzalból voltak kialakítva („pillekönnyű” kivitel), a kiegészítő induktivitásokat kis kerámia csévetestek hordozták, a rádiálrendszert csak a föld felszínére ideiglenesen kiterített huzalhálózat alkotta.

A 40 méteres amatőrsávot teljes egészében át is fogta az antenna, az irányítóhatás (ill. nyereség) is szépen megmutatkozott a rövidtávú használat során.

A két példa szerinti összeállításban az antenna az 1. irányba sugároz.

Mint említettem, ez csak kísérlet volt, néhány nap tesztelés után szét is bontottam az antennát.

Nem titok, hogy szívem igazából a 80 méteres amatőrsávért dobog, itt létesítettem QSO-im nagy részét, e sávnak a hangulata fogott meg már a kezdetektől is.

Természetesen a – már említett – kihívás oldala is motivált, amikor elhatároztam, hogy erre a sávra áttervezem a 3 elemes vertikál rendszert. Egyszerű számtan, no meg némi rajzolás után belátható, hogy a megnövekedett méretek miatti helyigény a duplájára növekedett! Kb. 60 m x 60 m területen, a **6.c ábra** szerint szétterítendő, több kilométernyi elásandó huzal kissé elbizonytalanított. Ráadásul az 5 darab,

egyenként 20 méter körüli vertikális elem (alucső) beszerzése, felállítás sem lett volna egyszerű feladat. Úgy tűnt, le kell mondanom a 80 m-es DX-tervekről egy jó időre. Elkészült azért egy komoly földhálózattal rendelkező 20 méter magas vertikál antenna, mely nagyon jó körsugárzóként működött és idővel többsávosra is kiegészült (RT ÉK 2003).

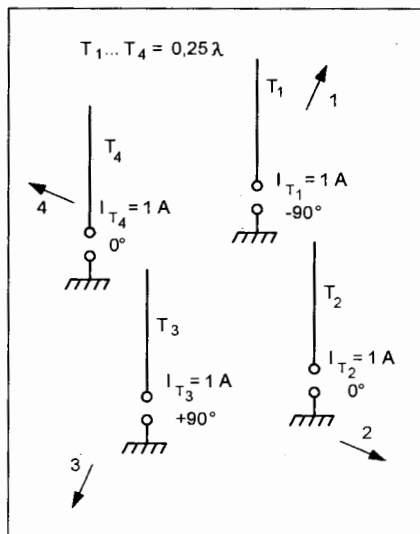
Nos ennek az antennának a továbbfejlesztése eredményezte azt a kiváló paraméterekkel jellemző, tudásában a 4 Square antennával közel megegyező 3 elemes iránysugárzót, amely a szakirodalomban *Spitfire* néven vált ismertté.

### A Spitfire és a 4 Square antenna összehasonlítása

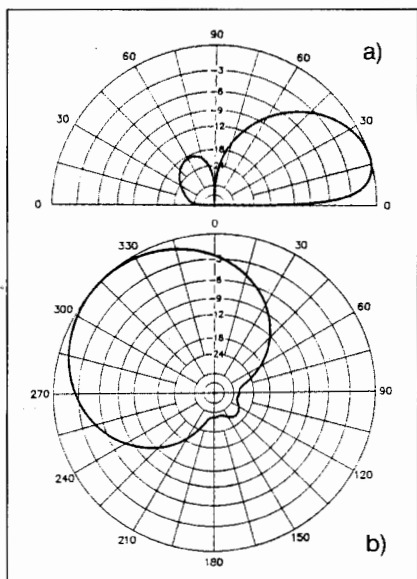
Rádióamatőr-körökben úgy is említik a Spitfire antennát, mint: „Poor man’s Four Square” (vagyis: Szegény ember 4 Square-je). Hogy ez a találó elnevezés mennyire igaz, hamarosan beláthatjuk, ha a hozott eredményt (nyereség, irányhatás) összevetjük a befektetéssel (telepítési terület mérete, anyagköltség, beállítási procedúra). Nézzük meg először, hogyan is néznek ki az antennák.

#### 4 Square antenna

A **7. ábra** egy klasszikus felépítésű 4 Square antennát mutat: 4 darab negyedhullámú függőleges sugárzó, egymástól  $0,25 \lambda$  távolságra, földelt ellen-



**7. ábra. A klasszikus 4 Square antenna felépítése**



8. ábra. A 4 Square sugárzási jelleg-görbéi: a) függőleges síkú, b) vízszintes síkú

súlyrendszerrel. Minden egyes vertikális elem talpontját koaxiális kábel köti össze a fázistoló hálózattal (switch box). A példa szerinti összeállításban az antenna az 1. irányba sugároz. Megjegyzendő, hogy több fajta 4 Square kivitelezés ismert (pl. központi tartótorny csúcsáról indított 4 darab félhullámú dipól stb.), melyek szintén működőképesek, de az eredeti antenna teljesítményét csak kevés éri el.

A négy elem távolsága, valamint a fázissszög is változhat a különböző elrendezések esetében. Mivel szinte valamennyi 4 Square nyeresége összehasonlítható egy 3 elemes yagi nyereségével (5–6 dB), az egyik legnépszerűbb alsó sávú adóantenna szerte a világon! Vételre használva kissé zajos (különösen egy jól telepített Beverage antennával összehasonlítva), de a kettőt együtt alkalmazva, verhetetlen antennarendszer!

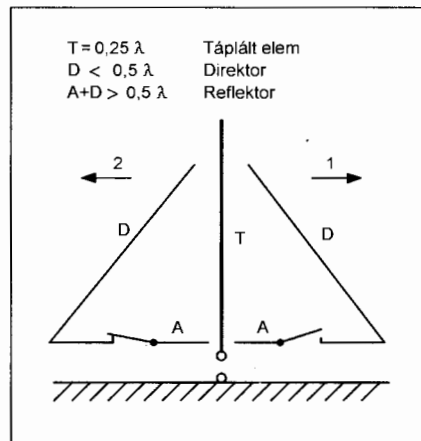
Függőleges iránydiagramja a DX-munka szempontjából kedvező (20...40 fokos kilövési szög, 20...40 fokos nyalábszélesség mellett), a vízszintes síkban kb. 80...90 fokos a nyalábszélessége a 3 dB-es pontok között (8. ábra). Ez utóbbi adat azt is jelenti, hogy az antenna kellően nagy vízszintes nyílásszöggel rendelkezik. Négy irányba átkapcsolva (a fázistoló áramköri elemeket magába foglaló relédoboz alkalmazásával) minden égtáj felé különösebb nyereségszökkenés nélkül azonnal „fordulhatunk”, ami behozha-

atlan előnyt jelent (pl. versenyen) egy lomha, nagy tömegű, nehézkesen forduló Yagi-monstrummal szemben.

Hogy mégsem terjedt el Magyarországon ez a kiváló antennatípus, számos oka lehet. Kevés kivételtől eltekintve, sokan nem tudják, mi is az a 4 Square. Mivel helyigényes antenna (nagy rádiálrendszer, ill. 4 darab, 1/4 lambdás vertikális elem), ez szintén csökkenti az érdeklődők körét. A precízen felépítendő fázistoló- és kapcsolószekció kialakítása pedig még a fennmaradó néhány amatőrtárs lelkesedését is alaposan elveheti! Mindenesetre több közép-kelet Európai állomás (pl. SP8BRQ, SP2FAX) már ráértzett az antenna ízére, így ők kiváló eredményekkel büszkélkedhetnek a 80 méteres sávon.

### Spitfire antenna

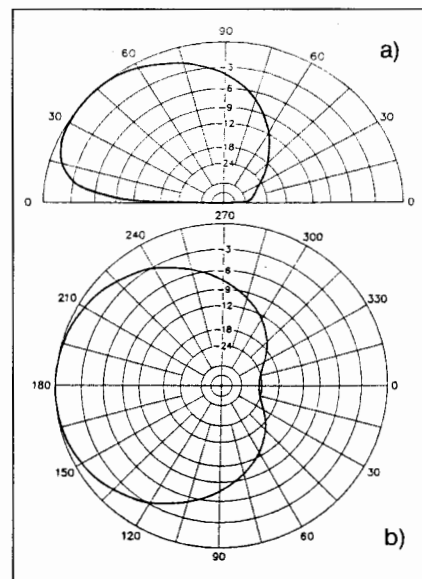
Az eredeti konstrukció John Devoldere ON4UN jeles Low-Band DXing c. könyvében is megtalálható, két amerikai szakember – Fred Hopengarten K1VR és John Kaufmann W1FV – találmánya. Ők a már vázolt, két fajta 3 elemes vertikál rendszert ötvözték.



9. ábra. A Spitfire antenna felépítése

A sugárzó negyedhullámú függőleges cső vagy traverz, kiváló földhálózattal, a parazita elemek pedig megtört (visszahajlított) félhullámú huzalból készültek (9. ábra). Reflektor vagy direktor státuszukat csupán a vízszintes visszahajló szakaszba bekapcsolt kiegészítő huzal határozza meg. Az ábrázolt kapcsolóállások esetén az antenna az 1. irányba sugároz.

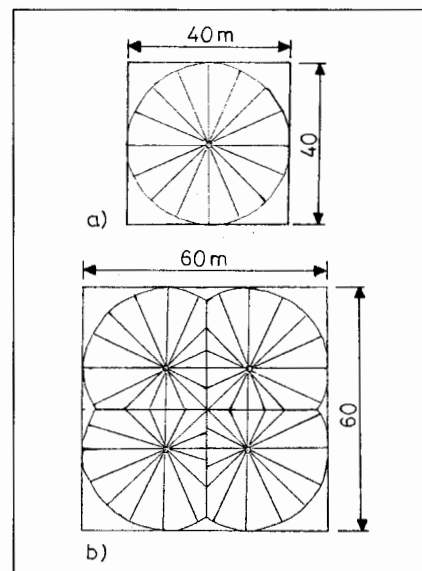
A 10. ábrán láthatók a Spitfire antenna sugárzási jelleggörbéi. Megfigyelhető, hogy míg a vízszintes síkú



10. ábra. A Spitfire sugárzási jelleg-görbéi: a) függőleges síkú, b) vízszintes síkú

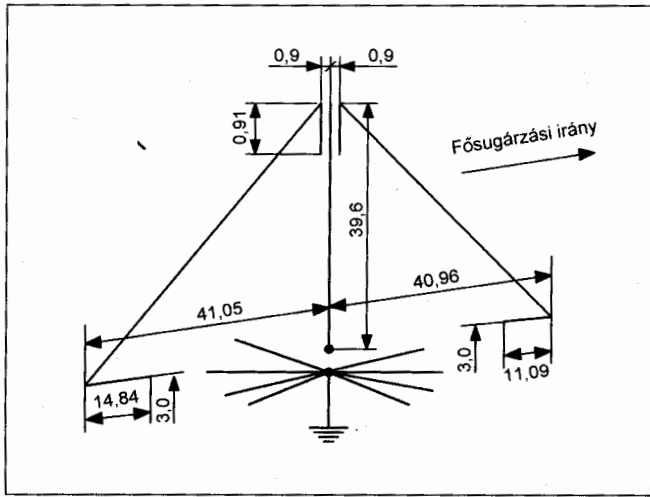
karakterisztikája közel azonos a 4 Square-ével, a Spitfire függőleges sugárzási tartománya szélesebb és kissé magasabb elevációs szögről indul. E ténytet felfoghatjuk előnyként és hátrányként is. Előnyös, ha nem csak DX-összeköttetésekre szánjuk az antennát (EU-viszonylatban is rendkívül erősen szól), hátrányos, hogy a közeli állomások jeleire nem nyújt elegendő elnyomást, így azok vételi zavart okozhatnak.

Szembetűnő különbség, hogy ennél az antenna típusnál csak 1 darab sugárzó oszlopra van szükség, amihez mind-

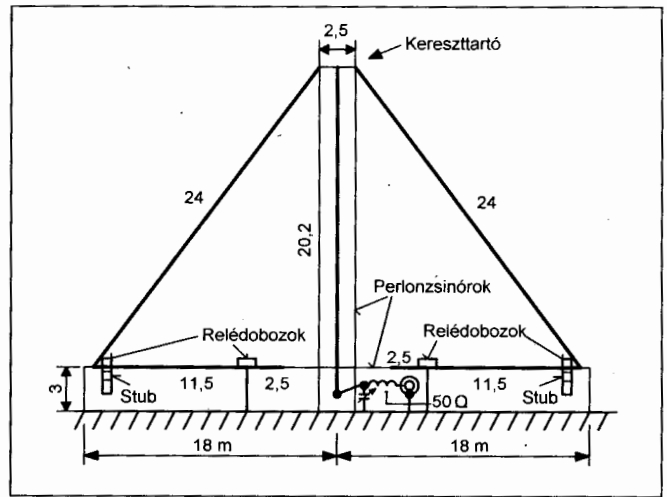


11. ábra. A két antenna területigénye (a 80 m-es sávon)

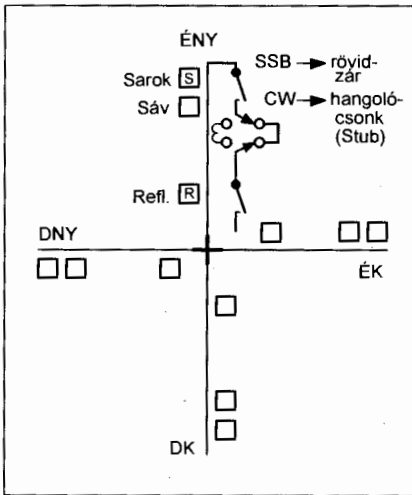




12. ábra. A 160 m-es sávban üzemelő Spitfire antenna (W1FV/K1VR)



13. ábra. Az általam a 80 m-es sávra áttervezett, megépített Spitfire



14. ábra. A Spitfire felülnézeti vázlat, a jelfogók elhelyezkedése

össze egy központi földelt ellensúlyhálózatot kell kiépíteni és nem kell a költséges (vagy házilag nehézkesen elkészíthető) fázistoló sem! Ha a telepítésükhöz szükséges területet vizsgáljuk, megállapítható, hogy a Spitfire még fele akkora helyet sem igényel, mint a 4 Square antenna (11. ábra)!

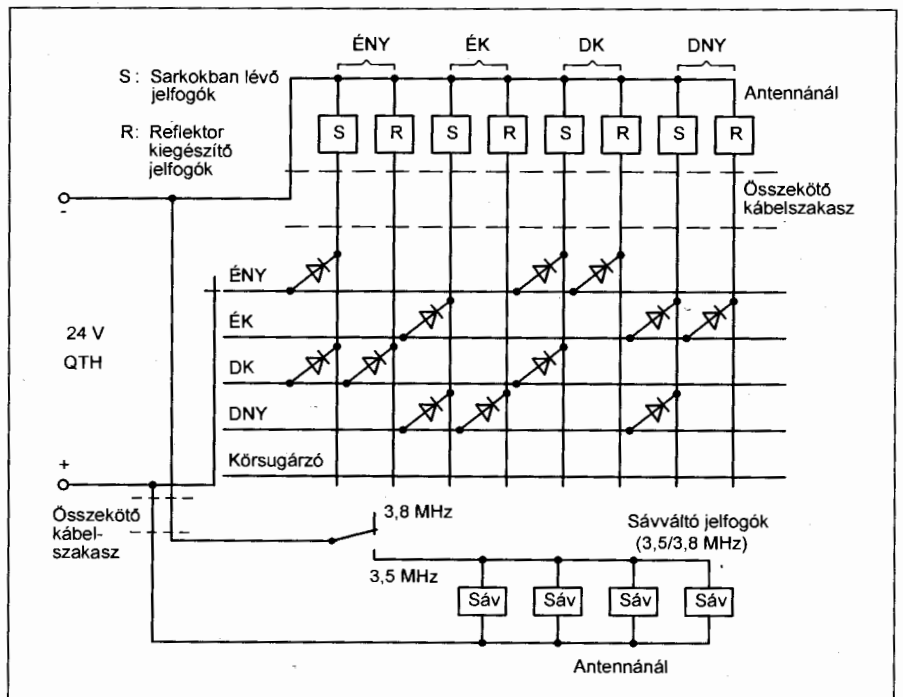
### Spitfire antenna a gyakorlatban

Fred barátunkkal már a tervezés időszakában több e-mailt váltottam, valamint kikértem véleményét egyes változtatandó részekkel kapcsolatban. Ők ugyanis a 160 méteres sávra készítették el ezt az antennt, a 12. ábra szerint; a méretadatok méterben értendők. Mivel a huzalok felső rögzítése nem volt teljesen szimpatikus számomra (szinte közvetlenül a sugárzótól indultak, rá-

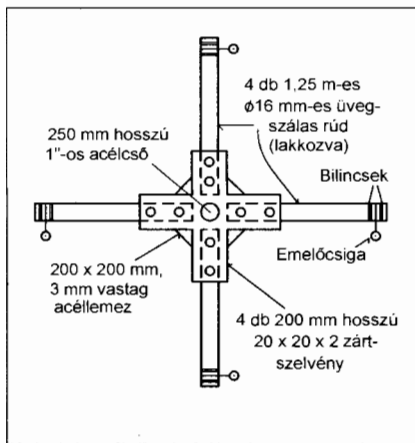
adásul töréssel), célszerűnek láttam egy kereszttartó-szerelvényt elhelyezését a tartóárboc csúcsán. Igaz, az elméleti  $0,1...0,3 \lambda$ -tól még így is eltérő ez a felső távolság, érzésem szerint előnyre vált a konstrukciónak ez a változtatás. További eltérés Fredék Spitfire antennájához képest, hogy az én változatomnál nem csak kettő, hanem négy (!) irányba fordulhatunk, valamint a CW- és az SSB-sáv rész közötti váltást is megoldottam.

Az antenna rajzát és pontos méreteit a 13. ábra mutatja. A jobb áttekin-

hetőség miatt itt is csak egy iránypár van felrajzolva, de értelemszerűen a sugárzó tetején lévő kereszttartóról további két lejtős huzal indul és a hasonló módon van kialakítva a földközeli rész is. A 14. ábra felülnézetből mutatja az antennt, külön feltüntetve az egyes jelfogók pozícióját is. A 15. ábra ezeket a reléket működtető, az adószo-bában elhelyezendő diódamátrixos vezérlőegység kapcsolási rajzát mutatja. Az egyes jelfogóktól induló huzalpárokat célszerű egy közös pontban összegyűjteni (pl. a táplált elem aljánál lévő



15. ábra. A sugárzási irány váltásához szükséges vezérlőáramkör kapcsolási rajza



16. ábra. A kereszttartó vázlata

illesztőegység dobozában), majd innen egy több eres árnyékolt kábellel a QTH-szobában lévő vezérlődobozba vinni!

### Mechanikai felépítés, telepítés

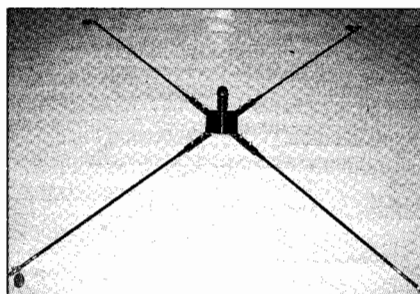
1. Mindenek előtt szükséges egy kiváló földhálózat telepítése, ez ugyanis az antenna perfekt működésének a záloga! Sugárirányban 64 darab, 3 mm-es horganyzott acélhuzalt ástam el kb. 15 cm mélyen a földfelszín alá. A hosszuk változó (18...40 m), de együttesen közel 2 km! E földhálózat létrehozása a legtöbb munkával járó folyamat, de higgye el mindenki, megéri a vesződést. Több anyagot lehet használni, de kevesebbet semmi esetre sem (veszteségi ellenállás!)

2. A földhálózat telepítése után következhet a sugárzó felállítása. Ez történhet a 2003-as évkönyvben vázolt technológia szerint (az egyes árbocok előhúzója egy üregből és a már felszínen lévő taghoz toldva együtt emelve őket a magasba) vagy daru segítségével. Ez utóbbi azért célszerűbb, mert a kereszttartót úgyis a sugárzó csúcsára kell helyezni és tapasztalatom szerint ez daru segítségével könnyedén kivitelezhető. Megjegyzem, hogy a kikötéseknek még stabilabbnak kell lenniük, mint a szimpla vertikál esetében (nálam 5 szinten, 4 irányban van rögzítve az új aluoszlop), sőt a megnövekedett mechanikai igénybevételnek megfelelően nagyobb átmérőjű (40...65 mm), erősebb falú (3 mm) ötvözött alumínium cső szükséges! Az természetes, hogy az acél kikötőszodnyokat porcelán szigetelődiókkal meg kell szakítani 4-5 méterenként (nagyfrekvenciás, kölcsönös csatolás ellen).

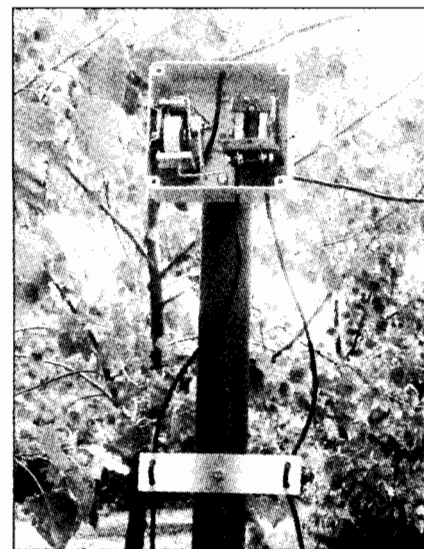
3. Az árboc tetejére mintegy koronaként helyezük fel a kereszttartó szerelvényt. Ennek feladata, hogy az üvegszálás szigetelőanyagból készült karjaik az egyes parazitaelemeket stabilan tartsák. Fisher-bilincsekkel rögzítettem a 4 darab kisméretű emelőcsigát az egyes rudak végeihez, a huzalok ezeken a csigákon vannak keresztülfűzve. A kereszttartó egyszerűsített vázlatát a 16. ábrán, szerelt képe a 17. ábrán látható. A méretek nem különösebben kritikusak; a lényeg, hogy a sugárzó tetejéhez jól illeszkedjen (szigetelten!) a függőleges cső csomagtól, illetve az egész egység kivitele (súlya, kiterjedése) legyen arányban a vertikálunk teherbíró képességével! Ellenkező esetben egy-egy erős széllel törheti az egész Spitfire antenát!

4. A következő lépés a parazitaelem-huzalok átfűzése, felső végeik összekötése UV-álló perlonzsinórokkal. A zsinórokkal így bármikor leereszthetjük a huzalokat, nem szükséges darut hívni az esetleges cseré során. Célszerű 40 méter körüli, 2,5 mm átmérőjű, műanyag szigetelésű, sodrott rézhuzalokat használni a parazitaelemek anyagának. Ezek tömege nem túlzottan nagy, ugyanakkor sáv szélesség tekintetében is még elfogadható kompromisszum.

5. Elvileg befejeztük a „magasépítő munkát”, ezentúl a földközépen vannak tennivalóink! Ha a rajzon szereplő méreteket vesszük alapul, máris leszúrhatjuk a földbe, a megfelelő helyekre a 3 méter hosszú, 40 mm átmérőjű PVC (Pannon Pipe) csöveket. A megfelelő stabilitás eléréséhez azonban előbb 1"-os acélcsővel kezdjük, majd erre húzzuk rá a PVC-csövet! A csövek végére pedig fel kell szerelni a jelfogókat hordozó kisméretű műanyag dobozokat (8 db UV-álló, fehér, vízmentesen záródó, villanszerelési doboz). Az egyik ilyen dobozt mutatja a



17. ábra. A szerelt kereszttartó

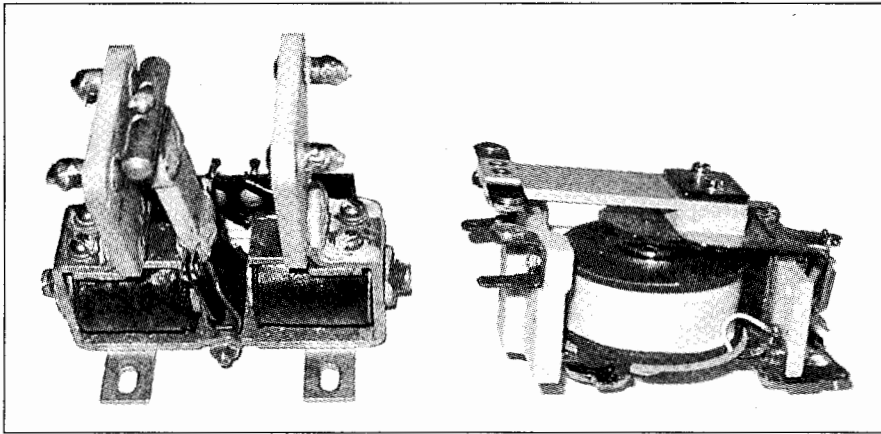


18. ábra. A sarkokban lévő kapcsolódoboz belső kialakítása

18. ábra, a benne lévő nagy érintkező felülettel rendelkező, nagyfrekvenciás áram kapcsolására is alkalmas, kerámiabetétes jelfogók képei a 19. ábrán láthatók.

6. A szükséges huzalhosszak le szabását követően a dobozokba be kell szerelni a megfelelő jelfogókat, vezérlőkábeleket, valamint a parazitaelemek huzaljait, ill. a 3,5 MHz CW-üzemhez szükséges stubok kivezetéseit is. Ez a valóságban nagy körültekintést igénylő, precíz munka kell, hogy legyen! Egy jelfogó elköltése, rossz csatlakozás stb. és máris nem úgy működik az antenna, mint kellene! A kezdeti izgalomban valahogy nálam is nyugatról kezdtek el jönni a japánok... hi!

7. Az adószobában lévő irányváltó/sávvaltó-egység csatlakoztatása után már csak az antenna illesztése van hátra. Mivel a várható talpponti impedancia megközelítőleg 20...30 Ω és reaktáns összetevőt is tartalmaz (mint egy normál 3 elemes Yagi esetében), az egyszerű LC-taggal a szükséges illesztést be kell állítani. Ez történhet antennanalizátor, de akár rádiókn SWR-mérője segítségével is. Az elérhető sáv szélesség kb. 100 kHz az 1:2 SWR-pontok között. Ez azt is jelenti, hogy ha át szeretnénk menni 3,8 MHz SSB-ről 3,5 MHz táviróra, akkor nem elegendő a vezérlődobozon lévő kapcsolóval a stubokat aktiválni, a talppontban lévő illesztőkört is át kell kézzel állítani! Itt jegyzem meg, talán célszerű az illesztőfokozatból kettő darabot építeni, egyiket SSB-re, a másikat CW-re han-



19. ábra. Két változat az antennához használható jelfogók közül

golni, majd jelfogóval vezérelni ezeket is az adószobából...!

8. Nos, ha mindent a leírásnak megfelelően készítettünk el, kezdődhet az antenna tesztelése. A helyes irányba kapcsolt antennaállásról 180°-kal elfordulva legalább 20–25 dB-nyi (3–4 S-fok) térerősség-csökkenést kell tapasztalni, 90°-kal fordulva 10–15 dB (kb. 1–2 S-fok) az eltérés. Ez értendő a DX-állomásra (alacsony szögű érkező hullámok), illetve az Európai állomásokra is. Ha nincs meg ez a kiválónak mondható előre-hátra viszony, érdemes az antenna parazita elemeit finomabban behangolni.

#### A Spitfire behangolása

Mivel az előre-hátra viszonyt itt alapvetően a reflektor hossza határozza meg (a direktor csak kisebb mértékben), célszerű előbb ezt beállítani. Az eljárás talán ismerős lehet, több helyen olvasható hasonló, bár ezek általában a Cubical Quadról szólnak. A végeredmény szempontjából teljesen közömbös ez, a lényeg, hogy a kiválasztott iránytól 180°-kal elfordulva (tehát hátulról) kell venni egy közeli (kb. 2...5 km távolságban lévő) amatőrtársunk alacsony szintű (1–2 W teljesítményű), szintén vertikális polarizációjú, 3,8 MHz körüli, folyamatos adását. E közben a reflektorszakasz hosz-

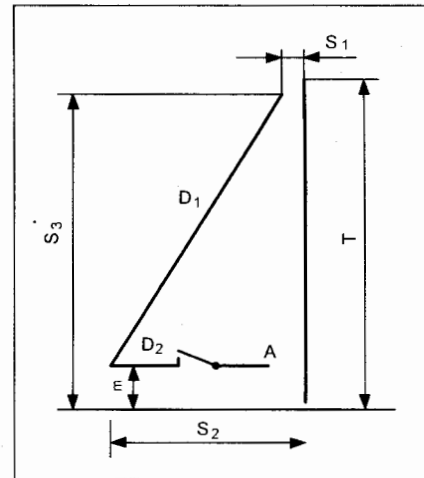
szát addig kell változtatni (növelni vagy csökkenteni), amíg meg nem találjuk azt a hosszt, amikor a leggyengébben halljuk a mérőjelet (határozottabb minimum).

Ezután a másik oldalt (direktor) kell hasonlóan beállítani („laposabb” minimum).

