

# RÁDIÓ – TECHNIKA ÉVKÖNYVE 2012



műholdak  
**GPS**  
alkalmazások



**Titanic**

**F-117**



**AGC**



**Oszcilloszkóp vásárlás és szerviz**

www.ret.hu  
**ret**  
elektronika  
Telefon: (62) 554-600

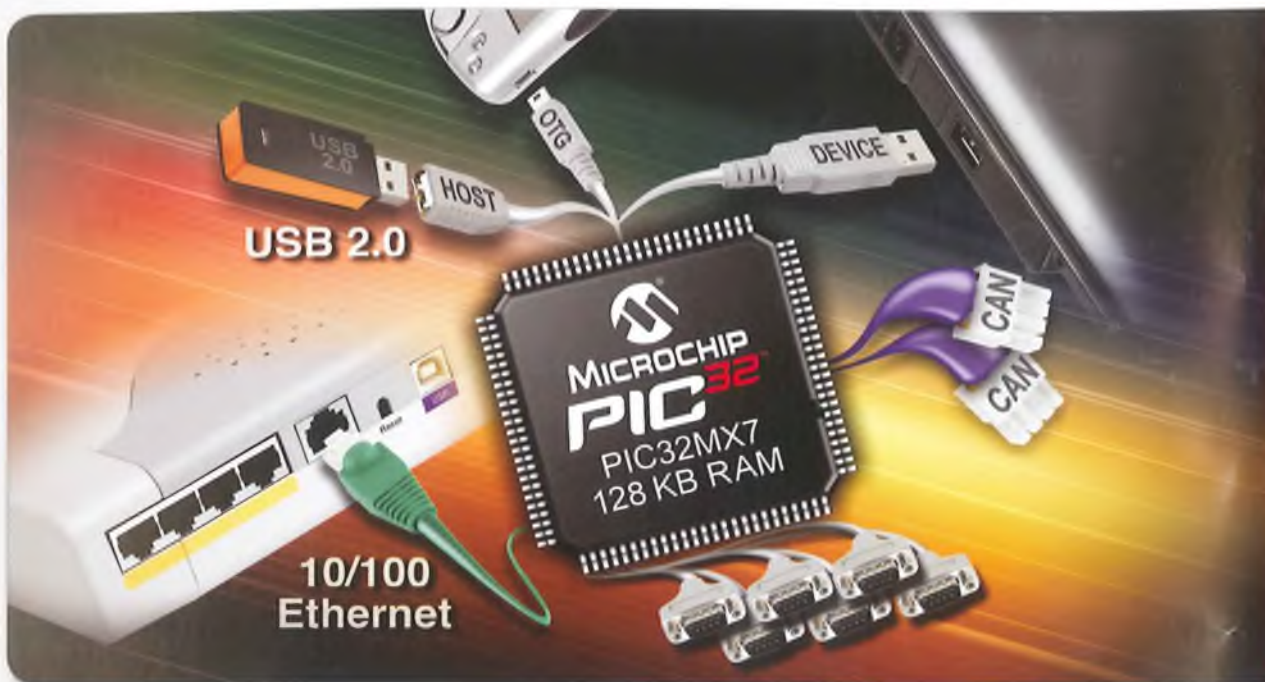
**Danico**  
HÍRADÁSTECHNIKAI KERESKEDELMÉL ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT  
Nyíregyháza – Budapest  
Tel: 42/507-620, Tel.: 1/329-4089  
hivatalos  
MOTOROLA TAIT YAESU  
márkakereskedő és szakszerviz

**INCOMP Electronics**  
Alkatrész kis- és nagykereskedelm  
EXPORT - IMPORT  
2120 Dunakeszi, Fő út 35. ☎ (27) 342-407  
www.incomp.hu

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



# Nagyteljesítményű kommunikációs lehetőségek a PIC32, 32 bites mikrovezérlő család Ethernet, CAN, USB és 128 KiB RAM egységeivel



A Microchip három új PIC32 családdal terjeszti ki a 80 MHz-es, 32 bites mikrovezérlő kínálatát, melyek maximálisan 128 Kibájt RAM-ot és széleskörű, beépített kommunikációs lehetőségeket biztosítanak. Ezek az eszközök megkönnyítik a beágyazott rendszerek tervezőinek, hogy a Microchip ingyenes szoftver stack megoldásaival kiegészítve, különböző kommunikációs opciókkal lássák el alkalmazásaikat.

## Három új PIC32 32 bites mikrovezérlő család, integrált kommunikációs lehetőségekkel

Mindhárom család tartalmazza:

USB Host, Device és On-The-Go

UART, 5 I<sup>2</sup>C™, 4 SPI

128 KiB RAM

CAN

10/100 Ethernet MAC

10/100 Ethernet MAC

Megoldások szoftverrel, eszközökkel és demonstrációs panelekkel

PIC32 USB Starter Kit II

Állománykezelés, fájlrendszer

32 bites PIC24 USB mikrovezérlőkkel

16 típusokkal

Megoldások, mint a 8 és 16 bites PIC®

## INDULJON 3 EGYSZERŰ LÉPÉSSSEL

1. Vásároljon egy új PIC32 Ethernet Starter Kit-et
2. Töltse le az ingyenes TCP/IP és USB szoftver stack megoldásokat
3. Rendeljen áramköröket és kezdje meg a tervezést!

[www.microchip.com/PIC32](http://www.microchip.com/PIC32)



Part No: DM320004

## Kezdi a Microchippel kezdődik

[www.microchip.com/PIC32](http://www.microchip.com/PIC32)



# MICROCHIP

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

Amerikai Egyesült Államokban és minden egyéb országban. Az összes többi védjegy

**A**  
**RÁDIÓTECHNIKA**  
**ÉVKÖNYVE**  
**2012**



## Szerkesztette:

Békei Ferenc főszerkesztő

okl. vill. üzemmérnök, HA5KU

## Írták:

Balás B. Dénes távközlési technikus, HA8BDE

Békei Ferenc okl. vill. üzemmérnök, HA5KU

Borody Huba okl. villamosmérnök

Bus László okl. villamosmérnök

Csizsár János okl. villamosmérnök

dr. Fábián Tibor okl. villamosmérnök

dr. Kovács Győző okl. villamosmérnök

Lendvai Klára HA5BA

dr. Madarász László okl. villamosmérnök

Nagymáté Csaba villamosmérnök

Némethy István YT3I

Pálinkás Tibor gépészmérnök

Plachtovics György műszeripari technikus

dr. Simonsics László okl. villamosmérnök

Sipos Gyula okl. IC-szakmérnök

dr. Sipos Mihály okl. villamosmérnök

Somodi Jánosné PhD hallgató

Szabó István okl. inf. mérnök, HA9MEU

dr. Tolnai János okl. hír.techn.-i  
szakmérnök, HA5LQ

Vörös Tamás tanár

Wlassits Nándor HA8QC

## Tartalomjegyzék

Előszó	.....	
A Titanic szikratávírója	.....	
GPS műholdak és alkalmazások	.....	1
Oscilloszkóp vásárlás és szerviz	.....	3
Az F-117 „Lopakodó” sem láthatatlan	.....	4
Jó minőségű hangerősítő ECC832-es elektroncsővel	.....	5
Szubjektív szakmai életrajztöredékek	.....	6
A Q-mérők felépítése, működése és használata	.....	7
Építsünk Q-mérőt!	.....	7
A vasút hangjai	.....	9
Technikatörténet – évszámokban	.....	10
A holdutazás fedélzeti számítógépe	.....	11
Ki találta fel az elektronikus számítógépet?	.....	12
A Microchip PIC18 mikrovezérlőmag átalakulása 2000-2011 között	.....	15
Hibrid integráltáramkörös, szélessávú erősítők VHF/UHF-re	.....	17
Titkos utakon	.....	18
Szépkorú a Rádiótechnika	.....	18
Feltétel nélkül stabil antenna tervezése	.....	18
„Bekasz-M” - egyszerű 144 MHz-es CW adó-vevő	.....	20
Elektronikus billentyű	.....	20
Cq de HA... Cq de HG... 2011	.....	21
Sok kis kapcsolás	.....	21
Akciós 2013-as évkönyv-rendelés	.....	22
Hirdetések	.....	22

Kiadja:

*Rádióvilág Kft.*

A kiadásért felel: Békei Ferenc ügyvezető igazgató

Szedés: Sipos DTP-stúdió, Budapest

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

Nyomás: AduPrint Kft., Budapest, 2011 www.aduprint.hu

Felelős vezető: Tóth Éva ügyvezető igazgató

HU-ISSN 0557-6229

## Előszó

A „Rádiótechnika” folyóirat évkönyveinek XLV. kötetében alapvetően a rádió adás-vétel technika, a hangtechnika, a műszer- és mérés technika és az általános elektronika területéről adunk cikkösszeállítást.

A 2011-es év, melyben ezen kötetünket szerkesztjük, lapunk fennállásának jubileumi esztendeje. Erről évkönyvünkben a 187. oldalon röviden megemlékezünk, és ugyanazon helyen a legújabb digitális szolgáltatásaink indításáról is bejelentést teszünk. A téma legfrissebb információt pedig a [www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu) honlapunkon találhatja meg a jövőben a kedves Olvasó. Érdemes lesz gyakrabban honlapunkra kattintani!

A szépkorba lépett Rádiótechnika legújabb évkönyvének két cikke is „légből kapott”. *Sipos Gyula* villamosmérnök az F-117-es „Lopakodóhoz”, *Pálinkás Tibor* gépészmérnök az Apolló holdutazásokhoz kapcsolódó cikkében igényes körültekintéssel, élvezetesen dolgozza fel a magyar nyelven kevésbé ismert témákat. *Borody Huba* villamosmérnök személyében pedig évkönyvünk új szerzőjét köszöntjük, aki a Q-mérés technikájának elméletét és gyakorlatát taglalja cikkében.

A 2012-es évkönyvünkben ismét jelentkeznek a szokásos állandó rovatok: az alkatrész-alkalmazás, a számítástechnika, a háztáji elektronika és az amatőr rádiózás.

Kedves Olvasóink! Legújabb kötetünk széles témaválasztékához kellemesen hasznos évkönyvlapozgatást kíván

*A szerkesztőség*

## »Árfelezős előfizető« Legszebb karácsonyi ajándék! akciónk 2012-re! RÁDIÓTECHNIKA

A 2012-re szóló »ÁRFELEZŐS ELŐFIZETŐ« akciónban  
Ön dönt, melyik kedvezményes lehetőséggel él!

**1. LEHETŐSÉG:** RÁDIÓTECHNIKA éves előfizetési díj **12.960 Ft** (12 x 1080 Ft),  
és kevesebb, mint fél áron, **2100 Ft** + postaköltségért küldünk  
majd Önnek 1 db 2013-as RT évkönyvet, 2012 novemberében.

**2. LEHETŐSÉG:** RÁDIÓTECHNIKA éves előfizetési díj **10.800 Ft**,  
a normál 12.960 Ft helyett, azaz csak **10 db lap** árát kell kifizetnie.

Az »Árfelezős előfizető« akcióban most is lehetősége van  
vagy **egyösszegben**, vagy **2 részletben** befizetni bármelyik fenti előfizetési díjat.

Rendeljen és küldjük a csekket! A csekket kérjük **OLVASHATÓAN** kitölteni!  
Kérjük, jelezze, ha számlát is kér az előfizetésről.

Tel./fax: 239-4932, 239-4933 1374 Budapest, Pf. 603  
[www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu) [hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu)

**Ne várjon! Csak jól járhat, bármelyik lehetőséggel él!**

© 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!



# A Titanic szikratávírója

Balás B. Dénes távközlési technikus, HA8BDE

A száz évvel ezelőtt, 1912 áprilisában első útján elsüllyedt Titanic gőzhajó tragédiája máig foglalkoztatja az embereket. Számos film készült a történetből, könyvek tucatjait írták és az időnként újra és újra megjelenő újságcikkekből, ugyancsak kitelne néhány kötet.

Más hajókat is ért katasztrófa a tengeren, évről évre elsüllyedtek utaszállító hajók, azonban egyszerre, ilyen sok ember; (a hivatalos jelentés szerint 1504 fő) békeidőben, addig még nem veszett oda.

## A Titanic végzetes útja

A világ legnagyobb hajójának számító (66 000 tonna vízkiszorítású) vadonatúj Titanic (1. ábra), 700 főnyi személyzettel a fedélzetén 1912. április 10-én kifutott Southamptonból, hogy a következő napon Cherbourgban és Kingstonban felvegyen 1500 utast és postát. Április 11-én, 14 órakor teljes sebességgel megindult New York felé, s a sebességet akkor is megtartották, amikor április 14-én figyelmeztetéseket kaptak, hogy északról jégmező és jéghegyek úsznak déli irányba a hajó tervezett útvonala elé. Április 14-én éjjelkor, egyébként tiszta, csendes időben, jéghegy bukkant fel a hajó előtt, amelyet a sötétben csak későn észleltek és a kormányos egy elkanyarodó manőverrel megpróbált kikerülni. A vízzáró rekeszekre osztott hajó alját oly hosszan szakította fel a jéghegy, hogy az ütközés pillanataiban egyszerre hat rekesz

elárasztása kezdődött meg. A hajó két óra múlva elsüllyedt, 22 mentőcsónakban mindössze 700 embert hagyva a felszínen.

A hamarosan odaérkező *Carpathia* segítő hajó a Titanic szikratávírójának hívására jött a helyszínre, ugyanakkor a jégveszély miatt veszteglő és a Titanic-tól csak pár mérföldnyire levő *Californian*-t (amelynek reális esélye lett volna a teljes létszám megmentésére) szikratávíron nem tudták elérni és a Titanicról fellőtt rakétákra sem reagált, mert személyzete lefeküdt aludni.

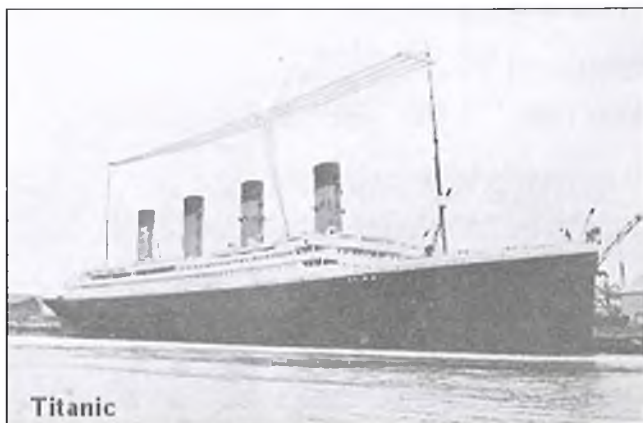
A megmenekült mintegy 700 ember közvetve mégis a szikratávíróknak köszönhetette az életét. A mentőcsónakokból az embereket – másnap reggel – az odaérkező *Carpathia* gőzhajó vette fel, az ugyancsak a helyszínre siető *Californian*-nak már csak a környék átkutatása maradt.

## A Marconi rendszer

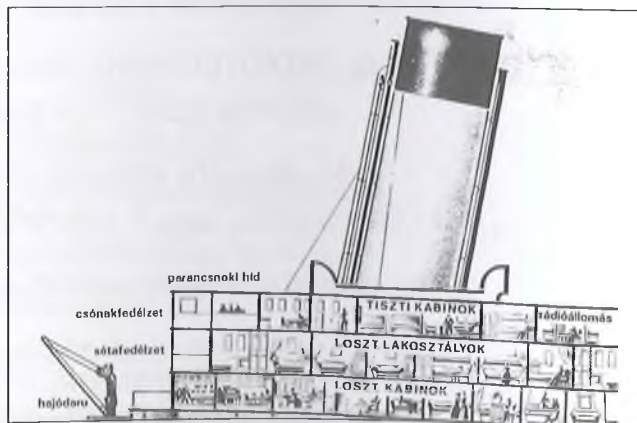
Marconi 1896-ban, az első szikratávíró bemutatóin vendégül látta a német császár személyes megbízásából Angliába érkezett *Adolf Slaby* egyetemi tanárt és asszisztensét *Georg Arco* gróftot. A két vendég, a hazájába visszatérve, hamarosan saját fejlesztésű szikratávírók gyártásába kezdett, majd 1903-ban részt vettek egy szikratávírókat gyártó cég alapításában. Ez a cég 1906-ban Telefunken néven újjaalakult s az idők során Marconiék egyik legnagyobb vetélytársa lett.

Marconi, látva a konkurencia kialakulását, a továbbiakban minden műszaki ötletét és munkatársai újításait azonnal szabadalmaztatta, megakadályozva mások számára a felhasználást. Távírárszait saját iskolájában képezte ki és szigorúan megkövetelte, hogy más rendszerű állomásokkal ne vegyék fel a kapcsolatot. A Marconi távírárszok csak Marconi állomásokkal levelezhettek, de a mindennapi életben sem beszélhettek senkivel a szolgálattal kapcsolatos, vagy pláne technikai részletekről. Többek között ezzel kívánta Marconi üzleti érdekeit megvédeni és konkurenseit hátrányos helyzetbe hozni. Egy zárt szikratávíró-rendszert hozott létre, amelynek hajózó állomásai egyrészt nem nyújtottak segítséget a rendszeren kívülieknek, másrészt nem is kérhettek segítséget más rendszerű állomásoktól. A Marconi rendszer állomásai még a hívójelükben is elkülönültek a többiek-től, a hárombetűs hívójelek első betűje mindig M-betű volt, ez jelezte a távírárszoknak, hogy Marconi állomással van dolguk.

A távírárszokat a Marconi Wireless Telegraph Co. Ltd.-nél, 21–25 éves korukban kezdték alkalmazni, és megkövetelték a 25 szó percenkénti adás-vételét Morse-kód szerint. Az életkor korlátozást azonban nem nagyon tartották be, mert úgy gondolták, minél fiatalabban tanul valaki, annál fogékonyabb. Sok távírársz már 19 vagy 20 évesen megkezdte tengerjáró karrierjét. Az úgynevezett civil szolgálati vizsga után



1. ábra. A Titanic fényképén jól látható a hatalmas, négy-szálás antenna



2. ábra. A rádióállomást a legfelső emeleten helyezték el, az első kémény mögött, több kis helyiségben



3. ábra. Ez a kép az „S.S. Franconia” gőzhajó rádió-kabinjában készült



4. ábra. Az egyetlen eredeti fénykép a Titanic rádió-kabinjából. Jobb szélén a csőposta vége látszik



5. ábra. Több forrás szerint ez a fénykép az Olympic rádió-kabinját mutatja. Brent rádiótiszt táviratot vesz. Hasonlít a James Cameron féle Titanic-rekonstrukcióhoz

a távírászok öt hónapos gyakorlóiskolára kerültek, a Liverpoolban berendezett Marconi Training School-ba, és csak a több hónapos gyakorlás után engedték őket hajóra.

Érdekes, hogy a Marconi távírászok gyakran lenézték a cégen kívüli távírászokat, mondván, hogy „nem hozzáértők”, vagy „nem befejezett tudásúak”. Ezekkel a minősítésekkel különösen az US Navy távírászait illették...

A Titanicon végzett távírász munka elemzéséből világosan látszik a két távírász kiképzésének irányultsága: azért vannak, hogy táviratokat adjanak-vegyenek, első az üzlet! A hajó biztonsága a kapitány és a személyzet dolga...

A Marconi távírászok mai szemmel nézve nagyon keveset kerestek, alaposan kihasználták őket. Azonban az ak-

kori kereseti viszonyok között mégis rangot jelentett Marconi-távírásznak lenni és a Marconi Társaság válogatható a jelentkezők között.

Phillips távírász havi 30 dollárt, Harold Bride havi 20 dollárt keresett és napi tizennégy órát kellett dolgozniuk. (A forrásként használt irodalomban jelentős eltérések találhatók a kereseteket illetően. Pl. egy másik cikk szerint utazásonként díjazták a távírászokat és Phillips 4 font 5 shillinget, Bride ennek a felét, 2 font 2 shilling 6 pennyt kapott egy-egy útra. Egy harmadik forrás szerint Bride 12 dollárt keresett havonta...)

Kisebb hajókon egyetlen távírászot alkalmaztak, aki néhány órára természetesen minden nap lepihenhetett. A Titanictól pár mérföldnyire, az éjszakára leálló *Californian* gőzhajó távírá-

szát, maga a kapitány küldte aludni, pihenje ki magát, mert most ügyis állnak... A *Carpathian* ugyancsak egyetlen távírász szolgált.

1912-re, vagyis a Titanic indulásának idejére, Marconiék már felhagytak azzal a gyakorlattal, hogy nem fogadták más rendszerű szikratávíró állomások hívásait, mert a hajótulajdonosok ezt súlyos hátránynak tartották az utasaik és hajójuk biztonsága szempontjából. Ugyanakkor az 1906-os berlini rádiókonferencia ajánlását az egységes nemzetközi vészjel (SOS) használatára, teljesen figyelmen kívül hagyták, továbbra is az általuk bevezetett és megszokott *CQD*-t használták. Elterjedt legenda, hogy a Titanic katasztrófánál használták a világon először az SOS jelzést. A legenda csak a Marconi



6. ábra. A rádióállomás rekonstruált képe, James Cameron Titanic-filmjéből





7. ábra. A rádióállomás rekonstruált képe, James Cameron Titanic-filmjéből

rendszerre igaz, ekkor történt, hogy egy Marconi állomás először használta az SOS jelzést, de a többi társaság távírászai, pl. a németek, már évekkal korábban alkalmazták.

### A Titanic szikratávíró állomása

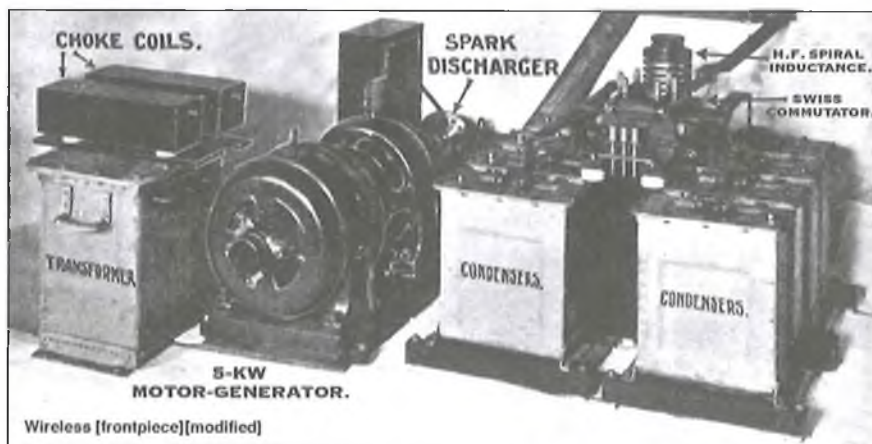
A Titanic gőzhajó szikratávíró állomását a Marconi cég rendezte be, de a berendezés a White Star Line tulajdonát képezte. Az állomás egy szobában és két fülkében helyezkedett el, a hajó legfelső fedélzetén, mintegy 16 méterre a kormányállástól, vagy ahogy nevezni szokás, a parancsnoki hídtól, azon a folyosón, amely a hídról a tisztek kabinjaihoz vezetett. A rádiószobából nyílt (függönnyel elválasztva) a távírárszok hálófülkéje. Egy szomszédos kis helyiségben, az úgynevezett „csendes szobában” pedig az üzemi szikraadót sze-

relték fel. A rádiószoba felülről, egy mennyezeti ablakon keresztül kapott természetes világítást. A távírárszok a tisztek fürdőszobáját és mellékhelyiségét használták, amely az összekötő folyosóról nyílt.

Az a fénykép, amely a Titanic rádiókabinjáról (pl. a Rakéta regényúj-ságban) megjelent (3. ábra), a valóságban a *Franconia* gőzös szikratávíró kabinját ábrázolja. (A *Franconia* szikra-adója 1,5 kW teljesítményű volt.)

A magyar Rakéta Regényúj-ságban 1987-ben a következő felirattal jelen meg ez a kép: „A Titanic távíró fülkéjében az utolsó percig kitar a két rádiós, Phillips és Bride” Más források szerint ez volt az *Olympic* rádiófülkéje. Az *Olympic* azonban tágasabb volt a hely, hasonlóan a Titanichoz.

A Titanic rádióállomásáról egyetlen rossz amatőrkép maradt (4. ábra), de



8. ábra. A Titanic adófülkéjébe felszerelt 5 kW-os berendezés



9. ábra. A Rotary Gap rotorja. (A Titanicon nem ilyen volt)

az *Olympic* rádió felszerelésének alapján (az *Olympic* testvérhajója volt a Titanicnak) legalább a technikai berendezésről fogalmat alkothatunk (5. ábra). A Titanic rádiókabinjának valódi elrendezése – mint kiderült a rekonstrukciós kísérletekből (6. ábra és 7. ábra) – az *Olympic* kabinjával azonos módon volt kialakítva.

A rádiós fülkében a távírársz asztala felett, a falra szerelve, kézzel elérhető magasságban a Marconi féle mágneses detektort helyezték el, ez alatt az asztalon állt a rezgőkörököt tartalmazó Marconi–Franklin féle hangoló készlet, amely a hullámhosszra hangolást szolgált. A fejhallgató a mágneses detektorhoz csatlakozott. Ezek képezték a vevőkészülék részeit. Ugyancsak az asztalon – természetesen a távírársz keze ügyében – volt a Morse-kulcs, vagy közkeletű elnevezéssel a Morse-billentyű. A falra szerelt erősáramú kapcsolótábla a szomszédos kabinban elhelyezett 5 kW-os motorgenerátor (8. ábra) üzemeltetéséhez szolgált és áramellátását a hajó világítási hálózatáról vették.

A motorgenerátor és a szikrák jelentős zaja, valamint erős ózontermelése miatt volt szükség arra, hogy ezt a berendezést egy külön, hangszigetelt fülkében, a falhoz rögzített állványra helyezték el. Az ellenállások fejhallgató vételéhez a távírársznak csendre volt szüksége.

A motorgenerátor után kapcsolt transzformátor állította elő a szikrákhoz szükséges nagyfeszültséget, amelyet a forgó szikraközkhöz vezettek. A szikraköz forgó tárcsája (9. ábra) a motorgenerátor tengelyére volt szerelve, ami lehetőséget adott a generátorból kijövő váltakozó feszültség maximumának és a szikraköz helyzetének



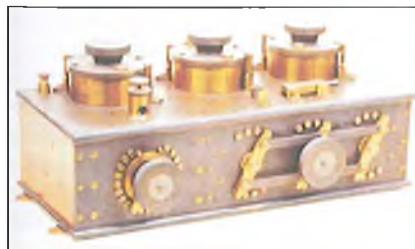


10. ábra. Mágneses detektor. Technikai Múzeum, Milano

szinkronizálására. (Ezt korábban Fessenden alkalmazta szikraadójában.) A motorgenerátor szabályzója is a csendes szobában volt elhelyezve, ezért a másodtávírasznak gyakran kellett átmennie oda, hogy beállítsa az adót. A beállítás idején az első távírász V-betűket adott, míg a másodtávírász kezelte a szabályzót és figyelte a keletkező szikrákat, valamint az antenna áramkörbe bekötött izzólámpát. Ezen követni lehetett, hogy jó-e a beállítás, elegendő energia jut-e az antennára. Ahol csak egy távírászt alkalmaztak, a szabályzót a rádiókabinban helyezték el, legtöbbször az adóval együtt. (Előzőleg a hajókon általában 1,5 kW-os adókat építettek be, ezért a Titanic szikratávírója különösen erősnek számított.)

A Titanic szikraadója egyébként az ugyancsak Marconi szabadalmat képező úgynevezett „Rotary Gap” rendszerű forgó szikraközzel működött (9. ábra). Ez a forgó szikraköz egy villamos motorral hajtott fémtárcsa volt, amelynek a peremére fém rudakat csavaroztak. Ezek a rudacskák kerültek a tárcsa forgásának megfelelően a szikraköz két gömbje közé, hogy a szikrázást ellenőrizhetővé és szabályossá tegyék.

Abból az alkalmából, hogy a Titanic-kiállítás Budapestre érkezett, 2007. szeptember 1-én az RTL-klub tévéállomás Titanic-napot tartott. James Cameron eredeti videófelvevételeit mutatták be a 4000 méter mélyen fekvő és fokozatosan romló állapotú Titanicroól. A fény-



11. ábra. Marconi-Franklin-féle hangolóegység. (Technikai Múzeum, Milano)



12. ábra. Az ún. „Titanic-rádióállomás” alkatrészei (Technikai Múzeum, Milano)

képező robot behatolt a Marconi-szobába, pontosabban az adóberendezést rejtő ún. „csendes-szobába”, ahol a lerakódott szennyeződés alatt világosan felismerhető az 5 kW-os motorgenerátor-gépcsoport és a falra szerelt két fokozatkapcsoló.

A rádiókabin asztalán (vagy az asztal feletti polcon) volt egy hagyományos szikrainduktor, a régi Marconi ál-

lomások tipikus adóberendezése, ez szolgált tartalék (vész-) berendezésként, ha az 5 kW-os adó tönkrementen vagy táplálása megszűnne. Ennek áramszükséglete viszonylag csekély volt, néhány akkumulátorral 0,5–1 órát valószínűleg üzemelni tudott. A vész-tartalék berendezéshez külön akkumulátor telep tartozott, amely a hajó villamos hálózatától független volt.



13. ábra. A [www3.telus.net/radiomuseum/spark.htm](http://www3.telus.net/radiomuseum/spark.htm) forrás szerint a képen a Carpathia hajó rádiószobája látható. A kiállított alkatrészek között ugyan van néhány, amelyik hasonló a Titanicon használtakhoz, egészében azonban a képen különböző korokból összegyűjtött készülékek kiállítása látható





14. ábra. George C. Scott 1996-ban készült televíziós „Titanic” filmjében a rádiószoba ún. „eredeti” Marconi berendezése. Nem sok köze van a valósághoz. (A [www3.net/radiomuseum/titanic.JPG](http://www3.net/radiomuseum/titanic.JPG) című forrásból)

A főberendezések egyébként a hajó egyenáramú hálózatáról, akkumulátortelepről kapták az áramellátásukat, ezzel magyarázható, hogy a kazánház elárasztása után még sokáig működött a rádióállomás. (01.35-kor adták le azt a közleményt, hogy „kazánház elárasztva” és 02.05-kor még forgalmaztak. A megmenekültek elbeszélése szerint a hajó helyiségeinek lámpái még a víz alatt is világítottak egy ideig, csak közvetlenül az elsüllyedéskor lett sötét.)

Az eredeti berendezés maradványai a tenger fenekén nyugszanak, de sorozatgyártású berendezésről lévén szó, a Marconi cég egyéb állomásairól meglehetősen sok ún. „Titanic-alkatrész” került a múzeumokba. Elsősorban vevő alkatrészek: mágneses detektorok (10. ábra), Marconi–Franklin rezgőkörök (11. ábra), fejhallgatók, továbbá bil-



16. ábra. John Georg Phillips

lentyűk maradtak meg, de látható néhány helyen a Marconi féle „Rotary Gap” forgótárcsája is.

A szerzőnek a milánói Technikai Múzeumban sikerült egy garnitúrát lefényképeznie (12. ábra), de készítettek rekonstruált Titanic-rádiósobát az Egyesült Államokban, a Virginiai Tengerészeti Múzeumban, a neten is találunk valamiféle rekonstrukciót (13. ábra), továbbá az egyik Titanic-film, James Cameron mozija részére is készült rádiós szoba. Ez utóbbi meglehetősen jónak, elfogadhatónak tűnik (6. és 7. ábra). Egy másik Titanic-tévéfilmhez is készült rádiós szoba utánzat (14. ábra).

A rádióállomáshoz tartozott a két árboc közé, 70 méter magasan a víz felett kifeszített, 4 szál huzalból álló „T”-antenna, amely a hajó 290 méteres teljes hosszához arányítva mintegy 200 méter hosszú lehetett (1. ábra).

A rádiószoba kétféle módon is kapcsolatban állt a hajó egyéb részeivel: a hajó 50 vonalas telefonközpontjából az egyik telefonállomást ide szerelték fel, tehát elérhették a hidat telefonon is. A másik kapcsolat egy pneumatikus csőposta berendezés volt (4. ábra), amely az úgynevezett „Információs pulthoz”



17. ábra. Harold Bride

vezetett az I. osztály bejáratának közelében. Ennél a pultnál lehetett táviratokat díjfizetés ellenében feladni, aztán a pultos innen küldte fel a csőpostával a táviratokat leadásra a rádiószobába. Az utasok részére beérkezett táviratokat ugyancsak a csőpostával küldték a pulthoz, ahonnan kézbesítették azokat.

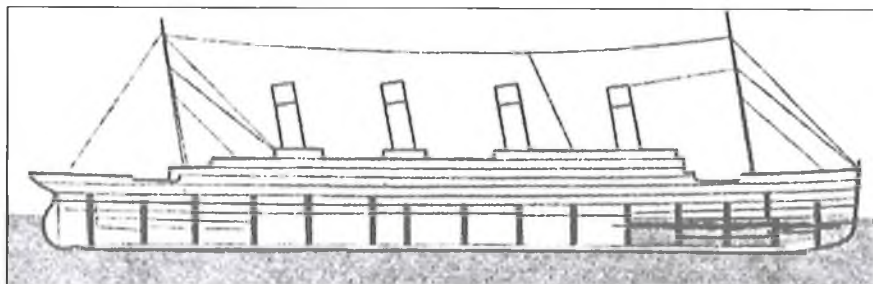
A szikratávíró-felszerelés garantált munkakörzete 250 tengeri mérföld volt, azonban a gyakorlat alapján a Marconi-cég az adást nappal 400 mérföldben, éjszaka 2000 mérföldben határozta meg.

### A Titanic távirásza

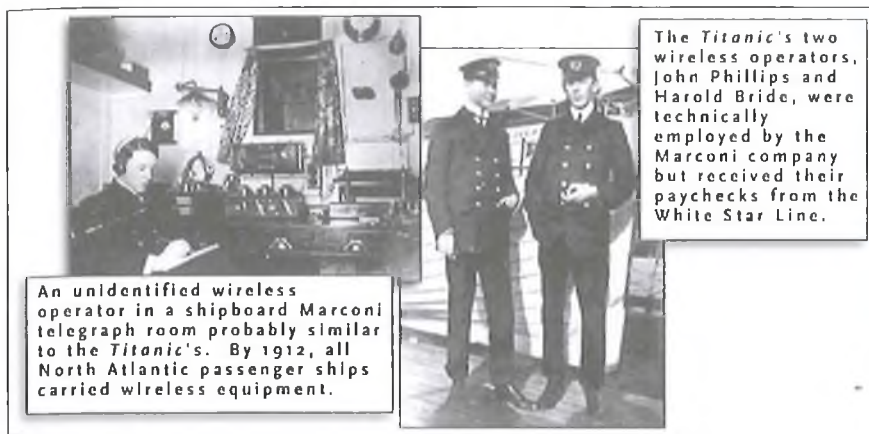
A távirászokat rádió tisztnek is nevezték, az irodalomban sok helyen olyan (R/O = Radio Officer) szövegezéssel lehet találkozni, hogy Harold Bride „második rádiós tiszt” a Titanicon... stb.

A Marconi Társaság két kiképezett és jó minőségű távirásza, a 25 éves *John George Phillips* (16. ábra) és a 21 éves *Harold Sidney Bride* (17. ábra) kerültek a vadonatúj hajóra. Phillips vezető távirásként, Bride pedig második távirásznak beosztva.

Phillips a Godalming Grammar School elvégzése után átment a Civil Szolgálat vizsgáin és elhelyezkedett távirásként a helyi postahivatalban. 1906 tavaszán került Marconiék liverpooli gyakorló iskolájába, majd augusztusban Junior Radio Officer-ként a White Star Line *Teutonic* nevű hajójára osztották be. A következő két évben szolgált a *Lusitania*, *Mauritania*, *Campania* és *Oceanic* nevű hajókon, majd 1908-ban áthelyezték Clifdenbe, (Írország) a Marconi Transatlanti Társaság nagy állomására. Itt a kanadai



15. ábra. Az antennabevezetés (tápvonal) mutatja a rádióállomás helyét a két első kémény között, a kormánysház-fedélzeten



An unidentified wireless operator in a shipboard Marconi telegraph room probably similar to the *Titanic's*. By 1912, all North Atlantic passenger ships carried wireless equipment.

The *Titanic's* two wireless operators, John Phillips and Harold Bride, were technically employed by the Marconi company but received their paychecks from the White Star Line.

18. Korabeli Marconi állomás hajón és a két távírász a *Titanicon*

Glace Bay állomással váltottak táviratokat hatalmas mennyiségben. 1911-ben Phillips visszatért a tengerre és alkalmazást kapott az *Adriatic* nevű hajón.

1912 márciusában Belfastban, mint jó képeztetésű, tapasztalt távíráaszt, megbízták a vadonatúj óriáshajó, a *Titanic* rádiószolgálatának vezetésével.

Phillips ekkor igen jó tempóban, 39 szót tudott leütni percenként, bár ez nem volt különösen kiemelkedő, mert a *Titanic*-történet egy másik szereplője, a *Carpathia* távírásza, *Harold Thomas Cottam* ugyanennyit tudott.

A Hull-i (más forrás szerint Nunhead-i) születésű Bride 1911 júliusában került a Marconi iskolába, majd a gyakorlóidő után a *Hoveford*, *La Franc*, *Anselm* és *Lusitania* hajókon dolgozott.

Phillips ismerte és kedvelte Bride-ot, és az ő kérésére, ajánlására került a *Titanicra* második rádió tisztnek. Bride 25 szót tudott forgalmazni percenként.

A két távíráznak kellett elvégezni az új berendezés kipróbálását. A hajó próbaútján, 1912. április 2-án, az Írország északi partjánál létesített *Malin Head* parti állomást (hívőjele MH) és Liverpoolt hívták, (ténylegesen az LV hívőjelű *Seafort* nevű állomást), hogy a berendezés hatásos működéséről meggyőződjenek. A próbaúton a szikratáviró szinte állandóan használatban volt, Smith kapitány folyamatosan küldte a jelentéseket Liverpoolba *Bruce Ismay* igazgatónak.

Miután a berendezést beállították és kifogástalanul dolgozott, április 3-án kipróbálták nagyobb távolságra is: Teneriffe parti állomással (2000 mérföld) és Port Saiddal (3000 mérföld) létesítettek kapcsolatot.

A próbaút után, április 3-án a hajó Southamptonban kötött ki és a két távírász pár nap szabadságot kapott, majd április 6-án Phillips, 9-én este pedig Bride ismét behajózott (18. ábra).

Április 10-én, a kifutás napján már mindketten korán fenn voltak és az utolsó ellenőrzéseket végezték. A szolgálatbeosztásban úgy egyeztek meg, hogy Phillips a főnök, ő van ügyeletben 20 órától 02-ig, Bride pedig 02-től reggel 8-ig. Nappal mindketten szolgálatban voltak, kölcsönösen leváltva és segítve egymást, szükség szerint (19. ábra).

### Az utas-táviratok forgalma

Az utasok által feladott táviratokat az ún. információs irodánál kézzel írták egy blankettára és ott helyben kellett kifizetni. Az első tíz szó 12 shilling 6 penny, utána szavanként 9 penny. Ez jelentős összeg volt 1912-ben...

A beérkező táviratokat is kézzel írta le az ügyeletes távírász, a másik távírász pedig írógéppel átirta egy ún. távirat-blankettára (távirati űrlapra). A távirati blankettákat azután a pneumatikus csőposta hozta-vitte a rádiószoba és az információs iroda között. Minden munkanap végén, amikor a távirat-továbbítást beszüntették, egyeztették a leadott szavak számát az információs iroda pénztárosával.

A navigációra vonatkozó üzeneteket vagy a kapitánynak szóló táviratokat közvetlenül kézbesítették a hídra. Így a második távírász is meglehetősen elfoglalt volt, részben a táviratok gépelesével és esetlegesen a kézbesítéssel kellett foglalkoznia. Abban a 36 órában, amely az elindulástól a balesetig eltelt, a *Titanic* távírászai 250 utas-táviratot vettek illetve adtak.



19. ábra. A két távírász James Cameron *Titanic*-filmjében

### A havária

Az indulás utáni negyedik napon sorban érkeztek a jégveszélyre figyelmeztető táviratok.

Először délelőtt a *Caronia* nevű hajó jelzett jeget az északi szélesség 42°-a és a nyugati hosszúság 49–51°-a közötti területen. Majd 13.42-kor a *Baltic* jelentkezett, hogy jeget talált É 41°51' és Ny 49°52' területén.

Pár perc múlva, 13.45-kor az *Amerika* jelentése szerint jég található É 41° 27' és Ny 50°08' területen.

19 óra 30-kor a *Californian* jeget jelentett É 42°03'-nál.

19 óra 40-kor a *Mesaba* közölte: „A *Titanic*nak és minden nyugat felé haladó hajónak! Az É 42–41°25' és Ny 49–50°30' közötti területen nagytömegű jégtömböket, sok jéghegyet és jégmezőt látni. Az idő jó, tiszta.”

Ezekből a jelentésekből négyet kézbesítettek *Smith* kapitánynak, aki például az utolsót – Bride elmondása szerint – átadta a mellette álló *Bruce Ismay*-nak, aki egyszerűen zsebre tette. A hajó változatlan, 22,5 csomó sebességgel, irányváltoztatás nélkül haladt tovább, egyenesen a jégmezőnek.

A víz és a levegő hőmérséklete óráról órára csökkent, a tiszték számára is nyilvánvaló volt, hogy jégmező, jégtáblák felbukkanása várható.

21 órakor *Lightoller* második tiszt ú. „jégügyelésre” utasította az árbocokosárban ülő figyelőket.

23 órakor, a jégmező szélén álló *Californian* távírásza, közvetlen közléről adott jégveszélyre vonatkozó közleményt a *Titanic*nak. Phillips majd bele süketült a hangos jelekbe, ingerülten válaszolta, hogy *Californian* szakítsa meg adását, mert ő kapcsolatban áll *Cape Race* parti állomással.

Negyven perccel később, (1912. április 14-én 23.40-kor) a hajó nekiütközött egy jéghegynek, majd megállt.



Bride éppen aludt, 23.55-kor felébredt és felajánlotta, hogy átveszi a szolgálatot Phillipstól, aki addigra elfáradt a rengeteg távirat továbbításában. Bridenek csak az éjszaka közepén kellett volna szolgálatba lépnie, de látva társa fáradtságát, maga ajánlotta, hogy leváltja.

Az ütközést egyébként alig lehetett észrevenni, így Bride azt a tájékoztatást kapta társától, hogy a hajót valami sérülés érte, valószínűleg vissza kell fordulniuk Belfastba. Bride átvette a fehallgatót, Phillips pedig bebújt a hálófülkébe és készült lepihenni. A békés jelenetet *Smith* kapitány megjelenése bontotta meg:

„Jéghegybe ütköztünk. Szemlét tartunk és döntünk a teendőkről. Készüljön fel a vészjelzések leadására. De ne jelezzen semmit, amíg nem szólok!”

Phillips kijött a hálófülkéből, és mivel ő volt a tapasztaltabb távirász, ismét ő vette át a szolgálatot Bride-től.

Pár perc múlva *Smith* kapitány bedugta a fejét az ajtón és utasította Phillipset: „Adja le a segélykérő jelzést!” Phillips visszakérdezett, hogy szabályszerű vészjelzést adjon-e le?

„Igen, mégpedig azonnal!” – válaszolta *Smith* kapitány. Átadott Phillipsnek egy papírszeletet, melyen a hajó helyzetét jelentő számok voltak.

Éjfél után 15 perccel, tehát az ütközés után mintegy 25 perccel, adták le az első vészjelzést (21. ábra). (Walter Lord: A Titanic pusztulása című könyvéből.)

Phillips még pizsamában volt és fázott, miközben adta a vészjelzéseket. Bride öltöztette fel, még a csizmáját is felhúzta és egy mentőmellényt adott rá.



22. ábra. A Cunard Line „RMS Carpathia” nevű transzatlanti gőzöse

Pár percre Phillips kiment a fedélzetre, hogy személyesen tájékozódjon és fejcsóválva tért vissza: „Furcsa dolgok vannak odakinn.”

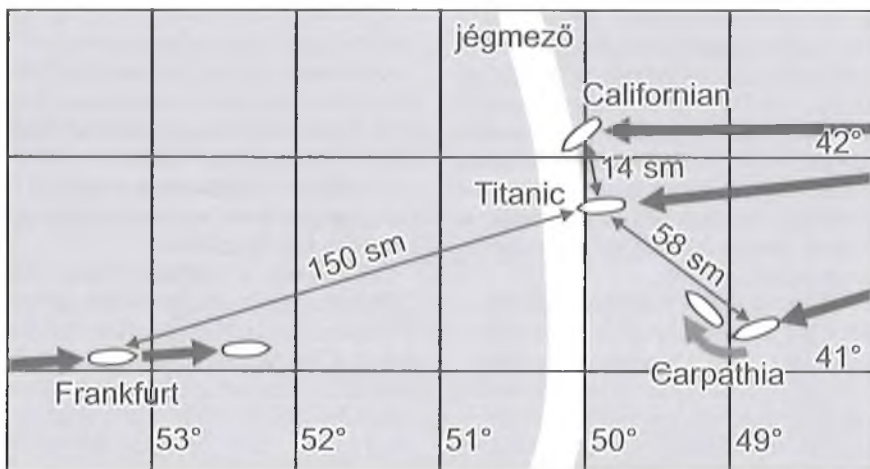
Tovább adta a vészjeleket egészen addig, míg meghallották, hogy a víz bugyogva tör fel a lépcsőház felől és ellepi a folyosó végén a hidat. Ekkor a két távirász kirohant a fedélzetre. Phillips a hajófar felé mászott az erősen megdőlt fedélzeten és pár perccel később a hajóval együtt a tengerbe veszett.

Bride az egyik, („B” jelzésű) összecsucskható mentőcsónakhoz ment és segíteni próbált annak vízrebocsátásánál. A csónakkal együtt, annak egyik evezővillájába kapaszkodva sodródott a tengerbe, olyan szerencsétlenül, hogy az elszabadult és felfordult „B” csónak alá került. Nem sérült meg, de ott vergődött a teljes sötétségben a csónak alatt, majd a csónak pereme alatt átúszva, a csónak mellé került és a végénél felkapaszkodott rá. A csónakra egyre többen másztak fel, a stabilitása romlott

és egyre mélyebbre süllyedt. Így csurom vízesen kuporgott a többiekkel együtt, a fagypont körüli hidegben a csónak gerincén, amely egyre mélyebben merült a vízbe. Egy idő után valamennyien felálltak és az egyik hajótiszt – Lightoller – vezetésével, állva egyensúlyoztak a csónak tetején. Rettenetesen fáztak, hiszen valamennyien a vízből kerültek a csónak gerincére illetve fenekére. Lightoller megkérdezte Bride-ot, hogy milyen hajók vannak a közelben, majd kiszámította, hogy a *Carpathiának* hajnalra oda kell érnie. Ez reményt és bátortást adott a társaságnak. Később felvette őket a 4-es és a 12-es számú mentőcsónak, de addigra Bride mindkét lábán fagyási sérüléseket szenvedett úgy, hogy a *Carpathián* ágyba kellett fektetni, mert ápolásra szorult.

Az *RMS Carpathia* a Cunard Line (Egyesült Királyság) transzatlanti gőzöse volt (22. ábra). Amint kapitánya, *Arthur Henry Rostron* értesült a katasztrófáról, a Titanic felé fordította a hajóját, és a szolgálati sebesség helyett maximális sebességgel (14 csomó/25,5 km/óra helyett 17 csomóval) közeledett felé. Ekkor a két hajó távolsága még 93 km volt. A lehető legnagyobb haladási sebesség, a maximális gőznyomás érdekében leállította a kabinfűtést és a melegvíz szolgáltatást a *Carpathián*. Minden tekintetben felkészült a bajba jutottak kimentésére, elhelyezésére, első ellátására (forró kávéval, levestel, takarókkal stb.).

A Titanic utolérése 3,5 órába került, s hajnali 4 órára érkezett a helyszínre. Ekkorra már az óceánjáró elsüllyedt. A *Carpathia* a fedélzetére 705 utast és tengerészt vett fel. A hajó magyar származású orvosa, *Dr. Lengyel Árpád* irányította a túlélők ellátását. A hipotermia problémája mellett rengeteg se-



21. ábra. Térkép a mentőhajók távolságával 00.15-kor, a vészjelzés leadása pillanatában illetve későbbi útvonalával (sm = tengeri mérföld, 1 sm = bármely meridiánon mérve 1 szögperc távolság = 1852 m)



23. ábra. Bride-ot partra viszik

besült, törést és zúzódást szenvedett utas szorult ugyanis azonnali orvosi segítségre.

1912. április 18-án este, zuhogó esőben érkezett a gőzös a megmentett emberekkel New York kikötőjébe.

Bride hamar magához tért a *Carpathia*n és ragaszkodott ahhoz, hogy segítsen Cottamnak a táviratok leadásában. Nagyon fontos volt a megmenekült 700 ember nevét tartalmazó lista elküldése New Yorkba, hogy a hozzátartozókat megnyugtassák. A két Harold felelősen válogatott a fontos és kevésbé fontos táviratok között.

New Yorkban, bár lába fagyása miatt ölbek vitték ki a hajóról (23. ábra), Bride-ot megrohanták az újságírók, s ő elmondta kalandjait a legjobb tudása és emlékezete szerint. Az utolsó, legragikusabb perceket így mesélte el:

„Iszonyatosan megdőlt az egész hajótest... Nem is tudom, hogyan volt képes Phillips közben dolgozni. Odaszólt nekem, hogy gyengülnek a távirójelek... A kapitánytól megtudtuk, hogy a gépek már víz alatt állnak és a szivattyúk felmondták a szolgálatot. Ekkor kaptunk összeköttetést az *Olympic* hajóval és kétségbeesetten közöltük, hogy süllyed a hajó, nagyon gyorsan süllyed... Míg Phillips a vészjeleket adta, mentőövet csatoltam a derekára és azon gondolkodtam, hogyan vihetném valamelyik mentőcsónakhoz. Rám szólt, nézzem meg, beszállt-e már min-

denki a csónakokba. Rövid idő múlva visszafutottam hozzá és közöltem vele, hogy már senki sincs a fedélzeten. Ekkor a kapitány üzenete érkezett: „Emberek, mindenki tehetek. Hagyjátok el most már a kabint. Segítsetek magatokon. Felmentelek benneteket minden további szolgálat alól.”

Phillips tovább adta a vészjeleket, körülbelül még tizenöt percig azután, hogy a kapitány bennünket is menekülésre szólított fel. A távirófülke teljesen víz alatt állt. Visszarohantam a kabinba Phillips pénzéért. Egyszer csak azt láttam, hogy valaki Phillipshez mászik. Hátról lopakodott és amikor odaért, lekapta derekáról a mentőövet. Phillips szinte tébolyodottan adta még ekkor is a vészjeleket, talán észre sem vette, milyen aljasság történik vele. Én ordítottam rá.

Azt a gazembert, aki a mentőövet lerántotta a derekáról, fejbe vágtuk. Az is lehet, hogy agyonvertük. A hajó farán még mindig szólt a zene, valami népdalt játszottak. Phillips most arrafelé vánszorgott. Többé nem láttam...” (Jacot és Collier: Marconi az éter varázslója című könyvéből.)

A kissé pontatlan mese magán viseli a leíró újságírók és a tájékozatlan fordító túlzásait. Walter Lord könyve, „A Titanic pusztulása” jóval pontosabb képet ad.

### Vészforgalmi üzenetek

1912. április 15-én – a Titanic helyi ideje szerint – szikratáviróval számos üzenetváltás történt a Titanic-ról, illetve vele kapcsolatban más állomásokról is. Ezeket az üzeneteket a Marconi társaság gyűjtötte össze, az Egyesült Királyság Kereskedelmi Minisztériuma hivatalos érdeklődésére, a hajó elvesztése után. Az időpontok nem teljesen pontosak, hiszen a Titanic jegyzőkönyve nem maradt meg és sok távirás csak emlékezetből tudott felvilágosítást adni.

A magyarázatokat az angol-amerikai szerzők (pl. *Glenn Dunstan*) fűzték hozzá a szöveghez. (A fordítás a szerzőtől.)

00.15 A Titanic adása: CQD de MGY pos: 41°44'N, 50°24'W. A *La Provence*-on és a *Frankfurt*on veszik a Titanic első vészjeleit, a Titanic leadja a pozíciókat *Frankfurt*nak. A válasz: „O.K. készenlétben állok”. A *Mount Templén* hallják a Titanic CQD



24. ábra. Harold Thomas Cottam, a *Carpathia* távirásza

adását. A pozíciót kérik leadni. Titanic: Kapitányunk közli, pozíciónk 41°46'N, 50°24'W. A Cape Race parti állomás hallja a Titanic adott pozícióját: CQD 41°44'N 50°24'W-nél.

00.18 A *Ypiranga* hallja a Titanic adását: CQD pozíció 41°44'N, 50°24'W. A Titanic segítséget kér. 10-szer ismétlik a segélykérést.

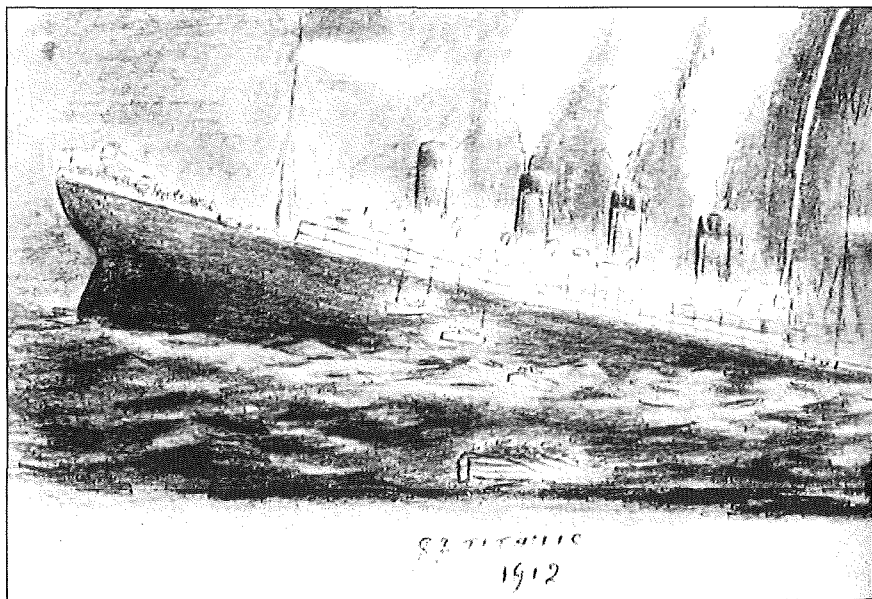
00.25 A *Carpathia*-ról Cottam távirásza (24. ábra) hívja a Titanicot: „Tudod, hogy *Cape Cod*-nak egy halom üzenete van részre?” A Titanic: „Gyertek gyorsan. Nekiütöztünk egy jéghegynek. Ez egy CQD (vészjelzés) öregem. Pozíciónk 41°46'N, 50°14'W. A *Carpathia*: „Mondjam a kapitányunknak? Kértek segítséget?” A Titanic: „Igen, gyertek gyorsan.” A *Titanicon Boxhall* negyedik tiszt beviszi a pontosított pozíció adatokat a rádiószobába. Titanic: CQD de MGY, itt a mi pontos pozíciónk: 41°46'N 50°14'W. Kérünk sürgős segítséget. Összeütöztünk egy jéghegyvel. Süllyedünk. (Leadva 15-20-szor.) *Ypiranga* vette. A *Cape Race* parti állomás hallja a Titanic pontosított pozícióját, próbálja hívni, de a Titanic nem válaszol. A rádiókabinban nem hallanak semmit, mert a gépház



- mérnökei elengedték a gőzt a kazánokból, ami hatalmas sivi-tással, zajjal jár.
- 00.26 A *Friedrich Wilhelm* a Titanicnak: MGY de DKF pozíció: 39°47'N, 50°10'W. Titanic: „Önök jönnek hozzánk? Össze-ütköztünk egy jégheggyel és süllyedünk. Kérjük közölni a Kapitánnyal.” DKF: „O.K. Mondjuk neki.”
- 00.27 A Titanic adásai folytatódnak: „Kérünk sürgős segítséget, jégheggyel ütköztünk. Pozíció: 41°46' N, 50°14'W.
- 00.30 A *Caronia*: CQD (általános felhívás) és *MBC Baltic* hajónak hívás: CQD, az MGY (Titanic) ütközött jégheggyel, sürgős segítséget kér. A *Mount Temple* még mindig hallja MGY CQD adását. Kapitányuk megfordítja a hajót. Ők ekkor 50 mérföldnyire vannak a Titanictól.
- 00.34 A *Mount Temple* hallja *Frankfurt* adását Titanicnak: *Frankfurt* pozíciója: 39°47'N, 52°10'W. A Titanic a *Frankfurt*nak: „Jöttök hozzánk segíteni?” A *Frankfurt*: „Mi a baj nálatok?” A Titanic: „Jégheggyel ütköztünk és süllyedünk. Kérjük a kapitánnyal közölni.” *Frankfurt*: „O.K. Továbbítjuk a hídra.” Titanic: „O.K. Igen, gyorsan.”
- 00.45 A Titanic hívja az *Olympic*-ot: SOS de MGY. Az *Olympic* a Titanic testvérhajója s ekkor 500 mérföld távolságban van, útban Anglia felé. (A közlő szerint ez az első alkalom az SOS jelzés használatára. Ez egyébként nem igaz, csak a Marconi társaság történetében az első alkalom. – B. D.) *Bride* távirás szinte tréfásan ajánlotta *Phillips*nek: „Lehet, hogy ez az utolsó alkalmad leadni az új jelzést.”
- 00.50 A Titanic további CQD hívásai: „Kérünk sürgős segítséget. Pozíció: 41°46'N, 50°14'W.” Vette a *Celtic*.
- 00.53 A *Caronia* a *Baltic*nak és SOS: „MGY (Titanic) CQD 41°46'N, 50°14'W. Szüksége van sürgős segítségre.”
- 01.00 A Titanic vészjeleket ad. A *Cincinnati* válaszol. A Titanic a *Cincinnati*nak: „MGY pozíciója 41°46'N, 50°14'W. Segítség DDC-től nem szükséges.” Nem sokkal ezután az *Olympic* válaszol a vészjelzésre.

- 01.00 A Titanic az *Olympic*nak: „Pozíció: 41°46'N, 50°14'W. Neki-mentünk egy jégheggyel.”
- 01.02 A Titanic hívja az *Asian*-t: „Szükségünk van sürgős segítségre.” Az *Asian* válaszol: „Vetem a Titanic pozícióját 41°46'N, 50°14'W-nél, hogy ő (a Titanic) veszélyben van. Továbbítom a hídnak.” Kapitánya utasította, hogy Titanic pozícióját ismételje.
- 01.02 A *Virginian* hívásai a Titanichoz: nincs válasz, a Titanic nem felel. A *Cape Race* közli a *Virginian* kapitányával: „A Titanic jégheggyel ütközött és sürgős segítséget kér.”
- 01.10 A Titanic az *Olympic*-nek: „Összeütköztünk jégheggyel. Süllyedünk orral (elejével) lefelé. Pozíció: 41°46'N, 50°14'W. Jöjjetek lehetőleg hamar.” A Titanic az *Olympic*-nek: „A kapitány kérdezi: Az önök hajója kész segíteni? Mi az önök pozíciója?”
- 01.15 A *Baltic* a *Caronia*-nak: „Kérem továbbítani Titanicnak, hogy irányban vagyunk felé.”
- 01.20 A *Virginian* veszi a *Cape Race* közlését a Titanic részére: „Indulnak neki segíteni. Pozíciójuk 170 mérföld N. a Titanictól.”
- 01.25 A *Caronia* a Titanicnak: „*Baltic* jön hozzád segíteni.”
- 01.25 Az *Olympic* adja pozícióját Titanicnak: „4.24 GMT-kor 40°

- 52' N, 61°18'W.” és kérdezi: „Tudtok dél felé kormányozni és velünk találkozni?” A Titanic válaszol: „Az asszonyokat csónakba küldtük.”
- 01.27 A Titanic : „A csónakokba szállítjuk be az asszonyokat.”
- 01.30 A Titanic adja az *Olympic*nek: „Beszállítjuk az utasokat csónakokba.” „Asszonyok és gyerekek csónakban, nem tudunk ki-tartani sokáig.”
- 01.35 Az *Olympic* kérdezi a Titanictól: „Milyen időjárás van nálatok? A Titanic válaszol: „Tiszta és szélcsend.”
- 01.35 A *Baltic* veszi a Titanic adását: „Gépház elárasztva.” *Smith* kapitány éppen a rádiószobába látogatott és tanácsokat adott *Phillips*nek és *Bride*-nek.
- 01.35 A *Mount Temple* veszi a *Frankfurt* adását: „Önöknél már minden csónak a hajó körül van?” Nincs válasz.
- 01.37 A *Baltic* a Titanic-hoz: „Sietünk hozzátok.”
- 01.40 Az *Olympic* a Titanichoz: „Képesek minden kazánt gyorsan kioltani?”
- 01.40 (25. ábra) A *Cape Race* a *Virginian*nak: „Kérem megmondani a kapitánynak: Az *Olympic* siet gyorsan a Titanichoz, azonban az ő pozíciója 40°32'N, 61°18'W. Önök sokkal közelebb vannak a Titanichoz. A Titanic-on már csónakba szálltak az asszonyok és



25. ábra. Leo James Hyland hajópincér vázlat: felröppen az utolsó fehér rakéta, még alábocsátanak néhány mentőcsónakot. Ez az 1 óra 40 perc körüli állapot

szerintük (a Titanic szerint) az időjárás ott csendes és tiszta. Az *Olympic* csak hallomásból tudja, hogy „Elindult a segítség a Titanichoz.” A többieknek sokkal hosszabb útjuk van a Titanichoz.”

01.45 Az utolsó jelek hallhatók a Titanicról a *Carpathia*-nak: „Gyertek a lehető leggyorsabban, öreg fiú, a kazánok és gépház elárasztva.”

01.45 A *Mount Temple* veszi a *Frankfurt* hívását a Titanichoz. A Titanic nem válaszol.

01.47 A *Caronia* hallja a Titanicot, de jelei olvashatatlanok. A *Virginian* is hallja, hogy a Titanic adása nagyon gyenge, az erőssége észrevehetően csökkent.

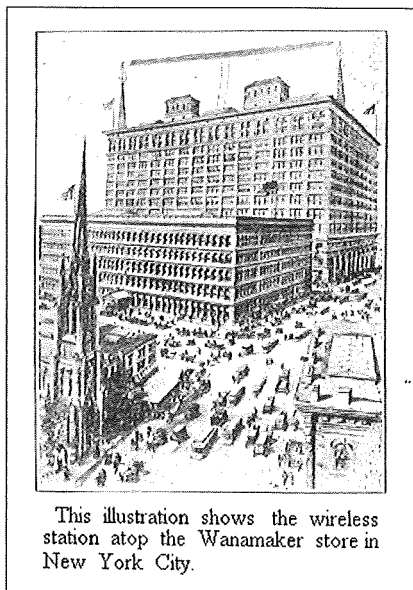
Smith kapitány 02.05-kor látogatást tett a rádiószobában és a távirászkokat felmentette: „Emberek ti megtettétek a kötelességetek. Nektek többet nem kell tennetek. Elhagyhatjátok a kabint – most mindenki magát mentse.” Phillips felnézett egy pillanatra és aztán újra a készülékek fölé hajolt. Smith kapitány megpróbálta ismét: „Te vigyázz saját magadra. Én felmentelek Téged.” Majd kiment a rádiószobából. Phillips folytatta az adást.

01.48 Az *Asian* hallja a Titanic SOS hívását. Az *Asian* felel, de a Titanic nem válaszol. A *Frankfurt* hívja a Titanicot: „Mi a baj veletek?”

01.50 A Titanic a *Frankfurt*-nak: „Te bolond, légy véteklész, de maradj kívül.” (A rádiókapcsolaton kívül. – B. D.) A *Caronia* hallja a *Frankfurt* forgalmazását a Titanic-kal. A *Frankfurt* a pozíció alapján 172 mérföldre volt a Titanictól, amikor az az első SOS-t leadta.

01.55 A *Cape Race* a *Virginian*-nak: „Nem hallom a Titanicot kb. fél órája. Az ő áramforrása lehetséges, hogy tönkrement.” Ebben a periódusban Phillips és Bride rádiós éppen küzd egy fűtővel, aki belopakodott a rádiószobába és megpróbálta ellopni Phillips mentőmellényét. Bride visszatartotta a fűtőt, mialatt Phillips megütötte (leütötte) azt. A fűtő (valószínűleg) eszméletlenül fekvé maradt.

02.10 A *Virginian* hall két „V” betűt gyengén, a Titanic szikraadójához hasonló. (Phillips beállítja az adót a halódó tápegységhez)



This illustration shows the wireless station atop the Wanamaker store in New York City.

## 26. ábra. A Marconi-rádióállomás antennája a Wanamaker-épületen

02.17 A *Virginian* hallja a Titanic CQ hívását (általános felhívás, minden hajónak), de a közlemény olvashatatlan. Az ő szikrájuk elhomályosul vagy inkább egyenetlen. A Titanic jelei nagyon hirtelen befejeződnek, talán a tápáram hirtelen kikapcsolódásától. Phillipsnek valóban szándékában áll tovább adni a „CQD de MGY” vészjelzést, azonban a rádiószobában zavarok állnak elő, a víz hallhatóan elárasztja a kormányosfülkét (a hidat), és Bride sürgetően szól Phillipsnek: „Gyerünk, hagyjuk el a helyiséget!” Bride a tisztí szállások teteje felé mászott, és segített az összecuszkható „B” csónak vízre eresztésében, Phillips pedig eltűnt a taton.

02.17 A *Virginian* hívja a Titanicot és javasolja, hogy a Titanicon kísérjék meg a vész- (tartalék-) készülék használatát. Nincs felelet.

02.20 A *Virginian* az *Olympic*-nek: „Hallasz valamit a Titanic-ról? Az *Olympic* válaszolja: „Nem tartom pontosan a négyórás szolgálatot, mert semmi többet nem hallani a Titanictól. Nincs felelet tőle.”

02.20 A Titanic elsüllyedése. Hivatalos időpont, a 41°46'N, 50°14'W-ben.

Ezt az időpontot a *Carpathia* adta közleményben az *Olympic*-nek, miután az első menekül-

teket felvették és egy Titanic-tiszt hivatalosan jelentést tett.

02.35 A *Mount Temple* hallja a *Carpathia* adását: „Vajon Te vagy ott? Mi fellövünk rakétát.”

02.40 A *Carpathia* hívja a Titanicot. Nincs válasz.

02.58 A *Birma* hallani véli a Titanicnak szóló adásokat: „Teljes gözzel sietünk hozzátok. Megérkezünk (hozzátok) 06.00 reggel. Reméljük, biztonságban vagytok. Mi most 50 mérföldnyire vagyunk.”

03.00 A *Carpathia* hívja a Titanicot. Nincs válasz.

03.28 A *La Provence* a *Celtic*-nek: „Senki sem hallja a Titanicot, kb. 2 órája.”

04.24 A *Birma* adása: „Mi most 30 mérföldnyire délnyugatra vagyunk a Titanictól.”

06.40 A Parisian gyenge jeleket hall a *Carpathia*-tól, vagy valamilyen állomástól: „A Titanic jéghegynek ütközött, az utasok a mentőcsónakból a *Carpathian* vannak.”

06.40 Az *Asian*, német olajszállítóval vontatásban Halifax felé, kérdezi: „Mi újság a Titanic-kal?” Később közli (valakivel): Hallotta a Titanic gyenge munkáját délelőtt 10.00 órakor a *Cape Race*-szel, helyi idő szerint, végül az SOS hívást éjfélkor.

07.40 A *Mount Temple* közli: 06.45-kor hallotta a *Carpathia* értesítését, megmentett 20 rakott csónakot.

08.07 A *Baltic* a *Carpathian*-nak: „Tudunk valamit segíteni nektek néhány utas átvételével? Kérek értesítést, ha pozíciótok megváltozik.”

08.10 A *Baltic* rádiókapcsolatban a *Carpathiaval*: táviratváltás az utasokkal kapcsolatban.

08.15 A *Baltic* megfordul és halad nyugatnak, 134 mérföldre a Titanictól.

08.40 A *Mount Temple* hallja a *Carpathia* CQ hívását és közlést: „Semmi szükség további készenlétre. Tanácsoljuk minden kapitánynak, hogy forduljanak vissza, a jégmezőnél nincsen semmi.”

08.45 Az *Olympic* ad az *Owners*-nek New Yorkba üzenetet (Sable Islandon át): „Éjfél óta nincs kapcsolat a Titanic-kal.”

08.55 A *Carpathia* a *Baltic*-nak: „Haladok Halifaxba vagy New York-



ba teljes sebességgel. Ön jobban teszi, ha halad Liverpool felé. Nekem kb. 800 utasom van a fedélzeten.”

09.00 A *Carpathia* a *Virginian*hoz: „Mi távozunk innen összesen 800 utassal a fedélzeten. Kérem térjen vissza az eredeti útirányához.”

A Wanamaker-áruház tetején létesített Marconi-rádióállomáson (26. ábra) vették a *Carpathia* táviratait, az üzeneteket és a jelentéseket a túlélőkről. Az egyik vevő-távírársz *David Sharnoff* volt, az RCA későbbi igazgatója.

Sokan tették fel a kérdést: miért nem lehetett elérni a közelben, látótávolságra veszteglő *Californian* gőzöst a *Titanic*ról? A *Californian* kapitánya kikapcsoltatta a szikratávíró és pihenni küldte a távírászt, majd amikor az őrség jelentette, hogy rakétákat lőttek fel a közelben megállt hajóról, nem helyezte üzembe a szikratávíró, hanem hagyta a személyzetet tovább pihenni. Tudták, hogy egy luxus tengerjáró tartózkodik a közelükben, és meggyőződésük volt, hogy tűzijátékot rendeznek a gazdag utasoknak...

A *Californian* harmadik tisztje, *Groves*, pihenő idejében rendszeresen bejárt a rádiókabinba és érdeklődve figyelte *Cyril F. Evans* távírársz munkáját, s néha maga is feltette a fejhallgatót és fülelt az éterbe. (A Marconi féle mágneses detektorban a körbe futó, végtelenített acél sodronyt egy óraműves szerkezet hajtotta, amelyet időnként egy kulccsal kellett felhúzni, 27. ábra.)

Ezen az estén is bement az állomásra, de a távírársz nélkül nem tudta működésbe hozni a mágneses detektort, így a hallgatóban nem hallott semmit. (Vagy a távírársz kivette a kulcsot, vagy a harmadik tiszt nem ismerte ennek a szerkezetnek a működését.)



27. ábra. A mágneses detektor szerkezeti részlete

*Groves* tehát letette a süket fejhallgatót és kiment a kabinból. Az utolsó lehetőség veszett el, hogy 1500 ember megmeneküljön...

### Következmények

Mint minden balesetnél, a *Titanic*nál is több súlyos ok egybeesése, összjátéka vezetett a katasztrófához:

- a kapitány az északi útvonalat választotta,
- a jégveszélyt figyelmen kívül hagyta,
- az éjszakai menetben a sebességet nem csökkentette,
- a rádiótávírárszok az ütközés előtt egy újabb figyelmeztető távirat vételét elutasították, a táviratot fel sem vették,
- a figyelő matrózok jelentése után a kormányos késlekedő és végül rossznak bizonyult manővert hajtott végre.

Mindezek növelték a katasztrófa valószínűségét és a bekövetkező ütközés súlyosságát. A *Titanic* katasztrófájából (önkéntesen) négy szempontot emelünk ki, amelyek eltérőek voltak az 1910-es években előforduló egyéb hajókatasztrófáktól:

- A *Titanic* első útja társadalmi esemény volt, az első osztályon nagyon gazdag emberekkel, jelentős ékszervagyron volt jelen, ami odaveszett.
- Az áldozatok megdöbbentően magas száma felvetette a megtervezett biztonság hiányát, ugyanis az utasok és a személyzet nagy része számára nem volt tervezve semmiféle mentőeszköz, nem tartottak mentési gyakorlatot, maga a személyzet is képzetlen volt a mentőcsónakok kezelésében. A mentés szervezetlenségére jellemző, hogy egyes csónakok félig, vagy csak 60%-ig telve távolodtak el a hajótól.
- A vadonatúj hajót annak ellenére versenyeztették „Az Óceán Kék szalagjáért”, hogy személyzetének nem volt meg minden tapasztalata a hajó kezelésében. A versenyen való győzni akarás indította a kapitányt arra, hogy a hajó útvonalát a szokásostól északabbra jelölje ki.
- A távírárszok kiképezése és eligazítása olyan volt, hogy a gaz-

dag utasok üzeneteinek leadását fontosabbnak tartották, mint a közeli, *Californian* nevű hajó figyelmeztető táviratának fogadását és továbbítását a parancsnok felé.

A közvélemény elítélte a hajóstársaságot, a kapitányt, a kormányost, sőt, a távírárszokat is, annak ellenére, hogy az ütközés után kivétel nélkül önfeláldozóan tették a dolgukat. Például *Phillips* első távírársz a hajó elsüllyedése előtt 3(!) perccel hagyta abba a munkáját...

A *Titanic* elsüllyedése nemcsak a személyesen érintetteket, a túlélőket és a vízbeveszettek családját döbbsentette meg, hanem a biztosító társaságokat, a tengerészeti hatóságokat, a hajóépítő cégeket és a hajóstársaságokat is. Ez a katasztrófa fordulópontot jelentett a tengeri hajózásban, a havária után jelentősen szigorítottak a biztonsági előírásokon és a szikratávíró szolgálaton.

A katasztrófa után a Marconi céget és személyesen Marconit is támadások érték a sajtó részéről, amelyek nem voltak teljesen alaptalanok. Bár a hivatalos vizsgálat tisztázta és felmentette Marconit, kénytelen volt más távíró társaságokhoz hasonlóan felülvizsgálni bizonyos merev forgalmi rendelkezéseit.

A hajókatasztrófa kivizsgálására mind Angliában, mind az egyébként érintett Egyesült Államokban vizsgáló bizottságokat hoztak létre. Az Egyesült Államok bizottsága egy bejelentés alapján Marconit tanúként való kihallgatásra maga elé idézte. A Marconit érintő bejelentés lényege az volt, hogy az Amerikai Marconi Társaság főmérnöke, *Mr. Sammis*, a tragikus éjszakán táviratot küldött a *Carpathiának*, amelyben felszólította annak távírászt, hogy „hallgasson bizonyos dolgokról” és akkor sok pénzt kap. A vizsgáló bizottság előtt Marconi tagadta, hogy személyesen ő küldött volna bármilyen üzenetet a távírárszoknak, nem tagadta viszont, hogy *Sammis* esetleg küldött. Vallomásának lényege így hangzott:

„Amikor a *Carpathia* kikötött, egyenest a távírófülkébe mentem és gratuláltam *Mr. Bridenek*, a *Titanic* életben maradt másodtávírásának. *Mr. Cottam* akkor nem volt ott. Később felhívott telefonon és megkérdezte, hogy nyilatkozhat-e a szerencsétlenség részleteiről a sajtónak? Azt válaszoltam, cselekedjék belátása szerint. Társaságunknak van egy íratlan törvénye, amely úgy szól, hogy a társaság alkalmazottai nem adhatnak nyilatkozatot a sajtónak.

Angliában büntetőtörvény tiltja, hogy egy távirász a szolgálata köréből bármit is közöljön a nyilvánossággal. Biztosra veszem tehát, hogy a Carpathia távirása is jobb belátásra jutott közben, nem adott interjút közvetlenül a szerencsétlenség után, és ezért nem jelent meg semmi akkor a lapokban az ő „felvilágosításaiból”.

Cottam hetekkel a szerencsétlenség után beszélt egy riporterrel és elmondta neki azt, amit tudott.

Egyébként érdekes volt a tőzsde reagálása a haváriára: a Marconi részvények a baleset után két nappal 55 ponttal emelkedtek... Mindenki Phillips hősiességéről és haláláról akart hallani, amit Bride részletesen elbeszél. Azonban csak később, a vizsgáló bizottságok munkájának nyomán derült ki, hogy Phillips az utolsó, már az ötödik(!) figyelmeztető táviratot, amelyet a jégmező szélén megállt Californian távirása 23 órakor adott, nem engedte befejezni, hanem elég gorombán, „BK” (szakítsa meg adását) jelzést adva, a másik hajó távirását hallgatásra utasította... Természetesen erről a figyelmeztetésről a hidat már nem tájékoztatta. Fontosabb volt számára az utastáviratok továbbítása, mint a jégjelentés.

A Titanic életben maradt tisztjei később azt vallották, hogy a jégveszélyről szóló előző táviratokról sem tudtak, de ez a tény már a kapitányt minősítette, aki a neki kézbesített táviratot, a White Star Társaság elnökének, Bruce Ismaynek adta át, holott a hajót nem az parancsnokolta.

Az angol bíróság 1912. július 30-án, a harminchatodik Titanic-tárgyaláson a következő végzést hozta:

„A bíróság tüzetesen megvizsgálva nevezett hajó pusztulásának körülményeit, úgy találja, hogy mint azt a mellékletek is bizonyítják, a katasztrófát jégheggyel való ütközés okozta, a hajó túl nagy sebességének a következtében.” (L. Szkrjagin: S.O.S. Tánicsics könyvkiadó, 1963, Budapest)

Ezt bővebben kifejtve, arra az álláspontra jutottak, hogy a katasztróféért a tengerbe vesztett Smith kapitány okolható. A hajótársaság felelősségéről nem esett szó, legalább is a bíróság nem marasztalta el őket. Az előírásokat betartották, de mint kiderült, az előírások voltak rosszak. Például a hajó vízkiosztásának megfelelően kellett gondoskodniuk mentőcsónakokról és nem pedig az utaslétszám szerint.

A transzatlanti hajótársaságok személyzetei azonban elég tisztán látták az

okokat, és lázongani kezdtek, jobb, biztonságosabb körülményeket követelve. Sztrájkjal megakadályozták a Titanic testvérhajójának, az Olympicnek a kifutását, annyira, hogy az utasokat és a postát végül egy másik hajó vitte el.

A Titanic katasztrófája után a hajózás biztonságának növelésére Londonban konferenciát tartottak.

A mentőeszközök előírását megváltoztatták: a hajókon tartózkodó minden személy részére biztosítani kellett egy helyet a mentőcsónakokban...

Szigorítottak a rádiószolgáltatón is: minden szikratávíró állomás meghatározott időben köteles volt szüneteltetni adását és figyelni, hogy nem adnak-e valahol vészjeleket. Vészjelként pedig általánosan, tehát a Marconi rendszeren belül is, elfogadottá vált az SOS.

A napirenden szerepelt egy javaslat, hogy létesítsenek állandó őrzőjáratot az Atlanti-óceán északi részén úszó jéghegyek és jégmezők határain, és ezek a járőrök adjanak rendszeres helyzetjelentéseket a jég helyzetéről. A konferencia záró egyezményét minden hajós nemzet aláírta, de az intézkedések bevezetésére az I. világháború kitörése miatt már nem került sor.

Az I. világháború után azonban az Atlanti-óceán északi felében működni kezdett a Nemzetközi Jégőr Szolgálat, amelyet az Egyesült Államok partvédelme szervezett meg. Ezzel évente mintegy hat hajó menekült meg az elsüllyedéstől.

## Bride sorsa

Említésre érdemes Harold Bride személyes sorsa is. A baleset után először Beckenham-i otthonába utazott, ahol hősnek kijáró tisztelettel üdvözölték. Hamarosan felépült és dolgozni kezdett egy londoni postahivatalban. 1913-ban visszatért a tengerre, mint rádiótávírássz az S.S. „Medina” fedélzetén.

Az I. világháború alatt egy kicsiny gőzös, a „Monas Isle” rádiótávírásszáként szolgált. A háború után, 1920-ban megnősült és feleségével, Lucy Downie tanárnővel, három gyereket neveltek. 1922-ben ismét távirásként dolgozott a *Cross-Channel Ferry*-n és 70 mérföldnyire élt Londontól. 1922-től eltűnt, legalább is a nyilvánosság és a Marconi Társaság számára. Egyesek halálhírét költötték, magyar fordításban (a Rádióhallgatók Lexikonában) Vajda Pál tollából olvasható, hogy „...a kiállott izgalmaiba hamarosan belepusztult.” Táplálta ezt a mendemondát

az is, amit H. O. Norris magán-detektív megírt, hogy Bride-ot a katasztrófa után két héttel teljesen ősz hajjal látta...

Marconiék hajlandók lettek volna folyamatosan távirásként alkalmazni, azonban Bride önállósította magát. Családjával Glasgowba, Skóciába költözött, és Bride utazó ügynökként kereste kenyerét. Buzgó templomlátogató lett és nem szívesen beszélt a Titanicról. A nyilvánosságtól teljesen elfelejtve, 1956. április 29-én „légúti komplikációban” halt meg.

Úgy derült fény életének második szakaszára, hogy Bride halála után húsz évvel, 1987-ben, valaki értesítette Walter Lordot, a legjobb Titanic-dokumentumkönyv íróját, Bride sorsáról.

A katasztrófát túlélő 700 személy (főleg nők és gyermekek) valóban a szikratávíróknak és a lelkiismeretes Marconi távirásközlőknek köszönhetően gyors kimentésüket, azonban az eseményt a Marconi társaság később reklám célokra is felhasználta. Bár a rádió meglehetősen kollektív találmány, Marconi cége olyan reklámstratégiát alkalmazott, hogy a közönség azt hihette, a rádióval kapcsolatban mindent Marconi talált fel. 1930 körül már a rádió apjának nevezték, leveleket kapott ilyen címmel.

A szikratávíró sikereivel, majd néhány évvel később a rádió elterjedésével a rádiótechnika csodálatos fejlődésnek indult, amely elvezetett a tévé, a lokátortechnika, végül a mobiltelefon korszakáig. Az azonban bizonyos, hogy az egész világ újságolvasó közönsége előtt a Titanic katasztrófája tette ismertté a szikratávírókat.

## Felhasznált irodalom

B. L. Jacot és D. M. B. Collier: *Marconi az éter varázslója*. Singer és Wolfner Irodalmi Intézet Rt., Budapest, 1939.

Lev Nikolaevics Szkrjagin: *S.O.S. Tánicsics Könyvkiadó, Budapest, 1963.*

Walter Lord: *A Titanic pusztulása*. Kosuth Könyvkiadó, Budapest, 1979.

Veress Anna: *A Titanic utolsó órái*. Rakéta regényújság. 1987. április 21. Budapest.

## Internet

Titanic – A Voyage of Discovery (radio) 2004.

The Heroes of the Titanic. 2004.

Glenn Dunstan, VK1XX: *RMS Titanic és a Jack Phillips történet*. Internet, 2002.

## Fényképek

[WWW3.net/radiomuseum/titanic.JPG](http://WWW3.net/radiomuseum/titanic.JPG)

[WWW3.telus.net/radiomuseum/spark.htm](http://WWW3.telus.net/radiomuseum/spark.htm)



# GPS műholdak és alkalmazások

Vörös Tamás tanár, adlerson@freemail.hu

*A Globális Helymeghatározó Rendszeréről – röviden GPS – már szinte nincs olyan ember a civilizált világban, aki ne hallott volna vagy ne használná azt nap mint nap. Napjainkban már meglehetősen elterjedtek az autókba szerelhető vagy akár kézi GPS készülékek, áruk lassan kezdi a már elfogadható küszöböt megközelíteni. Ez igaz a nemcsak készen, hanem modulként forgalmazott készülékekre is. A modulok széleskörű felhasználhatóságának, könnyű beszerezhetőségének és jó árának köszönhetően megjelenhetnek az otthoni fejlesztésekben is, persze némi programozási ismeretekkel kiegészítve.*



1. ábra

A pontos helymeghatározás igénye már réges régen felmerült az emberiség történelme során. Gondoljunk csak arra, hogy a hajósok a csillagok és a Nap segítségével közelítőleg meg tudták határozni a helyzetüket. Persze azért felhős időben, viharban elég nehéz dolguk lehetett. Az iránytű felfedezése már egy biztos irányt jelölt ki a Földön, a mágneses északi-déli irányt. Ez már működik akár rossz időben is, viszont a földrajzi és a mágneses pólusok helyzetkülönbsége főleg a sarkok közelében pontatlanná teszi a helymeghatározást. A XX. században a fejlődés megkövetelte a pontos földrajzi helymeghatározást. Az ember gyakorlatilag teljesen meghódította a bolygót, már szinte nincs olyan zug, ahol ne járt volna ember. A térképek fontossága nem változott, de megjelent az igény pontosításukra, ez pedig csak a felszínről elég nehézkes. A hajózás, repülés terjeszkedése pedig szükségessé tette a felszíntől független és pontos helymeghatározást – hogy a katonaságra már ne is gondoljunk...

Az 1920-as években kifejlesztettek egy olyan rendszert, amely elsősorban a tengerészet számára adott információt. Ez volt a Loran (Long Range Aid to Navigation). Az amerikai hadsereg már a második világháborúban használta is. Nagy hátránya volt, hogy csak két dimenzióban működött, így a repülőgépek számára használhatatlan volt.

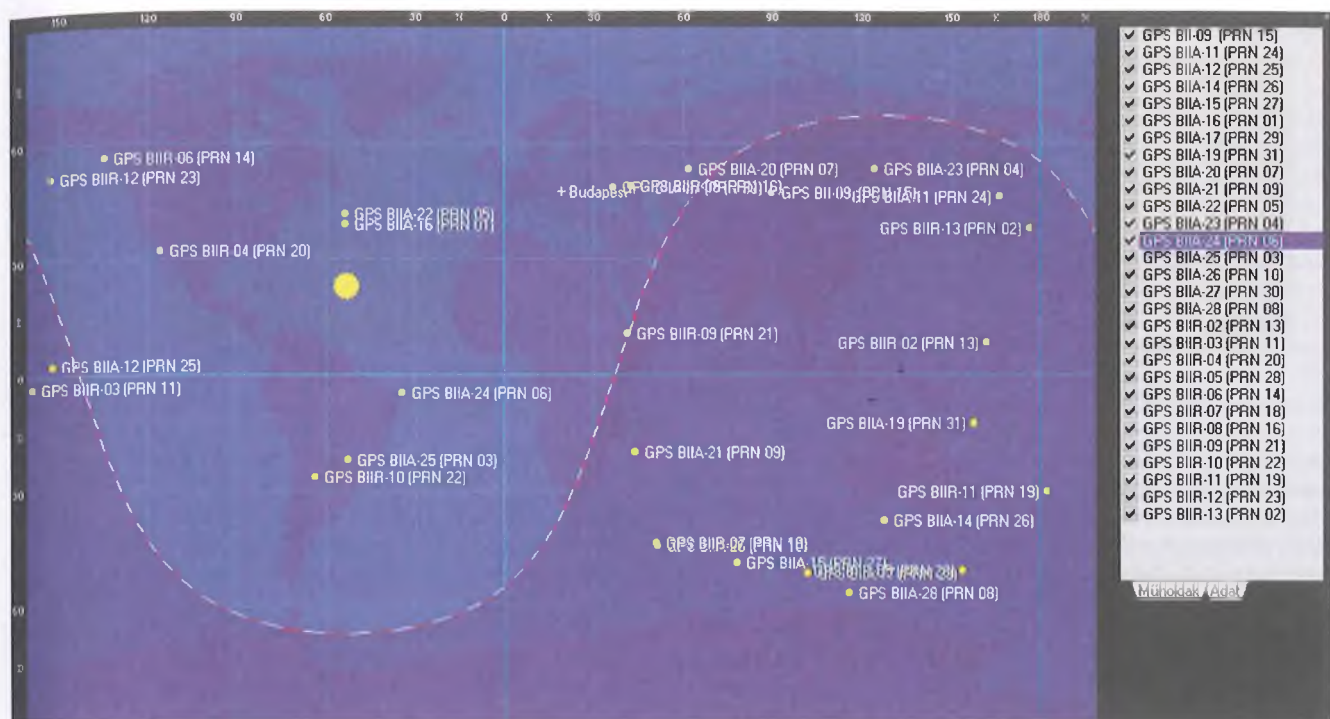
Az első igazi továbblépést az űrkorszak hozta meg. Az első műholdak felbocsátása és tesztelése során egy furcsa, de magyarázatát tekintve egyértel-

mű jelenséget figyeltek meg. A műhold adásának frekvenciája megváltozni látszott, amint áthaladt a földi vételkörzet felett. A jelenség ismert a hangtanból: ez a Doppler-effektus. A közeledő vonat vagy versenyautó által kibocsátott hang magassága megváltozik, ha a hullámforrás vagy a megfigyelő adott irányú sebességgel rendelkezik. Mivel a versenyautó sebessége összemérhető a hang levegőbeni terjedési sebességével (80-100 m/s – 340 m/s), így akár fülünkkel is megfigyelhetjük a jelenséget. A műholdak által kibocsátott rádióhullámok terjedési sebessége a fénysebességgel egyezik meg (kb.  $3 \cdot 10^8$  m/s), így a földön elég nehéz olyan mozgást találni, amelynek segítségével a rádióhullámos Doppler-effektus tanulmányozható. A felszín felett néhány száz kilométer magasan keringő mesterséges holdak kb. 7 km/s-os sebessége olyan nagy, hogy már egyszerű rádióvevővel is érzékelhető a frekvenciaeltolódás. Az eltolódás csak a hullámforrást a megfigyelővel összekötő egyenes mentén fellépő sebességkomponensre érzékeny, így a frekvenciaeltolódásból számolt és a valós objektumsebesség közötti eltérésből meghatározható a műhold helyzete. Így pl. ha a műhold éppen felettünk halad el, a frekvenciaeltolódás pont 0, mert sebessége éppen merőleges a ránk bocsátott egyenesre. Ellenben, ha tőlünk elhaladva már az Északi-sark közelében jár, a jelenség már szépen érzékelhető. Ezt a módszert használták az első szputnyik követésé-

re a szovjet tudósok az '50-es évek végén. Ezzel párhuzamosan az Amerikai Egyesült Államok haditengerészete a '60-as évek közepére már létrehozott egy doppler jelenségen alapuló hét műholdból álló rendszert, amelyet a Transit nevet kapta. A műholdak kb. 1100 km magasan keringtek a felszín felett, poláris pályán. Az eltolódási jelenséget kifordítva ezzel a rendszerrel akár naponta többször is meg lehetett határozni egy jármű vagy valamilyen más objektum helyzetét, kb. 50 m pontossággal. A kifordítás azt jelentette, hogy a műholdak (hullámforrások) pontos pályája és sebessége ismeretében a megfigyelő helyzete határozható meg, ellenében a szovjet esettel, ahol a hullámforrás helyzete volt meghatározandó, a megfigyelő helye pedig ismert. Az igazság az, hogy a rendszer pontossága meghaladta az előirányzott értéket. A rendszer kiépítése elengedhetetlen volt a hidegháború miatt is, ugyanis ekkor már tengeralattjáróról indítható ballisztikus rakétákat is hadrendbe állították, ezek pontos célba érkezéséhez pedig fontos a megfelelő indítás. A rendszer tagadhatatlan előnye, hogy gyakorlatilag időjárásfüggetlenné teszi a helymeghatározást, annyi szükséges csupán, hogy a „rálátás” a műholdra biztosítva legyen.

Alig telt el 10 év, és már elindult a mai Navstar (Navigation System Timing and Ranging) rendszer tervezése. Itt már a pontosság növelése és a folyamatos használhatóság volt két legfőbb cél. A Transit rendszerénél az 50 m-es pontosság miatt egy adott hely koordinátáihoz csak több mérés átlagolásával lehetett bizonyosan hozzájutni. Az új Navstar rendszer alappontossága kb. 1 cm. A másik problémát a Transit szűk időablakai jelentették, mivel a kisszámú műhold miatt sok időt kellett várni a következő pozícióba kerülésig.

A Navstar alaphelyzetben 24 műholdat tartalmaz, ebből 21 üzemel, a többi tartalék. A nagyszámú műhold pályaelosztása biztosítja azt, hogy bárhol és bárhol nézünk is fel az égre a Földön, a látóhatár felett  $15^\circ$ -kal legalább négy adását biztosan észleljük. A helymeghatározás immár egész nap, időjárástól függetlenül elérhető. Az



2. ábra

egyed holdakat a felszín felett 20 200 km-rel találhatjuk meg. Ekkora magasságban már a légkör egyáltalán nem zavarja a működést (mert itt már nincs is). Ráadásul a nagy magasság miatt a Doppler-jelenség is csak alig érzékelhető. A 24 műhold 6 pályasíkon mozog, az egyenlítőhöz viszonyítva a pályaelhajlásuk 55°. A használt frekvenciák is olyanok, hogy az ionoszféra változásai már nincsenek hatással a vételre. A műholdak egyenként két tonnásak, teljesítményigényük kilowattos nagyságrendbe esik, amit napelémekről biztosítanak. Élettartamuk általában 15 év, az öregedőket folyamatosan cserélik újabbakra. Egy Navstar hold képe látható az 1. ábrán. Az amerikai sikekkel párhuzamosan persze a szovjetek is elkezdték kiépíteni a saját rendszerüket, ez a Glonass nevet kapta, azonban a Szovjetunió széthullása miatt nem készült el teljesen. Mivel a Navstart az USA működteti, ezért Európában elkezték kiépíteni a Galileo nevű, 27 műholdból álló rendszert, amely ha teljesen elkészül, alternatívája lehet a Navstarnak. Persze pontosabb lesz annál, mivel újabb technológiát használ, de kompatibilis is lesz vele. Kína is próbálkozik, a Beidoi rendszer azonban csak 7 holdat tartalmazna majd. A Navstar holdak pályáját nyomon követhetjük egy internetről ingyenesen letölthető magyar nyelvű prog-

rammal, az Orbitronnal. A teljes holdarzenál látható a 2. ábrán. Ezzel a programmal akár még előrejelzést is kérhetünk egy adott műhold áthaladásáról, ha megadjuk telephelyünket. A program tárolja a fontosabb pályaadatokat, kort stb., így kiderül, hogy a legregebbi még 1990-es öskövület, a legújabb pedig 2004-es.

A 20 200 km-es magassághoz jól definiált keringési idő tartozik, amelyet a 3. ábra középiskolából ismert összefüggései szerint lehet meghatározni. Ha a képletbe behelyettesítjük a változók értékeit, akkor keringési időnek kb. fél napot kapunk. A valós helyzet szerint a műholdak minden nap 4 perc eltéréssel érkeznek ugyanazon pont fölé, így a pálya folyamatosan fordul, de a sík állandó marad.

### A helymeghatározás alapelve

A Navstar rendszer a helymeghatározást hosszúságmérésre vezeti vissza, amely hosszúságot pedig pontos időméréssel határoz meg. Az egész gépezet lelke tehát a pontos időmérés. A műholdak mindegyikén két-két atomóra szolgáltatja a pontos időt, de úgy, hogy az összes óra egymással szinkronizált. A tényleges távolságmérést az  $s = v \cdot t$  összefüggés alapján már nem nehéz elképzelni, mivel a holdak által kibocsátott rádiójelnek fénysebességgel

terjednek. A 20 200 km távolságból érkező jelek kb. 0,067 másodpercig vannak úton. Ezen időköz, illetve a műhold elhaladása során az időköz növekedése nagyon pontosan mérhető viszonylag egyszerű elektronika segítségével is. Gondoljunk csak arra, hogy egy 100 kHz-es oszcillátorral az 1 ms időtartam már százalékos pontossággal mérhető. A legfontosabb tehát az egységes idő pontossága.

Egy műhold segítségével kijelölhetünk egy műhold középpontú gömböt. Kettővel már egy metszéspontot kaphatunk, míg a harmadik műhold „bevetése” a metszéspont két pontját határozza meg. Innentől két lehetőségünk van:

$$\gamma \frac{mM}{R^2} = m\omega^2 R$$

$$\downarrow$$

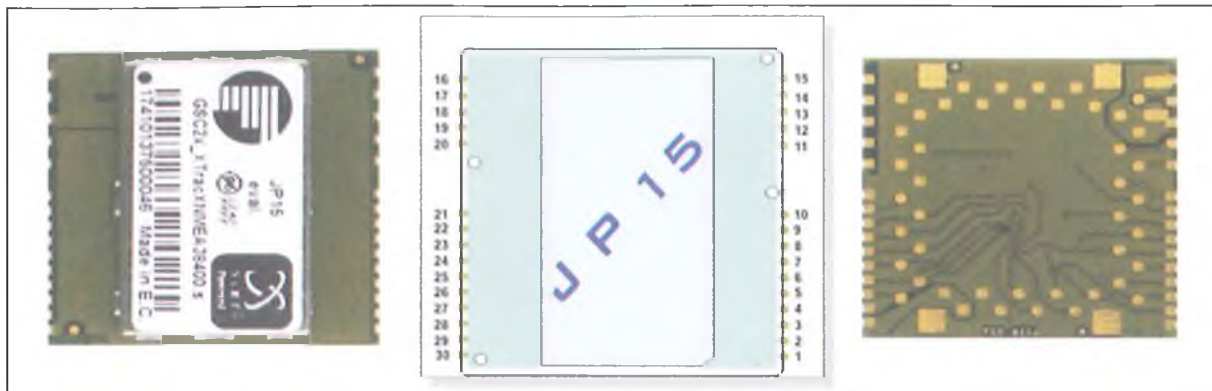
$$\sqrt{\gamma \frac{M}{R^3}} = \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\downarrow$$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\gamma \frac{M}{R^3}}}$$

3. ábra





4. ábra

vagy figyelembe vesszünk egy negyedik hold által adott információt is, vagy a két pont közül a „földgömbhöz” közelebbi eredményt választjuk. Természetesen az előbbi jobban automatizálható, de az utóbbi esetben is négy gömb adatait használtuk fel, mert a három holdadat mellett a negyedik gömb a földfelszín volt. Ezért olyan fontos tehát, hogy bármikor és bárhol legalább négy műhold látszódjék. A gyakorlatban azonban 6-7 is látható, így a pontosságot lehet egy picit növelni is.

Nézzük meg a technikai paramétereiket is: a műholdak az 1575,42 MHz-es frekvencián sugároznak széles spektrumú jelet, ún. PRN-t (pseudo random noise). Ez minden holdra egyedi, ez tekinthető az adott eszköz azonosítójának. A sugárzott „álvéletlen zaj” kétféle információt tartalmazhat. Az egyik a polgári felhasználásra szánt ún. C/A kód (Coarse/Acquisition code) másodpercenként 1 023 000 jelet tartalmaz, a másik pedig a P kód, amelynek felbontása tízszerese a C/A kódénak, azaz 10 230 000 elemet tartalmaz másodpercenként. A P kódot csak speciális katonai vevővel lehet dekódolni, de cserébe nagyobb a pontossága. Az Egyesült Államok a '90-es évek második felében egy zavaró jellel, ún. SA jellel mesterségesen rontotta a polgári felhasználásra szánt C/A kódot, így a biztos pontosság jelentősen visszaesett, akár négyszeresre 100 m környékére is.

A műholdak szabályos időközönként kiküldött jelei tartalmazzák a műhold pillanatnyi helyzetét és a rajta mérhető pontos időt. A műhold pontos helyzetének ismerete különösen fontos a pontosság szempontjából. A pályát azonban meglehetősen sokféle zavaró hatás kismértékben ugyan, de módosíthatja. Ilyen hibát okozhat pl. a föld gravitációs terének eltérése az átlagtól (anyageloszlás), a közeli égitestek gravitációs hatásai (Nap, Hold). A kisu-

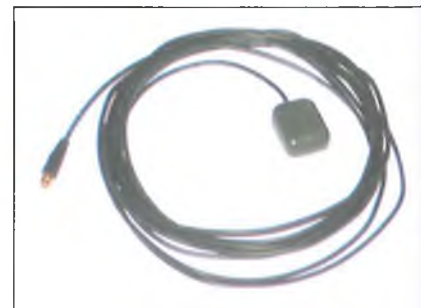
gárzott jel is torzuláson mehet át, amíg leér a földre. A légkör torzító hatása egyáltalán nem hanyagolható el, mert a különböző sűrűségű rétegek a rádióhullámok terjedési sebességét is megváltoztathatják. Ezen hibák egy része jól modellezhető és előrejelezhető, szoftveresen javítható. A légkör állapota azonban folyamatosan változik. A légköri és egyéb hibák kiküszöbölésére fejlesztették ki a differenciális GPS-t (DGPS). Ennek lényege, hogy bizonyos távolságonként a felszínen megfigyelő állomásokat helyeznek el, amelyeknek pontos helykoordinátája a GPS-től függetlenül ismert. Ezek az állomások veszik a műholdak által sugárzott jeleket, majd meghatározzák a műholdas GPS koordinátákat. Ezt összevetik a biztos adattal és korrekciós adatokat sugároznak fel a holdakra, amelyek ettől kezdve az új pályaadatokkal látják el a felhasználói készülékeket. Ez a folyamat kellő integritást biztosít a földi állomás néhány száz kilométeres körzetében. A DGPS nem tudja kezelni a jelvisszaverődésekből illetve a vevő zajából adódó hibákat, amelyek következtében a pontosság összességében méteres nagyságrendűre áll be.

### Ismerkedés egy GPS modullal

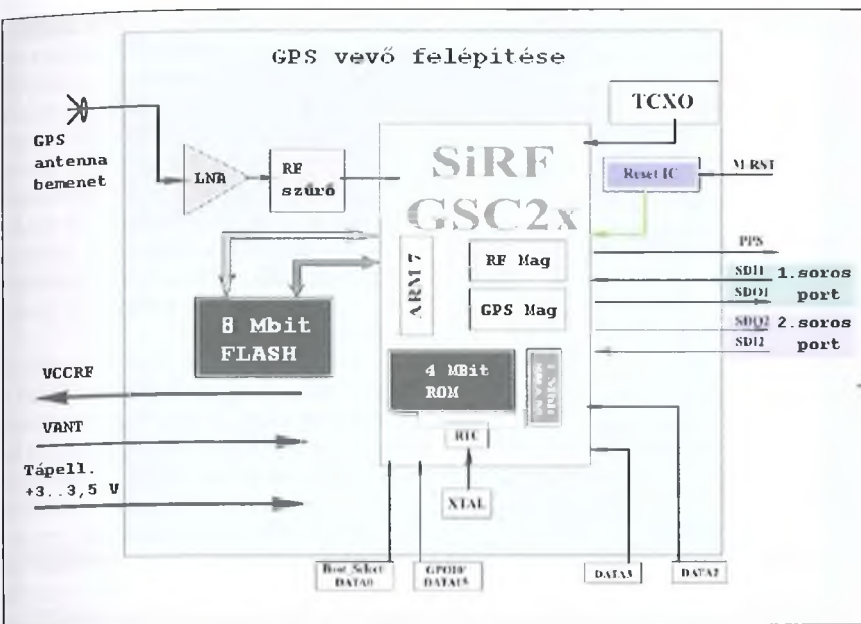
A következőkben egy, a kereskedelemben elég jó árban beszerezhető JP15-T jelzésű GPS modul beüzemelésének folyamatát és a használatával szerzett tapasztalatokat mutatjuk be az Olvasóknak. A modult a Falcom cég gyártja. A 4. ábrán a modul két nézete és a rajzjele látható, az eszköz mérete mindössze 25×25 mm, így roppant kis helyen elfér, gyakorlatilag bárhová beépíthető. A felületszerelt kivitelnek köszönhetően akár áramkörti lemezre is felforrasztható, ha a szükséges vezetősíkokat előkészítjük. Alaphelyzetben a helykoordinátákra 10 m-es pontossá-

got garantál, de néha ez alá is lemehet. A legjobb érték kb. 7 m volt, amit mérünk, viszont egyszer sikerült 18 m-t is tapasztalni, sajnos. Sebességmérésre is alkalmas, 0,1 m/s-os pontossággal. A pontos idő, amit a modul szolgáltat, 1 μs-on belül van a GPS időhöz képest. A legnagyobb magasság 18 km, a legnagyobb sebesség pedig 515 m/s az adatlap szerint. Az egyetlen apró kellemetlenség a modullal kapcsolatban csak annyi, hogy 3 V-ról üzemel, így a szintillesztések a külvilág felé nem túl egyszerűek és megszokottak. A modul az 1575,42 MHz-es L1 sávú jelet fogadja és dolgozza fel. Érzékenysége az 5. ábrán látható aktív antennával több, mint megfelelő.

A tápfeszültség megválasztásánál feltétlenül ügyeljünk arra, hogy az éppen csatlakoztatott aktív antennának mekkora a feszültségigénye. Egy 3-5 V-ig megadott tartományban üzemelő antenna, esetleg már 2,5-6 V esetén már egyáltalán nem működik megfelelően. Ezt főleg telespektrum esetén vegyük komolyan, mert a két sorbakapcsolt ceruzaelem összesen 2,5 V esetén még pl. egy rádiót probléma nélkül megszólaltat, az aktív antenna viszont nem biztos, hogy eleget erősít. Érdekes módon a modul jól viseli az 5 V-os tápellátást is, bár az adatlap ajánlása szerint csak 3–3,3 V-os tartományban üzemeltethető. Valószínűleg hosszabb



5. ábra



6. ábra

üzemidő alatt 5 V esetén túldisszipál a belső rész, így végül is tönkre fog menni, ezért ezt az „üzemmódot” nem érdemes nagyon forszírozni. A modul fogyasztása egyébként rendkívül csekély, csupán 100 mW 3 V-os tápfeszültség mellett. 3,3 V esetén már 120 mW, így könnyen látható, hogy 5 V-nál már túlépne a megengedett maximális értéket. A tápegység méretezésénél azonban mindenképpen vegyük figyelembe az aktív antenna fogyasztását is. Az antenna levezető kábelének rövidítésével még jobb a vétel. Az eredetileg 5 m hosszú antennakábelt 20 cm-re rövidítve a helyzet tovább javul. A hosszú levezető kábellel is kivétel nélkül legalább öt műhold látható egyszerre egy tetőtéri ablakból. A modul 12 csatornás, azaz ennyi műhold jeleit tudja egyszerre fogadni és feldolgozni. Sajnos csak a C/A kód vételére alkalmas.

A GPS vevő egy meglehetősen összetett, mikrovezérlő alapú integrált áramkör. A digitális rész 0,13 mikronos CMOS technológiával készül. A tapasztalatok szerint nem kell hímes tojásként kezelni, kivezetései belső védelemmel rendelkeznek, így a környezeti sztatikus feltöltődésre kevésbé érzékeny. A modul jól viselte a többszöri be-ki forrasztást, kézből kézbe adást, mindegyik funkciója kifogástalanul üzemel. A modul beforrasztásával kapcsolatban azonban nagyon ügyeljünk a kis hőbevitelre! A források nagyok ugyan, de nagy részük igen vékony vezetősávval csatlakozik a belső maghoz. Túl hosszú idejű vagy nagy hőbevitelű

forrasztás esetén a forrszem leválhat és a visszamaradó néhány mil széles fóliasávval már nem tudunk mit kezdeni. Az első kísérletezéshez, üzembe helyezéshez esetleg érdemes tűskesor lábakat vagy vezetékeket forrasztani az éppen használt kivezetésekhez, így azok többször forraszthatóvá válnak.

### A vevő szerkezete, működése

A teljes vevő felépítése a 6. ábrán látható. Az egész rendszer lelkét az ARM7 jelű mikrovezérlő alkotja, amely belső szoftverének segítségével képes feldolgozni a GPS jeleket és tartani a kapcsolatot a külvilággal. A processzor része az ún. SIRFstarII csipnek, amely kompletten tartalmazza az LI sávú jelek értelmezéséhez szükséges elemeket. A csip teljesen burkolt egység, így érzéketlen gyakorlatilag bárminek, a hétköznapi életben előforduló zajra, zavarra. A zavarérzékletenségét mi sem jellemzi jobban, minthogy egy

ház nélküli 1,5 GHz-es P4 közvetlen közelében is pontosan üzemelt. Persze ne feledkezzünk meg a modul és az antenna helyes illesztéséről sem! Érdeemes a gyári antennacsatlakozó ellendrabáját a kísérleti panelre forrasztani, és azt a lehető legrövidebb (max. 1–1,5 cm-es) vezetékkel vagy fóliasávval bekötni. Az antennáról érkező jel először egy LNA-val jelölt megfelelően kiszájú előerősítőre jut, majd áthalad az RF szűrőn. Ezután jut csak a SIRFstarII csipbe, ahol megkezdődik az RF jel feldolgozása. A csip réteges felépítésű, persze ezek csak virtuális rétegek. Az RF réteg dolgozza fel a nagyfrekvenciás jelet, amely a „demodulálás” után a GPS rétegbe jut, amely már a processzor számára is értelmezhetővé változtatja az RF rétegből jövő adatfolyamot. A SIRF csip tartalmaz egy kvarcvezérlésű RTC-t (valós idejű óra), így a vevő kimenetén akkor is rendelkezésre áll a pontos idő, ha éppen nincs elérhető GPS műhold az antenna számára. Ilyen esemény történhet pl. földalatti parkolóban, alagútban, ahová az amúgysem túl erős műholdjelek nem tudnak lehatolni. A processzor két, egymástól jól elkülönülő sorosporton keresztül illeszkedik a modulon kívüli céláramkörhöz, amely lehet akár egy másik mikrovezérlő vagy akár a PC is. A két sorosport közül az egyik (SDI1, SDO1) az elsődleges, itt kaphatjuk meg általában NMEA protokollal a navigációs adatokat, illetve konfigurálhatjuk a modult. A másik port (SDI2, SDO2) pedig konfigurációtól függően egyéb feladatok ellátására alkalmas.

A modul rendelkezik egy professzionális RESET áramkörrel is, amely külső impulzus hatására újraindítja a vezérlőben futó programot. A PPS kimenet (pulse per second) nagyon hasznos lehet, ha csak pontos 1 Hz-es jelre lenne szükségünk, de a sorosportok jeleit nem szeretnénk felhasználni. Ez az impulzus mikroszekundum pontosság-

Jelölés	Tokozás	Méret	Alapprogram
<b>JP15-T verzió</b>			
JP15-T	30 lábú	25,5x25,5x3 mm	GSW2.4.0.
JP15-TX			XtracX2.2.0.
<b>JP15-B verzió</b>			
JP15-B	48 lábú BGA	25,5x25,5x3 mm	GSW2.4.0.
JP15-B-ROM			Csak ROM memória, FLASH nélkül
JP15-BX			XtracX2.2.0.
<b>JP15-S verzió</b>			
JP15-S	52 lábú BGA	25,5x16,0x3 mm	GSW2.4.0.
JP15-S-ROM			Csak ROM memória, FLASH nélkül
JP15-SX			XtracX2.2.0.

7. ábra

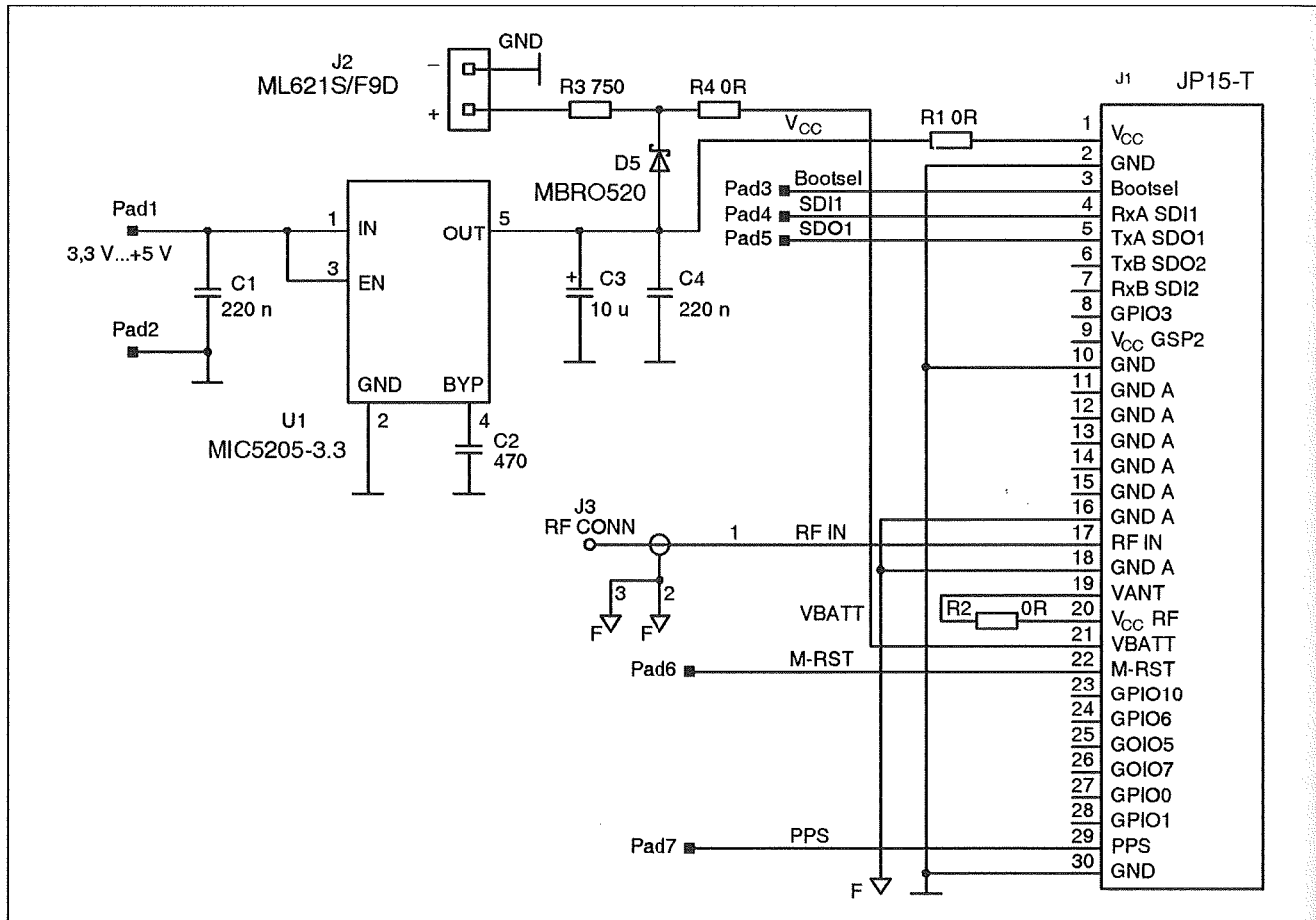


Kivezetés	Jelölés	I/O	Leírás	Jelszint
1	VCC	I	Tápellátás RTC és az SRAM felé	3-3,3 V
2	GND	-	Digitális GND	GND
3	BOOT kiválasztás	I	Indítási üzemmód kiválasztás	CMOS 3,3 V
4	SDI1	I	1. Soros port bemenet	CMOS 3,3 V
5	SDO1	O	1. Soros port kimenet	CMOS 3,3 V
6	SDO2	O	2. Soros port kimenet	CMOS 3,3 V
7	SDI2	I	2. Soros port bemenet	CMOS 3,3 V
8	GPIO3	I/O	GPIO vonal	GND
9	VCCGSP2	O	Vezérlő kimenet belső használatra	CMOS 3,3 V, I <sub>max</sub> =50 mA
10	GND	-	Digitális GND	GND
11	RF_GND	-	Analóg GND	GND
12	RF_GND	-	Analóg GND	GND
13	RF_GND	-	Analóg GND	GND
14	RF_GND	-	Analóg GND	GND
15	RF_GND	-	Analóg GND	GND
16	RF_GND	-	Analóg GND	GND
17	RF_IN	I	GPS RF jebemenet (antenna)	50 Ohm, 1575 MHz
18	RF_GND	-	Analóg GND	GND
19	V_ANT	I	Aktív antenna tápfeszültség bemenet	max. 12 V / 25 mA
20	VCC_RF	O	Tápfeszültség az RF rész számára	2,85 V / 25 mA
21	V_BAT	I	Háttértelep az RTC és az SRAM számára	3 V, 5%
22	RESET	I	GPS egység újraindítása	1=3,3 V, 0=GND
23	GPIO10	I/O	GPIO vonal (nem támogatott)	-
24	GPIO6	I/O	GPIO vonal (nem támogatott)	-
25	GPIO5	I/O	GPIO vonal (nem támogatott)	-
26	GPIO7	I/O	GPIO vonal (nem támogatott)	-
27	GPIO0	I/O	GPIO vonal (nincs csatlakozás)	-
28	GPIO1	I/O	GPIO vonal vezérlő kimenet	CMOS 3,3 V, I <sub>max</sub> =50 mA
29	PPS	O	1 PPS időjel kimenet	CMOS 3,3 V
30	GND	-	Digitális GND	GND

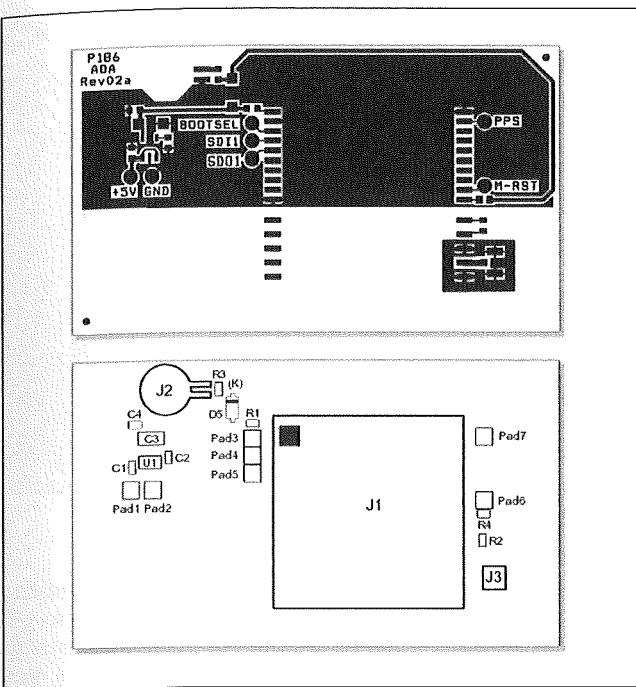
8. ábra

gal követi a GPS időt, azaz a másodpercváltás szinkronjelének kiválóan alkalmazható. A különféle üzemmódok beállítására a GPIO/DATA kivezetések szolgálnak. A BOOT\_SELECT bemenetet felhasználva újraindítható a belső processzor FLASH memóriatartalma, így más navigációs jelfeldolgozó szoftvert is tölthetünk rá. Figyelem! Ez nem azonos az autós GPS-ek térképszoftveveivel, itt magáról a működtető programról van szó.

A JP15-ös modul több változatban is gyártják. Az összefoglaló táblázat a 7. ábrán látható. Ezeket úgy ismerhetjük fel, hogy a JP15 megnevezés után áll-e még valamilyen betű, és ha igen, akkor az milyen. Alapvetően háromféle verzió létezik: T, B, S. Mindhárom verzióból van alap és X-es változat is. Ezenfelül a B és az S verziók készülnek csak ROM programmemóriával is, ezek tartalma nem változtatható meg. A FLASH memóriás modulok egy alkalmas PC-s programmal újraindíthatók, így lehetőség nyílik akár a GSW2.4.0. vagy az XtracX2.2.0. szoftver használatára is.



9. ábra



10. ábra

Kipróbálni egy JP15-T változatot sikerült, ez ugyanis már 3-4000 Ft-ért is beszerezhető. A továbbiakban minden adat, kapcsolás erre a típusra vonatkozik. A lábkiosztás a **8. ábrán** látható. A modul tápellátása is részekre osztott. Külön tápág tartozik a digitális szekcióhoz és külön a rádiófrekvenciás részhez. A leírások szerint ajánlott az RF részt jobban hidegíteni, akár LC tagokkal is. A tapasztalatok szerint viszont semmiféle különbséget nem lehetett felfedezni a szűrt és a szűretlen változat között. Értelemszerűen külön GND ág is tartozik ehhez a részhez, hét kivezetéssel. Ezeket érdemes egymással összekötni. A digitális rész két GND-jét is kössük össze, és az így kapott analóg és digitális GND csoportokat pedig egy-egy (rövid) vezetékkel közösjük. Ez a megoldás a gyári ajánlás szerint szükséges a helyes működéshez, de valószínűleg egy jóérvű fejlesztő-építő ajánlás nélkül is megtennénk. Igényesebb alkalmazás esetén a belső órának és a vezérlő memóriájának (SRAM) biztosítsunk egy külön háttértelepet. Így a tápfeszültség elvétele után a belső, esetleg más műholdról vett dátum és időadat nem veszik el, a processzor pedig a táp megjelenésekor már „melegen” indul. Erre a célra tökéletesen megfelel egy 3 V-os, a PC alaplapokban is használatos hosszú élettartamú elem, de két sorbakapcsolt AAA-s NiMH akkuval is megőrződtek az adatok (bár a dokumentáció 3 V/5% feszültséget ajánl e célra). Az elem

jobb választásnak tűnik, mert az akkuk az önkisülésük miatt hamarabb lemerülnek. Persze a táp megjelenésével elinduló automatikus töltés beállítása kiküszöböli a problémát. Egy bázisállomástól távoli üzemeltetés megtervezésekor nyilván kedvezőbb a töltős-akkus megoldás.

Bár a PPS kimenetre lehetséges közvetlenül LED-et kapcsolni, megfelelő előtétellenállással. A vizuális megjelenítéshez használjunk inkább egy tranzisztoros illesztőt, amelynek bázisát több 10 kohmos ellenállással meghajtva teljesen tehermentesítjük a modul kimenetét. Ezen tranzisztor beépítésével még nagyobb LED tápfeszültség alkalmazása is lehetővé válik.

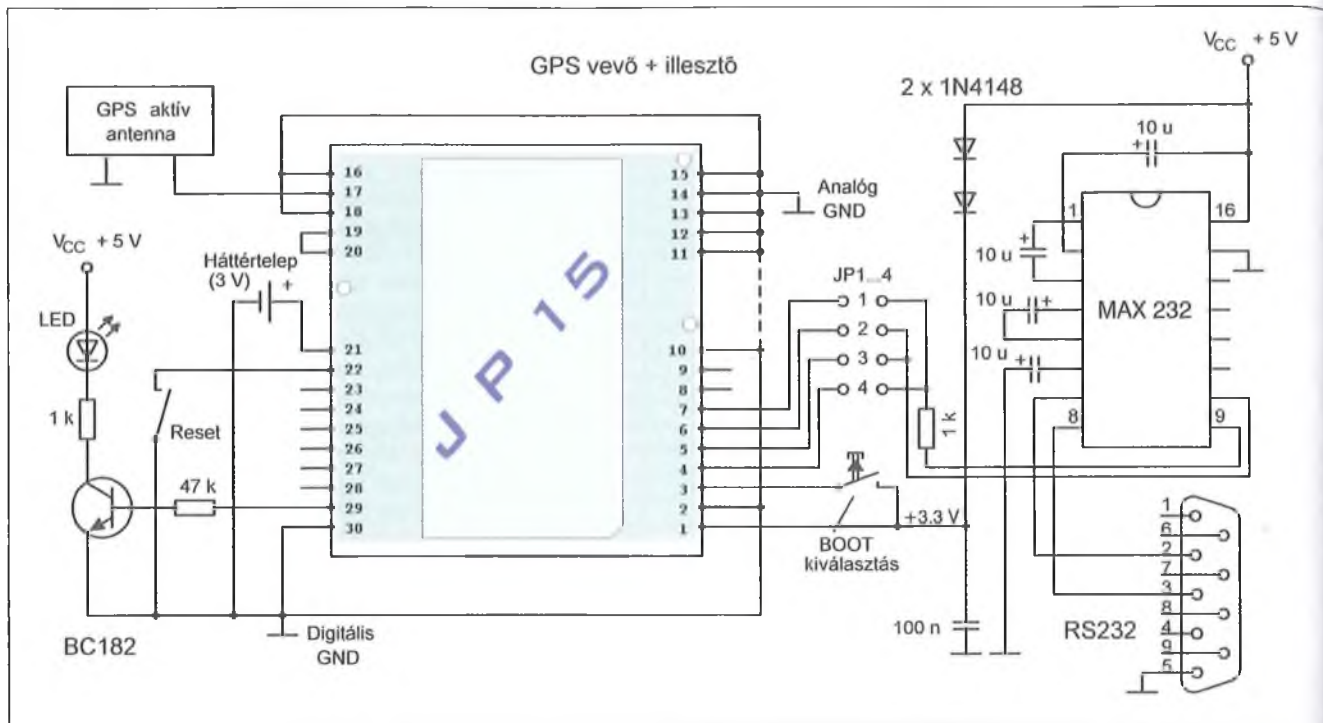
GPIO vonalak szempontjából kétségtelen, hogy a JP15-T rendkívül takarékos és forrasztóbarát, mivel az alapvető navigációs adatok eléréséhez egyiket sem kell bekötni. A modul rendelkezik egy nagyon hasznos funkcióval: ha nincs elérhető műhold, akkor a GPIO1 kivezetésre kapcsolt LED 2 másodperces periódusidővel villog 50%-os kitöltési tényezővel. Mihelyt használható koordinátaadatok érkeznek, a LED elalszik, a GPIO1 kikapcsolt állapotba kerül.

A gyári ajánlás szerinti kapcsolási rajz a **9. ábrán** található. Ezen ábra szerint mindösszesen 10 vezeték segítségével már üzemképessé tehetjük a modult. A kapcsolás érdekessége, hogy külön tápstabilizátor IC-t használ a 3,3 V előállítására, így akár USB 5 V-ról is

működhet a vevő. Persze a MIC5205-3.3 kiváltható bármilyen más, 3,3 V-ot adó stabilizátorral vagy egyéb trükkös megoldással. A 10  $\mu\text{F}/220\text{ nF}$  megfelelően szűri a tápot, ezt az irányelvet követhetjük utánépítéskor is. A J2 kapcsolókra csatlakoztathatunk akár elemet, akár akkut. A D5-R3-R4 komplexumnak köszönhetően az akkuk fel is töltődnek a táp megjelenésekor. A D5 Schottky és a R3 750 ohmjá két NiMH cella esetében néhány milliamperben maximalizálja a töltőáramot, így nincs szükség külön lekapcsoló automatikára, ha esetleg napokig lenne tápfeszültség. Sőt, bekapcsolt táp esetén nem is az akkuból, hanem a D5-R4 soros tagon keresztül kap tápellátást a modul RTC és az SRAM. Az R4-D5-R3 csomópontban mérhető feszültség aktív táp esetén a Schottky kis nyitófeszültsége miatt mindenképpen nagyobb, mint amit az akkuk biztosíthatnak. A J3-as RF csatlakozón keresztül jut be az antenna jele és jut ki az antennát tápláló feszültség. Az aktív antenna esetünkben a teljes RF tápfeszültséget kapja, ami kb. 2,9 V, ez látható a Vant és a VccRF összekapcsolásából is. Ha olyan antennát sikerül csak beszerezni, amely nagyobb feszültségről üzemel, távolítsuk el az R2-es rövidzárát, és a modul 19-es lábára adjuk a kívánt feszültséget. Ez a szint jut ki az antennára. Ha csak egyoldalúan a modul kimeneti adataira vagyunk kíváncsiak, akkor a PAD-5-re van szükség. Itt nyerhető ugyanis az elsődleges sorospont jele. Sajnálatos azonban, hogy ezt a kivezetést nem köthetjük azonnal egy számítógép szabad COM portjára. Sem a jelszint, sem a polaritás nem helyes. Mindenképpen egy tranzisztoros vagy kapus, lehetőleg Schmitt-triggeres invertert kell a COM port és a modul közé iktatni. Legegyszerűbb esetben ez lehet egy 4093 egyik NAND kapu bemeneteinek párhuzamosításából keletkező inverter. Az IC 7-es lábát GND-re, a 14-es lábát legalább +5 V-ra kapcsolva már érzékelné fogja a PC a jeleket. Az IC 1-2. lábát összekötve a PAD-5-höz forrasztjuk (ezzel kész a bemeneti oldal), a 3-as lábát (inverter kimenet) pedig a soros port 2-es bemeneti lábához. Ne felejtjük el a port 5-ös lábát GND-re kapcsolni. Ezzel az összeállítással már akár egy Hyper Terminal is veszi a modul adatait.

Az eredeti gyári fóliatervet láthatjuk a **10. ábrán**. Megfelelő nagyságban kinyomtatva csak rá kell forrasztani a modult, meg a kapcsolás szerinti né-





11. ábra

hány SM alkatrészt és már ki is próbálható. Az elemet egy régi vagy rossz alaplapból kitermelt és a panelbe beforrasztott elemtartóba helyezve teljesen kompakt megjelenésű egységet készíthetünk.

A 11. ábrán egy másik kapcsolás láthatunk, ezzel próbáltuk ki először a JP15-T-t. A kapcsolás képes bármelyik modulportot kezelni oda és vissza irányban is. Ezzel a megoldással még konfigurációs parancsokat is küldhetünk a PC-ről. A modul tápellátása 5 V-os USB-ről történik, „alkatrészfree” megoldással. A két 1N4148 együttes nyitófeszültsége kb. 1,4 V, ezt 5 V-ból levonva már meg is kapjuk a kellő szintet. A 100 nF nagyon fontos, mert ez tartja távol a gép felől érkező esetleges zavarokat. A tápfeszültség 10%-on belül van, így nem okoz kárt az egységben. Előnye a magasabb tápnak, hogy így az antennafeszültség is egy kicsit magasabb (a próbák során 3-5 V-os antenntát használtunk). Itt még csak egy háttértelepet használtunk, de minden további nélkül átvehető a 9. ábra „akutöltős” kapcsolása ide is. A PPS LED meghajtása a BC182-es tranzisztoron keresztül történik. Ha nincs éppen kéznél, akkor BC237 vagy más kisteljesítményű npn is megteszi. A RESET gomb használatára egyszer sem volt szükség, a modul belső programja mindvégig fagyás és hiba nélkül üze-

melt, az csak a teljesség kedvéért került beépítésre. A JP1...4 áthidalásokkal állítható be, hogy éppen melyik modulporttal szeretnénk kommunikálni. Lényeges, hogy a 2-3, illetve az 1-4 közül egyszerre csak egy-egy legyen kiválasztva, mert különben hazarder lehet. Ez főleg a 2-3-ra igaz, mert ezek kimenetek. Ha a JP3 van rövidzárban, akkor az elsődleges kimenet, ha JP2, akkor a másodlagos kimenet jeleit kapja meg a PC. Értelmszerűen, ha a JP1 sarkait kötjük össze, akkor a másodlagos bemenetre, ha JP4 sarkait, akkor az elsődleges bemenetre küldhetünk adatokat. A PC sorsport felé történő szintillesztést egy MAX232-es típusú, kifejezetten erre a célra való IC végzi. Ennek belső feszültségkonverterei a sorsport számára ideális jelszinteket állítanak elő. Sajnos azonban a MAX232 egyik oldala 5 V-os logikával dolgozik. A modul jelét fogadó oldallal nincs is gond, mert ott 3,3-3,5 V-os jelet kap az 5 V helyett, ezzel még éppen jól üzemel. A modul felé adott jele azonban nem kapcsolható közvetlenül a JP15-T-re, mert annak 3,3 V-os bemenete károsodhatna. Ezért kell az 1 kohmos ellenállást beiktatni a két eszköz közé. Ez az ellenállás korlátozza a feszültségkülönbség miatt kialakuló áramot, így a limitált „túlárammal” már elbánnik a modul belső védelme. Persze, aki abszolút biztosra szeretne menni, az

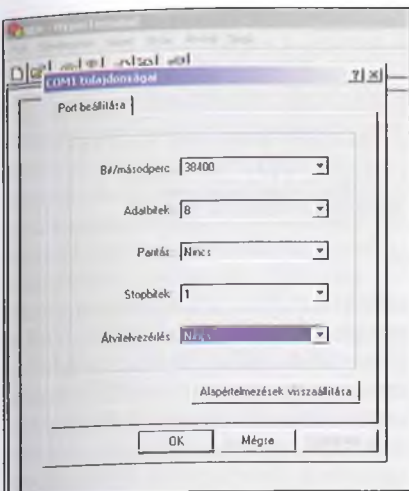
forrasszon be megfelelő polaritással (záróirányban) egy ZPD3V3-at az ellenállás modul felőli vége és a GND közé.

### A szoftveres oldal

A kapcsolás összeállítása, beforrasztása után három különböző szoftver segítségével mutatjuk be a modul alkalmazását. Az egyik a Windows részeként fellelhető HyperTerminal, a második az internetről díjtalanul letölthető GPS Information, a harmadik pedig a JP15-T gyártója által is ajánlott SIRFDemo program.

### A HyperTerminal

nevű programot a Windows rendszeren általában a Start menü → Programok → Kellékek → Kommunikáció elérési útvonalon találjuk meg. A HyperTerminal hivatkozásra kattintva előugrik a program üdvözlő képernyője, majd a 12. ábrán látható beállító párbeszédablak jelenik meg. A JP15-T modul elsődleges soros portja 38400 baud sebességgel és 8N1-es konfigurációval adja az információt. A 8N1 azt jelenti, hogy minden egyes átvitt „szó” 8 bit hosszú (pont egy bájt), paritás nincs és egy darab stopbit zárja az átvitt adatsort. Ha esetleg más sorsportfigyelő programot használunk, ott is fel-



12. ábra

tétlenül ezt a konfigurációt állítsuk be. Ha az „OK” gombra kattintunk, majd ezután tápfeszültséget adunk a modulnak, a 13. ábrán látható szöveges üzenetet kell kapnunk a HyperTerminal főablakában. Az ebben az üzenetben található információ számunkra most érdektelen, de ha ezzel találkozunk, bizonyosak lehetünk abban, hogy a modul és a PC egymásra van hangolva. Egyébként itt néhány, a vevővel kapcsolatos információhoz juthatunk. A legfelső sorban olvasható a modul FLASH memóriájában lévő program verziószáma. Ebben a modulban történetesen a GSW2-es programból a 2.4.0-s változat van. Megtaláljuk a soros portos adat sebességére utaló jelzést, és a processzor órajelének nagyságát is. Ugyanezt a modult többféle órajelfrekvenciával is gyártják.

Aztán megindul az adat... Sajnos a HyperTerminal nem túlzottan támogatja a nagymennyiségű vett sorsportí adat szép megjelenítését, az ablak görgetésekor elcsúszik a tartalomablak is. Ezért a kb. fél perc alatt érkező adatmennyiséget a 14. ábra szerinti jegyzetítőbe másolva sokkal kezelhetőbb formátumhoz jutunk, és nem utolsósorban menteni is könnyebb. Első ránézésre hatalmas információkavalkádnak tűnik a kapott szöveg. Jobban körüljárva azonban csakhamar előtűnik az adat rendszerezettsége. Gyakorlatilag a vékony zöld keret tartalmazza az adat egy teljes szeptetét. A modul minden egyes másodpercben küld egy adatcsomagot, akár van műholdjel, akár nincs. Ha nincs műholdjel, akkor meglehetősen üres a csomag, mondhatni csak az időt tartalmazza. Bekapcsolás után a feletünk lévő holdak elhelyezkedésétől

függően legfeljebb 50-55 másodperc kell a koordináták megjelenéséig. A pontos időt már akár egy műhold jeleiből is tudja generálni, emlékezzünk csak arra, hogy milyen adatokat küldenek az egyes holdak felénk, így ahhoz csak néhány másodpercnyi idő szükséges.

A modul alapvetően kétféle módon indulhat. Az egyik a „hidegindítás” (cold start), a másik pedig a „melegindítás” (warm start). A hidegindítás akkor jön létre, ha a modul már jó régóta nem volt bekapcsolva, így az összes műholdakkal kapcsolatos pályaadatot stb. be kell gyűjtenie, ez pedig időbe telik, ezért kell bekapcsolás után majdnem egy percet várni a koordinátákra. A melegindítás sokkal egyszerűbb. Ekkor ugyanis a pályaadatok még benne vannak a mikrovezérlő memóriájában, így nem kell azokat letölteni. A melegindítás alapfeltétele, hogy a háttértelepítő a valós idejű óra és a processzor SRAM-ja folyamatos tápellátást kapjon, és az éppen használt műholdak ne szaladjanak ki a látómezőből.

A modul elsődleges kommunikációs portja az ún. NMEA protokoll alapján küldi és fogadja az adatokat. A NMEA0183-at (National Marine

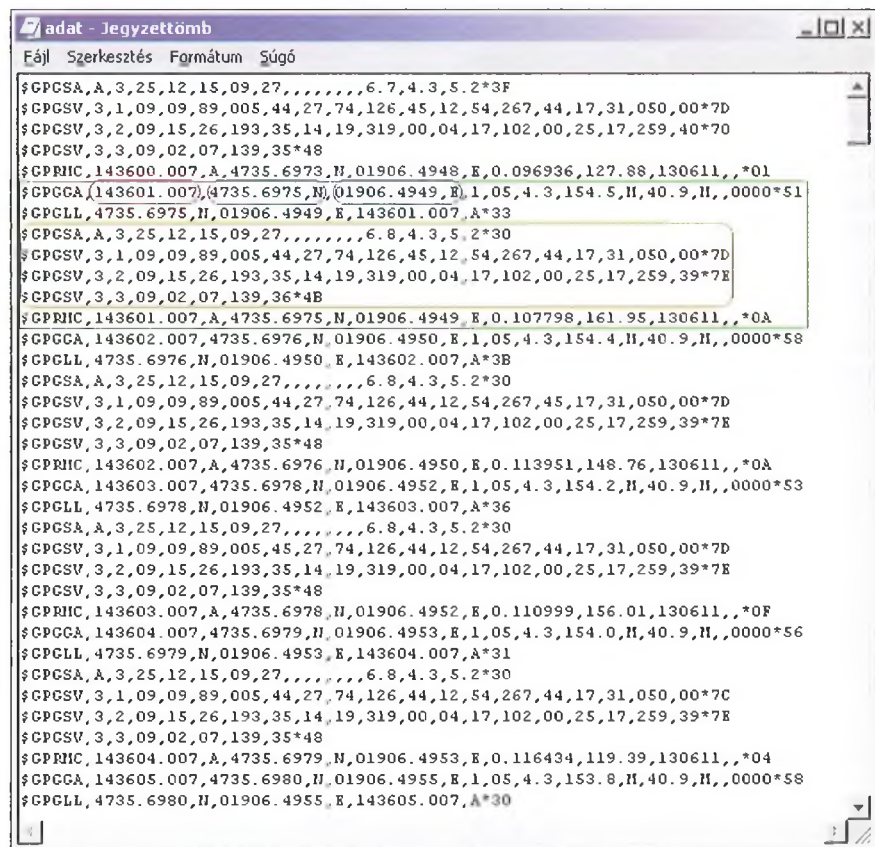
```

$Version GSW2x-2.4.0-SDK_2.06.041-C3P1.00
$TOD: 0
$UTM: 1640
$POS: 6378137 0 0
$CLK: 96250
$CHNL: 12

$Baud rate: 38400 System clock: 12.276750MHz
$HW Type: SZAH
$Flash Exec
$ASIC Cache: Enabled.
$Chip Version: 0x26, Chip Config: 0x500D
$AGC Method: 1 ms
$FP Lib: Internal SRAH
$Clock Source: GPSCLK
$Internal Beacon: None
$Low Power Modes: Supported
  
```

13. ábra

Electronics Association) eredetileg 1983-ban vezették be a tengerészeti eszközök kommunikációs szabványaként. Persze ez a standard nem volt kötelező, de nagymértékben megkönnyítette az eszközök egymáshoz kapcsolását. A NMEA adatfolyam meglehetősen felhasználóbarát, mert teljes egészében szöveges formátumú, így nem feltétlenül kell gép az információ dekódolásához, megértéséhez. A standard tartalmazza az elektronikus illesztő és a kommunikációs protokoll leírását is. Eredetileg az átviteli sebesség csupán 4800 baud volt, ami nem teszi lehetővé nagyobb mennyiségű adat hatékony átvitelét. Bár 8 bites adatokkal dolgozik,



14. ábra



a. \$ttsss,d0,d1,d2,d3,...,dn <CR><LF>  
 b. \$ttkkQ,sss <CR><LF>

### 15. ábra

a 7. bit mindig 0. Ez nem véletlen, hiszen az ascii táblából csak így kaphatunk betűket, számokat. Paritásbit nincs, a bájt végét pedig egy stopbit zárja. Ez a 4800/8N1-es soros kommunikáció. A NMEA 2000-ben módosításon ment keresztül, mert a kor megnövekedett igényeihez kellett illeszteni a felületet. A legfontosabb változtatás az adatátviteli sebesség megnövelése volt. A 4800 baudot 38 400-ra növelték, így nyolcszorosára nőtt az időegység alatt átvihető információ nagysága.

A NMEA üzenetet ún. mondatokra kell tagolni, egyszerre egy ilyen mondat továbbítása történik meg. Az alap NMEA mondat a **15. ábra a)** része szerinti alakul. Ezt általában valamilyen információt közlő eszköz bocsátja ki. Szerkezete meglehetősen kötött. A mondatnak mindenképpen \$ jellel kell kezdődnie. Ezután két karakterből álló azonosító következik, amely megadja, hogy milyen eszköz küldi az aktuális mondatot. A teljesség igénye nélkül: a GP jelöli a GPS helymeghatározó eszközt, az LC a Loran C készüléket, az SD a mélységmérőt, a CV a rádiótelefon és így tovább. A következő három karakter a mondatazonosító. Ez informálja a vevőt arról, hogy milyen típusú adatra számíson a következőkben. Majd ezután következnek szép sorjában, vesszővel elválasztva a tényleges információt hordozó adatszövegek. Természetesen ezek is szöveges alapúak a lehető legkülönbözőbb felosztásban. Lehet egy vagy többkarakteres, akár váltakozva is, az átvendő adat igényeinek megfelelően. Persze az adatformátum is előre definiált, azaz a vevő tudja, hogy mire számíson. Ha egy adott dk adatot az adó nem tud információval feltölteni (mert mondjuk az adás pillanatában nem áll rendelkezésre), akkor azt egyszerűen kihagyja, de a körülötte lévő vesszők megmaradnak. Ez jelzi a vevőnek, hogy kimaradt egy adatszöveg. A mondat végét a #13#10 ascii karakterek zárják, amelyek biztosítják a következő mondat új sorba írását.

A **15. ábra b)** részén egy kérdőmondat vázát láthatjuk. Ez is \$ jellel indul, majd két karakter azonosítja a kérdezőt, újabb kettő pedig a kérdezettet. Ezt követi egy Q, ami a lekérdezésre

NMEA üzenetkód	Üzenet felépítése
GGA	Idő, pozíció, fix adat
GLL	Szélesség, hosszúság, UTC idő, status
GSA	GPS vevő üzemmód, elért műholdak száma, DOP érték
GSV	Műhold száma, ID, eleváció, azimut és SNR érték
RMC	Idő, dátum, pozíció, irány, sebesség
VTG	Irány és sebesség a földhöz képest

### 16. ábra

utal (query), majd a mondatazonosító és persze a kocsivissza, soremelés karakterek.

A NMEA mondatok harmadik típusa a távoli eszköz beállítását kezdeményező mondat. Az ilyen adatsor mindig \$P-vel indul (proprietary), általában G követi, majd a megfelelő mondatazonosító, aztán persze kötött szerkezettel a beállítandó adatok.

Az előzőek alapján már talán könnyebben eligazodik az Olvasó a 14. ábra szövegforgatagában. A JP15-T-ből ötféle NMEA mondatípust sikerült feldolgozni, bár a dokumentációk alapján hatfélét kellett volna látni. A mondatok a megismert módon a \$ jellel indulnak. A GP azonosítja a GPS vevőké-

szüléket, majd ezután jönnek a három karakterből álló azonosítók: GGA, GLL, GSA, GSV, RMC. Az adatlap szerint még egy VTG kódot is venni kellene. A **16. ábrán** látható az a jóldefiniált mondat szerkezet, amely az egyes kódokhoz tartozik. Mint látható, bizonyos adatok átfedik egymást a különböző mondatokon belül, így egy adott céllal felépített eszköz esetében nem kell az összes üzenetet feldolgoznunk, hanem csak azt az egyet vagy kettőt, amelyekben a kívánt adatok megtalálhatóak. A GGA azonosítójú mondat tartalmazza a pillanatnyi időbélyeget, az aktuális földrajzi pozíció szélességi és hosszúsági adatait, a tengerszint feletti átlagos magasságot és a

```
$GPGGA,1.43601.007,4735.6975,N,01906.4949,E,1,05,4.3,154.5,M,40.9,M,0000*51
```

Ahol:

```
GGA Globális Helymeghatározó Rendszer fix adat
1.43601.007 Időbélyeg (UTC)
4735.6975,N Szélesség
01906.4949,E Hosszúság
1 GPS minőség: 0 = nincs adat
1 = GPS
2 = DGPS
05 Elérhető műholdak száma
4.3 Horizontális pontosság
154.5,M Átlagos tengerszint feletti magasság
40.9,M Geoid magasság az ellipszoid felett
(Üres) az utolsó DGPS óta eltelt idő másodpercben
0000 DGPS állomás azonosító jel
*51 ellenőrző adat (chksum)
```

```
$GPGLL,4735.6975,N,01906.4949,E,1.43601.007,A,*33
```

Ahol:

```
GLL Földrajzi pozíció, szélesség, hosszúság
4735.6975,N Földrajzi szélesség
01906.4949,E Földrajzi hosszúság
1.43601.007 Időbélyeg (UTC)
A Adat (A) aktív, vagy (V) hiányos
*33 ellenőrző adat (chksum)
```

```
$GPRMC,1.43601.007,A,4735.6975,N,01906.4949,E,0.107798,161.95,130611,.*0A
```

Ahol:

```
RMC Ajánlott minimális NMEA mondat
1.43601.007 Időbélyeg (UTC)
A Állapot
4735.6975,N Szélesség
01906.4949,E Hosszúság
0.107798 Sebesség
161.95 Pályaszög
130611 Dátum
*0A Ellenőrző adat (chksum)
```

### 17. ábra

DPGS (Differenciális GPS) adatokat. A GLL már kissé szűkszavúbb, mert csak a pozíció és az időbélyeg adatot tartalmazza, viszont közli, hogy az aktuális információ megbízható-e vagy hiányos. A GSA kezdetű mondat tartalmazza az éppen elérhető műholdak PRN azonosítóit, és az aktuális pontossági adatokat mind vertikális, mind horizontális irányban. A GSV kód alatt futnak az éppen elérhető (látókörben lévő) műholdak pillanatnyi adatai, úgymint eleváció, azimut, és az elengedhetetlen SNR (signal/noise ratio), jel-zaj viszony. Ebből az utóbbi értékből lehet kiválasztani azt a négy műholdat, amelynek jeleit a vevő a leghasználhatóbbnak tartja, így az ezek alapján számított koordinátaértékek lesznek a lehető legpontosabbak. A GSV üzenetben egyszerre legfeljebb négy műhold adatai szerepelhetnek, így a 12 csatorna összesen három GSV-ben fér csak el. Az RMC kezdetű mondat tartalmazza az időbélyegen túl az aktuális dátumot is, a pozíció meg a sebességadatokat is. A VTG mondat tartalmazná a földhöz képesti sebesség és irányadatokat, s valószínűleg azért nem sikerült találkozni vele, mert a kísérletek alatt nem változtattuk a modul, illetve az antenna helyét. Látható tehát, ha csak a pontos időre van szükségünk az adott alkalmazáshoz, praktikusabban az RMC mondatot dolgozzuk fel. Ha koordináták kellenek, akkor a GLL jöhet szóba, mivel itt az adatfeldolgozás során először ezeket kapjuk meg. Ha a pontosságra vagyunk kíváncsiak, akkor a GSA a célmondat. Ha itt csak 4 érték szerepel, akkor minimális pontossággal üzemel a rendszer, ha viszont 6-7 holdat is látunk, akkor a pozícióadatok már átlag feletti pontosságúak. A mondatok utolsó adataként egy ellenőrzőbájtot találunk, amely „\*dn” formátumú. Ez a bájtt erősíti a mondat integritását. Ha az chksum bájtt nem egyezik az adattartalomtól kiszámítható értékkel, akkor valami hiba történt a jelátvitel során, meg kell azt ismételni.

A 17. ábrán találjuk a GGA, GLL, RMC, míg a 18. ábrán a GSA, GSV mondatok példával történő bemutatását. Ide kerültek a 14. ábra zöld keretében szereplő adatok. A GPS modul üzeneteiben mindig UTC-ben van az időbélyeg megadva, ezt az aktuális tartózkodási helynek megfelelő helyi idővé kell kiegészítenünk. Ez nálunk a nyári időszámítás miatt UTC+2 óra. A 143601.007 karaktersorozat 16:36:01 pontos időt jelöl. Bár a GPS  $\mu$ s pontossá-

ságú időadat előállítására képes, a véges NMEA kommunikációs sebesség miatt csak ms a legkisebb leolvasható felbontás. Kétségtelen, hogy ez is bőven túlmutat a hétköznapi pontossággon. Több adatszeletet összehasonlítva jól látható az üzenetek gyakorisága. Esetünkben ez azt jelenti, hogy a modul minden másodpercben lekérdező üzenet nélkül is adja a rendelkezésére álló adatokat. A következő szeletben az időkoordináta már 143602.007, utána 143603.007 és így tovább. A JP15-T esetében a szélességi koordináta mielődig kilenc karakter hosszúságú, négy egész és négy tizedes között egy tizedesponttal. A leolvasható 4735.6975 a 47 fok 35,6975 szögperces koordinátát jelöli. A számadat mögött álló „N” az északi szélességet jelöli. A földrajzi hosszúság 10 karakter hosszú, öt egész, négy tizedes és egy tizedespont. A leolvasható 01906.4949 a 19 fok 6,4949 szögperccet mutatja. A mögötte álló „E”

a keleti hosszúságot azonosítja. Ha több adatszeletet összehasonlítunk, láthatjuk a helymeghatározás bizonytalanságát. Három másodperccel később már 4735.6980 szélességi-koordinátával és 01906.4955 hosszúsági-koordinátával találkozhatunk, pedig mind az antenna, mind a vevő ugyanott volt ezalatt. Nézzük meg, mit is jelent ez konkrétan méterben: ha a Föld lapultságát elhanyagoljuk, akkor mind az Egyenlítő, mind pedig a hosszúsági körök hosszát vehetjük 40 000 km-nek. Valójában nem vétünk érzékelhető hibát ezzel a közelítéssel. A 40 000 km-t osszuk fel 360 fokra, így egy földrajzi fok 111 111,1 m-t jelent. Ezt 60-nal elosztva megkapjuk a szögperc hosszadatát, ami jelen esetben 1851,85 m-t tesz ki. Ezután a GPS vevő még négy tizedesnyi adatot generál, így az utolsó tizedesjegy (tizedred szögperc) mindössze 0,185 m-t jelöl. Persze mielőtt azt gondolnánk, hogy 18,5 cm pontosságú

```

$GPGSA,A,3,25,12,15,09,27,,,,,,,,,6.8,4.3,5.2*30

```

Ahol:	
GSA	Műhold állapot
A	Automatikus választás 2D és 3D között
3	3D beállítás: 1 = nincs adat
	2 = 2D
	3 = 3D
25,12...	Az adatokhoz használt műholdak PRN-je
6.8	PDOP
4.3	Horizontális pontosság HDOP
5.2	Vertikális pontosság VDOP
*30	Ellenőrző adat (chksum)

---

```

$GPGSV,3,1,09,09,89,005,44,27,74,126,45,12,54,267,44,17,31,050,00*7D

```

Ahol:	
GSV	Elérhető műholdak
3	A teljes adat NMEA mondatainak száma
1	Első mondat
09	Elérhető műholdak száma
09	Műhold PRN szám
89	Eleváció (fok)
005	Azimut (fok)
44	SNR
27	Műhold PRN szám
74	Eleváció (fok)
126	Azimut (fok)
45	SNR
12	Műhold PRN szám
54	Eleváció (fok)
267	Azimut (fok)
44	SNR
17	Műhold PRN szám
31	Eleváció (fok)
050	Azimut (fok)
00	SNR
*7D	Ellenőrző adat (chksum)

18. ábra





Kezdő adat	Hasznos információ hossza	Hasznos információ	Ellenőrző adat	Záró adat
0xA0, 0xA2	Két bájt (0-15 bit)	Hossza < 1024	Két bájt (0-15 bit)	0xB0, 0xB3

20. ábra

hordozza. A 130611 jelentése: 2011. 06. 13. értelemszerűen.

A 18. ábra GSA mondata tartalma az éppen elérhető műholdak PRN számát. Esetünkben a modul öt holddal dolgozik, de természetesen 12 hely van összesen a mondatban. Mivel hét másik nem érhető el, helyük üres marad. Az utolsó három adat a pontosságról ad információt. Az első a PDOP a pozíció hibájával, a HDOP a horizontális hibával, a VDOP pedig a vertikális hibával áll kapcsolatban.

Az utolsó, a GSV mondat talán a legérdekesebb mindközül. Itt tudhatjuk meg a látható műholdak fontosabb adatait, az elevációt, az azimutot és a jel-zaj viszonyt. A szöveg fok, a jel-zaj viszony pedig dBHz egységben van megadva. A modul igyekszik kiválasztani a legjobb SNR-rel rendelkező holdakat jeleit. A tapasztalatok szerint a szabadban nem ritka a 42-45 dBHz, míg a beltérben az ablaktól nem egészen egy méterre már van, amikor egy hold sem látható. (Természetesen itt mindig az antennát „cipeljük”, nem a vevőt, hiszen mindig az antenna helyzete a mérvadó.)

A JP15-T modul másodlagos sorosportján keresztül is nyerhetünk adatokat, sőt! Az átviteli konfiguráció itt is 38 400 baud/8N1. Erről a portról azonban nem NMEA üzeneteket, hanem ún. SIRF Binary adatokat nyerhetünk. A SIRF adatsor feldolgozása kissé problémásabb, mint a NMEA mondatoké, mert itt már nem szöveges az adatformatum, hanem teljes bájt szervezésű, így egy klasszikus szövegszerkesztő nagyrészt értelmezhetetlen információhoz juttatna. Persze tudjuk, hogy az ascii kódok lefedik a teljes bájtot, de sajnos nem mindegyik ad értelmesen megjeleníthető karaktert. Ezért a HyperTerminállal párhuzamosan egy sorosport logger programot is megnyitottunk, amely képes a SIRF adatfolyamot hexadecimális formában is rögzíteni. Ennek eredményét láthatjuk a 19. ábrán. A modulból kimenő adatokat egészen a bekapcsolástól kezdve rögzítettük, így még a bekapcsolási üzenet is látszik. Első ránézésre is látható, hogy a bináris adatfolyamban szinte alig van rendszer. Persze, mert még nem tudjuk, mit kell keresni. Az élesebb szeműek észrevehetik, hogy több helyütt is előfordul az A0 A2 adatpár, hasonlóképpen a B0 B3-hoz. A SIRF adatszervezé-

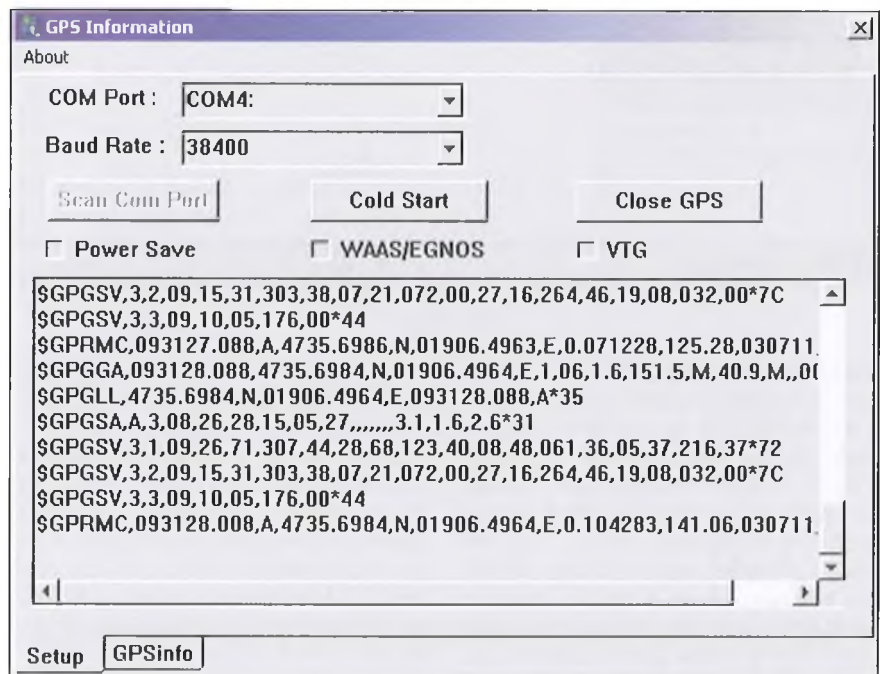
se is jól meghatározott, hasonlóan a NMEA-hoz. Itt is megtalálhatjuk a mondatokat, azonban egy ilyen teljesen más logika szerint épül fel. A 20. ábrán látható egy SIRF adatszelet. Már innen is leolvasható, hogy egy SIRF üzenetnek alapvetően öt része van. Ez a kommunikációtípus is határozott kezdő- és záróadatra épít. A kezdőadat mindig az A0 A2, míg a záró pedig a B0 B3. A kezdőadat után következik két bájton a hasznos átvendő információ hossza bájton, azaz ha itt pl. 00 0E szerepel, akkor 14 db hasznos adatbájtra számíthatunk. A hossz definiálása után következik a tényleges hasznos információ. Ennek hossza nem haladhatja meg az 1024-et. A hasznos adat után egy ellenőrzőadat zárja a kezdő-záró kereten belüli részt. Az ellenőrzőadat két bájton helyezkedik el, képezni pedig egyszerűen úgy kell, hogy összeadjuk a hasznos adatbájtokat, és az eredményt vesszük modulo 65536.

A fentiek alapján nézzük meg újra a 19. ábra adatfolyamát. A bekapcsolási üzenet rögtön egy A0 A2 párossal kezdődik. Ezt követi a 00 0D, ami 13 bájt hosszú hasznos adatsort jelöl meg. Az adatsor a következő: 0A 10 09 00 02 00 00 00 00 00 00 00 00. Ha ezeket a bájtokat összeadjuk, éppen megkapjuk az utánuk következő 00 25 hexadecimális értéket, ami az ellenőrző adat

egyben. A sort a B0 B3 zárja. Hasonló másik adatsor a kétkel kijelölt szakasz előtt lévő. Az A0 A2 után csupán egy 00 02-t találunk, ez azt jelenti, hogy a hasznos adat csupán két bájtból áll. Ez a két bájt a 12 01. Ezek hexa összege valóban 00 13, majd ezután jön a záró bájtpár. Az ábrán kijelölt rész már egy kicsit hosszabb üzenet, nevezetesen 00 5B, azaz 91 bájt hosszúságú. A szerkezeti felépítés után nézzük meg az üzenetek jelentését is. A 21. ábrán a teljeség igénye nélkül felsoroltunk néhány adatazonosítót. A 19. ábra első adatsora máris egy hibaüzenetet tartalmaz. Itt ugyanis a 13 bájtból álló hasznos adatsor első, üzenetazonosító bájta a 0A. A táblázat szerint ez egy hibaüzenet. A következő két bájt meghatározza a hiba típusát. A 10 09 egy belső valósidejű

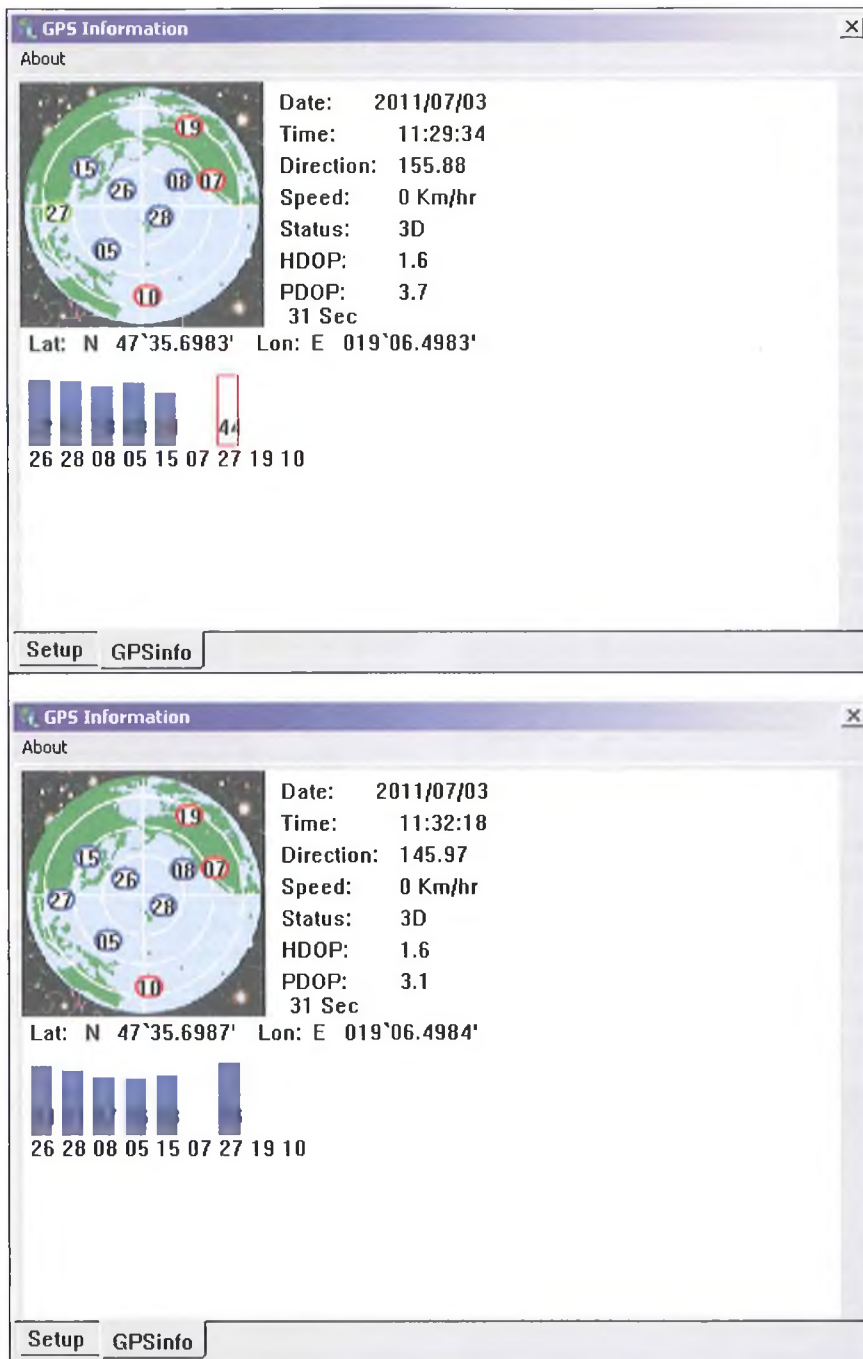
Azonosító (hexa)	Megnevezés
01	Referencia navigációs adat
02	Mért navigációs adat
06	Szoftver verziószám
0A	Hibazonosító
0B	Parancs visszajelzés (OK)
0C	Parancs visszajelzés (ER)
04	Mért műhold követési adat
0E	Almanac adatok
0F	Ephemeris adatok
12	CPU Be/Ki
29	Geodéziai navigációs adat
FF	Fejlesztői adat

21. ábra



22. ábra





23. ábra

óra hibát jelez. Mondjuk ez nem csoda, hiszen a konkrét esetben nem volt háttértelep bekötve, így a modul órája a tápfeszültség bekapcsolásával indult csak el. A 00 02 azt jelzi, hogy két darab 32 bites (2x4 bájt) hibatárral dolgozunk. Ez tartalmazza az idő és a hét adatait. Mindkét adat itt 00 00 00 00. Az ellenőrző adat a 00 25, majd a záróadat következik. Nézzük meg a kijelölt terület előtti utolsó üzenetet: az előbb már azonosítottuk, hogy a hasznos üzenet csupán a 12 01. Ez annyit

rejt, hogy a modul processzora üzenetküldő állapotba került. Utolsóként a kijelölt rész adata: a 29-es üzenetkód a táblázat szerint a navigációs adatokat továbbítja. Az üzenet felvételekor nem volt az antenna csatlakoztatva, így nagyon sok a 00 adat, de itt lehetne kiolvasni a földrajzi koordinátákat, a pontos időt és dátumot, a sebesség és átlagos tengerszint feletti magasságadatokat is. Látható, hogy itt egy SIRF üzenet tartalmazhat mindent, amit csak kettő-három NMEA mondatból lehetett

összeszedni. Kétségtelen tehát, hogy további számítógépes, vagy mikrovezérlős feldolgozásra a SIRF adatfolyam jobban megfelel, mint a NMEA mondat. Nem utolsósorban a SIRF protokollal többféle adathoz férhetünk hozzá, akár olyanokhoz is, amelyeket NMEA-n keresztül nem is lehet lekérdezni.

A SIRF protokollnak is van vezérlési része, azaz visszairányú üzeneteket is lehet küldeni vele, beállításokat eszközölni a modulban, adatokat lekérdezni stb. Persze ehhez meg kell komponálni a küldendő adatfolyamot és ehhez már nem elég egy egyszerű szöveges HyperTerminal felület.

Az interneten elérhető néhány program, amely közvetlenül képes a GPS modulok fogadására és adatainak értelmezésére. Ezen programok használata során nincs szükség semmilyen plusz háttértudásra, működésük során azonnal a felhasználó számára is könnyen értelmezhető formában adják ki adataikat. Általában tartalmaznak valamilyen grafikus felületet is a műholdak egymáshoz képesti elhelyezkedésének ábrázolására is. A koordinátákat, illetve a dátum és időadatokat a megszokott formátumban kaphatjuk meg. Két ilyen programot szeretnék a következőkben bemutatni. Az egyik a „GPS Information” nevű, a másik pedig a „SIRFDemo 3.87”. Mindkét program Windows alatt futtatható és ingyenesen hozzáférhető, letölthető.

## A GPS Information

program mindössze két ablakból épül fel. Nincs bonyolult menürendszere, így használata nagyon egyszerű, bár sajnos csak angol nyelvű. Az exe fájl mérete mindössze 86 kB-ot, nagyon kicsi tárhelyet igényel. A programot feltelepítve és elindítva a 22. ábrán látható képernyőképet kell kapnunk (természetesen a szövegmező ekkor még üres). A program a NMEA formátumú üzeneteket tudja értelmezni. Beállítás-ként mindössze két adatot kell megadnunk: az egyik a sorosport száma, ahová a GPS vevőt csatlakoztattuk, a másik pedig az átviteli sebesség. Értelem-szerűen a portot lehetőségeinknek megfelelően adjuk meg. Az ábra szerinti COM4 valójában egy soros/USB átalakító drájerének köszönhető, mivel COM1-2 fizikailag is szerepelt az alaplapon, a COM3-at pedig egy modem használta. Az átviteli sebességet a GPS modul által meghatározott módon

38 400 baudra állítsuk be. Ha készen vagyunk, kattintsunk a Start GPS gombra. Az ábrán ez azért nem látszik, mert a gombra kattintással megnyílik a sorosport és a gomb felirata azonnal Close GPS-re változik. Ha jól csatlakoztattuk a vevőt, már meg is indul a NMEA adatfolyam és megtelik a szövegmező látható része. Eddig nincs is semmi különös a dologban, hiszen ennyit a HyperTerminal is tudott. A programablak alsó részén található GPSinfo fülre kattintva azonban a 23. ábra szerinti látvány tárul elénk. A programablak bal felső részében egy félgömböt találunk, meg rendkívül kreatívan néhány csillagot körülötte. A „térkép” mindig ugyanazt a képet mutatja, nem változik a hely függvényében. Persze jobb lenne, ha az aktuális lekérdezett pozíció állna a félgömb közepén. Helyzetünket a kép közepére képzelve a PRN kódjukkal jelzett GPS műholdak elhelyezkedése és mozgása viszont már valóságos. A program kék színnel jelöli az éppen használt műhol-

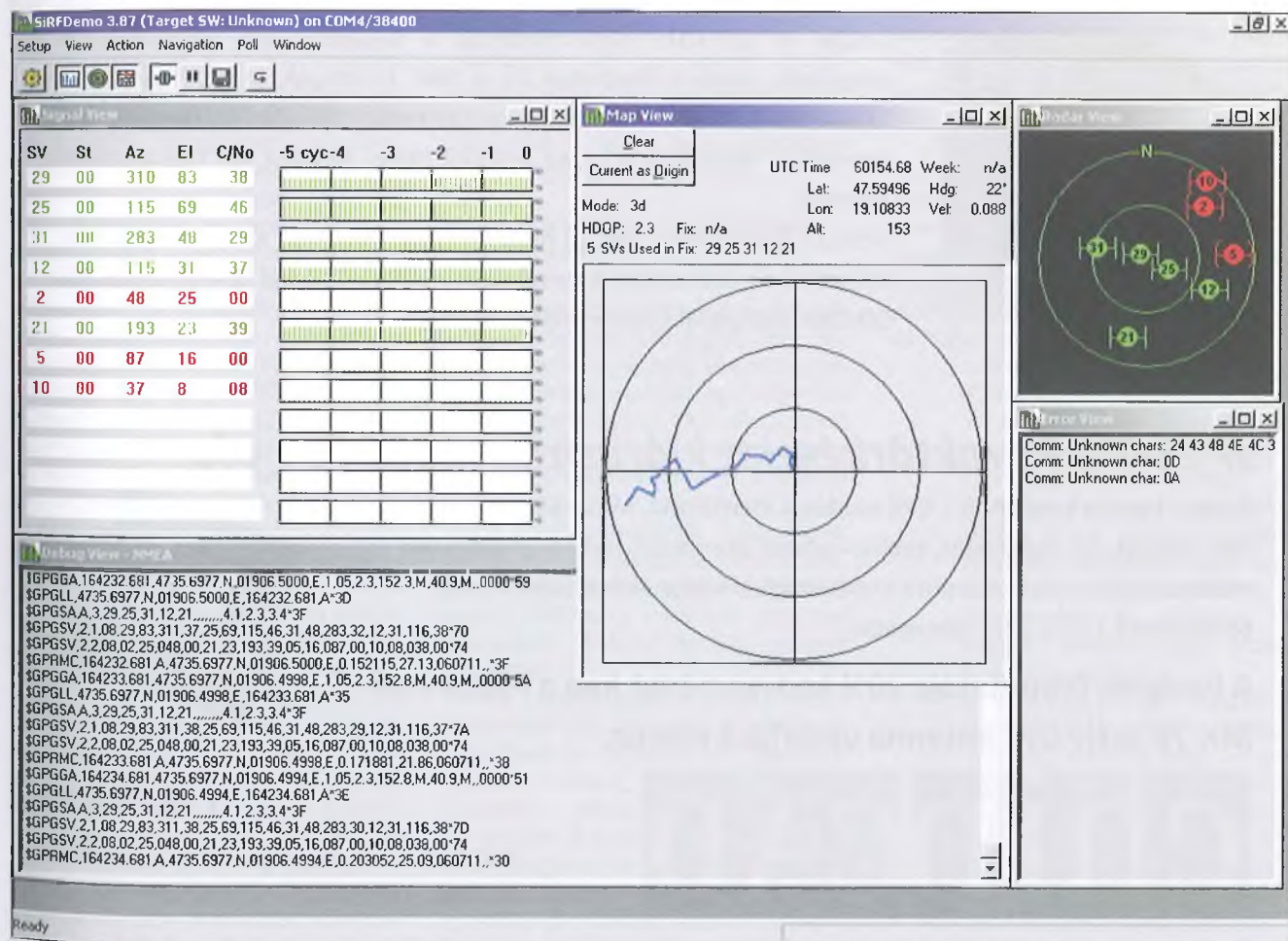
dak PRN-jét. A kép alatti függőleges csíkok az éppen használt műholdak térerejét, pontosabban a vett jel SNR (jel-zaj viszony) értékét jelölik. Minél jobb a jel-zaj viszony, annál magasabb az adott műholdhoz tartozó kék téglalap. A csíkok helyzetének és magasságának frissítése a bejövő NMEA üzenetek függvényében történik. Az ablak jobb oldali részében találjuk a pillanatnyi dátum és időkoordinátát, míg a szélességi és hosszúsági adatok a műholdas kép alatt olvashatók le.

Hogy mennyire pillanatról pillanatra változó a GPS holdak helyzete és elérhetősége, az a két ábrafél összehasonlításából látszik a legjobban. Az ábra felső és alsó része között csupán néhány perc telt el, viszont a 27-es PRN jelű hold éppen a vételkörzetbe ért ezalatt, így ennek a jele is kékre váltott, az általa szolgáltatott információ pedig tovább javítja a koordináták pontosságát. A jel-zaj viszonyok változása is szembeeszközök már ezalatt a néhány perc alatt is. Az alsó ábrarészen leolvasható ko-

ordináták minden bizonnyal pontosabban, mert kiszámításukhoz már hat műhold állt rendelkezésre az előbbi öt helyett. A lefedettség több, mint megfelelő, mert pontosan kilenc hold tartózkodott az adott időben a „mi” félgömbünkön és ebből 5–6 jele volt használható.

## SIRF Demo

a másik program, amit feltétlenül érdemes kipróbálni. Ez ingyenesen letölthető a GPS modul gyártójának weblapjáról ([www.falcom.de](http://www.falcom.de)). A letöltött, becsomagolt telepítőfájl mérete 4,7 Mbájt, kicsomagolva 6,4 Mbájt. Kicsomagolás után nincs más teendők, indítsuk el a SetupSiRFDemo.exe-t. A szokványos telepítőablakokat végigkattintgatva kapunk egy SiRFDemo feliratú csinos ikont az asztalon. A telepítés után nem szükséges újraindítás, azonnal üzemkész a program. Elindítva a programot rögtön egy kis ablak ugrik elő, ahol be kell állítani a már megszokott sorosportot meg a sebességet. Ez-



24. ábra



után a 24. ábra szerinti képernyőképet kapjuk, persze még adatok nélkül. Ha mindent rendben beállítottunk, akkor a menürendszer alatti gyorsgombsoron jobbról a negyedik gombra kattintva létrejön az összeköttetés a modul és a port között. Elkezdenek jönni az adatok, a képernyő pedig lassan életre kel. A program alapbeállítása a NMEA mondatok feldolgozása, de képes kezelni a SiRF Binary formátumot is. A programablak alsó felében nyomon követhetjük a beérkező NMEA mondatokat, amelyek feldolgozás után a „Signal View”, a „Map View” és a „Radar View” ablakokba kerülnek. A „Signal View” ablakban a műholdakkal kap-

csolatos információk kaptak helyet. Az SV oszlop a PRN számot, az El és Az oszlopok a holdak helyzetével kapcsolatos információt, az utolsó oszlop pedig a jel-zaj viszonyt mutatja. Az adott hold sorában az ablak bal oldalán az utolsó oszlop adatai jelennek meg grafikusan az elmúlt öt másodpercre vonatkoztatva. A „Radar View” ablakban nyomon követhetjük a látható holdak helyzetét, mozgását. A színezés értelemeszerű: a zöldek az éppen használt eszközöket jelölik. A „Map View” ablak információja nagyon hasznos. A kiszámított koordináták bizonytalanságának vizuális megjelenítésére alkalmas. A célkereszt távolságai és közép-

pontja megadható. Esetünkben 10-20 és 30 m a három kör sugara. A piros pontot adtuk meg referenciapontként, a keletkező kékek pedig az idő előrehaladtával kapott koordináták elhelyezkedését mutatják. Ha egyhelyben állunk, akkor erről a nézetről a koordináták hibája olvasható le, ha pedig útra kelünk, akkor az útvonalat jeleníti meg. Ha esetleg mögé tennénk egy térképet, akkor azt is leolvashatnánk, hogy éppen merre járunk.

Reméljük, hogy e rövid ismertető felkeltette az Olvasó figyelmét és hasznos lesz az alkalmazások és kísérletezések során. Jó koordináta-vadászatot kívánunk!

## Professzionális GSM és GPS modulok Mégfizethető áron



A ChipCAD Kft. a legkorszerűbb QUECTEL GSM és GPS modulokat árulja. A QUECTEL GPS modulok a legújabb GPS vevőchipeken alapulnak, mint a Mediatek és a SiRF IV chipek. Az L10 modul a Mediatek MT3329 áramkörére épül és max. -165 dBm érzékenységgel, kevesebb, mint 35 s a hideg felállási ideje. Mindez kis fogyasztással párosul.

Az M12 GSM/GPRS Class 12 modul TCP/IP stack-kel, kis 29x29x3,6 mm mérettel, és akár kézzel is forrasztható LCA tokozással készül. Illeszkedő SIM kártyafoglalat és antennák is kaphatók.

### JP15-T GPS raktárkészlet kiárusítás - 1590 Ft + áfa!

Amíg a készlet tart! JP15-T GPS modulok kiárusítása. Második generációs SiRF chipset. Kis fogyasztás, trickle-power üzemmód. Helymeghatározási alkalmazásokon kívül atomóra pontosságú időalapnak is ideális. Kézzel beültethető 25,5 x 25,5 mm modul.



**A hirdetés felmutatója 20% kedvezményt kap a hozzá való MK-76 aktív GPS antenna vásárlása esetén.**



**ChipCAD Kft.**

1097 Budapest, Könyves Kálmán krt. 12-14.  
Tel.: 061 231 7000 Fax: 061 231 7011

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

# Oscilloszkóp vásárlás és szerviz

Dr. Tolnai János okl. híradástechnikai szakmérnök, HA5LQ@freemail.hu

*Ma már a legnevezetesebb gyártók (TEKTRONIX, HP, PHILIPS) 1970-es, '80-as években készített professzionális (és mások félprofesszionális) oszcilloszkópjai amatőrök számára is könnyen elérhetőek. A Rádiótechnika 2010/7-8. és 9. számában megjelent „A HAMEG 806 oszcilloszkóp határfrekvenciájának beállítása” c. szervizelést, ill. az oszcilloszkóp kezelést részben taglaló írás. E cikk folytatásaként a jelen közlemény a mérés technikában még kevésbé jártas, de oszcilloszkópot vásárolni szándékozó olvasóknak olyan tudnivalókat foglal össze, amelyek a használt oszcilloszkóp vásárlása előtti megvizsgálásával, kezelőszerveivel, beállításával, a két időalapú oszcilloszkóp működési módjaival, a mérőfejjel kapcsolatosan a hasznára lehetnek. A mérés technikában rutinosabb, javításra is vállalkozók számára pedig – az érintett áramkörök működését is ismerve – néhány szervizesetet mutat be.*

Elektronikus áramköröket készíteni, bemérni, javítani lehetetlen műszerek nélkül, és e műszerek között a legfontosabb, a leginkább univerzálisan használható eszköz az oszcilloszkóp.

Aki kedvtelés-ként, vagy akár vállalkozóként, ma foglalkozik elektronikával, műszerezettség tekintetében összehasonlíthatatlanul jobb helyzetben van, mint mondjuk 25-30 évvel ezelőtt lett volna. Az első ok, hogy a rendszerváltás előtt ipari műszereket gyakorlatilag nem lehetett a kereskedelemben megvásárolni. (Azok beszerzését és az állami vállalatok, szövetkezetek közti elosztását központilag intézték.) Ma lehet. Második, hogy kedvező módon megváltozott az iparcikkek árának a keresetekhez, ill. más termékek, szolgáltatások árához való viszonya. (1982-ben egy 51cm-es színtestvé ára 6-9 havi átlagkereset volt, ma kevesebb, mint 1 heti átlagkereset.) Végül, azt lehet mondani, hogy 25-30 évvel ezelőtt a műszerek műszaki paramétereik, mérési pontosságuk tekintetében nem sokkal maradtak el a maiaktól. A fejlődés iránya inkább a nagybonyolultságú integrált áramkörök alkalmazása, a digitalizálás révén a kisebb méretek és fogyasztás, ugyanakkor a na-

gyobb üzembiztonság és kezelési kényelem, a számítógéphez való illeszthetőség elérése volt.

Mindezek miatt erre szakosodott cégeken keresztül vagy internetes aukciós oldalakon vezető műszergyártók régi, használt, de az amatőr célokat tökéletesen kielégítő, professzionális műszereit az új árának töredékéért meg lehet vásárolni. Az efféle műszerek az átlagos amatőr számára is könnyen elérhetővé váltak.

Használt műszert csak működőképességének ellenőrzése, esetleges hibáinak felmérése után célszerű vásárolni. Számolni kell azzal, hogy ezek az idős műszerek néha (ha már az átvételkor hibákat észleltünk, azonnal) javításra szorulhatnak. Szerencsére főként tranzisztorokból és olyan, jellemzően a fejlesztésükkor általánosan használt integrált áramkörökből épülnek fel, amelyek hozzáférhetőek vagy ma kapható alkatrészekkel pótolhatóak. Így ellentétben a korszerű, cél integrált áramköröket tartalmazó társaikkal a javítás kellő szakértelemmel házilagosan is elvégezhető.

## Az oszcilloszkóp kiválasztása, ellenőrzése

Az oszcilloszkóp kiválasztásakor elsőként igényeinket kell átgondolni: milyen érzékenységre, hány csatornára, milyen határfrekvenciájú, egy vagy két időalapú stb. legyen. (Az e fogalmakat is ismertető alapvető oszcilloszkópos tudnivalók megtalálhatók pl. a fentebb hivatkozott „HAMEG 806-os” cikkben.) Hasonló műszaki paraméterek esetén ajánlatos az újabb, parallaxishiba-mentes, a katódsugárcső ernyőjének belső felületén kiképzett (internal graticuled) skálával készült műszert választani.

Ha rendelkezésre áll, előre tanulmányozzuk át a vásárolni szándékozott oszcilloszkóp felhasználói utasítását (User's Manual, Owner's Manual, Operator's Manual stb.). Ha nincs nyomtatott dokumentáció, van rá remény, hogy az interneten rábukkanunk: ott nagy számú – külföldi és magyar gyártmányú – műszer kapcsolási rajza, kezelési utasítása, sőt szervizkönyve megtalálható, és ingyenesen (egyes cé-

gek honlapjáról díj fizetése ellenében) letölthető. A dokumentációból megállapíthatjuk, hogy a műszer megfelel-e az elvárásainknak.

A kiválasztott oszcilloszkóp átvételére készülünk fel! Tanulmányozzuk a felhasználói utasításban a kezelőszervekkel kapcsolatos tudnivalókat, készítsünk elő a műszer kipróbálásához (lehetőleg annak teljes mérési tartományában beállítható frekvenciájú, változtatható kimenő feszültségű) szinuszel generátort és valamilyen egyenfeszültség-forrást is.

Ha az oszcilloszkópot hideg helyről hozták be a meleg szobába, a bekapcsolás előtt érdemes várni egy órát, hogy a hideg felületeken lecsapódó pára eltűnjön és pl. a katódsugárcső anódfeszültségénél ne okozzon áthúzást. A burkolaton lévő szellőzőnyílásokat hagyjuk szabadon. Ha a hűtést ventilátor biztosítja, a levegő beszívási/kifújási helyén hagyjunk 5-10 cm távolságot, ahol a levegő szabadon áramolhat.

A bekapcsolás után rövid idővel – ha az oszcilloszkóp bemeneteire nincs jel kapcsolva és pl. 1 ms/DIV eltérítési sebességet állítunk be – egy vízszintes vonalnak kell megjelenni az ernyőn. Ha a vonal nem jelenik meg, ellenőrizzük, hogy az oszcilloszkóp kezelőszervei helyesen vannak-e beállítva:

- a fényerő nincs-e túl csekélyre állítva,
- az oszcilloszkóp nincs-e X-Y üzemmódba állítva (ekkor csak egy fénypont jelenik meg),
- a trigger nincs-e normál üzemmódba állítva, ekkor ui. vizsgálható jel hiányában a sugár nem indul meg az ernyőn és nem is világosodik ki (állítsuk a triggerrel automata vagy szabadon futó üzembe),
- a függőleges vagy vízszintes pozíciószabályozók nincsenek-e úgy elállítva, hogy a sugár az ernyő aktív felületén kívülre került (használjuk a BEAM FINDER-t vagy az ernyőn kívülre került sugár helyzetét jelző LED-eket, ill. glimmlámpákat, ha van az oszcilloszkópon).

A kezelőszervek megfelelő beállítása után, ha az oszcilloszkóp működik, a



sugár megjelenik az ernyőn. A fényerőt állítsuk arra a legkisebb értékre, ahol a jelalak még jól látható. Állítsuk a vízszintes vonalat az ernyő közepére, és ellenőrizzük, hogy párhuzamos-e a skála vízszintes középvonalával. Ha nem, külső skálás oszcilloszkópnál a skálapad billentésével, belső skálás (intern. gatic.) oszcilloszkópnál a TRACE ROTATION trimmer-potenciométerrel állítsuk párhuzamosra.

Állítsuk be a fókuszot! Adjunk a megfelelő csatornabemenetre szinuszjelet; más jelforrás híján, korlátozott mértékben az oszcilloszkóp saját mérőfej-kalibráló generátorának négyszögjele is felhasználható a legtöbb ellenőrzéshez.

Állítsuk be a vízszintes és függőleges eltérítés fokozatkapcsolóit úgy, hogy az ernyő hasznos magasságának kb. 80%-át töltsse ki a jel, és kb. 8-12 teljes periódus jelenjen meg az ernyőn. Ez a jel elég sűrű ahhoz, hogy az ernyő szinte teljes felületén egyidejűleg lássunk közel vízszintes és közel függőleges vonalakat is. A fókuszot, ill. az asztigmatizmust úgy kell beállítani, hogy minden irányban, az ernyő felületének minél nagyobb részén – de különösen a középső részen – éles legyen a kirajzolt jelalak.

Ellenőrizzük valamennyi VARIABLE potenciométert. Ezek elforgatásával az erősítést, eltérítési időt folyamatosan állíthatjuk, de csak „kalibrált” állásukban olvashatjuk le a feszültségeket, ill. időket hitelesen. A kalibrált állás mindig valamelyik végállás, melyet előlapi felirat, ábra mutat, vagy nem kalibrált állapotban a VARIABLE gomb közelében kigyullad egy UNCAL jelzőfény. A kalibrált helyzetet elérve valamilyen arretálás, kattánás is érzékelhető.

Vizsgáljuk meg a függőleges és vízszintes pozíciószabályozó potenciométerek működőképességét is.

A bemenetekre az ernyőn néhány DIV (division, skálaosztás) kitérést adó jelet adva ellenőrizzük a csatornák AC/DC/GND átkapcsolóinak működését, és minden állásban a csatornák érzékenységének fokozatkapcsolóit. GND állásban a függőleges erősítő bemenete földelődik, tehát az ernyőn vízszintes vonalat látunk. Ha a bemenetre egyenfeszültséget kapcsolunk, DC állásban ez a vízszintes vonal a V/DIV kapcsoló által beállított mértékben az ernyőn feljebb vagy lejjebb kerül, AC állásban viszont rövid idő alatt eredeti helyzetébe tér vissza. Nagyobb V/DIV



1. ábra

állásba kapcsolva az ernyőn a jel függőleges kitérése az átkapcsolásnak megfelelő mértékben csökken.

Ha van Y MAG x5 kapcsoló, ennek működtetése ötszörös erősítést iktat be, ami általában együtt jár a határfrekvencia harmadára-ötödére csökkenésével. Nem biztos, hogy az ilyen kapcsolók külön nyomógomb formájában vannak jelen az előlapon. Helytakarékoság miatt sokszor valamelyik potenciométer forgatógombjának néhány milliméteres kihúzásával érhető el a kívánt funkció. Pl. a kihúzandó VARIABLE forgatógomb mellett MAG x5: PULL előlapi felirat (1. ábra). A kapcsoló mindkét állapota jól érzékelhetően arretál.

(A gombtól balra látható a VARIABLE kalibrált állásának – a forgatógomb kupakján jobbra mutató nyíl – jelölése is.)

A TIME/DIV kapcsoló minden helyzetében – valamelyik csatorna bemenetére megfelelő frekvenciájú szinusz-, vagy négyszögjelet adva – vizsgáljuk meg az időeltérítő generátor működését. Nagyobb eltérítési sebességre, tehát kisebb s/DIV értékre kapcsolva az ernyőn a jel rövidebb szakasza jelenik meg. Olyan, mintha az előbbi jelet vízszintesen széthúzták volna, fényereje viszont gyakorlatilag változatlan.

Két időalapos oszcilloszkópnál (ld. később) ezt a vizsgálatot a második időalapnál is végezzük el, akár egyszerűen együtt kapcsolva a két időalap TIME/DIV kapcsolóit. Ellenőrizzük a DELAY helipot működését is.

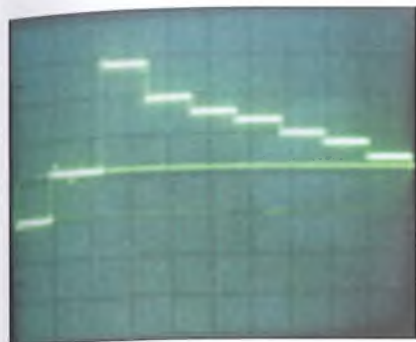
Ellenőrizzük, ha van, hogy az X MAG x10 kapcsoló hatásos-e. Ennek bekapcsolásakor a vízszintes eltérítés tízszeresére nő. A vízszintes pozíciószabályozó potenciométer állításával az így vízszintesen tízszeresére nyújtott jelnek mindig más szakasza kerül az ernyőre, csökkent fényerővel, mivel az elektronsugár ekkor csak tizedannyi ideig pásztázza az ernyőt.

Ha a két csatornára különböző (egymáshoz nem kötött frekvenciájú) mérőjelet adunk és pl. a kétcsatornás ALT üzemmódot választjuk ki, ellenőrízhetjük a triggerelés kezelőszerveit. A forrásválasztó NORM (más oszcilloszkópnál ALT) állásában, ha a triggerszintet jól állítjuk be, mindkét jel állni látszik az ernyőn. CH I állásban az első csatorna jele áll, a második fut, CH II állásban a második csatorna jele áll és az első csatorna jele fut. EXT állásban – ha az EXT TRIG bemenetre nem adunk jelet – mindkét csatorna jele fut. Ha pedig erre a bemenetre is rákötjük a CH I-re vagy CH II-re adott jelet, az adott csatorna jele megáll.

Ellenőrizzük a trigger módok (FREE RUN, NORM, AUTO, SINGLE SWEEP), ill. a SCOPE +/- kapcsolók, a LEVEL potenciométerek működését. FREE RUN állásban a vízszintes eltérítő generátor mindig működik, nem vár triggerjelet. A sugár mindig látható, de a jelek nem állnak meg az ernyőn. NORM állásban, ha nem képződik triggerjel (akár azért, mert nem adunk vizsgálandó jelet az oszcilloszkóp bemenetére, akár azért, mert a LEVEL potenciométer rosszul van beállítva), a vízszintes eltérítő generátor nem indul, az ernyő elsötétül. Ennek elkerülését szolgálja az AUTO üzemmód, amikor az eltérítő generátor triggerjel híján is indul. Ha van triggerjel, AUTO módban a különféle szkópok más-más módon viselkednek. Van, ahol ilyenkor az indítási szint állíthatatlan, és a sugár indítása a jel nullátmeneténél történik, van, ahol a LEVEL potenciométer állításával ilyenkor is megválaszthatjuk az indítási szintet, és az automata indítás akkor lép működésbe, ha a vizsgált jel ezt a szintet nem éri el. „Csúcstól-csúcsig” AUTO üzemmódú oszcilloszkópnál pedig a LEVEL potenciométerrel eleve csak a jel két szélső értéke között lehet az indítási szintet megválasztani. Ilyenkor az automata indítás akkor lép működésbe, ha a bemenetre adott jel értéke nem éri el a trigger képzéshez szükséges minimális szintet.

Két időalapos műszernél a második időalapnál a triggerforrás-választón STARTS AFTER DELAY (vagy ezzel azonos értelmű más pl. FR) felirat is lehet. Ilyen oszcilloszkópnál vizsgáljuk meg a második időalap üzemmódjait (A, A INTEN ID B, B DELAY'D, MIX, ALT stb.) is.

Az oszcilloszkópok újabb generációja kényelmi többletszolgáltatásokat

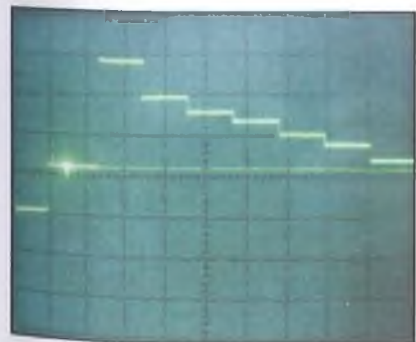


2. ábra

nyújthat. A „readout” szolgáltatás azt jelenti, hogy a leolvasás szempontjából fontos beállításokat az oszcilloszkóp az ernyőjére – jellemzően az Y adatokat az ernyő legaljára, az X adatokat a legfetejére – kiírja. A „cursor” előlapi kezelőszervekkel az oszcilloszkóp ernyőjén mozgatható jelzővonal. Feszültségméréskor két vízszintes cursor, időméréskor két függőleges cursor jelenik meg, melyeket a jel vizsgált pontjaira állítva, a két cursor pozíciója közti feszültség- (ill. idő) különbséget a műszer ernyőjén (esetleg régebbi szkópnál egy külön kijelzőn) kiírja. Az ilyen mérés nemcsak kényelmesebb, hanem a pontossága is jobb. Kiküszöböli az erősítő és a katódsugárcső nemlinearitásából származó hibát. Ameddig a sugár az ernyőre ezeket a jelzővonalakat, feliratokat írja, értelemszerűen megszakad magának a kiértékelt jelnek a rajzolása, és abban a mérést zavaró, változó helyű sötét pontok jelenhetnek meg. Ezért e többletszolgáltatások valamilyen úton mindig kikapcsolhatók.

### Két időalapos oszcilloszkóp

A két időalapos oszcilloszkóp lehetővé teszi, hogy az ernyőn megállított (triggerelt) jel egy kis szakaszát „vízszintesen kinagyítva” vizsgálhassuk meg. Ez a „kinagyítás” úgy történik, hogy a jel kijelölt szakaszát az oszcillo-

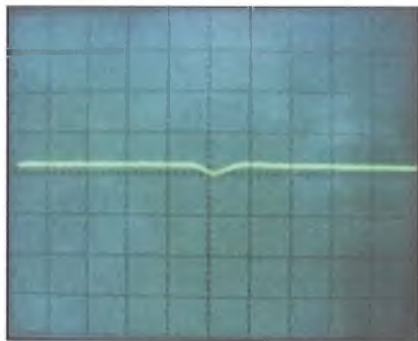


3. ábra

szkóp a második („B”-vel jelölt) időeltérítő generátorán beállított nagyobb eltérítési sebességgel rajzolja az ernyőre. (Az első időalapot „A”-val jelölik.) Az ilyen oszcilloszkópoknak legalább három triggerelési módja van:

„A”, azaz az első időalap működik. Ekkor az oszcilloszkóp működése megegyezik az egy időalaposéval. Példaként egy videojel részletét mutatja a 2. ábra. Ezen a szinkronjelet követő ún. „utókioltóvállon” (vízszintesen az első és második osztás között) egy rövid pozitív, majd egy rövid negatív zavarimpulzus látszik. Például ezeket a rövid impulzusokat vizsgálhatjuk meg részletesen a második időalap segítségével.

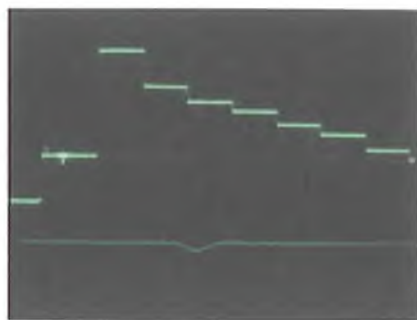
Először kijelöljük az ernyőn látható jelelak részletesen vizsgálandó szakaszát a DELAY gomb és a „B” időalap TIME/DIV kapcsolójával (részletesen ld. később). A kijelölt szakaszt az „A



4. ábra

INTEN” („A” intensified by „B” = „B” kivilágosítja „A”-t) trigger módban láthatjuk. Az ernyőn az „A” időalapban felrajzolt jelnek a kijelölt szakasza – most a negatív zavarimpulzus és környezete – nagyobb fényerővel jelenik meg (3. ábra). Ha most csak a kijelölt szakaszt kívánjuk megvizsgálni, a „B” („B DEL'D” = „B” késleltetve „A”-hoz képest) trigger módot választjuk ki, és a jel kiválasztott szakasza az ernyő teljes szélességében kinyújtva jelenik meg (4. ábra).

A két időalapos oszcilloszkóp alapvető három triggerelési módján („A”, „A INTEN BY B”, „B DEL'D”) kívül az idők folyamán különböző többletszolgáltatások is megjelentek. Az „ALT” triggerelési módban pl. felváltva rajzolja az ernyőre a sugár (kijelölt résszel kivilágított) „A”, és a „B” időalap jelét (5. ábra). A két jelet (a könnyebb kiértékelhetőség kedvéért) egymáshoz képest függőlegesen eltolhatjuk (pl. a HAMEG 806-nál a



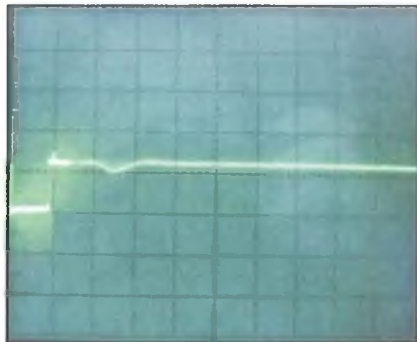
5. ábra

„TRACE SEP” forgatógombbal), ezért láthatjuk az ábrán a „B” időalap jelét az „A” időalap jele alatt.

A „MIX” triggerelési módban pedig a kijelölt rész kezdetéig az „A” időalap, ez után pedig a „B” időalap határozza meg a vízszintes eltérítési sebességet, ez látható a 6. ábrán. (Az 5. és 6. ábrán a két időalap kijelzése közötti fényerőkülönbséget az okozza, hogy a lassabb, „A” időeltérítésnél hosszabb ideig éri az elektronsugár a fényport, és ezért az nagyobb fényerővel világít, mint a gyorsabban lefutó „B” időeltérítésnél.) A megvizsgálandó szakasz elejét (tehát „B” időeltérítés késleltetését „A”-hoz képest) a precíziós beállítást lehetővé tevő, 10 fordulatú DELAY forgatógombbal (7. ábra) jelölhetjük ki. A 10 fordulatnál az ernyő bal szélétől a jobb széléig bármilyen késleltetést kijelölhetünk.

„B” időalap indítható közvetlenül a DELAY gombbal beállított késleltetés után (ilyen esetet mutatnak az ábrák), ehhez „B” trigger választó kapcsolóját (a 7. ábrán jobbra fent: SOURCE) „STARTS AFTER DELAY”, vagy más oszcilloszkópon ezzel egyenértékű más, pl. „FR” (= free) üzemre kell állítani.

Ha úgy kívánjuk, „B” időalap csak a beállított késleltetés utáni első triggerjelre indul. Ehhez „B” időalap



6. ábra





7. ábra

trigger választó kapcsolójával (műszer-típusonként különböző lehetőségek közül választva) választhatjuk ki a triggerjel forrását. Ha pl. CH I-et választunk, a „B” eltérítés a DELAY gombbal választott késleltetés után, de csak az azt követő első, CH I csatornán érkező jelből képzett triggerjel beérkezéskor indul.

A vizsgálat időtartamát, azaz, hogy milyen hosszú szakaszt vizsgáljunk, a „B” időalap TIME/DIV kapcsolójával lehet beállítani. Ez utóbbi valamilyen formában egybeépül az „A” időalap TIME/DIV kapcsolójával, és egy mechanika legalább azt megakadályozza, hogy a „B” időalapon hosszabb TIME/DIV értéket lehessen kijelölni, mint az „A”-n beállított. Azaz, hogy a részletesen vizsgálandó jelszakasz ne „kinyújtva”, hanem „összecsugorítva” jelenjen meg, ez ugyanis értelmetlen volna. A HAMEG 806 ilyen megoldását mutatja a 8. ábra. A szürke forgatógombok az „A” időalap kezelőszervei. A kisebb átmérőjű forgatógomb az időalap VARIABLE szabályozója; a TIME/DIV felírat mellett kis ábra mutatja, hogy az időalap akkor van kalibrált helyzetben, amikor a piros kupakon a nyíl jobbra mutat. A fokozatkapcsoló most  $5 \mu\text{s}/\text{DIV}$  állásban van. Az előlaphoz közelebbi, néhány milliméter magas, áttetsző műanyagból készült kapcsolóhenger kezeli a „B” időalap fokozatkapcsolóját, a palástján a fehér jelzés most  $1 \mu\text{s}/\text{DIV}$ -en áll.

A „B” időalap általában nem állítható a leglassabb eltérítési fokozatokba, itt pl. nem kapcsolható az  $1 \text{ s}/\text{DIV}$  és  $0,5 \text{ s}/\text{DIV}$  állás. A választható értékeket a HM 806 előlapján a kapcsoló körüli szürke mező szélén fekete vonal határolja. Ennél a műszernél, amikor a második időalapot éppen nem használjuk, a „B” időalapot a legnagyobb,  $0,05 \mu\text{s}/\text{DIV}$  sebességre érdemes állítani, mert így szabadon használhatjuk az „A” időalap kezelőszervét. (Másként a

már említett mechanikai kapcsolat miatt, ha „A” időalapot nagyobb sebességre állítanánk, mint amilyen „B” áll, „magával viszi” „B” kapcsolóját. Az végül is a  $0,05 \mu\text{s}/\text{DIV}$  állásba kerül és ott is marad, ha ez után „A” időalapot ismét kisebb sebességre kapcsoljuk.)

Nagyobb kezelési kényelmet nyújt az, a professzionális oszcilloszkópokon alkalmazott megoldás, amelynél amikor „B” időalapot nem használjuk, az „A” és „B” időalap kezelőszervei mechanikus kötésben vannak, azaz együtt kapcsolódnak. A második időalap használatánál ehhez az állapothoz képest lehet a „B” időalapot nagyobb eltérítési sebességre állítani, a mechanikus kötésnek pl. a forgatógomb kihúzásával történő oldásával (TEKTRO-NIX, 9. ábra). Az előlaphoz közeli, átlátszó korongon lévő két fekete vonal által határolt rész az „A” időalap beállítását mutatja, a szürke forgatógombon lévő fehér jelzés pedig a „B” időalapét (itt mindkettő  $5 \mu\text{s}$ ). Jelen helyzetben a két időalap mechanikus kötésben van egymással, így a szürke gombot elforgatva vele együtt fordul az átlátszó korong is. A „B” időalap külön állításához a szürke gombot néhány milliméterrel ki kell húzni, ekkor a mechanikus kapcsolat megszűnik, és a gomb elforgatásával „B” TIME/DIV állítható. Természetesen csak „A”-nál nagyobb eltérítési sebességre. Ezt magyarázza a gomb felirata: „DLY'D SWP (PULL), LOCK KNOBS FOR A” azaz a késleltetett (tehát „B”) SWEEP-et a gomb kihúzva állítja, egyébként „B” az „A” időalaphoz van zárva. A piros VAR forgatógomb itt is az „A” időalap VARIABLE állítója, nem kalibrált helyzetében a gomb



8. ábra



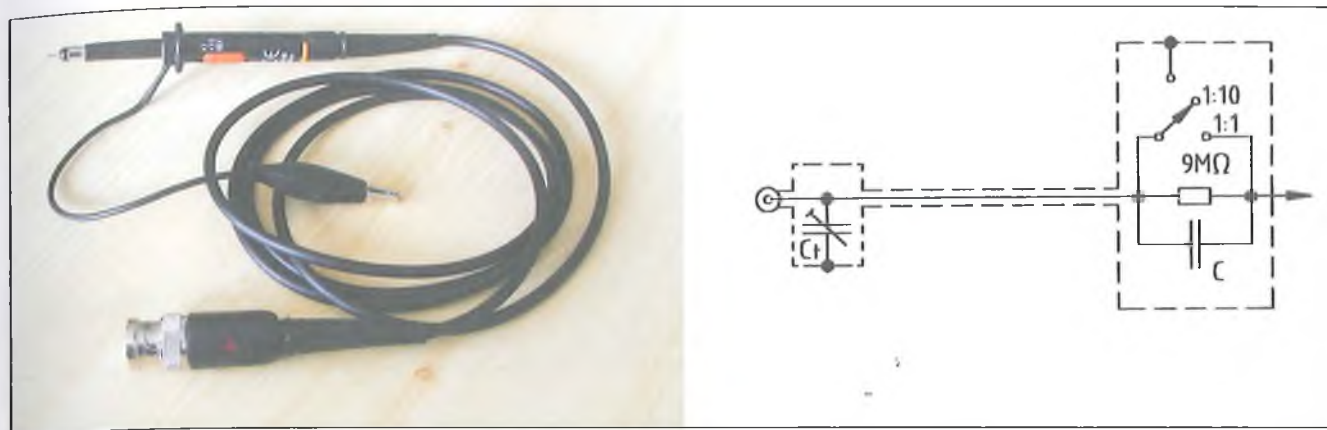
9. ábra

mellett balra látható, piros UNCAL felírat alatti jelzőfény világít.

A legkisebb (és itt a legnagyobb) eltérítési sebességek is csak az „A” időalappal állíthatóak be. (Ld. a 9. ábrán a  $0,1$  és  $0,05 \mu\text{s}$  szürke mezőt: „A ONLY WHEN KNOBS LOCKED”. A kisebb sebességeket is szürke mező jelöli ki, de azt a gomb a fotón takarja.)

## Mérőfejek

Ne feledkezzünk meg a komoly oszcilloszkópos méréshez szükséges mérőfejek beszerzéséről sem! A mérőfej szerepéről és a félprofesszionális oszcilloszkópokhoz gyártott, univerzálisan felhasználható néhány típusáról a korábban már említett RT cikkben olvashatunk. (A mérőfej alkalmazásának alapvető célja, hogy a mérendő áramkört az oszcilloszkóp rákapcsolása miatt terhelő kapacitást csökkentse.) A hivatkozott cikkben ismertetett képest kissé eltérő kapcsolású mérőfejek is kaphatók (pl. TK-100, 10. ábra). Ezeknél az oszcilloszkóphoz csatlakozó BNC dugóval egybeépített kis dobozban nem a nagyfrekvenciás kompenzáló elemeket, hanem a frekvenciafüggetlen feszültségosztást beállító, az oszcilloszkóp bemenő kapacitásával párhuzamosan kapcsolódó trimmerkondenzátort tartalmaznak. E kapcsolásban a mérőfejben, a  $9 \text{ M}\Omega$ -os ellenállást áthidaló kondenzátor kapacitása állandó értékű. Az ezen a mérőfejen található átkapcsolónak három állása van:  $1:1$  és  $1:10$  osztáson kívül a harmadik pozícióban az oszcilloszkóp bemenete (nem a mérendő pont!) leföldelhető, így azonos hatású, mintha az oszcilloszkóp be-



10. ábra

menő csatolásválasztóját állítanánk „GND” állásba.

Sajnos, az ilyen konstrukciójú, nem professzionális mérőfejek terhelő kapacitása valamivel nagyobb, mint a hivatalos RT cikkben bemutatott, a BNC csatlakozójánál nagyfrekvenciás kompenzáló dobozt nem tartalmazó ETS1111 (11. ábra), ill. a kompenzáló dobozzal ellátott ETM2111 (12. ábra) típusoké (ld. 1. táblázat).

Néha használt professzionális mérőfejekhez is hozzájuthatunk. Ezek általában 1:10 osztásúak és nem átkapcsolható kivitelűek, viszont minden esetben tartalmaznak nagyfrekvenciás kompenzálási lehetőséget is, és terhelő kapacitásuk kisebb.

Elsőként a TEKTRONIX cég készített olyan mérőfejeket, amelyek csatlakoztatásakor az oszcilloszkóp érzékeli a mérőfej jelenlétét, és a V/DIV kijelzésnél eleve figyelembe veszi a mérőfej 10-es leosztását. A TEKTRO-NIX 465 oszcilloszkóp CH 1 bemenetét – amelyre nincs mérőfej csatlakoztatva – a 13. ábrán láthatjuk.

A VOLTS/DIV kapcsoló átlátszó tárcsájának 20 m (= 20 mV/DIV) felirata mögött világító fény mutatja az

1. táblázat

Mérőfej típusa	Mérőkábel hossza [m]	A mérőfej kapcsolójának 1:10 állásában		
		A mért áramkört terhelő kapacitás [pF]	Kiegyenlíthető, ha az oszcilloszkóp bemenetének kapacitása [pF]	Határfrekvencia [MHz]
ETS-1111	1,2	16	10...60	100
ETM-2111	1,2	15,5	10...60	200
TK-100	1,2	17	10...35	100

osztó állását. Ha a mérőfejet a csatorna bemenetére helyezük, ez a fény kialszik és a .2 (= 0,2 V/DIV) felirat mögötti fény világít (14. ábra).

A 13. ábrán megfigyelhetjük, hogy az oszcilloszkóp BNC bemenetének test csatlakozóját koncentrikusan egy műanyag szigetelő gyűrű, majd egy fém gyűrű veszi körül. A mérőfej BNC csatlakozójának műanyag részéből rugóva kinyúló fém pöcök (15. ábra) e gyűrűvel érintkezik. A mérőfej érintkezője és a testpont közé 11 kΩ-os ellenállás van kapcsolva, ezt érzékeli az oszcilloszkóp áramköre és kapcsolja át a jelzőfényt. Ez az oszcilloszkóp csak az 1:10 osztású mérőfej fogadására van felkészítve. Az újabb, readoutos oszcilloszkópok

2. táblázat

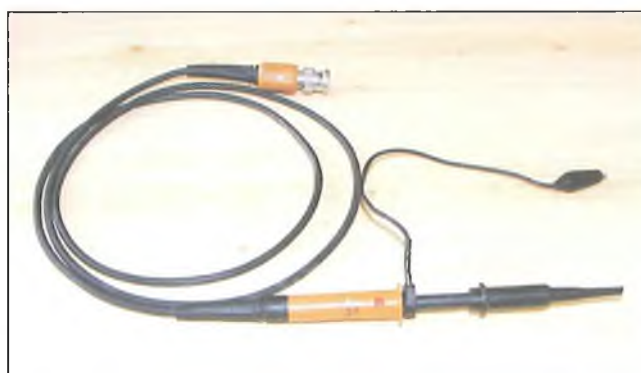
A testpont és a fém gyűrű közötti ellenállás R [ohm]	Érzékelt mérőfej osztás
$R > 24 \text{ k}$	1:1
$23 \text{ k} > R > 7,8 \text{ k}$	1:10
$7,7 \text{ k} > R$	1:100

már az 1:100 osztású mérőfej jelenlétét is érzékelik. Igaz, nem fények kigyújtásával, hanem az ernyőre a megfelelő V/DIV érték kiírásával. Pl. egy TEK 2245A oszcilloszkóp a 2. táblázat szerint érzékelt a mérőfej jelenlétét.

A 14. és 15. ábrán szereplő TEK P6105A mérőfej egészét a 16. ábra

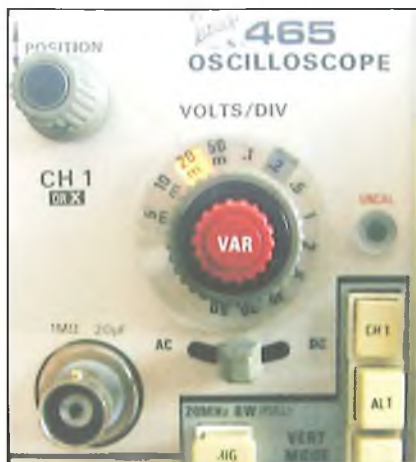


11. ábra



12. ábra





13. ábra

mutatja. Érdeemes megfigyelni, hogy a mérőfej világosszürke, műanyag szár részének gyűrűjéből kiemelkedik egy sötétszürke gomb; ennek megnyomásakor (akárcsak a 10. ábrán látható mérőfej esetében) az oszcilloszkóp bemenete földelődik. A kis- és nagyfrekven-



14. ábra



15. ábra

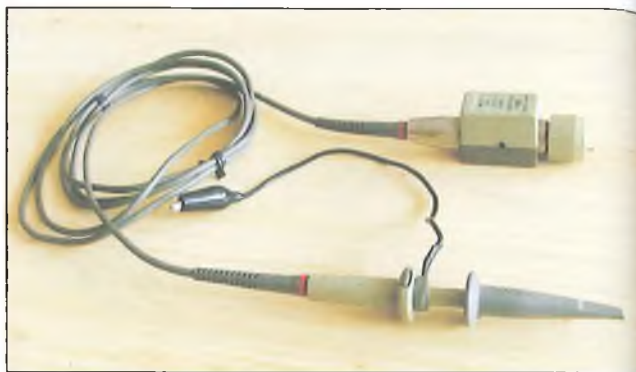
### 3. táblázat

Mérőfej típusa	Mérőkábel hossza [m]	A mérőfej leosztása 1:10		
		A mért áramkört terhelő kapacitása [pF]	Kiegyenlíthető, ha az oszcilloszkóp bemenetének kapacitása [pF]	Határfrekvencia [MHz]
TEK-6105A	2,0	11,2	15...35	100
TEK-6109	1,5	11,8	15...35	150

ciás kompenzáló elemek egyaránt a BNC csatlakozóval egybeépített dobozban helyezkednek el. (Azért kicsoda különbség a 10. ábra mérőfejéhez képest... Noha itt a kábel hossza 2 méter, a mérőfej terhelő kapacitása csak 11,2 pF, mint a 3. táblázatban láthatjuk.)

Ugyancsak TEKTRONIX mérőfejet (P6109) mutat a 17. ábra. Mint látható, itt az oszcilloszkópnál nincs kompenzáló doboz, a kis- és nagyfrekvenciás kompenzáló elemek is magába a mérőfejbe vannak beépítve. A kisfrekvenciás kompenzáció állító szerve a sötétszürke, felhasított henger elfordítása után válik hozzáférhetővé (18. ábra), a nagyfrekvenciás kompenzáció pedig a henger lehúzása után.

Ha olyan oszcilloszkóphoz jutunk, amely a bemutatott módon érzékeli a 1:10 osztású mérőfej jelenlétét, de az 1:100 osztású mérőfej felismerésére nem alkalmas, és gyári mérőfejet nem sikerül hozzá szerezni, akkor más, 1:10 osztású mérőfej BNC csatlakozóját házilag is átalkéthajtjuk úgy, hogy oszcilloszkópunk azt „elismerje” 1:10 mérőfejnek. Ugyanis az ilyen oszcilloszkópok nem csak a testpontot a BNC aljzat körüli fém gyűrűvel 11 kΩ körüli ellenállással



16. ábra

összekötő, hanem az azokat rövidre záró eszközt is 1:10 osztásúnak tekintik.

A mérőfej BNC dugóján kb. 0,8 mm átmérőjű lyukat fúrva, egy azon át dugott, rövidre vágott gombostű feje létrehozza a szükséges elektromos kontaktust. A gombostű rugózását miniatűr spirálrugó biztosíthatja, melynek másik végét egy csepp ragasztóval rögzíthetjük a BNC dugón (19. ábra).

Az eddig felsoroltak mind *passzív* mérőfejek voltak, azaz csak passzív elemeket tartalmaznak. Az utóbb bemutatott professzionális passzív mérőfejeknél lényegesen kisebb terhelő kapacitást csak erősítő tartalmazó *aktív* mérőfejekkel lehet elérni.

Például a 20. ábra a PHILIPS – a többiekhez hasonló korú – PM9353 típusú FET bemenetű aktív mérőfejét és tartozékait mutatja. A felül látható, az oszcilloszkóp bemenetére csatlakozó, BNC dugóval egybeépített, elég nagy méretű (nem SMD-kkel készült), fekete doboz tartalmazza az erősítő áramkö-



17. ábra



18. ábra



19. ábra

reinek nagyobb terjedelmű részét. Maga a FET-es mérőáramkör a kábel végén lévő mérőfejbe van „kihelyezve”, így küszöbölhető ki, hogy a kábel kapacitása is valamilyen formában a mérendő áramkörre hasson. A mérőfejre felhúzható az ábra közepén látható két osztó egyike is. E mérőfej terhelő ellenállása (osztástól függetlenül) 1 MΩ, a terhelő kapacitás 1:1 osztásnál 3,5 pF, 1:10 osztóval 2,5 pF, 1:100 osztóval 1,5 pF. A tápfeszültséget a Tuchel dugóval szerelt kábel útján, külön tápegységből kapja a mérőfej erősítője.



20. ábra



21. ábra

Speciális (passzív) mérőfejekkel nagyobb feszültség is mérhető, illetve például az oszcilloszkóp határfrekvenciájánál lényegesen magasabb frekvenciás jelek burkolója is megjeleníthető. Utóbbi célra szolgál pl. a 21. ábrán látható ETM-2700 demodulátor mérőfej. A demodulátor diódán 200 mV feszültség esik, a mérőfej max. 50 Vpp, 300 kHz ... 800 MHz frekvenciatartományba eső jel mérésére használható, pontossága +/- 3 dB.

A szokásos, 1:10 osztású passzív mérőfejekkel max. 400–600 V feszültség mérhető. Ennél nagyobb feszültségek mérésére készült 1:100 osztással az OHV-1200 mérőfej (22. ábra). (Megfigyelhető, hogy e mérőfejek a színükkel is figyelmeztetnek speciális rendeltetésükre.)

E mérőfejjel 1200 V csúcspeszültségig (DC + AC csúcs) mérhetünk, határfrekvenciája 200 MHz, a mérendő áramkört 100 MΩ ellenállás terheli 6,5 pF kapacitással párhuzamosan. A frekvenciakompenzáció az oszcilloszkóp bemenetére csatlakozó BNC dobozában történik.

Professzionális, 40 kV-ig (és 75 MHz frekvenciáig) használható eszköz a TEKTRONIX 6015 nagyfeszültségű mérőfeje. Ez 1:1000 leosztású, a mérendő pontot 100 Mohm ellenállással és ezzel párhuzamos 3 pF kapacitással zárja le.

A 40 kV-os méréshatár max. 10% kitöltési tényezőjű impulzusok esetén érvényes, egyenfeszültségre vagy szinuszos váltakozófeszültség effektív értékére 20 kV a méréshatár. A mérőfej belsejében a nagy átütési szilárdságot speciális, szobahőmérsékleten 2 At nyomású gáz dielektrikumot képező folyadék (Fluorocarbon 114) biztosítja. (A jelenleg árusított, 6015A változat már környezetbarát, szilikonolaj dielektrikumot használ.)

A mérőfejet a 23. ábra mutatja. A frekvenciakompenzáló elemek az BNC csatlakozóhoz rögzített dobozban vannak elhelyezve.



## Az észlelt hibák javítása

Szerencsés esetben a kiszemelt, használt oszcilloszkóp hibátlan. Az előlap és a műszer megtisztítása ilyenkor is célszerű. Tisztításra legalkalmasabb a szappanos vízbe mártott puha textildarab. (Erősebb tisztítószer károsíthatja a feliratozást, de nemzetközi előírás szerint az előlapok festése olyan, hogy az szappanos vízzel való erős dörzsöléssel se legyen eltávolítható.) A katódsugárcső ernyője és a skálalap tiszta alkohollal – nem denaturált szesz-szel(!) – is tisztítható. A denaturált szesz, benzin, aceton stb. a műanyag alkatrészeket oldhatja.

Ha van ventilátor, sokszor külön légszűrő tartozik hozzá. Ezt a szűrőt (az üzemóráktól függő gyakorisággal) ki kell tisztítani. A port és szennyeződéseket mosószeres vízben való mozgatással eltávolítjuk, a szűrőt tiszta vízben kimossuk, majd megszárazítjuk. Egyes szűrőket célszerű enyhén olajozni, mivel ez esetben a por a felületen lévő olajra rakódik le.

Ha a műszer hosszú ideig nem volt használva, előfordulhat, hogy az első elforgatásukkor a potenciométerek kontakthibásnak bizonyulnak, de néhány oda-vissza tekerés után már jól működnek, ha meg nem, akkor javítás, csere lehet szükséges.

A fokozatkapcsolóknál (V/DIV, TIME/DIV) szintén előfordulhat érintkezési hiba, amely a kapcsoló rendszerétől függően javítható. Például a TEKTRONIX gyártmányok mechanikus fokozatkapcsolói magához a nyomtatott áramköri panelhez rögzített aranyozott, rugalmas érintkezők, amelyek alapállapotukban párjukkal érintkeznek, és amely párokat a kapcsoláskor elforduló,



22. ábra



23. ábra

kb. 30 mm átmérőjű műanyag henger palástján kiképzett kiemelkedések nyomnak el egymástól. A 24. ábra egy TEKTRONIX V/DIV fokozatkapcsolót mutat. A műanyag henger a panel túloldalán van, az érintkezőket a panelen fűrt lyukakon keresztül, a rugókon lévő fehér műanyag idomra gyakorolt nyomással tudja szétválasztani. (Az ábrán a legfelső érintkezőpár van nyitott állapotban.) Maguk a feszültségosztók az ábra tetején látható, műanyag burkolatú modulok, melyek kivezetései a nyomtatott lapra forrasztott rugós aljzatokba illeszkednek. (Ld. az ábra alsó felében benem dugott osztómodul helyén.) Itt a kontakthiba általában az érintkezők közé került porszemcsék, piszok miatt adódik, és sűrített levegővel való kifújással és/vagy tiszta ecsettel megtisztítva a hiba eltűnik.

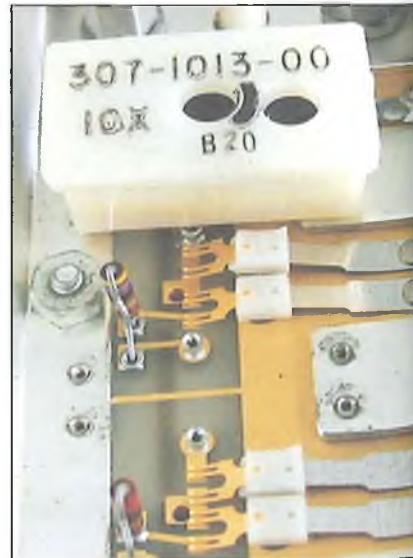
Kontakt spray befújása más rendszerű fokozatkapcsolónál sem tanácsos, mert ha a spray a nyomtatott áramkört is éri, az azon lévő (sokszor nagyohmos, 0,1%-os tűrésű ellenállásokat is tartalmazó) áramkörök működését kis vezetőképességével is befolyásolja, a munkapontokat elállítja, az egész szkópot lehet újra kalibrálni.

A kontakthibánál súlyosabb problémák esetén a javítást természetesen meg lehet kísérelni kapcsolási rajz, dokumentáció nélkül is. A HAMEG cég

minden (rendelkezésemre álló) oszcilloszkóp kezelési utasításában szerepel a jó tanács:

„Ha hibára gyanakszunk, a doboz eltávolítása után először szemrevételezéssel ellenőrizzük alaposan a berendezést. Keressük a meglazult, rosszul érintkező vagy (túlhevülés miatt) elszíneződött alkatrészeket. Ellenőrizzük, hogy a panelok csatlakozói jól érintkeznek, és nincs zárlat a szomszédos vezetékek között.

Fordítsunk különös figyelmet a nyomtatott áramköri lapok közötti csatlakozásokra, a hálózati transzformátorra, az előlapi kezelőszervekre, a katódsugárcső foglalatára, a katódsugárcsővet árnyékoló burán belül elhelyezkedő sugárforgató tekerésre, a hátlapon elhelyezett csatlakozókra, valamint a panelok alatt, ill. fölött elhelyezett potenciométerekre és kapcsolókra. Ellenőrizzük a tranzisztorok, feszült-



24. ábra

felhasználók is feltöltik a rendelkezésükre álló dokumentációkat ezekre az oldalakra.

## Néhány beállítási, javítási eset

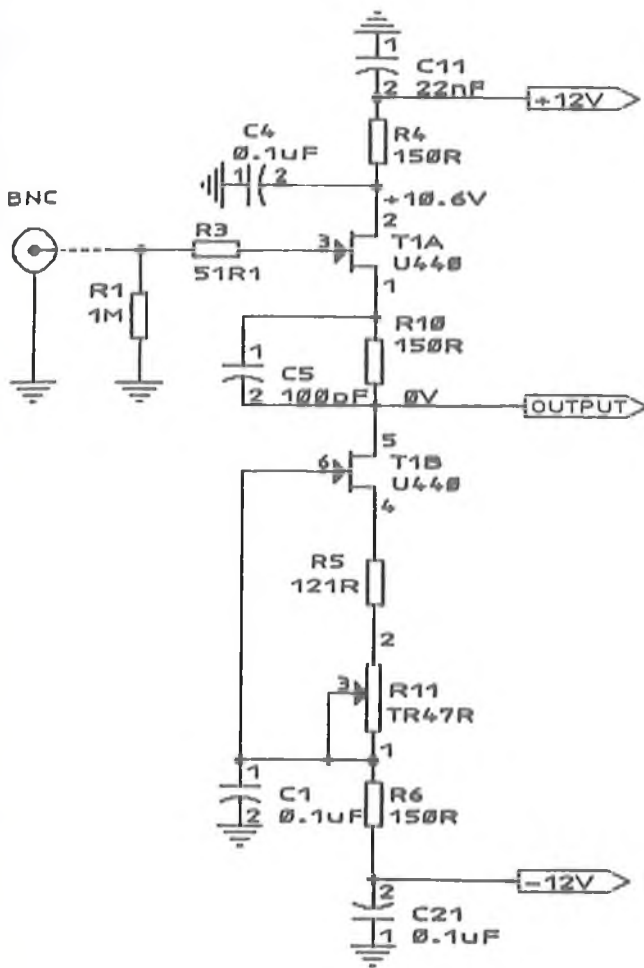
### I. HAMEG 806 – CH III „VARIABLE” forgatásával a sugár függőleges helyzete változik

A HAMEG 806 két „igazi” csatornáján kívül egy harmadik, kiegészítő csatornát is tartalmaz. Ennek bemeneti osztója nincs; érzékenysége a „VAR CH III” potenciométerrel a kalibrált 50 mV/div értékről 250 mV/div-ig csökkenthető. Az előlapi CH III gomb lenyomásával az ernyőn az e csatorna bemenetére adott jel is megjelenik, de arról triggerelni nem lehet. A fent leírt jelenség valójában beállítási hiba. Az R11 trimmerpotenciométer állításával orvosolható, és csak azért érdemes itt bemutatást, mert e csatorna bemeneti áramkörének működését – mint sok oszcilloszkópra jellemzőt – érdemes megvizsgálni. (A HM 806 két „igazi” csatornabemenetének felépítése ennél bonyolultabb.)

A kapcsolás fő részének (szkennelt kapcsolási rajzból származó) egyszerűsített változata a 25. ábrán látható. A bemenet feladata, hogy a bemenetet a szabványos 1 MΩ ellenállással lezárva fogadja a BNC csatlakozóra érkező bemenő jelet. Ezt a rajzon R1 = 1 MΩ biztosítja), majd a jel változás nélkül, A = 1,0 erősítéssel tovább jut a következő fokozatra.

A T1A FET-nek gyakorlatilag végtelen a bemenő ellenállása. A FET egyszerű source-követő kapcsolásban is használható lenne, de akkor a fokozat erősítése 1-nél kevesebb lenne. Ezért szokásos ez, a két, azonos karakterisztikájú FET-es kapcsolás. (Itt T1A és T1B a hőcsatolás céljából közös tokban is van.)

T1B áramgenerátor. A kapcsolás ugyanazon az elven működik, mint a csövek „automatikus rácselőfeszültség előállítás”: a source-on folyó áram éppen akkora feszültséget ejt az R5 + R11 ellenálláson, amekkora gate-source feszültség ehhez a source-áramhoz tartozik. Az áram R11-gyel állítható be. Ugyanez az áram folyik át a T1A FET-en is, mivel T1B drainje, R10 ellenállás és T1A source-e sorba van kapcsolva. Ha a két FET karakterisztikája egyforma és  $R10 = R5 + R11$ , akkor az R10-en ugyanakkora feszültség esik, mint amekkora az R5 + R11-en, és ez megegyezik a feszültséggel,



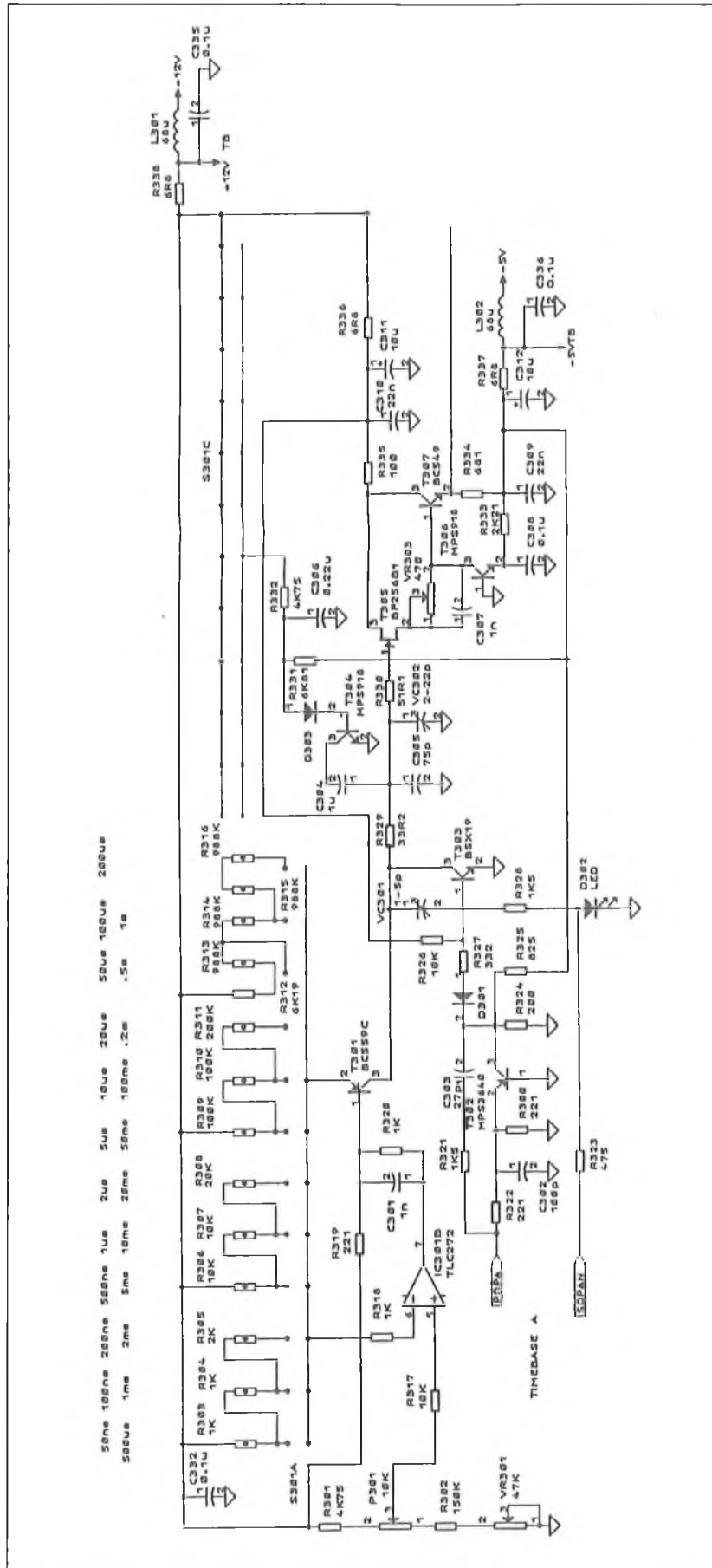
25. ábra

ségstabilizátorok kivezetéseinek forrasztásait. Az ilyen, szemrevételezéssel való ellenőrzés sokszorosan gyorsabban vezet eredményre, mint a műszeres, szisztematikus hibabehatárolás.”

Valóban volt példa arra, hogy a fény azért „hiányzott” az ernyőről, mert a katódsugárcső nagyfeszültségét szállító vezeték csatlakozója oxidálódott és nem érintkezett... Reménykedni lehet ugyan, hogy ilyen jellegű, egyszerű hibáról van szó, az esetek nagy részében azonban nincs szemmel látható oka a meghibásodásnak. Ilyenkor szükség van a műszeres hibakeresésre, ehhez pedig legalább a kapcsolási rajzra. (Jó, ha az alkatrész-beültetési rajzok is megvannak.)

Egyes felhasználói utasításokban a gyártók a kapcsolási és beültetési rajzot is megadták (pl. HAMEG 203, 204, 806 szkópok), másokban nem (pl. HAMEG 303). A szervizkönyvek természetesen mindezekon kívül az áramkörök működési leírását, beállításuk módját és pontos alkatrészjegyzékét is tartalmaznak. Mint már feljebb szó esett róla, ha nincs nyomtatott dokumentáció, akkor az interneten lehet eredményesen felkutatni szkennelt vagy újabb készülékek esetén a gyártó által eleve elektronikusan közzétett anyagot. Ilyen források pl.: <http://elektrotanya.com/?q=hu/keres> vagy a <http://bama.edebris.com/manuals/>. Az üzemeltetők szívesen fogadják, ha a





26. ábra



27. ábra

amennyi ebben a munkapontban T1A G-S feszültsége.

Azaz, ha pl. ez a gate-source feszültség  $-3\text{ V}$ , akkor ha a bemenetre  $U$  feszültséget kapcsolunk, a source feszültség  $U + 3\text{ V}$  lesz, de mivel ugyancsak  $3\text{ V}$  feszültség esik az R10 ellenálláson, T1B drainjén – ez az áramkör kimenete – a feszültség pontosan  $U$  lesz.

A további erősítők helyes működésének feltétele, hogy ez a kiegyenlített állapot fennálljon. A konkrét esetben az áramkör elállítódott: 0 bemenő feszültség hatására a kimeneten 0-tól különböző feszültség jelent meg, ezt a feszültséget a következő erősítő erősítette. Ezt az erősítést állította a VARIABLE gomb, ezért változott az ernyőn a sugár függőleges helyzete. R11 állításával az első fokozat kiegyenlített állapotát be lehetett állítani.

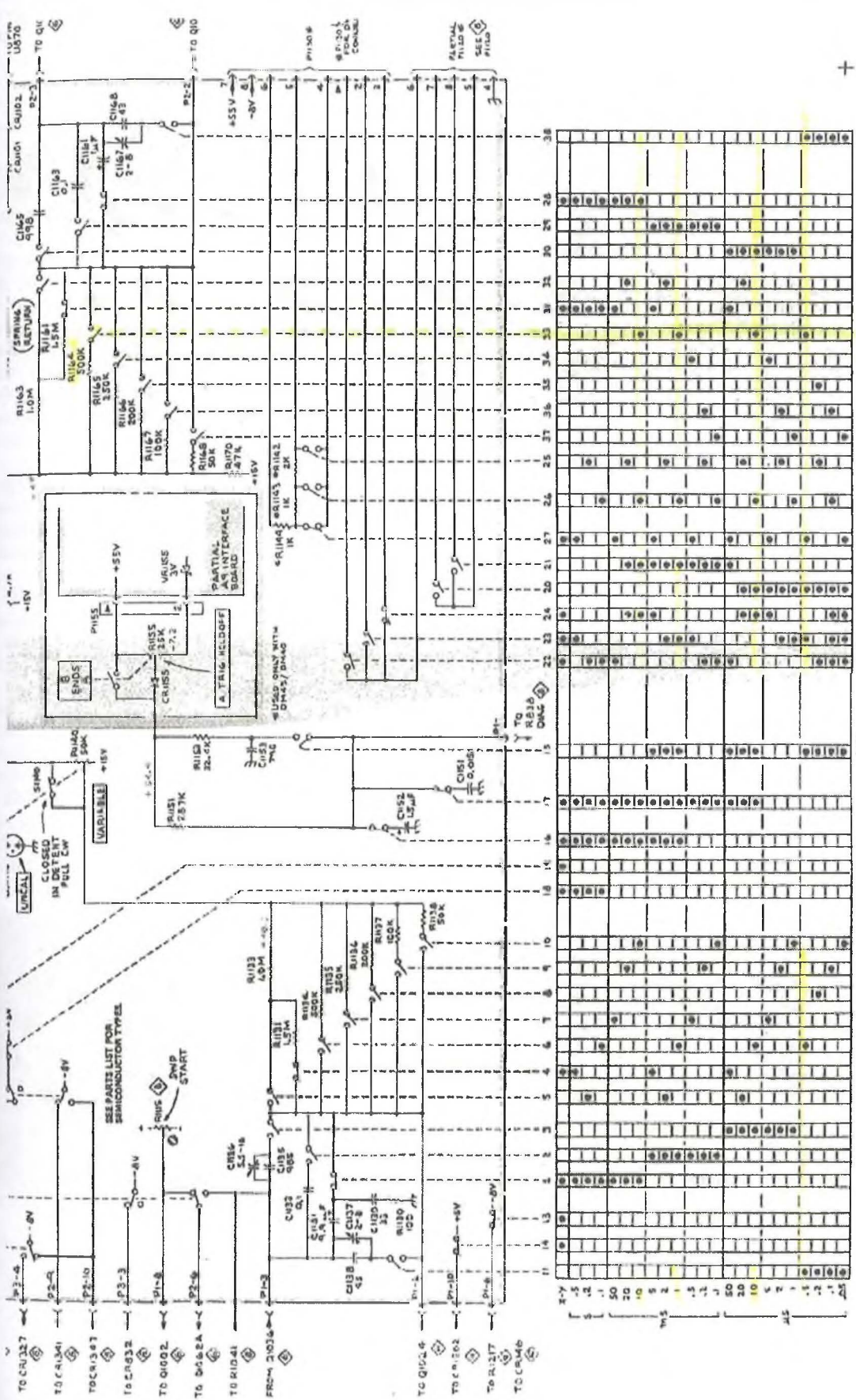
*II. HAMEG 806 – Az elektronsugár időszakosan nem az ernyő bal oldaláról, hanem változó pozícióból indul*

Az „A” időalap leggyakrabban a  $0,5\text{ ms}$ ,  $1\text{ ms}$ ,  $2\text{ ms/DIV}$  eltérítési sebesség-nél időnként nem az ernyő bal oldaláról, hanem rendszertlenül változó helyéről indul.

Az oszcilloszkóp „A” vízszintes eltérítő generátora kapcsolási rajzának egy beszokkelt részletét a 26. ábra mutatja. Az IC301B-vel és T301 tran-



28. ábra



465 OSCILLOSCOPE

500 TRIG AND HOLD DELAY TIME

SWITCH SHOWS IN SW POSITION

+

A-B TIMING SWITCH

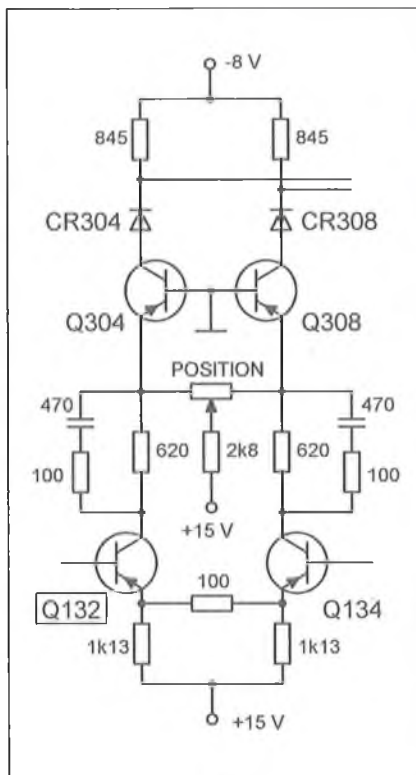
28 1220000 40 10



zisztorral működő áramgenerátor a fokozatkapcsoló által meghatározott árammal tölti C305 + VC302, ill. 0,5 ms/DIV és 1 s/DIV eltérítési sebesség közt, amikor S301C kontaktusai zárva vannak, az ilyenkor kinyitott T304-en keresztül a C304 kondenzátorokat. A fűrészfeszültség felfutásakor a PDPA bemenet meghajtó TTL áramkör alacsony (0 V körüli) szintet ad, így T302 és T303 zárva van.

Amikor a sugár az ernyő jobb oldalára ért, a PDPA bemeneten magas (4 V körüli) feszültség szint jelenik meg, ennek hatására T302 és T303 nyit, utóbbi R329-en keresztül gyorsan kisüti a feltöltött kondenzátorokat, a fűrészfeszültség igen rövid idő alatt alaphelyzetébe tér vissza. A következő triggerjel hatására PDPA bemenet ismét alacsony szintre áll be és a kondenzátorok újra töltődni kezdenek.

A hibajelenséget közvetlenül az okozta, hogy T303 kisütő árama lecsökkent, így a következő indításig rendelkezésre álló idő alatt a kondenzátorok nem tudtak kisülni. Ez elsősorban akkor jelentett problémát, amikor nem csak a C305 + VC302 (összesen 100 pF), hanem a T304 által bekapcsolt C304 (1 uF) kapacitást is ki kellett sütni, azaz 0,5, 1 és 2 ms/DIV eltérítési sebességnél kezdődően. T303 és T302, valamint a környezetükben lévő alkatrészek kifogástalannak bizonyultak, így hiába volt mérhető T302 emitterén nyitáskor megfelelőnek látszó kb. 0,7 V feszültség, a meghajtást kellett megvizsgálni. A PDPA jelet a trigger áram-



30. ábra

körben egy 74F74 „D” tároló állítja elő, „magas” szintű kimenő feszültsége csak 2 V volt. Tápfeszültsége pedig 2,5 V-nak bizonyult... Az IC tápfeszültségét 6,8 Ω-os ellenállásból és 100 μF-dal párhuzamos 100 nF-os kondenzátorból álló szűrő szűri. Az elektrolit kondenzátor hibátlan volt, a 100 nF-os kondenzátor vezetett át időszakosan.

(A 27. ábra közepén, az IC-től balra, a barna kerámia kondenzátor alatti kékszínű kondenzátorról van szó.)

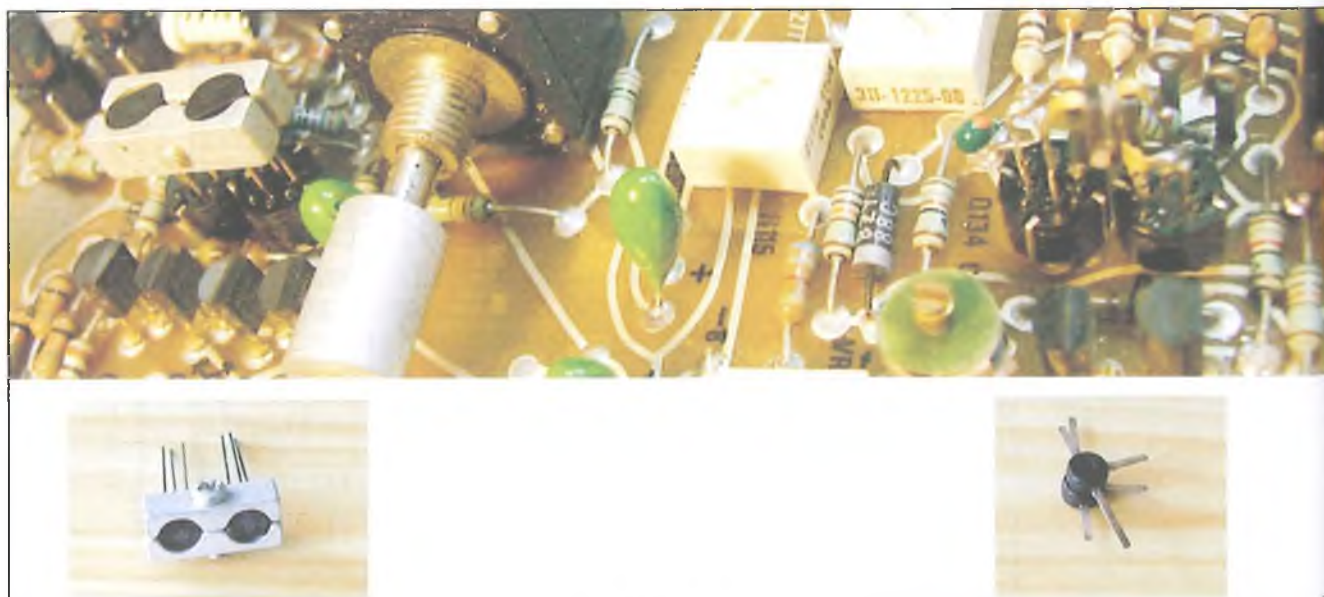
### III. HAMEG 806 – Mind az „A”, mind a „B” időalap 0,2 ms/DIV állásban kb. 2%-kal gyorsabban fut le

Az áramkör kapcsolási rajzán láthatjuk, hogy az időeltérítő generátort miként kell kalibrálni:

- először az 1 s/DIV...0,5 ms/DIV tartomány valamelyik állásában, ahol a C305 és a VC302 kapacitása elhanyagolható a velük párhuzamosan töltődő C304 = 1 μF mellett, a bemenetre kvarcpontosságú mérőjelet adva P301 trimmerpotenciométerrel állíthatjuk pontosra az időeltérítés értékét;
- majd a 0,2 ms/DIV...0,05 μs/DIV tartomány valamelyik állásában, ahol csak a C305 és a VC302 töltődik, VC302 állításával kalibrálhatjuk az időalapot.

A javított műszernél mindkét időalapról tapasztalható volt, hogy 0,2 ms/DIV állásban a többi mérési tartományban pontosan beállított időalap kissé gyorsabban fut le.

A 26. ábra kapcsolásán látható, hogy – egyedül ebben a kapcsolóállásban – az áramgenerátor áramát a sorosan kötött R314, R315, R316 ellenállások határozzák meg. R316 volt könnyen kiváltható: a pontos lefutáshoz kísérletileg megállapított értéket, a panelre merőlegesen állított, so-



31. ábra

rosan kapcsolt 1% tűrésű ellenállással lehetett biztosítani (28. ábra).

Ugyanilyen változtatás volt szükséges a „B” időalap esetében R352, R353, R354 ellenállásokkal.

#### IV. TEKTRONIX 465 – A „B” időalap 10 ms, 1 ms, 10 μs, 0,5 μs TIME/DIV kapcsolóállásokban nem működik

A „B” időeltérítő generátor kapcsolásának egy részletét – az internetről letöltött szerzkönyvből – a 29. ábrán láthatjuk.

Az ábra alján lévő táblázat azt mutatja, hogy a TIME/DIV kapcsoló különböző állásaiban a korábban már említett, TEKTRONIX szkópoknál alkalmazott megoldás szerint, a nyomtatott áramkörhöz rögzített és a táblázat tetején 1...38-ig számozott aranyozott érintkező párok közül a forgó műanyag hengeren kiképzett kiemelkedések mely kontaktusokat engedik érintkezni.

A táblázatot tanulmányozva látható, hogy a 33. kontaktus épp abban a négy (10 ms/DIV, 1 ms/DIV, 10 μs/DIV és 0,5 μs/DIV) állapotban kell, hogy érintkezést adjon, amelyekben az időalap nem működik.

Más olyan kontaktus, amely ugyanezekben a kapcsolóállásokban adna érintkezést, nincs, hibát tehát ebben az áramkörben kell keresni. A 33. kontaktus R1164, 500 kohmos ellenállást kapcsolja a töltőáramkörbe. Ez – az időeltérítés nagy pontossága érdekében 0,1% tűrésű – ellenállás bizonyult szakadtnak. Tized százalékos ellenállás beszerzése eléggé reménytelen, így a pótlása 499 kohmos névleges értékű, 1% tűrésű ellenállással történt, amelynek mért tényleges értéke 499,2 kΩ volt.

#### V. TEKTRONIX 465 – Működés közben a CH I sugár eltűnt az ernyőről

Ilyen esetben tesz jó szolgálatot a sugárkereső (BEAM FINDER), melynek lenyomásakor a vízszintes és függőleges erősítés is annyira lecsökken, hogy a sugár minden körülmények között az ernyőn maradjon.

Lenyomásával láthatóvá vált, hogy a CH I az ernyőt felfelé hagyta el. A sugárhoz tartozó függőleges erősítő áramkörének munkaponti adatainak mérésekor kiderült, hogy a 30. ábrán látható áramköri részlet differenciál-erősítője egyik tranzisztorának, a Q132 kollektorán a feszültség +4,3 V helyett csak kb. +0,7 V.

A szervizkönyv tartalmazta a helyes munkaponti adatot, de ennek a hiányában is meg lehetett volna állapítani, pl. a másik csatorna ugyanilyen áramkörének a munkapontját mérve. Mint az oszcilloszkóp tranzisztorainak jelentős része, a differenciál-erősítő egymáshoz válogatott és egy alumínium szerelvényvel hőcsatolásba hozott Q132/Q134, TO-92 tokozású tranzisztorai is tranzisztorfoglatba voltak dugva és nem beforrasztva. (Ezek a foglatok 30 éves használat után is tökéletes kontaktust adnak!) Így könnyű volt Q132 eltávolítani, melyen E-B dióda szakadás volt mérhető. Ez magyarázza a kollektorfeszültség értékét, ti. így a kollektoron Q304 emitterének feszültségét mérhetjük, amely a földhöz képest egy szilíciumdióda nyitófeszültsége.

A tranzisztor felirata a „151271”. A szervizkönyv alkatrészjegyzékéből csak annyit lehetett megtudni róla, hogy TEKTRONIX (=TEK) cikkszáma 151-0271-00, szilícium pnp tranzisztor. A gyártó Texas Instrumentsnél a cikkszáma SKA4504. Más TEK szervizkönyvben erről a cikkszámú alkatrészről azt is megadták, hogy tranzitfrenkvenciája 2 GHz.

A tranzisztor adatlapját az interneten nem sikerült megtalálni. Van ugyan cég, amely kifejezetten régi TEK műszerekhez forgalmaz új és használt pótalkatrészeket (<http://www.sphere.bc.ca/test/tek-parts/tekparts3.html>), de ezen a cikkszámom egy FET típusszámát adja meg, egyébként meg egy tranzisztorpárt már csak a szállítási költségek miatt is nyilvánvalóan gazdaságtalan lenne az USA-ból rendelni. Így az itthon elérhető tranzisztorok közül kellett választani!

A differenciál-erősítő hibátlan tranzisztorának, a Q134-nek a B áramerősí-

tési tényezője 30...100 μA bázisáram tartományban 75...73 volt (a kapcsolásban a munkaponti bázisáram kb. 75 μA). Bár kisebb, csak 750 MHz a határfrekvenciája, de TO-92 tokozása miatt nagy reménység volt a BF509 tranzisztor.

Sajnos párba válogatott példányával (B = 70) az erősítés már kis frekvencián is csak a fele volt az eredetinek, a csatorna határfrekvenciája pedig csak néhány megahertz lett. Az 1...1,3 GHz határfrekvenciájú 2N5583-mal már kedvezőbb volt az eredmény, itt a kisfrekvenciás feszültségerősítés majdnem egyezett az eredetivel, viszont a csatorna határfrekvenciája 100 MHz helyett e (B = 65) tranzisztorpárral csak 50 MHz lett.

A megoldást az 5 GHz határfrekvenciájú (B = 100) BFT95 tranzisztorpár alkalmazása jelentette. A feszültségerősítés itt is közel az eredetivel egyező volt, és a csatorna határfrekvenciája 120...130 MHz közé került. (A CH II csatornára is 120 MHz körüli, túlteljesítve a gyári paraméterekben megadott 100 MHz-et.)

Sajnos, e tranzisztorok TO-50 tokozása miatt a közös hőmérsékletet biztosító eredeti alumínium szerelvényt nem lehetett használni. E helyett a két, kb. 30 °C üzemi hőmérsékletű tranzisztor egymáshoz képest kissé elfordított helyzetben, egy csepp pillanatragasztóval összeragasztva lehetővé vált, hogy a lábaikra forrasztott rövid, 0,5 mm átmérőjű ózozott huzalokkal az eredeti foglathoz lehessen a tranzisztorokat csatlakoztatni.

A 31. ábra bal oldalán az eredeti tranzisztorpár, jobb oldalán az összeragasztott BFT95-ök láthatók.

#### Irodalom:

Csepregi-Horváth Kázmér: Oszcilloszkóp méréstechnika, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1976

Tolnai János: Rádióamatőr vizsgára felkészítő tananyag [http://www.puskas.hu/r\\_tanfolyam/muszerek\\_es\\_meresek.pdf](http://www.puskas.hu/r_tanfolyam/muszerek_es_meresek.pdf) (3. 15. 11. Az oszcilloszkóp)

Tolnai János: A HAMEG 806 oszcilloszkóp határfrekvenciájának beállítása, Rádiótechnika 2010/7-8., 9.

## 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 E-mail: [incomp@dunaweb.hu](mailto:incomp@dunaweb.hu)  
Postai utánvételes csomagküldés

Raktárról kínálunk több ezerféle elektronikai alkatrészt.

IC-k, ellenállások, kondenzátorok, diódák, tranzisztorok, LED-ek, kvarcok stb. nagy választékban, SMD kivitelben is.

RIGOL műszerek disztribúciója

Internet címünkről [www.incomp.hu](http://www.incomp.hu) online keresési és rendelési lehetőség!

2



# Az F-117 „Lopakodó” sem láthatatlan

Sipos Gyula okl. IC-szakmérnök, siposgyula@postafiok.hu

Évezredekken keresztül a háborúk a szárazföldön és a tengereken folytak, ember az ember ellen stílusban. A XX. században azonban új hadszíntér keletkezett, a határtalan levegő. Ettől kezdve új stílusban, már gépekkel is folytak a harcok, gyakorta gépek ellen is. Két fontos újdonság tette ezeket lehetővé, a repülőgép feltalálása és a rádiótechnika, az elektronika szívre lépése. Drámai változások történtek a hadviselésben.

A következőkben szemelvényeket olvashatunk a XX. század speciális, haditechnikai ágáról, a légtérben folyó, teljesen újszerű elektronikai hadviselésről. Ezen szűkre szabott válogatás csak vázlatosan tekinti át a történeteket, de egyúttal utal az elektronika nem egészen száz éve kialakult, hallatlan fontos, új szerepkörére.

## Egy kis történelem

Az első világháború után a trendeket figyelő szakemberek számára már világossá vált, hogy a következő háborúban a légierőnek és a léghárításnak rendkívüli fontosságú szerep jut.

Az első világháború során csupán egy-két primitív, főleg optikai és akusztikai eszköz állt a légi felderítés rendelkezésére, a közeledő repülőgépek észlelésére. A jó minőségű távcsövekkel és optikai távmérőkkel is csupán napal és csak derült időjárás esetén lehetett boldogulni. A kapott adatok kiértékelése és átalakítása a légvédelmi ágyúk számára nélkülözhetetlen beállítási, tüzelési paraméterekké, azaz löelemekké, kezdetben igen hosszú időt



1. ábra. „Fütelő” iránymérők

vett igénybe. Mire az így nyert célkoordinátákat és lövegbeállításokat fel lehetett volna használni a cél leküzdésére, azok már nem voltak aktuálisak. A kelendő pontosság eléréséhez nagy méretű és tekintélyes tömegű optikai eszközökre volt szükség. Már a kisebb, hordozható távmérők is 2-3 méteres hosszúságú, 20-30 kg tömegű, 100...200 mm átmérőjű, többnyire állványra szerelt, robusztus, masszív fém csőszerkezetek voltak, nem is említve a fix telepítésű, soktonnás, tengerészeti vagy parti ütegek számára beépített, óriási bázistávolságú távmérőket. Ezen optikai eszközök működési elve a parallaxis mérésen alapult, amelynek hétköznapi példányát pl. a Leica fényképezőgépek és a hozzájuk hasonló, különféle távmérős utódaikban találjuk. Ezek bázistávolsága többnyire csupán 50 mm, ami a fotózás céljára elegendő mérési pontosságot jelent.

Hasonló volt a helyzet a hatalmas akusztikai „fütelő”, „hangmérő” tölcéserekkel, amelyek ugyan éjjel-nappal használhatók voltak, de a többnyire igen nagy méret ellenére a pontosságuk csapnivaló volt. A HIFI szerelmesei minden bizonnyal irigykedve tekinthetnek ezekre az óriási tölcéserekre, amelyek esetünkben azonban „fordít-

va” működnek: nem hangkeltésre használják ezeket, hanem hallócsőként, távoli halk hangok felerősítésére, hallhatóvá tételére. A „hangmérők” ma már a megjelenésükben is kifejezetten mulatságos szerkezetek (1. ábra).

A légi célok leküzdésének megsegítésére, a közvetett irányzású tüzeléshez szükséges optikai adatok, ún. löelemek megszerzéséhez az ipar a '20-as, '30-as években kezdett különféle egyszerűbb, bonyolultabb optomechanikai eszközöket gyártani. Ezek az összetett optikai mérések (távolság, irányszög stb.) segítségével kísérelték meg egy adott légvédelmi ágyú célra irányítását. Az elektromosság akkor jelent meg a rendszerben, amikor a mérési adatokat telefon, majd villamos távjelzés útján kezdték a mérőeszköztől a légvédelmi ütegegig továbbítani.

## A hazai helyzet

Hazánkban a II. világháború kezdetén a légvédelmi tüzérség (és általában a honvédség) műszaki színvonala – köszönhetően a trianoni békediktátum szigorú, mindent tiltó előírásainak – meglehetősen alacsony volt. A légvédelmi ütegek a cél érvényes leküzdése érdekében kezdetben a célzásához a vi-



2 ábra. Juhász István Hajmáskéren, 1932-ben bemutatja találmányát, a GAMMA cég löelemképzőjének első változatát. Juhász István balról a negyedik



3. ábra. Magyar légvédelmi üteg a II. világháborúból. Balra a Juhász-Gamma féle löelemképző, kezelőivel, hátrébb a háromlábbon egy könnyű optikai távmérő, jobbra egy légvédelmi gépágyú és kezelő személyzete

lágszerte rendszeresített, ún. „löelem táblázatokat” használták, amelyek czernyi harci helyzetre vonatkozó, előre kiszámított löelemeket tartalmaztak, nem ritkán százezres tételben! Az aktuális értékek kikereséséhez gyakorta olyan tetemes idő volt szükséges, hogy ez alatt a cél régen tovább haladt. A löelem-képezés feladatát az 1930-as évektől egy nagyszerű magyar találmány, a *Gamma-Juhász féle légvédelmi löelemképző* könnyítette meg, amely az *elektromechanikai analóg számítógépek első példányának tekinthető*. Több, mint húsz változata készült, a legutolsó már félautomatikus működésű volt.

Juhász István (1894-1981) a Gamma gyár tulajdonosa és feltalálója volt. A mechanikai és elektromechanikai részelemekből épített löelemképző analóg számítógépe a beérkező adatokból igen gyorsan és automatikusan számolta ki a közeledő repülőgépek megcélzásához szükséges löelemeket. A löelemképző teodolitjának távcsövébe tekintve, a készülékkel követni kellett a kiválasztott repülőgépek pályáját, ennek során a beépített elektromechanikai szerkezet lemásolta és kicsinyítette és elemezte a gép mozgását, közben pedig speciális, alakos forgástelek segítségével kiszámította a löelemeket. Ezek értékeit akár négy légvédelmi ágyú számára is továbbbíthatta. Ezáltal a löelemképző – parallaxis-hiba nélkül – négy összekapcsolt ágyút vezérelt, így az üteg nagyságrendekkel nagyobb hatékonysággal tudta a repülőgépeket megsemmisíteni, mint a többi korabeli légvédelmi rendszerek.

Érdekességként jegyezzük meg, hogy a háború után a GAMMA gyárat államosították, Juhász Istvánt a gyárból eltávolították, le is tartóztatták, szabadságát, a löelemképzőt azonban – némileg módosítva – még sokáig gyártották...

További érdekesség, hogy az Egyesült Államokban éppen ezen terjedelmes löelem-táblázatok kiszámításához használták az első digitális számítógépeket a II. világháború során.

### A radar megjelenése

A két világháború között eltelt időben a hadiiparban új eszközök, berendezések, fegyverek tömegét dolgozták ki és állították hadrendbe – az iparszerű emberölés céljára.

A rádióhullámok visszaverődésének a felhasználása valamely céltárgy, például repülőgép észlelésére, majd pozíciójának meghatározására a II. világháború alatt legelső alkalommal az Angliát ért tömeges német légitámadás során vált döntő fontosságúvá, mondhatni létkérdéssé.

Az első világháború után a szakértők szerint már számítani lehetett a repülőgép, mint harci eszköz kiemelten jelentős fejlődésére, netán tömeges bevetésére. Számos országban (Franciaországban, Németországban, Olaszországban, Japánban, Hollandiában, az Egyesült Államokban, a Szovjetunióban, Nagybritanniában, Ausztráliában, Kanadában, Új Zélandon, Délafrikában és Magyarországon) hozzá láttak a kap-

csolatos rádióelektronikai kutatásokhoz, majd radarberendezések építéséhez. A *radar* a *Radio Azimuth Detecting And Ranging* angol kifejezés rövidítése, jelentése hozzávetőleg: rádió irányszög és távolságmérés. Orosz és német megfelelője a *lokátor*: Hazánkban mindkét kifejezést használjuk.

Nagybritanniában igen korán, már 1935 körül megkezdődtek a repülőgépek felderítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kutatások, fejlesztések *Sir Robert Alexander Watson-Watt* vezetésével. Életműve, a radar, meghatározó hatást gyakorolt a XX. század második felének katonai repülésére. Így történhetett az, hogy már 1938-tól az angliai partok mentén kiépült találmánya, egy felderítő radar rendszer, a „Chain Home” (Hazai lánc, 4. ábra). Adó- és vevőtornyok sokasága között kifeszített, huzalos felépítésű dipólok tömege biztosította az igen gyors javítás lehetőségét. Az első német légitámadásnál, 1940. szeptember 15-én már ez a radar rendszer tette lehetővé a támadó gépek korai észlelését, továbbá a lakosság, a légvédelmi tüzéség és a vadászrepülőök kellő időben történő riasztását. Részletes, angol nyelvű leírás: [http://www.radarpages.co.uk/mob/ch/chain\\_home.htm](http://www.radarpages.co.uk/mob/ch/chain_home.htm)

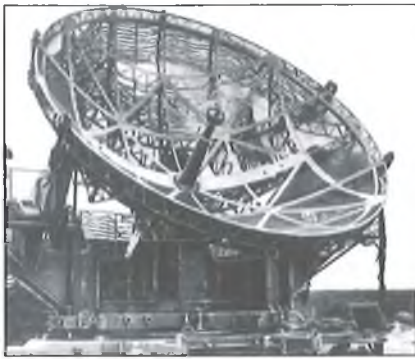
Sajnálatos, hogy a brit erőfeszítések ellenére a német bombázógépek jelentős pusztítást végeztek a délangliai városokban és ipartelepeken.

Amíg az angol lokátorfejlesztések inkább védelmi, felderítési célokat szolgáltak, a német fejlesztésekre főleg a támadó jellegű alkalmazások voltak a jellemzők. Ilyen alkalmazás volt például a V2 rakétafegyver vezérlésében, irányításában kulcsfontosságú szerepet játszó Würzburg tüzvezető radar (5. ábra). A német távolfelderítő radarok is elsősorban a támadások levezénylésében kaptak fontos szerepet (6. ábra).



4. ábra. A „Chain Home” adótornyainak és huzalantenna-rendszerének grafikája egy repülő játékból





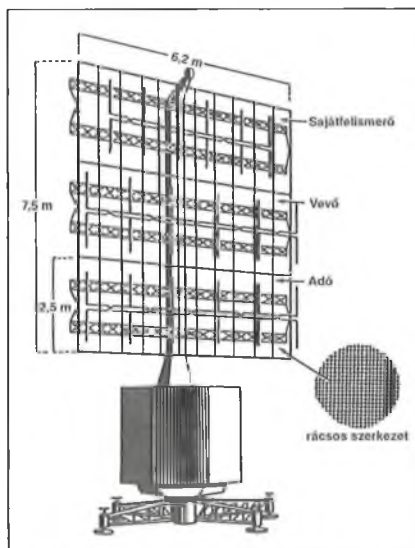
5. ábra. Würzburg tűzvezető radar

A második világháború során mindig megmutatkozott a radart, főleg a korszerűbb berendezést használó hadviselő fél tetemes előnye az ellenféllel szemben. A fejlesztések elsősorban az észlelési távolság, illetve a pontosság növelése irányában folytak.

### Lokátorfejlesztés hazánkban

Sajnálatos módon Magyarországon lokátorfejlesztés 1942-ig nem volt. A háborús elszigeteltség, az általános titkolózás folytán a külföldi fejlesztési eredményekről csak elvétve volt hozzáférhető bármely adat. Ez is csupán a ritkán érkező, hézagosan közölt német eredményekre korlátozódott. Az Egyesült Izzóba legfeljebb 1939-40-ig érkezett angol-amerikai szakirodalom a Philips cégen keresztül.

A szükségszerű és tovább nem halasztható lokátorfejlesztés egy kormánybizottság megalakításával 1943 február 5-én indult meg. Kormánybiztosnak Bay Zoltánt nevezték ki. A bi-



6. ábra. Freya távfelderítő radar

zottság vezetője Jákó József ezredes volt a hadsereg részéről, továbbá vezetője volt még Istvánffy Edvin elektromérnök, a Standard Villamossági Rt. igazgatója. Tagjai között találjuk a korabeli hazai elektronikai ipar színéját, fizikusokat és elektromérnököket: Babics Viktort, Budincsevics Andort, Dallos Györgyöt, Horváth Antalt, Papp Györgyöt, Preisach Ferencet, Simonyi Károlyt, Sólyi Antalt, Szepesi Zoltánt és Winter Ernőt. Munkájukat számos hadmérnök, továbbá műszaki, gyakorlati szakember segítette.

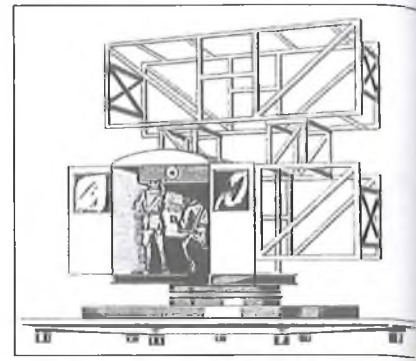
Igy végül is a teljesen önálló magyar fejlesztések odáig jutottak háború vége felé, hogy a külső (pl. német) segítség, műszaki információ vagy tanácsadás majdnem teljes hiánya ellenére is sikerült a hazai radar több típusát kidolgozni, amelyek a rendelkezésre álló rövid idő alatt is beváltották a hozzájuk fűzött reményeket. A 2,5 méteres hullámhosszon működő távfelderítő radar a Sas nevet kapta (7. ábra).

A legtöbb problémát a lokátorfejlesztések során az adóegységhez szükséges nagyteljesítményű elektroncső jelentette. Budincsevics Andor az adó számára új, nagy teljesítményű báriumkatódos triódát ( $P_{imp} = 12 \text{ kW}$ ) fejlesztett ki, amely annyira bevált, hogy a németek is elkezdték alkalmazni Würzburg radarjaikban.

A Standard Rt.-ben készített Sas távfelderítő radar maximális szabadtéri felderítési távolsága 350 km volt, ami akkoriban – és még később is – nagyon szép eredménynek volt mondható!

A légvédelmi tüzérség számára 3 méter átmérőjű antennával szerelt, Borbála elnevezésű radar készült (8. ábra), míg vadászirányításra a Bagoly fedőnevű, 7 méteres antennával szerelt radar szolgált. Utóbb még készült repülőgép fedélzeti radar is (mindösszesen 1 példányban...) az éjszakai vadászfelderítési ellátására, amely a Turul fedőnevet kapta.

Ezek a fejlesztések sajnálatos módon nagyon későn indultak, s így a II. világháború legutolsó szakaszában lettek készen, belőlük gyártani is mindössze 2-4 példányt sikerült. 1944 márciusától, a német megszállást követően haderők tömegesen telepítették saját távfelderítő és légvédelmi tűzvezető radarjaikat hazánkban. Ezt követően, 1945 januárjában, a magyar radarkutatók ezen első szakasza lényegében lezárult. Az eredményei viszont azt bizonyították, hogy ezen a téren mindössze 2-3 év leforgása alatt sikerült behoz-



7. ábra. A Sas távfelderítő radar szerkezeti rajza (1943)

nunk az évtizedes hátrányt s felzárkózunk a világ élvonalába.

### Intelligens bombák

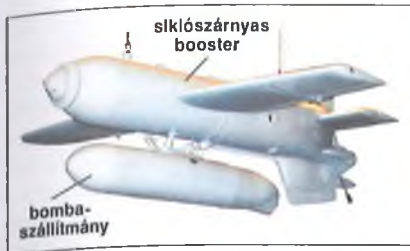
A háború vége felé a legtöbb háborús fél korszerű radarokkal rendelkezett. A fejlesztési eredmények azonban új, váratlan területeken is megjelentek, mégpedig új fegyvernemek formájában.

A rádiótechnika illetve az elektronika gyors fejlődése és az időközben megjelent miniatűr, gyorsulástűrő elektronikai alkatrészek által adott volt a lehetőség, hogy az új termékeket fegyverekbe is beépítsék. Ezekben az években jelent meg a tüzérségi lövedékekbe beépített elektronikai közelségi gyújtó, amely lényegében egyszerű, elektroncsöves radarszerkezet volt. A kis radar a lövedék röppályáján mérte a céltól való távolságot, és az előre beállított érték (néhány méter távolság) észlelésekor aktiválta a gyújtószerkezetet.

A légierők vezetői előtt ismert volt a bombázások csekély hatékonysága, a célzás hallatlan pontatlansága. Egy meghatározott, nagy jelentőségű cél leküzdéséhez szükséges bombák száma tipikusan néhány száz, de esetenként



8. ábra. A Borbála tüzérségi radar szerkezeti rajza (1943)



9. ábra. A Henschel Hs 293 típusú, rákétagyorsítású, távirányított siklórepülővel szállított, 500 kg-os intelligens bomba (1943)

akár ezer darab is lehetett. Ezek előállítási költsége, a légi bevetéshez szükséges repülőgépek (földi és hajózó személyzet, üzemanyag stb.) mennyisége, a bevetéssel együtt járó technikai és emberi veszteségek mértéke meghaladta – a katonai vezetők szerinti – „gazdaságosság” mértékét, így kézenfekvő volt az igény a bombázás hatékonyságának növelésére.

A fejlett országokban a háború vége felé megindult az „intelligens bomba” kifejlesztése, amely mind a mai napig szakadatlanul tart. Már nagyon korán felvetődött, hogy valamiféle vitorlázó-repülő technika segítségével juttassák el a bombát a célba, magát a bombavető repülőgépet távol tartva a légelhárítás tüzétől. A Henschel Hs 293 bomba projektje 1940-ben indult, és 1943-tól vették be. Felépítése szerint egy kb. 3 méteres fesztávú szárnyal, 50 MHz-es rádióvevővel és öt színes jelzőfáklyával ellátott, kb. 10 s égési idejű indító-rakéta (booster) volt, amely alá egy 500 kg-os bombát függesztettek (9. ábra). A szerkezet a tűzkialvási pont után rádiójelekkel korrigált siklopályán közelítette meg a célt. Az aerodinamikai irányítás – jelzőfáklyákkal támogatott – optikai megfigyelés útján, joystickkel, a többsávos Kehl adó rádiójelei útján, a bombát elindító repülőgépről történt. A bombába épített Strassburg vevő feldolgozta a kapott jeleket és a vezérsíkokkal a célra kormányozta a sárkányt.



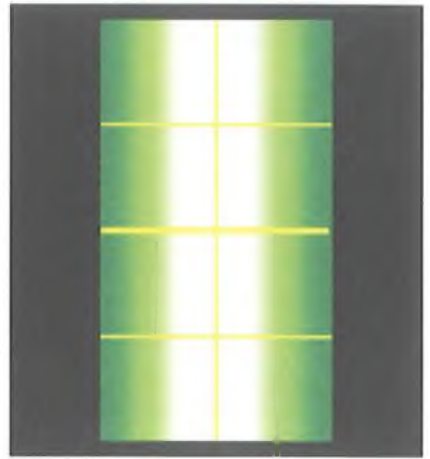
10. ábra. Fritz-X, a rádióvezérlésű, intelligens páncéltörő bomba (1944)

A kissé bonyolult felépítésű, nagy tömegű és lassú, nehézkes alkalmazású bombaszerkezetet páncélozatlan tengeri (pl. szállító-) hajók ellen használták. A rádióirányítás könnyen zavarható volt.

Az éles fegyverfejlesztési versenyben a valóban jól használható, lényegében a legelső, precíziós irányítású *intelligens bombával* a német fejlesztők lettek a leghamarabb készen, bár a világháború huszonegyedik órájában. A termék neve *Fritz-X*, amely lényegében egy 1400 kg-os, vastag acélfalú, nagy áthatoló képességű, precíziós repeszgránát, s alkalmas volt 130 mm-es vastagságú hajópáncél áttörésére, csatahajók, nagy cirkálók ellen is (10. ábra). Gyújtása mikrokésleltetett volt, a bomba a fedélzeti páncélzaton áthatolva a hajófenék közelében vagy a hajó alatt robbanva maximális kárt okozott.

A bombát 1943-44-es évek során *Max Kramer* fejlesztette ki, elsősorban hajók elsüllyesztésére. Alkalmazása során magasan haladó repülőgépről indították, legalább 4000 m, de jó látási viszonyok mellett 5500 m magasságból. Kezelője joystick segítségével, vizuális kapcsolattartás mellett, rádióparancsok útján (*Kehl* adóval – *Strassburg* vevővel) irányította a bombát. A parancsokat a bomba a rádióvevője segítségével érzékelte. Dobozszerű farkkerettel röpstabilizált és fékezett zuhanásának irányát a keretben levő kormányoszlopokkal, szervomotorok segítségével korrigálta. A maximális elvégezhető korrekció 500 m volt. A bomba a hangsebességet is meghaladó (343 m/s) zuhanása közben jellegzetes térgörbe ívet leírva, legtöbbször előbb kissé túlhaladni látszott a célon, majd pontosítva az ívet, visszanyarodott a cél fölé. Találati valószínűsége egy 30 m sugarú körben értelmezve 90%, ami nyolcvanszor jobb, mint a hagyományos („buta”) bombáké. Jellemző, hogy a szövetségesekhez átállt *Róma* csatahajó, az olasz flotta zászlóshajója (Málta közelében) két közvetlen találattal és egy mellette robbanó bombával elsüllyeszthető volt. Az 50 MHz körüli rádióvezérlést hamarosan sikerrel zavarták a szövetségesek, utóbb a vevő KF-erősítőjének a frekvenciáján, ezzel kiktatva a szervó szabályozását.

A többi (amerikai, szovjet stb.) fejlesztések túl későn lettek készen, így bevetésükre a II. világháborúban már nem, csak a háborút követő ázsiai (pl. mandzsuri, koreai, vietnami stb.) harcok alkalmával került sor. Ilyen rádió-



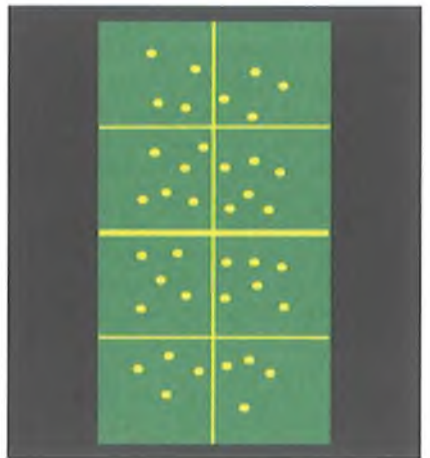
11. ábra. Szélessávú zajjal zavart tűzvezető radar képernyője (1970 körül)

vezérelt amerikai bombával rombolták le a *Kwai folyó híres hídját*, a közismert film (és könyv) sztorijával ellentétben.

## Radarháború

A II. világháború utáni különféle hadszínterek (Korea, Vietnam, Afganisztán stb.) kellő gyakorlótérként szolgáltak a radartechnika és a radarokkal kapcsolatos ellenintézkedések továbbfejlesztésére. A szövetségesek már a második világháború során, pl. Budapest bombázásakor is használtak a repülőgépekből kidobott alumíniumfólia-csíkokat. A szél által szétszórta, lehulló fémcsíkok a radar képernyőjén nagy zavarfoltot okozva gátolták a felderítés munkáját.

Évekkel később az elektronika fejlődésével, például a koreai, vietnami háború idején új módszerek kerültek



12. ábra. Másolt radarimpulzussal és szembeküldött, sok késleltetett álcéllal zavart tűzvezető radar képernyője (1970 körül)



előtérbe. A támadások során a repülőraj egyik gépére függesztett zavarókonténer vobleres vevőjével pásztázták a várható radarfrekvenciákat, majd a bemért frekvencián, nagy energiával, széles sávú zajjal szembesugározták a földi radarokat (11. ábra), megvakítva a képernyőket. A radarkezelők ez ellen a radarsugár jobbra, majd balra történő kibillentésével védekeztek, mondván, hogy ahonnan a legerősebb zavarójel érkezik, ott a zavarógép, és persze először azt kell lölni.

Később intelligensebb voblerek felhasználásával a pontos radarfrekvencián lemásolták a radar impulzusait. Ennek alapján a felderítő radarral szembe visszasugároztak az eredeti impulzushoz hasonló, de véletlenszerű késleltetésekkel ellátott zavarjel-köteget. A radar képernyőjén megjelenő jelek rendkívül hasonlítottak a cél jelére, csupán a sokféle késleltetés miatt a képernyő tele lett céljellel (12. ábra). A radarkezelők ekkor egy pillanatra kikapcsolták a radart, és amelyik jel a visszakapcsolás után legelőször megjelent, az volt az igazi céljel, a hamarosan megjelenő késleltetett másolatok pedig a zavaró jelek voltak.

A módszerek és a radarok egyre inkább fejlődtek. Egy modern radarban a radar fizikai felépítésével, zavarelhárító áramköreivel és használatának sajátos szabályaival lehet küzdeni az ellenfél hasonlóan intelligens technikája és módszerei ellen. Amíg azonban a radarok egyre inkább zavarállóak, pontosabbak, okosabbak lettek, a radarfelderítés ellen is újabb eszközök álltak szolgálatba.

Már a vietnami háború idején megkezdődött az ún. radarromboló rakéták bevetése. – *Amikor a vietnami elvtársak meglátták, hogy a cél kettévált, hanyatt-homlok hagyták el a vezérlőkabint és bújtak be a beton fedezékekbe, – hangzott el egy oktatáson, majd az előadó így folytatta: – A robbanás után pedig nekiálltak a rostává lyukasztott antennákat az őserőben nagy gyakorlatlalt kikalapálni, forrasztgatni...*

Ezek akkoriban még egyszerű ellenrakéta-fegyverek voltak, amelyek a radar keresősugarát használták fel a cél megtalálására. Persze az első szomorú tapasztalatok után megint bejött az antenna elfordításának és kikapcsolásának az ötlete. Amikor tehát a radarromboló rakétát sikerült kissé kiteríteni oldalra, kikapcsolták a radart. A rakéta pedig célt tévesztve, biztonságos távolságban robbant. Ehhez persze kellő ta-

pasztalat és nem kevés lélekjelenlét is szükséges volt.

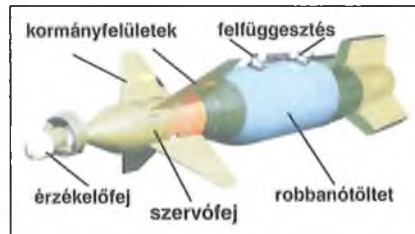
Napjainkban is használatos a High-speed Anti-Radiation Missile, azaz HARM, a nagysebességű radarromboló rakéta, amely az intelligens bombák késői utódának is tekinthető, noha működési elve voltaképp levegő-föld rakéta. A HARM a balkáni háborúban gyakorta szerephez jutott, és a segítségével a NATO légierő számos szerb rakétaüteget semmisített meg.

Egy – a neten olvasható – magyar haditechnikai tanulmány szerint az 1999-es szerbiai bombázások idején a HARM-ból több mint 1000 darabot használtak fel – 710 darabot amerikai, 277 darabot német és 115 darabot olasz gépek használtak el – holott ennél jóval kevesebb radarberendezés volt a szerbek birtokában.

A túlzott felhasználásra több magyarázat is van. Az egyik kézenfekvő ok a szerb csapatok nem szokványos, „partizán típusú”, becsapós, trükközös hadviselése, amelynek során gyakorta egyáltalán nem az történt, mint amire az ellenfél számított. Ezt már a II. világháború során a németeknek is volt módjukban megtapasztalni.

Ha a HARM-ot hordozó repülőgép rádióelektronikai felderítő rendszere radarsugárzást, a gépet érő „megvilágítást” észlel, a rakéta automatikusan felkészül, szuperérzékeny vevőjével beméri, meghatározza a sugárforrás helyét, majd elindul a radar irányába, éppen a felderítő radarsugarat használva irányjelzőként. Legnagyobb sebessége tetemes, 340 m/s, és hatótávolsága sem csekély, 90 km. A radarhoz közelítve, a megfelelő távolságban robban. Ennek során 25 000 db acélreppessel, vagy 12 845 db wolfrámreppessel teríti be a célterületet.

A fürgé HARM-nak a felkészüléshez és a célra induláshoz – a szerb légvédelmi tüzerek harci tapasztalatai szerint – mintegy húsz másodpercre van



13. ábra. Lézervezérlésű, azaz végfázisban korrigált zuhanású intelligens bomba. Az érzékelőfej a célra tekint és vezéri a kormányfelületeket

szüksége. Ez túlságosan is rövid idő egy céltárgyként megjelölt repülőgépnél a tűzvezető radarral történő beméréséhez, majd légvédelmi rakétával való leküzdéséhez, nem is beszélve a menekülésről. Viszont a HARM ellen bevetett számos trükk többnyire bejött.

Az intelligens légifegyverek csatládja az utóbbi évtizedekben indult hatalmas fejlődésnek, amelynek első komoly eredményei a lézernek köszönhetőek. A bomba orrában elhelyezett érzékelő képes a repülőgépről infravörös fényvel megjelölt, folyamatosan a célra vetített fényjelet érzékelni és automatikusan a jelölés irányába haladni (13. ábra). Ez azonban kényszerkapcsolatot eredményez a megjelölt cél és a bombát ledobó vagy a célt megjelölő repülőgép között, ami pl. élénk léghárítás, így a gép kényszerű manőverezése esetén megzavarhatja a pontos találatot. Az F-117 Lopakodó elektronikája ilyen eszközök ledobására is fel volt készítve.

További hatalmas lépést jelentett a GPS-navigációt is használó bombák kifejlesztése, amelyek között olyanok is találunk, amelyek ledobás után – kinyitott siklószárnyai segítségével – még akár 70-100 km vízszintes távolság megtételére is képesek, majd 10 cm találati pontossággal semmisítik meg a kijelölt célt.

Az 1999 tavaszán lezajlott *Allied Force* hadművelet során a szerb hadsereg és az ország katonai szempontból fontos célpontjai ellen az összes, az akkor rendelkezésre álló műholdas irányító készletet felhasználták.

## A radar működéséről

A rádióhullámok szilárd testről, például fémfelületről való visszaverődését fókuszálhatóságát 1886 körül Heinrich Hertz már felfedezte, de ennek a jelentősége csupán a XX. század közepén vált nagy fontosságúvá. Ha ugyanis alkalmas (forgáspárolloid fém-) tükrőrel jól fókuszálható, akkor egy sugárzó (pl. dipól) energiáját távoli fém tárgyra irányítva, a jel egy kis hányada a tárgyról visszaverődhet, s nagyon érzékeny elektronikai eszközök segítségével detektálható. Így a visszavert jel kiértékelésével a tárgy létezése és tulajdonságai felderíthetők.

A gyakorlatban számos korai, kezdetleges megoldás után a légtér megfigyelése, egy céltárgy felderítése céljára már igen korán az impulzus-módszer terjedt el. Természetesen manapság

már igen sokféle ismert, illetve titkos működésű radartípus létezik.

A kezdeti időkben talán a leggyakrabban alkalmazott *impulzus módszer* esetén egy igen nagy (kW, MW) teljesítményű, nagyfrekvenciás (a MHz-es, GHz-es tartományba eső) rezgést kellően rövid (pl. mikrosecundum) időtartamra kapuzva – meghatározott hosszúságú impulzusként – egy alkalmas kivitelű antenna keskeny nyalábban a cél felé kisugároz. Ezt követően a céltárgyról az impulzus visszaverődik, és – némi időkésséssel, mintegy visszhang gyanánt – visszaérkezik. A jel az *eredeti*, vagy *egy másik* alkalmas antennával érzékelhető. A parányi jelet roppant kis zajú erősítővel kellő szintre felerősítve, megmérhetjük kibocsátott és a visszavert jel közötti időkülönbséget, amely kellő információval szolgál a céltárgy távolságáról, illetve közvetve a térbeli helyzetéről.

A kellően nyaláboljt jel pontos kisugárzási iránya az antennakonstrukció saját mechanikai tulajdonságai révén számunkra ismert. Az antenna pontos, valamely földrajzi irányhoz (pl. az északi irányhoz) viszonyított helyzete úgyszintén. A telepítéskor ugyanis az antennát betájolják, így sugárzási iránya az égtájakhoz viszonyított térkoordinátarendszerben két jellemző szög segítségével megadható, az antenna skálázott (elektronikus) mozgó szerveiről leolvasható. Ha pedig a céltárgy mozog (pl. manőverez), de mi az antenna segítségével követjük annak mozgását, ezek a szögek értelemszerűen változni fognak.

A vízszintes síkban és az északi irányhoz képest értelmezett jobbsodrású szög megállapodás szerűen az *oldalszög* vagy  $\beta$  nevet kapta. A függőleges síkban a vízszinteshez képest értelmezett emelkedési szög a *magassági szög* vagy az  $\epsilon$  nevet kapta. (Használatosak még más elnevezések is, pl. az azimut, illetve a látószög, eleváció stb.)

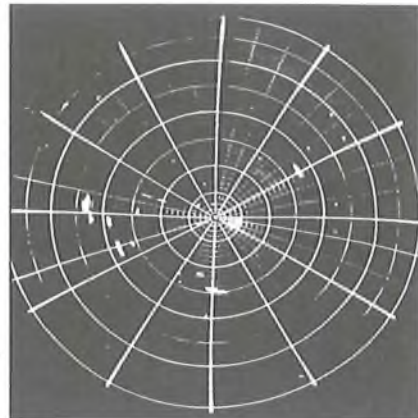
A légvédelmi radarok nagy része esetében a feladatok között műszaki okokból többnyire alkalmas munkamegosztás jött létre, és a *cél felderítése* és a *cél leküzdése* – mint két külön feladat – számos esetben régóta szétvált.

Villámgyors rendszereknél ilyen munkamegosztás nemigen képzelhető el, gyakori, hogy az észlelés és a válaszlépés között csupán 2...6 s telik el. Ilyen lehet pl. a HARM radarromboló ellenrakéta leküzdése egy még fürgébb ellenrakétával, már 12 km távolságból is (ld. orosz *Pantsir* lánctalpas rendszer).

A hagyományos felállásban többnyire két eszközt használnak együtt. A távroló, pl. néhány 100 km-ről közeledő céltárgy, tipikusan valamilyen repülő szerkezet (vadászgép, robotrepülő, bombázó, szárnyas rakéta, radarromboló rakéta stb.) felderítésére már igen korai időszakban szükség lehet annak jelentős sebessége, így a befogására, leküzdésére rendelkezésre álló rövid idő folytán. Ha késlekedünk, először is a céltárgy kijut abból távolsági és/vagy magassági a tartományból, amelyben képesek vagyunk leküzdeni. Másrészt a céltárgy többnyire válaszlépéseket tesz, amint észleli, hogy egy számára veszélyesnek tűnő radar hatósugarába került. Gyakorta szó szerint másodpercekről van szó, és ha a válaszlépés megtörtént, igencsak szedhetjük az irhánkat, ha tudjuk...

A minél precízebb felderítés és a radarok fizikai mérete, konstrukciója valamint az alkalmazható frekvenciák igen szorosan összefüggnek egymással. A technika fejlődése során a kezdeti lassú, nagyon pontatlan elektroncsöves rendszereket lassan felváltották a félvezetős analóg, majd digitális rendszerek. Már a II. világháború vége felé és azt követően feltűntek a különleges, nagyfrekvenciás vákuumtechnikai termékek (haladóhullámú cső, klisztron, magnetron), amelyek szigorúan őrzött hadititkot képeztek, bár alkalmazásuk az '50-es években lényegében általánossá vált, lásd mikrohullámú sütő. A kellően megbízható, military minőségű, egyre gyorsabb, egyre nagyobb teljesítményű félvezetők alkalmazása utóbb ezeket fokozatosan kiszorította. Megjelentek az emeletes, örmótlan Yagi antennacsoportokat végképp leváltó különleges elemi dipolrács-csoportok. Ezek egyre nagyobb üzemi frekvenciájú, egyre jobb minőségű, 0,1...0,5 mrad felbontású antennák, amelyekkel a 10-20 km távolságban értelmezett *néhány méter* távolságmérési hiba elérése már nem probléma. Sőt, ezek a dipolrácsok már különleges üzemmódokra is képesek, pl. egy antennamezőt több kisebb területre bontva lehetőség van egyidejűleg többféle irányban, többféle mérés technikával megfigyeléseket végezni. Egy repülőgép fedélzeti radarja esetében az egyik részmező figyelheti a földközeli (földhárterű) repülő eszközöket, míg egy másik mező a felső légtérben megjelent cél leküzdését irányítja stb.

Mindezt annak fényében kell tekintenünk, hogy a II. világháború elején a



14. ábra. Fotó a szovjet P-14 radar indikátor képernyőjéről (a Zsámbéki Légvédelmi Múzeum tablóképe)

távolságmérési pontosság jó, ha elérte a 100 m-es nagyságrendet. Természetesen a szöghiba is hasonlóan nagy volt. A háború éveitől kezdve ezek az értékek jelentősen javultak, ami szorosan összefüggött az alkalmazott üzemi frekvenciák rohamos növekedésével.

## Távolfelderítés

Távoli, vagyis egy légvédelmi üteg tűzvezetésének hatótávolságán kívüli, messzi céltárgyak felderítésére ún. *távolfelderítő radarok* használatosak. Feladatuk a céltárgy minél nagyobb távolságról, tipikusan néhány száz km-ről történő észlelése, ami a nagyfrekvenciás sugárzás elnyelődési sajátosságai folytán többnyire csak kellően alacsony működési frekvencia mellett érhető el. Ha ez a frekvencia valóban elegendően alacsony, a kisugárzott, fókuszált jel mintegy ráhajolhat, rásimulhat a Föld görbült felületére és lényegében az *optikai látóhatár mögé* is beláthatunk. Sőt, alkalmanként még a talaj, a növényzet stb. sem jelent terjedési akadályt.

Ezen radarok hátránya – a kisfrekvenciás viselkedésből eredően – a csekély mérési pontosság és lassúság, amelyet a megfelelő látótávolság ellenúlyozhat. Az ilyen eszközök a szokásos televíziós sávokba eső alacsony működési frekvencia és a sugárzott jel kellő fókuszálhatósága miatt is eléggé terjedelmesek. A radarok érzékelési terét a természeti és az épített környezet rendkívül jelentősen befolyásolja.

A távolfelderítő radarok indikátor-képernyője térképszerű. Régebben kerek ernyőjű (14. ábra), hosszú utánvilágítású képcsövet alkalmaztak kijelzésre (csak ilyen létezett nagyobb mé-



retben), újabban pedig már a manapság szokásos, lapos képernyőfajtákat használják.

A korai távolfelderítő radarok terjedelmes antennával szerelt berendezések. A 15. ábrán egy ilyen, nálunk is még nemrég használatos, P-18 típusú, szovjet gyártmányú, a világ számos országába exportált radart láthatunk. amelynek egy példánya – adatlappal együtt – megtekinthető a Zsámbéki Légvédelmi Múzeumban, vagy Kecelen. Jól megfigyelhető az emeletes, forgatható, szükség esetén jelentősen megemelhető antennszerkezet, a két hosszú, kimerevített vízszintes rúdra telepített, mindösszesen 16 darab yagi antenna.

A távolfelderítő radar a 360°-os vízszintes síkban végez letapogatást, amely úgy érhető el, hogy az antennát a függőleges tengelye mentén fogatják, a bemutatott típus esetében 0,3...6 fordulat/min sebességgel. A letapogatott jel az indikátor képernyőjén jelenik meg, ahol a környező letapogatott területekről visszaverődő jel látható, mintegy térképszerűen. A térkép/képernyő optikai középpontjában a radar telepítési helye van. A középponttal koncentrikus, többnyire elektronikus előállítású, kör és sugaras alakú rajzolatok pedig kijelölik a lehetséges észlelési távolságon belüli léptékeket és szögeket, pl. 50 vagy 100 km-ként növekedő léptékben, 45°-os szögenként. Így egy pillantás alatt meg lehet becsülni, hogy mely irányból érkezik céltárgy és az pillanatilag kb. milyen messze van tőlünk. A valóságos irányhoz természetesen a rendszert a telepítés során pontosan be kell tájolni.

A távolfelderítő radar feladata sokrétű lehet. Az észlelt és előfeldolgozott jelet, az indikátor képét számos helyre el lehet vezetni kábelen vagy valamely más hírközlési módszer (pl. mikrohullámú átjátszó) segítségével. Amennyiben a távolfelderítő radar egy légvédelmi üteg részét képezi, akkor a jelét az üteg tűzvezetését irányító parancsnok is megkapja egy kihelyezett indikátoron.

### Légvédelmi ismeretek

Már az első világháború során kiderült, hogy még egy igen lassan mozgó lég-hajót, kezdetleges építésű repülőgépet is nehéz a földről, terepről bármely szokásos fegyverrel, puskával, ágyúval eltalálni, leküzdeni. Ehhez speciális ismeretekre van szükség.

A dolog némiképp hasonlít a nyúl-vadászatra. A céltárgy ugyanis állandóan változtathatja a helyzetét, a sebességét és az irányát, így a vadász csak kellő tapasztalat, ráérzés és nem ritkán némi szerencse árán tud vadat ejteni. Aztán lehetséges, hogy a nyúl, a fácán annyira eltávolodik, hogy lőtávon kívül is kerülhet.

A vadászat során két nagy fontosságú megfigyelést tehetünk, ami meglepetésünkre az ágyús vagy rakétás légvédelmi lövészet alapjait is érinti. Amikor a jó vadász futó vadra lő, többnyire nem a vadra céloz, hanem jósol, feltételez, becsül. Tapasztalatai alapján feltételezi, megjósolja, hogy akkor, amikor a sörét vagy a lövedék eléri a vadat, akkor a vad valószínűleg hol lesz.

Amennyiben a jóslás, azaz becslés helyes, a vad és a lövedék egy adott pillanatban egyazon helyen lesz, a vad belefut a lövésbe. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy kissé a futó vad *elé kell lönni*. Ezt *előretartásos* lövésnek nevezik a légvédelmi rakéta technikájában. A problémák akkor kezdődnek, amikor a vad cikázva menekül.

Amennyiben kutyánk a vadászat közben nem bír magával, és a cikázva futó nyúl után veti magát, akkor megfigyelhetjük, hogy a kutya mindig a nyúl irányába fut, akárhogyan is cikázik a nyúl ide vagy oda. Ezt a görbét a matematikában – mily véletlen! – kutyagörbének nevezik, és jellemzője, hogy a sebességvektor éppen mindig a cél irányába tekint. A légvédelmi rakéta technikájában a szemléletes *utánlövés* fejezi ki a hasonlatosságot a kutyagörbéhez, távolodó cél esetén. A körülmények ismeretében a parancsnok dönti el, hogy melyik módot alkalmazza a cél leküzdésére, mert tényleges 100%-os esélyt egyik módszer sem ígér.

### Rakétafegyver

A második világháború során megjelent a hadszíntéren egy régi-új fegyver is, az egyszerű szerkezetű, földről vagy a levegőből indított csapásmérő rakéta több fajtája is. Ezeknél a fegyvereknél még aligha beszélhetünk célravezetésről, vezérlésről, irányításról, és technikájuk alig különbözött az évezredek óta ismert kínai röppentyűktől.

A rakétának, mint fegyvernemnek a kifejlesztése igen költségesnek és időigényesnek bizonyult. Így a legtöbb hadviselő fél esetében csak csekély hadi potenciált jelentő eszközök készültek el a háború végéig, amelyek közül a



15. ábra. A szovjet P-18 típusú távolfelderítő radar (Kecel, Pintér Művek Haditechnikai Múzeuma)

szovjet sorozatvetőt emelhetjük ki, mint irányítás nélküli, ám tömeges bevetése folytán igen hatásos rakétafegyvert. A legtöbb országban csak elméleti vagy szinte műkedvelő szinten folytak rakéta-technikai munkálatok, kísérletek.

A német hadiipar tudósai, mérnökei viszont – nem teljesen önkéntes alapon – egy vadonatúj technikai ágazatot, egy új fegyvernemet teremtettek meg, az *irányítható ballisztikus rakétát*. Hatalmas erőfeszítésük, túlhajtott fejlesztési tempójuk, a naponta ismétlődő bombázások közepette elismerésre méltó volt. Voltaképp tették a dolgukat még akkor is, ha esetenként nem is, vagy nem mindig értettek egyet a végcélal. (De így volt ez az Egyesült Államokban is az atombomba kidolgozása és alkalmazása során. Nem minden fejlesztő értett vele egyet.)

Az A4 / V2 rakéta kifejlesztése többbe került, mint a Manhattan Project, vagyis az atombomba kidolgozása!

A végtermék – a világ első, sorozatban gyártott ballisztikus rakétája – korának műszaki csodája volt, amely felbocsátása során először érte el a világűr határát. Még a műszaki képzettségük számára is hihetetlenül bonyolultnak tűnő eszköz számtalan tudományág elméleti ismereteinek a felhasználásával, továbbá elképesztő mennyiségű kísérleti munka árán jött létre. Túlzás nélkül állítható, hogy emberi számítás szerint is több évtizednyire tehető, roppant sikeres fejlesztés történt, ám mindössze néhány év leforgása alatt! Csak egy jellemző adat: a fejlesztés során több, mint 200 ezer műszaki rajz készült a V2 rakétához!

Az elvégzett munka nagyságát közzévetve igazolja a rakéta második világháború utáni, meglehetősen pikáns (vagy inkább botrányos) sorsa, *beleértve az első Holra szállást is...*

Tulajdonképpen a II. világháborút megelőzően már számos országban

folytak kísérletek az évszázadok óta alapjaiban ismert eszközök modernizálására, de a zseniálisan új ötleteket felvultató német rakéatechnika egyszerűen leckét adott a második világháború után még 20-30 évvel(!) is a győztes felek szakembereinek. Ezen lehet finto-rogni, bosszankodni, csak éppen meg-cáfolni nem. Lásd Hold-program...

Talán nem is szorul kommentárra, hogy a háború vége felé a szövetségek speciális képzettségű szakemberekből és katonákból álló, kódnevekkel (pl. Operation Paperclip, „Gemkapocs hadművelet”) ellátott kommandókat szerveztek, amelyek feladata volt a létező német tudomány eredményeinek legteljesebb összegyűjtése a már megszállt területekről, mindenhol, bárhol és bármely módon, egymással is mohón versengve. Egy-egy tudós laboratóriumából még a papírkosár tartalmát is begyűjtötték. A kommandó ezen kívül felkutatott a bujkáló, netán fogolytáborba került német szakembereket, és saját kutatóbázisaira szállítottak úgymond mindenkit, akit használhatónak vélték.

Igy került az 1800 technikus és tudós (valamint 3700 családtag) evakuálása során az orvostudomány, a repülőtechnika és az elektronika kiváló német szakértői mellett *126 rakéta-szakember* is az Egyesült államokba, beleértve *Wernher von Braunt*, a rakéta atyját, továbbá testvérét, *Magnus von Braun* vegyész mérnököt és *Walter Dornberger*t, a német rakéta program legfelsőbb katonai vezetőjét is. A valódi „nagy fogás” természetesen *Wernher von Braun* személye volt, akinek a tudása és szervező képessége egyértelműen megalapozta az amerikai Hold-expedíciók sikerét. *Magnus von Braun* pedig az üzemanyagok, a turbószivattyúk, a gíroszkópok és a szervomotorok szakértője volt a V2 kidolgozása során.

A fontos személyek mellett az amerikai „gyűjtögető kommandó” sikeresen összeszedte a hatalmas technikai dokumentációt, bele értve a mérési, kezelési utasításokat, az üzemanyagok pontos összetételét tartalmazó listákat, a teljes ellátórendszert, vagyis a rakétát és az üzemanyagait szállító járműveket, az indítóállomást stb. Az összeszedett értékes holmit mintegy 300 katonai teherautó szállította el.

A háború végeztével pedig következett – finoman szólván – a *zsákmányolt német csúcstechnikán való nagy osztzkodás*. A különféle földalatti

gyártóhelyeken talált (több száz!) már kész vagy még szerelés alatt álló V2 rakétát és legyártott alkatrészeit a győztes hatalmak megosztották egymás között, hatalmas lökést adva az *amerikai*, a *brit*, a *francia* és a *szovjet* rakétafejlesztéseknek.

Ugyanis az eleinte természetesen leg számtalan kudarccal terhes német rakétafejlesztés buktatóit pl. az amerikai kutatóknak már nem kellett még egyszer végigjárniuk. A von Braun testvérek és a velük együtt érkezett német tudósok, mérnökök úgyszólván tálcán kínálták a kipróbált, jól bevált végeredményeket. Csak egy jellemző példa: *Wernher von Braun* tervezte a *Holdra-szállás egyik főszereplőjének*, a *Saturn V rakétának a hajtóművét*, *Magnus von Braun* vegyész mérnök pedig az *üzemanyagát*.

Az A4/V2 rakéta a maga idejében az emberiség által addig kitalált legbonyolultabb, legösszetettebb és legzseniálisabb eszköz volt, amelyek kifejlesztéséhez szinte valamennyi műszaki és egyéb tudományág elméleti tudására és számtalan szakma gyakorlati ismereteire, speciális fogásaira is szükség volt. Egy, az eredetivel azonos példány próbaképpen legyártása még ma is számos fejlettebb ország ipari, technológiai lehetőségeit jócskán meghaladná.

*Mindez azonban nem homályosítja el azt a brutális, elfogadhatatlan célt, a háború által intézményesített, értelmetlen és féktelen vandalizmust, esztelen gyilkolást, amelyre ezt a zseniális eszközt egyesek valójában használták és utódait manapság is világszerte használják. A háború a legostobább dolog a világon, nem vezet sehova.*

#### Az Aggregat 4

A második világháború után a győztesekhez került V2 rakétafejevényben számos olyan technikai megoldás került napvilágra, amely az eddig is folyó, de „fontolva haladó” rakétafejlesztéseket nagyságrendileg felgyorsította. A robbanótöltet nélküli, azaz gyári nevével *Aggregat 4* típusú, nagy teljesítményű, folyadékos hajtású szerkezet volt a technikatörténet legelső megtervezett és számos (kb. 5200) példányban kipróbált, felhasznált rakétája. Az A4 az első sikeres próbarepülése alkalmával, 1942-ben, 275 km távolságra repült, és pályájának legnagyobb magassága 80 km volt. A legtöbb győztes országban lázas ütemű fejlesztés indult a hadi-

zsákmány megoldásai alapján, természetesen az eredeti német szakemberek nem teljesen önkéntes bevonásával...

A szövetségeseknek azonnal nagyon megtetszett a Aggregat 4, és így történhetett meg az az eset, hogy a Skandináv félsziget lakói a háború befejezése utáni hónapokban felettük vilámként átcikázó repülő szerkezeteket láttak az égen, amelyek a volt német rakétakísérleti telepről, Peenemündéből a győztesek valamelyike által indított, V2 rakétákkal való gyermeki, ám nem veszélytelen játszadozásra utaltak...

De ez csak a kezdet volt.

Például az amerikai *White Sands Proving Grounds* rakétakísérleti telepen 1946. áprilisa és 1951. júniusa között hatvannál is több zsákmányolt A4 rakétát lőttek fel függőleges irányban. Az itt elért legnagyobb magasság 200 km volt. Az indítás az eredeti német állványról történt. Az üzemanyaggal való feltöltés, valamint egy gyors ellenőrzés után a rakétát villamos jellel és külső segédeszközökkel begyűjtötték. A műveleteket távolról egy vezérlőkabinból irányították. A kellő tolóerő elérése után a rakéta felemelkedett az asztalról és megkezdte repülését.

Elemezzük ki a V2 legfontosabb konstrukciós részeit és működését, mert ez az eszköz lényegében és szó szerint minden mai folyadéküzemű rakéta ősapja. Ugyanakkor elektronikai részegységei – továbbfejlesztett formában – úgyszólván minden mai rakétafejeségben megtalálhatók.

A második világháború utáni években csupán a V2 átalakítás, részének korszerűsítése, új anyagok kipróbálása és ezek kísérleti ellenőrzése került szóba. Az eredmények elemzése, feldolgozása után történhetett meg egy-egy új, folyékony hajtóanyagú rakétatípus önálló kidolgozása pl. a USA-ban vagy a Szovjetunióban.

A rakéta lényegében egy hosszú, merev felépítésű fémhenger, amely az orr részében robbanótöltetet, a far részénél rakétamotort tartalmaz, míg a hengeres test legnagyobb részét a két üzemanyagtartály teszi ki. A fennmaradó helyen az üzemeltetéshez szükséges segédberendezések vannak.

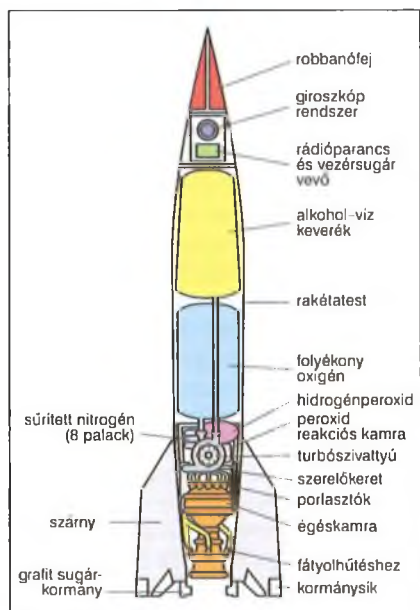
A rakéta az impulzusmegmaradás elvén működik, azaz a nagy tömegű test ( $m_1$ ) viszonylag lassú mozgása ( $s_1$ ) kis tömegű ( $m_2$ ), de hatalmas sebességgel ( $s_2$ ) elmozduló égéstermékkel történik. A helyzet azonban pillanatról pillanatra változik, így dolgot elbonyolítja az a körülmény, hogy műkö-



dés közben a rakéta tömege rohamosan csökken az üzemanyag fogyása következtében. Sőt, lesz egy olyan pillanat, amikor – függőleges indítási helyzet esetén – a rakéta tolóereje éppen ellensúlyozza a nehézségi gyorsulást, vagyis a rakéta „tűzön áll”.

A tervezés és a próbák, kísérletek során a problémák garmadája jelentkezett, azaz gyakorlatilag csak problémák voltak, főleg az üzemanyagok és a rakétamotor kipróbálásakor. Rendszerint úgy jelentkeztek a gondok, hogy a vasbeton próbapad helyén ismét hatalmas kráter tátongott, és újabb sebesülteket kellett kórházba szállítani. A konstrukción pedig megint változtatni kellett.

A fő üzemanyag két komponensből áll, valamely *éghető anyagból* és a hozzá szükséges *oxidálószerből*. Ilyen üzemanyag-párost ezrével lehet találni, de minden szempontból kedvező lényegében nem létezik. Csak viszonylag alkalmas párosok léteznek, nagyon kellemetlen üzemi tulajdonságokkal. A két üzemanyagfajta közül többnyire vagy az egyik vagy mindkettő súlyosan mérgező, vagy csak hőszigetelten, roppant hideg állapotban lehet tárolni stb. Bármelyik üzemanyag-féleség kezelése sok problémát vet fel. Tiszta üzemanyag nem létezik, mert a gyulladási és égési, tárolási stb. tulajdonságokat javítandó, számos adalékot kell az üzemanyaghoz keverni. Különösen nagy figyelmet kell szentelni a *hipergol* típusú üzemanyag-párosoknak, amelyek alkotói ha összetalálkoznak, azonnal heves



16. ábra. A V2 rakétafegyver belső felépítése

égés, robbanás következik be. A fő hajtóanyagok mellett vannak segédanyagok is, amelyek segédműveletekhez szükségesek.

A V2 esetében a fejlesztés során nem álltak rendelkezésre kellő mennyiségben olyan fémek és egyéb segédanyagok, amelyek elviselték volna az egyes oxidálószeres hallatlan erős korróziós hatásait, továbbá az égés során keletkező igen magas hőmérsékletet. Itt most arra kell gondolnunk, hogy a rakéta hajtóműve akár pár másodperc alatt is megsemmisülhet bármelyik hatás, esetenként a két vagy több hatás egyidejű fellépése miatt. A lehetséges hajtómű-konstrukciók és kellően szelíd üzemanyagok kikísérletezése roppant veszélyes, drága és időtrábló tevékenység, tekintettel a sokféle, alkalmasnak tűnő vegyi termékre.

A legszelídebb viselkedést és a könnyű hozzáférhetőséget a folyékony oxigén és az etilalkohol-metilalkohol vizes keveréke biztosította. A vízre az égési hőmérséklet csökkentése miatt volt szükség. A hengeres rakétatest legnagyobb részét az alkoholos keverék tartálya, illetve a hőszigetelt oxigéntartály foglalta el (16. ábra). Ez a konstrukciós megoldás szinte változatlanul él tovább a legtöbb folyékony üzemanyagú rakéta esetében.

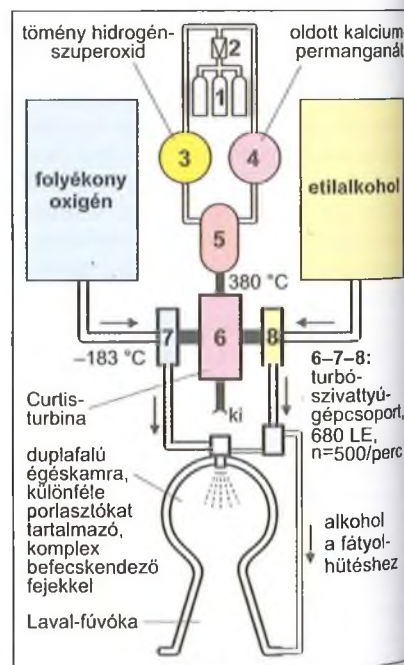
A két tartályból egy-egy cső vezet a kombinált, nagyteljesítményű turbószivattyú-csoporthoz. A tartályokban kis nyomás alatt tartják az üzemanyagokat, amely nyomást a két örvényszivattyú jelentősen fokozza abból a célból, hogy az égéstérben a két anyag égés közbeni mennyisége és elporlasztása megfelelő legyen. Nem kis problémát oldottak meg a tervezők azzal, hogy egy kettős turbinaegység továbbítja a környezeti hőmérsékletű alkoholt és a  $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os folyékony oxigént.

Az örvényszivattyú-csoport hajtásáról egy nagynyomású vízgőz-oxigéngáz keverék gondoskodik, amelyet egy speciális gázgenerátor állít elő (17. ábra). Ehhez alapanyagként igen tömény hidrogén-szuperoxid és oldott kalcium-permanganát szolgál. A nagynyomású levegőt (vagy nitrogént) tartalmazó palackokból a nyomáscsökkentő szelepen keresztül a gáz benyomja a két anyagot a gáz-gőzfejlesztőbe, ahol megtörténik a bomlás és  $400\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os túlhevített vízgőz és oxigéngáz keverék keletkezik. Ezt a keveréket használja a kétfokozatú Curtis-turbina munkaközegként, és hajtja a turbinával közös tengelyre szerelt hajtóanyag-szivattyúkat.

A rakétatest leghátsó részén volt igen szilárdan rögzítve az égéstér, amely kettősfalú, több, hengeres részből összeállított konstrukció volt. Hátsó részén egy gömb alakú égésteret képeztek ki, igen bonyolult fűvőkarendszerrel, míg az elülső része egy kúpos Laval-cső volt. Ennek nyílása kb. a rakétatest végével volt egy síkban. Műtán anyaga a V2 esetében 6 mm-es vaslemez volt, csak korlátozott ideig viselte el a  $2500\text{--}2700\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os égéssel együtt járó hatásokat, például a deformációt, a revésedést, a korróziót. Gyártása igen sok nehézséggel járt, mivel az égéskamrát és a fűvőcsövet ezek kettős falán átáramoltatott alkoholos üzemanyaggal hűtötték (fátyolhűtés). Így az égéskamra gyártástechnikai okokból több gyűrűből és hajlított lemezcsíkből készült.

Ellenkező problémát okozott a folyékony oxigén, amelynek rendkívül alacsony ( $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) párolgási hőmérséklete folytán a már üzemanyaggal feltöltött rakéta mozgó alkatrészein (pl. egyes szelepeken) befagyási problémák keletkeztek, amelyet forró levegő befúvatásával kellett ellensúlyozni az indítás előtt.

A háború utáni másolatoknál, új harci rakétaeszközöknél már rendelkezésre álltak azok a fémek, amelyek jól elviselték a magas hőmérsékletet, kiváló szilárdságúak voltak és megmunkálásukra is volt megfelelő technológia.



17. ábra. Az Aggregat 4 rakétamotorjának elvi felépítése

Jellemző lett a rakétamotor gyártásban a wolfram és a vanádium alkalmazása.

A V2 stabilizálási okokból négy vezetékszárnyat kapott, amelyeken kis felületű kormányásíkok helyezkedtek el. Ezen felül grafitlapos sugárkormányt is alkalmaztak az égéstér nyílásában, bár ez igen hamar elégett. A sugárkormányra a rakéta (független) indulási időszakában volt szükség a rakétatest kellő stabilizálásához, míg a szárnyakon levő kormányásíkok a rakéta további útszakaszán a robotpilóta által alkalmazott korrekciók elvégzéséhez kellettek. Ilyen szervovezérelt kormányásíkokat szinte minden mai rakétán és intelligens bombán megfigyelhetünk.