Ha többé-kevésbé homogén az antenna környezete (nincsenek nagy felületű, elhangolódást okozó tereptárgyak a közelben), akkor a kapott reflektor- és direktorméretek alkalmazhatók a többi szárnál is! Fontos, hogy a behangolásnál, de üzem közben is a nem használt lejtős szárok elektromosan meg legyenek szakítva („lebegjenek”), így ezek nem vesznek részt a sugárzásban, nem hangolják el a rezonáló rendszert!

Nos, leírva így a hangolási folyamatot, nagyon egyszerűnek tűnik – papíron.

A Quad antennánál azért képezték ki a hangolócsonkot, hogy annak segítségével rövidre lehessen zárni a parazitaelem vezetőjének egy részét, így könnyedén változtatható annak elektromos hossza, rezonanciafrekvenciája, végeredményben az optimális előre-hátra viszony. Ennél az antennatípusnál is alkalmazható ez az eljárás, bár én a 3,5 MHz-re való stub pontos beállításánál ajánlom a változtatható hangolócsonkot.



20. ábra. A Spitfire antenna méretezése más amatőrsávokra

*Behangolási javallatok, miként azt Fred (K1VR) írta a Spitfire-hez*

A reflektorágra be kell helyezni egy 150 pF-os légförgőt, a direktor/reflektor jelfogóval sorosan. A forgóval a legjobb előre-hátra viszonyt megkeresni. Ha a forgót teljesen be kell forgatni, ez azt jelenti, hogy a reflektorszegmens túl rövid, tehát hosszabbítsunk a huzalon! Ha minimum kapacitás eredményezi a legjobb E–H viszonyt, akkor rövidíteni kell a vezeték szakaszt.

A direktor beállítása kevésbé kritikus, bár érdemes ezt is elvégezni úgy, hogy a direktorágot megszakítjuk az alsó sarokban, majd sorosan kapcsolunk vele egy 1000 pF-os légförgőt. Az előzőekben váoltaknak megfelelően itt is hasonlóan kell megkeresni a legjobb E–H viszonyt, ill. beállítani a szükséges huzalhosszakat.

Ha egyszer sikerült beállítani az optimális hangolást, érdemes lemérni (pl. lazán csatolt GDO vagy MFJ analizátor) és feljegyezni az egyes parazitaelemek rezonanciafrekvenciáját. Így, ha eltávolítjuk a forgókondenzátort és ismét rövidre zárjuk a megfelelő huzalszakaszokat, később egyszerű rezonanciamérésekkel be lehet „csipkedni” az antennát. Például, ha a direktor rezonanciája soros forgóval 4,04 MHz volt

**SAGAX**



1096 Budapest, Haller u. 11-13.

Telefon: 219-5455, 219-5456 Fax: 215-2126 Nyitva 10.00–16.00

Protel, Workbench, Ivex, Optotek, Hyperception programok,

PnP vasalható NYÁK fólia

info@sagax.hu

http://www.sagax.hu



**Irányadó méretadatok a 20. ábrához, méterben**

Jel	Megnevezés	Frekvencia, MHz			
		1,83	3,5	3,8	7
D1	Lejtős direktorszakasz	53,6	26,8	26,8	13,8
D2	Vízszintes direktorszakasz	20,8	12,2	7,8	6
A	Reflektor-kiegészítés	5,4	3,4	4,3	1,8
T	Táplált elem hossza	39,6	21,3	21,3	12,5
S3	Direktor felső pontja	38,7	20,9	20,9	12,2
S2	Sarokpont távolsága	41	20,5	20,5	10,5
S1	Direktor felső pont távolsága	0,9	0,5	0,5	0,2
m	Vízszintes szakasz magassága	3	3	3	3

optimális esetben, akkor a forgót kivéve a körből, addig trimmeljük a direktor huzalt, míg ugyanezt az értéket meg nem kapjuk ismét!

**A Spitfire méretezése más sávokra**

Bár én csak a 80 méteres sávra készítettem el az antennát, természetesen más méretekkel, más frekvenciára is utánépíthető. A **20. ábra** és a hozzá  **táblázat** mutatja az elméletileg (számítógépes antennamodelléssel) adódott hosszakat, távolságokat. Természetesen a gyakorlatban lehet eltérés ezen értékektől, de induláskor, irányadóként érdemes azokat figyelembe venni!

\*

A Spitfire antennát (tudomásom szerint) elsőként építettem meg Magyarországon, ezért mindenképpen szeretnék tárgyilagos lenni ennek értékelésében is. 2004 januárjában az enyhe időjárás lehetővé tette, hogy néhány nap alatt „összehozzam” ezt a rendszert, vagyis, hogy kiegészítsem a már működő 20,2 m

hosszú, meglévő vertikálomat. Először csak egy iránypárt (ÉNY-DK) helyeztem üzembe. Úgy voltam vele, ha nem működik az antenna, ahogy az elvárható tőle, nem is érdemes több energiát bele fektetni, marad minden a régi-ben.

Az első tesztelési alkalom a HA-DX verseny lett volna, így a távírósáv-részben felbukkanó állomásokat hallgatva próbáltam ide-oda kapcsolgatva némi hangerőkülönbséget felfedezni. Semmi változás. Csak a jelfogók kapcsolásakor jelentkező enyhe pattanó zajt lehetett észlelni, de a térerő mindenkinél ugyanaz... Valami belső készítésnek engedelmessé az SSB-DX-sáv irányába hangoltam a rádiót és csodák csodájára elkezdett „élni” az antenna! Már a békésen beszélgető cseh és bolgár amatőrtársaknál is nagyon nagy térerőkülönbséget tapasztaltam (adásnál, vételnél egyaránt legalább 20 dB).

Az igazi meglepetés akkor ért, amikor meghallottam hosszú úton (LP) a W6, W7 állomásokat a Csendes-óceán partvidékéről 16 óraker. Irányukba

kapcsolva (DK) kiválóan lehetett venni jeleket, hátulról *semmit* nem hallottam az adásukból! Természetesen be is jelentkeztem azonnal egy DX-körbe, ahol az ismerős európai „nagyagyúkkal” összemérhettem technikámat a kapott riportok alapján. Többen is dolgoztak 4 Square antennával, ill. 2, 3 elemes yagikkal, de a kapott riportok között szinte nem is volt lényeges a különbség!

Kiegészítve további elemekkel a Spitfire-t (ÉK-DNY), lehetőségem adódott a további tesztelésre. Gyakorlatilag alig volt néhány óra a 24-ből, amikor nem lehetett valamilyen irányból Európán kívüli (DX) összeköttetést létesíteni! A reggeli órákban Észak- és Dél-Amerika, valamivel később Ausztrália/Új-Zéland (hosszú úton!), kora délután Közel- és Távok-Kelet egy része, ezt követően a már említett hosszúutas USA összeköttetések voltak soron. A sötétedés beálltával folyamatosan lehetett DX-elni a világ minden irányába.

Rövid pár hét alatt több száz DX-összeköttetés született e nagyszerű antenna segítségével javarészt a 3,8 MHz SSB-sávban, de néha távíron is. Volt olyan periódus, hogy 24 órán belül sikerült mind a 6 kontinenst (az Antarktisz is) elérni, ami még a felsőbb amatőrsávokon is nagy szó!

Az eddig használt, szerényebb képességű antennához viszonyítva minőségbeli különbséget tapasztalok és sokkal eredményesebb rádiós tevékenységet lehet folytatni a megépített Spitfire antennával és a kiegészítő Beverage-rendszerrel.

Sok sikert kívánok mindenkinek az utánépítésben és a gyakorlati alkalmazás során!

RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG!

Régebbi  
**RÁDIÓTECHNIKA**

**Hobby Elektronika** lappéldányok,

illetve a HE '91, '92, '93, '94, '95, '96, '97, '98, '99, 2000, '01, '02, '03 és '04-es számainak nyák-filmjei is beszerezhetők, megrendelhetők a szerkesztőségben.

**A Rádiótechnika és a Hobby Elektronika 2005 előtti számai egységesen 400 Ft/db, a HE nyák-filmjei 250 Ft/db áron.**

RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG!

**Ha nincs meg...**

Címünk:

Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em.  
Személyesen hétköznap 9-14 óra között.

Postacím: RT vagy HE szerkesztősége 1374 Budapest, Pf. 603.

E-mail: [hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu)

Utazás előtt érdemes telefonon érdeklődni: 239-4932, 239-4933!

# Állomásvezérlő szoftver

Dr. Tolnai János okl. híradástechnikai szakmérnök,  
HA5LQ@freemail.hu

## A LOGGER32 letöltése és instalálása

A szerzők (© Bob Furzer, ill. Zakanaka Inc.) a program használatára ingyenes licencet adnak minden rádióamatőrnek, ha az vállalja, hogy amatőrgyakorlatában betart néhány, valóban alapvető forgalmazási rendszabályt: minden híváskor leadja a saját teljes hívójelét stb., lásd alább a licenc-szabályokat.

A program a <http://www.kc4elo.com/page2.html> oldalról kiindulva tölthető le (a felhasználók számára itt „fórum” is rendelkezésre áll), a licenc-szabályok pedig a <http://www.kc4elo.com/copyright.htm> oldalon olvashatók.

A LOGGER-t rendszeresen továbbfejlesztik. A cikk írásakor a Windows 95/98/2000/ME/NT/XP alatt futó Logger32 Beta 4 ver. 1.3.0 verzió volt

letölthető. A teljes verzió 18 MB terjedelmű; ez egyben vagy 7 kisebb méretű fájlban is elérhető. A programismertetés e verzióan alapszik. A minimális számítógépigény Pentium 166, 32 MB RAM-mal és a program telepítéséhez/futtatásához 20 MB szabad HDD-területtel. (Ugyancsak letölthetők korábbi verziók is: a 16 bites 7.09 és 8.07, sőt a DOS alatt futó első változat is.) A programhoz kitűnő, angol nyelvű HELP tartozik (német nyelven is letölthető), amely részletesen taglalja az installáláshoz, illetve a használathoz szükséges ismereteket.

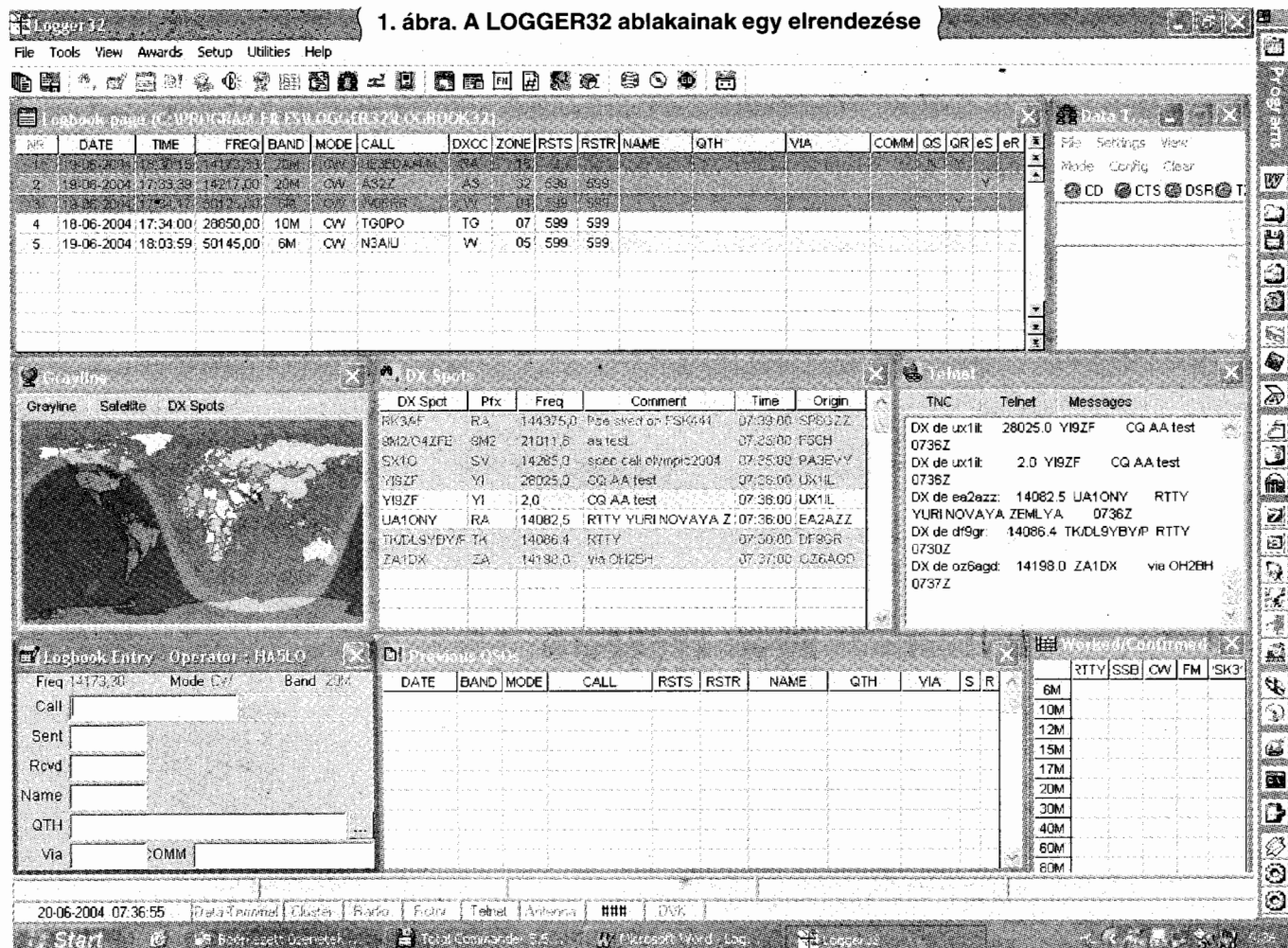
E cikk célja a program fő szolgáltatásainak és lehetőségeinek bemutatása, kedvcsinálás a program használatához.

A letöltött programfájlt (beta4full.zip) kibontva, a setup.exe megindításával telepíthető a program (ha a felaján-

lott beállításokat elfogadjuk), a C:\PROGRAM FILES\LOGGER32 könyvtárba). Egyes funkciók (a rádió vezérlése CAT interface-en keresztül, CW Machine, Antenna selector) csak akkor működnek, ha a számítógépre telepítve van a DLPortIO.dll és néhány más I/O fájl. A telepítő Port95nt.exe megtalálható ugyanebben a könyvtárban, ezt futtassuk le!

Kényelmes indítást tesz lehetővé, ha a Logger32.exe számára parancsikont létesítünk az „asztal”-on.

A szoftver különféle szolgáltatásait egy-egy ablakban lehet elérni. A felhasználó a saját igénye szerinti ablakokat nyithatja meg és a méretüket (valamint általában a rovatokat, elrendezésüket is) igénye szerint állíthatja be. Ismételt bekapcsoláskor a program a kikapcsoláskor használt beállításokkal indul. Az ablakok egy lehetséges elrendezését az **1. ábra** mutatja. (Megnyitott ablakok: Logbook Page, Logbook Entry, Grayline, Previous QSOs, Worked/Confirmed, Telnet, DX Spots, Data Terminal.)



1. ábra. A LOGGER32 ablakainak egy elrendezése

NO	DATE	TIME	FREQ	BAND	MODE	CALL	DXCC	ZONE	RSTS	RSTR	NAME	QTH	VIA	COMM	QS	QR	eS	eR
1	19-06-2004	17:33:33	14217,00	20M	CW	A3ZZ	A3	22	599	599								
2	19-06-2004	17:34:17	50125,00	8M	CW	W0RRR	WV	04	599	599								
4	18-06-2004	17:34:00	29850,00	10M	CW	TG0FO	TG	07	599	599								
5	19-06-2004	16:03:59	50145,00	8M	CW	N3AUF	WV	05	599	599								
6	20-06-2004	12:48:32	14173,30	20M	CW	UE3ZTG	RA	16	599	599								
7	20-06-2004	12:47:16	14173,30	20M	CW	UE3ZOP	RA	16	599	599								
8	20-06-2004	13:13:22	21025,50	15M	CW	JG1ZU	JA	25	599	599								
9	20-06-2004	13:13:42	21025,50	15M	CW	JG1ZU	JA	25	599	599								
10	20-06-2004	13:14:51	21210,00	15M	CW	A3ZZ	A3	22	599	599								

2. ábra. A „Logbook page” ablak

### A forgalmi napló vezetése

A forgalmi napló vezetésére a „Logbook page”, valamint a „Logbook Entry” ablakok szolgálnak.

#### „Logbook page” ablak

A „Logbook page” ablak (az 1. ábrán a felső sávban balra, illetve a 2. ábrán) a forgalmi naplót (illetve annak kiválasztható helyen lévő, néhány – most 10 – egymást követő sorát) mutatja. Azt, hogy a forgalmi naplónak milyen oszlopai legyenek megjelenítve, és ezek milyen sorrendben következnek egymást, az ablak SETUP-jában (melynek a 2. ábrához tartozó beállítását a 3. ábra mutatja) a kezelő maga határozhatja meg az 53 előre felajánlott oszlopnév közül választva.

A SETUP-mező bal oldalán a kis négyzetek (melyekre egy-egy nyíl mutat) szolgálnak az oszlopok sorrend-

jének beállítására. A vastagabb keretes négyzetekbe helyezett „pipával” lehet kijelölni megjelenítésre a mellette jobbra látható adatot, amelyet a fejlécben a következő (szerkeszthető) oszlopban megadott karakterek jeleznek. Ugyancsak szerkeszthető a következő oszlopban balra, föl vagy jobbra mutató nyíl iránya. Ez határozza meg, hogy az adat balra, középre vagy jobbra igazítva jelenjen majd meg a táblázatban.

A „Logbook page” ablak egyes oszlopainak szélessége az ablak fejlécben, az oszlopot követő elválasztó vonal „tologatásával” állítható be.

A QSL-forgalom nyilvántartására szolgáló oszlopokban külön követhető a hagyományos QSL, az eQSL (elektronikus QSL) és az LoTW (Logbook of The World) QSL küldése/fogadása. Egy összeköttetés QSL-státuszára utal az adott összeköttetést tartalmazó sor háttérszíne. Ha az összeköttetést nem jegyeztük elő QSL-küldésre, az adott

összeköttetést tartalmazó sorban az eredeti fehér háttérszín látható. Bármiféle QSL-küldés előjegyzése esetén a háttérszín rózsaszínre vált. Ha a nyugtalatot elküldtük – azaz elkészítettük az adatfájlt a QSL-címke kinyomtatására vagy elektronikus feldolgozásra –, a háttérszín zöld lesz, míg ha megjelöljük, hogy a QSL beérkezett, a háttérszín vörösre változik. (A fekete-fehér ábrán a különböző színeket csak az adott sor különböző fedettségű háttere sejteti.)

A QSL-lapok küldésére, illetve beérkezésére vonatkozó adatokon kívül természetesen a forgalmi napló összes többi adata is editálható.

A fejléc valamelyik oszlopára rákattintva, az adott oszlopnév színe vörösre változik, és az összes QSO az adott oszlop tartalma szerint rendezett sorrendben jelenik meg.

Lehetőség van egy vagy több QSO keresésére is különféle szempontok alapján; ez segíti a beérkezett QSL-lapok bejegyzését.

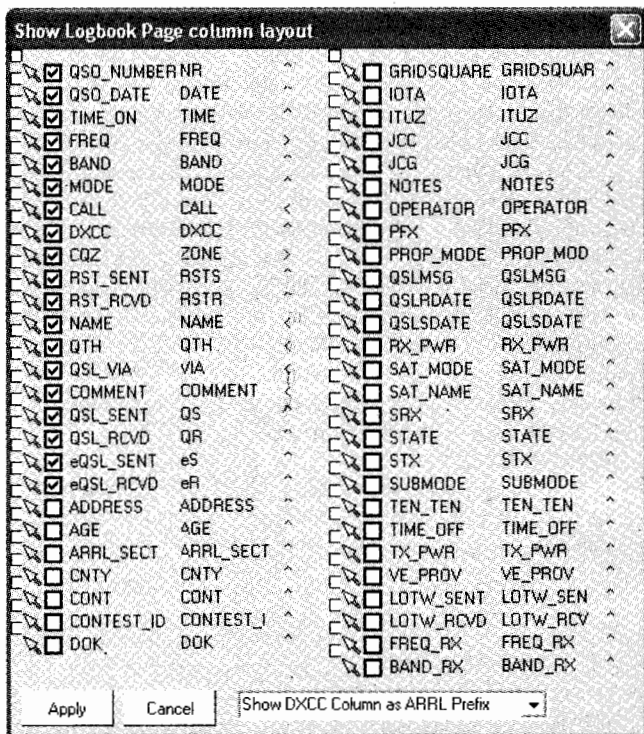
#### „Logbook Entry” ablak

A „Logbook Entry” ablak (az 1. ábrán az alsó sávban, balra) szolgál az éppen folyamatban lévő összeköttetés adatainak bevitelére. Az öt alapadat (Call, Sent, Rcvd, Name, QTH) beviteléhez szükséges mezőkön kívül további hét, a felhasználható által definiálható adatmezőt áll rendelkezésre. Ezeket az adatmezőket a program installálásakor a „Logbook page” rovatai alapján lehet megnevezni, a használni nem kívántak megjelenítése pedig letiltható.

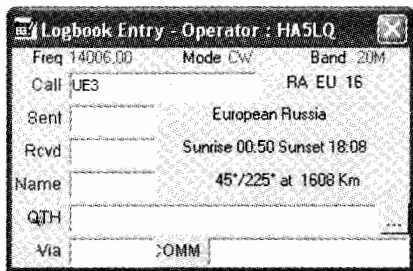
Ha a rádió és a számítógép közötti adatforgalom biztosított, a pillanatnyi működési frekvenciát és üzemmódot a program automatikusan olvassa ki (egyébként pedig kézzel lehet beállítani) és az ablak felső sorában megjeleníti.

A mindenkori aktív beviteli mező háttérszíne fehérről enciánkékre változik. A beviteli mezők közötti váltás a TAB vagy a kurzorozgató fel/le nyíl segítségével történik.

Az összeköttetés adatainak bevitele a partnerül kívánt ellenállomás hívójelének beírásával kezdődik („Call” mező). A prefix megállapításához szükséges karakterek beírása után az ablak erre szolgáló részében megjelenik az adott hívójelkörzet DXCC szerinti prefixe, megnevezése, CQ-zónája, a kontinens megnevezése, az adott QTH-n a

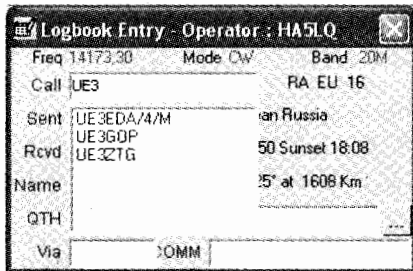


3. ábra. A „Logbook page” ablak SETUP-ja



4. ábra. A „Logbook Entry” ablak

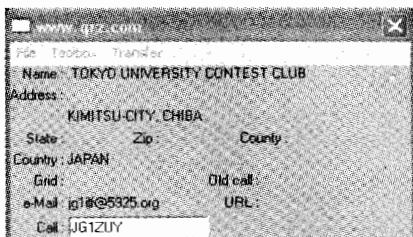
napkelte és naplemente időpontja, valamint (ehhez egyszer meg kell adni a saját földrajzi koordinátáinkat) az állomás távolsága és az antenna helyes forgatási iránya is (4. ábra). Ha a számítógéphez csatlakozik az antennaforgató vezérlőberendezése is, akkor az antenna automatikusan a megjelölt irányba fordul.



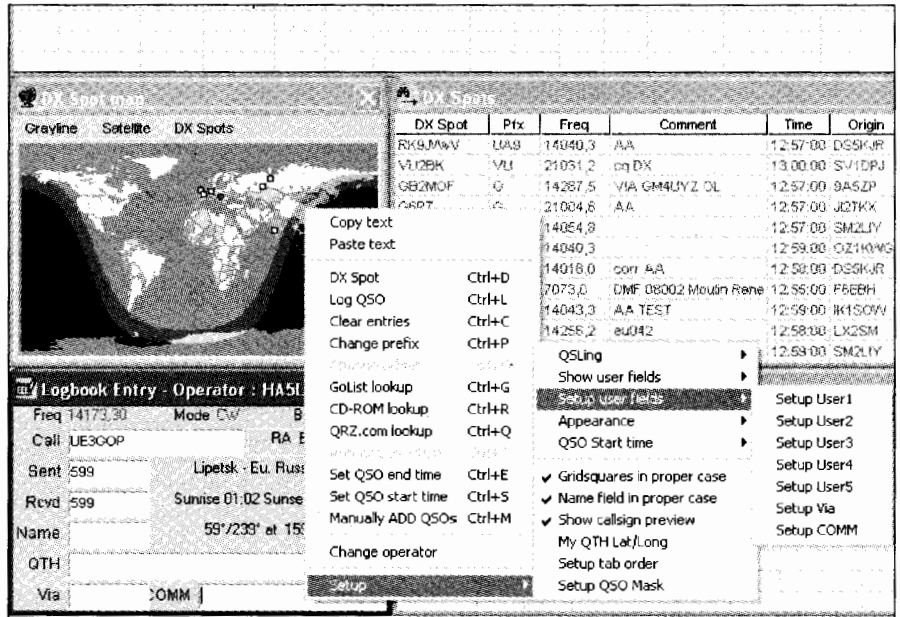
5. ábra. A „Logbook Entry” ablak felajánlja a hívójellistát

Amennyiben ezt a szolgáltatást a SETUP-ban megjelöljük, a „Call” rovatból lenyíló mezőben a hívójel beírásakor megjelennek azok az azonos karakterekkel kezdődő hívójelű állomások, amelyekkel már volt összeköttetésünk (5. ábra). A felajánlott állomások valamelyikére elég rákattintani, a hívójel beíródik a „Call” mezőbe.

A teljes hívójel beírása után a „Previous QSOs” ablakban megjelennek az adott állomással létesített korábbi összeköttetések adatai, illetve a „Wor-



6. ábra. A „QRZ” internetes adatbázisból nyert adatok ablaka



7. ábra. A „Logbook Entry” ablak egy SETUP-menüje

ked/Confirmed”-ablakban az adott DXCC-körzettel létesített összeköttetések és a beérkezett QSL-lapok statisztikai sávonkénti és üzemmódonkénti bontásban (ld. később).

A program – kérésre (pl. CTRL+R, CTRL+G, CTRL+Q) – egyúttal „utána néz” a kiszemelt ellenállomás adatainak, választhatóan a számítógép CD-lejátszójába helyezett CD-ROM használatával, vagy a program lekérdezi az interneten elérhető GoList- vagy QRZ-adatbázisból. Az eredmény az ekkor megnyíló ablakban látható, – fejlécben az információ forrása (6. ábra).

Az így kapott információk alapján az antenna (ha nincs kapcsolatban a számítógéppel) irányba állítható. Az is eldönthető, hogy az adott állomással (pl. valamelyik diploma megszerzéséhez) szükségünk van-e az összeköttetésre, és ha igen, hova küldjük majd a közvetlen QSL-lapot. Ha van QSL-menedzser, annak adatai is megjelennek.

Ha az összeköttetés létrejön, sorban tölthetjük ki az adatbeviteli mezőket. Egyes mezők kitöltése helyett elfogadhatjuk a program által felajánlott adatokat. Például CW-összeköttetésnél a szoftver felajánlja az 599 adott és vett riportokat. Ha ez a tényleges riportokkal megegyezik, ezeket a számjegyeket be sem kell írni, csak az TAB-ot leütöni (ld. később a „bandplan” ismertetésekor) vagy a mezőt üresen is hagyhatjuk. Az ENTER billentyű lenyomásakor kerülnek át a QSO adatai a „Logbook page” oldalra.

A 7. ábrán láthatjuk a „Logbook Entry” ablakban valamely beviteli ablakra a jobb oldali egérgombbal kattintva előugró menü egy változatát.

A kezelő (az ablak SETUP-jában a QSO Start time pontban megadott) döntése szerint az összeköttetés kezdetének naplózott időpontja kétféle lehet: vagy az a pillanat, amikor a „Call” adatmezőből a következőbe lépünk, vagy amikor az ENTER billentyűt lenyomjuk.

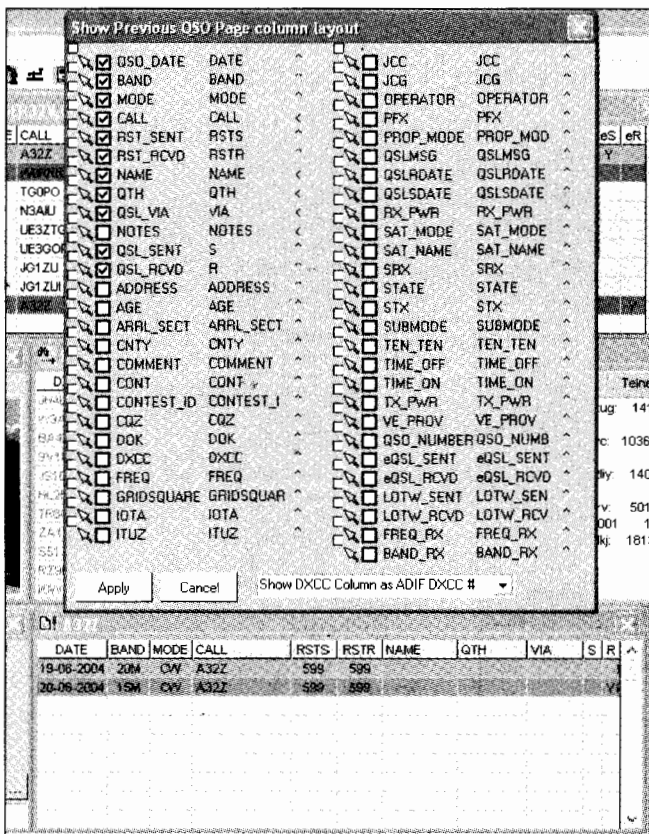
Ugyancsak a SETUP-ban, a QSLing pontban állítható be, hogy minden QSO-t automatikusan kívánunk-e előjegyezni QSL, eQSL vagy LoTW küldésére.

A szoftver több operátor összeköttetéseinek naplózására is alkalmas; a használt hívójel a „Change operator” menüpontban változtatható.

A „Setup QSO Mask” menüpontban azt állíthatjuk be, hogy amennyiben az adott ellenállomással már volt összeköttetésünk, az akkor naplózott adatokból (pl. QTH, Name, Via, Comment) a program melyeket ajánlja fel a beviteli mezőkben.

### Az adott állomással korábban lebonyolított összeköttetések adatainak bemutatása

A „Previous QSOs” ablak (az 1. ábrán az alsó sávban, középen) a kiválasztott (alaphelyzetben a „Logbook Entry” ablak adatai szerint éppen kapcsolatban álló) állomással korábban lebonyolított



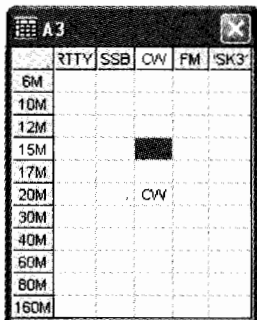
8. ábra. A „Previous QSOs” ablak és felette a beállító SETUP

összeköttetések adatait mutatja. Az ablak megjelenített rovatait és azok sorrendjét éppen úgy a kezelő határozza meg az ablak SETUP-jában, mint a „Logbook page” ablak esetében (setup és alatta az eredmény: 8. ábra).

A QSL-státuszt – ugyanúgy, mint a „Logbook page” ablakban – a háttér színe is jelzi.

### Az elért DXCC-körzetek sávonkénti és üzemmódonkénti nyilvántartása

A program az adatbázisának segítségével a hívójel alapján besorolja az ellenállomást valamely DXCC-körzetbe, illetve megállapítja a CQ és ITU szerinti



9. ábra. „Worked/Confirmed” ablak

zónabeosztást. Az adatbázis nagyon összetett, nagyszámú speciális (alkalmi) hívójel is tartalmaz és a felhasználó által az újabb adatokkal módosítható. Az adatbázisból nyert adatokkal a program automatikusan kitölti a „Logbook page” megfelelő rovatait.

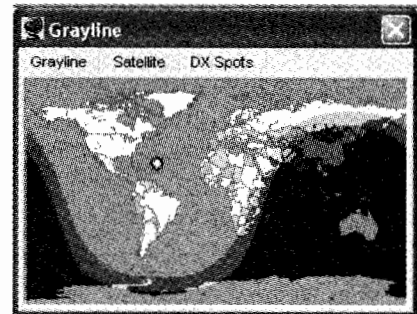
A nyilvántartásnak a kijelölt (alaphelyzetben a „Logbook Entry” ablak adatai szerint éppen kapcsolatban álló) állomás DXCC-körzetének megfelelő információi azonnal kiolvashatóak a „Worked/Confirmed” ablakból. Ebben az ablakban az adott DXCC-körzettel létesített kapcsolatok sávonként és üzemmódonként, egy táblázatban jelennek meg (9. ábra).

A táblázat fejléceinek (sávok és üzemmódok) háttérzíne szürke, viszont a „Logbook Entry” ablakban kiválasztott aktuális sávé és üzemmóde sárga (az ábrán világosabb). Ha az adott sávban, illetve üzemmódban volt összeköttetésünk, akkor a táblázat megfelelő cellájában kék vagy piros karakterekkel megjelenik az üzemmód jele. A kék karakter azt jelzi, hogy volt már összeköttetésünk, de a QSL-lap még nem érkezett meg. A piros karakterrel jelölt összeköttetésről már van QSL-ünk. A cella háttérzíne is információt tartalmaz. Alapesetben a háttér-

szín fehér. Ha ugyanazzal az állomással, amely a „Logbook Entry” ablakban a „Call” beviteli mezőbe be van írva, volt már összeköttetésünk és még nem érkezett meg tőle a nyugtalap, akkor a megfelelő cella háttérzíne sárga (az ábrán CW 20m). Ha pedig ettől az állomástól kaptunk is már QSL-t, akkor a megfelelő cella háttérzíne piros (az ábrán CW 15m).

### Grayline, Satellite és DX Spots ablak

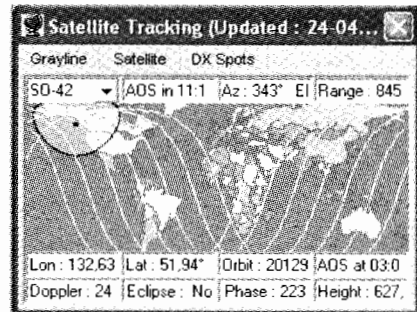
A „Grayline” ablakban a Föld kiterített térképén követhetjük, hogy éppen mely területeket világít meg a Nap, melyek borultak sötétbe, illetve mely területeken van átmenet a sötétség és világosság között (utóbbi a grayline). Az ablak a 10. ábrán látható. A Napot a világos terület középpontjában lévő sárga idom jelzi.



10. ábra. „Grayline” ablak

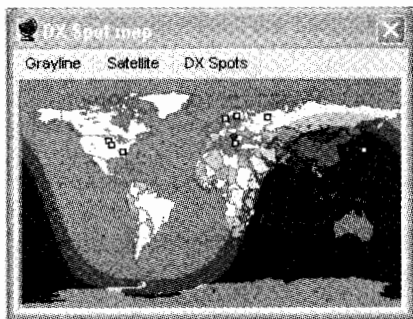
A „Satellite” fülre kattintva a lenyíló menüből kiválasztható amatőrműholdak pályája, pillanatnyi helyzetük, elérhetőségi körzetük jelenik meg ugyanezen a térképen (11. ábra).

A „DX Spots” fülre kattintva ugyanaz az ábra látható, mint a „Grayline” választásakor, csak a Napot jelző sárga idom eltűnik. Helyette a DX-clusterről érkezett utolsó 10 bejelentés-



11. ábra. „Satellite” ablak





12. ábra. „DX Spots” ablak

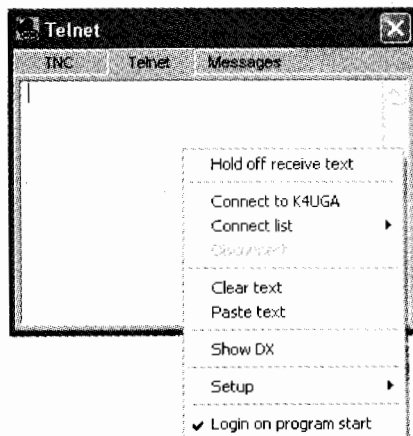
ben (ld. a következő pontot) megjelölt állomások helyén jelenik meg egy-egy színes négyzet. (A színek megegyeznek a „DX Spots” ablak háttérszíneivel.) A saját állomás helyét piros kör jelzi (12. ábra).

### Kapcsolat a DX-clusterrel

A DX-clusterrel több módon is felvehetjük a kapcsolatot. Kézenfekvő megoldás az internet (ha rendelkezésre áll), de a program csomagrádiós kapcsolata is tud létesíteni.

Az internetes csatlakozást a „Telnet” ablak segítségével bonyolíthatjuk. Az ablakot (jobb oldali egérgombbal rákattintva) a 13. ábrán láthatjuk.

A program alapesetben a K4UGA gatewayjel veszi fel a kapcsolatot, de a „Connect list”-be tetszésünk szerint vehetünk fel más szervereket is. K4UGA az első bejelentkezéskor kéri a hívójelet, és jelszót határozhatunk meg. A továbbiakban kapcsolja a clustert, amely néhány egyéb adatot kér (név, QTH, koordináták), majd küldi és fogadja az adatokat, amelyek az ablakban jelennek meg, illetve oda írandók be.

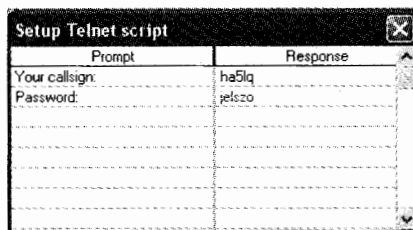


13. ábra. „Telnet” ablak SETUP-pal

A „Login on program start” opció választásakor a program indításakor automatikusan bejelentkezik a DX-clusterbe.

A Setup/Setup scripts menüpontokkal a 14. ábrán látható ablakot nyithatjuk meg, melyben megadhatjuk a hívójelet és jelszavunkat. A későbbi bejelentkezésekkor a gateway kérdésre a program ezeket automatikusan közölni fogja.

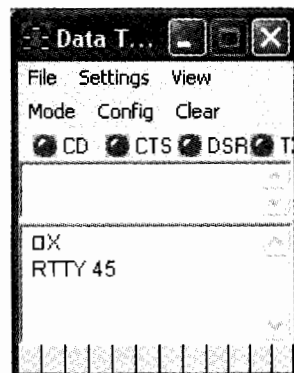
(A „Setup Telnet script” ablakban megadottakat a jobb egérgombbal rákattintva „Save”-elni kell, hogy az automatikus válasz működjön!) Lehetőség van „shortcut”-ok megadására is, melyek segítségével a DX-clusternek néhány karakteres rövidítésekkel adhatunk utasításokat.



14. ábra. „Setup Script” ablak

Csomagrádiós kapcsolat akár a „Telnet” ablak „TNC” fülére kattintva, akár a „Data Terminal” ablak felhasználásával létesíthető a számítógép valamely soros portjához kapcsolt TNC, modem és URH-rádió segítségével. Az 1. ábrán látható képernyőn (a felső sávban, jobb oldalon) a „Data Terminal” ablak van megnyitva (15. ábra).

A „Config” menüpontban beállíthatjuk a felhasznált soros port számát, az adat- és stopbitek számát, a paritást és az adatátviteli sebességet, a megjelenő karakterek és a háttér színét. A „View” menüpontban meghatározhatjuk, hogy az ablak alján hány funkcióbillentyű jelenjen meg (most 12).



15. ábra. „Data Terminal” ablak

Az illető funkcióbillentyűre a jobb oldali egérgombbal rákattintva, makrókat definiálhatunk (a funkciógomb lenyomásakor az előre megadott szöveget adja le). A „Mode” menüpontban megadhatjuk az üzemmódot (RTTY, AMTOR stb.). Az aktivált ablak alsó részébe írhatjuk be a leadni kívánt szöveget, felső részében a beérkező üzenetek jelennek meg.

A „Telnet” vagy „Data Terminal” ablakok segítségével végül is bármely gatewayjel, node-dal felvehetjük a kapcsolatot és részt vehetünk a forgalmában, de ha DX-clusterbe léptünk be, az oda irányuló bejelentéseket a program külön kigyűjti a „DX Spots” ablakba (az 1. ábrán a középső sávban, közepén). Az ablak SETUP-jában számos beállítás végezhető az ablak oszlopaira, a karakterek és a háttér színére vonatkozóan.

Az ablakban (16. ábra) megjelenő DX-spotok karakterszíne a forrásra utal: a „Telnet” kapcsolatból érkező adatok piros, a „Data Terminal” ablakon keresztül kapott adatok kék karakterekkel jelennek meg. A háttérszín utal arra, hogy az adott DXCC-körzettel, valamely sávban és üzemmódban, volt-e már összeköttetésünk, és ha igen, beérkezett-e a QSL-lap.

DX Spot	Pfx	Freq	Comment	Time	Origin
DL7UXG/P	DL	14021,7	EU-129	06:58:00	EA3CB
SP2MKO	SP	144370,0	rcv. max 1020/12dB	06:58:00	YO2BBT
JH9FNB/MM	??	14033,1		07:04:00	EA3CB
SV/DL9MS	SV	144370,0	KM07 hrd CG	07:05:00	PE1AHX
UA9XF/P	UA9	14182,1	ko-12	07:04:00	RU6FA

16. ábra. „DX Spots” ablak

Band	Mode	Lower Freq	Upper Freq	Report	Radio	Power	Stats	Aerial
10M	FM	29,500000	29,700000	59	FM		Y	1
10M	SSB	28,300000	29,500000	59	USB		Y	1
10M	RTTY	28,080000	28,100000	599	RTTY		Y	1
10M	PSK31	28,065000	28,125000	599	USB		Y	1
10M	HELL	28,062000	28,063000	599	USB			1
10M	CW	28,000000	29,700000	599	CW		Y	1
12M	SSB	24,921000	24,990000	59	USB		Y	2
12M	PSK31	24,918000	24,921000	599	USB		Y	2
12M	CW	24,890000	24,990000	599	CW		Y	2
15M	SSTV	21,335000	21,345000	59	USB			3
15M	SSB	21,200000	21,450000	59	USB		Y	3

OK Cancel Delete Row Insert Row

17. ábra. „Bandplan” ablak

A színbeállítás módosítható. Egy lehetséges beállítás szerint az új DXCC-körzet háttérszíne teltebb piros; ha volt már összeköttetés, de a nyugtázás még nem érkezett be, kisebb telítettségű piros. Az adott sávban új DXCC-körzet háttérszíne kék (ha van QSO, de QSL-lel nem igazolt, kisebb telítettségű kék). Az adott üzemmódban új DXCC-körzet sárga háttérszínben jelenik meg (kisebb telítettséggel, ha QSO volt már, de lap még nincs). Végül: a sávban és üzemmódban is új körzet háttérszíne teltebb vagy (ha QSO volt, QSL még nincs, kisebb telítettségű) zöld. A fehér háttérszín arra utal, hogy az adott körzettel, sávban és üzemmódban már volt összeköttetésünk, és a QSL-lap is megérkezett.

A „DX Spots” ablakban egy bejelentett DX hívójelére átkattintva, a rádiót az ott megadott frekvenciára és üzemmódra állítja (ld. a „bandplan” részt is). A hívójelet beírja a „Logbook Entry” ablak beviteli mezőjébe és (ha

ezt a szolgáltatást megjelöltük), azonnal „utána néz” az ellenállomásnak a kiválasztott forrásban (CD-n vagy interneten a QRZ vagy GoList adatbázisból).

Amennyiben magunk akarunk a „Logbook Entry” ablakba általunk beírt állomásról DX-bejelentést tenni, nem kell a megfelelő ablakba a szöveget kézzel begépelni. Elegendő a „Logbook Entry” ablak menüjének „DX Spot” (CTRL+D) utasítását kiadni, az a DX-bejelentést – az előzetesen megadott porton – automatikusan megteszi.

### Bandplan

A program (a Tools/Setup Bands and Modes menüpontból elérhető) táblázat szerint nyilvántartja, hogy milyen frekvenciákon, milyen üzemmódban és mely antennával kívánunk forgalmazni, valamint hogy az adott üzemmódban a „Logbook Entry” ablak RST adatbeviteli mezőjében milyen adatot ajánljon fel (17. ábra). DX-spot-ra va-

ló kattintáskor az üzemmódot a frekvencia függvényében e táblázat alapján állítja be. A táblázat természetesen (adott szabályok szerint) szerkeszthető.

### Egyéb szolgáltatások

A program bemutatott szolgáltatásai – területi okból – szinte csak személyvények voltak a lehetőségekből. Csak utalás formájában jelent meg, hogy a program képes az antennaforgató rotort vezérelni. A szükséges adatok (adatbitek, stopbitek, paritás, sebesség, a rotor típusa) a megfelelő SETUP-ban beállíthatóak.

A morzeadást nem kedvelőknek billentyűző automata (külön ablakban CW Machine) áll rendelkezésre, a „Sound Card Data” ablak megnyitásával pedig PSK31, PSK63, RTTY üzemmódban lehet forgalmazni. A „DVK” (Digital Voice Keyer) ablak megnyitásával előzetesen „wav” formátumban felvett szövegeket lehet leadni. A „Notes” ablak felhasználásával hosszabb megjegyzéseket lehet egy-egy összeköttetéshez fűzni. A „Serial Number Setup” ablakban beállítható, hogy verseny-összeköttetések esetén a program azokat miként sorszámozza. A „Gridsquares Calculator” ablak a beírt földrajzi szélességi és hosszúsági fok alapján kiszámítja a QTH-lokátort. A „Conversion” ablakban különféle mértékegységeket lehet egymásba átszámítani. Az „NCDXF Beacons” ablak számos jeladó helyét, hívójelét és frekvenciáit mutatja be.

*A leírtakból kitűnik, hogy a LOGGER32 sokoldalúan használható, a rádióállomás szinte minden funkcióját vezérlő program, amelynek kipróbálásához – remélhetőleg – e cikk olvasása után sokak kedvet kapnak.*

**Belenézett már a HAM-BAZÁR kínálatába?**



Megtalálható a **RÁDIÓTECHNIKA** és a **HOBBY Elektronika** lapokban, illetve honlapunkon: [www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)

# CQ de HA... CQ de HG... 2004

Fáber József okl. villamosmérnök, HA5JJ

## 80 éves az MRC

Nyolcvan évvel ezelőtt, 1924. május 20-án alakult meg a Műegyetemi Rádió Club. Első elnöke *Söpkéz Sándor* műegyetemi tanár volt. Lapunk, a Rádió-technika, a 2004/5. lapszámában köszöntötte az MRC-t és a Magyar Rádió Amatőr c. folyóirat 1927. februári számából a klubról szóló írást idézte. Ennek első mondata 1927-ben így hangzott: „A magyar egyetemi ifjúság mindig zászlóvivője volt a kultúra minden haladásának; a rádió ügyét is ők karolták fel először hazánkban és ők alakították meg az első és legnagyobb rádióegyesületet is.”

Igen, valóban így volt. A klubtagok akkor – és azóta is mindig – az újat keresték; kísérleteikkel, munkájukkal a műszaki fejlesztést szolgálták és első sorban nem a kétoldali összeköttetésekre helyezték a hangsúlyt. A '20-as években és még sok-sok évig, a Műegyetemen nem volt villamosmérnöki kar, a villamos gépekkel, az elektronikával elsősorban a gépészmérnök-hallgatók ismerkedtek meg. A klubban végzett tevékenység szinte egy rádiótanszékét helyettesített –, sokan foglalkoztak itt a rádiótechnikával.

Nem sokkal a klub megalakulása után az MRC bekapcsolódott a Magyar Rádió kísérleti adásaiba; a Gyáli úti „stúdióból” több alkalomra átkerült a (hanglemez) műsorszolgáltatás a Műegyetemre. Először középhullámon, majd később RH-n folyták a kísérleteket. (Az MRC amatőr adóállomásának 1928-ban HAF4C volt a hívőjele.)

Munkájukat segítette hajdani barátunk, SPICC *Emil* is, aki egyébként a gdyniai rádióállomás igazgatója volt és magyarul is tudott. A klubban tévé-kísérletekkel is foglalkoztak; álló- és mozgóképeket továbbítottak az egyetemen belül, rövidhullámon...

A nagy múltú Műegyetemi Rádió Club titkára 1972 óta *dr. Gschwind András* HA5WH, Állami-díjas, a Magyar Köztársasági Érdemrend Lovagkeresztjének birtokosa, aki a kitüntetést 2004-ben részben a korszerű rádióamatőr tevékenységet szolgáló munkásságáért is kapta. Manapság sem szakítottak a hagyományokkal. A klub gazdag választékot kínál a műszaki-tudományos feladatokból a mintegy 100

fős tagságnak és az érdeklődőknek. Már évtizedekkel ezelőtt csatlakoztak az OSCAR (rádióamatőr rendeltetésű) műholdas programhoz. Nagy visszhangot keltett a kísérleti műsor, amelyet az IARU megbízásából az O-7 jelű szatelitán keresztül közvetítettek, majd ezután következett az O-10, az O-13 és az AO-40 műholdakra tervezett és kivitelezett energiaellátó rendszer és most aktuális ugyanez a készülékfelben lévő P3E számára is! A legújabb fejlesztési témák egyike egy morzerobot, valamint egy ionoszféramérő műszer, amelyek majd a Nemzetközi Űrállomásra (az ISS-re) kerülnek az ARISS-projekt keretében...

Nem szabad elfeledkezni arról sem, hogy az MRC oroszlánrészt vállalt – együttműködve a MRASZ-szal – a hazai átjátszóhálózat megalapozásából; az építésből, telepítésből, fenntartásból is!

A nemzetközi kapcsolatok (pl. a brnói műszaki egyetem, AMSAT-NA, AMSAT-DL stb.) mellett tág lehetőség nyílik a hazai r.amatőrökkel kialakított kapcsolatok ápolására is. A rendszeres csütörtöki klubnapokon nem csak a tagok fordulnak meg és az évente – november második szombatján – zajló nyílt „Műszaki napok”-on is mindig sok a részvevő. (A Műszaki napokon számos előadás hangzik el az újdonságokról és érdekes technikai bemutatókat is tart az MRC vagy egy-egy felkért rádióamatőr.)

Ezúton is köszöntjük az MRC-t a jeles évforduló alkalmából! Azt kívánjuk, hogy a hagyományoknak megfelelően a kollektíva továbbra is az élvonalban haladjon és munkájával szolgálja a rádiózás és a rádióamatőr-mozgalom érdekeit!

## „Az amatőrizmus fejlődése”

A cím és az alábbi idézetek a „Rádió Amatőr” folyóirat III. évfolyamának 1928. márciusi számából valók. A kiadvány „A Délmagyarországi Rádióclub” és a „Magyar Rövidhullámú Amatőrök Egyesülete” hivatalos lapja volt. A (vezér)cikket *Horváth László* főmérnök, a szerkesztő írta és témája azóta is időszzerű, ma sem avult el.

„A nagyközönség körében gyakran hallhatjuk azt az ellenvetést, hogy szép dolog ez a rádió, de érthetetlen, hogy

hogyan adhatja valaki annyira rá magát, hogy úgyszólván minden szabad idejét arra szenteli. Mi értelme van annak, hogyha valakinek sikerült már készülékét jól megépítenie, még tovább babráljon rajta, ahelyett, hogy mint egyszerű használati tárgyat élvezné, akkor, amikor kedve van rá. Ezt a furcsa felfogást, az amatőrizmus teljes félreismerését még magyarázhatjuk avval, hogy azok, akik így nyilatkoznak, nem ismerik a rádiót és nem az amatőrizmus céljait és örömeit; de erősen gondolkodóba ejtethet mindnyájunkat az a tény, hogy a laikus közönségnek ez a felfogása nagyrészt találkozik a rádióval foglalkozó szakkörök felfogásával is. Itt is gyakran hallunk olyan hangokat, hogy az amatőrök működése ideig-óráig tartó láz, amely nemsokára el fog múlni. Szerintük az egész amatőrmozgalom csak onnan ered, hogy olyan készüléket, amely úgy, ahogy megszólal, ma már elég könnyen össze lehet ütni házilag is; amint azonban az igények fejlődnek, az amatőrök nem fognak lépést tartani a gyarak szakszerű készülékeivel és teljesen abba fogják hagyni hiábavaló működésüket. Az amatőrök fejlődő munkája azonban mindjobban legyőzi ezeket az akadályokat is. ... A legerősebb és legmeggyőzőbb fegyver e tekintetben az a gyors és hatalmas fejlődés, amelyet az amatőrizmusnak köszönhetünk. ... A komoly amatőrök tudásvágyának és tanulásának meg is van az eredménye: ma már nemcsak világszerte elismert és híres amatőrök vannak, ... nagyon sok a legnehezebb problémákkal szemben is megállja a helyét. Ez természetes is, hiszen az amatőrök között nagyon sok olyan van, aki teljes iskolázottsággal és képzettséggel bír már, amikor érdeklődésével a rádió felé fordult és aki képzettségét teljes odaadással és lelkesedéssel fordította további tanulmányaira. Minden munkán meglátszik, ha lélekkel végzik és ez a magyarázata annak a sok értékes eredménynek, melyet az amatőrök elértek és egyszerűs mind biztosítékul szolgál arra, hogy az amatőrizmus nemhogy visszafejlődjön, hanem mind erősebb és erősebb iramban terjed és halad előre.”

## Mit hoz a jövő?

Ma még hódolhatunk a rádióshobbink egyik ágazatának, a „hagyományos” QSO-zásnak, de mi lesz holnap?

Élénk eszmecsere alakult ki 2004 tavaszán – és hosszú ideig tartott – a Pannondx internetes levelezőlistán. Az



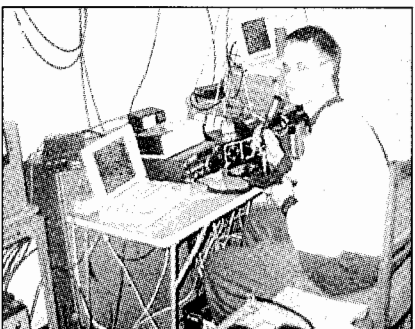
alapot HA0HW Laci OM írása szolgáltatva egy „Érdekes QSO” tárgyában:

„Érdekes QSO-nak voltam fültanúja ma reggel. 14 MHz-en dolgozott egymással YUILA és WA6NON. A „kaliforniai” adó nagyon jól, 579/589-es riporttal jött. Rajta kívül még néhány „keleti parti”, valamint a karibi térségből egy-két állomás képviselte a DX-eket. A kapcsolat második felében WA6NON elmondta a szerb amatőr-



nek, hogy San Franciscóban ül egy laptop előtt, de az RH-állomása Bostonból üzemel. Interneten át, kábelmodemen keresztül távvezérli azt, így működik. Így már érthető volt, hogy miért hallhattuk egyedüli „nyugati parti” állomásként a sávban!

Elgondolkodtató a dolog. Egyrészt nagyszerű technikai bravúr, másrészt újabb jele, hogy semmiben sem bízhat már az ember. Bármít, bármikor lehet virtualizálni, megteveszteni a másikat.



HG9KRL adóállomása a Bálványon. (A rig mellett op Tamás, HG9MET)

Egyre nehezebb lesz eligazodni a világban...”

És ezután kibontakozott a vita jó néhány résztvevővel. Íme, a gondolatok, vélemények:

– Én kb. 2 éve hasonló QSO-t létesítettem W6TRW-vel, a NASA klubállomásának egyik operátorával, aki akkor próbált ki PSK-val egy új linket. Írtam neki, hogy jópofa, de nekem ez nem tetszik. Erre megsértődött és jelezte: ők haladnak a korrall. Emlékezetes QSO volt.

– El kellene szeparálni valamely módon az elektronikai és gépi bravúrokat a hagyományos on-line rádiózástól –, egyértelműen!

– Attól tartok, hogyha ezeket szidjatók vagy bedugjátok a fejetekeket a homokba és azt mondjátok: nem létezik, nem jó stb. –, még a jelenség élni fog.

– Azt hiszem, hogy itt egy iszonyatos félreértés van. Senki sem vitatja a műszaki újdonságokat. A jelenség természetesen, sajnos, létezni fog. Nekünk mint egyszerű, „mezitlábás” amatőröknek, szerinted örömet okozhat az, ha nem „direkt” úton tudjuk a kapcsolatokat létrehozni? (Direkt út: a rövid-, ill. hosszúutas terjedés, EME, meteor, FAI, aurora, Es, ...) De az Echolink, a távvezérlés x km-es távolságból, meg a fene tudja, hogy mik vannak még, már nem erről szólnak. Mint kísérlet, mindegyik érdekes lehet azok számára, akik ezzel foglalkoznak, ám féltő, hogy idővel már problémát jelenthetnek.

– Az igazi rádiózás elveszti a varázsát. Nem élvezed a terjedés szeszélyeit, annak az örömét, hogy te valóban képes voltál az általad megalkotott antennával, esetleg berendezéssel áthidalni egy valós távolságot. Az előbb leírtaknál valamiféle tudás, gyakorlat nem szükséges. Gyakorlatilag elegendő egy krumplibla dugott kötőtű, né-



hány watt és hadd szóljon ...! A gépek elintéznék mindent. Akár napokig is magára hagyhatom a riget, mert helyettem fog QSO-zni. A babért nem én aratom le, hanem a gép. Oszintén: ha lehetőség lenne otthon ücsörögve, távvezérelve a rádiót, dolgozni pl. észak-koreai DX-ként, lemondanál a lehetőségről?

– Természetesen lemondanék! Mindennek megvan a varázsa. Egy expedíció megszervezése, utazás, csomagok, engedélyek, az állomás telepítése, bontása és ez külön-külön, önmagában is nagy élmény. Volt lehetőségem kipróbálni Nyugat-Kiribatiban (T30) és Kelet-Kiribatiban (T32), tehát van tapasztalatom is.

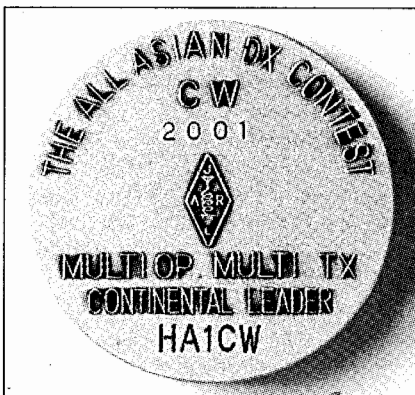


– Én nem vagyok a technikai újdonságok ellen, de a távvezérlést ott kell hagyni, ahol arra szükség van!