Az irányítórendszer a rakétatest orrába volt beépítve a távvezérléshez szükséges rádióvevővel együtt. Az irányítórendszer (robotpilóta) része volt a két pörgettyűrendszer (giroszkóp), amelyet még az indulás előtt felpörgettek. A rakéta repülése során a pörgettyűk megőrizték eredeti tengelyirányukat, és ha a kardáncsuklós felerősítő keret elfordult, azaz a rakéta a tervezett útvonalhoz képest eltért, akkor a pörgettyűkbe épített potenciométerekről érkező hibajelek vezérelték az elektroncsöves szervőerősítőket. Ekkor a rendszer a kormányfelületek segítségével korrigálta az eltéréseket addig, amíg csak a pörgettyűk újra nem adtak zérus hibajeleket. A rádiós távvezérlés (parancsközlés) ebbe a szabályozórendszerbe a hibajelhez hasonlóan beavatkozva fejtette ki irányító hatását. A kormányparancs végrehajtását követően a giroszkópok újra zérus hibajeleket adtak.

A rakétamotor égési ideje 68 s körüli volt. 1600...1700 m/s-re adódott a tűzkialvási sebesség, amely 4...5 Ma, vagyis tekintélyes érték. Az első sikeres próbarepülés alkalmával, 1942-ben a rakéta 275 km távolságra repült, pályájának legnagyobb magassága ekkor 80 km volt. A II. világháború után az elkobzott rakétákkal végzett kísérletek alkalmával az amerikai *White Sand Proving Grounds* rakétakísérleti telepen 1946 és 1951 között több, mint 60 darab V2 rakétát indítottak függőleges irányban. Az itt elért legnagyobb magasság 200 km volt.

Az A4 továbbfejlesztése több országban is megtörtént (pl. *Jupiter-A*), ennek során egyéb hajtóanyagok alkalmazása is szóba került, továbbá az égéskamrát jobb minőségű, ötvöztött anyagból sikerült elkészíteni. Az Egyesült Államokban *Viking* néven készült

egy nagyobb méretű, de lényegében A4 hasonmás, majd az A4-gyel folytattak *kétlépcsős rakéta* kísérleteket oly módon, hogy az A4 orrába beépítettek egy kisméretű, *WAC-Corporal* rakétát. Az elért csúcsmagasság 403 km volt.

## A V2 harci utóélete

A háború után azonban a rakétafegyver fejlesztése nem állt meg, és világszerte folytatódott a német tudósok által csak elkezdett munkálatok.

A radartechnika fejlődése a XX. század vége felé, majd napjainkig tekintve, azt eredményezte, hogy a célterület felé közeledő repülőgépek (és rakéták) ún. korai felderítése és még időben történő leküzdése egyre sikeresebb lett. Az *egyre rövidebb hullámhosszon* működő radarok mérési adatai *egyre pontosabbak* lettek. A célt leküzdő fegyvernem a csöves légvédelemből végleg átváltott a légvédelmi rakétás fegyvernembe, különféle típusú és képességű rakétafegyverekkel.

Kezdetben arra lehetett számítani, hogy a küzdő felek egymás ellen nagy fizikai méretű, jelentős hatótávolságú, lényegében hosszú időn keresztül közelítőleg egyenes vonalban repülő nehézbombázókat irányítanak a célterület fölé. Akkoriban a rakétás légvédelem is erre a helyzetre készült fel. Ezek a *korai légyédelmi rakéták* úgyszólván mind a V2 hasonmásainak, továbbfejlesztett variánsainak tekinthetők. Méreteik és belső felépítésük hasonlósága – a gyártótól függetlenül – nem egészen a véletlen műve.

A továbbfejlesztések általában abban az irányban történtek, amely irányban annak idején a német fejlesztők is elindultak, csak a munkát már nem tudták befejezni. Vagyis például a korai légvédelmi rakéta típusokat egy újabb rakétafokozat beépítésével, az égéstér, a kormányaszervek, továbbá az antenna-rendszer és az elektronika mérsékelt továbbfejlesztésével fokozatosan, több lépésben modernizálták.

Kézenfekvő volt egy fekete lőpor alapú, szilárd hajtóanyagú, egyszerű gyorsító (booster) fokozattal ellátni a V2 hasonmásot. A booster mintegy leröpítette az indítóállványról a rakétát, majd néhány másodperces üzem után lőpor hajtóanyaga kiégett, elfogyott. Ezt követően a kiürült indítófokozat piropatronok segítségével leválasztotta magát a 2. (utazó) fokozatról és visszahullott a terepre.

Közben a 2. fokozat folyékony hajtóműve begyűjtött és a továbbiakban ez

hajtotta a rakétatestet a földi rádióparancsoknak megfelelő irányba. A műveletek során a rakéta elektronikája rászinkronizált a földi irányító rendszerre, és a fejlettebb változatokban egy repülésstabilizáló, negatív visszacsatoló hurok alakult ki a rakéta elektronikája, mechatronikája és a földi vezérlés között. A rakéta, illetve a földi irányítórendszer ezek után már automatikusan végezte el az iránykorrekciókat. Emberi beavatkozásra csak akkor volt szükség, ha valami ezt a folyamatot megzavarta (pl. rádiózavarás).

Ennek a módszernek az első elektronikai elemeit még 1944-ben, a legfejlettebb V2 típusok irányításánál már sikeresen kipróbálták, a Würzburg radar parancsközlő üzemmodjában.

A rakéta aerodinamikai irányításáról a radarrendszer információi alapján a földi berendezés rádióparancsai gondoskodtak. A hozzátétveleg egy percnyi égési idő során az utazó rész üzemanyaga elfogyott, miközben a rakétatestet néhány (2...4) Ma sebességre tett szert, és jelentős magasságra és/vagy távolságra repülhetett a cél megközelítése során. Amint a célt egy meghatározott (tipikusan néhányszor 10 m) távolságra megközelítette, a közelségi gyűjtő kis radarja felrobbantotta a harci tölteket.

Az acél töltetburkolat előformált, barázdált részei (néhány ezer darabban) a robbanás után tölcser formában táguló repeszáradatban, hatalmas sebességgel közelítették meg a céltárgyat, és azon áthatolva, súlyosan megromgálták, repképtelenné tették azt. Egy kiválóan manőverező, vagy nagyon magasan repülő cél leküzdésére nem ritkán több rakétát is kell indítani. *Francis Gary Powersnek* a különleges, fel-le hullámzó üzemmodban, 26 km magasságban repülő U2 kémrepülőgépre annak idején valóságos rakéta-sortűz zúdult, a hazánkban is rendszeresített, *Sz-75 Dvina* rakétaütegekből (18. ábra) kb. 8 indítás történt. *Már a legelső sikeres indítás során találatot ért el*, és ez az U2 farokrészét szakította le, amitől a gép hanyattesve, dugóhúzóban zuhanni kezdett, s közben a szárnyait is elvesztette. Időközben egy MiG-21-es türelmetlen és meggondolatlan pilótája is a küzdelem áldozatául esett. A neten a nem minden részletében tisztázott és tisztázható történet – már-már városi legendává alakult – számos változata olvasható.

A korai kétlépcsős légvédelmi rakétáknak a különféle technikai korlátjuk





18. ábra. Sz-75 Dvina légvédelmi rendszer kétfokozatú rakétája az indítóállványon (Zsámbék)

mellett volt néhány olyan problémájuk, amelyet igen nehéz volt leküzdeni. Ilyen volt például az, hogy a rakétát többnyire csak az indítás előtt lehetett feltölteni üzemanyaggal, és a feltöltött, üzemkész rakétát általában nem lehetett szállítani nehéz terepen ide-oda, nagyobb távolságokra. A rendszerint jelentős hosszúságú (9...12 m) és tömegű (2...2,5 t), ám könnyűszerkezetes építésű rakétatesttel egy függő manőverező cél leküzdése során nem volt lehetséges éles fordulókat végrehajtani (ez elektronikusán is le volt tiltva), mert fennállt a veszélye annak, hogy a rakétatest meghibásodik, netán eltörik.

Az idők során pl. a Szovjetunióban is igen sok változatban készült az irányítórendszer és a rakéta is. Ezeket a rakéta-ütegeket számtalan országba exportálták. Hazánkban az egyik legutóbbi típusa az 1990-es évekig állt rendszerben. Néhány eszköz (fémgyújtóktól kirabolva) romjában megtekinthető a *Földi Telepítésű Légvédelmi Eszközök Múzeumában*, Zsámbékon, továbbá valamivel jobb állapotban a *Pintér Művek Keceli Haditechnikai Parkjában*.

A tisztán szilárd üzemanyagú rakétával szerelt rendszer több típusában is bebizonyította, hogy adott esetben függőbb, hatékonyabb is lehet egy akár nagyobb tüzerővel rendelkező, ám lomhább, nehezebben áttelepíthető, részben folyadék üzemanyagú társánál. Ilyen, szilárd üzemanyagú rakétával működő légvédelmi rendszerrel sikerült lelőni a Lopakodót.

### Szilárd hajtóanyagú rakéták

A V2 kifejlesztése során azzal együtt, hogy ezáltal a fejlesztők megteremtették az irányítható ballisztikus rakétának a gyakorlatban használatos újszólván *összes lényeges szerkezeti elemét*, viszont a lehetséges utaknak csak

az egyikét, a folyékony tüzelőanyagú rendszert választották.

Az újabb hajtóanyagok kipróbálása mindenütt megtörtént, ám a modernebb, jobb műszaki tulajdonságú folyékony üzemanyagok sikere kétes volt. Ezek az anyagok rendkívül tűzveszélyesek voltak, amire jellemző az a vélemény egy magyar hivatásos rakétás szájából, hogy elég volt ezeket az anyagokat csak megmutatni egymásnak, és már robbant is. Másrészt a hajtóanyagok (és a segédanyagok) túlnyomó része az egészségre rendkívül veszélyes (pl. hihetetlenül maró anyag, idegméreg) volt.

A folyékony üzemanyagot mellőzve, a harci alkalmazások során némileg praktikusabb eszközökhöz juthatunk a szilárd tüzelőanyaggal működő rakétához. A II. világháborúban a rendelkezésre álló időben már senkinek sem nyílt alkalm a repülőtesttel és a hajtóanyaggal való további kísérletekre.

A szilárd tüzelőanyagú rakéta képezi a a rakéatechnika ősapját, hiszen Kínában már több ezer éve is használtak feketelőpor töltetű kis (pl. kézi indítású) rakétákat. A modern, szilárd tüzelőanyagú rakéták is a feketelőpor különböző variánsaival működnek, és roppant egyszerű szerkezetűek. Elmarad a folyékony üzemanyagokkal kapcsolatos összes tárolási, feltöltési, kezelési szervizfeladat, a kapcsolatos mechanikai elemekkel együtt. A szilárd üzemanyagú rakéta lényegében egy üres hengeres tartályban tárolt, módosított feketelőpor, és ezzel egyetlen teendőnk van: indításkor meggyújtani. (Problémák persze itt is vannak bőven.)

Az ilyen rakéta könnyen kezelhető, szállítható, nem ömlik ki belőle veszélyes anyag, és felkészülés, késedelem nélkül indítható. A délszláv háború során többféle típusú üzemanyaggal működő, különféle rakétákat használtak a szemben álló felek, és talán a legkevesebb problémát a szilárd üzemanyagú



19. ábra. Az SzNR-125 Nyeva rendszer szilárd hajtóanyagú, kétlépcsős rakétái az indítóállványon (Zsámbék)



20. ábra. A Nyeva üteg szállító-töltő gépkocsija, amelyről a rakéta villámgyorsan, tolatásból betölthető az indítóállványra (Zsámbék)

rakéta kezelése jelentette (19. ábra). Az üteggel így könnyű volt gyorsan áttelepülni más helyszínre (20. ábra).

### A „lopakodás”

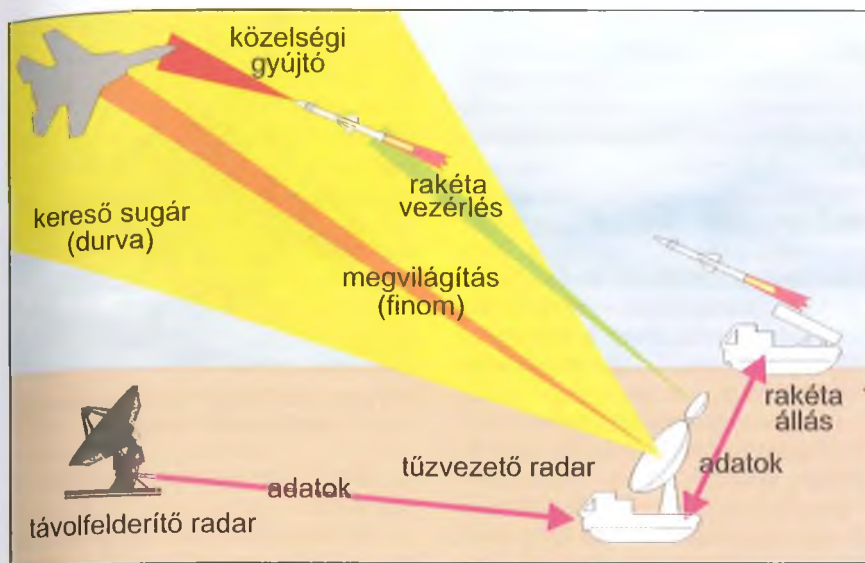
Az már korábbról ismert volt, hogy amennyiben a repülőgép sarkányát határoló felületek meghatározott szögben álló, közelítőleg sík lapok, akkor a felületük a radarhullámokat nem szórja, hanem jelentősen, egy meghatározott irányba eltéríti, így a gépet bemérod, úgygymond „megvilágító” lokátor vevőjébe – tipikus esetben – nem jut számottevő visszavert jel.

A módszer matematikai alapjait *Pjotr Ufimcsev* orosz fizikus alkotta meg a hatvanas évek elején. Gyakorlati alkalmazását a nagy számításigény miatt lehetetlennek tartották, ezért a fizikus kutatásait 1964-ben nyilvánosan is publikálták. Időközben azonban megjelentek az integrált áramkörökön alapuló, a korábbiaknál sokkal gyorsabb számítógépek. Így az 1970-es évek közepére az Egyesült Államokban lehetővé vált a számításokat (lényegében) síklapokkal határolt (szögletes) testekre elvégezni. A kísérleti munka során több típust (sarkányt) is kifejlesztettek, változó eredménnyel.

Bebizonyosodott, hogy egy ilyen konstrukció papíron való megtervezése a feladat könnyebbik része. Jóval nehezebb egy ilyen furcsa felépítésű sarkányt a levegőben tartani, amint azt a bekövetkezett súlyos balesetek is bizonyították. (Ugyanis a „Have Blue” néven ismeretes két prototípus mindegyike lezuhant, a gépek pilótái életüket veszítették.)

A létrejött egyik végső konstrukció (F-117 Nighthawk) olyan különleges alakú, kizárólag szögletes (igen enyhén domború) síkidomokból álló repülőgép („gyémánt formájú” sarkány), hogy





21. ábra. Egy légvédelmi rakétaüteg elvi felépítése és működése a '80-as évekből. A távelfelderítő radar felderíti és azonosítja a célt (saját – idegen), és a célmegjelölés adatai alapján a tűzvezető radar pontosan beméri, majd kis szögben besugározza, „megvilágítja” a célt. Ezek után több rakétát indít a célra.

csak roppant bonyolult, digitális számítógépes rendszerének segítségével képes repülni. A rendszer azonban sokkal több dolgot tilt meg egy kiválóan képzett pilóta számára is, mint amennyit megenged. Az F-117 sárkánya számítógép nélkül lényegében nem repképes. A lopakodó üzemmód következtében pedig számos „kötelező tartozék” kimaradt a repülőgépből. Ilyen például a fegyverzet, vagyis a gép nem bocsátkozhat légi harcra. Ugyancsak ez a helyzet a fedélzeti radarral, amit szintén nem építettek be a gépbe, mert működése esetén leleplezné azt.

A radarvisszhang csökkentése érdekében a gép speciális sötétszürke festésű, a festék ugyanis grafitgömböcskéket tartalmaz, hasonlóan egyes MiG típusokhoz. A pilótakabin ablaka arany és indium bevonatú, a pilótasisak radar-visszaverődésének meggátolására.

A pilóta parancsait és gép mozgását pillanatról pillanatra négy számítógép rendszer ellenőrzi, és lényegében korlátozza a gép fordulékonyágát, gyorsulását, és egyéb, egy esetleges légi harc során nélkülözhetetlen manőverező képességét. A gép szerkezete ugyanis nem képes 5 g-nél nagyobb terhelést elviselni, és a szabályok szerint ezt nem is közelítheti meg. Az F-117 végsebessége nem éri el az 1000 km/h-t sem.

A két motor beömlőnyílását a sárkány konstrukciója takarja, hogy a kompresszorlapátok nehegy radarvisszhangot képezzenek. A kiömlőnyílás pedig az infravörös sugárzás csökkentése érdek-

ben bonyolult, mert a kiáramló forró égéstermék jelentős mennyiségű többletvevő bekeverésével hűtik. Ennek következtében a gép roppant hangos, és akusztikai eszközökkel könnyen felderíthető lenne – ha lennének ilyen eszközök. A bevetések során ezért a gép többnyire 5000 méter körüli magasságban repül a célterület fölött.

Az F-117A modern navigációs- és támadórendszerrel rendelkezik, amelyet egy közös digitális avionika rendszerbe integráltak. Navigációját GPS és rendkívül pontos inerciális (tehetlenségi) navigációs rendszer segíti. A nagyon védett területek feletti bevetéseket egy automatikus bevetéstervező rendszer vezérli. Egy bevetés szinte minden részletét lehet automatizálni, akár a fegyverek (a két darab, lézer célmegjelölésű bomba és a radarromboló ellenrakéta) kioldását is. A célkeresést egy infravörös keresőrendszer segíti, amelyet egy lézeres távmérő és célmegjelölő egészít ki. E rendszer segítségével lehet az egyes bombákat ledobásuk utolsó szakaszában lézerral a célra vezetni.

A gép fekete színezete, könnyen felismerhető alakja, 1 Mach alatti végsebessége és nehéz kormányozhatósága azt eredményezi, hogy ezt a gépet nappal az ellenséges vadászgépek és a légelhárítás könnyen lelőhetné. Az F-117 bevetéseit ezért csak éjszaka hajtják végre.

Mindezekből kiderül, hogy a Lopakodót nem légi harcra, nem elfogóva-

dásznak tervezték. A gép alkalmazásának lényegét a *lopakodó üzemmód* képezi, és ún. *egyfeladatos, csapásmérő repülőgép*.

A lopakodó képességnek pedig csak az éjszakai órákban van jelentősége, ugyanis a legtöbb radar rendszert – erős rádiózavar esetére – ma már ellátják nappali optikai követő rendszerrel is. Viszont a lopakodó képesség megszűnik, ha a gép vizes, jeges lesz, vagy ha kinyitja a bombatér ajtaját. Ilyen esetekre a radarfelderítés elleni egyetlen eszköze a radarromboló HARM rakéta, amely nagyjából 20-21 s alatt felkészül, pontosan beméri a célt és ráindul. A találat pedig szinte elkerülhetetlen.

Egy légvédelmi rakétaüteg elvi felépítése és működése a 21. ábrán látható. Belátható, hogy kezelő személyzetének igencsak összehangolt, hallatlanul gyors munkájára van szükség egy átlagos cél leküzdése esetén is, nem is említve a Lopakodót.

A nagyon rövid „időablakot” a szerb légvédelmi erőknél volt alkalmuk a saját kárunkon megtapasztalniuk, kimérniük. Ha tehát a HARM számára a légvédelmi radar bekapcsolása után a rendelkezésére áll mintegy 21 s, akkor a rakétaüteg technikája és kezelő személyzete gyakorlatilag leküzdöttnek, megsemmisítettnek tekinthető.

Az F-117 a világ első *hadrendbe állított* lopakodó technikájú repülőgépe. még az utóbbi időkben is számos olyan helyszínen került bevetésre az F-117, ahol nemigen lehetett számítani a mai modern, már a Lopakodót is felismerő radarok jelenlétére (pl. 2003-ban a 2. iraki háborúban).

Egyetlenegy F-117 veszett el *bevetés* alkalmával. 1999. március 27-én, a koszovói konfliktus során, a Jugoszláv Hadsereg 250. rakétadandárjának 3. zászlóalja egy *Sz-125 Nyeva M* légvédelmi ütege két rakéta indításával, Belgrádtól nyugatra, Šimanovci település körzetében lelőtte a Hollovan légitámaszpontonról Avianoba átvezényelt, 82-0806-os oldalszámú F-117A-t. Az üteg parancsnoka a székely származású Dani Zoltán ezredes, Szerbia Hőse volt (22. ábra).

A délszláv háború során Dani Zoltán ütege 23 (!) esetben indítottak radarromboló rakétát, de a parancsnok csavaros székely észjárásának és kiválóan képzett, a parancsnokáért a tűzbe menő legénységének köszönhetően csak elenyésző nagyságú, lényegtelen károkat szenvedtek.





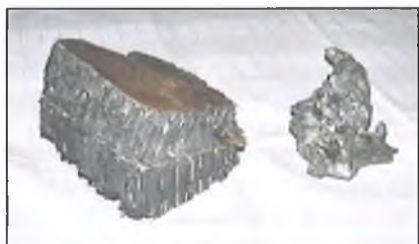
22. ábra. Dani Zoltán ezredes, „Tiszteletbeli Magyar Rakétás”

Az F-117 és pilótája a rakétatalálót során –9 g gyorsulást szenvedett, a hajtóművek leálltak, a gép komolyan megsérült. Némi nehézségek árán sikerült a katapultálás, és gép lángolva lezuhant.

Az amerikai pilóta Dale P. Zelko, szlovén bevándorlók gyermeke, az 1991-es Öbölháború veteránja volt. A katapultálás után Budanovci körzetében földet ért pilótát a helikopteres mentők még az éjszaka során kimenékítették, miközben a szerb keresőosztag már éppen megtalálta a katapultülést.

A lezuhant – és még lángoló – gépet őrzendő először fegyveres katonák vették azt körül, majd a nemzetközi sajtó képviselőit tömegesen szállították a helyszínre, a roncsok elszállításáig korlátlan fotózási, tévé felvételi lehetőségeket biztosítva. Ez az intézkedés nem minden hátsó – biztonsági(...) – szándék nélkül történt. A gép roncsait hivatalosan „a buckalakók széthordták”, nem hivatalosan pedig több városi legenda kering a köztudatban.

A 23. ábrán Székelykevény (Skorenovac, Szerbia) a Dani Étterem és Panzió asztalán bemutatva láthatjuk a szárny egy pehelykönnyű darabját, továbbá egy megolvadt, titánt is tartalmazó fémdarabot a gép sárkányából, mint egy igen érdekes előadás, személyes élménybeszámoló tárgyi illusztrációját. A zajos hajtómű-kiömlőnyílás megvi-



23. ábra. Balra a Lopakodó szárnyának egy darabja, jobbra titánt is tartalmazó fémolvadék a gépből (Székelykeve – Skorenovac, Szerbia)

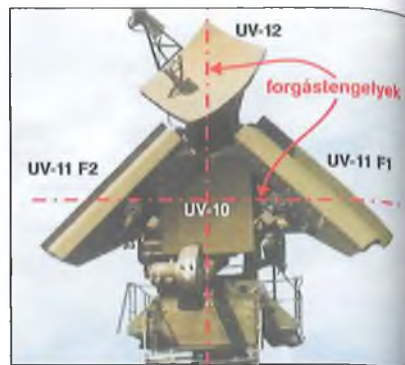
selt titánburkolata pedig – egy ismert tévéfilm („21 másodperc”) tanúsága szerint is – egy bizonyos udvaron, a házi kosárlabda pálya és a gyerekek biciklijével mellett, a falnak támasztva árválkodik.

### Az F-117 leküzdése

Dani Zoltánt – mint egy Sz-125 Nyeva rakétaüteg parancsnokát – nagyon élénken foglalkoztatta, hogy a névlegesen láthatatlan Lopakodót hogyan is lehetne láthatóvá tenni.

A szovjet gyártmányú, nem is túl fiatal Nyeva rakétaüteg tulajdonságai általában kedvezőnek tűntek. A gyártmány több időközű modernizáláson is átesett, így például az eredetileg stabil építésű, tűzvezető radar rendszer a lengyel, mobilizálható (gumikerekes) alépítménnyel könnyen szállítható lett, az üteg többi részéhez hasonlóan. Az indítóállványokra a parancsnok soha nem töltötte be a maximális négy rakétát, mert tudta, hogy vagy két rakétával leküzdheti a célt, vagy négygel sem. Így viszont a szükséges két rakétát könnyű volt a szállító-töltőkocsiról a kezelőnek egy ügyes és gyors mozdulattal betöltenie. A rakétatest az ún. „kacsa” elrendezés folytán (szárnyak hátul, kormánysíkok elöl) igen jó repülési, fordulékonyági tulajdonságokkal rendelkezett, így egy manőverező repülőgép ellen is sikerrel bevethető típus volt.

Az üteg tűzvezető radar rendszere jó minőségű, fejlett típus. Felépítése meghökkenítő (24. ábra). Az antennacsoport közepén helyezkedik el a felderítő/tűzvezető, több üzemmódú, UV-10 reflektorú radaregység. Kereső üzemmódban széles, 10°-os nyalábbal kutat a cél után. A cél észlelése, befogása után üzemmódot vált, és „ceruzavékonyágú”, 1°-os nyalábbal „világítja meg” a célt. Az UV-10-től jobbra és balra látható két furcsa doboz: az UV-11 F2 és az UV-11 F1, kizárólag vértelre szolgáló, összehajtogatott, speciális exponenciális tölcser. Mindkét antenna 1°×15°-os, lapos sugárban és 15°-os szögben, legyezőszerűen csóválva, de egymáshoz képest 90°-os szögben pásztázza a teret az UV-10 által meghatározott irányban. Az antennacsoport tetején helyezkedik el az UV-12, amely 12°-os térszögben tartja a rádiókapcsolatot az elindított rakétákkal. A teljes antennarendszer függőlegesen mozgatható két tengely mentén: a függőleges tengely körül körbe forgatható, illetve a közel vízszintes irányból felfe-



24. ábra. Az Sz-125 Nyeva antennájának vázlatos felépítése

lé, közel 90°-os szögben billenthető (24. ábra).

Az üteg szilárd hatóanyagú rakétáinak felépítése, azaz a „kacsa” kialakítású repülőtest fűrgesége, fordulékonyága kedvezően járult hozzá a cél nagy valószínűségű leküzdéséhez.

Az antennarendszer és a hozzá tartozó elektronika számos ravasz, elektronikus zavaró hatást képes leküzdni, és a maga idejében igen korszerűnek számított. Az első ütegeket 1961...1964 között telepítették a Szovjetunióban.

Ebből is belátható, hogy a rakétaüteg nem a legújabb gyártmány volt. Hazánkban már a Zsámbéki Múzeumban megtekinthető – a Nyeva rakétái mellett – egy ilyen antenna is (25. ábra). Összeszereléséről egy filmet is láthatunk a Zsámbéki Múzeum honlapján.

Mi volt tehát a magyarázata annak, hogy egy jócskán koros légvédelmi rakétával sikerült leküzdni a szuper hightech Lopakodót Szerbiában? Dani Zoltán és csapata ismét bebizonyította, hogy a háborút nem csupán hightech automaták és számítógépek vívják, de az ember szerepe sem hanyagolható el!

A délszláv háború során a szerb hadsereg a már a II. világháborúból ismert, erősen decentralizált, tipikus jugoszláv hadviselési formáját hozta



25. ábra. Egy hazai Sz-125 Nyeva antennája (Zsámbék)

Annak ellenére, hogy az ellenfél (a NATO és az USA) elsőprő fölényben volt, a háború mégsem volt egyszerű, kis költségvetésű, tét nélküli hadgyakorlat. Például az 1999 tavaszán lezajlott Allied Force hadművelet során a szerb hadsereg és az ország katonai szempontból fontos célpontjai ellen az összes rendelkezésre álló GPS-alapú bombairányító készülletet felhasználták.

A HARM rakétából több mint 1000 darab fogyott – 710 darabot az amerikai, 277 darabot a német és 115 darabot az olasz gépek használtak el – holott ennél jóval kevesebb radarberendezés volt a szerbek birtokában.

A magyarázat az ellenfél taktikájában található. Szerbia nagy mennyiségben vett át különféle sérült MiG típusokat nagyjavításra egyes arab államokból. Ezek a gépek mind hibásak, nem ritkán roncsok voltak. Viszont arra alkalmasak voltak, hogy különféle semleges területeken, pl. szántóföldeken, réteken – fél nap alatt – rögtönzött repülőtereket imitáljanak segítségükkel, amíg a készlet tartott. A tevékenységet a műholdak felderítették és a csalinak kiállított repülőgépeket az éjszaka során lebombázták. Ilyen imitált rakétaütetek is készültek a régi, kiselejtezett eszközök, netán makettek segítségével, miközben az éles eszközök (napközben) titkos bunkerokban rejtőztek.

A HARM ellen Dani Zoltánék sokmindent, főleg székely észjárású „hardvert-szoftvert” bevetettek. Ilyen volt például a mikrohullámú sütő, amelynek hullámsávja éppen a radar-sávba esik. De beváltak a roncs MiG-ekből kiszertelt, üzemképes fedélzeti radarok is. Lézeket a megtévesztő eszközöket a rakétaütetgtől biztonságos távolságra telepítették, és ha jött a HARM, a tűzvezető radarról ezekre átkapcsoltak.

Persze ezek a tárgyak lassan elfogytak, de aki pedig időt nyer, életet nyer, gondolta Dani Zoltán. Csapatát a számtalanszor megismételt gyakorlatozás árán úgy betanította az üteg telepítésére és bontására, hogy az elérte a gyártó által megadott *normaidő felét*, éjszakai teljes sötétségben is! Ismerte az életet mentő, amerikai „shut and run”, azaz „tüzelj és fuss” alapelvet, tehát a sietőség és a jó begyakorlottság egyáltalán nem volt cél nélküli.

A lopakodás elérhető szakirodalmának tanulmányozásával sok álmatlan éjszakát töltött a parancsnok. Végül is a kulesmondatot fogadta el vezérlő elvül, amely úgy hangzott, hogy a Lopakodó nem láthatatlan, csupán *nehezen ész-*

*lelhető* a radarok számára. Ha pedig ez így van, akkor meg kell keresni a gép Achilles-sarkát, azt a módot, amely segítségével láthatóvá tehető.

A radarok működésének alapelve a visszavert jel észlelése, amely visszavert jel roppant kicsi a kisugárzott teljesítményhez képest. Teljesen szokásos eset, hogy egy radarimpulzust több száz kilowatt, netán néhány megawatt teljesítménnyel sugároz ki az antenna a cél felé, és ehhez képest a visszavert jel teljesítménye  $10^{-13}$  W, vagy sokkal kisebb. Természetesen hatalmas küzdelem folyik a hadiiparban a radarvevők érzékenységének minden határon túli fokozásáért. A neten talált adatok szerint már sikerült az érzékenységet  $10^{-17}$  W-ra javítani, és a pontosság is hihetetlenül megnövekedett: 20 km távolságból lehetséges egy 0,1 m<sup>2</sup> felületű manőverező céltárgy észlelése és leküzdése. Dani Zoltán esetében az érzékenység adott volt. A nem túl fiatal fejlesztésű Nyeva üteg radarjának a határérzékenysége nem volt fokozható.

A kiváló elektronikai, rádiótechnikai tudás és egy megfigyelés vezetett a megoldáshoz. A harci tapasztalatok arra utaltak, hogy az ellenfél rádiótechnikai felderítése és elhárító technikája nem fordít figyelmet a távolfelderítő radar viszonylag alacsony frekvenciájú sugárzására, netán nincsenek is hozzá eszközei. Viszont a rakétaüteg kereső-megvilágító radarját azonnal észleli, és kemény ellenintézkedést foganatosít egy azonnali ellenrakéta vagy egy pár órával későbbi lézervezélésű bomba képében. Ha tehát a parancsnok ezen az úton indul el, negatív következményekkel nem kell számolnia, mert a szóban forgó hullámsávot – mint közvetlen veszélyt nem okozót – nem figyelik.

A radarok II. világháborús előéletéből az is ismeretes, hogy az akkoriban alkalmazott, nagy hullámhosszúságú eszközök jelei, azok terjedési módjai, *kiváló áthatolási képességei* lényegesen különböznek a későbbi, sokkal szaporább frekvenciákat használókéttól. Azok az eszközök, amelyekkel a Lopakodót nehezen felderíthetővé tették, ezeken a frekvenciákon nem, vagy nem jól működnek, s a céltárgy jele az álcázás ellenére immár megjelenhet a képernyőn. A lassú, „a régi idők radarhulláma” egyszerűen átlát a Lopakodó különleges, a mikrohullámokat elnyelő, sokrétegű festéssel, egyéb technikával védett burkolatán, és a belső vázszerkezetet, a fém tárgyakat már észleli. Ehhez azonban a radar rendszert át kellett ala-

kítania, mintegy öregbítenie kellett jó néhány évtizeddel, hogy elérhető legyen kellően kis frekvenciájú adásjel a távolfelderítő radarban.

Különösen akkor számított jó eredményre a parancsnok, ha a kisugárzott jel hullámhosszát a *Lopakodó méreteihez* igazítja.

Ekkor a fizikai méretek (a sárkány hossza) és a radar hullámhosszának közel azonos (ráhangolt) értéke mintegy rezonanciába hozza a sárkány fémvázát, a gép fém részeit a gépet „megszólító”, jelentős teljesítményű, nagyfrekvenciás jel. Az érzékelhetőség így igen jelentősen javul. – *Az így kapott jel akkora volt, mint egy nagy utasszállító gépről kapott radarjel* – említette egy ízben Dani Zoltán. Az ötlettel megkeverte a feletteseit, akik elutasították azt, mondván, hogy a szovjet rakétaüteg elektronikájába márpedig nem piszkálunk bele. A parancsnok persze nem hagyta annyiban, és csapatával titokban mégiscsak elvégezte a szükséges módosítást, ami néhány kondenzátor beépítésével, csekély áramköri változtatásokkal, és azóta sem publikus megoldásokkal meglehetősen egyszerű volt és a személyzetnek nem okozott problémát.

Tudvalevő, hogy a kezelőszemélyzetnek a teljes elektronikai rendszert úgy kell ismernie, mint a tenyerét, a kezeléshoz komoly szaktudást kell elsajátítania, bele értve a villámgyors hibafelismerést és javítást is. A munka végeztével egy kis kapcsolóval egy pillanat alatt át lehetett állítani a rendszert a hagyományos üzemmódból a Lopakodó észleléséhez alkalmas üzemmódban, legalább is Dani Zoltán reményei szerint...

A távolfelderítő radarral kapcsolatban két dolgot kell megjegyezni. Egyrészt eleve sokkal kisebb hullámhosszon és ennek megfelelően sokkal kisebb pontossággal működik, mint a tűzvezető-megvilágító radar rendszer, pláne még kisebb üzemi frekvenciára átalakítva. Másrészt viszont a cél (kis pontosságú) jelét értelemszerűen átadja a tűzvezető rendszernek, amely ezáltal könnyen és gyorsan megtalálhatja és leküzdheti a céltárgyat.

Végül is Dani Zoltán – kellő megbecsülés híján – hirtelen leszerelése óta kitűnő kenyereket süt Skorenovácon.

\*

*A szerző köszönetét nyilvánítja a Földi Telepítésű Légvédelmi Eszközök Múzeuma parancsnokának és munkatársainak a cikk megírásához kapott értékes segítségükért.*



# Jó minőségű hangerősítő ECC832-es elektroncsővel

Plachtovics György, plachtovics.gyorgy@gmail.com

A szlovákiai „JJ Electronic” cég évek óta gyártja az ECC832-es jelű, novál foglalatú kettőstriódát. Ezt az elektroncsövet az amerikai piacon is megtalálhatjuk 12DW7-es típusjellel. A két elektroncső a lábszámozástól eltekintve megegyezik.

A szokatlan típusjelzés szokatlan csőkialakításra utal. Az ECC832 elektroncső a hangtechnikában gyakran alkalmazott ECC83-as és ECC82-es kettőstrióda egy-egy részéből áll. Az ECC83 nagy belső ellenállású, a kb. 100-as  $\mu$ -vel rendelkező trióda, mellyel jó minőségű feszültség erősítő fokozat építhető. Az ECC82-es triódát meghajtó (feszültség erősítő) és fázisfordító kapcsolásban használják.

Olvasóim visszajelzéseit figyelembe véve olyan előerősítőt készítettem, amely minden igényt kielégít: Baxandall hangszínszabályozót működtet, vagy lineáris frekvenciamenetet biztosít, ill. egy „T-hidas” RC szűrővel a beszédhangokat emeli ki.

adjuk, ekkor a fűtőáram 150 mA. A 6,3 V-os fűtésnél a 4-es és 5-ös lábat összekötjük, a másik fűtés láb a 9-es lesz, a fűtőáram pedig a duplája: 300 mA. Az egy üvegburában lévő, de különböző triódáknak a „JJ Electronic” katalógusából való rácselőfeszültség-anódáram karakterisztikája az 1. ábrán látható.

Az előerősítő és hangszínszabályozó kapcsolási rajzát a 2. ábra mutatja. A hangfrekvenciás jel a C1 csatoló kondenzátoron át a V1A trióda rácsára jut. A földelt katódú üzemben levő elektroncső feszültség erősítést végez. A V1A anódjához a T1 tranzisztor bázisa kapcsolódik. Az előerősítő alacsony kimenő impedanciáját ezzel az emittorkövető fokozattal biztosítjuk. Erre azért van szükség, mert a Baxandall hangszínszabályozó (K1 kapcsoló 1-es állás), valamint a beszédészűrő (K1 kapcsoló 3-as állás) akkor működik jól, ha alacsony forrásimpedanciáról hajtjuk meg. A T1 tranzisztor emitteréről az R1

ellenálláson át feszültség visszacsatolást hozunk létre a V1A trióda rácsában. Az elektroncső átblokkolatlan katódelenállásán, az R4-en negatív áramvisszacsatolás jön létre. Ez a többszörös negatív visszacsatolás beállítja a fokozat erősítését, az elektroncső és tranzisztor paramétereitől függetlenül. Az előerősítő fokozat erősítése 17,2 dB, azaz 7,2-szeres.

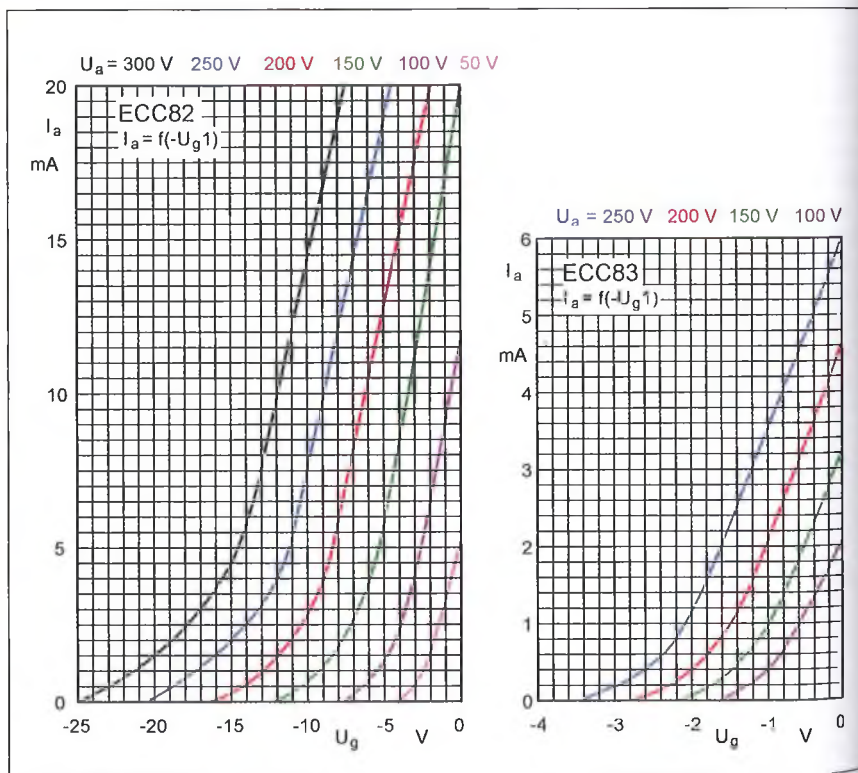
A felerősített jel a C3-as kondenzátoron át a K1 kapcsoló „sinjére” kerül. Az 1. állásban a Baxandall hangszínszabályozó RC-elemeit kapcsoljuk be. A hangszínszabályozó átviteli görbéje a 3. ábrán látható. A mély hangok átvitelét a P7, a magas hangokét a P8 potenciométer állása határozza meg. Mindkét potenciométer lineáris karakterisztikájú. Kövessük végig a magas hangok szabályozásánál a jel útját!

Az R9 és C5 tagokon keresztül a hangfrekvenciás jel a P8 potenciométerre jut. A potenciométer csúszkája a

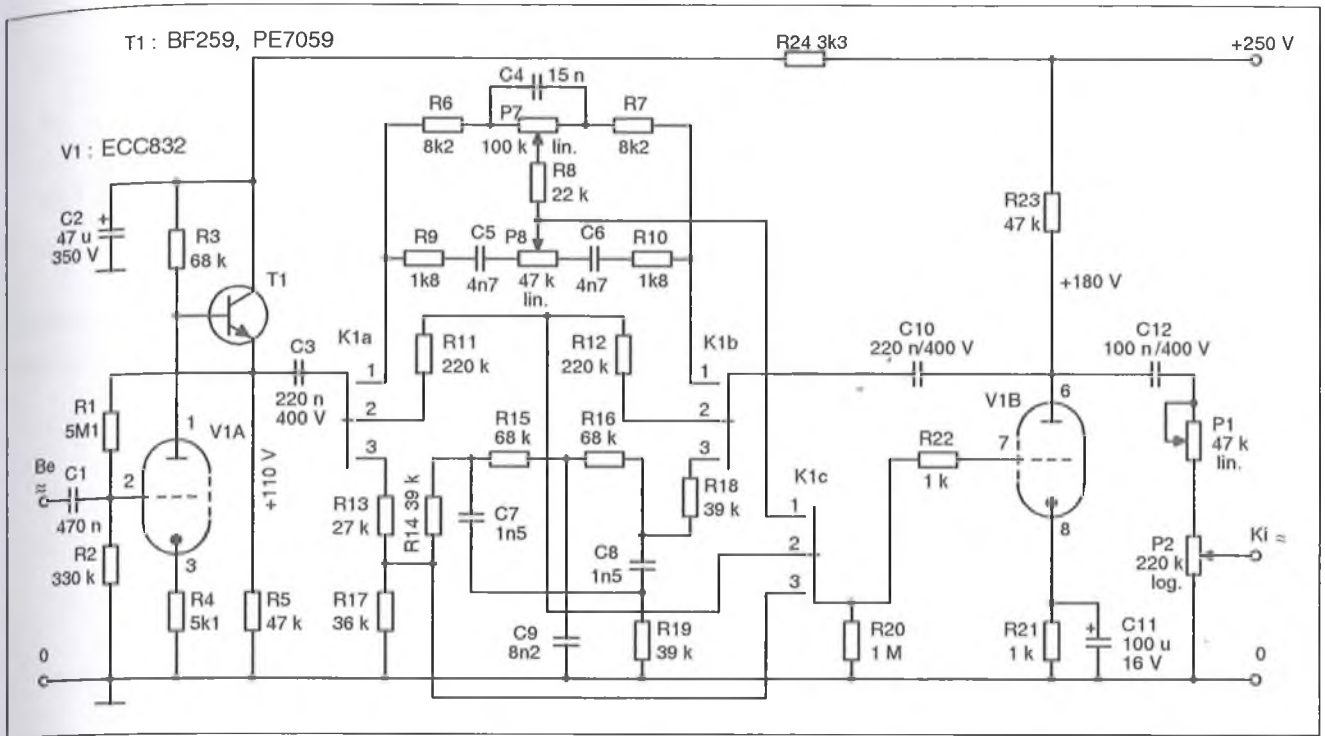
Az erősítő főbb műszaki adatai	
Bemeneti érzékenység (A K1 kapcsoló 2-es állásban, a P1 potenciométer fél állásban, a P2 potenciométer felcsavart helyzetben van.)	100 mV
Bemeneti érzékenység (A C13 kondenzátorral meghajtva a végerősítő. Mindkét bemenetnél Pki = 10 W szinuszos.)	550 mV
Bemeneti impedancia (előerősítő)	<330 k $\Omega$
Kimenő teljesítmény (f = 1 kHz, k = 1%, a végerősítő bemenetéről mérve)	10 W
Hangszínszabályozó mély f = 20 Hz-en	+16,3 dB, -20,8 dB,
magas f = 20 kHz-en	+14,6 dB, -22 dB

## Az előerősítő

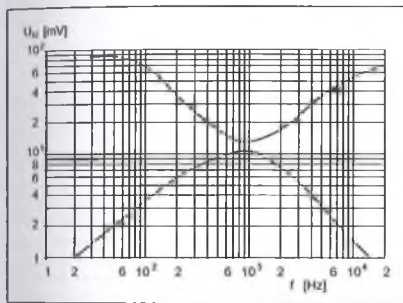
Az ECC832 6,3 vagy 12,6 V-os feszültségről is működtethető. A 12,6 V-os fűtésnél a feszültséget a 4-es és 5-ös lábra



1. ábra. Az ECC832 elektroncső rácselőfeszültség és anódáram karakterisztikája



2. ábra. Az előerősítő és hangszínszabályozó kapcsolási rajza



3. ábra. A hangszínszabályozó átviteli görbéje

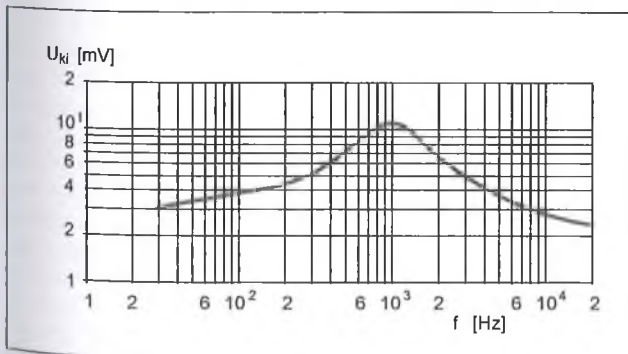
K1c kapcsolón át a V1B trióda rácsához csatlakozik. A mikor a P8 potenciométer csúszkája elektromos középállásban van, akkor a bemeneti ágba lévő impedancia megegyezik a visszacsatoló ágba lévő impedanciával. Az

erősítés ilyenkor egyszeres. Emelésnél a P8 potenciométer csúszkáját a C5 felé csavarva a fent leírt osztási viszonyt megváltoztatjuk. A negatív visszacsatolás kisebb lett, az erősítés tehát megnőtt. A visszacsatolás frekvenciafüggő, mert a C5 és C6 kondenzátorok reaktanciája ( $X_C$ -je) ennek függvényében változik. Alacsony frekvencián csökken a kapacitív ellenállás. Vágás esetén a P8 csúszkája a C6 kondenzátor felé áll. Ebben az esetben a negatív visszacsatolást növeltük, az erősítés tehát csökken. A frekvenciafüggő vágást a C6 kondenzátor valósítja meg.

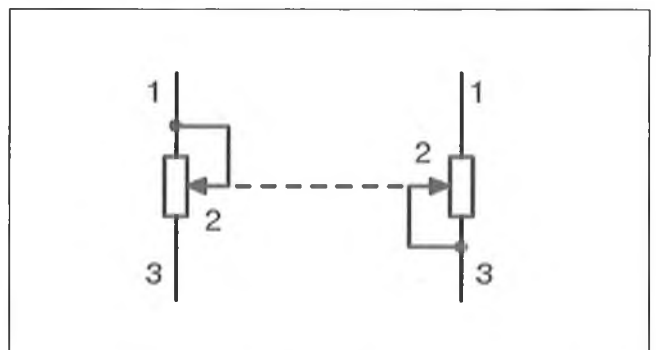
A mélyhang szabályozás a következőképpen valósul meg. A hangfrekvenciás jel az R6 ellenálláson át a P7 potenciométerre jut. A potenciométerrel párhuzamosan kapcsolódik a C4 kon-

denzátor. Az R7 ellenálláson át valósul meg a negatív visszacsatolás a V1B anódjáról. A P7 potenciométerrel lehet szabályozni a mélyhangok emelését, vágását. Középállásban a P7 potenciométer egyszeres erősítést állít be, ilyenkor a C4 kondenzátor hatástalan. A P7 csúszkáját az R6 felé csavarva mélyemelés jön létre. A kapcsolási rajzot szemügyre véve felismerhető a C4 XC-je a frekvencia csökkenésével növekszik, így egyre kisebb lesz a negatív visszacsatolás mértéke. Az eredmény: csökkenő frekvencián, növekvő erősítés. Vágásnál értelemszerűen a fent leírt folyamat fordítottja játszódik le.

A K1 kapcsoló 2. állásban lineáris a frekvenciamenet. A 3-as állásban a beszéd-sűrűt kapcsoljuk be. Ennek rezonanciapontja 1 kHz-en van. A közép-

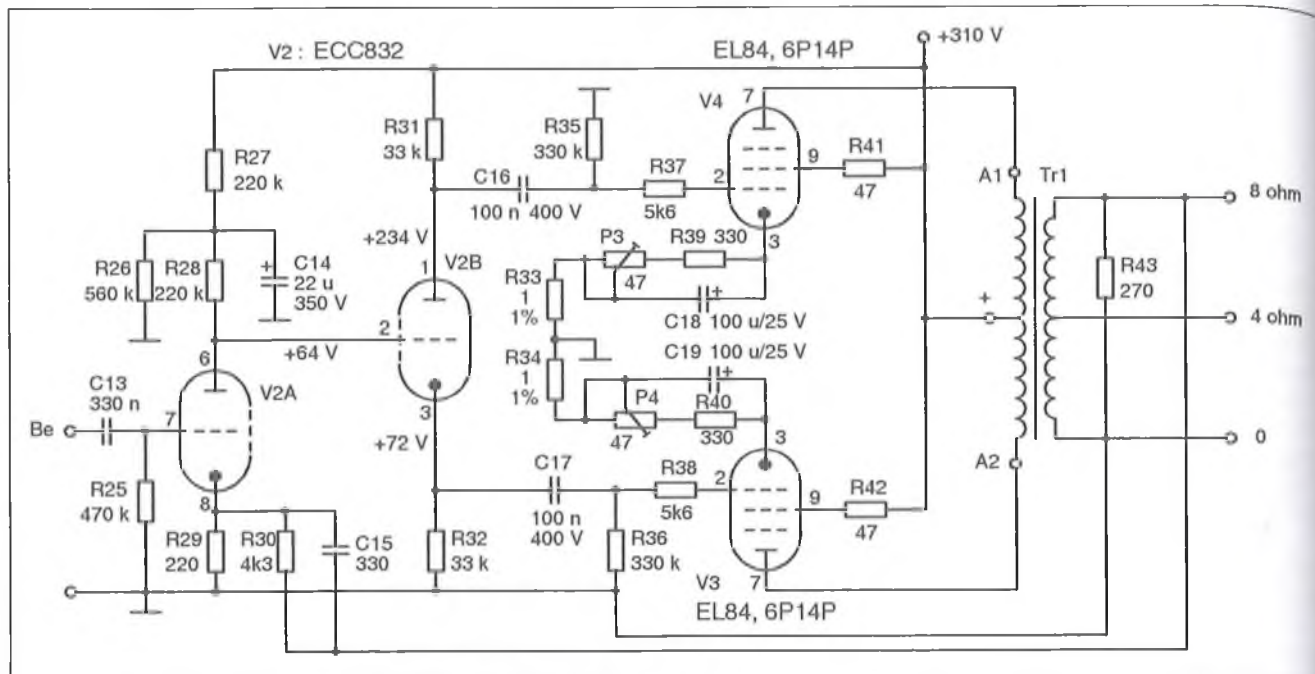


4. ábra. A beszéd-sűrű frekvenciamenete



5. ábra. A balans szabályozó potenciométer bekötése





6. ábra. A végerősítő kapcsolási rajza

hangok kiemelésével jelentősen javul a beszéd érthetősége. Ajánlom használatát idősebb olvasóimnak, akiknek már rosszabb a hallásuk. A szűrő átviteli görbéje a 4. ábrán látható.

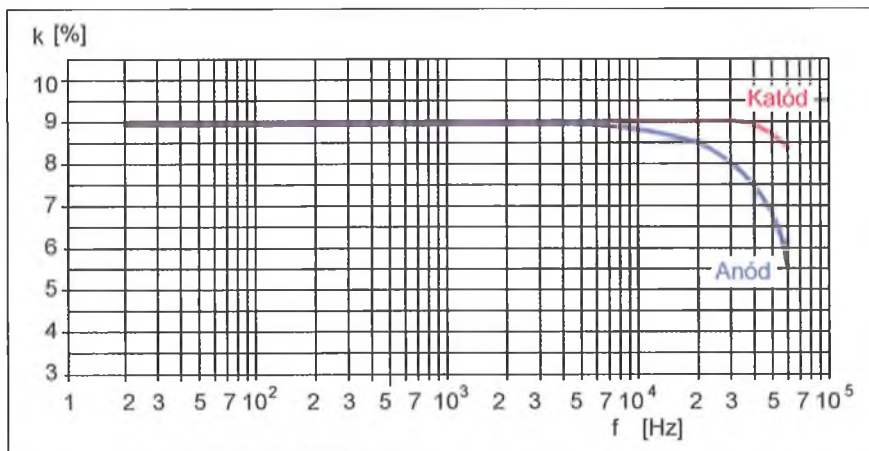
A V1B trióda rácselőfeszültségét az R21 jelű katódelenállással állítjuk be. A C11 pozíciószámú elektrolit kondenzátor a negatív áramvisszacsatolás létrejöttét akadályozza meg. A V1B trióda anódjáról a hangfrekvenciás jel a C12 kondenzátoron át a P1 potenciométerre jut. A P1 lineáris karakterisztikájú dupla potenciométer. Ezzel történik a balansz szabályozás. A potenciométer keresztbe van kötve. Amikor az egyik ellenállása csökken, akkora a másiké növekszik. A potenciométer bekötését az 5. ábra szemlélteti. A hangerő szabá-

lyozás P2-es, 2x220 kohmos logaritmus karakterisztikájú potenciométerrel történik.

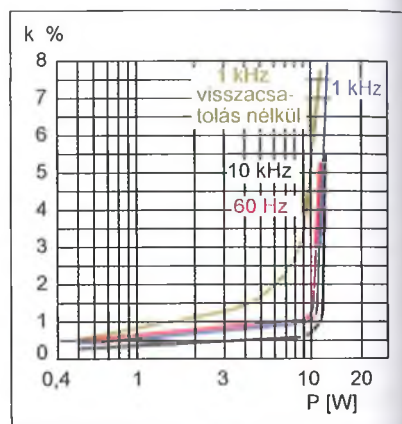
### A végerősítő

A végerősítő kapcsolási rajzát a 6. ábrán mutatja. A nyomtatott panelja úgy lett kialakítva, hogy az külön is megépíthető legyen. A végerősítő mindössze három elektroncsövet tartalmaz. (A látványerősítőt építő olvasóim régi kérése, hogy minél kevesebb cső legyen ebben a fokozatban.) A meghajtó és fázisfordító itt is egy ECC832-es. A végerősítő csövek típusa EL84 vagy annak az orosz megfelelője, a 6P14P.

A hangfrekvenciás jel a C13-as kondenzátoron át a V2B trióda rácsára

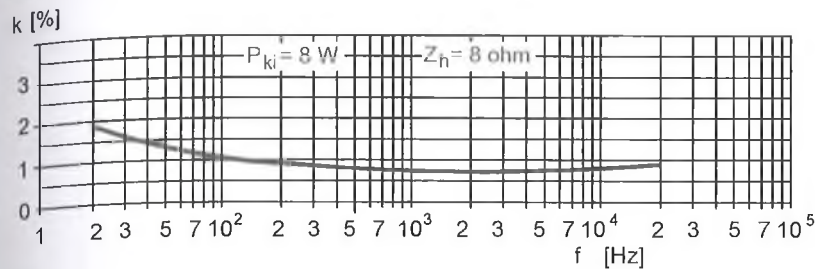


7. ábra. A fázisfordító frekvenciamenete

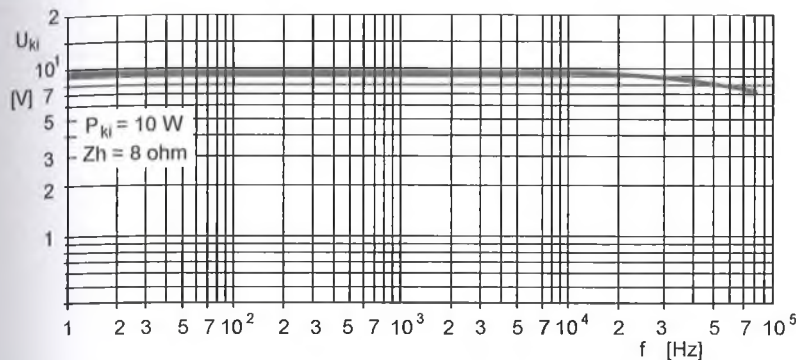


8. ábra. Frekvenciamenet negatív visszacsatolás nélkül és negatív visszacsatolással 1 kHz-es frekvencián, valamint 60 Hz-en és 10 kHz-nél

jut. Az elektroncső földelt katódú kapcsolásban erősít. Rácselőfeszültségét az R29 katódelenállás állítja be. A V2B anódjához galvanikusan kapcsolódik a V2B trióda rácsa. A közvetlen csatolás előnye, hogy eggyel kevesebb RC-tag van az erősítőben, a negatív visszacsatolás így nagyobb lehet. A fázisfordítást a V2B trióda végzi. Ez a megoldás a műszaki irodalomban katódin vagy anód-katód fázisfordítóként szerepel. Erősítése kb. 0,9 oldalanként, a bemenő feszültségre vonatkoztatva. Mivel az anód- és katódelenállásokon átfolyó áram azonos, egyforma ellenállások esetén a kimenő feszültségek is azonos nagyságúak, a szimmetria a



9. ábra. A végerősítő torzítása a frekvencia függvényében, 8 W kimenő teljesítménynél



10. ábra. A végerősítő frekvenciamenete 10 W kimenő teljesítménynél

csőadatoktól teljesen független. A fokozat bemenő impedanciája igen nagy, torzítása a nagy katódelenálláson létrejövő ellenecsatolás miatt kicsi. A kapcsolás hátránya a kimenő impedanciák aszimmetriája. Az anódköri lényegesen nagyobb, mint a katódköri. Ez a frekvenciamenetben megjelenik.

A fázisfordító kapcsolás frekvenciamenetét a 7. ábra mutatja, 9 V-os jelnél. A fázisfordító 6 kHz után „szétcsúszik”. A katód oldal 40 kHz után kezd a szintjéből ejteni, az anód oldalon ez 8 kHz-nél kezdődik. A görbe meredeksége is nagyobb. Felvetődik a kérdés, akkor miért használták ezt a fázisfordítót? A válasz a következő: Ez az áramkör egyből „ugrik”. Vagyis minden különösebb beállítás nélkül működik. A csőcserére érzéketlen. A régebbi gyártású csöves BEAG erősítőkben csak ezt a fázisfordítót találhatjuk. A kimenő transzformátor szekunder tekercséről történő negatív visszacsatolás javítja a frekvenciamenetet. Rózsa Sándor hangtechnikai cikkeiben is ezt a fázisfordítót találjuk. Annak ellenére, hogy ennél lényegesen jobb kapcsolások is léteznek, az áramkör figyelmet érdemel. A Williamson kapcsolásban is ezt a fázisfordítót használják, a lényeg az, hogy 1 V alatti hangfrekvenci-

ás sávban működjön. A felső határfrekvencia így kitolódik. Jelen esetben olyan végerősítő csövet kellett keresni, amelynek nagy a meredeksége (S) és viszonylag alacsony váltakozó feszültséggel kivezérelhető. Ilyen típus a novál foglalatú EL84 végpentóda, amelynek az orosz megfelelője a 6P14P.

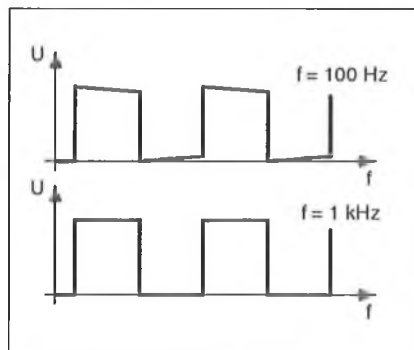
A C16 és C17 kondenzátorok sarkain azonos amplitúdójú, de fázisban 180°-kal eltolt hangfrekvenciás jel jelenik meg. A C16-ról a jel az R37 ellenálláson át a V4 végerősítő pentóda rácsára kerül. A másik oldalon a C17 kondenzátoron át jut a hangfrekvenciás feszültség az R38 ellenálláson keresztül a V3 pentóda rácsára. A végerősítő csövek „AB” osztályban üzemelnek. Nyugalmi katódáramuk 32 mA. Ezt az R33 és az R34 ellenállás sarkain mérjük. Ebben természetesen benne van a segédrács áram is, amely nem jelentős. Az egyforma katódáramot a P3 és a P4 potenciométerrel állítjuk be. A katódelenálláson létrejövő áramvisszacsatolást a C18 és a C19 elektrolit kondenzátorok akadályozzák meg. A V3 és V4 végerősítő csövek rácsaival soros R38 és R37 ellenállások a nagyfrekvenciás berezgést gátolják meg. A V2B trióda kimenő kapacitásával az R37 és R38 ellenállás a V3 és V4 végerősítő csövek

rács-bemeneti kapacitásával egy pi-szűrőt hoznak létre, amely hatásosan csillapítja az ultranagyfrekvenciás gerjedést. A két végerősítő cső segédrácsaiban lévő soros R41 és R42 ellenállások szintén gerjedésgátlók. Az esetleges segédrács oszcillációt akadályozzák meg.

A Tr1 kimenő transzformátor szekunder tekercséről negatív visszacsatolást valósítunk meg az R30 ellenálláson át a V2B trióda katódjába. Az R30 ellenállással párhuzamosan kapcsolt C15 kondenzátor a nagyfrekvenciás gerjedés létrejöttét szünteti meg. A negatív visszacsatolás nagysága -11,6 dB. A kimenő transzformátor 8 ohmos szekunder tekercsével párhuzamosan kötött R43 ellenállás lényegében egy előterhelés. Ezáltal amennyiben nagy hangerőnél esetleg leszakadna a terhelés, a transzformátor nem kerülhet üresjáratú üzemmódba. (Amikor nagy hangerőnél a kimenő transzformátor szekunder tekercsén nincs terhelés, akkor a primer oldali tekercsen feszültség felugrik. Rossz esetben ez a transzformátor átütéséhez vezethet.)

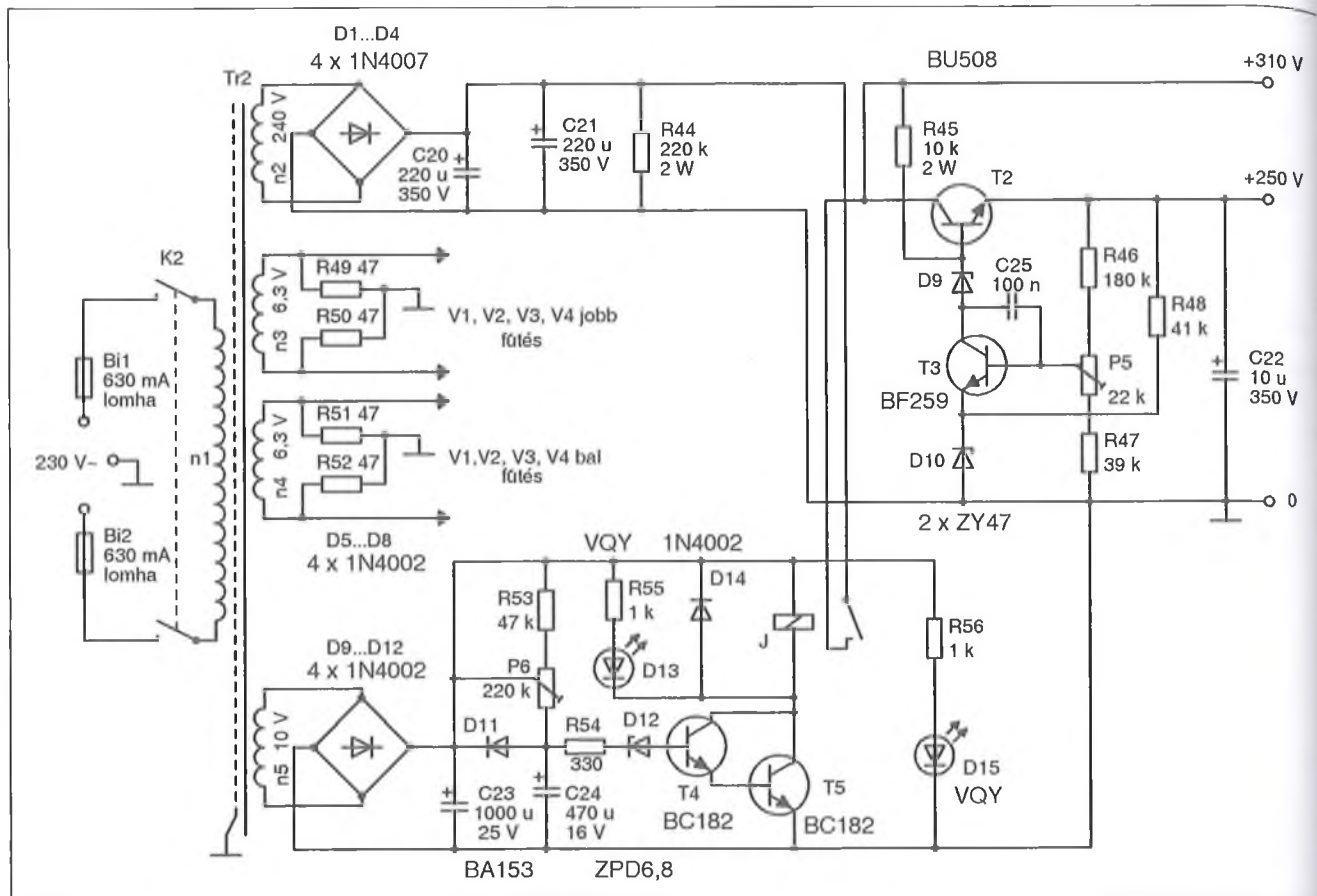
Megmértem a végerősítő torzítását 1 kHz-es frekvencián, negatív visszacsatolás nélkül és negatív visszacsatolással, a teljesítmény függvényében (8. ábra). Az ábrán látható továbbá a 60 Hz-es és a 10 kHz-es frekvencián mutatott torzítás is. Hála a kimenő transzformátornak, a görbék kiválóak.

A 9. ábra 8 W kimenő teljesítménynél mutatja a jelalak torzítást, a frekvencia függvényében. A 2%-os torzítást 20 Hz-nél éri el az erősítő. Felvettem az erősítő frekvencia menetét 10 W kimenő teljesítménynél (10. ábra). A görbe 13 kHz-ig lineáris. Innen enyhén szintesés következik a -2 dB 80 kHz-nél adódott. A hullámforma 55...60 kHz-ig szinuszos, ezután torzulni kezd, 80 kHz-nél inkább háromszög formájú.



11. ábra. A 100 Hz és 1 kHz-es négyszögjel átvitel





12. ábra. A tápegység kapcsolási rajza

Korábbi cikkeimben többször ajánlottam a négyszögjeles mérést. Ebből látható a végerősítő stabilitása, gerjedékenysége, frekvenciaátvittele. A mérést 100 Hz-es és 1 kHz-es frekvencián végeztem (11. ábra). Alacsony frekvencián (100 Hz) a tetőesés mindössze 7%. Az alacsonyfrekvenciás tetőesés a mélyhangátvitelt minősíti. Minél kisebb, annál jobb az átvitel. A szintesés nagysága a C13, C16 és C17 kondenzátorok értékétől, valamint a Tr1 kimenő transzformátor primer induktivitásától függ.

Természetesen ezeknek az alkatrészeknek az értékeit úgy kell megválasztani, hogy vágás jöjjön létre, különben alacsony frekvencián instabil lehet az erősítő. Az erősítő liheg, a hangszóró membránja lassan mozog, le-föl. Sajnos ez nem is hallható. Az 1 kHz-es négyszögjel tökéletes.

### Tápegység

A tápegység kapcsolási rajza a 12. ábrán látható. A hálózati feszültség a Bi1 és Bi2 lomha kioldásával olvadóbiztosítón keresztül a K2 kapcsolón át a Tr2

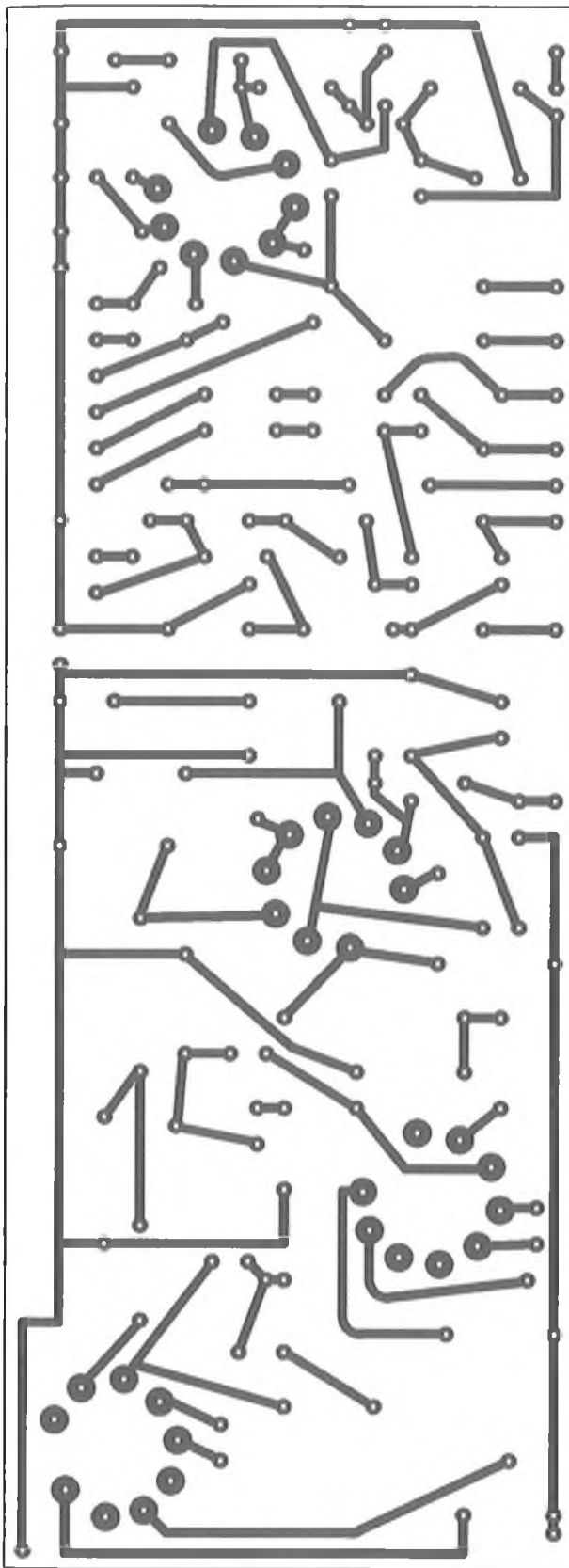
hálózati transzformátor n1 primer tekercsére jut. Az n2 szekunder tekercsen ébredő váltakozó feszültséget a D1 ... D4 diódahíd egyenirányítja. A pulzáló egyenfeszültség simítását a C20 és C21 elektrolit kondenzátor, ún puffer elkő végzi. A párhuzamosan kapcsolt R44 ellenállás kikapcsoláskor a pufferkondenzátorokban maradt egyenfeszültséget emészti el.

Az előerősítő tápfeszültsége 250 V. Ezt egy tranzisztoros feszültség stabili-

zátorral állítjuk elő. A soros áteresztő T2 tranzisztor a televíziótechnikából ismert BU508-as típus. A hibajelerősítő tranzisztor a színes televíziók R-G-B végfokaiban használt BF259. Erre a helyre bármilyen npn struktúrájú szilícium tranzisztor megfelel, amelynek  $U_{CE} = 300$  V és  $I_C = 30$  mA. A szabályozó-erősítő T3 tranzisztor dissipációját csökkenti a D9 és a D10 zener dióda. A két 47 V-os zener csökkenti a T3-ra jutó feszültséget, ezzel annak dissipáció-

1. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	400	$\varnothing 0,22$ mm, Mz	Kétsoronként 0,05 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két réteg, 0,1 mm-es prespán szigetelés szükséges.
	n6			
	n7			
	n8			
	n9			
Szekunder	n1	86; leág. a 60. menetnél	$\varnothing 0,8$ mm, Mz	Vasmag: SM74 hiperszil szalagmag
	n2	86; leág. a 60. menetnél	$\varnothing 0,4$ mm, Mz	
	n3			
	n4			



13. ábra. Az erősítő nyomtatási rajza

ját. A 250 V-os kimenő feszültséget a P5 potenciométerrel állítjuk be.

A jobb és bal csatorna külön fűtésről üzemel. A minimális zaj érdekében a fűtőközeget az R49 és az R50, valamint R51 és R52 ellenállással állítjuk be.

Az anódfeszültséget késleltetve kapcsoljuk be, ezzel jelentősen növeljük az elektroncsövek élettartamát. A késleltető áramkör működése röviden a következő. Az n5 tekercs feszültsége a D5...D8 diódákból felépített Graetz-hídra jut. Az egyenirányított feszültség simítását a C23 jelű pufferkondenzátor végzi. A C24 elektrolit kondenzátor az R53 ellenálláson és a P6 potenciométeren keresztül töltődni kezd. Amikor ez a feszültség eléri a 8 V-ot, akkor a T4 és T5 alkotta komplementer Darlington-fokozat kinyit. A nyitási feszültség  $U_Z + U_{EBT4} + U_{EBT5}$  feszültségekből adódik össze. A J jelfogó meghúzás, megjelenik az erősítőn a tápfeszültség a kimeneten, ezt jelzi a D13-as LED fénye is. A késleltetési idő 30...40 másodpercre állítható be. Ennyi idő alatt biztosan felveszik a V3 és a V4 végerősítő csövek katódjai az üzemihez közeli hőmérsékletet.

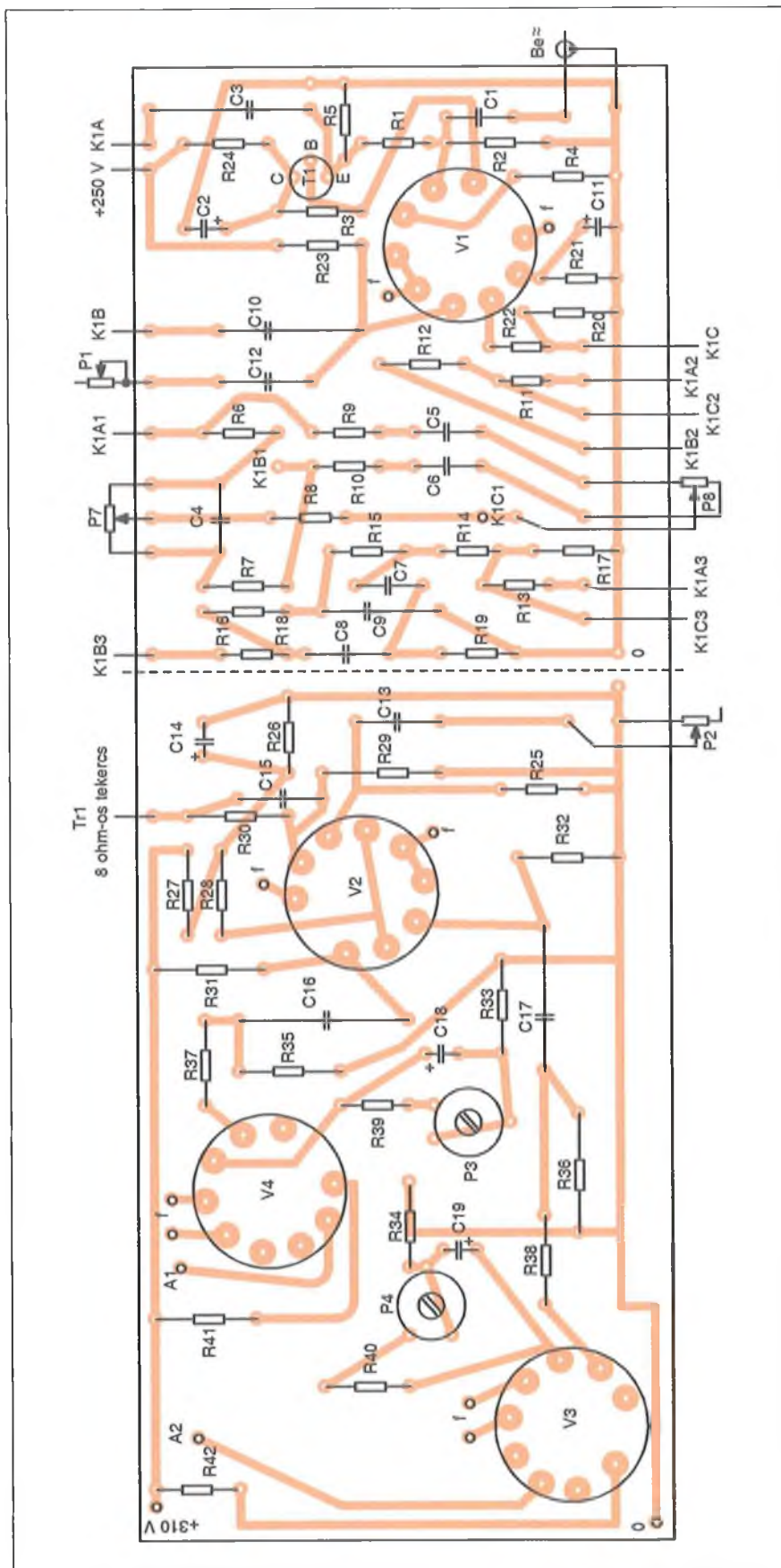
### Megépítés, élesztés

A munkát az R-C alkatrészek beszerzésével kezdjük. Az erősítőben lévő ellenállások 0,6 W-os fémréteg típusúak. Az ennél nagyobb teljesítmény-igényt a kapcsolási rajzon jelöltem. Időnként lehet vásárolni olcsón a régebbi REMIX gyártású R510 jelű fémréteg ellenállásokat. Ezek kb. egy raszterrel hosszabbak, de a nyáklapba beültethetők. Igen jó minőségű volt a szovjet MLT ellenállás is. Ez szintén fémréteg felépítésű.

A kondenzátorok dielektrikumuk poliszter vagy polipropilén legyen. Nagyon jó minőségűek a német WIMA, valamint a ROE és a Siemens gyártmányok. Néha még vásárolhatók REMIX gyártású C213, C223, C243, C248 típusú kondenzátor. Lábtávolságuk esetleg más, de hangfrekvenciás célra jól megfelelnek.

(Sajnos a legtöbb sznob a hangtechnika világában található. Számtalan ügyfelem esküszik, hogy ezzel vagy azzal a kondenzátorral sokkal szebben szól az erősítőjük. Ezen vélemények mögött semmilyen műszeres mérés nincs. Amikor megkérdem mitől jobb, nem tudnak válaszolni, egyszerűen: ők így hallják. Volt olyan ismerősöm, aki elhozta „csodaerősítőjét”. Elvégeztem



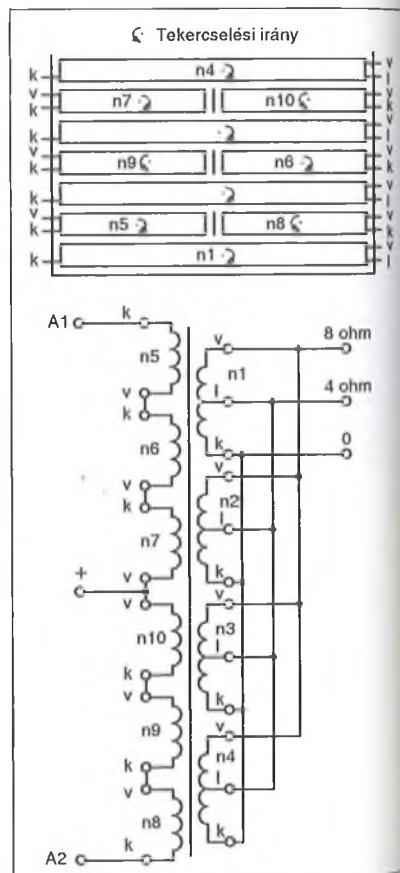


14. ábra. Erősítő alkatrész-beültetési rajza

a szokásos méréseket: frekvenciame-  
net, torzítás egy adott frekvencián a tel-  
jesítmény függvényében, négszögje-  
les vizsgálat stb. Az erősítő közepesen  
teljesített, néhány paramétere egészen  
gyenge volt. Számomra a gyakorlati se-  
próba hangforrással, hangdobozzal se-  
okozott mellbevágó élményt. Mító  
volt ez akkor ilyen jó ismerősömmek?  
Valószínűleg attól, hogy „aranyárban”  
vette az elektrolit és csatoló kondenzá-  
torokat... Ekkora összeg felett szerin-  
tem a hangzás már másodlagos!)

Az erősítő nyomtatási rajza a 13.  
ábrán, míg alkatrész-beültetési rajza a  
14. ábrán látható. A végerősítő csövek  
jelentős hőt termelnek. Emiatt a vég-  
erősítő fokozat szellősebb, az egyes al-  
katrészek között nagyobb a távolság. A  
nyomtatott áramkörti lap olyan, hogy  
középen elvágható. Aki csak a végerő-  
sítőt akarja megépíteni az a nyomtatási  
rajznak csak ezt a felét használja.

A panelon lévő trimmer-potenci-  
ométerek PIHER gyártmányúak. Be-  
építhetjük az időnként még kapható  
REMIX gyártású P715, P7152 és  
P7272 típusokat is. Ezek műszerekben  
voltak használatosak, igen megbízható-



15. ábra. A kimenő transzformátor te-  
kerkeselési sorrendje és összekötése

2. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	440	Ø0,22 mm, Mz	Kétsoronként 0,05 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két réteg, 0,1 mm-es prespán szigetelés szükséges. Vasmag: EI106/35, A = 12,3 cm <sup>2</sup>
	n6			
	n7			
	n8			
	n9			
Szekunder	n1	97; leág. a 67. menetnél	Ø0,8 mm, Mz	
	n2	97; leág. a 67. menetnél		
	n3			
	n4			

3. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	400	Ø0,22 mm, Mz	Kétsoronként 0,05 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között két réteg, 0,1 mm-es prespán szigetelés szükséges. Vasmag: M85/45 A = 13 cm <sup>2</sup>
	n6			
	n7			
	n8			
	n9			
Szekunder	n1	86; leág. a 60. menetnél	Ø0,8 mm, Mz	
	n2	86; leág. a 60. menetnél		
	n3			
	n4			

ak. A lábkiosztásuk más, a fóliát ez esetben módosítani kell.

A végerősítő kritikus része a kimenő transzformátor. Nem véletlen, hogy az erősítő legdrágább alkatrésze. A külföldi folyóiratokban a kimenő transzformátor műgyantával kiöntött modul, melyet a cikkszám alapján borsos pénzért megvásárolhatunk. A transzformátor adatait (menetszám, osztások száma, sorrendje, szigetelés, huzalátmérő

stb.) a gyártó nem közli. A Philips által 1966-ban kiadott „Electron Tube Handbook” adatai alapján az EL84 csövekre az Raa optimális értéke 8 kohm.

A mintapéldány kimenő transzformátorát SM 74 típusú hiperszil szalagmagra készítettem. A különböző méréseket is ezen végeztem. Természetesen elkészíthető a kimenő transzformátor a hagyományos EI, vagy M lemezelt vas-

magra is. A régebbi 4 %-os szilícium ötvözött vas (rideg kagylós törésű) veszteségű tényezője valamivel nagyobb, mint a későbbi gyártású lemezeké. Ez egy lágy, világosszürke anyag. Villamos tulajdonságai közelítenek a hiperszil szalagmagéhoz. Ezzel vasalva a kimenő transzformátort nagyobb primer indukciót kapunk (javul a mélyhang átvitel).

Az 1. táblázatban a hiperszil, a 2. táblázatban az EI, a 3. táblázatban az M vasmagra elkészített kimenő transzformátor adatai találhatóak. Volt olyan olvasóm, aki látványerősítőt készített, és kifejezett kérése volt, hogy a hálózati és kimenő transzformátorokat lemezelt magra készítsem el.

Az ellenütemű kimenő transzformátor tekercselési sorrendjét és összekötését a 15. ábra tartalmazza. A primer tekercs anódtól anódig hat részre van osztva. Ezeket sorba kapcsoljuk. A szekunder tekercs négy részből áll, amelyeket párhuzamosan kapcsolunk. A kimenő transzformátor cséveteste közepén el van választva, egy kb. 1 ... 1,5 mm-es szigetelő lappal. Azon az oldalon, ahol a huzalokat kivezetjük 10 mm-es nyílást vágunk. Ezen visszük át a szekunder tekercs huzalját. Javasolom az egyes tekercsek kezdet-végeit színes PVC csővel jelölni. A 15. ábrán a primer tekercsek tekercselési iránya nyíllal jelölve van. Ezt feltétlenül vegyük figyelembe! A lemezelt magokat (EI, M) átlapolva helyezjük a csévetestbe. Légrés nem szükséges, mert a szembe folyó anódegyenáram miatt nincs előmágnesezés.

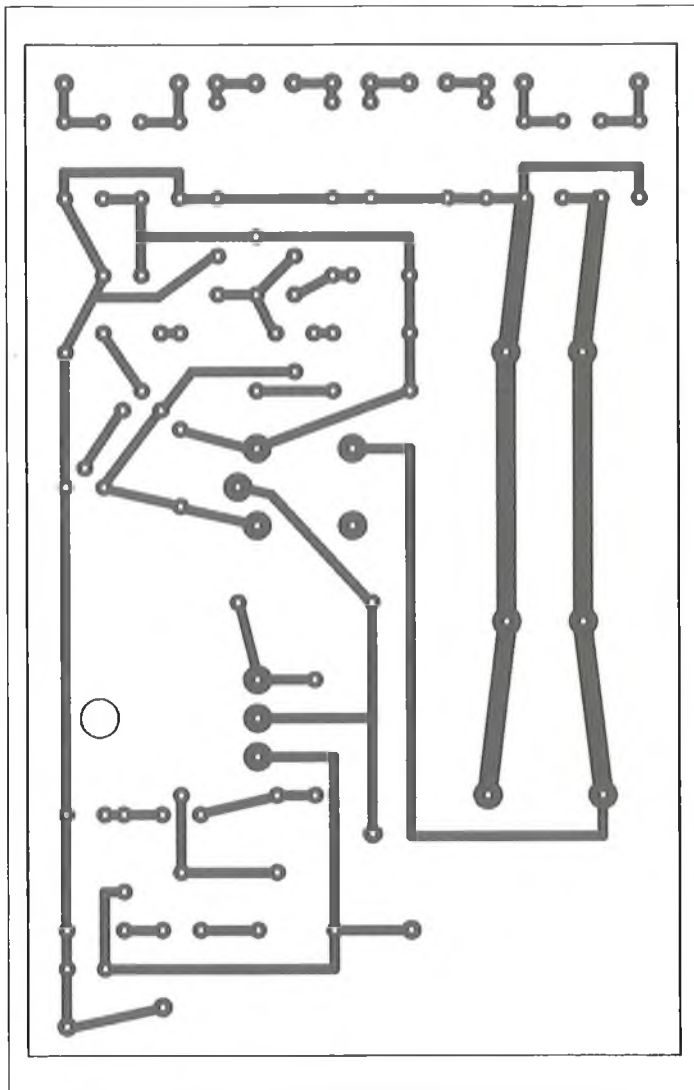
A kapcsolásra kiforrasztott tekercset célszerű ellenőrizni. A kimenő transzformátor 8 ohmos szekunder tekercsére 6,3 V-ot (a fűtőfeszültséget) kapcsolunk. A primer oldalon feszültséget mérünk a + és az A1 és A2 kivezetés között. Névleges hálózati feszültségnél 88 V-ot kell mérnünk. Lényeges az, hogy az A1 és A2 végeken mért feszültségek egyformák legyenek! (Az A1 és A2 kivezetések között dupla feszültséget mérünk, 176 V-ot.)

A tápegység nyomtatási rajza a 16. ábrán, az alkatrész-beültetési rajza a 17. ábrán található. A végerősítő és a fázisfordító tápfeszültsége 310 V. Az előerősítő hangszínszabályozó 250 V-os tápfeszültségről üzemel. A 250 V-ot a két tranzisztorból (T2, T3) álló feszültség stabilizátorral állítjuk elő. Az előírt kimenő feszültséget a P5 potenciométerrel állítjuk be. A T2 soros áteresztő tranzisztoron kb. 1,2 W telje-

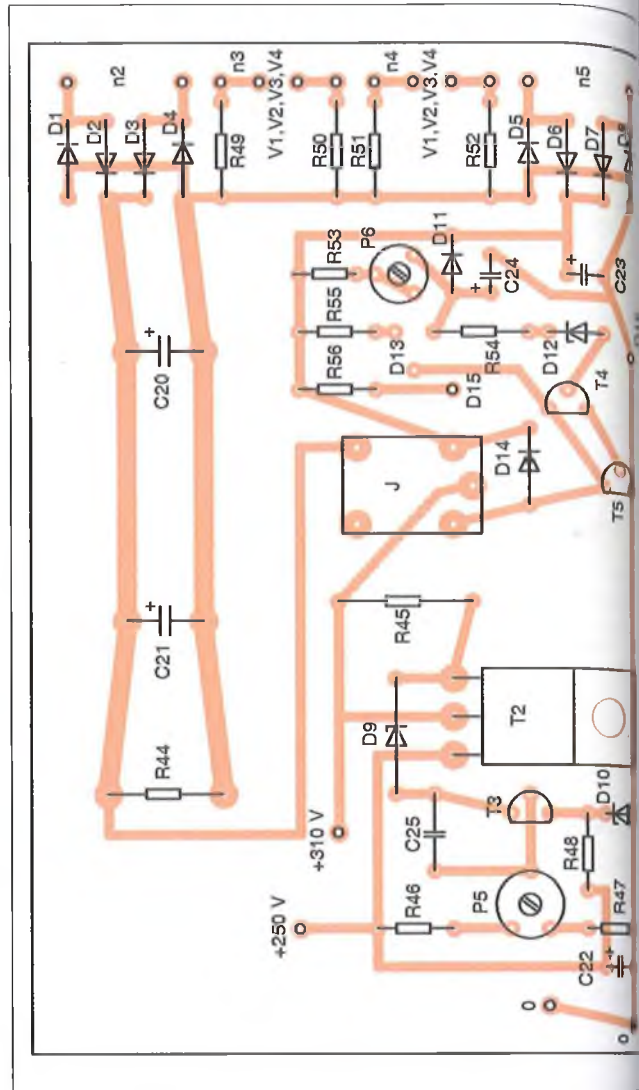
4. táblázat

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	780	Ø0,45 mm, Mz	Kétsoronként 0,05 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között három réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. Erre jön az Ø0,2 mm-es huzalból készült árnyékolás, amelynek csak a kezdetét vezetjük ki. Ezután két sor 0,15 mm-es prespán szigetelés, majd az n2 tekercs következik. Kétsoronként 0,05 mm-es transzformátorpapír szigeteléssel. Az n2 és n3 tekercs között két réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés. Az n3, n4 és az n5 tekercsek között egy réteg 0,15 mm-es prespán szigetelés szükséges. Vasmag: SM85/a hiperszil szalagmag.
Szekunder	n2	850	Ø0,32 mm, Mz	
	n3	23	Ø0,1 mm, Mz	
	n4	23	Ø0,1 mm, Mz	
	n5	35	Ø0,25 mm, Mz	



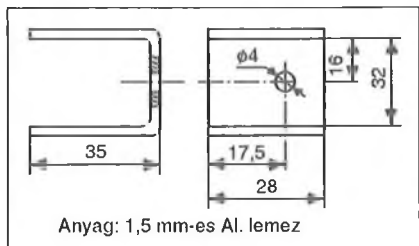


16. ábra. A tápegység nyomtatási rajza



17. ábra. A tápegység alkatrész-beültetési rajza

sítmény disszipálódik el. Célszerű az hűteni! A mintapéldányban beépített hűtőfelület rajza a **18. ábrán** látható. A hűtőfelület és a T2 tranzisztor közé csillám vagy teflon szigetelő lemezt helyezünk. A szigetelő lemez mindkét oldalát szilikon pasztával (zsírral) kenjük be. Ezzel jelentősen javul a hőátadás. A T2-t rögzítő csavar feje alá szigetelő alátétet helyezünk. Ezzel a megoldással a hűtőfelület nincs feszültségen.



18. ábra. A T2 tranzisztor hűtőfelülete

A J jelfogót nagyon sok cég gyártja. A tekercsellenállása gyártónként változik. A leggyakoribb ellenállás értékek 220, 330 és 380 ohm. A tápegységbe bármelyik beépíthető.

A hálózati Tr2 transzformátor primer és szekunder tekercse közé árnyékolást helyeztem el. Így a primer és szekunder tekercsek között csak mágneses csatolás van. Erre azért van szükség, mert a jelenleg gyártott elektrotechnikai eszközök (televízió, DVD lejátszó, számítógép, nyomtatók stb.) mind kapcsolóüzemű tápegységgel működnek. Ezek hatalmas mennyiségben nyomják a hálózatra a zavarjeleket.

Évekig javítottam számítógépek tápegységeit. Ezelőtt tíz évvel a hálózati ágba egy pi-szűrős korrekt zajscsökkentő, zavarcsűrő fokozat volt beépítve. Az utóbbi időben ezt nem építik be. A tápegység nyáklapjának alkatrész-

beültetési szitarajzán még láthatók az L-C elemek helyei, amelyeket egyszerűen kihagytak. Az eredmény a megnövekedett hálózati zavar, az elektroszmog. Ma már a középhullámú adókat emiatt nem lehet hallgatni, ugyanis ezek a zajok ebbe a sávba esnek.

A hálózati transzformátort többféle vasmagra is elkészíthetjük. A **4. táblázat** a hiperszil szalagmag, az **5. táblázat** az EI-, míg a **6. táblázat** az M-lemezelt vasmag menetszámainak tartalmazza.

### Élesztés, bemérés

A munkát a tápegységgel kezdjük. A méréseket óvatosan, kellő figyelemmel végezzük! A 310 V-os anódtápfeszültség, amely jól terhelhető, rossz esetben halálos áramütést okozhat!

## Csőves és tranzisztoros hangerősítők

**JOHN LINSLEY HOOD**

könyvét nem lehet csak egyszerűen elolvasni, annak ott kell lennie a könyvespolcon, hogy bármikor kézbe vehessük! Miért? – válaszoljon erre a szerző: „Ebben a könyvben az utóbbi 50 évben kifejlesztett hangerősítő konstrukciókat tekintetem át abban a reményben, hogy az itt található információ hasznos lehet a felhasználóknak vagy a potenciális tervezőknek. Megkíséreltem felderíteni mind az e területen még meglévő hiányosságokat, mind pedig azokat a módokat, melyek révén e hiányosságok csökkenthetők.” A 244 oldalas, B5 méretű könyv postai utánvétellel is megrendelhető a **HAM-bazártól**.

Ára: 3950 Ft (+ postaköltség).

## Audiofil erősítők építése

**ÁGOSTON LAJOS**

könyvében a külföldi szakirodalmakból ismert, jól bevált és általa is utánépített, együtemű és ellenütemű, csöves, illetve tranzisztoros 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 hangvétellel íródott kötetének bevezetőjében. A könyvhöz **CD-melléklet** is tartozik A 228 oldalas, B5 méretű könyv postai utánvétellel is megrendelhető a

**HAM-bazártól**.

Ára: 4490 Ft (+ postaköltség).



## Mikroelektronikai szenzorok és alkalmazástechnikájuk

**SZENTIDAY KLÁRA – DÁVID LAJOS**

könyvével megkönnyíti a szenzorfajták áttekintését és a kívánt célnak legmegfelelőbb diszkrét vagy integrált szenzortípus kiválasztását. „...a könyvet ajánljuk mindazoknak a mérnököknek, technikusoknak vagy műszaki menedzsereknek, akik a szenzorok gyártásfejlesztésével vagy gyártástechnológiájával kívánnak foglalkozni, továbbá azoknak a szakembereknek, akik szenzoros mérőáramköröket, esetleg számítógépes adatbeszerző rendszereket szeretnének konstruálni.”

A 206 oldalas, B5 méretű könyv postai utánvétellel is megrendelhető a **HAM-bazártól**.

Ára: 2950 Ft (+ postaköltség)



## Információ- és képmegjelenítő eszközök

**SZENTIDAY KLÁRA – MÉSZÁROS SÁNDOR**

a tématerületen hiánypótló jellegű könyvében az optoelektronikai kijelzők – működési elvüket tekintve – mára rendkívül széles választékának bemutatására vállalkozik. „Könyvünk a kép- és információ-megjelenítők legkorszerűbb típusaival ... az elektronsugárcsőves, folyadékkristályos, LED, vákuumfluoreszcens, plazmapanel és elektrolumineszcens működési elvű megoldásokkal foglalkozik.” – írják a szerzők a kötet bevezetőjében. A 346 oldalas, B5 méretű

könyv postai utánvétellel is megrendelhető a **HAM-bazártól**.

Ára: 2950 Ft (+ postaköltség)



## Mikrohullámú technika

**S. R. PENNOCK – P. R. SHEPHERD**

a napjainkban egyre nagyobb és fontosabb szerepet játszó, 1..100 GHz közötti frekvenciatartomány technikáját ismerteti művében. „A mikrohullámú technikával kapcsolatos szakszövegek többnyire két szélsőséget képviselnek: vagy túl szakmaiak, ... a szövegek másik fajtája ... túl általános, így nem eléggé részletes. Nyilvánvaló szükség volt tehát egy megfelelő széleskörű bevezető könyvre a nagyfrekvenciás és a mikrohullámú technikába, amely kielégítő mélységű a különböző témákban.” – írják a szerzők a kötet előszavában.

A 350 oldalas, B5 méretű könyv postai utánvétellel is megrendelhető a **HAM-bazártól**.

Ára: 4250 Ft (+ postaköltség)



1





Visszatekintés...

## Szubjektív szakmai életrajz- töredékek

Írta: Plachtovics György  
okl. műszeripari technikus,  
plachtovics.gyorgy@gmail.com



*„Visszatekintés... Szubjektív szakmai életrajztöredékek” mottóval ezen Évkönyvünkben sorozatot indítunk közismert szerzőink tollából. Kedves olvasóink régi és szűnni nem akarón ismétlődő kérését teljesítjük ezzel, akik a lapunkban és annak évkönyveiben megjelent cikkeikben leírtaknál többet szeretnének megtudni tisztelt törzs-szerzőinkről. Szakmai pályájukról, annak kezdetéről, a mai magyar műszaki élet-ről való véleményükről. A kifejezetten szubjektív írásokból – reméljük – majd kiderül, hogy szakcikkeink alkotói is hétköznapi emberek. Csak nekik valahogy mindig egy kicsit jobban sikerültek a saját kezű konstrukcióik... Aztán a sok sikerélmény – és némi szerkesztői biztatás – után sorra láttak napvilágot jobbnál jobb szakcikkeik. (A szerk.)*

A főváros XX. kerületben nőttem fel, és a nyolc általánost a Kálmán utcai iskolában végeztem el. 1923-ban épült, édesapám ide járt polgáriba. Szigorú és jó tanáraim voltak. Ebből az iskolából vették fel a legtöbb diákot a Kossuth gimnáziumba, többek között engem is.

A detektoros készülékek különböző típusait már 8...10 éves koromban elkészítettem, és ezek működtek! Az akkori Ecséri úti piacon vásároltam egy lengőnyelvenes hangszórót. Ez ma már ritkaságszámba megy.

Mágnes a klasszikus patkó kialakítású, ebbe dupla lágyvas saru volt besavazva és ebben foglalt helyet az 1...2 kohmos tekercs. Ennek nyílásában egy lágyvas lemez volt elhelyezve, amely a lágyvas saruk között mozgott. Erre volt ráforrasztva a menetszál,

amelyre két sárgaréz kúp közé a kartonból készült membránt csavarozták fel. A Lakihegyi adón az esti órákban kellemes szobahangerővel vehettük a Kossuth rádió műsorát.

Valamelyik rokonomtól ajándékba kaptam V. G. Boriszov „Kezdő rádióamatőr I-II.” című könyvét. Ebből kiválasztottam egy egycsöves, fejhallgatós audion kapcsolást, hozzá egy tápegységet, amely pechemre autotranszformátoros volt! Megépittem. Fejemre tettem a szerencsére bakelitházaz Standard fejhallgatót, antenna, föld csatlakoztatva, bedugom a hálózati dugót: éktelen villanás, az egész ház sötétbe borult. Sajnos, az oszlopon is elszállt a „dugó”, csak másnap délelőtt lett villany. A retorzió nem maradt el. Egy darabig le lettem tiltva az amatőr-kódésról... (Egy idősebb szakember mondta el, hogy ez csak Oroszországban működik, mert ott „lebegőföld” van, a hálózat egyik ága sincs leföldelve. A könyv akkori fordítójának, lektorának ez elkerülte a figyelmét!)

Következő készülékem egy 2+1-es audion volt, melyeket színüveg (loktál) csövekkel építtem meg (EF22, EBL21 és AZ21). Egy „Néprádió” sasszit használtam erre a célra. Valószínűleg valamelyik Makai-leírás alapján készítettem. A rezgőköri tekercs nem volt a legsikeresebb. Így a 873 kHz-es Petőfi adóban halkán hallatszott a közeli Kossuth rádió hangja. Érdekes volt hallani, hogy a déli pontos időjelzések között kb. 1 mp különbség volt.

Miután a Kálmán utcai iskolát 1956-ban kifosztották, ennek a rádiónak a végfokozatával hangosítottam az

iskolai rendezvényeken (5 W). Első komolyabb hangszererősítőmet 1960-ban építettem. Csövei a következők voltak: 2 db ECC40, 1 db 6L6G és az EZ2/3-as egyenirányító cső. A hangszóró egy 25...27 cm-es kosár átmérőjű, 10 W-os, gerjesztett (elektro-) dinamikus hangszóró volt. Az egészet egy masszív fadobozba építettem be. Az erősítő alul helyezkedett el. Dög nehéz volt. Gitáros barátommal ketten cipeltük, ettől néha úgy remegett a keze, hogy alig tudott játszani. Az akusztikus gitárra egy korabeli „Balogh” hangszedő lett felszerelve. Mai szemmel nézve primitív szerkezet volt. Kimenő feszültsége alacsony volt, magas hangot alig adott ki. A két ECC40-es cső közé egy H-tagos (lepke) hangszínszabályozót építtem be, ennek használatával valamit javult a hangzás. Kimenő teljesítménye kb. 8...10 W lehetett.

Már pontosan nem emlékszem, de vagy a „Rádiótechnikában”, vagy a „Rádióamatőr füzetekben” Makai Istvánnak cikke jelent meg az orsós szalagos magnetofon készítéséről. Gimnáziumi osztálytársammal nekiláttunk az építéshez. A mechanika bonyolult volt, tele dörzshajtásokkal. Szerencsére barátom édesapja, aki művezető volt egy forgácsoló részlegben, sokat segített. (Gyakorlatilag elkészítette a mechanikát.) Az elektroncsöves erősítő egyszerű felépítésű volt, nem tartalmazott normális (szabvány szerinti) felvételi és lejátszási korrekciót. Csövezése kissé szedett-vetett volt, amit a fiókban talált a konstruktőr, rimlock, oktál és körmös (kosár foglalatos) csöveket vegyesen alkalmazva. Viszont megszólalt a szer-



kezet, óriási örömkre, felvett és lejátszott! Akkoriban már kapható volt a BRG „Mambó”, valamint a TETRA „811” jelű magnetofonja. Az utóbbi mellett döntöttünk. A súlykuponos megoldást megtartva a mechanikán változtattunk. Az eredeti kapcsolást építettük meg. Az MHSZ Lenin körüti „Ezermester bolt”-jában sikerült eredeti Bogen-fejet, valamint eredeti, az Ikladi Műszergyár által készített motort vásárolni. Közel egy évi munkával elkészült a „nagy mű”. Hangja azonos volt a kereskedelembe kapható mag-nók hangjával.

Ezt később elcseréltem egy hazai gyártású „MILLAVO” típusú univerzális műszerre. Belső ellenállása 10 kohm/V volt, egyen- és váltakozó feszültséget és áramot mért, ellenállást 100 kohmig. Ebben az időben a kereskedelembe nem lehetett műszert vásárolni.

Szakmai fejlődéséről. Legtöbbet Gebauer Erik villamosmérnöknek köszönhetek. Közel három évig tanította az „Elektronika KTSZ” ipari tanulóit. Abban az időben csak elektroműszerész képzés volt. Szombat délelőttönként az elektronikus műszerekről tartott fejtárgitót. A szövetkezet fejlesztésén másfél évig volt a főnököm. Végtelen precíz, nagy tudású ember volt. Megtanított a kapcsolási rajzok elemzésére, értelmezésére. A műszaki nyelvért is sokat tett. Nála nem lehetett használni, a trafó, tranyó, kondi és elkő kifejezéseket.

Annak reményében, hogy megszom a sorkatonaságot átmentem a „VILATI”-ba, ahol kis megszakítással 25 évet húztam le. Először a főosztály elektronikus műszereit javítottam, majd miután megalakult a „Speciális Osztály” (katonai fejlesztés), beléptem. Jó iskola volt. Meg kellett tanulni áramköröket méretezni szélsőséges hőmérsékleti körülmények (-40...+80 °C) között. Különböző „fejtárgitók” megtanultam az alkatrészek felhasználását ilyen körülmények között. Osztályunk – a „GAMMA” művekkel együttműködve – egy fedélzeti sugármérő műszert fejlesztett ki a hadsereg részére. A gyár részére (Eger) el kellett készíteni az egység működési leírását, élesztését, bemérését. Itt tanultam meg a műszaki cikk írásának lényegét.

Első cikkem a „Rádiótechnika” 1971/10. számában a 412. oldalon jelent meg, „Tranzistoros örökvaku” címmel. A készüléket az öcsémnek készítettem el, aki igen jó fotós volt. Egy

baráti beszélgetés során kollégám, Veroszta József javasolta, hogy írjunk a lapba egy építési cikket erről a berendezésről. A kulcsszámot egy kapcsoló segítségével változtatni lehetett. A vezérelt ellenütemű transzverter jó hatással gyorsan töltötte fel az energiátároló elektrolit kondenzátort.

Amihez emlékem fűződik az a „Rádiótechnika” 1973/6. számának 233. oldalán megjelent antennaerősítő. Eredeti elképzelésem a Graz-i tv-adó vételére volt, amely nem jött be, mert a földrajzi helyzet ezt felülírta. Maradt a Besztercebányai adó. Ez viszonylag jó térértéssel jött. A cikkben leírt erősítő az antennaárbocra erősítve zajmentes, tökéletes vételt biztosított.

Kedvelt korabeli téma volt a hanglemez korrektorok színes világa. A 33-as fordulatú LP-k vágási karakterisztikája gyártó cégenként változott. Ezt igazából nehéz megérteni. Az 1960-as évek végére több cég karakterisztikái léteztek. A teljesség igénye nélkül néhány ismertebb: RCA-Viktor, Decca-FFR, New Orthophonic, RIAA stb. Néhány (amerikai) lemezen feltűntették a vágási karakterisztikát. A lejátszó (korrekciós) erősítő frekvenciamentének ennek a tükörképét kellett produkálnia, így lett teljes a hangkép. A gyakorlatban ezt egy olyan előerősítő valósította meg, amelynél a korrekciós tagokat egy kapcsolóval váltani lehetett. Két korrektorot készítettem, egy tranzisztorost és egy integrált áramköröst. Mindkettő kiválóan működött. Egy dupla tárcsás (sztereó) kapcsolóval lehetett kiválasztani a korrekció típusát. Említettem, hogy néhány hanglemezgyártó cég feltűntette a vágási korrekció típusát. Az RCA például a '60-as években a „New Orthophonic” karakterisztikát használta. A Decca cég is megadta a vágási karakterisztika típusát. A többi cég mikrolemezeinél jött a találgatás. A Philips, Columbia, EMI, Telefunken, Parlophone, Polidor stb. lemezeknél különböző korrekcióállásban hallgattam a lemezeket, figyeltem, hol szól jobban. Sajnos a szubjektív megítélés nem mérhető. Nem lehetett eldönteni, melyik a jó, mert néha a másik korrekciót hallottam jobbnak. Szerencsére a RIAA-korrektor megoldotta ezt a problémát. Az egész világon elterjedt, annak idején az Magyar Hanglemezgyártó Vállalat is átvette.

Az idősebbek (korosztályom) még emlékeznek arra, hogy az MTV hétfőn és pénteken nem sugározott műsört – nagyobb is volt a népszaporulat... Akinek

hiányzott ez a két nap, az Budapesten a csehszlovák televízióra fanyalódott, amelynek akkor még volt magyar nyelvű adása is! Legtöbbször a Besztercebánya-i tv-adót vették, amely viszonylag jó minőségben jött. Egy 15 elemes Yagi-antenna nyeresége elég volt, hogy zajmentes képet nézhessünk. Sajnos lakhelyem (Pestlőrinc, Szemeretelep) éppen egy völgyben van. Abban az időben esténként a környék televízióit javítottam, ezzel kiegészítve „hatalmas” fejlesztői fizetésemet. Tölem néhány száz méterre Besztercebánya, Kassa, néhány elemes antennával kiválóan jött. Hozzáteszem, hogy ők dombtetőn laktak. Megépítettem a 15 elemes „Hirschman” yagit. Besztercebánya kissé zajosan, de bejött. Televízióm a VIDEOTON „Elektron 24” készülék volt. Az ORION által gyártott készülécsalád, Orion 60, Szenzorion, Orpheus stb. lényegesen érzékenyebb volt, távolsági vételhez jobban megfelelt. Antennaerősítő építésbe kezdetem.

Többszöri nekifutás után elkészült egy igen jó kapcsolat. A kaszkád erősítő MESA tranzisztorokkal felépített kapcsolat első fokozata az elektroncsöves URH technikából ismert „Zwischenbasisschaltung” beállításban működött. Lényege: az első tranzistor egy kapacitív osztó alkalmazásával a földelt bázisú és a földelt emitteres üzemmód között van. Ezzel optimumra hozható a zaj- és a teljesítményillesztés. Legjobb eredményt az AF239S jelű tranzisztorral értem el. Nagyjából 14...15 darab készült az erősítőkből. (A cikk az RT 1973/6-os számában található.)

A '70-es években az OIRT normás URH-n vehető könnyűzenei adások még gyerekcipőben jártak. Aki tehette a CCIR sávban működő osztrák és jugoszláv adókat vette. Ebben az időben VIDEOTON gyártmányú RA5350 típusú készülékem volt, kétnormás, varikap hangolással. Ez adta az ötletet, hogy a hangoló egységben alkalmazott varikapdiódákkal és a készülék hangolószeleltetését felhasználva, egy selektív hangolható előerősítőt készítsék. Az n-csatornás FET-tel megépített erősítő az antennaárbocra szerelve stabil (sztereó) vételt biztosított.

A '70-es években különböző amatőr zenekarok hangosítását végeztem. Az egyik ilyen zenekarnak készítettem egy TETRA 811-es mechanikára egyváltelenített hangszalaggal működő visszhangosítót. Felvette a versenyt az Echolona gyári visszhangosítóval. Ké-

sőbb egy (szolgáltatásaiban) lényegesen jobb minőségű berendezést készítettem, Hermann Antal megrendelésére. Gimnáziumi zenetanár volt, s mint billentyűs szerepelt az 1987-ben kiadott „Sej, haj Rozi” című lemezen. A trombitát Galambos (Lagzi) Lajcsi fújta, az énekes Alfonso volt. Itt az általam készített visszhangosító üzemelt. (A visszhangosító leírása, fotói az 1980-as RT Évkönyv 219. oldalán található.)

Visszatérve Hermann tanár úrhoz. Évekig javítottam NDK-beli (vagy csehszlovák) gyártmányú hangszererősítőjét. Mint „jól fizetett” pedagógus esküvőkön zenélt. A csöves erősítő rendszerint a hangulat tetőfokán kapitulált. Az RFT és a TESLA gyártású EL34-ek gyenge minőségűek voltak. Elkészítettem egy 60 W-os teljesen félvezetős erősítőt. Tanár úr kérdezte, hogy ez meddig működik, mondtam elég sokáig. Nem hitte. Felajánlottam, hogy csak fél év elteltével fizessen. Ez meg is történt, az összeget megemelte. Hat év alatt egyszer volt meghibásodás, amikor egy esküvői hangosításkor egy kapatos polgár Unicummal itatta az erősítőt, amelynek ventilátora ettől megállt. A sikeres erősítő kapcsolási rajza (miattam!) nyolc év késéssel jelent meg az 1987/2-es „Rádiótechnika” számban.

Munkahelyemen, a VILATI-ban, kaptam egy feladatot, amelynek lényege egy félvezetős nagyfeszültségű (gépkocsi) gyújtás volt. A tirisztoros verzió az energiátároló kondenzátorok sorozatos meghibásodása miatt megbukott. A tranzisztoros gyújtás kiválóan működött, -40 és +80 °C közötti hőmérsékleten (honvédségi előírás). Ezt némileg átalakítva megszületett a gépkocsi gyújtás. Ez bármelyik négytűmű gépkocsiba beépíthető volt. Előnye volt, hogy nem kellett átalakítani az eredeti áramkört. A „Tranzisztoros gépkocsi gyújtás” című fotós cikk az „Az RT Évkönyv 1980” 231. oldalán jelent meg. A gyújtásból több mint 20 darab készült, kollégáim nagy örömeire. Aki végigolvassa a cikket, megérti a tranzisztoros gyújtás előnyeit. Ma már csak ezt a megoldást alkalmazzák.

Kedvenc munkám volt a „Hangszererősítő készítés iskolája” című cikksorozat, mely több évig futott. Itt mindent leírtam, amit erről tudtam. Békei Ferenc főszerkesztő biztatására elektroncsöves erősítő leírásába kezdtem. Az 1995-ös RT Évkönyv 178. oldalán található a cikk. Ez 2 × EL84-es végsővezésre épült, kimenő teljesít-

ménye 10 W volt. A következő évben nagyobb teljesítményű végerősítőket ismerttettem. Műszaki adataik lényesen jobbak, mint 10 W-os elődé. Ennek oka az osztott kimenő transzformátor, amely minden elektroncsöves erősítő lelke. Azóta folyamatosan jelennek meg elektroncsöves kapcsolásiam. A cikkeim olyan felépítésűek, hogy az alapvető működés leírása után következik az elkészítés, az élesztés, bemérés. Itt jegyzem, hogy minden eddig megjelent cikkem áramkörtét összeraktam, bemérettem. Ennek két előnye van. Az áramkör működik, nekem könnyebb megírni a cikket a mérési adatok birtokában.

Sajnos ismeretségi körömben is tapasztalom, hogy nem olvasnak szakkönyveket. Volt olyan, hogy cikkemet megépítette valaki, de nem olvasta el a hozzátartozó szöveget. Ezután folyamatosan hívott telefonon és kérdezett olyanokat, amelyeket a cikkben leírtam.

Ennél sokkal rosszabb, ami az internet különböző fórumain olvasható. Ilyeneket olvasok „Sziaztok! Apám mondta, milyen jól szóltak a csöves erősítők”. Néhány cikket megemlít, amelyeket túlnyomó részt én írtam. Aztán jön a kérdés: „Nem lehetne a kimenő transzformátort kihagyni?” Ebből látszik, hogy ifjú barátunknak, sajnos, fogalma sincs az elektroncsövekről és működésükről. A másik bosszantó dolog, hogy komplett kapcsolásokat feltesznek az internetre, melyekről semmilyen műszaki adat nincs megadva a tápfeszültségen kívül. Sorolom: bemeneti feszültség, bemeneti impedancia, kimenő impedancia, kimeneti teljesítmény, frekvenciamenet stb. mind-mind hiányzik. Némely erősítő jellemzésénél ilyen „precíz adatokat” (hülyeségeket) lehet olvasni: az erősítő hangja közepen telt, szélein széthúzóttak... Ezt konkrétan az általam kevéssé becsült, a '80-as években jó pénzért árusított „HI-FI Magazin”-ban olvastam.

A 2000-es évben nyertem el a Rádiótechnika szerkesztőségétől az „Év szerzője” elismerő címet. A náluk megjelent publikációim főbb témák szerint a következők voltak: hangfrekvenciás erősítők (félvezetős és csöves), tápegységek, akkumulátortöltők, antennaerősítők, televíziós áramkörök (sorkimenő pótlása, adás megszüntének jelzése stb.), zenekari berendezések készítése (erősítő, visszhangosító, torzító, hápogató stb.) Számításaim szerint közel járok a 300 műszaki cikk publikálásá-

hoz. A szakma egyre jobban „szakosodik”. Ezelőtt 30...40 éve egy jó felkészültségű szakember mindenhol megálta a helyét. Ma már ez nem igaz, sajnos.

Mint nyugdíjas (hála hatalmas nyugdíjamnak) a mai napig dolgozom, jelenleg egy Kft.-nél. Azt tapasztalom, hogy a szervizekben is megszűnt a javítás. Ha nem az olvadó betét pusztul el, teljes kártyát, alaplapot cserélnek. Az igazsághoz tartozik, hogy egy csomó (ázsiai) gyártású berendezés javíthatatlan, kapcsolási, beültetési rajz nincsen hozzájuk, a félvezetőkön, tranzisztorokon, IC-ken nincs típusjelzés.

Időnként elmegyek a ferencvárosi „Puskás-börzére”. Az itt lévő közönség mind 50 év, vagy e fölötti korban lévő. Sajnos, az egész amatőr, a saját kezűleg építő mozgalom lassan egy belterjes, kihalófélben lévő korosztály szívügyévé zsugorodik. Sajnos, tudomásul kell venni, hogy a mai fiatalok mások. Megveszik a legújabb „kütyüket”, ha kijön újabb, egy-két év múlva eldobják a régit és veszik az újabbat. Technikai intelligenciájuk (áramkörök) csapnivaló!

Volt olyan kollégám, aki jó eredménnyel kapta villamosmérnöki diplomáját. A mi csapatunkba került, konkrétan hozzám. A lényeg a következő: nem tudott forrasztani! A számítástechnikában, a virtuális valóságban profi volt, de egy egyszerű LED-kigyújtó áramkört nem tudott kiszámolni. Ugye hihetetlen? Ez van. (Természetesen ezeket a hiányosságokat néhány év alatt pótolta és ma már a hardverben is eligazodik.)

A szakképzés katasztrofálisan rossz állapotú! Fentebb említettem, hogy gimnázium után ipari tanulónak mentem az „Elektronika KTSZ”-be. Itt a tanulók háromhavonta kerültek különböző egységekbe: Lemezmechanika, forgácsoló, tekerelő részleg stb. Megtanultuk a különböző szakmai fogásokat. Sajnos, ez mára a múlt. A most végző szakmunkásoknak, technikusoknak nincs lehetőségük a szakmai fogások elsajátítására. Hallom az ellenvéleményt. A mai képesített világunkban erre nincs szükség. Betanított munkás szintjén valóban, de egy ország műszaki színvonalát nem ők képviselik!

Az ország nyugati részén már létezik olyan iskolák, ahol a gyakorlati képzés is előtérbe kerül (Audi). Véleményem szerint, amíg nem állítjuk vissza valamilyen szinten a gyakorlati képzést, addig nem lesz igazi szakmunkás és technikus állomány a hazának!



# A Q-mérők felépítése, működése és használata

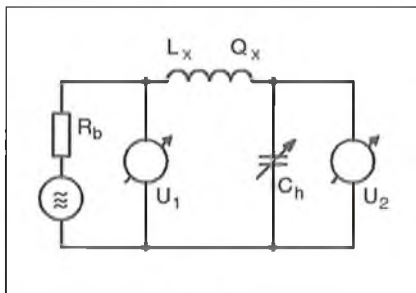
Borody Huba okl. villamosmérnök, huba@borody.com

*Jelen írás a Nostalgia Rádió Hírújság 2004/6. és 2005/2. számaiban megjelent cikk javított és bővített változata.*

## 1. Bevezetés

Mintegy 35 éves fejlesztőmérnöki pályafutásom alatt a Q-mérő volt az a műszer, melyre nekem és kollégáimnak csak igen ritkán volt szükségünk. Dolgoztam olyan kutatóintézetben is, amelyekben nem is volt ilyen. És ez nem pénzkérdés volt, tekintettel arra, hogy más műszerekből több példány is rendelkezésre állt a laborasztalokon, polcokon. Ha csak ilyen ritkán kell, vagy lehet használni, akkor érdemes ezzel foglalkozni? – kérdezheti az olvasó. A válaszom: egyértelmű igen, és erre több indokom is van!

Az első egy sorozatban gyártott termékekkel szerzett tapasztalatom volt. Az eset egy gyárban történt. Adott volt egy SSB adó-vevő, mely az üzemi próbák során minden nyúzást kibírt (még a rázópadot is). Sorozatgyártásba került, majd a végmérések során igen jól vizsgázott. Csomagolás és kétheti raktárban való pihenés után – szerencsére – kiszállítás előtt az egyik példányt újramérték. Az érzékenységmérési eredmények lesújtóak voltak! Vajon miért? Igen sok ellenőrzőmérés és vizsgálat után kiderült, hogy a készülék rezgőköri tekercseinek jóságai tényezője romlott le valamitől az eredeti érték kb. tizedére! Később a hiba okára is fény derült: a tekercsek sorozatgyártásakor új menetrögzítő anyagot alkalmaztak. Ez az anyag lépett vegyi reakcióba a vörösréz huzallal, és okozta a bajt.



1. ábra

A második indokom az, hogy pl. a kevés helyvel rendelkező restauráló klubtársunk asztalán a kéziműszer, páka és a kéziszerszámok mellett esetleg már csak egyetlen nagyobb helyigényű műszer fér el. Ráadásul az elektroncsöves gyári műszerek nem a kis méreteikről nevezetesek... Igaz, a Q-mérő eredeti feladatán kívül alkalmazható szingulárgenerátorként, induktivitásmérőként, kapacitásmérőként és rezonánshangfrekvencia-mérőként is! Így ötféle műszert helyettesíthet egyszerre, de erről majd később.

A harmadik indokom, hogy az utóbbi időben különböző, használt műszereket áruló boltokban több, szinte vadi új gyári Q-mérő is feltűnt igen olcsón, szinte a benne levő színesfém-hulladék áráért.

A negyedik – és talán ezzel kellett volna kezdenem – az a körülmény, hogy pl. amikor egy restaurálandó rádió KF-jét akarjuk jelmaximumra hangolni, de az nem igazán sikerül, érdemes lenne a vasmag beletörése helyett (a sok csavargatásnak mindig ez a vége) egy Q-mérést megejteni a tekercsen, hogy lássuk, a hangolókapacitátor kell-e cserélnünk, vagy esetleg a litzehuzal kiszakadt ereit visszaforrasztani, azaz a párhuzamos kondenzátor vagy a tekercs hibás-e? Ennek elődöntése egyszerű, mert ha az induktivitás a Q-mérővel jó értéket ad, akkor biztosan a kondenzátor szorul cseréire. Ellenkező esetben viszont a tekercsben kell keresnünk a hibát!

Az ötödik, utolsó érvem, hogy egy ilyen (kondenzátoros betáplálású; bővebb magyarázatot lásd később) műszer házi eszközökkel és anyagokból könnyen elkészíthető. A legtöbb építési leírás (pl. az [1]) is ilyen készüléket ismertet emellett, hogy gyári műszer is létezik ilyen mérőkörrel.

## 2. A műszer felhasználása, rendeltetése

A Q-mérő alapvetően tekercsek minőségi jellemzőjének, a Q jóságai tényezőjének ([2]) mérésére szolgál. A tekercs Q-ját a tekercs  $\omega L$  impedanciájának és

az összes veszteséget kifejező  $r_s$  soros ellenállás hányadosaként definiáljuk azaz:

$$Q = \omega L / r_s,$$

vagy másképpen:

$$Q = 2\pi f L / r_s.$$

Ha a rezgőkör veszteségeit egy párhuzamos ellenállással adjuk meg, akkor:

$$Q = R_p / (2\pi f L).$$

## 3. A mérési elv

A mérendő tekercset egy igen jó minőségű (tehát gyakorlatilag veszteségmentes) kondenzátorral soros rezonanciára hangoljuk, annak üzemi frekvenciáján. Az így kialakított soros rezgőkört igen kis impedancián megápláljuk pontosan ismert (megmért) nagyfrekvenciás jellel.

Ezután megmérjük a rezonanciában levő rezgőkör hangolókapacitásán keletkező nagyfrekvenciás jelet. A mérési elvi összeállítását az 1. ábrán, míg az általános gyakorlati kivitelét a 2. ábrán láthatjuk. [2]

Az 1. ábra szerint zérus belsőellenállású és konstans  $U_1$  feszültségű feszültséggenerátorral gerjesztett rezgőkör kondenzátorának  $U_2$  feszültsége rezonancia esetén az

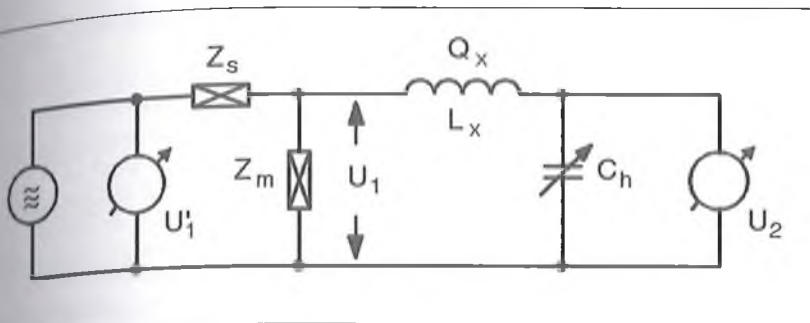
$$\omega_0 = 1 / \sqrt{LC}$$

frekvencián maximális. A két feszültség hányadosa:

$$U_2 / U_1 = -jQ_0$$

arányos a rezgőkör eredő jóságai tényezőjével. Ha eltekintünk attól, hogy az induktivitáson levő feszültség és a kondenzátoron levő feszültség egymáshoz képest  $180^\circ$ -os fázisszögű, akkor az előbbi képlet az alábbi módon egyszerűsödik:

$$U_2 / U_1 = Q_0$$



2. ábra

Ugyanis jelen mérésünkben csak a feszültségek amplitúdója fontos, a fázishelyzetük nem. Az eredő jósági tényező a

$$Q_0 = Q_L \times Q_C = (Q_L \cdot Q_C) / (Q_L + Q_C)$$

képletből számítható. Ha a mérendő rezgőkör jósági tényezője (Q-ja) 30-nál nagyobb, akkor a fenti képlet hibája ezrelék nagyságrendű, és a jósági tényező négyzetével fordítottan csökken. [2]

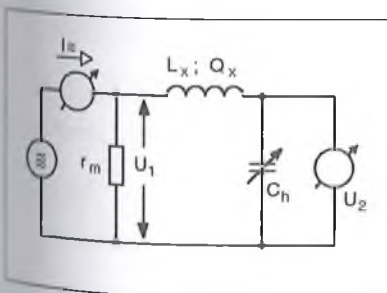
Tehát az történik, hogy a kondenzátoron (és a tekercsen is) a soros rezgőkörbe betáplált nagyfrekvenciás jel Q szorososa jelenik meg rezonancia esetén. Ezt a jelenséget hívják rezonancia-emelésnek vagy rezonanciafeltranszformálásnak. [3]

A 2. ábra mérése elrendezése szerint is a tekercs jósági tényezőjének értékét az  $U_2/U_1$  hányados adja, de hogy ne kelljen igen kis értékű RF váltófeszültséget mérni,  $U_1$  helyett  $U_1'$ -t mérjük. Az  $U_1'$ ,  $Z_s$  és  $Z_m$  ismeretében már  $U_1$ -et könnyű meghatározni, hiszen  $Z_s$  és  $Z_m$  egy adott műszertípusnál állandó.

#### 4. A Q-mérők fajtái, felépítésük és működésük

##### 4.1. Mérőellenállásos betáplálású Q-mérő

Ha a 2. ábrán levő elvi kapcsolási elrendezésben a  $Z_m$  impedancia helyére egy



3. ábra

igen kis értékű hatásos ellenállást, a  $Z_s$  helyére pedig egy rádiófrekvenciás árammérőt (pl. termokeresztes műszert) teszünk, akkor kapjuk a cím szerinti Q-mérőt. A 3. ábrán látható a mérés elvi elrendezése, míg a 4. ábrán a Radiometer cég QM-1 jelű műszerének mérőköre az eredeti gyári jelölésekkel.

A műszer működését és mérőkörét *Építsünk Q mérőt!* címmel Simoncsics László ismerteti, jelen évkönyvünk következő cikkében.

##### 4.2. Kondenzátoros betáplálású Q-mérő

Ha a 2. ábrán látható  $Z_m$  impedancia helyére egy, a műszer hangoló kondenzátorának maximális kapacitásértékénél sokkal nagyobb kapacitású kondenzátort teszünk, kapjuk az ún. kondenzátoros betáplálású kivitelét. Természetesen a  $Z_s$  impedancia helyére is kondenzátor kerül. Ennek a megoldásnak egyik képviselője a Tesla gyár BM-211A típusú műszere ([4]). Megjegyzem, hogy az amatőröknek szánt építési leírásokban is ez a megoldás szerepel leginkább; lásd. pl. az [1]-et.

Magának a műszernek a mérőköre az 5. ábrán látható. A megoldás elterjedéséhez az vezethetett, hogy a kis érté-

kü, széles frekvenciasávban használható mérőellenállás elkészítése nem egyszerű feladat, továbbá a termokeresztes ma talán csak a 40 év feletti szakemberek ismerik. A kondenzátoros betáplálású megoldás további előnye, hogy a rezgőkör  $U_1$  gerjesztőfeszültségét könnyebb mérni, mivel nem  $C_m$ -en mérünk, hanem a vele sorba kötött  $C_s$ -en, az  $U_1'$ -t. Mivel a  $C_m$  és  $C_s$  kapacitív osztót alkot, és  $C_s$  jóval kisebb kapacitású, mint  $C_m$ , belátható, hogy  $C_s$  sarkán nagy értékű, kényelmesen mérhető nagyfrekvenciás jel van.

Például az említett Tesla műszernél  $C_s = 200$  pF,  $C_m = 12$  nF, így pl. 20 mV helyett 1,2 V-ot mérhetünk.

A jósági tényező értéke kisebb elhanyagolásokkal:

$$Q = (U_2/U_1) [1 + (C_h/C_m)] \quad [1],$$

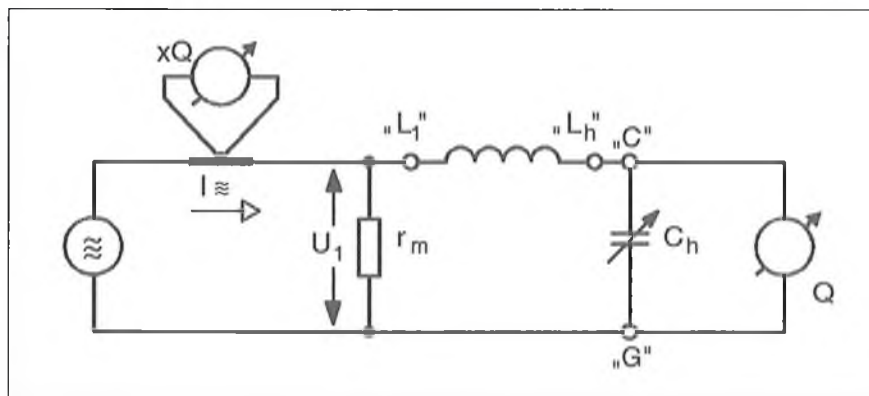
ahol  $U_2$  a hangoló kondenzátoron rezonanciában kialakuló feszültség,  $U_1$  a betáplálókondenzátoron levő feszültség. Tekintettel arra, hogy  $U_2$  és  $C_h$  változó, nem lehet a műszert közvetlenül Q-ban skálázni. Ezért vezessük be a  $Q' = U_2/U_1$  segédváltót, amelyet helyettesítsünk vissza a kiindulási egyenletünkbe:

$$Q = Q' [1 + (C_h/C_m)].$$

Az egyenletből adódik, hogy a műszer skálát Q-ban kell kalibrálni, ami kis (50...100 pF-os)  $C_h$  esetén alig tér el a valós értéktől, míg nagyobb (400...500 pF)  $C_h$ -nál,  $C_m$  ismeretében, a műszer által mutatott érték korrigálható.

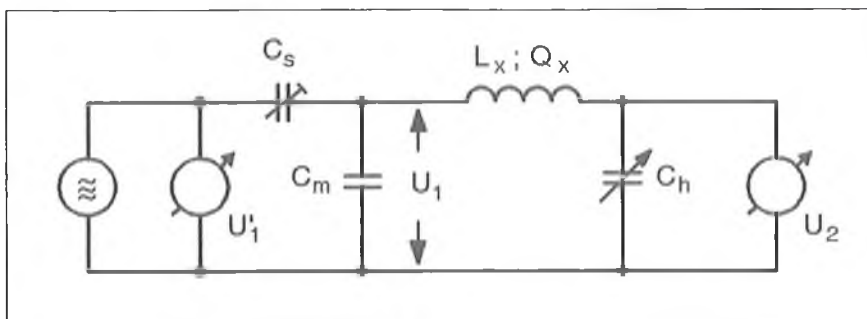
##### 4.3. Induktív betáplálású Q-mérő

Ha a 2. ábrán bemutatott kapcsolási elrendezés  $Z_m$  és  $Z_s$  jelű impedanciái helyére induktivitásokat teszünk, akkor



4. ábra





5. ábra

kapjuk a mérőinduktívitasos betáplálási mérőkört. A mérőkör felépítését a 6. ábra szemlélteti. Fontos, hogy a  $Z_m$  impedancia helyére tett inductívitas értéke jóval kisebb legyen, mint a Q-mérő frekvenciatartományában előforduló legkisebb értékű inductívitas, hiszen mérésakor ezzel sorba kapcsolódik. A  $Z_m$  és a  $Z_s$  inductívitas itt is feszültségosztót alkot, lehetővé téve a mérőkört tápláló  $U_1$  rádiófrekvenciás feszültség egyszerű mérését.

Ezen műszertípus egyik képviselője a volt szovjet gyártmányú, E9-5 típusú Q-mérő ([5]), amely a 15...250 MHz-es frekvenciatartományban használható tekercsek jósági tényezőjének mérésére.

Láthatjuk, hogy az 5. és a 6. ábra mérőkörök között igen erős a hasonlóság, ugyanis csak az alkalmazott feszültségosztó elemekben különböznek.

#### 4.4. Számlálós (digitális) mérési módszer

Ezt csak a teljesség kedvéért említem. Tömbvázlata a 7. ábrán látható. Azt hiszem, hogy egyetlen képviselője a megoldásnak a Rohde & Schwarz cég QDM típusú készüléke [6].

Mérési módszere a következő: a K kapcsoló zárásának pillanatában egy DC feszültséget kényszerít az  $L_x$  és  $C_h$  elemekből álló párhuzamos rezgőkörre. (A  $C_h$  értéke megválasztható a műszer előlapján levő kalibrált skála szerint.) A kapcsoló nyitása után a magára hagyott rezgőkör önfrekvenciáján a körjóság megszabta ideig exponenciálisan csökkenő amplitúdóval rezeg. Amikor a csillapodó rezgés amplitúdója  $U_1 = 50$  mV-ra csökken, egy elektronikus számláló számlálni kezdi a rezgéshullámok számát mindaddig, míg az amplitúdó nagyobb vagy egyenlő az  $U_2 = U_1/e^{\pi}$  képlet által megadott értéknél, azaz 2,16 mV-nál.

Az így leszámolt csillapodó rezgésamplitúdók darabszáma adja az induk-

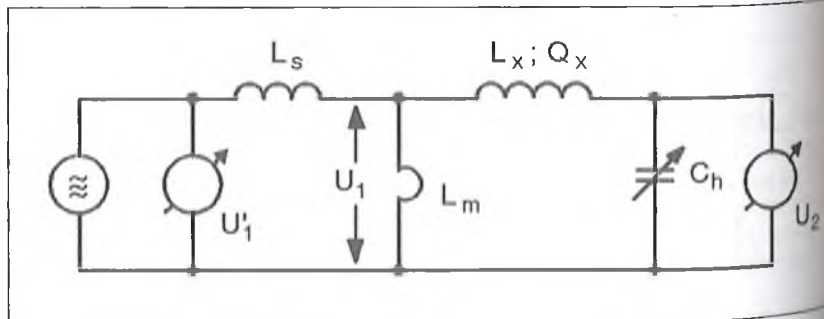
tívitas jósági tényezőjét. A QDM műszer önálló frekvenciamérőként is használható 12 MHz-ig. Feltehető, hogy Q-mérési képessége is eddig a frekvenciahatárig terjed.

#### 4.5. A módszerek összefoglalása

Az ellenállásos betáplálási Q-mérő kezelése nagyobb gondosságot igényel (a termokereszt miatt), viszont mérőkörének kialakítása miatt akár hangfrekvenciás sávú mérések végzésére is alkalmas. (A Radiometer cég QM-1 műszere külső generátor alkalmazásával akár 1 kHz-en is használható a [2] alapján.) A mért érték azonnal rendelkezésre áll, nem kell esetenként korrekciós számításokat végezni.

A kondenzátoros és inductívitasos betáplálási Q-mérők használhatósága elsősorban a rádiófrekvenciás tartományokra esik. Hasonlítsuk össze pl. egy 10 nF kondenzátor 1 kHz-en mutatott 16 k $\Omega$ -os, ill. 10 MHz-en mért 1,6  $\Omega$ -os impedanciáját a 0,04  $\Omega$ -mal! Viszont az alkalmazott mérőellenállás csak kb. 30 MHz-ig tekinthető frekvenciafüggetlennek (gyári adat, [2]).

A számlálós műszer adja a legegyszerűbb kezelési és mérési lehetőséget, bár ezzel a műszerrel nem hiszem, hogy sokan találkoztak már hazánkban. Nekem volt módomban belenézni; utánépítését senkinek sem javaslom!



6. ábra

## 5. A Q-mérő kalibrálása

Véleményem szerint ez az a téma, amire az általam eddig fellet építési leírásokban egy kicsit mellőztek, vagy alig érintettek. Igaz, ennek oka lehet az is, hogy a kalibrálás pontos RF millivoltmérőt és egy szignálgenerátort is igényel. Ez így együtt nem állnak rendelkezésre minden rádiórestaurátornak. Akár a meretlen műszaki állapotú Q-mérőt vásárolunk, akár építünk egyet, a kalibrálás kell, hogy megelőzze a műszer használatát!

Legegyszerűbb eset, ha sikerül olyan, szinte „vadi új” gyári műszert vennünk, amelynek „hadi szürkületi” festett ládájában benne vannak az eredeti gyári etalonok; láttam ilyen! Ezekkel kell kalibrálni a ládában található leírás szerint. Egyszerű, ideális eset.

A gyakrabban járható út azonban az, ha készítünk vagy választunk néhány mechanikailag stabil tekercset, amelyeket megmérünk egy hitelesített Q-mérővel. Utóbbit keresni kell ismerős körökben. Ezután mérjük meg ugyanezt a tekercset a saját, még ismeretlen kalibrációjú Q-mérőnkkel. Mérésnél gondosan ügyeljünk arra, hogy a mérőfrekvencia és a hangolókapacitás egyezzen meg a hitelesnek tekintett műszernél alkalmazott értékekkel!

Szerencsés esetben a két mért érték jól egyezik és a kalibrálást befejezhetünk tekinthetjük. (Szerencsés esetben tartom, ha a két mérési eredmény között az eltérés 10%-on belül van.) Noha a mi szakmánkban a szerencse elritka, ezért vegyük sorra az egyéb lehetőségeket!

#### 5.1. Mérőellenállásos betáplálási Q-mérő kalibrálása

Az RF millivoltmérőnk mérési tartományába eső valamely frekvencián mérünk be akkora generátoráramot, hogy a jósági tényező mérőműszerünk

# MÁR

## A HE-füzetek kizárólag csak a szerkesztőségnél kaphatók!

**Elektronika**  
FÜZETEK

1.

Nagymáté – Chrenkó

### FÉMKERESŐK

9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0

**Elektronika**  
FÜZETEK

2.

Ágoston – Bereti – Pruzsinszky

### Audiofil-Varázs I.

SHIS  
emlékmű  
2A3-mal

9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0  
Varázslatok  
a CD  
körül

**Elektronika**  
FÜZETEK

3.

Vörös Tamás

### PIC – kezdőknek

9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0

**Elektronika**  
FÜZETEK

4.

Ágoston – Nagy

### Audiofil-Varázs II.

20 W-os „A” osztályú Push-Pull erősítő



100 W-os  
hibrid<sup>2</sup>  
erősítő



Még  
egyszer a 20 W-os híbrldről

Állatrészek



Félvezetős RIAA-korrektor  
Univerzális előerősítő

Audiofil találkozik – képekben  
www.radiovilag.hu

Egy-egy szám ára: 2790 Ft.  
Rendeljen, mert el fog fogyni!

A HAM-bazár nyitva H-P. 09–14 ó.,  
Bp. XIII., Dagály u. 11. I. em.

Tel./fax: 239-4932, 239-4933 1374 Budapest, Pf. 603 hambazar@radiovilag.hu

(Postán is elküldjük, kb. 400 Ft postaköltséggel.)



„ $\times Q$ ”-t mérő műszere 1-et mutasson. (A méréshatár kiterjesztése miatt a „ $\times Q$ ” műszeren 1; 1,5; 2 és 2,5 szorzófaktorok vannak megjelölve.)

Kapcsoljunk tekercset az  $L_h$  és az  $L_1$  jelű kapcsokra (4. ábra)! Kössünk kis bemenőkapacitású és nagy bemenőellenállású RF millivoltmérőt a  $C$  és a  $G$  pontok közé. Ezután rezonanciára hangoljuk a tekercset a  $Q$ -mérő forgókondenzátorával. (Rezonanciát a  $Q$ -t mutató műszer maximális kitérésekor kapunk.)

Olvassuk le a mért  $Q$  értéket és a hozzátartozó RF feszültséget! Ezt a feszültséget nevezzük  $U_2$ -nek. Ezután meg kell mérni az  $U_1$  feszültséget az  $L_1$  és a  $G$  pont között. Természetesen az RF mérőműszer áthelyezésekor a mért  $Q$  megváltozik, hiszen a rezgőkör elhangolódik, de ez a további mérést nem befolyásolja.

Jól működő műszer esetén az  $U_2/U_1$  hányados megegyezik a mutatott  $Q$  értékkel. Eltérés esetén a  $Q$ -t kijelző csövmérőt pontosítani kell. (Ezt általában az alpműszerrel sorba kötött kalibráló potenciométerrel tehetjük meg.)

Másik variáció: mint fent, egy adott frekvencián állítsunk be akkora mérőáramot a  $Q$ -mérő generátorán, hogy a „ $\times Q$ ” műszer 1-et mutasson. Ügyeljünk arra, hogy a választott frekvencia essen bele az RF millivoltmérőnk frekvenciatartományába! Mérjük feszültséget az  $r_m$  ellenállás sarkain az  $L_1$  és a  $G$  pont között. A mért értéket jegyezzük fel! (20 mV körül várható.) Ez az  $U_1$  feszültség, mely a rezgőkört gerjeszti. Ezután célszerű a  $Q$ -mérő generátorának jelszintszabályozóját teljesen lesabályozni. Most kapcsoljunk az előbbivel azonos frekvenciájú RF jelet a  $C$  és a  $G$  pontokra! A bevezetett feszültség értékét válasszuk az  $U_1$  10, 20, ... 100, 200 stb. szorosára. A műszerünk által mutatott  $Q$ -nak rendre 10, 20, ... 100, 200 stb. értéket kell mutatnia, kifogástalan működés esetén.

Ezzel a mérési eljárással több ponton is ellenőrizhetjük műszerünket, így esetleg a mérőkör linearitási hibáira is fény derül. A ráérősek ezzel a módszerrel több frekvencián és több szorzófaktornál (1; 1,5 stb.) is ellenőrizhetik a mérőműszerüket. Mindkét kalibrálási eljárásra igaz, hogy a  $Q$ -t mérő műszert elektronikusan ki kell nullázni az  $L_h$  és a  $G$ , vagy a  $C$  és a  $G$  kapcsok rövidre zárása után. Megjegyzés: Az  $L_1$ ,  $L_h$ ,  $C$  és  $G$  jelzés a műszergyártó által használt jelölés; ezek a műszer szorítókapcsainál fel vannak tüntetve.

## 5.2. Kondenzátoros betáplálású $Q$ -mérő kalibrálása

A kalibrálás menete igen hasonló az ellenállásos betáplálású műszeréhez. Eltérés, hogy a mérőkondenzátor feszültségét mérő műszer nincs mindig „ $\times Q$ ” értékben skálázva, csupán egyetlen vonás jelzi, hogy meddig kell növelni a generátor RF jelszintjét. Állítsuk be ezt a szintet, majd mérjük feszültséget a  $C_m$  és a föld között. Ez lesz az  $U_1$ ; értékét jegyezzük fel! Ezután adjunk az előbbi generátorfrekvenciával megegyező frekvenciájú RF feszültséget a föld és a nagyfrekvenciás bemenet közé  $U_1$  értékének 10, 20, ... 100, 200 stb. szorosát. Jó működés esetén a  $Q$ -t mutató műszer rendre 10, 20, ... 100, és 200 stb.  $Q$ -t fog mutatni. Eltérés esetén a  $C_m$ -mel sorba kötött trimmerkondenzátort ( $C_s$ ) kell állítani (5. ábra).

Megjegyzés: Előfordul, hogy a kondenzátoros betáplálású  $Q$ -mérőben egyetlen mérőműszert alkalmaznak, átkapcsolóval, az RF jelszint beállítására, ill. a  $Q$  értékének mérésére, kijelzésére.

## 5.3. Induktívitasos betáplálású $Q$ mérő kalibrálása

A kalibrálás menete megegyezik a 5.2. pontban leírtakkal, azzal az eltéréssel, hogy itt értelemszerűen az  $L_m$  és a föld között kell RF feszültséget mérnünk. Használva az [5] jelöléseit  $L_x$  és  $C_x$  „hideg” pontja között úgy, hogy a két csatlakozási pont közül a  $C_x$  a valódi föld, ide jön az RF jelszintmérő hideg pont-

ja. Természetesen az RF generátor kimenő jelszintjét itt is be kell szabályozni a  $\times Q = 1$  értékre, vagy az egyéb módon meghatározott jelszintre (pl. valamilyen jelzésre a műszerskálán). Ezután lesabályozva a  $Q$ -mérő generátorának jelszintjét, kell a külső RF jelforrás  $Q$  értékével felszorozott jelét a  $C_s$  kapcsokra vezetni.

## 5.4. Számlálós elven működő $Q$ -mérő kalibrálása

Ennél a műszertípusnál (ha egyáltalán van valakinek ilyen műszere) a pontos műszaki részletek ismeretének hiánya miatt kalibrálásra csak az összehasonlításos módszer jöhet szóba.

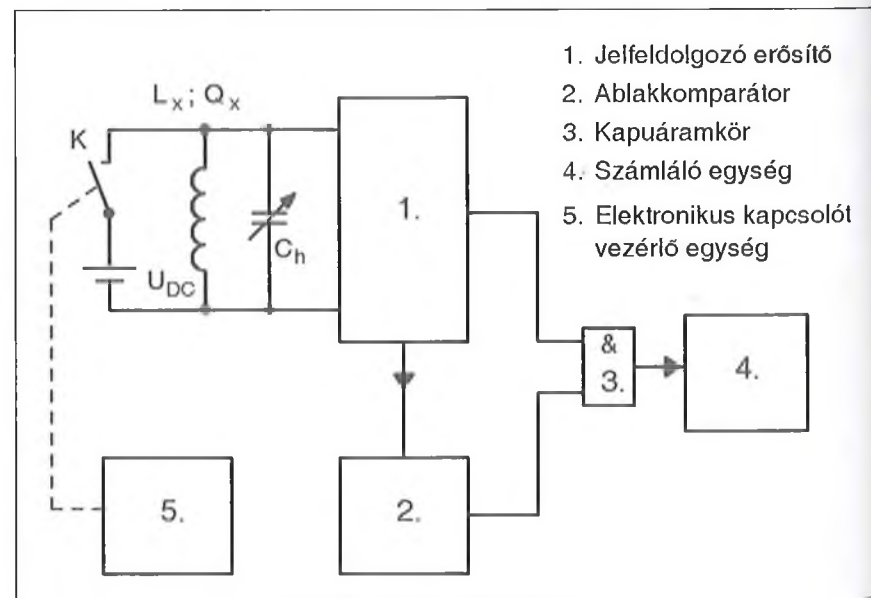
## 6. Milyen mérési feladatokra használható még a $Q$ -mérő?

### 6.1. Modulálatlan jelgenerátor

A  $Q$ -mérő működési frekvenciatartományban közepes kimenőszintű (20 mV körüli), kisimpedanciás RF jelforrás. Amplitúdója nem túl széles tartományban szabályozható. Kiegészítve pl. PREH gyártmányú koaxiális potenciométerrel, már jól használható, bár nem modulálható szignálgenerátorhoz jutunk.

### 6.2. Kapacitásmérés

Tetszőleges induktivitást közel beforogtatott forgónál (kerek értékre beállítottánál) rezonanciára hangoljuk a mű-



7. ábra

szer generátor frekvenciájának változtatásával és feljegyezzük a Q-mérő forgójának kapacitását. Ez lesz a  $C_1$ . Ezután a Q-mérő forgójával párhuzamosan kötjük a megmért kondenzátort, majd addig csökkentjük a forgó kapacitását, míg ismét rezonanciát kapunk. (A pontos rezonanciára hangolást mindig a Q-t mutató műszer maximális kitérése jelzi.) Ezután ismét leolvassuk a forgó kapacitását, ez lesz a  $C_2$ . Az ismeretlen kapacitásértéket a  $C_x = C_1 - C_2$  képlet adja. *Megjegyzés:* Ezzel a módszerrel csak kis kapacitások mérhetők. A mérhető maximális kapacitás egyenlő vagy inkább kisebb, mint a hangolóforgó maximális kapacitása!

### 6.3. Induktivitásmérés

Csatlakoztassuk a mérendő induktivitást az  $L_x$  kapesokhoz ( $L_1$  és  $L_h$ )! Hangoljuk rezonanciára az induktivitást a Q-mérő kondenzátorával és a generátorával. Rezonancia esetén (Q maximális értékénél) olvassuk le a berendezés forgókondenzátorának a kapacitását és a generátor frekvenciáját! Az ismeretlen induktivitás értékét az alábbi képlet adja:

$$L_x = 25330 / (C \cdot f^2); \mu\text{H}, \text{pF}, \text{MHz}.$$

*Gyakorlati tanács:* ha a Q-mérő kondenzátorát előre  $C = 253 \text{ pF}$ -ra beállítjuk és csak a készülék generátorfrekvenciájának változtatásával keressük meg a rezonanciafrekvenciát, akkor az előbbi képlet az alábbi módon egyszerűsödik.

$$L_x = 100/f^2; \mu\text{H}, \text{MHz}.$$

### 6.4. Rezgőkör rezonanciafrekvenciájának mérése a rezgőkör saját kapacitásával

Amennyiben a Q-mérő hangoló kondenzátora kiiktatható a mérésből, akkor iktassuk ki, vagy forgassuk minimális kapacitásértékre. Ezután helyezzük a mérőkörbe a rezgőkörünket a saját hangolókapacitását használva, majd a Q-mérő generátorának frekvenciájával keressük meg a rezonanciafrekvenciát! A rezonáns frekvenciát a Q-t mutató műszer maximális kitérése fogja adni.

Természetesen az eredetileg párhuzamos LC kör egyik végét meg kell bontani mérés előtt. A szabaddá vált L és C végeken kell megtáplálni a rezgőkört. (Ide kerül a  $Z_m$  impedancia: R, C vagy L.)

## 7. Néhány gyakorlati tanács

- Amikor egy tekercs jósági tényezőjét mérjük, törekedjünk arra, hogy a mérőfrekvencia lehetőleg egyezzen meg a tekercs későbbi üzemi frekvenciájával! (Az üzemeltől eltérő mérőfrekvencia használata esetén az üzemi frekvenciához helyesen megválasztott huzalátmérőnél a valóságosnál jóval kisebb Q értéket kapunk. Ennek magyarázata túlnő jelen cikk témáján.)
- Belátható, hogy mérőműszerrel – legyen az bármilyen mennyiség mérésére való – mindig csak az adott méréstartományba eső méréseket tudunk elvégezni. Ez sok más mellett azért van így, mert pl. egészen más elven mérünk  $0,1 \mu\text{H}$  körüli induktivitást mint egy  $100 \text{ H-s}$  előmágneseztet. Ezért javasolom, hogy aki ezután épít vagy vásárol Q-mérőt, gondolja végig, hogy mire akarja azt használni. Megkockáztatom, hogy a restaurálási munkához  $100 \text{ kHz}$  és  $12 \text{ MHz}$  közötti frekvencián működő műszer tökéletesen megfelelő. (Ebben a frekvenciatarományban a régi rádiók  $128 \text{ kHz-es}$  KF-jétől a  $10,7 \text{ MHz-es}$  FM KF-ig minden benne van.
- Aki saját maga épít Q-mérőt (legyen az bármilyen mérőkörü) célszerű az építendő műszer

mérőkörét úgy kialakítani, hogy a Q-mérést el lehessen végezni csak a rezgőkör saját kapacitásának felhasználásával is! Ehhez természetesen a párhuzamos rezgőkört meg kell bontani, hogy soros rezgőkör legyen belőle. (No persze némi szerelési kapacitás hozzáadásával.) Jőmagam egy RFT-161 típusú Gütefaktormesser (NDK gym.) Q-mérő tulajdonosa vagyok, amit a „síról kellett visszahoznom”. Rendbetelekekről a mérőkört úgy alakítottam át egy pluszként beépített műszerosztó alkalmazásával, hogy az előbbi elvárásnak eleget tegyen. (Kívülről egy rövidre záró lemezzel lehet a hangolóforgót a mérőkörre rákapcsolni, vagy arról lekapcsolni.)

### Irodalom

1. Rózsa Sándor: Amatőr Mérőkészülékek; Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1974.
2. Nagy Sándor: Elektronikus Mérőműszerek II. BME jegyzet; Tankönyvkiadó, 1962.
3. Gellért Endre: A rádióvevőkészülék; Nehézipar Könyvkiadó, 1954.
4. Tesla BM-211A típusú Q-mérő kapcsolási elrendezése (a műszerkönyv melléklete)
5. Czine József – Dr. Telkes Béla: Elektronikus műszerek. Felsőfokú technikumok jegyzet; Műszaki Könyvkiadó, 1966.
6. Rohde & Schwarz QDM típusú Q-mérő műszerismertetője; kiállítási szórólap

**A COMMED TRADE az AccuCell hivatalos magyarországi forgalmazója**

Használjon korszerű 1,5V-os tölthető RAM-elemeket! Csak AccuCell töltővel tölthető!



PowerSet 4db akkuval. Univerzális gyorsító Töltő 2db AA akkuval  
7.840,- Ft    8.290,- Ft    3.990,- Ft

Ahol nem elég az 1,2 V-os NiMH akku, oda AccuCell kell!

Szakszerű használat mellett akár 500 töltési ciklust!

Baby 2 db-os 3.990,- Ft	AA 4 db-os 1.990,- Ft	Gyorsító 4 db-hoz AA - AAA mérethez 6.830,- Ft
Góllát 2 db-os 3.990,- Ft	AAA 4 db-os 1.990,- Ft	

**Teljes választék és árak honlapunkon!**  
[www.commed.addel.hu](http://www.commed.addel.hu)  
**Vásárolhat mintaboltunkban is!**  
1074 Budapest, VII. Vörösmarty u. 3/a T: (1) 222-7000



**Ferritmagos tekercsek, ferritmagos transzformátorok, hálózati transzformátorok, NF-tekercsek, csévetestek, ferritek, smd-induktivitások, Amidon porvasmagok nagy választékban kaphatók! Postai utánvétellel is szállítunk.**

**TALI Bt.**

2600 Vác, Zrínyi u. 39.

☎ 06/27/501 220 Fax: 06/27/501 221  
tali@vnet.hu www.tali-transformers.hu



# Építsünk Q-mérőt!

Simoncsics László  
 oki. villamosmérnök,  
 simoncsics.laszlo@t-online.hu



Nagyon régen jelent meg a Rádiótechnikában és az Évkönyvben Q-mérő építési leírás, és a szakirodalom is elég mostohán bánt ezzel a témával, pedig egy ismeretlen tulajdonságú nagyfrekvenciás vasmagos tekerccsel ennek hiányában szinte semmit nem tudunk kezdeni. A Q-mérő a régi vevőkészülékek felújításával foglalkozó gyűjtőknek legalább olyan fontos műszere, mint a csőmérő. A csöves korszakból maradt a piacon néhány használható műszer; ezeket még elfogadható áron meg lehet vásárolni, bár nehezek és terjedelmesek. Talán ez azért nem baj, mert egy Q-mérőt nem használunk olyan gyakorisággal, mint egy szignálgenerátort vagy egy digitális multimétert. Az

alább ismertetett berendezés mérési eredményeit is egy ilyen muzeális műszerrel hasonlítottuk össze.