Hát itt tartunk ma. Vajon mit hoz a jövő? Remélhetőleg a „klasszikus” forgalmas és a novumoknak számító műszaki megoldások a HAM-Spirit keretében jól megférnek egymással!

### Házunk tájékról

- A MRASZ Rádiós Tájékoztató Fúvása (RTF) szakágának kedvelői évtizedek óta serénykednek, kemény, önfeláldozó munkát végeznek. A világ- és Európa-bajnokok, valamint az egyéb nemzetközi és a hazai versenyek győztesei, helyezettei és minden sportoló



HA1CW érme egy ázsiai DX-versenyről

szorgos (néha már-már mazochista) edzéseket végez és évente számos alkalommal méretli meg a tudását. Sokan saját maguk készítik a berendezéseiket, a segédeszközöket is. Akiből nem lesz bajnok vagy dobogós helyezett, tulajdonképpen az is nyertes; rengeteg ismeretet, tapasztalatot szerez, jó társaságban, barátok között tölti a szabad idejét és sokat tesz az egészségéért. Szórakozásnak sem utolsó ez a sajátos sportág.

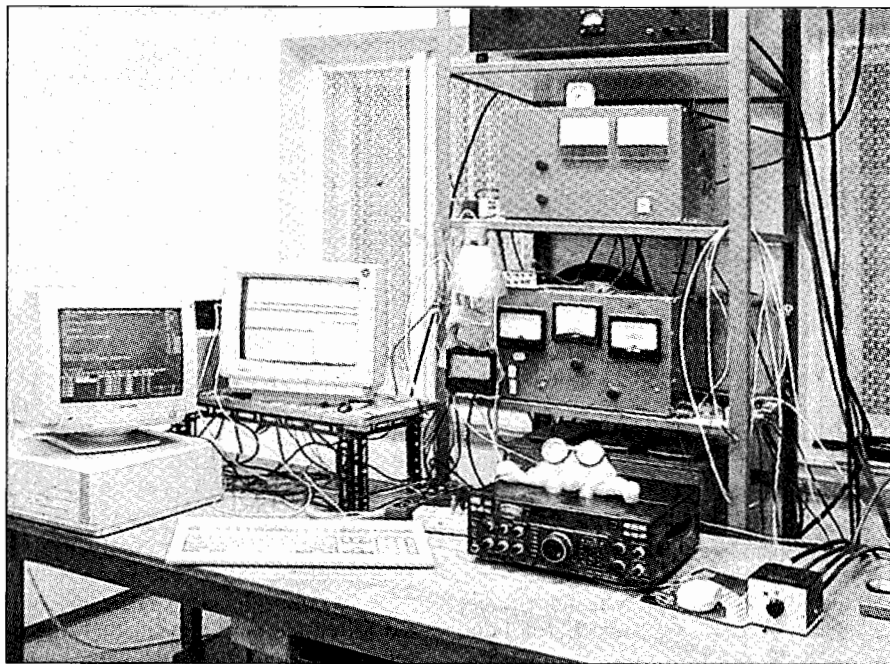
Venczel Miklós (HA0LZ) mesteredző, a szakági vezető, 2004-ben is beszámolt a MRASZ elnökségének az előző évi tevékenységről. Az összefoglaló jelentésből megtudható, hogy az RTF-sportolók eredményes évet könyvelhettek el. Az Ifjúsági Európa-bajnokság során a leány- és a fiúcsapat bronzérmeket szereztek.

A felnőttek Európa-bajnokságán Kovács Attila arany, Gaiger Lilla és az F-50-es csapat ezüst, Zarnóczy Klára, Bognár Márk, Orosi János, Cserháti József, az F-50-es és az F-60-as csapat bronzérmesek lettek, de 6 negyedik, 3 ötödik és 5 hatodik helyet is szereztek a versenyzők az RH-, ill. az URH-versenyrendszerben. Az EB-k során 16. pontot érő helyezést, az olimpiai pontrendszer alapján 80 pontot gyűjtöttek be a válogatott keret tagjai és ez hazánkban a nem olimpiai sportot űzők rangsorában a 6. helyet jelenti!

A versenyrendszer működőképességének bizonyult és helyi-közzel megfelelt a sportág fejlettségi szintjének. Hét kupaverseny volt: Aranyhomok Kupa, Budapest Bajnokság, Intercisa Kupa, Nemzetközi Bereg-kupa, Egervár Kupa, Westel Kupa, Weisz János Emlékverseny és ezeken kívül az Országos Bajnokság, továbbá az Éjszakai Országos Bajnokság.

„Örvedetes, hogy elindult egy fiatalodás. A gyerekek tehetségesek, lelkesek, sok jó eredmény van még bennük. ...Úgy érzem, jelentős hátrányt szenved a szakág, de megkockáztatom, hogy az egész Szövetség amiatt, hogy a sajtómenedzselésnek a nyomait sem sikerült felfedezni országos viszonylatban. ...Így sohasem fogunk ismertebbé válni, pedig nagy szükségünk lenne rá!” – írta Miklós barátunk a kétoldalas jelentésében.

– **A Jászszentlászlói Sportegyesület Rádiós Szakága** (a HA8KUX rádióklub) 2004-ben is igen aktív volt. Többek között április 17-én tartotta a *Nostalgia Rövidhullámú Rádióiránymérő* és a *Jászszentlászlói Kupa Gyorstávírási Bajnokság*ot.



Végerősítők HA5KDQ-nál, 2 m-re

A lelkes kollektíva május 29-30-ára *Nostalgia Rádiótöbbitusa Bajnokság*ot hirdetett. A program igencsak „katonás” volt. Íme:

- 28., péntek: 17.00-tól vacsora (egyenileg).  
 29., szombat: 07.30 Ébresztő, reggeli torna, reggeli egyenileg.  
 09.00 Rövid megnyitó, programismertetés.  
 09.10 Férfiaknak lövészet folyamatosan (ahogy érkezünk), hölgyeknek gránátdobás, majd csere. Aki végzett, morzeadásra megy.  
 12.00 Vétel mindenkinek.  
 13.00 Ebéd.  
 14.00 Indulás a tájfutás starthelyére.  
 15.00 Tájfutás első startja.  
 20.00 Vacsora, utána szabadprogram.  
 30., vasárnap: 08.00 Ébresztő.  
 08.30 Reggeli egyenileg.  
 09.00 Rádióhálók a csapatoknak.  
 11.30 Eredményhirdetés.  
 12.00 Ebéd, utána hazautazás.

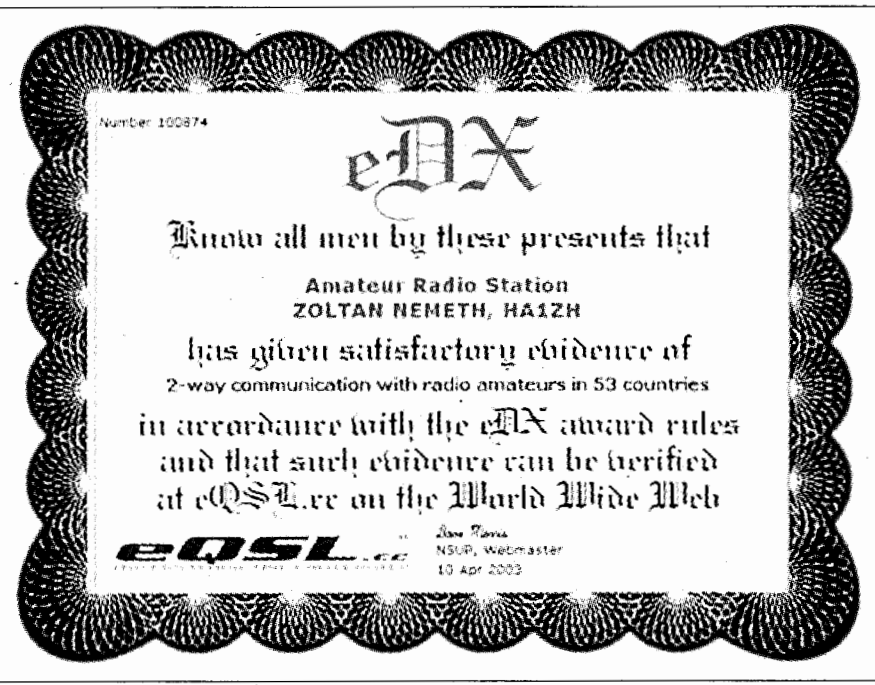
– **HA0HW** keserű hangú levele 2003 szeptemberében: „Mivel ezen a hétvégén zajlik a *Worked All Europe DX-Contest SSB-fordulója*, gondoltam, hogy szaporítom a DX-QSO-im számát. A 14 MHz-es sávban leálltam CQ-zni. Nem volt valami fényes a terjedés. Ez a tény is, de igazán az bosszantott, hogy a kb. másfél óra alatt kéttucatnyi állomásnak kellett elmagyaraznom, hogy a verseny szabályai szerint mi nem QSO-zhatunk egymással. Többen visszakérdeztek: miért, mi-

lyen ország a HA? Nos, a következő prefixek tulajdonosai voltak a tudatlanok: DC, DD, DH, F3, 2E0, G1, G6, G7, G8, GJ6, GM1, M1, M3, M5, I0, I6, IK4, ON6 és PE. Aki ismeri a prefix-kiosztást, az rögtön rájön, hogy mi van a dolog háttérben.

Az egy tény, hogy néhány országban automatikusan eltörölték a CW-vizsgát, de talán még kellett volna automatikusan beengedni az RH-sávokba azokat, akik évek óta csak az átjátszók indítgatásával töltötték az idejüket és fogalmuk sincs az RH-sáv-kiosztásról, hívójelkörzetekről, (verseny)szabályokról stb.

Nagyon egyet tudok érteni *Gyuszi*, '5HU vélekedésével, miszerint jól át kellene gondolni – nem csak nálunk! – az éterbe jutás előfeltételeként meghatározott vizsgáztatás „szükséges és elégséges” feltételeit.

Mivel egy közösségbe kerül az új-donsült operátor a sikeres vizsga után (kár, hogy egyre többen csak utána –, klubok hiánya!), én nagyobb hangsúlyt fektetnék a forgalmazási ismeretek megkövetelésére, némi túlzással a pszichológiai alkalmasság megítélésére. Tudom, ez utóbbi rémesen hangzik, de gondolatok bele, kik a „nyomkodók”, a csak azért is a DX frekvenciáján hangolók, hívók! Azok az emberek, akik az életben sem tudnak uralkodni magukon, önzőek, ráadásul itt arctalanul tehetik mások bosszantását a felismerés, lebukás minimális veszélyével.



**Az eDX Award**

– **HA5HU** Gyuszi barátunk nem megy a szomszédba ötletekért! Az új e-mail címe: <ha5hu@ha5.hu>, telitalát!

– Egyre több hazai amatőr kapcsolódik be az SSTV-munkába. Közülük, ebben az üzemmódban, már évtizedek óta (31 éve) aktív a **Zoli** barátunk, **HA1ZH**. Építi, fejleszti a berendezéseit, figyelemmel kíséri és alkalmazza a legújabb SSTV-szabványokat, szoftvereket. Eredményesen versenyez és nemzetközileg is elismert DX-vadász. Egyébként már 42. éve adóengedélyes a rövidhullámú amatőrsávokban. Regisztráltatta magát az LoTW elektronikus (internetes) QSO-igazoló rendszerben és kihasználja az eQSL-küldés előnyeit. Az ott bizonyított 50 DXCC-ország elérése után nyerte el az „eDX” SSTV-diplomát. Ezt nem kellett külön kérvényezni, hiszen minden olyan összeköttetés érvényes, amelyet a partnérállomás is az LoTW-rendszerben a QSO adataival igazolt, ezért azután az oklevél alapítói ennek alapján odaítélték a trófeát.

– **HA7PW Laci** szösszeneteiből idézzünk:

● Hogy mik vannak! 540 kHz-en hallottam egy rádióamatőrt AM üzemmódban! **HA5EA Laci** a munkahelyén a postai nyitvatartási időről nyilatkozott a Kossuth rádió riportérének, HI!

● Végre teljesült az egyik vágyam: tulajdonosa lehetek a Worked All Hun-

garian Counties (WAHUC) diploma SSB-fokozatának! Levélben, kérésre megkaptam a 10. nyugtalanapot is az egyik „ritka” körzetből. *Harmincöt év után* elmondhatom, hogy az ország minden megyéjéből rendelkezem már *legalább 10 db QSL-lel*, amelyek főinkapcsolatokat bizonyítanak. Gondjaim voltak Vas megyével (46 hívójel, közülük 26 SSB-QSO), Komárom-Esztergommal (49 hívójel – 32 SSB-n) és Nógráddal (61 állomás, 42 SSB-n is), de végül is összejezt! Hogyan is van ez a QSL-morállal?

● Kellemes táviró-összeköttetés zenéltünk végig KIKLO-val a 12 m-es sávban. Mindent megbeszéltünk annak rendje és módja szerint. A végén, amikor QSL-cserét javasoltam **Andy** OM-nek, ő elhárította azzal, hogy 1959 óta nem használja a QSL-irodát. Szóval, *45 éve* nem küld lapot azon keresztül. Vajon hány évig volt az OM aktív „via bureau”?

● Sikertelen életem első (és második) összeköttetését létrehozni egy robotállomással! Az IY4M Marconi-émleállomás cincogott 12 m-en. Ráhív-tam és bekerültem a „tudatába”. Azután QSY-t csinált 10 m-re, ahol ismételtlen szözlásra bírtam „őt”. De úgy tapasztalom, hogy emberek tanították meg rádiózni, ugyanis 519-es riportot adott utóbb. Ami ugye azt jelenti: „*tökéletesen értelek, igen gyengén, alig érthetően*, viszont szép, tiszta a hangszíned!”

A „Logbook of The World” (LoTW), az ARRL elektronikus diplomahitelesítő rendszere 2004 tavaszán már több, mint 41 millió rádió-összeköttetést tartott nyilván. Ezek közül 1,18 millió QSO-t sikerült egymással találkozgatni, vagyis igazolni. (HA5PT-nél ekkor már sokkal jobb volt az arány: a több, mint 14000 QSO-jából mintegy 10% lett igazolva.) Az adatbázis egyre bővül, így mind nagyobb lesz a lehetősége a kapcsolatok összevetésének. A hatalmas adathalmaz idővel nem csak a diplomák odaítéléséhez nyújt majd segítséget, hanem kinek-kinek a DXpedíciós, a kitelepült, a hívójelet cserélt stb. állomások csoportosításához is. Az április 23-i állapot szerint magyar állomás volt a legaktívabb az eQSL (LoTW) alkalmazók közül. Hívójelpontok:

1. K9NS 1691
2. N2BJ 1574
3. W4ZV 1098
4. **HA3LI** 938
5. LU6ETB 920

– Az amerikai Vöröskereszt **oklevéllel tüntette ki** az ARRL-t. Az elismerés annak szözl, hogy számos tagja hathatós segítséget nyújtott a 2003. május 4-i tornádósorozat következtében veszélybe jutott családok – 735 személy – mentésében. A pusztító vihar Missouri, Kansas, Tennessee és Arkansas államban söpört végig.

– A Cray Valley Radio Society 2003 szeptemberében a **GB75BF** hívójelű adóállomást működtette a „Brit rádiózás a vakokért” alapítvány 75. évfordulója alkalmából.

– **Grönland:** az ottani rádióamatőrök 2004. június 1-30. között OX25 kezdetű hívójeleket használhattak arra utalva, hogy 25 éves volt a sziget lakóinak önkormányzata. (Grönland Dánia külbirtoka!)

– **Hollandia:** a VERON rádióamatőr szövetség klubállomása **PA7AA**-ként ünnepelte 2004 nyarán a fennállásának 75. évfordulóját.

– **Moldava:** az **ER500S** különleges hívójelű amatőr adó a nyáron abból az alkalomból volt hallható, hogy 500 éve hunyt el „*Stefan, a Nagy*” moldvai király. A QSL-ügyintéző ER1DA. Ugyancsak ez alkalomból – a romániai Suceava megyéből – forgalmazott YR500S, amelynek a nyugtalanpajti YO8KGA kezeli.

– **Ukrajna:** alkalmi hívójelű amatőr adóállomások emlékeztettek 2004-ben is május 9-ére, ezúttal a II. világháború Győzelem Napjának 59. évfordu-

lójára, **EO59** kezdetű (pl. **EO59G**, **EO59QWW** stb.) hívójelekkel.

– **NSZK**: 2003. december 31-én 78307 adóengedélyes szerepelt a nyilvántartásban; 42010 I. fokozatú, 30887 II. és 5410 III. fokozatú. Az USA-ban mintegy 687000 adóengedélyes volt, de csak minden 6-ik (kb. 115000) volt aktív közülük!

– Tavaly, december 17. és 21. között ismét hallható volt a **Mikulás amatőr adóállomása**, az **OH9SCL**. Az északi sarkkörről forgalmazott 10-től 80 m-ig CW, SSB, RTTY, PSK31 és SSTV adásmóddal. A 8 finn operátor közül OH2BH és OH9RJ volt számunkra a legismertebb. A QSL-menedzser – nyilván évről évre – OH9UV. A „Mikulásnak” úgy látszik, hogy sok a dolga és kevés a segítőtje, mert pl. HA7PW még 2003. augusztus 4-én küldte el 8 USD-vel a diplomakérvényt a Santa Claus Land oklevélért. És aztán csak várt és várt a trófea megérkezésére, már-már Mikulás-szakálla nőtt, amikor az év végén (Mikulás-nap után, HI!) összefutott 40 m-en OH9SCL-lel és firtatta a diploma sorsát. Nos, az okmány 2004. február 13-án, egy szerencsés pénteki napon „már” meg is érkezett!

– **Spanyolország**: május 21. és 30. intervallumban működött az **AO0FL** különleges hívójelű amatőr adóállomás, **Felipe herceg** és **Dona Letzia Ortiz** esküvője alkalmából. A QSL-ügyintéző EA4RCU.

– **USA**: a National Air & Space Museum „Úrkutatási nap”-okat tartott a közelmúltban. Az AMSAT is részt vett a kiállításon a következő mottóval: „Építs magad szatellitát! Ismerd meg, hogy a rádióamatőrök miként építenek és küldenek műholdakat pályákra, tudományos és kommunikációs célokra!” A bemutatón a különféle mesterséges égitestek modelljei és az eredetiek más példányai is szerepeltek. Fényképeken látni lehetett iskolásokat is, akik részesei voltak az űrhajósokkal folytatott élő, demonstrációs kísérleteknek, beszélgetéseknek – a tantermi órák keretében.

– **UA4WHX** (AC4LN) **Vlagyimir** 2003. május 1. és december 25. között a Csendes-óceán szigetei között pendlizett és ennek során 24 DXCC-országból, több, mint 35 IOTA-körzetből és több, mint 50 helyszínről mintegy 85000 összeköttetést létesített! Sorrendben ezeket a hívójelkörzeteket kereste fel: KH6, KH2, V63, T88, KH0, V73, 5W, A35, ZL, P29, H44, H40, YJ, FK, FW, 3D2, 3D2/R, T30, T20, ZK1/N, ZK1/S, FO/M, FO/A és FO. Akinek „kedve van”, csinálja utána!

– **ZW10AS** 2004 májusában **Ayrton Senna** Forma 1-es pilóta tragikus halálára emlékeztette a világot a bal eset 10. évfordulója alkalmából. Az állomás operátora PT2ADM volt.

– **Nemzetközi múzeum-vikend**: az utóbbi években rendszeresen megtartották; 2004-ben június 19–20-án volt. Azoknál a gyűjteményeknél, ahol amatőr adóállomások is működnek, jó alkalom adódik ilyenkor a hobbink bemutatására, népszerűsítésére. Az efféle nyilvánosság a múzeumok számára sem haszontalan. Az aktivitások önkéntes koordinátora **Harry Broomfield** M1BYT, [harry.m1byt@tiscali.co.uk](mailto:harry.m1byt@tiscali.co.uk) az e-mail címe.

– **3B9FR** **Robert Felicite** elsőként nyerte el a Chiltern DX Club „Local Heroes” diplomáját. Az érdeme: ritka DX-ként, mint nagyszerű operátor, százával, ezrével létesít kapcsolatokat a világ minden részével és ami a legfontosabb, *saját költségén*, támogatók (és QSL-iroda) nélkül, nyugtazza is az összeköttetéseket a QSL-lapjaival. (Nem 2 fillérbe kerül ez a multság!) Hasonló vagy egyéb „hősies” cselekedetéről e-mailen keresztül lehet értesíteni az angliai CDXC-t ([chairman@cdxc.org.uk](mailto:chairman@cdxc.org.uk)), vagyis ajánlatot tenni a trófea odaítélésére mások számára is.

– 2004-ben Portugália rendezte a **Futball Európa-bajnokságot**. Ennek apropójából Portugália, továbbá az Azori- és a Madeira-szigetek adóamatőrei különleges prefixű hívójeleket használhattak június 12. és július 4. között. A hagyományos prefixüket egy 4-es számmal toldhatták meg, pl.: CU0 = CU04, CU2 = CU24, CU9 = CU94, ráadásul a CT1...CT5-ös állomások CQ14...CQ54 kezdetű hívójelekre, a CT3-asok pedig CS94-re válhattak. A rádióamatőr szövetségük (a REP) hivatalos állomása CS2004REP jelzéssel működött.

– Két rekord (?) az USA-ból:

A 86 éves montanai N7RB **Dick** 70 éve adóamatőr; ma is naponta aktív egy félautomata billentyűvel távirón, továbbá PSK31-gyel 20 m-en.

A Shenandoah Vally Radio Club folyamatosan működik 1947 óta egy 10 m-es netben, amelyik vasárnaponként 17.30 UT-tól 29,200 vagy 29,205 MHz-en zajlik.

– A nebraskai Omahában 1973-ban nyílt meg a Western Heritage Museum. A csaknem húsz ezer négyzetméteres kiállítási területből „természetesen” a rádióamatőröknek is jutott. Elsősorban W0GFQ **Leo** QCWA-tag érdeme – persze sok közreműködő-

vel –, hogy a saját és adományozott dokumentumokból, berendezésekből mintegy 500...600 db szerepel a kiállításon. Leo OM kb. százezer saját QSL-lel tapétázta ki a falak egy részét és szerepel a gyűjteményben pl. a QST No. 1. (1915-ös) kiadásával kezdve a folyóirat minden példánya is napjainkig. Évente átlagosan 70 000 látogatót számlálnak, sok-sok ezer diákot is beleeértve!

– RW3BP **Szergej** OM-nek, a különösen 70 cm EME-n népszerű „Holdkőrosnak”, mintegy két éve nagy konfliktusai támadtak a szomszédjaival. (Nyilván a rádiózavarok miatt.) Ennek következtében mostanában a 47 GHz-es Föld-Hold-Föld kísérletekbe menekült. Nálunk nincsenek ilyen elkészített amatőrök? HI!

– HB9BXE **Hans-Peter** a Zanzibár-szigetről az 5H1BP hívójelével négy nap alatt mintegy 2700 összeköttetést létesített, majd fogta magát és a 4 kg tömegű riget, felsétált a Kilimandzsáró Uhuru-csúcsára és 5895 m magasságból 60 QSO-t naplózott 15 m-en. Főleg európaiakkal sikerült beszélnie.

– Az IARU is a 80. évébe lépett. Ezt többek között úgy ünnepelte, hogy egy kéttagú delegációja (ZL2AMJ és VE2KA) Iránban 2004. április 26–28. között rádiós bemutatót és tanfolyamot tartott a hatóságoknak, illetve a rádióamatőröknek.

– **Európa és Új-Zéland közötti összeköttetés 137,703 kHz-en!** Az új rekord RN6BN **Ed** (KN59LC) és ZL2CA **Bob** (RE78IR) között április 12-én született 16438 km-rel, QRSS60 módszerrel. Bob barátunk egy TS-850-es adó-vevőt használt 270 Hz-es CW-szűrővel, a komputer pedig az ARGO programmal dolgozott.

Április 16-án egy SWL, op **Hartmut**, az NSZK-ban hallotta a WD2XES (FN42CH) jeladót, amely 137,777 kHz-en üzemel kb. 200 W-tal és egy hurokantennával. A távolság 5959 km volt. Öt nappal később az SWL **Wolf** (JO52HO) a kanadai VOINA jeleit figyelte meg.

– 2004. július 1-jén, 80 éves korában elhunyt **Marlon Brando**, minden idők egyik legismertebb és legjobb filmszínésze. Nyolcszor jelölték Oscar-díjra, kétszer el is nyerte. Kevesen tudják, hogy amatőr adóengedélyes is volt: **KE6PZH** és a privát polinéziai szigetről **FO5GJ** volt a hívójele. (A **Iis Martin Brandeaux** névre szólt.) Nagy szimpátiával viseltetett az amatőr rádiózás iránt, de csak ritkán adódot lehetősége a sávokban forgalmazni.

# Rövidhullámú rádiózás – a nyelvtanár házhoz jön

Horváth Lajos rádióbemondó, HG5TZ

Több mint 50 esztendeje annak, hogy az első, arra alkalmas vevőkészülékkel kimerészkedtem a rövidhullámokra. Addig csupán a középhullámon tapasztaltam, hogy hozzánk közeli, netán kissé távolabbi országokban is készítenek rádióműsorokat, zenét sugározni és beszélnek. Igaz, nem sokat értettem belőlük, de már akkor is boldog és elégedett voltam, amikor nagy erőfeszítéssel azt megértettem, hogy az állomás mely országból vagy városból sugároz.

A rövidhullámú kalandozás valami mást jelentett számomra. A középhullámú vételnél jobb minőségben, a skála minden milliméterén, érdekesebbnél érdekesebb rádióállomások műsorai érkeztek a szobámba, s nem csupán a szomszédos országokból, vagy Európából, de a világ távoli pontjairól is: Ázsiából, Ausztráliából, Észak- és Dél-Amerikából.

Az új állomások felfedezésének nagyszerű élményét azonban némileg csökkentette, hogy beszédüket nem értettem, pedig akkortájt hosszabb ideje voltam egy angolnyelvtanfolyam hallgatója; de ennek ellenére az angol nyelvű adók is érthetlenné voltak számomra.

Sokat törtem a fejem azon, hogy miért nem járt nagyobb eredménnyel az egyébként nem kevés energiát és pénzt felemésztő nyelvtanulási erőfeszítem. Úgy gondoltam, hogy valószínűleg bennem van a hiba. Talán nincs a tanuláshoz szükséges „nyelvérzékem”, nem vagyok „nyelvtelhetség”, vagy talán a szorgalmam is kevesebb a szükségesnél.

Elkeseredésemet csak fokozta, hogy arról is tudtam, léteznek olyan emberek, akik sikeresen tanultak meg nyelveket, esetleg többet is, azokon képesek kommunikálni. Valósággal megremültem, amikor a nyelvtankönyvemben ilyen és hasonló mondatok százait találtam: „Az előljárósós névszói szerkezet a mondatban jellemzően határozói viszonyt fejez ki.” El sem tudtam képzelni, hogy ezekből a szentenciákból miképpen lesz folyamatos beszéd?

Az is felvetődhet a nyelveket tanulóknak, hogy talán létezik egy titkos módszer, amelynek segítségével egyszerűen és könnyen elsajátítható a nyelv, csak meg kellene találni. Egyébként ilyen titok létevel hitegetnek a különböző nyelvtanulási reklámok is, amelyek azt állítják, hogy intenzív és szuper intenzív módszerekkel, akár néhány hét leforgása alatt könnyedén elsajátítható egy nyelv.

Titokra ugyan nem, de parányi, a nyelvet elsajátítani segítő „technikára” jómagam is rájöttem; most sietve fellebbentem róla a fátylat, annál is inkább, mivel számomra meglehetősen jó eredményeket hozó immár négy-öt évtizede alkalmazott módszer talán másoknál is sikerrel járhat.

A nyelvtanulás pszichológiájával foglalkozó szakemberek igen régóta mondják, hogy a tanulást nagyon megkönnyíti és eredményessé teszi az az érzelmi kapcsolat, amely a tanulót a nyelvhez, s magához a tanuláshoz köti. A tanulásnak ezt a nélkülözhetetlen pszichikai feltételét *motivációnak* hívják.

Nos, a rövidhullámú rádiózás egyes embereknél rendkívül erős motivációvá válhat.

Szerte a világon sok millióan (egy felmérés szerint 18 millióan) vannak azok férfiak és nők, idősebbek és fiatalok egyaránt akik szenvedélyes „hullámvadászok”, s a szabadidejük jelentős részét a vevőkészülékek mellett, a rövidhullámú rádióállomások hallgatásával töltik. Ennek a szenvedélynek az alapja maga a rövidhullámú rádiózás, az, hogy segítségével és képzeletemmel beutazhatom a világot, a nyelvtanulás csupán „mellékterméke” ennek a tevékenységnek.

Ismert és sokat hangoztatott tétel, hogy nyelvet igazán megtanulni csak valóságos nyelvi környezetben lehetséges. Akkor fog szinte ránk ragadni egy nyelv, ha elmerülünk egy ország nyelvi környezetében, s reggeltől estig benne élünk. Azonban ennek megvalósítása csak keveseknek sikerül. De hát juthat eszünkbe miért ne teremthetnénk mes-

terséges nyelvi környezetet saját magunk számára otthon, a lakásunkban?

Sietve leszögezem, hogy az idegen nyelvű rádiók hallgatása nem lehet a nyelvek tanulásának valami új és soha nem látott eredményeket hozó, egyedüli módszere. Azt viszont állítom, hogy a nyelveket tanulók számára nagyszerű kiegészítő eszközzé válhat!

Természetesen úgy még soha nem jártam, sem én, sem más hogy minden fáradozás nélkül, csupán néhány hónapnyi rádióhallgatás után egyszer csak elkezdjek érteni egy idegen nyelvet. Nem, ez így nem lehetséges! Eredmény csupán akkor várható, ha az alapismereteket, a kiejtést, a legfontosabb nyelvtani szabályokat, s egy bizonyos mennyiségű szókészletet, teljesen hagyományos módon, lehetőleg nyelv-tanár segítségével és csoportosan, bevált nyelvkönyvek segítségével szerezzük meg. S csak ezután teszünk kísérletet a magánúton, a rádió segítségével való további tanulásra.

## Türelem és szorgalom, no meg egy rádióvevő antennával

Ha türelmünk és szorgalmunk elégséges, továbbá van megfelelő szabaddőnk, akkor egy jó, vagy legalább közepes minőségű vevőkészülékkel tengernyi idegen nyelvű adóállomás közül választhatjuk ki a nekünk megfelelőt.

Foglalatosságunk első szakaszában, néhány hét eltelte után napi néhány órás rádióhallgatást feltételezve a hőmpölygős érthetetlen beszédfolyam egyszer csak tagolódni kezd. Felismerhetővé válnak a szavak egységei, a mondatok kezdete és vége. A nyelvgyakorlásnak ebben az időszakában már jóleső sikerélmény az is, ha a szavak tengeréből előbukkan egy-egy ismerős hangzású.

Ez a „mesterségesen előállított” idegennyelvi környezet azonban nem csupán a kitartó tanuláshoz szükséges motivációt nyújtja, hanem a nyelvtanulásnak egy sajátos módszerét is kínálja.

Vevőkészülékem mellett mindig ott található egy jegyzetfüzet és író-



szerszám, hogy az ismerős hangzású szavakat, kifejezéseket rögtön feljegyhezsem, többnyire fonetikusán, ahogy hallom. A későbbiek során ezeket a feljegyzett szavakat a szótár segítségével próbálom azonosítani és megfejteni. Szabályos módon is leírom azokat, s ezután „csak” a magyar jelentését kell hozzá tanulni.

Ez a módszer, a többirányú feladatvégzés lépcsőzetes végrehajtása (műsorhallgatás felismerés leírás szótárhasználat megjegyzés) igen nagy mértékben segíti a szavaknak az emlékezetemben való elraktározását, ráadásul cseppet sem unalmas módon.

Természetesen az én „nyelvi laboratóriumom” az egyéni kívánalmaknak, az adott szokásoknak és képességeknek megfelelően módosítható, a módszer elemei át is alakíthatók. Használata megfelelő eredményeket hozhat az egyéni tanulás során, de a módszer megfelel tanfolyami vagy csoportos tanulás kiegészítőjeként is.

Még egy érv a hasznossága mellett: tapasztalatom szerint igen jól aktivizálja az ember beszédértő mechanizmusának egy fontos tulajdonságát. Néhány hónappal elteltével olyan szintet érhetünk

el, hogy az elhangzó szöveg, egy-egy mondat 40, vagy akár 60%-át megértjük.

Nos, az említett képesség lehetővé teszi a hangzó szöveg „fehér foltjainak” kitöltését, egyre teljesebb megértését.

### Mit hallgassunk?

A rövidhullámokon műsort sugárzó rádióállomások száma a több ezret is eléri, a világnak szinte valamennyi országa készít adást a saját nyelvén és a nagy világnyelveken. Ezek közül kiválasztani a céljainknak leginkább megfelelő egy cseppet sem könnyű feladat. Az nagyon fontos, hogy főleg olyan állomást hallgassunk, amely teljesen tisztán, zavaroktól mentesen vehető, mivel az idegen nyelvek finomságainak, a hangsúlyoknak, a nyelv ritmusának, a mondatok dallamívének megfigyelése és rögzítése csakis így lehetséges.

A világnyelveken sugárzott műsorok, mindenek előtt az angol, a francia, a német, az orosz, az arab stb. a nap bármely szakaszában könnyen található. Az időpontokat természetesen továbbra is UTC-ben írrom.

### Az angol a legnépszerűbb

A legszerencsésebb helyzetben az angol nyelvet tanulók és gyakorlók vannak, mivel ez a legerjedtebb, legkedveltebb nyelv szerte a világon, így ilyen műsor mindig és könnyen található.

Rangját, elterjedtségét és népszerűségét tekintve, minden bizonnyal első a BBC World Service, az Angol Rádió Világszolgálat. Ez a rádió híreket, politikai tájékoztatást, tudományos, társadalmi, kulturális és szórakoztató műsorokat egyaránt sugároz a nap minden órájában. Európában, így hazánkban is reggeltől késő délutánig 12095 kHz-en vehető, kora reggel és az esti órákban 9410 kHz-en, éjszaka pedig 6195 kHz-en hallható.

Az Afrikának szóló adás, az Africa Streamline 17640 kHz-en szintén jó minőségben hallható.

A BBC az angolul tanulók számára külön műsorokat is sugároz. Ezeket az adásokat Európában a következő módon hallgathatjuk:

- 05.30-tól 05.45-ig 6010 és 9865 kHz-en, minden nap,
- 06.30-tól 06.45-ig 9875 kHz-en, szombaton és vasárnap,

**30** éve  
*kapcsolatban*  
a világgal!



Magyarországi képviselő:  
**Optitech Kft.**

Cím: 1161 Budapest, Rákosi út 131.  
Tel.: (1) 402-1373  
Fax: (1) 402-1374  
e-mail: optitech@axelero.hu  
internet: www.sangean.nl

**SANGEAN**  
A RÁDIÓZÁS VILÁGA



**ATS-404/505/606 Special Edition Pack**

- Professzionális szintézeres világvevő
- Folyamatos AM lefedettség: 1711-29999 kHz
- 5 különböző állomáskereső mód
- 45 memória
- SSB vétel
- 1 kHz-es finomhangolás
- Hangszin szabályzás
- Ébresztés, altatás
- Méret: 214x128x38.5 mm
- Súly: 583 g
- Tartozék: 7 m-es visszacsévelhető SW antenna, 6 V AC adapter, bőrtok, sztereó fülhallgató

\* A felsorolt adatok az ATS-505 típusra vonatkoznak



- 18.30-tól 18.45-ig 6050 és 7105 kHz-en, hétfőn és szerdán,
- 19.30-tól 20.00-ig 1296 kHz középhullámon, minden nap.

A BBC World Service egyébként az angol adását az anyanyelvi szinten tudók számára sugározza a Brit Nemzetközösség országainak, a volt gyarmatainak és természetesen az egész világnak. A műsorok szóhasználatában, vagy a beszéd tempójában az angolul kevésbé tudók szintjét nem veszi figyelembe.

A Voice of America nem túlságosan figyelmes az európai hallgatói iránt, folyamatos angol nyelvű műsora itt napközben nem, vagy csak rossz minőségben vehető; így például 9575 kHz-en 15.00-tól 17.00-ig hallható, de ezt az adást Közép-Keletre irányítják.

Viszont minden angolul tanulónak érdemes keresgélni a Voice of America „Special English” adását, amely több évtizede sugároz az angolul kevésbé tudók, valamint az angolul tanulók számára. A híreket, a tudományos és a történelmi előadásokat tartalmazó műsorokban kb. 2500...3000 angol szót használnak, s a felolvasás is különlegesen lassú tempóban folyik.

Sajnálatos módon Európa számára ezt a műsört sem sugározzák, de az Afrikának szánt műsor nálunk is hallható: 16.00-tól 17.00-ig 17640 kHz-en.

A Voice of America az európai hallgatóit nem veszi figyelembe, annál inkább megteszik ezt az Amerikából sugárzó vallási rádiók.

Nyelvtanulás céljaira ezek is kiválóan megfelelnek. E rádiók műsora többnyire abból áll, hogy prédikátorok érzelmektől fűtött (sokszor már-már extatikus) előadásait közvetítik. Íme néhány rádió:

- Global Catholic Network (ETWN) minden nap, 05.00-tól 11.00-ig 7580 kHz-en,
- The University Network (dr. Gene Scott), 04.00-tól 17.00-ig 17765 kHz-en és 17.00-tól 03.00-ig 9940 kHz-en,
- WHRI World Harvest Radio minden nap, 16.00-tól 20.00-ig 13760 kHz-en és 20.00-tól 10.00-ig 5745 kHz-en.

Itt említtem meg, hogy időnként más országok angol nyelvű adásait is meghallgatom, érdekes módon azoknak a bemondóknak az angolját, akik tanulták a nyelvet (sokszor igen magas színvonalon) jobban értem, így például gyakran hangolok 6140 kHz-re, ahol 06.00-tól 16.00-ig hallható a Deutsche Welle angol adása (10.00 és 12.00, va-

lamint 16.00 és 19.00 között DRM-módban).

A Radio Sweden angolul:

- 13.00-tól 14.00-ig 9815 kHz-en,
- 18.30-tól 19.00-ig 6065 kHz-en,
- 20.30-tól 21.00-ig ugyancsak 6065 kHz-en.

*A német: nem világnyelv, de a szerepe Európában meghatározó*

Magyarországon talán még mindig a második legnépszerűbb nyelv a német. Az ezt a nyelvet tanulók szerencséjére itt is óriási a kínálat, s még nagyobb a szerencse, hogy a nagyszerű műsört sugárzó adók kiváló minőségben, mondhatni majdnem egy helyen található. Ezeknek az adóknak egy része „hazai szolgálat”, azaz a németországi lakosoknak szóló műsor, de a rövidhullámon is hallható. Egy állomás kivételével valamennyi a 49 méteres sávban található, pl.:

- Deutschlandradio Berlin, 6005 kHz-en,
- Südwestrundfunk (SWR) 3., 6030 kHz-en,
- Bayerischer Rundfunk, 6085 kHz-en,
- Deutschlandfunk-2, 6190 kHz-en.

Ebben a sávban dolgozik Németország nemzetközi rádiója, a Deutsche Welle is, 6075 kHz-en. A nem a 49 méteren dolgozó adó a Südwestfunk cont.ra, 7265 kHz-en.

Aki a német nyelvet az *osztrák* nyelvjárásban is szeretné megismerni, annak az Österreich-1 műsorát ajánlom. Ez a rádió 6155 kHz-en helyi adó minőségben vehető. Ezt a frekvenciát korábban a Radio Österreich International használta.

*A francia: a nemzetközi diplomáciai és postai szolgálati kapcsolatok ásza*

Minden bizonnyal a francia nyelvet is sokan tanulják Magyarországon. Itt a pálmát minden bizonnyal a Radio France Internationale viszi el, mivel több frekvencián nagy erejű adókkal sugároz, így könnyen megtalálható.

Noha ezt a rádiót is világszolgálatnak mondják (Radio Mondial), valójában a francofon országok számára szerkesztik. Az RFI-nél is létezik egy Afrikának szóló külön hálózat. Hazánkban mindkét változat hallható. Magam napközben vagy 11845 kHz-en, vagy 15300 kHz-en hallgatom az RFI-t.

Az Afrikának szóló műsorok a magasabb frekvenciákon hallgathatók 17850 és 21580 kHz-en. Hosszú évek óta a Radio France Internationale az egyetlen rádió, amely a 11 méteren,

25820 kHz-en is hallható 09.00 és 12.00 között.

Ha csak tehetem, minden nap meghallgatom a belga RTBF-et (Radio-Télévision Belge de la Communauté Française), a belgiumi francia közösség adóját, 9970 kHz-en. Ez is a hazai közönségnek készülő műsor, amely rövidhullámon is jól hallható, a késő esti órákat leszámítva egész nap.

Természetesen Kanadának is van francia nyelvű programja, de Európának csak napi egy órát sugároz, azt is késő este, 20.00-tól 21.00-ig 7235, 9710, 11725, 11745, 13650 és 15325 kHz-en.

Még egy francia nyelvű állomást ajánlok minden rádiózni s nyelvet gyakorolni kívánó figyelmébe, ez az Africa No.1. A gaboni Libreville-ből dolgozó adó többnyire afrikai franciasággal beszél, de kereskedelmi rádió lévén rendkívül szórakoztató műsört sugároz, sok lokális jellegű zenével, sok sporttal, labdarúgással kapcsolatos programmal. Elérhetősége:

- 05.00-tól 23.00-ig 9580 kHz-en,
- 07.00-tól 16.00-ig 17630 kHz-en (én többnyire ezen a frekvencián hallgatom) és
- 16.00-tól 21.00-ig 15475 kHz-en.

*Az orosz: az élénkülő gazdaság nyelvét manapság már nem politikai kényszerből tanuljuk; értelmét is látjuk...*

Bő tíz-tizenöt esztendővel ezelőtt a két nagyhatalom természetes módon rádiós nagyhatalom is volt. Napjainkban az amerikaiakhoz hasonlóan az oroszok is igen jelentősen leépítették a rövidhullámú rádiószolgálatukat. Pedig úgy gondolom, hogy nálunk a sok oroszul tanuló közül maradtak olyanok is, akik szívesen gyakorolnának úgy, hogy a Radio Rosszii műsorait hallgatják (ez a hazai közönségnek szánt első program). Napközben 13665 kHz-en jó minőségben tudom hallgatni.

A Moszkvai Rádió külföldnek szánt orosz nyelvű adása, a Gólosz Rosszii Európa számára leginkább középhullámú adókon sugároz, sajnos nálunk nem vagy csak rendkívül zajosan hallható. Nagyjából ez vonatkozik a Radio Liberty adásaira is. A rendkívül bonyolult adásrend következtében magam is csak véletlenül találok erre az adásra. Annál könnyebben megtalálom a Francia Rádió orosz nyelvű adását 14.00 és 14.30 között 11665 és 15605 kHz-en, vagy 19.00 és 20.00 között 5905 és 7135 kHz-en.



## A mesés Itália nyelve

Nem kevés azoknak a száma, akik a dallamos, gyorsan pergő, kellemes hangzású olasz nyelvet foglalkoznak. Minden hangzója megtalálható a magyarban is, tehát a kiejtés nem okozhat gondot.

A hazai közönségnek szóló RAI-uno és a RAI-due kikerül a rövidhullámokra is. A nyelvet tanuló szinte egész napra Olaszországba varázsolhatja magát, ha vevőjét 9670 vagy 7180 kHz-re állítja, itt a RAI-due hallható. Sok zenét és labdarúgó-mérkőzésekről helyszíni közvetítéseket adnak.

## A spanyol meghódította Közép- és Dél-Amerikát

A spanyolul tanulóknak, a nyelvvél foglalkozóknak a spanyol rádió külföldi szolgálatának rövidhullámú adásait ajánlom. A Radio Exterior de España adásai napközben folyamatosan hallgathatók 07.00-tól 17.00-ig 15585 kHz-en, 06.00-tól 17.00-ig 13720 kHz-en.

## Zamenhof mester esperantója: egy mesterségesen megalkotott, de rendkívül logikus világnyelv

Több rádió is sugároz *esperantó* nyelvű adást:

- Radio Havana Cuba 07.00-tól 07.30-ig 9820 kHz-en, 22.00-tól 22.30-ig 13750 kHz-en és 23.30-tól 24.00-ig 11970, 11760 és 9505 kHz-en, csak vasárnap.
- Radio Waszawa 15.00-től 15.25-ig 7285 és 7270 kHz-en, valamint 18.00-tól 18.25-ig 7285 kHz-en minden nap.
- China Radio International 11.00-tól 12.00-ig 9510 és 7150 kHz-en, 13.00-tól 14.00-ig 11650 és 9440 kHz-en, 19.30-tól 20.30-ig 7265 és 9745 kHz-en, 22.00-tól 23.00-ig 11700 és 9860 kHz-en az adások minden nap hallhatók.
- Radio Vatican 19.20-tól 20.30-ig 5890 és 4005 kHz-en csak vasárnap, 20.20-tól 20.30-ig 7250 és 9645 kHz-en, szerdán és csütörtökön. 21.50-től 22.00-ig 5890 és 4005 kHz-en, csak vasárnap.
- RAI International 20.00-től 20.20-ig 6100 és 9745 kHz-en minden szombaton.

## További nyelvek, élénkülő érdeklődés

A továbbiakban említék néhány olyan nyelvet, amelyeket nem tömegesen ugyan, de meglehetősen sokan tanulják hazánkban is.

Az *arab* nyelv minden bizonnyal ezek közé tartozik. A felsőbb sávokban több, egész nap hallható rádió található, szinte zajmentesen, jó minőségben. A Radio Dubai az Egyesült Arab Emírátságok rádiója 06.00-tól 17.00-ig 21605 kHz-en hallgatható. 10.30-kor, 13.30-kor és 16.00-kor az arab nyelvű műsort megszakítva 30 perces angol nyelvű adást sugároz.

A BSKSA, Szaud-Arábia rádiója 06.00 és 15.00 között hallható 21705 kHz-en. Az ország Holy Quran rádióját azoknak ajánlom, akiket az arab szent szövegek ismerete is foglalkoztat. Ezen az adón szinte egész nap dervisek a Korán szövegét citálják. 12.00 és 14.00 között 21495 kHz-en, valamint 15.00 és 18.00 között 13710 kHz-en hallható.

A Radio Cairo 10.15-től 12.15-ig arab nyelven 17775 kHz-en, 12.15-től 13.30-ig ugyanitt angol nyelvű programot adnak.

Itt említem meg, hogy a BBC arab nyelvű szolgálata angol-arab nyelvleccet sugároz az arab nyelvű adásban, 09.45-től 10.00-ig 17610 kHz-en.

A titokzatos Kína hivatalos nyelvének tanulása is elképzelhető a rádióhullámok segítségével, itt Magyarorszá-

gon. Nekik javasolom a következő *kínai* nyelvű adásokat: China National Radio 1. 00.30-tól 13.00-ig 17605 kHz-en. A Central Broadcasting System (Tajvan) 15395 kHz-en sugároz, míg a FEBC (Far East Broadcasting Company) valószínű rádió, amely a Mariana-szigetekhez tartozó Saipan-szigetről dolgozik 09.00 és 16.00 között adja kínai nyelvű műsorát 9405 kHz-en.

Természetesen a *hindi* nyelvet tanulmányozóknak is tudok műsort ajánlani. Az All India Radio Bangalore-i hazai műsora rövidhullámon is hallható minden nap 09.00-tól 12.00-ig, majd rövid szünet után 12.45-től 17.40-ig 10330 kHz-en. *Figyelem!* Ez az adás távol a műsoradók sávjától, az úgynevezett fix szolgálatok sávjában található!

Még egy nyelvet említek, de igazából világszerte, így Magyarországon is csak kevesen foglalkoznak a tanulmányozásával: a Vatikán Radio minden nap ad *latin* nyelvű adást 06.30-tól 07.00-ig 4005, 5890, 6185, 7250 és 11740 kHz-en.

\*

Természetesen a sok száz más egyéb nyelven folyó rádióadások közül még sokat ajánlhattam volna, de úgy gondolom, hogy a felsoroltak nagyobb számú nyelvtanuló-csoportokat érdekelhetnek. Munkatársaim (a Magyar Rádió, valamint a Rádiótechnika Szerkesztősége) nevében is kívánok jó vételt és élvezetes tanulást s egyben kikapcsolódást!

## Elektronikai alkatrészek széles választéka!

**Analóg-, CMOS-, TTL IC-k, diódák, tranzisztorok, kvarcok, ellenállások, kondenzátorok, elkók, optoelektronikai alkatrészek és még sok egyéb – kedvező árakon.**

Alkatrészek összekészítését lista alapján rövid határidőre vállaljuk. Vidékre csomagküldő szolgálat.

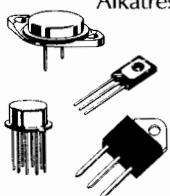
Üzlet: **1068 Budapest VI., Király u. 80.**

Tel.: **351-8985** Fax: **478-0242**

Nagyker:

Vizonteladókat nagyker áron szolgálunk ki.

**Illyés & Tsa Bt.**



# bevezető kapcsolások

Ferenczi Ödön okl. villamosmérnök

*Ez évi kapcsolástechnikai összeállítá-sunkban is igyekeztünk sok ötletet, tanácsot és tippet adó áramköri megoldást ismertetni. Elsősorban a gyors megvalósítást kedvelőknek ajánlhatók utánépítésre az itt ismertetésre kerülő kapcsolások. Ezek zöméhez nyomtatott áramköri és alkatrész-beültetési rajzot is megadtunk. A témák gyakorlati szinten, elméleti fejtegetések nélkül kerülnek ismertetésre.*

## Egyszerű stabilizálatlan univerzális tápellátások

Egyes elektromos és elektronikus készülékek szervizelésére sok esetben szükségünk lehet 0 V-tól növelhető stabilizálatlan egyen- és váltakozófeszültségre.

A 1.a ábra kapcsolásánál egy toroidtranszformátor segítségével a feszültség változtathatósága könnyen megoldható. Használhatunk pl. kimustrált, öreg modellvasút-szabályozó transzformátort is (1.b ábra), melynél a váltakozófeszültség többnyire 0...16 V között állítható. Így egy hídgyenirányító segítségével 0...20 V között változtatható egyenfeszültséget kapunk.

Régi, kimustrált elektroncsöves készülékeinkből „kitermelt” fűtőtranszformátorok felhasználásával további lehetőségünk van változtatható kimeneti feszültségek előállítására (1.c ábra). Három darab fűtőtranszformátor és egy hétállású fokozatkapcsoló segítségével hat lépésben 0...36 V váltakozófeszültség és 0...50 V egyenfeszültség előállítására nyílik lehetőség.

A kapcsolások kimenetein célszerű minden esetben feszültségmérő (esetleg sorosan kapcsolt árammérő) alkalmazása is.

## Hálózati tápegység kapcsolások

A 2. ábrán látható 230 V/0...30 V, 1 A terhelhetőségű hálózati tápegység kap-

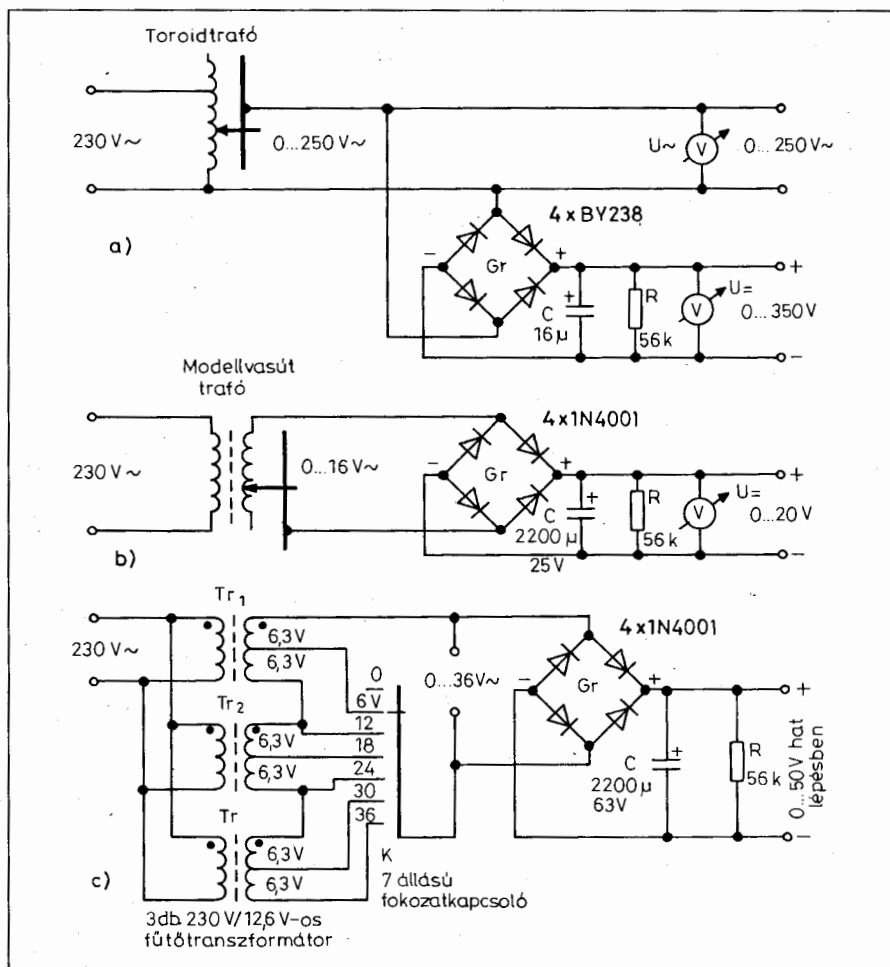
csolás hasznosan és sokoldalúan egészíti ki a hálózati stabilizált tápegységek témakörét. Az 1 A terhelő áramot igen alacsony feszültségeknél is szolgáltatja és programozott áramkorlátozást is biztosít.

A 0 V-ig csökkenthető kimeneti feszültség megvalósítása érdekében (a 723 típusú IC-vel működő egyéb kapcsolásokhoz hasonlóan) kapcsolástechnikai kiegészítést kell alkalmazni.

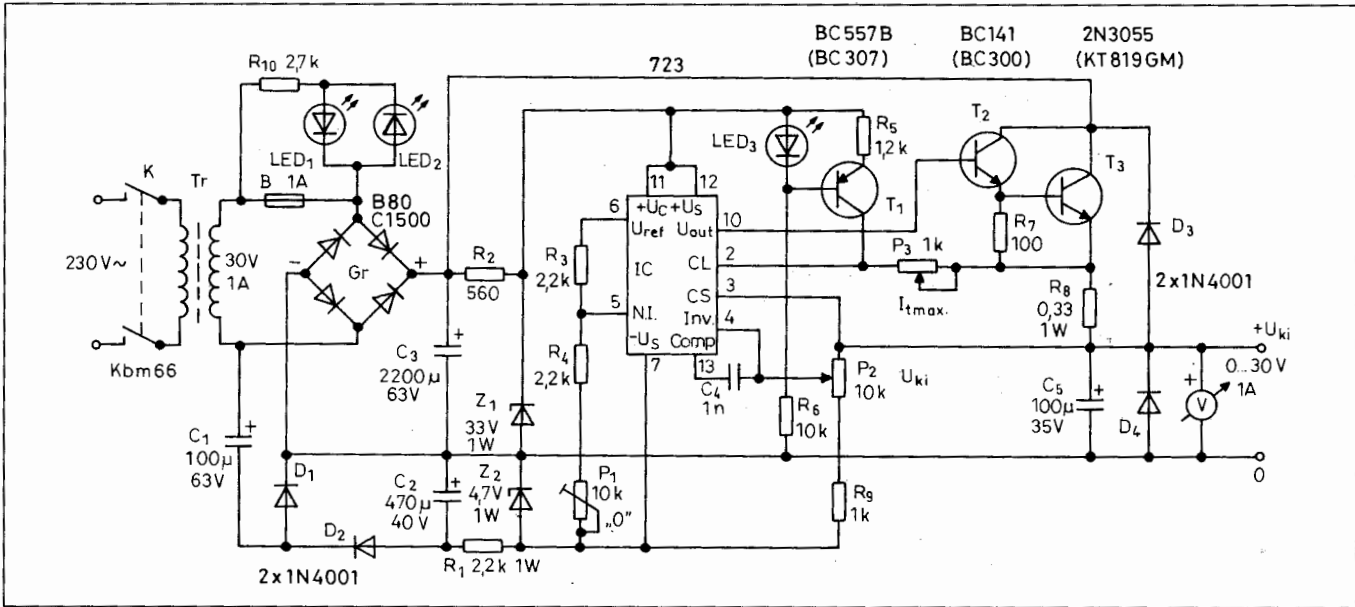
A katalógusban szereplő adatoknak megfelelően a 723-as IC ugyanis csak

kb. 2 V-nál nagyobb minimális kimeneti feszültség előállítására képes. Ez az integrált áramkörben alkalmazott differenciálerősítő tulajdonságaiból adódik.

Kapcsolásunkban a problémát negatív segéd feszültség alkalmazásával oldottuk meg. A  $Z_2$  Z-dióda által stabilizált 4,7 V-os negatív segéd feszültségre csatlakozik a 723 típusú IC földpontja. Ily módon az IC-vel beállítható feszültségek tartománya 4,7 V-tal negatív irányban elcsúszik. Elvileg ugyan



1. ábra



2. ábra

2 V-os feszültség használata is elegendő volna, figyelembe kell azonban venni az IC-ben levő differenciálerősítő (alacsony) ofsztzfeszültségét is. A differenciálerősítő neminvertáló bemenetét (5-ös kivezetés) ezért az  $R_4$  ellenálláson és a  $P_1$  potenciométeren át az IC földpontjára kell kötni, és így az ofsztzfeszültség könnyen kompenzálható.