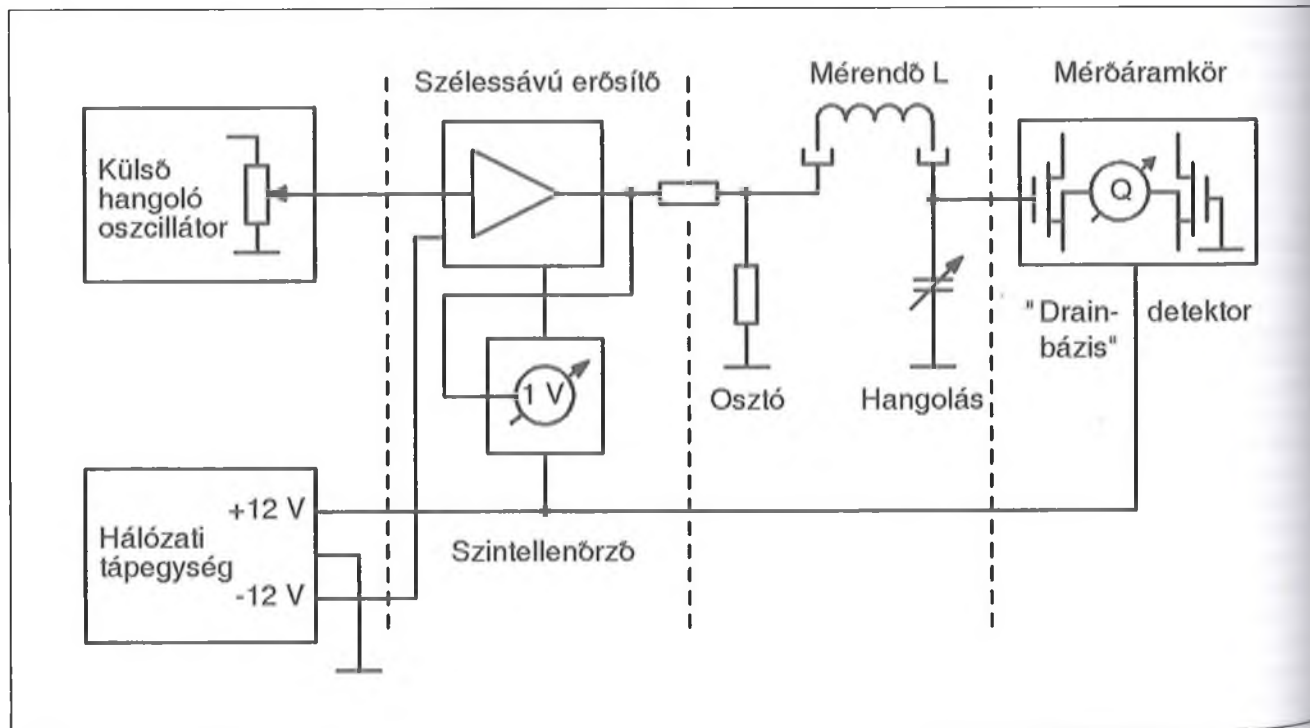
## 1. Bevezetés

Amennyiben tanulmányozzuk a legjobb elektroncsöves Q-mérők felépítését, és az ott alkalmazott megoldásokat átültetjük félvezetőkre, könnyű, kisméretű, egyszerűen megépíthető műszerhez jutunk.

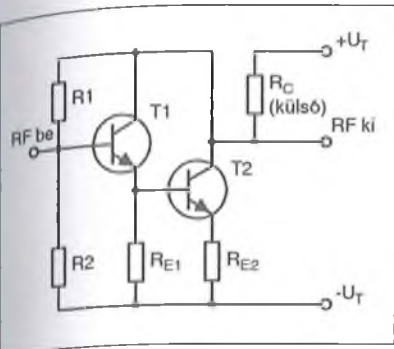
További könnyítést jelent, ha a műszerhez külső szignálgenerátort és tápegységet alkalmazunk, hiszen ezek többnyire rendelkezésére állnak azoknak, akik nagyfrekvenciás tekerccsek jóságát akarják meghatározni.

A Q-mérő működésének ismertetésétől itt eltekintek, mert ezt Borody Huba szerzőtársam az előző cikkben már elvégezte. Ennek a fajta műszernek két kritikus, nehezen megvalósítható egysége van: a mérendő rezgőkört tápláló, gyakorlatilag 0 ohm kimenőimpedanciájú, konstans feszültségű generátor, amelyet egy frekvenciafüggetlen osztó valósít meg, és a rezgőkör által – a tekercs Q-szorosára – megnövelt feszültség mérését végző, igen nagy bemenőellenállású nagyfrekvenciás feszültségmérő (demodulátor) áramkör.

Vizsgáljuk meg, hogy az általam legjobbnak tartott (még elektroncsöves) Q-mérőnél, a dán Radiometer QM-1 típusú műszerénél milyen eszkö-



1. ábra



2. ábra

zökkel oldották meg ezeket a feladatokot [1]! Az oszcillátor által előállított nagyfrekvenciás jelet egy *termokeresztes ampermérő* méri, ez kellő pontossággal végzi az oszcillátorcső anódfeszültségének szabályzásával beállítható 0,5 A-es áram mérését. Az áram egy 0,04 ohmos, 30 MHz-ig *frekvenciafüggetlen ellenálláson* kb. 20 mV feszültségesést hoz létre, amely a mérendő rezgőkört táplálja. Az ellenállást – a kis induktivitás biztosítása érdekében – kerámiacsőre gözölt aranyréteggel hozták létre.

A nagy bemenőimpedanciás csővoltagemérőt egy felső rácskivezetésű *EF6 típusú körmős cső* segítségével valószínűsítették meg.

A későbbi tranzisztoros Q-mérőknél – termokeresztes műszer hiányában – a konstans feszültségű nagyfrekvenciás táplálást úgy oldották meg, hogy fix feszültséget kapcsolnak egy frekvenciafüggetlen *kapacitív osztóra* [2].

Bipoláris tranzisztorokkal nehéz volt olyan nagyfrekvenciás feszültségmérőt készíteni, amelyik nem terhelte a rezgőkört, hiszen a diódás egyenirányítók soros kapcsolás mellett R/2, párhuzamos kapcsolás esetén R/3 terhelést képviselnek. (R a dióda munkaellenállása). Ezért alkalmazták a Radiometer konstruktőrei az ún. *katód demodulátor* kapcsolást, amelynek bemeneti ellenállása gyakorlatilag végtelennek tekinthető [3]. Az ismertetésre kerülő műszerben ezt a megoldást ültettük át MOSFET-es áramkörre, mert ezek az eszközök – felhasználásukat illetően – nagyon hasonlítanak az elektroncsövekhez.

### 2. A műszer felépítése

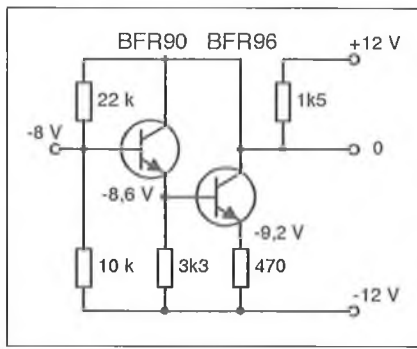
A műszer tömbvázlatát az 1. ábra mutatja. Az ábrából az is kiderül, hogyan kell az egyes egységeket egymástól árnyékolással elválasztani. Mint említettük,

a műszert külső szignálgenerátorral (helyesebben rádiófrekvenciás áramforrással [4]) és hálózati tápegységgel működtetjük. A tömbvázlaton azért alkalmaztuk a *hangoló oszcillátor* megnevezést, mert a szignállal kapcsolatosan csak annyi megkötés van, hogy legalább 50 mV-os kimenőszintet produkáljon abban a frekvenciatartományban, amelyben a tekercsek jóságát ellenőrizni óhajtjuk (szokásosan 100 kHz...30 MHz), és a kimeneti jelszintet szabályozni lehessen. Ezt a követelményt kielégíti bármelyik gyári, ill. amatorkészítésű szignálgenerátor, vagy hangoló oszcillátor [5]. A gyári műszerek közül a kisméretű és olcsón beszerezhető EMG Servotest szignálgenerátort említhetjük. A frekvencia pontosságával kapcsolatosan semmilyen megkötés nincs, mert a tekercs jósága kismértékű frekvenciaeltérés mellett nem változik számottevően.

A hálózati tápegység 2x12 V DC, 100 mA terhelhetőséggel. Aki kényelmetlennek találja a külső tápegység alkalmazását, számtalan leírást talál korábbi kiadványainkban, amelyek alapján beépíthető egységként készítheti.

A műszer baloldalán elhelyezett árnyékolat rekeszben található a szélessávú erősítő és a szintellenőrző áramkör. Az erősítő feladata, hogy a 100 + 0,5 ohm impedanciájú osztó bemenetére minél pontosabban 1 V nagyfrekvenciás feszültséget adjon. Ennek mérésére szolgál a szintellenőrző áramkör, amely a teljes frekvenciatartományon belül biztosítja ennek a feszültségnek a beállítását. Amennyiben 0,5 V-ot állítunk be, a Q méréshatárát kétszeresére bővíthetjük. Ezzel a módszerrel kiküszöböltük az említett termokeresztes árammérőt.

A középső rekeszben található az optimális esetben frekvenciafüggetlen osztó, a finomhangolóval ellátott forgókondenzátor és a mérendő tekercs csatlakoztatására szolgáló két műszerszorító. A forgókondenzátorral a párhuzamos rezgőkört a bejövő frekvenciára hangoljuk, ezt érzékeli a jobb oldali rekeszben elhelyezett mérőáramkör, amely MOSFET-ekkel megvalósított nagyfrekvenciás demodulátor és feszültségmérő. A műszer skálája Q értékben van skálázva. Ismert ugyanis a rezgőkört tápláló feszültség (5 mV) ennek Q-szorosa (Q = 200 esetében 1V) jelenik meg a forgókondenzátor állórészén, így – egy kellően pontos – szignálgenerátor és nagyfrekvenciás feszültségmérő segítségével a műszer



3. ábra

skálája elkészíthető. Nem véletlenül hangsúlyoztuk az árnyékolás fontosságát, mert ettől és az elrendezéstől jelentősen függ a műszerünk pontossága.

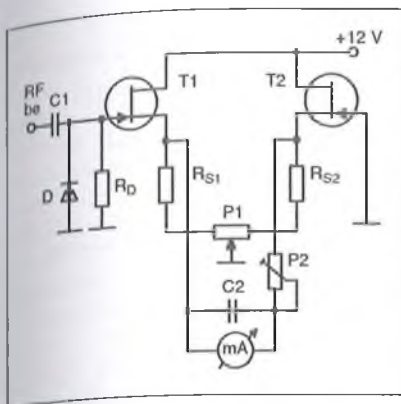
### 3. Szélessávú erősítő

Nem könnyű a hagyományos analóg integrált áramkörök (pl. LF 357) segítségével a szükséges sávban (100 kHz...30 MHz) hangolatlan erősítőt készíteni, mert vagy a negatív visszacsatolás pozitívvá válása miatt a sáv szélén begerjed az áramkör, vagy nem tudjuk biztosítani szükséges sávzélességet. Szerencsére diszkrét alkatrészek felhasználásával készíthető erősítőkről bőséges irodalom állt a rendelkezésünkre [6, 7]. De nagy segítséget jelentett az *előző évkönyvekben* megjelent sorozat [8]. Az ötletet a cikkben ismertetett Mini-Circuits gyártmányú, MAR jelzésű MMIC (monolitikus mikrohullámú integrált áramkör) leírása adta: építsük meg ezt az áramkört diszkrét alkatrészekkel!

A 2. ábrán az áramkör belső felépítését láthatjuk az alkatrészek eredeti jelzésével. A kapcsolás nagyon egyszerű, ha meghatározzuk a tápfeszültséget és a tranzisztorok áramát, az összes ellenállás értékét könnyen kiszámolhatjuk. Legyen a tápfeszültség ±12 V, a kimeneti egyenszintet célszerű 0-ra választani. A két tranzisztor árama az első fokozatban legyen 8 mA, ebből kiadódik RC értéke, T1 tranzisztor bázisosztó ellenállásai a negatív tápfeszültséget 2/1 arányban osztja le. A T1 emitterkövető tranzisztor áramát vehetjük 1 mA-re, ezekből az adatokból már kiszámíthatók a 3. ábrán feltüntetett feszültség- és ellenállásértékek. A két tranzisztornak a BFR90 és BFR96 típusú választottuk. A fokozat erősítését az RE2 átblokkolatlan részének nagyságával már a mérések során, kísérletileg állíthatjuk be.







5. ábra

A második fokozat ellenállásértékeit hasonló módon számíthatjuk ki, csak az áramértékeket vesszük nagyobbra, mert ennek egy ellenütemű végfokot kell meghajtania, amely a 100 ohmos terhelésre dolgozik.

A szélessávú erősítő teljes kapcsolási rajzát a 4. ábrán láthatjuk. A bemeneten levő antiparalel diódapár szerepe a bemenőfokozat védelme. Fontos a tápfeszültségek jó szűrése, és annak megakadályozása, hogy a nagyfrekvenciás jel a tápvezetéseken kijusson; ezt a célt szolgálja a két átvezető kondenzátor.

#### 4. Szintellenőrző áramkör

A mérés pontosságát nagyban befolyásolja, hogy milyen stabilan tudjuk tartani a frekvenciafüggetlen osztót az előírt feszültséget, esetünkben névlegesen 1 V-ot. Az olcsóbb hangoló oszcillátorok nem tartalmazznak a kimenetükön szintmérő műszert, és ezekben általában nem alkalmaztak szintstabilizáló áramkört. A beépített szélessávú erősítő erősítése is bizonyos mértékben változik a frekvencia függvényében. Ezért szükséges a szintellenőrző áramkör, amely közvetlen az osztó bemenetén méri a nagyfrekvenciás feszültséget. Az áramkör elvi rajzát az 5. ábra mutatja.

A bemeneten  $C_1$  kondenzátor és D dióda egyenirányítja a nagyfrekvenciás jelet. Ezért választottuk ezt a párhuzamos demodulátor kapcsolást, hogy a szélessávú erősítő kimenetén esetleg fellépő egyenáramú szintet a  $C_1$  leválassza. Mivel a dióda munkaellenállása,  $R_D$  kellően nagy lehet, nem terheli az erősítő kimenetét. A szilíciumdiódák magas nyitófeszültsége 1 V-os mérés-határban „összenyomja” a műszer skálájának alját, ezért célszerű, ha germánium- vagy fém-félvezető átmenetű,

ún. Schottky diódát építünk be. Az alkalmazott BAT48 jelű Schottky dióda nyitófeszültsége olyan alacsony, mint az aranytűs Ge diódáké, de a nagyfrekvenciás tulajdonságai lényegesen jobbak [9].

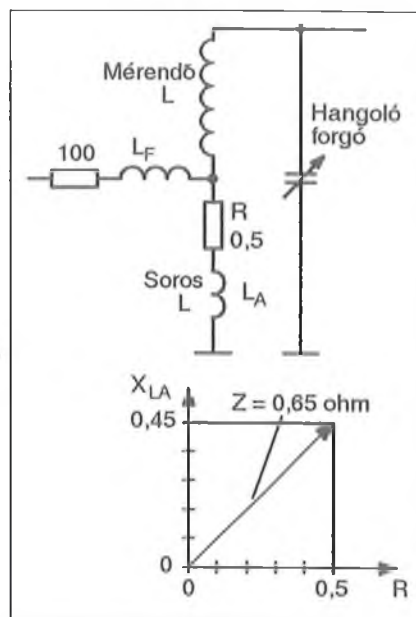
Az egyenáramú feszültségmérőt  $T_1$  és  $T_2$  JFET-ekkel felépített differenciálerősítő alkotja. A  $P_1$  nullázó trimmerpotméter kiegyenlíti a két JFET közti különbséget, a  $P_2$  pedig a műszer végkiterésének beállítására szolgál. Ebben a fokozatban 1 mA érzékenységgű alapműszert használhatunk. A kapcsolás hőfokstabilitása olyan jó, hogy a nullázó potmétert csak egyszer kell beállítanunk.  $C_2$  a nagyfrekvenciás komponenseket söntöli.

#### 5. Frekvenciafüggetlen osztó

Az 1:200-as feszültségosztást ellenállásokkal valósítjuk meg. Sokféle megoldást kipróbáltunk, de kerámia csőre aranyréteget gőzölni nem tudunk, a kapacitív feszültségosztónak pedig egyéb hátrányai vannak. Csak kísérletezni lehet: a bemenetre szignálgenerátor segítségével pontos 1 V-ot adva, az osztó alsó tagját alkotó 0,5 ohmos ellenállás 5 mV-ot mérhetünk nagyfrekvenciás csővoltmérő segítségével. Fémréteggel ellenállást alkalmazva a legtöbb esetben 1 MHz feletti frekvencia tartományban – az osztó alsó tagjának induktivitása következtében – a leosztott feszültség jelentősen emelkedik. A legjobb eredményt az SMD ellenállásokkal kialakított alsó tag adta (Borody Huba ötlete). Ezekből a legkisebb kapható érték 1  $\Omega$ , ezért kisméretű nyáklemezen vagy két darab 1 ohmos, vagy még jobb, ha 10 darab 5 ohmos ellenállást kapcsolunk párhuzamosan, ezzel is mérsékelve a kiadódó induktivitást.

#### 6. Kompenzált osztó

Ilyen kis ellenállásérték mellett már néhány nH-s induktivitás is jelentős kiemelési eredményez. Ezért ha az osztón magasabb frekvencián feszültségemelkedést tapasztalunk, akkor kompenzált osztót kell alkalmaznunk, hasonlóan a nagyfrekvenciás mérőműszerek bemenetéhez. Ezeknél az osztó felső tagja mellett alkalmaznak párhuzamos kapacitásokat, hogy kompenzálják az alsó tag mellett szórt és bemeneti kapacitásokat. A szükséges kapacitást az  $R_A C_A = R_F C_F$  képletből lehet kiszámolni, ahol az „A” index az alsó az „F” index a felső tagot jelenti.



6. ábra

Az induktivitással kompenzált osztó rajzát a 6. ábrán mutatjuk. Ahhoz, hogy meghatározhassuk  $L_F$  induktivitás értékét, ismernünk kell  $L_A$  nagyságát. Amennyiben a 2 darab 1 ohmos ellenállásból alkotott alsó tag esetén 6,5 mV-ra nő a feszültség 10 MHz-en, akkor az ábrán látható derékszögű háromszögből következik, hogy a 0,5 ohmos ellenállással sorosan képzelt induktívitas reaktív ellenállása  $X_{LA} = 0,45$  ohm. Az  $L = X_L/\omega$  képlet segítségével számítható, hogy  $L_A = 7$  nH. Induktívitasok esetében a kompenzációhoz a felső és az alsó ágban levő vezetőképességeket (az ellenállások reciprok értékét) kell egyenlővé tenni:  $L_F/R_F = L_A/R_A$ . Ebből  $L_F = 1,4 \mu\text{H}$ . 10 db 5 ohmos ellenállást párhuzamosan kapcsolva az induktívitas csak 3–4 nH, ezért a kompenzáló tekercs 0,6...0,8  $\mu\text{H}$  lenne. Mielőtt beforrasztjuk ezt a kis induktivitást, végezzük el az összehasonlító mérést, mert a nagyobb frekvencián fellépő esetleges egyéb veszteségek kiegyenlíthetik ezt a kiemelését. Teljes frekvenciafüggetlenséget elérni nem lehet, de a lehető legjobb frekvenciamenetet kell beállítani. A mintaműszerbe végül nem építettünk be kompenzáló tekercset.

#### 7. Mérőáramkör

Nevezhetjük a műszernek ezt a részét demodulátornak, hiszen egyenirányítja a modulálatlan nagyfrekvenciás jelet, de nagyfrekvenciás feszültségmérőnek is, mert a forgókondenzátoron (párhuzamos rezgőkörön) megjelenő nagy-





a megadott elrendezésben elférjen. Cél-szerű kész dobozt választani, mert akkor csak az előlapon kell mechanikai munkát végeznünk, és az árnyékoló lemezeket elkészíteni. Az előlap 2 mm, az árnyékoló lemezek 1,5 mm vastag alumínium lemezből készültek. A méreteket csak tájékoztatásul adtuk meg a 10. ábrán. A rajz egyben az egyes egységek elhelyezését is mutatja.

Az előlapon balról jobbra van szerelve a szintellenőrző alpműszere, alatta a tápfeszültség csatlakozó. Én kettős BNC-t alkalmaztam, de lehet bármilyen más csatlakozó. Jobbra van a külső szignál (hangoló oszcillátor) bemenet. Szintén BNC csatlakozó, csak egyes. Az előlaphoz van csavarozva mindkét árnyékoló lemez. A bal oldali

tartja a szélessávú erősítő dobozát, a szintellenőrző áramkör nyáklemeze az alpműszerre van felfogva.

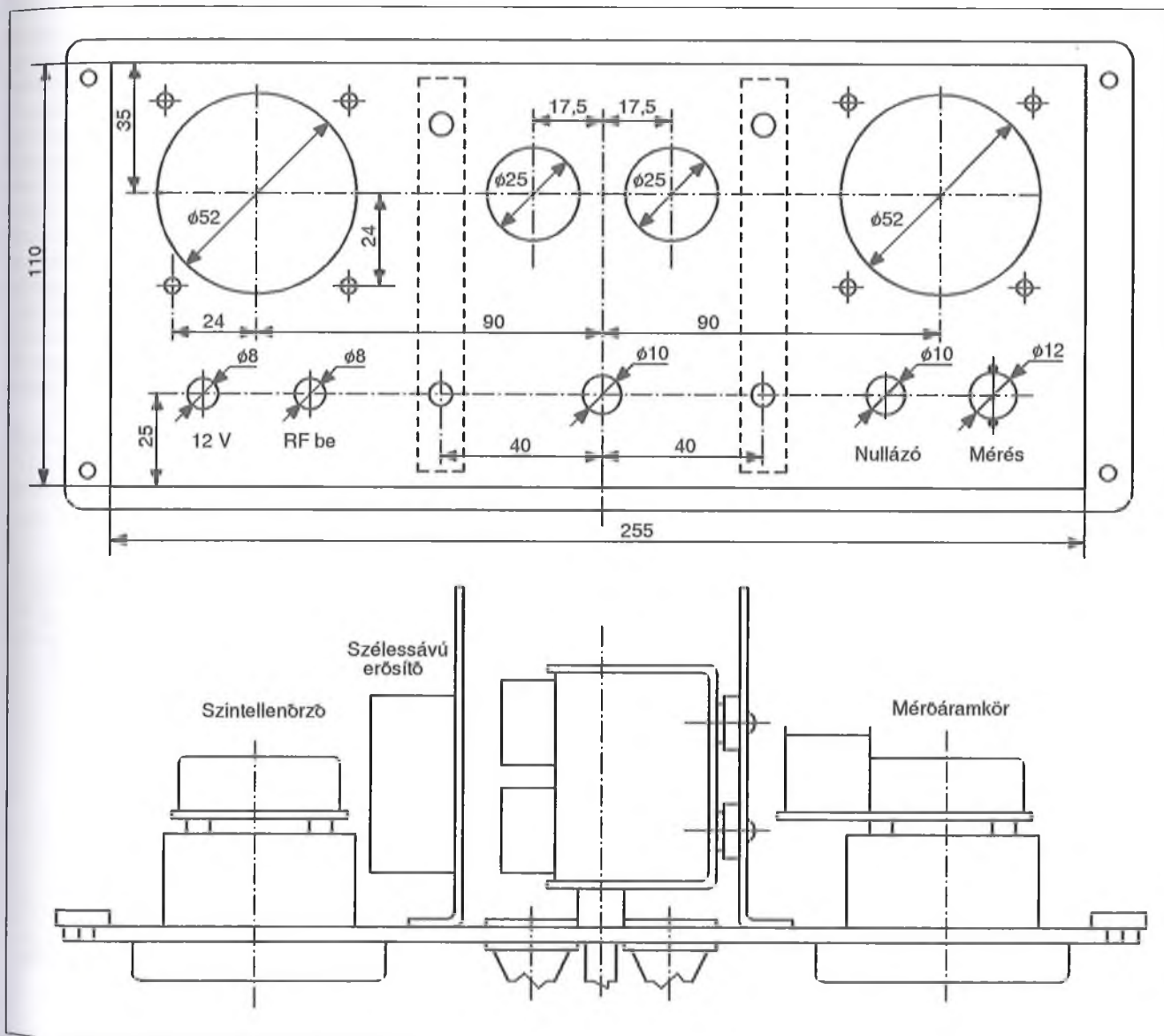
Középen alul hozzuk ki a forgókondenzátor tengelyét, de ezt a jobb oldali árnyékoló lemezhez rögzítjük, és az alátétek vastagságának megválasztásával biztosítjuk, hogy a megfelelő pozícióban legyen a tengely.

Ennek a résznek a kialakítása nagyban függ a felhasznált forgókondenzátortól. Mivel kettős forgót könnyebben tudunk szerezni, alkalmazhatunk azt is, csak a tengelynek valamilyen áttétele legyen, mert a maximális kitérést különben nagyon nehéz beállítani. Én a VT kettősforgója elődjének tekinthető „POLAR” made in England feliratú forgót használtam. Ennél az Ø6 mm-es

meghajtó tengely és az Ø10 mm-es forgótengely közé egy belső bolygóműves áttétel van beiktatva. Természetesen ennek gyártása lényegesen nehezebb volt, mint a VT által később alkalmazott homlokfogaskerék-áttételé.

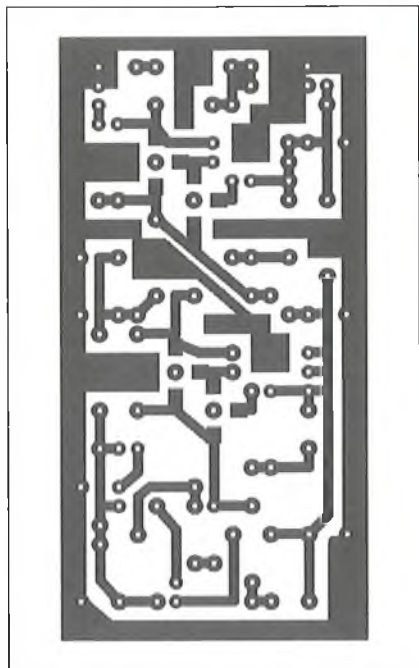
A forgókondenzátor fölött van elhelyezve a műszerek középvonalában a két műszer-szorítóhüvely, amelyekhez a mérendő tekercset csatlakoztatjuk. Én találtam ilyen hüvelyeket porcelánszigeteléssel, de megfelel a bakelit is.

A jobb oldali rekeszben van elhelyezve a mérőáramkör 100 µA-es alpműszere, ez tartja a mérőáramkör paneljét. Alatta a műszert nullázó potméter és a „Mérés” feliratú, Isostat nyomógomb, amely benyomva megszünteti a MOS-FET bemenetén a rövidzárat.



10. ábra





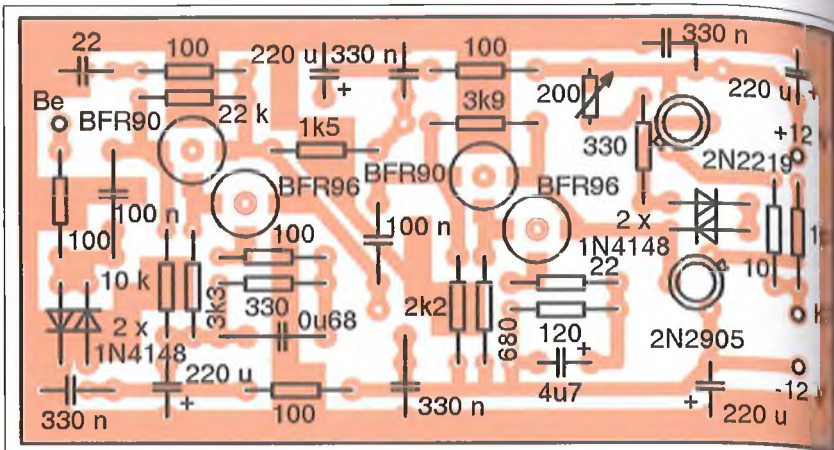
11. ábra

## 9. A részegységek elkészítése

Mindhárom egységhez közlünk nyákrájtot, beültetési rajzot és fotót. Utóbbiak alapján megállapítható a felhasznált alkatrészek típusa. Amennyiben más méretű kondenzátorokat vagy trimmereket alkalmazunk, a nyákrát módosítani kell.

### 9.1. Szélessávú erősítő

A nyomtatott áramköri (forrasztás oldal) rajz a **11. ábrán**, a beültetési rajz (beültetési oldal) a **12. ábrán**, a szerelés fényképe a **13. ábrán** látható. A tranzisztorok helyén a jelölt pontokban kifúrjuk a panelt  $\varnothing 5$  mm-es fúróval, majd a tranzisztorokat feliratukkal felfelé beforrasztjuk, mint az SM alkatrészeket. A be és kimeneti, valamint a tápfeszültség pontok forrasztásokra vannak kihozva. A be és kimeneteket az árnyékoló lemezen kialakított kisméretű furatokon átvezetve utólag beköthetjük, mert felülről nincs az árnyékoló doboz zárva. A tápfeszültség körben lévő átvezető kondenzátorok a panelt körbevevő 25 mm szélességű bádoglemezhez vannak forrasztva. A szélessávú erősítő egység, amelyet a lemezre csavarozott forrűlek tartanak, a baloldali árnyékoló lemezre úgy van függőlegesen felszerelve, hogy a bemenete a BNC csatlakozóhoz, a kimenete az osztó 100 ohmos ellenállásához közel essék.



12. ábra

### 9.2. Szintellenőrző áramkör

A nyáklemezt, amelynek a rajzát a **14. ábrán** mutatjuk be, úgy terveztük, hogy a műszer kivezetése és a panel rögzítése a BP670 típusszámú,  $100 \mu\text{A}$  alapérzékenységű műszerhez illeszkedjék. A műszert 1 mA-re sőtöltük le, a párhuzamosan kapcsolt  $1 \mu\text{F}$ -os kondenzátor műanyag fóliás lehet. A beültetési rajz a **15. ábrán** látható. A két BF245B-vel felépített egyszerű feszültségmérő már a korábbi közleményekből ismert lehet. Az áramkör stabilitása olyan jó, hogy a nullázó (trimmer) potméter is a panelon van. A szerelt nyák fényképe a **16. ábrán** látható.

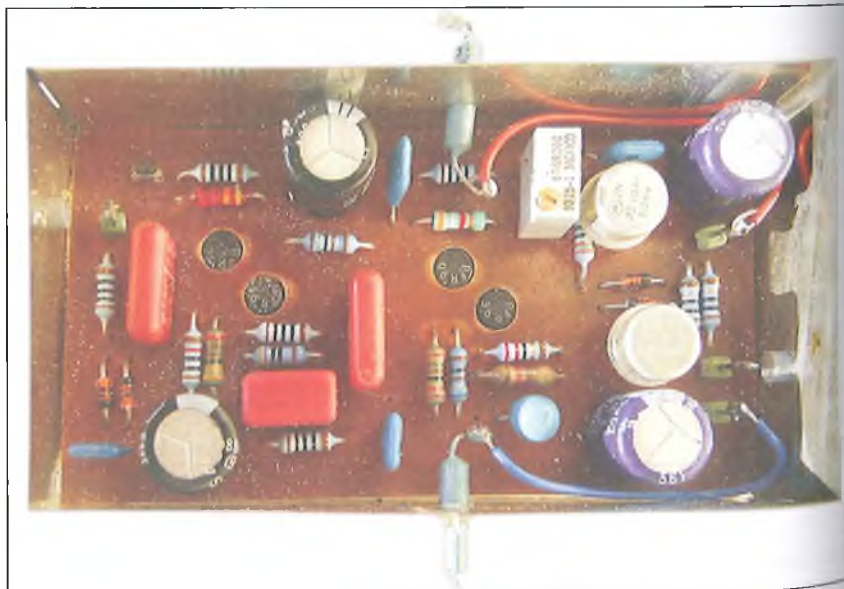
### 9.3. Mérőáramkör

Hogy elkerüljük a rezgőkör fölösleges terhelését, a MOSFET és a műszer vé-

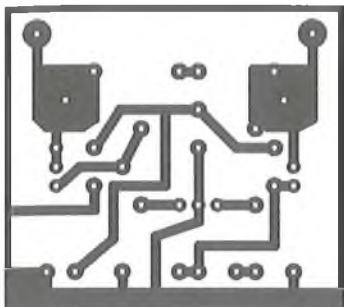
delmét szolgáló reed-relé tekercsét magunknak kell elkészítenünk, a **17. ábra** szerint.

Veszünk egy műanyag csövet, melynek belső átmérője és hossza megfelel a reed-cső átmérőjének és hosszának. A csőre vékony bakelit lemezből oldallemezeket ragasztunk, amelyek aljába a rajznak megfelelően kisméretű csőszegecseket rögzítünk. A kapott csövetestet tele tekercseljük  $\varnothing 0,08$  mm-es zománchuzallal. A tekercs egyik kivezetését az egyik oldalra, a másikat a másik oldalra forrasztjuk be (a kivezetéseket nem saját, hanem vékony flexibilis huzallal készítjük). A tekercs ellenállása kb. 600 ohm lesz, az érintkező bont kb. 9 V-nál és 15 mA-es áramnál.

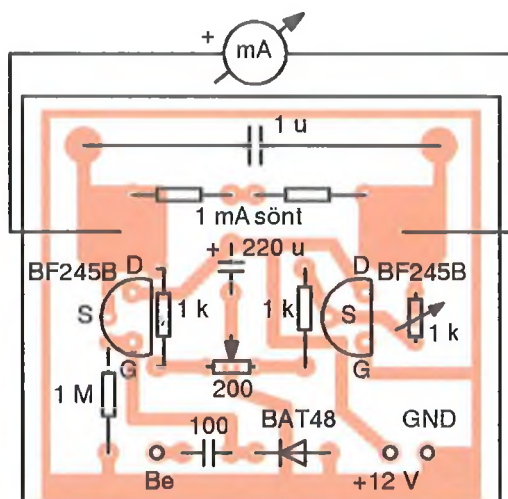
A reed-cső egyik kivezetésére közvetlenül forrasztjuk a rezgőkörrel és a MOSFET kapujáról jövő vezetékét



13. ábra



14. ábra



15. ábra

anélkül, hogy ezeket a nyákba beforrasztottuk volna.

A nyáktervet a 18. ábrán, a beültetési rajzot a 19. ábrán mutatjuk be. A lemezt az előbb ismertetett alpműszer tartja, amelynél megtartottuk a 100  $\mu$ A-es alapérzékenységet. A műszer lengését csökkentő elköt közvetlenül a műszer kivezetések alá szorított forrasztófülekre forraszthatjuk. A nyomógombot és a nullázó potmétert ennél az áramkörnél kihoztuk az előlapra. Az áramkör fotója a 20. ábrán látható.

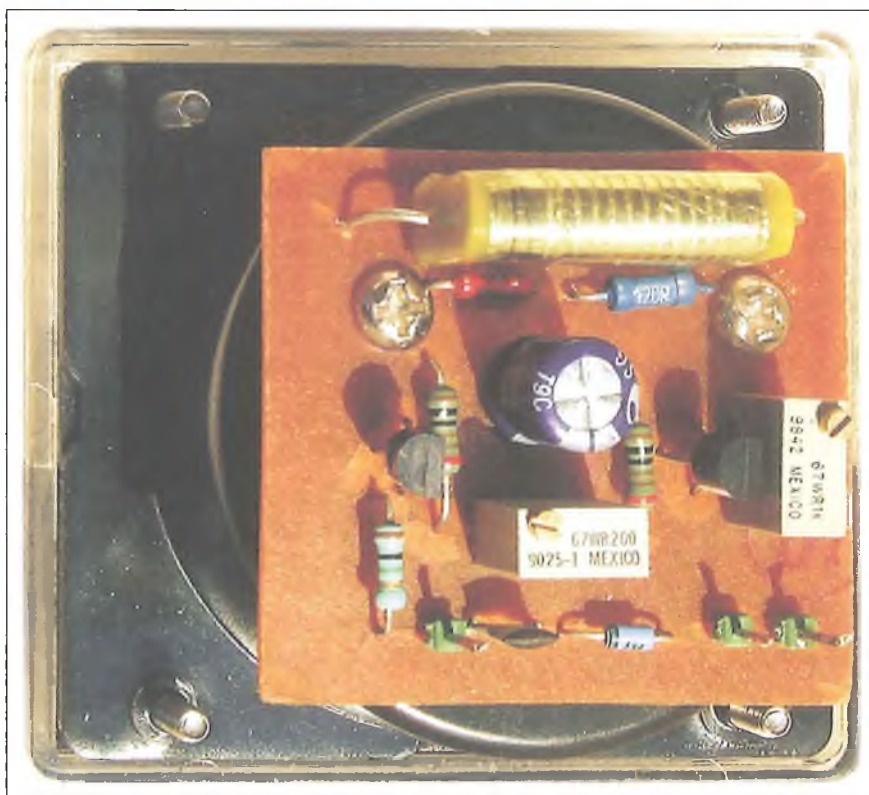
### 10. Az egységek bemérése

A teljes műszer kapcsolási rajzát már bemutattuk a 4. ábrán. Az egységek beméréséhez és a műszer kalibrálásához szükségünk van egy megbízható szignálgenerátorra és egy pontos nagyfrekvenciás feszültségmérőre. Oszcilloszkóp nem feltétlenül szükséges, de az esetleges gerjedések behatárolására jó, ha kéznél van. Megfelel például az EMG-1168 (TR 0503) laboratóriumi szignálgenerátor és a ROHDE & SCHWARZ cég HF Millivoltmeter (BN 12023).

Az előbbinél figyeljünk arra, hogy a kimeneti szint csak 50 ohmos lezárás mellett hiteles, az utóbbi műszernek belső kalibrálási lehetősége van. Az egységek bemérését az előlapon végleges helyükre szerelve végezzük.

### 10.1. Szélessávú erősítő

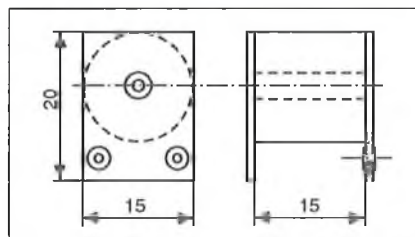
A tápfeszültséget ráadva mindkét fokozat kimenetén ellenőrizzük az egyen-



16. ábra

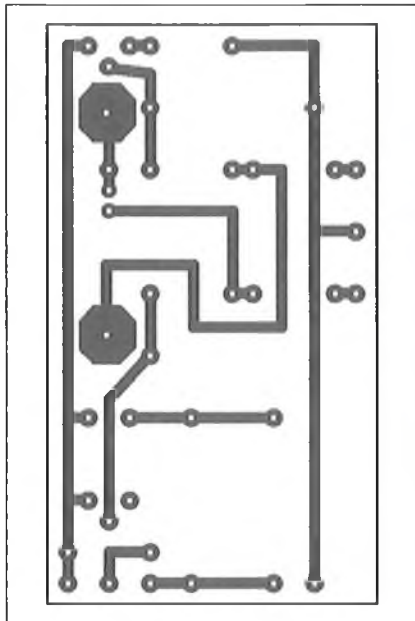
szintet! Az első fokozatnál ez nem állítható, de a másodiknál a 200 ohmos trimmerrel 0-t állítunk be. Itt lehet szükségünk a szkópra, amennyiben nagyfrekvenciás gerjedés lép fel, az első fokozat kimenetén található 22 pF, 100 ohm szűrőtagon kell módosítanunk.

Az erősítő frekvenciamenetét 50 kHz és 40 MHz között ellenőrizzük. A

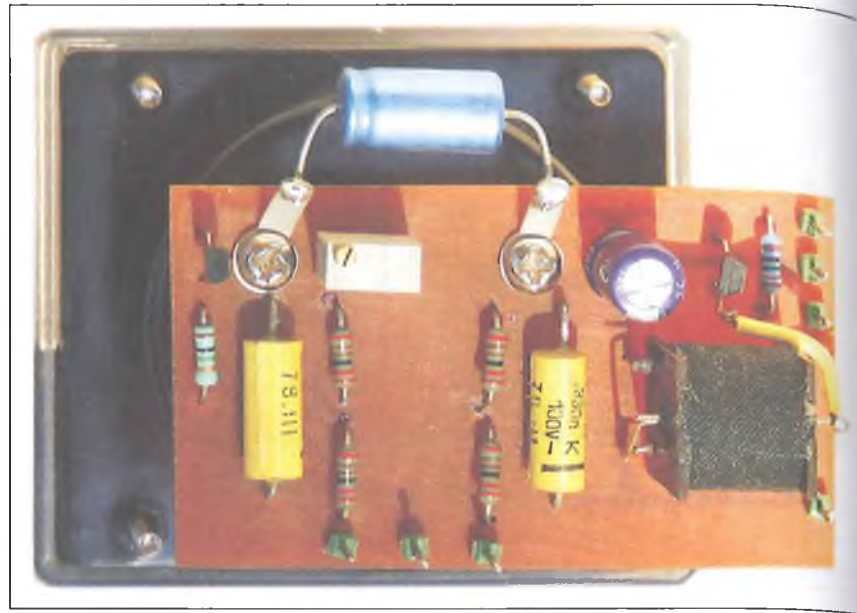


17. ábra





18. ábra



20. ábra

kimenetet 100 ohmos ellenállással terheljük, majd a bemenőfeszültséget úgy szabályozzuk, hogy a kimeneten 1 V-ot kapjunk. A generátor kimenetéről minden pontban leolvassuk a feszültséget. A mintakészülék frekvenciamenetének görbáját a 21. ábrán rajzoltuk fel olyan formában, hogy az 1 V kimeneti szinthez szükséges bemeneti feszültséget ábrázoltuk a frekvencia függvényében.

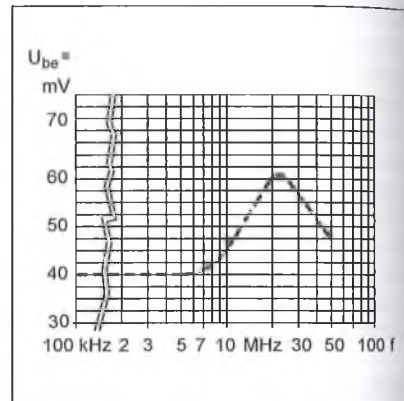
### 10.2. Szintellenőrző

Az áramkör paneljét felszereljük a műszerre, és ráadjuk a tápfeszültséget.

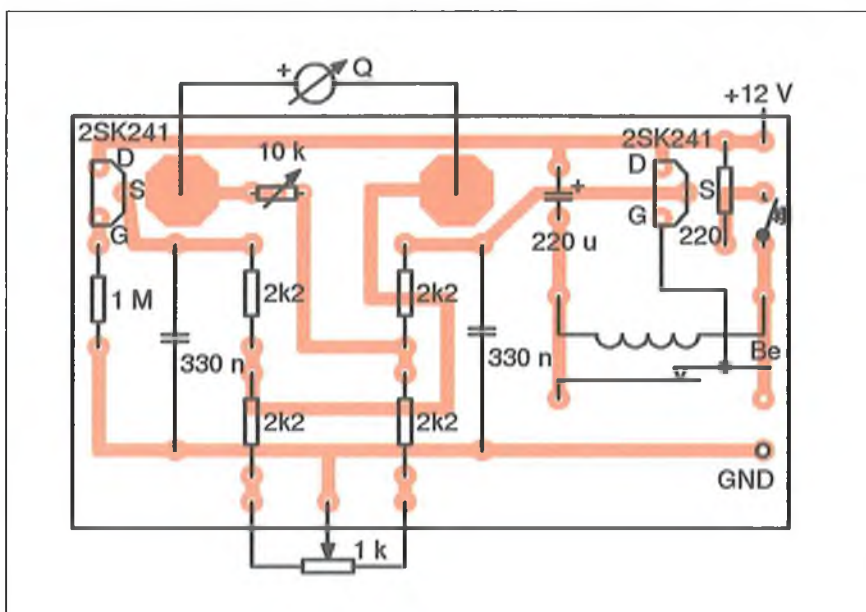
Anélkül, hogy jelet adnánk a bemenetre, a műszert a 200 ohmos trimmerrel kinullázzuk.

A generátorról 100 kHz-en pontos 1 V-ot adva a bemenetre, a műszert az 1 kohmos trimmerrel végállásba hozzuk. A frekvenciamenetet ellenőrizzük, a teljes 100 kHz...30 MHz tartományban nem szabad a műszernek észrevehető eltérést mutatnia, mert az egész készülék mérési pontosságát meghatározza az osztóra adott nagyfrekvenciás jel beállításának pontossága.

A Q-mérés méréshatárát úgy bővíthetjük 400-ig, hogy a bemeneti szintet

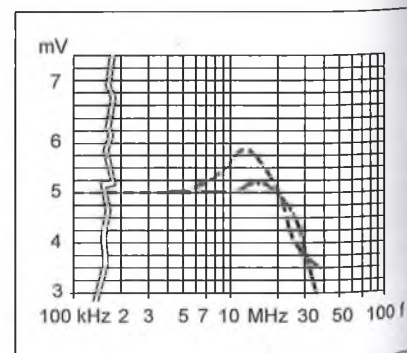


21. ábra

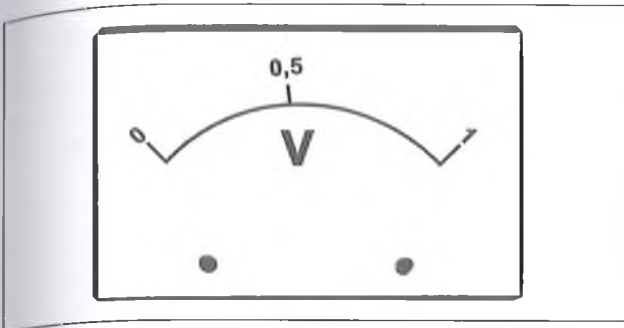


19. ábra

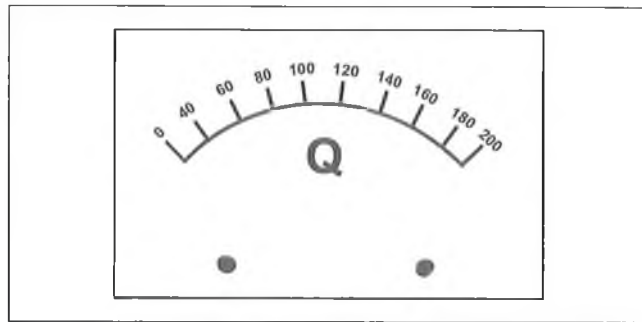
0,5 V-ra csökkentjük, és a jobb oldali műszeren kijelzett Q érték kétszeresét tekintjük a mérési eredménynek. A panel bemérése során az alpműszeren feljegyezzük a 0,5 V-nak megfelelő értéket (a dióda karakterisztikája miatt ez a jel a skála felétől balra lesz).



22. ábra



23. ábra



24. ábra

### 10.3. Frekvenciafüggetlen (kompenzált) osztó

Az osztó frekvenciamenetének mérésénél a legkönnyebb hibát elkövetnünk. Legjobb, ha a bemenetre adjuk a nagyfrekvenciás jelet, és már a kalibráláson átesett jelszintmérő segítségével állítjuk be az 1 V-ot az osztó bemenetén. A 0,5 ohmos ellenálláson úgy mérjük az 5 mV-os feszültséget, hogy a műszer bemenetére a szórt kapacitásokon keresztül semmiképpen ne kerüljön hamis jel magasabb frekvencián. Amennyiben van a műszernek 50 ohmos bemenete, azt használjuk, mert a 0,5 ohm mellett ennek terhelése elhanyagolható. A 22. ábrán felrajzoltuk a mintaműszer kompenzált osztójának frekvenciamenetét 2 darab 1 ohmos ellenállás (szaggatott vonal) és 10 darab 5 ohmos SMD ellenállás (pontvonal) alkalmazása esetén.

### 10.4. Mérőáramkör

A tápfeszültség ráadása után a műszert kinullázzuk, anélkül, hogy a „Mérés” feliratú gombbal az áramkör bemenetén levő rövidzárat megszüntetnénk. Ha nem adunk a bemenetre jelet, akkor a mérés gomb benyomása után sem szabad a mutatónak a nulla értéktől eltérnie.

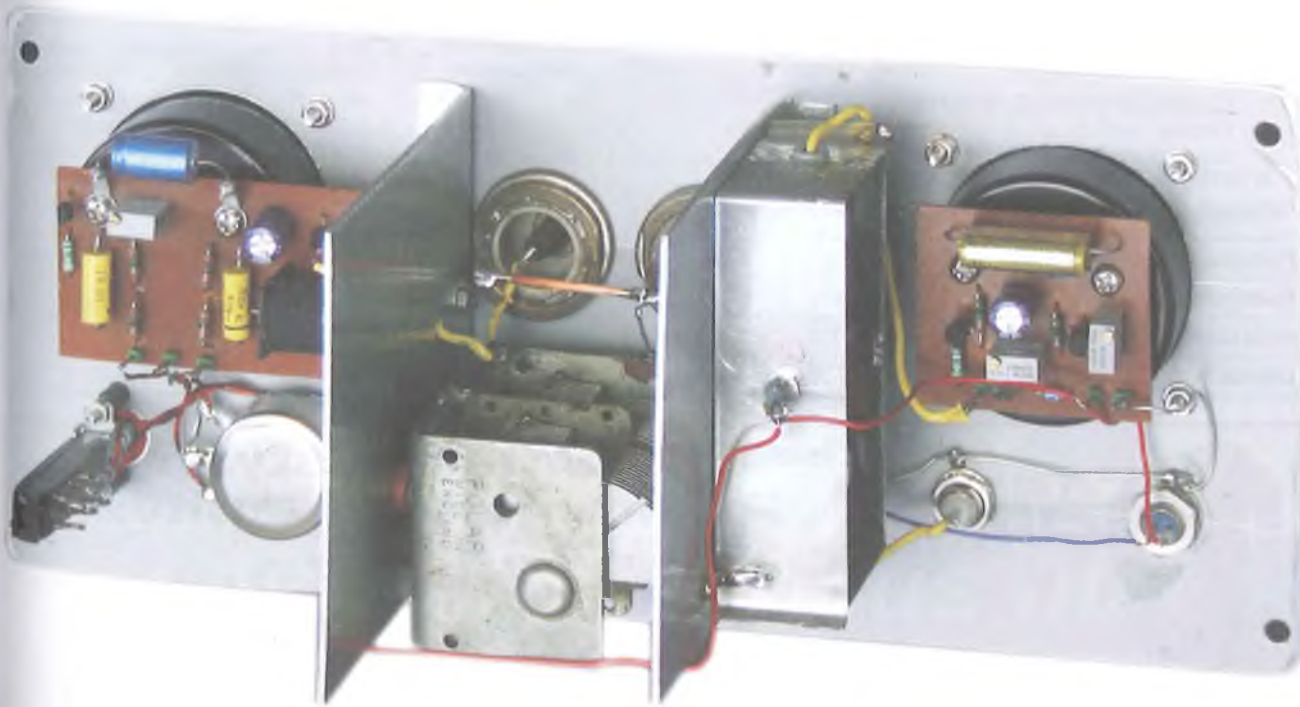
A bemenetre 100 kHz-en 1 V-ot adva, a műszer mutatóját a 10 kohmos potméterrel végállásba hozzuk, ez lesz a 200-as Q érték, majd 0,9 V-nál a Q = 180 és így tovább. 1 V-nál a végérték beállítását több frekvencián ellenőrizzük.

### 11. A műszerskálák elkészítése

A bemérés során még a műszerek eredeti skáláját, mint anyaskálát használjuk, és feljegyezzük az egyes értékek-

nél a műszer mutatójának állását. A végleges skálát kétféle módon készítjük el: vagy kézzel az eredeti skála és feliratok lefestésével, vagy digitális fényképezőgéppel jó felbontásban lefényképezzük az eredeti skálát, és valamilyen rajzoló programmal, pl. Photoshoppal elkészítjük az új skálát. Ezen a szintmérőnél csak két érték: az 1 V és a 0,5 V szerepel és középen a „V” felirat. A mérőáramkör műszerénél 200-tól lefelé az értékek és a „Q” felirat.

A BP670 típusjelzésű műszernél a skála cseréjéhez ki se kell szerelnünk a műszert: a két fekete csavar kihajtásával a plexi előlap leemelhető, majd további két csavar megbontásával a skála hozzáférhető. *A szerelést nagyon óvatosan végezzük, a mutatóhoz ne érjünk hozzá, nehogy a kényes csúcsgyázások megsérüljenek!* A két módosított skálát a 23. és a 24. ábrán mutatjuk.





## 12. A Q-mérő használata

A mérésnél mindig gondoljunk arra, hogy bármilyen vezető anyag, fém, de még a kezünk közelsége is befolyásolja a mérés eredményét. Ezért célszerű a Q-mérőt mérés közben a hátlapjára fektetni és a műszerszorítók csavarjai alá legalább 1-1 db 10 cm-es merev huzalt rögzíteni, és a tekercset ennek végéhez forrasztani vagy csíptetni. Ebben az esetben a tekercs kellően távol lesz a doboztól és a kezinktől.

A külső generátor frekvenciájának beállításánál vegyük figyelembe, hogy a beépített forgókondenzátor kapacitástartománya kb. 20...500 pF, ebben a tartományban kell behangolhatónak lennie a rezgőkör rezonanciafrekvenciájának, különben a tekercs jóságát nem tudjuk mérni. Ismeretlen induktivitású tekercs esetén közepes forgóállásnál a generátor hangolásával keressük meg azt a helyet, ahol a műszerünk kitér, majd néhány frekvenciát ebben a tartományban kiválasztva végezzük el a pontos mérést:

- a szintellenőrző műszeren beállítjuk az 1 V-ot,
- benyomjuk a „Mérés” feliratú gombot,
- a forgókondenzátorral Q-mérő műszeren maximumot állítunk be, ez lesz a keresett Q-érték.

Ismeretlen porvas vagy ferritmag használhatóságát a következő módon ellenőrizzük:

- kicsavart vasmagnál, beforgatott kondenzátorállásban lemérjük a tekercs jóságát,
- azonos frekvencián becsavart vasmag mellett újból maximumot keresünk,

- amennyiben a mutatott jóság magasabb az előző értéknél, akkor a vasmag a mért frekvencián megfelelő.

## 13. Összehasonlító mérések

Figyelembe véve, hogy a felhasznált alaplakműszerek osztálypontossága 2,5%, a saját készítésű skála is okozhat némi leolvasási hibát, továbbá hogy nem ismerjük a felhasznált forgókondenzátor jóságát, és az osztónak 10 MHz feletti tartományban  $\pm 20\%$  hibája lehet, ezek alapján alacsony frekvencián a mérések pontosságát  $\pm 20\%$ -ra becsülhetjük, magasabb frekvencián a helyzet ennél is rosszabb lehet. Ezt bizonyítják az „etalonnak” tekintett Radiometer QM-1 műszerrel végzett összehasonlító mérések eredményei (1. táblázat).

Az összehasonlító mérések előtt feltétlenül érdemes elvégezni a gyári műszer kalibrálását, ahogy azt *Borody Huba* az előző cikkben leírta. A QM-1 műszer osztójának mérésénél (15 mV) én 4 MHz-en tapasztaltam 10% kiemelést, és 30 MHz-en 10% feszültségeseést. A nagyfrekvenciás feszültségmérő 1,5 V (Q = 100) és 3 V (Q = 200) tartományban pontosnak bizonyult. Az összehasonlító mérésekhez hét etalon tekercset készítettem, mindegyiket két-két frekvenciára. A táblázatban közölt mérési eredményekből látható, hogy 10 MHz-ig – a frekvenciától függetlenül – kevesebbet mér a mintakészülék, az eltérés rendszertelenül 5% és 30% közé esik. 20 MHz fölött pozitívba megy az eltérés a QM-1 rezgőkört tápláló feszültségének – előbb említett – csökkenése miatt.

A Q-mérőkre – úgy tűnik – fokozottan érvényes az a mondás, hogy „addig

hiteles egy műszer, amíg egy van belőle”. A gyakorlatban ez a mérési pontosság megfelelő, mert a külső körülmények (árnyékolás, külső terhelés) ennél nagyobb mértékben befolyásolják a tekercs jóságát.

Végül, az építés megkönnyítése érdekében, néhány fényképet mutatunk mintakészülék belsejéről és külalakjáról.

### Irodalom:

1. Nagy Sándor: Elektronikus mérőműszerek II.; (BME jegyzet, Tankönyvkiadó, 1967.)
2. Rózsa Sándor: Amatőr mérőkészülékek építése; (Elektronika sorozat, MK, 1982.)
3. Szmirenyin: A rádiótechnika kézikönyve II.; (Nehézipari Könyvkiadó, 1952.)
4. Magyar Béla: Elektronikus mérőkészülékek a híradástechnikában; (Nehézipari Könyvkiadó, 1953.)
5. Rózsa Sándor: Legfontosabb műszerek; (Rádiótechnika Évkönyve, 1978.)
6. Dr. Kovács Ferenc: Félvezetők nagyfrekvenciás alkalmazása; (MK, 1973.)
7. John D. Lenk: MOS alkalmazási segédlet; (MK, 1980.)
8. Bus László: Nagyfrekvenciás erősítőkapcsolások 1 – 4.; (Rádiótechnika Évkönyve 2008 – 2011.)
9. Tatár József: Anyagismeret és technológia; (Elektronikai technika jegyzet, MK 1994.)
10. Hidvégi Tibor: Tranzisztoros Q mérő; (Rádiótechnika Évkönyve 1969.)
11. Nagy Sándor: Elektronikus mérőműszerek I.; (BME jegyzet, MK, 1967.)
12. Oszmann György: Mérések a szuperkészülékben (A rádiótechnika könyvei sorozat 4. MK, 1955.)
13. Piret Endre: Szélessávú audion a helyiadó vételére; (Rádiótechnika 1957/12.)
14. S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki ismeretek kézikönyve; (MK, 1983.)

1. táblázat. Összehasonlító mérések

Frekvencia, MHz	0,05	0,1	0,25	0,5	1	2	5	10	15	20	25	30	35	40
Radiometer QM-1	50	60	190	215	160	130	100	135	125	140	120	95	100	100
Saját Q-mérő	55	60	180	170	150	110	70	120	105	130	125	105	120	140
Eltérés, %	+10	0	-5	-20	-6	-15	-30	-11	-16	-16	+4	+10	+20	+40

**1** Segítsen  
1% Ön is!

Reményi István  
Rádióamatőr Alapítvány

**18226429-1-43**

Az alapítványt támogatja a

RÁDIÓTECHNIKA

Elektronika  
FÜZETEK

# LOMEX KFT

Megújult honlapunkról online rendelhet!

**ELEKTRONIKAI  
ALKATRÉSZKERESKEDELEM**

1134. Budapest Lehel u. 17.

Tel. nagykereskedelem: 06-1/349-5906 e-mail: info@lomex.hu  
Tel. kisker (szaküzlet): 06-1/320-2610 e-mail: kisker@lomex.hu  
Fax: 06-1/320-3292 nyitva tartás: hétköznap 9:00 - 17:00  
Honlap: www.lomex.hu



Arcoelectric



AVAGO  
TECHNOLOGIES



COMUS

Displaytech Ltd

ELNA

FAIRCHILD  
SEMICONDUCTOR

freescale  
semiconductor

FUJITSU

Honeywell

Infineon  
technologies

International  
Rectifier

Intersil

Kingbright

KOA

Lattice

Q-LUXON

MAKRAI (Elektronik)  
IPARI TRÁNSZIBURNÁTOR TECHNIKA

National  
Semiconductor  
The Spirit & Sound of Information



NXP  
NXP Semiconductors

OMRON

ON Semiconductor

OSRAM  
Opto Semiconductors

PAN  
SEMICONDUCTOR

PHILIPS



precip-dip

SAMSUNG  
ELECTRONICS



SYFER

Taiwan  
Semiconductor

TEXAS INSTRUMENTS

TOSHIBA

tyco  
Electronics



YAGEO  
TAIPEI CORPORATION



ZMD  
The analog Mixed Signal Company



## GLOBAL FOCUS KFT.

1119 Budapest, Etele út 59-61.

**Kézi PC-s oszcilloszkóp**  
oszcilloszkóp  
+ spektrum analízátor  
+ multiméter üzemmódok



**PC-s oszcilloszkóp**  
- oszcilloszkóp  
- spektrumanalízátor és  
- adatgyűjtő funkciókkal

**UNI-T műszerek**

- hordozható és asztali multiméterek
- hőmérsékletmérők / infra
- érintésvédelmi műszerek



**Műszerek és méréstechnikai eszközök forgalmazása, karbantartása**

# www.globalfocus.hu

Tel.: (1) 481-1233, (1) 481-1161



# A vasút hangjai

Nagymáté Csaba villamosmérnök és Csiszár János okl. villamosmérnök

A címet látván felmerülhet a kétely az olvasóban: talán nem is időszerű a téma felvetése, hiszen a XXI. század vasútja csendes! Valóban, az elővárosi viszonylatokban közlekedő „csendes vonatok” (Flirt, Taurus, BDVmot) forgalomba állítása a zajos, piszkos, pontatlan stb. összképet kis mértékben árnyalta, de sajnos, alapjaiban még nem formálta át. Ami az utazást, mint szolgáltatást igénybe vevőnek nyűg, az a vasúti romantikát, nosztalgiát kedvelő vasútbarátoknak áldás. Nevezetesen a vasútüzemre, a járművekre még most is túlnyomóan jellemző hangok, zörejek, látványok meghatározó élményei lehetnek kicsiknek és felnőtteknek egyaránt. Nem meglepő ezek után a különböző nosztalgia-rendezvények és kiadványok óriási népszerűsége sem! Akit pedig a „mozdony füstje megcsapott” és az elektronika kedvelője, művelője is, előbb-utóbb megpróbálkozik élményeinek elektronikus reprodukálásával, hangutánzó áramkör-készítés formájában.

Az évkönyvünk és lapjaink hasábjain időről-időre előforduló témafeldolgozások is az érdeklődés folyamatosságát jelzik. Jelen közleményünk nem encik-

lopédikus összefoglalása az eddigieknek, de nem is kíván versenyezni a PC-s hangkártyák szoftvertámogatású módszereivel sem. Elsősorban áramkörépítőket szólítunk meg, akik szívesen kísérleteznének vasútüzemi hangeffektusokkal, de az elméletből levonható következtetéseket kedvelők számára is tartogatunk igazi „csemegét.” Természetesen az egyes típusok tárgyalásakor hivatkozással élünk az eddig megjelent cikkekre, biztosítva az olvasó számára a minél nagyobb témaáttekintést.

Évkönyvünk történetében is újdonság erejével hathat egyes effektusok akusztikai „élve boncolása”, a hanganalízis módszertanának bemutatása. Előjáróban annyit elmondhatunk, hogy elsősorban nem vasútmodell-terepasztal hasznos kiegészítőjeként tárgyaljuk a témát, hanem önálló – azaz a pályafeszültségtől független – hangkeltő áramköröket készítünk, hogy az egyébként igen költséges terepasztalt építeni nem tudó vagy nem akaró vasútbarát is felidézhesse jelen, vagy múltbéli élményeit. Az alábbiakban a letűnt idők gőz- és a jelenkori dízelüzem egy-egy jellegzetes hangeffektjét próbáljuk meg modellezni a tökéletesség minden illúziója nélkül. Ennek szelle-

mében foglalkozunk gépezeti és jelzésadási hangok – kissé nagyképű módon használva a kifejezést – szintetizálásával. Indokainkat és szándékunkat pedig csak a költő szavaival tudjuk a legmegfelelőbben kifejezni:

„Én tudom, mint a kisgyerek,  
csak az boldog, ki játszat.  
Én sok játékot ismerek,  
hisz a valóság elperreg,  
és megmarad a látszat.”

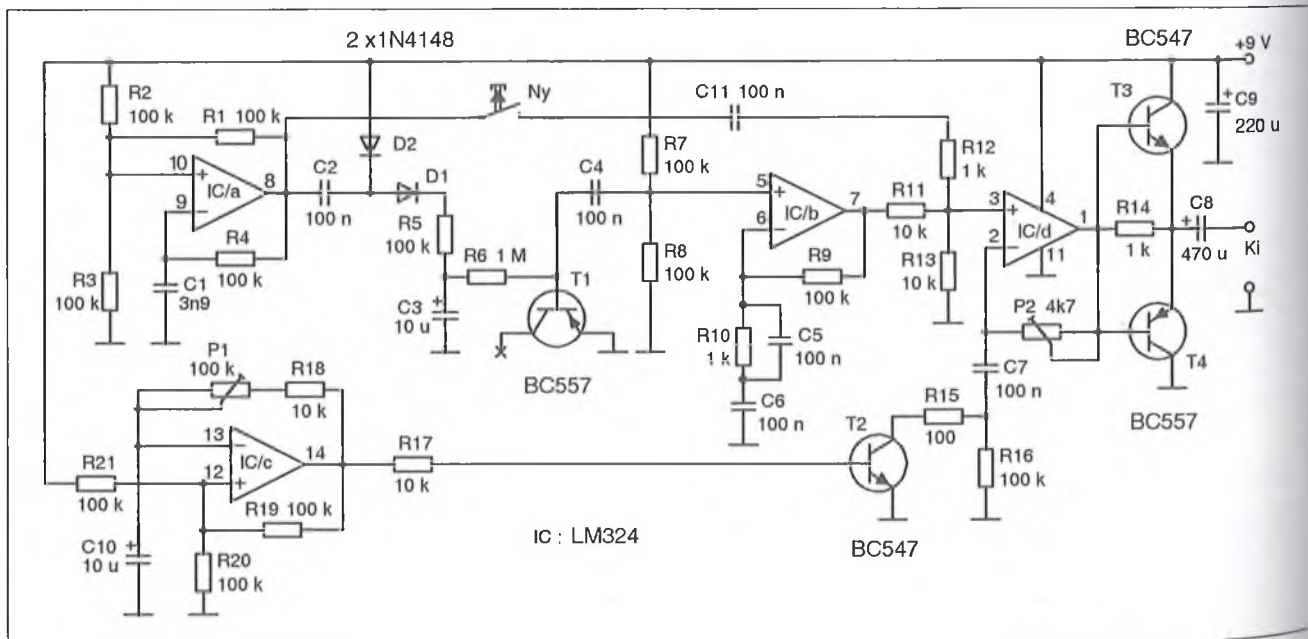
(József Attila)

Ennek szellemében arra biztatjuk az olvasót, hogy a következő oldalak segítségével merjen „gyerek lenni”, amihez kellemes időtöltést kívánnak a szerzők!

## 1. Gépezeti hangok

### 1.1. A gőzmozdony gépezeti hangjai

Nem tisztünk ehelyt a gőzgép erőátviteli mechanizmusának bemutatása, az ez iránt érdeklődő vasútbarát úgy is ismeri. Az a tény pedig, hogy mozgó alkatrészek hangot adnak, nem elégséges a téma korrekt tárgyalásához, így óhatatlanul szaknyelvi fogalmakkal élünk ott, ahol ezt a bemutatás megköveteli.



1. ábra

A gőzben rejlő energiát a gőzdugattyú alakítja forgómozgássá, erőátviteli gépezet segítségével. Ugyanakkor a mozdony üzemviteléhez további segédberendezések alkalmazása szükséges, mint pl. a tápvíz-szivattyú, a légsűrítő stb. Előljáróban le kell szögeznünk, hogy egy jól beszabályozott, „gőzben álló” mozdony szolgálatkész állapotban hangtalan. Vontatási munkát végző, vagy azt éppen befejező (a vonat az állomásra érkezik) példányon viszont több funkcionális elem – amely természetesen gőzt használ fel – működik, azaz hangot is kelt.

Az tény, hogy adott lokomotív esetén a dugattyú mozgásából adódó hang a domináns, de pl. a – működése szempontjából létfonosságú – légsűrítő hangja is markánsan jellemzi a mozdonyt. Ez utóbbira pl. jellemző az álló helyzetű sűrűbb gőzkifúvás (pöfögés), ami a fékezést követő gyors levegőtermelés velejárója. Ugyan ez menetközben ritkább, s ekkor a dugattyú hangja a meghatározó. Az álló helyzetű mozdonyhangok közé tartozhatnak még az

ún. kazánkezelési hangok is, mint pl. a lefűtás, a tápvíz-szivattyú, stb.

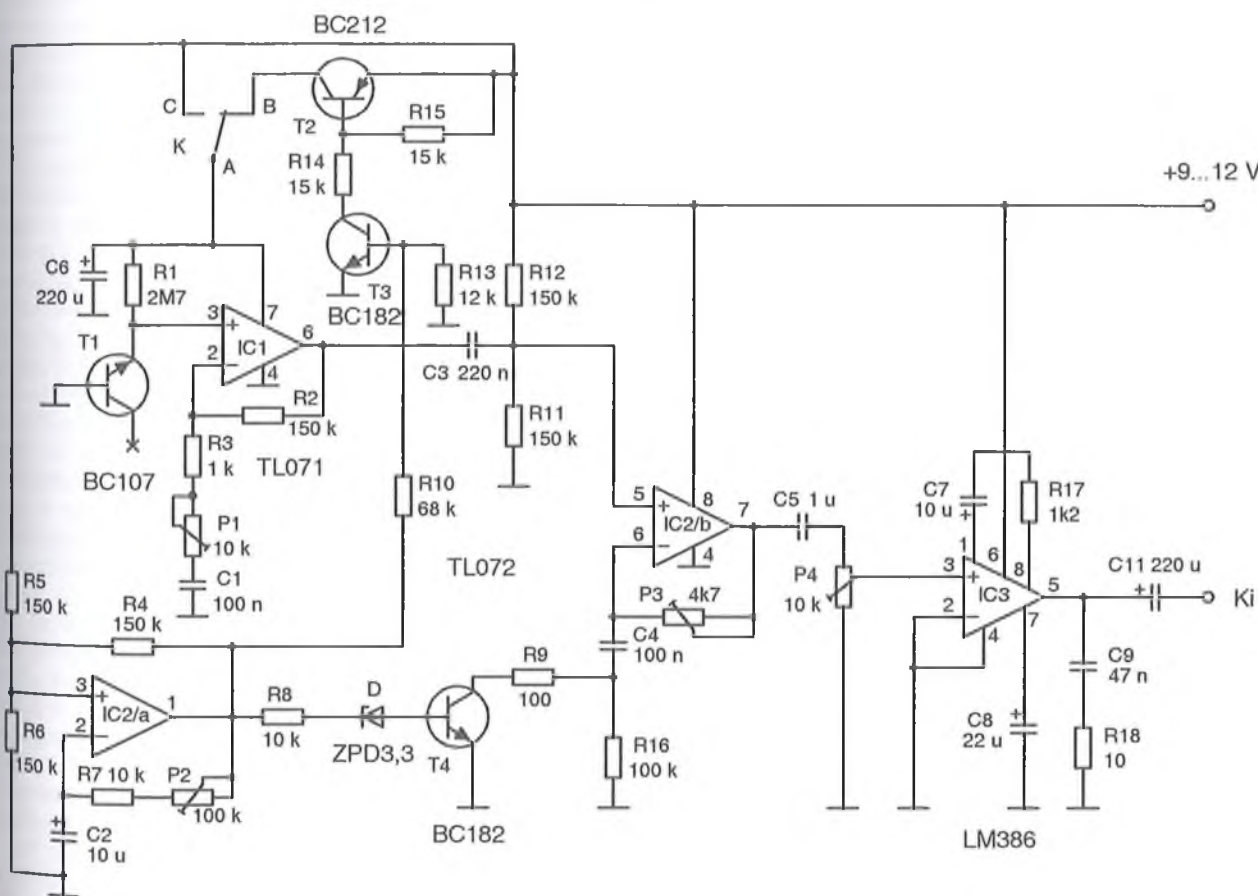
Az előbbi rövid ismertetőből kitűnik, hogy számtalan hangkeltő megoldásra lenne szükségünk a valós mozdonyhangzás imitálására. A helyzetet tovább bonyolítja, hogy a hangokat uniformizálni sem lehet, ugyan is más hangkarakterű egy kis (értsd pl. mellékvonali) és egy nagy (fővonali) mozdony, ami méreteikből, tömegükből stb. adódik. Ezt a különbözőséget bizonyos esetekben figyelembe fogjuk venni. A továbbiakban a realitások talaján maradván, a karaktert meghatározó hajtógépezet és a légsűrítők hangjának egyszerűsített szintetizálásával foglalkozunk.

Az „egyszerűsített” kitétel természetesen kompromisszumot is jelent az előállított hangkép és az áramköri bonyolultság tekintetében. Tették ezt a témát már korábban feldolgozó publikációk (*Hobby Elektronika 1995/3., Hobby Elektronika 1995/10.*), és tesszük ezt a jelen esetünkben is. Megoldásaink szerint a dugattyús gőzgép és a légsűrítő

tő hangját ugyanazon áramköri egység állítja elő, pedig, mint tudjuk, ezek karakterükben és időbeli jelentkezésükben is elválnak egymástól. Ettől a „kis” családtól eltekintve lehetséges jó hangzások elővarázslása nem túlságosan bonyolult áramkörök segítségével, ha igényeinket az előző fejtegetéseinkhez igazítjuk.

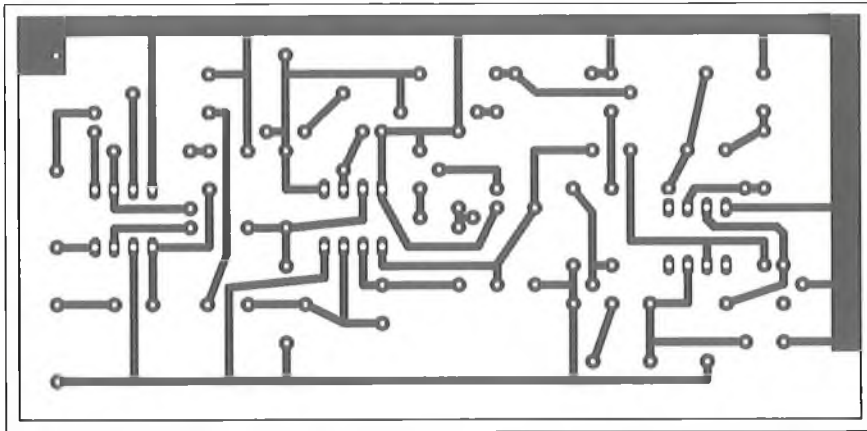
### 1.1.1. Első, komplex változatunk

Tekintsük mindjárt az 1. ábrát! Egy amolyan kedvesináló komplex megoldást láthatunk, hiszen még a gőzsíp hangutánzására is tesz egy javaslatot, bár ez utóbbira azért külön fejezeteket szánunk, a jobb hangminőség érdekében. A kapcsolás magja az [1] szerinti tömbvázlatnak megfelelő áramköri részlet. A kiinduló alap most is a fehérzaj-generátor, amelynek frekvenciaspektruma igen hasonló a kiáramló gőz hangképéhez. Ennek áramköri elemei (T1, R6, IC/b) klasszikus beállításban láthatók, egy apró részlet megfontolásával. A zajgenerátort képező T1 kis-



2. ábra





3. ábra

áramú munkapontú zener-tartományban dolgozik, ami kellő tápfeszültség megléte esetén néhány millivolts fehérzajt képes előállítani. Esetünkben ragaszkodtunk a 9 V-os telephez, mint tápforráshoz. Ez a feszültség viszont a választott kapcsolástechnikai elrendezésben – még a fokozatot követő műveleti erősítő erősítését is figyelembe véve – kevés volt a megfelelően nagy zajamplitúdó eléréséhez.

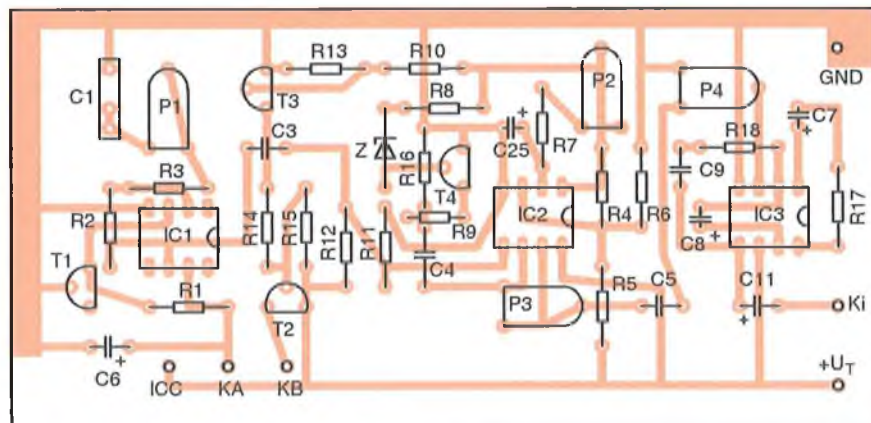
A hátrányból előnyt kovácsoltunk az által, hogy az egyszerűsített sípjelet előállító négyszöggenerátor (IC/a és kapcsolódó elemei) kimeneti jelét egyenirányítjuk (D1, D2) és „hozzáadjuk” a tápfeszültséghez. Az immáron kb. 14 V-ról üzemelő zajgenerátor az IC/b erősítésével már csúcstól csúcsig kb. 500 mV szintű széles spektrumú zajjelet ad.

A füttyjelet (is) előállító IC/a a szokásos astabil beállításban működik, frekvenciája a közölt értékekkel kb. 1,9 kHz. Szintén astabil üzemmódu a dugattyúk hangját és mozgásának ritmusát előállító IC/c áramköri részlet. Természetesen ultra-kisfrekvenciás, beál-

lítható frekvenciájú négyszöggenerátorról van szó (tipikusan  $f = 0,3...7$  Hz).

Korábbi közleményeinkből már következtethető, hogy a két domináns jelből (zaj + kisfrekvenciás négyszög) a modulátor erősítő (IC/d) állítja elő a végleges hangzást. A moduláció tulajdonképpen az OPA erősítésének a dugattyú mozgási ritmusának megfelelő változtatásával történik. Ez utóbbit úgy érzük el, hogy az alapjellel vezérelt T2, kapcsolóként működve, az R15-tel söntöli az R16-ot, így változtatván meg az erősítést. Ugyancsak ez a műveleti erősítő fogadja az Ny nyomógombtól odavezetett IC/a jelét is, ami hatásában egy szerényebb igényeket kielégítő sípjelet utánoz. Az IC/d még ezek után egy végletesen egyszerűsített komplementer végfokozatot is alkot T3 és T4 hozzákapcsolása által.

A kis végerősítő egy zsebrádió hangszóróját képes megszólaltatni. Az egyetlen IC-vel és 4 tranzisztorral működő áramkörünket a továbbiakban alaptípusnak tekintjük, s igényeink növekedésével rendre változtatunk rajta.



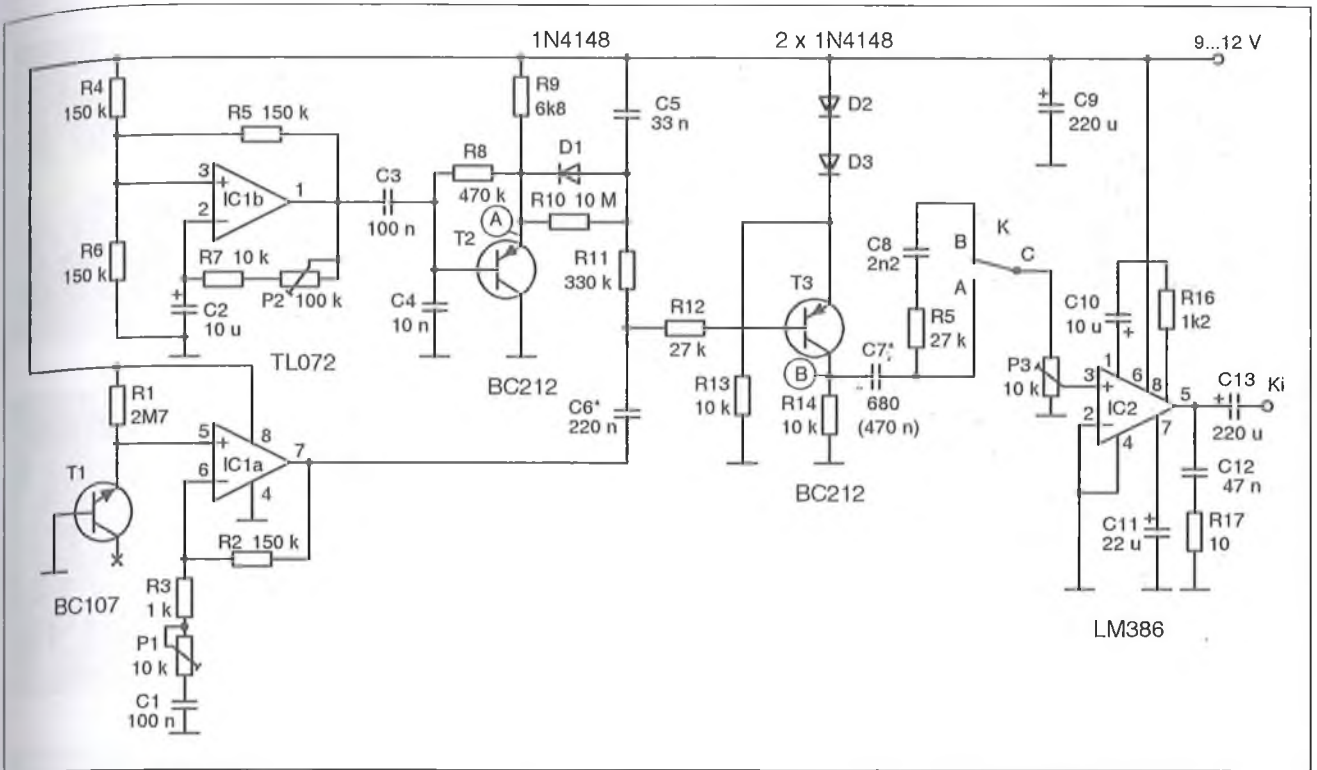
4. ábra

Ettől eltekintve a kapcsolást megépítők bizhatnak a biztos sikerben! A végeredmény főbb jellemzőit a P1 és a P2 kezelőszervvel állíthatjuk be. Ezek közül P1 a dugattyú sebességet, P2 az eredő erősítést szabályozza. A működésbe hozott gőzsíp erősségét pedig az R12 változtatásával módosíthatjuk. A „bűvésztükk” pedig ott van a dologban, hogy az álló helyzetű pöfögés - az alappgenerátor 0,3...1 Hz-es ütemével - a légsűrítő működését képezi le, míg gyorsabb pöfögésnél a dugattyúk mozgását. A valóságban két független jelforrás keveréke lenne az élethűbb imitáció.

Az első jelentősebb módosítást a 2. ábra mutatja. Miről is van szó? Továbbra is ragaszkodtunk a 9 V-os telepről történő tápláláshoz, ugyanakkor – mint azt megállapítottuk – a sípjelet nem így kell előállítani. Kidolgoztunk viszont egy 9 V-ról is biztonságosan beinduló zajgenerátort, amelyet itt a T1, R1, IC1 alkot. Ez a megoldás már az [1]-ben jól vizsgázott, így most is felhasználtuk. A ritmusképletet adó alappgenerátor nem változott, miként a modulátor erősítő sem. A modulációt vezérlő T4 báziskörében ugyan van egy Z-dióda is (D), ami a felhasznált IC típusának okán került ide, az elvi működéshez nincsen köze.

A három műveleti erősítőt nem egytokes változattal alakítottuk ki (ld. 1. ábra), hanem a zajgenerátor erősítőjét független IC-vel realizáltuk. A másik két áramköri részletben üzemelő TL072-es dual erősítő sem Rail-to-Rail típus, így a szinteltoláshoz volt szükség a Z-diódára. (Nélküle a négyszögjel L szintjénél is bekapcsolna a T4, és megszűnne a moduláció.) De miért kellett a független zajfeszültség-erősítő? A bevezetőben rávilágítottunk arra, hogy egy jól szabályozott gőzmozdony alappban csendes. Mozgásakor is csak a fizikai, műszaki elveknek megfelelő fázisban ad ki jellegzetes gőzkiáramlási hangot. (A sístergő fáradt gőz további szerepéről itt most nem szólunk.) Az előző kapcsolásnál a zajgenerátor jele, mint gőzsístergés állandóan jelen volt a hangképben. A valóságban még egy „orrán-száján” sístergő mozdonytál sincs egészen így!

Megújított kapcsolásunkban a zajgenerátor működését a dugattyúhangképző generátor működéséhez kötjük. Ezt a feladatot oldja meg a T2, T3 alkotta kapcsoló fokozat azáltal, hogy az IC tápfeszültségét csak az alppgenerátor H szintjénél engedélyezi. A szub-



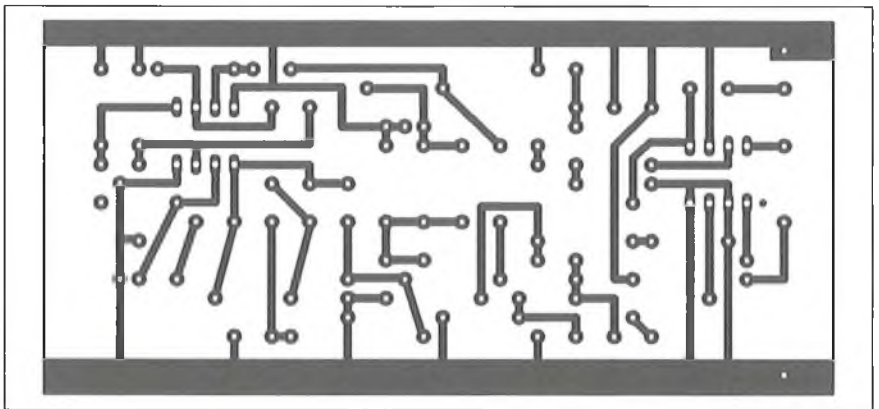
5. ábra

jektív megítélést a K kapcsolóval kiválaszthatóan biztosítjuk, mikor is az elektronikus kapcsolót kiiktathatjuk, modellezendő egy nagyon rosszul beállított mozdony hangját. Végezetül a kapcsolás komolyabb végerősítőt is kapott (IC3), ami az igen jól ismert LM386-os típus. Ez utóbbinak beállítási-sáról, tulajdonságairól számtalan helyen és alkalommal kiadványainkban már beszámoltunk.

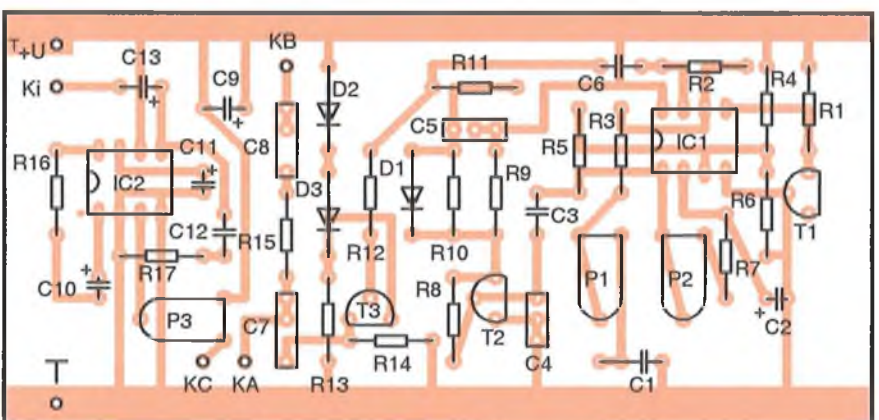
1.1.2. Elkészítés-beállítás

A 2. ábra elvi rajzának megfelelő nyáktervet a 3. ábrán, míg beültetési rajzát a 4. ábrán találjuk. Gondos kivitelezés esetén az elektronika biztosan beindul. Az egyes fokozatok tagolása olyan, hogy működésük külön-külön vizsgálható. Beméréséhez multiméterre és oszcilloszkópra van szükség. Az alaphang-generátor frekvenciatartománya egyezzen meg az 1. ábrához elmondottakkal! A zajgenerátor amplitúdója itt is kb. 500 mV-ig legyen szabályozható. Szükség esetén R2 értékét cseréljük 240 kohmra!

A moduláció erőssége a P3-mal, míg a hangerő a P4-el állítható. Összhatásként elmondhatjuk, hogy ezzel a kapcsolással egy fővonali (pl. 424, vagy 411 sorozatú) mozdony hangját próbáltuk meg leképezni az előzőleg

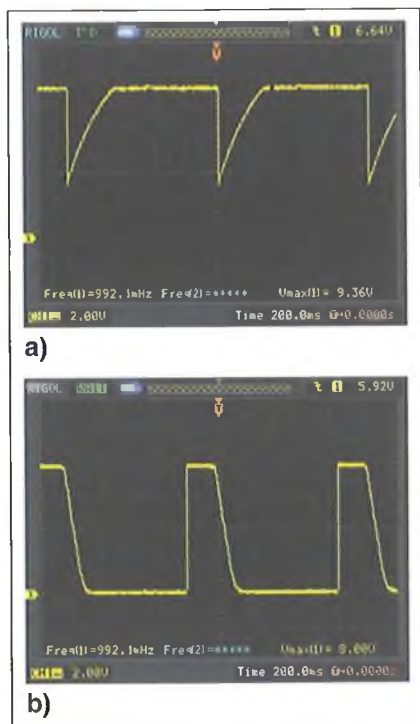


6. ábra



7. ábra





8. ábra

vázolt „bűvésztükrök” (kegyes család) megtartásával.

### 1.1.3. Módosítás, kis mozdonyok hangjához

Mint azt említettük, a hangkarakterek tekintetében is jelentős a különbség az egyes mozdonytípusok között. Vasutasok, vasútbarátok, vagy egyszerűen csak figyelmes szemlélők csupán a hangjuktól be tudták azonosítani a közeledő mozdonyt. A következő módosításunk a kis mozdonyok világát idézi. Kisebb dugattyúátmérő, kisebb légsűrítő gép, sivítő hangot hallató síp, ezek a mostani szempontunkból górcső alá vett főbb jellemzők. Csak példának említjük – a szerencsére ritkán még ma is hallható – 275-ös, vagy 377-es sorozatú mozdonyok légsűrítőinek hangja egy ostorcsapás-sorozatra emlékeztet. Hogy ezt elektronikusan is megközelíthessük, jelentősen átalakítottuk alapmegoldásunkat.

Tekintsük most az 5. ábrát! Az alapgenerátor és a zajgenerátor a 2. ábra szerinti maradt. Az alapgenerátor négyszögjelét a T2 tranzisztorra épülő impulzusformáló egység fogadja. Az „ostorcsapás” sziszegő hangját egy igen gyors felfutású és lassabb esésű négyszögjelként értelmezzük. A szükséges jelformálást a C3, C4, C5 és a D1 végzi. Az így létrejött impulzusok igen

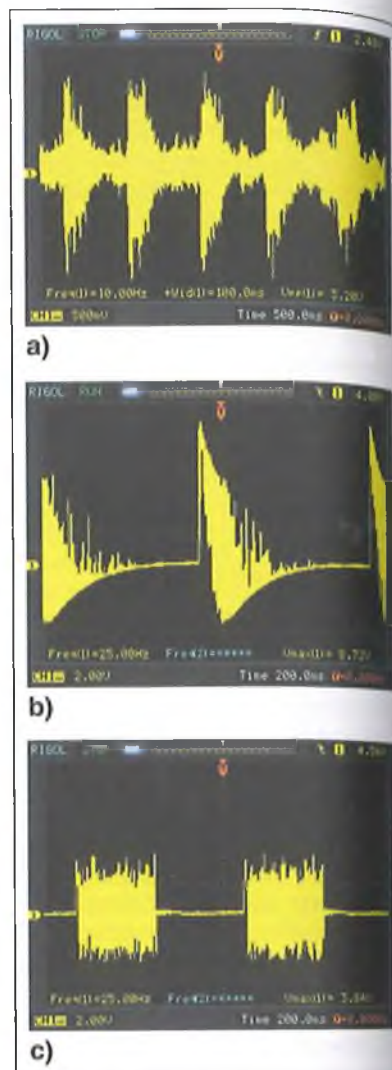
gyorsan telítésbe vezérlik a T3 erősítő fokozatot, viszont annak kikapcsolása sokkal lassabban megy végbe. Erre a rövid időre a T3 még a hozzáadott zajfeszültséget is erősíti, mely utóbbinak lecsengése szintén lassúbb. A fokozat kimenete még további – és K-val választható – jelformáló tagokon keresztül jut a változatlan felépítésű végerősítőre.

### 1.1.4. Elkészítés – bemérés

Az 5. ábrához tartozó nyáktervet a 6. ábrán, alkatrész-beültetési rajzot a 7. ábrán láthatjuk. Az integrált áramkörök fokozatok üzembe helyezéséről már sok újat mondani nem lehet. Az impulzusformáló fokozat beültetése viszont fokozott gondosságot igényel, hiszen a megfelelő impulzusformálás „belső útja” nehezen követhető. Beüzemelés során először csak az alapjelgenerátort és annak impulzusformáló egységét kössük össze. Hibátlan kivitelezés esetén a fokozat kimenetén élesen felfutó és lomhán lefutó négyszögjel kell tapasztalnunk. Tekintettel az igen lassú jelekre, hagyományos oszcilloszkóppal igen nehéz ennek kiértékelése. A kapcsolási rajz „A” és „B” pontján digitális szkóppal felvett jelformát mutatja a 8/a. és a 8/b. ábra.

Ezt kövesse a zajgenerátor becsatlóása a rendszerbe. A csatlolás mértéke C6 értékétől függ, az nagyban meghatározza a „karikás ostor” csattanásának élességét. Értéke 3,3 nF-től 470 nF-ig változhat. Ugyancsak a hang karakterességét módosítja a T3 modulátor erősítő kimenetén látható RC komplexum, azon belül is a C7 szerepe a meghatározó. A K kapcsolóval a végfokozathoz történő illesztési módok közül választhatunk. Ezt az opciót azért tettük bele, mert nem feltétlenül szükséges a rajz szerinti végerősítő használata. A 3. ábráról elmondottak alapján ez a fokozat leválasztható a panelről.

Az előzőek nyomán kiderült, hogy van néhány szubjektív értékítéletre, vagy inkább emlékképre hagyatkozó beállítási momentum, de mint mondtuk, a készítőik ízlése és maguk a mozdonykarakterek is különbözőek. Egy – a szerzők által jónak vélt – beállítási végeredményt mutat a 9. ábra oszcilloszkópos felvételezése. A 9.a ábrán egy 275-ös sorozatú, álló helyzetben levő mozdony magnetofonnal készült hangfelvételi képe látható. A 9.b ábra az 5. ábra megvalósítása során C7 kimeneti oldalán felvett képét mutatja.

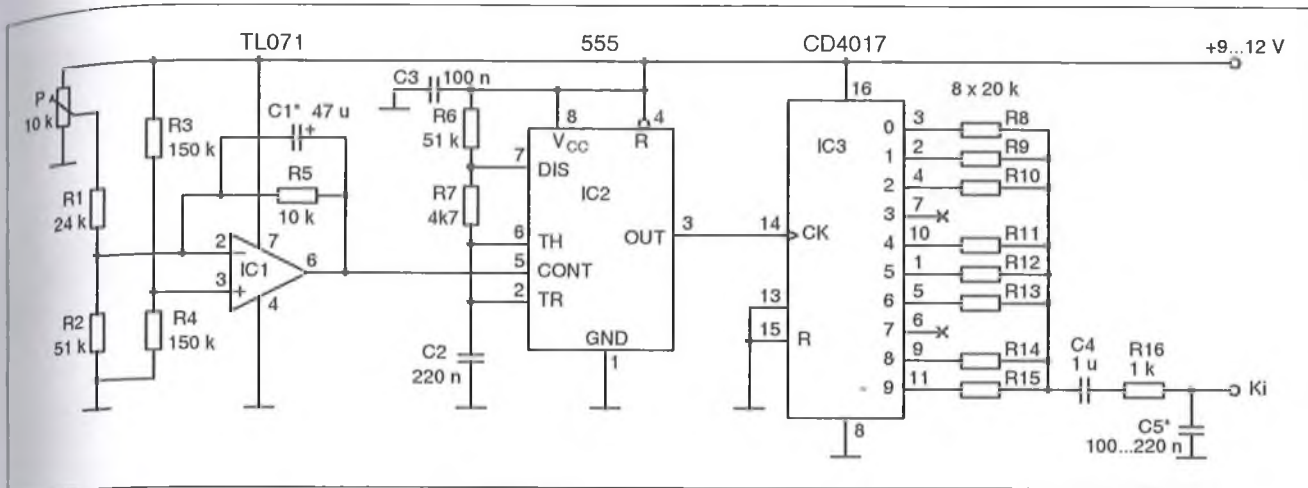


9. ábra

Végül a 9.c ábrán a 2. ábra szerinti megvalósítás C5-ön mért kimeneti jelét láthatjuk. Ez utóbbi csak az áramkörre mutat jellemzőt, míg az első két felvétel a valóság és annak „elektronikai mása” összehasonlítási lehetőségét is megadja.

## 1.2. A dízelmozdony gépezeti hangja

A dízelmozdony hangjának szintetizálása csak látszólag tűnik egyszerűbbnek az előbbi kategóriánál. Azon túl, hogy nem teszünk különbséget a dízel-hidraulikus és a dízel-elektromos meghajtás között, azért szükség lenne egy sor olyan effekt létrehozására, amit csak pl. mikroprocesszor, számítógépi hangkártya és hasonló eszközök alkalmazásával érhetnénk el (pl. motor utórezgés, doppler hatások, hangkítartások, motorütések stb.). Ezek a hatások járulékos áramkörökkel hozzáadhatók egy alapváltozathoz, de együttesen



10. ábra

növelnék az áramkör komplexitását, másrészt elrettentnék a hobbis utánépítőket.

Az előzőek figyelembe vételével egy puritán motorhang-utánzó kapcsolást ismertettünk, aminek persze megfelelően jó a „hanghűsége”. Már ehhez a feladathoz még az analóg áramkörök tekintetében is speciális építőelemre (pl. PLL áramkörre) lehet szükség. Kapcsolásunkban ezen speciálisnak – de azért semmiképpen sem különlegesnek – gondolt áramköri egységek használatát is kerülő módszerrel, hagyományos eszközökkel oldottuk meg. Annyi

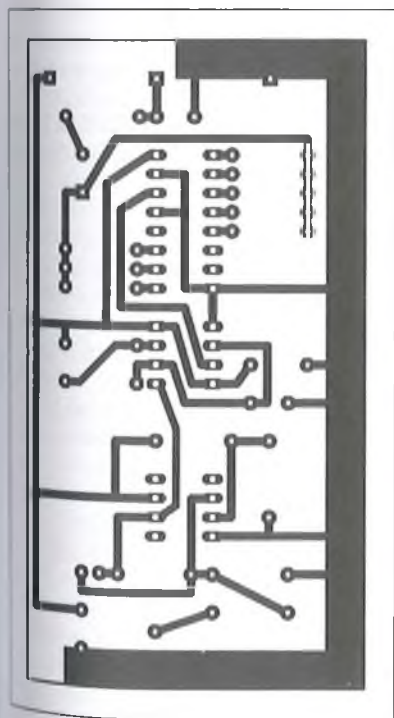
könnyebbségünk talán van, hogy a dízelgépek hangja eléggé tipizálható, annak ellenére, hogy ebben a kategóriában is léteznek egyedi hangú mozdonytípusok (pl. az M41 sorozatú „csörgő”), bár ezek jellegzetes karakterét egyéb eredetű hangok (pl. a rugózás) bekeverése is adja.

Tekintsük tehát a 10. ábrát! A feladat nem más, mint egy növekvő feszültségre növekvő intenzitású berregő hang előállítás. Ennek központi eleme egy VCO, feszültséghangolt oszcillátor lehet, amit tipikusan egy CMOS PLL áramkör szolgáltatna. Esetünkben ezt a feladatot az áramköri mindenben, azaz az 555-ös timer látja el, természetesen sajátos beállításban. Amennyiben az IC belső osztójának az 5. lábra kihozott pontjára egyenfeszültséget kényszerítünk, akkor a belőle kialakított astabil multivibrátor frekvenciája változni fog. A frekvenciaváltozás arányos lesz a feszültségváltozással, csak

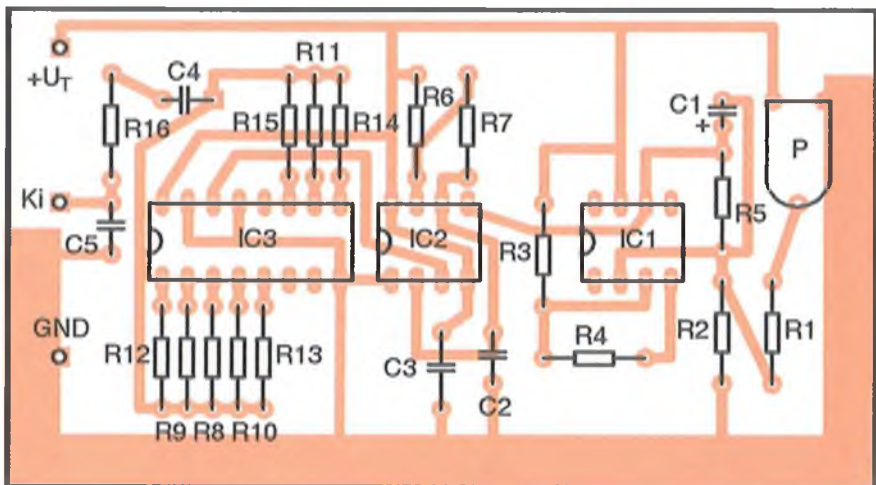
sajnos az iránya nem alkalmas a feltételeinknek.

Tudniillik azt mondtuk, hogy növekvő feszültség hatására a zaj „szaporasága” (elektronikai értelemben frekvenciája) is növekedjen. Az IC e tekintetben éppen fordítva működik. Gondunkra a megoldást az invertáló kapcsolású IC1 adja, egytelepes táplálású kapcsolási elrendezésben. Az R1, R2 feszültségosztó a bemeneti feszültségtartományt optimalizálja. Az R5 visszacsatoló ellenállást áthidaló C1 kondenzátor a vezérlő bemenőjel „rángását” simítja, amire akkor van szükség, ha valódi sínfeszültségről használjuk a hangutánzó áramkörünket, egyébként elhagyható.

A négyszöggenerátor kimeneti jele órajelként szolgál az IC3, dekádikus CMOS Johnson számláló részére. A számláló kimenetein tehát időben egymás után megjelennek a bemeneti értékek. Ha most ezek közül többet egy ponton összesítünk, a hangkép egy „bá-



11. ábra



12. ábra





13. ábra

beli zűrzavar”: nekünk motorzörej lesz. Az ábra szerinti összegzési séma némi próbálgatás és ugyanannyi kudarc vég-eredménye. Szubjektív véleményünk szerint jól szól. A kimeneti szűrőtagok (C4, R16, C5) megint csak a hangkaraktert befolyásolják (pl. mennyire „csapágyas” a főtengely). Megjegyezzük, hogy egészen furcsa módon, a dízelhang előállítására a gőzsíppokkal foglalkozó fejezet kapcsán még egyszer visszatérünk egy gondolat erejéig.

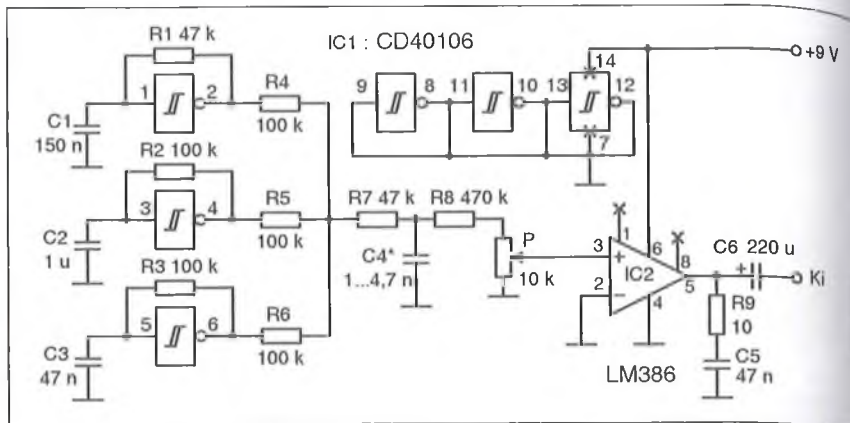
Jelen kapcsolásunk nyáktervét a 11. ábrán, beültetési rajzát a 12. ábrán láthatjuk. Ez a panel már nem tartalmaz végerősítőt, mert választásunk többféle megoldásra is eshet. A beültetett nyák különösebb beszabályozást nem igényel, bekapcsoláskor azonnal adja a várt eredményt. Természetesen a hangkarakteren az említett befolyásoló elemek cseréjével változtathatunk. A megépített berendezésünk kimenőjelének időképét mutatja a 13. ábra, amit P közepsi állásban vettünk fel.

## 2. Jelzőkészülékek hangja

A mozdonyokkal végrehajtott meneteknél, vonattovábbításoknál a mozdony, illetve a vonat elindulásáról, közeledéséről stb. mind a vonat személyzetét, mind a pálya mentén tartózkodókat figyelmeztetni kell. A hallható figyelmeztető jelzések adására alkalmas eszköz a mozdonyon a síp vagy a kürt. (Régebben használatos volt az erős hangú harang is. Nálunk csak olyan helyen volt szabad harangot alkalmazni,

1. táblázat

Mód	C1	C2	C3	C4
1	150 n	1 $\mu$	47 n	2n2
2	330 n	1 $\mu$	47 n	2n2
3	150 n	1 $\mu$	22 n	2n2
4	100 n	1 $\mu$	22 n	2n2
5	150 n	1 $\mu$	100 n	1 n



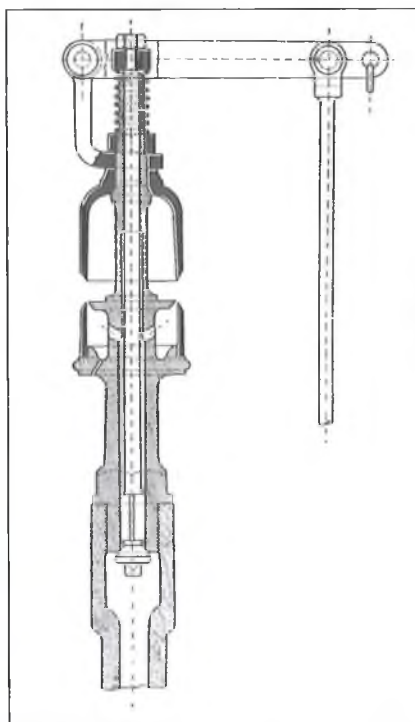
14. ábra

ahol beépített területen haladt át a mozdony.) Megjegyezzük, hogy a jelzőkészülékekkel adható jelzéseket külön utasítás szabályozza. Az előbb említett két jelzőkészülék elektronikus bemutatását – didaktikai okokból – most a dízelüzem reprezentánsával kezdjük.

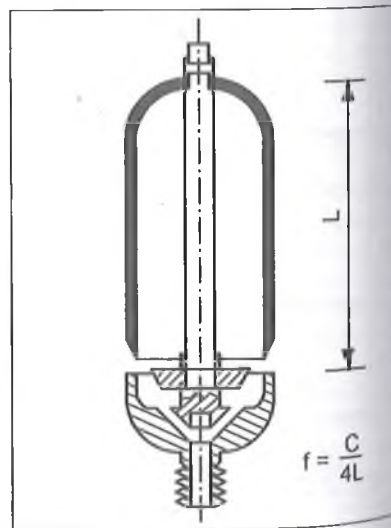
### 2.1. A dízel kürt

Megint az a problémánk, hogy mennyi típusa létezik a dízel gépeknek (itt már a mozdonyt gyakorta csak „gép”-nek nevezik), ugyanúgy a hozzájuk tartozó kürtök is rendre másképpen szólnak. Tipizálni őket nem igen lehetséges. Így itt csupán a jellegét mutatnánk be a hangzásoknak, mintsem

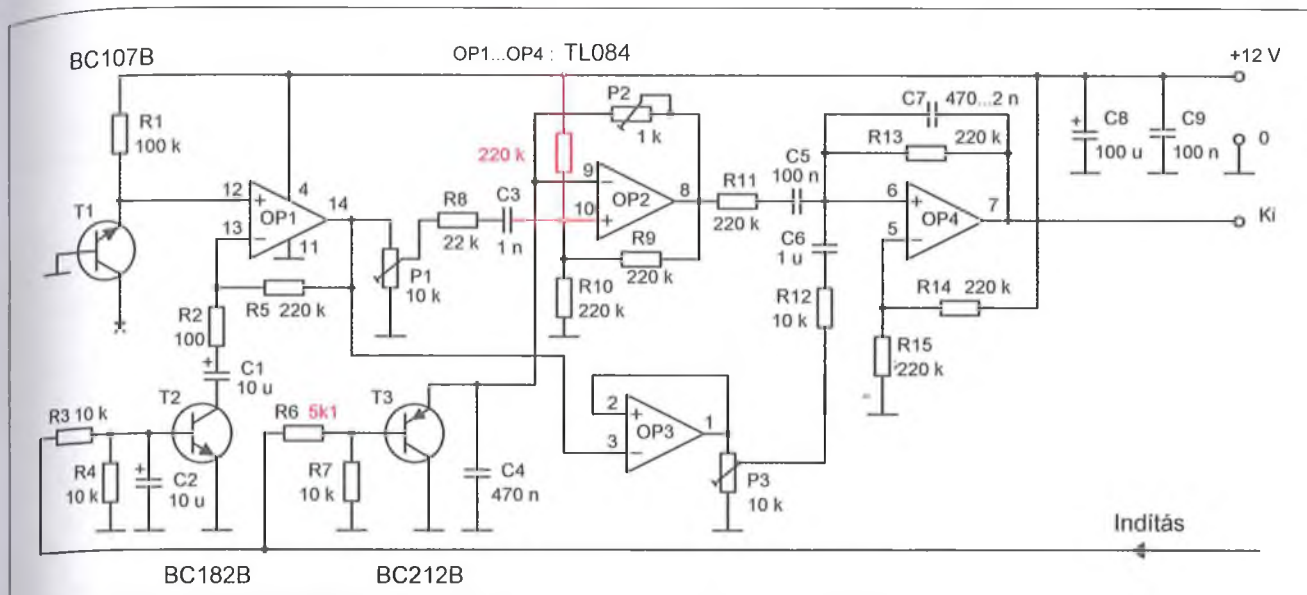
törekednénk a precíz szintetizálásra. Ez utóbbira feltétlenül szükség lenne – a későbbiekben egy konkrét eset kapcsán bemutatandó – hanganalizáló eljárásra, majd szintetizáló algoritmusra, végül áramköri megvalósításra. A dízel kürt hangjának jellege frekvenciában egymáshoz közel álló hangok „elegye” No ez a „közel álló” kitétel adhatja a legtöbb fejtörést, ha nem tudjuk analizálni a jelet. Áramköri szempontból az egyik lehetséges megoldást a 14. ábra mutatja. A mindössze három Schmitt-triggeres inverterből kialakított három oszcillátor kevert jele már alkalmas illúzió kelthet. Spektrumvizsgálatok hiányában az oszcillációt meghatározó RC tagok értékeit – teljességgel szubjektív megítélés alapján – tapasztalatilag határoztuk meg. Néhány módosító javaslatunkat az 1. táblázat tartalmazza. Az egyes ellenállások esetleg potencióméterekkel is helyettesíthetjük, tovább finomítva a beállítást. További oszcillátorok bekeverése (hex invertertokról



15. ábra



16. ábra



17. ábra

van ui. szó) tapasztalatunk szerint nem kívánatos interferenciát okoz. Ha mégis ezzel kísérletezünk, akkor a ki nem használt kapuk bemeneteit feltétlenül kössük GND-re!

A minél jobb hangzás elérése érdekében csak nem polarizált poliészter (vagy egyéb, műanyag dielektrikumú) kondenzátorokat használjunk! A csatlakozó kis végerősítő már-már széria-megoldásnak számít sorozatunkban.

## 2.2. A gőzsíp

### 2.2.1. A gőzsíp gyakorlati megvalósítási

Definíció szerint: „a gőzsíp a gőzkazán egy készüléke, melynél finom gyűrű alakú nyíláson kiömlő gőz egy kis harang széleit éri el s ez hangot ad”. (Forrás: Pallas Nagylexikon) A gőzsíp alkalmazását 1833-ban Angliában egy baleset következtében vezették be. Felépítését tekintve éllel egymással szemben álló harang alakú fémöntvényekből áll. A gőzsíp gőzszelepét pl. rugó tartja állandóan zárva (léteznek más záró mechanizmusok is). Ha megnyitjuk ezt a szelepet, a nyitva tartás mértéke szerint rövid vagy hosszú, erős vagy gyenge sípjelzéseket adhatunk.

Egy korai gőzsíp metszeti rajzát a 15. ábrán láthatjuk. A 16. ábra egyszerűsített vázlata viszont segít a hangkeltés mikéntjét is megérteni. A keltett jel alapfrekvenciája  $f = c/4L$ , ahol a  $c$  a hang terjedési sebessége a gőzben. Tegyük fel, hogy a gőz hőfoka 473 K; ekkor ebben a közegben a  $c = 555$  m/s. Ha

azt akarjuk, hogy az alapharmonikusunk 660 Hz legyen, akkor a vibrálásra gerjesztett felső harang hossza 210 mm-re adódik. Ugyanezekkel a paraméterekkel, ha a sípot levegővel fújjuk, akkor csak 395 Hz-en szólal meg. Az egyéb – a hangkeltésre nézve – befolyásoló tényezők szerepéről itt most nem szólnak. Annyit talán azért sikerült érzékeltetnünk, hogy a kérdés minden eddiginél összetettebb. Még inkább elrettenünk, ha egy füttyhangfelvételt csak oszcilloszkóppal vizsgálunk. Ugyanazon síp megszólalásának kezdetén, állandósult állapotában, majd lecsengésekor más-más alakú jel-formát produkál (háromszög, négy-szög, trapéz) és mindez a szkóppal analízálhatatlan, frekvenciában modulált komponensekkel keverve. Nem véletlen az sem ezek után, hogy lapjainkban megjelent különböző szintetizáló próbálkozások rendre eltérnek egymástól. Annyi azonban mindegyikben közös, hogy a főbb jellemzők csak egy-egy szeletét modellezték, és végül is ilyen értelemben mindenkinek igaza volt, de a végeredmény csak nyomokban hasonlított az eredeti hangképhez. A [2] megoldása szerint a gőzsíp jellegzetes hangját egy alapharmonikus (800...2000 Hz-es) fűrészeljre szuperponált fehérzaj adja. Ez az elképzelés igen egyszerű áramkörrel megvalósítható, csak hát az igazi nem teljesen így szól.

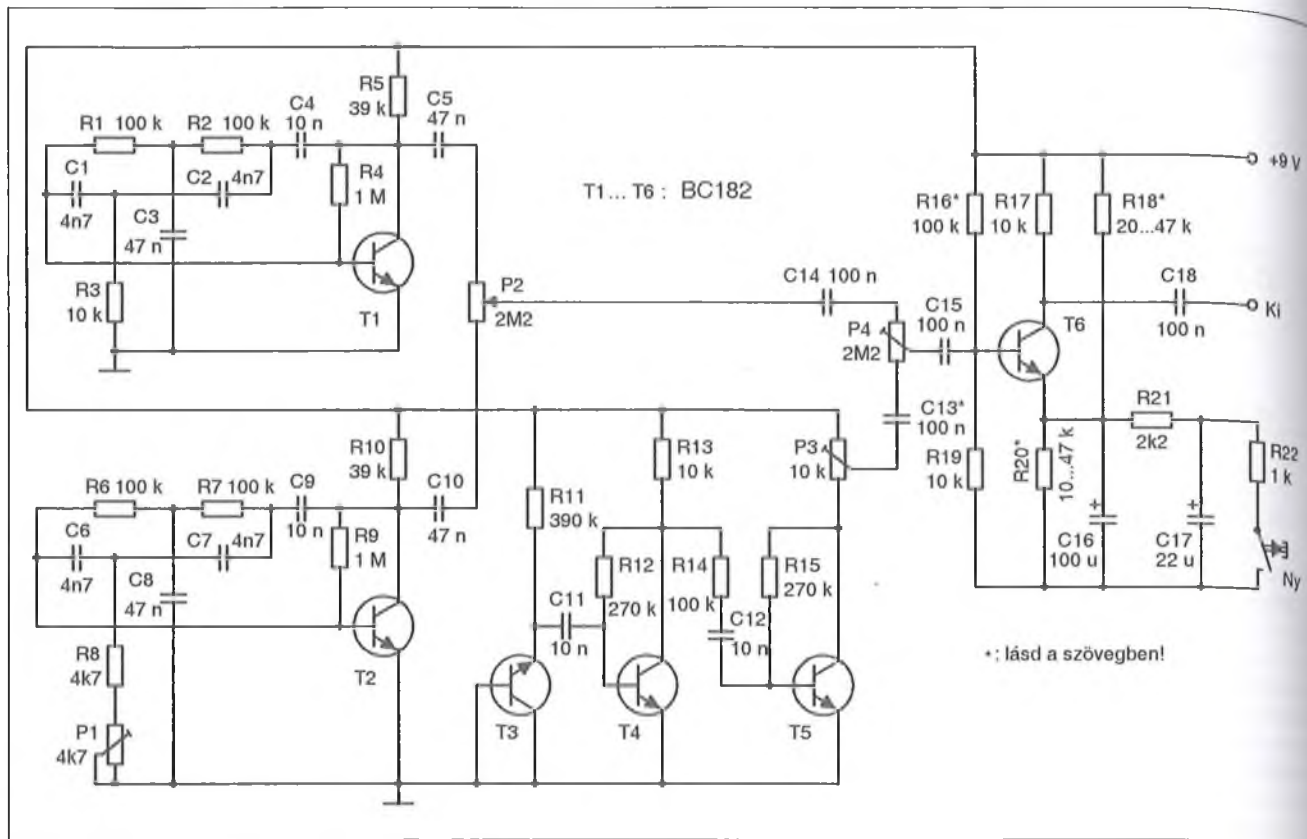
A gondolatot tovább fűzte a [3] megoldása. A cikk szerzője szerint élethűbbé válik a gőzmozdonyfütty hangja, ha az alapjel négyszöggenerátor jelét a zajjal frekvenciában is modu-

láljuk. Tekintettel arra, hogy a [3]-ban közölt kapcsolás elrajzolások miatt nem működőképes, itt most megismételjük átdolgozott formában (17. ábra). A módosításokat pirossal jelöltük. A működési leírása – az értelemszerű módosításokkal – az eredeti cikkben elmondottaknak megfelelő. Az előbbi megoldások egy ún. kis mozdony sívító síphangját próbálják meg utánozni, s pl. terepasztali használatra még illúziókeltők is lehetnek.

Nem jár messze az effajta szemléletű igazságtól az, aki ezt a gőzzel kevert sívító hangot szinuszzel modellezi. Erre mutat egy különleges megoldást a 18. ábra. Az ábrán két független TT-szűrős szinuszgenerátort látunk, amelyek közül az egyiknek a frekvenciája P1-gyel kismértékben változtatható. A közölt értékekkel a keltett jel frekvenciája kb. 530 Hz, csúcstól csúcsig mérve mintegy 3,5 V-os amplitúdóval, 9 V-os táplálás esetén. A két generátor (T1, T2) kimeneti jelét a P2 potencióméter „közösíti”. A fehérzaj-generátor ezúttal teljesen tranzisztoros kivitelű (T3-T5), amely – a fokozatok számának köszönhetően – akár csúcstól csúcsig 1,2 V nagyságú zajfeszültséget produkál. A generátorok közösített jele és a P3-mal szabályozható zajamplitúdó újabb egyesítésre kerül P4 segítségével. Ezt a jelkomplexumot T6 erősítő fokozat erősíti, kissé szokatlan munkapont-beállításban.

A fejezet bevezetőjében említettük, hogy a síp meghúzásának mikéntjétől függően rövidebb-hosszabb jelet kapunk mindenféle fokozatos átmenetek-





18. ábra

kel. Ez a fokozat egyfajta „lágyindítást” valósít meg, ami a valódi sípolás velejárója is. A T6 munkapontját az R18 és az R20 ellenállás úgy állítja be, hogy annak emitterfeszültsége nagyobb a bázisfeszültségnél, azaz a tranzistor zárva van. Amikor a nyomógombot megnyomjuk, az R21 söntöli az irreálisan nagy értékű emitterellenállást, és a C16 „magas” feszültsége lassan csökken. Így a tranzistor fokozatosan kinyit, és a kimenetén megjelenik a felerősített sípjel. Az R22, C17 a kikapcsolási koppanást gátolja. Az R22 szerencsés esetben el is hagyható.

Mint látjuk, teljességgel diszkrét alkatrészes analóg megoldásról van szó, megannyi „\*-os” alkatrészzel. Sajnos, nem tudjuk megkerülni a tranzistorok munkaponti beállítási procedúráit, különös tekintettel az adott tápfeszültségre történő igazítást. A kapcsolás megépítése a tranzisztortechnikában járatosaknak ajánlott. A kapcsolás tulajdonképpen működhetne egyetlen szinuszzel is, de a variálás szabadságfokunk nagyban növekszik a kétgenerátoros megoldással. A két generátor frekvenciában közeli, de nem azonos értéken rezeg. A két szinuszjel

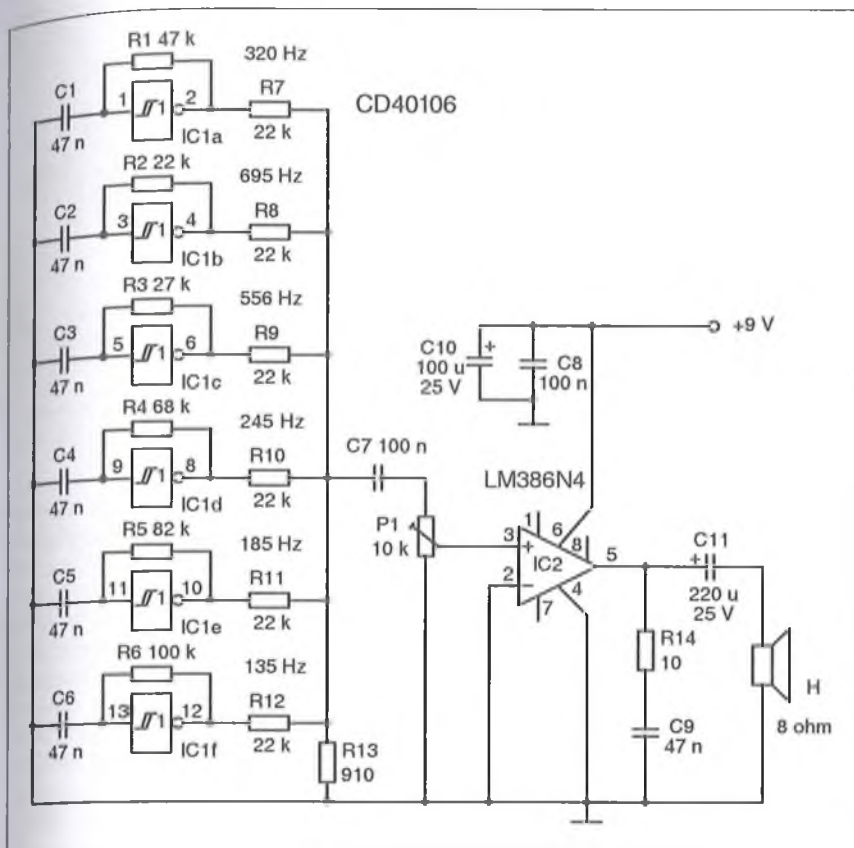
frekvenciáinak közelítése (P1) és összelebegtetése (P2) igen változatos összképet eredményezhet. Előállíthatjuk a frekvenciában közel azonos helyzetet („0 ütés”), amikor is – mint arra az előző fejezetnél utaltunk rá – pl. a dízelmotor hangját szimulálhatjuk. A „bekevert gőz mennyisége” a P3, C13 útján szintén széles határok között állítható. A kísérletezésnek így tág teret adó kapcsolás változatos sípkarakterek előállítását teszi lehetővé.

A szintetizálások harmadik vonulata négyszögjelet vesz alapul azon okfejtéssel, hogy az eleve nagy harmonikustartalommal rendelkezik. (Kérdés, hogy azt halljuk-e?) Az ebben a kategóriában alapmegoldásnak számító [4] magyarul is megjelent (*Rádiótechnika 1982/12.*). Alapgondolata tulajdonképpen az, hogy a négyszögjelet zajjal frekvenciában moduláljuk. Áramkörtechnikailag egyfokozatú műveleti erősítőt használ speciális visszacsatoló hálózattal, egytranzisztoros zajforrással. Felépítése igen egyszerű bár, de a hangja nem őszehasonlítható az eredeti hangzással. (Ez utóbbi tény az eredeti angol szövegkörnyezet finoman meg is fogalmazza.) Az elektronikus dízelkürt megvalósításánál rámutattunk, hogy

háromnál több oszcillátor jelének elegyítése már zavaró interferenciát okozhat. Lehetséges, hogy a gőzsíp megvalósítása szempontjából a jelenség kedvező lehet.

A nagy mozdonyok öblösebb síphangjára tesz kísérletet az [5]-ben látható megoldás, amelyet mi is bemutattunk. Az áramkör rajzát a 19. ábra mutatja. Ebben a kapcsolásban mind a hat Schmitt-trigger kapuból (IC1) oszcillátort készítünk, melynek jeleit ellenállásokon keresztül összegezzük. Itt is számolhatunk az egyes négyszögjelek gazdag harmonikustartalmával. A jelek összegző elegyítésével valóban egy szélesebb spektrumú jelcsomagunk lesz. Az oszcillációt meghatározó RC-tagok által generált frekvenciákat is feltüntetjük. A kevert jelünk erősítéséről IC2 a már megismert módon gondoskodik. Amint látjuk, ebben az esetben nyoma sincs a fehérzaj-generátor – mint gőzhang – alkalmazásának. Annak viszonylag nagy amplitúdójú, ilyen formában való bekeverése sem változtat az alapmegoldással előállított hangkarakteren.

Az RC-elemek módosításával lehet a hangzáson módosítani, de hát milyen szép – és főleg egyszerű – is lenne, ha



19. ábra

het, hogy a belső tömbvázlat ismeretében (az interneten hozzáférhető adatlapon szerepel) ki lehetne következtetni, hogy az éppen használt áramköri blokkra miért is van szükség a szintetizáláshoz, de ennél azért ésszerűbb magyarázatra is szükség lenne a működés megértéséhez. Ezt viszont csak a hanganalízis tudományának felhasználásával kaphatjuk meg.

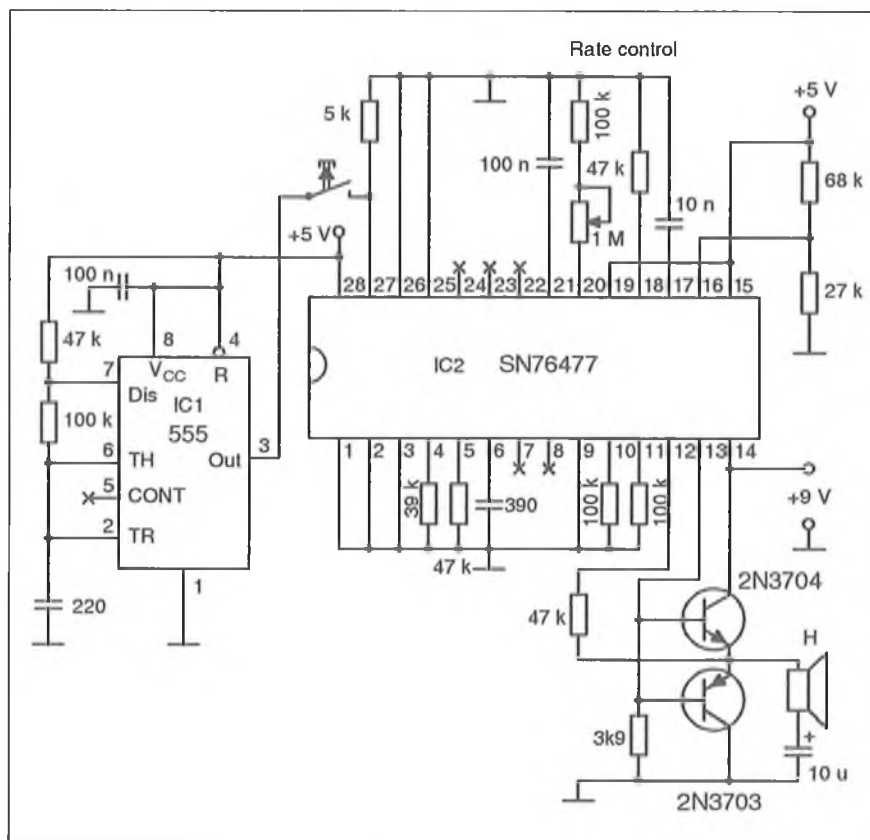
### 3. A gőzsíp hangjának analízise és szintézise

Környezetünk hangjainak, zajainak, zörejeinek elektronikus úton történő előállítás (szintetizálása) nagy körülményt igénylő feladat. A megoldáshoz vezető út első állomása mindig az utáztandó hangeffektus alapos analízise. A gőzmozdony síphangjának reprodukálásához rendelkezésünkre állt egy kazettásmagnó-felvétel, a „Truman-411” mozdonyé, valamint egy gyermekjátékból „megmentett”, gőzsíphangot (is) utáztó áramkör. A két hangforrás „megszólalásig” hasonlított egymásra, így az analízisünk eredménye ténylegesen relevánsnak minősül.

A tervezett munkamenet a következő volt: az analízis elvégzése mindkét

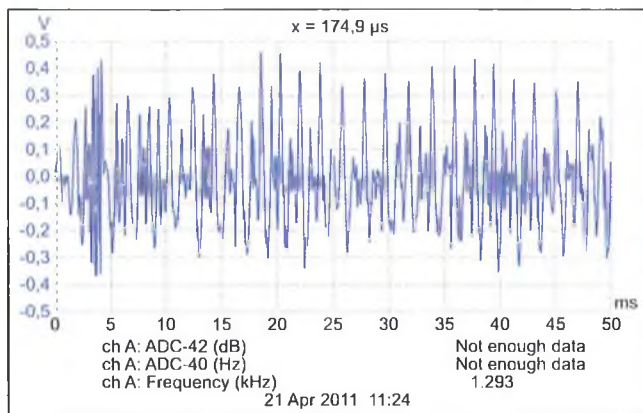
ez volna az igazi megoldás! Az imént is többször éltünk a feltételes módú fogalmazással, hiszen hangzásbeli megállapításaink továbbra is szubjektív értékeitelen alapulnak. Későbbi fejezetünk alapján láthatjuk például, hogy érdemes lenne már itt is az egyes frekvenciakomponensek amplitúdóit súlyozottan összegezni, valamint töprengenünk kellene egy nagy amplitúdójú zaj hozzáadásáról is.

Az előző példákól kiindulva el kell mozdulnunk tehát az áramköri komplexitás és integrálás irányába. Még mindig diszkrét áramköri elemekkel dolgozunk – hisz ezt ígértük a bevezetőben – de be kellene lépünk az ún. berendezésorientált IC-k világába. Létezik pl. az SN76477 típusú komplex hangszintetizáló IC, melynek mennyi gyári ajánlása között szerepel gőzsíp-szintetizáló megoldás is. Maga az IC tartalmaz igen kisfrekvenciás (SLF) oszcillátort, VCO-t, zajgenerátort és szűrőt, burkológörbe generátort és kiválasztó logikát, keverőt, jelfelfutási és lefutási szabályozót stb. Az IC-t beszerezni tudók, vagy csak az érdeklődők kedvéért a 20. ábrán bemutatjuk az SN 76477 hangszintetizáló IC-vel megvalósítható gőzsíp-kapcsolást. Le-



20. ábra





21. ábra

síphangra, az analízis eredményéből a megfelelő következtetések megállapítása, ezek alapján egy PC-s hangszerkesztő programmal, a megfelelő komponensekből a szintetizált jel előállítását, a szintetizált jel elektronikus analízise, végül analízis a legérzékenyebb műszerünkkel, a hallással. A síphang előállításának tömbvázlatát a hangszerkesztő programban felhasznált jelek, valamint a jelekkel végzett műveletek elektronikus előállításának tervezett áramkörei alapján rajzolhatjuk meg.

Azért választottuk a PC-s szintézist, mint segédeszközt, mert így megmenekülhetünk egyes áramkörök esetlegesen felesleges legyártásától, amit a számítógéphez kapcsolt hangszugárzókból hallunk, biztosan az fog megszólalni a legyártott áramkörökből összeállított kis berendezés üzembe helyezése után. A szintézist az *Adobe Audition 1.5* programmal végeztük, ugyanis ez a hangszerkesztő ingyenesen letölthető az internetről. A program segítségével szinusz-, négyszög-, háromszög- és fűrészjelet, valamint különböző sávszélességű zajokat generálhatunk, ezeket súlyozottan összeadhatjuk. A program

alkalmas spektrumanalízisére is, így a szintetizált jelünket ellenőrizhetjük a frekvenciatartományban, bár a spektrum analíziséhez egy másik, szintén szabadon hozzáférhető programot fogunk használni. Ez a program az *Audacity 1.2.6*, ami teljes képernyőn jeleníti meg a spektrumot, így pontosabb, jobban kiértékelhető képet kapunk. A program számunkra szükséges elemeinek kezelése rövid gyakorlás után nagyon könnyűnek tűnik majd.

Cikkünk ezen részének nem célja egy konkrét kapcsolási rajz közlése, hiszen az eredmény, mint látni fogjuk, több megoldással is elérhető. Inkább az analízisre fektetjük a hangsúlyt, ugyanis ez a kiindulópontja a helyes megoldásoknak!

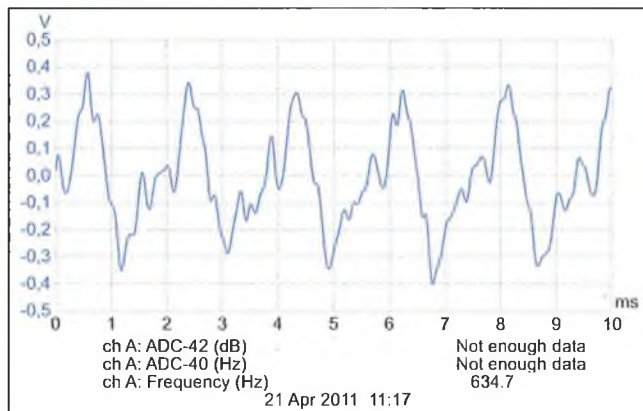
### 3.1. Elektromos jelek analízise az időtartományban

A jeleket kétféle módon jeleníthetjük meg, az időtartományban (oszilloszkóppal), valamint a frekvenciatartományban (spektrumanalízátorral). A két megjelenítési mód másképpen írja le ugyanazt a jelet. A könnyebb kiérté-

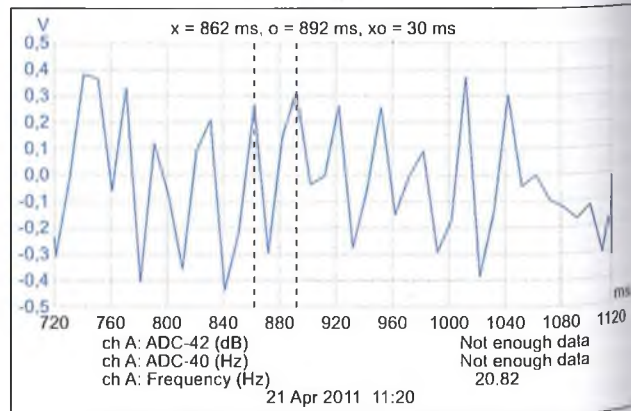
kelhetőség érdekében vagy egyiket, vagy a másikat, vagy mindkettőt alkalmazzuk. A spektrumanalízis ugyanis nem ad információt a jel időbeli változásáról, az oszcilloszkópábrát nézve pedig kevés információt szerzünk a jel frekvenciakomponenseiről. Láthatjuk majd, hogy a gőzsíp hangja igencsak összetett, ezért biztos, hogy az analízis során a frekvencia- és időtartományban is meg kell jeleníteni az elektromos formában rendelkezésre álló jelet.

A 21. ábrán látható, hogy az adott időtartományban periodikusan változó jellel van dolgunk. A mérőberendezés ki is jelölt egy alappfrekvenciát (1,293 kHz), de a jel alakja periódusonként más és más. A helyzet még nyilvánvalóbb lesz, ha egy 10 ms-os időtartamot ábrázolunk belőle (22. ábra).

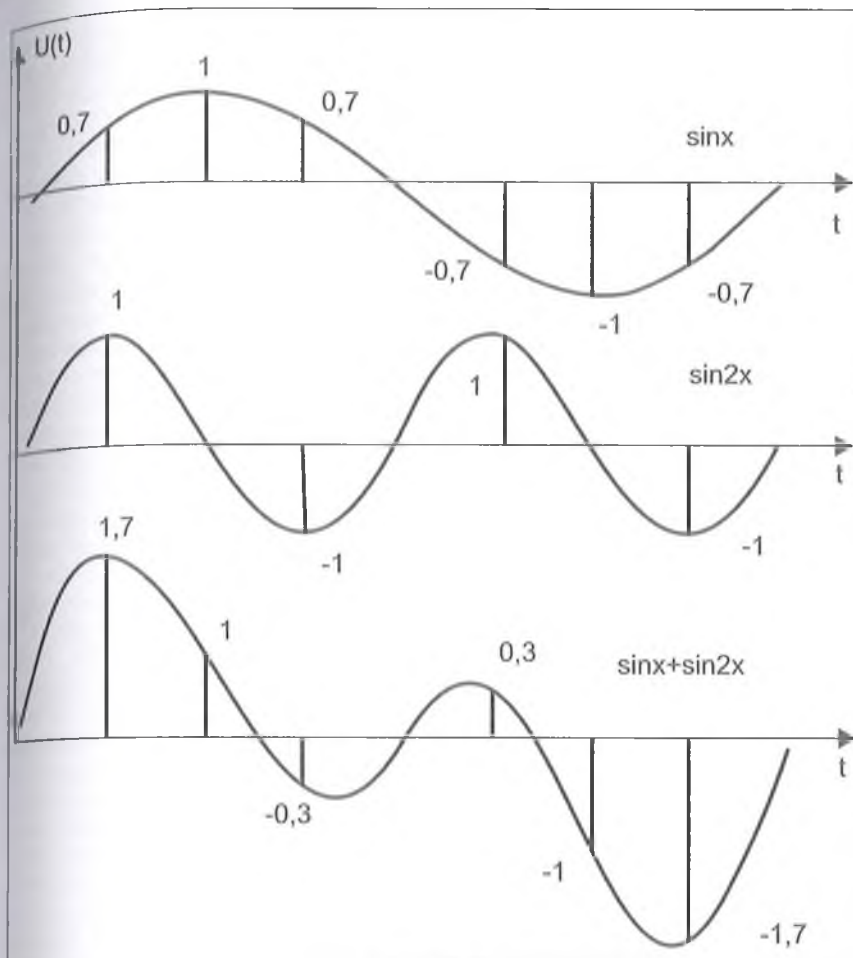
A 22. ábrát vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a vizsgált időtartamban kb. öt periódus játszódik le, de a periodikus jelhez további, különböző frekvenciájú és fázisú jelek adódnak, ezzel létrehozva egy nem periodikus jelet. Az alappfrekvencia 500 Hz körül alakul, amely érték jól közelíti az akusztikusan



22. ábra



24. ábra



25. ábra

meghallgatott fütty alaphérfvenciáját. Ha további, kb. 10 ms-os időtartamokat vizsgálunk, mindegyik más és más képet mutat, vagyis csak az időtartományban történő vizsgálattal nem tudjuk a síphang jellemzőit megállapítani!

Ha a 23. ábra jelét, egy hosszabb időtartamot vizsgálunk, láthatjuk, hogy az amplitúdó is változik, méghozzá egy rövid, néhányszor 10 ms-os periódicitással, valamint egy lassabb változással, 1–2 Hz körüli férfvenciával. Ezt a jelalakot feltétlenül több, egymáshoz közeli férfvenciájú jel összegződése hozhatja létre; a jelek férfvenciái között 1–2 Hz-es és 10 Hz-es különbségek egyaránt előfordulnak! Vizsgáljuk meg, milyen periódusidőkkel növekszik-csökken a jel, ezekből következtetni lehet az összetevők férfvenciájára is.

A 24. ábrán megfigyelhetjük, hogy az amplitúdóváltozás periódusideje ingadozik, ám hosszabb időtartamot elemezve is, leggyakrabban háromfajta ismétlődési időt mérhetünk, 30, 40, ill. 50 ms-ot.

A fent bemutatott oszcilloszkóp-ábrák alapján aligha tudnánk egy hasonló jelet előállítani, bár néhány feltételezés kimondására alkalmasak. Pontosabb képet kaphatunk, a férfvenciatartományban is vizsgálódunk, vagyis egy spektrumanalízist végzünk.

### 3.2. Elektromos jelek analízise a férfvenciatartományban

A digitális jelfeldolgozás egy hatékony spektrumanalízálási módszer alkalmazását teszi lehetővé, a Diszkrét Fourier Transzformációt (DFT), illetve ennek egy matematikai módszerrel „felgyorsított” változatát, a Fast Fourier Transform-ot, melyet FFT-nek rövidítünk.

A kiindulási alap Fourier tétele: „Minden periodikus jel felbontható végtelen számú szinusz- és koszinuszjel-összetevőre. A harmonikusok férfvenciája az alapharmonikus férfvenciájának egészszámú többszöröse, amplitúdóikat pedig az adott periodikus jellel kiszámítható matematikai függvény határozza meg.”

Tudjuk, hogy a digitális jeleket a mintavételi időpontokban bináris számértékekkel írjuk le. A jelfolyamból kiválasztunk egy  $n$  mintából álló időtartamot (ablakot), ezt tekintjük az alapharmonikus periódusidejének, ennek az időtartamnak fele, harmada, negyede... stb. lesz a harmonikusok periódusideje. A DFT célja, hogy a vizsgált jelszakasz alapharmonikusához és a felharmonikusokhoz való hasonlóságát megállapítsa. Ez matematikailag úgy végezhető el, hogy a vizsgált jel mintavételi pillanataiban létező (bináris szám formájában eltárolt) amplitúdókat összeszorozzuk az alapharmonikus ugyanazon időpillanataiban vett amplitúdóértékeivel, majd ezeket a szorzatokat összeadjuk. Ha a kapott szám nagy, akkor a vizsgált jel nagyon hasonlít az alapharmonikusra, ha kicsi, akkor kevésbé. Ezt a számítást elvégezzük a második, harmadik, negyedik... stb. harmonikusra is, ezáltal a vizsgált jel hasonlóságát ezekhez a férfvenciákhoz is megkapjuk.

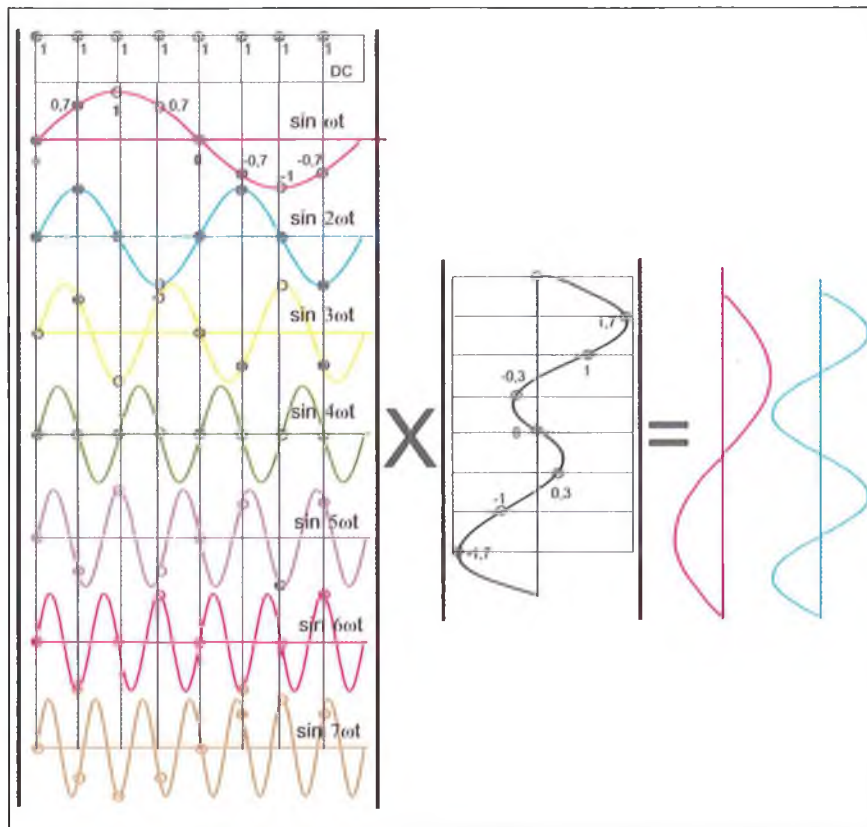
Annak érdekében, hogy a DFT műveletvégzése még érthetőbb legyen, végzünk el egy nyolcpontos DFT-t, „kézi” számítással! A vizsgálandó jel legyen egyszerű, a „ $\sin x + \sin 2x$ ”, vagyis egy egységnyi amplitúdójú szinuszjel és egy szintén egységnyi amplitúdójú, de kétszeres férfvenciájú szinuszjel összege (25. ábra)! A félértések elkerülése érdekében tisztázunk, a következőkben előforduló néhány kifejezést:

- *alapharmonikus*: az összetett jel alapját adó, tehát alaphérfvenciás jel,
- *harmonikusok*: az alapharmonikus férfvenciájának egészszámú többszörösei,
- *első harmonikus*: az alapharmonikus férfvenciájának kétszerese,
- *második harmonikus*: az alapharmonikus férfvenciájának háromszorosa, és így tovább.

Ezt a jelet DFT-vel vizsgálva, eredményként két azonos amplitúdójú, de egymáshoz képest kétszeres férfvenciájú szinuszjelet kell kapjunk!

A könnyebb megértés érdekében először grafikus megjelenítésben ábrázoljuk a transzformáló mátrixot, a vizsgálandó jelet, valamint a DFT eredményét (26. ábra). A transzformáló mátrix nyolc jelet, jelenként nyolc amplitúdóértéket tartalmaz, tehát összesen 64 számértékből áll. A vizsgálandó jel





26. ábra

nyolc számértékből áll, a nyolc mintavételi időpontban érvényes amplitúdónak megfelelően. A vizsgálandó jelből képzett számokat oszlopvektornak nevezzük, a transzformáló mátrixszal a mátrix-szorzás szabályai szerint kell összeszorozni, ezt jelzi a közéjük írt „ $\times$ ” jel.

A vastag, függőleges vonalak közé rajzolt jeleknek a kis körökkel jelzett, mintavételi időpontokban felvett értékeit kell összeszorozni a jobb oldali jel azonos időpontokban mutatott értékeivel, és a szorzatokat össze kell adni.

Ha mindegyik szinuszjelre elvégezzük ezt a számolást (27. ábra), akkor nyolc számot kapunk, melyekből az első a vizsgált jel DC összetevőjére jellemző számérték, a második az alapharmonikus amplitúdójára jellemző, a harmadik az alapharmonikus kétszeres frekvenciájának amplitúdójára jellemző számérték, és így tovább. Az  $n$  pontos DFT eredménye két darab,  $n/2$ , egymásra tükörszimmetrikus spektrumképet produkál, tehát  $n$  pontos DFT-vel két darab, tükör szimmetrikusan  $n/2$  pontos spektrumképet kapunk, ahogy ez a számítás végeredményeként látható is.

Ha a számítások eredményét a frekvenciatengelyen úgy ábrázoljuk, hogy

a hasonlósággal arányos hosszúságú merőleges szakaszt állítunk az adott frekvenciára, megkapjuk, hogy a vizsgált jel milyen amplitúdójú első, második, harmadik stb. harmonikusú frekvenciákból állítható elő (28. ábra).

Ha vizsgáló műszerrel, vagy PC-vel DFT-t (FFT-t) hajtunk végre, a műszerek ennek a spektrumképnek csak a bennünket érdeklő részét (piros téglalap), a tükörszimmetrikus ábra bal felét

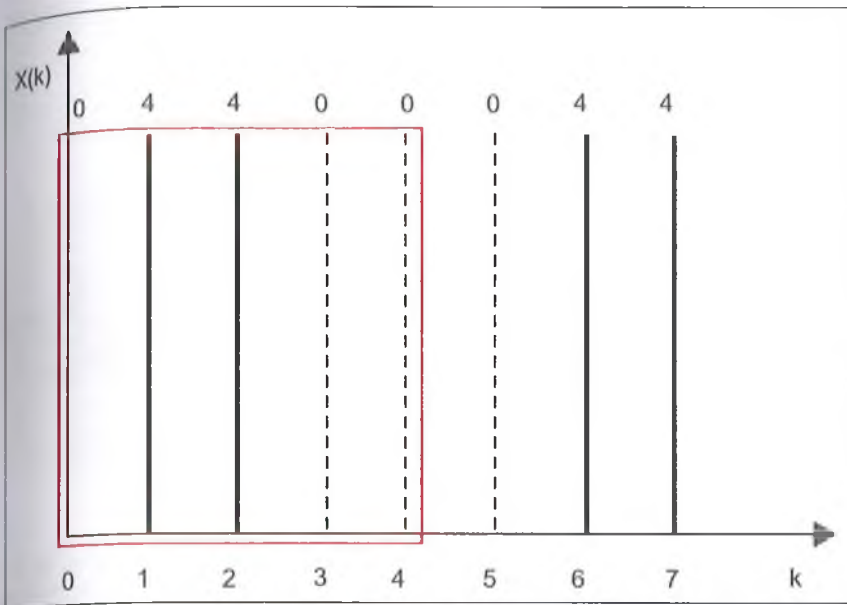
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0,7	1	0,7	0	-0,7	-1	-0,7	1,7	4
0	1	0	-1	0	1	0	-1	1	4
0	0,7	-1	0,7	0	-0,7	1	-0,7	-0,3	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-0,7	1	-0,7	0	0,7	-1	0,7	0,3	0
0	-1	0	1	0	-1	0	1	-1	4
0	-0,7	-1	-0,7	0	0,7	1	0,7	-1,7	4

27. ábra

mutatják. A 28. ábrán látható (a vastag vonallal jelzett) frekvenciakomponensek alkotják a vizsgált jelünket, méghozzá azonos amplitúdóval, ahogy a vizsgált jelünket előállítottuk, a DC összetevő, a háromszoros és négyszeres frekvenciájú összetevő értéke nulla.

Beláthatjuk, ha  $n$  pontot választunk ki, akkor a szorzások száma  $n^2$  lesz, az összeadásoké pedig  $n^2-1$ , vagyis ezer pontos analízis során ezredmásodpercek alatt több millió műveletet kell elvégezni, ami valós idejű analízis esetén túlterhelné a számolórendszert. Ezen segít az FFT. Ez az alapharmonikusok és felharmonikusok tartalmazó  $n \times n$  méretű mátrixot kisebb mátrixokra bontja. Ezzel a trükkkel egy bizonyos pontszám felett kevesebb számítás szükséges, mint a DFT esetében. Az FFT viszont csak olyan pontszámokkal működik, melyek kettő hatványai, ezért beszélünk ma 256, 512, 1024... stb. pontszámú analízisről. Az FFT számítását végző PC-k fejlődéséről: „1998-ban egy 256 pontos FFT végrehajtása valamely személyi számítógépen néhány percig tartott. Manapság a 8192 pontos FFT elvégzése kevesebb, mint egy ezredmásodpercig tart.” [6]

Mint látjuk, az FFT nagyon hatékony „fegyver”, de szót kell ejteni a hátrányairól is: az összetevők frekvenciaértékeinek kiszámítása annál pontosabb, minél hosszabb az „ablak”, vagyis minél több pontos analízist végzünk, így viszont az egyes frekvenciakomponensek időbeni megjelenéséről nincs jó információnk. Ez az, amit frekvencia-idő dualitásnak neveznek, vagyis a vizsgált jel komponenseinek frekvenciáját pontosan csak „hosszú ablakkal”, az egyes jelek időbeni meg-



28. ábra

jelenését „rövid ablakkal” tudjuk pontosan detektálni.

A spektrumanalízis során vizsgált jelek általában nem periodikusak (beszéd, zene, mozdonyfütty), márpedig Fourier tétele periodikus jelekre vonatkozik. Egy kis csalással jeleinket „periodikussá tehetjük”, ugyanis a Fourier transzformáció a következő ablak elején ugyanakkora jelet „vár”, mint az előző időablak végén volt, hiszen periodikus jeleket tételez fel. Ha az ablakok nem élesen választódnak el egymástól, hanem valamilyen amplitúdó „átmenetet” alakítunk ki közöttük, a vizsgált jel látszólag periodikus lesz. Az átmeneteket matematikai függvényekkel írhatjuk le, melyeket megalkotóikról neveztek el (Hamming, Hanning, Bartlett... ablakozási módszer)

### 3.3. A gőzszíp hangjának analízise

Végezzük el tehát a spektrumanalízist a magnetofonnal rögzített gőzszíp jelére, mégpedig kétfajta mérőműszerrel! Az egyik a PICO TECHNOLOGY professzionális számítógépes mérőrendszere (29. ábra), a másik egy szabadon hozzáférhető hangszerkesztő szoftver, az „AUDACITY 1.2.6” analízátor része (30. ábra). Megfigyelhetjük, hogy a két spektrumkép a lényeges részeket tekintve azonos, tehát hiteles spektrumképet kaphatunk a PC-s-program analízátor szoftverével is!

Amit első pillantásra észre vehetünk: egy zajspektrumon „ülnek” a sípjelre jellemző harmonikusok, különböző frekvenciákon különböző amplitúdóértékekkel. Láthatjuk, hogy jól becslül-

tük meg az időtartománybeli megjelenítés alapján a kb. 500 Hz alappfrekvenciát, a spektrum 530 Hz-et mutat! A spektrum összetevői 5...6 kHz felett meredeken csökkennek, feltehetően a felvevő kazettás magnetofon sávszélessége miatt, de miután a síphang meghallgatva élethűen hangzott, a szintetizálást sem kell 5 kHz feletti frekvenciákra kiterjeszteni.

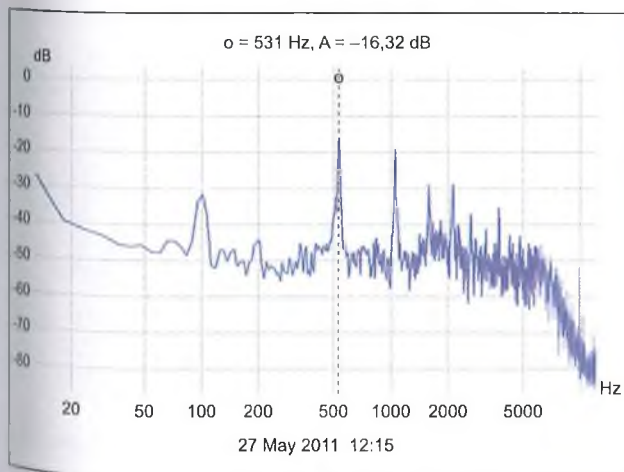
### 34. A gőzszíp hangjának előállítás (szintézis)

Két úton végezhetjük a jel szintetizálását:

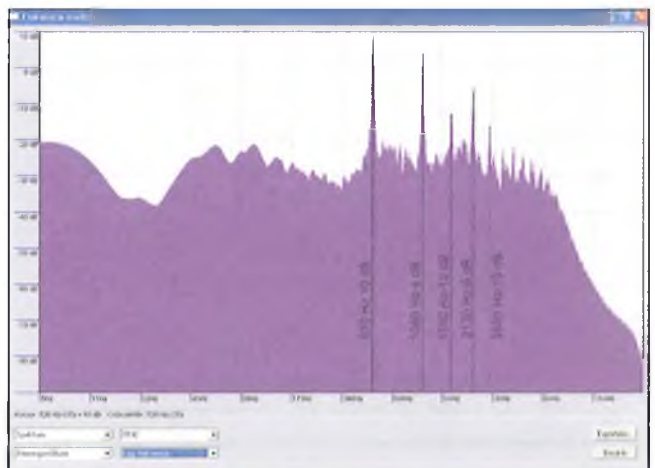
- megfelelő amplitúdójú szinuszjelek, valamint a spektrumkép szerinti zaj összeadásával, vagy
- egy periodikus jel spektrumképét a sípjel spektrumára „alakítjuk”, és ehhez adjuk hozzá a spektrumkép szerinti zajt.

A második módszer célravezetőbbnek tűnik. Nem szükséges 8-10 szinuszjelet előállítani, hanem egyetlen periodikus jelet kell egy megfelelően beállított szűrőn átvezetni, hogy a síp hangjának frekvenciakomponenseit a rá jellemző amplitúdókkal megkapjuk. A kiindulásként alkalmazandó periodikus jel kiválasztásához nyújt segítséget a 31. ábra, mely a sípjel egy 8...18 ms-os szakaszát ábrázolja.

Az oszcilloszkóp ábrára (kék vonal) rajzolt fűrészfog feszültség kb. 3:1 emelkedési-esési időarányú, 530 Hz alappfrekvenciájú jel. Több, különböző frekvenciájú (ezáltal különböző fázisú) fűrészjel összeadásával adódik az eredeti, oszcilloszkópon látható jelalak, illetve, reményeink szerint ahhoz nagyon hasonló. Az Adobe Audition 1.5

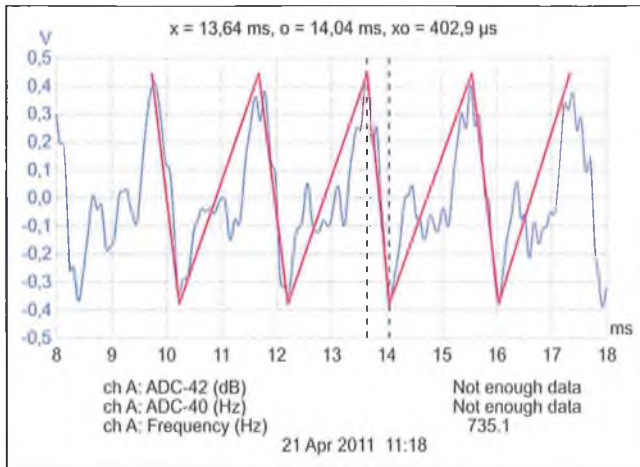


29. ábra



30. ábra



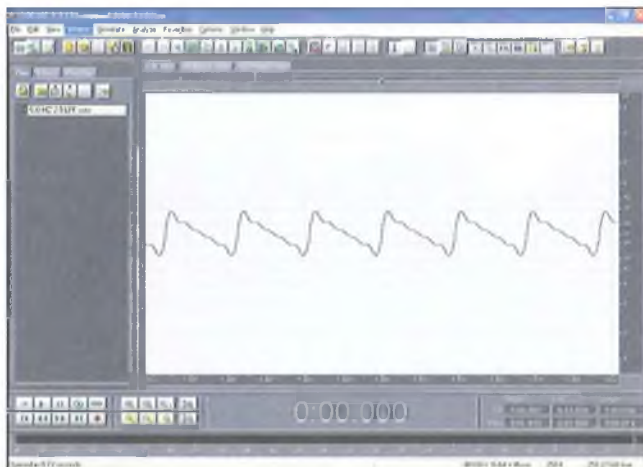


31. ábra

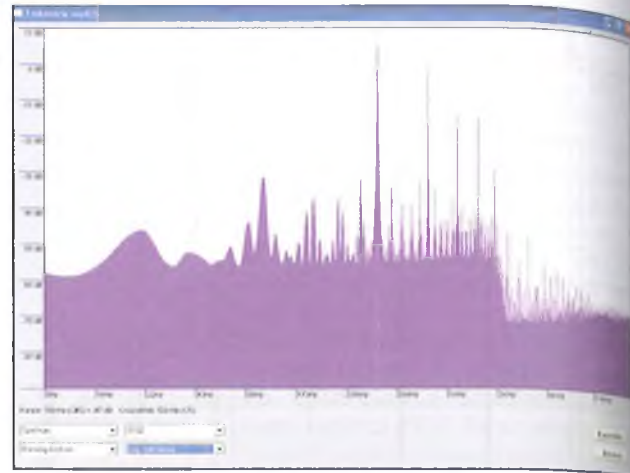
program által generált fűrészjel az ábrán láthatóhoz képest sokkal meredekebb lefutású, ezért a lefutási időt meg kell növelnünk, mégpedig egy aluláteresztő szűrő segítségével. Az ábrán látható fűrészfog-jel kb. 0,4 ms lefutású, ehhez a meredekséghez szükséges sávzélességű szűrőt a következő képlettel számolhatjuk:

$$f_b = \frac{0,4}{t_r} = \frac{0,4}{0,4 \cdot 10^{-3}} = 1 \text{ kHz.}$$

A 30. ábra szerinti spektrumkép alapján megállapítható, hogy a markáns spektrumvonalak a negyedik harmonikusig fordulnak elő, hogy ezeket ne nyomjuk el, válasszuk az aluláteresztő szűrő frekvenciáját az alapharmonikus frekvenciájának ötszörösére, kerekítve 2,5 kHz-re, igaz, így a lefutási idő valamilyen kisebbre adódik. A 32. ábrán az így előállított 530 Hz frekvenciájú fűrészjel láthatjuk.



32. ábra



33. ábra

Az ábrán viszont egy *eső* fűrészjelet látunk, miközben a lefutási idő számítása *emelkedő* fűrészjelre vonatkozott, de ez nem hiba, hiszen az eredeti jel is időről-időre így változik, a különböző fázisú jelek összegzéséből adódóan. Vizsgáljuk meg a formált fűrészjel spektrumképét, ha jól következtettünk az időtartományban látható jelalakból, vagyis kiindulásképpen fűrészjelet generálva, annak módosításával a gözsíp jele létrehozható (33. ábra).

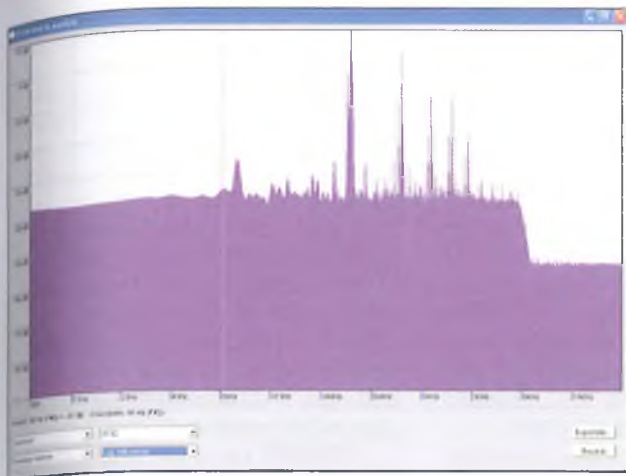
Megfigyelhetjük, hogy a lényeges spektrumvonalak rendelkezésre állnak, amplitúdójuk hasonló, mint az előállítandó jelé, a „felesleges” összetevőket, kb. 5 kHz feletti frekvenciákon pedig egy aluláteresztő szűrővel elnyomhatjuk.

Ezt a fűrészjelet hallgatva és nézve, egyáltalán nem emlékeztet a gözsíp jelére, ami nem is csoda, hiszen láhattuk az „igazi” jelet, ami periódusról-periódusra változtatta jelalakját. Ezt kell valahogy elérni, ezért ismét az időtar-

mánybeli vizsgálat kap szerepet. Ha hasonló frekvenciájú fűrészjeleket összegzünk, ezek folyamatosan változó fázisban adódnak össze, ez a trükk meghozhatja a kívánt hatást. Szükséges tehát egy kis frekvenciakülönbségű hozzáadott jel, mely a lassú változásokot hozza létre, és egy nagyobb különbségű, amely szaporább jelváltozást okoz. Láthatjuk a 30. ábra szerinti spektrumból, hogy közvetlenül a fő spektrumvonalak mellett (530, 1060, 1590, 2120 Hz) található kisebb amplitúdójú összetevők is, nem szimmetrikusan a fő spektrumvonalra. Ezeket kíséreljük meg előállítani az 530 Hz-es jellel összegzett 528 és 529 Hz frekvenciájú fűrészjelekkel. A jelben előforduló szaporább változásokat az 540 Hz frekvenciájú fűrészjel hozzáadásával érhetjük el. Mindegyik, eddig említett frekvenciájú fűrészjelet -16 dB szinten generáltuk, hogy a későbbi összeadásnál elkerüljük a digitális rendszer túlvézelését.



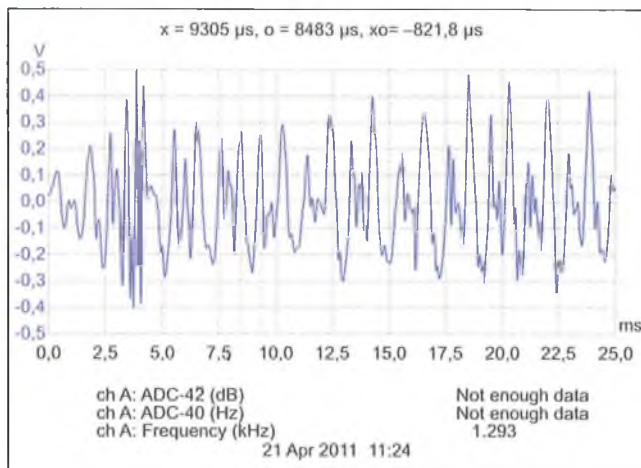
34. ábra



35. ábra

Tekintsünk most vissza a 24. ábrára, ahol az időben előforduló szintváltozások látszanak. A szkópábrát elemelve kiderült, hogy a jelcsúcsok közötti leggyakrabban előforduló időtartam a 30, 40 és 50 ms. Ha újabb jelek

hozzáadásával szeretnénk elérni ezt a változást, az alappfrekvenciánál 33, 25 illetve 20 Hz-cel kellene kisebb, vagy nagyobb frekvenciájú fűrészjeleket az alappfrekvenciával összegezni. Kísérleti (meghallgatásos) alapon döntöttünk a



37. ábra

kisebb frekvencia mellett, de a három frekvencia helyett csak egyet alkalmaztunk, az 508 Hz-es jelet, amely a 40 és 50 ms időtávolságú csúcsokat remélhetően jól közelíti. Ezt a jelet is -16 dB szinten adjuk hozzá a többi jelhez, az esetleges túlvézelések elkerülésére.

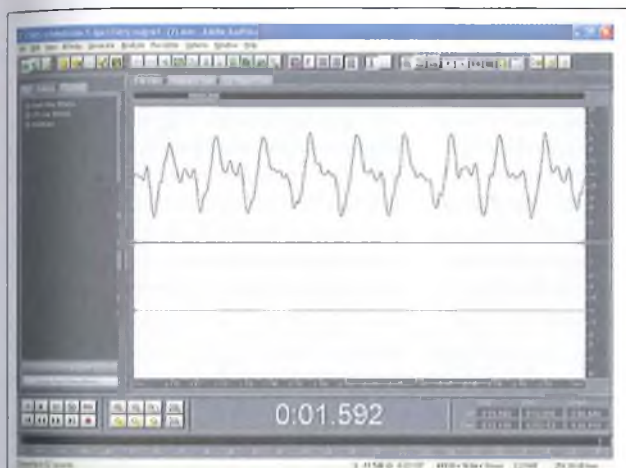
Ezennel a komponensek rendelkezésre álltak, csak megfelelő arányban összegezni (Mix Down to Empty Track) kellett ezeket, melyet a „Multitrack” menüben végeztünk (34. ábra). Az egyes összetevők szintjét sávonként, a valóságos fűtő spektrumának megfelelően beállítottuk, majd meghallgatás alapján állítottuk addig, míg a gőzsíp hangjához leginkább hasonló jelet kapunk. (Az egér jobb gombját nyomni az adott sávon, „Adjust Audio Clip Volume”)

A szintetizálás során a 2. táblázat szerinti amplitúdókat állítottuk be az egyes összetevőkre. Az összegzett jel így már kezd hasonlítani a gőzmozdony sípjelére, de túl sok nagyfrekvenciás komponens („ciripelés”) van még a jelben, amit egy 5 kHz törésponti frekvenciájú, -12 dB/oktáv meredekségű aluláteresztő szűrővel szüntetünk meg, ezzel a spektrum összetevők 5 kHz feletti elemeit elnyomtuk, ahogy azt az eredeti jel spektrumképe is kívánja.

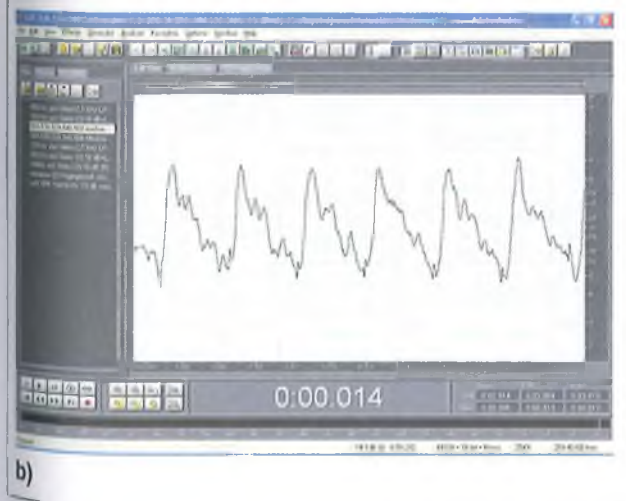
Hátra van még a jellegzetes „gőzhang” előállítás és hozzáadása, amelyet fehérzajból „készíthetünk”, -16 dB szinten. Miután a legérzékenyebb „műszerrel”, a hallásunkkal elfogadhatónak ítéltük az összegzett jelet, vizsgáljuk meg a szintetizált jel spektrumképét, (35. ábra) és oszcilloszkóp ábráját is (36.a és b ábra)! Vessük össze, mennyire hasonlítanak egymáshoz a spektrumképeken magnófelvétel és a szintetizált sípjel mérvadó frekvencia-komponensei (3. táblázat).

2. táblázat

Frekvencia, Hz	508	528	529	530	540
Szint, dB	-5,9	-4,2	-4,2	+8,2	-6,9



a)



b)

36. ábra

A 36. ábra az „élő” gőzsíp jelének (a) és a szintetizált jelalaknak (b) az összehasonlítását mutatja. Láthatóan közel hasonló jelet sikerült szintetizálni, amelyet meghallgatva felismerhetjük a gőzsíp hangját, de még nem tökéletes mása a „Truman 411” gőzmozdony szintetizálni kívánt sípjelének.



3. táblázat

f, Hz	530	1060	1590	2120	2650
Magnófelv. szintje, dB	10	4	-12	-5	-15
Szintetizált jel, dB	10	3	-8	-8	-18

A valódi mozdonyfütty analízisé csak az állandósult állapotra végeztük el, az ez alapján szintetizált hang jól utánozza a gőzsíp hangját. Ha a sípjel indulásának jelét vizsgáljuk, kiderül, hogy a sípolás kezdetekor, kb. 25 ms-ig nem az „állandósult” 530 Hz-es jel keletkezik, hanem annak kb. kétszeres frekvenciája (37. ábra). Ez a frekvencia alakul át az általunk is szintetizált jellé, tehát az „igazi” jel leutánzásához az indulást is elő kellene állítani, amely talán a későbbiekben, egy hasonló cikk keretében megtörténik.

A szintetizálás során megfigyelhetjük, hogy a kiinduló jel alapos analízise milyen fontos, illetve hogy felváltva kell alkalmazni az idő- és frekvencia tartománybeli vizsgálat adta információkat. Természetesen az általunk kikísérletezett eredménynél jobbat is el lehet érni, esetleg más úton járva, sok megfontolással és nagy-nagy türelemmel.

3.5. A gőzsíp hangját előállító áramkör tömbvázlata (38. ábra)

Követve a PC-s szintetizálás folyamatát, először a szükséges komponenseket kell előállítanunk, a fűrészeleket, és a fehérzajt. A fűrészeleket egy kb. 25% kitöltésű négyszögjel integrálásával és az integrált jel invertáló erősítővel történő fázisfordításával állíthatjuk elő. A fehérzaj előállítására a cikk korábbi fejezeteiben már kitértünk, itt nem bocsátkozunk ismétlésbe. A fűrészelek egymáshoz képesti frekvenciája nagyon fontos, hiszen ez által alakul ki a „gőzsíp-hang”, ezért az egyes komponenseket egy közös jelből, frekvenciaosztással származtathatjuk. A három, egymáshoz legközelebb álló frekvencia az 528, 529, 530 Hz. Vegyük a két kisebb frekvencia szorzatát:  $528 \cdot 529 = 279\ 312$  Hz.

Ezt a frekvenciát egy astabil multivibrátorral állíthatjuk elő, majd 529-el leosztva kapjuk az 528 Hz-es jelet, 528-as osztással az 529-Hz-es jelet, 527-es osztással pedig az 530-Hz-es jelet állítható elő. Az astabil jelének 550-es leosztásával 507,84 Hz adódik (508 Hz), az 517-es osztás pedig a szükséges 540 Hz-et hozza létre. Az astabil multi-

vibrátor frekvenciapontossága nem kritikus, hiszen jelének kb. 500-szoros leosztásával kapjuk meg a jelkomponenseket, ezért frekvenciája 279 és 280 kHz között bármilyen értéket felvehet. Akár egy Schmitt-trigger bemenetű inverterrel és egyetlen R-C elemmel megépíthető (lásd pl. a 14. ábrát).

A multivibrátor jelének leosztásához több megoldás is szóba jöhet. Az egyik például a CD40103 nyolc bites „preset” lehetőséggel rendelkező, lefelé számláló használata. Ebből kettőt is alkalmazunk, hiszen mindegyik jel esetén 255-nél nagyobb frekvenciaosztás szükséges. A számláló egy impulzust ad a beállított érték elérésekor, ezzel indítunk egy monostabil multivibrátort, mely a jel periódusideje kb. 25%-nak megfelelő impulzust generál. A monostabilok kimenőjele kerül az integrátorokra, onnan az invertáló erősítőkre, létrehozva a különböző frekvenciájú fűrészeleket. A fűrészelek jelformálását 2,5 kHz töréspontú, -12 dB/oktáv meredekségű, másodfokú aluláteresztő szűrőkkel végezhetjük el. Az aluláteresztő szűrők aktív szűrő kapcsolásban könnyen realizálhatók; a

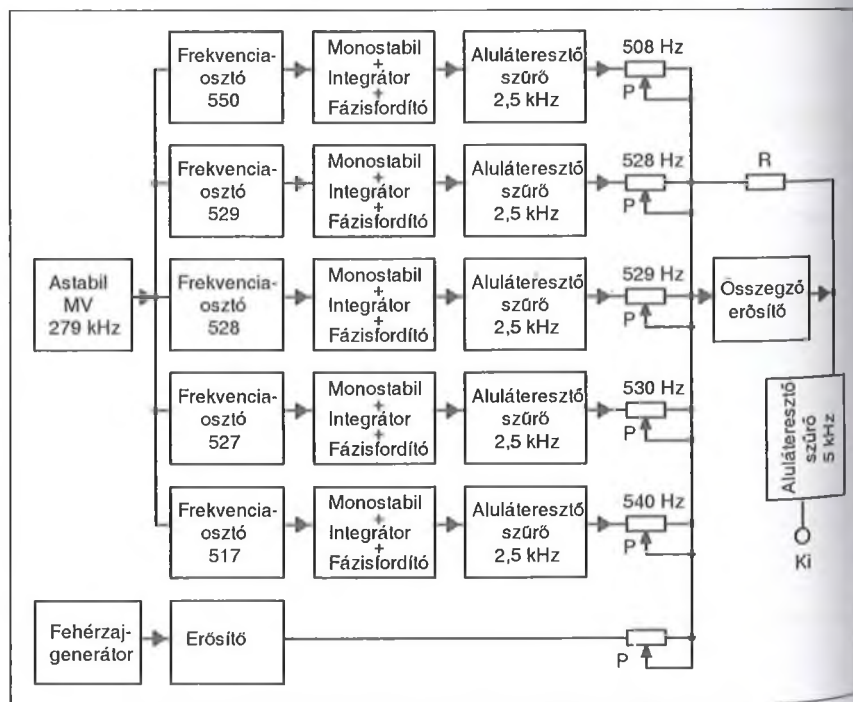
szakirodalom számos megoldást kínál ebben a témakörben.

A megfelelő szintű fehérzaj előállítás után a jeleket súlyozottan összeadjuk pl. egy IC-s összeadó áramkörrel, melynek kimenetéről az összegjel egy 5 kHz töréspontú aluláteresztő szűrőre kerül. Az eddig leírtak alapján csak a gőzsíp állandósult hangját tudjuk szintetizálni, az életben előforduló 1-2 s hosszúságú mozdonyfüttyöt egy monostabil multivibrátor és egy analóg kapcsoló segítségével utánozhatjuk. Az áramkört kiegészíthetjük a cikkben korábban szereplő „lágyindító-áramkörrel” is.

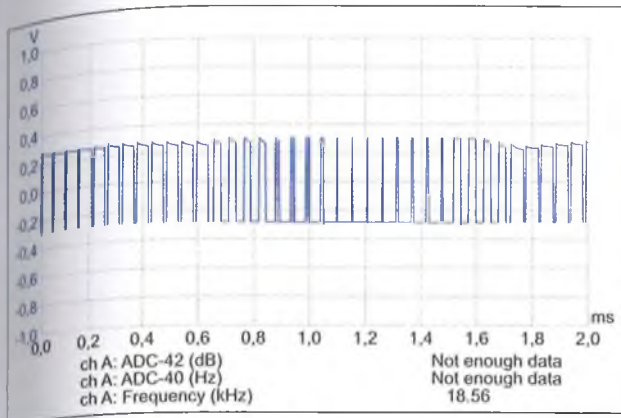
A konkrét kapcsolási rajz alapján készült megvalósításról – terjedelmi okok miatt – csak egy későbbi alkalommal tudunk beszámolni. Az eddig bemutatott sípáramkörök csíráiban tartalmazták az itt látható áramköri modulok egyikét-másikát, de igazán illúzióeltető megoldást analóg eszközökkel csak a fenti megoldás áramköri realizálása adhat.

3.6. A gőzsíp hangját előállító, mikrokontrollerrel működő áramkör működésének analízise

Ahogy a gőzsíp hangjával foglalkozó fejezet elején említettük, rendelkezésre állt egy gyermekjátékból kiemelt, a gőzsíp hangját utánzó mikrokontrollert tartalmazó áramkör is, melynek hangja meglepően élethűen utánozta az ún. nagy gőzmozdony füttyjelét.



38. ábra



39. ábra

A mérések során kiderült, hogy a hangjel létrehozását impulzusszélesség modulációval (PWM) oldották meg. Az impulzussorozat frekvenciája 18,56 kHz, tehát a hallható frekvenciatartomány felett van (39. ábra). Az ábra egy 2 ms-os időszakaszt ábrázol, de hosszabb időtartam megjelenítésekor sem ismétlődött ugyanaz a jelsorozat, vagyis látszólag nem periodikus jelet sikerült előállítani, hasonlóan az „igazi” jelhez. A csip programozását igen alapos analízis előzhette meg, ez kiderült a sípjel egy másodperc hosszú ábrázolásából, ugyanis a füttyjel halkulása erősödése ugyanolyan időközönként (20-30...40-ms) történik, mint ahogyan a valós sípjelnél láthatunk (40. ábra).

A PWM jelet egy nagyon egyszerű aluláteresztő szűrővel, egyetlen RC taggal alakítja át hangjellé a kis áramkör, ennek eredménye látszik is az oszcilloszkóp jelen, bőven tartalmaz 18,56 kHz-es komponenst, ami persze nem zavaró, hiszen a kapcsoló frekvencia a hallható hangtartomány felett van (41. ábra)!

Végül tekintsük meg az előállított jel spektrumképét, amelyen szintén jól

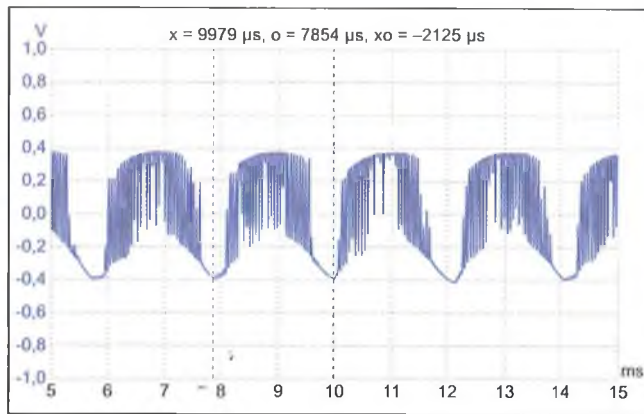
látható, hogy alig szűri ki az aluláteresztő szűrő a kapcsolójelet, szinte azonos nagyságú a hangjel összetevőivel (42. ábra)!

A kis kereskedelmi áramkörrel kapcsolatban megállapíthatjuk, hogy annak tervezői kiváló munkát végeztek, jól analizálták a gőzsíp hangját, megtalálták a síp hangjára jellemző komponenseket, ezek időbeli lefolyását, de elismerés illeti a csip programozóit is, akik kiválóan tették át az egyesek és nullák világába az analízis eredményeit.

A szintetizálásnak a fenti PWM-es megközelítése már csak mikrokontrolleres környezetben képzelhető el, melynek gyakorlati kivitelezésére – érdeklődés esetén – egy későbbi alkalommal visszatérünk.

\* \* \*

A bevezetőben arra biztattuk az olvasót, hogy merjen „gyerek lenni”, és a szintetizáló áramkörökkel – megépítve, vagy csak kipróbálva – szerezzen ki-kimagának kellemes időtöltést. Cikkünk végén azt is láthatjuk, hogy felnőttek játékokról volt szó, megannyi gondolat-

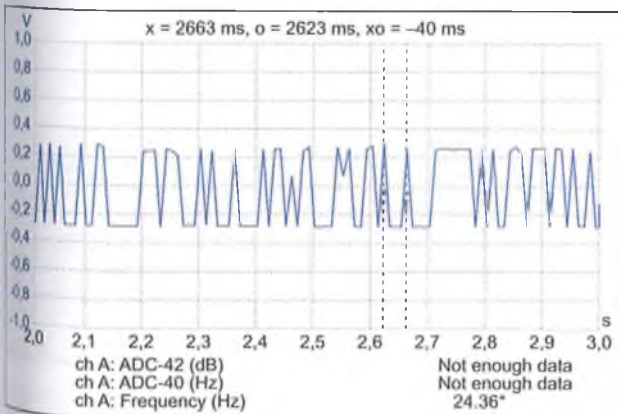


41. ábra

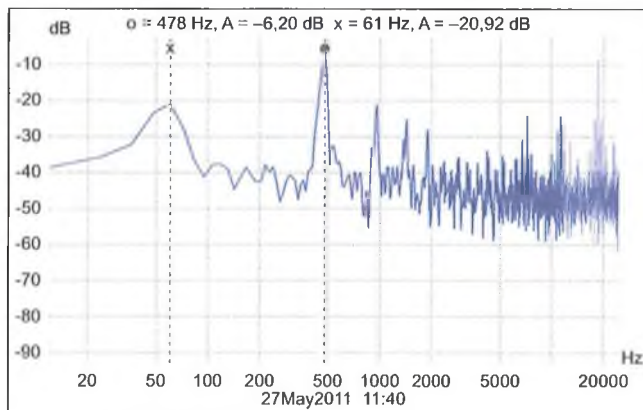
ébresztő megoldással, kitétel. Azoknak, akik hiányt éreznek ki írásunkból elmondhatjuk, hogy nem egy lezárt anyagot adtunk közre, hiszen sok vasúthang-effektnek (pl. kerékhanggattogás, fékezési hangok, jelzőhang) még a felvetése sem fért bele jelen közleményünk adott terjedelmébe. A nyitva hagyott kérdések, megoldási javaslatok, továbbá a még szóba jöhető szintetizálások további – a hajdani költő szerint is ajánlott – „játékos” munkára ösztönözhetik a szerzőket és a téma iránt érdeklődő olvasókat egyaránt.

#### Irodalomjegyzék:

1. Nagymáté Csaba: A gőzmozdony csodája; Hobby Elektronika 1995/10-331.
2. Pálincás Tibor: Gőzmozdonyfütty a terepasztalon; Hobby Elektronika 1992/8-275.
3. Kékesi István: Nostalgia a terepasztalon (3.); Hobby Elektronika 1995/4-114.
4. Steam Whistle; Elektor 1974/dec.-57.
5. Dampfpfeife; Elektor 2006/7-8.
6. Walter Fischer: A digitális műsorszórás alapjai; ORTT-AKTI 2005
7. Csiszár János: Hangmanipulációs technikák; főiskolai jegyzet, Szent István Egyetem 2004.



40. ábra



42. ábra



# Technikatörténet – évszámokban

dr. Fáblán Tibor okl. villamosmérnök

## 10 éve történt

– A 2002. évi fizikai Nobel-díjat *Raymond DAVIS, Jr.* (1914–2006) amerikai, *Masatoshi KOSHIBA* (\*1926) japán és *Riccardo GIACCONI* (\*1931) olasz-amerikai fizikus kapta a kozmikus neutrínók kutatásában elért eredményekért, ill. a kozmikus röntgensugárzás felfedezéséhez vezető vizsgálatokért.

– Január 7-én az Intel bemutatta a 130 nm-es technológiával készült Pentium 4 processzorait.

– Január 8-án Moszkvában elhunyt *Alekszandr Mihajlovics PROHOROV* (\*1916) Nobel-díjas orosz fizikus, a mérés és a lézer kutatója, egyik megvalósítója.

– Februárban a Pannon GSM részvényei a norvég Telenor tulajdonába kerültek. A cég új neve: Telenor Magyarország Zrt.

– Február 19-én sajtóközleményben jelentette be kilenc vezető japán cég – többek között a Hitachi, LG, Samsung, Sharp, Sony –, hogy kidolgozták a Blu-Ray Disc specifikációját. A 12 cm átmérőjű lemez 405 nm-es lézerrel írható-olvasható, az egyoldalas egyréteges DVD kapacitása 27 GiB.



1. ábra. Hordozható Siemens-Hell-Feldschreiber, működtetésre kész állapotban. (Hell Technische Mitteilungen, Mai 1940. H. 1, S. 12.)



2. ábra. John R. Pierce. ([www.pbs.org/transistor/](http://www.pbs.org/transistor/))

– Március 11-én a németországi Kielben – századik születésnapja után egy hónappal – meghalt *Rudolf HELL* (\*1901) német rádiómérnök, vállalkozó. Nevét az elektromechanikus távmásoló, az ún. Hell-író őrzi. Ezt 1934-től Európa szinte minden országában használták; lapíró változata egykor az amatőrök között is kedvelt volt (1. ábra).

– Április 2-án Sunnyvale-ben (Calif.) elhunyt *John Robinson PIERCE* (\*1910) amerikai villamosmérnök, a tranzistor „keresztapja”, az elektrosztatikus elektronsokszorozó és a nagyáramú elektronagyú megalkotója, a Telstar 1 távközlési műhold kommunikációs rendszerének tervezője (2. ábra).

– Április 18-án a Westel Mobil Távközlési Rt. (jelenleg: T-Mobile) megindította a teljes körű MMS-t (Multimedia Messaging Service-t). A szolgáltatás az írott szöveg mellett színes képek, digitális fényképek és hangfájlok küldésének lehetőségét biztosítja.

– Májusban az Antenna Hungária megkezdte a tévéműsorok digitális kísérleti sugárzását Kab-hegyről is. (A Széchenyi-hegyi adóról a rendszeres kísérleti adások mintegy fél évvel korábban indultak.) Mivel ekkor még set-top-box a kereskedelemben alig volt kapható, az adást elsősorban a kábeltévé-szolgáltatók vették.

– Októberben a tokiói elektronika kiállításon a Sharp bemutatta a világ első olyan folyadékkristályos képernyőjét, melyen háromdimenziós képek jeleníthetők meg. A 38 cm képátlójú té-

vén a 3D hatás kb. 30 cm-ről élvezhető. Ugyanitt mutatkozott be a Sanyo-Pioneer fejlesztésű OLED (Organic LED) kijelző, melyet zsebtévékhöz, PDA-khoz szántak. Az OLED kijelzőknél hátsó világításra nincs szükség.

– December elsejétől Budapesten és környékén – kísérleti jelleggel – 107,8 MHz-en is hallható a Kossuth Rádió programja. Ezzel megkezdődött az FM adók „felköltözése” a CCIR sávba.

– December 2-án eltávozott körünkben *MARX György* (\*1927) Kossuth-díjas fizikus, akadémikus, az ELTE professzora. Megfogalmazta a leptontöltés megmaradásának törvényét, s az ő nevéhez fűződik a Föld és a Nap neutrínósugárzásának elmélete is.

– December 18-án a Duna Televízió megkezdte a Hot Bird műholdakról – az analóg adással párhuzamosan – műsorainak digitális sugárzását.

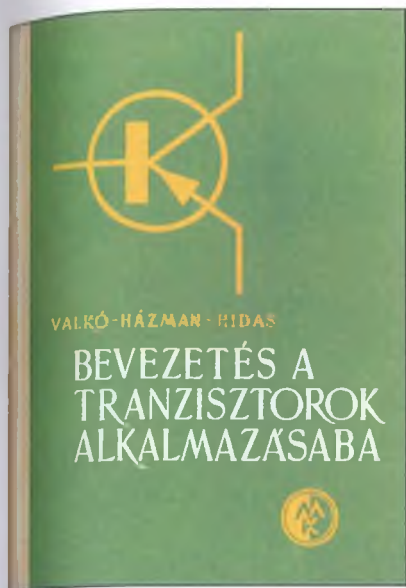
– December 20-án Tasmania szigetén meghalt *Grote REBER* (\*1911) amerikai villamosmérnök, rádióamatőr (W9FGZ). 1933-ban felfedezte a Tejút felől 1,87 m-en érkező rádiósugárzást, 1937-ben megépítette a világ első rádioteleszkópját.

## 25 éve történt

– Az 1987. évi fizikai Nobel-díjat – megosztva – *Georg BEDNORZ*



3. ábra. Arthur A. Collins az 1932-ben készült adójával. ([www.wa3key.com/aacbio.html](http://www.wa3key.com/aacbio.html))



4. ábra. Valkó Iván Péter Bevezetés a tranzisztorok alkalmazásába c. könyvének címlapja

(\*1950) német és Karl Alexander MULLER (\*1927) svájci fizikusok kapták a kerámiaanyagok szupravezető-képességének felfedezéséért.

– Február 25-én Dallasban (Tex.) elhunyt Arthur A. COLLINS (\*1909) amerikai mérnök-fizikus, rádióamatőr (9CXX/WØCXX), a Collins Radio Company megalapítója. Nevét a legendás mechanikus szűrő, nagyfrekvenciás modulátor kapcsolás és számtalan amatőr adó-vevő konstrukció őrzi (3. ábra).

– Március elsején Cambriában (Calif.) meghalt Russel Shoemaker OHL (\*1898) amerikai vegyész- és villamosmérnök, a tranzisztor „elfelejtett feltalálója”. A Bell Laboratórium munkatársaként felfedezte a p-n határreteget, szabadalmaztatta az első p-n átmenetű eszközt: a szilícium fényemlet (1941). Kidolgozta a nagy tisztaságú Ge, Si előállítási technológiáját, az ionimplantációs adalékolási eljárást, mely csereszabatos diódák nagy tömegű előállítását tette lehetővé.

– Márciusban a Sony forgalomba hozta a helikális jelrögzítésű DAT (Digital Audio Tape) magnót és kazettát. Még ebben az évben kialakították az adattárolásra alkalmas R-DAT háttértárat is. Az  $54 \times 73 \times 10,5$  mm külméretű kazettán elvileg 1,2 GiB tárolható (a 3,81 mm szélességű szalag hossza 60 m).

– Március 19-én Párizsban meghalt Louis-Victor Pierre Raymond de BROGLIE (\*1892) Nobel-díjas francia fizikus, az elektron hullámtermészeté-

nek felfedezője, az elemi részecskék kvantumelméletének kidolgozója.

– Április 2-án az IBM bemutatta a PS/2 számítógépet, melyhez – az év őszétől az üzletekben is árusított – Windows 2.0 operációs rendszert használta. A Microsoft október 6-án jelentette be az első windowsos alkalmazást: az Excelt.

– Májusban hazánkban is megjelentek az Intel 80386 alapú számítógépek, pl. a *Műszertechnika Kisszövetkezet M386 és Eaststar/386* gépei. Áruk „mindössze” 800 ezer...1 millió forint volt. (Egy 20 MiB winchester „csak” 80...100 ezer forintba került...)

– Június 3-án felavatták hazánk századik televíziós átjátszóadóját Veszprémművelésügyi Hivatalban.

– A Magyar Posta Rádió- és Televízióműszaki Igazgatósága – a kiemelt budapesti szállodák és egyes közintézmények műholdas tévéátvitellel való ellátása céljából – a 12,5 GHz-es sávban üzembe helyezte az AM-mikro rendszert. A szolgáltatás négy műholdas tévéátvitellel (Sky Chanel, Super Chanel, MTV-Europe, TV5) valamint a mikrohullámú láncon érkező ORF1 továbbításával indult a 2 W teljesítményű Széchenyi-hegyi adóról.

– Szeptember 7-én tizenkét európai ország mobil hálózatainak üzemeltetői egyetértési nyilatkozatot írtak alá, melyben megállapodtak az európai digitális cellás mobil rádiótelefon-rendszer (GSM900) 1991. évi bevezetéséről.

– Október 13-án Seattle-ben (Wash.) meghalt Walter Houser BRATTAIN (\*1902) Nobel-díjas amerikai fizikus, a germánium tús tranzisztor feltalálóinak egyike.

– November 13-án eltávozott körünkől VALKÓ Iván Péter (\*1912) fizikus-mérnök, a BME professzora. Nevét a „szépkorú” rádióamatőrök a Hollo Jenővel és Magó Kálmánnal közösen írt *Tungsvam rádió tanácsadó* (1944) kiadványból, az „ifjabbak” a *Bevezetés a tranzisztorok alkalmazásába* (1961) könyvből ismerhetik (4. ábra). Ez utóbbi a magyar nyelvű tranzisztoros publikációk közül az elsők egyike volt. Ő írta – többek között – *A hírközlés regeje* (1967), az *Elektroncsövek és félvezetők* (1968), az *Integrált szilárdtest áramkörök* (1969) c. munkákat is.

– November 21-én felbocsátották a német-francia közös fejlesztésű közvetlen műsorsugárzó műholdat, a *TV-Sat 1*-et. Ez az első európai DBS (Direct Broadcasting Satellite) – egyik napelem-szárnyának beszorulása miatt



5. ábra. Loewe-Ardenne 3NF típusú háromszorosan összetett csöve. ([www.hts-homepage.de/TechnischesMuseum/](http://www.hts-homepage.de/TechnischesMuseum/) alapján)

– részlegesen volt üzemképes, csak rádióműsorokat sugárzott.

– Az év végén fedezték fel a jeruzsálemi Héber Egyetemen a „péntek 13-án” aktiválódó vírust, mely az MS-DOS operációs rendszer programjait törölte. (Az első péntek 13 – szerencsére – csak 1988 májusában jött el...)

## 50 éve történt

– Ez évi fizikai Nobel-díjat Lev Davidovics LANDAU (1908-1968) szovjet fizikus kapta a „kondenzált állapotokra, különösen a folyékony héliumra vonatkozó úttörő elméletéért”.

– Március 15-én Berkeley-ben (Calif.) elhunyt Arthur Holly COMPTON (\*1892) Nobel-díjas amerikai fizikus. Felfedezte a röntgensugarak szóródásának mértéke és hullámhosszuk közötti összefüggést, valamint azt, hogy valamely anyagba beeső foton – szabad elektronnal való ütközés után – megváltozott hullámhosszal, más irányban is folytathatja útját (ez a Compton-effektus).

– Az Egyesült Államokból Németországba tartó hajóúton május 28-án meghalt Siegmund D. LOEWE (\*1885) német fizikus, vállalkozó. 1923-ban megalapította Berlinben a *Radio-Frequenz G.m.b.H.*-t, ahol a M. von Ardenne által tervezett többszörösösen összetett elektroncsöveket (az első „integrált áramkörök”, 5. ábra), vala-





6. ábra. A Radio-Frequenz G.m.b.H. 3NF-fel 1927-ben gyártott vevője. ([www.gfu.de/Pages/history](http://www.gfu.de/Pages/history) alapján)

mint az olcsó helyi rádióvevőket (6. ábra) gyártották. 1929 júniusában a televíziók gyártására létrehozta a *Fernseh A.G.*-t, ahol másfél éven belül üzembe helyezték az Ardenne tervezte teljesen elektronikus tévéadót és -vevőt.

– Július 10-én felbocsátották a 88 cm átmérőjű, 77 kg tömegű *Telstar 1*-et, az első aktív kereskedelmi távközlési műholdat. 60 duplex vagy 600 szimplex telefonbeszélgetést, sávkorlátozott tévéprogramot továbbított a 3 W-os fedélzeti frekvenciamodulált adó-vevője segítségével 6,390/4,170 GHz-en (7. ábra). Európa és Észak-Amerikai kölcsönös „láthatósága” – az elliptikus pálya következtében – fordulatónként csak kb. 20 perc volt. Az első élő transzatlanti műsorcsere július 23-án került sor. Az adást mintegy 200



7. ábra. A Telstar 1 – még a Földön. ([www.corp.att.com/history/](http://www.corp.att.com/history/))

millióan látták. A műhold, nyolc hónapi működés után – egy amerikai felsőlégköri atomrobbantás következményeként – felmondta a szolgálatot.

– *Joseph Carl R. LICKLIDER*, a MIT (Massachusetts Institute of Technology) munkatársa augusztusban publikálta a „galaktikus hálózat” megvalósítását elemző feljegyzéseit. Olyan világméretű számítógép-hálózatot vázolt fel, melyben bárki bárholhoz hozzáférhet adatokhoz és programokhoz, még akkor is, ha a hálózat egy része atomcsapás következtében megsemmisül. Konceptiója alapján alakult meg két hónappal később az ARPA (Advanced Research Projects Agency) s a kutatási programot is ekkor indították. A fejlesztési irodából később a Pentagon erőteljes támogatását élvező DARPA (D = Defence) lett.

– Szeptembertől egymást követték a gáz- és félvezetőlézer bemutatók a General Electric, az IBM, a Bell Telephone, az RCA, a MIT stb. laboratóriumaiban. Pár mW-os He-Ne lézert készített A. Javan, W. R. Bennett, D. R. Herriott, A. D. White; infravörös GaAs lézert pedig R. N. Hall, M. I. Nathan, J. I. Pankove – hogy csak az ismertebb neveket soroljuk fel. A látható fényű GaAs(1-x)Px lézert dióda is elkészült a GE-nél N. Holonyak jóvoltából.

– *Emmett N. LEITH* és *Jurij UPATNIEKS* – He-Ne lézer segítségével – elkészítették az első jó minőségű hologramokat. *Jurij Nikolajevics DENISZJUK* a fehér fényvel rekonstruálható, ún. vastag hologram előállításának technikáját dolgozta ki.

– November 2-án ünnepélyesen átadták a Kab-hegyi 20/4 kW-os tévéadót. A VHF 12. csatornán működő berendezést az Elektromechanikai Vállalat készítette Tófalvi Gyula tervei és irányítása alapján (8. ábra).

– November 18-án Koppenhágában meghalt *Niels Henrik David BOHR* (\*1885) Nobel-díjas dán fizikus, a modern atomelmélet megteremtője. Egyike volt azon fizikusoknak, akik 1945 júliusában, a német kapituláció után levélben kérték Truman elnököt, hogy ne vessen be a japánok ellen az atombombát.

– *Brian D. JOSEPHSON* Nobel-díjas angol fizikus ebben az évben publikálta a később róla elnevezett effektust: két, 0,1 nm-es oxidréteggel elválasztott szupravezető (pl. ólom, ón, alumínium) közötti alagútáram folyik a normál állapotú anyagon keresztül. Mindkét szupravezetőben a Cooper-párok folytonos rendszert alkot-

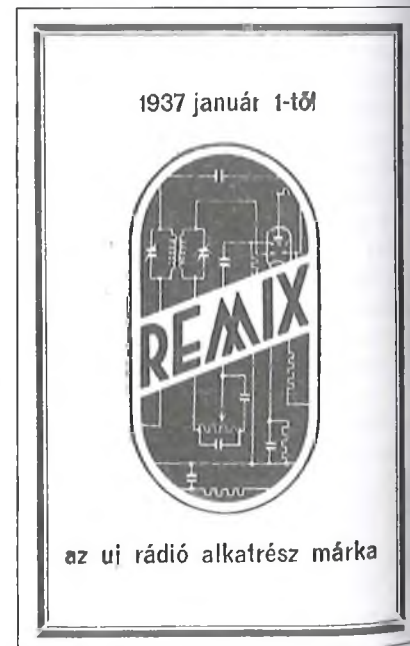


8. ábra. A kab-hegyi tévéadó. (Műszaki Magazin, 2004. 1-2. sz. 51. old.)

nak: a szupravezető elektron-párok azonos kvantummechanikai állapotban vannak, hullámfüggvényeik fázisa azonos. Napjainkban az effektust megvalósító kriotronokkal igen stabil feszültségreferencia-etalonok készülnek.

## 75 éve történt

– Az 1937. évi fizikai Nobel-díjat – megosztva – *Clinton Joseph DAVIS-SON* (1881-1958) amerikai és *Sir George Paget THOMSON* (1892-1975)



9. ábra. A REMIX reklámja. (Rádió Technika, 1937. 1. sz. 9. old.)



10. ábra. Emitron kamerák közvetítik a koronázási ceremóniát. (Képek a BBC Televising the Coronation Procession, May 12th 1937. c. filmjéből.) (www.birth-of-tv.org alapján)

angol fizikus kapta a kristályokon való elektrondiffrakció kísérleti kimutatásáért, mellyel döntő módon igazolták az elektron hullámtermészetét.

– Január elsejétől új márkanév jelent meg: a REMIX (9. ábra). A Stuhlhofer-féle Always-gyárból Remix Elektrotechnikai Gyar Kft. lett. Szilít- és huzalellenállásokat, kondenzátorokat, tekercseket gyártottak, az amatőröket „szabványkapcsolások” közzétételével támogatták. A Rádió Technika 1937. februári száma szerint a Remixben az ellenállásokat darabonként csomagolták, hogy a raktározás, szállítás során ne sérüljenek meg...

– Február 8-tól kezdve a BBC csak a Marconi-E.M.I. 405 soros bontású, félképváltós rendszerével sugároz. Május 12-én először adtak élő helyszíni közvetítést az *Electronic and Musical Industries Ltd.*-nél kifejlesztett, szabteri felvételekre is alkalmas Emitron kamerákkal: a nézők VI. György koronázási szertartását láthatták (10. ábra). Június 21-én már a wimbledoni teniszbajnokság mérkőzéseit is élőben közvetítették.



11. ábra. A kísérleti adás képernyőjéről készült felvétel. (A TUNGSRAM Rt. története 1896–1996. Budapest, 2004. 48. old. alapján)

– Márciusban – hosszas „csatározások” után – Czukor Károly vezetésével megkezdhette működését az Egyesült Izzó Televíziós Laboratóriuma. Június 21-én már állóképeket: *Miki egér* rajzát majd a *Tungsvram-emblémát* (11. ábra) továbbították ikonoszko-pos kamera segítségével az egyik szobából a másikba. 1939 tavaszán a fejlesztők – köztük Barta István, Terebesi Pál, Magó Kálmán, Kincse Kálmán – már a labor képernyőjén nézték a mintegy 300 méter távolságból közvetített UTE-FTC bajnoki labdarúgó mérkőzést. 1940-ben aztán a kísérletek hosszú időre megszakadtak...

– A Rádió Technika áprilisi száma arról adott hírt, hogy Budapesten forgalomba került a *Hekaphon* „csendes hangoló árnyékjelző műszere”. A 4 mA-es árammérő „...kilengései különböző nagyságú árnyék, vagy fénysávokban, egy megvilágított téglalakú ablakon válnak láthatóvá. Szerelése egyszerű, rendkívül olcsó. Kis fókuszizsgálóval világítandó meg.” Ugyanitt ismertették a Tungsvram új ME4, ME6 hangolászjelzőit és R1, R2 „ellenállás”-csöveit, a fűtőáramot stabilizáló ún. barrettereket.

– Július 11-én az egykori Leningrádban meghalt *Vladimir Konsztantinovics LEBEDINSZKIJ* (\*1868) orosz fizikus, a pétervári, rigai stb. egyetem professzora. Szerkesztésében jelent meg 1918-ban az első két szovjet rádiótechnikai folyóirat, a „Telegrafija i telefonija bez provodov” és a „Radio-technik”. Egyike volt a nyizsegorodi (ma: Nyizsnyij Novgorod-i) rádiólaboratórium megszervezőinek.

– A Német Birodalmi Posta július 15-én új adásszabványt vezetett be: a tévéadók ettől kezdve 441 soros bontású képeket sugároztak.

– Júliusban jelent meg először *Féher Gyula* szerkesztésében a „Rövidhullámú Szemle”. A folyóirat egy évig „élt”, összesen 7 száma jelent meg.

– Július 20-án Rómában elhunyt az 1909. évi fizikai Nobel-díj kitüntetettje, *Guglielmo MARCONI* (\*1874), akit sokan a rádió feltalálójának tartanak. A Rádió Technika 1937. augusztusi számában közölt búcsúztató megállapításai – többnyire – még ma is érvényesek: „*Marconi tulajdonképpen nem fedezett fel és nem talált fel semmi alapvető újat. Első kísérleteinél meglévő, ismert alkatrészekből állította össze adó- és vevőállomását. Popoff légyvetékét használta kisugárzó szervnek, antennának, ezt pedig Ruhmkorff-féle szikrainduktorral, a Righi-féle oscillátor közvetítésével, gerjesztette. A vevőnél a rezgéseket Branly kohererével fogta fel, amelyhez relé és Morse-gépet kapcsolott...*” (12. ábra). Napjainkra az is kiderült, hogy Marconi pl. a J. C. Bose által feltalált higányos koherer használta, sőt ezt szabadalmaztatta is. (Lásd még: Füvesi Gy.: *Vita a rádióról feltalálásának 75. évfordulóján*. Rádiótechnika Évkönyve 1971. 146-149. old.)

– Október 19-én Cambridge-ben meghalt *Ernest RUTHERFORD* (\*1871) Nobel-díjas angol fizikus. Felfedezte az alfa- és a béta-sugárzást, az atommagot, megalkotta a radioaktív bomlási elméletet, a róla elnevezett atommodellt. Az első világháború alatt



12. ábra: Marconi nekrológja. (Rádió Technika, 1937. 8. sz. 3. old.)





13. ábra. Marcian E. Hoff. (www.rpi.edu)

lehallgatókészüléket tervezett a német tengeralattjárók felderítésére. 1919-ben – a világon elsőként – mesterséges atommag-átalakítást végzett: nitrogénmagot bombáztott alfa-részekkel.

– Október 23-án megindult a Tungssram ajkai telepén a kriptongyártás. Az üzem a világ első, folyamatosan működő kriptongyára volt, évente mintegy 200 köbméter gázt állított elő. A kriptonnak a levegőből való kinyerését Bródy Imre és Polányi Mihály dolgozta ki. Egy liter normál nyomású kripton ára kb. fél kg színaranynak felelt meg. A Tungssram az itt termelt gázzal kezdte meg a „kriptonlámpák” gyártását.

– Október 28-án született Rochesterben (New York) *Marcian Edward HOFF* amerikai villamosmérnök, a „mikroprocesszor atyja” (13. ábra).

– November 23-án Giridih-ben (India) meghalt *Jagadis Chandra BOSE* (\*1858) indiai fizikus, a Royal Society tagja, a higanyos koherer, a galenit kristálydetektor feltalálója, a 0,5...2,5 cm-es mikrohullámok tulajdonságainak első tanulmányozója (14. ábra). 1895 elején (egyések szerint



14. ábra. Jagadis C. Bose a londoni Royal Institution-ben 1897-ben. (www.tu.c.nrao.edu/~demerson/bose)

már 1894 novemberében) Kalkuttában egy nyilvános bemutatón – Popovtól, Marconitól függetlenül s őket megelőzve – rádióhullámok segítségével több mint másfél km-ről csengőt szólaltatott meg, petárdát robbantott fel. Egy évvel később már 5 km-t hidalt át. U csöves higanyos „autokohererét” – mely az elektromágneses hullám érzékelése után önmagától visszaáll eredeti állapotába – 1899 áprilisában (két évvel Marconi találmányi bejelentése előtt) ismertette a londoni Királyi Társaság előtt. Vevője a hullámokat a kohererrel sorba kapcsolt telep és telefonhallgató segítségével tette hallhatóvá. Galenit kristályos koherer találmányára 1904-ben kapta meg a világ első félvezető diódás detektor szabadalmát (15. ábra). A szabadalmi leírásban – „a fényre, a Hertz-féle hullámokra érzékeny” pozitív és negatív tulajdonságú anyagként említve – először fordult elő a ma n és p típusú félvezetőként ismert kifejezés.

– December 21-én volt a *Hófehérke és a hét törpe* egész estés animáció Walt Disney film premierje. A film alakjait, jeleneit, háttereit 300 animátor mintegy 3 éven át rajzolta...

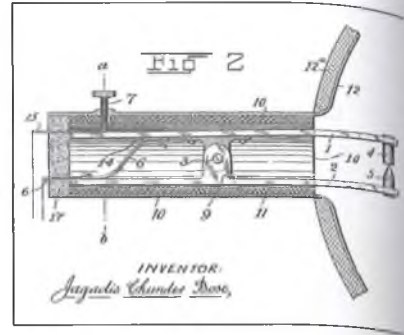
### 100 éve történt

– Az 1912. évi fizikai Nobel-díjat *Nils Gustaf DALÉN* (1869-1937) svéd mérnök kapta a világítótornyok és -bóják gáztartályánál használható automatikus szabályozó feltalálásáért. A szabályozó szeleprendszer az acetilénlámpákat nappal ki-, sötétedéskor bekapcsolta. A Dalén-féle lámpákat az áramellátással nem rendelkező, nehezen megközelíthető helyeken még az 1950-es években is használták.

– Március 6-án Drezdában meghalt *August Joseph Ignatz TOEPLER* (\*1836) német fizikus. Számtalan fizikai kísérleti eszközt, higanydugattyús vákuumszivattyút készített. Legismertebb készüléke a több tíz...száz kilovolttal produkáló elektrosztatikus influenza-gép, melyből 1882-ig az európai egyetemek fizikai intézetei részére több példány is készült.

– Március 25-én Pisa városában elhunyt *Antonio PACINOTTI* (\*1841) olasz fizikus. 1860-ban feltalálta a gyűrűs forgórészű, kommutátoros magne-toelektromos gépet (16. ábra). Leírása alapján a működőképes DC motort/dinamót Z. T. Gramme készítette el korszerűsített formában (1870).

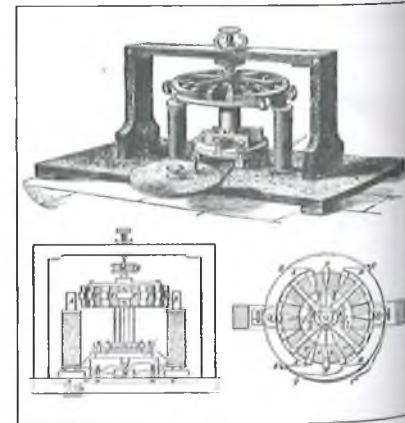
– Június 23-án született Paddingtonban (London) *Alan Mathison TU-*



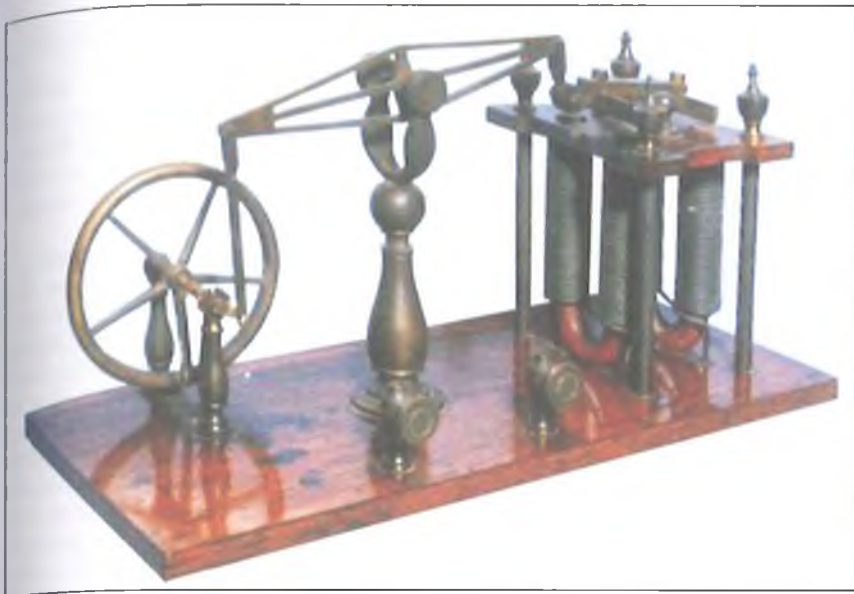
15. ábra. Részlet Bose US Pat. No. 755,840 Detector for Electrical Disturbances szabadalmából (1904). Az ábrán 4 és 5 a pozitív és negatív tulajdonságú anyag, az 1 és 2 vezető anyagú karokat a 6 rugó nyomja össze, a nyomás a 7 mikrométer csavarral állítható. A 10 cső elefántcsontból vagy más szigetelőanyagból készül, a 12 jelű fém reflektort a 12a jelű fa, kagylóhéj burkolat fedi

*RING* (†1954) angol matematikus. Az 1930-as években elsőként adta meg a program és a programozható számítógép matematikai modelljét („*Turing-gép*”). Definiálta az „intelligens” programot: ha egy ilyen kommunikáló kísérleti személy nem tudja eldönteni, hogy emberrel vagy programmal áll-e szemben, akkor a program „értelmes” (ún. *Turing-teszt*).

– Augusztus 30-án született Taylorville-ben (Ill.) *Edward Mills PURCELL* (†1997) Nobel-díjas amerikai villamosmérnök, fizikus. Felfedezte a mágneses magrezonanciát (a mágneses rezonanciás képalkotás, az MRI alapját); a Tejtű mikrohullámú szinképében az atomos hidrogén vonalát. 1950-ben észlelte és publikálta a sugár-



16. ábra. Pacinotti első magneto-elektromos gépe. (Scientific American Supplement. No. 315, 1882. január 14., 5015. old. alapján.)



17. ábra. Charles G. Page himbás elektromotorja 1839-ből. A forgattyúátmérő kb. 95 mm, a himba 165 mm hosszú. ([www.geocities.com/bioelectrochemistry/](http://www.geocities.com/bioelectrochemistry/))

zás gerjesztett emissziójával létrehozott fényerősítést, azaz a lézer jelenséget.

– Szeptember 7-én Puebloban (Colo.) született *David PACKARD* (†1996) amerikai villamosmérnök, a Hewlett-Packard Co. társalapítója. Többek között piezoelektromos nyomás- és hőmérséklet-távadót is szabadalmaztatott, amelyet orvosi alkalmazásokra, pl. katéterezéshez javasolt felhasználni.

– Október 28-án Berlinben meghalt *Werner von BOLTON* (\*1868) német vegyész, a tantálszálas izzólámpa feltalálója (1905).

– November 23-án Saint-Cérében (Lotharingia) elhunyt *Charles BOURSEUL* (\*1829) belga származású francia távírómérnök. Már 1854 augusztusában publikálta telefonra vonatkozó javaslatát, mely szerint „a beszéd által okozott rezgést közvetlenül a flexibilis tárcsára vagy diafragmára” kell vezetni átalakítás céljából.

– 1912-ben Newark (N.J.) városában a budapesti Telefonhírmondóhoz hasonló rendszert létesítettek – erről számolt be a *Radio News* 1928. évi egyik száma. Hogy mi lett a hírmondó további sorsa, arról nincs információ.

– A Posta Kísérleti Állomás a Hájós utcából átköltözött a Gyáli út 22. sz. alá. Az épületben helyet kapott a posta műszerész-tanonciskolája is.

– A londoni nemzetközi rádióértekezleten Slaby német professzor 2 kW-os, 3000 m hullámhosszon dol-

gozó forgógépes fónia-adót („telefon-gépadót”) mutatott be, melyet Arco gróffal együtt fejlesztettek ki a Telefunkennél. Ezzel az adóval szerelték fel a németországi Nauenben működő állomást, mely az egyesült államokbeli Long Island-en létesített nagyteljesítményű állomással tartotta a hírkapcsolatot. Az állomások – a hírcsere gyorsítása érdekében – Poulsen-féle huzalos „magnetofonnal” is fel voltak szerelve. Csak az I. világháború végén derült ki, hogy a rögzített felvétel gyorsított lejátszásával a naueni rádióadó „titkosított” hírszerzési és navigációs adatokat is sugárzott az Atlanti-óceánon tevékenykedő német tengeralattjárók részére.



18. ábra. Étienne-Louis Malus. (<http://en.wikipedia.org/wiki/>)



19. ábra. Giovanni D. Cassini. (<http://seds.org/messier/xtra/Bios/>)

gárzott az Atlanti-óceánon tevékenykedő német tengeralattjárók részére.

– Az Egyesült Államokban megszületik a „Radio Act”, mely külön engedély ellenében bármely amerikai állampolgárnak hivatalból engedélyezte a rádióközvetítést, azaz megkezdődhetett a rádió polgári alkalmazása. A törvényben azt is kimondták, hogy a hajók szikratávíró állomásain állandó ügyeletet kell tartani, megelőzendő egy, a Titanic-éhoz hasonló tragédiát (ugyanis 1912. április 15-én a Titanichoz közeli hajókon a vészjelzéseket azért nem vették, mert az operátorok estére kikapcsolták a készüléket).

– Az egyesült államokbeli San Jose-ban *Charles D. HERROLD* rádióamatőr KQW (később KCBS) hívójelű adóról rendszeresen zenét és híreket sugároz. A fonográfról, ill. gramofonról bejátszott zeneszámokat a közelben lévő amatőrök választhatták ki a beolvasott címek alapján. Ez volt az első műsorszóró adó és az első kívánságműsor?

– A stockholmi nyári olimpiai játékok atlétikai versenyein jelent meg először az elektronikus időmérés és a célfotó.

## 200 éve történt

– Január 25-én Salemben (Mass.) született *Charles Grafton PAGE* (†1868) amerikai orvos, természettudós, Morse tanácsadója. Elektromágneses szaggatású szikrainduktoránál a higanycsőszébe merülő érintkező karját a tekercs vashuzalból készített nyitott magja vonzotta magához. Felfedezte a „galva-



nikus zenét”: a patkómágnés – a szárai-  
ra lazán feltekercselt huzalnak a telepre  
való rá- és lekapcsolásakor – hangot  
adott, ill. a tekercsben elhelyezett hang-  
villa az áramkör ki- és bekapcsolásakor  
megpendült (1837). Egy-két év múlva  
a gőzgép működését utánzó, ún. him-  
bás elektromotort készített (17. ábra).  
Ezt követően – a kongresszus 20 ezer  
dolláros anyagi támogatásával – tele-  
pekről működtetett elektromos moz-  
donyt szerkesztett. A kísérleti pályán a  
lokomotív csak 1 mérföldet tett meg 39  
perc alatt, ezután a telepek kimerültek.  
A „javítás” után a visszaút Washing-  
tonba 2 óráig tartott. Több támogatást nem  
kapott...

– Február 24-én (egyres források  
szerint február 23-án) Párizsban meg-  
halt Étienne-Louis MALUS (\*1775)  
francia mérnök, akadémikus, a napóle-  
oni hadsereg mérnöki hadtestének ez-  
redese (18. ábra). Felfedezte a vissza-  
verődéssel polarizált fényt, matemati-  
kailag megfogalmazta a fény visszave-  
rődésének és törésének törvényeit. Ő  
használta először a polarizáció kifeje-  
zést (1808).

– Giuseppe ZAMBONI olasz fizikus  
a Volta-oszloptól jelentősen különböző  
„szárazelemet” készített. Zamboni a le-  
vegő nedvességét használta elektrolit-  
ként. Eleme több száz-ezer vékony, pa-  
pírra ragasztott cinkfóliából állt. A papír  
másik oldalát cink-szulfát oldattal kente  
be, vagy olívaolaj segítségével salétrom-  
savban áztatott faszén és barnakő keveré-



20. ábra. Denis Papin. (<http://hu.wikipedia.org/wiki/>)

kével vonta be. A fenyőgyantával szige-  
telt telep milliamperes nagyságrendű árá-  
mot adott le, de a feszültsége a pár száz  
voltot is elérte, önkisülése igen kicsi volt.  
A Zamboni-féle telep a modenai termé-  
szettudományi múzeum elektromos órá-  
ját 1839-től majdnem 100 éven át mű-  
ködtette.

– Pierre Simon LAPLACE francia  
matematikus közvettette függvény-  
transzformációs módszerét (Laplace-  
transzformáció), amelynek során a t  
valós változójú f(t) függvényhez egy p  
komplex változójú F(p) függvény egy-  
értelmű hozzárendelését valósítja meg.

## 300 éve történt

– Június 15-én született Andrew  
GORDON (†1751) skót fizikus. Az el-  
sők között vizsgálta a sztatikus töltések  
továbbítását (az elektromos vezetést),  
melyhez üveghengeres elektromozó-  
gépet is készített.

– Szeptember 14-én Párizsban el-  
hunyt Giovanni Domenico (Jean Do-  
minique) CASSINI (\*1625) olasz szá-  
mazású francia csillagász (19. ábra).  
Felfedezte a Szaturnusz gyűrűjében le-  
vő rést, melyet később róla neveztek el.  
1657-ben a bolognai San-Petromio  
templomban – a tetőboltozaton találha-  
tó „napszem” segítségével – napórát  
készített, melynek segítségével a delet  
0,25 s pontossággal tudta meghatároz-  
ni! Négy nemzedéken átívelő csilla-  
gász-dinasztia alapítója volt.

– Valószínűsíthetően ebben az év-  
ben halt meg Londonban Denis PÁPIN  
(\*1647) francia orvos, fizikus (20. áb-  
ra). Halálának pontos időpontja ismer-  
etlen, „utolsó” ismert levele 1712. ja-  
nuár 23-i keltű. Gőzhengeres szivattyút  
készített, feltalálta az ellensúlyos túl-  
nyomás-szabályozót (Papin-fazék,  
1690), amellyel ma is találkozhatunk a  
„kuktafazékon”.

(E visszatekintés az 1992-es évköny-  
vünkben megkezdett, azonos című „so-  
rozat” folytatásának is tekinthető. A  
szövegben \*-gal a születési, †-tel a halá-  
lozási évet jelöltük. A szerk.)

# Nagy Évkönyv-akció!

## A RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE

Az akcióban  
tehát egyforma  
vagy különböző  
példányokat  
lehet vásárolni.

✉ 1374 Bp., Pf. 603.  
hambazar@radiovilag.hu  
www.radiovilag.hu

'91, '94, '95, '96, '97, '98, '99, '00, '01, '02,  
'03, '04, '05, '06, '07, '08 kötetek közül

1 db csak **490 Ft-ért**, a  
'09, '10, '11 kötetek közül  
1 db **890 Ft-ért** kapható.

Személyesen a  
szerkesztőségben,  
Budapest XIII.,  
Dagály u. 11.  
I. em. 130.  
9–14 óráig.

Tel./fax: 239-4932

„Kis lépés az embernek, hatalmas ugrás az emberiségnek” (Neil Armstrong)

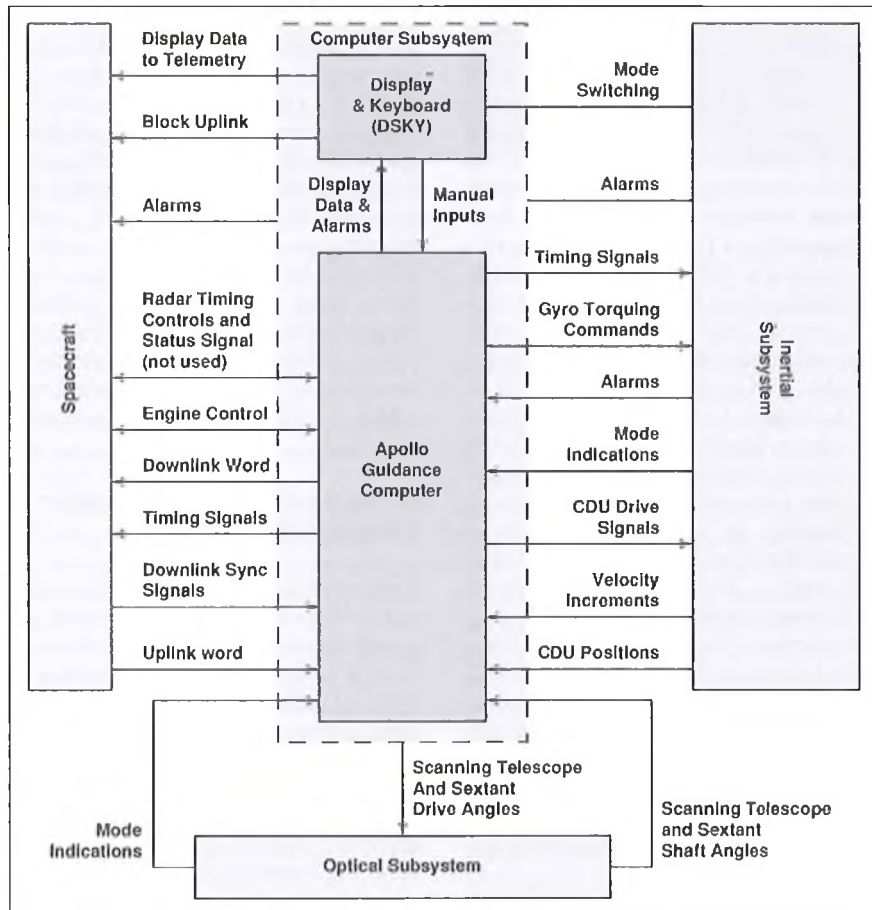
# A holdutazás fedélzeti számítógépe

Pálinkás Tibor gépészmérnök, tpalinkas@radiovilag.hu

A korszerű PC-k alapja többmagos, a lapkán integrált milliárdnyi kapcsolóeszközzel bíró, több gigahertzes órajel-frekvenciával száguldó CPU. A processzor működését nagy bonyolultságú IC-kből álló csipszet segíti, a programok, adatok gigabájtos nagyságrendű operatív memóriában, terabájtos kapacitási merevlemezeken tárolódnak. Az egész bonyolult, csúcstechnológiás mechatronikai rendszer „karmestere” a nem kevésbé magas színvonalú, a programozástechnológia mindenkorai felső fokát képviselő operációs rendszer. (Bár ez utóbbi megállapítást a legelterjedtebb rendszerrel kapcsolatban sokan vitatják...)

A megapixelnyi felbontású színes grafikus monitor előtt napi rendszerességgel akár több órát is eltöltő kedves olvasó talán el sem tudja képzelni, hogy milyen fedélzeti komputerek vezérelték anno azt a technikai csodát, aminek köszönhetően az ember megtehetette az első kis-nagy lépést a Holdra. Mivel magam is kíváncsi voltam erre, utánanéztem a neten, és mondhatom, igen érdekes, meglepő adatok birtokába jutottam! A következőkben ezeket próbálom meg – a szokásos terjedelmi korlátokra való tekintettel erősen rövidített, sűrített formában – megosztani olvasóimmal. A Saturn V. rakéta autonóm vezérlőrendszerével a továbbiakban nem foglalkozom, kizárólag az Apollo űrkabin fedélzeti számítógépéről lesz szó. A holdkomputert vezérlő számítógép gyakorlatilag azonos volt az Apolloéval, leginkább a (mint később látni fogjuk, a szó szoros értelmében behuzalozott) programjai különböztek azétól.

Milyen volt hát az először több mint 40 éve (!) végrehajtott hatalmas ugrást levelező rendszer fontos eleme, a beágyazott számítógépek ([1]) egyik előfutára? A kedves olvasó akár úgy is gondolhatná, hogy az akkori technika/technológia csúcstermékait vetették be egy ilyen számítógép megalkotásakor. Azonban ez közel sem így történt. Az űrtechnikában mindig a le-



1. ábra

hető legnagyobb megbízhatóságú rendszerek kialakítására törekedtek, így az elektronikai egységeket, ill. az azokat felépítő áramköröket is ennek a szellemében tervezték meg. Ahol csak lehetőség volt erre, alaposan bevizsgált, többszörösen bevált eszközöket, alkatrészeket, kapcsolástechnikát, konstrukciós elveket használtak fel az alkotók. Különösen fontos volt ez egy minden – pláne politikai – szempontból kiemelkedő küldetés végrehajtásánál: egyszerűen nem volt szabad hibázni!

Kijelenthetjük, hogy 1969-ben a DEC PDP-11 számítógépe lényegesen magasabb műszaki színvonalat képviselt, mint az AGC.

A történet hivatalosan 1961. május 25-én indul: John Fitzgerald Kennedy, az USA akkori elnöke bejelenti, hogy még az évtized vége előtt az USA embert fog juttatni a Holdra, és biztonságosan vissza is hozza onnan. A célért hatalmas erőbedobással küzd az 1958-ban megalapított NASA és azok a nagy cégek, amelyek egy-egy részfeladatot vállaltak a hatalmas műből. Így Wernher von Braun vezetésével kifejlesztik a gigantikus Saturn V. rakétát, az első fokozat máig egyedülálló méretű F1 hajtóműveivel, North American az Apollo űrhajót (CM; Command Module, és SM; Service Module), a Grumman repülőgépgyár pedig a pro-



jekt legnehezebben, leglassabban megvalósuló űrjárművét, a két egységből álló holdkompot. (Rövidítve: LM vagy LEM, azaz Lunar Excursion Module. A cikkben sok hasonló rövidítés szerepel; ez az űrtechnika egyik sajátossága. A NASA rövidítésmagyarázatait pl. a [2]-ben foglalták össze.)

Végül 1969. július 16-án, 9:32-kor a floridai Cape Kennedy űrközpont A39-es indítóállásáról elstartolt az SA-50 jelű Saturn rakéta, „oráiban” az Apollo-11 Columbia űrhajóval, amelynek legénysége Neil Armstrong, Buzz Aldrin és Mike Collins volt. Az űrhajóval összekapcsolt SM alatt, összehajtogatott lábakkal várta „jelenését” az LM-5 Sas nevű – komp. Utóbbi nem sokára kihúzták a tartókeretéből, hozzákapcsolták a Columbia elejéhez, és a komplexum Hold körüli pályára állt. Armstrong és Aldrin átmászott az Sasba, amivel 1969. július 20-án – némi bonyodalmak után – végül leszálltak a Holdra. Európában már július 21-ét írunk, amikor Armstrong, majd Aldrin a felszínre lépett. Feladataik (holdközvet gyűjtése, műszerek telepítése) végrehajtása után visszatértek a holdkomp kabinjába, az – a felszínen hagyva startpódiumként is funkcionáló leszálló fokozatát – elhagyta a Holdat, ismét összekapcsolódott az űrkabinnal, és a komplexum elindult a Föld felé. Miután a Columbiáról leválasztották a Sast, majd közvetlenül a Föld légkörébe érés előtt a Szerviz modult, az „árván maradt” parancsnoki kabin 1969. július 24-én simán csobbant a Csendes-óceánba. Később, más és más legénységgel, még öt sikeres Holdra szállást hajtottak végre.

Persze, a holdutazás konkrét megtervezését rengeteg űrkísérlet, emberes űrrepülés előzte meg. Mindezt remekül összefoglalja a [3]. Jelen témánk szempontjából kiemelendő, hogy az első ember vezette űrhajó, amelynek fedélzetén digitális számítógépet is elhelyeztek, a kétszemélyes Gemini volt. Az űrhajó fedélzeti számítógépéről, az IBM által épített OBC-ről közel sem találni a neten olyan bőséges, részletekbe menő dokumentációt, mint az Apollóról. Egy biztos: diszkrét elemekből álló, bipoláris tranzistorokon alapuló konstrukció volt. Akit érdekel, például a [4]-ből tájékozódhat róla, leginkább a szoftverrel kapcsolatban. Az Apolló űrkabinban telepített AGC-ről (Apollo Guidance Computer) azonban bőséges anyagból válogathatunk, bár a különböző források között sok az ellentmon-

dás. Az adatok, ismeretek zöme az [5]-ből származik.

A következőkben a hardverre általában, ill. annak érdekesebb részleteire koncentrálok. Az AGC szoftverrendszere messze meghaladná e cikk kereteit, így erről nem lesz szó. Akit érdekel, akár a assembly programlistákat is letölthet, például egy tesztprogramot vagy egy BLOCK-I programrészletet a [6]-ról. Komplet programlistákat közül a például a [7, 8, 9]. A rendkívül tömör és hatékony kódot megalkotó csapat minden tiszteletet megérdemel: a BLOCK-I szoftverét még jórészt 64 kilobájtos memóriájú, lyukkártyákkal „etethető” IBM 7094-es gépeken fejlesztették, ma már elképzelhetetlen nehézségek közepette. Minden adatot mágnesszalagokon tároltak, a szoftverek többségét Fortran nyelven írták. Nem ritkán 12 órát is várni kellett a programfutás eredményére. Csak a további fejlesztésekre való tekintettel harcolták ki maguknak egy hatalmas, 1 MiB (!) tárkapacitású IBM gép megvásárlását.

### Az Apollo Guidance Computer, általában (BLOCK-II)

Talán nem meglepő az az állítás, hogy egy mobiltelefon-tulajdonos jóval nagyobb számítási teljesítményű ketyerét hord a zsebében, mint amekkorára az egész Apollo/holdkomp vezérlőrendszere képes volt!

Az Apollo számára kétféle fedélzeti számítógépet terveztek a MIT (Massachusetts Institute of Technology) szakemberei, Charles Stark Draper vezetésével. A számítógépeket a Raytheon gyártotta le. A tragikus véget ért Apollo-1 (a 012 gyári számú űrkabin, amelynek tiszta oxigén atmoszférájában még az indítóállványon, startra várakozás közben tűz ütött ki, és mindhárom űrhajós bennégett), ill. a személyzet nélkül felbocsátott Apollo-2 az 1962-ben kezdődő fejlesztés eredményeképpen elkészült BLOCK-I típusal volt felszerelve. A későbbiekben ezt alaposan továbbfejlesztették, és a holdutazások levezénylésében már az 1966-tól gyártott BLOCK-II változatok vettek részt. Az AGC-k lassúak voltak ugyan, de műszakilag rendkívül megbízhatóak. A lassúság komoly problémát okozott az első holdmisszióknál. Miközben a holdkomp közeledett a felszínhez, a „randevúradar” olyan mennyiségű megszakítást kért, amit a számítógép nem tudott feldolgozni, és a

földi szimulációk során soha nem jelentkező hibaüzeneteket produkált, miközben veszélyes méretű sziklákat a hemzsegő talaj felé vezérelte a holdkompot. Az üzemanyag pedig gyorsan fogyott. Végül Armstrong virtuóz módon, hatalmas lelki nyugalommal, közvezérléssel tette a talajra a Sast, mintegy 1 km-rel a tervezett leszállási ponttól. Pedig tudta: ha a jármű landolás közben felborul, akkor a küldetés mindkettőjük számára véget ér...

Ezeket, a néhány dokumentációban univerzálisnak nevezett számítógépeket később – persze eltérő szoftverekkel – kísérleti célból az F-8 vadászgép automatikus kormányzására, ill. az űrsiklók első kísérleti példányaiba is adaptálták.

Nézzük, mi volt az AGC szerepe (1. ábra)! Az erősen leegyszerűsített tömbvázlatból kiolvashatóan a feladatai, mint sejthető, igencsak szerteágazóak voltak. Igazi folyamatirányító számítógépről van szó, amelyik 512 portvonallal rendelkezett. Magát a központi egységet és a DSKY kezelői interfészt (Display and Keyboard) a középső, szaggatott vonallal határolt mező jelképezi. Az AGC moduláris felépítésű volt: a szokásos egységek, azaz, a processzoregység, a ROM, a RAM, a paritásgenerátor és paritásellenőrző, az órajel-generátor és a perifériaillesztő áramkörök (portok) moduljaiból épült fel. A központi egység a CM egyik műszerrekeszében kapott helyet, a kapcsolóüzemű tápegységével együtt. Utóbbi a kabin fém részétől, ill. a többi elektronikai egységtől galvanikusan leválasztott kimenettel rendelkezett, a zajproblémák mérséklésére. A be- és kimeneti portok többsége is galvanikus leválasztású volt. Az erre szolgáló kis impulzustrafók jeleit tranzisztoros fokozatok formálták, ill. tranzisztorokkal hajtották meg azokat. Az átvitelre sodrott érpárokat használtak. Az impulzustrafós leválasztás máig él a számítástechnikában: a LAN-kártyák most is ezeken keresztül kapcsolódnak a hálózathoz.

A DSKY tartalmazta a hétszegmentes numerikus kijelzőegységet, a néhány funkciógombbal kiegészített numerikus billentyűzetet, ill. a különböző státuszokat és figyelmeztetéseket megjelenítő jelzőizzós táblát. Az Apolló űrkabinban 2 db DSKY-t telepítettek. Az egyik a fő műszerfal középső tablójának bal oldalára (2. ábra), a másik a pilénő rekeszben volt felszerelve. A kétszülékek egységei, moduljai magnézi-



2. ábra

...mőköztetve kimart merev, többrekeszes műszerházakba voltak beépítve (3. ábra). Információim szerint az AGC-ből 75, a DSKY-ből 138 db-ot gyártottak.

A számítógép felügyelte az inerciális navigációs rendszert (*IMU*; *Inertial Measurement Unit*): vezérelte annak működését és feldolgozta az onnan, ill. az optikai alrendszerből érkező adatokat. Az inerciális rendszer egy különleges, közel gömb alakú, futballadba méretű, zárt tokba szerelt kardanikus keretmechanikában (*Gimbal*) elhelyezett platformra volt felszerelve. Három, egymásra merőleges tengelyű, elektrodinamikus szögkompenzációs pörgettyűegységéből (*IRIG*; *Inertial Reference Integrating Gyro*) és szintén három, egymásra merőleges tengelyű gyorsulásmérőből állt. Utóbbiak nagy viszkozitású folyadékkal csillapított, elektrodinamikus erőkompenzációjú apró ingán alapultak (*PIPA*; *Pulsed Integrating Pendulous Accelerometer*). Az akkori csúcstechnikát képviselő, nagyon stabil, különlegesen csapágya-

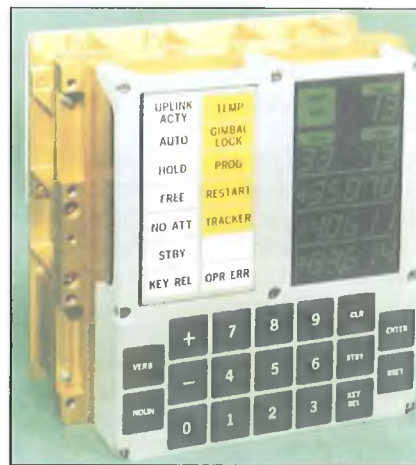
zott tengelyű giroszkópok tervezett élettartama meghaladta az 5000 h-t.

A giroszkópok szöghelyzet-adatait nem csak a számítógép kapta meg, hanem az űrkabin műszerfalába épített két, a repülőgépek műhorizontjához hasonló kijelzőképű, a kabin térbeli pozícióját indikáló, multifunkciós mechanikai műszer is, az *FDAI* (*Flight Direction Attitude Indicator*). (A 2. ábrán a DSKY fölött látszik az egyik.)

Az űrutazás során a giroszkóp-platformot többször be kellett tájolni. A tájolás optikai műszerek segítségével történt. Az egyik az ún. szkenelőteleszkóp. Ez gyakorlatilag két, egymással szembe fordított távcsőből álló, 1-szeres nagyítású, szállemez látómezejű periszkóp volt, melynek külső optikája elé elfordítható tükröt szereltek. A másik optikai műszer az ún. szextáns, amely egy megadott állócsillag és egy kijelölt földi v. holdfelszíni pont közötti szög mérésére szolgált. Mindkettőt a hajózó személyzet navigátora kezelte. Az AGC a tükrök elfordítási szögadatait kapta meg, és ezek alapján állította be az IMU-t.

A navigációs rendszer rövid, tömör összefoglalóját adja a [10], kissé bővebben ír róla a [11]. A Google segítségével még részletesebb adatok, tanulmányok is fellelhetők.

Az AGC vezérelte szükség esetén az SM főhajtóművét és egyéb rendszereit, valamint az SM, ill. a visszatérés során a CM kormányfűvókáit, vezérelte a dokkolóradaptort és elemezte annak jeleit. Átadta a telemetria rendszer számára a szükséges adatokat (*Uplink*) és fogadta a beérkező adatokat (*Downlink*). Utóbbi csatornán keresztül közvetlenül a földi irányítástól is fogadhattott parancsokat.

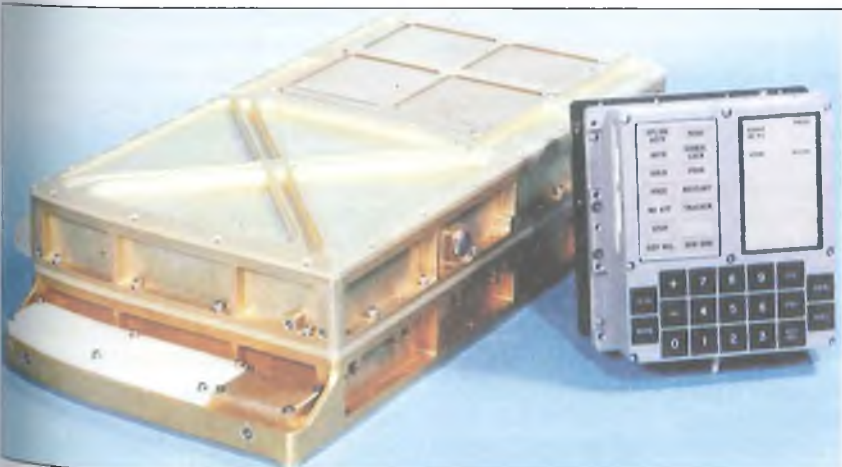


4. ábra

A központi egység szószervezésű volt, 16 bites szóhosszal. Az *utasítás*-szó 1 paritásbitből (mindig páratlanra egészítette ki az 1-ek számát), 3 utasításbitből és 12 címbitből épült fel. Három utasításbit összesen 8 utasításból álló utasításkészletet jelentene. Nyolc jól megválasztott utasítással elvileg lehetséges ugyan bármilyen feladathoz programot írni, csak hogy az ilyen programok igencsak terjedelmesek lennének! Márpedig akkoriban talán a memóriák (*ROM*, *RAM*) jelentették a számítástechnika „szűk keresztmetszetét”: nagyon drágák és nagyon terjedelmesek voltak. A fejlesztőknek kompromisszumot kellett keresniük az utasítások száma és a programok memóriáigénye között. Végül is 34+10 utasítást definiáltak. Ezek meghívására változatos, itt nem részletezendő trükköket (pl. indexelt utasítások stb.) eszeltek ki. A 12 bites cím is kevés lenne az összesen 38 Kszónyi memória megcímzésére. Ezért a *ROM*-ot 1 KiB-es, a *RAM*-ot 256 szavas lapokra (*bank*) osztották, és két lépésben címeztek meg. Erre szolgált a memóriacím-regiszter, a *ROM*-bankregiszter, ill. a *RAM*-bankregiszter. Az AGC-nek összesen 20 különböző célú regisztere volt.

A memóriában tárolt *adatszó* 1 paritásbitből, 1 előjelbitből és 14 adatbitből állt. A négy központi regiszterben (A, Z, Q, LP) paritásbitet nem használtak: az első bit volt a normál, a második a kiegészítő előjelbit. A két előjelbit kombinációjából adódott a „negatív érték”, a „pozitív érték”, a „negatív túlcsoordulás” és a „pozitív túlcsoordulás”. Definiáltak még a dupla pontosságú (kétszavas) számábrázolást.

A központi egység a parancsokat 1–6 óraciklus alatt hajtotta végre. A



3. ábra



leggyakoribbak a kétciklusos utasítások voltak.

### A Kijelző/kezelőegység, a DSKY

A modul fotóját a 4. ábra mutatja. Fő feladatait az előzőekben már összefoglaltam. Ehhez annyit fűzök hozzá, hogy a DSKY a kijelzőjének adatait autonóm módon volt képes továbbítani a telemetria-rendszernek.

Az interfész tervezésénél a minél egyszerűbb kezelhetőségre törekedtek. Amint a fotóján is látható, a billentyűzet nem sokkal bonyolultabb egy négy alapműveletes zsebszámológépénél. A hétszegmentes elemekből álló, összesen 21 + 3 „fél” digités, zöld, lumineszcens kijelzőmodul kizárólag számkijelzésre volt alkalmas. (A BLOCK-I –hez illesztett neontöltésű, így nagyobb feszültséggel üzemelő, vörös fényű kijelzők szegmenseit még diódás mátrix által kiködölt bistabil elektromágneses relék (!) kapcsolgatták, a BLOCK-II DSKY egységeiben már tirisztorok látták el ezt a feladatot.)

A bal felső sarokban a DSKY egyetlen zöld indikátora, az AGC aktív állapotát jelző ablak látszik. Mellette az éppen végrehajtás alatt álló vezérlőprogram kétjegyű kódszáma íródik ki. A küldetés során a végrehajtandó programok sorrendje kötött volt, de ebbe szükség szerint be lehetett avatkozni. Például a 66-os számú program a leszállási fázis befejezését irányította. A ROGRAM gomb megnyomása után be kellett billentyűzni a „66”-ot, majd ENTER. (A checklista rövidített írásmódja szerint: P66E.)

A következő sorban találjuk a VERB (ige), ill. a NOUN (főnév) két-két számjegyét. A kezelőprogramot ugyanis úgy írták meg, hogy a rendszert ún. mondatokkal lehessen utasítani. Először be kellett gépelni az ige, majd a főnév kódját (ige, főnév = mit csinálj, mivel), végül: ENTER. Néhány egyszerűbb parancsot csak az ige (és persze ENTER) beírásával is ki lehetett adni; ilyen volt pl. a jelzőlámpák tesztje.

A kijelző alsó szegmensében három regiszter adata olvasható le. Ha a számok előjelesek, akkor decimálisak, ha nem, akkor oktálisak. A sorok között világító elválasztó sávokat helyeztek el. Szükség esetén a kijelzőre árnyékoló ernyőt lehetett tépőzárakkal felerősíteni.

Az elmondottak illusztrálására nézzük, hogyan lehet kiírni a start óta eltelt időt! Az ige: „Írd ki” (16), a főnév: „A start óta eltelt idő” (36). A checklistákban

1. táblázat

Megnevezés	Érték
Szóhosszúság	16 bit (15 bit + paritás)
Számábrázolás	egykes komplement
Órajel-frekvencia	2048 kHz ( $t_p = 0,488 \mu s$ )
Ciklusidő	$t_c = 0,977 ms$
Memória ciklusidő	$11,7 \mu s$ (12 $t_c$ )
Számláló inkrement. ideje	$11,7 \mu s$ (12 $t_c$ )
Fix memória	36 Kszó = 36864 szó = 72 KiB (gyűrűmag-fűzér)
RAM	2 Kszó = 2048 szó 74 KiB (gyűrűmátrix)
Számlálók száma	20
Normál utasítások száma	34
Egyéb utasítások száma	10
Megszakítások száma	10 (maszkolt)
Összeadás időtartama	$23,4 \mu s$
Szorzás időtartama	$46,8 \mu s$
Kétszeres pont. összeadás időtartama	$35,1 \mu s$
Kétszeres pont. szorzórutin futási ideje	$575 \mu s$
Teljesítményfelvétel 28 V-ról (AGC + 2 db DSKY):	100 W
Készenléti teljesítményfelvétel	15 W (a küldetések során nem vették igénybe)
AGC méretei	$6" \times 12,5" \times 24"$ ( $152,4 \times 317,5 \times 609,6 mm$ )
AGC tömege	70 lbs (31,75 kg)

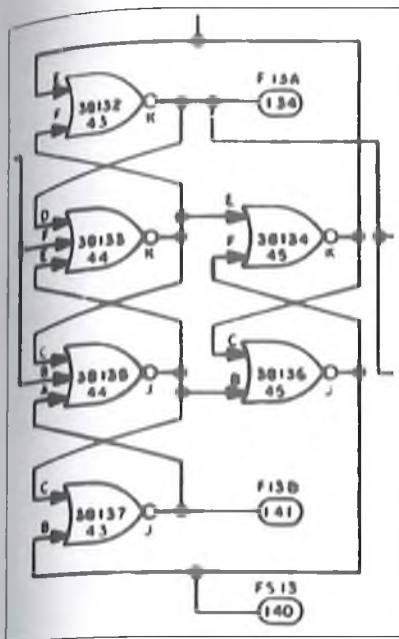
szokásos rövidítéssel: V16N36E, azaz VERB16 NOUN36 ENTER.

A 19 nyomógombos billentyűzet értelmezése ezek után nem nehéz: baloldalon az ige, ill. a főnév, középen az előjelek és a számjegyek, jobbra a vezérlő billentyűk. A PROG a futtatni kívánt program megadására szolgál, a KEY REL engedélyezi azt, hogy az éppen futó program aktuális kiírandói helyett a billentyűzetről fogadjon utasításokat, adatokat, az ENTER természetesen a beírt adat elfogadására való, a CLEAR a kijelzőt soronként törli, a RESET a sárga figyelmeztető jelzéseket törli. A nyomógombok komoly, mikrokapcsoló(ko)n alapuló konstrukciók voltak.

Megjegyzem, hogy a különböző, AGC-vel összeköttetésben levő eszközök kezelőpaneljein is találhatóak a számítógépbe státuszokat bevívó gombok, kapcsolók. Az Apollo amúgy is az eddig épült legbonyolultabb felépítésű és kezelési űrhajó: a műszerfalain több száz kapcsolót és egyéb kezelőelemet helyeztek el! Nem tartozik ugyan szorosán a témához, de érdemes megemlí-

teni, hogy a műszerfalakon számos analóg, azaz mutató mérőműszer is volt. A mutatókat azonban nem valamely hagyományos – pl. Deprez rendszerű – mérőművek forgatták el, hanem egy-egy DC szervomotor, áttételrendszer közbeiktatásával! A mérendő feszültség egy analóg különbségképző áramkör egyik bemenetére került, a másik bemenete a mutató tengelyével működtetett potencióméter csúszkájáról kapta a pozíciójelet. A motor addig állította a mutatót, amíg a két feszültség abszolút értékben meg nem egyezett.

A DSKY 5 V-os jelzőizzókra alapuló jelzőpanelje 14 ablakából itt 13-at használtak ki (az LM-én pedig 12-t). Az izzók fényereje beállítható volt. A fehér fények státuszokat jeleznek (pl. az Uplink elfogadott egy 16 bites adatot; a számítógép készenléti állapotban van; a kezelő megnyomott egy billentyűt; a kezelő parancsokat vihet be a billentyűzetről; a kezelő hibás utasítást, adatot írt be stb.), a sárga fények figyelmeztetések (valamelyik elektronikai egység hőmérséklete túlságosan magas; programfutási hiba keletkezett).



5. ábra

Nagyon fontos jelzőfény a „GIMBAL LOCK”. Arra figyelmeztet, hogy az IMU belső kardánkeretének szögelfordulása olyan nagy, hogy a két keret síkja  $\pm 20^\circ$ -on belül megközelíti egymást. Ha a két sík egybeesne, akkor az inerciális rendszer elveszíténé az egyik szabadságfokát! Ennek esélyét a végső konstrukcióban úgy csökkentették, hogy a szokásos három keret helyett négyet alkalmaztak.

Maga a kijelző is figyelmeztethette a felhasználót: pl. a *VERB* és a *NOUN* számjegyének felváltott villogása jelezte, ha az AGC egy mondat bevitelére várt. A fedélzeti számítógéprendszer legfontosabb paramétereit az 1. táblázat tartalmazza. A felépítését programozói szempontból a [12] részletezi.

Sajnos, a neten fellelhető információhalmaznak legalább egy hiányossága van: csak nagyon kevés olyan dokumentációt találtam, amely valamilyen analóg áramköri részletet ismertet. Így nem derül ki, hogy a számos, analóg kimenetű érzékelő (például a giroszkópok indukciósínje, a különböző hőmérsékletérzékelők stb.) jeleit miképpen alakították át az AGC portjaira vezethető digitális kóddá. Hogyan ellenőrizte a számítógép a fedélzeti rendszerek számos különböző tápfeszültségét? Csak feltételezésre hagyatkozhatok: akkoriban gyakori volt a feszültség-frekvencia átalakítók (VCO-k) alkalmazása e célra. Egy olyan, pontos időalaphoz rögzített ciklusidőkkel dolgozó, sok belső számlálóval rendelkező

komputernek, mint az AGC, nem lehetett probléma az analóg értékeket megtestesítő periódusidők megmérése.

### Az AGC néhány érdekes hardver-részlete

*Az alapelem: a NOR kapu*

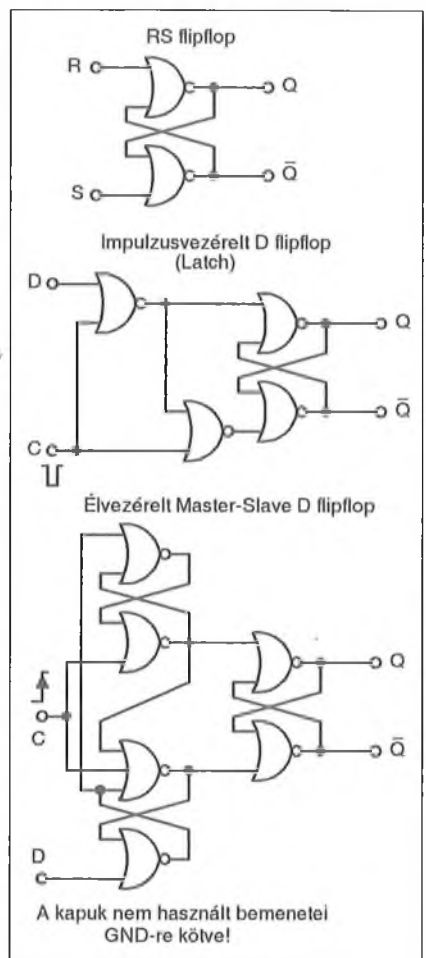
Valószínűleg ezek voltak az első olyan számítógépek, amelyek logikai hálózatát monolit integrált áramkörökből építették fel. Abban az időszakban már léteztek nagyobb bonyolultságú IC-k, de túlságosan kockázatosnak tartották az alkalmazásukat, ill. az igazán jól használható típuscsaládok talán túl későn jelentek meg a piacon. Igaz, a Texas Instruments már 1960-ban gyártotta az SN510 bináris számlálót és az SN514 RS-flipflopot, 10 kivezetésű Flatpack tokban. A csipeket az akkoriban szokásos, diszkrét elemekből felépített, kondenzátorokat is tartalmazó tranzisztoros logikai áramkörök analógiájára alakították ki. Ezeket később a NASA is vizsgálta, de végül az Apollo programban nem használta fel. [13] A Sylvania 1963-ban hozta forgalomba HLL áramköröcsaládját (nevének rövidítése: SUHL), amelyet pl. a Phoenix levegő-levegő rakéták vezérlő egységébe is beépítettek. Az igazi átütő sikert azonban a Texas Instruments érte el, először az 54xx (katonai; 1964.), majd a 74xx (általános célú ill. a 84xx ipari alkalmazásokra szánt; 1966) TTL logikai áramköröcsaládjával. Ezekkel kitűnő, az akkori viszonyok között kis méretű számítógépeket lehetett építeni.

A neten kutakodva kiderült, hogy többen foglalkoznak az AGC funkcionális utánépítésével, a továbbfejlesztett LSTL áramkörökből. Egy ilyen konstrukció részletes ismertetését nyújtja a [6].

Akik tanulták, vagy csak tanulmányozták a logikai algebrát, azok tudják, hogy bármely logikai kapu, logikai alapáramkör megépíthető csupán NAND (NEM ÉS) vagy NOR (NEM VAGY) kapukból. Ebből következően e két kaputípus valamelyikéből bármilyen bonyolult logikai hálózat, struktúra, pl. számítógép is felépíthető. A két kaputípus hasonló viselkedése a De Morgan azonosságból is következik:

$$\overline{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \dots A_n} = \overline{A_1} + \overline{A_2} + \overline{A_3} + \dots + \overline{A_n}$$

Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy ugyanazt a topológiájú kapcsolást akár NAND akár NOR kapukból felépíthetjük. A működésük azonos lesz, csupán



6. ábra

a be- és kimeneti szintek fordulnak meg, ill. dinamikus áramköröknél a lefutó élek helyett a felfutók vezérlik a bemeneteket.

Mind a CM, mind az LM fedélzeti számítógépének teljes logikai hálózatát hárombemenetű NOR kapukat tartalmazó tokokból rakták össze! Az E-1880 számú NASA dokumentum ki is hangsúlyozza, hogy csupán ezen kapuáramkörök célszerű összekapcsolásával bármely *logikai* funkció megvalósítható, külön ellenállások, kondenzátorok és egyéb alkatrészek alkalmazása nélkül.

Ez nagyon modern szemléletet tükröz, hiszen elvet mindenféle RC differenciálótagot, tranziensvágó diódákat és hasonló, a korabeli tranzisztoros logikai áramkörökben szokásos megoldást. Jól illusztrálja ezt az AGC kapcsolási rajzain gyakran előforduló bináris osztófokozat, ami egy, a szakirodalomban nemigen publikált, teljesen szimmetrikus felépítésű master-slave élvezérelt T (Toggle; billegő) flipflop, azaz olyan billenőáramkör,



amelynek az „igazi” bemeneteit nem vezették ki, csupán az órajelbemenete kap külső vezérlést.

A másik érdekessége, hogy a következő fokozat órajelbemenetére nem a slave, hanem a master fokozatból vezetik az impulzusokat (5. ábra; részlet a MIT-MSC 80230/2005259 számú rajzból). Ezt a szokatlan, sehol máshol nem látott, teljesen szimmetrikus kapcsolást magam is összeállítottam egy 74LS27 – és hogy ne kelljen annyi bemenetet földelni – egy 74LS02 tok felhasználásával, és természetesen működött.

Ezen a rajzrészleten a NOR kapu eredeti jelölésével találkozhatunk. A következőkben is a kapuáramkörök korabeli kapcsolásirajz-szimbólumához hasonló jelölést fogok használni. Ezek a rajzjelek az USA-ban máig szabványosak, de az 1960-as években Magyarországon is, így a mi kiadványainkban is hasonlóak szerepeltek a logikai kapcsolási rajzokon (2. táblázat).

A logikai alapkapuk NOR kapukból történő összeállítása a táblázat utolsó oszlopában szerepel; ezeket is bárki kipróbálhatja.

A táblázatban az egyszerű áttekinthetőség, összehasonlíthatóság okán csupán kétbemenetű kapuk szerepelnek, bár a KIZÁRÓ VAGY, a KIZÁRÓ NEM-VAGY és a NEM kapu kivételével az összes többinek tetszőleges számú bemenete lehet.

Az utolsó oszlop kapcsolási rajzain csak annyi kapubemenetet tüntettem fel, amennyi az adott pozícióban szükséges. Az eredeti MIT-MSC rajzdokumentációkat is így szerkesztették. Mivel azonban logikai kapuk bemenete nem „lógthat a levegőben”, a nem használtakat mindig nullára kötötték. Erre a rajzokon minden esetben felhívták a figyelmet.

A 6. ábrán néhány közismert multivibrátor NOR kapukból felépített változatát láthatjuk. A kapuáramkörökből

és a különböző flipflopokból a számítógép bármely részegységei (aritmetika, számlálók, léptetőregiszterek, utasításkódok, multiplexerek, demultiplexerek, belső regiszterek, be-/kimeneti portregiszterek stb.) felépíthetők.

Persze, a számítógép periféria-áramköreihez szükséges bufferek diszkrét alkatrészeket is tartalmaznak. Szintén diszkrét elemekből épülnek fel a – a zömmel kapcsolóüzemű – tápegységek, sőt, az órajel-generátor is. A ferritgyűrűs RAM és ROM olvasóerősítői monolit IC-k, annak ellenére, hogy az erősen leegyszerűsített kapcsolási vázlat (7. ábra) diszkrét elemekre utal.

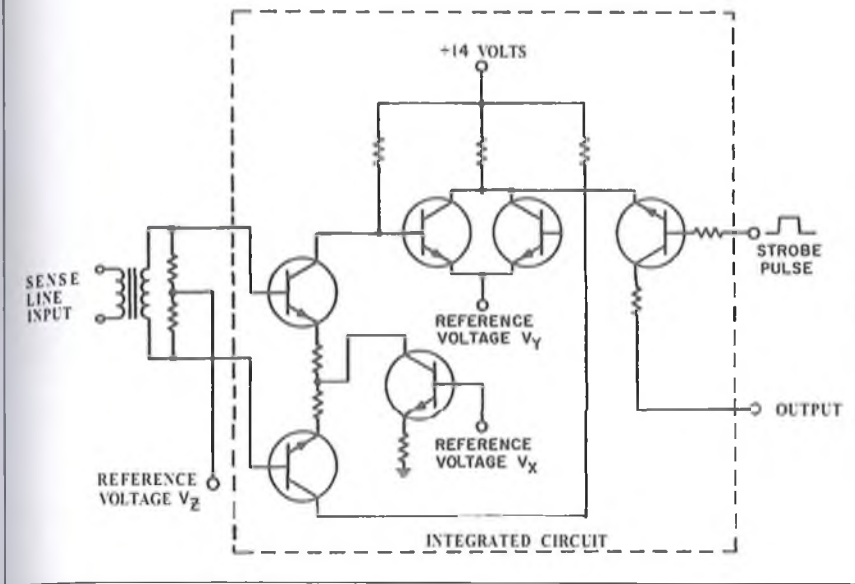
### Az RTL (Resistor-Transistor Logic; ellenállás-tranzisztor logika)

Ez az áramkörfajta egyike volt az első kereskedelmi IC-knek; a Fairchild hozta forgalomba 1961-ben. A TO-99 (vagy TO-47) 8 lábú kerek fémtokozá-

2. táblázat

Megnevezés	Logikai függvény	Kiadványainkban jelenleg használatos jelölés	Korábban használatos jelölés	USA-ban használatos jelölés	Szintézis NOR-kapukkal (A kapuk nem használt bemenetei GND-re köelve)
VAGY (OR)	$Q = A + B$				
NEM-VAGY (NOR)	$Q = \overline{A + B}$				
ÉS (AND)	$Q = A \cdot B$				
NEM-ÉS (NAND)	$Q = \overline{A \cdot B}$				
KIZÁRÓ-VAGY (EXKLUZÍV VAGY, XOR)	$Q = A \oplus B = A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B$				
KIZÁRÓ NEM-VAGY (XNOR)	$Q = \overline{A \oplus B} = A \cdot B + \overline{A} \cdot \overline{B}$				
NEM (INVERTER, NOT)	$Q = \overline{A}$				

## SENSE AMPLIFIER CIRCUIT



7. ábra

sű,  $\mu L9xx29$  típusjelű áramkör család közepes és kisteljesítményű eszközökből állt. Utóbbiakban nagyobb értékű ellenállásokat integráltak, és természetesen kisebb működési sebességre voltak képesek.

Ezeket az [14] röviden összefoglalta, bár a cikkben csak a nálunk akkor megvásárolható típusok szerepeltek. Az IC-k névleges tápfeszültsége  $3,6 \text{ V} \pm 10\%$ . Az RTL IC-családot hamarosan több félvezetőgyártó is piacra dobta (pl. az SGS 599xx29 típusjelzéssel).

Később a Fairchild ugyanezt az olcsóbb, „gomba” alakú kerek kerámia/plasztik tokozással (R-137) is forgalmazta. Hamarosan más cégek (pl. a Motorola) DIL-tokozással is gyártottak hasonló sorozatot.

A család alapáramköre a 903-as, 3 bemenetű NOR kapu volt. Ezt „némi” késéssel, a Tungram is átvette, és talán gyártotta is,  $\mu L 903$  típusjellel. Erről a [15] számol be, igen részletesen, az első holdutazás évében...

A kapuáramkör felépítése rendkívül egyszerű: a három, párhuzamosan kapcsolt tranzisztor egy közös munkellenállásra dolgozik. A tranzisztorok bázisa egy-egy áramkorlátozó ellenálláson keresztül kapcsolódik a bemeneti pontokhoz, a kapu kimenete pedig a közös kollektorpont.

Ha bármelyik bemenetet H szintre (a tápfeszültségre, ill. annak közelébe) emeljük, akkor a hozzá tartozó tranzisztor telítésbe vezérlődik, és a kimenetet L-re húzza. Ezzel teljesül

az  $Y = \overline{A+B+C}$  egyenlet, azaz a NOR működésmód.

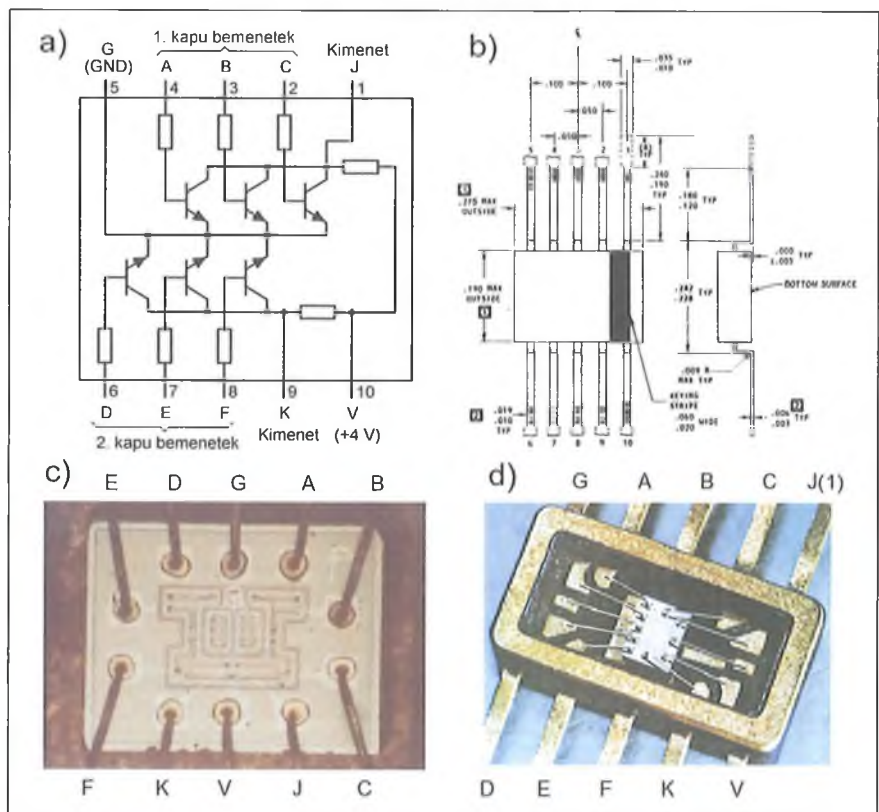
A BLOCK-I logikai hálózatát a Fairchild 903 típusú, katonai célra bevizsgált NOR-kapuk alkották. E tokokat kiforrott gyártástechnológiájuk, sokrétű, alapos megbízhatósági teszt-

jük tette alkalmassá erre az alkalmazásra. A BLOCK-I paneljai összesen 4100 db ilyen IC-t tartalmaztak!

Idő közben nagyon alapos megbízhatósági vizsgálatokon esett át az előbbihez képes miniatűr, sokkal kisebb tömegű tok, a Flatpack. A vizsgálatok körülményeit a [16], ill. a [17] részletezi. A Flatpack legjobban a mai felületszereléses SO-tokokhoz hasonlító, szintűgy  $0,05''$  lábostású, lapos, szalagkivezetésű, hermetikus fémkerámia tokozás, ami a hadiiparban már közkedveltségnek örvendett.

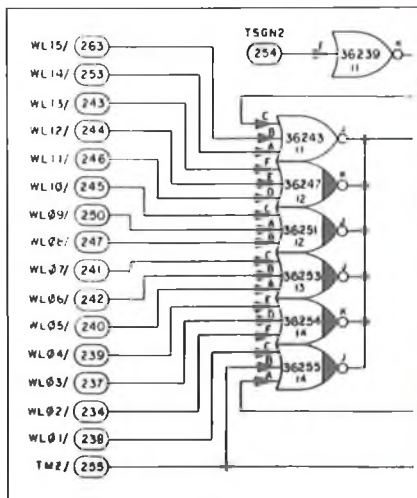
Az AGC számára kifejlesztett új, 321527 típusjelű Fairchild-csipre 2 db 3 bemenetű RTL NOR-kaput integráltak (tehát 6 db bipoláris tranzisztort és 8 db diffundált ellenállást tartalmazott), amit 10 lábú Flatpack tokozással (TO-90) láttak el. A BLOCK-II-höz ebből a Micrologic fantáziánévű IC-ből már „csak” 2800 kellett.

Az új konstrukciónak így mind a mérete, mind a tömege csökkent elődjéhez képest. A csipek névleges tápfeszültsége +4 V-ra emelkedett. A fent már szóban vázolt RTL NOR belső kapcsolást a 8.a ábrán, a sematikus tokrajzba helyezve ábrázoltam. Érdekes a rajzon is feltüntetett eredeti láb-számozás: bár a körüljárási irány meg-



8. ábra



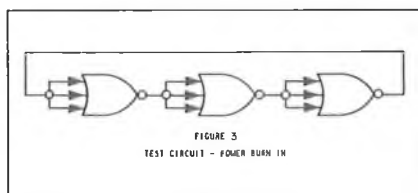


9. ábra

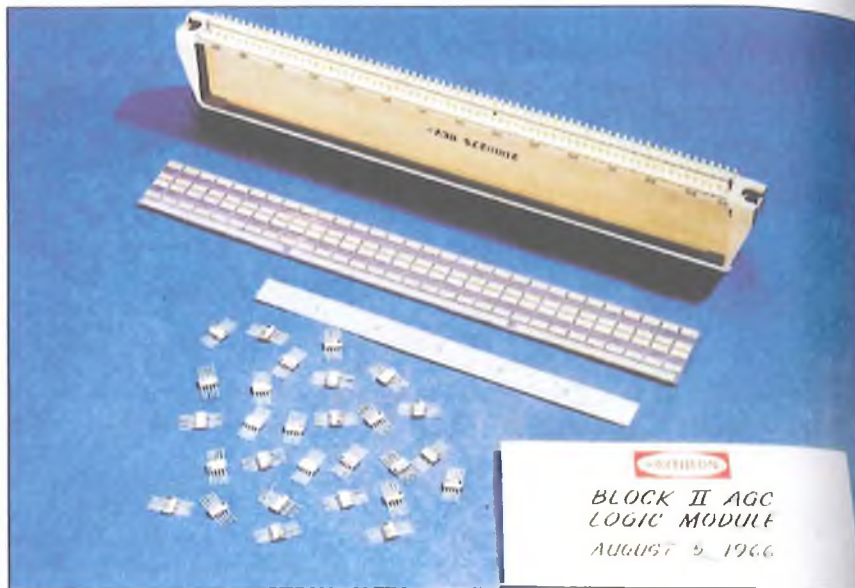
felel a manapság megszokottnak, az 1. láb a tok jobb felső sarkánál van. A méretezett tokrajz (8.b ábra; részlet a MIT-MSC 80230/1006321 számú rajzból) ugyanígy van számozva. A 8.c ábra a csip makrofotója. A középső részen jól látható a 6 db tranzisztor, körülöttük a diffundált ellenállások (jó nagy gyártási tűréssel; a névlegesen 3,3 kohmos ellenállások értéke 2,7...4,15 kohm között szór), a csip oldalai mentén pedig a termokompressziós bondolás csatlakozófelületei. A kapcsolási rajz alapján minden elem könnyen azonosítható. A tokba szerelt, bondolt csipet a 8.d ábra mutatja.

Az RTL kapunak – bár lassú – két-ségkívül vannak előnyei:

- rendkívül egyszerű, nagyon megbízható konstrukció,
- egyszerűen tesztelhető,
- a fogyasztása alacsonyabb a korabeli logikai áramkörökénél, már csak azért is, mert mindig csak az éppen aktív tranzisztor(ok)on folyik áram,
- mivel a kimenete nem ellenütemű, az átkapcsolás pillanatában nem keletkeznek olyan áramtranziensek, mint a TTL vagy akár a modern CMOS kapuknál,
- éppen az egyszerű, munkaellenállásos kimenet teszi lehetővé a kapuk közvetlen bővíthetőségét.



10. ábra



11. ábra

Utóbbi úgy történt, hogy a kapuk kimeneteit összekötötték, de csak az egyik tok kapott tápfeszültséget, a többi tranzisztorai az abban levő kapuk munkaellenállására dolgoztak. Azokat a – bővítő – kapukat, amelyek tápfeszültség nélkül maradtak, a kapcsolási rajzokon feketített kimenettel jelölték (9. ábra; részlet a MIT-MSC 80230/2005262 sz. rajzból). Ez némileg megnehezíthette a nyáktervezést, lévén egy tokban két kapu volt, és vagy mindkettő tápra kapcsolódott, vagy egyik sem.

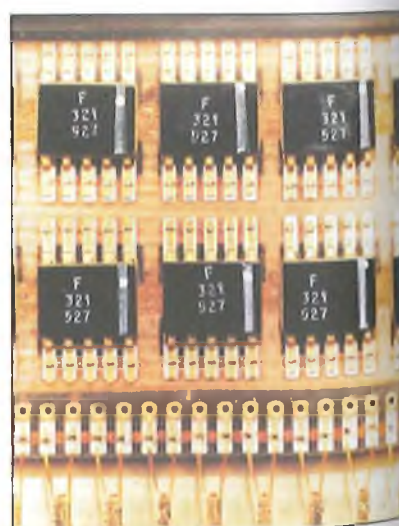
A kapuk sebességének, az impulzusélek fel- és lefutási idejének vizsgálatára egy háromkapus gyűrűs oszcillátorkapcsolást írtak elő (10. ábra; részlet a MIT-MSC 80230/1006321 sz. rajzból). A logikai hálózatokat egységes modulkeretekbe szerelt, többrétegű nyákokra telepítették. 24 ilyen modul volt az AGC-ben, modulonként legfeljebb 120 db 321527 típusú tokkal (11. ábra, 12. ábra).

### Órajel-generátor

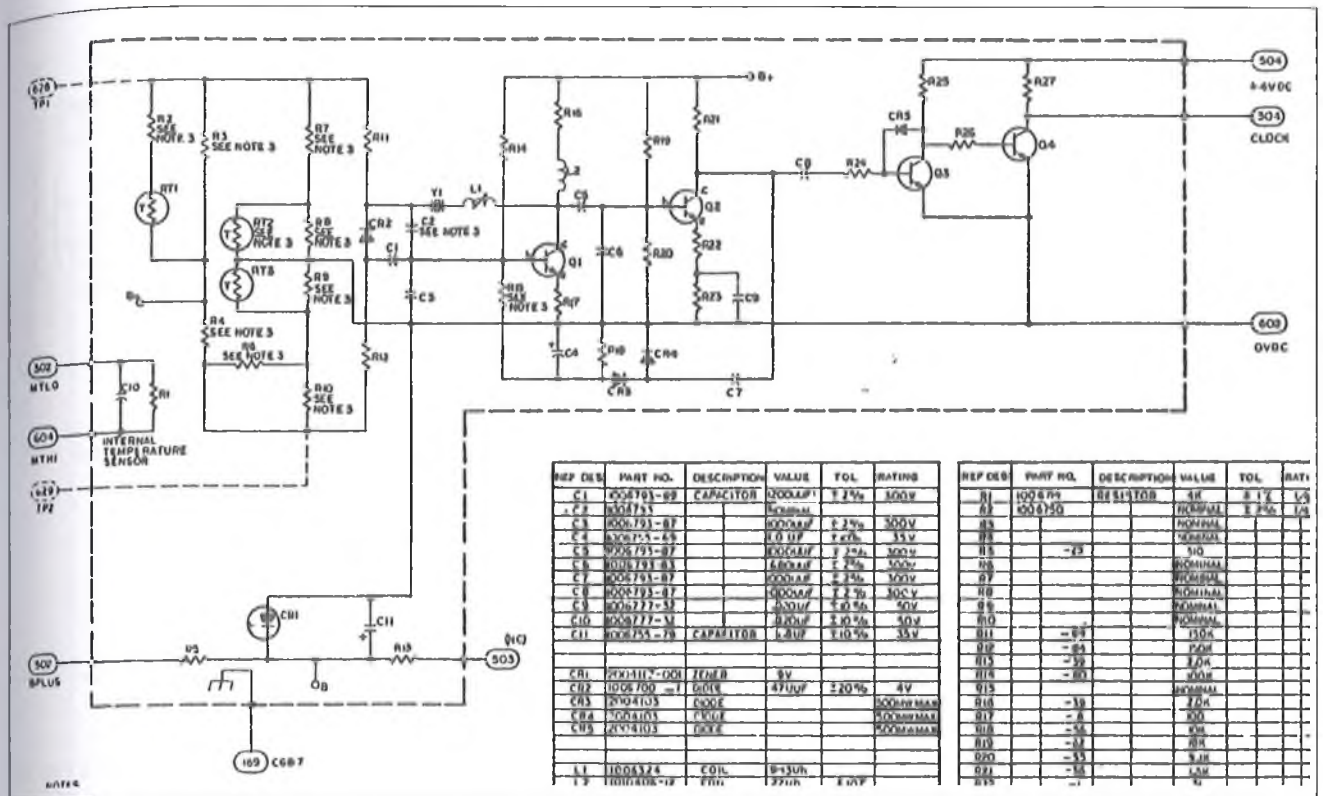
Az Low Power Micrologic tokokból felépített logikai hálózatok sebességéhez igazodva és egyéb szempontokat is figyelembe véve, az órajel-frekvenciát 1024 kHz-re választották.

A rendszert úgy tervezték, hogy annak ütemezéséhez négyfázisú órajelre volt szükség. 2048 kHz-ből indultak ki. Az alappfrekvenciát tranzisztoros órajelgenerátor állította elő, aminek kimenőjét további fokozatokkal négyesüteműsítették (13. ábra; MIT-MSC 80230/2005003 sz. rajz). A kristályoszcillátor

hőfokfüggését a gondosan kimunkált, 3 db termisztort tartalmazó hídkapcsolás kompenzálta, a varikapra adott hangelőfeszültség szabályozásával. Az oszcillátor amplitúdóját diódás/tranzisztoros szintszabályozó tartotta állandó értéken. A CLOCK kimenőjelből 2. ábrához hasonló kapcsolástechnikájú flip-flop állítja elő a számítógép logikai rendszerének szinkron működését biztosító négyfázisú, 1014 kHz-es órajelet (14. ábra; MIT-MSC 80230/2005260 sz. rajz). Ugyanezen a rajzon szép példáját láthatjuk egy kétfázisú léptetőregiszter jellegű áramköri részletnek (15. ábra). Az 1024 kHz-es órajelből származtatták az összes, időzítést igénylő fedélzeti rendszer ütemezését, így pl. a telemetria segédvívóit is.



12. ábra



13. ábra

Ferritgyűrűs RAM

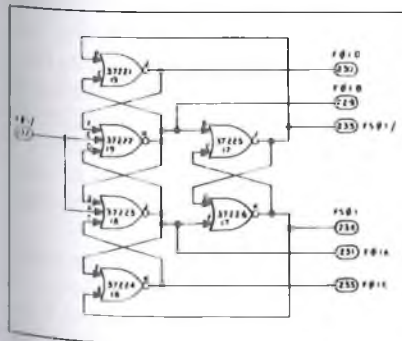
A korabeli számítógépek legelterjedtebb irható/olvasható memóriája a négyszögletes hiszterézisű, azaz kemény mágneses anyagból készült, ferritgyűrűkből álló mátrix volt. A mátrix kinagyított részletét láthatjuk a 16. ábrán. A gyűrűket különböző feladatot ellátó huzalokra fűttek fel, amelyek egy hálót alkotva, a csomópontjaikon az apró gyűrűkkel öntartó rendszert képeztek. A hálókat kis keretekre feszítették (17. ábra; egy keretben 16 x 16 = 256 db gyűrű volt). A gyűrűk kétféle, jól definiált mágneszettségi állapotba kerülhettek, amely állapotot a kiolvasásig megőrizték. Kiolvasás után az adatot vissza kellett írni (azaz frissíteni kellett).

Ezt a memóriatípust nem részletezem, mert a hazai szakirodalom bővesen foglalkozik vele. Például röviden a [18], nagyon részletesen az [19] ismerteti. A 2 Kiloszó, azaz 4 KiB kapacitású tároló összesen 32 768 db gyűrűből épült fel.

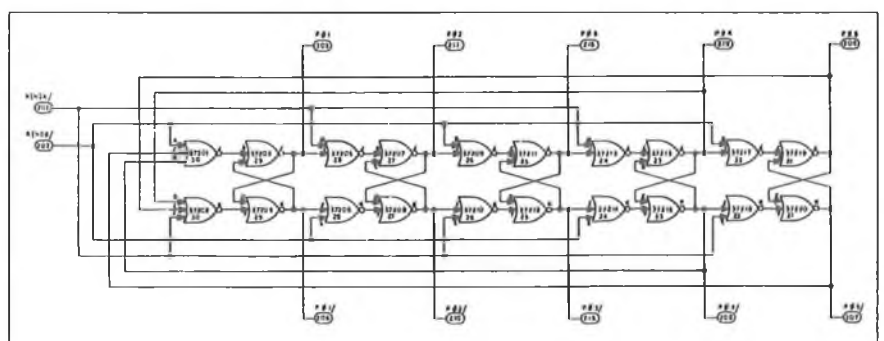
Egy szeniális ROM: a Core Rope Memory

Hol voltak még akkoriban a nagykapacitású, vagy bármilyen, kisebb tároló-képességű ROM csipek?! Az AGC a mai szemmel igen szerény méretű – csupán 36 kiloszavas memóriájában tárolta az operációs rendszert és az összes, a vezérlést, a felügyeletet, a navigációs feladatokat ellátó segédprog-

ramot! Ez ugye mindösszesen 72 KiB, csekélység, de nem az akkori technika biztosította lehetőségek mellett! Természetesen ennél a részegységénél is a lehetséges legjobb, legmegbízhatóbb, és a lehetőségekhez képest kis méretű, kis tömegű megoldást választották a tervezők, a cím szerinti, egészen különleges eszközt. Ez is egyfajta ferritgyűrűs memória, talán magfűzérnek lehetne fordítani a nevét. Ebben a gyűrűk nem tárolnak információt; transzformátorként szerepelnek. A Core Rope Memory ürtechnikai alkalmazása nem minden előzmény nélküli: a NASA Mars-szondáiban már működtek magfűzérés memóriák. Mivel ezen rendszer hazai irodalma igen szegényes, magam csupán a [20]-ban talál-

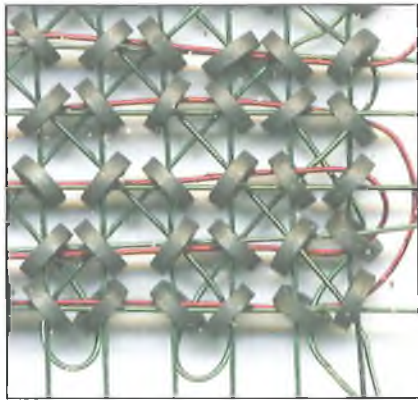


14. ábra



15. ábra



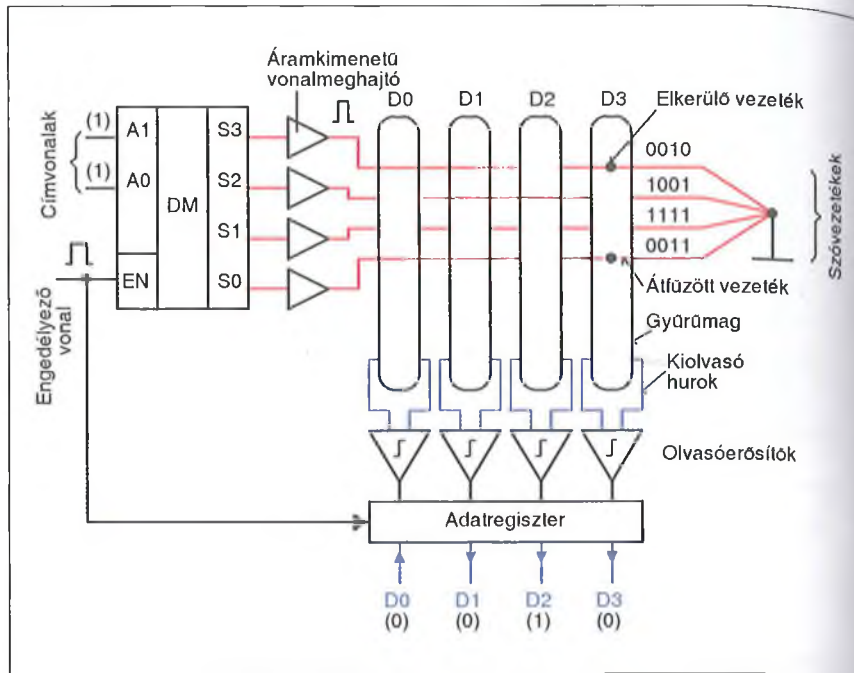


16. ábra

koztam vele, érdeemesnek tartom kicsit bőven kifejtteni a működését.

Először nézzük a legegyszerűbb működési elvet, az ún. Dimond-kapcsolást! A 18. ábrán a példa kedvéért csekélyke kapacitású: 4 db 4 bites szó tároló gyűrűmagos ROM-ot látunk. Ezúttal a gyűrűk lágymágneses anyagból készültek. (Ami nem feltétlenül ferrit. Ennél az alkalmazásnál különösen fontos a nagy permeabilitás, ezért pl. permalloy gyűrűk is elképzelhetők.) A címzés az A0 és az A1 címvonallal történik, az érvényesítésére az EN impulzus szolgál. A DM demultiplexer a cím-bitek kombinációjából „4-ből 1” kódú kimenetet produkál, azaz az S0...S3 közül egyidejűleg csak az egyik szókimenet aktív. A kimenetek egy-egy áramgenerátoros meghajtót vezérelnek, amelyekből az EN bemenetre adott impulzus idejére az éppen aktív generátor áramot hajt át a négy szóvezeték egyikén.

Mint látjuk, a szóvezetéknek némelyik gyűrűn áthaladnak, némelyiket megkerülik. Ez testesíti meg az adott címhez rendelt szó kódját! Amelyik gyűrűn áthalad a vizsgált szóvezeték,



18. ábra

az az EN idejére felmágneseződik, és feszültséget indukál az alsó részén ábrázolt adathurokban. Az olvasóerősítők ezt felerősítik, formálják; a kimenetükön megjelenik a korrekt H szintű impulzus. Ez jelenti tehát az 1 bitértéket.

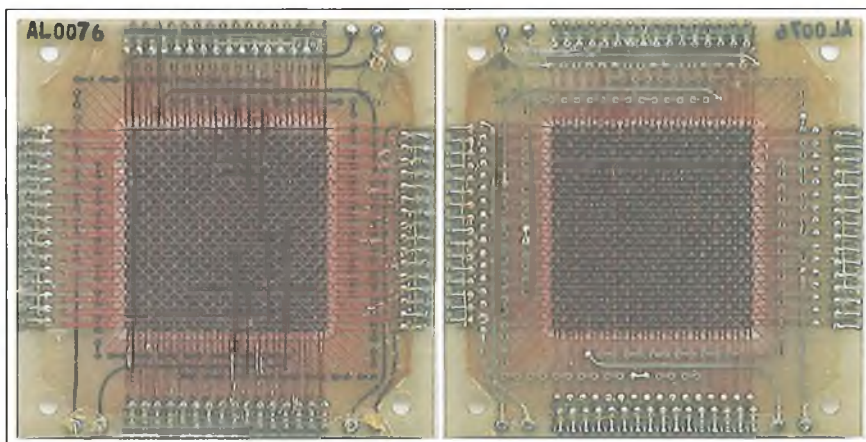
A gyűrűt megkerülő vezeték természetesen abban nem gerjeszt megfelelő nagyságú fluxust. A jobb oldalon leolvasható a négy címhez tartozó huzalozott bináris érték; az adott cím beállítása és az engedélyező impulzus felfutása után ez jelenik meg a D0...D3 adatkimeneten. Persze, az AGC-ben nem 4, hanem elvileg 16 gyűrű kellene, hogy legyen, azaz annyi, ahány bites a szó (angolul: „one-core-per-output-bit” szervezésű).

Az ábra szerinti példában a cím 11, ezért az engedélyező impulzus az S3-at gerjeszti. Az adatregiszterbe az S3 „szóvésmintája” által kódolt 0010 szó íródik be. Gyakorlatilag az a probléma, hogy a 36 864 címhez ugyanennyi szóvezetékra lenne szükség. Ez nem csak hogy nem férne át a gyűrűkön – bár a fűzerek párhuzamosításával ezen még lehetne segíteni –, de ennyi kimenettel (ráadásul áramgenerátorossal) bíró demultiplexer a gyakorlatban elképzelhetetlen volna!

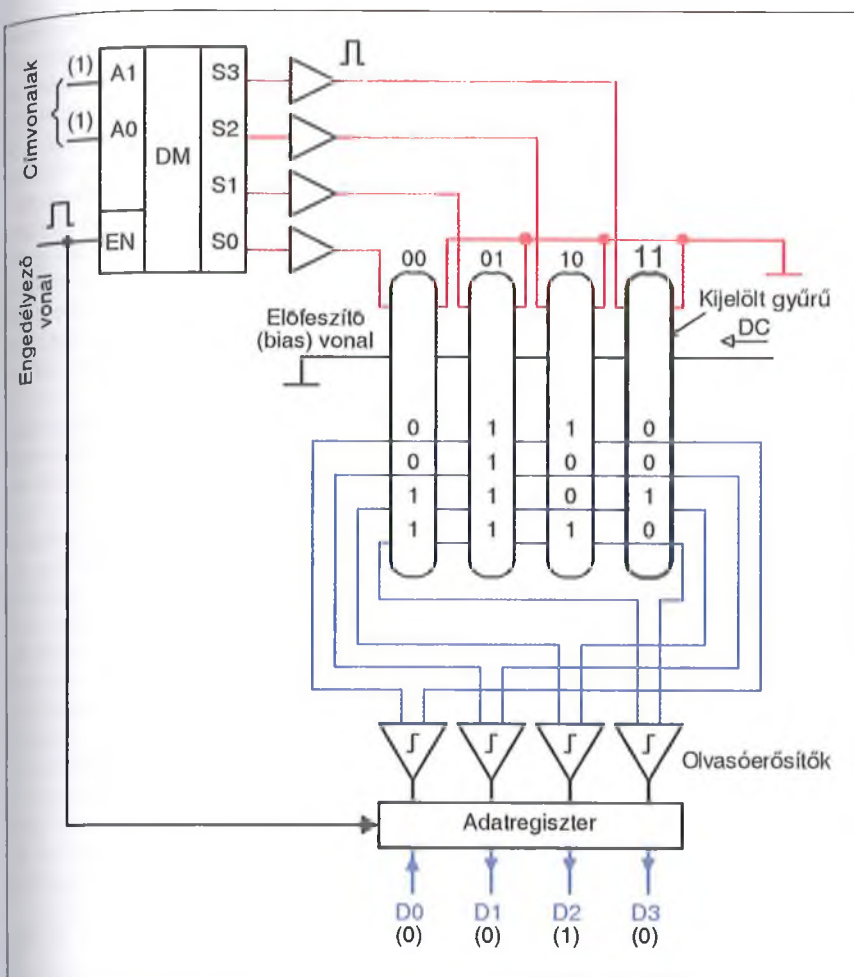
A Dimond-tárak címtartománya néhány százszor tízes nagyságrendben lehet, a demultiplexer pedig pl. diódás mátrix alapon volt megvalósítható. Ezen kívül a vezeték kapacitív csatolása zajproblémákat is felvet, amelyek kiolvasási hibákhoz vezethetnek.

A jel/zaj viszony javítható, ha a fűzében is, hasonlóan RAM-mátrixéhoz, nem lineáris, hanem négyszög hiszterézisű gyűrűmagokat alkalmaznak. A megoldás hátránya, hogy minden kiolvasás után törölni, azaz reszettelni kell a gyűrűket, tehát vissza kell billenteni az eredeti állapotukba, ami időtöbbletet igényel. A reszettelés nem azonos a RAM-ok frissítésével, hiszen az információt továbbra sem a gyűrűk tárolják, hanem a „szóvésminta”!

Tekintsük a 19. ábrát, ami a másik Wilkers-féle szervezést ábrázolja. Itt annyi gyűrű van, ahány szóvezeték, így minden gyűrűn áthalad egy szóhurok („one-core-per-word” szervezésű). A



17. ábra

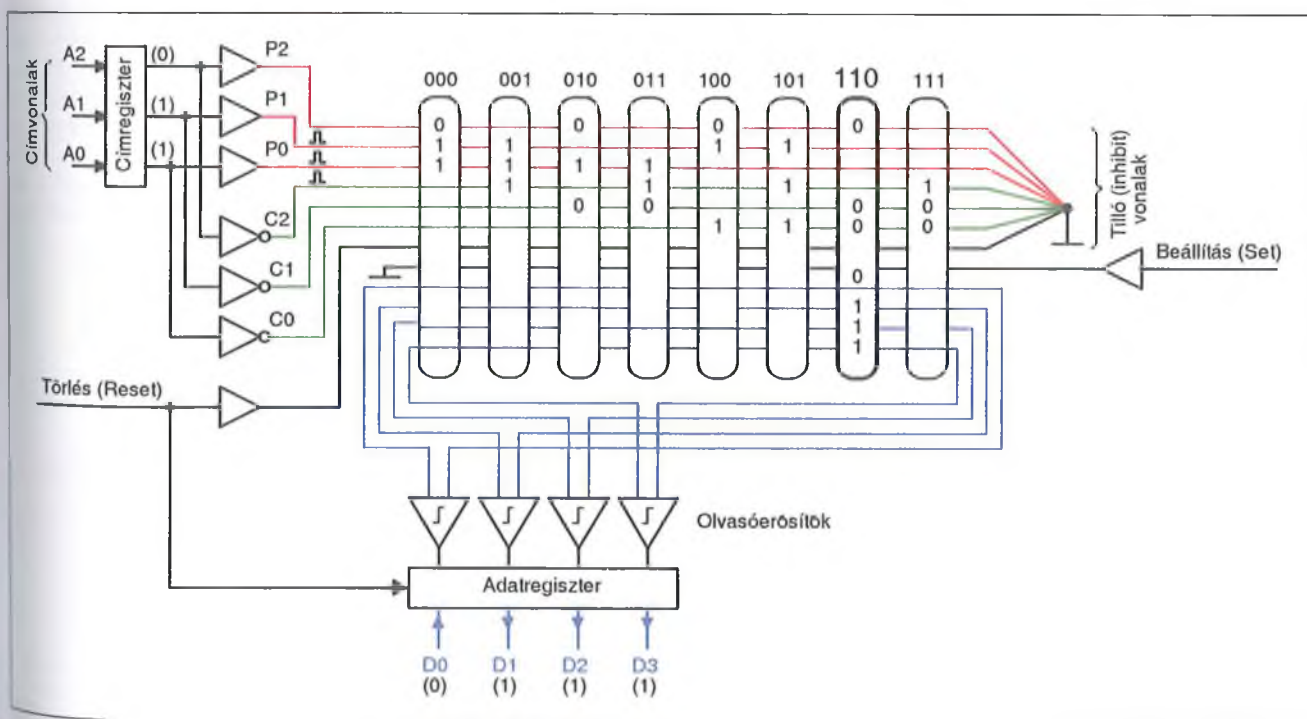


19. ábra

befűzés/melléfűzés kódolása ezúttal az adatvezetéseken történik. A tárolt négybites kód azonos a 17. ábrával, bár az adatszövege hossza bármi más is lehetne. A DC előfeszítést, ezzel a gyűrűk egyik stabil mágneses állapotban tartását az összes magon áthaladó előfeszítő vezeték biztosítja. Ha az egyik szóvezeték (mert azok itt is „n-ből 1” kódolásúak) akkora áramimpulzussal vezéreljük, amely elegendő a mag átbillenéséhez, akkor a magon áthaladó adatvezetékben feszültségimpulzus indukálódik.

A gerjesztőimpulzus lefutása után az előfeszítő vezeték konstans árama a magot visszabillenti nyugalmi állapotába. A ki nem jelölt gyűrűkben a zajáramok keltette fluxus nem elegendő ahhoz, hogy átbillenjenek, így hatásos zajnyomást érünk el. Ebben a ROM-ban kis méretű magok is használhatók, aránylag nagy vezérlőáramok mellett, ezzel növelhető a bitsűrűség. Persze, a Wilkers-szervezésű ROM is működne lágymágneses magokkal, előfeszítés nélkül. A DC előfeszítés bevezetésével csak a zajcsökkentés egyik módját illusztráltam.

A fentiek továbbfejlesztéseképpen létrejöttek olyan megoldások, „szövegszimulák”, amelyekben a gyűrűkben történik a címdekódolás is. Az AGC-ben is ilyen a ROM-fűző szervezése. Ezt, és még sok érdekes tudnivalót a



20. ábra





21. ábra

ROM-füzérek készítéséről, lehetséges korabeli alkalmazásáról a [21]-ből ismerhetünk meg. Figyelem! Az ebben a korai dokumentumban közölt adatok nem a végleges konstrukcióra vonatkoznak!

A cél tehát az, hogy magokkal a (bufferelt) címvezetékekkel lehessen kiválasztani az egyetlen megcímezett magot. A példánkban (20. ábra) ezúttal csak három bites címvonalat szerepeltettünk, hogy ne kelljen túlságosan sok gyűrűt ábrázolni, nehezen áttekinthetővé téve a rajzot. Ha 3 bites a cím, akkor  $2^3 = 8$  db magra van szükség. A címvonalak negáltjaira is szükségünk van, ezeket hajtják meg az invererek. A ponált (piros) és negált (zöld), bufferelt címvonalakat ennél a tárnál inhibít (tiltó) vezetékeknek is nevezik.

Látható, hogy van további két huzal, amely a füzér összes gyűrűjén áthalad: a *set* (beállító) és a *reset* (visszaállító) vezeték. E két vezérlő huzal ellentétes irányban van befűzve: az egyikre adott áramimpulzus átbillenti az összes (szögletes hiszterézisgörbéjű) gyűrűt, a másikra adott áramimpulzus visszabilentli (ún. Rajhman-kapcsoló).

Ebbe a demonstrációs füzérbe további négy (kék) vezetékét fűzöttünk bele: ezek prezentálják kiolvasáskor a négy bites adatszót. Csak az egyszerűség kedvéért szerepeltettem négy bitet; az adatszót elvileg akármilyen hosszúságú is lehetne, sőt, akár több adatszót is át lehet fűzni, csoportos kijelölésre.

Észre vehetjük, hogy a szövezetékek a bináris helyértékeknek megfelelően vannak befűzve (a ponáltak kódját a gyűrűk fölé írtuk; a negáltaké ennek inverze). Fontos továbbá, hogy minden gyűrűn 3 db huzal van átfűzve, és 3 kerüli meg.

A beállító vonal mindig a tiltókkal egyidejűleg engedélyezett. Ez a vonal ellentétes irányba szeretné billenteni a magot, mint az azon áthaladó tiltó vezetékek, de ezt csak akkor teheti meg, ha utóbbiak nem aktívak. Végso soron a magok „nullkomparátorként” üzemelnek: a nyolc közül az az egy tekinthető kiválasztottnak, amelyiket egyik tiltó vonal sem gerjeszti, így a *set* be tudja billenteni. A példaképpen beadott 110 cím esetén ez balról a 7. gyűrű.

Az adat kiolvasása a *reset* impulzussal egyidejűleg történik. Ennek hatására ui. a kiválasztott mag billen csak vissza, miközben feszültség indukálódik az e gyűrűn átmenő összes adatvezetékben (0111 kimeneti kód). A többi magban nem történik változás, hiszen azok eleve reset állapotban vannak. Ugye, hogy zseniális?

Ez azonban csak az alapelv. A fejlesztők nyilván sokallták a 36 864 db gyűrűt, ezért csavarintottak még néhányat a konstrukción. A különböző dokumentációkból összekeresgéltem információk alapján a BLOCK-II ROM-ja 6 db modulból állt. Minden modulban két műanyag tálcá egyik oldalán kiképzett

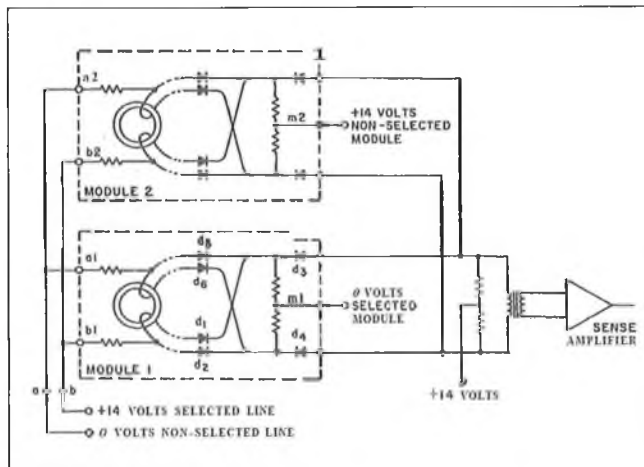
zött fészkekben tálcánként 256, összesen 512 db gyűrű volt, és minden gyűrűn 192 szál adatvezeték mehetett át (21. ábra: kinagyított részlet a „huzalgubancról”). Ezek szerint egy gyűrű 12 szót dekódolt ki („one-core-per-dozen-word” szervezésű volt), így modulonként 98 304 bitet tárolt a memóriaelegység, amiben összesen 3072 db gyűrű volt. A kiválasztott modul kimeneteit ellenállásokból és diódákból álló hálózat kapcsolta rá, illesztőtrafókon keresztül, a kiolvasó erősítőkre (22. ábra [22]).

A *set* és a *reset* vezetékek funkcióját egyesítették: az egyetlen vezérlő huzalt nyilván változó irányú árammal hajtották meg.

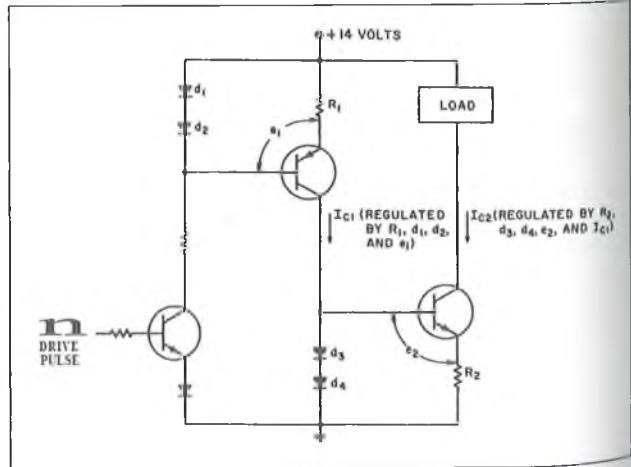
A számítógép térfogatának jelentős részét így is a ROM és a RAM foglalta el. A huzalokra kapcsolt gerjesztőáramok 100 mA-es nagyságrendben voltak. Egy RTL-kimenetről vezérelhető, kétfokozatú, tranzisztoros áramgenerátor kapcsolási rajza a 23. ábrán látható. A bal oldali tranzisztor bázisára adott II szint azt telítésbe vezérli, aktiválva a középső tranzisztoron alapuló előstabilizáló áramgenerátort. Ez már stabil  $I_{C1}$ -gyel feszíti elő a jobb oldali, a huzalt  $I_{C2}$  árammal meghajtó áramgenerátor bázisköri diódáit.

A Core Rope elkészítése, a vékony zománchuzalok beszövése már-már elképzelhetetlen türelmet igényelt, a programnak pedig tökéletesnek kellett lennie, mert az utólagos módosítása rendkívül körülményes volt. Ezért nagyon pontos befűzési terv készült, magát a huzalozást pedig számítógép vezérelt pozicionáló berendezés segítette.

A befűzést fázisokra osztották (a *set/reset* vezetékek, a ponált, majd a negált tiltóvezetékek, végül az adatveze-



22. ábra



23. ábra

tekek), és minden fázist gondos ellenőrzés követett. A [23] videón látható néhány „szövő” munka közben. (Ténylegesen volt textilipari dolgozókat alkalmaztak ebben a munkakörben.) Nem véletlen, hogy a programozók a készterméket LOL (Little Old Lady) memóriának becézték...

Költői kérdésem: mennyi ideig tartana egy végtelen türelmű dolgozónak beszólni egy 5 MiB-es MP3-as zeneszámot?

A magfizéres ROM akkoriban jó helykihasználásúnak számított: a fajlagos kapacitása elérhette a 20 Mibit/m<sup>3</sup>-t, szemben a RAM-mátrix 1 Mibit/m<sup>3</sup>-jével. A kellően impregnált, majd betokozott fűzér nagyon megbízható fixértékűnek bizonyult.

\*\*\*

A valamikori beagyazott számítógép-csodáról szóló írásomat ezzel berekesztem. A hardverről és a hozzá kapcsolódó rendszerelemekről még sok érdekes adatot, dokumentációt összegyűjtöttem, de már így is túlléptem a

megszabott terjedelmet, ami – mint minden szerző számára, minden esetben – túl szűknek bizonyult...

Végezetül köszönettel tartozom dr. Madarász Lászlónak, aki mindig késlekedés nélkül segített abban, hogy egy-egy szokatlan és előttem eleddig ismeretlen megoldás felől megvilágosodjam.

#### Irodalom

1. [http://haktivty.hu/portal/archivum/fofia/2005/beagyazott\\_rendszerek.pdf](http://haktivty.hu/portal/archivum/fofia/2005/beagyazott_rendszerek.pdf)
2. [http://wiki.spacevidcast.com/en/Abbreviations\\_a...](http://wiki.spacevidcast.com/en/Abbreviations_a...)
3. Dancsó Béla: Holdseta. A Holdra szállás története; Novella kiadó, 2000
4. <http://www.ibiblio.org/apollo/Gemini.html>
5. <http://klabs.org/history/>
6. [http://klabs.org/history/build\\_agc/](http://klabs.org/history/build_agc/)
7. <http://code.google.com/p/virtualagc/source/browse/trunk/Comanche055/>
8. <http://code.google.com/p/virtualagc/source/browse/trunk/Luminary099/>
9. <http://code.google.com/p/virtualagc/source/browse/trunk/FP8/FP8.s?r=258>
10. [http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20090016290\\_2009014409.pdf](http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20090016290_2009014409.pdf)

11. <http://adboo.com/cmnr/guidaanceandcontrol.htm>
12. [http://klabs.org/history/history\\_docs/mit\\_docs/1689.pdf](http://klabs.org/history/history_docs/mit_docs/1689.pdf)
13. [http://ntrs.nasa.gov/19640015793\\_1964015793.pdf](http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19640015793_1964015793.pdf)
14. A szerkesztő válaszol...; Rádiótechnika 1980/1. 35. o. (A szerző nincs feltüntetve)
15. Schronk László: Az első TUNGSRAM integrált áramkör; Rádiótechnika 1969/10. 373–375. o.
16. [http://klabs.org/history/ech/scd/nd\\_1002359\\_rev\\_a.pdf](http://klabs.org/history/ech/scd/nd_1002359_rev_a.pdf)
17. <http://klabs.org/history/ech/scd/e1944.pdf>
18. Dr. Madarász László: A digitális technika a kezdetektől a digitális IC-ig; Rádiótechnika Évkönyve 2010, 175., 176. o.
19. Texas Munkaközösség: Analóg és illesztő integrált áramkörök (MK, 1979); 243–330. o.
20. Dakin – Cooke: Digitális berendezések áramkörei (MK, 1971); 336–339. o.
21. P. Kuttner: The rope memory – a permanent storage device; <http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/AFIPS.1963.95>
22. [http://klabs.org/history/history\\_docs/mit\\_docs/1029.pdf](http://klabs.org/history/history_docs/mit_docs/1029.pdf)
23. <http://www.youtube.com/watch?v=DWclTjzTpU>

### ELEKTRONIKAI MŰSZEREK

- Labortápegységek - nagyfelbontású, 4 digitális kijelzővel, programozható beállítások, felbontás: 10mV/1mA



Nagyáramú tápegységek: 0-18V/20A, 0-30V/10A, 20A, 30A, 50A

- Spektrumanalizátorok, frekvencia bővítők, nagyfrekvenciás csillapítók



- Asztali és kézi frekvenciamérők, multifunkciós számlálók
- Oszilloszkópok, mérőfejek
- Funkciógenerátorok
- DDS funkciógenerátorok

### AKKUMULÁTOROK, TÖLTŐK, DUGASZTÁPOK

Töltő zselés akkukhoz: 13,8V, 500mA

Li-ion akkus tápegység: 3,5V-20V/3A, 5V/1,5A

Dugasztápok:

5V/1A, 9V/0,6A, 12V/0,5A, 1,25A, 4A



### RÁDIÓFREKVENCIÁS ESZKÖZÖK AZ ISM SÁVOKRA



#### 434MHz és 868MHz

- rádiós adatátvitel(RS-485)
- 2, 3, 4, és 6 csatorna
- modulok és kompakt készülékek
- választható működésmódú kimenetek



#### 2,4GHz és 5,8GHz

- AV és adat átvitel
- digitális jelátvitel
- irányított és körsugárzó antennák



### VIDEOTECHNIKAI ESZKÖZÖK

#### KAMERÁK

Nagyfelbontású, nagyérzékenységű mikro, cső, ipari, dóm és kompakt IR kamerák, ajtó kitekintő kukucska kamerák, tolatókamerák, vezeték nélküli videó kaputelefon



SD kártyás és asztali AV rögzítők, videojel feldolgozók, AV/VGA, VGA/AV konverterek

#### OBJEKTÍVEK

- C/CS, M12, M9 és pinhole, IR korrigált, megapixel, f=1,3-100mm



#### SZÍNES TFT LCD MONITOROK, MODULOK

- 2,5-8"-ig, AV, VGA és HDMI bemenettel
- fémházas, ipari kivitel is, beépített akkuval



Rendszeres vásárló kereskedőknek, raktáraknak, gyártóknak engedély!  
Futárszolgálat, utalással is szállítunk  
profitech@online.hu



# Ki találta fel az elektronikus számítógépet?

Dr. hc. Kovács Győző

## Bevezető

A kérdés nagyon triviálisnak tűnik, sokan talán azt gondolják, a kérdést fel sem kéne tennem, a válasz annyira könnyű, hogy még egy tévékvízben se tennék be a nehéz kérdések közé.



1. ábra. H. Goldstine: The Computer

A kérdéssel 1979-ben találkoztam először, amikor Herman H. Goldstine barátom először látogatott Magyarországra és megkaptam tőle az – általam – legjobbnak tartott a *The Computer*



2. ábra. John Vincent Atanasoff

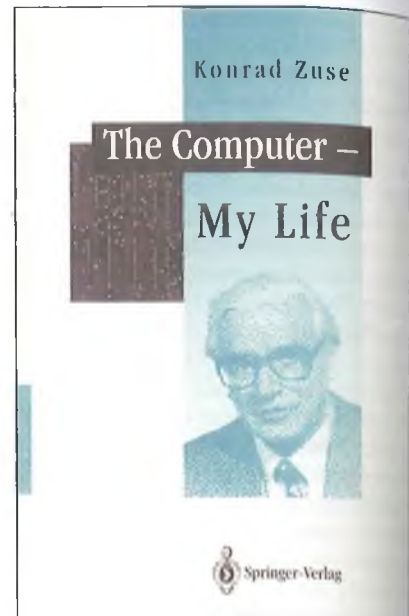
*from Pascal to von Neumann* című számítástechnika-történeti könyvet (1. ábra). Azután a kérdésbe lépten-nyomon „belebotlottam”, például 1985-ben a norfolki IFIP „Computers in Education” konferencián, ahol – magánprogramként – meglátogattam, és először találkoztam John Vincent Atanasoffal, (2. ábra) majd – 1994-ben – a hamburgi IFIP világkonferencián, ahol Konrad Zuse világhírű számítógép-konstruktorral (3. ábra) beszélgettem erről a témáról, valamint hosszú vitát folytattam Paul E. Ceruzzi-val, a Smithsonian Institution (akkori) informatikai kurátorával.

Ami a kérdésre adott választ illeti, valamennyien – a számítógép feltalálásával kapcsolatban – egészen más véleményen voltak.