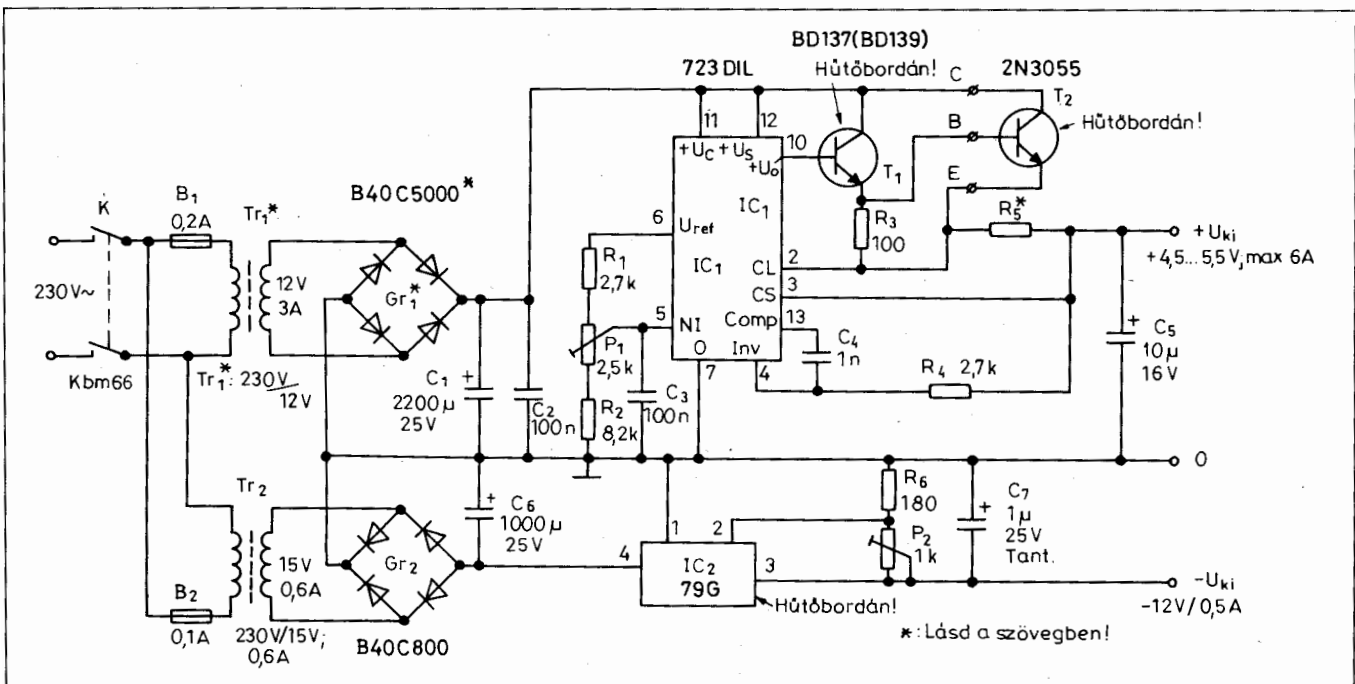
Az  $R_8$  ellenállás az áramkorlátozósz céljára szolgál. Értékét 1 A terhelőáramra méreteztük. A terhelőáram

egyébként a  $P_3$  potenciométerrel folyamatosan szabályozható.  $P_3$  maximális ellenállása esetén lép fel a minimális áram.

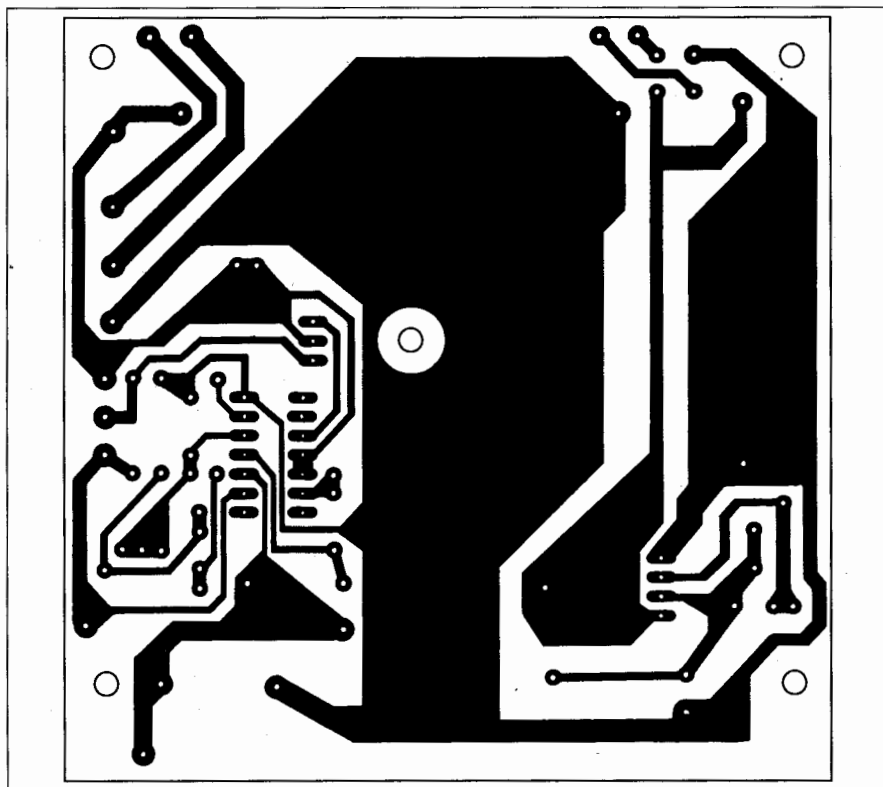
Ha (elvileg) a  $P_3$  segítségével nulla milliampert állítunk be, akkor a kimeneti feszültség csak 0 V lehet.

A (bekapcsolt állapotban gyengén világító) LED<sub>3</sub> szolgáltatja a  $T_1$  tranzistorral működő áramgenerátor előfeszültségét. A LED<sub>1</sub> és LED<sub>2</sub> a biztonsókiégés indikálására szolgál.

Megépítés után a kapcsolás besza-  
bályozása a következők szerint törté-  
nik: A kimenetet 1 kΩ/1 W-os ellenál-  
lással kell terhelni, a  $P_3$  potenciométer-  
rel a legkisebb ellenállás értéket kell  
beállítani, majd a  $P_2$  potenciométer  
csúszkáját a kimeneti feszültség pont-  
jájáig kell végállásba elforgatni. Ezután  
a kimeneti feszültséget  $P_1$  segítségével  
pontosan 0 V-ra állítjuk. Ha ezután azt  
tapasztaljuk, hogy a  $P_2$  potenciométer  
beállítási tartománya nem éri el egé-



3. ábra



4. ábra

szen a 30 V-ot, akkor az  $R_9$  ellenállás értékét egy kicsit csökkenteni kell.

A kimeneti egyenfeszültségen mérhető bűgőfeszültség a mintapéldánynál  $10 \text{ mV}_{\text{cs-cs}}$  értéket mutatott, de ez a huzalozás még igényesebb elrendezésével stb. tovább csökkenthető.

A  $T_3$  tranzisztornak rövidre zárt kimenet esetén maximálisan 40 W-os teljesítményt kell hővé alakítania, ezért azt megfelelően méretezett (kb.  $2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ ) hűtőbordára kell szerelni.

A 3. ábrán 230 V/5 V és -12 V stabilizált kimeneti feszültséget adó kettős kimenetű hálózati tápegység elvi kapcsolási rajzát láthatjuk. A pozitív tápfeszültség a  $P_1$  beállító potenciométerrel 4,5...5,5 V között állítható. A max. kimenő áram  $R_5$  0,18  $\Omega$  áramérző ellenállás esetén 3 A. A  $T_2$  teljesítménytranzisztort, melyet nem a nyáklapon helyeztünk el, megfelelő hűtőbordával kell ellátni.  $R_5 = 0,15 \text{ } \Omega/4 \text{ W}$  esetén a maximális kimenőáram 4 A. Amennyiben ezt az áramérző ellenállást 0,1  $\Omega/4 \text{ W}$ -osra választjuk meg, úgy max. 6 A terhelőáram áll rendelkezésünkre. Ez utóbbi esetben természetesen a  $Tr_1$  hálózati transzformátornak és a hozzátartozó egyenirányítónak is min. 7,5 A terhelhetőségnek kell lennie és a  $C_1$  töltőkonden-

zátor kapacitásértékét is meg kell növelni. Egyidejűleg a  $T_2$  teljesítmény-

tranzisztor fokozottabb hűtéséről is gondoskodni szükséges.

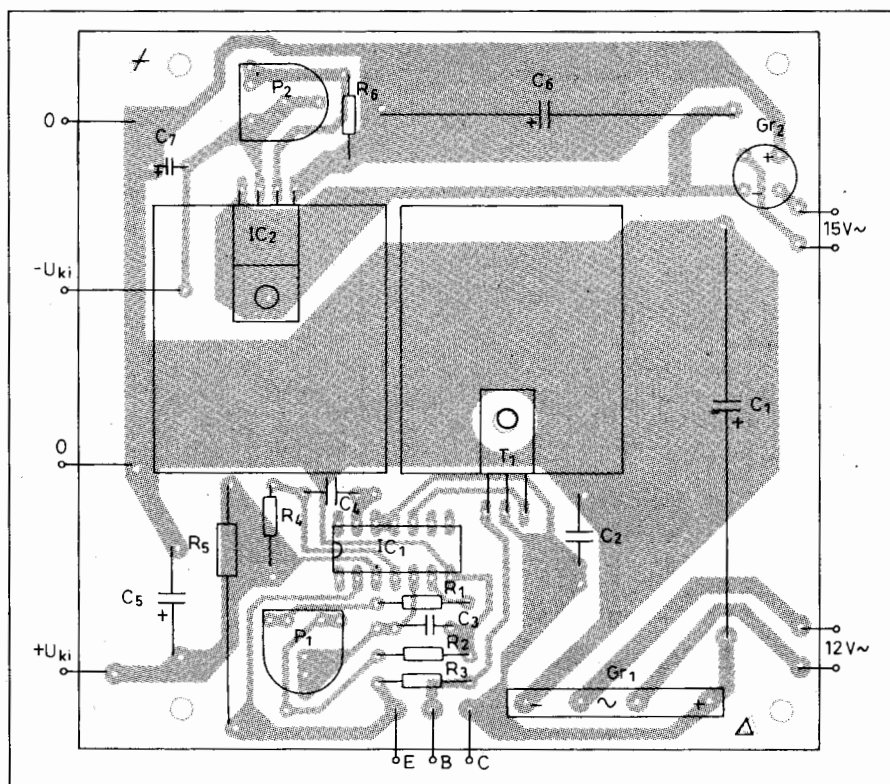
A -12 V-os 0,5 A-rel terhelhető szabályozott kimeneti feszültséget 79G típusú integrált feszültszabályozó alkalmazásával valósítottuk meg. A kimeneti feszültség a  $P_2$  potenciométerrel állítható be a pontos névleges feszültségértékre.

Ez utóbbi tápegységkapcsolás nyomtatott áramköri és alkatrész-beültetési rajzát a 4., ill. az 5. ábrán tüntetjük fel.

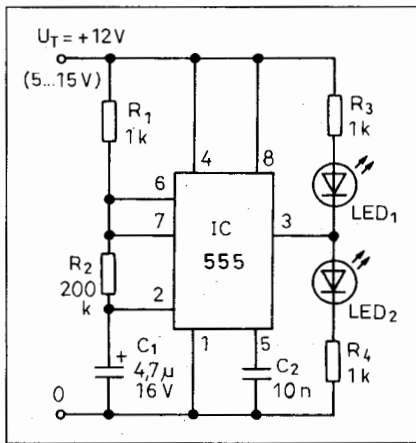
### Egyszerű LED-es villogó

Gépkocsikban riasztókészülék bekapcsolt állapotának jelzésére vagy álriasztónak egyszerű LED-es villogót is használhatunk.

A 6. ábrán látható LED-es villogó kapcsolásban az 555-ös IC astabil multivibrátor kapcsolásban dolgozik, így kimenetén négyszögjeleket állít elő. A kapcsolásban lévő alkatemelemtételek mellett a négyszögjel frekvenciája kb. 0,7 Hz. Ha a kimenet szintje magas,  $LED_2$  világít,  $LED_1$  sötét. Ha a kimenet 0 V feszültségre vált, akkor  $LED_1$  gyulad ki, a  $LED_2$  pedig kialszik. A LED-ek tehát periodikusan és felváltva villognak.



5. ábra



6. ábra

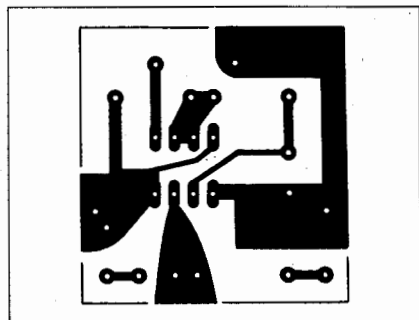
A nyomtatott áramköri lap fóliás oldalának rajzát a 7. ábrán láthatjuk, a 8. ábra pedig az alkatrészek beültetését szemlélteti.

### Multiplex vészjelző áramkör

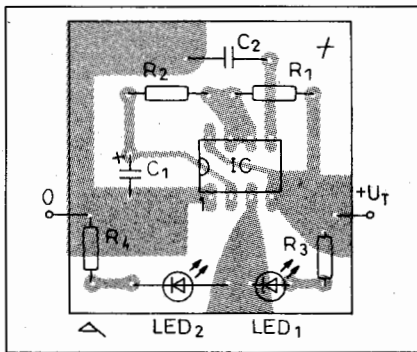
Riasztóberendezések esetében minden egyes érzékelőtől a vészjelet többnyire külön érpáron át továbbítják a központi egységbe. Egy, pl. tíz érzékelőt tartalmazó lakásvédelmi rendszernél a huzalozás a vészjelző készülék szinte legproblémásabb eleme. A tíz érzékelőnek külön-külön egy központba történő huzalozása gyakorlatilag elfogadhatatlan, igen sok munkával jár.

A 9. ábrán láthatóan egyetlen érpáron max. tíz riasztóegység érzékelőjének állapotát és helyét ellenőrizhetjük. A felszerelés egyszerű, mivel egyetlen érpár (két szál vezeték) segítségével az összes riasztóegység (RE) érzékelőjét a központi vezérlőegységhez kapcsolhatjuk. Az összekapcsolás, vagyis a láncba kapcsolás az egyik helyről a másikkra történik.

A multiplexer áramkör, mint ahogy ez a 10. ábrán látható, a 10 egyedi kimenettel rendelkező 4017 típusú



7. ábra



8. ábra

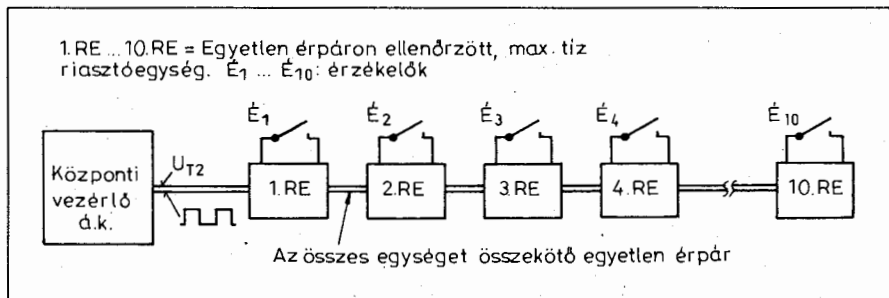
CMOS számláló IC-n alapul. Áramkörünkben ezekből maximálisan tíz alkalmazható, és mindegyik különböző kimenettel rendelkezik a tíz időrésben lévő jelek adásához. A 13. ábrán az első időbeosztásos multiplexelt riasztóegység (1. RE) áramköri kialakítása látható, mely a jelet a központi vezérlőáramkörrel kapja. A továbbmenő érpár a következő, vagyis a második riasztó egységhez (2. RE) megy és így tovább.

A visszaállítás vezetékének elhagyásával a tápvezetékét használjuk fel a számláló visszaállításához. Bekapcsoláskor egy CR időállandó a vissza-

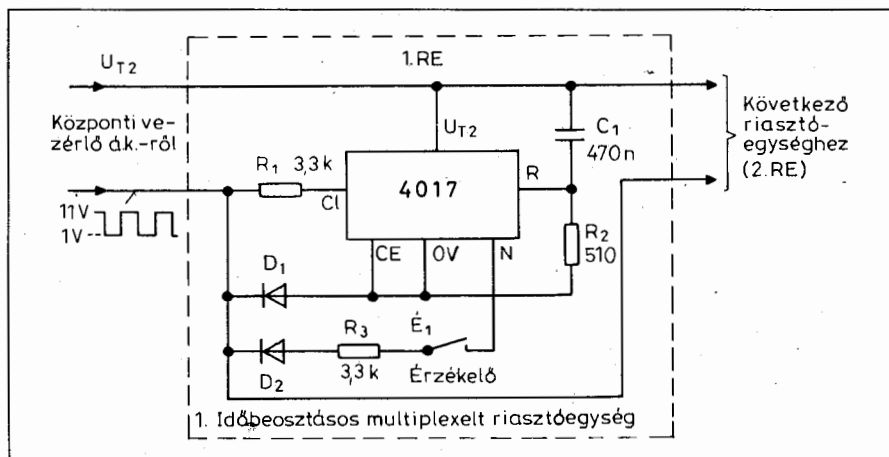
állító (nullázó) vezetékét  $U_{T2}$ -n tartja a számlálás 0-tól való indulásának biztosítása érdekében. A táp-hullámalak ráadásakor, mint ahogy ez a 13. ábrán látható, a  $C_1$  kondenzátor a  $D_1$  diódán és  $R_2$  ellenálláson feltöltődik, a 4017-ek nullára állnak be. Amikor a négyszöghullámú bemenet  $U_{T2}$ -re tér vissza, a 4017-et a kondenzátoron lévő töltés működésbe hozza és a számlálás a nullától a négyszöghullám jelenlétéig folytatódik.

Az időbeosztásos multiplexelt riasztóegységek mindegyikénél a tápáramfogyasztást érzékeljük. Ha az  $\dot{E}_1$  (riasztáskor bontó) érzékelőt egy áramkorlátozó ellenálláson ( $R_3$ ) és  $D_2$ -n keresztül, a 10 számláló kimenet egyike és a negatív tápvezeték közé kapcsoljuk (lásd a 10. ábrát!), akkor az  $\dot{E}_1$  érzékelőn keresztül folyó áram a központi vezérlőáramkörrel kimutatható. Ilyen formán a 10 távérzékelő táplálásához egyetlen érpár használható.

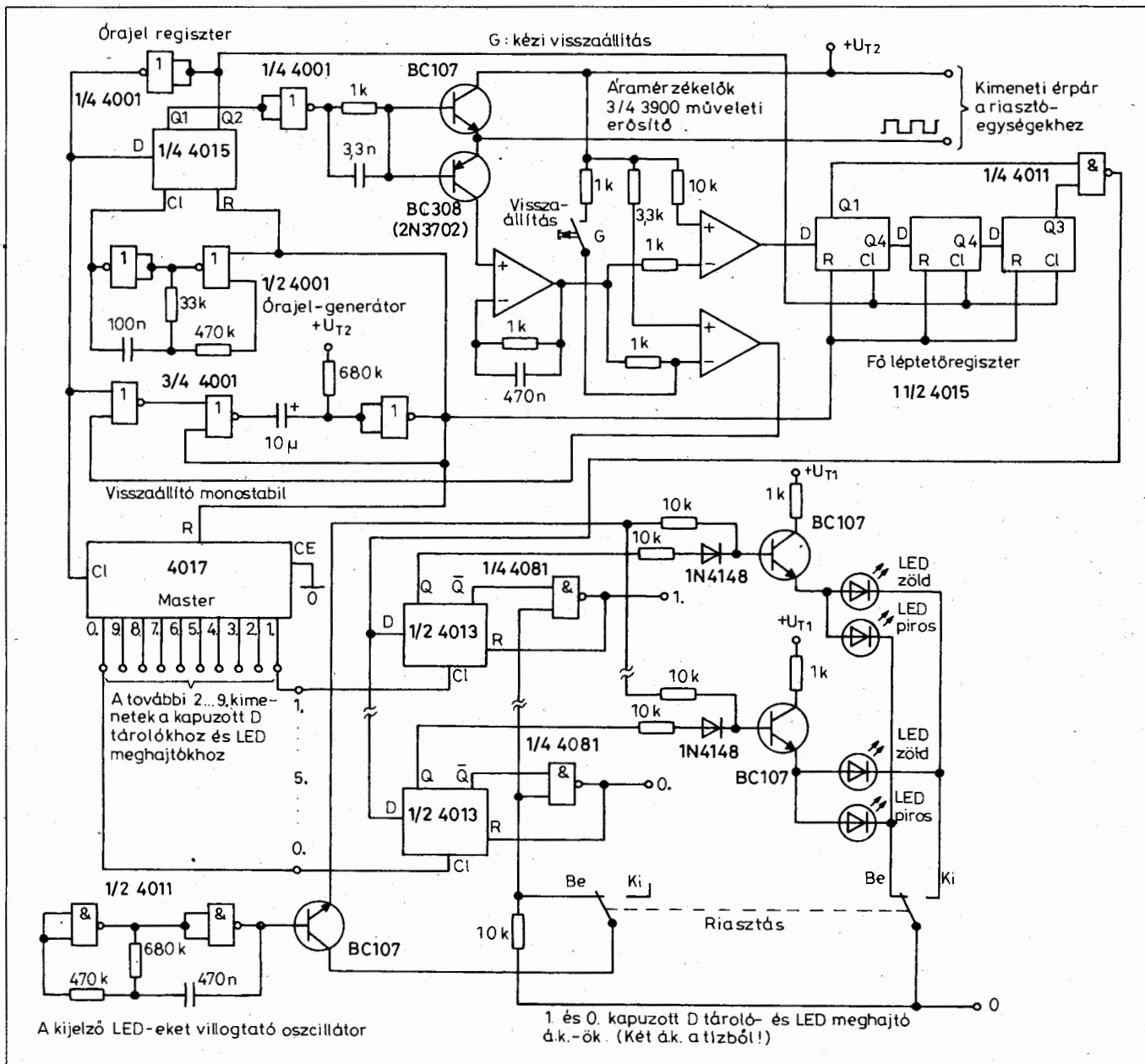
A főáramkör a 11. ábrán látható. Ezen áramkör működésének megértéséhez mindenképpen ajánlatos először a kapcsolásban alkalmazott integrált áramköröknek a működését, katalógus adatait és a hozzájuk tartozó alkalma-



9. ábra



10. ábra



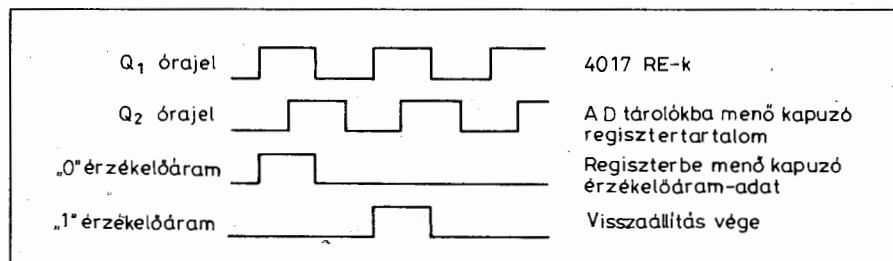
11. ábra

zási tájékoztatókat tanulmányozni. Visszatérve a kapcsoláshoz, itt egy oszcillátor és egy léptető regiszter a 12. ábra szerinti órajeleket állítja elő, és egy 3900 típusú műveleti erősítő a vezetékben folyó áramot logikai szintekké alakítja át. A 4017 „Master IC” ezeket a logikai szinteket vezérli, amelyek 10 időrszéknek felelnek meg. A logikai szintek vezérlése a 10 kimeneti rekeszben történik. Az adat is egy 11 fokozatú léptető regiszterben kerül tárolásra.

Egy nyitott érzékelő kimenet (É<sub>1</sub>...É<sub>10</sub> valamelyike) egyet-kettőt követő érzékelő nyitó jeleket állít elő.

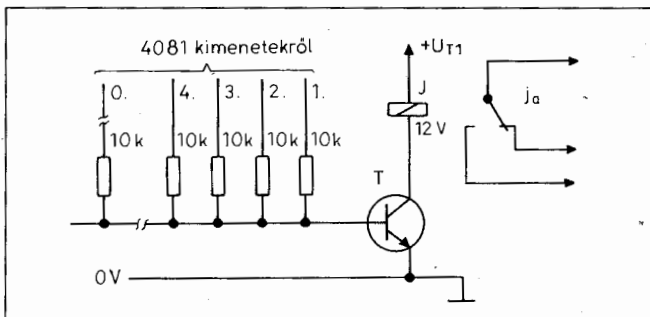
Ezeket a jeleket a léptetőregiszter első és 11. fokozatával összekapcsolt kétbemenetű NAND kapujel, kapuzó áramkör detektálja. Mivel a NAND kapuzó

áramkör a kapcsoláshoz két egymás utáni érzékelőt nyitó kimenet igényel, ez a rendszer a riasztóberendezést működésbe hozó zavaró impulzust ki-

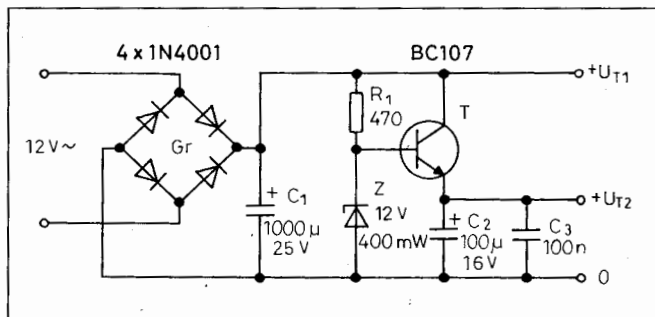


15. ábra





13. ábra



14. ábra

küszöböli. Ha a normálnál nagyobb tápáramot detektálnak (észlelnek), pl. azért, mert a táv-multiplexerek nincsenek szinkronban (fázisban), az áramkört egy monostabil állítja vissza.

A NAND kapuzó áramkör kimenetét a 10 db D típusú flip-flop adatbemeneteibe táplálják. A kimenetet a NAND kapuzó áramkörből sorrendben ezen rekeszekbe vezérlik. A vezérlést a 4017 Master IC 10 kimenete látja el. Amikor a kapuzó áramkörök riasztó kapcsolására képesek, egy retesz nulla állapotban fog maradni, ha a megfelelő nyugalmi érzékelők valamelyike ( $\bar{E}_1 \dots \bar{E}_{10}$ ) bont, vagyis nyit, a multiplexer két számláló ciklusa számára. A retesz nulla állapotban fog maradni még akkor is, amikor az érzékelő kontaktusai ismét zárt állapotba kerülnek.

A tranzisztorok a multivibrátor Q kimenetekről a LED-meghajtó áramköröket vezérlik. A riasztókapcsoló bekapcsolt állapotában az összes LED-meghajtó áramkör egy, a LED-eket villogtató oszcillátorról kap jelet. Ha valamelyik kimenetre vészjel érkezik, akkor annak áramkörében lévő piros fényű LED villog.

A 4081 kimeneteken 10 vészjel áll rendelkezésre. Gyakorlatilag minden

kimenetről működtethető kijelző riasztóegység (pl. sziréna, villogó fényjelző stb.). Sokkal célszerűbb azonban a **13. ábra** szerint a 4081 kimenetekről egy tranzisztor vezérlése, melynek kollektorában lévő jelfogó érintkezőjén keresztül működtetünk valamilyen jelző riasztóegységet.

A multiplex vészjelző áramkör működtetéséhez az **14. ábrán** látható egyszerű tápegység-kapcsolás szolgál. (A LED-ek stabilizálatlan  $U_{T1}$  feszültségről működnek.)

Végezetül megjegyezzük, hogy a megvalósítás során az esetleges téves riasztások elkerülése céljából ajánlatos egy LC zavarszűrő bekötése a hálózati tápegység bemenetére.

### Rovarok, rágcsálók és vadállatok elleni védelem

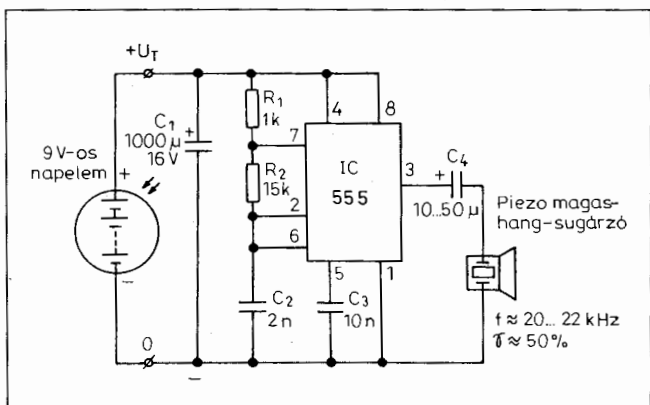
Sok olyan rovar és rágcsáló kártevő van, melyek igen kellemetlen meglepetéseket és esetenként komoly károkat okozhatnak nekünk. Az elsők között említhetők a kellemetlenkedő rovarok közül a szúnyogok és molyok.