Még egy példa. Ha jól emlékszem, 1996-ban Párisban, a Grande Boulevard-on sétáltam, amikor az egyik antikvárium előtt olcsó könyveket és folyóiratokat láttam kosarakban kitéve. A könyveknek egyszerűen nem tudok ellenállni. Kotorászás közben került a kezembe a Tudomány és Élet Füzetek (Les Cahiers de Science et Vie) 1996. decemberi száma (4. ábra), aminek az állt a címlapján: Nagy mérnökök Ki találta fel a számítógépet? Alatta pedig 5 portré: Alan Turing, John Mauchly, John P. Eckert, John V. Atanasoff és Neumann János.

A füzetet – természetesen – azonnal megvettem, bár már a fedőlap is gyanús volt, ugyanis arról hiányzott egy nagy számítógépes mérnök, a német Konrad Zuse képe. Kinyitva a füzetet belül – természetesen megtaláltam, igaz csak egy oldalon – Zuse portréját és tevékenységének rövid leírását.

Nekem – egyáltalán maga a kérdés is – először nagyon új volt, mert addig én is – mint annyian mások, főleg magyarok, legyen az egy általános iskolába járó diák vagy netán egy számítógépes szakember – gondolkodás nélkül vágtuk a kérdésre a feleletet: Neumann János! Ebben a dolgozatomban azt szeretném bemutatni, hogy – a számológépesítésének a története során – egyrészt hogyan fejlődtek a számoló eszközök, illetve hogyan változott meg az elnevezésük. Talán azt is be tudom mu-



3. ábra. Konrad Zuse

tatni, a kérdésre, hogy ki, mikor, és mit talált fel, a válasz a világ különböző részein egyáltalán nem annyira egyértelmű, mint Magyarországon. Sőt azt is mondhatom, hogy talán nincs is egyértelmű válasz erre a kérdésre. Még arra kérdésre sincs válasz, illetve sok helyes válasz van, hogy mit nevezünk számítógépnek.

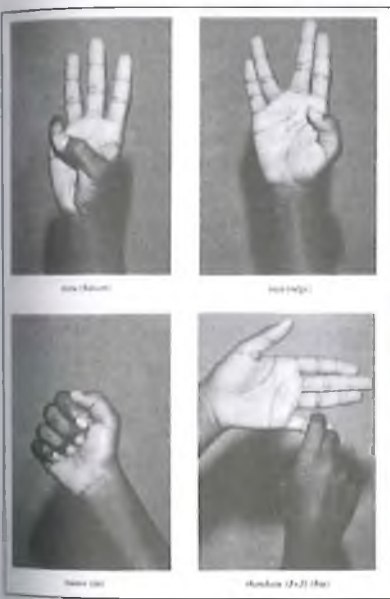


4. ábra. Tudomány és Élet füzetek



## 1. Egy kis korai technikatörténet

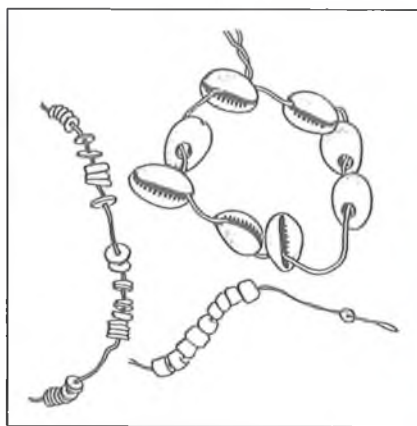
Azt mondják a technikatörténet jelesei, hogy már az őskor intelligens embere – a homo sapiens, aki cca. i.e. 30.000 és 10.000 között élt – is tudott számolni. Sőt, a művelet megkönnyítésére egyszerű eszközöket is használt. Először csak számlált, s az első számfogalom igen egyszerű volt: 1, 2, sok. Óriási fejlődésnek volt tekinthető, amikor ősünk észrevette, hogy ujjai is vannak, amivel megkönnyítheti a számolást. Miután az embernek egy kezén öt ujj van, ezért valószínűsíthető, hogy ősünk a számolást ötös számrendszerben kezdte, és csak később tért át a tízes számrendszerre (5. ábra). Valószínűleg egyre nagyobb számolási feladatokat kellett megoldania, és észrevette, hogy a két kezén összesen 10 vagyis  $2 \times 5$  ujj van. Fellelhető, hogy ekkor tért át az ötösről a tízes számrendszerben való számolásra.



5. ábra. Kenyai ujj-számolás

Azon emberek számára, akik először különböző tárgyakat csereberéltek, majd később kereskedtek, hamarosan megjelent a pénz (6. ábra), mint érték mérő eszköz, amivel az árukért fizettek, s ezért egyre nagyobb szükségük volt a számolásra. Eszközöket is készítettek a számolás megkönnyítésére. Ezek voltak az első számológépek, illetve az első memóriák, amivel a számoláshoz szükséges adatokat és a számolások végeredményét is őrizték, tárolták.

Amint az emberek megismerték a szám fogalmát, hamarosan képesek



6. ábra. Pénzek az őskorból

voltak ábrázolni is a számokat, sőt megismerték az alpműveleteket is. Ez annyit jelentett, hogy amikor az emberek az írás után hamarosan felfedezték a számírást is (az i.e. 4. és 3. évezredben), ettől kezdve rögzíteni tudták a matematika első törvényeit, a számolás módszerét és eredményét.

Az írás technológiája egészen változatos volt. Az írás és számolás jeleit kőbe vészték, pergamenre és papiruszra írták (7. ábra és 8. ábra). Az asszírok – szükségből – egy egészen különleges technológiát fejlesztettek ki, az ékírást és számolást (9. ábra). Egyéb lehető-

	óegyiptomi		
	hieroglif	hieratikus	démotikus
1			
2		∪	∪
3		∩	∩
4		∩∩	∩∩
5	 	7	7
6	 	2	4
7	 	↗	↗
8	 	↘	↘
9	 	↖	↖
10	∩	∧	∧
20	∩∩	↖	↖
50	∩∩∩ ∩	↖	↖
100	∩	↖	↖
1000	∩	↖	↖

7. ábra. Az egyiptomi számírást



8. ábra. Egyiptomi hieratikus orvosi feljegyzés papiruszon

ség nem lévén, puha agyagtáblákra – ékjel-rendszerrel – írtak és jegyezték fel a számolás részleteit, valamint az eredményeket. A teleírt agyagtáblákat azután kiégették, borszíjjakkal összefűzték és „agyagtábla-könyvekbe” kötve tárolták. Az ásatások hatalmas agyagtábla könyvtárakat tártak fel, ami azt mutatta, hogy az asszír tudományban az agyagtábla volt részben a számoló, részben pedig a tároló eszköze.

A számolás tudósai, leginkább a papok és az ős matematikusok hosszú ideig írásban oldották meg matematikai feladataikat, *algebristák* voltak.

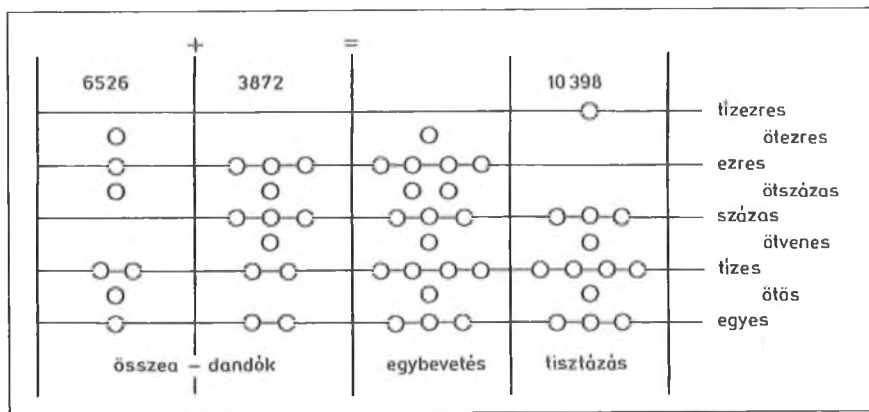
### Az írás volt az első számológépünk

Az írásos számolásból fejlődött ki az első valódi számolóeszköz, az abakusz, ami – nagy valószínűséggel – úgy született, hogy valaki kavicsokkal játszadozott, amikor hirtelen rájött arra, hogy

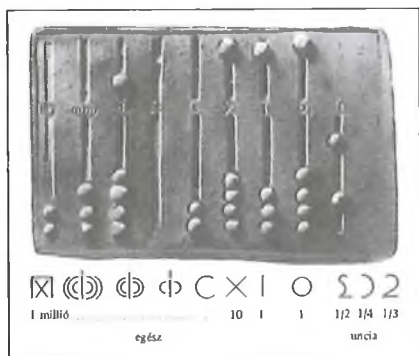


9. ábra. Ékírástos agyagtábla első számolás





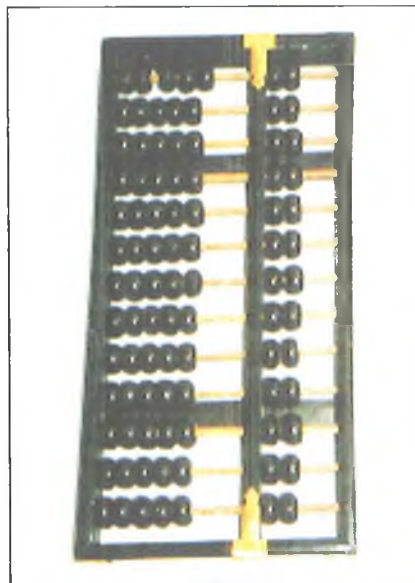
10. ábra. A magyar abakusz



11. ábra. Egy öntőműhelyben készült római abakusz

a kavicsokkal számolni is lehet. Mégpedig könnyebben, mint a görög vagy a római, netán az első szláv számjegyekkel, ami az ókorban, de még a középkorban is szinte egész Európa legelfogadottabb számírási és számolási technikája volt. A műveletek bonyolultságát jelzi, hogy a görög-római és a korai szláv számolást az iskolákban külön tanították, mert a számolás az egyik legfontosabb tudományos mesterség volt.

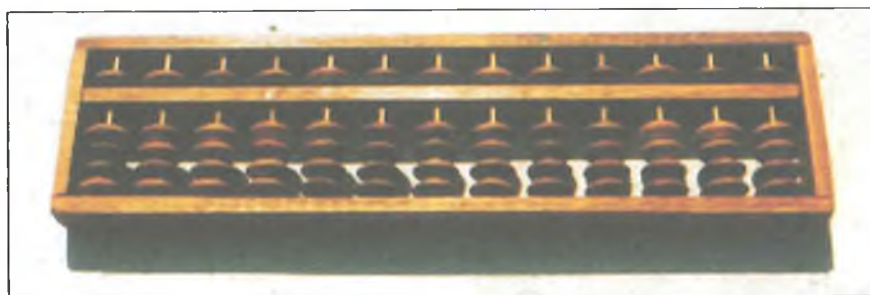
A nagy áttörést az abakusz elterjedése jelentette, mert ennek a „számológépnek” a kezelését – szinte bármiféle tanulás nélkül – bárki megtanulta. Az első abakusz valójában nem gép volt, hanem módszer (10. ábra). A számoló-



12. ábra. A kínai abakusz, a szuan-pan

tábla függőleges és vízszintes vonalait homokba karcolták, amin kavicsokkal (calculus) végezték a műveleteket. Az abakusz feltalálója ismeretlen, állítólag Mezopotámiában kell keresnünk, de az újítása, a kövecskékkel való számolás hosszú ideig szinte az egyetlen számolóeszköz volt az egész világon.

Az abakusz Mezopotámiából került az i.e. 6. században Görögországba,



13. ábra. A japán abakusz, a szoroban

ahol Pütagorász használta először, aki nek a tanítványai – a pütagóreusok – terjesztették el ezt a számolási technikát előbb Görögországban, majd tőlük jutott el a római birodalomba (11. ábra), illetve – mások szerint – az ibériai félszigeten működő, arab matematikusok közvetítésével Európa más részeibe, és a Távol-Keletre is.

Magyarországon is ismerték ezt a számolóeszközt, úgy hívták: paraszt-abakusz, jelezve, hogy ezt a „számológépet” bárki használni tudja. Európában a görög-római abakusz, míg a Távol-Keleten a kínai- (szuan-pan 12. ábra) és a japán abakusz (szoroban 13. ábra) terjedt el.

Miután a tudomány eredményei már akkor is gyorsan terjedtek, hamarosan Európában is megjelentek a távol-keleti abakuszok, amivel nem számolótáblán, kavicsokkal, hanem bambuszrúdra felfűzött korongokkal számoltak. Az oroszok is átvették ezt a népszerű számolóeszközt, amit *szcsotínak* (14. ábra) hívnak.

*Az abakuszt mindenki számológépnek nevezte*

Az i.e. 3-2 században a görög Hipparkhosz – állítólag vele egy időben a perzsa Al-Fazari is – kitalált egy analóg csillagászati számológépet, az *asztrolábiumot* (15. ábra), ami gyorsan elterjedt egész Európában, sőt az arab világban is. Az európai megjelenéséről egyik elsőként Abud Hasszn Ali írt, aki a 13. században említette először az arabok által használt csillagászati műszereket, amelyek között már szerepelt az Európá-



14. ábra. Az orosz abakusz, a szcsotín. Még ma is használják



15. ábra. Asszíriai égetett agyag asztrolábium, i.e. VII. évszázad

ban használt csillagászati műszer, az asztrolábium (16. ábra).

Ez az információ így maradt volna meg a számológépek történetében, ha 1900-ban egy szivacsalász-hajó fel nem fedez egy elsüllyedt római gályát az Antikythera sziget melletti öbölben, amin egy furcsa, agyonkorrodált bronz szerkezetet találtak (17. ábra). Ezt a tárgyat – jó régészeti szokások szerint – megnézték, majd eltették a múzeum raktárába, ahol a kutatók – egészen 1950-ig – még csak rá sem néztek a leletre. Azt gondolták, hogy egy asztrolábiumot találtak a tenger fenekén, amiből több tucat volt a múzeumban.

A gályán talált pénzekből megállapították, hogy a lelet kb. i.e. 180 és 125 között Rhodos szigetén készülhetett, ahol – ebben az időben – az asztrolábium feltalálója, Hipparkhosz élt, s ez is megerősítette a gyanújukat. Végül –



16. ábra. Asztrolábium

1950-ben vette elő újra a készüléket egy angol fizikus és tudománytörténész, *Derek de Solla Price*, az ókori asztrolábiumok szakértője, és megállapította, hogy a készülék, kb. 40 darab fogaskereket tartalmazhatott, ami maga volt a csoda, hiszen ezt a gépelemet csak évszázadokkal később találták fel. A tudomány akkori eszközeivel, pl. röntgensugárral, megvizsgálta a leletet, majd 1959-ben egy – a tudományos világot felkavaró – cikket publikált a *Scientific American*-ben. Szerinte az Antikythera készülék valójában egykorát sok száz évvel megelőző technológiával konstruált, *ókori görög csillagászati analóg számítógép (computer; irták) lehetett*, amivel az égitestek, a Nap, a Hold és a bolygók mozgásának adatait tudták kiszámítani. Azt is feltételezte, hogy a készüléket korabeli planetáriumként is használták.

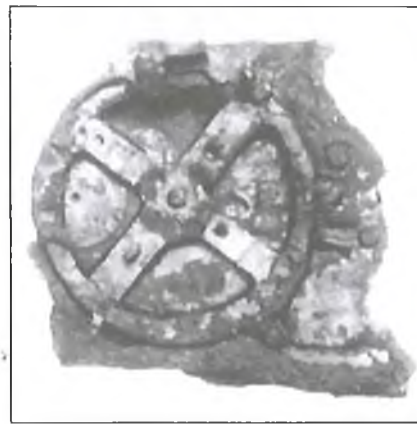
A készüléknek, ahogy a vizsgáló műszerek tökéletesedtek, számos rekonstrukciója készült. Maga Price csinálta az elsőt, de a későbbi kutatók is – bár különbözőképpen rekonstruálták a készüléket – egy dologban megegyeztek, az Antikythera készülék a korát megelőző, fogaskerekes, csillagászati számoló eszköz volt (18. ábra).

Ez volt az első alkalom, hogy egy ókori berendezést *csillagászati számítógépnek* nevezték, igaz, nem Görögországban, hanem a kilencszázas évek derekán az angolszász világban.

Az európai számolás-történetben a nagy változás az Ibériai félszigeten élő, arab matematikusok közreműködésével következett be, akik a megismertették az európai matematikusokkal is az arab számírást, valamint a helyiértékes számolást. Ezt a matematikát részben a vándorló kereskedők, részben az arab oktatási intézményekben „tanulmányúton” levő európai matematikusok hozták be Európába. A helyiértékes számolás legnagyobb „propagátora” és egyben az algebristák vezéralakja *Anitius Manlius Severinus Boethius (475-524)* volt, aki először használta és tanította Európában az arab számok használatát. Boethius követőit *algebristáknak* hívták, akik arab számokkal számoltak és a műveleteket papíron végezték.

Az algebristáknak a papír és az íróeszköz – mint a mezopotámiaiaknak az agyag és az ék – volt a számológépük.

Püthagorasz nyomán megvoltak – természetesen – a fejlett „gépi” számolási technológia mesterei, az abakuszokat használó matematikusok, az *abacisták*, akik „géppel” számoltak.



17. ábra. Az Antikythera készülék, ahogyan a vízből kiemelték

A két tábor „ádáz” versenyt folytatótt egymással. *Gregor Rerish XVI.* századból származó *Margarita Philosophica* c. könyvének egyik ábrája éppen azt a jelenetet mutatja, amikor a döntőbíró, *Arithmetica* asszony jobbján ülő Boethius, az algebrista, számolóversenyt vív a másik oldalon ülő Püthagorással, az abacistával.

A számológépek sokáig nem igazán fejlődtek, csak a fogaskerekek feltalálása hozott újabb lendületet a számológép-technikában. No meg a csillagászokra nehezedő nyomás, hogy minél pontosabb csillagászati navigációs táblázatokat készítsenek, amelyekkel a hajósok – a biztos visszatérés reményében – kimerészkedhetnek az óceánokra, ahonnan vissza is tudnak térni a kikötőkbe. Ezért nem meglepő, hogy az első „modern” számológépeket matematikus-csillagászok készítették abból az egyszerű megélhetési kényszertől



18. ábra. Az Antikythera készülék egyik rekonstrukcióját Budapesten is bemutatták





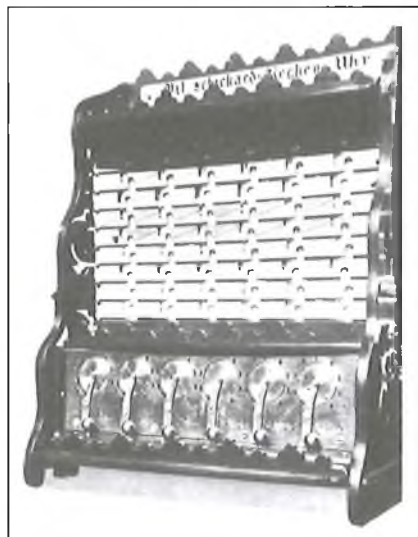
19. ábra. Wilhelm Schickard

indítva, hogy pontos táblázataikat el tudják adni a tengeri hajósoknak.

Három – neves – „számológép-konstruktőr” nevét kell említeni, akik felfedezték a fogaskerekek számológépes alkalmazását, nevezetesen, a fogaskerékkel lehet a számokat ábrázolni, illetve fogaskerekekkel lehet tízes rendszerben számoló gépeket építeni.

A három – XVII. századbeli – számológépes úttörő *Wilhelm Schickard* (1592-1635), *Blaise Pascal* (1623-1662), illetve *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646-1716) volt.

Wilhelm Schickard (19. ábra) tübingeni professzor csillagászatot, matematikát és héber nyelvet oktatott az egyetemen. 1623-ban alkotta meg a négy alapművelet számolására alkal-



20. ábra. Schickard replika számológépe

mas számológépét (20. ábra), amivel nem volt igazán szerencséje. A gép elkészülte után nem sokkal leégett a laboratóriuma, benne a gépe.

A tűzvész előtt levelet írt *Johannes Kepler* (1571-1630) württembergi német csillagásznak, a levélben lerajzolta a gépet, a felépítését és leírta működését: A gép az adott számokkal automatikusan számol: összead, kivon, szoroz és oszt.

A szerencsétlenség sohasem jár egyedül, 1635-ben pestisjárványban ő maga és a családja is elpusztult. Schickard zseniális konstrukciójáról a két későbbi gépkonstruktőr, *Blaise Pascal* (21. ábra) és *Gottfried Wilhelm Leibniz* (22. ábra) sohasem szerzett tudomást, pedig – valószínűleg – hasznos lett volna a számukra.

A tudomány szerencséjére 1957-ben (!), *Dr. Franz Hammer*; a Kepler irattár segédgondnoka felfedezte Schickard két, Keplernek írt levelét és a gépet ábrázoló rajzokat, amiről csak egyetlen apróság hiányzott, a méretarány, így azt már nem lehetett kideríteni, hogy Schickard számológépe mekkora volt, asztali számológép nagyságú vagy netán nagyobb, mondjuk akkora, mint egy szekrény. A rajz és a leírás báró *Bruno von Freytag Lövinghoff* professzor kezébe került, aki megállapította, hogy a gép működőképes és megépíthető. Szólt *Erwin Eppler* műszerész-mesternek és még néhány segítőkész embernek, akikkel a gépet rekonstruálták, és valóban működött!

A másolatok alakhű, de nem méret-hű modellek, s hogy a gép valóban mekkora volt, azt már sohasem fogjuk megtudni.

*Blaise Pascal* alkotta meg 1642-ben Schickard után a következő működő, használható mechanikus, fogaskerekes számológépet (23. ábra). Még 20 éves sem volt, amikor a gép megszületett. A legenda szerint a géppel apja – aki ugyancsak értett a matematikához, mert adóosztályvezető volt – munkáját szeretne volna segíteni.

Pascal valószínűleg nem volt híján némi PR tehetségnek, ugyanis a gép nagyon rövid idő alatt elterjedt egész Franciaországban, majd a szomszédos országokban is, például Németországban. A gépet többen is lemásolták, így számos későbbi gépnek lett a prototípusa. Maga Leibniz is Pascal gépét tekintette saját gépe prototípusának. Mindez a hírnév azért is bámulatra méltó, mert Pascal gépével csak összeadni és kivonni lehetett. Szorozni és osztani nem.

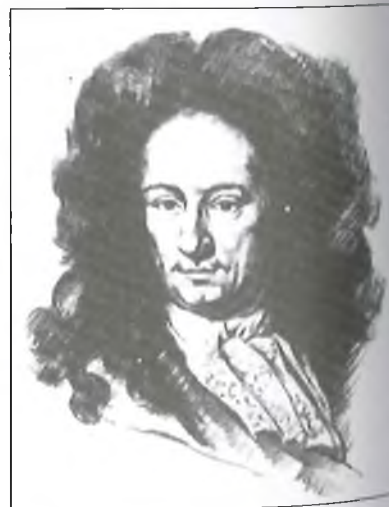


21. ábra. Blaise Pascal

*Gottfried Wilhelm Leibniz* nem csak technikai elemekben fejlesztette tovább Pascal gépét, hanem a számológépelvi megoldását is megváltoztatta, a géppel ugyanis már nem csak összeadni és kivonni, de többszöri összeadással és kivonással szorozni és osztani is lehetett (24. ábra).

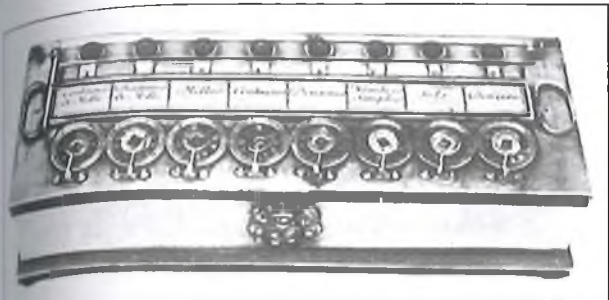
Pascal eredeti gépéből két példány maradt meg, az egyik Londonban a Science Múzeumban, míg a másik Párizsban a Conservatoire des Arts et Métiers-ben, a ma már, múzeumként működő első francia műszaki főiskolában.

Leibniz számológépében volt egy nagyszerű technikai újítás, a *Leibniz-kerék* – egy lépcsős fogaskerék. Ez a kerék ábrázolta és tárolta a bevitt adatokat, valamint hajtotta végre a műveleteket. Leibniz a gépet erre a lépcsős fo-

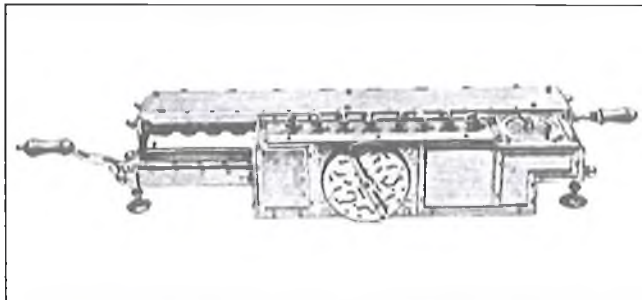


22. ábra. Gottfried Wilhelm Leibniz





23. ábra. Pacal számológépe



24. ábra. Leibniz számológépe

kerékre építette. A Leibniz-kerék konstrukciót még a XX. századi mechanikus és elektromechanikus számológépekben is használtak.

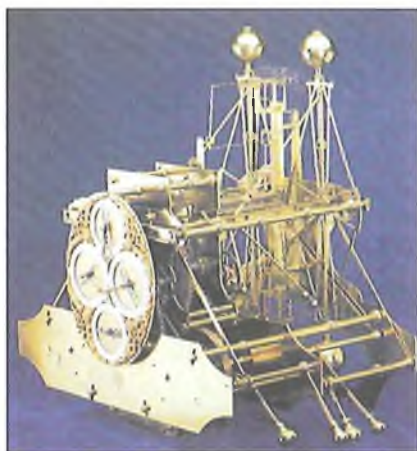
A XVII. század három számológépe – közös elnevezéssel – nevezzük mechanikus számológépeknek.

## 2. Az első mechanikus „kvázi számítógép”

A tökéletes navigációhoz valójában még két modern eszköz hiányzott: egy hajóóra, amit a háborgó tengeren is lehetett használni, illetve egy sokkal tökéletesebb csillagászati táblázat, amit a csillagászok folyamatosan karbantartanak és pontosítanak. Természetesen, mindkettőt – a tengereket meghódító angol birodalomban, a kormány és az admirális támogatásával – a XIX. században – fejlesztették ki.

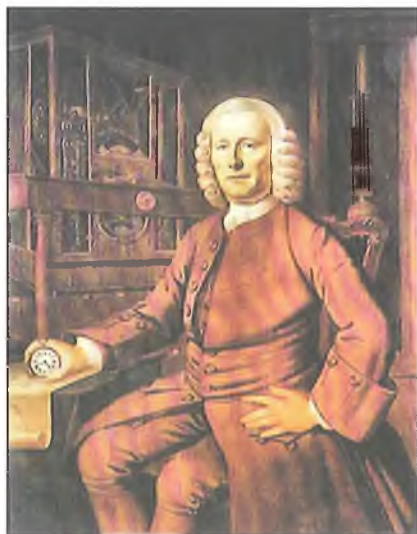
A legpontosabb időmérő eszköz – ebben az időben – az ingaóra volt, aminek a tengerészeti szempontjából volt egy komoly hibája: a hullámok hátán hanykolódó hajókon nem lehetett használni. Pedig pontos időmérésre szükség volt, e nélkül a hajókon a csillagászati táblázatok sem voltak használhatók, vagyis a csillagászok úgy határozták meg a hajó helyét az óceánon, hogy a táblázatokban előre kiszámították – egy bizonyos adott időpontban – valamelyik égitestnek (pl. a Napnak) a horizont felett hány fokkal kell állnia. Megmérték az időt és megmérték a Nap magasságát, majd a táblázatokból meghatározták a hajó koordinátáit, amit berajoltak a térképre.

1707. szeptember 29-én Sir Cloudesley Shovel admirális Gibraltérből 21 hajóval indult Angliába, hogy a flotta Plymouth kikötőjében teleljen át. Követő időben hajóztak, a Napot először csak október 21-én látták. Meghatározták a helyzetüket, de 100 kilométer tévedtek a hosszúsági fok meghatározásában, ami végzetes volt. Ezért a flotta három hajója – az Association, az



25. ábra. Harrison első hajóórája

Eagle és a Romney – a Scilly szikláknak ütközött és elsüllyedt. A tragédiát az okozta, hogy nem tudták pontosan az időt mérni, és így a helyzetüket pontosan meghatározni. Körülbelül 2000 ember utazott a három hajón. Egy személy kivételével valamennyi ember, így maga az admirális is a hullámok között lelte halálát.



26. ábra. John Harrison, kezében az 5. órája

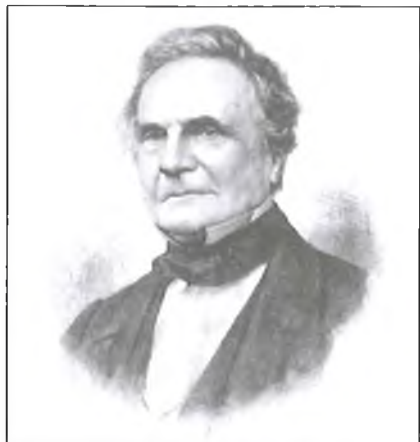
A felháborodott közvélemény nyomására 1714. június 20-án a parlament pályázatot tűzött ki egy pontos hajóóra megalkotására. A cél egy olyan hajóóra kifejlesztése volt, aminek a segítségével a hajók helyzetét – a földrajzi hosszúságban 30 szögperces, távolságban pedig 60 km-es – pontossággal meg lehet állapítani. A pályadíj 20 000 font volt.

A korabeli órásmesterek egy ilyen óra megkonstruálását reménytelennek tartották. Nem így John Harrison órásmester, aki azonnal nekilátott a feladat megoldásának. Eleve egy rugós órára gondolt. Az első példánnyal, ami egy kicsit nehezebbre, 35 kilósra sikerült, 1735-ben készült el (25. ábra). Az órát a Centurion hajón, a London-Lisszabon és vissza úton próbálták ki. Harrison óráját – induláskor – a Greenwichi pontos csillagászati órához igazították, majd visszatérve összehasonlították a két óra állását. Harrison a parlamenti bizottság szerint is kitűnő eredményt ért el, mert az időmérésben csak napi 8 másodperc volt a különbség. Ennek ellenére Harrison a díjból csak 1250 font előleget kapott.

A történetet nem részletezem, Harrison makacs ember volt, több órát is készített, de a bizottság egyiket sem tartotta megfelelőnek, ezért a díjat nem adta ki. 1772-re – a mester akkor már 79 éves volt – készítette el a legkételetesebb, egy mai zsebóra méretű, ötödik óráját (26. ábra), de ravasz volt, és azt már nem mutatta be a pályadíj bizottságnak. Ellenben – 1772. január 31-én – felajánlotta az amatőr csillagász III. György királynak. A király az órát örömmel és köszönettel elfogadta, majd elbeszélgetett az idős mesterrel. Megtudta eddigi hanyattatásának a történetét, mire a király azonnal intézkedett: Istenemre, Harrison – mondta – igazságot szolgáltatok Önnek!

A király kérésére a parlament 1773 júniusában megszavazta a 9000 fontra csökkentett pályadíjból még ki nem fi-





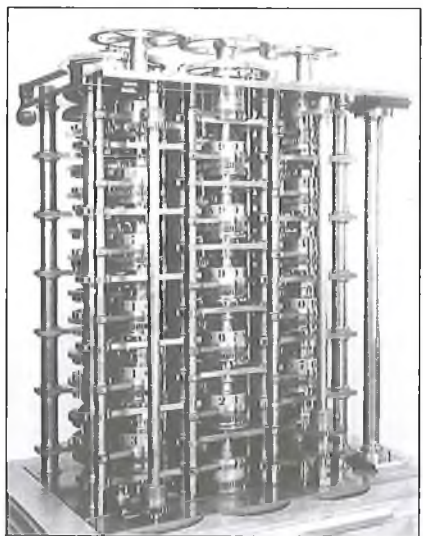
27. ábra. Charles Babbage

zetett összeget, azaz 8750 fontot, amit átadott az órásmesternek.

Volt tehát hajóóra, a pontos navigációhoz most már „csak” a csillagászati táblázatok géppel való készítését kellett megoldani.

*Nevil Maskelyne*, az 5. királyi csillagász 1767-ben kiadta az első csillagászati évkönyvet, amiben azt írja: „A *Comissioners of Longitude* (Navigációs Kormánybizottság) a legutóbbi törvény által reá ruházott felhatalmazásának megfelelően kiadja az 1767-es *NAUTICAL ALMANAC and ASTRONOMICAL EPHEMERIS*-t (Tengerészeti Almanach és Csillagászati Évkönyvet) azzal, hogy azt – ezentúl – minden évben újra ki kell adni. E munkának nagyban hozzá kell járulnia a csillagászat, a földrajz és a navigáció fejlődéséhez.”

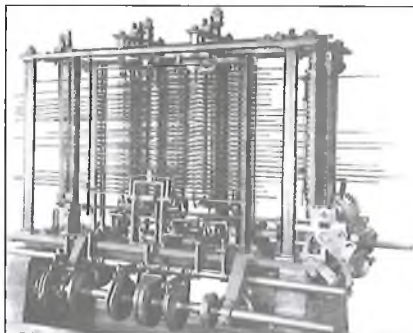
Etelik negyed század, akkor kerül a képbe *Charles Babbage* (1791-1871, 27. ábra).



28. ábra. Babbage differenciagépe

Felső-középosztálybeli családból származik, matematikus, csillagász, már diák korában kapcsolatba kerül a matematika és a csillagászat korabeli nagy alakjaival, akikkel 1820-ban megalapítják a *Királyi Csillagászati Társaságot*. Elsőként őt tüntetik ki a Társaság aranyérmével a „Gépek matematikai táblázatok kiszámításánál való alkalmazási tapasztalatai” című munkájáért.

1822-ben, *John Herschel* (csillagász) és *Babbage* csillagászati számításokat ellenőriztek, amikor Babbage állítólag azt mondta: „Adná Isten, hogy ezeket a számításokat gőzgéppel lehesen elvégezni!”. Herschel válasza: „Ez nem is lehetetlen!” Tudni kell, hogy ebben az időben a gőzgép volt a technika csúcs-eszköze.



29. ábra. Babbage analitikai gépe

1823-ban, Babbage a kormánynak egy mechanikus, csillagászati táblázatok kiszámítására alkalmas számoló-berendezést megalkotására tett javaslatot, a kabinet anyagi támogatását kérve. A berendezést *Differenciagépnek* nevezte (28. ábra), amivel – javaslata szerint – különböző hajózási táblázatok lehetett készíteni. Az Admirális támogatást megadta.

Azonnal elkezdte a gép tervezését és építését, de túlbecsülte az erejét, ezért 1827-ben megbetegedett, külföldön kezelte magát, miközben ki-nevezték Cambridge-be – Newton korábbi tanszékére – professzornak, a katedróját azonban sohasem foglalta el.

1833-ban abbahagyta a már működő differenciagépének a tökéletesítését, mert – egy újabb gép tervein gondolkodott – ezért is nevezték később nyughatatlan géniusznak.

A tudós társaság nem nagyon bízott a differencia-gép elkészültében, ezért *George Airy* királyi csillagász megtekintette a majd nem kész gépet, utána kijelentette, hogy a gép értéktelen.



30. ábra. Joseph Maria Jacquard

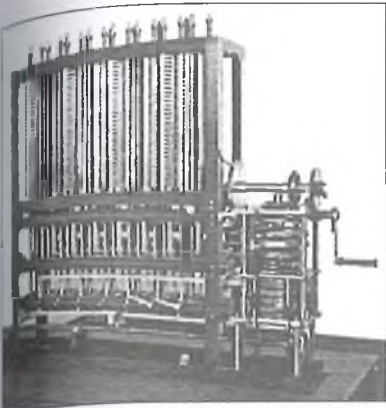
*Sir Robert Peel* miniszterelnök is csatlakozott hozzá, aki mint politikus nem nagyon érthetett sem a matematikához, sem a gépekhez, ennek ellenére ő is nyilatkozott: „*Szeretném elözetesen kissé megfontolni, (...) mielőtt nagy kölcsönre teszek javaslatot egy fűbűny finanszírozására, amely táblázathoz foglalja  $x^2+x+41$  formula értékeit.*”

Ezután *Pehr Georg Scheutz* (1785-1873), svéd nyomdász, Babbage hozzájárulásával, svéd állami segítséggel, a gépet megépítette, majd 1854-ben Londonban bemutatta.

A gépet Scheutz elvitte a párizsi világkiállításra is, ahonnan a gép előbb Amerikába, a Dudley Observatóriumba került, ma a Smithsonian Institution gyűjteményében van. A gép egy másolatát Londonba vitték, a Somerset



31. ábra. Jacquard szövőszék



32. ábra. Az újjáépített differenciagép

House-ba, az anyakönyvi irattárba, ahol egészen 1914-ig használták, akkor adták át a Science Múzeumnak.

Babbage a főművét, az *Analitikai gépet* 1833-ban kezdte tervezni és építeni. 1871-ig, haláláig dolgozott rajta. Halála után a munkát fia folytatta, de nem fejezte be. A félkész gép és darabjai szintén a londoni Science Museum-ba kerültek (29. ábra).

A programot és az adatokat a gép lyukkártyán tárolta, az ötletet Babbage *Joseph Marie Jacquard* (30. ábra) szövőgépétől (31. ábra) vette át, ami az első – a mintákat programozva szövő – gép volt a maga idejében. Jacquard a nyílt szálainak az emelését – így módon a szőtt mintát – egy kártyasorozattal programozta, amit egy pedállal továbbított, s a mintát így változtatta.

Babbage gépe két kártyacsomaggal működött, az egyik csomag lyukkártyára a változókat lyukasztották és innen vitték be a tárolóba, míg a másik kártyacsomag a programot tárolta, ez az információ a malomba került, ahol a műveletek egymásutánját vezérelte.

Talán itt mondom el, hogy a két kártyacsomag és a két tároló – adattár és programtár – architektúrát a XIX. században Babbage találta ki, ami a számoláseszközök fejlődését egészen Neumann János megjelenéséig alapvetően befolyásolta. Babbage után minden programvezérelt számológép két külön memóriában tárolta az adatokat és a programot.

Babbage-t felkereste egy ifjú hölgy: *Ada Augusta Byron*, a későbbi *Lady Lovelace*, a nagy költő, *Byron* lánya, aki már 15 éves korában kiváló matematikus volt. *Mrs. De Morgan*, aki az ifjú hölgyet a Babbage-nél tett első látogatásra elkísérte, a következőket írta:

*Mig az estély további résztvevője ugyanazzal az arkifejzéssel és érzés-*

*sel tekintett erre a szép készülékre, mint amit állítólag egyes vademberek tanúsítottak, amikor először láttak távcsövet vagy hallottak puskalövést, Miss Byron – akármilyen fiatal is volt – megértette működését és átlátta a találmány szépségét.*

Az Analitikus gépről – Babbage egy torinói előadása után – *Luigi F. Menabrea* tábornok írt tanulmányt, amit 1842-ben adtak ki. *Lady Lovelace* – Babbage biztatására – angolra fordította az írást, és jegyzetekkel látta el. Ezekből a jegyzetekből ismerte meg a tudományos világ Babbage analitikus gépének a működését és főleg a programozását.

Ada a programot – a szövőgép nyomán – *mintának* nevezte, a világon elsőként fogalmazta meg a programozás lényegét, ezért nevezzük *Lady Lovelace*-t a világ első számítógép-programozójának.

Ada 36 éves korában hunyt el, halála után az ugyancsak 36 éves korában elhunyt apja, *Lord Byron* mellé temették *Newsteadben*.

*Byron* 1 éves korában látta a lányát, egész életében a találkozásokra vágyott. A *Harold* lovag zárandokútja költeményében erről így ír:

*„Leányom! Neveddel kezdem el dalom –  
Leányom! Sok mindent végez be neved –  
Nem látlak, nem hallak, de ott lakom  
A legmélyedben, senki sem lehet  
Hűbb társ, ki múltam árnyáig vezet;  
Bár homlokom nem látod meg soha,  
Hangom jövőd ábrándján átrezeg,  
S ha keblem hül – szívedig hat szava, –  
Emlék és dallam lesz atyád haló pora.”*

(A fordítás Fodor András mestermunkája).

Babbage eredeti rajzaiból a londoni Science Múzeum – 1985 és 1991 között, *Doron Swade* kurátor javaslatára – Babbage születésének 200. évfordulójára elkészítette az eredeti differenciagép másolatát (32. ábra), a *kettes számú Differenciagépet*.

A műhelyt a múzeum földszintjén, a fogadó térben rendezték be, ahol – állandó közönség előtt – *Barrie Holloway* és *Reg Crick* mérnökök vezetésével, Babbage rajzai alapján készítették el a gép alkatrészeit. *Doron* – aki bemutatta nekem az újjáépített gépet – bizonyítani szeretne volna, hogy Babbage korában voltak olyan számszámológépek, amelyekkel az analitikai gépet is meg lehetett volna építeni, ezért a műhely számjegyzérlésű, mo-



33. ábra. Herman Hollerith

dern számszámológépeit a XIX. századi pontosságúra „buitották vissza”.

1991-ben, a gép elkészülte után az első feladat, amit a gép megoldott, a következő volt:  $0 + 0 = 0$ . A gép az eredményt pontosan kiszámolta. Azóta minden évben egyszer, december 26-án – Babbage születésnapján – a múzeum korabeli ruhákba öltözött munkatársai bemutatják a gépet működés közben, így emlékezve meg egy zseniális matematikusról és számológépes úttörőről.

Babbage analitikus gépe mechanikus, programvezérelt számológép lehetett volna, ha elkészül, és nem számítógép, mint ahogyan sokan, sokféle irományban emlegetik.

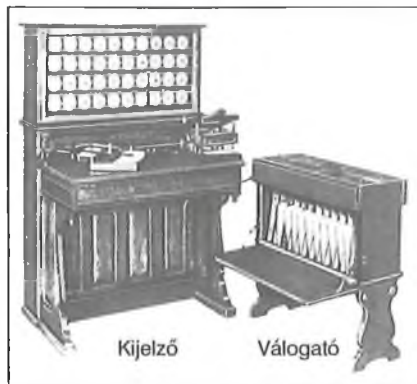
### 3. Megszületnek az elektromechanikus adatfeldolgozó gépek

Babbage-nek óriási hatása volt a számolás gépesítésére. A XIX. században vagyunk, Amerikában, ahol az 1890-es népszámlálásra készülnek. Két jelentős személyiség, kerül az Egyesült Államok Belügyminisztériumának Népszámlálási Hivatalába: *John Shaw Billings* őrnagy, törzsorvos, statisztikus és *Herman Hollerith* (33. ábra) ifjú mérnök. Amerikában azert rendezték a népszámlálásokat 10 évenként, hogy a begyűjtött adatokat – a két népszámlálás között – fel lehessen dolgozni.

*John Shaw Billings* ismerte Babbage munkásságát, az adatok és a program tárolásra szolgáló kártyát, s valami hasonlót szeretett volna a népszámlálás során bevezetni. Ennek a megvalósítására jó partnert talált *Hollerith*ben.

*Hollerith* kapva kapott a javaslaton, és amikor meggyőződött róla, hogy a





34. ábra. Hollerith adatfeldolgozó

javaslat megvalósítására Billings nem tart igényt, és nem kívánja felhasználni, azonnal nekilátott egy lyukkártyás statisztikai adatokat feldolgozó rendszer megtervezéséhez és megvalósításához.

Hollerith hamarosan átkerült a Szabadalmi Hivatalba. Az első használható lyukkártyás gépre 1889-ben kapott szabadalmi oltalmat. Az 1890-es népszámlálási adatokat már ezzel a géppel dolgozták fel (34. ábra). Hollerith nem csak kifejlesztette a lyukkártyás gépeket, hanem a gépek gyártásából, valamint forgalmazásából az akkori világ egyik legnagyobb üzletét is megteremtette.

Billings alapötlete az volt, hogy az emberek adatairól egy-egy lyukkártyát készítenek, amiket Hollerith gépein dolgozzák fel. Három alapgép készült, egy lyukasztó (35. ábra), egy válogató és egy kijelző (36. ábra), amiről a feldolgozás adatait le lehetett olvasni.

Hollerith gyakorlati érzékét jelzi, hogy a kártyákat pontosan olyan méretűnek választotta, mint amekkora a forgalomban levő 1 dolláros volt (37. ábra), ugyanis Amerikában – a bankok hazájában – már forgalomban voltak modern, mechanikus pénzsámláló gépek, amiket Hollerith egyszerűen átvett és alkalmazott.

Az első Hollerith lyukkártya 45 oszlopos volt, egy oszlopba 10 lyukat lehetett lyukasztani, amelyek a 0-9 számokat ábrázolták. Az első Hollerith lyukkártyákon a lyukak kör alakúak voltak.



35. ábra. Hollerith kártyalyukasztó

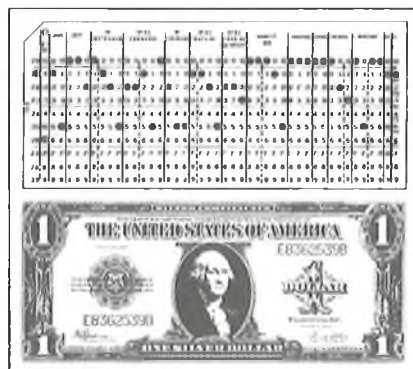


36. ábra. Hollerith tabulátor (kijelző)

A sikeres alkalmazás után Hollerith alkalmasnak látta az időt, hogy gépeinek gyártására önálló vállalatot alapítson, 1896-ban megszületett a *Hollerith Tabulating Machine Company*, ahol nem csak gépeket, hanem kártyákat is gyártottak. Később a kártyagyártás nagyobb üzletnek bizonyult, mint a gépeké.

Amerika után elsőként az orosz cári adminisztráció 1894-ben Pétervározt, majd 1896-ban Moszkvában alkalmazta Hollerith rendszerét a népszámlálás lebonyolítására.

1911-ben Hollerith cége tovább nőtt, de gazdasági nehézségei támadtak, ezért a cég vezetése új elnököt választott. *Thomas J. Watson* (38. ábra) megváltoztatta a cég nevét, 1914-ben megszületett az *International Business Machines*, Közismert nevén az *IBM* (39. ábra). Watson vezetésével a lyukkártyás gépeken sokat változtattak. A zseniális üzletember vezette át a céget az elektromechanikus korszakból az elektronikus gépek világába és tette



37. ábra. Hollerith lyukkártya



38. ábra. id. Thomas J. Watson

meg a világ egyik legnagyobb számítógép-gyártójává.

Bár Hollerith gépeihez később különböző, tudományos számításokra is alkalmas egységek (pl. aritmetikai egység, nyomtató stb.) készültek, ezek a gépek sem voltak számítógépek, csupán elektromechanikus adatfeldolgozó (számoló-) gépeknek voltak nevezhetők.

#### 4. A jelfogó megjelenik a számológépekben

Bár a modernizált, műveletvégző egységekkel felszerelt lyukkártyás gépeket is alkalmazták tudományos számításokra, ennek ellenére megjelent az igény, hogy csak tudományos számítások céljára alkalmas számológépeket is



39. ábra. Az IBM



40. ábra. Kozma László

építsenek. A XX. század elején a telefonközpontokban használt kapcsolóberendezések nyomán magától adódóan felmerült az ötlet, hogy a kettes számrendszerben végzett műveletek végrehajtására lehetne jelfogókkal számoló-áramköröket építeni. Kialakult a kapcsoló-áramkörök tervezésének módszere, a logikai vagy Boole algebra, amit először a telefonközpontoknál alkalmaztak, majd hasonló módon – a harmincas években – az első jelfogós számoló-berendezésekben is.

A legelső jelfogós számoló-berendezést alkotók között egy jeles magyar mérnököt is találunk: *Kozma László* (1902-1983).

Kozma Lászlót – a zsidókra kényszerített numerus clausus miatt – érettségi után nem vették fel a Műegyetemre, a pályáját az Egyesült Izzóban, mint telefonközpont-kezelő kezdte. Munkatársai hamar felfigyeltek a tehetséges – angolul jól beszélő – fiatalemberre, s Brünnebe küldték, ahol 1930-ra elvégezte a Műszaki Egyetemet.

Miután a gyár automatikus telefonközpontokat akart gyártani, a fiatal mérnököt Antwerpenbe irányították tovább, a telefónia európai központjának számító, amerikai érdekeltégű *Bell Laboratórium*ba. Hamarosan a tervezés egyik vezetője lett, aki – a harmincas évek közepén – váratlanul új feladatot kapott, a gyárban készült telefonközpont-alkatrészekből számológépet kellett terveznie és építenie.

Kozma László akkor még nem tudta, hogy Amerika már akkor a várható világháborúra készült. *Franklin D. Roosevelt* elnök – a tudósaival való megbeszélés után – kijelentette, hogy

*nem a tankok és a repülőgépek nyerik meg a háborút, hanem azok az országok, amelyek leggyorsabban tudnak számolni.*

A háború – a szövetségeseknél – fellendítette a számolóeszközök tervezését és gyártását.

Kozma László nagy lelkesedéssel látott munkához, 1938-tól kezdve, egymás után készültek Antwerpenben számológépek, amikre a gyár 10 szabadalmat adott be, amelyekben egyedül vagy társakkal Kozma László volt a szerző. Közöttük volt egy különleges szabadalom, egy akkor még ismeretlen konstrukció: egy számológéphez – táviró vonalakon – több terminált (telexgépet) lehetet kapcsolni.

A németek hamarosan megszállták Belgiumot. Kozma még a megszállás alatt is dolgozott, a legmodernebb számológépet a gyár igazgatója hajóra rakatta és elküldte az anyavállalathoz Amerikába. Oda a gép – állítólag – sohasem érkezett meg, a hajót egy német tengeralattjáró ugyanis elsüllyesztette. Többünkben némi kétely ébredt, hogy a gép mégis megérkezett Amerikába, ahol Kozma ötleteit és áramköreit felhasználták az ott épülő első Bell jelfogós számológépben.

Ez azonban csak feltételezés, amit sohasem sikerült bebizonyítani. Igaz, nem is akartuk.

Kozma – bár hívták Amerikába – inkább hazajött, itthon munkaszolgálat és deportálás várta. Ő maga és gyerekei is életben maradtak, a felsége azonban eltűnt a háborúban.

1945 után Kozma egyik tevékeny résztvevője volt az újjáépítésnek, s közreműködésével Budapest telefonközpontjai hamarosan újra működtek. Kossuth-díjat kapott, s egyik megalapítója és tanára lett a Budapesti Műszaki Egyetem (BME) Villasmérnöki karának. Kinevezték a Standard gyár műszaki igazgatójának, a gyárban telefonközpontokat tervezett.

1949-ben koholt váddal letartóztatták, majd a börtönből 1954-ben szabadult. Nagy nehezen rehabilitálták, s visszatért a Műegyetemre, visszakapta tanári státuszát és a Kossuth-díjat is. A Magyar Tudományos Akadémián előbb levelező, majd rendes taggá választották.

A BME tanáraként tervezte és építette meg az *ország első jelfogós számoló-berendezését, a MESz-1-et* (41. ábra), amire a hazai tudományos élet alig figyelte fel. A gyakorlatban csak néhány műszaki ember, volt kollégái és közvetlen egyetemi munkatársai használták. Kozma László ezen a gépen mutatta be és oktatta az áramkör-technikát.

Ebben az időben Amerikában két intézménynél építenek jelfogós számológépet, az egyik a Harvard Egyetem, ahol a gépet az IBM támogatásával egy kitűnő mérnök-matematikus, *Howard Hathaway Aiken* (42. ábra), míg a másik a már említett Bell Laboratórium, ahol egy nagyon tehetséges villasmérnök, *George Robert Stibitz* (43. ábra) irányításával épül meg egy-egy jelfogós számológép.



41. ábra. A MESz 1 vezérlőasztala

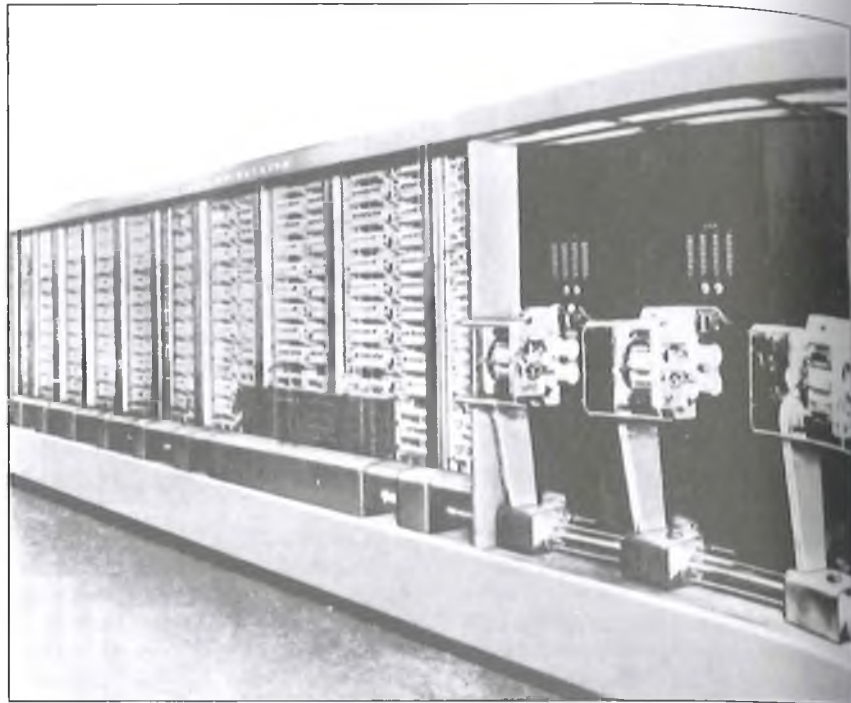




42. ábra. Aiken Howard



43. ábra. Georg R. Stibitz



45. ábra. Harvard Mark I

Aiken az Egyesült Államok haditengerészete és légereje számára alkotta meg az első, MARK I (44., 45. és 46. ábra), majd a második, MARK II-nek nevezett jelfogós számológépét, az utóbbi tízjegyű számokkal dolgozott, és már 100 szám tárolására alkalmas tárolóval is rendelkezett. A MARK I-et 1944. augusztus 7-én mutatták be a hadseregnek.

Később elkészült a MARK III és IV is, ezek a gépek már elektronikus elemekkel – elektroncsövekkel – épül-

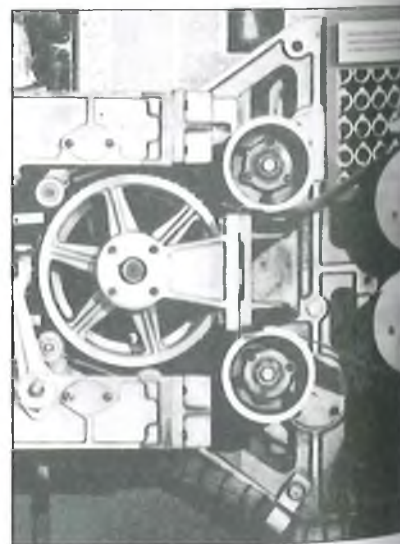
tek. A MARK III-at 1950-ben állították üzembe, az egyetem használta, majd a légierő részére épült meg a MARK IV gép, amit 1952-ben adtak át a hadseregnek.

Szinte a Harvard géppel egy időben indult el a Bell Laboratóriumban, a Dartmouth College-el együttműködve (ennek *Kemény János* volt az igazgatója, 47. ábra) egy hasonló program.

Több kísérleti gép megépítése után került sor egy nagy jelfogószámú, számoló berendezés építésére, ami 9000 jelfogót tartalmazott, 50 távirókészülék



44. ábra. Harvard – IBM MARK I



46. ábra. A Mark I lyukszalag-olvasója



47. ábra. Kemény János

volt hozzá kapcsolva, s az egész gép 10 tonnát nyomott (48. ábra).

A gép hét darab, tízes számrendszerű számmal számolt. A hosszú kapcsolási idejű jelfogók miatt a gép sebessége nagyon alacsony volt, egy összeadáshoz 0,3 mp-re, egy szorzáshoz 1 mp-re, míg egy osztáshoz vagy négyzetgyökvonáshoz 5 mp-re volt szüksége.

Miután a jelfogós gépek üzembe állása után rövid időn belül megjelentek

az elektronikus gépek, a jelfogós technikának az volt a legnagyobb haszna, hogy a konstruktörök figyelmét a digitális gépekre és a tudományos számításkra irányította.

*Még ezek a gépek sem voltak számítógépek, hanem jelfogós, illetve később elektronikus (elektroncsöves) programozható számológépek, bár némelyik szakirodalom még ma sem a calculator (számológép), hanem a computer (számítógép) elnevezést használja.*

## 5. Megszületnek az elektronikus berendezések

1926 és 1945 között az Iowa State Egyetemen tanított egy fiatal fizikus-matematikussal, *John Vincent Atanasoff* (1904-1995), aki behatóan érdeklődött a nagy lineáris algebrai egyenletrendszerek megoldása iránt, és megállapította, hogy a matematikusok – a sok számolás miatt – általában nem kísérleteznek tiznél több ismeretlenes egyenletek megoldásával. Atanasoff ezért kezdett el foglalkozni egy olyan számológép megtervezésével és építésével, amelyik ezeket a nagy számolási kapacitást igénylő feladatokat is képes lett volna megoldani.

Azon kevés szerencsés ember közé tartozom, aki többször is találkozott



49. ábra. Clifford Berry

*John Vincent Atanasoff*-fal, aki elmondta, hogy bár ismerte a kor egyik legmodernebb számoló-berendezését, a *Bush*-féle analízátort, és ismerte az amerikai jelfogós számológépeket is, sajnos azok egyike se volt vagy elég pontos, vagy elég gyors az – általa elképzelt – nagy számítási teljesítményt igénylő feladatok megoldásához. Neki olyan gép kellett, ami másodpercenként néhány ezer műveletet tud elvégezni. Ilyen gép – 1940-ben – még nem volt. Atanasoff hamarosan talált egy ifjú villamosmérnököt, *Clifford Edward Berry*-t (1918-1963), akit ugyancsak nagyon érdekelt a számoló-berendezés építése (49. ábra).

Atanasoff találta ki a *computer* elnevezést, amit az általuk kifejlesztett ABC elnevezésben (*Atanasoff Berry Computer*) már alkalmazott is.

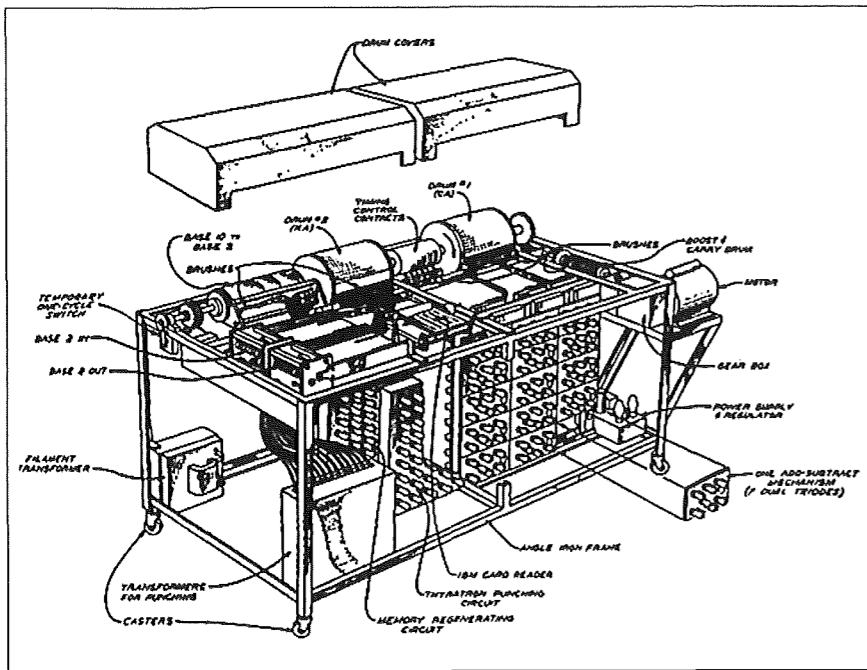
Atanasoff előtt minden számoló-berendezés *calculator* volt, csak utólag nevezték el ezeket a gépeket *computer*-nek. Atanasoff – első találkozásunk alkalmával – elmondta, hogy az ABC gépre (50. ábra), ami több volt, mint egy számológép, egy olyan elnevezést akart találni, ami kifejezi azt, hogy a gépe nem csak számol, hanem a számolás programját automatikusan végre is hajtja.

Akkor még szöveges adatfeldolgozásra nem gondolt, csak arra, hogy a gépbe bele lehet vinni – kódolt formában – az algoritmust is, azaz a számolást – ma úgy mondanánk – programját is. Amikor minden benne van, a gépet csak el kell indítani, mire automatikusan végrehajtja a parancsokat és meg-



48. ábra. A BELL Relay Calculator





50. ábra. Atanasoff gépe, az ABC számítógép

oldja a feladatot. Ezt a különbséget akarta Atanasoff az új elnevezéssel: computer, bemutatni.

A computer elnevezés – Atanasoff megjelenése előtt – ugyanis azt a személyt vagy foglalkoztatást jelentette, aki mechanikus vagy elektromechanikus számítógéppel számol. A korai számítógépek idején igen keresett szakemberek voltak a computerek.

Volt még egy nagyon fontos része az ABC-nek: a *memória*. Atanasoff kitalálta, hogy az ABC-be az adatokat a műveletek elvégzéséhez nem lehet kezelni vagy valami lassú eszközzel, például lyukkártyával bevinni, egy gyors memóriára van szükség az adatok tárolásához. Atanasoff találta ki a kapacitív tárolás dobmemóriát. A dobban kis kondenzátorok voltak, amelyek bináris számokat megjelenítő töltéseket tároltak.

Amikor Amerika belépett a II. világháborúba, Atanasoff (bár a katonai szolgálathoz túlkoros volt), valamint Berry is önként jelentkezett katonai szolgálatra, ezért az ABC gépet befejezetlenül, félbe hagyták. Atanasoff a Naval Ordnance Laboratory in Washington, D.C. szolgálatába állt, ahol a haditengerészetnél felmerülő számítási problémák megoldásában adott segítséget.

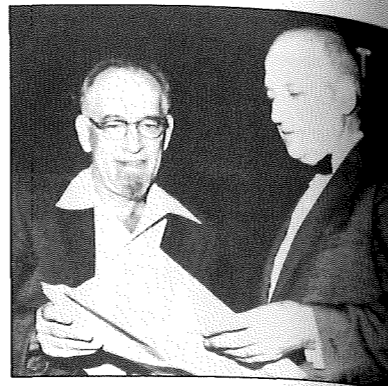
Berry a Consolidated Engineering Corporation (Pasadena, California) céghez került, Atanasoff szerint kódfejtő volt, megnősült, gyermekei szü-

lettek. 1963-ban – a tengerparton – halva találták. A hivatalos közlemény szerint öngyilkos lett. Később kiderítették, hogy gyilkosság történt, nekem egy bennfentes azt mondta, hogy a háborús tevékenysége miatt gyilkolták meg.

Atanasoff az ABC legfontosabb jellemzőit és a megoldásokat nem tartotta titokban, sőt inkább terjesztette. Atanasoff–Berry közreműködésével – 1940-ben a gépről egy 35-oldalas tanulmányt publikált *Computing Machines for the Solution of Large Systems of Linear Algebraic Equations* címmel, ami valószínűleg eljutott egy igen ambiciózus matematikushoz, *John William Mauchly*-hoz (1907-1980), aki 1933 és 1941 között a Philadelphia közeli Ursinus College-ben tanított (51. ábra). 1941-ben került át a University of Pennsylvania (PENN) Moore School-ba, a vilamosmérnöki karra, ami akkor a háborús elektronikai rendszerek tervezésének volt a központja.

Mauchly-t igen érdekelte a számítógépesítés, annál is inkább, mert az időjárás gépi előrejelzésével foglalkozott. Egy előadása alkalmából találkozott Atanasoff-fal, akivel elbeszélgettek az ABC gépről.

Atanasoff meghívta Mauchlyt az Iowa State Universityre, ahol egy hétig volt Atanasoff vendége, Berryvel együtt nem csak bemutatták a gépet, hanem Atanasoff elmondta a számítógépesítéséről és az elektroncsövek-



51. ábra. John William Mauchly és John Presper Eckert

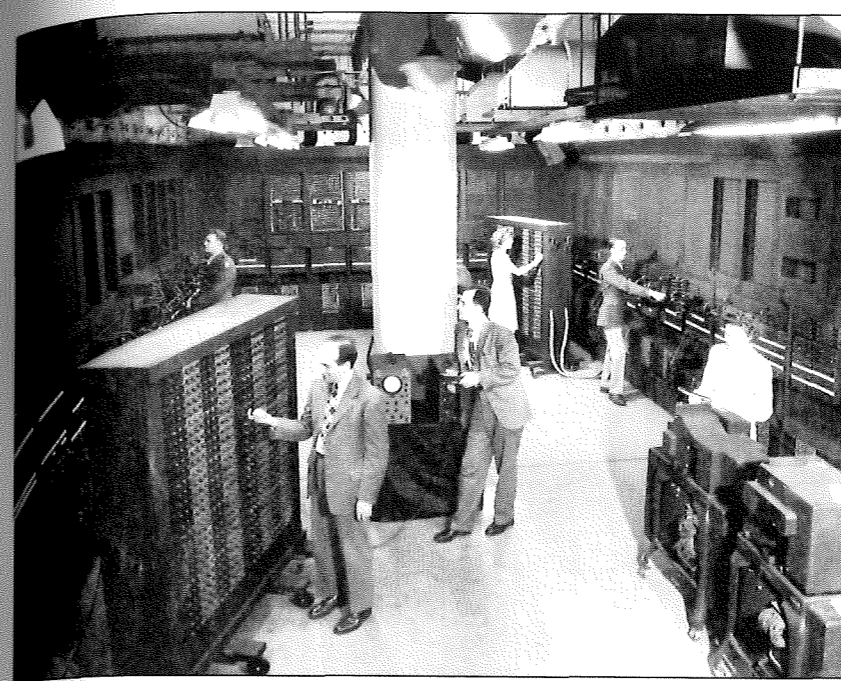
nek a számoló-áramkörökben való felhasználásáról minden elgondolását. Mauchly ezután visszatért a PENN-be, ahol az Atanasoff beszélgetés és látogatás nyomán kialakult elképzelését 1941-ben papírra vetette, amit elkezdett terjeszteni a kollégái között.

Ennek a dokumentumnak csak egy hiányossága volt, egy szót sem írt arról, hogy a javaslat Atanasoff elgondolása- in alapul.

A dokumentum egyrészt ifjabb *John Presper Eckert*, továbbképzős vilamosmérnök hallgató (52. ábra), majd 1942-ben *Herman H. Goldstine* matematikus főhadnagy (1913-2004, 53. ábra) kezébe került. Goldstine azért vonult be a hadsereghez, és került a Moore School-ba, mert – lévén a ballisztika tanára a Michigan Egyetemen – azt a feladatot kapta, hogy dolgozza át a tüzérségi tüzvezetési táblázatokat, amelyeknek a legtöbbször még az I. világháborúból származott.

Közben a hadirepülés is fejlődött, ezért ki kellett dolgozni a pilóták részére a bombázási és a léghárító tüzérek részére a repülőket elleni léghárító tüzérségi táblázatokat is. Goldstine két-száz fős katonai női részleget: WACs (Women's Army Corps), az akkori elnevezéssel computer-eket hozott létre, akik kézi számítógépekkel számolták ki az újabb és újabb táblázatokat. A táblázatokat az aberdeen-i Ballistic Research Group részére készülték.

Miután az újabb táblázatok rengeteg számolási munkával jártak, Goldstine úgy kalkulált, hogy legalább négy évre lenne szükség, hogy a táblázatoknak nagy részével elkészüljenek, de azazal kellett számolniuk, hogy addigra már véget ér a háború. Goldstine már a feladat megismerésekor elkezdett egy- az akkor használatos számítógépeknél gyorsabb eszközt keresni.



52. ábra. Az ENIAC, középen Eckert és jobbra Mauchly

Úgy látta, hogy Mauchly javaslata megoldás a számolási problémájára, hiszen az elképzelt elektroncsöves gép minden addigi számoló eszköznél pontosabb volt és legalább ezerszer gyorsabb.

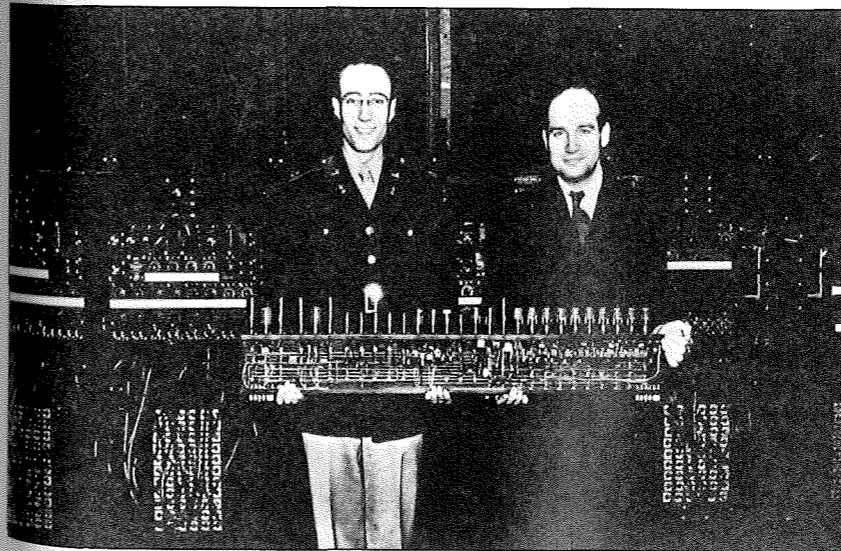
A feladat megoldásához azonban pénz kellett, ezért Goldstine 1943. április 9-én találkozót kért *Leslie E. Simon* ezredestől az aberdeen-i laboratórium igazgatójától.

A megbeszélésen *Oswald Veblen* (1880-1960) matematikus, ugyancsak a ballisztika tanára, a laboratórium főtanácsadója, és még néhány más szak-

ember is részt vett, akik meghallgatták Goldstine előterjesztését. A javaslat elhangzása után Veblen csak annyit mondott: *Simon, adjon pénzt Goldstine-nak! ... majd elhagyta a termet, Goldstine pedig megkapta a pénzt.*

A történet másik fontos figurája Eckert volt, aki rendkívüli módon érdeklődött az elektroncsöves számítógépek iránt annyira, hogy hamarosan ő lett a projekt főmérnöke és irányítója.

A munka 1943. május 31-én kezdődött. Ahogyan ez lenni szokott, voltak, akik elleneztek a terv végrehajtását és



53. ábra. Balról jobbra: Herman H. Goldstine és John P. Eckert

voltak, akik támogatták. A projekt szerencséje, hogy a támogatók egyrészt többen voltak, mint az ellenzők, a másik szerencse, hogy a döntést hozó vezetők a terv megvalósítása mellé álltak. Véleményem szerint az egyik legfontosabb – a terv végrehajtását segítő – tényező Herman H. Goldstine elszántsága és a sikerbe vetett hite volt, ami a végrehajtást nagyon sok kritikus helyzeten átgéjtette.

A berendezés először az *ENIAC* (Electronic Numerical Integrator and Calculator, 54. ábra) elnevezést kapta, az utolsó „C” betűt később nevezték át „Computer”-nek.

A gép egy óriási elektronikus számológépnek volt tekinthető, amiben „elektronikus fogaskerekek” számoltak, hasonlóan a mechanikus számológépekhez, csak elektronikus gyorsasággal. A gépet vezeték dugaszolásával lehetett programozni, nagyjából úgy, mint a lyukkártyás Hollerith gépeket.

Goldstine-től tudom, hogy egy bizonyos program megírása és bedugaszolása nagyjából három hétig tartott, míg a program három perc alatt lefutott. A már említett WAC's hölgytársaság – az ENIAC üzembeállításával – nagyrészt átalakult programozókká, akik az ENIAC programjait készítették.

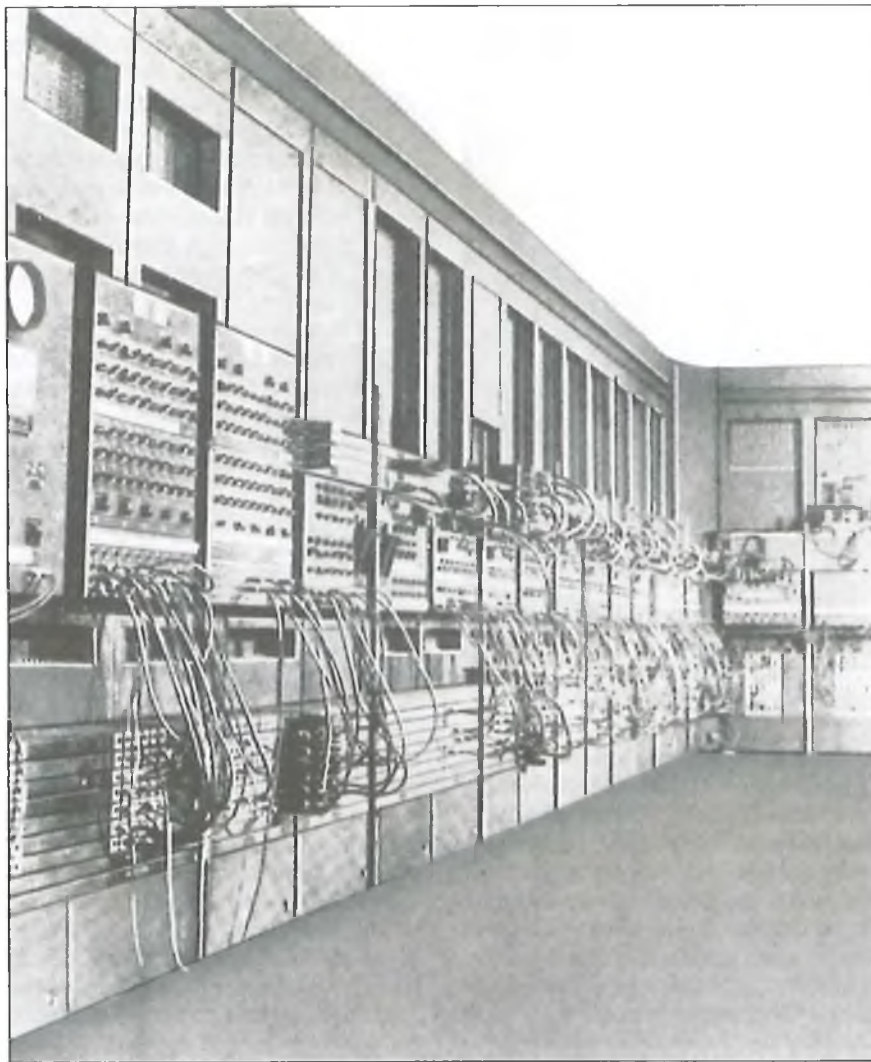
A gépben körülbelül 17 000 darab, 16 féle elektroncső működött, kb. 70 000 ellenállás, 10 000 kondenzátor, 1500 jelfogó és 6 000 kapcsoló volt beépítve. A gép tízes számrendszerben, tízjegyű előjeles számokkal számolt. Az állandókat kapcsolókkal állították be.

A gép kb. 30 méter hosszú volt, 30 szekrényből állt, 140 kW volt a fogyasztása. Szinkronizált gép volt, a központi órajel generátor 100 000 impulzust adott le másodpercenként. Eckert az áramköröket rendkívül megbízhatóra tervezte, ami annyit jelentett, hogy a gép kb. 12 órát tudott hibamentesen működni. (Itt jegyzem meg, hogy a magyar elektroncsöves M-3 esetben ez a kvázi-hibamentes működés 7 óra volt.)

A gép 1946-ban készült el, az egyetem akkor adta át a hadseregnek. Az átadás után a gépet leszerelték és átvitték Aberdeen-be, ahol kb. egy évbe került, amíg újra üzembe állították.

1944-ben jelent meg az ENIAC-nál *Neumann János* (1903-1958) (55. ábra). Matematika professzor volt előbb a Princeton-i Egyetemen, majd az Institut for Advanced Study-ban. Töb-





54. ábra. Az ENIAC

bek között az is megalapozta a hírnevét, hogy mind a mai napig ő volt a legfiatalabb kinevezett matematika professzor az Egyesült Államokban. 1933-ban települt le véglegesen Amerikában, majd hamarosan az egész családját kimenekítette Magyarországról.

Megérkezése után azonnal felajánlotta szolgálatait az amerikai hadseregnek, hamarosan munkába is állt Kármán Tódor mellett az aberdeen-i lőtérben, ahol Kármán a hangsebességnél gyorsabb repülőgépek konstrukciójával kísérletezett. Épített egy hangsebességnél gyorsabb légáramlással működő légcsonnát, amelyben a szárnyon keletkező légörvényeket vizsgálta, ennek matematikai kezelésére kérte fel Neumann Jánost, aki a problémát sikeresen megoldotta.

Hamarosan meghívták matematikai tanácsadónak Los Alamosba, ahol a tudósok – J. Robert Oppenheimer vezeté-

sével – az első atombomba kifejlesztésén dolgoztak. Neumann – feladatának ellátásához – éppen egy gyors számológépet keresett.

1944-ben véletlenül találkozott Herman Goldstine-nel az aberdeen-i pályaudvaron. Goldstine Neumannnak elmondta, hogy az ENIAC-on dolgozik, ami 333 szorzást tud elvégezni egy másodperc alatt. Ez azonnal felkeltette Neumann érdeklődését, aki hamarosan meglátogatta az ENIAC gépet, ami akkor már – kísérleti üzemben – működött. A látogatás olyan jól sikerült, hogy egy év múlva már Neumann volt a számítógép-projekt igazgatója.

Neumann – már az első látogatásakor – bírálta az ENIAC gépet, ezért már az első hetekben feszültség alakult ki Neumann, illetve Mauchly és Eckert között. Csak Goldstine – aki egyetértett a bírálatával – támogatta Neumann-t, aki nem volt elégedett a gép progra-

mozhatóságával, ahogyan gépbe – vezetékek átdugaszolásával – bevitték a „programot”.

Mauchly és Eckert – Babbage nyomán – két tárolóval konstruálták meg az ENIAC-ot, a program dugaszolható volt, az adatokat lyukkártyán vitték be a 20 számjegyet tároló jelfogós memóriába.

Volt még valami, ami az ENIAC-ban nem tetszett Neumann Jánosnak: az adatokkal sorosan végezték a műveleteket. Ebben az időben az volt a hiedelem, hogy a soros műveletvégzéssel le lehet csökkenteni a felhasznált elektronikus alkatrészek számát, ezért az elektronikus számológépek konstruktőrei eleve soros rendszerű gépeket építettek. Így a kor első számoló eszközeiben az alkalmazott memóriák és regiszterek is soros, higanyos, illetve nikkel művonalak voltak.

A számoló eszközök elnevezésének történetében ekkor némi zavar következett be, ami még ma is tart, ezért a történet további része attól függ, hogy azt éppen ki mondja.

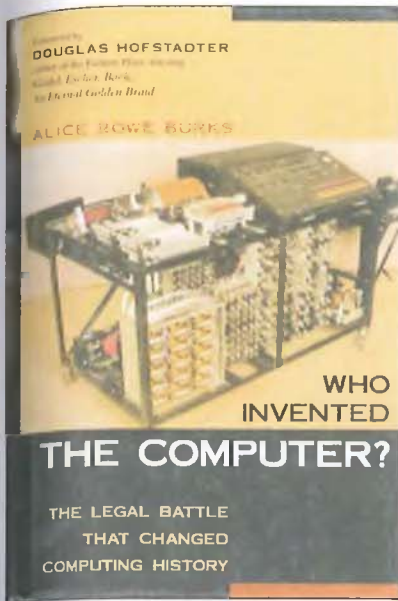
Engedtessek meg nekem, bejelentem elfoglaltságomat, számomra Herman H. Goldstine és Alice Rowe Burks asszony véleménye (56. ábra) – bár ők mindketten Neumann János barátai voltak – az etalon.

Neumann gyakran tartott az ENIAC fejlesztőivel megbeszéléseket, ahol – általában – a gép továbbfejlesztése, a felmerült hibák és problémák kijavítása is szóba került. 1944 őszétől Neumann véleménye az volt, amit Goldstine és néhány más munkatársa is osztott – Mauchly és Eckert ezt soha-



55. ábra. Neumann János





56. ábra. Alice Rowe Burks műve

sem mondta ki – hogy az ENIAC logikai felépítése zsákutca, a gépet nem érdemes tökéletesíteni, hanem – az összegyűlt tapasztalatok alapján – egy új gépet kell tervezni és építeni. 1945 tavaszán Neumann több hetet töltött Los Alamosban, s amikor visszajött, munkatársai csodálkozására egy 101 oldalas tanulmányt tett le az asztalra, ami – szinte áramköri részletességgel – egy új gép leírását és terveit tartalmazta. A tanulmányt a *Moore School John von*



57. ábra. Az EDVAC

*Neumann: First Draft of a Report on the EDVAC* címen 1945. június 30-án adta ki (57. és 58. ábra). Ebben a tanulmányban szerepel először a tárolt program elvének a leírása, az új gép logikai tervei, egyáltalán a modern számítógép tervezése. A tárolt program elvét a tanulmány megjelenésétől nevezték el *Neumann elvnek*. Az EDVAC ugyancsak betűszó: Electronic Discrete Variable Computer.

Ma a világ számítógép-konstruktöreinek a nagyobbik része azt vallja, hogy ez a vázlat (draft) volt az a munka, ami a konstruktörök részére először írta le a számítógépek tervezésének a legfontosabb alapelveit.

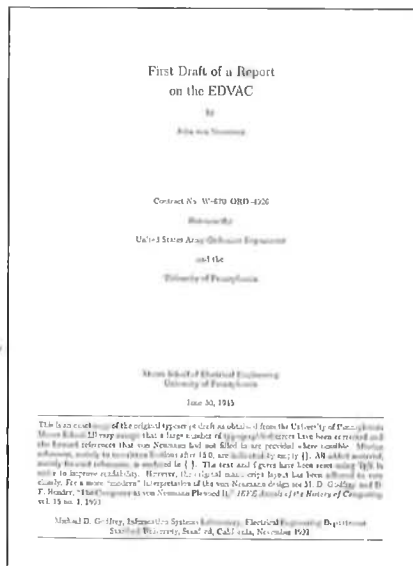
A tanulmányban Neumann János egyik munkatársának a nevét sem említi. Ennek az volt az oka – mondta nekem Goldstine – hogy a vázlat minden egyes mondatát Los Alamosban saját maga írta. A munkatársai közül csak John Mauchly és Presper Eckert sértődött meg annyira, hogy az később a végleges szakításukhoz vezetett.

Mauchly és Eckert sértődésének az volt a fő oka, hogy szerintük Neumann a leírásba belevette mindazokat az ötleteket, amiket azokon a bizonyos korábbi megbeszéléseken a többiek és ők is elmondtak. Ezt a véleményüket a későbbi interjúk során úgy fogalmazták meg, hogy a First Draft-ban leírt legfontosabb megállapítások nem is Neumann Jánostól, hanem tőlük származnak.

Megtaláltam az interneten *Presper Eckerttel* egy interjút, amiben válaszol az újságíró – Atanasoffra, illetve Neumannra vonatkozó – kérdéseire:

– Sokan állítják, hogy ők találták fel a számítógépet. Mi a helyzet John Atanasoff-fal?

– Egy szabadalmakkal kapcsolatos vita során az ellenfél elővette Atanasoffot, mondván, ő korábban épített elektronikus komputert, mint mi. Igaz, hogy volt egy asztalnyi méretű szerkezete, amit John Mauchly meg is nézett, aztán írt a látottakról egy emlékeztetőt, ám ebből soha semmit sem használtunk fel. Atanasoff „gépe” gyakorlatilag nem működött, nem volt teljes rendszer, márpedig egy innovációt arról lehet felismerni, hogy teljes rendszert tartalmaz, amely rendeltetésszerűen használható. (...) Atanasoff talán bevitt egy üttést nekünk a tárgyalóteremben, de aztán visszament tanítani, mi megépítettük az első igazi elektronikus számítógépet, majd az első kereskedel-



58. ábra. First Draft of...

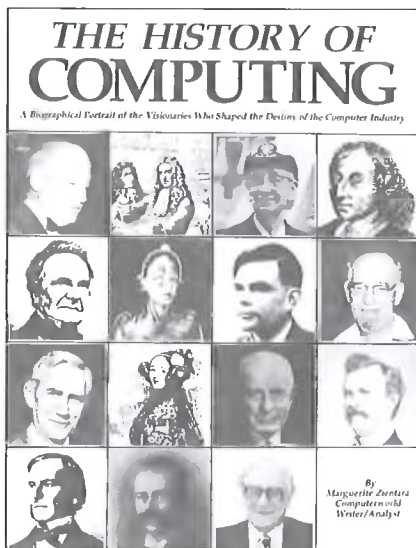
mi forgalomba került komputereket. (...)

– És Neumann János?

– Ő átjött hozzánk, elidőzött a munkatársak között, majd visszament a Princeton egyetemre, és írt egy hosszú anyagot az elvekről. Sok elismerést kapott ugyan, de az innováció a miénk volt.

Talán nem kell magyaráznom, Eckert válasza – mai divatos kifejezéssel élve: csúsztatás.

Hasonlóképpen jártam, a *Computerworld* kiadásában – 1981-ben – angolul és franciául is megjelent, igen informatív füzettel (59. ábra), amit angol-



59. ábra. CW. The History of Computing



60. ábra. Maurice Vincent Wilkes

lul úgy neveztek, hogy „*The History of Computing*”, míg franciául „*Histoire de l'Informatique*” címet viselte. Ennek a füzetnek a címlapján szerepel mindenkinek a képe, aki – az író-szerkesztő szerint – számít a számítástechnikában. A képek között nem találtam meg Neumann János portréját, csak a szövegben – a 10. Eckert és Mauchly – fejezetben, egy bővített mondatot, ami szerintem szintén csúsztatás volt. A mondat a következőképpen szól:

„Amíg Eckert és Mauchly a (tárolt program, KGy) elven dolgozott, csatlakozott hozzájuk 1945-ben a kiváló, magyarországi születésű matematikus, John von Neumann, aki nem hivatalos tagja volt a projektnek. 1945 júniusában von Neumann egy vázlatot készített abból, amit Eckertől és Mauchlytól megismert, aminek azt a címet adta, hogy »First Draft of a report on EDVAC« (Az EDVAC-ról szóló jelentés első vázlata), amiben leírja a tárolt programú számítógépet. Ebben a dokumentumban közölt anyagok megfeleltek azoknak a bizalmas információknak, amelyek Eckertől származtak.

Miután ez az anyag kizárólag von Neumann – mint szerző – neve alatt jelent meg, ezért általában úgy tekintik őt, mint a tárolt program elv szerzőjének, bár Eckert kijelentette, hogy ő találta ki az ötletet.”

Nos, írni mindent lehet, mert a papír sok mindent elbír, a baj inkább az, hogy a számítástechnika történetét néhány egyetemen, elsősorban a University of Pennsylvania (PENN) így is tanítják.

Az ENIAC történet vége, hogy Mauchly és Eckert, amikor a gép elké-

szült, minden megoldást szabadalmaztattak, de a szabadalomba – az alkotók közül – senkit sem vontak be.

A First Draft elkészülte után mindketten megkeresték Neumann-t, hogy a tárolt program elvét is közösen, négyen, Goldstine-nel együtt szabadalmaztassák. Ugyancsak Goldstine-től tudom, hogy ezt a javaslatot mindketten visszautasították. A hadsereg jogszáának a javaslatára a First Draft-ot nyilvánosságra hozták, elküldték számos egyetemnek, ahol számítógépet akartak építeni. Miután a leírás nyilvánosságra került, utána az elvet már nem lehetett szabadalmaztatni. Neumann – aki az ENIAC szabadalmaztatásával sem értett egyet – azt mondta:

„A számítógép az egész emberiség kincse, nem lehet néhány ember tulajdona.”

Az EDVAC-ot az ENIAC csoport elkezdte építeni, sokkal kevesebb alkutást használt fel hozzá, mint az ENIAC-hoz, a munkában – természetesen – Eckert és Mauchly is részt vett.

Volt még egy érdekes eleme a történetnek. A háború végén megjelent a Pennsylvániai Egyetemen Maurice Vincent Wilkes (1913-2010, 60. ábra), aki az angliai Cambridge-ben tanított, és nagyon érdeklődött a számítási gépesítésé iránt. Jó barátságba került Neumann-nal és Goldstine-nel, természetesen Mauchlyval és Eckerttel is, és mivel az általam ismert számítástechnikai szakemberek közül az egyik legszorgalmasabbnak bizonyult, lemásolta az EDVAC-kal kapcsolatos valamennyi leírást, majd visszautazott Angliába, Cambridge-be, ahol egy-két részlet-

ben áttervezte és megépítette a gépet, amit EDSAC-nak (*Electronic Delay Storage Automatic Computer*) nevezett (61. és 62. ábra). A történet érdekesége, hogy az EDSAC hamarabb készült el, mint az EDVAC, vagyis a gyerekek előbb született meg, mint a szülő. Erről Wilkes a következőképpen mesélt nekem:

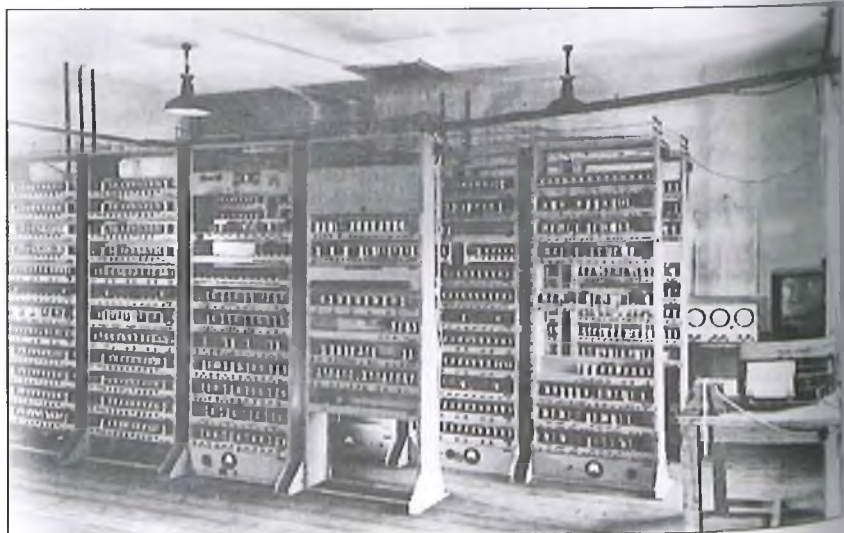
A háború után Neumann látogatott nálam, Cambridge-ben, megmutattam a laboratóriumomat, majd kinyitottam azt az ajtót, ami az EDSAC-hoz vezetett. Neumann csodálkozott, csak annyit mondtam, ez a világ első Neumann elvű gépe. (Már nem emlékszem pontosan, lehet, hogy azt mondta: tárolt programú gépe.)

Valóban így volt, az EDSAC volt a világ első Neumann elvű gépe, ami 1949. májusában kezdett el működni.

Ha már itt tartunk, Wilkes legfontosabb alkotása a mikroprogramozás volt, ami a központi egységek fejlesztését hosszú időre meghatározta.

Miután Neumann hamar rájött arra, hogy az EDVAC ugyancsak zsákutca (mert soros gép volt, az utasításrendszere, amit ő készített sem volt számára elfogadható, problémák voltak a gép memóriájával is stb), ezért hamarosan még deszkamodellként – abbahagyta az EDVAC fejlesztését, amit Eckert és Mauchly folytatott és 1951-ben fejezett be.

Neumann egy új gép – az IAS Computer – fejlesztésébe kezdett. Eckert és Mauchly hosszú ideig kitarított a soros gépek mellett, így született meg a BINAC, majd az első UNIVAC (63. ábra). Ezután Mauchly és Eckert is



61. ábra. Az EDSAC





62. ábra. Maurice Wilkes az EDSAC higany művonalával

nem kimondva – de elfogadták Neumann új koncepcióját, ugyancsak áttértek a párhuzamos gépek gyártására. A következő UNIVAC már így készült.

Egyelőre tekintsünk el attól, hogy ki is a szerző, azt már megállapíthatjuk, hogy az első igazi, tárolt programú, Neumann elvű számítógép az EDVAC, valamint az EDSAC volt, tehát már számítógép.

1946-ban Mauchly és Eckert valamint Neumann és Goldstine útjai szétváltak, az előbbieket létrehozták a világ első számítógépgyárát, az Eckert-Mauchly Computer Company-t, míg az utóbbiak elkezdték a világ első igazi számítógépének, az IAS Computernek a tervezését és építését (64., 65. és 66. ábra).

A Moore School-ban – amikor az ENIAC-ot átszállították az aberdeen-i kísérleti lőtérré – befejezték a számítógéppel kapcsolatos kutatási és fejlesztési munkát, így rövid idő alatt elvesztették az informatikai világban kialakult előnyöket. Ezután, egy rövid időre Neumann János és munkatársai tevékenységének a következtében – a számítógépes fejlesztés súlypontja átkerült a Princeton-i Institut for Advanced Study-ba (IAS).

Neumann, aki Los Alamos óta jóban volt Robert Oppenheimerrel, akit a Manhattan-terv sikeres befejezése után neveztek ki az IAS igazgatójává. Bár az IAS-tól távol állt mindenféle számítógép-kutatás és építés, feltételezem, hogy Neumann iránti tiszteletből hozzájárult, hogy Neumann és csapata a

következő gépét az IAS-ben fejlessze ki. A géphez a hadügytől szerzett anyagi hozzájárulást.

Neumann kiszámolta, hogy egy párhuzamos működésű számítógépet kevesebb alkatrészből lehet felépíteni, mint egy soros gépet, annak ellenére, hogy a soros gép 1 bites műveletvégző egysége igen egyszerű felépítésű, a művelet vezérlése azonban rendkívül bonyolult. Ráadásul a párhuzamos gép működési sebessége legalább egy nagyságrenddel magasabb, mint a sorosé.

Neumann és munkatársai – elsősorban Goldstine, James Herbert Pomerene, és főleg Julius Himley Bigelow főmérnök, a Burks házaspár és mások – rendkívül lelkesen segítettek mind a tervezésben, mind pedig az építésben. Azt is szótlanul elfogadták, sőt támogatták, hogy az IAS géppel kapcsolatban minden új felfedezést Neumann és Goldstine azonnal – mindenféle szabadalom és díjazási igény nélkül – közzétesz, elsősorban azoknak az egyetemeknek küld el, ahol számítógépet akarnak építeni.

Így érték el, hogy hamarosan – szinte az IAS-sal egy időben – a gépnek számos klónja épült, csak néhányat említek: IBM 700 és 7000, ILLIAC, JOHNNIAC, MANIAC, MECIPT,

ORDVAC, BESM és persze a mi M-3-as gépünk is, az első hazai elektronikus számítógép.

A magyar gép megszületésének az útja nagyon kalandos volt. Az első igazi, tehát Neumann elvű gépek úgy készültek, hogy minden intézmény az IAS gépet vagy annak klónjait másolta. A konstruktőrök vagy elutaztak Amerikába és lemásolták a terveket, vagy pedig úgy, ahogy a szovjet tudósok is tették, megkapták levélben. A washingtoni szovjet nagykövetség tud. és ker. i attaséja egy levelet írt Goldstine-nek, hogy érdeklí öket a számítógép-fejlesztés, legyenek már szívesek és küldjék el az EDVAC-kal kapcsolatos elérhető szakirodalmat a szovjet követségnek.

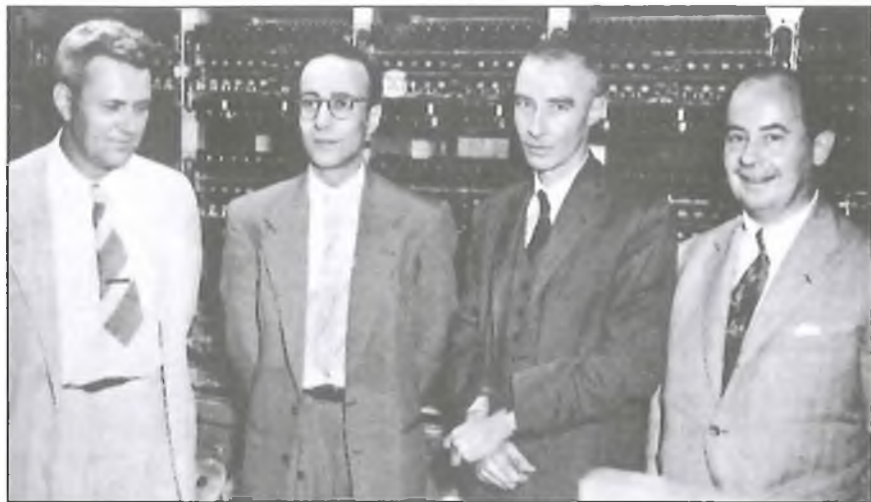
Goldstine a kérést egyeztetette Neumann-nal, utána minden fellelhető szakirodalmat összepakolt és postán feladta a nagykövetség címére. A Szovjetunió akkor Amerika szövetségese volt, akinek a kérését nem illett visszautasítani. Ebben az időben még sehol sem volt a hidegháború.

Innentől kezdve nem ismerem a levél sorsát, kérdésemre a volt Szovjetunióban a barátaim azt válaszolták, az első szovjet kisszámítógép, az EDVAC-szerű MESzM kifejlesztéséhez semmiféle amerikai segítséget nem

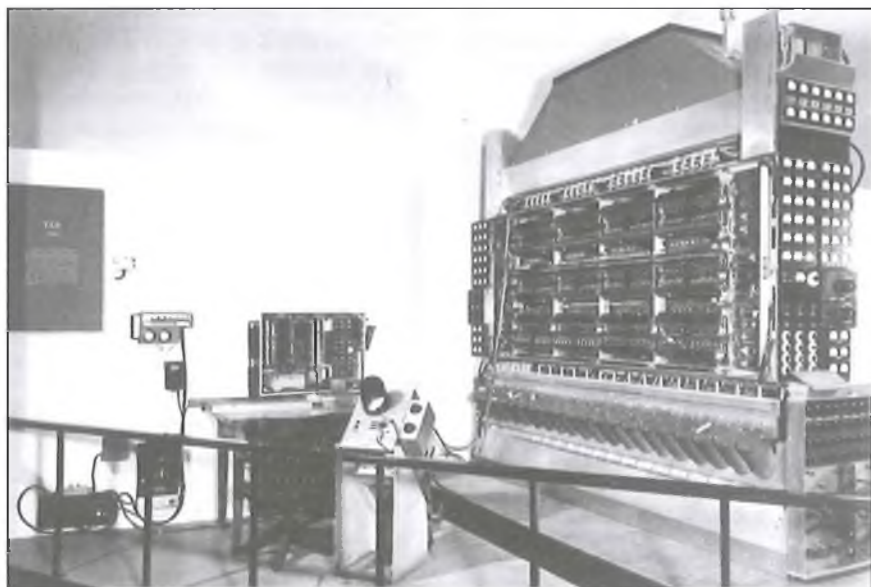


63. ábra. A UNIVAC, előtte Eckert





64. ábra. Az IAS gép előtt. Balról Julian Bigelow, Goldstine, Oppenheimer és Neumann



65. ábra. Az IAS gép



66. ábra. Neumann János és Robert Oppenheimer az IAS gép előtt, 1952.



67. ábra. Szergej Alekszejevics Lebegyev (1902-1974)

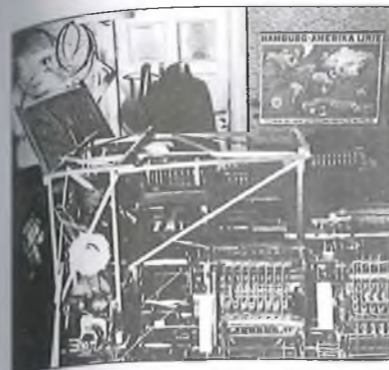
kaptak, azt Szergej A. Lebegyev (67. ábra) és munkatársai fejlesztették ki Kijevben.

Amikor mi, az MTA Kibernetikai Kutató Csoportjában elkezdtük a fejlesztést és Varga Sándor igazgató közbenjárására megkaptuk az egyik legújabb kis-középméretű elektroncsöves számítógép – az M-3 – teljes dokumentációját, sőt egy gép megépítéséhez az összes alkatrészt is, akkor már számtalan szovjet kutatóintézetben fejlesztettek Neumann elvű számítógépeket.

Az írásomnak az utolsó példája két kiváló európai szakemberről szól, akik joggal aspirálhatnak a számítógép felhalálójá címre is.



68. ábra. Konrad Zuse



69. ábra. Zuse Z1

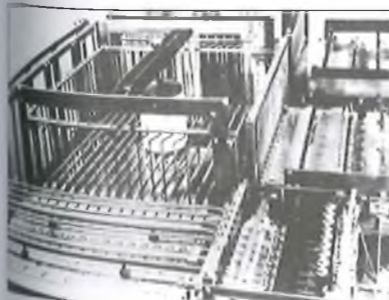
Elsőként a német Konrad Zuse (1910-1995, 68. ábra) kiváló építész-mérnökéről kell beszélnünk. Zuse már diák korában foglalkozott automatákkal, majd az egyetem elvégzése után – 1935-ben – a Henschel Aircraft Company repülőgépgyárba ment, ahol repülőgép-sárkányokat tervezett.

Ez a munkája rendkívül sok számozással járt, ami meglehetősen unalmas tevékenység volt – mondta – ezért kezdett el számoló eszközök tervezésével foglalkozni. A gyárat hamarosan elhagyta, mert úgy látta, számológép-tervezése sokkal izgalmasabb munka a számára.

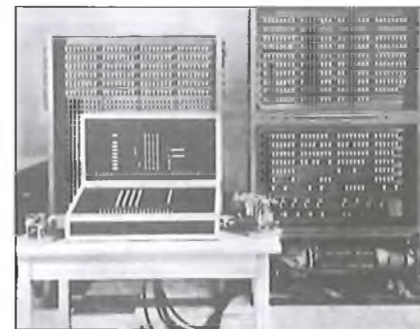
A példaképei: Leibniz, Schickard és Pascal voltak, ugyanis Zuse – kezdettől fogva – a mechanikus konstrukciókhoz vonzódott. Babbage munkásságát és az első lyukkártya-vezérelt számoló-eszközt csak évekkel később ismerte meg, amikor az Amerikai Szabadalmi Hivatalban Babbage gépét bemutatták.

Az első számológépét a szülei lakásában rakta össze, részben a szülei, részben a barátai anyagi támogatásával. A Z1-es gép (69. ábra) mechanikus konstrukció volt, mechanikus bináris elemekből készült és hozzá egy ugyancsak mechanikus bináris memória csatlakozott (70. ábra).

Ez a konstrukció ma is egyedülálló a világon. A mechanikus bináris memó-



70. ábra. Konrad Zuse által épített bináris mechanikus memória

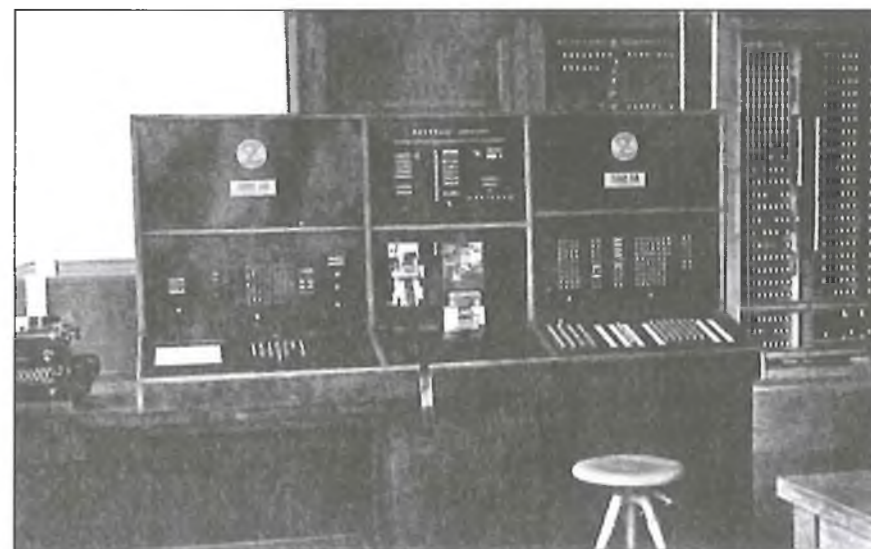


71. ábra. Az újjáépült Z3

riát későbbi gépeiben is felhasználta. Bár megpróbálta, hogy a számológép építéshez anyagi támogatást kapjon, egy magasrangú tisztviselő a terveit még Hitlerhez is eljuttatta, aki azt üzenve vissza: *Nekem hős katonákra és nem számológépekre van szükségem!* El is vesztette a háborút.

Az első elektromechanikus (jelfogós) gépe, a Z3 volt, ami 1941-ben készült el, előbb, mint az amerikaiak jelfogós gépei, az első Harvard és Bell gép, amelyek csak 1944-ben álltak üzembe. (Zuse azonban Kozma László antwerpeni gépeiről nem hallott, pedig azok a harmincas években – tehát Zuse jelfogós gépei előtt – készültek.)

A Z3-nak elég tragikus a története. A gépet Zuse este fejezte be, éppen csak kipróbálta és lefuttatott egy programot. Hazament, amikor gyújtóbomba támadás érte Berlint. Zuse visszarohant a laboratóriumba, bement az égő épületbe, ahol már a gépe is égett. Felkapta a tervrajzait, majd az égő lépcsőházon keresztül elmenekült. A Z3 azért látható ma mégis a Deutsches Müzeumban, mert



72. ábra. A Z4 a zürichi ETH-ban

a megmentett rajzokból Zuse a gépet a háború után rekonstruálta (71 ábra).

Zuse következő gépe, a Z4, a Z3 továbbfejlesztett változata volt. Ugyancsak a háború alatt épült, jelfogókkal és léptető gépekkel, mechanikus, bináris memóriával (72. ábra). A gép története azért végződhetett happy-end-del, mert a gépet Zuse a háború végén, állandó légitámadások közepette egy teherautóra rakta és kimenekítette Berlinből. Végül a Zuse család és a gép egy 'Allgau-i településen, Hintersteinben kötött ki, ahol Zuse egy istállóban ismét üzembe helyezte a gépét. Jól működött.

Útközben két érdekes esemény történt. Az egyik, hogy valamelyik megállóhelyen Zuse összefutott Wernher von Braun-nal, a német rakéatechnika atyjával. Röviden beszéltek a Z4 számítógépről, ahogyan Zuse mondta, von Braun-t a számítógép egyáltalán nem érdekelte, meg sem nézte. Egyébként a megszálló amerikaiak is látták a gépet, de Zuse szerencséjére, se a géppel, se a konstruktőrrel a katonák nem foglalkoztak. Von Braunt annál jobban keresték.

A másik érdekes esemény egy váratlan látogatás volt. 1949-ben egy elegáns gépkocsi állt meg a Hinterstein-i ház előtt, kiszállt belőle Eduard Stiefel, a Zürichi ETH (Eidgenössische Technische Hochschule) professzora, aki rögtön a Z4 számítógép iránt érdeklődött. Zuse bevezette az istállóba, a gépet bekapcsolta, kapott egy feladatot a professzortól, amit a gépen azonnal lefuttatott. A gép hibátlanul működött. Megkötötték az üzletet a zürichi főiskola a Z4-et bérbe vette, ez lett Svájc





73. ábra. Alan Turing

első számítógépe. A bérleti pénzből alapította meg Zuse ismét a vállalatát, a ZUSE KG-t.

Zuse-vel sokat beszélgettünk, egy napig voltunk a felségemmel a vendégei a hünfeld-i házában. Több problémája is volt, az egyik, hogy a háború után, mint németről – hosszú ideig – a szövetségesek számítógépes tudósai nem vettek tudomást. Ezzel kapcsolatban már korábban írt Herman Goldstine-nek, hogy a Neumann elvvel kapcsolatban kifogása van, mert azt ő már korábban kitalálta, ugyanis mindig tárolt programú gépeket készített. Ezért



74. ábra. Az Enigma

nem igazságos, hogy a tárolt program elvét Neumann elvnek hívják.

A beszélgetésünk végén írt egy új levelet Herman Goldstine-nek, amiben ismét leírta ezt a problémáját, és kérte, hogy tegyen annak érdekében, hogy az amerikaiak ismerjék el – a tárolt program elvével kapcsolatban – az ő elsőségét is. Megkért, hogy – mint Goldstine barátja – a levelet adjam át Herman Goldstine-nek. Ezt meg is tettem.

Miután – a látogatásunk után – Konrad Zuse hamarosan meghalt, a levél sorsáról nem tudok, bár alkalmam lett volna Herman Goldstine-től megkérdezni, bevallom, elfelejtettem. Megismerve Zuse tevékenységét, néhány előadásomban a tárolt program elvét már Neumann-Zuse elvként ismertettem, mint ahogyan ebben a dolgozatban is így teszem.



75. ábra. A legendás Bletchley Park

*Konrad Zuse gépeit, miután tárolt programú gépek voltak, számítógépeknek kell tekintenünk.*

A másik kiváló számítógépes úttörő az angol *Alan Turing* (1912-1954) volt. Kiváló matematikus, a háború alatti kódfeltörő tevékenységével lett világhírű (73. ábra). Az angoloktól hallottam: *Turing nyerte meg a II. világháborút.*

Turing a II. világháború előtt ajánlotta szolgálatát a Government Communications Headquarters (GC-HQ) szolgálatnak. Az egyik legfontosabb feladatuk a német hadsereg által forgalmazott kódolt üzenetek dekódolása volt. A németek egy korábbi kódoló gép, az ENIGMA tökéletesítésével egy darabig valamennyi katonai üzenetet – a megfejtés reménye nélkül – kódolni tudtak (74. ábra). Az ENIGMA *Arthur Scherbius* mérnök találmánya volt.

A Bletchley parkban (75. ábra) székelő angol kódfejtő csoport első különleges eredményeit Turing csatlakozása után érte el. Bletchley-ben hama-



76. ábra. A Turing bomba

rosan minden német rádióüzenetet el tudtak olvasni, mondta az egyik kódfejtő. A kódfeltörés technikáját – Turing módszerével (76. ábra) – olyan tökéletes szintre fejlesztették, hogy a tengeralattjárókról küldött, megfejtett üzenetek előbb voltak a brit admirálisok asztalán, minthogy Hitler megkapta volna azokat.

Turing segítségével az angolok megnyerték a tengeralattjárók elleni háborút, és hatásosan vették fel a harcot a csatorna felett támadó repülők ellen is.

A kódfejtéshez kitűnő érzékkel rendelkező Turing tökéletesítette a Turing bombát (77. ábra), ami egy mechanikus logikai eszköz volt, amivel az ENIGMA üzeneteinek a *kulcsát* tudták gyorsan megkeresni. Az ENIGMA kódját általában éjjelkor váltották, a kódváltás után 3-6 órával az angol kódfejtők már el tudták olvasni az ENIGMA üzeneteket.

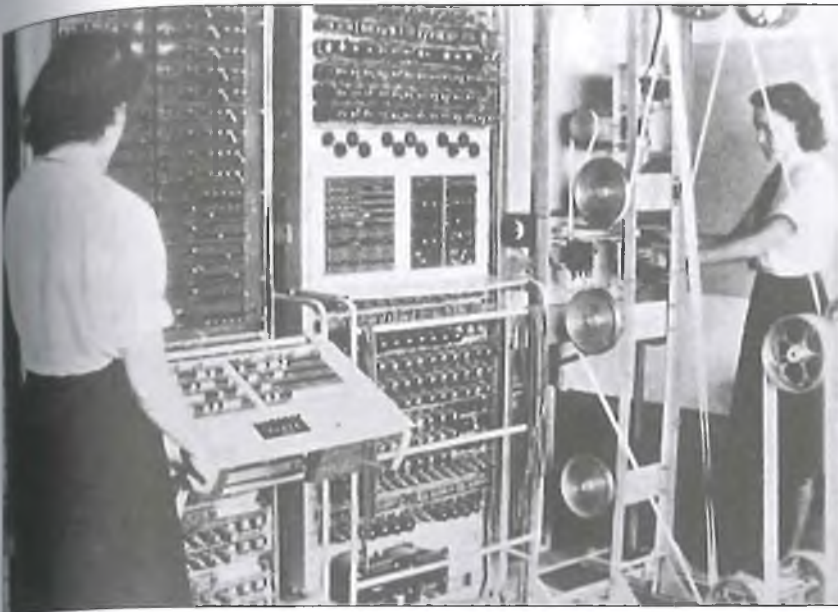
A kódfejtésre egy célgép is készült, aminek a tervezője *Tommy Flowers* volt, de – állítólag – a gép logikai tervében Turing ötletei is benne voltak. A gép – amit *Colossusnak* hívtak – 1943-ban állt üzembe (78. ábra).

A Bletchley parki berendezést – a háború után – Churchill parancsára egy szakasz katona szétverte, a dokumentációkat a kazánházban elégették, így – látszólag – semmi sem maradt belőle. Churchill ezt azért rendelte el, hogy kódfejtés titka örökre titok maradjon.



77. ábra. A Turing bomba 3.





78. ábra. A kódfejtő Colossus 1943-ban üzembe állt



80. ábra. Az újjáépített Colossus

Szerencsére össze tudtak szedni annyi leírást – főleg Amerikából – és régi, de nem használt alkatrészt, aminek a segítségével Tony Sale, a csapat valamikori tagja vezetésével a gépet – 2007-ben – tökéletesen újjáépítették (79...81. ábra). Ma is működik!

Alan Turing a National Physical Laboratory-ban 1950-ben épített egy kísérleti gépet, aminek a *Pilot Ace* nevet adták, a gép Turing számítógépes elveit bizonyította (82. és 83. ábra). A gépen az első program 1950. május 10-én futott le. Hamarosan megépült az ACE (Automatic Computing Engine)

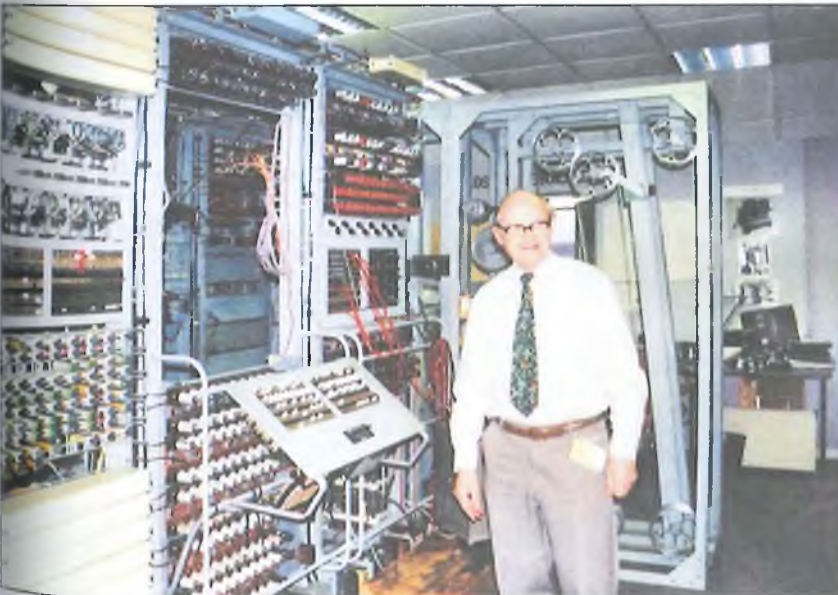
is. Angliában sokan ezt a gépet tartják az első számítógépnek.

Turingnak a hazája, a háború alatti tevékenységéért „nagyon hálás” volt, amikor kiderült homoszexuális hajlama, elbocsátották kódfejtői alkalmazásából és öngyilkosságba hajszolták. 1954. június 8-án halt meg. Ez a méltatlan bánásmód – elsősorban a közvéleményt – rendkívüli módon felháborította, ezért 2009. szeptember 11-én, Gordon Brown brit miniszterelnök a haza nevében kénytelen volt a nyilvánosság előtt bocsánatot kérni Alan Turingtól:

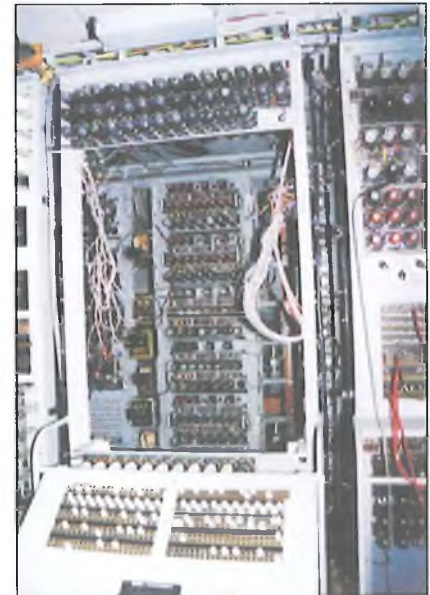
– Tűzész nélkül kijelenthetjük, hogy Turing kiemelkedő tevékenysége nélkül a második világháború története nagyon másként alakult volna. A hála, amivel neki tartozunk, még borzasztóbbá teszi azt az embertelenséget, amiben része volt!

A Pilot ACE valóban lehetett volna az első tárolt programú számítógép, de gyakorlatilag ez is megmaradt kísérletként, nem igazán volt hatása a világ számítástechnikai fejlődésére.

Ne kapkodjunk el a dolgot, mert Angliában van még egy hazai aspiráns az első számítógép címre: a *Manches-*



79. ábra. Tony Sale és az újjáépített Colossus

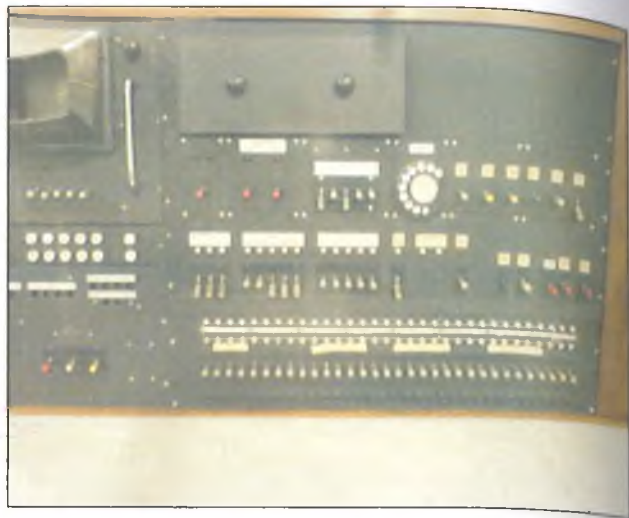


81. ábra. Az újjáépített Colossus





82. ábra. Pilot ACE a londoni Science Múzeumban



83. ábra. A Pilot ACE vezérlőpultja

ter *Small-Scale Experimental Machine* (SSEM), aminek a beceneve: Manchester Baby volt (84. ábra). Erről a gépről az angol számítástechnika-történészek azt írják és mondják, hogy a *Baby* volt a világ első tárolt programú számítógépe (the world's first Stored-program computer). A Victoria University of Manchester-en épült, *Frederic Calland Williams, Tom Kilburn* és *Geoff Tootill* voltak a megalkotói.

A gépen az első program 1948. június 21-én futott le, tehát valóban korábban, mint az EDSAC-on (ami csak 1949. májusában kezdett el működni), vagy a Pilot ACE-en.

Nos, ez a gép valóban az egyik első tárolt programú gép lehetett volna, ha számítógépként alkalmas lett volna a

használatra, de nem volt. Maguk az angolok is a következőt írják a gépről:

*A készülék nem volt egy használható számítógép (computer), azért készült, hogy teszteljék a Williams-csovet, az egyik korai számítógép memóriát.*

Itt jegyzem meg, hogy a memória-csovet *Williams Frederic Calland* találta fel, hogy impulzusokat lehessen a katódsugárcső képernyőjén tárolni. Így hozta létre az egyik első – viszonylag kis helyet foglaló, akkori szemmel nagykapacitású, – számítógép-memóriát.

Neumann is ezzel a csövel építette meg az IAS számítógépet. A leírás szerint az első program, amit a memóriában tároltak, összesen 17 utasításból állt, numerikus feladatot oldottak meg, a megoldás 52 percig tartott. Vélemé-

nyem szerint sem a Pilot Ace-t, sem a Baby-t, mint kísérleti berendezéseket sem lehet igazán tárolt programú számítógépnek tekinteni.

Ezután a válaszom a címben feltett kérdésre:

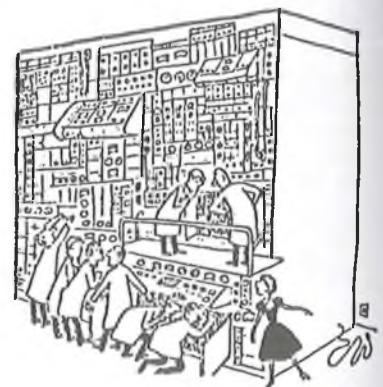
*Neumann János tekinthető a számítógép feltalálójának, aki megfogalmazta tárolt program elvét, és megalkotta minden mai számítógép „ősatyját”, az IAS számítógépet! A számítástechnikában a tárolt program elve még ma is a legmaradandóbb alkotás, amit Neumann János 1945. június 30-án, tehát 66 éve írt le a First Draft-ban. Ez szinte az egyetlen olyan számítástechnikai elv, amely – majdnem hét évtizede – semmit sem változott.*

*Sajnos, Konrad Zuse hatása a korai számítástechnikára nem lehetett jelentős, miután a háborús Németországból Zuse eredményei nem jutottak el a világ tudósaihoz.*

Az pedig a kedves olvasótól függ, hogy mennyiben ért egyet a véleményemmel.



84. ábra. SSEM Manchester



Nem ez a baj?

# A Microchip PIC18 mikrovezérlőmag átalakulása 2000–2011 között

Dr. Madarász László



## MICROCHIP

dás, a speciális funkciójú regiszterek (SFR) alkalmazása tette lehetővé. A mikrovezérlő magja változatlan, a további részleteket, perifériákat vezérlő regiszterek beállításával lehet kezelni. Ezek a speciális funkciójú regiszterek (az SFR területen). Ha egy következő családtag új belső egységgel bővül, csak az SFR területen kell számára egy vagy több új regisztert biztosítani. Nem változik emiatt a CPU, nem változik az utasításkészlet. A család bővítésekor ezért az SFR terület átalakulása, változása megszokott esemény.

Az tehát természetes egy mikrovezérlő-család esetében, hogy az egyes áramkörökben eltérő számú, jellegű perifériát találunk. Változik pl. az időzítő/számláló száma, a párhuzamos portok száma. A PIC18 sorozatban az évek során új perifériák is megjelentek. A korszerű adatátvitel és a gépjárműipar igényeinek megfelelően USB és CAN illesztő került az áramkörökbe, a képernyős alkalmazásokat az LCD-vezérlő egység szolgálja. Különleges alkalmazásokat (pl. érintőképernyős megjelenítést) tesz lehetővé a töltési időt mérő egység (Charge Time

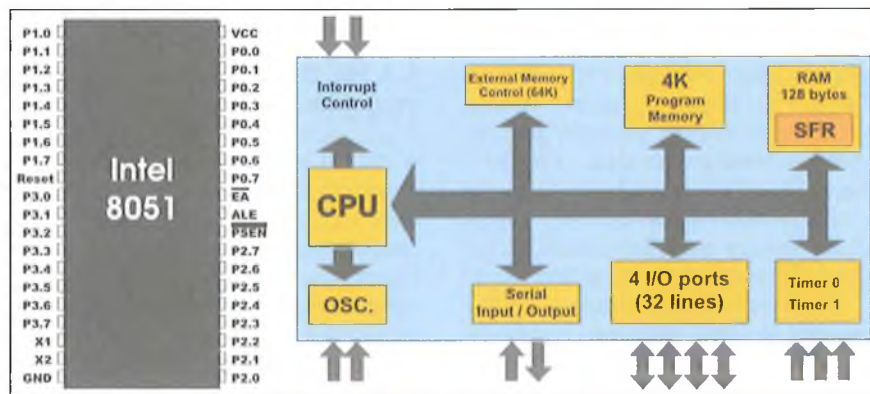
Measurement Unit, CTMU). Néhány áramkörben a feszültségosztóra épülő, programozható referencia-feszültség előállító áramkör már mint önálló D/A modul jelenik meg.

Egyes perifériák jelentősen átalakultak. A beépített A/D konverternél programozhatóvá vált az egyes analóg csatornáknál a mintavétel időpontja. Az időzítő/számláló áramköröket „szervező” modul, a CCP (Capture/Compare/PWM) a mai áramkörökben így jelenik meg: ECCP. Az E az Enhanced, javított, továbbfejlesztett jellegre utaló betű. Az ECCP modulok esetében a továbbfejlesztés eredményeként fél- és egész hidak PWM vezérlése is lehetségessé vált.

Olyan finomságokra is ügyelt a Microchip, hogy a hidban alkalmazott tranzisztoroknál a bekapcsolási folyamat rövidebb, mint a kikapcsolási. Ezért, ha egyszerre változik két tranzisztor vezérlője, egy rövid időre a tápfeszültség (a még nyitott és a már nyitott tranzisztoron keresztül) rövidzárra kerül.

Hasonló ez a jelenség, mint a CMOS alapinverternél, ahol tulajdonképpen ebből az áramtűskéből adódik a CMOS IC tápáramfelvétele.

A nagyobb teljesítményeket kapcsoló tranzisztorok esetén ez a jelenség károsíthatja az elemeket, az ECCP-ben a PWM jel kezelésekor ezért programozható, hogy milyen időkülönbség legyen a vezérlés nélkül maradó tranzisztor és a bekapcsolásra kerülő új tranzisztor vezérlőjelei között.



A Microchipnek, a PIC mikrovezérlők gyártójának legnagyobb teljesítményű nyolcbites mikrovezérlői a PIC18 áramkörök. 2000-ben jelentkezett a cég ezzel az új családdal, aminek akkor mindössze négy tagja volt: a PIC18C242, a PIC18C252, a PIC18C442 és a PIC18C452. A gyártó az áramkörök bemutatásakor elárulta: a teljesen új felépítésű mikrovezérlők rendszertechnikáját, belső elemkészletét úgy alakították ki, hogy a C nyelven történő programozáshoz a lehető legjobban illeszkedjék.

A mikrovezérlők gyártásával sok cég foglalkozik. Mindegyikük családokat fejleszt, azaz kidolgoznak egy CPU-t, egy magot, és ezt különböző perifériákkal szerelik fel, változtatják a programtár, az adattár méretét, más és más adatátviteli megoldásokat építenek be. Az így kifejlesztett mikrovezérlők alkotják a családot. Mivel azonos a CPU, azonos az utasításkészlet, a család tagjait ugyanazzal a fejlesztőrendszerrel lehet kezelni.

Az egyik ilyen család a 8051-es, amit a '60-as évek közepén az Intel dolgozott ki. Olyan jól sikerült ez a CPU, hogy a mai napig több mikrovezérlőgyártó is fejleszti a család újabb és újabb tagjait!

A Microchip 1989 óta van jelen a mikrovezérlők piacán. A fontosabb áramkör-családjaik a PIC16C5x, a PIC16Cxx, a PIC17C, majd a PIC18C voltak. A PIC16C5x elemeket már nem gyártják, de 8 és 6 lábú kis mikrovezérlőkként még életben tartják azt a CPU-t is, bár felfrissítve. A PIC16Cxx áramkörök Flash programtárat kaptak, jelenleg is fejlesztett, kedvelt család.

A PIC17C sorozatban is megjelent a Flash memória, de ezzel együtt sem bizonyult életképesnek a sorozat, ma már nem gyártja a Microchip. Annál sikeresebb a PIC18 család, aminek a változásairól a következő oldalakon lehet olvasni.

A széles választékot nyújtó mikrovezérlő-családok kialakításának lehetőségét az Intel által a 8051-es mikrovezérlőkhöz kialakított újszerű megol-

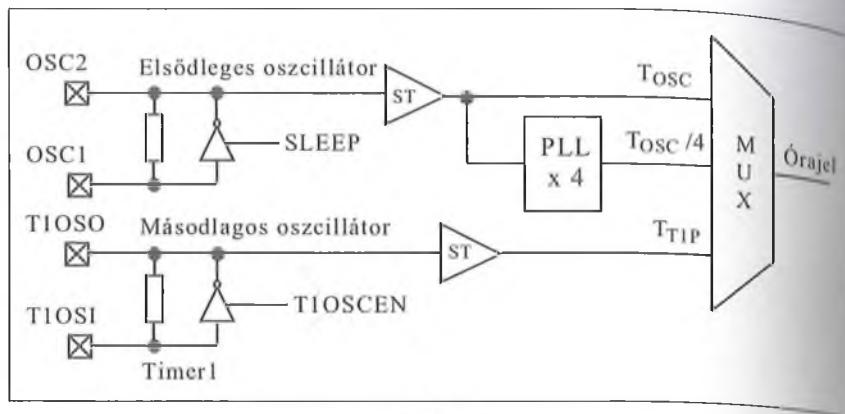


A kommunikációs port, a USART helyett is módosított változat jelent meg, az EUSART, amit egyes áramköröknél a katalógus EAUSART-ként említ. Ennél a modulnál lehetővé tette a Microchip, hogy címeket tudjanak küldeni, illetve detektálni a kommunikáció résztvevői, így címezhető kapcsolatok jöhetnek létre. Az EUSART másik újdonsága az aszinkron átvitel kezdetén a baud-rate automatikus detektálása. Az EUSART modul kompatibilis a LIN busszal, így ilyen jellegű adatkapcsolatra is alkalmas.

Mindezek a változások, fejlesztések természetesen, minden mikrovezérlő-családon belül előfordulnak. A Microchip azonban magát a CPU-t, a PIC18 magot is átalakította, továbbfejlesztette. Az órajelet előállító modul teljesen új részletekkel bővült. A programmemória lecserélése EPROM-ról Flash típusra további nagy változásokhoz vezetett. Sőt, a mikrovezérlő-család alapvető jellemzője, az utasítás-készlet is bővült! A következő oldalakon azt a jelentős változást kívánjuk érzékeltetni, amin a PIC18 család központi egysége 11 év alatt keresztülment. Ugyanakkor a fejlesztésre a felülről kompatibilitás a jellemző, így az új mikrovezérlőkön (esetleg többkevesebb módosítással) a régebbi programkódok, rutinok, megoldások még felhasználhatóak maradtak.

A 2000-ben megjelent első PIC18 mikrovezérlők típusjelében a C betű után három számjegy állt. A jelenleg gyártott áramkörök mindegyikénél négyjegyű a típusjel szám része, esetleg két számjegy után, az utolsó kettő előtt egy betű is megjelenik (J vagy K). Az első elemekre ezért így is utalhatunk: PIC18Cxxx, máshol így hivatkozunk rájuk: az eredeti PIC18 mikrovezérlők. A jelenleg gyártott mikrovezérlőkre, mint maiakra hivatkozunk, vagy PIC18F jelöléssel. Egyes jellemzők, tulajdonságok azoknál a mikrovezérlők-nél fedezhetők fel, melyeknél a típuskód négy számjegy fele közepén J vagy K betű áll. Ezekre precízen PIC18FxxJxx illetve PIC18FxxKxx módon kellene utalni, de a rövideg kedvéért gyakran csak így hivatkozunk rájuk: PIC18FJ, illetve PIC18FK áramkörök. Ha pedig a mikrovezérlő-család egészére vonatkozik egy-egy megállapításunk, akkor a PIC18 áramkörökről beszélünk majd.

A következő fejezetekben a CPU egy-egy területét, részletét vizsgáljuk meg, és bemutatjuk, hogy a mai PIC18F mikrovezérlőknél milyen elté-



1. ábra

réseket láthatunk az eredeti megoldásokhoz képest. A PIC18F áramkörökben levő magnak csak azokkal a részleteivel foglalkozunk a továbbiakban, amelyek az eltelt évek alatt módosultak, megváltoztak. Érdekes megfigyelni, hogy milyen kompromisszumokat talált a Microchip a CPU egyre hatékonyabb kialakításához szükséges átalakítások és a család-elv miatt érvényes megkötések között.

Fontos előrebecsíteni, hogy a Microchip intenzíven fejleszti ezt a családot, a cikk megírása és megjelenése között eltelt időben bizonyosan új részletek is megjelennek a CPU-nál. Jelenleg 205 darab PIC18F mikrovezérlő található meg a gyártó honlapján. Ezek feldolgozásával készült ez az éttekintés, ezek esetében fogjuk a mag változásait feltárni.

Semmiképpen nem vállalkozunk arra, hogy a PIC18 mikrovezérlőket teljes egészében bemutassuk, sem az eredeti PIC18C áramköröket, sem a mai PIC18F változatokat. Ez a néhány oldal csak arra kívánja felhívni a figyelmet, hogy ha ismerünk néhány PIC18 áramkört és egy újat veszünk a kezünkbe, mindenképpen alaposan át kell tanulmányozni a katalógusát, mert egyébként kellemetlen meglepetésekben lehet részünk.

## 1. A PIC18 mikrovezérlők órajel-megoldásai

A PIC18Cxxx mikrovezérlők oszcillátoregységét az 1. ábrán tekinthetjük meg. Ezek a mikrovezérlők két „külső” órajelforrást használhatnak, az egyik a főoszcillátor (elsődleges oszcillátor), a másik az alternatív (másodlagos oszcillátor); ezeket szoftverből is lehet váltani. (A Microchip néha különböző névvel illeti az egyébként azonos áramköri

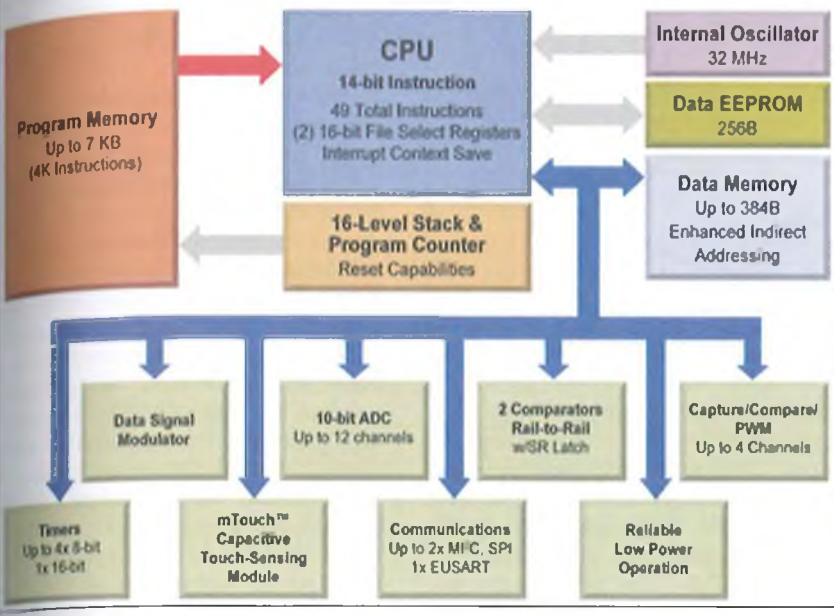
egységeket a különböző katalógusokban!) A főoszcillátor frekvenciáját belső PLL áramkörrel négyszerezni is lehet. A Microchip sajátos módon azokat az oszcillátorokat nevezi külsőknek, melyeknél a frekvenciameghatározó elem (rezgőkvarc vagy kerámia rezonátor) kívülről csatlakoztatható a mikrovezérlőhöz.

A PIC18xxx mikrovezérlők oszcillátora konfigurálható, az üzemmódot konfigurációs bitekkel lehet kijelölni (a CPU legfeljebb 40 MHz-es órajelet kaphat). A nyolc kialakított oszcillátor-üzemmód:

- LP, kisfrekvenciás kvarcoszcillátor,
- XT, közepes frekvenciatarományú kvarcoszcillátor,
- HS, nagyfrekvenciás kvarcoszcillátor,
- HSPLL, nagyfrekvenciás kvarcoszcillátor, frekvenciagyorsító PLL kiegészítéssel,
- RC, külső RC-tagos oszcillátor, kivezetett FOSC/4 órajellel,
- RCIO, külső RC-tagos oszcillátor, RA6 I/O ponttal,
- EC, külső órajel, kivezetett FOSC/4 órajellel,
- ECIO, külső órajel, RA6 I/O ponttal.

Egy fontos megjegyzés: a mikrovezérlők ismertetésekor a Microchip a párhuzamos portok pontjait úgy jelöli, hogy egy R betű után megjelöli a port betűjelét, majd a csatlakozópont számát, így pl. az RA6 az A jelű párhuzamos port 6-os lába. Az XT, LP, HS és HSPLL üzemmódokban a felhasználható frekvenciameghatározó elem egy párhuzamos rezonanciafrekvenciájú rezgőkvarc, illetve kerámia-rezonátor, ami az OSC1 és az OSC2 pont közé kapcsolódik. A külső RC-tagos oszcil-

**PIC16F1826/7 Block Diagram**



- INTIO1, belső RC-oszcillátor, kivezetett FOSC/4 órajellel (RA6) és I/O ponttal (RA7),
- RCIO, belső RC-oszcillátor, két I/O ponttal (RA6 és RA7).

Az INTOSC blokkban levő belső oszcillátorok frekvenciáját RC tag határozza meg. A kimenetüknél alkalmazott frekvenciaosztó és multiplexer lehetővé teszi, hogy programból különféle frekvenciákra állítsuk be ezt a belső órajelet.

A HFINTOSC a mikrovezérlő órajelét szolgáltathatja, ha így konfiguráljuk az áramkört. Az LFINTOSC jele is használható belső órajelként, de van néhány működési mód, ami automatikusan ezt a kisfrekvenciás belső oszcillátort használja fel (ezekről a későbbiekben szólnunk majd):

- a reset folyamat időzítő áramkörre,
- az órajelmonitor (FSCM),
- a programfutást ellenőrző számológó (WDT),
- a kétsésséges indítás.

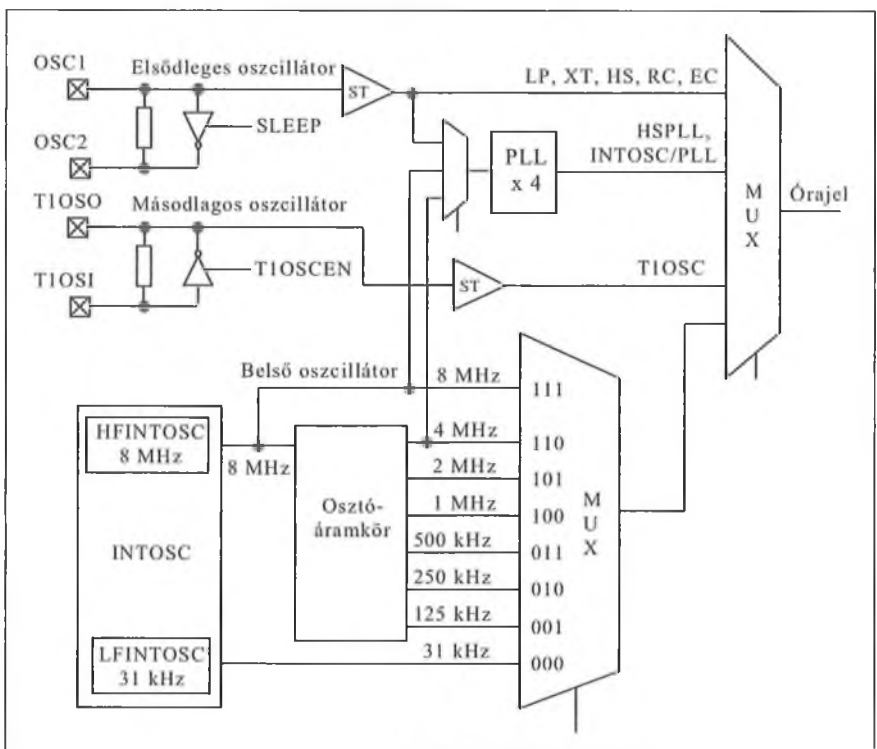
látor frekvenciáját egy külső RC tag (R<sub>ext</sub> és C<sub>ext</sub>) állítja be, de az erősen függ a tápfeszültségtől, a hőmérséklettől is. Az OSC2/CLKOUT IC-lábon az oszcillátorfrekvencia negyedrésze lép ki. Az RCIO mód beállítása esetén mincs kimenő órajel, az OSC2 pont általában célú I/O-ként hasznosítható (RA6).

Az EC üzemmód esetén a külső órajel az OSC1 ponton fogadja a mikrovezérlő, az OSC2 ismét az FOSC/4 kimenet. Az ECIO beállításakor az utóbbi pont ismét I/O célra használható fel, akárcsak az RCIO beállítás esetében.

A PIC18 mikrovezérlőkbe beépített PLL (fáziszárt hurok) lehetővé teszi, hogy az alaposzcillátor frekvenciájának négyszeresével működjön a CPU; így pl. 10 MHz-es oszcillátor mellett a tényleges órajel már 40 MHz frekvenciájú lesz. Ha az alkalmazás lehetővé teszi, időszakosan célszerű lehet a mikrovezérlőt alacsonyabb frekvenciájú órajellel használni (kisebb fogyasztás mellett). Erre a célra szolgál a Timer1-ből kialakított másodlagos oszcillátor. A TIOSI-TIOSO közé kapcsolható egy kisfrekvenciás kvarc (pl. 32 768 Hz) vagy kerámiarezonátor.

A PIC18F mikrovezérlők oszcillátor-rendszere a két „külső” oszcillátor mellett „belső” oszcillátorokat is tartalmaz (emlékeztetünk rá, hogy a Microchip szóhasználatában a „belső” oszcillátor olyan áramkört jelent, ami-

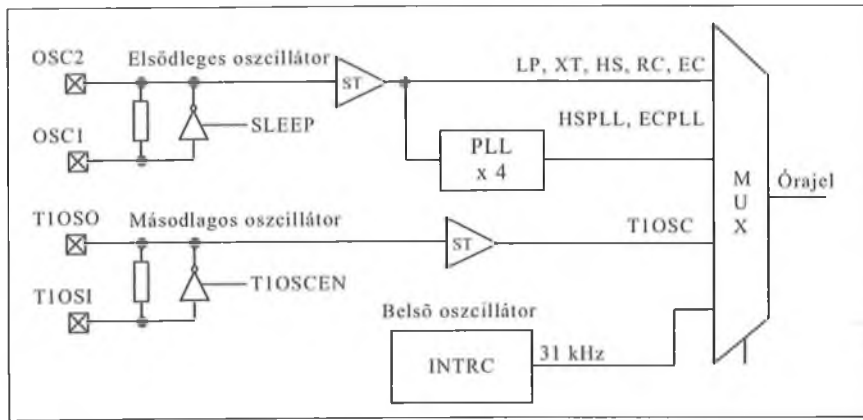
nek az időzítő-eleme, jelen esetben az RC tagja is a mikrovezérlő belsejében található). Példaként a **2. ábrán** a PIC18F8722 oszcillátor-elrendezését mutatjuk be. A belső oszcillátorok megjelenése után a lehetséges oszcillátor-üzemmódok két továbbival bővültek:



**2. ábra**

Az órajelmonitor és a kétsésséges indítás az eredeti PIC18 áramköröknél még nem volt kialakítva, ezek csak az újabb mikrovezérlőkben találhatóak meg. Ugyanakkor a bemutatott alapelrendezéstől sok esetben eltér a





3. ábra

Microchip. Találkozhatunk más szorzószámot megvalósító PLL áramkörrel, illetve elő- és utóosztóval ellátott PLL-lel is. Egy-egy mikrovezérlőben más órajeleket lehet a PLL egységhez vezetni bemenőfrekvenciaként. Egyes perifériák speciális órajeleket igényelnek (pl. az USB port), ennek megfelelő az oszcillátorblokk is. Változhat a HFINTOSC frekvenciája is, több esetben ez 8 MHz helyett 16 MHz.

A PIC18F áramkör órajelét az oszcillátort vezérlő SFR regiszterben (OSCCON) levő kiválasztó bitekkel (SCS1, SCS0) lehet kijelölni. A bemutatott oszcillátorblokknál pl. három eset lehetséges:

- 00: elsődleges oszcillátor, a jellegét a konfigurációs bitekkel határozzuk meg,
- 01: másodlagos oszcillátor, a Timer1-ből kialakítva,
- 1x: belső oszcillátorblokk (az RC-oszcillátorok kimenete vagy leosztott jele).

A belső oszcillátorblokk multiplexerét is az OSCCON-ban levő vezérlőbitek állítják be a kívánt frekvenciának megfelelően.

A PIC18 mikrovezérlők többségénél konfigurációs bittel engedélyezhető a kétsebességű indulás (Two-Speed Start-up). Akkor használható, ha az elsődleges oszcillátor LP, XT, HS jellegű, azaz kvarckristállyal vagy kerámiarezonátorral működő külső oszcillátor. Ezek az oszcillátorok, amelyeknél a frekvenciameghatározó elem rezgőkvarc vagy kerámiarezonátor, a tápfeszültség bekapcsolását követően csak hosszabb idő után adnak szabályos impulzusokat (hosszú a feléledési idejük). Igaz, hogy a bekapcsolási reset folyamatot a helyes belső működés érdekében több megoldással is elnyújtják, de

ennek az a következménye, hogy a bekapcsolást követően jelentős ideig még nincs CPU működés, programvégrehajtás. Különösen kellemetlen ez, ha a mikrovezérlő többnyire sleep (csökkentett fogyasztású) állapotban van, egy-egy külső hatás (pl. egy nyomógomb működtetése) ébreszti, amikor néhány utasítást kell végrehajtania és ismét sleep állapotba kerül. A kétsebességű indítás ilyen alkalmazás esetén jelentősen gyorsítja a működést, csökkenti az áramkör fogyasztását.

A belső RC-oszcillátorok igen rövid idő alatt működőképesek, a sleep állapot alatt pedig folyamatosan működnek is. Ezért dolgozta ki a Microchip a kétsebességű indulási megoldást. A tápfeszültség bekapcsolásakor, illetve a sleep állapotból ébredéskor a beállított elsődleges kvarcoszcillátor helyett a belső CR-oszcillátorról indul a CPU. Így a programvégrehajtással nem kell kivárni az elsődleges oszcillátor és a PLL áramkör teljes működőképességét, az utasításokat már az RC-oszcillátor kisebb sebességével ugyan, de elkezd végrehajtani a CPU. Különösen előnyös ennek az üzemmódnak a beállítása akkor, ha a mikrovezérlő többnyire sleep állapotban van, egy-egy külső esemény aktivizálja, amikor csak néhány utasítást kell végrehajtania, s visszatérhet a sleep állapotba. Ilyenkor a kvarcoszcillátor még fel sem éled, a felébredő mikrovezérlő befejezi a feladatát és visszatér a sleep helyzetbe. Mindezzel időt és tápenergiát lehet megtakarítani.

Az újabb fejlesztésű PIC18F mikrovezérlők már üzembiztos órajelet garantáló monitor-rendszert (Fail-Safe Clock Monitor, FSCM) is tartalmaznak. Ez az áramkör azt biztosítja, hogy ha a CPU külső oszcillátorral működik és az meghibásodik, a CPU ne marad

jon órajel nélkül. Ilyen helyzetben a monitoráramkör automatikusan átkapcsol a belső oszcillátor-blokkra, az RC-oszcillátorokra. Az FSCM működést is konfigurációs bittel lehet engedélyezni.

Ha az FSCM az órajel hiányát érzékeli, megszakítást generál, átkapcsol a belső RC-oszcillátorokra és törli a WDT-t. Az átkapcsolás után egy reset folyamat vezetheti vissza a mikrovezérlőt a normálállapotba, vagy egy csökkentett fogyasztású állapot zárhatja le ezt a működési fázist (sleep vagy idle). A reset után a kétsebességű induláshoz hasonló folyamat játszódik le, a belső oszcillátorblokk impulzusaival indul a CPU, majd átkapcsol a beinduló külső oszcillátorra (amennyiben az az újrainduláskor helyesen működik).

A kisebb tápfeszültségű, de nagyobb sebességű 18FJ változatok oszcillátorblokkja sem egység. Van olyan „J” jelű mikrovezérlők, amelyekben a megismert elrendezést alakította ki a Microchip. Más esetekben jóval egyszerűbb oszcillátor-kialakítást találunk. A 3. ábra a PIC18F45J10 órajel-előállító áramkört mutatja be.

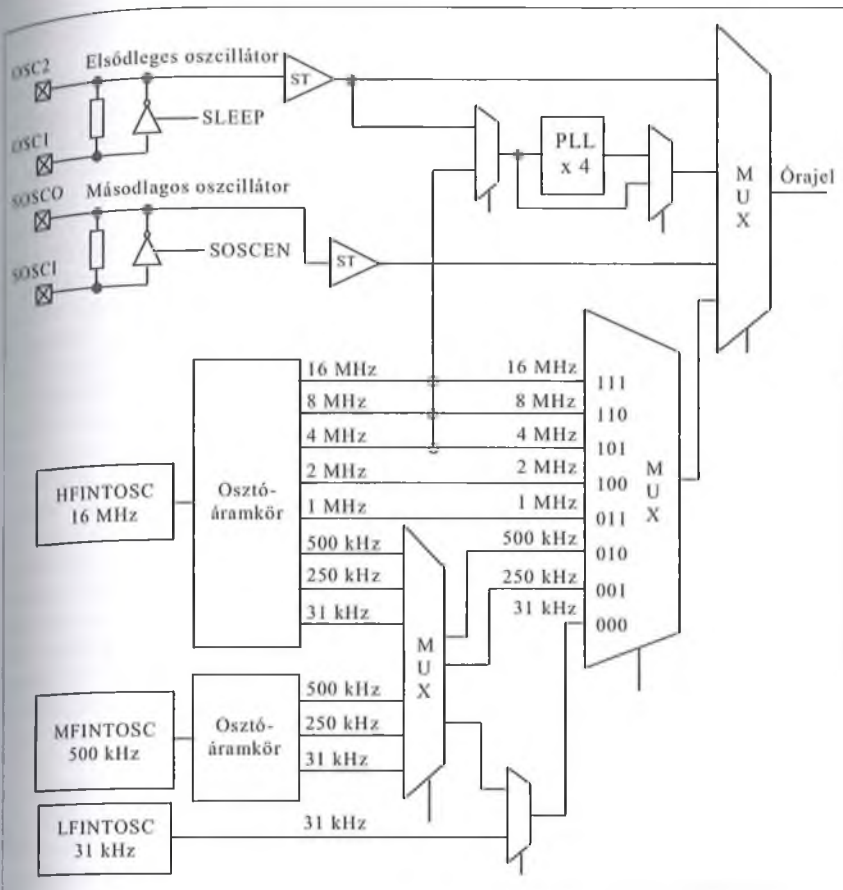
A 18FK változatok legnagyobb órajelfrekvenciája 64 MHz. Ezeknél az áramköröknél is eleinte a 2. ábra szerinti oszcillátorblokkot építette be a Microchip. Az újabb, nagy hatékonyságú „K” jelű mikrovezérlőkben azonban már továbbfejlesztett áramkört találunk, pl. a PIC18F87K22-ben is (4. ábra).

## 2. A PIC18 mikrovezérlők programmemóriája

A Harvard architektúra lehetőségeit kihasználva a programmemória és az adatmemória önálló, eltérő szervezésű terület a mikrovezérlőkben, így a PIC18 áramkörökben is. A Microchip már a legelső nyolcbites áramkörökben is kihasználta a független kezelést, és 12 bites programmemóriát alkalmazott. Ezt a technikát továbbfejlesztve, a szintén nyolcbites PIC18 mikrovezérlőkben 16 bites szóhosszúságú az utasítás, így 16 bites szavakat tárol a programmemória is (egy-egy szó két memória-rekesz).

### 2.1. A belső programmemória felépítése

Mint már tudjuk, a PIC18 mikrovezérlők bevezetésekor (akárcsak a korábbi PIC családoknál) a programme



4. ábra

használói szoftver általában ezeket a területeket is képes elérni, a táblázatkezelő utasításokkal. Egyes típusoknál nincs létrehozva ez az extra Flash terület. Az ilyen mikrovezérlőknél a programmemória legfelső címein kellett elhelyezni a konfigurációs információt (minderről bővebben a konfigurációs bitekkel foglalkozó fejezetben olvashat).

Bár a PC és a veremtár használata nem változott a PIC18 mikrovezérlők fejlesztése során, a későbbiek megértése érdekében röviden szólnunk kell róluk.

A programszámláló (PC) tartalmazza azt a programmemória-címet, ahonnan a következő utasítás beolvasásra kerül. A PC 21 bites, és három nyolcbites regiszterből áll (PCL, PCH, PCU). A legkisebb nyolc bitet tartalmazó PCL közvetlenül kezelhető, a felsőbb biteket tartalmazó két rekeszt közvetlenül nem lehet írni, csak ezek tárolóregisztereit (PCLATH, PCLATU). Minden utasítás, ami a PCL tartalmát átírja, egyúttal a PCLATH és a PCLATU tartalmát is betölti a PC megfelelő regisztereibe. Ha kiolvassuk a PCL-t, a magasabb címbytek is átíródnak a PLATH és a PLATU regiszterekbe. A CALL, RCALL, GOTO és az elágaztató utasítások közvetlenül írják a PC-t, ezekben

mória EPROM volt, a típusjelben C betű szerepelt (PIC18Cxxxx). Az egyes típusokat két változatban készítették el. Az egyik fajta kivételül a fémkerámia tokozáson kvarcablak volt a csip felett, így a program-EPROM tartalmát ultraviolet fényforrással ki lehetett törölni (akárcsak a közönséges EPROM IC-k esetében). Ezeket az áramköröket a fejlesztéshez ajánlották, hiszen így lehetséges volt az alakuló program sorozatos javítása, módosítása. Ha egy fejlesztésben eljutottak a sorozatgyártásig, a termékbe nem lett volna gazdaságos a magas árú kvarcablakos áramkör beépíteni, ráadásul a biztonságos működés érdekében meg kellett volna gátolni az akaratlan törlést. A sorozatgyártáshoz a gyártó ugyanazokat a csipeket zárt, olcsó műanyag tokozásban is forgalmazta. Ezekbe a programot ugyanúgy lehetett betölteni, mint a kvarcablakosba, de törölni már nem lehetett a tartalmat.

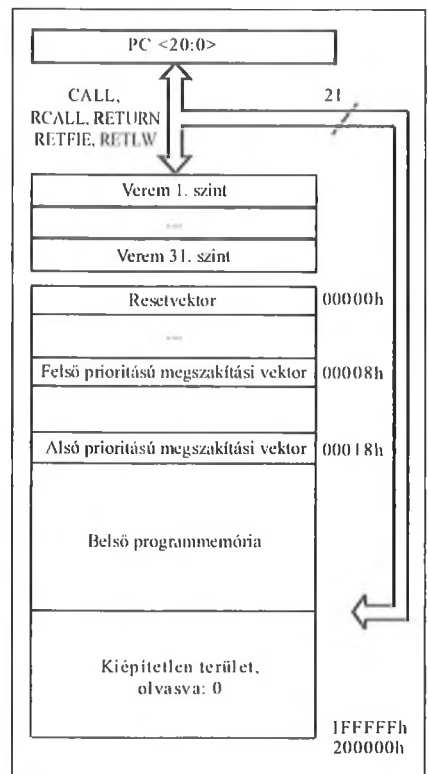
Később áttért a Microchip a Flash memória alkalmazására (PIC18F...), s ma már kizárólag ezzel a programmemóriával készülnek az áramkörök. Azt lehetnének, hogy erről többet nem is le-

het elmondani, de egyáltalán nem így van! Az EPROM és a Flash kezelése nagymértékben eltér egymástól, ez az eltérés jelentkezett a PIC18F mikrovezérlők használatában is.

A programmemória felépítését az 5. ábra mutatja be. Ezen az ábrán nem látszik, hogy a korai, EPROM-os vagy a mai, Flash jellegű memóriáról van-e szó. Az utasításoknál a szóhossz 16 bit, de a programmemóriában a rekeszek 8 bitesek (1 bajt szélességűek). Egy egy- szavas utasítás így két tárrekesznyi helyet foglal el. Az utasításokat a programozó készülékek mindig páros címre helyezik.

Az ábrán látható, hogy három kitüntetett cím szerepel a programmemóriában. A resetvektor 00000h, a két megszakítási vektor pedig 00008h és 00018h. A jelenleg forgalomban levő PIC18F mikrovezérlőknél a legkisebb belső programmemória 4 KiB, a legnagyobb pedig 128 KiB.

A PIC18F változatok többségénél a 200000 cím felett is van fizikailag kialakított Flash terület, elsősorban a konfigurációs bitek és az azonosító adatok tárolására. Sajátos módon a fel-



5. ábra



az esetekben a PCLATU, PCLATH nem játszik szerepet, de nem is változik meg.

Elsősorban a CALL, RCALL utasítások, és az elfogadott megszakítások címmentését szolgálja ki a 31 cím befogadására alkalmas veremtár (címmentő verem, stack). A rutinokból a RETURN, a RETLW vagy a RETFIE utasítással oldható meg a visszatérés, ekkor töltődik vissza az elmentett cím a PC-be. A veremből a kiegészítő utasításkészlet két eleme (ADDULNK és SUBULNK) is visszatölti a tartalmat a PC-be. A verem rekeszei 21 bitesek, teljes címet tárolnak, a verem nem része sem a programmemóriának, sem az adatmemóriának. Az SP értékét áramkörök figyelik és státuszbitet jelzik, ha a veremmutató kilép a megengedett tartományból.

A veremtármutató (stack pointer, SP) ötbités, reset után 00000b tartalmú. Címmentéskor először inkrementálódik az SP, majd az így kialakult új verempozícióra helyezi el a CPU a mentett címet. A 00000b SP címet tehát normál működése során nem használja a verem. Egy cím visszatöltésekor először az aktuális veremrekeszből kiolvassódik a tárolt érték, betöltődik a PC-be, majd az SP dekrementálódik.

A verem pillanatnyi teteje (Top Of Stack, TOS, az SP által kijelölt veremrekesz) olvasható és írható. A felhasználó is el tud helyezni adatot itt, a verem tetején, és ki is tudja olvasni a mentett adatokat. Ezeket a működések SFR regisztereken keresztül lehet megvalósítani, ugyanis az SFR területen levő TOSU (legfelső bájtt), TOSH (felsőbb bájtt) és TOSL (alsó bájtt) is tartalmazza az SP által pillanatnyilag mutatott veremrekesz, azaz a TOS tartalmát.

A TOS kezelő utasítások alkalmazásával akár szoftver vermet is kialakíthat a felhasználó. Egy szubrutinra ugrás után kiolvasható és áthelyezhető a visszatérési cím, a RETURN előtt pedig betölthető a TOS.

A veremtármutató (SP) az STKPTR regiszterben található, s az a két jelzőbit is itt kapott helyet, melyek a veremtármutató helytelen értékét jelzik (STKFUL és STKUNF). Az STKPTR programból is elérhető, írható és olvasható, így különleges veremműveleteket lehet végrehajtani. A verem jelzőbitjei a hibás kezeléssel informálnak. Ha pl. reset után 31-szer történik címmentés RETURN nélkül, az SP túlsordul és az STKFUL = 1 lesz (csak szoftverrel vagy bekapcsolási resettel törölhető ezután). A további eseményeket az STVREN konfigurációs bit határozza meg. Ha STVREN = 1, a mikrovezérlő resetelődik, az SP 0-ra vált. Ha STVREN = 0, az SP 31-re vált, ide ment, a további mentésekkor az SP nem változik, felülírja ezt a veremrekeszt.

Ha a veremből többször kíván a CPU visszatölteni, mint ahányszor korábban mentett – az SP alulcsordul (amint felveszi az SP = 0 értéket). Az STKUNF = 1 lesz (ezt is csak szoftver vagy resetfolyamat törölheti). A következő eseményeket ismét az STVREN határozza meg, 1 értéke resetet vált ki, 0 értéke esetén az SP tovább nem változik.

A PUSH és a POP utasítás-kettős is a veremtetőt (TOS) kezeli. A PUSH utasítás hatására az SP inkrementálódik, az új rekeszbe betölti a PC + 2 értéket, egyúttal a TOSU, TOSH, TOSL is beáll az új tartalomnak megfelelően. A POP utasítás dekrementálja az SP-t, így az előzőleg elmentett cím kerül TOS

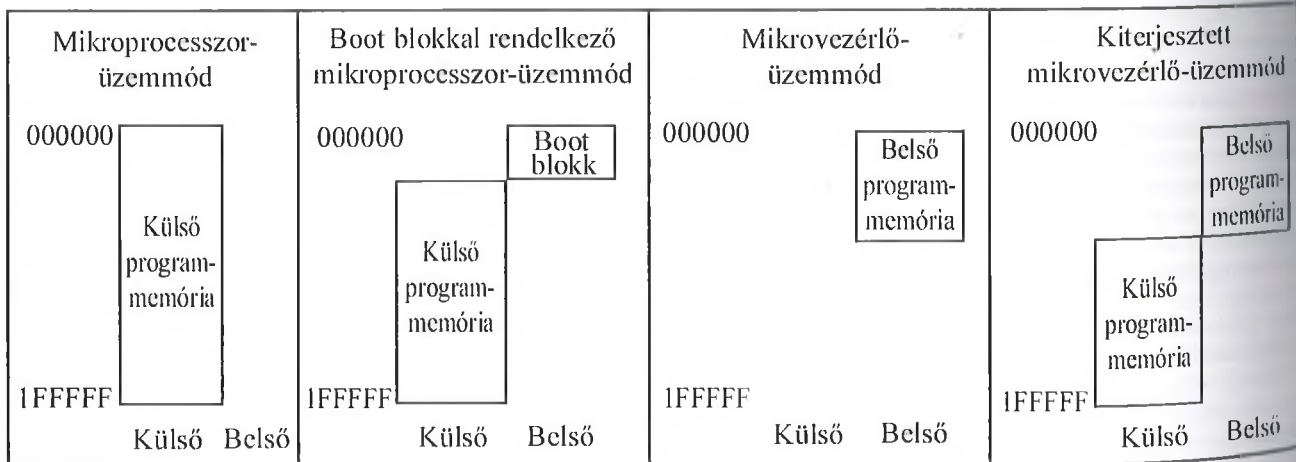
pozícióba (és a TOSU, TOSH, TOSL regiszterekbe).

A PIC18 mikrovezérlőkben kialakítottak egy további, speciális veremrekeszt is, amit gyorsveremnek (Fast Register Stack) nevez a Microchip. A gyorsverem elsősorban azt a célt szolgálja, hogy egy megszakítás kezelésénélkor a STATUS, a WREG és a BSR tartalma automatikusan elmentődjön a szubrutin végén pedig visszatöltődjön. Három árnyékregiszterbe kerülnek a tartalmak, a STATUS (a STATUS tartalma befogadására), a WREGS (a WREG számára) és a BSRS (a BSR tartalma befogadására). Megszakítás elfogadásakor az árnyékokba a három regiszter tartalma automatikusan átkerül. A CALL utasításoknál a használatuk opcionális. A RETURN utasításoknál kérhető a gyorsveremből történő visszatöltés. Ez a gyorsverem csak egy szeres mélységű, az elmentett értékéhez programból nem lehet hozzáférni (közvetlenül nem olvashatóak, nem írhatóak).

## 2.2. A külső programmemória

Amikor 2000-ben a Microchip az első PIC18C mikrovezérlőkkel megjelent, ezek csak belső programmemóriát tartalmaztak. Ugyanakkor a PC már ekkor is 21 bites volt. Ezt a PC méretet a belső programtárak mérete egyáltalán nem indokolta, a felhasználók biztosak voltak benne, hogy lesznek a családnak olyan tagjai, amelyek külső programmemóriát is kezelhetnek.

A mai PIC18F kínálatban több olyan áramkört is találunk, amelyekben külső programmemóriát lehet csatlakoztatni. Ezeknél a 18F utáni számkód első helyén egy 8-as áll. Pl. a



6. ábra





let. Ezenél a mikrovezérlőknél nincs meg az a terület (a 300000...3FFFFFF címek között), ahol a konfigurációs rekeszek szoktak elhelyezkedni. Ezért a PIC18FJ áramköröknél a tényleges programmemória utolsó nyolc rekesze szolgál a konfigurációs információk nemillanó tárolására, tehát pl. a PIC18F66J11 esetében az FFF8...FFFF címtérület. Ez azonban azt jelenti, hogy ha programból kezelni kellene ezeket a rekeszeket, típusonként más címeket kellene használni (a megoldást lejjebb olvashatja). A konfigurációs rekeszeket úgy alakították ki ezenél az áramköröknél, hogy minden páros címen levő rekesz felső négy bitjén mindig 1111b áll. Ha valamilyen hiba folytán a program futása közben erre a Flash területre kerül a vezérlés, a CPU itt NOP utasításokat fog végrehajtani, így a nagyobb károkozástól megmenekülhet a felhasználói áramkör.

A PIC18FJ mikrovezérlők a reset folyamat során egy illanó (azaz SRAM jellegű) tárterületre másolják át a Flash-ből a konfigurációs információkat, a CONFIG regiszterekbe. Ez a SRAM terület pedig a szokásos címekkel (300000-tól kezdődő címekkel, illetve a 3FFFFFF és 3FFFFFF címekkel) kezelhető. A 300000 címtől kezdve található tehát a konfigurációs rekeszek, a két másik címen (3FFFFFF és 3FFFFFF értékekénél) az eszközzonosító kód bitjei. Az eszközkód ezekben az áramkörökben is csak olvasható, azokat a felhasználó nem tudja módosítani.

Azokban a mikrovezérlőkben, melyeknél fizikailag létezik a 300000...3FFFFFF Flash terület, egy további lehetőséget is kialakított a Microchip. Nyolc rekeszben (a 200000...200007 címtartományon, felhasználói azonosító, User ID terület) a felhasználó tetszőlegesen azonosító információkat helyezhet el (ez a lehetőség is hiányzik a PIC18FJ áramkörökből). Felhasználhatóak ezek a rekeszek pl. ellenőrző összeg tárolására, vagy jelszó őrzésére is. Ezt a címtartományt is táblázatíró (TBLWT) és olvasó (TBLRD) utasításokkal lehet kezelni a normál programokból. Ezek a rekeszek akkor is kiolvashatók, ha a programmemória kód-védelmét aktivizáltuk.

#### 24. A táblázatkezelő utasítások végrehajtása

A programmemória kezeléséről már több jellegzetességet elárultunk ebben a rövid áttekintésben is. Minden utasítás

első bájta páros címen található, azaz olyan címen, melyben a legkisebb helyértékű bit 0. Ezért a PC-t kezelő utasítások, pl. a GOTO is csak 20 címbitet tartalmaznak, a legkisebb helyértéken ugyanis 0 áll a címben. Az utasítások többsége egyszavas, csak néhány áll két szóból. Az alap utasításkészlet négy kétszavas utasításának (MOVFF, CALL, GOTO, LFSR) második szavában a négy legfelső helyértékű bit helyen 1111 áll. Az Fxxxh kód egy speciális NOP kód, egy NOP utasítás. Ezzel azt éri el a Microchip, hogy ha a végrehajtás egy kétszavas utasítás második szavára közvetlenül rákerül, ott egy NOP-ot lát a CPU, a program további menete nem borul fel. (Ez a helyzet pl. egy átlépő, skip utasítás miatt is előállhat, hiszen az csak egyszavas utasítás átlépésére van felkészítve!)

A PIC18 mikrovezérlők megjelenésekor az utasításkészletben már szerepelt a programmemória futó szoftverből történő olvasásának, írásának lehetősége. Amikor a programmemóriát EPROM-ról lecserélték Flash-re, át kellett alakítani ezeket a működéseket is.

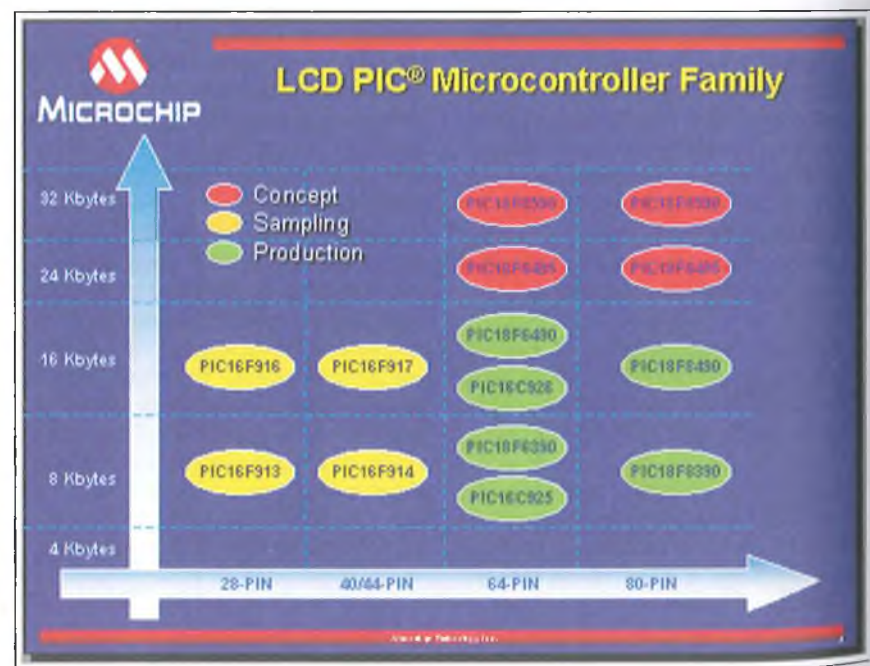
A táblázatkezelés hatékony megoldása a táblázatíró (TBLWT) és a táblázatolvasó (TBLRD) utasítások használata. Ezek az utasítások teszik lehetővé, hogy a Harvard architektúrájának megfelelően elkülönített programmemória és adatmemória között adatokat lehessen mozgatni. A programmemória egy-egy rekesze is nyolcbites és az adattáré is. Az utasításpáros e két, különféle jelle-

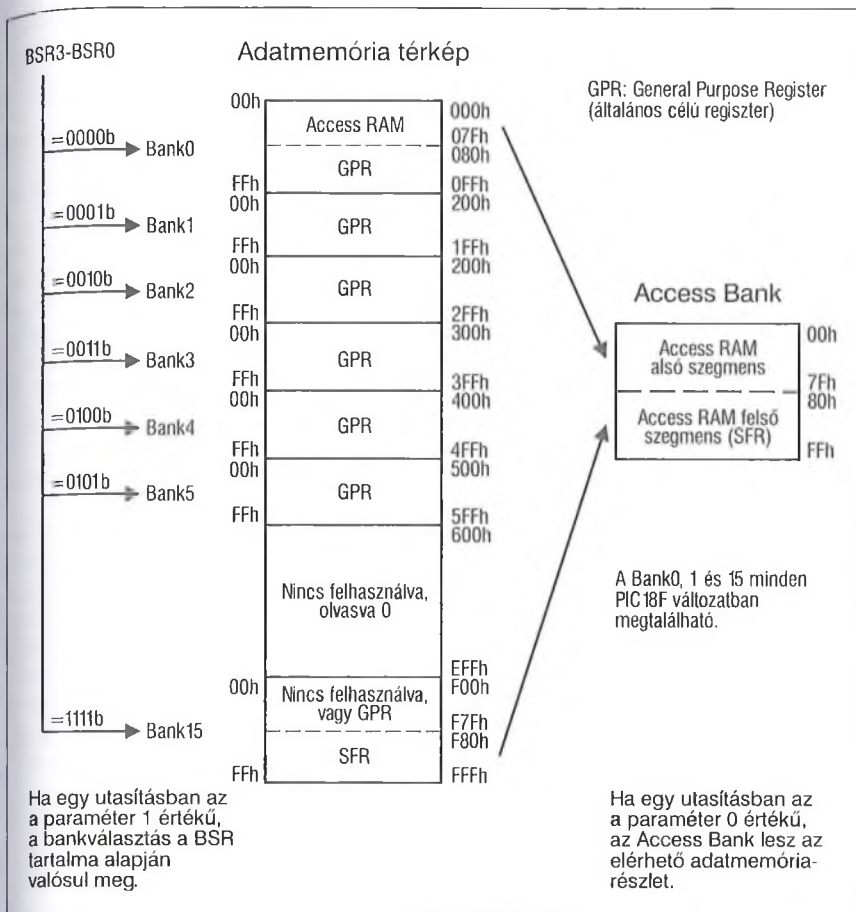
gű memóriaterület között biztosítja a nyolcbites adatok mozgását, egy 8 bites regiszter, a TABLAT közbeiktatásával.

Láttuk, hogy a PC 16 bites egységekként cími a programmemóriát (a legkisebb helyértéken mindig 0-t kezelve), a táblázatkezelő utasítások címzoregisztere, a TBLPTR azonban 22 bites, így bájtonként kezeli a programmemóriát, sőt, a konfigurációs területet is képes kijelölni! Az alsó 21 bit a teljes, 2 MiB kapacitású programmemória címzését lehetővé teszi (bájtonként), a legfelső bit segítségével lehet elérni táblázatkezelés jelleggel az eszköz ID, a felhasználói ID és a konfigurációs rekeszeket.

Egy táblázatírás egy programtár-rekeszbe helyez be új tartalmat. A PIC18 család megjelenésekor ez nem jelentett problémát, a programmemória EPROM volt, amit szavanként lehetett programozni (igaz, hogy eközben a mikrovezérlőre egy magasabb programozófeszültséget is rá kellett kapcsolni). Ma a PIC18 áramkörök kizárólag Flash programmemóriával készülnek, s a Flash jellegzetessége, hogy az írást nem rekeszenként, hanem blokkonként lehet megoldani.

A Flash programmemória olvasásakor egyszerre egy bájttal tartalmát kapjuk meg. A Flash programból történő írásakor blokkokat tudunk beírni, a blokk mérete változó (típustól függ, van 8 bájtos, 16 bájtos, 32 bájtos, 64 bájtos szervezésű Flash is a PIC18 mikro-





8. ábra

keszes. Az utasításokban csak a bank-en belüli cím szerepel, ami tehát nyolc-bites. A bank kiválasztása a bankválasztó bitekkel történik, ezek a bankválasztó regiszterben (BSR) helyezkednek el (8. ábra).

A PIC18C áramkörökben az adatmemória a 8. ábrán látható szerkezetű. Ez a felépítés az első PIC18Fxxxx áramköröknél is megmaradt. Akármilyen méretű az adott mikrovezérlő adatmemóriája, a legelső (Bank0) és a legutolsó (Bank15) bank mindig ki van bennük építve. Ha további bank is szerepel az áramkörben, az alsó bankszámoknál jelenik meg, ezek felett lesz a kiépítetlen terület, de legfelül akkor is megtalálható a Bank15. Ennek az a magyarázata, hogy a legfelső bank felső fele (felső szegmense) tartalmazza a mikrovezérlők programozható belső elemeinek vezérlő bitjeit, az SFR (speciális funkciójú regiszterek) területen. Az adatmemória rekeszeinek közvetett címzésére szolgáló FSR (File Select Register) regisztercsoport a teljes 12 bites címet tartalmazza, így ennek használatakor a bankfelépítésnek nincs jelentősége. A közvetlen címzést használó utasítások, mint már tudjuk, nem tartalmazzák a teljes 12 bites címet, ezért ezen utasítások a bank kijelölésére a BSR regiszter tartalmát használják fel.

Egy sajátos lehetőség az ún. Access Bank használata. Ha a programnak nincs nagy SRAM-igénye, viszont a nagy futási sebesség nagyon fontos, a PIC18 mikrovezérlők lehetővé teszik a bankválasztó bitek kezelése nélküli működést, igaz, csak egy kisebb címtérületen. Az Access Bank egy virtuális bank, alsó része (00h...7Fh) a 0 sorszámú bank alsó szegmense (azaz az Access RAM), felső fele (80h...FFh) a legfelső SRAM bank felső területe, azaz az SFR-terület. Ez a megoldás a két kiemelt jelentőségű SRAM-terület egyszerű elérését biztosítja, a BSR (bankválasztó-regiszter) megfelelő beállítása, kezelése nélkül is. Ez a különleges megoldás a C nyelvű programozás megkönnyítésére szolgál. Az utasításokban, melyek az adatmemóriát bank jelleggel kezelik, egy a paramétert találunk. Ha az a = 0, akkor az utasítás az Access Bank regisztereit éri el, az a = 1 esetén a bank számát a BSR tartalma határozza meg (a default érték az 1, ezt a beállítást ezért az assembly program írásakor nem is kötelező feltüntetni).

Van egyetlen olyan utasítás, amelyik közvetlenül címez, mégis teljes 12

zérők között). Az egy lépésben történő teljes törlés (bulk erase) programból nem kérhető.

Akár EEPROM, akár Flash rekeszt kell beírni, ennek időtartama a mikrovezérlő normál memóriaolvasási, írási működéséhez képest igen hosszú! Az adatmemória SRAM rekeszeit egy-egy utasításciklus közben a CPU olvasni és írni is tudja.

A programmemória törlése vagy írása azonban átmenetileg megszünteti a programkiolvasást, s addig ez nem is folytatódik, míg az írási vagy törlési folyamat véget nem ér. A mikrovezérlő belső időzítője határozza meg a törlési, írási folyamat végét.

A táblázatolvasás utasítás a programmemóriából vesz elő egy adatot és elhelyezi azt a TABLAT átmeneti regiszterben, onnan kerülhet az adatmemóriába. A táblázatírás utasítás eltárol egy, az adatmemóriából származó adatot a programmemória holding (átmeneti) regiszterébe.

A Flash memória kezelésének további rejtelmeibe sajnos a terjedelmi korlátok miatt nem tudunk belemélyed-

ni. A mikrovezérlők katalógusa minden típus esetén részletesen bemutatja a blokkos törlés és a blokkos írás menétét. A blokkok mérete is változó, sőt, egyes mikrovezérlőknél más a törlési blokk mérete és más az írási blokké!

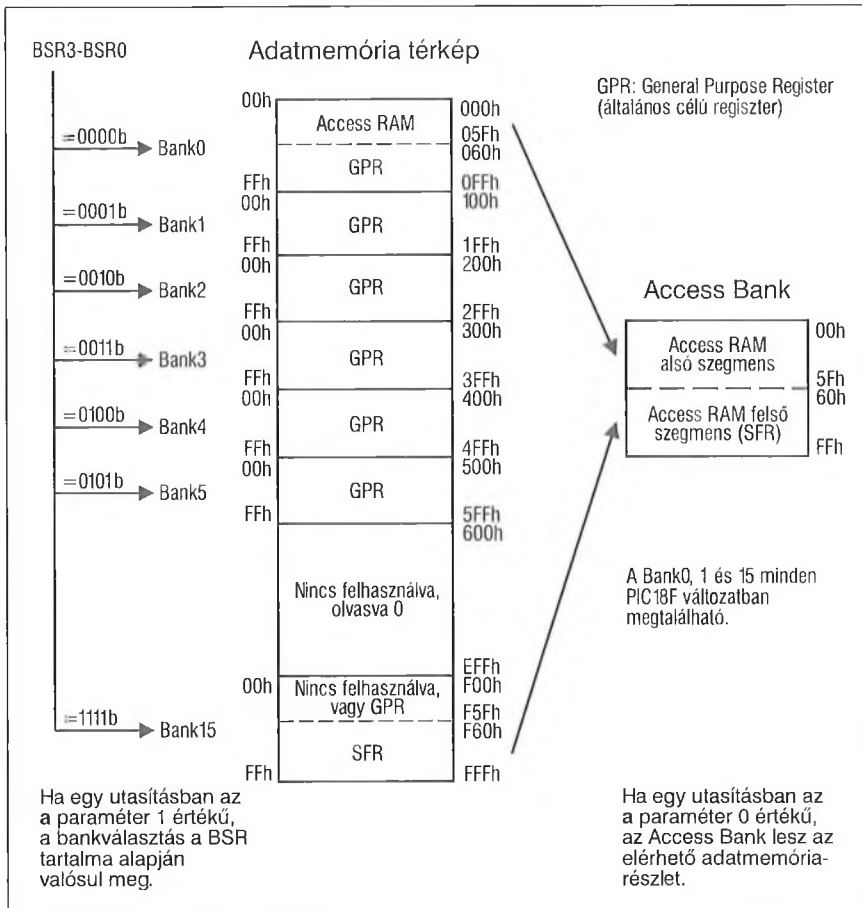
### 3. Az adatmemória

A PIC18 mikrovezérlőkben is igen hatékonyan használható SRAM adatmemória található. Ha a tápfeszültség lekapcsolása után is meg kell őrizni bizonyos adatokat, olyan áramkört kell választani, amelyikben EEPROM kiegészítő adatmemóriát is találunk.

#### 3.1. A SRAM adatmemória szerkezete, kezelése

A Microchip az adatmemória rekeszeit fájlregisztereknek nevezi, ennek megfelelően ezek címe az utasításokban f betűkkel jelenik meg, nyolcbites esetben pl. így: ffff ffff. Az adatmemóriában nyolcbites rekeszek vannak, a teljes címük 12 bites. Az adatmemória bank-szervezésű, egy-egy bank 256 re-





9. ábra

bites címmel dolgozik, ez a MOVFF. Ez kétszavas utasítás, egy forrás- és egy célregiszter 12 bites címét tartalmazza; a két regiszter közötti adatmozgatót végzi el.

Három SFR regisztert lehet az indirekt címzés során pointerként felhasználni, ezek az FSRn (File Select Register) rekeszek. Minden FSRn olvasható és írható, így szoftverrel egyszerűen kezelhető. Egy indirekt címzés végrehajtásához az INDFn regiszterek egyikét kell felhasználni. Bármely utasítás, amelyik egy INDFn regisztert használ, valójában azt a rekeszt címzi, amire a megfelelő FSRn mutat. Az INDFn regiszterek fizikailag nem is léteznek, csak jelzés értékűek: a cím az FSRn tartalma. A három INDFn regiszter mindegyike a megfelelő sorszámú FSRn tartalmát aktivizálja címként.

Egy FSRn regiszterhez az INDFn regiszteren kívül további aktivizáló regiszterek is tartoznak. Ezek is az FSRn tartalmát használják indirekt címzésre, de kiegészítő szolgáltatásaik is vannak. A POSTDECn használatakor a felhasználás után az FSRn tartalma dekremen-

tálódik (post-decrement); a POSTINCn felhasználása esetén az FSRn tartalma a felhasználást követően inkrementálódik (post-increment); a PREINCn alkalmazások felhasználás előtt növekszik egyvel, inkrementálódik az FSRn tartalma (pre-increment). Ezek a címzési megoldások az adattáblázatok kezelését egyszerűsítik le.

A PLUSWn igénybevétele esetén a közvetett cím az FSRn és a WREG tartalmának összege lesz. Ez lényegében az adatmemória indexelt címzését biztosító lehetőség.

A Microchip folyamatosan fejleszti a PIC18 családot. A mikrovezérlőkben újabb és újabb perifériák jelennek meg, egyre több speciális funkciót kell megvalósítani, így a 128 SFR regiszter sok esetben kevésnek bizonyul. Hozzájárul ehhez a gyártónak az a törekvése is, hogy az új SFR igényeket lehetőleg új címen igyekszik kielégíteni, így egy-egy mikrovezérlő SFR területén belül kihasználhatatlan regiszterek is megjelenhetnek.

Az újabb áramkörökben ezért nagyobb terjedelmű az SFR terület, azaz

az utolsó bank nagyobb részét foglalja el (F60h...FFFh). Az első bank-ben az Access RAM ennek megfelelően csökkent, így az Access Bank továbbra is 256 rekeszes maradhatott. Az új megoldást a 9. ábra mutatja be, a PIC18F áramkörök nagy részében ezt alkalmazza a Microchip. Ezekben a mikrovezérlőkben az utasításokban elhelyezett a paraméter 0 értékénél a 8 bites adatmemória-címet (fájlregiszter-címet) tartalmazó utasítások ismét az Access Bank-et érik el, de csak a 00h...5Fh címtartományon kezelhetőek az első bank-ben levő Access Ram terület regiszterei, a 60h...FFh címtartományban az SFR terület regiszterei jelennek meg.

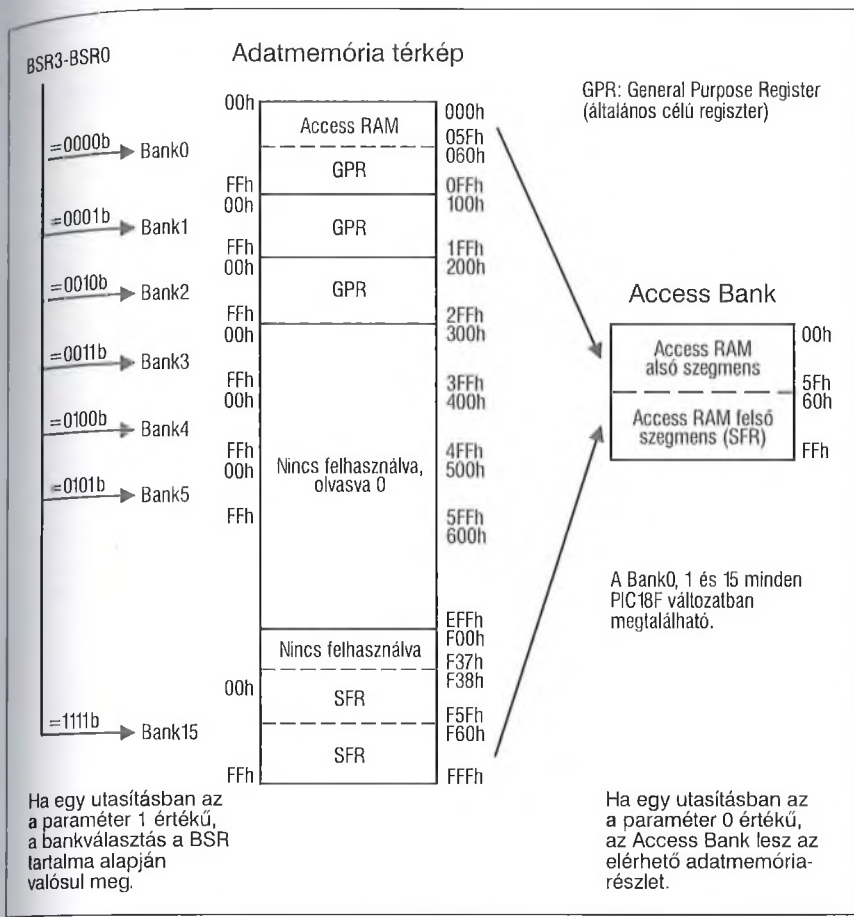
A későbbiekben olyan mikrovezérlők is készültek, melyeknél a megnövelt SFR terület sem volt már elég a speciális regiszterek elhelyezésére. Egyelőre a Microchip úgy növelte meg az utolsó bank-ben az SFR területet, hogy közben az Access Bank képzési rendjét nem változtatta meg. Ilyen megoldást találunk pl. a PIC18F4xK22 mikrovezérlőkben (10. ábra).

Az Access Bank továbbra is két részből áll, és azok mérete sem változott tovább. A 00h...5Fh címekre kerül az első bank 00h...5Fh tartománya, és a 60h...FFh felső címtartományra kerül az utolsó bank 60h...FFh címtartományon levő SFR regisztermező. De az SFR terület ennél nagyobb, az F38h...F5Fh között is SFR regisztereket kellett elhelyezni. Ezek azonban nem érhetőek el az Access Bank kezelésekor. Az F38h...F5Fh terület így csak a „hagyományos” módon, a BSR bitek felhasználásával kezelhető.

Néhány különleges perifériának szokatlanul nagy SFR-igénye van, ilyen pl. a CAN buszillesztő egység. A CAN illesztőt tartalmazó PIC18F2480/4480 mikrovezérlőkben ezért az adatmemória felső három bank-je SFR terület, azaz a D00h...FFFh címtartomány. De az Access Bank itt is csak az utolsó bank F60h...FFFh területét fogadja be, az összes többi SFR regisztert a BSR bitek használatával kell elérni.

### 3.2. EEPROM kiegészítő adatmemória

A SRAM alapú adatmemória egy része SFR, a többi területe általános célú regiszter. A program futása közben keletkező adatokat ide lehet menteni, de a tápegység lekapcsolásakor ezek az adatok elvesznek. Ha az alkalmazás olyan



10. ábra

adatokat is előállít vagy begyűjt, melyeket tápfeszültség nélkül is meg kell őrizni, akkor célszerű az EEPROM kiegészítő adatmemória használata.

Az első PIC18C áramkörökben nem volt EEPROM terület. Mivel a mikrovezérlők felhasználói között nagyon népszerű ez a lehetőség, ezért a későbbi PIC18 elemek nagy részében található adat-EEPROM. Pillanatnyilag (2011 nyarán) a Microchip honlapján 205 különféle PIC18 áramkör található. A 84 különféle PIC18Fxxxx áramkör közül csak 22-ben nincs EEPROM, a 40 féle PIC18FK áramkör mindegyikében megtalálható ez a részlet. A PIC18FJ mikrovezérlőkben viszont egyben sincs adat-EEPROM.

Az adat-EEPROM kapacitása különféle lehet: a legkisebb 128 bájt, a legnagyobb 1024 bájt. Többnyire a kisebb programárral készülő mikrovezérlőkben kisebb az EEPROM is, az 1 KiB-os EEPROM-ot a nagyobb Flash memória mellé helyezték el. Ennek megfelelően a címzésre szolgáló bitek száma is változik, 7 bitről (a 128 bájt változathoz) a 10 bites címzésig (az

1024 bájt EEPROM-hoz). Az EEPROM a PIC mikrovezérlőkben igen jó minőségű, általában 1 000 000 törlési/átírási ciklust visel el („endurance” érték), és 40...100 évig őrzi meg a tárolt adatokat.

Az adat-EEPROM a normál tápfeszültség mellett írható és olvasható memória. A rekeszei nincsenek a fájltrejsterekhez kapcsolva, nem közös a címtérületük, azoktól függetlenül kezelhetők. A kezelésük indirekt címzési megoldással történik, SFR regiszterek felhasználásával

Az EEPROM-mal rendelkező mikrovezérlőkben minden esetben megtalálható a következő négy SFR regiszter: EECON1, EECON2, EEDATA, EEADR. Ahol az EEPROM címzéséhez nyolcnál több bit szükséges, megjelenik egy második címző regiszter is: EEADRH.

Az adat-EEPROM bájt hozzáférésű, azaz rekeszenként lehet írni, olvasni. Egy írási művelet előkészítéseképpen az EEDATA rekeszben kell elhelyezni a beírásra váró adatot, a címet az EEADR rekeszben. Olvasáskor a ki-

olvasott adat jelenik meg az EEDATA rekeszben.

Ismét elnézést kérek a kedves olvasótól, de az EEPROM törlési, írási részleteibe sem tudunk belemélyedni, ezeket is a katalógusból kell megismerni!

**4. A PIC18 mikrovezérlők utasításkészletének átalakulása**

A PIC18C mikrovezérlők utasításkészlete a korábbi PIC áramkörök utasításkészletéhez képest hatékonyabb, bővebb. Eredetileg 75 utasításból áll (standard utasításkészlet), később bővítették újabb nyolccal (extended, kibővített, kiterjesztett utasításkészlet). Először röviden a standard utasításokat ismertetjük, később szerepelnek a kiterjesztett készlet utasításai. Végül pedig bemutatjuk, hogy a standard utasítások egy része hogyan módosul, ha a kibővített utasításkészletet használjuk.

**4.1. A PIC18 mikrovezérlők standard utasításkészlete**

A legtöbb utasítás egyetlen programmemória-szó (16 bit) hosszúságú, csak négy darab kétszavas utasítás van a standard készletben. Ezeknél a második szó legfelső négy bitje 1111. Abban az esetben, ha a vezérlés a második szóra kerül, azaz a második szót önálló utasításként olvassa a CPU, azt NOP-ként értelmezi. Az utasítások fő csoportjai a következők:

- bájtorientált utasítások,
- bitorientált utasítások,
- konstanst (literal) kezelő utasítások,
- vezérlőutasítások,
- az adatmemória-programmemória közötti adatmozgást biztosító utasítások.

Az adatmemória, a RAM 16 bank-ból áll. A RAM-referenciás utasításokban található egy egybites paraméter, az a. Mint már láttuk, a = 0 esetén az Access RAM, a = 1 megadásakor a BSR specifikálja a bank sorszámát (a default érték: 1).

Az utasítások számát azáltal is csökkentette a Microchip, hogy a műveletvégző utasításoknál egy egybites paraméterrel (d) lehet megadni, hogy az eredmény a WREG munkaregiszterbe kerüljön-e, vagy az utasításban kezelt fájltrejsterebe. A célregiszter d = 0 esetén a WREG, d = 1 megadásakor az f fájltrejsterebe (a default érték: 1).

Az utasításokat az 1. táblázat mutatja be. A táblázatban a fenti csoporto-



1. táblázat. A PIC18 mikrovezérlők sztenderd utasításkészlete

Mnemonic, operandus	Leírás	Ciklus	16 bites opkód MSb      LSB	Módosuló flag	Megjegyzés
<b>Bájtorientált, fájlregiszteres utasítások</b>					
ADDWF	f,d,a ADD WREG and f	1	0010 01da ffff ffff	C,DC,Z,OV,N	1,2
ADDWFC	f,d,a ADD WREG and Carry bit to f	1	0010 00da ffff ffff	C,DC,Z,OV,N	1,2
ANDWF	f,d,a AND WREG with f	1	0001 01da ffff ffff	Z,N	1,2
CLRF	f,a Clear f	1	0110 101a ffff ffff	Z	2
COMF	f,d,a Complement f	1	0001 11da ffff ffff	Z,N	1,2
CPFSEQ	f,a Compare f with WREG, skip if f=WREG	1 (2v3)	0110 001a ffff ffff	Nincs	4
CPFSGT	f,a Compare f with WREG, skip if f>WREG	1 (2v3)	0110 010a ffff ffff	Nincs	4
CPFSLT	f,a Compare f with WREG, skip if f<WREG	1 (2v3)	0110 000a ffff ffff	Nincs	1,2
DECF	f,d,a Decrement f	1	0000 01da ffff ffff	C,DC,Z,OV,N	1,2,3,4
DECFSZ	f,d,a Decrement f, Skip if 0	1 (2v3)	0010 11da ffff ffff	Nincs	1,2,3,4
DCFSNZ	f,d,a Decrement f, Skip if Not 0	1 (2v3)	0100 11da ffff ffff	Nincs	1,2
INCF	f,d,a Increment f	1	0010 10da ffff ffff	C,DC,Z,OV,N	1,2,3,4
INCFSZ	f,d,a Increment f, Skip if 0	1 (2v3)	0011 11da ffff ffff	Nincs	4
INFSNZ	f,d,a Increment f, Skip if Not 0	1 (2v3)	0100 10da ffff ffff	Nincs	1,2
IORWF	f,d,a Inclusive OR WREG with f	1	0001 00da ffff ffff	Z,N	1,2
MOVF	f,d,a Move f	1	0101 00da ffff ffff	Z,N	1
MOVFF	fs,fd Move fs to fd első szó: forrás második szó: cél	2	1100 ffff ffff ffff 1111 ffff ffff ffff	Nincs	
MOVWF	f,a Move WREG to f	1	0110 111a ffff ffff	Nincs	
MULWF	f,a Multiply WREG with f	1	0000 001a ffff ffff	Nincs	
NEGF	f,a Negate f	1	0110 110a ffff ffff	C,DC,Z,OV,N	1,2
RLCF	f,d,a Rotate Left f through Carry	1	0011 01da ffff ffff	C,Z,N	
RLNCF	f,d,a Rotate Left f (No Carry)	1	0100 01da ffff ffff	Z,N	1,2
RRCF	f,d,a Rotate Right f through Carry	1	0011 00da ffff ffff	C,Z,N	
RRNCF	f,d,a Rotate Right f (No Carry)	1	0100 00da 0000 0000	Z,N	
SETF	f,a Set f	1	0110 100a ffff ffff	Nincs	
SUBFWB	f,d,a Subtract f from WREG with Borrow	1	0101 01da ffff ffff	C,DC,Z,OV,N	1,2
SUBWF	f,d,a Subtract WREG from f	1	0101 11da ffff ffff	C,DC,Z,OV,N	
SUBWFB	f,d,a Subtract WREG from f with Borrow	1	0101 10da ffff ffff	C,DC,Z,OV,N	1,2
SWAPF	f,d,a Swap nibbles in f	1	0011 10da ffff ffff	Nincs	4
TSTFSZ	f,a Test f, Skip if 0	1 (2v3)	0110 011a ffff ffff	Nincs	1,2
XORWF	f,d,a Exclusive OR WREG with f	1	0001 10da ffff ffff	Z,N	
<b>Bitorientált, fájlregiszteres utasítások</b>					
BCF	f,b,a Bit Clear f	1	1001 bba ffff ffff	Nincs	1,2
BSF	f,b,a Bit Set f	1	1000 bba ffff ffff	Nincs	1,2
BTFSC	f,b,a Bit Test f, Skip if Clear	1 (2v3)	1011 bba ffff ffff	Nincs	3,4
BTFSS	f,b,a Bit Test f, Skip if Set	1 (2v3)	1010 bba ffff ffff	Nincs	3,4
BTG	f,b,a Bit Toggle f	1	0111 bba ffff ffff	Nincs	1,2
<b>Literal (konstansos) utasítások</b>					
ADDLW	k ADD literal and WREG	1	0000 1111 kkkk kkkk	C,DC,Z,OV,N	
ANDLW	k AND literal with WREG	1	0000 1011 kkkk kkkk	Z,N	
IORLW	k Inclusive OR literal with WREG	1	0000 1001 kkkk kkkk	Z,N	
LFSR	f,k Move literal (12 bit) to FSRx	2	1110 1110 00ff kkkk 1111 0000 kkkk kkkk	Nincs	
MOVLB	k Move literal to BSR <3:0>	1	0000 0001 0000 kkkk	Nincs	

1. táblázat. A PIC18 mikrovezérlők sztenderd utasításkészlete (folytatás)

Mnemonik, operandus		Leírás	Ciklus	16 bites opkód MSb      LSB		Módosuló flag	Megjegyzés
MOVLW	k	Move literal to WREG	1	0000	1110 kkkk kkkk	Nincs	
MULLW	k	Multiply literal with WREG	1	0000	1101 kkkk kkkk	Nincs	
RETLW	k	Return with literal in WREG	2	0000	1100 kkkk kkkk	Nincs	
SUBLW	k	Subtract WREG from literal	1	0000	1000 kkkk kkkk	C,DC,Z,OV,N	
XORLW	k	Exclusive OR literal with WREG	1	0000	1010 kkkk kkkk	Z,N	
<b>Vezérlőutasítások</b>							
BC	n	Branch if Carry	1 (2)	1110	0010 nnnn nnnn	Nincs	
BN	n	Branch if Negative	1 (2)	1110	0110 nnnn nnnn	Nincs	
BNC	n	Branch if Not Carry	1 (2)	1110	0011 nnnn nnnn	Nincs	
BNN		Branch if Not Negative	1 (2)	1110	0111 nnnn nnnn	Nincs	
BN OV		Branch if Not Overflow	1 (2)	1110	0101 nnnn nnnn	Nincs	
BN Z		Branch if Not Zero	2	1110	0001 nnnn nnnn	Nincs	
BO V		Branch if Overflow	1 (2)	1110	0100 nnnn nnnn	Nincs	
BRA		Branch Unconditionally	1 (2)	1101	0nnn nnnn nnnn	Nincs	
BZ	n	Branch if Zero	1 (2)	1110	0000 nnnn nnnn	Nincs	
CALL	n,s	Call subroutine	2	1110	110s kkkk kkkk	Nincs	
				1111	kkkk kkkk kkkk		
CLRWD T		Clear Watchdog Timer	1	0000	0000 0000 0100	T $\bar{O}$ , PD	
DAW		Decimal Adjust WREG	1	0000	0000 0000 0111	C	
GOTO		Go to address	2	1110	1111 kkkk kkkk	Nincs	
				1111	kkkk kkkk kkkk		
NOP		No Operation	1	0000	0000 0000 0000	Nincs	
NOP		No Operation (4)	1	1111	xxxx xxxx xxxx	Nincs	
POP		Pop top of return stack (TOS)	1	0000	0000 0000 0110	Nincs	
PUSH		Push top of return stack (TOS)	1	0000	0000 0000 0101	Nincs	
RCALL	n	Relative Call	2	1101	1nnn nnnn nnnn	Nincs	
RESET		Software device RESET	1	0000	0000 1111 1111	Mindegyik	
RETFIE	s	Return from interrupt enable	2	0000	0000 0001 000s	GIE/GIEH PEIE/GIEL	
RETLW	k	Return with literal in WREG	2	0000	1100 kkkk kkkk	Nincs	
RETURN	s	Return from Subroutine	2	0000	0000 0001 001s	Nincs	
SLEEP		Go into standby mode	1	0000	0000 0000 0011	T $\bar{O}$ , PD	
<b>Adatmemória ↔ programmemória adatcserét megvalósító utasítások</b>							
TBLRD*		Table Read	2	0000	0000 0000 1000	Nincs	
TBLRD*+		Table Read with post-increment	2	0000	0000 0000 1001	Nincs	
TBLRD*-		Table Read post-decrement	2	0000	0000 0000 1010	Nincs	
TBLRD+*		Table Read pre-increment	2	0000	0000 0000 1011	Nincs	
TBLWT*		Table Write	2 (5)	0000	0000 0000 1100	Nincs	
TBLWT*+		Table Write post-increment	2 (5)	0000	0000 0000 1101	Nincs	
TBLWT*-		Table Write post-decrement	2 (5)	0000	0000 0000 1110	Nincs	
TBLWT+*		Table Write pre-increment	2 (5)	0000	0000 0000 1111	Nincs	

A táblázatban alkalmazott leíró elemeket a 61. táblázat ismerteti. A számmal jelzett megjegyzések:

- 1: Ha egy portregisztert önmagával módosítunk (pl. MOVF PORTB, 1, 0), az IC lábán levő logikai érték lesz felhasználva, mint beolvasott érték (nem az adat-latch tartalma).
- 2: Ha ezt az utasítást a TMR0 regiszterre alkalmazzuk, és ha van d paraméter, s annak értéke 1, akkor az előosztó (ha működik), törlődik.
- 3: Ha a PC módosul vagy egy feltételes átlépés (skip) teszt teljesül, az utasítás végrehajtása két gépi ciklust igényel. A második ciklus a környezet számára NOP-ként jelentkezik.
- 4: Néhány utasítás kétszavas. Ezek második szava NOP utasításként értelmeződik, ha a vezérlés közvetlenül ezekre adódik (mint önálló, egy-szavas utasításra).



2. táblázat. A PIC18 mikrovezérlők kiterjesztő utasításai

Mnemonic, operandus		Leírás	Ciklus	16 bites opkód MSb      LSB	Módosuló flag
ADDFSR	f,k	Add literal to FSR	1	1110 1000 ffkk kkkk	Nincs
ADDULNK	k	Add literal to FSR2 and return	2	1110 1000 11kk kkkk	Nincs
CALLW		Call subroutine using WREG	2	0000 0000 0001 0100	Nincs
MOVSF	[zs], fd	Move zs (source) 1st word to fd (destination) 2nd word	2	1110 1011 0zzz zzzz 1111 ffff ffff ffff	Nincs
MOVSS	[zs],[zd]	Move zs (source) 1st word to zd (destination) 2nd word	2	1110 1011 1zzz zzzz 1111 xxxx xzzz zzzz	Nincs
PUSHL	k	Store literal at FSR2, decrement FSR2	1	1110 1010 kkkk kkkk	Nincs
SUBFSR	f,k	Subtract literal from FSR2	1	1110 1001 ffkk kkkk	Nincs
SUBULNK	k	Subtract literal from FSR2 and return	2	1110 1001 11kk kkkk	Nincs

sítás szerint szerepelnek az utasítások, elől a mnemonic és az operandus áll, mellettük a működés leírása, majd a ciklusszám, az utasítás kódja, végül az utasítás végrehajtásakor beálló flag-ek felsorolása következik.

#### 4.2. A PIC18F mikrovezérlők kiterjesztett utasításkészlete

Jelenleg, e cikk írásakor, a Microchip honlapján levő 205 különböző PIC18F áramkör közül csak 16-ban nincsenek meg a kiegészítő utasítások. Valószínű, hogy rövidesen a gyártásban levő mikrovezérlők mindegyikénél megtalálható lesz majd a kibővített utasításkészlet. Ez talán a legjelentősebb változtatás a PIC18 mikrovezérlő magon: új utasításokat lehet alkalmazni a programokban!

A bővített utasításkészlet (Extended Instruction Set) a 74 alap (standard) utasítás kiegészítéseként nyolc új utasítást jelent, melyeket opcionálisan lehet használni. A kiterjesztett utasításkészlet használata megnöveli a CPU képességeit, ugyanakkor a standard utasítások jelentős részének működését is átalakítja. Az új utasítások újszerű indirekt és indexelt címzéseket használnak. Elsősorban a tetszőleges memóriaterületre helyezhető programkódok használatát, a több helyről aktivizálható programrészeket, az ezekhez szükséges szoftver verem kialakítását és kezelését könnyítik meg. Ha a nyolc új utasítás használatát engedélyezzük, egyúttal az alap utasításkészlet is egy új működési módba kerül: Indexed Literal Offset Addressing Mode, azaz literal-offsetet használó indexelt címzés mód. Az új üzemmódban azoknak az utasításoknak a működése módosul, amelyek fájlregiszterre hivatkoztak az alapműködéskor. A kiterjesztett utasí-

táskészlet használatakor ezeknél az utasításoknál a fájlregiszter címe helyett egy offset érték, egy index jelenik meg, amit az FSR2 tartalmához hozzáadva alakul ki a kezelt regiszter címe.

A PIC18F mikrovezérlők programozatlan, default állapotában a kibővített utasításkészlet használata nincs engedélyezve. Ilyen állapotban a mikrovezérlő 100%-osan azonosan hajtja végre a standard 74 utasítást, mint akár egy hajdani PIC18Cxxx áramkör. Ha használni kívánjuk a kiterjesztett készletet, az XINST konfigurációs bitet kell beprogramozni. Ez a bővítés lehetővé teszi, hogy C nyelven hatékonyabb programokat írassunk, rekurzív elemeket, többszöri belépést (re-entrant) igénylő kódrészeket. A kiterjesztő utasításokat a 2. táblázat foglalja össze.

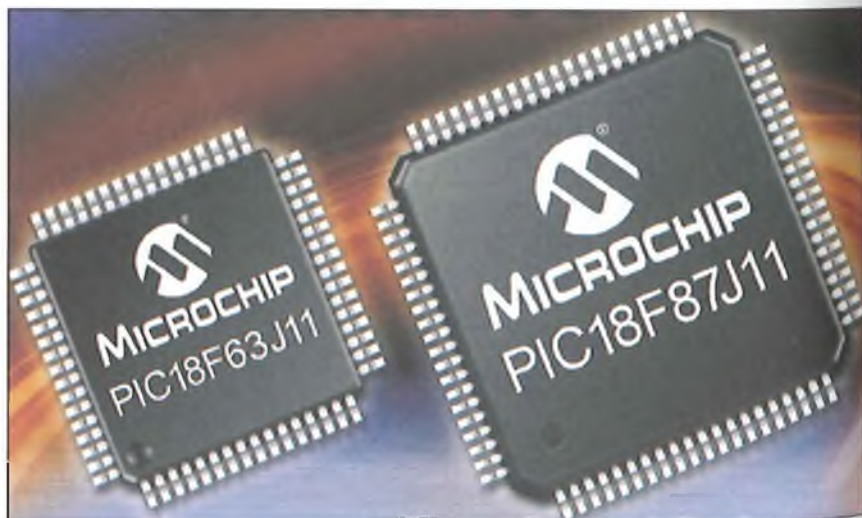
Az új utasítások közül több indexregiszterként hasznosítja az FSR regiszterek valamelyikét. Az ilyen működést alkalmazó utasítás használatakor szögletes zárójel utal arra, ha egy adat indexként szolgál (pl. [zs]). Az as-

sembly program szerkesztésekor ilyen esetben a szögletes zárójel feltétlenül használni kell! A kiterjesztett utasításkészlet használatakor a bájtorientált és a bitorientált utasításoknál is megjelölni a szögletes zárójel, ahol az eredetileg fájlregiszter-címzésként szolgáló bitsorozat (ffffff) most indexként működik (kkkkkkkk).

A táblázatból látható, hogy az új utasítások közül kettő kétszavas lett. Ezeknél, a skip-megoldások további használata érdekében a második szó legfelső négy bite ugyanúgy 1111 értékű, mint a standard utasításkészlet kétszavas utasításai esetében!

#### 4.3. A literal-offsetet használó indexelt címzés mód

Mint már tudjuk, a bővítő utasítások használatát konfigurációs bittel (XINST) lehet engedélyezni. Az engedélyezés azonban nemcsak a nyolc új utasítás használatát teszi lehetővé, hanem a CPU egy új működési módba lép be, a literal-offsetet használó indexelt



3. táblázat. Az ADDWF utasítás alapértelmezése és indexelt címzéses működése

Alapértelmezés (a kiterjesztett utasításkészlet tiltott)		Indexelt címzéses értelmezés (a kiterjesztett utasításkészlet engedélyezett)	
ADDWF	ADD WREG to f	ADDWF	ADD WREG to Indexed
Szintaxis	[ címke ] ADDWF f{,d{,a}}	Szintaxis	[ címke ] ADDWF [k]{,d}
Operandus	$0 \leq f \leq 255, d \in [0,1], a \in [0,1]$	Operandus	$0 \leq k \leq 95, d \in [0,1]$
Működés	(WREG) + (f) → (dest)	Működés	(WREG) + ((FSR2)+k) → (dest)
Változó flag	N, OV, C, DC, Z	Változó flag	N, OV, C, DC, Z
Kódolt alak	0010 01da ffff ffff	Kódolt alak	0010 01d0 kkkk kkkk
Leírás	WREG és f összeadása Eredmény: WREG (d=0)/f (d=1) Bank: Access (a=0)/BSR (a=1)	Leírás	WREG tartalmát összeadja az FSR2 pointer és a k index által címzett regiszter tartalmával. Eredmény: WREG (d=0)/f (d=1)
Szószám	1	Szószám	1
Ciklusszám	1	Ciklusszám	1
Példa	ADDWF REG, 0, 0 Előtte: WREG=17h, REG=C2h Utána: WREG=D9h, REG=C2h	Példa	ADDWF [OFST], 0 Előtte: WREG=17h, OFST=2Ch, FSR2=0A00h, (A2Ch)=20h Utána: WREG=37h, (A2Ch)=20h

címzés módba (Indexed Addressing with Literal Offset, máshol Indexed Literal Offset Addressing).

Az alap utasításkészletben vegyük szemügyre azokat az utasításokat, amelyek az Access RAM-ot használhatják argumentumként! Ezekben szerepel az a paraméter, az Access RAM használatkor a 0 értékkel, s megtalálható bennük egy fájlregiszter-cím. Ilyen utasítások a bájtkeszelő és a bitkiszelő utasítások, azaz a PIC18 standard utasításkészletének közel fele!

A literál-offsetet használó indexelt címzés mód az érintett utasításoknál sem minden esetben érvényesül. A kiterjesztett utasításkészlet engedélyezésekor sem. Ehhez az szükséges, hogy az előbb említett módon a = 0 legyen a RAM-választó bit értéke, továbbá az is, hogy az utasításban szereplő fájlregiszter-cím 5Fh legyen, vagy annál kisebb értékű (az eredeti utasításban szereplő ffff ffff fájlregiszter-cím helyett most kkkk kkkk offset érték áll)! Ha mindez teljesül, akkor az FSR2 tartalmához (mint pointerhez) hozzáadódik a kkkk kkkk offset, és az így kialakuló cím jelöli ki a működésben érintett RAM rekeszt. Az assembly sorok írásakor a literál-offsetet használó indexelt címzés módra az is utal, hogy az utasítás szintaxisában a standard eset f (fájlregiszter cím) paramétere helyett [k] áll, azaz az offset érték szögletes zárójelben jelenik meg. Mindezt a továbbiakban példával is szemléltetjük majd!

Már most érdemes észrevenni azt, hogy amennyiben az FSR2 tartalma 00h, a literál-offsetet használó indexelt

címzés mód és a standard értelmezésű fájlregiszter-címzés ugyanazt a RAM rekeszt jelöli ki! Ez nagyon fontos sajátosság, ez biztosítja a lefelé való kompatibilitást a standard utasításkészlettel összeállított szoftverek felé. Ha kiterjesztett utasításkészlettel készül a program, de be kell illeszteni egy korábban megírt, standard értelmezésű kódsorozatot, akkor először is el kell menteni az FSR2 pillanatnyi értékét, majd 00h-ra kell állítani, így kezelhető az eredeti értelmezésű programrészlet. Mielőtt visszatérnénk a kibővített utasításkészlet használatához, előbb az FSR2 tartalmát vissza kell állítani a kiindulási értékére. Minderről nem szabad megfeledkezni, de az új programok írásakor is tudatában kell lenni az újszerű működésnek, egyébként a bájtkeszelő, bitkiszelő utasítások 5Fh vagy kisebb cím esetén váratlanul egészen másik regisztert fognak aktivizálni, mint amit a programozó szeretne.

Érdeemes a literál-offsetet használó indexelt címzés mód használatakor érvényes szintaxisról még szólni néhány szót. Tegyük fel, hogy a kiterjesztett utasításkészletet engedélyeztük. Ha a programban most szerepel egy bájtkeszelő vagy bitkiszelő utasítás, az abban levő fájlregiszter cím (f) az offset literál értékkel (k) helyettesítődik – amennyiben a = 0 és a fájlregiszter cím 5Fh vagy annál kisebb.

Ha viszont így van, az utasítás assembly alakjában a k értéket, mint láttuk, szögletes zárójelbe kell írni [k], utalva arra, hogy ez offset érték, a pointer az FSR2.

Standard utasításkészletet használva, ha ezekben az utasításokban a BSR tartalmát használva a teljes RAM-ot kívánjuk címezni, az utasításban megjelenik az a = 1 paraméterérték, de el is hagyható, hiszen ez a default értéke az a-nak. Ha az Access RAM-ot használjuk, amire a = 0 utal, azt mindig ki kell írni.

A literál-offsetet használó indexelt címzés mód használatkor, ha az utasításban megjelenik a szögletes zárójel, akkor az a paramétert tilos kiírni! Nemcsak akkor jeleznek hibát a fordítóprogramok, ha a szögletes zárójel mellett az a 1 értékét adjuk meg, de a 0-t sem szabad kiírni! Egyébként az is hibajelzésre vezet, ha a szögletes zárójelben 5Fh-nál nagyobb számérték jelenik meg.

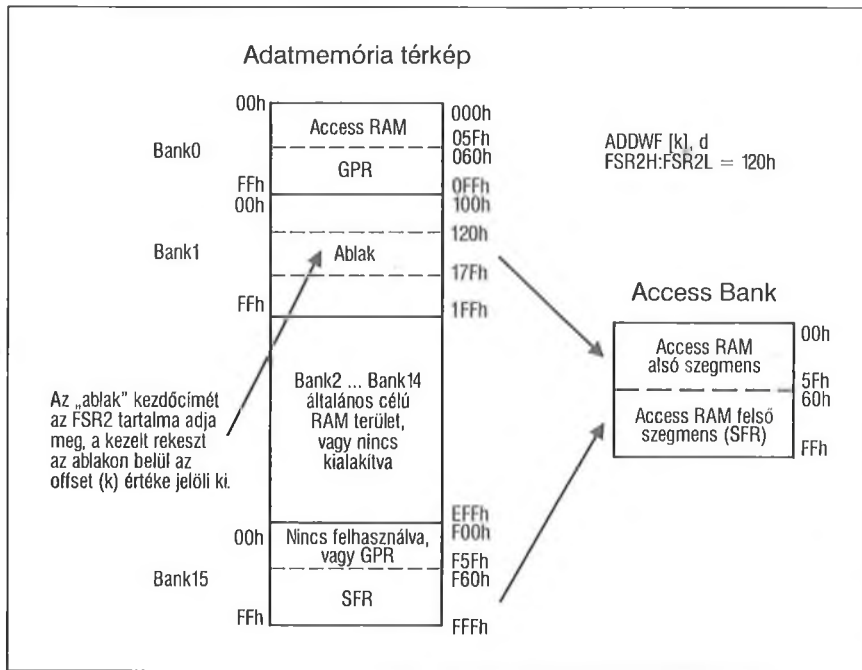
Míndeze mellett a d, ami a célregisztert jelzi, ugyanúgy működik a standard használatkor, mint a literál-offsetet használó indexelt címzés mód alkalmazása esetén.

A 3. táblázatban össze lehet hasonlítani az ADDWF utasítás működését standard módban és literál-offsetet használó indexelt címzés módban. (Az utasítás bemutatásakor a paraméterek határértékei decimálisan szerepelnek, azaz az FFh mint 255, az 5Fh mint 95).

Érdeemes megfigyelni, hogy az utasítás kódja nem változott, mindkét esetben 001001da, amit a cím illetve offset számértéke (ffffff illetve kkkkkkkk) követ.

A literál-offsetet használó indexelt címzés mód tovább bővíti a BSR kezelés nélkül elérhető rekeszek körét, tu-





11. ábra

lajdonképpen a teljes RAM-ot BSR nélkül kezelhetjük ebben az esetben. A valóban kezelhető terület továbbra is az Access Bank alsó szegmense, csak hogy ezt a 96 rekeszt (00h...5Fh) az adatmemóriában akárhonnán „feltölthetjük”. Itt az Access Bank alsó fele lényegében egy ablak, amelynek a „szélessége” 96 rekesznyi, s az adatmemória teljes területe előtt mozgatható (az FSR2 segítségével). Az SFR2 tartalma határozza meg, hogy a teljes adatmemória melyik címénél kezdődik az ablak, a k offset pedig az ablakon belüli címet adja meg (a 00h...5Fh tartományban).

A 11. ábrán lehet követni ezt az ablak-kezelést. Itt az FSR2 tartalma 120h érték, ezért az adatmemória 120h címénél kezdődik az ablak, a 120h...17Fh terület látható, mint az Access Bank alsó szegmense (a 00h...5Fh közötti k érték segítségével). Az Access Bank felső szegmense pedig továbbra is az FSR terület kezelését biztosítja, szintén az FSR használata nélkül.

Mielőtt tovább mennénk, egy kis kitérőt kell tennünk. A korai PIC18 mikrovezérlők adatmemóriája a 8. ábra szerint alakul, azaz a Bank0 (Access Ram) és a Bank15 is pontosan a felénél van megbontva, mindkettőnél az alsó szegmens a 00h...7Fh címtartományt jelenti, a felső a 80h...FFh területet. Mint láttuk, a fiatalabb áramköröknél nagyobb az SFR terület, így mindkét bank aszimmetrikusan van megosztva,

az alsó szegmens a 00h...5Fh terület, a felső a 60h...FFh. A kibővített utasításkészlet és vele a literál-offsetet használó indexelt címzés mód az újabb PIC18 mikrovezérlők re jellemző, s a 9. ábrán is így ábrázoltuk az adatmemória alakulását.

Ha azonban megvizsgáljuk a PIC18F mikrovezérlők katalógusait, érdekes dolgot tapasztalunk! Két tulajdonságot vegyünk szemügyre, a Bank15 felbontását szegmensekre, és a kibővített utasításkészlet hiányát vagy meglétét.

Természetesen ma már az áramkörök többségénél megtalálható a kibővített utasításkészlet, s a Bank15-nél az SFR terület a 60F címmel kezdődik. Vannak olyan áramkörök, melyeknél ugyanilyen a Bank15 kialakítása, de nincs meg a kibővített utasításkészlet, így a literál-offsetet használó indexelt címzés mód is hiányzik. Ezek között vannak szimmetrikusan és aszimmetrikusan megosztott Bank15 változatok is.

A korai PIC18 típusoknál még nincs kiterjesztett utasításkészlet, s a Bank15 pontosan feleződik. De van a Microchipnek több olyan PIC18 áramkör is (pillanatnyilag, 2011. nyarán a gyártott 205 típusból 26), melyeknél a Bank0 és a Bank15 pontosan feleződik, ugyanakkor beépítették a kibővített utasításkészletet. Ezek az áramkörök nem térhetnek el a literál-offsetet használó indexelt címzés mód szabályai tekintetében a „szabályos” mikrovezér-

lőktől, tehát itt is csak 00h...5Fh közötti lehet a k offset! Ennek viszont érdekes következménye van.

Az Access Bank 80h...FFh felső területe az SFR regiszterek elérését teszi lehetővé. Az FSR2-vel pozícionált ablak az Access Bank alsó szegmensen jelenik meg, a 00h...5Fh címtartományon. A köztük kimaradó „résben”, a 60h...7Fh területen pedig a Bank0 (azaz az Access RAM) 60h...7Fh közötti rekeszeit lehet kezelni (12. ábra). Ilyen mikrovezérlők pl. a PIC18F2x21/4x21, a PIC18F2x1x/4x1x áramkörök, de továbbiakat is találunk a gyártó kínálatában.

## 5. A PIC18 mikrovezérlők tápellátása, a tápáram-kezelés lehetőségei

A mikrovezérlős elektronika általában beépített, embedded jellegű, a tápellátása ezért többnyire hálózattól független. Akár jelvezetéken keresztül, akár napteleppel, akár akkumulátorral vagy más módon történik a tápellátás, a gazdaságos használat, az üzembiztonság érdekében elsődleges szempont az alacsony fogyasztás.

A vezérlő egységnek a külső hatásokra gyorsan kell reagálnia, amit a magas órajel-frekvenciával lehet biztosítani. Vannak azonban olyan időszakok is, amikor nincs belső jelfeldolgozás, ilyenkor a nagyfrekvenciás működéssel együtt járó nagy fogyasztás felesleges. Sokszor olyan állapot is előfordul, amikor egyáltalán nincs szükség a mikrovezérlő működésére, akár ki is lehet kapcsolni. A PIC18 mikrovezérlőknél jelenleg alkalmazott Nanowatt Technology egy fogyasztás-kezelési megoldás (Power-Managed System), amely érzékeli a pillanatnyi erőforrás-igényt és a mikrovezérlőt mindenkor olyan állapotba viszi, amelyben a lehető legkisebb tápáramot veszi fel. Ennek az egyik fokozata a sleep állapot, amit már a 2000-ben kifejlesztett első PIC18 áramköröknél, sőt, a korábbi PIC áramköröcsaládoknál is alkalmazott a Microchip.

### 5.1. A sleep állapot

A PIC mikrovezérlők mindegyikénél meglévő tápenergia-megtakarító üzemmód a sleep állapot, amit a SLEEP utasítás vált ki. Ez az utasítás törli a Watchdog Timert (ha engedélyezett) és utóosztóját, de a működését nem állítja le. Az alaposzcillátor meghajtóelemei





tunk végre, a működő oszcillátor azonnal leáll, sem a CPU, sem a perifériái nem kapnak onnan többé órajeleket. Ekkor a legkisebb a tápáram.

Az idle üzemmódokban is különféle órajel-forrásokat használhatunk. Amikor az IDLEN = 1 értéknél végrehajtódik a SLEEP utasítás, az addig működő órajelforrás továbbra is dolgozik, de a CPU-hoz nem jutnak el az órajelek. A tápáram lecsökken, de nem annyira, mint a sleep helyzetben.

Az idle állapotokból a run helyzetbe váltást ugyanúgy ébredésnek (Wake Up) hívja a Microchip, mint a sleep üzemmód lezárását. A két kisáramú üzemmódból ugyanazok a hatások ébreszthetik a mikrovezérlőt.

### 5.3. RC-taggal időzített ébresztés

Sok alacsony fogyasztású alkalmazásban a mikrovezérlőt periódikusan sleep állapotba vezérlik. Meghatározott idő elteltével pl. egy megszakítás felébreszti az áramkört, ami elvégez néhány feladatot, majd ismét sleep üzemmódba kerül. A sleep szakaszok időtartamát a mikrovezérlő valamelyik belső időzítőjével szokás előállítani, így ennek a bloknak sleep alatt működnie kell. Ez megnöveli a sleep alatt felvett tápáram értékét.

Jelentősen kisebb áramfelvétellel is időzíthető a fenti viselkedés, ha a mikrovezérlő egy külső kondenzátor kisülését figyeli, igen lassú kisülés mellett. A PIC18FK mikrovezérlőbe beépített ultra kis teljesítményt biztosító ébresztőmodul (Ultra Low-Power Wake-Up, ULPWU) az RA0 lábra épül. A modul lehetővé teszi, hogy egy lassan változó külső feszültség generáljon sleepből vagy idleből való ébredést.

Az RA0 pont és a GND közé egy kondenzátort (és esetenként egy soros ellenállást) kell beiktatni (13. ábra).

Ha a kondenzátor értéke meghaladja az 50 pF-ot, már célszerű a soros ellenállás beiktatása. Ez a kisülési időt alig befolyásolja, viszont töltéskor korlátozza az áramot. Az 50 pF az a kapacitásérték, amelynél a töltés megindulásakor (ha a kondenzátor teljesen ki volt sütvé) keletkező áramértéket a PIC kimeneti áramkörei még elviselik (kb. 25 mA). Nagyobb kapacitású kondenzátor esetén egy 160 Ω értékű védellenállást kell sorosan beiktatni. A mikrovezérlők A portjánál a kimeneti ellenállás névleges értéke 100 Ω, így ha kimeneti H érték esetén egy 160 Ω-os külső ellenálláson át rövidez záródik a kimenet, 5 V tápfeszültséget feltételezve akkor is csak közel 20 mA áram folyik.

A modul alapműködése a következő:

1. Az RA0 pontra külső kondenzátor csatlakozik, ezt fel kell tölteni. Ehhez az RA0 pontot kimenetnek kell konfigurálni, és logikai 1 értéket kell kiküldeni rajta.

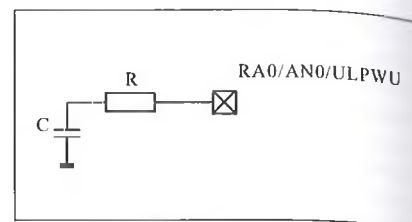
2. Amikor a kondenzátor feltöltődött, le kell állítani a töltését: az RA0 pontot bemenetté kell átkonfigurálni.

3. A WDTCON regiszterben levő ULPEN és ULPSINK bitek 1-re állításával elindítható a kondenzátor kisülése.

4. Ekkor visszük egy SLEEP utasítással sleep módba a mikrovezérlőt.

5. A sleep módban a tápáram lecsökken, a perifériák és a CPU leállnak, de az ULPWU modul folyamatosan dolgozik tovább.

6. Amikor az RA0 ponton a feszültség lecsökken VIL érték alá, megszakí-



13. ábra

tás keletkezik, a mikrovezérlő felébred és végrehajtja a következő programutasítást.

Ha a fentieket periódikusan megismételjük, a mikrovezérlő rendszeresen sleep állapotba kerül, majd felébred, így az átlagfogyasztása nagymértékben csökken. A sleep állapotban töltött idő az RA0 pontra csatlakozó tagok időállandójától függ. Amikor az ULPWU modul felébreszti a mikrovezérlőt, a WDTCON regiszterben az ULPLVL bit 1-re vált. Ennek vizsgálata útján tudja meg a CPU, hogy mi volt az előző ébredés kiváltó eseménye.

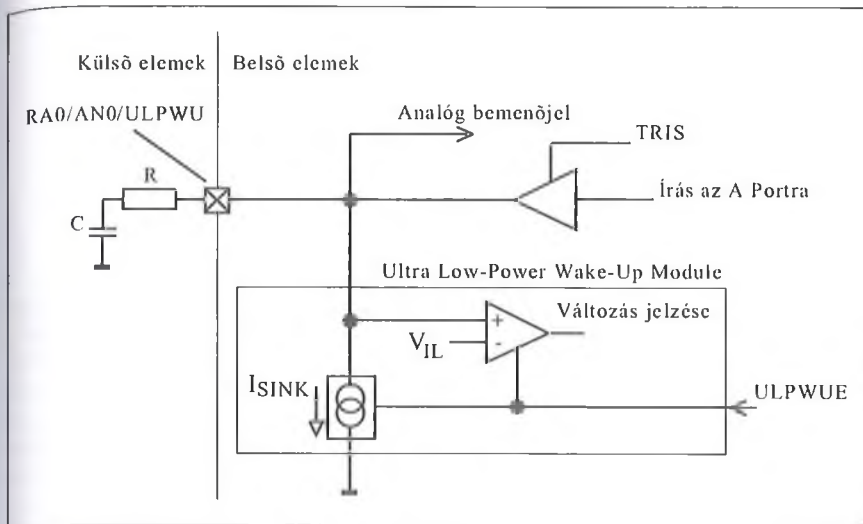
Az ULPWU modult már néhány PIC16 mikrovezérlőbe is beépítette a Microchip, így pl. a PIC16F684, a PIC16F88x típusokba is.

A PIC18F mikrovezérlőkben levő ULPWU modul belső kialakítását a 14. ábra mutatja be. A modul fő részei: egy kis fogyasztású analóg feszültség-komparátor (ez hasonlítja össze az RA0 bemeneten levő feszültséget egy referencia értékkel), valamint egy indítható/leállítható áramgenerátor a kisütőáram előállítására. Amikor az analóg komparátor állapota (és ezzel a kimenőjele) megváltozik, akkor ad ki a modul egy változás-jelzést, ebből jön létre a megszakítás jel. A megszakítás jel pedig ébreszti a mikrovezérlőt a sleep állapotból.

### 4. táblázat. A teljesítmény-menedzser rendszer üzemmódjai

Üzemmód	OSCCON bitek		Modulok állapota		Oscillátorjel forrása
	IDLEN <sup>(1)</sup>	SCS1:0	CPU	Perifériák	
Sleep	0	xx	Kikapcsolt	Kikapcsolt	Nincs, minden oszcillátor leáll
PRI_RUN	X	00	Működik	Működik	Elsődleges oszcillátor (LP, XT, HS, HSPLL, RC, EC)
SEC_RUN	X	01	Működik	Működik	Másodlagos, Timer1 oszcillátor
RC_RUN	X	1x	Működik	Működik	Belső oszcillátorblokk
PRI_IDLE	1	00	Kikapcsolt	Működik	Elsődleges oszcillátor (LP, XT, HS, HSPLL, RC, EC)
SEC_IDLE	1	01	Kikapcsolt	Működik	Másodlagos, Timer1 oszcillátor
RC_IDLE	1	1x	Kikapcsolt	Működik	Belső oszcillátorblokk

Megjegyzések: 1 Az IDLEN bit értéke kizárólag egy SLEEP utasítás végrehajtásakor hatásos.  
x Közömbös (tetszőleges) bitérték.



14. ábra

A modul nagyon kis áramértékekkel dolgozik. 25 °C hőmérsékleten a VIL névleges értéke 0,58 V, a kisütőáram pedig 135 nA. A modul, ha engedélyezett a működése, a sleep állapotban mutatott teljes áramfelvételt 75 nA ... 160 nA áramértékkel növeli meg mindössze.

A külső kondenzátor önkisülése, szivárgási árama általában elhanyagolható, de hosszú időzítéseknel illetve elektrolit kondenzátoroknál már számolni kell vele, lényegesen befolyásolhatja az eredményeket. A nagyon alacsony kisütő áram nagy bemeneti ellenállást jelent (kb. 30 MΩ), ezért az áramkör bemenete zavarérzékeny.

A modul hosszú időértékek előállítására is alkalmas! 40 μF-os kondenzátor, 5 V tápfeszültség esetén a kisütési idő 1000 s! Természetesen a nagy értékű kondenzátor miatt itt a soros ellenállás mindenképpen szükséges! Egyébként ekkora kondenzátor mellett már a feltöltési idő sem elhanyagolható, 40 μF-os kondenzátor esetén ez 30 ms.

A modul sokoldalúan felhasználható, így pl. hőmérséklet mérésére is, vagy feszültségcsökkenés monitorozásra is, mindezt a Microchip alkalmazási segédletekben be is mutatja. Az alkalmazási lehetőségeket növeli, hogy

egy adott kondenzátor esetén szoftveresen lehet módosítani (csökkenteni) a kisülési időt. Ha ugyanis a kondenzátort nem töltjük fel teljesen, alacsonyabb feszültségről indul a kisülés, így rövidebb idő alatt csökken a feszültség a küszöbértékre!

#### 54. Szelektív periféria-modul vezérlés

A PIC18FK mikrovezérlőknél egy újabb lehetőséget is találunk a fogyasztás hatékony kezelésére, csökkentésére. A szelektív periféria-modul vezérlés (Selective Peripheral-Module Control, SPMC) egyenként kikapcsolhatóvá teszi a mikrovezérlő periférius egységeit!

Az idle mód lényegesen csökkenti a mikrovezérlő fogyasztását, mivel a CPU nem kap órajelet, nem működik. Ugyanakkor a periférius elemek mind tovább kapják az oszcillátor impulzusait, működnek, fogyasztanak. A sleep pedig minden modult leállít, ami a mikrovezérlő oszcillátorát használja, és nincs saját órajel-forrása.

Ha a mikrovezérlőbe beépítették az SPMC lehetőséget, akkor a periféria területen szelektíven letilthatóak az egyes elemek, így a pillanatnyilag felesleges perifériális elemeket egyenként le lehet állítani, a tápáram-felvételüket le lehet csökkenteni, vagy teljesen ki is kapcsolhatóak. Két vezérlőbit szolgál a leállítás céljára minden egyes perifériális egységnél, a periféria-engedélyező bit és a perifériamodul-tiltó bit.

A periféria engedélyező (Peripheral Enable, PE) bit, aminek az általános megnevezése xxxEN, az egyes perifé-

ria egységek fő vezérlőregiszterében található meg. A perifériamodul tiltó (Peripheral Module Disable, PMD) bit, melynek általános megnevezése xxxMD, egy-egy PMD<sub>x</sub> vezérlőregiszterben található meg. A PIC18FK mikrovezérlőkben 3-4 darab PMD regiszter is található, a periférius egység számának megfelelően.

Az xxxEN bit törlésével a perifériamodul leállítható, de ilyen esetben a regisztereit továbbra is el lehet érni, azok olvashatóak, írhatóak maradnak. A modul fogyasztása jelentősen csökken, de nem annyira, mint az alábbi helyzetben.

Ha a PMD bitet 1-re állítjuk (letiltjuk a perifériamodult), a periféria működését teljesen letiltjuk, ekkor csökken abszolút minimális szintre a fogyasztása. Ebben az állapotban a vezérlőregisztereket, állapotregisztereket sem lehet sem olvasni, sem írni a perifériamodulban.

## 6. Zárzó helyett

A mikrovezérlők családokban készülnek. Korábban megszoktuk, hogy az azonos családhoz tartozó áramkörök-nél a csip magja változatlan, ezzel együtt az utasításkészlet is minden esetben ugyanaz.

A Microchip a PIC18 áramkörök fejlesztése során jelentősen eltért ettől az alapelvtől. Emiatt, ha új típusra tér át valaki, mindenképpen részletesen át kell tanulmányoznia a katalógust, ellenőriznie kell, mi változott a CPU-ban, mi nem. De ezt ne érezzük hátránynak! A gyártó azon igyekszik, hogy az áramkör család teremtette korlátok között a lehető legtöbb újdonságot beépítse a mikrovezérlőibe!

Akik eddig is a PIC áramkörök hívei voltak, bizonyára örömmel olvastak a sok újdonságról, s keresni fogják azokat a PIC18F áramköröket, melyekben ezeket kipróbálhatják. Ha pedig valaki eddig más mikrovezérlőgyártó termékeit használta s most kedvet kapott a számtalan izgalmas lehetőséget nyújtó PIC18 csipek kipróbálására, csak bátorítani tudjuk.

### Felhasznált irodalom

Microchip alkalmazási segédletek (AN869, AN656, AN910, AN1310, AN573, AN652, AN601, AN602, AN1095, AN879, TB072). (Fellelhetőség: [www.microchip.com](http://www.microchip.com))

Microchip PIC mikrovezérlők katalógusai. (Fellelhetőség: [www.microchip.com](http://www.microchip.com))





# Hibrid integráltáramkörös, szélessávú erősítők VHF/UHF-re

Bus László okl. villamosmérnök

## Bevezetés

A címből is kiderül, hogy ezek az aktív építőelemek gyártástechnológiai szempontból a diszkrét, illetve az integráltáramkörüi kivitel között foglalnak helyet. A technológia ezen színvonalán a csipen kialakított tranzistorokat és ellenállásokat az integrált áramköröknél használatos gyártási eljárásoknak megfelelően állítják elő. Nagyfrekvenciás hidegítésre, csatolásra és a tápfeszültség szűrésére alkalmazott kondenzátorok diszkrét kivitelben készülnek, és ezeket az elemeket az áramkörüi kapcsolás megfelelő helyein hozzák galvanikus kapcsolatba.

Ezeknek az eszközöknek a gyártásánál a Philips vékonyréteg technikát alkalmazott. Jelen közleményünkben a technikatörténetet követve csak érintőleges kitérést teszünk az OM335 erősítőcsaládot illetően. A Philips a félvezetőipiacon ezzel a gyártmánycsaláddal jelent meg.

Ezek közös jellemzője a 24 V-os tápfeszültség és felépítésüket tekintve mindegyik változat (OM335, -337, -339) háromfokozatú. Hátrányuk volt néhány példány esetén az instabil működés (OM339), ami a tápfeszültség és az illesztés bizonyos mértékű megváltozására következett be. A félvezetőgyártó cég ezen hibák kiküszöbölése céljából és az ipar igényeinek szem előtt tartásával (kisebb fogyasztás és a méretek csökkentése) megjelent újabb hibrid IC családjával, az OM 345-tel, majd az OM2045-tel kezdődővel.

Ezen, mára már meglehetősen éltes korú, családnak a tárgyalását két okból tesszük: egyrészt azokra gondoltunk, akik rendelkeznek ilyen elfekvő hibrid IC-kkel és a birtokukban lévő típussal szélessávú erősítőt szeretnének építeni, másrészt a gyártástechnológia fejlődési trendjére nyújtunk rövid bepillantást.

Ahogy a címben utaltunk rá, ezeknek a példányoknak az üzemi sávja frekvenciában a 40...860 MHz-ig terjedő VHF- és UHF-tartományt foglalja magába, és azok a nagyszintű erősítők családjába tartoznak.

## Egyfokozatú változat (OM345, OM2045)

Az ismertetés során a két gyártmánycsaládot egyszerre mutatjuk be, mert a fontos paramétereket tekintve azok megegyeznek. Ez jól látszik az 1. és a 2. táblázatból. A két táblázatot közelebről szemügyre véve az is látszik, hogy az OM20xx család jobb zajjellemzővel rendelkezik, mint az OM3xx család. Ez más megfogalmazásban azt jelenti, hogy a Philips kifejlesztett egy kedvezőbb zajjellemzővel bíró változatot. Mindkét szélessávú erősítőcsalád gyártásánál vékonyréteg technológiát alkalmazták.

Az áramkörök ismertetésénél azt a tárgyalási módot választjuk, hogy az

egyfokozatúval kezdjük és a háromfokozatúakkal fejezzük be. Kapcsolástechnikailag a szélessávú átvitel érdekében az áramkörtervező többszörös negatív visszacsatolást alkalmazott, még egy fokozaton belül is. Nézzük meg, hogy a negatív visszacsatolás milyen hatással van az erősítő tulajdonságaira:

- csökkenti a hőmérséklet és a tápfeszültség változásainak befolyását a tranzisztorparaméterekre,
- csökkenti a torzításokat,
- növeli az átviteli sáv szélességet (növeli a felső határfrekvenciát és csökkenti az alsót).

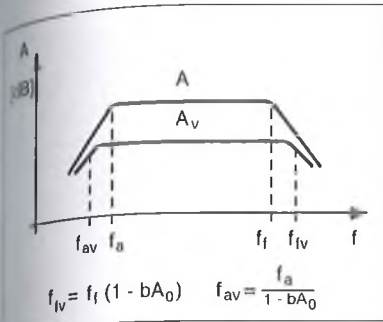
Az 1. ábra egy visszacsatolás nélküli és egy visszacsatolt erősítő átviteli szemlélteti vázlatosan.

1. táblázat

IC típus	OM345	OM350	OM360	OM361	OM370
Tápfeszültség	12 V ±10%	12 V ±10%	12 V ±10%	12 V ±10%	12 V ±10%
$R_g = R_l = Z_0$	75 Ω	75 Ω	75 Ω	75 Ω	75 Ω
Áramfelvétel	11,5 mA	18 mA	55 mA	50 mA	105 mA
Bemeneti VSWR	2,0	1,5	1,3	1,5	2,3
Kimeneti VSWR	1,4	1,9	1,5	1,7	1,9
Zajszám	5,5 dB	6 dB	7 dB	6 dB	7 dB
Kivezérelhetőség	99 dB <sub>μ</sub> V	100 dB <sub>μ</sub> V	107 dB <sub>μ</sub> V	107 dB <sub>μ</sub> V	VHF: 113 dB <sub>μ</sub> V UHF: 112 dB <sub>μ</sub> V
Erősítés	12 dB	18 dB	23 dB	28 dB	28 dB

2. táblázat

IC típus	OM2045	OM2050	OM2060	OM2061	OM2070
Tápfeszültség	12 V ±10%	12 V ±10%	12 V ±10%	12 V ±10%	12 V ±10%
$R_g = R_l = Z_0$	75 Ω	75 Ω	75 Ω	75 Ω	75 Ω
Áramfelvétel	11,5 mA	18 mA	55 mA	50 mA	100 mA
Bemeneti VSWR	2,0	1,5	1,4	1,5	2,3
Kimeneti VSWR	1,4	1,9	1,6	1,7	1,9
Zajszám	3,6 dB	5,2 dB	5,4 dB	4,4 dB	4,8 dB
Kivezérelhetőség	99 dB <sub>μ</sub> V	100 dB <sub>μ</sub> V	107 dB <sub>μ</sub> V	107 dB <sub>μ</sub> V	VHF: 113 dB <sub>μ</sub> V UHF: 112 dB <sub>μ</sub> V
Erősítés	12 dB	18 dB	23 dB	28 dB	28 dB

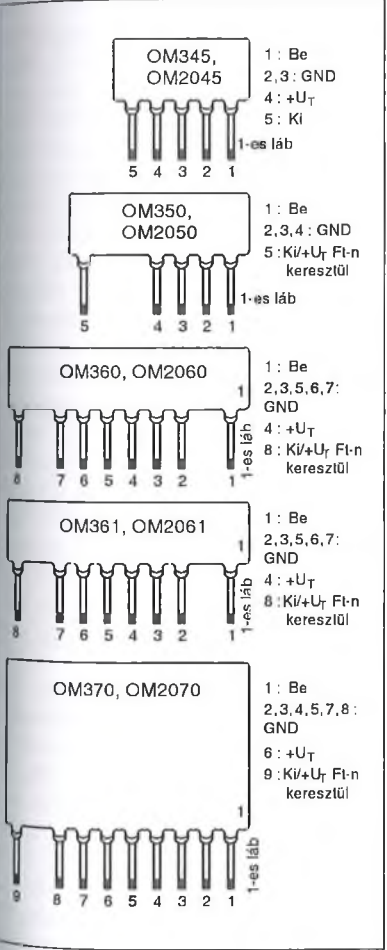


1. ábra. A negatív visszacsatolás hatása a határfrekvenciára

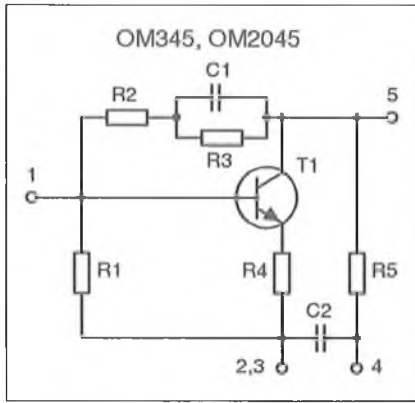
Működés

A hibriderősítők (későbbiekben ezt a kifejezést gyakran használjuk) egyfokozatú változatának tokozását és lábkiosztását a 2. ábra, belső felépítését a 3. ábra mutatja.

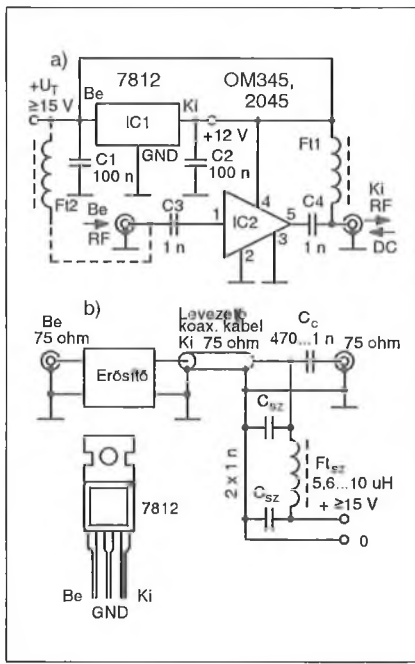
A 3. ábrán látható, hogy földelt-emitteres kapcsolást és a szélessávú átvitel érdekében kétszeres negatív visszacsatolást alkalmazott az áramkör



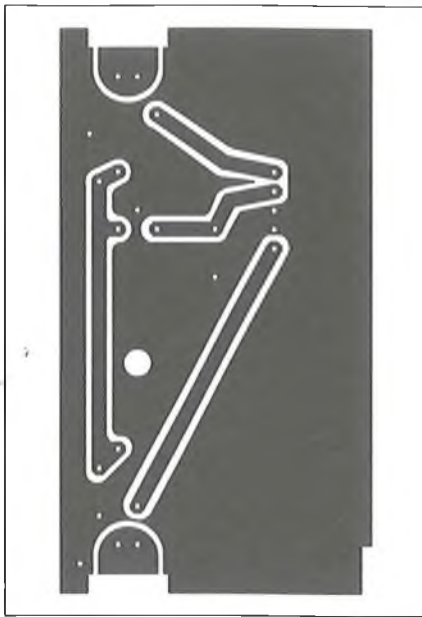
2. ábra. A hibrid IC-család tokozása és lábkiosztása



3. ábra. Az OM345 és az OM2045 belső kapcsolása

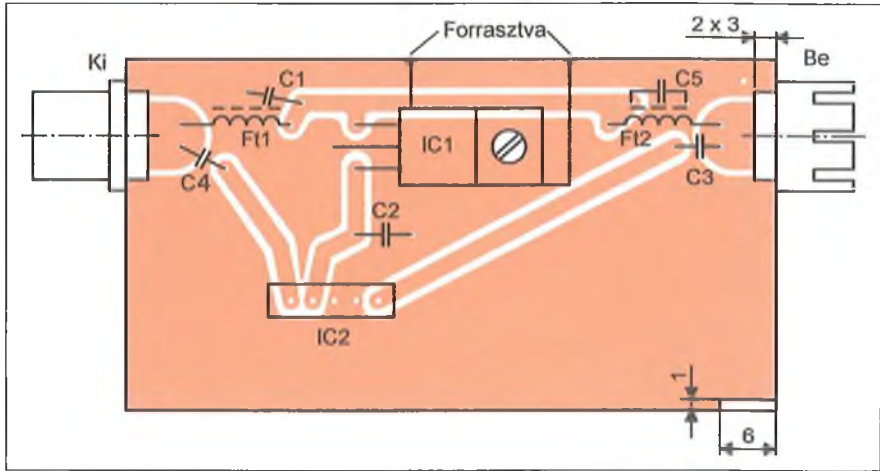


4. ábra. Az egyfokozatú hibriderősítő elvi kapcsolása (a) és távtáplálása (b)



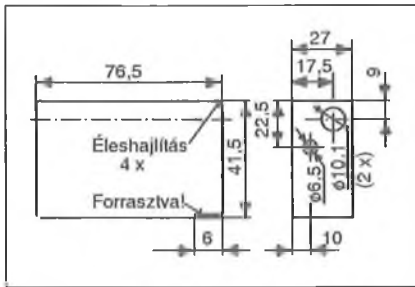
5. ábra. Az egyfokozatú nyákkrajza (M 1:1)

tervezője. A T1 tranzisztor kollektora az R5 ellenálláson keresztül kap feszültséget. A tranzisztor bázisa a kollektorról az R1–R3 osztón keresztül kap feszültséget (automatikus munkapontbeállítás). A visszacsatoló ágban találjuk R2–C1 tagot, amely frekvenciafüggő negatív visszacsatolást hoz létre. A másik visszacsatolás az R4 emitterellenállás által jön létre. A C2 kondenzátor a tápfeszültséget szűri a nagyfrekvenciás zavaroktól. Az erősítendő nagyfrekvenciás jel a hibrid IC 1-es pontjára érkezik és az 5-ös pontról csatoljuk ki a felerősített jelet. Mindkét erősítőcsalád mindegyik változatára jellemző, hogy minimális külső alkatrészt igényelnek.

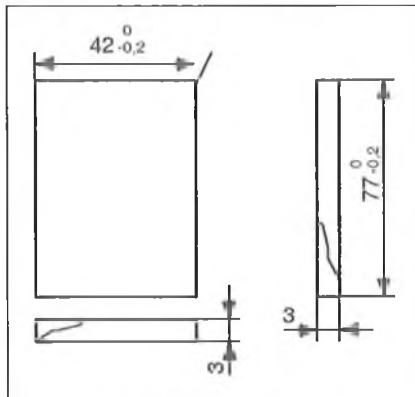


6. ábra. Az egyfokozatú hibriderősítő beültetési rajza a fémkerettel és az RF csatlakozókkal

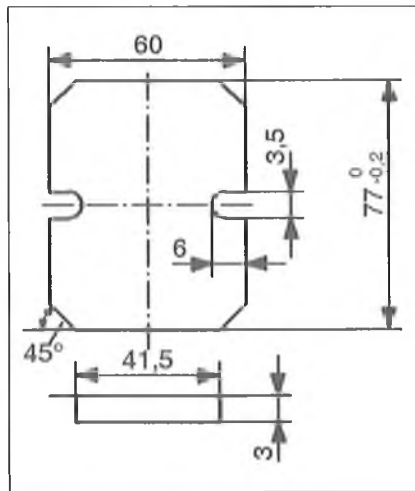




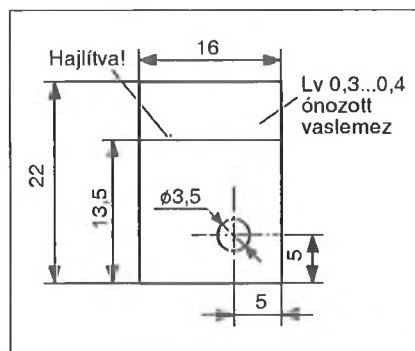
7. ábra. A dobozkeret rajza



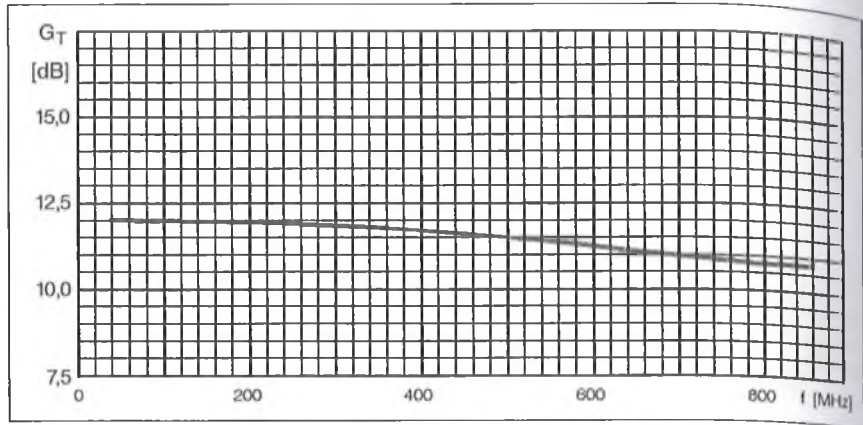
8. ábra. A fedél rajza



9. ábra. A doboz alaplemeze



10. ábra. A hűtőlemez rajza



11. ábra. Az egyfokozatú hibriderősítő frekvenciamenete

A szélessávú hibriderősítő kapcsolási rajzát a 4.a ábrán láthatjuk. A megbízható működés érdekében mindkét erősítőcsalád stabilizált, 12 V-os tápfeszültségről működik. Ezt IC1, feszültségstabilizátor biztosítja. (A C1 és C2 szerepére még visszatérünk.) Az erősítő bemenetére érkező nagyfrekvenciás jel a C3 kondenzátoron keresztül kerül az IC2 bemenetére, az 1-es lábára. A felerősített hasznos jel az erősítő 5. pontjáról kerül a C4-en át az erősítőegység kimenetére. Távtápláláskor a C4-nek, tranzittápláláskor a C3-nak van egyenfeszültség leválasztó szerepe.

#### Elkészítés, bemérés

A hibriderősítő elkészíthető egy-, vagy kétoldalas nyáklemezre. Mi az egyoldalas nyákot választottuk, melynek mérete 75×40 mm. A kapcsolás fóliázata az 5. ábrán, míg annak alkatrész-beültetési rajza a 6. ábrán látható, a dobozkerettel és az RF csatlakozókkal.

A kapcsolások megépítéséhez a dobozos kivitelű választottuk, aminek anyaga 0,4...0,5 mm vastag ónozott vaslemez vagy 1,6 mm-es, egyoldalas nyáklemez. A dobozkeret rajza a 7. ábrán, a fedelének rajza a 8. ábrán, míg a talplemezének rajza a 9. ábrán látható.

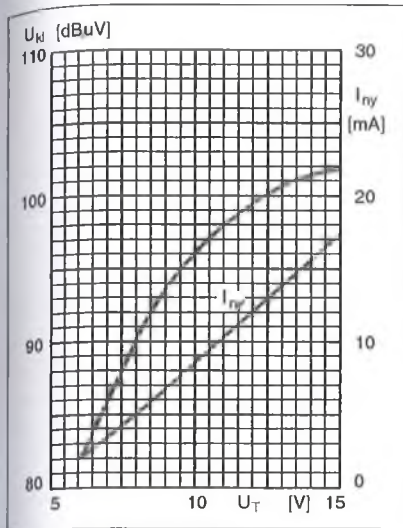
Az elkészítés első fázisaként az RF csatlakozókat forrasztjuk a kerethez. Célszerű a kimenetet és a bemenetet megkülönböztetni, például úgy, hogy a bemenet legyen KOHÜ (koaxiális hüvely) és a kimenet KODU (koaxiális dugó) Ezután illesszük a nyáklemez bemeneti fóliaszigetére a nagyfrekvenciás csatlakozók belső erét, majd forrasztjuk hozzá. Amikor ez megtörtént, akkor a nyákot forrasztjuk a kerethez. E műveletek végeztével történik az áramköri elemek beültetése. A kondenzátorok kerámia tárcsátípusok. A fojtók

ferritmagosak, adataik: Ø1,6 mm-es ferritrudon 25 menet, 0,2 mm átmérőjű CuZ (zománcozott réz-) huzalból. A stabilizátor IC hűtése egy 16×22 mm méretű, 0,3...0,4 mm-es, L-alakban meghajlított ónozott vaslemezzel történhet. Ezt a nyákhöz Ø3 mm-es csavarral fogjuk fel, a hűtőlemez felhajlított szárát a doboz oldalához forrasztjuk, a jobb hűtés érdekében. A hűtőlemez rajza a 10. ábrán látható.

A szélessávú erősítők tápellátása történhet helyi és távtáplálással. Bizonyos esetekben szükséges lehet más erősítők táplálása ugyanarról a tápfeszültségről, ekkor biztosítani kell a tápfeszültség továbbvitelét az egységen keresztül; ez a tranzit (átmenő) táplálás esete. Ezen igények figyelembevételével mindegyik erősítőkapcsolás fóliarajza úgy lett tervezve, hogy mindkét táplálási mód (a táv és a tranzit) teljesíthető legyen.

Távtáplálásra mutat példát a 4.b ábra, ahol az Ft a tápfeszültség nagyfrekvenciás szűrését végzi a 2 db C<sub>sz</sub> szűrőkondenzátorral. A tranzittáplálás esetét a 4.a ábrán láthatjuk, ahol Ft2-C1 szintén RF szűrést végez, illetve C1 és C2 az IC1 begerjedését is megakadályozza. Helyi tápláláskor a tápfeszültséget egy szigetelt érpáron vagy vékony koaxiális kábelben visszük az erősítő egységhez.

Az elkészített, bedobozolt erősítő először egyenáramúlag ellenőrizzük. Ez a 4-es lábón a 12 V-os tápfeszültség meglétét, valamint az áramfelvétel ellenőrzését jelenti. Ezután következik a hibriderősítő erősítésgörbéjének mérése hálózatanalizátorral vagy más vobulátoros elven mérő műszerrel. Az OM345 (2045) frekvenciamenetét a 11. ábrán láthatjuk. Az erősítő a kivezélhetőségét és a nyugalmi áramfelvételt a 12. ábra mutatja.



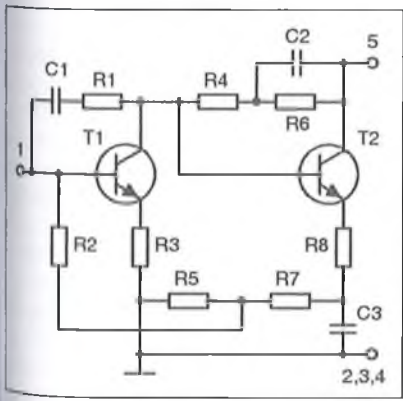
12. ábra. Kivezérés és nyugalmi áramfelvétel a tápfeszültség függvényében

### Kétfokozatú változat (OM 350, OM 2050)

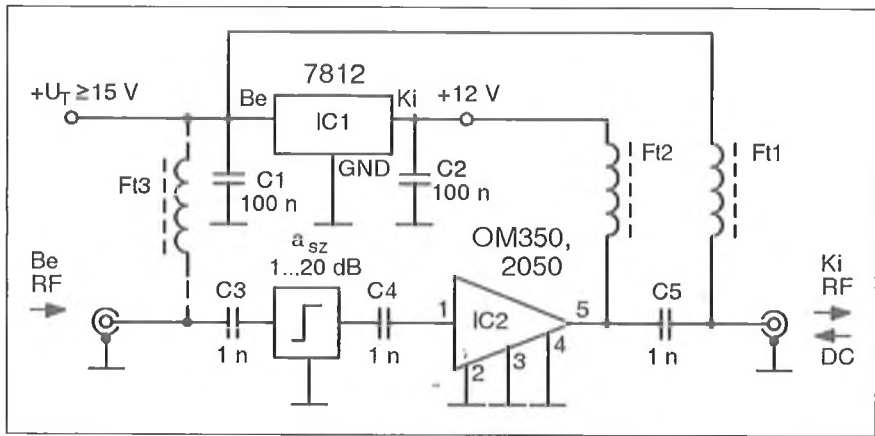
A szélessávú család következő tagja a kétfokozatú változat, melynek tokozását, lábkiosztását a 2. ábrán találjuk, míg a belső kapcsolását a 13. ábra mutatja.

### Működés

A hibriderősítő mindkét tranzistora földtelmitteres kapcsolású. Az első fokozat kétszeres negatív visszacsatolású. Az R1–C1 frekvenciafüggő visszacsatolást ad, míg a frekvenciafüggetlen visszacsatolás az átblokkolatlan R3 emitterellenállás által jön létre. A T2 tranzistor esetében szintén kétszeres negatív visszacsatolás lett alkalmazva. A frekvenciafüggetlőt az R4–C2, a frekvenciától függetlent a T2 emitterkörü R8-as ellenállás hozza létre. A T1 tranzistor bázisának munkapont-beállítá-



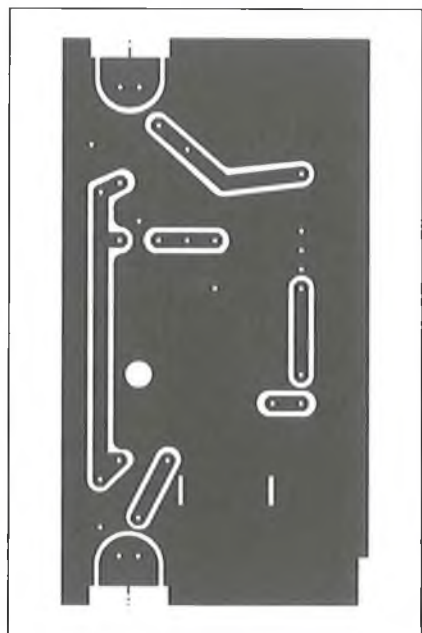
13. ábra. Az OM350 és az OM2050 belső kapcsolása



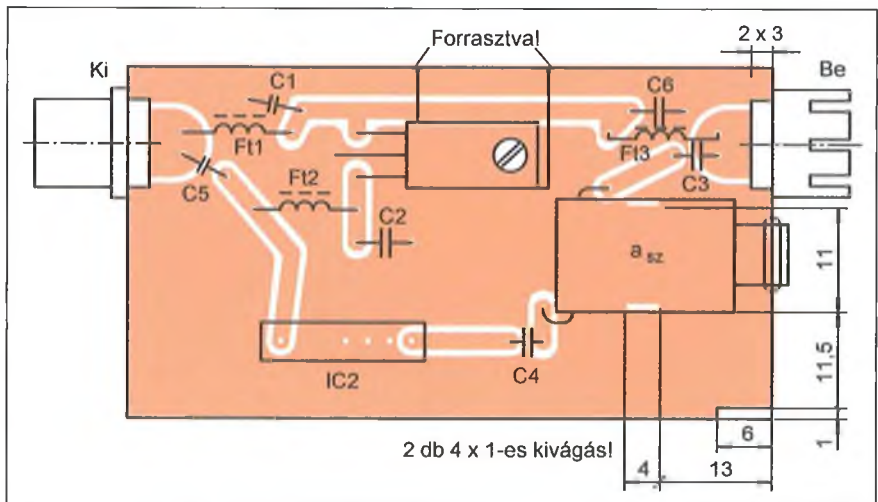
14. ábra. A kétfokozatú hibriderősítő kapcsolási rajza

sa nem szokványos módon van megoldva. A T1 bázisa a T2 emitterkörében lévő R5–R7 feszültségosztó közös pontjáról kapja R2-ön keresztül a működéshez szükséges tápáramot (áramgenerátoros megoldás). A 12 V-os tápfeszültség a T2 kollektorára érkezik (5-ös pont), és innen az R6 és R4 ellenálláson keresztül kap a bázis áramgenerátoros, így konstans áramú táplálást. Nagyfrekvenciás szempontból az R5–R7 osztó a C3 által hidegítve van, így nem vesz részt nagyfrekvenciásan az áramkör működésében. A negatív visszacsatolás szempontjából csak az R8 lesz hatásos. A két fokozat között DC-csatolás van, ez a csatolási mód kedvezőbb jelátviteli szempontból.

A kétfokozatú hibriderősítő kapcsolási rajza a 14. ábrán látható. A bejövő RF-jel a C3 csatoló kondenzátoron keresztül rákerül a<sub>sz</sub> szintszabályozóra, ami valójában egy T-kapcsolású, változtatható csillapító, melynek szabályozási tartománya 20 dB-ig van spe-



15. ábra. A kétfokozatú erősítő nyákrájza (M 1:1)



16. ábra. Beültetési rajz kerettel és RF csatlakozókkal



a [dB]			Megjegyzés
	R1	R2	
3	12,7	215	$R1 = Z_0 \ln \frac{a_0}{2}$ $R2 = \frac{Z_0}{\ln a_0}$
	24,9	100	
6	39,2	52,3	$a_0 = \ln n$ , ahol: n az osztás
	61,9	15	

17. ábra. Változtatható csillapító helyettesítése fix csillapítóval

cifikálva. Ezeket a csillapítókat úgy méretezik hogy a csúszkaállásoktól (3 csúszka mozog egyszerre) függetlenül megtartják az előírt be- és kimeneti csatlakozási impedanciájukat, ami vételektechnikában és kábeltelevíziós hálózatok esetén 75 ohm. Az ilyen csillapítók gyakorlatilag frekvenciafüggetlenek. Nagyobb szintű bejövő jelek esetén ezzel az áramköri elemmel tudjuk beállítani az optimális jelszintet a hibriderősítő számára úgy, hogy az ne veredődjön túl.

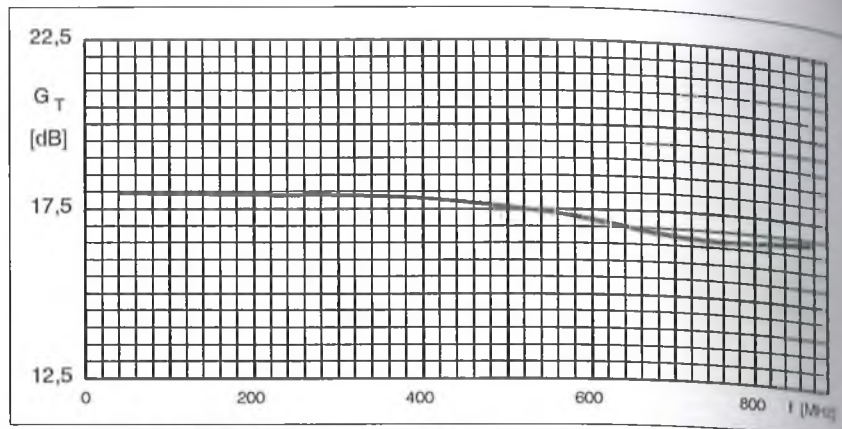
A csillapító tagról C4 kondenzátorral csatoljuk a nagyfrekvenciás jelet az IC2 bemenetére. A felerősített jel a C5-ről kerül az egység kimenőpontjára. Távtáplált esetben C5 a tápfeszültséget választja le, tranzit tápláláskor a C3-nak szintén DC-leválasztó szerepe van.

### Elkészítés, bemérés

A kétfokozatú hibriderősítő főábrája a 15. ábrán, míg a beültetési rajza a 16. ábrán látható.

Térjünk vissza a változtatható csillapítóhoz! Az alábbi kapcsolásokban alkalmazott változtatható csillapítók Draloric vagy Remix gyártmányúak. Természetesen más gyártmányú szabályozható csillapítók is beépíthetők az áramkörbe, ha azok mechanikai méretei és a szabályozási tartományuk megegyező.

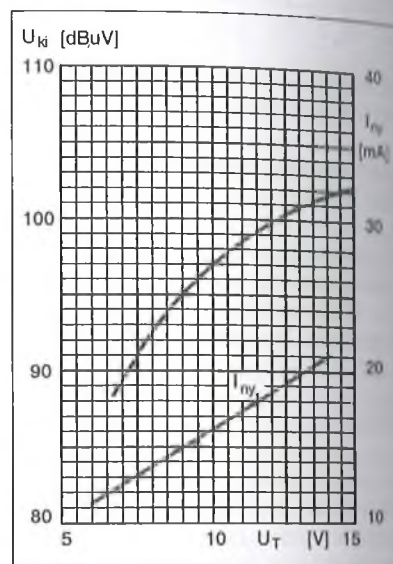
Amennyiben a folyamatosan változtatható csillapítónak a beszerzése gondot okoz, akkor fix csillapítású T-tagot használunk. A nyákrész úgy van kialakítva, hogy 3 db ellenállás beforrasztására van hely. Ebben az esetben pótlólag egy 1,5 mm-es furatot és egy 1 mm átmérőjű furatot kell készíten



18. ábra. A kétfokozatú hibriderősítő frekvenciamenete

ni (földelési pont). Az ellenállások indukciószegény kivitelűek legyenek és a nagyfrekvenciás szerelésnek megfelelően lehetőleg rövid lábakkal forrasszuk be azokat. A gyakorlatban leginkább használatos csillapításokhoz az ellenállásértékeket táblázatosan a 17. ábrán adtuk meg. Igénytől függően más értékű csillapítások is realizálhatók a megadott méretezési képletek segítségével. A csillapítók ellenállásainak terhelhetősége max. 0,4 W. A kétfokozatú erősítő frekvencia karakterisztikáját a 18. ábra mutatja. A kapcsolással elérhető maximális kimenőszintről, illetve a DC áramfelvételtől a 19. ábra ad tájékoztatást.

Az elkészítés lépései megegyeznek az egyfokozatúnál fentebb leírtakkal. A dobozkeret mérete a 7. ábrán, a fedél és talplemez a 8., ill. a 9. ábrán tekinthető meg. Az erősítő bemérése az egyfokozatúnál leírtak szerinti.



19. ábra. Kivezérlés és a nyugalmi áramfelvétel a tápfeszültség függvényében

### Háromfokozatú változatok

#### OM360, OM2060

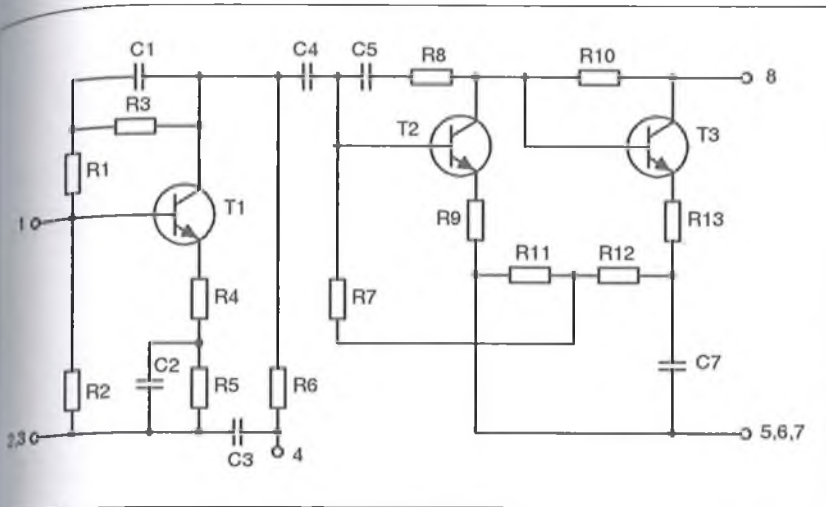
E két hibrid IC lábkiosztása a 2. ábrán, a belső kapcsolása a 20. ábrán látó.

#### Működés

A T1 tranzisztor az R6 kollektorellenállásán keresztül kapja a működéshez szükséges egyenfeszültséget. Bázisfeszültségét az R3–R2 osztó állítja be (automatikus munkapont-beállítás). Az R1–C1 tag frekvenciafüggő visszacsatolást biztosít. A T1 emitterfeszültségét az R4 és az R5 ellenálláson átfolyó emitteráram hozza létre. A megosztott emitterellenállás R5-ös tagja a C2 által nagyfrekvenciásan földelve van, így visszacsatolás szempontjából csak az R4 hatásos. A C3 kondenzátor a tápfe

szültséget szűri az RF tartományba eső zavaroktól. A C4 kettős feladatot lát el: egyrészt az első fokozat kollektoráról a második fokozat bázisára csatolja az RF jelet, másrészt leválasztja T1 kollektorfeszültségét.

A hibriderősítő második és harmadik fokozatának felépítése kapcsolástechnikailag megegyezik az OM350 (2050) felépítésével, így az ott leírtak értelemszerűen érvényesek ezekre a fokozatokra is. A különbség annyi, hogy az OM350 T2-es tranzisztorának kollektor-bázis körében van egy RC visszacsatoló tag, addig a mostani T3 tranzisztornál ez nem szerepel. A tápfeszültség közvetlenül rákerül IC 4-es és 8-as pontjára; ez utóbbi a T3 kollektorra. Ennek a tranzisztornak a bázisa az R10 ellenálláson át kap áramot (áramgenerátoros üzemmód).



20. ábra. Az OM360 és az OM2060 belső kapcsolása

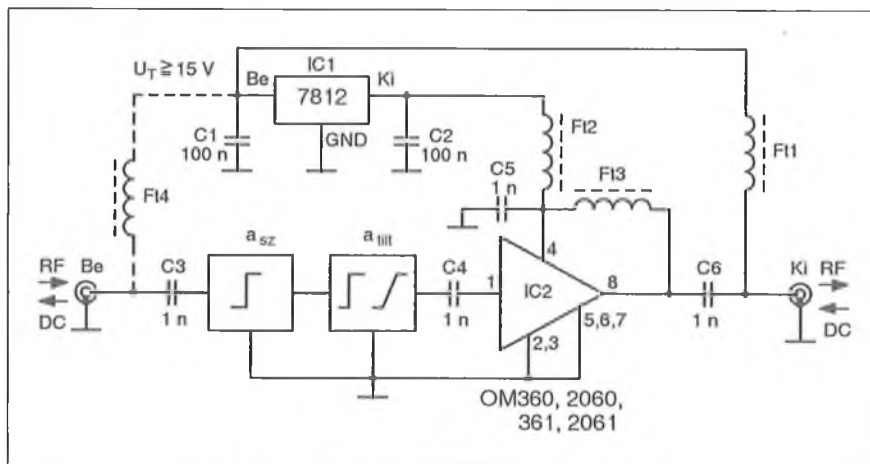
melyek kondenzátorokkal és teker-  
csekkel kombinált csillapítótagok,  
ezért csillapításuk a frekvencia függvé-  
nyében változik. Alapvetően kétféle  
megadási mód terjedt el. Az egyik eset-  
ben megadják a felső frekvenciahatárt  
(pl. 550 MHz) és megadják azt a  
csillapításkülönbséget, amelyet az  
ekvalizer az alsó és a felső frekvencia-  
határ között előidézik. Ekkor a vonatko-  
zó kábelszakasz okozta tilt-érték előze-  
tes kiszámítása szükséges. A másik  
esetben megadják azt a csillapításérté-  
ket, amekkorát a felső frekvenciahatá-  
ron az a kábelszakasz csillapít, amely-  
nek kiegyenlítésére a kérdéses tilt-kor-  
rektor alkalmazható.

Egy megadott kábelszakasz csilla-  
pítását látjuk a 22.a ábrán, míg a 22.b  
ábra a kábelszakaszhoz tartozó

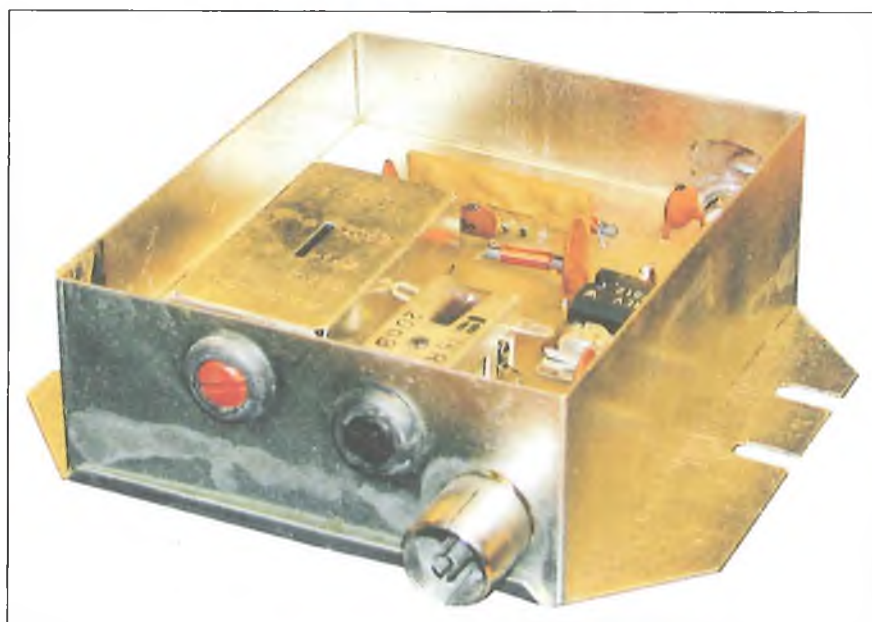
Az OM360, OM2060-nal működő  
erősítő kapcsolási rajza a 21. ábrán lát-  
ható. Az erősítőegység bemenetére ér-  
kező hasznos jel a C3 csatoló konda-  
natoron keresztül rákerül az  $a_{sz}$ -jelű  
csillapító tagra. A szintszabályozóval  
állítjuk be, ha szükséges, a megfelelő  
szintet. A változtatható csillapítóról  
az RF jel a tilt áramköri elemre kerül,  
melynek feladata a kábel csillapításá-  
nak kiegyenlítése. (Ehhez az áramköri  
rajzhoz még visszatérünk.) A nagy-  
frekvenciás jel a C4-en át jut a hibrid-  
erősítő bemenetére, a felerősített jel az  
erősítő 8-as pontjáról a C6-os csatoló  
kondenzátorral kerül az erősítőegység  
kimenetére.

Az IC2 4-es és 8-as pontjára kell a  
működéséhez szükséges tápfeszültsé-  
get eljuttatni, amit az Ft2 és az Ft3 foj-  
tókkel oldunk meg. A rajzon látható C5  
az Ft2-vel a tápfeszültség szűrését látja  
el. A stabilizátor IC1-ről, a hozzátartozó  
elemekről és a táplálási módokról már  
előző cikkünk említést (ld. OM345-nél).

Egy adott típusú, szerkezetű és  
hosszúságú kábelszakasz csillapítása  
egyszerűbb az átvinni kívánt frekvenciasáv  
kezdetén, mint a végén. A csillapításkü-  
lönbség a frekvenciamenet „dőlését”  
jelenti, amit angolul tiltnek neveznek.  
Ezt a kábelszakasszal – célszerűen az erő-  
sítő bemenetén – láncba kapcsolva be-  
vezetett passzív négy-pólussal a frekven-  
ciamenet korrekciója kismértékű hibá-  
kat megoldható. A dőlés szabályozók  
funkciójukat tekintve amplitúdókor-  
rektorok és kábeltelevíziós techniká-  
ban (angolból véve) tilt-korrektorok  
vagy ekvalizereknek (kiegyenlítő)  
is nevezik. Az ekvalizerek felépítésü-  
ket tekintve áthidalt T-kapcsolások,

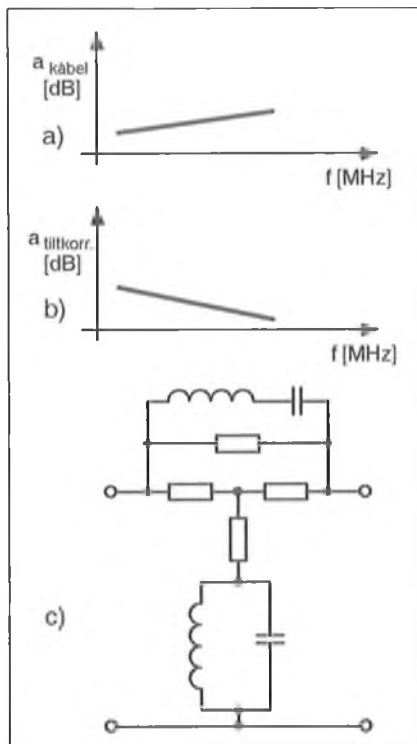


21. ábra. A háromfokozatú erősítő elvi rajza



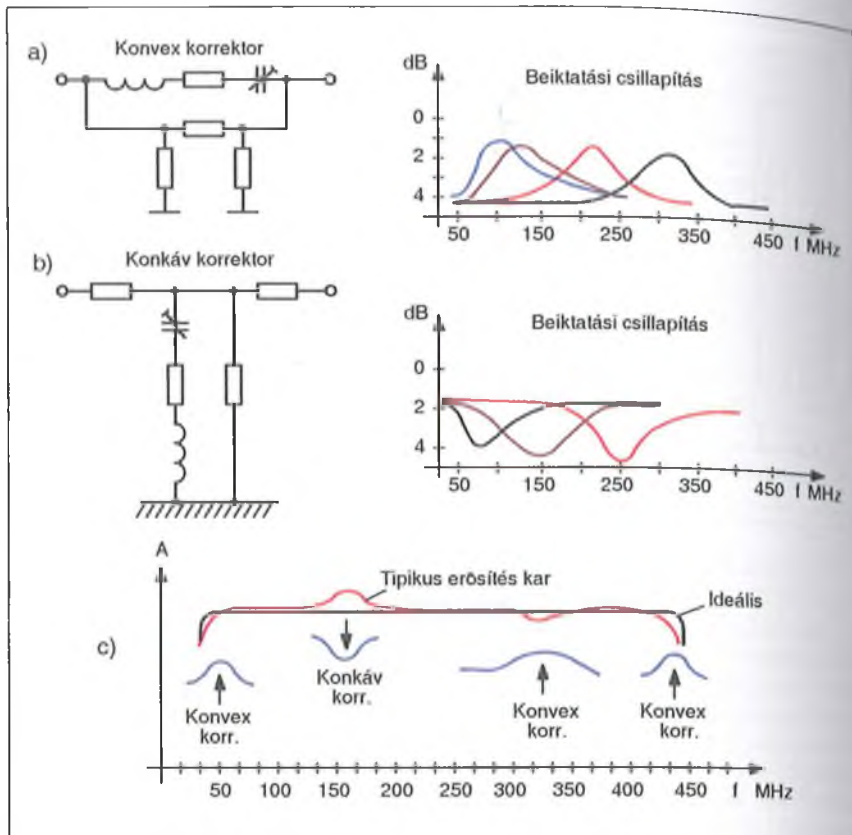
OM360-361-es változat





22. ábra. Koaxiális kábelek frekvenciafüggő csillapításának kiegyenlítése: a) egy adott kábelhossz csillapításának frekvenciamenete, b) az adott kábelhez tartozó ekvalizer csillapításának változása a frekvencia függvényében (mindkét tengely logaritmikus), c) a korrektor egy lehetséges kiviteli formája

tílt-korrektor csillapítását ábrázolja A korrektor egy lehetséges konfigurációját a 22.c ábra mutatja. Jól látható, hogy a kétféle csillapításmenet ellenté-

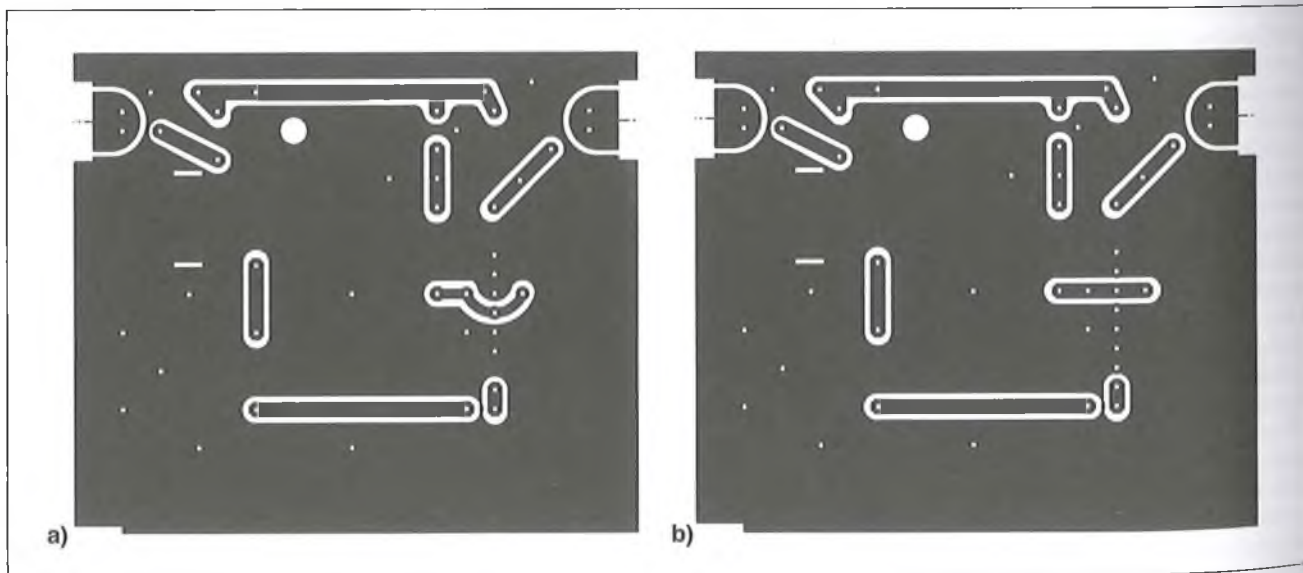


23. ábra. Amplitúdó – frekvencia karakterisztika maradékhibáinak kiegyenlítése korrekttal: a) konvex, b) konkáv típusúval, c) egy tipikus erősítéskarakterisztika és ennek menete a kiegyenlítés után

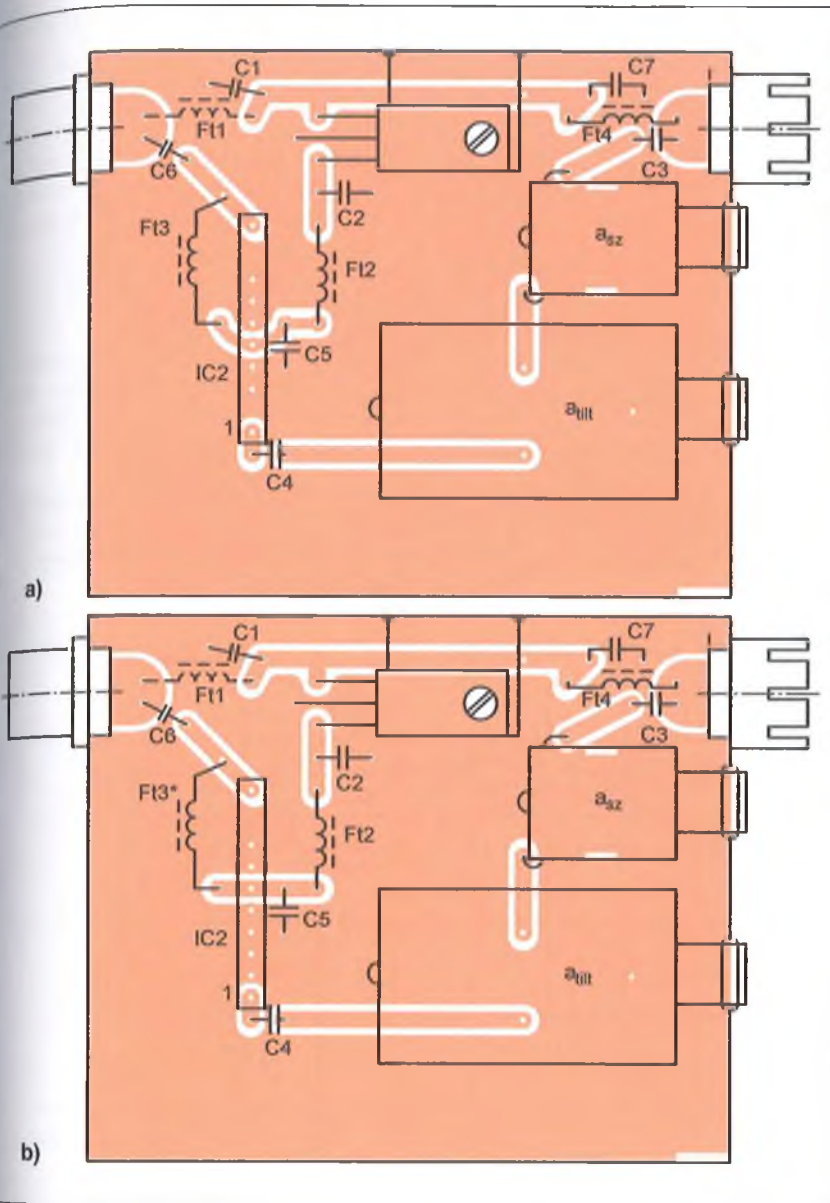
tes értelmű, így a kettő eredője a frekvencia függvényében kontans csillapításmenetet eredményez. A háromfokozatú erősítőkben Ruwido gyártmányú tíltet használtunk. Ennek több típusa létezik: mi a kapcsolásokban 40–860

MHz-ig és 1–20 dB-ig terjedő változatot építettük be.

Az alábbiak ugyan nem tartoznak közvetlenül közleményünk témájához, de célszerűnek tartjuk kiegészítő megjegyzést tenni arról, hogy az ekvalize-



24. ábra. A háromfokozatú erősítők nyákrája (M 1:1): a) OM360 (2060) és OM361 (2061), b) OM370 (2070)



25. ábra. A háromfokozatú erősítők beültetési rajza: a) OM360 (2060) és OM361 (2061), b) OM370 (2070)

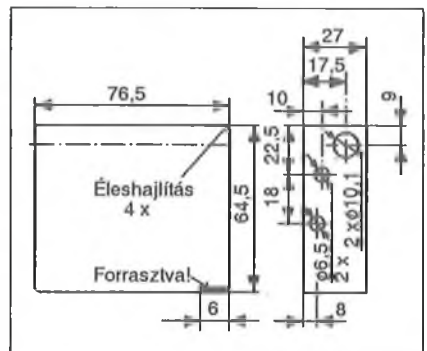
rek az erősítés frekvenciagörbéjének korrigálására nem használhatók. Erre a célra a gyártó cégek külön gyártanak korrektorokat. Profeszionális, kábeltelevíziós hálózatokban az átviteli (erősítés) karakterisztika hibáinak kiegyenlítése ún. maradékhiba korrektorokkal történik, amelyekkel az erősítésgörbe hibáit az üzemi sávon belül és a sávhatároknál lehet korrigálni. Ezekkel az elemekkel ideálishoz közeli karakterisztikát tudunk beállítani. Ezen korrektorokat kétféle változatban gyártják: konvex és konkáv kivitelben. A konvex korrektor kapcsolása a csillapítás görbéjével a 23.a ábrán, míg a konkáv a 23.b ábrán látható. A 23.c korrekto-

rokkal korrigált erősítéskarakterisztikát ábrázol.

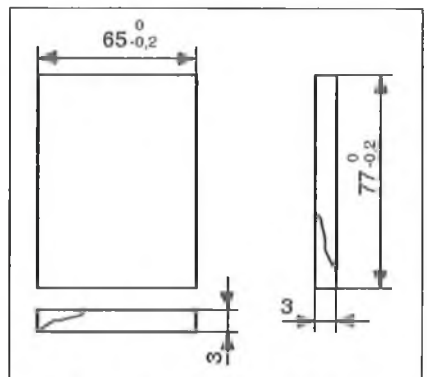
#### Elkészítés, bemérés

Az OM360- (2060-)nal dolgozó erősítő nyákráját a 24. ábrán adtuk meg, a hozzá tartozó alkatrész-beültetési rajz a 25. ábrán látható. Az építőelemeket a nem fóliás oldalon ültetjük be. A két szabályzó elem kezelőszervét a kereten gumiátvezetőn keresztül vezetjük. Ezáltal mechanikai védelmet biztosítunk a kezelőszerveknek. Ha a gumiátvezető beszerzése nem megoldható, akkor ragasztható műanyagcsővel oldjuk meg az említett védelmet.

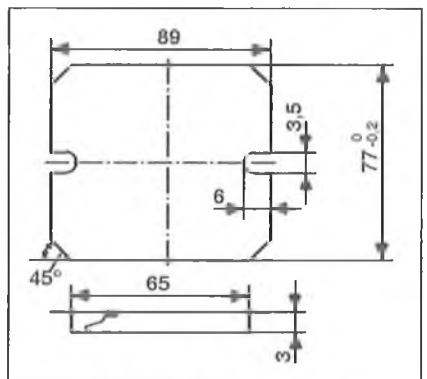
A háromfokozatú erősítő dobozkeretét a 26. ábra mutatja. A hibrid erősítő fedőlapjának rajza a 27. ábrán, a talplemezé a 28. ábrán látható. Az erősítés a frekvencia függvényében a 29. ábrán szerinti. A kapcsolással elérhető maximális kimenő szint és az áramfelvétel a 30. ábrán szemléltethető meg. Az elkészítés fázisai és a bemérés megegyezik az OM345- (2045-)nél leírtakkal. Megjegyezzük, ha a tilt-korrektor beszerzése nehézségekbe ütközik, akkor a helyét 0,8...1 mm átmérőjű CuZ huzalból U-alakot képezve forrasztjuk össze a két szigetet a fólia oldalon. Az



26. ábra. A háromfokozatú erősítő dobozkerete

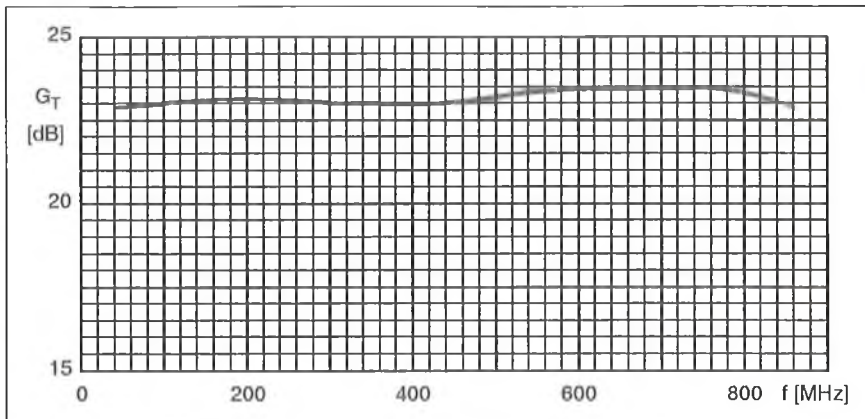


27. ábra. A fedőlap rajza

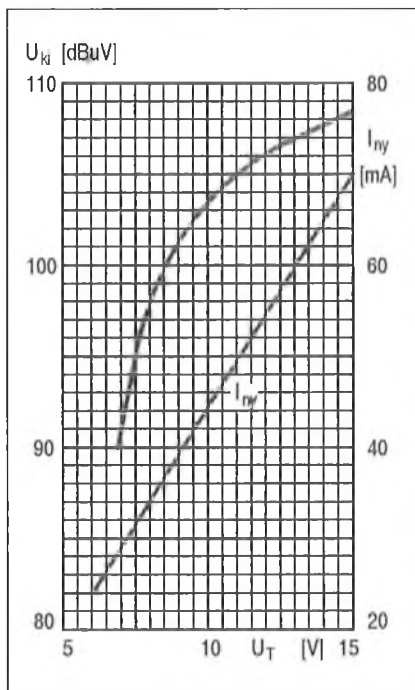


28. ábra. A talplemez

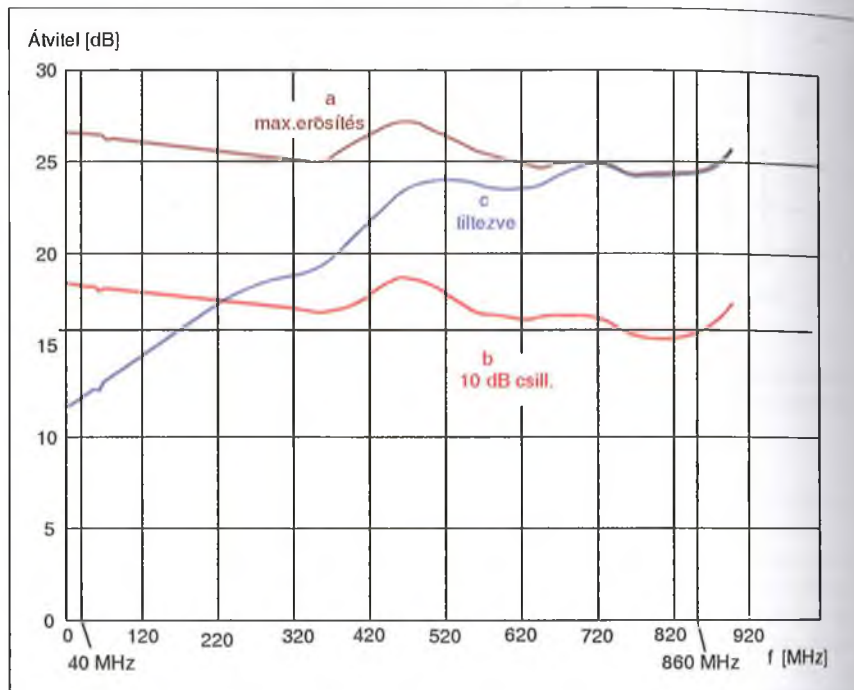




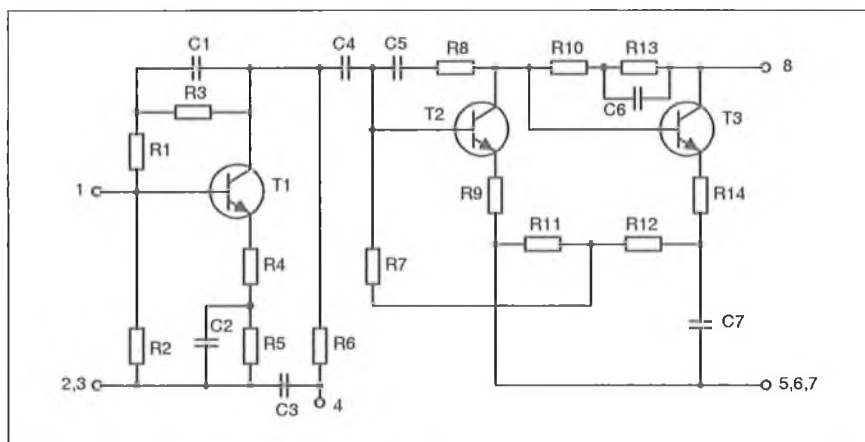
29. ábra. Az OM360 és az OM2060 frekvenciamenete



30. ábra. A háromfokozatú hibriderősítők kivezérése és nyugalmi áramfelvétele a tápfeszültség függvényében



32. ábra. Az erősítés frekvenciamenete: a) változtatható csillapítóval és tilt-korrektorral (mindkét elem beiktatási csillapítása benne van az átvitelben), b) 10 dB csillapítással, c) tillozva (közel 20 dB-ell)



31. ábra. Az OM361 és OM 2061 belső kapcsolása

U-alakot a földfóliához közel kell forrasztani.

### OM361, OM2061

Ennek a hibrid IC-nek a lábkiosztása a 2. ábrán látható. Az áramkör belső kapcsolása a 31. ábrán követhető nyomon.

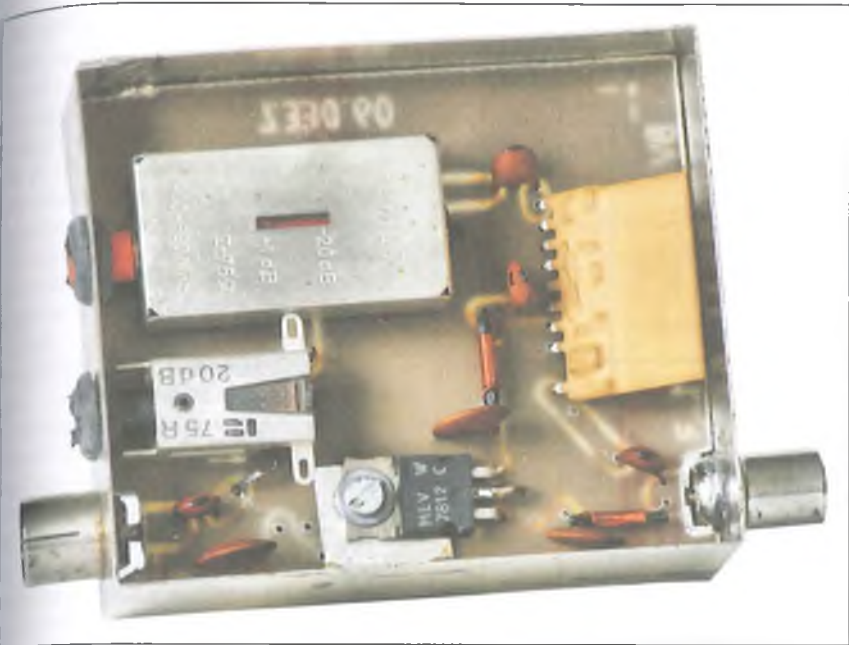
### Működés

Felépítését tekintve megegyezik az OM360-nal, az eltérés csupán annyi, hogy az OM361-es változatnál a T3 kollektor-bázis körében van egy frek-

venciafüggő visszacsatolást létrehozó tag (R10-C6). Az OM360 R10 ellenállása itt az R13-nak felel meg és azzal azonos funkciót lát el.

### Elkészítés, bemérés

Az erősítő elvi kapcsolása a 21. ábrán, a nyák és a beültetési, ill. a dobozkeret rajza a 24.a, 25.a, valamint a 26. ábrán látható. Mindegyik alkatrészt beforrasztása a nem fóliás oldalon történik. A bemérést is lásd az OM345-nél! Az erősítő átvitelét különböző beállításokban a 32. ábra szemlélteti. A kivezérést és az egyenáramú áramfelvételt a 33. ábra diagramja mutatja.



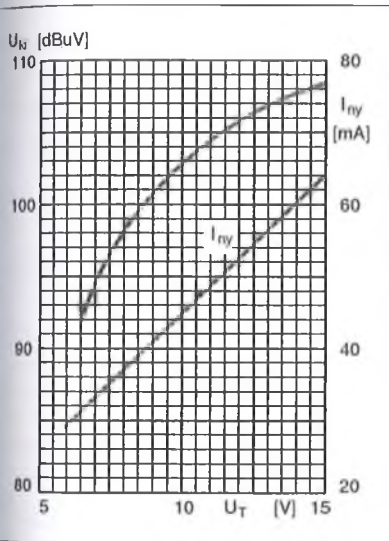
OM 370-es erősítő

T3-nál a 12 V közvetlenül a kollektorra jut. Az első két fokozat bázis-előfeszítése kapcsolástechnikailag automatikus munkapont-beállítással történik, míg a T3 bázisa az R12–R13 osztóról kap feszültséget. Az egyes fokozatok között kapacitív csatolás van. A C5 a tápfeszültséget szűri.

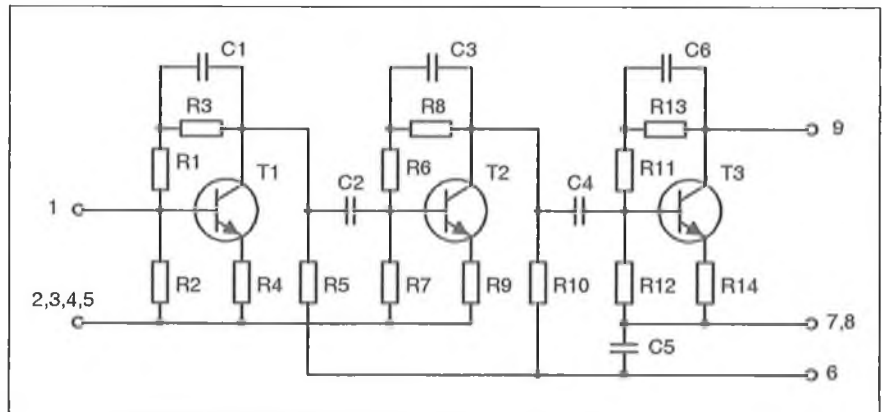
*Elkészítés, bemérés*

A megvalósított erősítő kapcsolási rajza a 35. ábrán látható. A nyák-, a beültetési- és a dobozrajzok a 24-28. ábrákon láthatók. A hibrid IC-t a beforrasztás után kicsit döntsük meg, hogy a fedőlemezzel mechanikailag ne érintkezzen, és a jobb hűtés végett az IC fölött 6–8 db, 2 mm átmérőjű furatot fúrjunk a fedőlapra. Az Ft3 fojtó beforrasztása a fóliás oldalon történik.

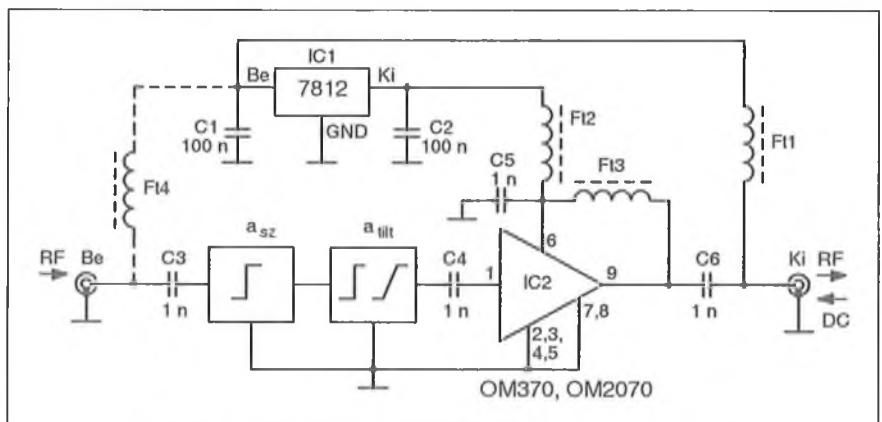
A bemérés megegyezik az OM345-nél leírtakkal. A megépített kapcsolás frekvenciakarakterisztikája a 36. ábrán látható, különböző beállításokban. Az erősítő maximális kimenőszintjét és DC áramfelvételt a 37. ábra diagramja mutatja.



A tápfeszültség az R5 és az R10 feszültségejtő ellenálláson keresztül kerül a T1 és a T2 kollektorára, míg a



34. ábra. Az OM370, OM2070 belső kapcsolása



35. ábra. Az OM370, OM2070 erősítők kapcsolási rajza

33. ábra. Kivezélés és DC áramfelvétel a tápfeszültség függvényében

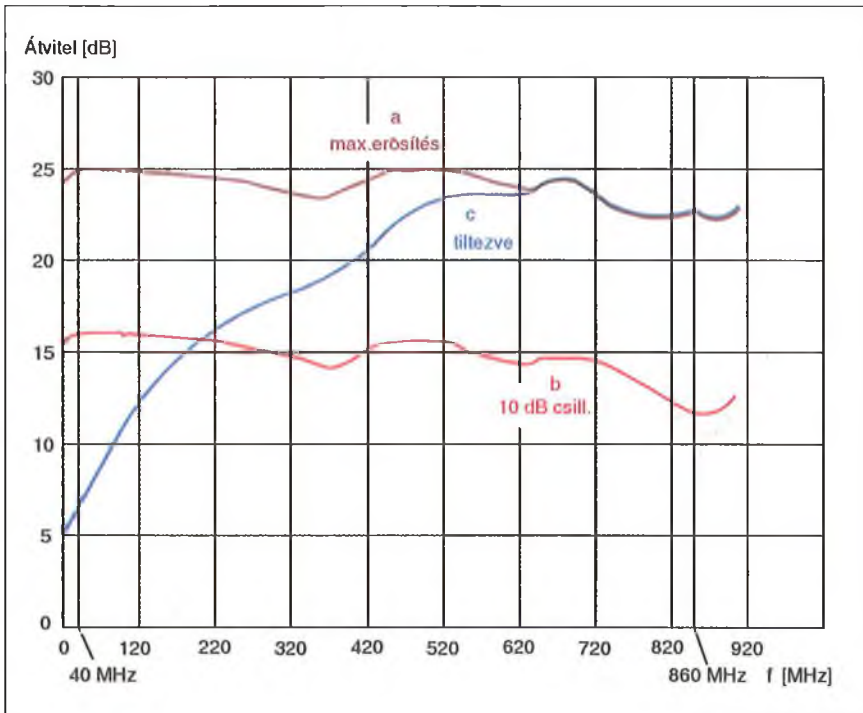
**OM370, OM2070**

Az erősítőcsalád utolsó tagjának lábkiosztását is a 2. ábrán láthatjuk. Az áramkör belső kapcsolását a 34. ábra mutatja.

*Működés*

A hibrid IC belső konfigurációját tekintve három azonos fokozatból áll. Mindegyik fokozatban kétszeres negatív visszacsatolást alkalmaztak (frekvenciafüggő és frekvenciafüggetlen).

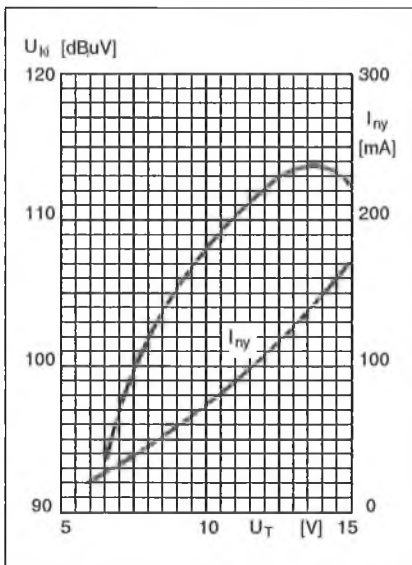




36. ábra. Az OM370 és az OM 2070 frekvenciamenete: a) változtatható csillapítóval és tilt-korrektorral (mindkét elem beiktatási csillapítása az átvitelben), b) 10 dB-es csillapítással, c) tiltelve (mintegy 20 dB-lel)

ábrán. A VHF- és az UHF-sávban üzemelő irányított karakterisztikájú antennák által szolgáltatott jel rákerül a hozzájuk tartozó csatomaszelektív erősítőre. A szelektív erősítők jelét egy hárombemenetű közösítőszűrő fogadja. A közösítés után az RF-jelek rákerülnek a szélessávú hibriderősítőre, majd a levezető koaxiális kábelen át a tv-vevőkészülék bemenetére. A szélessávú hibriderősítő feladata a levezető kábel csillapításának kompenzálása a jobb minőségű vétel érdekében. A koaxiális kábel hosszának függvényében OM345 (2045) vagy OM350 (2050) erősítőt alkalmazunk. A rendszer bekábelezése során a szélessávú erősítő bemenetéig lehetőleg kis csillapítású, rövid kábeldarabokkal dolgozzunk.

A gyakorlatban való további alkalmazásra mutat példát a 39. ábra. Családi házas övezetben a bejövő kábelen érkező műsorcsatornák jelszintjét a hibriderősítő felerősíti, majd az egy 3 dB-es teljesítményosztón keresztül kerül a tv-k RF bemenetére. Ebben az esetben is az OM345 (OM2045) a passzív elemek (hibrid, levezető kábel) okozta csillapítást egyenlíti ki, így a hasznos jel nem szenved veszteséget.

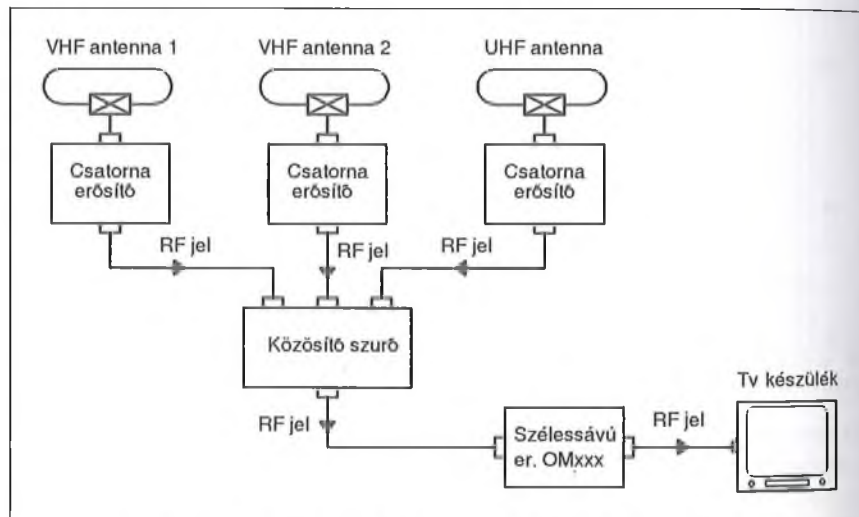


37. ábra. Az OM370 (2070) erősítők ki-vezérlése és DC áramfelvétele a tápfeszültség függvényében

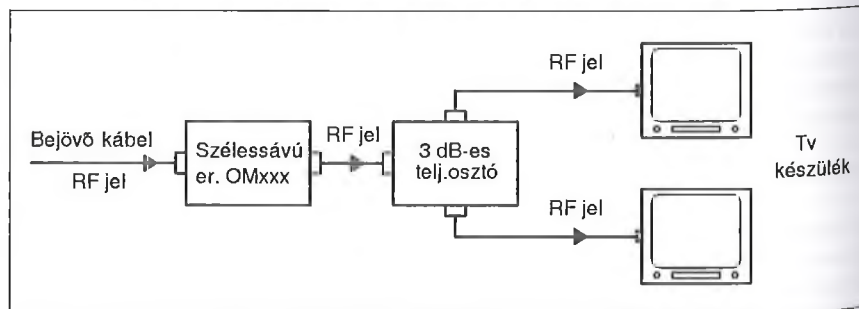
### Alkalmazások

Közleményünk befejező részében a most bemutatott hibriderősítő-család néhány gyakorlati alkalmazását mutatjuk be.

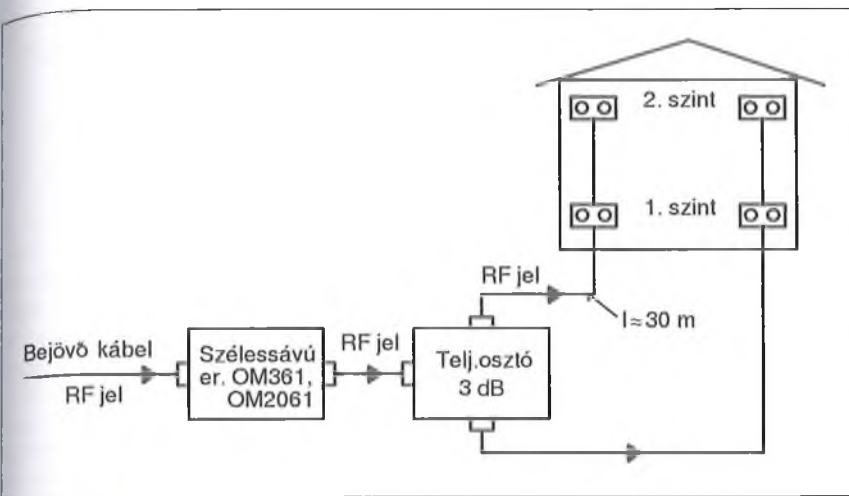
Elsőként az ún. „antennaerősítőként” történő alkalmazást látjuk a 38.