Nem várt vendégek lehetnek kertünkben pl. a vakondok és egyéb rágcsálók (pockok, mezei egerek, patkányok stb.). Különösen veszélyesek a vidéki garázsokban, kamrákban az egerek s egyéb rágcsálók. Ezek közül elsőként említhetők a nyestek, melyek a gyújtáskábelről a fékvezetékekig az autót egyéb gumirészeit is megrágnak. Különös veszélyt jelenthetnek az autótakon áthaladó vadállatok, melyek elleni védelemre speciális védőberendezéseket fejlesztettek ki. A hazai kereskedelemben a kártevők ellen ma már igen sokféle eszköz és berendezés megvásárolható.

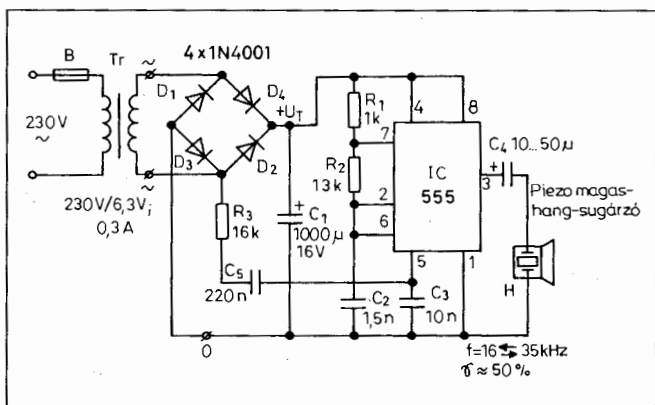
A kártevők hallása az emberi fül számára már nem észlelhető 20 kHz feletti ún. ultrahang-frekvenciákra is kiterjed. A vizsgálatok szerint egyes rovarok, és rágcsálók szinte irtóznak egy bizonyos frekvenciájú hangtól.

A kereskedelemben vásárolhatók pl. napelemes szúnyogriasztók, melyek többsége 9000...10 000 Hz-es, az emberi fül számára is hallható kis hangerejű hanggal kergeti el a „kínzókat”. Teszi ezt még akkor is, ha nem süt a nap, mivel az áramot ekkor a készülékbe épített kis akkumulátor biztosítja.

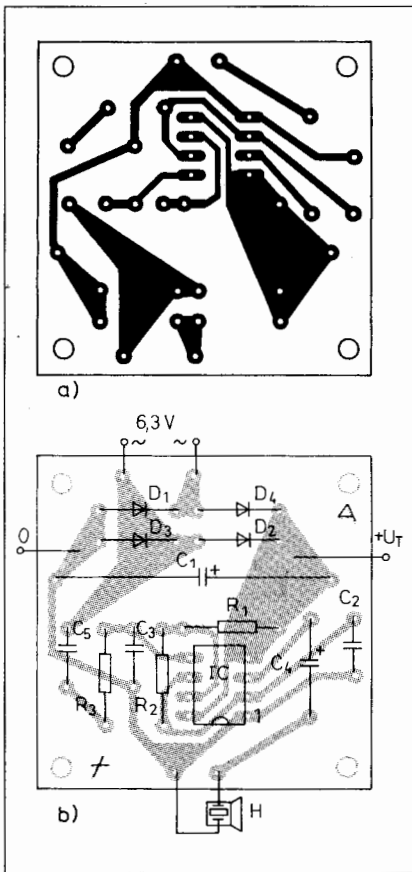
Kapható napelemes (különböző hatókörű) vakondriasztó is, mely ezen rágcsálók számára elviselhetetlen 300 Hz-től 40 kHz-ig terjedő hangfrek-



15. ábra



16. ábra

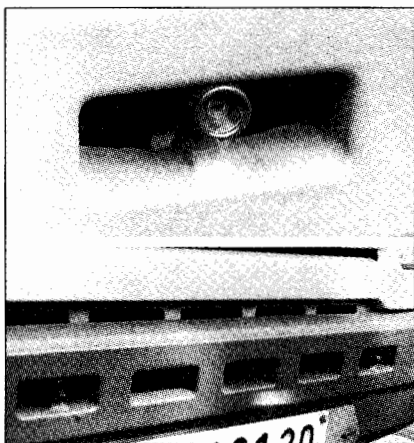


17. ábra

venciás rezgéseket kibocsátva arra készíti őket, hogy minél hamarabb más lakhelyet keressenek maguknak.

A rágcsálókra és egyéb nagyobb állatokra főleg a 20 kHz feletti ultrahangok a legelriasztóbbak. Az ultrahangok kisugárzása speciális széles szögű (pl. 260°-os) magas hangszugárzókat kell alkalmazni.

Az ultrahangokat nemcsak a rágcsálók hanem a kutyák, macskák, őzek



18. ábra

és szarvasok is elkerülik, mivel azt rendkívül kellemetlennek találják. A vizsgálatok szerint az egyes kártevők más és más frekvenciájú hangokra a legérzékenyebbek, vagyis különböző, adott frekvenciájú hangoktól irtóznak a legjobban. Ezért, hogy az összes kártevőfajra alkalmas univerzális kártevőriasztót készíthessünk, a frekvenciát 16 kHz-től 65 kHz-ig ajánlatos változtatni. Ezáltal minden kártevő megkaphatja a számára legkellemetlenebb frekvenciájú hangot. Mivel a frekvencia változik, a kártevők nem válnak immunnissá egy adott hangra, így elkerülhető az, hogy a kártevők azt megszokják.

A 15. ábrán egy 9 V-os napelemtől működő vakondriasztó elvi kapcsolását láthatjuk. Itt az 555-ös IC astabil multivibrátor kapcsolásban dolgozik. A felhasznált alkatелеm értékekkel az IC kimenetén 20...22 kHz, 50%-os kitöltési tényezőjű négyyszöggel jelenik meg, amely egy piezo magashangszugárzóra kerül.

A kapcsolást célszerű egy csőbe építeni, melynek tetejére kell elhelyezni a napelemet. A hangszugárzót a cső másik (a földbe kerülő) lezárt végén kell elhelyezni. Célszerű a kapcsolatban egy kis akkumulátort is párhuzamosan kötni a napelemmel. Így a készülék működése egy ideig a napmentes időszakokra is kiterjed.

A 16. ábrán a kártevők többségére (szúnyog, moly, egér, patkány, nyest) alkalmas, lakásban, garázsban, kamrában használható, hálózatról működtetett riasztókészülék elvi kapcsolási rajzát tüntettük fel. Alkalmazható pl. macskák által elkerülendő helyek védelmére is.

A kapcsolat gyakorlatilag meg-egyezik a 15. ábrán látható áramköri kialakítással. Itt a kb. 9 V-os tápfeszültséget a 230 V-os hálózati feszültségből egy 230 V/6,3 V, 0,3 A-es transzformátor, a  $D_{1...4}$  diódából álló hídegyenirányító és az arra csatlakozó  $C_1$ -es pufferkondenzátor állítja elő. A különböző kártevők elleni védelem céljából a frekvencia itt nem állandó, az 16 kHz és 35 kHz között váltakozik. Az IC 5-ös (ún. Control) bemenetére 50 Hz frekvenciájú váltakozó feszültséget kapcsolunk az  $R_3$ ,  $C_5$  sorosan kapcsolt elemeken keresztül. Így az astabil multivibrátor a hálózati feszültség mindenkori pillanatértékének megfelelően korábban vagy később billen, tehát a frekvencia változik, kisebb vagy nagyobb lesz. A négyyszögjel frekvenciája

tehát állandóan változik, kb. 16 kHz és 35 kHz között. Hangszugárzóként minél nagyobb szögben „terítő” piezo magashangszugárzót kell alkalmazni.

Mind a 15., mind a 16. ábrán látható kapcsolást megépíthetjük a 17.a ábrán látható nyomtatott áramköri lapra. Az alkatrész-beültetésnél (17.b ábra) a 15. ábra kapcsolásának megépítésénél a  $D_{1...4}$ ,  $R_3$  és  $C_5$  alkatелеmek szükséges-tenek.

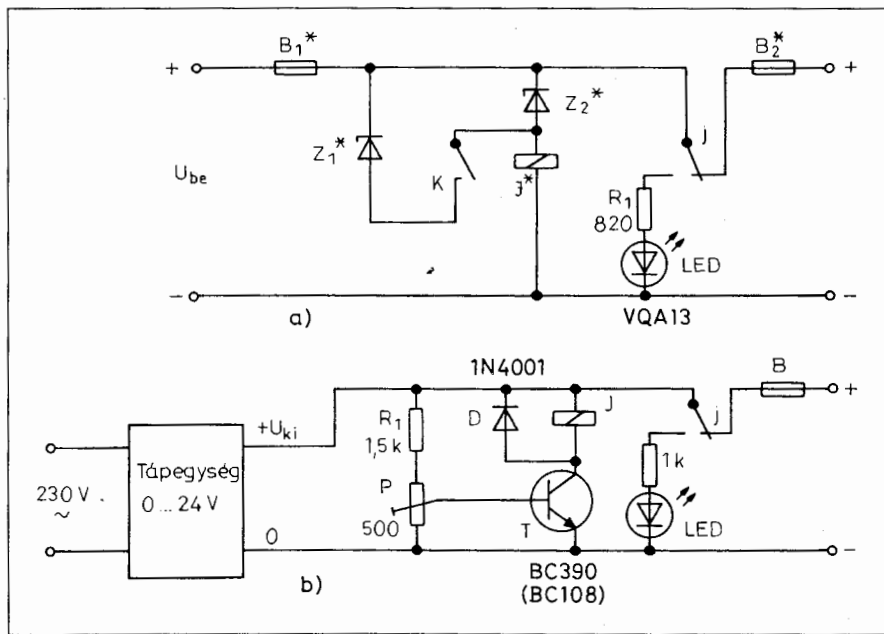
Nagy vadak (pl. őzek, szarvasok, vaddisznók) autóval történő elütésnek kivédésére a fentiekben bemutatottakhoz hasonló kapcsolási elrendezésű, de végfokozattal kiegészített, s nagyobb teljesítményű hangszugárzókat használnak és a frekvenciát változtatják. Az elektronikus vadelhárító hátránya, hogy általában elfelejtik azt bekapcsolni, így az amikor szükség lenne rá, akkor hatástalan.

Ennél sokkal célszerűbb az autóboltokban olcsón kapható, speciálisan erre a célra szolgáló vadelhárító sípokat használni. Ezek egyszerű, eltérő frekvenciára készített sípok (2 db), amelyeket a haladó gépkocsi menet-szele „fújja”, vagyis működteti. A sípok által keltett frekvencia változó, az a jármű sebességének függvénye (kb. 20 kHz...40 kHz). E sípokat a gépjármű első lökhárítójára kell szerelni, ill. ragasztani (18. ábra). Szennyeződés esetén (pl. bogarak stb.) azok tisztítása csak vízsugárral történhet.

## Jelfogós túlfeszültség-védelem

A 19. ábrán két, egyszerű tápfeszültség-megszakító kapcsolást láthatunk, melyek a megengedettnél nagyobb bemeneti feszültség esetén a kimenetre jutó feszültséget megszakítják.

A 19.a ábra áramkörében a bemeneti feszültség a jelfogó nyugalmi érintkezőjén keresztül jut a kimenetre. Ha a bemeneti feszültség nagyobb, mint a  $Z_2$  zener-feszültségének és a jelfogó meghúzófeszültségének összege, akkor J meghúzó és érintkezőjén keresztül bontja a kimenetre jutó feszültséget. Ezt a tényt a LED kigyulladás is jelzi. A jelfogó meghúzásakor a K záróérintkezőjén át tartóáramkört képez. A jelfogó a meghúzó feszültségénél kisebb feszültségértéknél enged el. Hogy a jelfogó elengedésekor mekkora bemeneti feszültségnél szolgáltatson a kimenetre újból feszültséget, azt a  $Z_1$  dióda zener-feszültségének megválasztásával befolyásolhatjuk.



19. ábra

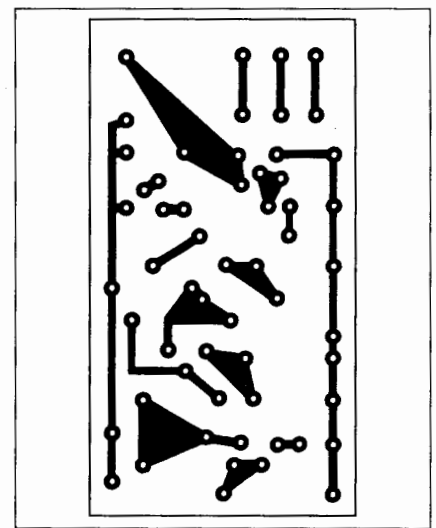
Egyes készülékek áramköreinek bevizsgálásakor sok esetben folyamatosan állítható feszültségű stabilizált tápegységet alkalmaznak. Előfordulhat, hogy a tápegység kimeneti feszültségét véletlenül nagyobb értékre állíthatjuk be a megengedettnél, és így az a vizsgált áramkör meghibásodását okozhatja. Ezt gátolja meg a 19.b ábrán látható áramkör. Az  $R_1$  és  $P$  alkatrészekkel leosztott bemeneti feszültséget a tranzisztor bázisára juttatjuk. Például az 5 V-ra állított határfeszültség esetén az osztó  $P$  potenciométerét úgy kell beállítani, hogy a tranzisztor ekkor még éppen ne vezessen. Növekvő bemeneti feszültség esetén a tranzisztor vezetővé válásakor a  $J$  jelfogó meghúzás és érintkezőjén keresztül megszakítja a kimeneti feszültséget. Ugyanakkor a LED kigyulladásával jelzi a feszültség kikapcsolásának a tényét.

### Egyszerű hangkapcsoló

A 20. ábrán látható megoldás, bizonyos időtartamú folyamatos hangjelre hálózati fogyasztók bekapcsolását teszi lehetővé.

A kapcsolás lényegében egy igen egyszerű hangerősítő, amelynek kime-

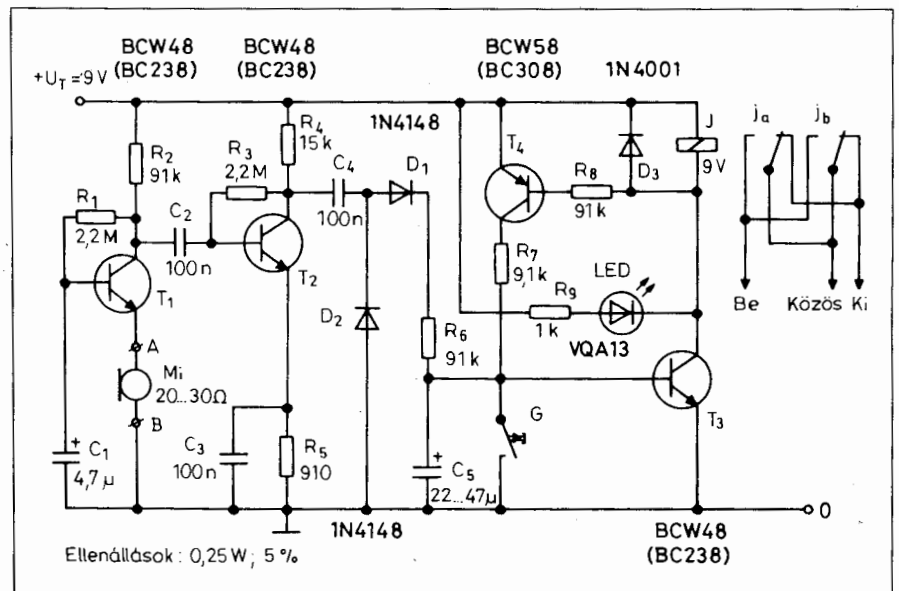
netére kötött jelfogóval fogyasztókat kapcsolhatunk be. Az ébresztőóra csengetési hangját a dinamikus mikrofon érzékeli (kb. 25  $\Omega$ -os). A fokozat erősítése az  $R_2$ -vel állítható be a kívánt értékre. A  $T_2$ -vel működő fokozat emitter-ellenállásának hűdégítése a magas frekvenciák kiemelését szolgálja. A  $T_2$  kollektoráról a jel feszültségké-



21. ábra

szerező egyenirányítón át jut az  $R_6$  ellenálláson a  $C_5$ -re.

E két elem jelentős késleltetést biztosít. Amikor  $C_5$  feszültsége a beérkező és egyenirányított, késleltetett hangjel hatására eléri a 0,6 V-ot, akkor a  $T_3$  vezetővé válik. A jelfogó tekercsén ennek hatására létrejövő feszültségesés az  $R_8$ -on át a  $T_4$  bázisára kerül és ezt a tranzisztort is kinyitja, ami felgyorsítja a feszültségnövekedés sebességét a  $C_5$  kondenzátor kapcsain, és így a  $T_3$  bázisán is, azaz ennek a tranzisztornak a



20. ábra

**AGeta** a megoldásszállító...

**AMI AZ ELEKTRONIKÁHOZ KELL...**

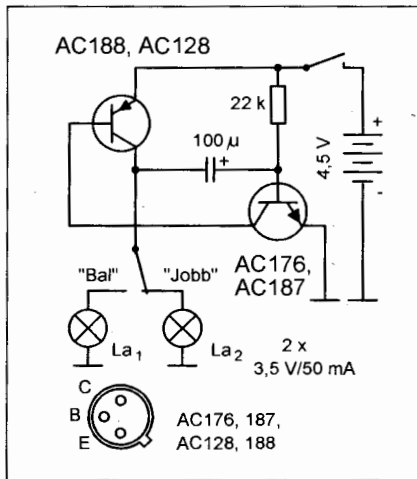
FLUKE, Tektronix, ROBIN, BCHA, APPA, INSTEK, matoix, KYORITSU

MÉRŐMŰSZEREK, OSCILLOSKÓPOK, ANALIZÁTOROK, JELGENERÁTOROK, TARTOZÉKOK .....

Ageta Kft. <http://www.ageta.hu> ; e-mail: [ageta@ageta.hu](mailto:ageta@ageta.hu) ; Tel.: 30/256-4288 ; Fax: 96/214-342

**ELFA**





3. ábra

alkalmazott kondenzátorok értékétől függ. Ha szimmetrikus kitöltésű négyszögrezgést – amelyen egyenlő a jel és az szünet, a magas és az alacsony szint időtartama – kívánunk előállítani, akkor a kondenzátorok egyforma értékűek kell legyenek.

Áramkörünkben az IC a és b kapuja kb. 800 Hz-es szimmetrikus négyszögrezgést (dús felhangú „fütyöt”) kelt. Ezt a hangot a c és d kapukból kialakított másik astabil multivibrátor kb. 5 Hz-es tempóval megszagatja. Ezen utóbbi oszcillátor is szimmetrikus kitöltésű jeleket kelt ( $2 \times 47 \mu\text{F}$ ), így a szagatás azonos idejű fütyként és szünetként jelentkezik.

A tranzisztoros áramkör csupán a hangszóró teljesítmény-kihajtását biztosítja (az IC kapukimenetét nem terhelhetjük a  $8 \Omega$ -os hangszóróval).

A sziréna hangmagassága és a szagatás tempója a  $220 \text{ nF}$ -os, illetve a  $47 \mu\text{F}$ -os kondenzátorokkal módosítható. A tranzisztor bármilyen közepes teljesítményű npn szilícium típus lehet: BC301, 2N2218, BFJ50 stb. A  $8 \Omega$ -os hangszóró legalább  $100 \text{ mW}$ -os vagy nagyobb teljesítményű legyen. A  $4,5 \text{ V}$ -os tápfeszültség (zseblámpatelep) alacsonyabb a TTL IC-k előírt tápfeszültség szintjénél. Ezért előfordulhat, hogy egyes IC-k nem rezegnek be. Ekkor az oszcillátorok ellenállásértékeivel kell variálnunk.

### Irányjelző kerékpárhoz

Gyermek vagy akár felnőtt „bringákhoz” építhetjük meg a 3. ábra szerinti egyszerű irányjelző készüléket. A kormányrúd végeire szerelt irányjelzők a

KRESZ által előírt karjelzést nyomatékosabbá, látványosabbá tehetik.

Az irányjelző áramkör – a már fentebből ismerős – komplementertranzisztoros multivibrátor kapcsoláson alapul. Az astabil oszcillátor itt állandóan alacsony frekvencián üzemel ( $100 \mu\text{F}$ – $22 \text{ k}\Omega$ ). A munkaellenállása egy-egy, az irányjelző kapcsolóval váltható zseblámpaizzó.

A felhasznált tranzisztorok germánium vagy szilícium alapú kis és közepes teljesítményű npn-pnp típusok lehetnek (pl. 2N2218, 2N2369, ill. 2N2904, 2N2905).

### Menetzárlat-indikátor

A 4. ábrán látható kapcsolás egy analóg, esetleg digitális kéziműszerrel együtt használható minden olyan tekercs ellenőrzésére, amely ferritúdra ráhúzható.

A  $0,15 \dots 0,2 \text{ mm}$  átmérőjű CuZ (zománcozott rézhuzalból) készült két tekercs a T tranzisztorral, annak munkapontját beállító R és P tagokkal és a teplel együtt egy blocking oszcillátort alkot. Ha az M műszert, ami  $20 \text{ mA}$ -es méréshatárba kapcsolt tesztoles típusú univerzális kéziműszer is lehet, csatlakoztatjuk az a-b kapcsokhoz, akkor az oszcillátor rezegni kezd. A P potencióméterrel állítsuk be az áramfelvételt kb.  $10 \text{ mA}$ -re!

Ha ezután a ferritúdra egy jó  $L_x$  tekercset húzunk, akkor az áramfelvételt egy pillanatra megnő, majd visszaáll az eredeti értékre. Ha a vizsgálandó tekercs menetzárlatos, akkor az oszcilláció leáll, az áramfelvétel nullára csökken.

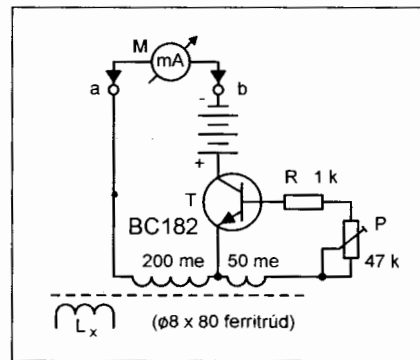
A tranzisztor bármilyen kisteljesítményű npn típusal helyettesíthető (2N2369, BC546B, BC548B, BCY58 stb.). Ha az oszcillátor nem akar berezgni, akkor cseréljük fel az egyik tekercsének a kivezetéseit!

### Elalvás kapcsoló

Ma már szinte minden rádió-, tv- és videokészülék rendelkezik ún. sleep- (altató) áramkörrel. A sleep-gombot működtetve a készülék bekapcsolódik, majd egy meghatározott (esetenként beállítható) idő eltelte után automatikusan kikapcsol. Ha régebbi típusú készülékünkben hiányzik ez a szolgáltatás, akkor érdemes megépíteni az 5. ábrán látható egyszerű kapcsolást.

Nyugalmi helyzetben mind a J/1 relékontaktus, mind az N/a nyomógombkontaktus nyitott helyzetű, így az áramkör és annak dobozára szerelt Cs hálózati csatlakozóját is feszültségmentes. Ha az N gombot megnyomjuk, az N/a feszültség alá helyezi a transzformátort, az N/b-n keresztül pedig a  $C_2$  időzítőkondenzátor a  $C_1$  puffer feszültségére töltődik fel. A relé meghúzza, J/1 zár, így az áramkör a gomb elengedése után sem szakad meg. Közben Cs hálózati feszültségre kapcsolódik.

Ettől a pillanattól kezdve  $C_2$  a P,  $R_1$  soros tagon, valamint a rendkívül nagy bemeneti impedanciájú tranzisztoros kapcsolóáramkör  $T_1$  tranzisztorának báziskörén kezd kisülni, feszültsége folyamatosan csökken. Amint  $C_2$  feszültsége alacsonyabb, mint a tranzisztoros



4. ábra

Rejthető, vízálló, cső, infra-LED-es, tolató, fogászati, eredetvizsgáló

**mini és biztonsági kamerák, tartozékok, utánvétellel is!**

**Újdonság! SONY CCD-s színes kamera optikával nettó 23.500 Ft.**

**Mennyiségi árkedvezmény!**

Viszonteladókat, telepítőket keressünk!

Infó: 06-30/9406-843, 296-0237  
Fax: 06-1-296-0238  
E-mail: infracontrol@pannongsm.hu

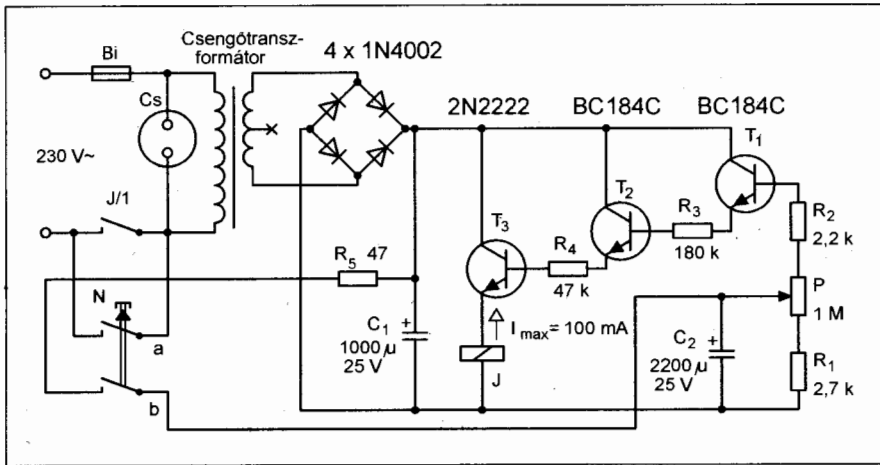
**HÍRADÁSTECHNIKAI MŰSZAKI NAGYKERESKEDÉS**

8002 Székesfehérvár, Berényi út 72-100.  
Tel./fax: 06-22-325-710, 06-30-268-31-06  
Nyitva: hétfőtől–péntekig 8–15-ig

**VIDEOTON RÁDIÓ-, TV-ALKATRÉSZEK,** modulok, távszabályozók, félvezetők, kondenzátorok, ellenállások, mechanikai alkatrészek, nyáklemezek stb. eladása és szállítása utánvétellel.

Rendelésre (telefon, fax, levél) a szállítást rövid határidővel teljesítjük. A megrendelés mennyiségétől függően a szállítási költségéhez kedvezményt adunk.

**Kérésre árjegyzéket küldünk.**



5. ábra

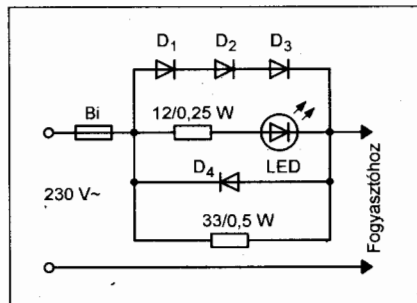
áramkör nyitófeszültsége, J elenged, az áramkör megszakad, Cs áramtalanítódik. A P-vel beállítható időtartam mintegy 2...30 perc lehet. A Cs-hez csatkozottatott készülék tehát N megnyomását követően ennyi ideig marad bekapcsolva.

### LED-es áramindikátor

A 6. ábra szerinti kapcsolás elvileg bármely hálózati feszültségről üzemelő fogyasztón átfolyó áram indikálására alkalmas. Az indikátoráramkörön eső feszültség a pozitív félperiódusban kb. 2,1 V, a negatívban 0,7 V. Az átfolyó maximális áramot D<sub>1</sub>...D<sub>4</sub> terhelhetősége korlátozza. Ennek értelmében 1 A-es diódákkal (pl. 1N4007) a fogyasztó 230 VA-es, míg 3 A-es típusokkal (pl. BY255) 690 VA-es lehet. A B biztosíték névleges árama is a diódáknál megegyező legyen.

### Nagy bemenőellenállású „Schmitt-trigger”

A küszöbérték-kapcsoló áramkörök, mint például a Schmitt-trigger bemeneti ellenállása viszonylag alacsony, csak néhány kiloohm. Ez sokszor gond, hi-



6. ábra

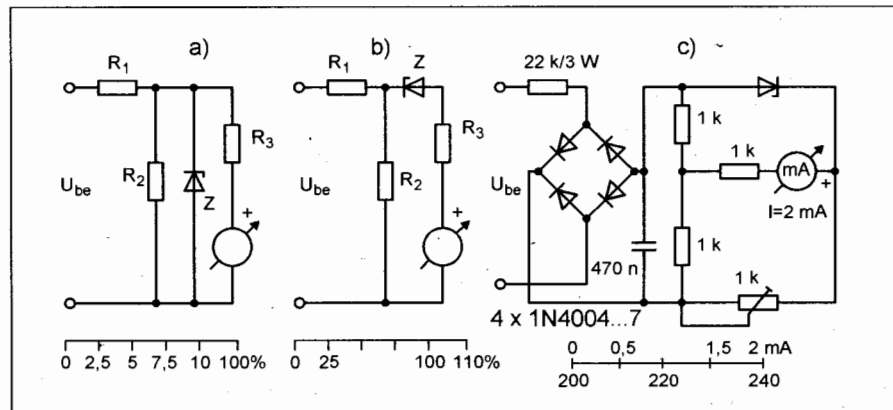
szen megterheli az előző – a vezérlőjelet szolgáltató – fokozatot.

A 7. ábrán egy olyan küszöbérték-kapcsoló áramkör látható, amelynek bemeneti ellenállását gyakorlatilag R<sub>1</sub> határozza meg, s ez elérheti a néhány megaohmot is. Bemeneti jel nélkül a T<sub>1</sub> csatornáján mintegy 1...2 mA áram folyik, a drain elektróda potenciálja kb. 0,8...0,9 V, a D szilíciumdióda (pl. 1N4154) jóvoltából T<sub>2</sub> még nem nyit ki.

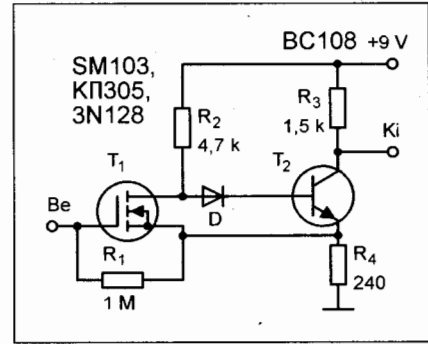
A bemenetre negatív feszültséget kapcsolva T<sub>1</sub> zárni kezd, s az emelkedő drainfeszültség T<sub>2</sub>-t nyitni kezdi. T<sub>2</sub> emitterárama R<sub>4</sub>-en olyan irányú feszültségesést létesít, amely T<sub>1</sub> még gyorsabb zárását segíti elő. Végeredményben a kapcsolás átviteli jelleggörbéje a Schmitt-triggeréhez hasonló lesz.

### Nyújtottskálás feszültségmérő

Felmerülhet az igény, hogy egy viszonylag nagy méréstartomány egy része széthúzva vagy tömörítve jelenjen meg a skálán. Így egy résztartományban megnő a mérési pontosság.



8. ábra



7. ábra

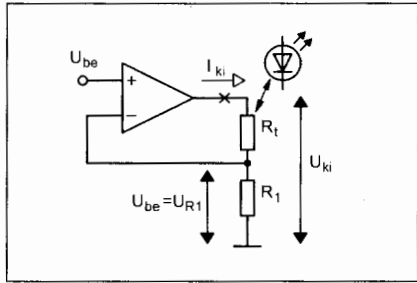
A 8.a ábra kapcsolása a skála végét tömöríti. A kisebb feszültségeknél az ellenállások még lineárisan osztják le a bemenő értéket. Amikor a Z-dióda kapcsain a feszültség megközelíti, ill. eléri a dióda névleges feszültségét, akkor jelentősen megnövekszik az osztásarány.

A 8.b ábra megoldása a skála elejét tömöríti, a végét pedig úgymond megnyújtja. Itt a Zener-feszültség alatt a dióda nagyellenállású előtétként szerepel, a nagyobb feszültségeknél viszont szinte rövidzárral helyettesíthető.

A 8.c ábrán egy gyakorlati példát mutatunk be, ahol a műszer feladata a hálózati feszültség mérése. Kb. 200 V bemeneti értékig a mutató úgy szólván ki sem tér, kb. 240 V-nál pedig a végkitérésig lendül. E tartományban tehát kedvezőbb mérési pontosság érhető el, igaz a műszer skáláját egyedileg kell elkészítenünk.

### Feszültségvezérelt áramgenerátor LED-hez

A 9. ábrán látható kapcsolásban a műveleti erősítő kimeneti feszültsége úgy áll be, hogy az R<sub>1</sub> ellenálláson fellépő feszültség megegyezzen a kapcsolás



9. ábra

bemeneti feszültségével. Az IC kimeneti árama, tehát az  $R_1$  ellenálláson folyó áram nem függ  $R_1$  értékétől.

$$I = \frac{U_{be}}{R_1}$$

Természetesen  $R_1$  értéke felülről korlátos, mivel

$$R_1 = \frac{U_{táp} - U_{be}}{I}$$

esetén a műveleti erősítő az  $U_{táp}$  tápfeszültségig kivezrlődik, úgymond telítődik.

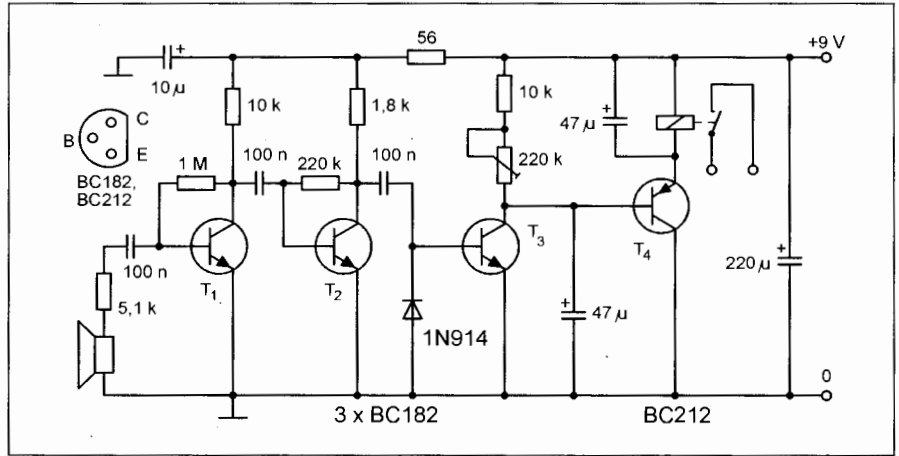
$R_1$  helyén LED-et alkalmazva megoldhatjuk utóbbi táplálását. A LED árama, így fényereje a bemeneti feszültséggel arányos. Ha például egy 20 mA névleges áramú LED-et kívánunk meghajtani, s ehhez pl. 10 V bemeneti feszültség tartozik, akkor  $R_1 = 500 \Omega$ .

### 9 V-os telep vizsgáló

Elektromos gitároknál gyakran használják a gitártestbe beépített tranzistoros előerősítőket, torzítókat, hangszínszabályozókat. A vah-vah pedálok is sokszor az ún. 9 V-os zsebrádiótelepekről (6F22 típus) működnek. Ezen telepek egyetlen jó tulajdonsága a kis méret. Viszont ennek köszönhetően meglehetősen gyorsan kimerülnek. (Főleg, ha a használat után elfelejtjük kikapcsolni a róluk táplált áramkört.)

Minden igazi zenekari technikus nélkülözhetetlen segédeszköze lehet a 10. ábrán látható egyszerű 9 V-os telep vizsgáló készülék. Ennek nagy előnye, hogy terhelés mellett teszteli a te'epet. (Üresjáratban, egy nagy bemenőellenállású voltmérővel mérve „szinte minden” elem, telep jónak mutatkozik!)

A bemutatott 9 V-os telep vizsgálóban a LED csak akkor világíthat, ha kb. 40 mA-es terhelőáram mellett még legalább 7 V-os a telep kapocsfeszültsége. Egy ilyen zsebrádióteleppel még nyugodtan ki lehet állni a közönség elé.

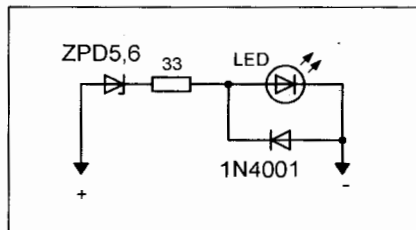


11. ábra

A kis műszert egy kimerült zsebrádiótelepből kitermelt patentsatlakozóra szerelhetjük. Nagyobb méretű (áramú), 5 mm átmérőjű LED-et használjunk. A szilíciumdióda a téves polaritású csatlakoztatásnál védi a fénydiódát.

### Hangkapcsoló

Helyiségek őrzésére, megfigyelésére, illetve más vezérlési célokra hangkapcsolókat is használhatunk. Ha ennek



10. ábra

érzékenysége állítható, akkor csak egy bizonyos küszöbérték (hangosság) túllépése esetén aktivizálódhat hangkapcsolónk.

A 11. ábrán látható kapcsolásban egy zsebrádiókban használatos 8...16 Ohm-os hangszóró működik mikrofonként. A „felszedett” hangot  $T_1$  és  $T_2$  erősíti, majd a dióda egyenirányítja.  $T_3$  és  $T_4$  már egyenáramú erősítő, relémeghajtó. A trimmer-potenciométerrel a relé kapcsolási időtartama állítható.

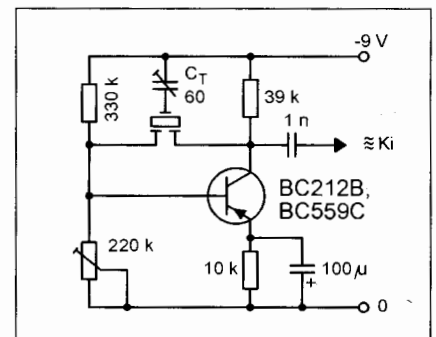
A hangkapcsoló érzékenysége a bemeneti 5,1 kOhm érték módosításával, vagy pl. a  $T_1$  kollektorába helyezett 10 kOhm-os trimmer-potenciométerrel szabályozható. (A továbbcsatoló 100 nF a poti csúszkájára csatlakozzon.)

Az áramkörben bármilyen típusú szilícium kisjelű tranzisztort használhatunk,  $T_4$ -nek el kell viselnie a relé áramát!

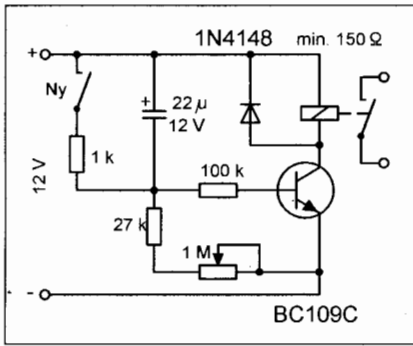
### Oscillátor 3-pólusú kristályokhoz

Egy igazi amatőr asztalfiókja mélyen gondosan őrzi 3-pólusú rezgőkvarcát: az „Egyszer ezt én még berezgetem!” – soha nem csillapodó vággyal. Tény viszont, hogy ezen kristályok a csinos formájuk kölcsönözte esztétikai élményen és harmadik lábuk okozta hőköneten kívül az amatőr gyakorlatban nemigen használhatók. De ha mégis, akkor vegyük elő a 12. ábra oszcillátor-kapcsolását.

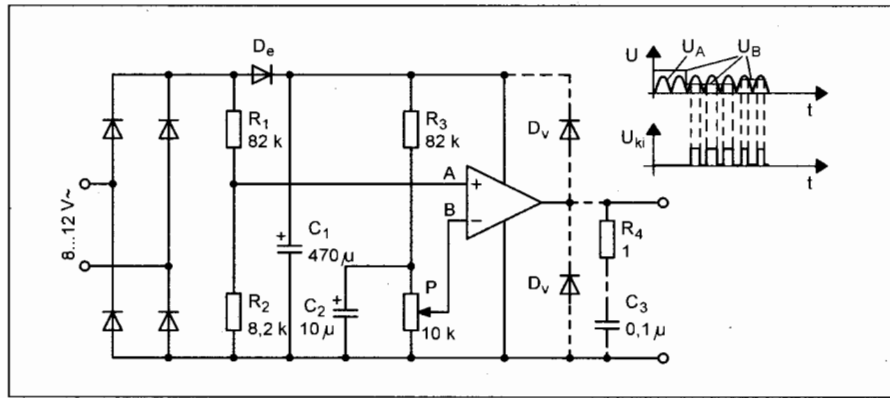
Az 1...40 kHz-es frekvenciatartományra 3-kivezetéses rezgőkvarcokat gyártanak. A bemutatott aperiodikus (hangolatlan, szélessávú) oszcillátorban a soros rezonancia-frekvenciájuk közelében készíthetők hajlító rezgésre ezen alacsony frekvenciás kristályok. Ha egy-egy ilyen kvarc füllel hallható rezgést is produkál, azon ne lepődünk meg!



12. ábra



13. ábra



14. ábra

### Időkapcsoló nagyítógéphez

Fényképezeti nagyításon megkönnyíti munkánkat a **13. ábrán** látható időkapcsoló alkalmazása. A szerény képességű, de szinte percek alatt megépíthető áramkör jelfogóérintkezője a nagyítógép izzóját kapcsolja be, majd a potenciométerrel beállított időtartam (kb. 3...30 s) elteltével, ki.

A nyomógombot egy pillanatra zárjuk, így a kondenzátor kisül; a feltöltődése során bázisáramot szolgáltat a tranzisztornak, tehát a jelfogó meghúz. Miután a kondenzátor feltöltődött, a bázisáram megszűnik, a jelfogó pedig elenged. (A tranzisztor helyén bármilyen kisteljesítményű npn típust használhatunk: BC182B, BC546B, BC548B, 2N2369, BCY58...)

### Impulzusszélesség-vezérlő

Számos feladathoz, pl. fázishasítás elvén működő teljesítményvezérlés céljára szükségünk lehet olyan áramkörre, amely állandó amplitúdójú és frekvenciájú, de változtatható szélességű impulzusokat (változtatható kitöltésű im-

pulzussorozatot) nyújt. A **14. ábrán** ehhez adunk alapötletet.

Egy műveleti erősítő IC neminvertáló bemenetét ellenállásos osztón át kétoldalasan egyenirányított szinuszfeszültségre kapcsoljuk. Az invertáló bemenetre az említett feszültség csúcs-egyenirányított és szűrt, a potenciométerrel változtatható mértékben leosztott részét vezetjük. A két bemeneten fellépő pillanatnyi szintek függvényében az IC hol az egyik, hol a másik oldalra „ül ki”, amit az ábra jobb szélén látható idődiagram szemléltet. A két bemenet szintazonossága a potenciométer állásától függően később, illetve korábban következik be, így változik a kimeneti impulzus szélessége.

A kimenetre kötött 2 db dióda és a Boucherot-tag a vezérelt áramkör esetleges káros visszahatásai ellen véd.

### Szabályozható DC erősítő

Az egyenáramú bemenetű oszcilloszkópokban az érzékenység (az erősítés) változtatása összetett feladat, hiszen a potenciométer szögelfordulásá-

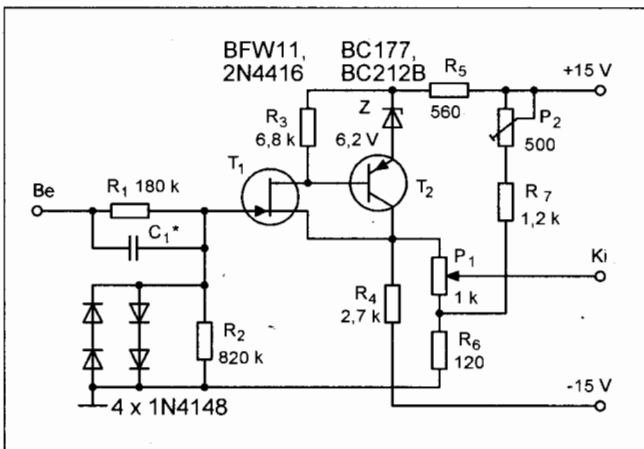
val széles tartományban is lineáris kapcsolatot kell biztosítanunk, valamint az egyenszintek sem változhatnak. Ennek egy lehetséges megoldását mutatja a **15. ábra**.

A kimenőjel leosztása (az amplitúdó változtatása) P<sub>1</sub> potenciométerrel történik. P<sub>2</sub> trimmert bemenőjel nélkül állítjuk be úgy, hogy a P<sub>1</sub> ellenálláspálya két végén azonos potenciál legyen, tehát az elektronsugár helyzete ne függjön P<sub>1</sub> csúszkaállásától.

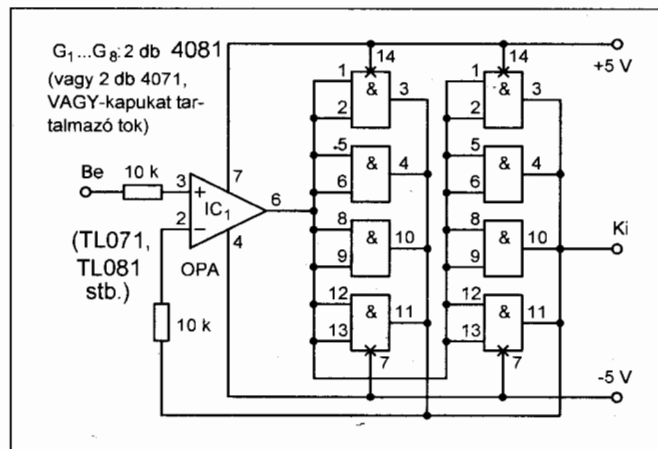
C<sub>1</sub> (pikofarad nagyságrendű) értékét kísérletileg kell megállapítani úgy, hogy a fokozat kb. 0,82-szoros erősítési tényezője a kb. 10 MHz-ig terjedő átviteli sávban állandó legyen.

### Jól terhelhető OPA

A CMOS kapuk, inverterek lineáris üzemmódjára már korábbi tallózásunkban köztünk példát. A **16. ábra** kapcsolása a CMOS logikai IC-k lineáris alkalmazásának újabb lehetőségét mutatja be. Az összesen 8, párhuzamosan kapcsolt ÉS-kaput (vagy VAGY-kaput) az OPA negatív visszacsatoló ágá-



15. ábra



16. ábra



ba iktatva  $A_u = 1$  erősítés mellett a maximális kimeneti áram mintegy 50 mA, miközben a kimeneti feszültség megközelítheti a tápfeszültséget!

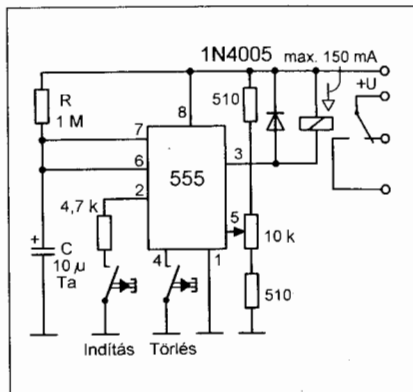
Több neminvertáló kapu párhuzamos kapcsolásával a terhelhetőség tovább növelhető. (A korszerű műveleti erősítők „jól viselik” a CMOS-bemenetek okozta kapacitív terhelést.)

### Rövid idejű időzítő

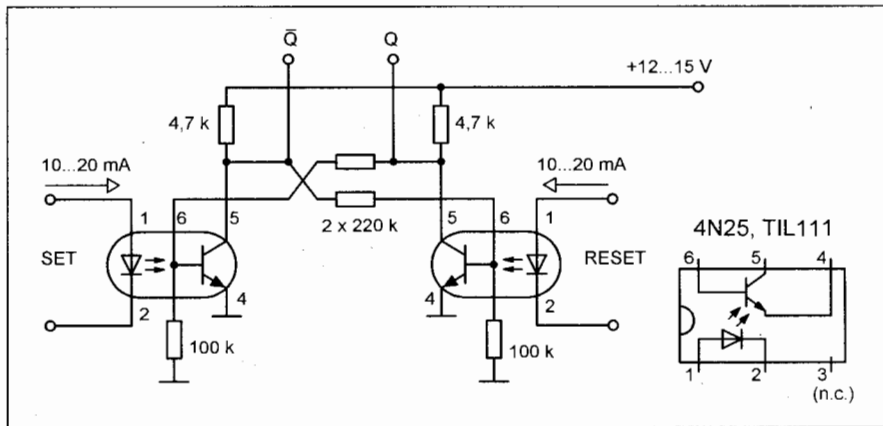
A 17. ábra egy egyszerű, relés kimenetű időzítőkapcsolást ábrázol, amely a jól ismert 555-ös univerzális timer IC-n alapszik. Az „Indítás” gomb megnyomására a relé meghúz és a potenciométerrel beállított idő letelével enged el. Ez az idő a megadott értékekkel 8...20 s között szabályozható, de az R, C elemek cseréjével ettől eltérő is lehet. Az időzítési folyamat a „Törlés” gombbal megszakítható; a gombot megnyomva a relé azonnal elenged.

A +U tápfeszültség 5...15 V lehet, értékét a relé működtető tekercsének névleges feszültsége szabja meg.

A C időzítőkapacitánál feltétlenül kis szivárgási áramú típus (Ta, azaz tantál) legyen, mert a beállított időzítés egyébként nem reprodukálható kellő pontossággal!



17. ábra



18. ábra

### Bistabil multivibrátor – optocsatolókkal

Különösen az ipari automatikában gyakori az érzékelők, esetleg kezelőszervek galvanikus elválasztásának igénye a vezérlőáramköről. A 18. ábra egy olyan bistabil multivibrátort mutat be, amelynek kapcsolóelemeit két optocsatoló fototranzisztorra képezi, a bistabil átbillentése pedig valamelyik fényemittáló dióda gerjesztésével lehetséges. A gerjesztéshez a vezérlőrendszerrel galvanikusan független, 10...20 mA áram szükséges, aminek biztosítása ipari automatikai rendszerek esetében többnyire nem okoz problémát.

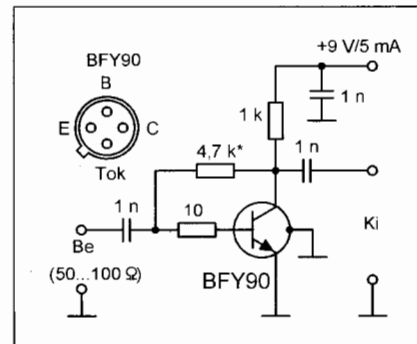
### Szélessávú erősítő

Néhány alkatrészből egyszerű szélessávú erősítőt építhetünk. Az áramkört sokféle célra használhatjuk olyan helyeken, ahol még 5...10-szeres erősítés hiányát „érezzük”. Például egy rádióvevő bemenetén vagy mérés-, videó- és tv-vételtechnikában.

A 19. ábrán látható kapcsolás a 10...200 MHz-es sávban használható. Az „alacsonyabb” frekvenciákon kb. 10-szeres, a felső sávhatárnál pedig kb.

4...5-szörös az erősítése. Az alsó hátfrekvenciát a be- és kimeneti csatlókondenzátorok értékelnövelésével (10...100 nF) csökkenthetjük. A javasolt BFY90 helyett más kijelű nagyfrekvenciás tranzisztort is használhatunk (pl. BF224, BF199, BF182, BFR91 stb.), az erősítés/felső frekvenciahatár rovására. Célszerű katalógusban utánanézni, hogy az alkalmazott tranzisztor mely  $U_{CE}/I_C$  adatok mellett „dolgozik” a maximális  $f_T$  tranzitfrekvencián.

Az alkalmazott tranzisztor optimális nyugalmi kollektoráramát a (csillaggal is jelzett) bázisellenállás értékváltoztatásával állíthatjuk be.



19. ábra

<p><b>„AKCIÓ-271”</b> ÉVKÖNYVRENDELÉS</p>	
<p>Már most megrendelheti és megveheti a 2006-os</p> <p><b>RÁDIÓTECHNIKA</b> ÉVKÖNYVÉ-t</p> <p>(Szállítása 2005 novemberében.)</p>	
<p>Ajánlatunk (rendelésre/befizetésre) 2005. június 30-ig érvényes!</p>	
<p><b>3000 Ft helyett CSAK 2490 Ft-ért!</b> (plusz postaköltség)</p>	
<p>Rendelek: ..... db-ot.</p>	
<p>Név: .....</p>	
<p>Cím: .....</p>	
<p>Ezen OLVASHATÓAN kitöltött megrendelés beérkezte után küldjük a csekket. Címünk: Rádióvilág Kft., 1374 Budapest, Pf. 603. Akciós megrendelést csak ezen az eredeti megrendelőszelvényen fogadunk el!</p>	

# HIRDETÉSEK

ANICO Kft. ....	Borítólap I.	MAXWELL multiméterek .....	43. oldal
ATYS-co Kft. ....	195. oldal	MGB Kkt. ....	111. oldal
Audiofil-könyv (Ágoston L.) .....	57. oldal	GLOBAL FOCUS Kft. ....	161. oldal
C+F Kft. ....	B. I., 121. oldal	OMEGA Elektronika .....	58. oldal
CADware s.r.o. (EAGLE PCB) .....	154. oldal	OPTITECH Kft. ....	255. oldal
CardWare .....	58. oldal	PMR adó-vevők .....	116 oldal
chipCAD Kft. ....	Borítólap II.	PROFITECH Kft. ....	183. oldal
Commed Trade Kft. (CMT) .....	58. oldal	RAKOTRADE Kft. ....	3. oldal
Deáki Elektronika Kft. ....	223. oldal	Rádiós könyvek .....	218. oldal
ElektroArt Bt. ....	58. oldal	RÁDIÓTECHNIKA előfizetési akció .....	93., 232. oldal
ELFA AGetta Kft. ....	B. I., 265. oldal	Rádiótechnika évkönyv akció .....	135., 195. oldal
ELMŰ Rt. ....	Borítólap III.	Rádiótechnika Software Service .....	81. oldal
GIGATECHNIK .....	218. oldal	RET elektronika (Robtron El. Trade Kft.) .....	B. I., B. IV.
H&M Trafo Kft. ....	58. oldal	REFLEX Kft. ....	63. oldal
HAM-bazár .....	51., 248. oldal	Reményi I. Rádióamatőr Alapítvány .....	123. oldal
Hangszóró 2000 Kft. ....	15. oldal	Régi RT-k és HE-k beszerzése .....	242. oldal
HIFI-biblia (Hood-könyv) .....	47. oldal	RF Elektronikai Kft. ....	232. oldal
HIFImix online műszaki áruház .....	257. oldal	SAGAX Kft. ....	241. oldal
Hirdessen nálunk! .....	218., 272. oldal	SMD Kft. ....	218. oldal
Illyés és Tsa. Bt. ....	257. oldal	TALI Bt. ....	218. oldal
INCOMP Kft. ....	B. I., 211. oldal	UNIMECHANIK Bt. ....	58. oldal
Infracontrol .....	267. oldal	URBÁN Elektronika Kft. ....	97. oldal
InterElectronic Kft. ....	95. oldal	VIDEOTON alkatrészek (Surányi J.) .....	267. oldal
KONTEL Kft. ....	105. oldal	2006-os RT évkönyv akció .....	271. oldal
LOMEX Kft. ....	11. oldal		

**Új évkönyvünkben, lapjainkban hirdetni?  
Kérjük, tájékozódjon internetes honlapunkon!**

**[www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)**

**Rádióvilág Kiadó, tel./fax: 239-4932, 239-4933**



Az ELMŰ Rt. – igazodva fogyasztói igényeihez – fokozatosan átalakítja ügyfélszolgálati rendszerét és áttér a telefonos és internetes ügyintézésre. A számlabefizetések kivételével gyakorlatilag ma már nincs olyan ügy, amit ne lehetne telefonon, otthonról elintézni.

Egyre népszerűbb az ELMŰ telefonos ügyfélszolgálat, amely helyi tarifával hívható és az ügyek nagyobb részét már ott intézik. A

## Telecentrum

munkatársai a

**06-40-38-38-38**

számon készséggel állnak rendelkezésre bármilyen, számlázással, számlafizetéssel, szerződéskötéssel, hibabejelentéssel kapcsolatos ügyben.

**elmű**  
*a pozitív energia*

Diotec

TEKO



Amphenol

YAGEO  
YAGEO EUROPE GMBH  
formerly VITROTEC Deutschland GmbH

FUJITSU

ESKA

display<sup>®</sup>  
display elektronik gmbhNc<sup>®</sup>  
NK Eurotech Ltdcelduc<sup>®</sup>

LITEON

VISHAY

fischer elektronik

Jauch  
The pulse of progressHELMUT GERTH  
TRANSFORMATORENBAUFUTABA  
CORPORATIONRECOM  
INTERNATIONAL POWER GmbH

Radial

- Elektronikai alkatrészek szállítása raktárról az ország egész területére
- A megrendelt árut a következő munkanapon átveheti
- Több, mint 17000-féle raktáron lévő alkatrész közül válogathat
- Saját 500 oldalas műszaki katalógusunk segítségével választhatja ki az Önnek megfelelő alkatrészt
- Ingyenesen küldheti rendelését a 06 80 824-610-es faxszámunkra
- MEGBÍZHATÓSÁG! MINŐSÉG! BIZTONSÁG!

További információkért látogassa meg a  
**www.ret.hu**  
honlapunkat, vagy hívja üzletkötőnket a  
**62/554-600**-as  
telefonszámon!

*Együtt a sikerért!*

## Robtron Elektronik Trade Kft.

**Központ:**6726 SZEGED, Déryné u. 24. **Telefon:** (62) 554-600, **Fax:** (62) 554-610, **Ingyenes fax:** 06 80 8  
**Rendelés felvétel:** Hétfő - Csütörtök: 8.00 - 17.00, Péntek: 8.00 - 15.00 **E-mail:** info@ret.hu**Üzlet:** 6721 SZEGED, Szent Miklós u. 9/a. **Telefon:** (62) 422-500, **Fax:** (62) 422-596  
Nyitva tartás: Hétfő - Péntek: 8.30 - 16.30, Szombat: 9.00 - 12.00 **E-mail:** uzlet@ret.hu**Iroda:** 1107 BUDAPEST, Ceglédi u. 1-3. 027. iroda. **Telefon:** (1) 431-7421  
Nyitva tartás: Hétfő - Csütörtök: 9.00 - 17.00, Péntek: 9.00 - 14.00 **E-mail:** budapest@ret.hu