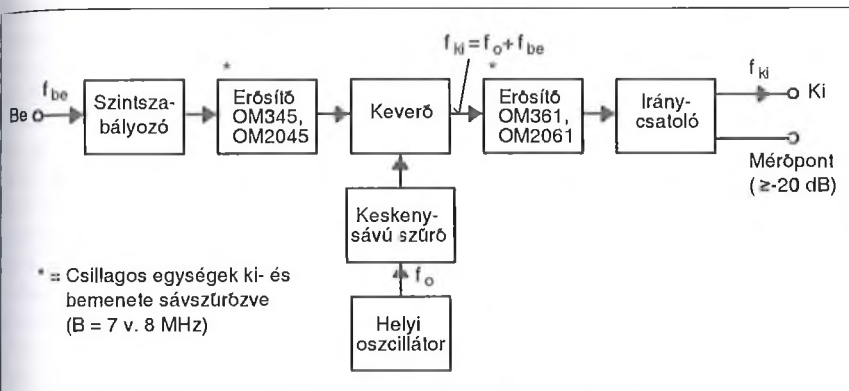
38. ábra. Az OM-család antennaerősítőként alkalmazva



39. ábra. Házerősítő a hibrid IC-kkel



40. ábra. Házerősítő, más kiépítésben



41. ábra. Konverterben történő alkalmazása

Szintén házerősítőként funkcionál a 40. ábrán látható konfiguráció. Ez esetben négy lakást lát el a szélessávú hibriderősítő, hosszabb bekötő kábel. Ennek figyelembe vételével választottuk ki az OM-család megfelelő tagját: ez lehet pl. az OM360 (2060) vagy az OM361 (2061). Ha nagyobb szintek el-

érése szükséges, akkor az OM370 (2070) használata kerül előtérbe.

Konverterben való alkalmazásra a 41. ábrán látunk példát, amit tömbválasztal alapján ismertettünk. A beérkező  $f_{be}$  nagyfrekvenciás jel egy változtatható csillapítóra kerül. A szintszabályozóval és az erősítővel (egy-, vagy kétfokozá-

tú) együtt állítjuk be a keveréshez szükséges optimális szintet. A bejövő jel tisztaságának biztosítása végett az erősítő bemenete és kimenete csatornaszűrőzve van. A felerősített jel rákerül a keverőre. A keveréshez szükséges másik,  $f_o$  frekvenciájú jelet az ábrán látható helyi oszcillátor szolgáltatja, és ezt egy keskenysávú szűrőn át vezetünk a keverőre, így módon megőrizve a jel-tisztaságot a különböző zavaró jelektől. A kikevert  $f_{ki}$  frekvenciájú ( $f_{ki} = f_{be} + f_o$ ) hasznos jel rákerül a konverter kimenő részében lévő erősítőre. Ez a szélessávú erősítő a be- és kimenete szintén csatornaszűrőzve van. Az erősítőt iránycsatoló követi, amelynek a kimenő pontja egyúttal a konverter kimenete, ahol megjelenik  $f_{ki}$  frekvenciájú hasznos jel. Az iránycsatolónak van egy 20 dB-lel csökkentett szintű kimenete, mint mérőpont. Ezáltal lehetőségünk van a konverter üzembiztonsági ellenőrzésére.

Ezúton megköszönöm Szombathy Csabának a mérésben nyújtott segítségét.

**Irodalom:**

1. Dr. Bárdos Sándor: Vevőantenna-rendszerek, Műszaki Könyvkiadó 1975
2. Solti Miklós: Kábeltelevíziós elosztó hálózatok tervezése, Távközlési Könyvkiadó 1995
3. Elektor: Breitband-Hybridverstärker, 10/89
4. Bán György: Tranzisztorok rádiótechnikai alkalmazása, Műszaki Könyvkiadó 1966
5. Philips: adatlapok a két OM családról, 1980, 1995.
6. Dr. Házman István: Elektronikai alapáramkörök, Műszaki Könyvkiadó, 1976
7. Geher Károly: Lineáris hálózatok II. egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, 1964

**AGeta** a megoldásszállító...

**ALFANUMERIKUS ÉS GRAFIKUS KIJELEZŐK**

LCD kijelzők, PLED, - OLED kijelzők, vacuumfluorescent kijelzők, mérőműszerek...

Ageta Kft. <http://www.ageta.hu>; e-mail: [ageta@ageta.hu](mailto:ageta@ageta.hu); Tel: 30/256-4288; Fax: 96/214-342

**ELFA**

**1 Segítsen Ön is!**

**Reményi István Rádióamatőr Alapítvány**

**18226429-1-43**

Az alapítványt támogatja a

**RÁDIÓTECHNIKA** **Elektronika FÜZETEK**



## Titkos utakon

Wlassits Nándor HA8QC

*Alábbi cikkünk Wlassits Nándor (HA8QC) rádióamatőr társunk kiadásra váró könyvéből vett előzetes. A munka a szerző „Rövidhullámok 1924–1934” c. első, nagy sikerű kötete mintegy folytatásának tekinthető. Annak idején, még a 2002-es RT évkönyvben, az akkor megjelenésére váró első kötet kapcsán írt felhívás napjainkban is helytálló:*

*Kérjük kedves Olvasóinkat, hogy támogatásaikkal csatlakozzanak a könyv kiadását felkaroló HA Old Timer Körhöz és a Reményi István Rádióamatőr Alapítvány közhasznú szervezetéhez. Ezen szervezetek várják a szakma szerető nagyközönség és a hazai szakipar anyagi segítségét. Pénzfelajánlásukat a Reményi István Rádióamatőr Alapítvány, OTP Bank Nyrt. 11708001-20396990 számlája fogadja be. Kérjük, hogy utalásaikon jelezzék az összeg rendeltetését: könyvkiadás! További információ: Tóth János (HG5RV) alapítványi képviselő, tel.: 36-1-324-8500, este vagy Békei Ferenc főszerk., fbekei@radiovilag.hu (– A szerk.)*

Előzőekben alig ismert szakaszról volt szó a rövidhullámú amatőrök szerepvállalásának, s ami következik, az még kevésbé tudott. Olyan „titkos kildetésekről írunk, ahol az amatőröket nem az első vonalban látjuk viszont, de nélkülük Magyarország útkeresése az angolszász szövetségesekhez nem lett volna lehetséges.

A háttéresemények a történelemben leginkább elsikkadnak, e téren a *titkos tárgyalások hírkapcsolatát* bonyolító *rádiótávíráások* munkája sem kivétel. Részvételüket sok kutatással és tucattal – a témával foglalkozó – könyv tanulmányozásával sikerült feltárni. Ezekben a munkákban a hírszerzőtörténetek leírása gyakran ellentmond egymásnak. Tisztázásuk történelmi feladat, mert az újabb munkák éppen azzal váltanak ki érdeklődést, hogy cáfolják az előzőt; eseményeket másképpen állítanak be, vagy azokat összemossák. A történelmi háttér ismerete nélkül a hírszerzői rádiósfeladatok semmit sem mondanak az olvasónak. Ezért, doku-

mentált források alapján foglalkoznunk kell Magyarországon kül- és belpolitikai viszonyaival az 1942-44-es években.

A Magyar Rövidhullámú Amatőrök Országos Egyesületének története e titkos tárgyalások és a korszak ismeretében válik teljessé. Az utolsó órában járunk, hogy a sorsfordító évek eseményeinek rövidhullámú rádióamatőr vonatkozásait megörökítsük az utókor, és a történelem számára.

Visszaidézzük, hogy Magyarország sokkal inkább a körülmények kényszerítő erejéből, mintsem jószántából sodródott a világháborúba. Amikor viszont 1943 nyarán megtörtént a szövetségesek szicíliai partraszállása, majd Mussolini bukása, Kállay Miklós miniszterelnök elérkezettnek látta az időt, hogy keresse módját az ország háborúból történő kivezetésének. Reménye az angolszász szövetségesekben volt.

Mértékadó politikai körökben már korábban felvetődött, hogy az ország tartalékolja erőit határai védelmére, mintsem szolgálai módon tegyen eleget a német követeléseknek. Mert a *tengelyhatalmak* együttműködése korántsem volt súrlódásmentes, és a háborús helyzet alakulásának következtében egyre több feszültség terhelte. Gondot okozott, hogy az állandósult magyar-román ellentétekben Antonescu miniszterelnök sokkal inkább tűnt a Reich kedvencének, mint Horthy kormányzó. Sötét felhők gyülekeztek Magyarországon felett!

A nemzetstratégia középpontjába a visszacsatolt területek megtartása került, de ehhez ki kellett szolgálni a német szövetségest. Azonban egyre több jel arra mutatott, hogy a németek nem nyerhetik meg a háborút; akkor viszont minden elveszhet. Az angolszászok irányába mutató politikai passzivitás felvetette, hogy Magyarország a bombázások célpontjává is válhat. Kiváltképpen akkor, ha a német elégedetlenség az ország megszállásához vezetne. A helyzet hihetetlenül nehéz és komplikált volt. A problémák két táborra osztották a politikai közvéleményt. Az egyikben, mindent egy lapra, a németek győzelmére tettek és követelték a

háborúban történő még intenzívebb részvételt. A másik oldal pedig a *titkos tárgyalások* megkezdését szorgalmazta az angolszász hatalmakkal. Ők arra számítottak, hogy a szövetségesek a Balkánon megnyitják a *második frontot* és Görögország felől előre törve, elérik a magyar határt. Hadseregünk ekkor átáll, s így a németek hátába került szövetségesek gyorsan véget vetnek a háborúnak. Lehet, hogy voltak ilyen tervek, de napjainkban felbukkannak azok a történelmi vélemények is, hogy a kelet-közép-európai országok felé „lebegtetett” reménysugár csupán Churchill stratégiai blöffje volt.

A különböző csatornákon megindult diplomáciai puhatolózást követő kapcsolatfelvétel mindenesetre a balkáni partraszállásra alapozott. A színpalak mögött Kállay miniszterelnök kormánya igyekezett fékezni a németekkel történő katonai együttműködést, de a nyilvánosság előtt a szövetségi hűség retorikája megmaradt. Ez volt a „hintapolitika” lényege. Következésképpen a németbarát erők nem elhanyagolható súllyal támadták a kormányt, hogy eljuttassa a szövetséges becsületet, ami Románia malmára hajtja a vizet és a visszakapott területek elvesztéséhez fog vezetni. Így kezdődtek el a „különbéke” tárgyalások, melyet a diplomácia *másodvonalának* előkészítése vezetett be. Az angol diplomácia ugyanis megtiltotta tisztviselőinek, hogy a „tengelyhatalmak” hivatalos képviselőivel kapcsolatot tartsanak. A puhatolózást – az ún. „feeler” ügyeket – más foglalkozásúnak álcázott személyek készítették elő.

Ez a feladat diplomáciai jellegű volt, de más úton történt. Részben a Revíziós Ligán keresztül, amelynek hálózata a nyugati világban ki volt építve, vagy a Külügyminisztérium sajtó osztálya helyezte ki bizalmi embereket, hogy tájékozódjanak, tájékoztassanak és közéleti kapcsolatokat építsenek. Ezt a vonalat a minisztérium politikai osztályának jóváhagyásával *Ullein-Reviczky Antal*, a KÜM sajtóosztályának vezetője tartotta kézben. Bizalmi embere volt *Gellért Andor* (1907-1990)

aki „újságíróként” tevékenykedett Svédországban. Lépésről-lépésre építette kapcsolatait, s miután Ullein-Reviczkyt kinevezték stockholmi követnek, szinte azonnal érintkezésbe léphetett az angol-amerikai egyesített vezérkari főnökség (Combined Chiefs of Staff) képviselőjével. A találkozó 1943. december 1-én jött létre Ullein-Reviczky és Gellért Andor részvételével. És miért fontos mindez? Csak annyiban, hogy *Gellért Andor tagja volt az MRAOE-nek*. Emlékezzünk az 1937. évi közgyűlés záróakkordjára, amikor „a műszaki előadás-sorozat hallgatói nevében *Gellért Andor* mondott köszönetet *Sárközy Géza* OM-nek.” – írta a korabeli tudósítás.

Az események idején a stockholmi katonai attasé mellé beosztott rádiótávírást *Németh Lajos<sup>1</sup> (HA5V)* volt a követségben. Arra nincs bizonyíték, hogy Gellért Svédországból titkos rádiókapcsolatot tartott. De nem kizárt, mert rendelkezhetett a hozzáértéssel; és *Bokor Péter* a „*Végjáték a Duna mentén*” című könyvben írta, hogy Gellért Andor használhatta a követség számjelrendszerét. Sőt, bizalmasabb üzenetek továbbításához külön siffre-kulcsa volt. Lehet, hogy a rejtjelezett táviratot nem adta ki kézéből és maga továbbította. A háború után Gellért Andor emigrált és a Szabad Európa Rádió munkatársa lett.

A KÜM másik sajtóreferense, *dr. Veress László* (1908-1980) – szintén Ullein-Reviczky Antal beosztottja – 1943 januárban Lisszabonba utazott. Azért oda, mert a követnek, *Wodianer Antalnak*, lengyel emigránsokon keresztül kapcsolata volt az angol diplomáciához. Ugyancsak a lisszaboni követségben szolgált Ullein-Reviczky bizalmasaként *Dr. Ujpétery Elemér*. A tehetséges fiatal diplomata kapta feladatul, hogy ellensúlyozza az ország lejáratását a nyugati sajtóban. Mert a volt kisantant sajtóemberei a bevált gyakorlatot alkalmazva a közvéleményt offenzívára állították Magyarországot negatív beállítással.

Térjünk vissza Veress Lászlóhoz, aki találkozott a brit külügyminisztérium munkatársával és átadta neki Kállay miniszterelnök tárgyalásokra felhatalmazó megbízását. De, mert Lisszabon Európa egyik kémközpontja volt, a további tárgyalásokat illetően úgy döntöttek, hogy arra Isztambulban kerüljön sor. E város a *különbéke tárgyalások* történetében fogalomná vált. A kérdés, hogy miért Isztambulra esett a válasz-

Radio *JR5at* worked here on *17/1937* at *2250* Et. on *27* Mc.

# HUNGARY

Your signals were:  
 Qsa *4R* T *P*  
 Qrm *2* Qrn *7* Qsb  
 Wx *1*

REMARKS: *Inc fr all so qsa - so 73 so de dt ob hpe cuagn qb*

Qra: *Budapest.*

TRANSMITTER: *TPTG*  
 QRG. *2.5* Mc. Input. *10* w.  
 ANT. *Lepp*  
 30 m. long *15* m. high  
 RECEIVER: *σ-v-1*  
 ANT. *10 50*

*HA*  
*9AP*  
*P*  
*QSL*  
*E*

Vy *73* es dx  
 OP. *J. Varkonyi*

© Club Budapest

### Várkonyi János (HA9AP) QSL-lapja 1937-ből

tás – mert ott is hemzsegték a hírszerzők – éppen úgy nem kerülhető meg, mint az, hogy történetünk fonalán lépten-nyomon Ullein-Reviczky Antal bizalmi embereibe botlunk. A válasz egyszerű. Dr. Ullein angol feleségének édesapja a Boszporusz parti városban brit-konzul volt, és villájában a magyar külügyi tisztviselő 1942-es szabadsága alatt hosszabb időt töltött. A kapcsolatfelvétel alapjai ekkor jöttek létre.

A különleges műveletek osztálya – Special Operation Executive (SOE) – a németekkel szövetséges országokban szervezte a hírszerzést, szabotázs cselekményeket, propagandát stb.; délkelet-európai és balkáni központja Kairóban működött. A megbeszélések támogatására a SOE Isztambulba helyezte át egyik részlegét, melynek munkatársa a magyar származású Pálóczi-Horváth György volt. Veress László 1943. februárban Pálóczi-Horváth közreműködésével felvette a kapcsolatot a SOE-vel. Szerencsésen! Az alacsonyrangú diplomáciai tisztviselő nem keltette fel az Isztambulban ébren figyelő német titkosszolgálat gyanakvását, s így Magyarország kapcsolatba került Angliával. Átadta az ismert álláspontot tartalmazó üzenetet, hogy amint a szövetséges csapatok elérik a határt, Magyarország nem fejt ki ellenállást és szembe fordul a németekkel. A SOE képviselői azzal a megjegyzéssel vették tudomásul az elmondottakat, hogy a következő tárgyalásokra érkeznek katonai ügyekben illetékes megbízott is.

A magyar kormány komolyan számított arra, hogy megnyílik a balkáni

front, és a nyugat nem szolgáltatja ki Szovjetunióknak a kelet-közép-európai országokat. Ezért *Szombathelyi Ferenc* vezérkari főnök elrendelte, hogy a németek által megszállt Görögországba a VKF2 osztály (a katonai kémelhárítás és hírszerzés szerve) küldjön képzett, megbízható tisztet a balkáni helyzet szemmel tartására. E veszélyes feladatra önként jelentkezett egy alezredes, valamint *Boross László (HAIM)* rádiós, akik polgári személyként utaztak Athénba. A német titkosszolgálat (Abwehr) azonban rövid idő alatt nyomukra akadt. Az alezredest, mint kémeket elfogták, aki nyomtalanul eltűnt, de rádiósának sikerült megszökni és Lisszabonba menekült.

Az eseményekhez tartozó epizód után következnek újra dr. Veress László, aki 1943 augusztusában ismét megjelent Isztambulban, hogy folytassa a megbeszéléseket. Veress kiküldése úgy lett beállítva, hogy az *Izmiri Nemzetközi Vásáron* résztvevő magyar kiállítókhoz tartozó személyként utazik Törökországba. A tárgyalásokon, – amelyen részt vett *Ujváry Dezső*, az isztambuli magyar konzul is – Veress kifejtette a fegyverszüneti elképzelést, amely felvétel nélküli megadáson alapult. Megkötik egy adott időpontban, de csak akkor jelentik be, ha a katonai helyzet lehetővé teszi.

A SOE belátta, hogy jelen körülményekben Magyarország nem deklarálnakhatja a fegyverszünetet, mert azonnali német megszálláshoz vezetne. A tárgyalásokba bekapcsolódó törökországi angol *nagykövet* elvárta, hogy Buda-





Paraset bőrönd adó-vevő. Jobbra fenn a vevő csövei, ill. az adó elektroncsöve, alul a tartóban 3 db adókristály, balra a tápegység látható

pest és Isztambul között teremtsenek rendszeres rádiókapcsolatot.

Az adó-vevő készüléket<sup>2</sup> kalandos úton az Izmiri Vásár „visszárjuként” elrejtve csempészték Budapestre. Nem volt veszélytelen e vállalkozás a bolgár-török határ szigorú német ellenőrzése miatt. A készüléket *Keresztes-Fischer* belügyminiszter felügyeletében helyezték üzembe *Sombor-Schweinitzer Józsefnek*, a politikai rendőrség vezetőjének irodájában. A szeptember 29-től – 1944. március 18-ig tartó rádióforgalmat *Kedélyes István* és *Várkonyi János* megbízható rendőr távirások bonyolították. Utóbbi, a *HA9AP* hívójellel ismert volt a rövidhullámú amatőrsávokban is. QSL lapja (fotó) ilyenformán „ereklye” világháborús történelmünkéből.

A magyar ügyel Isztambulban két SOE ügynök és a „cég” alkalmazásában álló *Pálóczi-Horváth György* foglalkozott. Utóbbi az angol konzulátuson alkalmazták; bizonyos, hogy ő végezte a siffirrozást és desiffirrozást. A rejtjelkulcsot Budapestén pedig dr. Veress László kezelte. Izgalmas kérdés le-

het a rádiós személye, aki a Márvány-tenger partján kezelte a készüléket. A feladatra olyan személyt kellett találni, aki abszolút megbízható volt és bírta *Pálóczi-Horváth* feltétlen bizalmát. Az *operátor* kilétére<sup>3</sup> egymásnak ellentmondó feltételezést ismerünk.

A következőkben betekintünk a rádiókezelő sajátos munkájába. A feladat nemcsak sokoldalú alkalmasságot támasztott, hanem alapos rádiótechnikai előkészítést, az összeköttetéseknek hullámterjedéstől függő megtervezését és még sok egyebet.

Néhány szempont felemlítésével nézzük a legfontosabb követelményeket. Egészen másról volt szó, mintsem, hogy Budapestén vagy Isztambulban bekapcsolták a készülékeket és leadták, felvették a számjeltáviratot. Az éterforgalom, a rövidhullámú műsorszóró adók elhelyezkedése, zavarforrások, rádióegyezményi előírások, földrajzi-időjárási tényezők és nem utolsósorban az alkalmazott adó-vevő berendezés műszaki jellemzői alapján általában három hullámhosszt választottak ki. Az összeköttetéseket ezekre tervezték, a

működési időpontok – és tartamuk – meghatározásával.

E sorok írója rövidhullámú munkája során gyakran átélte a hullámterjedés szélsőségeiből fakadó nehézségeket és azt az élményt, amikor egy időpontban várta, hogy a világ egy egzotikus pontjáról – adott hullámhosszon – megjelenik a ritkán hallható hívójel. Fokozatosan erősödő jelekkel emelkedett ki az éter zajából, létrejött a rádiókapcsolat, majd egy idő után a jelek gyengültek és elvesztek. Ilyen szempontok alapján kellett a *működés időpontjait* – adott hullámhosszon – meghatározni a *rádióügynöki* munkában is. Több frekvencia előírására azért volt szükség, mert a rádiókapcsolat adás-vétel periódusát időben és hullámhosszban is elválasztották, hogy a felderítő bemérést nehezsítsék. A felületi hullámok áthatásából így, akár a magyar vagy török rádióbe-mérők azt tudták megállapítani külön-külön, hogy Budapestén és Isztambulban működik egy-egy titkos rádió-adó. De azt, hogy a rádiókapcsolat közöttük áll fenn, megállapítani nem tudták. Ehhez a rejtjelrendszert ismerni kellett volna.

Az ügynöki rádiókapcsolatok *hullámhosszai* hétepcéses titoknak számítottak. A távirász magánál tartotta a „*kristályokat*”; azt a rádiótechnikai eszközt, amely meghatározta az adókészülék működési hullámhosszát. A berendezés áramköreit ennek megfelelően állították be.

A készülékek ún. „*bőrönd*” (suitcase) adó-vevők voltak, mint például az angol *Whaddon Mk VII* Paraset elnevezésű készülék (ld. *fotók*). Az *előlapon* nemcsak a kezelőszerveket helyezték el: itt történt az elektroncsövek cseréje, és ami nagyon fontos, a hullámhosszt meghatározó kvarckristály behelyezése is. Ennél fogva, bármilyen ügynöki rádió üzembe helyezhető volt, ha hangolási tartományán belül rendelkeztek az üzemi hullámhosszt meghatározó kristállyal. Volt rá példa, hogy új frekvenciát jelöltek ki, ahova nem volt kristály. Ilyenkor egy megbízható – a hírszerző hálózatnál nyilvántartott – szakemberhez fordultak, aki elvégezte a nagy precizitást kívánó kristályciszolást, ami lehetővé tette az új hullámhosszon történő működést.

Veress László részére a *SOE 3 Mark II* típusú (más néven B2) ügynöki rádiót adták át (*fotó*). Ennek a két elektroncsövel (EL32 + 6L6) működő adója a 3,1–15,5 MHz-ig terjedő tartományban, az alkalmazott kristálytól függően



bármilyen hullámhosszon 30 W kimenő teljesítménnyel működött. Antennája az üzemi hullámhosszra méretezett Excentrikus Hertz volt. Az első adásra 1943. szeptember 29-én került sor, az utolsó a német megszállás előtt egy nappal történt. A 170 napon át tartó rádiókapcsolatban a szövetségesek fontos információkhoz jutottak politikai, katonai és hírszerzési témákban egyaránt. Miután az amerikai és angliai levéltárak titkos anyagából egyre több irat kerül felszínre nyilvánvalóvá válik, hogy a különbékét szorgalmazó kormánycsoporthoz – Horthy kormányzó tudtával – talán sokkal jelentősebben hozzájárult Németország gyengítéséhez, mint eddig gondolták. Viszonzásul Magyarország semmit sem kapott. Elmaradt a szövetségesek balkáni inváziója és a béketárgyaláson nem írták javunkra a hírszerzési együttműködést sem.

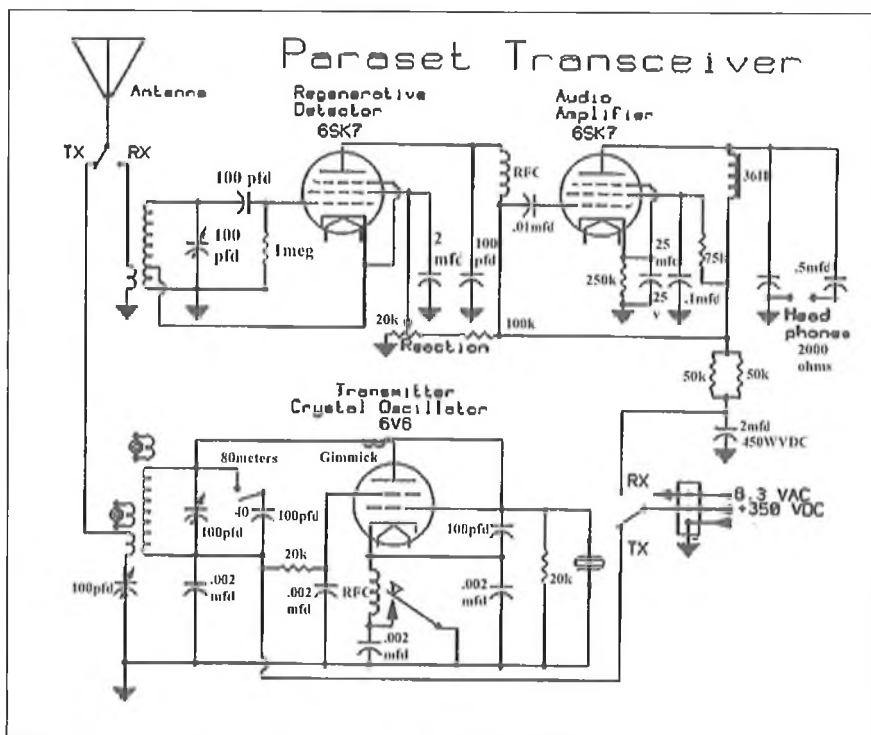
Térjünk vissza Lisszabonba, ahol időközben berendezkedett a VKF2 is. *Ferenchalmi vk. alezredes*, madridi katonai attasé megjelent Lisszabonban rádiótávírásszával, *Bálint Andorral (HAIR)*. Villát béreltek Estorilban, ott titkos adóállomást üzemeltettek, amíg a helyi hatóságok le nem leplezték és a portugál külügyminisztérium ez ügyben fel nem lépett. A katonai attasé és két rádióst – mert Ferenchalmi védőszárnyai alá vette a kalandos úton megmenekült *Boross Lászlót (HAIM)* is – befogadták a követségre és az épület harmadik szintjén működésbe hozták a rádióállomást.

Ezután Wodianer is felhasználta a rádiókapcsolat lehetőségét és szerteágazó ismeretségéből fontos híreket juttatott a Külügyminisztériumba. Közben, mint később kiderült, Ferenchalmi kiszorgolta a német hírszerzést is abból a megfontolásból, hogy a portugálok a magyar követség rádióforgalmazását kevésbé figyelték. Wodianer Antal kapcsolatban volt Pangallal, Románia régebbi magyarországi nagykövétével. A volt diplomata azon fáradozott, hogy a nyugati hatalmak ismerjenek el egy – a román király által vezetett – Antonescu ellenes emigráns kormányt. Ezek a fontos hírek is eljutottak Budapestre a lisszaboni rádiókapcsolaton keresztül, de az információt az ország javára nem sikerült felhasználni.

A magyar önállóság a német megszállással megszűnt, s egyben a különbéke lehetősége is. Bár a diplomáciai kar ún. disszidens tagjai fenntartották kapcsolatukat az angol-amerikai szövetségesekkel. Nagy tekintélyű köve-



A Paraset adó-vevő részének fedelében levő diagramról lehetett leolvasni a lineáris skálához (fehér tárcsa) tartozó vételi frekvenciát



A Paraset (Whaddon Mk VII) korai szériájának kapcsolási rajza

tek és ügyvivők, mint Barcza György, Bakách Bessenyei György, Ullein Reviczky Antal és mások a Sztójay kormányt illegitimnek tekintették és szorgalmatát megtagadták. Szervezkedünk a németellenes nagykövetségi komitéként

vált ismertté. Vezetőjük Wodianer Antal lett. A portugál kormány ezért nem fogadott követet Magyarországról, a külképviselet vezetését ideiglenes ügyvivőként dr. Újpétery vette át, viszonya emiatt megromlott volt főnökével. Ké-





SOE 3 Mk II (B2) rádió. Középen fenn az adó-, alatta a vevőrész, jobbra a tápegység, balra a tartozékok doboza látható, a billentyűvel

sőbb enyhült a haragos viszony. A volt követ felkereste az ideiglenes ügyvivőt és megkérte egy rádiótávírat Budapestre küldésére. Megtörtént! Ezután Wodianer távírtaít – immár *negyediként* – is továbbították a rádiótávírások. A „*disszidens*” *nagyköveti* *komité* ezúton érintkezett a külügyminisztérium számunkra ismeretlen tisztségviselőjével, aki Horthy környezetéhez tartozott. Ugyanis 1944 nyarán a németek hadi helyzetének romlása a kormányzó számára egyre nagyobb politikai mozgásteret adott.

A Szállasi-kormány szolgálatát Dr. Ujpétery Elemér is megtagadta, újabb

diplomátákkal együtt csatlakozott a „nagyköveti komité”-hez. Az ügyvivői feladatot Kemény Gábor külügyminiszter Ferencalmira bízta, aki a háború végéig fenntartotta a rádiókapcsolatot a Szállasi-kormánnyal. Ezután Bálint Andornak<sup>4</sup> nyoma veszett; a másik rádiótávírársz, Boross László, technikai ismereteire támaszkodva állást kapott Portugáliában. Itt telepedett le Ujpétery Elemér is, mert megtagadta a hazatérést. A közben ezredessé előlépett Ferencalmi néhány év múlva Németországban meghalt.

Az *MRAOE*-ből indult rádiókat, Bálintot és Borossot a történelem vihara

a *VKF2* állományába sodorta. Munkájuk egyazon időben merőben ellentétes politikai és katonai célokat szolgált ki. A morzejelek naponta kattogtak Berlinbe és Budapestre; információkkal látták el a németeket éppúgy, mint a kötelekükből szabadulni kívánó politikai csoportot. És természetesen ellátták feladatukat a hivatalban lévő kormánnyal szemben is. A „rádió-kavalkád” Lisszabonból talán egyedülálló volt a világháború történetében.

E fejezetben vezettük be a „polgári vonalon” kezdődő isztambuli „különbéke” útkeresést, amelyet katonai vonalon *Hatz Ottó vezérkari ezredes* folytatott. A történet olyannyira kuriózum, hogy előkelő helyet foglal el az egyetemes hírszerzés krónikájában. Főszereplője az a *Hatz Ottó*, aki 1937-38-ban még, mint vk. százados *tagja volt az MRAOE választmányának* és az egyeületben kötött barátságot a később vele dolgozó rádiótávírárszal, *dr. Kálix Aladárral (HAIK)*. Róluk külön történetként írunk az „Izmiri Vásár” cím alatt.

#### Jegyzetek:

- 1 Háború után nem tért haza, Svédországból kedvelt QSO partner volt SM5CLW hívójellel.
- 2 Más források szerint két adó-vevőkészüléklet csempészték Magyarországra.
- 3 Tudomásunk van arról, hogy Isztambulban küldetést teljesített egy törökországi születésű és a török nyelvet jól beszélő *MRAOE* tag. De feladatáról nincsenek ismeretek. E sorok írója rendelkezik olyan információval is, hogy a rádiótávírársz egy lengyel származású, korábban a műegyetemen tanult fiatalember volt.
- 4 Az 1970-es években gyakran rádiózott az amatőrsávokban W9IE hívójellel.

### KEDVEZMÉNNYEL » A MAGYAR RÁDIÓZÁS HŐSKORA « c. könyvsorozat köteteit ajánljuk

Érsek János (HA2MP)  
**Rövidhullámú  
 amatőr rádiózás**  
 A kezdetektől 1944-ig  
 280 oldal, 1990 Ft

Stefanik Pál (HA5BT)  
**A magyar rövidhullámú  
 amatőr rádiózás  
 története 1945-1955**  
 242 oldal, 1990 Ft

Wlassits Nándor (HA8QC)  
**Rövidhullámok 1924-1934  
 Magyar rádióamatőr történet**  
 224 oldal, 1990 Ft

Molnár György  
**Molnár János élete**  
 \*  
**70 év a Sándor utcában**  
 122 oldal, 1990 Ft

Sugár Gusztáv  
**Megszólal a rádió**  
 300 oldal, 1990 Ft

Sugár Gusztáv  
**A néprádiótól a műholdas televízióig**  
 300 oldal, 1990 Ft

Balás B. Dénes  
**A távirótól a rádióig**  
 344 oldal, 2990 Ft

A könyvekről bővebben honlapunkon olvashat: [www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)

A könyvek megvásárolhatók, postai utánvétellel (csomagolás+postaköltség felszámításával) megrendelhető 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)

# Szépkorú a Rádiótechnika!

Elsőként befutott köszöntő soraival erre emlékeztetett bennünket *Molnár Vince* (HA6IBA) kedves Abasár-i olvasónk. Valóban, így, *egy szóban* írva, 1951 novemberében jelent meg először a Rádiótechnika. Talán mondanunk sem kellene, hogy az azóta eltelt hatvan év, azaz két emberöltőnyi idő egy folyóirat életében sem csekély teljesítmény! Főképp a mai rohanó korban, mikor is lapok indulnak és szűnnek meg – szinte napon-

Valljuk és több helyütt is leírtuk, hogy lapelődünknek tekintjük az 1936 márciusában – idén 75. éve(!) – indított Rádió Technika folyóiratot, melyet a világháború után 1947 májusában újra kiadott *Molnár János* szerkesztő. Aztán 1951-ben jött a Rádiótechnika, melynek *Füvesi Gyula*, majd *Stefánik Pál*, illetve jómagam vezette redakciójából eddig vagy 50 000 lapoldal szerkesztett anyaga került ki. E mellett az 1968 óta évente rendre megjelenő évkönyvekről, il-

letve a XV évfolyamot megért Hobby Elektronika folyóiratról, majd annak Füzetéről sem szabad megfeledkez-nünk.

Az idők változnak és ezzel a változással, fejlődéssel igyekszik lépést



tartani manapság is a Rádiótechnika és annak szerkesztősége. Teszi mind- ezt egy olyan világban, mikor is a technika fejlődése mind tartalmában, mind területeiben – mondhatni – exponenciálisan változó, bővülő. Egy

olyan fura világban, melyben a hazai kultúra és oktatás „felkent urai” majdhogynem összevonták a fizika, kémia és biológia tantárgyakat egyetlen, ún. természettudomány tantárggyá. Döbbenetes meglátás! Csak nem arra gondoltak, hogy modern korban majd a filozofok, a történészek, a jogászok és a zenészek lesznek közkatonái a tudományos kutatásnak, az ipari termelésnek?!

A szerkesztőség ezúton is megköszöni kedves olvasóinak jubileumi üdvözleteit, és kiváltképp azon megtisztelő érdeklődését, mellyel eddig kitüntették – és reméljük a jövőben is kitüntetik – lapunkat! Ez tartja életben az örökifjú Rádiótechnikát. Az elektronika barátok, a rádióamatőrök szépkorba lépett folyóiratát, mely hamarosan a kornak megfelelő újabb internetes/digitális szolgáltatásokkal rukkol elő.

**Békei Ferenc (HASKU)**  
főszerkesztő

## Digitális lapkiadás és archívum

Az infokommunikáció roham léptű fejlődésének eredményeképp manapság már az asztali és a táblagépek mellett az e-könyv olvasók, sőt már az okostelefonok is alkalmasak az elektronikus folyóiratok és könyvek megjelenítésére. E digitális világban való lapmegjelentetést nemcsak az „idők szava” követeli meg. Erre kényszerítenek bennünket egykori, de mára számunkra már kevésbé kedves olvasóink, sőt egykori szerzőnk is! Például „petykaművek” és „kaporjózsi” –, hogy csak e két jellegzetes figuráját említsük a „cyber-alvilágnak” – fittyet hányva az elemi erkölcsi kötelmeknek, illetve a *törvényi előírásoknak*, gátlástalanul közreműködnek kiadványaink szerzői jogait sértő tevékenységekben. Modernkori Robin Hoodnak képzelve magukat meglopják a lapot, annak Kiadóját. Sajnos, vélhetően merő tudatlanságból mások, főleg az otthon bütykölő diákok, fiatalok is „segítenek” abban, hogy hamarosan beszüntessük a nagy nyomdai kiadásokkal járó papíralapú lapkiadást. Illetve, hogy azt *csak az előfizetőknek tartjuk fenn a jövőben*. „Ha nem tudod megakadályozni, akkor állj az élerel” – így a bölcsesség. Olybá tűnik, ez különösen áll a mai, digitális világra...

Régebbi

RÁDIÓTECHNIKA

Elektronika

lapszámok,

Elektronika

FÜZETEK

RÁDIÓ-  
TECHNIKA  
ÉVKÖNYVE-k

digitális, letölthető formában megrendelhetők a szerkesztőségtől.

Az aktuális kínálatot, illetve a részletes feltételeket lásd a [www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu) honlapunkon!

Felhívjuk kedves Olvasóink figyelmét arra, hogy lapunk 2012-ben csökkentett példányszámban kerül utcai terjesztésre!

**A jövőben is olvasni kívánja a RÁDIÓTECHNIKÁ-t? FIZESSEN ELŐ a lapra! – Így biztosan hozzájut!**

Előfizethető:

[hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu) 1374 Budapest, Pf. 603 (+36 1) 239 4932/36 m. (+36 1) 239 4933/36 m. [www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)



# Feltétel nélkül stabil antenna tervezése

Némethy István YT3I, yt3i@gimelnet.rs

## 1. Előszó

Mindannyian tapasztaljuk, hogy a világhálón rengeteg antennakonstrukció található a 2 m-es rádióamatőr sávra. Jelen cikkkel egyáltalán nem az a célom, hogy megkérdőjelezzem egyes szerzők teóriáit, hisz a legtöbb majdnem teljes mértékben igaz, és a konstrukciókat nagy gondossággal tervezték. Jó részük meg is épült és működőképes.

Sokan megélték azonban azt a keserű tapasztalatot, hogy a pontos méretek betartásával megépített antenna nem úgy működött, ahogy azt elvárták. Másoknál viszont egyből sikerült az utánépítés és kifogástalanul működött a rendszer, amit a megfelelő méretek is bizonyítottak. Az azonos méretek mellett tehát lennie kell valaminek, ami az eltéréseket okozza!

Vannak, akik kételkednek a szerzők őszinteségében, ez azonban csak kevés számú szerzőre vonatkozik. Tény, hogy szép számmal akadnak, akik a legjobban sikerült konstrukcióikat megtartják maguknak vagy baráti köreiknek, valamivel kevesebben publikálják a sikeres példányaikat. Akad olyan szerző is, amelyik a legjobban sikerült antennáit eladja kereskedőknek, a többit pedig „szívesen közrebocsátja”. Nem kis számban vannak dicsőségre vágyó amatőrök is, akik egyszerűen meghamisítják a jellemzőket, amire azonban előbb-utóbb fény derül. Nem az a célom, hogy erről kifejtsem véleményemet.

Az antennatervezés legfontosabb szempontja annak figyelembe vétele, hogy a leendő felhasználó mire akarja felhasználni az építendő antennát. Sajnos, gyakran éppen erre gondolnak legkevesébe.

Egyes felhasználók célja minél több „QTH négyzet” elérése tropó-, Es-, vagy MS-móddal. A versenyzők inkább egy gyorsan és célszerűen összerakható antennát szeretnének a kitelepüléseikre, mivel a lakásuk a takartság vagy a számottevő zavar miatt komolyabb munkára teljesen alkalmatlan. Mások leginkább az EME-módot kedvelik a lakóhelyük miatt, amely olyan helyen van, ahol csak ez az üzemmód alkalmazható.

## 2. Tervezési kritériumok

Az antenna leglényegesebb paraméterei: a nyereség, az irány-karakterisztika (azaz az előre/hátra, előre/oldalra viszony), az impedanciája, az illesztése a tápvonalhoz, a sáv szélesség, amely a jósági tényező függvénye, bizonyos mértékben a nyereség/zajhőmérséklet aránya, ez azonban a 2 méteres sávban semmi esetre sem annyira lényeges, mint azt többen állítják.

Az említett paraméterek egymással szoros összefüggésben vannak. Feljavitva az egyiket, rendszerint rontjuk valamely másikat vagy az összes többit! *Stabil konstrukció az, ahol ez az arány szélsőséges külső hatások alatt sem változik, vagyis az „arany közép” jól el van találva.* Az ettől való nagyobb eltérés csak feltételelesen stabil konstrukciót eredményez, amit rendszerint bölcsen elhallgat a tervező. Hogy milyen körülményekre érvényes a tervezett (vagy megvásárolt) antenna, az rendszerint csak később derül ki...

Igaz, vannak kevésbé felkészült tervezők is, akik viszont igen erős számítógépes háttérrel rendelkeznek, és azt hiszik, a gép mindent elvégez, helyettük méri fel az egész tervezési problematikát. Ez azonban rendszerint nem így van! A tervezőnek pontosan tudnia kell, mit akar, kinek készíti antennát, és milyen feltételek mellett lesz képes az antenna arra, amit elvárnak. Azonban a felhasználónak is ismernie kell azokat a körülményeket, amelyek az antennára hatnak, amelyek rendszerint többé-kevésbé ismeretlenek vagy időben változóak.

Sajnos, a legjobban felkészült tervezők között igen sok az olyan, akik ismerik a kereskedelmi marketing alapvető szabályait, amely nem feltétlenül csak anyagi hasznot jelent. Ezek előtérbe helyeznek egyes kritériumokat, természetesen a többi rovására. Sokakkal elhíthetik azt, hogy ez az egyedüli út egy jó antenna felépítéséhez, megvételéhez.

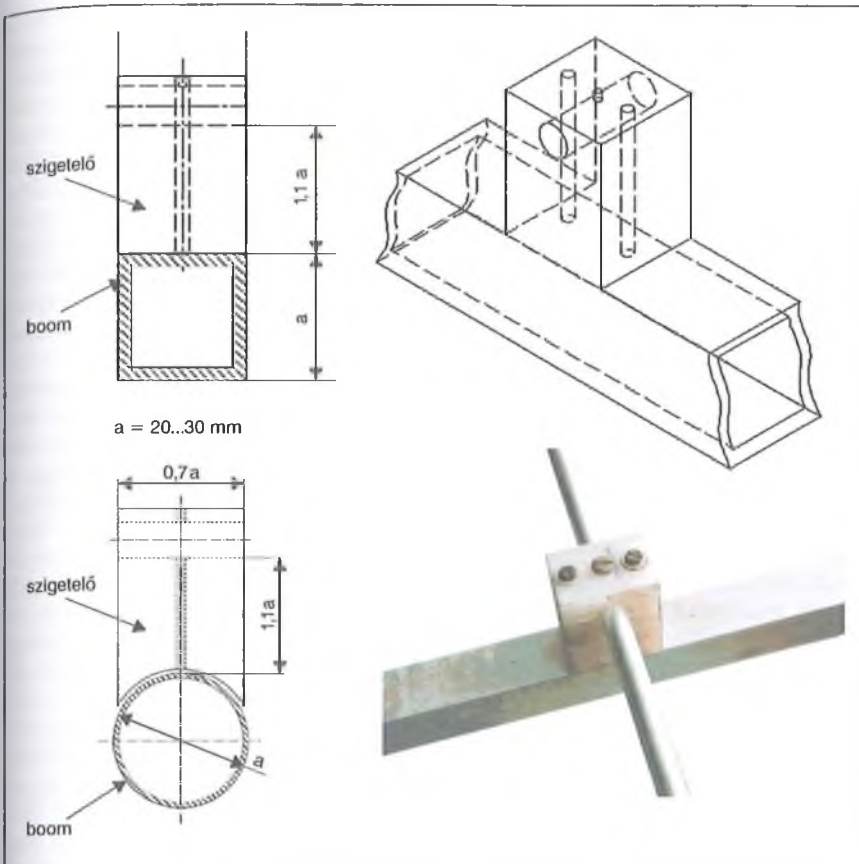
Ide tartoznak azok, akik az ilyen antennát, mint első antennájukat megépítették, és természetesen jelen akarnak lenni a világhálón – szerintük – a legjobb antennával.

Jómagam sokat kísérletezve sokféle típussal, arra jöttem rá, hogy olyan, a paraméterek jelentős változása nélküli antennát kell tervezni, amely feltétel nélkül stabil marad. Az antenna a lehető legkevesebbet változtathatja a paramétereit a külső behatásokra, ami lehet víz, ráfagyott jég, zúzmara, egyes irányokban levő vagy időnként megjelenő tárgy stb. Ugyanakkor az antenna bármely környezetben felépíthető legyen, azaz a környezet hatása, a fák, házak, villanyvezetékek stb. minél kisebb ráhatással legyenek a paraméterekre. Nem szabad elhallgatni a telepítés magasságát sem. Itt azonban egészen más a helyzet. Minden antenna – bárhogyan is van tervezve – a talajtól való magasság függvényében változtatja a sugárzási diagramját, nyereségét, impedanciáját stb. Ez elkerülhetetlen tény. Azonban a tervezésnél kell ügyelni arra, hogy ezek a paraméterek a föld feletti magasság kb. 6–30 méteres tartományában minél kevesebbet változzanak.

## 3. Eddigi tapasztalatok

Az eddig szerzett tapasztalatok szerint a 2 m-es sávban egy feltétel nélküli stabil antenna tervezésénél lényeges, hogy milyen rezonancia-frekvenciára és milyen anyagból készüljön az antenna. A rezonáns frekvenciát mindenesetre célszerű az európai szabványoknak megfelelően, a 144–146 MHz sáv közepére, tehát 145 MHz-re venni. Fontos feltétel az is, hogy az antenna e sáv tartományban sehol sem mutathat 1:1,2 feletti SWR-értéket. Minden más megoldás, még ha bármely más paraméter javulását is adná, csak egy feltételelesen stabil konstrukciót eredményezhet.

Meg kell említeni a VE7BQH-féle – EME-célra készült – antennák listáját is, amely rezonáns frekvenciának a 144,100 MHz-et veszi. Akik csak EME-vel szándékoznak dolgozni, ezt a listát szem előtt tarthatják, a többieknek pedig ez a lista úgyszólván semmit sem jelent. Van ugyanis egy igen lényeges dolog, ami sokak előtt ismeretlen. (A lista téves alapokon készült, amiről a későbbiekben lesz szó. Ennek a listának a kritériuma a G/T viszony, azaz az



1. ábra

antenna nyereség és a zajhőmérséklet aránya, ami teljes egészében értelmetlen a nem elevált antennák esetében. Még azok esetében is csak bizonyos időben van hatása az antenna tulajdonságára.)

Bármely paraméter előtérbe helyezése sávszélesség-csökkenést von maga után. Ennek következtében az ilyen antennák igen érzékenyek lesznek a nedvességre, hóra, a ráfagyott jégre, a környezet hatására stb. Gyakran előfordul, hogy egy 144,100 MHz-en maximális nyereséggel és G/T-vel rendelkező EME-rendszer a 144,350–144,400 MHz-es tartományban MS munkára már alkalmatlan lesz. Képessége, még ideális feltételek mellett is, elmarad egy jóval szerényebb, úgyszólván fele olyan méretű, más szempontok szerint méretezett rendszeré mellett. Az ilyen módon, kizárólag EME-re optimalizált rendszer a téli hónapokban az időjárás hatása miatt alkalmatlan lesz az EME-re. Szerencsére a Hold pontosan, az előre kiszámított pályán mozog, így maradnak a száraz nyári hónapok, amikor aktívabbak az EME-expedíciók, akkor az ilyen kihegyezett rendszer ideális háttérzaj esetén „hozhhatja ma-

gát”. Megéri-e a befektetést az ilyen antenna, ha csak extra feltételek között használható? Természetesen, a legtöbb felhasználó nemcsak EME-re tervez, viszont az előbb említett ismeretek hiányában csalódásban lesz része, ha megépíti vagy megveszi ezeket az antennákat.

Tapasztalatok alapján – amit számítások is igazolnak – az elemek átmérője legalább 8 mm, a dipólus anyagának átmérője legalább 10 mm legyen, ez egyúttal csekély nyereségnövekedést is eredményez. Ez esetben az antenna könnyen tervezhető a kellő sávszélességre. Természetesen, ezek a méretek a mechanikai stabilitást is biztosítják és a rátelepedő madarak elviselésének szempontjából is megfelelőek és ideálisak.

Lényeges még a boom hatása is. Sok elgondolás létezik. Az egyik az elemek hosszának növekedésével reméli kiküszöbölni a boom elemekre gyakorolt hatását, ami megkérdőjelezhető. A legújabb tapasztalatok szerint a boom hatása nem egyforma minden elemre és valamelyest függ a dipólustól való elemtávolságtól is. Ez azonban a 2 m-es sávban általában még nem okoz

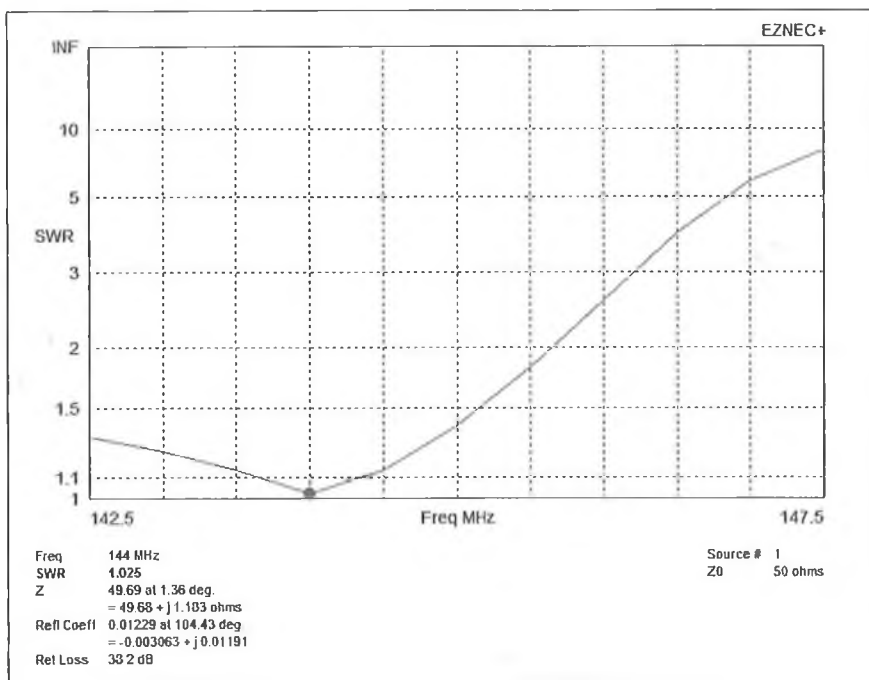
lényeges eltérést. Sokkal nagyobb probléma van a boom átmérőjének reális változásával az eső, hó, jég stb. miatt, bár ez eleinte nem úgy tűnik, hisz a számítások szerint kör vagy négyzet alakú metszet egyformán hat az elemekre. Igaz, de csak addig, amíg az antenna boomjára nem tapad semmi! Ezt sokan elfelejtik, holott a ráfagyott jég, zúzmarra stb. nem egyforma hatást gyakorol az antennára, függően attól, hogy kör vagy négyzet alakú a boom keresztmetszete.

Újabbán létezik olyan megoldás is, melynél a boom kellő mechanikus biztonságot nyújtó szigetelőanyagból készül, de ez csak akkor jó, ha az anyag üvegszál, mert arra nem tapad rá és nem fagyhat rá semmi. Ez viszont a boom megválasztásakor nem mindig ismert tényező. Sokan felismerték azt, hogy a 2 m-es sávban a boom a körülményektől függetlenül elenyésző hatást fejt ki, ha az elemek távolsága a boomtól legalább a boom méretének 110%-a (1. ábra). Ez esetben a boomhatás ki van küszöbölve, és mindegy, hogy a boom keresztmetszete négyzet, téglalap vagy kör. Ezen nem a boom-közép–elemközép távolságát, hanem a boom és az elem alsó része közötti távolságot értjük. Az elemeket egy szigetelt távtartó rögzíti a boomhoz. A távtartó ideális esetben lehet teflonból, ami azonban nem feltétlenül szükséges, de lényeges, hogy a távtartó jó nagyfrekvenciás tulajdonsággal rendelkezzen és egyben időálló is legyen. A távtartót 3 mm-es csavarral rögzítjük a boomhoz, az elem pedig egy kis, önmetsző csavarral az elemhez. Ez a szigetelőanyag igen lényeges, ügyelni kell arra, hogy ne tapadhasson rá semmi, ami beleszólhatna az elem-boom hatásba.

#### 4. A már meglevő antennák analízise

A világhálón található igen sok, különböző típusú antennáról egyszerű analízissel, rögtön az elején kiderült, hogy jó részük említésre sem méltó. Miért? Egy részük vagy tévesen lett méretezve, vagy pedig egyes dolgokat teljesen figyelmen kívül hagytak. Megjegyzem, egyelőre nem említem azokat az antennákat, amelyek igen régi keletűek és a készítésük idején a számítógépek még gyerekcipőben jártak. Szándékosan nem szólok egyes antennák részletes adatairól, anélkül is sokan felismerik miről és kiről van szó.





2. ábra

Most csak a teljesen díjmentes analízáló programokat említtem, sok antenna profi programmal is analízálva volt, ám lényeges eltérés nem mutatkozott. Kellő hozzáértéssel részletes analízis készíthető egy ingyenes 4nec2 (4nec2 v.5.8.5) programmal. Ugyanaz az eredmény mutatkozik a Yagi Cad v.6.1-gyel is, amelynek kezelése egyszerűbb, de ez valamivel lassabb és nem alkalmas csoportantenna analízisre. Természetesen nem hagyható ki az EZNEC PRO 3.0.45 és az EZNEC + 5.0.42 sem, amelyek azonban nem olcsó, regisztrált programok. Létezik e programok ARRL változata, amely csak feltételesen hozzáférhető és használható. Az említett programok szíve a NEC2 program, amelynek egy korábbi, Fortranban írt verziója lett átdolgozva magasabb programnyelvekre. Ennek tudatában teljesen lényegtelen mit használunk a gépünkön, csak maga a számítógép és a futtatás ideje változik. Az eredmények szinte azonosak, említésre sem méltó eltéréssel. Természetesen magának a programnak a szolgáltatása is függ a felhasználótól, több-kevesebb ismeretet igényel. Az eredeti Fortran regisztrációja mellett az eredeti NEC2 program is használható. Ekkor a tervezőnek sokkal több lehetősége van arra, hogy újat alkosson és az eredeti NEC2 programot teljes egészében a saját szükségletére alakítsa. E program továbbfejlesztésével és a GFortran (a Fortran Macintosh gépekre készült változata)

alkalmazásával készült el a NEC4 program, amely már nem ingyenes.

A világhálón levő számtalan antenntípus közül azok lettek analízisre méltatlanok, amelyek sáv szélessége igen keskeny, mindössze pár száz kilohertz. Ezeknél rendszerint ideális sugárzási görbe mellett jelentős nyereség van, szükségtelenül, szinte ideális G/T aránnyal. Azonban az igen keskeny sáv szélességet követő, nagyon magas Q-faktor (jósági tényező) mellett ezek az antennák csak bizonyos feltételek mellett bizonyulnak olyanoknak, amilyeneknek hirdetik.

Az időjárás hatása oly mérvű, hogy csak egy bizonyos jó időben használhatók, nehezen reprodukálhatók, mivel az elemek hossza és elhelyezésük a boomon századmilliméter pontosságot kíván meg. Ha ezeknél az antennáknál számításba vesszük a boom hatását, valamint azt, hogy az elemek nincsenek elszigetelve a boomtól, vagy pedig szigetelten a boomon keresztül vannak felszerelve, akkor az ugyanazon gyártótól származó több példány paramétere között is jelentős szórás mutatkozhat.

Vannak ugyan konstrukciók, amelyek a fenti példától valamennyire eltérnek, amelyek a rendkívül magas nyereséget és irányhatást az antenna impedanciájának a csökkentésével érik el. Az antenna impedanciája 28 vagy 12 ohm, ebből egyszerű illesztéssel érik el a táppont 50 ohmos értékét. Ter-

mészetesen figyelembe kell venni a minden impedancia transzformáláskor fellépő veszteséget, bár ez 145 MHz-en nem számottevő érték. Ezen antennák tervezői azonban teljesen figyelmen kívül hagyják a környezeti hatást. Minél kisebb egy antenna saját impedanciája, annál érzékenyebb a környezet hatására. Ezért ezek az antennák csak a lakott helyektől távol, teljesen sík felület felett használhatók. Ez a feltétel viszont igen ritkán valósul meg, ellenben rendszerint elhallgatott tényező.

A 2. ábra egy nagyon közismert és „elismert”  $4 \times 11$  elemes csoport SWR diagramját mutatja, mely beleillik VE7BQH táblázatába, vagyis az egyedi antenna rezonanciája 144,100 MHz, a csoport rezonanciája pedig 144,000 MHz. A környezet és az időjárás hatására létrejövő rezonancia-frekvencia „elcsúszás” – különösen alacsonyabb telepítéskor – használhatatlanná teszi ezt a „csak feltételesen jó” antennát. Az előbbivel teljesen ellentétes megoldás az antenna impedanciájának növelése. A környezeti hatás kisebb ugyan, viszont az összes többi paraméter egyre inkább romlik.

Az analízis alatt rendkívül sok, igen régi antenna mutatott ideális eredményt, természetesen a számítógéppel való pontosítás után. Az eddigi tapasztalatok szerint az egykori, DL6WU típusú antennák mutatkoztak a legjobbaknak. Igaz, e típus mellett van még egy pár „ős kori” antenna, hasonló jó tulajdonságokkal. Az idősebbek között bizonyára sokaknak ismeretes ez a nosztalgia antenna, amely, ha jól emlékszem, sohasem hagyott cserben bármilyen időváltozás hatására sem. Senki sem csalódik, ha elkészít egy számítógépen rekonstruált DL6WU antennát. Nem a sok helyen téves, nyomdahibás adattal megjelölt DJ9BV antennára gondolok. E család egyes típusai kizárólag keskenysávúak, ami EME-munkára alkalmas, de a felhasználók nagy tömege sohasem lett boldog, ha ilyen antennát használt.

## 5. A DL6WU antenna

Keresve a feltétel nélkül stabil antennát, eszmecekerét folytattam a világszeretközismert YU1AW-vel. Azt mondta: „Nem kell sokat keresned, ez már régóta megvan. Ez a DL6WU antenna!”. Szerencsére megvolt egy régi, számítógépes verziója ennek az antennának, így csak be kellett táplálni az adatokat a 4nec2 5.8.5 programba.

Lényegesnek tartom megemlíteni, hogy a DL6WU programnak igen sok változata került a világhálóra. E programok jó része téves adatokat produkál. Ennek oka abban rejlik, hogy ezek a programok a programozás kezdetén készültek és a hibák ritkán kerültek javításra. Másrészt a programok egy része ott készült, ahol a 2 m-es sáv 144–148 MHz-ig terjed és rendszerint a sáv közepére, vagyis 146 MHz-re vonatkoztak az adatok. Ez lényegében nem rossz, mivel az antennák sávzélessége nem 2, hanem 4 MHz. Igaz, ezek az antennák valamivel kisebb nyereséget produkálnak, de a stabilitásuk rendhagyó.

Saját gyakorlati tapasztalataimra gondolva, sokfajta verzióra emlékszem. Az elemek átmérője 2–10 mm között mozgott. Az elemek átmérőjének növelésével a környezet ráhatása fordított arányban van. A ráfagyott hó, jég stb. a 2 és 3 mm-es elemekre nagyon kihat, míg a 4 mm-es elemeknél már kevésbé és alig észrevehető a 6 mm-es elemeknél. A 8 és 10 mm-es elemeknél szinte észrevehetetlen.

A 2 mm-es elemek sávzélessége kb. 400–500 kHz, ami még meg is felelne, de rossz időben a rezonancia rendszerint jóval a sáv alá csúszik. Amennyiben 8 mm-es elemeket használunk, a sávzélesség jóval meghaladja a kívánt 2 MHz-et és stabil marad, bármely időjárás és környezeti hatás alatt is.

A választásom egy 12 elemes verzióra esett, mivel így a 6 méter körüli boom a legnagyobb mértékben kihasználható. Természetesen az elemek 8 mm, a dipól pedig 10 mm átmérőjű anyagból készülnek. Elvileg ugyanúgy működik az antenna 10 mm-es átmérőjű elemekkel és 12 mm-es átmérőjű dipóllal is, alig észrevehető nyereségnö-

vekedéssel. Azonban az árkülönbség és a forgatási inercia növekedése ezt nem indokolja. Hasonló tapasztalat van más, hasonló sávzélességre optimalizált antennatípusokkal is.

Szerintem igen lényeges megemlíteni a DJ9BV által továbbfejlesztett DL6WU antennákat is. Itt egy kizárólag EME-re készült antennacsaládról van szó. A sávzélesség igen kicsiny, ezért csak feltételesen stabil antennáról van szó, amelyek a sáv elején rezonálnak, kizárólag szép időben. Hasonló elképzelésekkel készültek a DJ9BV által másodsorú újraoptimalizált antennagenerációk, valamelyest nagyobb nyereséggel és még keskenyebb sávzélességgel. Sokaknak, akik még nem is hallottak az EME-munkáról, igen nagy keserűséget és csalódást okoztak az ilyen és hozzá hasonló antennák.

Ismertem olyan tervezőket is, akik csak egyetlen rezonáns frekvenciára terveztek antennákat. A sávzélesség kb. 300 kHz-re csökkentésével igen jelentős nyereségnövekedést értek el. Természetesen az ilyen konstrukciókból még maguk sem tudtak soha megépíteni nagyobb csoportokat. Pusztán véletlen folytán néha elfogadható eredményeket kaptak, de egy körültekintőbben méretezett csoport tulajdonságai általánosan felülmúlták ezeket.

*A célom az, hogy rámutassak arra, hogy a sávzélesség talán az egyik legfontosabb tényezője egy stabil antennának. Ez egy minden szempontból átgondolt antenna legfontosabb tulajdonsága, sokkal lényegesebb, mint a nyereség vagy a rendszerint tévesen értelmezett G/T tényező.*

Talán érdemes megemlíteni azt, hogy az eredeti DL6WU antenna optimalizációja a NEC2 alapú számítógé-

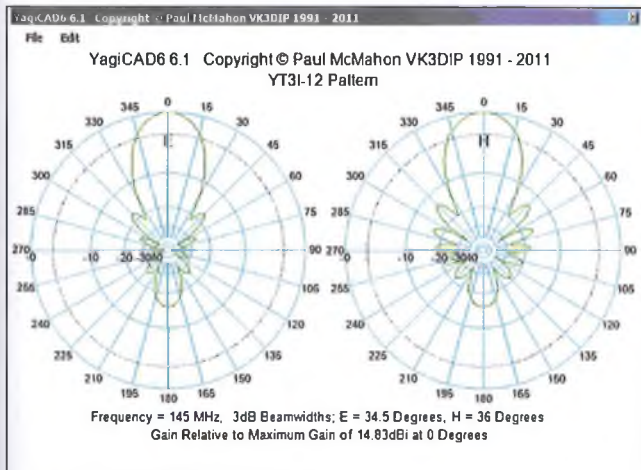
pes programmal nem minden esetben korrekt. Bizonyos körülmények között, amikor a tervező célkitűzése eltér a DL6WU antennák elvétől, az eredmények vitathatóak lesznek. A jól elgondolt antennából torz, semmire sem használható antenna lehet. Sajnos, az ingyenes hozzáférésű programok mind NEC2 alapon készültek, különbség csak a program szolgáltatásaiban és az alkalmazott grafikákban jelentkezik, az eredmények lényegében teljesen egyformák.

Csak megemlíteném a WIPL-D, valamint az Antenna Magus programot, amelyek regisztráció nélkül nem használhatók. Ezeknél a tervezési- és analízis-lehetőségek lényegesen nagyobbak, és csak ezekkel mutatkozik meg az, hogy néha az eredeti DL6WU antenna lényegesen felülmúlja a NEC2 adta lehetőségeket. Természetesen vannak még más profi programok is, amelyek alátámaszthatják az itt elmondottakat. Ezt erősíti a NEC4 program is, amely sok eredeti NEC2 klonprogram hibáit kiküszöbölve, valóban profi, de nehéz hozzájutni.

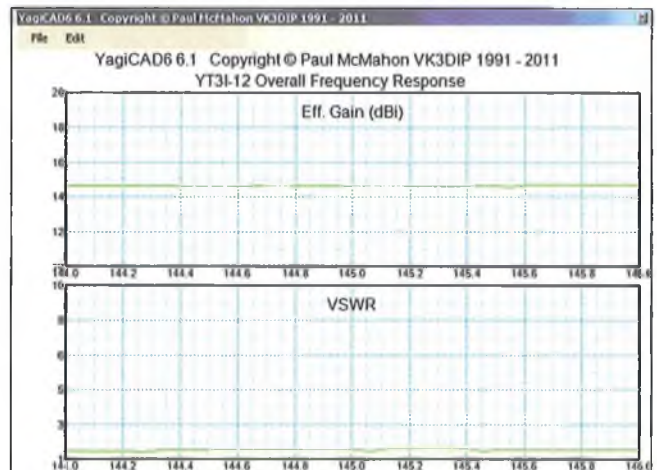
Tehát a klasszikus yagi-családban jobb antenna, mint egy DL6WU nem létezik! Az előrelépés zsákutcában van, immár 30 éve.

## 6. „Alacsony zajú” antennák

Az utóbbi időben igen elterjedten alkalmazott „alacsony zajú” antennákat a világhálón ügyes marketinggel reklámozzák. Azonban, ha mélyebben utánanéznünk az igen vonzó és mesterien eltalált jelző valódiságának, akkor rendszerint rájöhethetünk arra, hogy felületes fogalmak hibásan értelmezett összefüggésével, egyszerű szemfeny-



3. ábra



4. ábra



vesztésről van szó! Nem annyira az anyagi hasznát a motiváló ok, hanem a kapkodó, elismerésre vágyó szerző (ön)kielégüléséről van szó. Kik azok, akik fényképekkel igazolják ezen antennák jó tulajdonságait? Rendszerint olyan hívójelekkel találkozunk, akik az URH ranglisták alján vagy egyáltalán nem szerepelnek, nem olyanok, akik eredményekkel igazolhatnák a valóban jó tulajdonságokat. Jó részük az első felépített antennáját képekkel illusztrálja.

Egy antenna jó vagy rossz tulajdonsága nem egy fényképpel bizonyítható, hanem inkább elméleti magyarázattal alátámasztott, igazolt eredményekkel.

Az antenna zajanalízise az elfogadott TANT programmal történik, melynek szerzője YT1NT-VE3EA. Itt is van egy lényeges dolog, amiről kevesen tudnak. A szerző az égbolt zajhőmérsékletét 200 K-re, a Föld hőmérsékletét 1000 K-re veszi, mivel a program megírása előtt tévesen informáltak. A tény azonban az, hogy az égbolton az Oroszlán csillagképben a zaj 195-250 K, a Vízöntő csillagképben 275-350 K. Az északi égbolt többi helyén általában az érték 500-1000 K.

Lényegesen helyesebb érték lenne, ha a programban egy elevált antenna háttéri zaját 400-500 K-re választanák. Így aztán a kapott eredmények is tévesek!

Ismernünk kell még azt is, hogy az antennánk vagy antennarendszerünk mindig a háttér zaját látja? Tehát, egy nem elevált antenna mindenképpen a háttér kb. 1000 K zaját látja? Mikor? Amikor az antennánk egy minden helyi zavarforrástól igen messze, pl. a Szahara vagy Óceánia közepén van, egy lakatlan szigeten.

Igaz, az égbolt feltételezett zajhőmérsékletét valamikor régen, 200 K-re vették igencsak közismert amatőrök: DL6WU, DJ9BV, W5UN, meg a DUBUS folyóirat. Később azonban a profi rádióasztrológia ettől lényegesen nagyobb zajokat állapított meg, sőt feltérképezte az egész égbolt háttéri zaját. Bennünket valójában csak a holdpálya mögötti zaj érdekel és itt is feltehetjük a kérdést: érdemes-e egy időben állandóan változó értéket vagy annak átlagos értékét egy antenna, vagy antenna rendszer minősítésére használni még akkor is, ha az antennánk kizárólag EME-re szolgál?

Ha a TANT programban ki is javítanánk a feltételezett zajhőmérsékleteket, akkor sem sok értelme lenne, hiszen ily' eset szinte sohasem fordul elő. A városi zaj, sőt egy apró kis falucska zajja is jóval felülmúlja azt az értéket, ami a programban a Föld feltételezett zaja. A program ezért 30 fokos elevációs szögére állapítja meg a nyereség-zaj viszonyt. Ha pontosnak tételezzük is fel a programot, az efféle analízis teljesen használhatatlan, mivel sok esetben az antenna sohasem lesz eleválva.

Az elevált antennák rendszerint EME-munkára készültek, ahol az égbolti háttér zaja a Hold égbeli pályáján jelentkezik. Ezen a pályán a Hold azonban csak ritkán van alacsony háttéri zaj előtt, vagyis a holdpálya időtartamának mindössze 2-3%-a alatt.

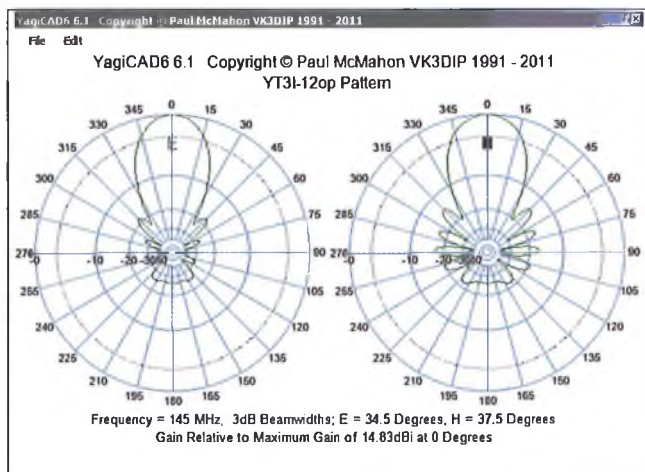
Gondolom, a fentiekből érthető, hogy az EME-re készült antennáknál mennyire fontos az antennanyereség-zaj, azaz a G/T viszonya. A földi kommunikációkban ennek viszont semmi jelentősége nincs.

Az antenna saját zaját az iránydiagram, illetve a fő- és melléksugárzások

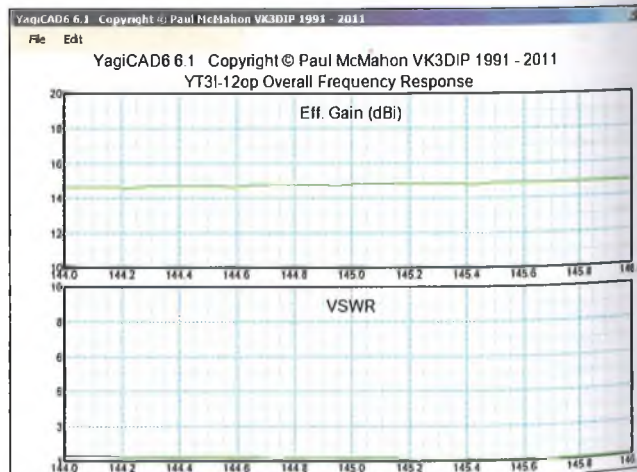
nyalábok által látott háttéri zaj adja. Így egy antennával annál jobban hallunk valakit és minket is annál jobban hallanak, ha minél nagyobb az antennanyereségünk és minél tisztább az antennanyereségünk diagramunk. A sávban levő, néha igen sok állomás egymásra ható zavarásában a sugárzások melléksugárzásokban a sugárzások melléksugárzásokban van jelentősége. Ez nemcsak a saját antennánktól függ.

Ideális lenne, ha minél kevesebb melléksugárzást kapnánk, mivel a melléksugárzásokban a nem kívánt állomás jele és annak sugárzások spektruma is megjelenik. Ezzel viszont teljesen ellentétes a sok versenyző által elvárt követelmény, hogy minél kevesebbet kelljen forgatni az antennát. Ez a telepítési hely függvénye, csak bizonyos határok között teljesíthető és a nagy nyereség tiszta, minimális melléksugárzások irányjellegűvé válik csak bizonyos antennáknál ideális.

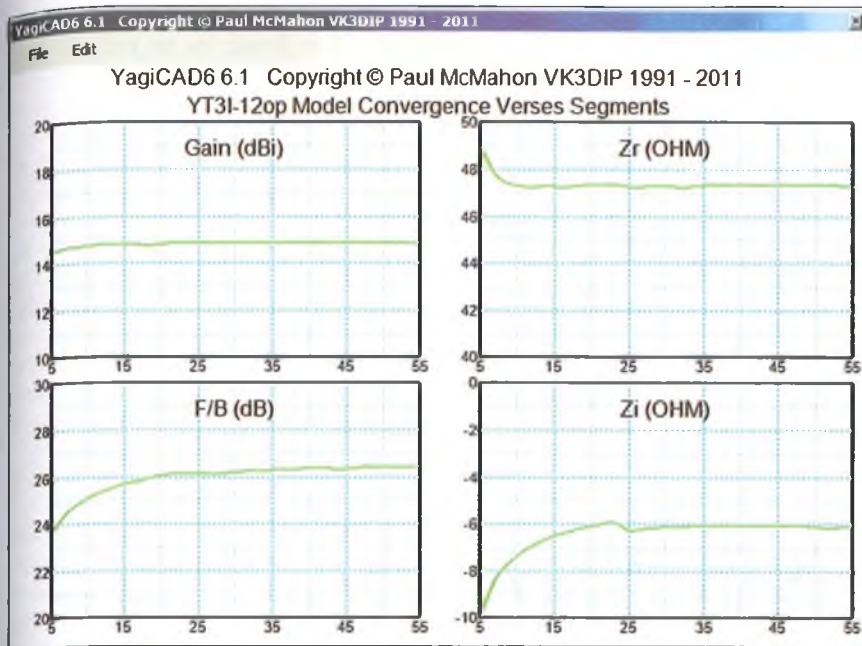
Az antenna melléksugárzásokból eredő káros hatások csökkentése a vevőrendszertől, valamint a közelben levő, más állomások sűrűségétől függ. Természetesen erre a célra feltételeken lehetne használni éppen a TANT, illetve a G/T analízis programot, még ha téves eredményekkel is szolgál. Mindenesetre a határt maga a nyereség és az előrehát, illetve az előre-oldalra viszony ideális aránya adja, amelynek van egy – a telepítési hely és a közeli állomások arányától függő – értelmes kompromisszuma. Ha egy kitelepülésre szánt antennát vagy antennacsoportot tervezünk, akkor ajánlatos e tényezők ismerete. Egy sűrűn lakott, egyéb zajokkal erősen terhelt környezetben az eleváció nélküli antenna által befogott zajra semmi szükség sincs. Tehát: a 2 m-es sávban alacsony zajú antennák nem léteznek, és semmi értelme sincs



5. ábra



6. ábra



7. ábra

az ilyen definíciónak. Ez az egész csak egy tévút – a sok közül – az antennák fejlesztésében. Az igazi EME amatőrök régem felismerték ezt a tényt. A világhálón YU1AW honlapjain angol és szerb nyelven bővebben található érdekes részletek az analízisről.

### 7. Feltétel nélküli antenna irányelvei

Eddig egy feltételezett felhasználó antennájának tervezési mozzanatait ismertettem, amely az igényeknek megfelelően sok mindenben el is térhet ettől, viszont a kapott eredmények összehasonlítása nagyon lényeges. A sorrend a következő:

- A boom méretének és alakjának nem szabad hatást gyakorolnia az elemek méretére. Kerülni kell azt a megoldást, amikor az elemek a boomon mennek keresztül, akár elektromosan szigetelve vagy sem. Lényeges a boom elég nehezen megállapítható rövidítő hatásának kiküszöbölése.
- A boom hossza maximálisan 5980 mm lehet (beleszámítva a szigetelők méretét egy standard 6 méter hosszú boomon).
- Az antenna 144–146 MHz-en működik és ezen belül az SWR értéke legfeljebb 1:1,3 lehet.
- Az egyedi antenna táplálása 50 ohmos koaxiális kábellel történik.

Az előbbieket szem előtt tartva, egyelőre kiindulásként, megnézzük egy DL6WU típusú antenna adatait, amely megfelelhet a követelményeknek.

Mint már említettük, a világhálón nagyon sok számítógépes program található a DL6WU antennák számításához. Sajnos, szinte mindegyik hibás adatokat ad.

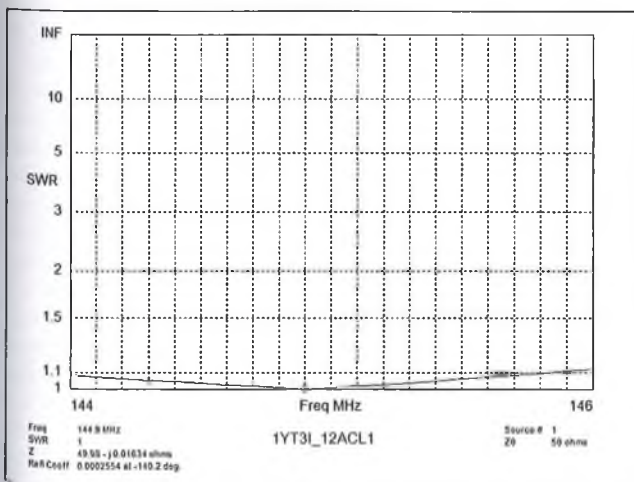
Ennek magyarázata abban rejlik, hogy ezek a programok a számítástechnika korai szakaszában íródtak olyan számítógépekre, amelyek ma már a technikai múzeumban vannak. Sohasem érték el a kellő pontosságot, az ilyen adatokat csak feltételesen használhatjuk. A sok program közül megemlíteném a VK5DJ által közzétett Yagi Calculator ver. 2.6.5 programot, amely ingyenesen letölthető az internetről.

Kiindulásként, a leendő antennát 145 MHz-re számítjuk, az elemek átmérője 8 mm, míg a dipólus átmérője 10 mm és egy 12 elemes verziót is tervezünk.

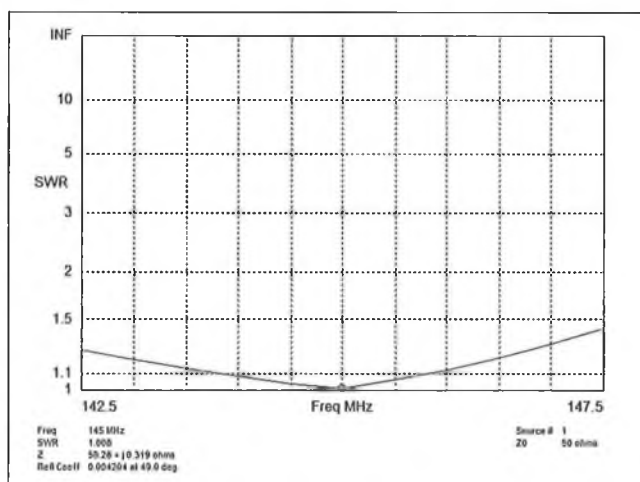
A program hajlított dipólra is ad adatokat, de az is csak feltételesen használható. A programot úgy állítjuk be, hogy teljesen szigetelt, ráhatás nélküli boomon adja meg az összes elem és a dipól méreteit.

Legcélszerűbb, a régebben használt, Yagi Optimizer programmal kompatibilis adatokat kapni „YO file” jelzéssel (Yagi Optimizer, szerzője K6STI és a demó verziók ingyenesen letölthetők), de csak a szerzőnél megvásárolható Yagi Optimizer 7.x.x jelzéssel ellátott, regisztrált verziók a pontosak.

Az előbb említett antenna „YO file” adatai a Yagi Calculator 2.6.5 szerint:

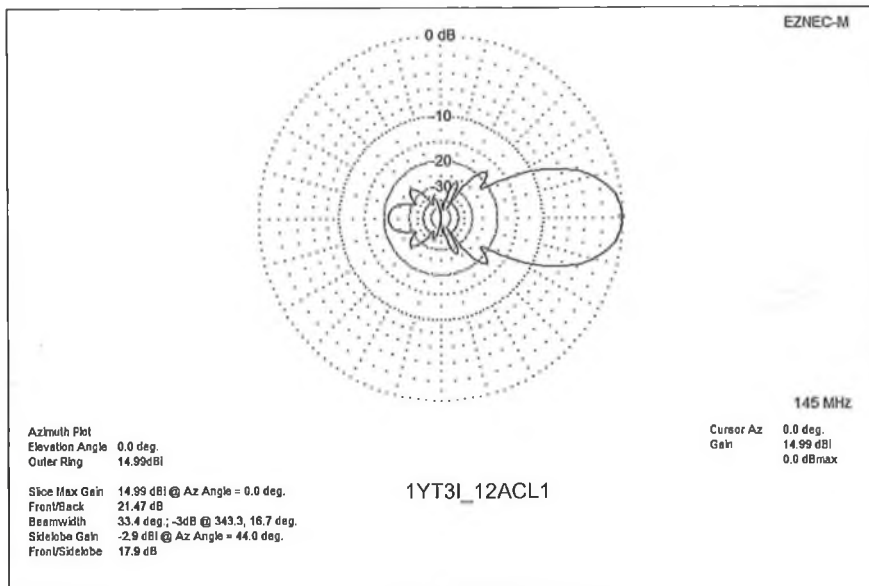


8. ábra



9. ábra





10. ábra

YT3I\_12  
145.00 MHz  
12 Elem, milliméterben

	8.0	10.0
0	1009	
414		974
569	916	
941	907	
1385	898	
1902	890	
2481	883	
3101	876	
3753	870	
4435	864	
5148	858	
5892	853	

Az első, függőleges sor az elemek távolsága a reflektortól, a második függőleges sor a 8 mm átmérőjű elemek hossza, a harmadik függőleges sor az elem (nyitott dipólus), amelynek átmérője 10 mm.

A fent említett Yagi Calculator ver. 2.6.5 tulajdonképpen a DL6WU antennákat számító programok közül a legpontosabb adatokat szolgáltatja, sajnos azonban a mai számítógépes programok igényeitől még nagyon távol van és kellő grafikával sem rendelkezik.

Az antenna 51,12-j6,69 ohm impedanciájában a valós ellenállás mellett van egy igen magas reaktanciaérték is.

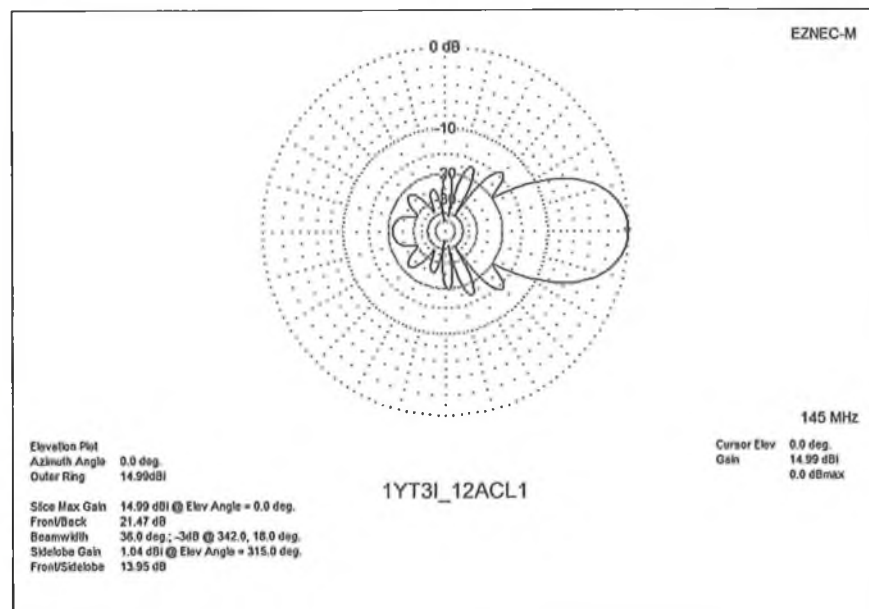
Az így megépített antenna ugyan működőképes lenne, de az iránydiagram és az SWR vitatott. Viszont észrevehető a DL6WU által megfogalmazott elvek, és csak pontosításra van szükség.

Először az eredeti értékeket betápláljuk a YagiCad6 ver. 6.1 programba, ami igazolja a DL6WU szerinti számítást (3. ábra). A DL6WU alapján kiszámított 12 elemes antenna iránygörbéje a vízszintes „E” és függőleges „H” síkban. Szembetűnő a nem túl jó előre/hátra viszony. A 4. ábrán látható az antenna teljes sávban azonos nyeresége, valamint a VSWR diagramja, annak csak a feltételesen jó 1:1,3–1:1,4 értékre.

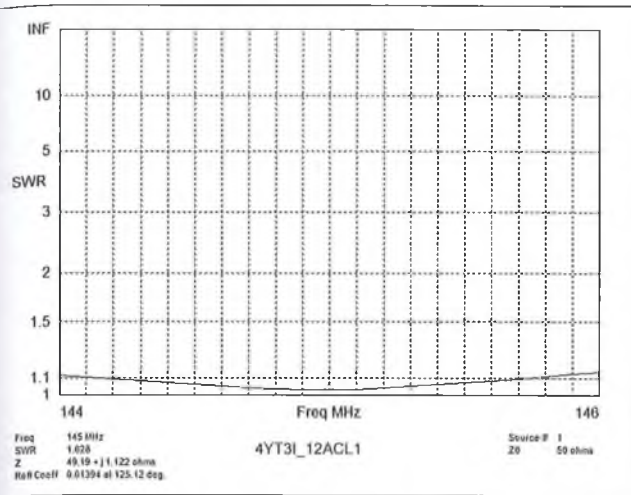
Ezek után elvégezhető az antenna optimalizációja a YagiCad6 ver. 6.1 programmal. Ez a folyamat a számítógép kapacitásától függően hosszabb-rövidebb időt vesz igénybe és mindenképpen nagy türelemre van szükség. Az optimalizáció idejétől függően az értékek is változnak. Egyelőre csak 10 generációs optimalizációt végzünk, ami után az impedancia értéke 47,69-j6,69 ohmra változik. Érdekes az, hogy az utolsó előtti direktor távolsága változik 5148 mm-ről 5328 mm-re, valamint a 8. direktor hosszúsága változik 864 mm-ről 857 mm-re. A többi méret változatlan. A kapott iránykarakterisztikákat az 5. ábra mutatja. Ezek már sokkal elfogadhatóbbak az előbbinél. Az előre/hátra viszony kiváló, 25,28 dB. A főirányban levő első melléknyaláb valamivel több mint -20 dB-lel van elnyomva, ami sokkal jobb, mint a DL6WU által közölt -15 dB. A nyereség mindkét esetben 14,84 dBi, ami nagyon jó érték.

Összehasonlíthatjuk az új nyereséget és a VSWR diagramot (6. ábra) a korábbival. Azonnal észrevehető a VSWR lényegesen alacsonyabb értéke, viszont az antenna rezonanciája kb. 145,800 MHz, ami optimális a VK/ZL amatőrök részére, ahol a sáv 144–148 MHz között engedélyezett. Ez semmi esetre se zavarjon meg senkit, az antenna ettől még az EU állomások számára is kitűnő. Különösen akkor, amikor az antennát ellepi a ráfagyott hó, jég, zúzmarra stb., amikor sok más antenna használhatatlanná válik.

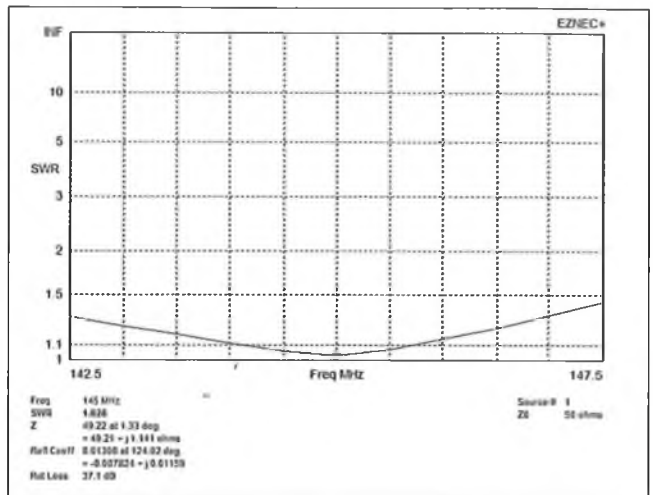
Arról sem szabad elfeledkezni, hogy ha az antenna viszonylag alacsonyan van szerelve – például kitelepüléskor – akkor a rezonancia szintén lejjebb csúszik. Feltételezzük, hogy kitelepüléskor az antenna vizesen és alacsony magasságban üzemel. Ebben az esetben a rezonancia lecsúszása lehet



11. ábra



12. ábra



13. ábra

1–1,2 MHz is, ami mellett ez az antenna továbbra is kiválóan működik. Tulajdonképpen ebben rejlik a feltétel nélkül stabil antennák előnye.

A program tartalmaz két segédprogramot is. Az egyik az *átlagossági tényező* (average), amelynek értéke maximálisan 1 lehet. Ez a mutató a mi esetünkben 0,99196, ami nagyon jó eredmény. (Minél közelebb van az érték 1,00000-hoz, annál jobb az antenna.)

A másik segédprogram pedig a *folytatóságot* (convergencia) állapítja meg. A paraméterek változását a program elem-szegmentációjának függvényében, diagramban jeleníti meg (7. ábra).

A számításokban a szegmentációt 29-ben állapítottuk meg. (Dipóllal szerelt antennáknál ennek a számnak mindig páratlannak kell lennie.) Az antennák számításánál, amint látjuk, a paraméterei változnak, a szegmentációt tehát úgy kell megválasztani, hogy ezek viszonylag kevés eltéréssel, azonos értéket mutassanak. Mivel a program a NEC2 programon alapszik, vagyis háromdimenziós mátrixokban számol, a szegmentáció növekedése sokkal hosszabb időt (és számítógép memóriát) vesz igénybe.

Ezzel tulajdonképpen befejezettnek lehetne tekinteni a DL6WU-féle antenna tervezését. Mivel a boomokat rendszerint szabványos hosszban készítik, – a mi esetünkben ez 6 métert jelent –, arra a megfontolásra juthatunk, hogy a távolság a reflektor és az utolsó direktor között 5980 mm lehet a jelenlegi 5892 mm helyett, a korábban említett szigetelő miatt. Ez a boom teljes mértékű kihasználtságát eredményezheti, ugyan-

akkor szeretnénk javítani valamit a nyereségen és antennánkat jobban beilleszteni az Európában használható 144–146 MHz-es tartományba. Eközben azonban ügyelni kell arra, hogy megtartsuk a feltétel nélkül stabil antenna alapelveit!

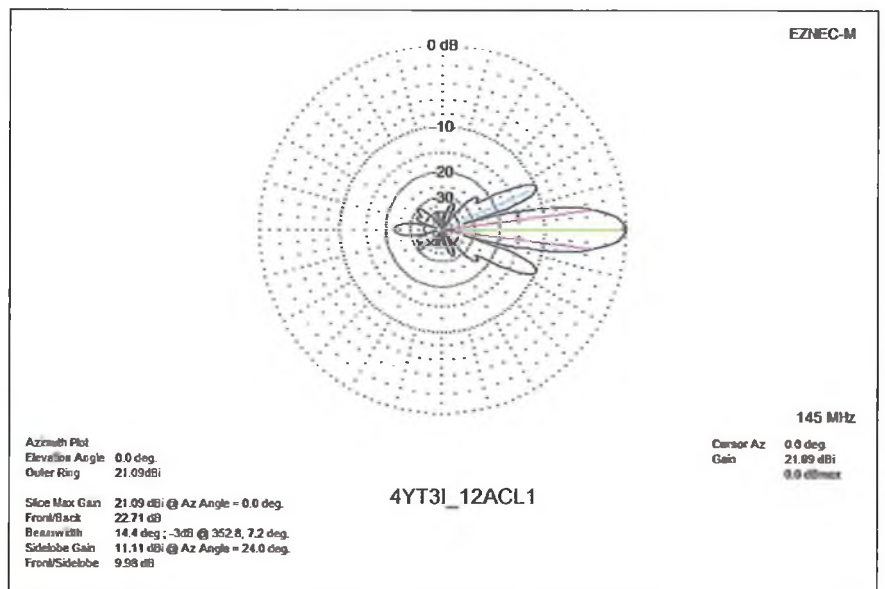
Erre a célra felhasználjuk a 4NEC2 programot, amely a világhálón díjmentesen hozzáférhető. Viszont már lényegesen több alaptudásra lesz szükségünk a program kezeléséhez, amelynek részletezése – sajnos – meghaladja ezen közlemény kereteit.

Bemenő adatként szolgáljanak a feljavított YT3I\_12 antenna adatai, de lehetnek az eredeti adatok is. Ügyelni kell a 4NEC2 program (4NEC2 5.8.5) pontos kalibrációjára, mert annak hiányában könnyen romolhatnak az elvart,

alapvető tulajdonságok. Az optimalizációt nyitott dipórra végezzük, mivel a program így adja a legpontosabb értékeket. Hajlított dipól esetében csak útmutatóul szolgálhat az, hogy a hajlított dipól a nyitott dipól hosszának kétszerese, a végein meghajlítva. A hajlított dipól előnye az, hogy egy baluntranszformátor alkalmazásával szimmetrikus, 200 ohmos impedanciája ideálisan csatlakoztatható a levezető 50 ohmos koaxiális kábelhez.

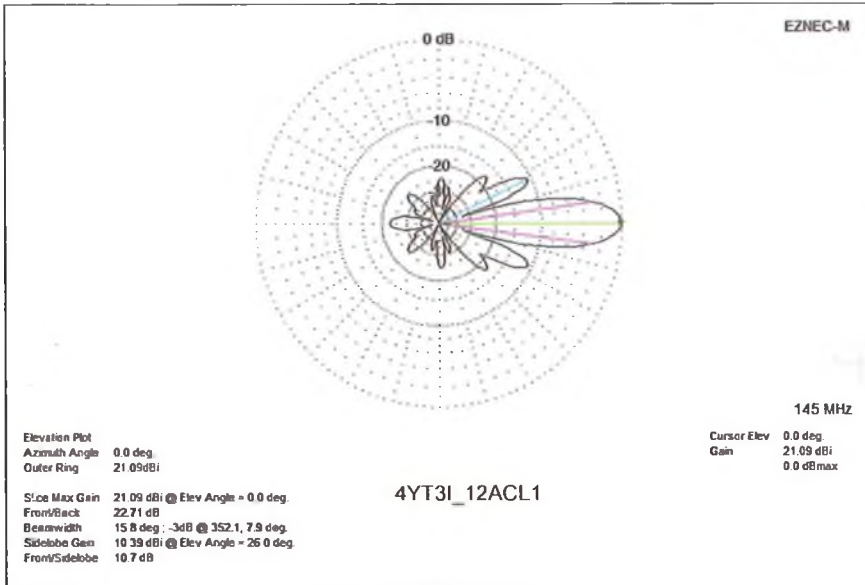
Az antenna összes paraméterei valamelyest eltérnek az elvárásainktól, mivel a 4NEC2 és minden más program, amelynek alapja a NEC2 vagy NEC4 program, nem képes kellő módon feldolgozni egy hajlított dipólt.

Vannak különféle megoldások, a legismertebb az, hogy a hajlítást



14. ábra



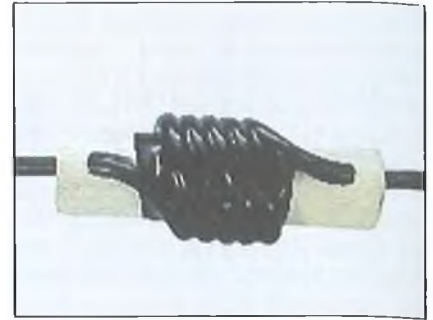


15. ábra

sokszögeként ábrázoljuk, azonban ez esetben a hajlított részek szegmentációja kritikus. A nyitott dipól illesztése az aszimmetrikus levezető coaxhoz egy külön téma, amiről a későbbiekben lesz szó.

### 8. Az YT3I\_12 antenna továbbfejlesztése

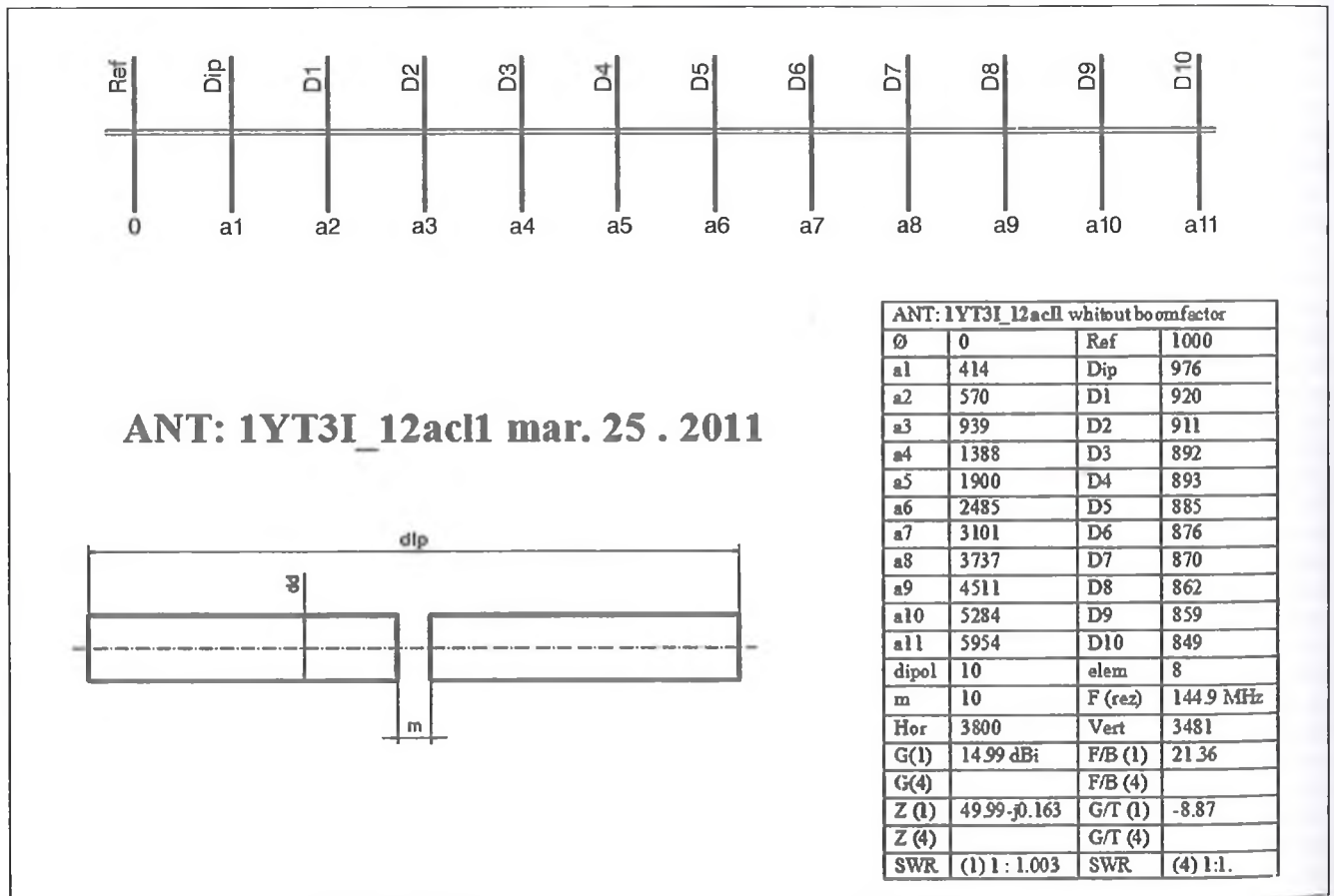
A fent tárgyalt, DL6WU elvein alapuló, 12 elemes antenna továbbfejlesztésére a 4NEC2 5.8.5 programot használjuk.



17. ábra

A célunk az impedancia és a rezonancia pontosabb beállítása 145 MHz  $\pm 0,100$  MHz-re, és a boom teljes mértékű kihasználása, vagyis a reflektor és az utolsó direktor közötti távolság maximummalisan 5980 mm legyen.

A 4NEC2 5.8.5 program ingyenesen letölthető a világhálóról és tartalmaz egy igen jó kézikönyvet is, amely pár hónapi tanulmányozás után a megszállott amatőrt mesterré képezheti ki. A kézikönyv angol nyelven íródott, de létezik német, spanyol és más nyelvű fordítás is. (Vajon akad-e egyszer valaki, aki ezt magyarra is lefordítja?!)



16. ábra

A 4NEC2 5.8.5 program ellenőrzésére az EZNEC-PRO 3.0.45 vagy EZNEC+ 5.0.42 programot használhatjuk, amelyek azonban már nem díjmentesek. Céljainkra viszont a díjmentes 4NEC2 5.8.5 teljesen megfelel.

Az így továbbfejlesztett verzió neve YT3I\_12ACL1. A kapott diagramokból nagyon jól látható az elvárt paraméterek maradéktalan teljesülése. A rezonáns frekvencia 144,900 MHz, ettől felfelé vagy lefelé eltérve az SWR értéke 1:1,1-től nem nagyobb (8. ábra). A pontosság 145,000 MHz-re szükségtelen. Összehasonlítva az ugyanolyan boomhosszúságú korábbi antennával, a 9. ábra szerinti diagramot kapjuk. Látható, hogy óriási a különbség és minden tényező, ami a rezonancia csúszásához vezethetne lefelé, teljes mértékben ki van küszöbölve. Ilyen és hasonló SWR diagramot kell mutasson a minden feltétel nélkül stabil antenna a 2 m-es, illetve bármely más sávban is. Nézzük meg a 10. ábrán az antenna sugárzási diagramját a vízszintes síkban. Ehhez csak annyit kell hozzáfűzni, hogy megmaradt az eredeti DL6WU elképzelés, vagyis az előre-hátra viszony több mint 20 dB (21,4 dB), az első melléknyaláb elnyomása jobb mint 15 dB. Ezen értékek fölé nem kell menni, mert érdemleges javulás az antenna működésében nem lesz. Ellenben leromlik a sávszélesség és az antennánk csak feltételesen lesz stabil. Az utólagos javítással elértünk némi nyereségnövekedést is, ami most 14,98 dBi és az antenna nyílásszöge 33,4 fok. Ez az adat fontos a csoportantenna képzés-

nél. A függőleges síkban az iránydiagram a 11. ábra szerint alakul. Az első melléknyaláb alig haladja meg a kívánt és teljes mértékben elfogadható 15 dB értéket.

Ezek után kiszámítjuk a csoportantenna képzéséhez szükséges távolságokat. Erre a célra legalkalmasabb a már említett Yagi Calculator 2.6.5, amellyel a DL6WU formula szerint határozzuk meg az antennák közötti távolságot. Esetünkben a nyílásszög a vízszintes síkban 33,4 fok. Betáplálva az adatot, a következőket kapjuk egy négyes csoport képzésakor:

- az antennák vízszintes távolsága 3800 mm,
- az antennák függőleges távolsága 3481 mm.

Ne zavarjon meg bennünket az, hogy a Yagi Calculator 13,5 dBi nyereséget ad, ami valós nyereség lenne, amennyiben eredeti DL6WU-féle antennáról lenne szó. Ez azonban már egy feljavított, feltétel nélkül stabil antenna.

A négyes csoport kiképzésével részletesen nem foglalkozunk, azonban meg kell jegyezni, hogy a teljes körű optimalizációhoz a négyes csoport optimalizációjára is szükség lenne. Ezzel ugyanis kikompenzálhatnánk az antennák – rezonáns frekvenciájuk kb.  $\pm 0,2$  MHz-es elcsúszását eredményező – egymásra hatását. Ennek hiánya nem sokat ront az egész rendszer valódi paraméterein, hiszen egy feltétel nélkül stabil antenna könnyen elviseli ezt az eltérést is. Talán, ha a főcél az EME-munka lenne, akkor lehetne erről is szó,

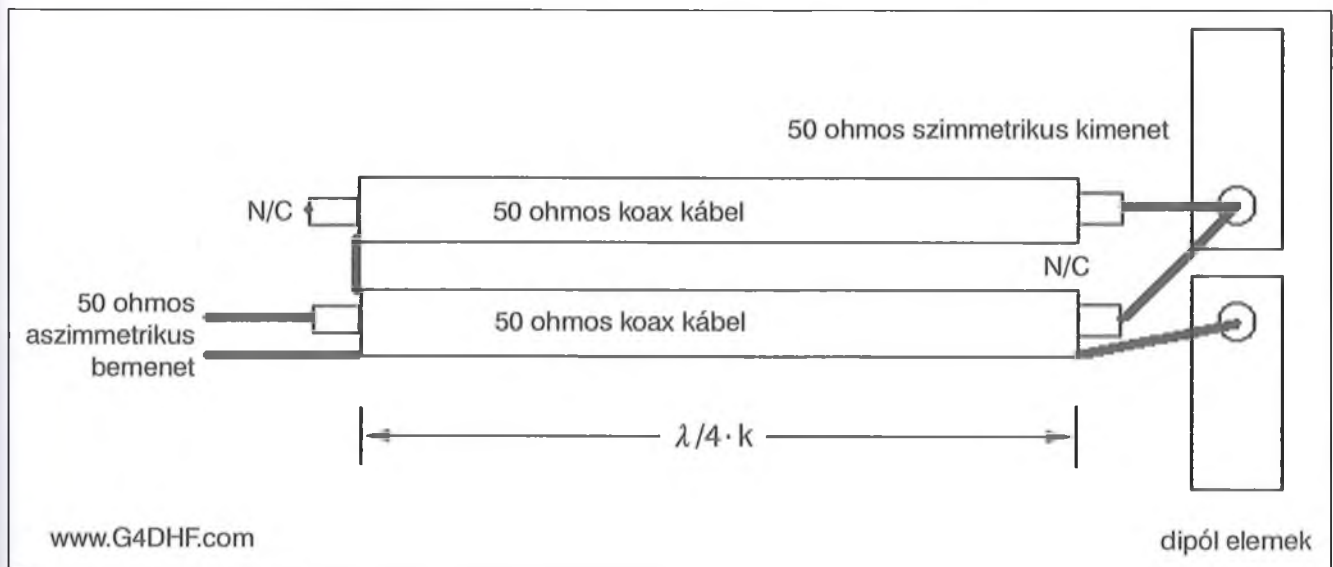
mivel ott minden paraméter maximális optimalizációjára lenne szükség. Persze, soha sem a sávszélesség rovására, mert abban az esetben egy feltételesen stabil antennát kapnánk. Ez viszont rendszerint éppen akkor mondaná fel a szolgálatot, amikor a legjobban kellene.

Miután teljes egészében megvan az antennánk mérete, hozzáfoghatunk egy négyes csoport analíziséhez, amelyet ebből az antennából alakítunk ki. Az optimális távolság a DL6WU formula szerint van számítva, de ez egy „H” tartóra vonatkozik, amelynek méreteit lehetne kissé korrigálni. Ez természetesen kihat a csoportunk nyereségére és iránykarakterisztikájára. A legnagyobb nyereségre tervezzük a csoportot, ami általában EME- és MS-módra ideális.

A csoport SWR-je szinte az egész sávban megegyezik az egyedi antenna SWR értékével, amint azt a 12. ábra mutatja. Az apró eltérés abból adódik, hogy a csoport összeállításánál az egész csoport nem lett újra optimalizálva, ami az EME-re szánt antennáknál követelmény.

Természetesen, ilyenkor figyelembe kell venni az antennacsoport föld feletti magasságát is. Tekintettel arra, hogy feltétel nélküli stabil antennáról van szó, a talajhatás elenyésző és a nem EME-re szánt csoport tervezésénél ezt nyugodtan ki is hagyhatjuk.

Mindezek figyelembevételével lehetséges még 0,05–0,2 dB nyereségnövekedést elérni, azonban ez igen hosszú programfuttatást igényelne, ám a Föld – Föld kapcsolatokban szinte alig van jelentősége.



18. ábra



A 13. ábrán a négyes csoport SWR görbéje látható szélesebb frekvenciatartományban. Összehasonlítható az elején említett „ismert” négyes csoport karakterisztikájával. Az ábrán látható, hogy egy feltétel nélkül stabil csoport SWR görbéje mennyivel jobb, mint sok más „ismert” csoport jelleggörbéje.

A négyes csoport vízszintes sugárzási jelleggörbéje a 14. ábrán látható. A két antenna közötti távolság meghatározásakor a maximális nyereség elérése volt a cél, ami az első oldalnyaláb elnyomását a megkövetelt -15 dB szint felett tartja. Ez EME-módban jelentéktelen. Azonban, ha versenyben is szeretnénk használni a csoportot vagy pedig a közelben sok, nagy térerejű álló-

más működik, akkor a nyereség csökkenésével számolva javíthatunk a vízszintes sugárzási diagramon úgy, hogy az antennák közötti távolságot az eredetileg kapott értékek 65–80%-ra vesszük.

Kizárólag versenyekre szánt csoport esetében sokkal jobb egy olyan csoportot kialakítani, ahol mind a négy antenna egymás felett helyezkedik el. Ez esetben megmarad az egyedi antenna vízszintes sugárzási diagramja, viszont a függőleges sugárzási diagram sokkal keskenyebb lesz (15. ábra).

A „H” elrendezésben levő négyes csoportantenna függőleges sugárzási görbéje a maximális nyereségre méretezve szintén valamelyest eltér a DL6WU-féle követelményektől. Ennek semmi jelentősége sincs,

amennyiben az antennát EME-céllal tervezzük. Gyakori követelmény azonban, hogy versenyre kitelepülve csak két antennát szeretnénk csoportba tenni, mivel a négyes csoport nagy, kb. 10 m-es távolságot igényelne a legalsó és legfelső antenna között. Ilyenkor célszerűbb, ha teljesen új antennacsoportot tervezünk és az egyszerűbb illesztés miatt a talponti impedanciát 56,25 ohmra vesszük. Ebben az esetben az alsó és felső antenna közötti távolság kb. 3,4 m-re adódik, ami már összetoldható csövekből kialakított műhelyrajzot készíteni, amelyen felüntetjük az összes méretet, valamint a kiszámított adatokat (16. ábra). Összehasonlítással a széles-

körűen elterjedt, de különben teljesen jelentéktelen G/T (nyereség/zajhőmérséklet) értékét is feltüntettem. (Igaz, hogy e program szerzője, YTINT is beismerte, hogy 145 MHz-en semmi jelentősége sincs, és a kapott adatok is tévesek.)

Itt látható, hogy tulajdonképpen miért is térnek át sokan a DL6WU által 30 évvel ezelőtt kidolgozott stabil, minden időben és körülmények között reprodukálható antennától a hasonlóan „alacsony zajú”, de csak feltételesen stabil antennákhoz. Az instabil antennák elméleti „jobb minősége” sohasem volt lemérhető, sem pedig érzékelhető.

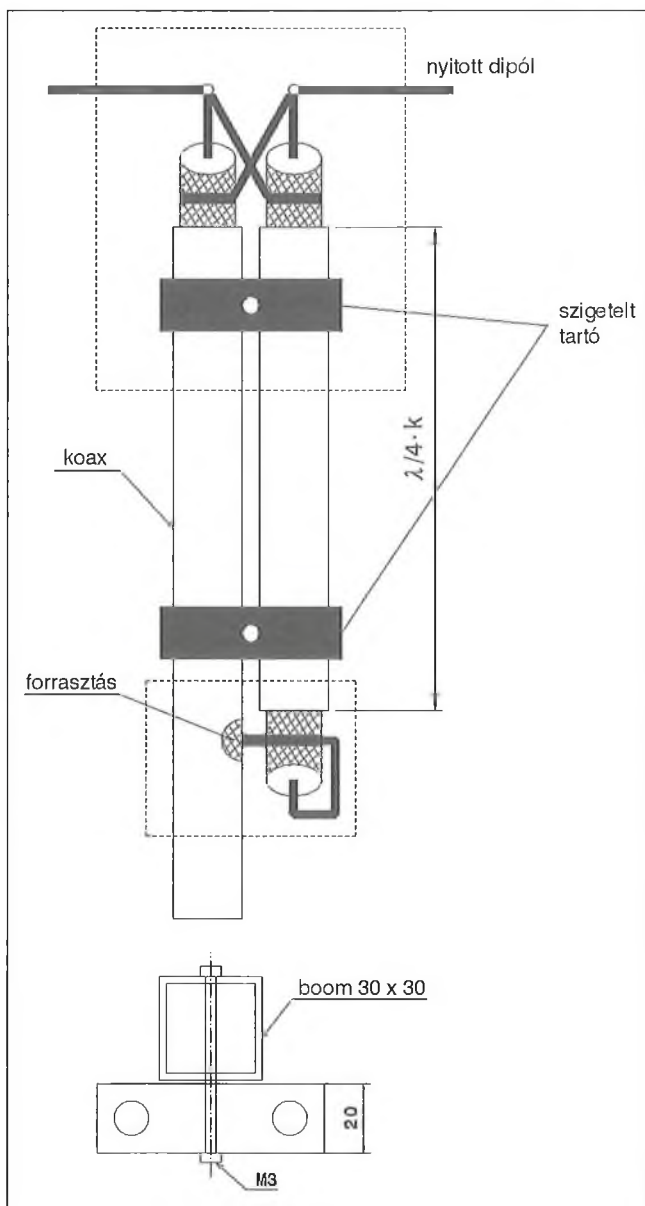
## 9. A feltétel nélkül stabil antennák illesztése a tápvonalhoz

A fenti példában egy nyitott dipólú antennát terveztünk. Sokan azonban a hajlított dipólú tartják a legjobban illeszthető és egyben szimmetrizálható megoldásnak. Viszont ezzel a megoldással az egész antennatervezést nem tudnánk ingyenes programokkal elvégezni. Profi programok megvásárlására lenne szükség, amit egy antenna vagy antennacsoport fejlesztése nem indokol.

A legismertebb ilyen programok a Yagi Magus, a Wipl-D és mások. Lehetséges megoldás az is, hogy a hajlított dipólú tengelyben mért hosszát a nyitott dipólú kétszeresére vesszük. Az így kapott értéket variálva, valamivel rövidebb/hosszabb dipólokat készítve, kísérletileg megkapjuk azt a legjobbat, amelynek az iránydiagramja és impedanciája (rezonáns frekvenciája is) többé-kevésbé közelíti az eredetileg optimalizált és elgondolt antennát. Ez az antenna típusától (a boom hosszától) függően eltér, azonban a feltétel nélküli stabilitás legnagyobb részben megmarad.

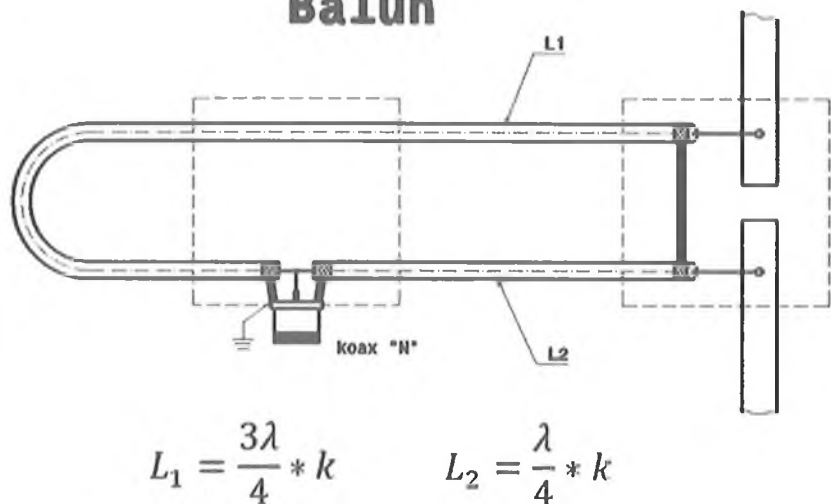
Feltételezem, hogy most a tárgyalásból nyugodtan kihagyhatjuk a 4:1 impedanciás balunillesztést, amely közismert és a hajlított dipólú impedanciáját tökéletesen illeszti, szimmetrizálja a levezető koaxiális kábelhez.

Amennyiben kisebb teljesítményt és rövid levezető kábelt használunk, akkor létezik egy viszonylag olcsó megoldás, ami az „RF choke” alkalmazásában rejlik. Ez a levezető kábel (vagy összekötő kábelek a csoportantennáknál) pár menetben való feltéker-cselését jelenti közvetlenül a dipólú doboz után (16. ábra). Szerepe a kábelköpenyben az aszimmetrikus-szimmetri-



19. ábra

## IOQM Balun



20. ábra

kus illesztés következtében fellépő áramok elfojtása.

Erre a célra létezik egy „helicolil 31.xls” nevű Excel program, mely YUIAW honlapjáról ingyen letölthető. Ebben az Excel programcsomagban van még néhány más, igen hasznos program is.

A „Choke balun” (17. ábra) természetesen csak „vékonyabb” koaxiális kábeltől készülhet (pl. LMR-200, RG-178, RG-400). Az RG58 típusú kábelt csak végső esetben használjuk a levezető kábelben fellépő jelentős veszteség miatt! A „Choke balun” impedanciája mindig azonos a levezető koaxiális kábel, illetve a csoport antennáknál az összekötő kábelek impedanciájával. A feltekercselt koaxiális kábel hossza mindig „beleszámít” az összekötés hosszába.

A 18. ábra szerinti érdekes és viszonylag egyszerű megoldást G4DHF ajánlja. Ő kb. 340 mm hosszú csomaggal javasolja az illesztést, ha a kábelünk rövidülési tényezője 0,66. Ajánlatos e célra ugyanolyan vagy hasonló dobozt használni, mint amilyen a dipól doboza. A levezető koax köpenyéhez csak hozzáferrasztjuk az illesztő csomaggal köpenyét. Tekintettel arra, hogy az illesztőcsomaggal ez esetben nyitott koaxiális kábelben végződik, indokolt a vízhatlan doboz használata.

A 19. ábrán látható, az előbbihez hasonló megoldás szintén használatos. A különbség csak az illesztőcsomaggal

vidzárásában van, ami természetesen másképpen kapcsolódik a nyitott dipólhoz. A méretek és a kivitelezés is hasonló az előbbihez.

Figyelemre méltó még az IOQM által kidolgozott szimmetrizáció is, amelyet a 20. ábra mutat. Itt egy negyed hullámhosszú és egy háromnegyed hullámhosszú csomaggal kapcsoljuk a nyitott dipólt a levezető koaxiális kábelhez. Ennél a megoldásnál is egy közbeiktatott doboz használata javasolt.

Abban az esetben, ha nem hurok, hanem nyitott dipól használatára szánjuk magunkat, ami a tervezésben használt programok folytán indokolt, akkor a nyári hónapokban, zivatarok vagy elvonuló zivatarfelhők idején számíthatunk a koaxiális kábel sztatikus feltöltődésére.

A rendszerint igen jó dielektrikummal rendelkező koaxiális levezető és szimmetrizáló tag használata miatt a feltöltődés igen erős lehet. Ez a sztatikus feltöltődés olyan nagyságú feszültségeket eredményezhet, amely a felépítéstől függően az előerősítő vagy a bevezetés bemenő fokozatát tönkretelheti. Ez azonban kiküszöbölhető egy rövidre zárt illesztőtárg alkalmazásával, vagy a dipóldobozban a dipól végei és a leföldelt boom közé 2 db 0,5 W-os, 220 kohm...1 Mohm közötti SMD vagy más, nem induktív ellenállás beépítésével. Ez az antenna működésére egyáltalán nincs kihatással, de meggátolja a levezető kábel sztatikus feltöltődését.

## 10. Utószó

A cikk elején említettem, nem az volt a célom, hogy valami erőltetett, korszakalkotó megoldást adjak, hiszen ezen a téren már 30 éve nem történt túlzottan nagy előremenetel.

Igazából, csak egy minden körülmények között, feltétel nélkül stabilan működő antenna tervezését ismerttettem, a rádióamatőrök részére hozzáférhető, térítésmentes programokkal.

Igyekeztem felvázolni a tervezés főbb mozzanatait, hogy ez alapján sokan, akik egy keveset is érdeklődnek a téma iránt, képesek legyenek a saját átlagos számítógépükkel, olyan anyagból, amihez legkönnyebben hozzájutnak, egy viszonylag jó, működőképes antennát létrehozni.

Az itt ismertetett elvektől eltérve egy instabil antennát kapunk, amelyben egy paraméter – rendszerint felesleges – favorizálása folytán a többi (elhallgatott) paraméter feltétlenül romlása következik be.

Egy másik, igen fontos tényező is felszínre kerül, ha nem tartjuk be az itt előírtakat. Ez az antenna reprodukálhatósága. A feltételeken stabil – rendszerint keskenysávú – antennák csak bizonyos körülmények között képesek teljesíteni az elvárásokat. Sajnos, ezeket a feltételeket különböző okokból általában elhallgatják. Az ilyen antennák arról ismeretesek, hogy pontosan betartva a méreteket, néha jól, néha rosszul sikerülnek, és bizonytalanságot, nem kevés bosszúságot okoznak.

Természetesen, először is jól meg kell gondolnia minden felhasználónak azt, hogy mit is akar elérni az antennájával. Milyen célra, milyen körülményekre akarja azt elkészíteni? Ha ez nincs alaposan átgondolva, rendszerint a tervezett antenna sem lesz jó.

Külön, egy másik cikkben szeretném ismertetni a speciális antennakonstrukciókat, amelyek bizonyos értelemben véve némileg jobbak, mint a klasszikus Yagi-antennák. Esetükben is teljes mértékben érvényesek a feltétel nélküli stabilitás elvei. Bármely más megoldás nem ajánlható.

Időközben megjelent a Yagi Cad program újabb változata, amely közvetlenül konvertálja az eredményeket a NEC2 programokba (4NEC2, EZNEC stb.).

Az új verzió eredményei tökéletesen megegyeznek az előbbivel, de egy optimalizáció könnyebben átemelhető más programba.



# „Bekasz-M” egyszerű 144 MHz-es CW adó-vevő

Fordította: Sipos Mihály oki. villamosmérnök

V. Beszegeyin (UA9LAQ) bemutatásra kerülő adó-vevő készüléke –, melyet a „Ragyiomir KV i UKV” 2010/7-9. száma közölt – a QRPp kategóriába tartozik, a nem több mint 1 W-os kimenő teljesítményével. A konstruktőr célja az volt, hogy népszerűsítse az URH sávós táviró üzemmódot. Manapság az URH hullámsáv(ok)ban az FM-adók dominálnak, amelyek általában QRPp és QRP módban dolgoznak. Kisteljesítményű táviró adó-vevővel gyakorlatilag nem találkozunk. A készüléket használhatjuk gyakorlásra, rádióhálóban való munkára, antenna kipróbálása során, kitelepülésen vagy csak egy másodlagos készülékként.

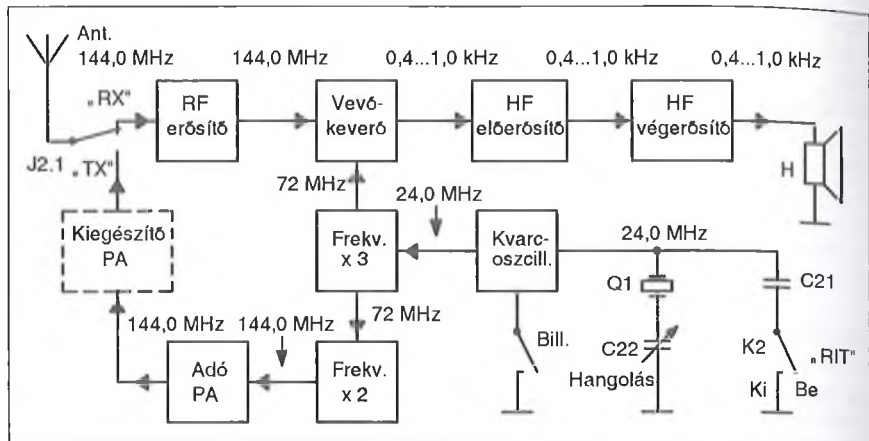
Az adó-vevőt a 144 MHz-es sávban való munkára tervezték. Áramkörileg nem bonyolult, teljesen önálló berendezés – nem úgy, mint például azok a tranzverterek, amelyek használatához RH adó-vevő szükséges.

Az adó-vevőben egy közös, hangolható kvarcgenerátort, VXO-t használunk mind az adás, mind a vétel során. A vevőrész egyenes rendszerű, szinkrodin típusú, az adórész a kvarcgenerátor frekvenciájának többszörözésével működik. A vevőrész érzékenysége 1 mikroV körüli, az adó kimenő teljesítménye 100 ... 150 mW.

## Elvi működés

Az adó-vevő tömbvázlatát az 1. ábrán tanulmányozhatjuk. A berendezés elvi kapcsolási rajzát a 2. ábra mutatja.

**A vevőrész.** A vett jel az antennáról a J2.1 relékontaktuson keresztül az L1-C1 hangolt köre kerül. A D10 és D11 diódák védik a vevőbemenetet a túlságosan erős jelektől. A rezgőkör által megszürt jel a T1 bázisára kerül, amely tranzisztor a rádiófrekvenciás (RF) erősítő feladatát látja el. Ennek kimenetéről a felerősített jel az L2-C5-C6 záróköre kerül, amely azt megszüri. Onnan a vételi jel a Poljakov-féle detektorra jut, amely – jellemzően – az antiparalel kapcsolt D1 és D2 diódákból áll. A C7 leválasztó kondenzátoron át juttatjuk a keverőfo-



1. ábra

kozatba a bemenő jel frekvenciájának – jellemzően – a felén dolgozó helyi oszcillátor rezgését. A keverő kimenetén megjelenő HF jelet az R3-C9 láncsal szűrjük, majd egy kétfokozatú HF erősítővel (T2 és T3 tranzisztorok) erősítjük. Ez a fokozat a HF sávban egy magasfrekvenciás korrekciót (jelelnyomást) biztosít, a C10 és C12 kondenzátorokkal kialakított negatív visszacsatolás révén.

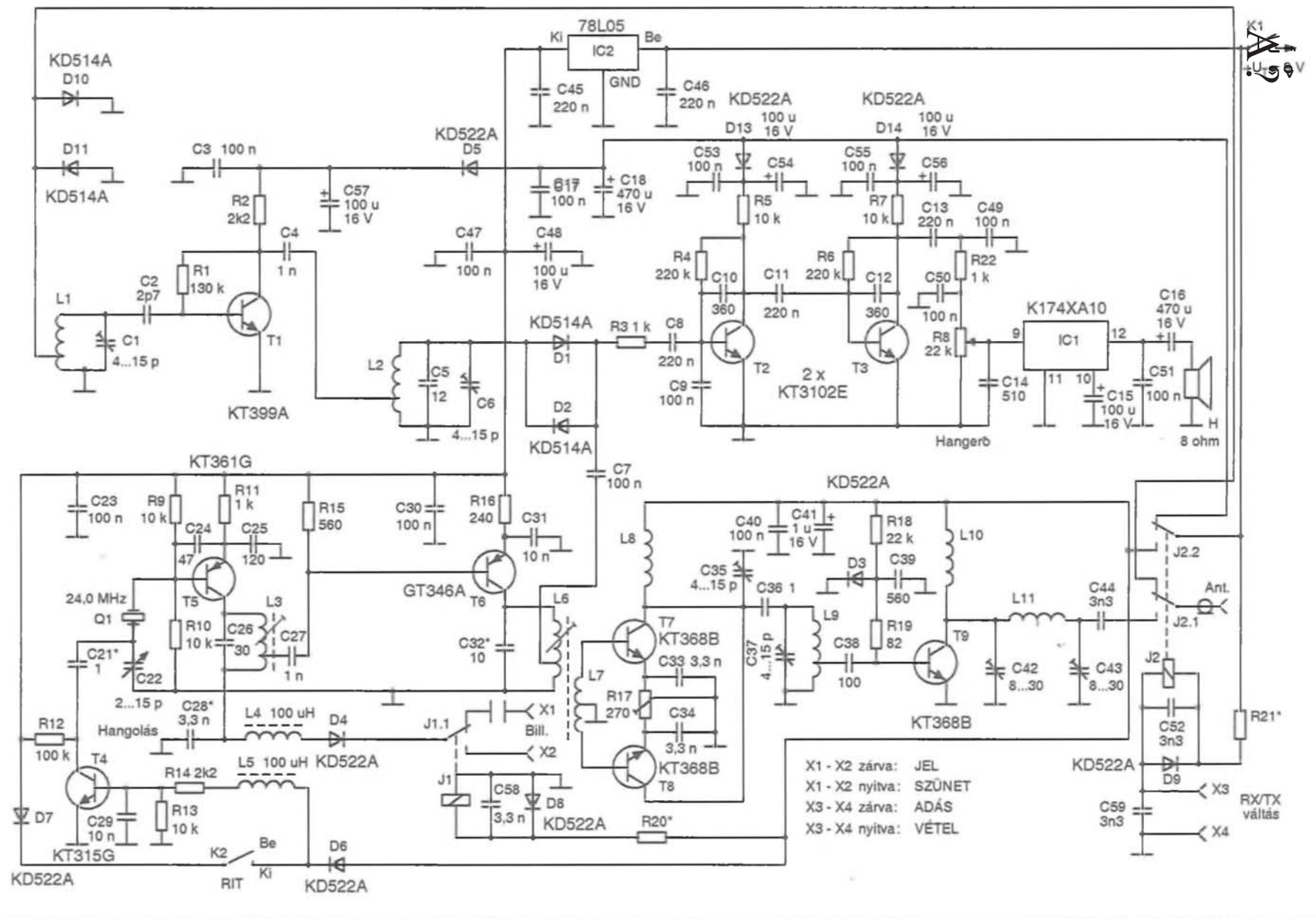
A C10 és C12 kondenzátorok értékének változtatásával lehet beállítani az átvitt hangfrekvenciás jel sávzsélességét. Ha megnöveljük ezek kapacitását, akkor csökken az átvitt jel sávzsélessége, csökken a zaj szintje, de megváltozik a CW-jelek hangzása is, ami nem minden operátornak tetszik. A vett jelek hangmagassága egyéntől függően változhat. Vannak akiknek a 400 Hz, másoknak a 600 Hz, de vannak akiknek akár az 1 kHz-es távirójelek vétele a kellemes.

Az előerősítés után a HF jel a C49-R22-C50 aluláteresztő szűrőn és az R8 hangerőszabályzón át a IC1 HF végerősítő integrált áramkör bemenetére (9. láb) kerül. Az IC kimenetét fejhallgatóval vagy hangszóróval terhelhetjük.

**A lokál- és az adóág.** Az adó-vevő kvarcgenerátora a T5 tranzisztorral kialakított kapacitív hárompont kapcsolásban működik. A kvarc az alappfrekvenciáján rezeg. A T5 kollektorköré-

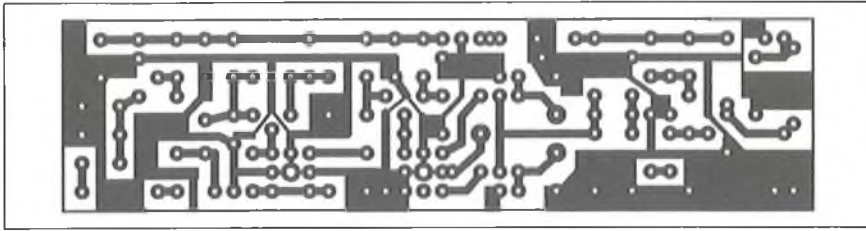
ben az L3-C26 kör kiválasztja a 24 MHz-es jelet, amely az L3 tekercs leágazásáról a T6 tranzisztor báziskörébe kerül. Ez a tranzisztor frekvencia-háromszorozást végez. Az L6-C32 kör a kristály harmadik harmonikusát (72 MHz) választja ki. Az L6 leágazásáról a lokálág jele a vevő keverőfokozatába kerül. Az L6-tal induktív csatolásban lévő L7 differenciál transzformátoron át pedig a T7 és T8 tranzisztorokból álló frekvencia-kétszerezőre. Ennek a fokozatnak a terhelését egy kétkörös, felső kapacitív csatolású sávszűrő (L8-C35-C36-L9-C37) adja, amelynek a kimenetére a T9 tranzisztorral kialakított adóvégfokozat csatlakozik. A T9 bázisáramkörében a nyitóirányba kapcsolt D3 dióda az R18 ellenállás segítségével munkapont-stabilizátort alkot, egyben biztosítva, hogy a végfok AB-osztályban dolgozzon.

A kvarc-oscillátor fokozat részét képezi mind a vevőnek, mind az adóknak. Ebből eredően következik az, hogy a vétel pontosan azon a frekvencián történik, mint az adás. Ugyanakkor annak érdekében, hogy a távirójeleket hallani lehessen, azokat ne a beat-zeron vételezzük, kis mértékben (400...1000 Hz) szükséges a vevőt elhangolni az adórész frekvenciájához lépest. Ezt a funkciót a T4 tranzisztorral kialakított elektronikus kapcsoló látja el. T4 adás üzemmódban a D6 dióda által nyitott állapotban van és a C22 „Hangolás”



2. ábra





3. ábra

forgókondenzátorral párhuzamosan köti a C21 kondenzátort, ezáltal csökkentve a kvarcgenerátor működési frekvenciáját. Vételkor a J2.2 relékontaktus felől a D6-ra nem jut és így a T4-re sem érkezik nyitófeszültség. A K2-es kapcsoló nyitott helyzetében („RIT Be”) a C21 nem kapcsolódik a C22-re, a kvarc frekvenciája kis mértékben megnövekszik, tehát nem beat-zero (0 Hz-en), hanem hallható magasságú hangon vehetjük az ellenállomást. A „RIT Ki” állásában a K2 zárt, ezért T4 kinyit és C22 a C21-re kapcsolódik. Az efféle vételi elhangolási mód meglehetősen leegyszerűsített. Az elhangolás mértéke a C22 kondenzátor éppen beállított értékétől függ, tehát a C21 értékét sávközépi frekvencián célszerű meghatározni.

Az ilyesféle kisteljesítményű készülékeknel az optimális üzemi frekvenciatartomány a 144,5... 145,0 MHz, ahol nem fog zajokat kelteni sem a helyi, a DX ablakokban dolgozó rádióállomások számára, sem a Holdról visszavert hullámokkal dolgozóknak (EME). Ebből következik, hogy a kvarcgenerátor frekvenciáját ennek megfelelően kell megválasztani. Ugyanakkor az URH hullámok távoli terjedésének megfigyelése vagy a DX

kapcsolatok létesítése érdekében ajánlatos, hogy a készülék a 2 m-es sáv más frekvenciáján is működhessen. A megépített mintakészülékben 24,0 MHz-es kvarcgenerátor dolgozik, amellyel 144,0...144,07 MHz között vált lehetővé a folyamatos frekvenciahangolás. A kvarc cseréjével „diszkrét” módon lehet a frekvenciát változtatni, miközben a C22 „Hangolás” forgóval folyamatosan hangolhatunk át mintegy 50...70 kHz-et.

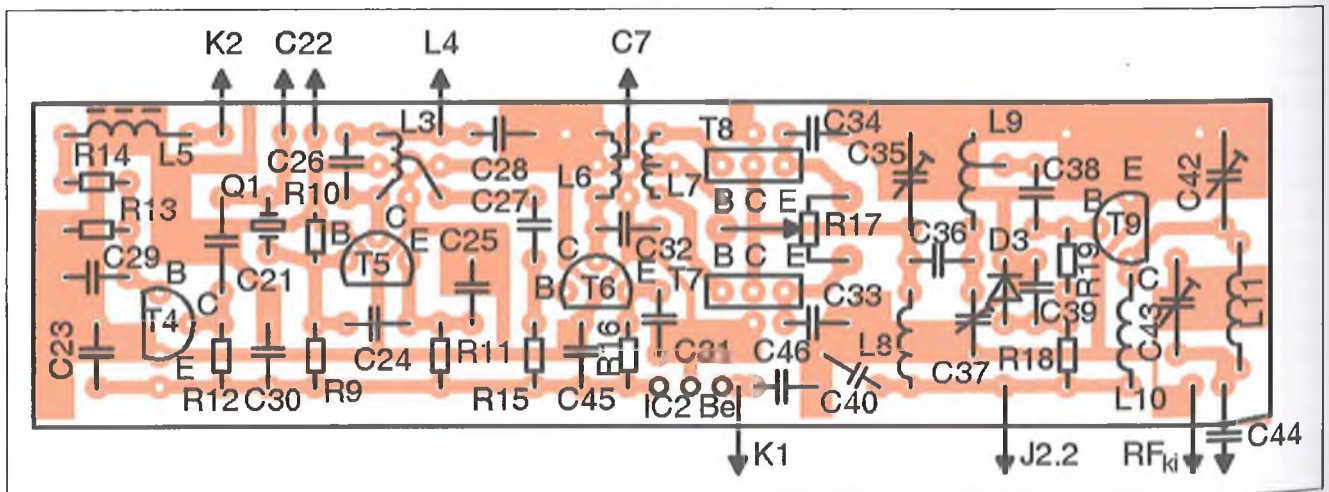
Az adót le is lehetett volna egyszerűsíteni, ha a T5 tranzisztoros fokozatot elhagyva a T6 tranzisztorral valósítottuk volna meg a kvarcgenerátort, amely tranzisztor kollektorköréből már levehető a 72 MHz-es jel. Ám ekkor csak egy frekvencián lehetne dolgozni, ami pedig nem igazán érdekes. A kvarcok kiválasztását illetően szélesebb körből lehet méríteni, ha nem frekvencia-háromszorozó, hanem csak kétszerező áramkört használunk. Ebben az esetben az L3-C26 rezgőkört 36 MHz-re kell hangolni. Ebből következően használhatunk 7,2; 9,0; 12,0 vagy 18 MHz-es kvarcokat, ugyanakkor a frekvencia-elhangolási lehetőség kisebb. Ha frekvencia-háromszorozást használunk, akkor az alkalmazott kvarc 4,8; 6,0; 8,0 vagy 12,0 MHz-es lehet.

A lokálágban nem célszerű túlságosan nagy számú többszörözést alkalmazni – bár ilyenkor az elhangolási lehetőség is növekszik –, mivel ekkor a kimenő jel nagysága csökken. Továbbá, mivel egyszerű szűrőlcncot használunk, a kimenő jel spektruma, jeltisztasága is romlik, azaz fölös frekvenciájú (zavaró) jelek jelennek meg a kimeneten.

### Megépítés, kivitelezés

A vételi RF erősítő egy kiszajú UHF tranzisztorral (T1, KT399A) dolgozik, amelynek elég nagy az erősítési tényezője a 2 m-es sávban. A tranzisztor helyettesíthető az orosz KT3101-gyel vagy más, npn-típusú UHF tranzisztorral (BFY90, BFW30, 2N5109), amelynek a működési sáv szélessége min. 600... 1000 MHz. A kvarcgenerátor egy Si npn tranzisztorral (T5, KT361G vagy helyette: BC212, BC308) készült. Mivel eléggé kis határfrekvenciájú tranziszort alkalmazunk ebben a körben, így a magasabb (100 MHz-nél nagyobb) harmonikusok szintje eleve alacsonyabb, jelentéktelen lesz. A frekvenciatöbbszörözében használt T6, GT346A germánium tranzisztor alacsony zajú, ami nagyon fontos a keverő számára. E helyütt az AF239S vagy a Si BF679, BF680 használható. A KT315G tranzisztor helyett bármilyen, általános célú, kisteljesítményű npn tranzisztor is megfelel (pl. BC182B, BC546B, BC548B).

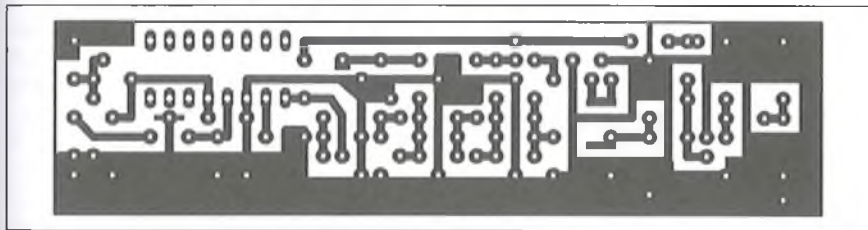
Az R17 trimmerpotenciométer 270 ohmos, a frekvencia kétszerező ki egyenlítésére szolgál. Használható helyette 200 vagy 220 ohmos is, de ekkor mindkét végére kössünk sorba egy-egy



4. ábra

Táblázat

Tekerecs	Menet-szám	Huzal	Konstrukció	Megjegyzés
L1	6	0,5 mm CuZ	Csévetest nélkül, Ø5 mm	Leágazás a hideg végétől számított első menetnél. A leágazás helyett használhatunk egy 1-2 menetből álló harmadik tekercsset, amelyet az L1 felületére tekerünk.
L2	5	0,5 mm CuZ	Csévetest nélkül, Ø5 mm	Leágazás a hideg végétől számított első menetnél.
L3	11	0,6 mm CuZ	Csévetest: Ø5 mm	A cséve hangolható ferritmagos. Leágazás a hideg végétől számított első menetnél.
L4	-	-	-	100 µH, fojtó
L5	-	-	-	100 µH, fojtó
L6	8	0,64 mm CuZ	Csévetest: Ø5 mm	A cséve hangolható, ferritmagos. Leágazás a „hideg” végétől számított 0,75...2 menetnél.
L7	4 + 4	0,18 mm műa.		L6-ra tekerve.
L8	5	0,8 mm CuAg	Ø5 mm-re tekercselve	A tekercs hossza 8 mm.
L9	5	0,8 mm CuAg	Csévetest nélkül, Ø5 mm	A tekercs hossza 9 mm. Leágazás a hideg végétől számított 1,5 menetnél.
L10	4	0,6 mm CuZ	Csévetest nélkül, Ø4...5 mm	A tekercs hossza 9 mm.
L11	3	0,8 mm CuAg	Csévetest nélkül, Ø5 mm	A tekercs hossza 10 mm.



5. ábra

33 vagy 24 ohmos ellenállást. Ezek lehetnek pl. SMD ellenállások, amelyeket a nyomtatott huzalozási oldalra for-

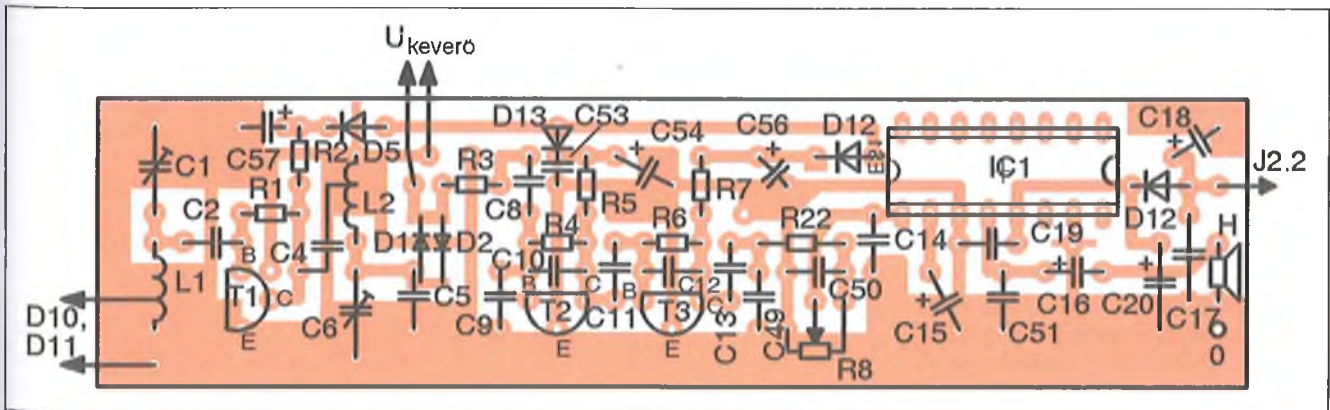
rasztunk fel. A kétszerező ideális működése érdekében, és a trimmernek két állandó ellenállással való kiváltása cél-

jaból, érdemes párba válogatni a T7 és T8 tranzisztorokat. Legalább a statikus áramerősítési tényező és az adott bázisáramhoz tartozó azonos kollektoráram szerint.

A nyák forrasztási („vezetékes”) oldalán kell beforrasztani a D1 és D2 diódákat. A KD514A helyett a nálunk ismertebb LL4148 (SMD tokozású 1N4148) is használható, de az 1N5711 vagy az 1SS97 Schottky-diódák (rövid kivezetéssel) jobb eredmény adhatnak.

A kvarcgenerátor és az adófokozat egy közös nyákon került kialakításra (3. ábra), a hozzá tartozó alkatrész-beültetési rajzot a 4. ábra mutatja. A vevő egy önálló, másik panelre került, melynek nyák és beültetési rajza az 5. és 6. ábrán látható. Ez a megoldás lehetővé teszi, hogy a vevőt az adótól függetlenül fejleszteni tudjuk. A nyák-lemezek 100 × 25 mm-es, kétoldalas, 1,5 mm vastagságú üvegszálalapok. Azon alkatrész-kivezetések furatait, amelyek nem csatlakoznak a közös földvezetékhez, az összefüggő földfelületet alkotó alkatrészoldali rézfólián egy nagyobb fűróval ki kell süllyeszteni. A földelt alkatrészlábakat közvetlenül földvezetőre forrasztjuk az alkatrész-beültetési oldalon. A két oldal földvezetékeinek egyes részeit pedig rövid vezetékdarabokkal összekötjük. Az alkatrészek egy hányadát elhelyezhetjük a forrasztási oldalon is.

A vevőrészen alkalmazott hangvégerősítő integrált áramkör valójában egy szinte komplett AM/FM rádióvevő IC, aminek csak a hangvégfokát használta fel a konstruktőr. Ez egy „kissé” luxusnak mondható megoldás, amellet, hogy az orosz K174XA10, ill. a Samsung gyártmányú KA22427C megfelelője is sajnos nálunk gyakorlatilag beszerezhetetlen típusok. Célszerű e helyütt a közismert LM386-os



6. ábra



HF-végfok IC-t használni, ami természetesen a kapcsolási rajz és a nyák ezen részének módosításával jár!

A C3, C53, C55 SMD (pl. 0805 típusú) kondenzátorokat a forrasztási oldalról ültessük be. A kialakítás szimmetriája és a nyomtatott huzalozások minél rövidebbé tétele érdekében a tranzisztorkártyák forrasztási pontjainak elhelyezkedése nem mindig logikus, ezért időnként ezek lábait ki kell „forgatni”! Például a bázis és a kollektor lábak sorrendjét meg kell cserélni, erre figyeljünk oda!

Az adó-vevő induktív alkatrészeinek adatait a táblázat tartalmazza. Mivel kényelmetlen megoldás az L6 tekercsen leágazást kialakítani, ezért a vevőkeverő számára a lokáljelet jobb egy harmadik tekercsről levenni, amely az L6 és L7 tekercsre rajta (felül) helyezünk el, és amely 1...1,5 menet, 0,18 mm-es huzalból áll. A tekercseket okvetlenül rögzítsük a tekercstesten, például cérnával. A konstruktőr a következőképpen járt el: enyhén megfeszítve feltekercselte az L6 meneteit, a kivezetéseit egymás között összetekerte, hogy a tekercs nehogy szétugorjon, meglazuljon. A tekercs felületét bekente ragasztóval, megvárva, amíg meg nem szárad. Ha megkeményedett a ragasztó, az L6 felületére, a vezeték duplán fogva megtekercsük L7-et, amely kivezetéseit ismét csak összetekercsük. Ezt is bekenjük ragasztóval, közben szárítjuk. A harmadik tekercset is hasonló módon alakítjuk ki, amelyről vevőkeverőt tápláljuk. Ekkor a kivezetéseket szétcsavarjuk, azokat a nyák megfelelő lyukaiba helyezzük, beforrasztjuk.

A kettős huzallal, bifilárisan (összefogottan, együtt vezetett két huzallal) megtekert L7 differenciál transzformátorként működik. Az egyik tekercs vége össze van kötve a másik tekercs kezdetével, illetve ezek együtt csatlakoznak a nyák közös földjéhez. A tekercs többi kivezetése a kapcsolási rajznak megfelelően a T7 és T8 bázisára kerül. Az adóág KT368B orosz tranzistorai pl. a BFW30, BFY90-nel helyettesíthetők.

Az adó-vevő nyák-lapjainak összekötését az 7. ábra mutatja. Az egyes áramköri panelekat tetszés szerinti méretű fém vagy fémezett bevonatú készülékházban helyezhetjük el, csak az a fontos, hogy az összekötő vezetékek minél rövidebbek legyenek. A lokálágot célszerű külön is leárnýékolni, nehogy ennek a jele a vevő bemenetére kerüljön, mert ez csökkentené a vevő-

fokozat érzékenységet. A vevőt és az adót célszerű módon egymástól árnyékolva építjük a készülékházba, ami történhet például egyszerű fehérbádok lemez darabokból kialakított dobozok felhasználásával is. A fedőlemezeket célszerűen lássuk el a megfelelő helyeken furatokkal, hogy a hangolóelemekhez hozzáférhessünk. A vevő, ill. az adó egyes fokozatai közé, azaz a dobozokon belül, nem szükséges árnyékolást beépíteni, mert azok különböző frekvenciákon dolgoznak. A hangoló forgókondenzátort (C22) nem a lokálág szerelt nyákján helyezzük el, így sugárforrásként működhet, ezért azt külön le kell árnyékolni. A forgókondit rövid, vastag vezetékkel kössük a nyákhoz!

Az adó-vevő méretei tovább csökkenthetők, ha SMD alkatrészeket használunk. Ezen kívül a trimmerkondik helyett használhatunk állandó értékűeket is. Ekkor a hangolás során az előzetesen kiválasztott kondenzátorhoz a csévetest nélküli tekercseket össze kell nyomni vagy szét kell húzni. Például az L9-C37 rezgőkörben a C37 trimmerkondenzátor értéke 4...15 pF között változtatható, amit kiválthatunk egy állandó kondenzátorral, melynek értékét a következő formula alapján számolhatjuk ki:

$$C_k = (C_{\max} + C_{\min})/2 = (4 + 15)/2 = 9,5 \text{ pF.}$$

A rezgőkörben végül is használhatunk 8,2...10 pF közötti kondenzátorokat.

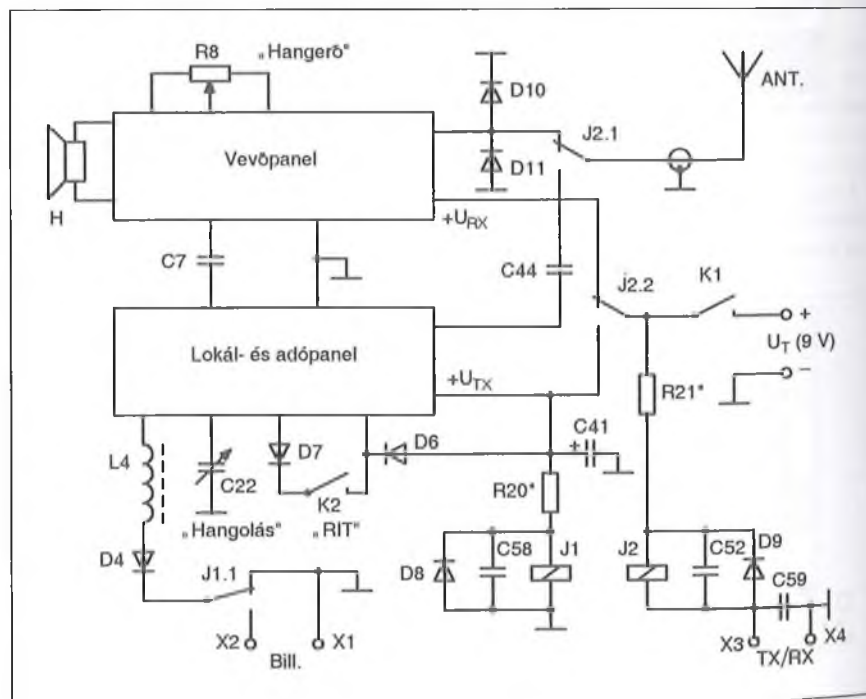
Hasonló módon számíthatjuk ki a többi rezgőkör kondenzátorának értékét.

A J1-es adás billentyűző relé egy morze-kontaktusos típus lehet (pl. RESZ49 a HAM-bazárból). Az adó-vevő antenna- és RX/TX üzemmód átkapcsolására egy nagyon egyszerű relés áramkör szolgál. Ezt a J2, kétmorfés relé oldja meg (pl. KY12WK a HAM-bazárból), de használható helyette két, együttesen vezérelt egymorfés típus is (RESZ49).

## Élesztés

Az elkészült berendezés beállítása nem bonyolult. A szükséges eszközök: GDO vagy szignálgenerátor, analóg (abszorpciós) vagy digitális frekvenciamérő és multiméter.

Először ellenőrizzük az alkatrész-beültetés helyességét, keressünk, ill. szüntessük meg az esetleges föliazárásokat a nyákokon, majd kössük azokat tápegységre. Vételi üzemmódban az L3 ferritmágját addig forgassuk, amíg a 24 MHz-es kvarcoszcillátor rezgőkörében meg nem nő a feszültség. Az ellenőrzést az L3-hoz tartott GDO-val vagy digitális frekvenciamérővel végezzük. Az analóg rezonáns frekvenciamérőt pontosan 24 MHz-re hangoljuk, majd az L3-hoz közelítjük. (Ügyeljünk arra, hogy a lehető legnagyobb távolságot tartsuk meg L3-tól, hogy a mérőeszközünk csak minimális



7. ábra

hatással legyen a mérendő körre. Jelen esetben ez nem jelent problémát, mert csak a jel megjelenését kell megfigyelni.) L3-at ismét hangoljuk, amíg a frekvenciamérő maximális értéket nem mutat.

Helyezzük át a frekvenciamérőt az L6 közelébe, a skáláján állítsunk be 72 MHz-et és ismételjük meg a fentiekben leírt folyamatot. Ezt követően az adó kimenetére kössünk egy műterhelést (indukciós 0,5 vagy 1 W-os, 47...51 ohmos ellenállást). Az 1 V-os egyenfeszültségű mérőhatárba kapcsolt multimétert a T7 és T8 tranzisztorok emitterjeire kötjük. A berendezést adás üzemmódba kapcsoljuk: rövidzár az X3 és az X4 kapsok között. Nyomjuk meg az X1 és X2 közé beiktatott morzebillentyűt, egy rövid időre. Az R17-et változtatva érzük el, hogy a műszer 0-t mutasson, ami azt tanúsítja, hogy a tranzisztorok emitterén a feszültségek egyformák.

Válasszuk le a multimétert, a frekvenciamérőt hangoljuk 144 MHz-re, majd közelítsük azt az L8 tekercshez. Változtassuk a C35 trimmerkondenzátor értékét, ezzel hangjuk az L8-C35 rezgőkört a rezonancia-frekvenciára, amit a műszer legnagyobb kitérése mutat. Ezután a frekvenciamérő szondáját tegyük az L9 induktivitás közelébe és ismételjük meg a fenti folyamatot, de ezúttal C37 értékét változtassuk. Végül a rezonancia-frekvenciamérőt vigyük az adó kimenetén levő műterheléséhez és a C42, illetve a C43 kondenzátorok értékét változtatva hangoljuk be az L11-C42-C43 rezgőkört a 144 MHz-en elérhető maximális kimenő feszültségre.

A legjobb eredményt akkor kapjuk, ha a frekvenciakétszerező hangolására fokozottan odafigyelünk. A frekvenciakétszerező áramkörben lévő, párba válogatott tranzisztorok emitterjeihez kössünk egy kettős potenciométert, melynek értéke  $2 \times 4,7$  kohm legyen (8. ábra). A potik közös tengelyét addig forgassuk, amíg nem kapunk maximális kimenő adóteljesítményt 144 MHz-en. Mérjük meg az ellenállások értékét, a helyükre kössünk a mért értékkel azonos állandó ellenállásokat. Ezt követően a C33 és C34 kondik (2. ábra) helyére kössünk egy kettős forgókondit, pl.  $2 \times 12...495$  értékűt. A minimálistól a maximális kapacitás felé haladva találjuk meg azt a helyzetét, amikor az adó kimenő teljesítménye megszűnik nőni. Forrasszuk ki a forgókondenzátort, mérjük meg a kapacitá-

sát és a C33, ill. a C34 helyére kössünk be a mért értéknek megfelelő nagyságú fix kondenzátort. Lehetséges, hogy szükséges lesz az L6-C32 és L8-C35 rezgőkörök utóhangolására. Ha a forgókondenzátorral elértük annak maximális kapacitását és a teljesítmény még nem érte el a csúcserőértékét, akkor a forgóval párhuzamosan forrasszunk két 470 pF-os kondenzátort és ismételjük meg a folyamatot.

A megfelelő kondenzátorok kiválasztásával egy kiegészítő felüáteresztő szűrő hatást kapunk, ami segít abban, hogy az adó kimenetén tisztább spektrum jelenjen meg. Nevezetesen a 24 és 72 MHz-es rezgések jobban el lesznek nyomva. Megnö az adó működésének stabilitása, megbízhatósága is, ami akkor előnyös, ha kiegészítő teljesítményerősítő végfokot kötünk a berendezés kimenetére. Esetünkben a szóban forgó felüáteresztő szűrő hatást a frekvenciakétszerező frekvenciafüggő negatív áramviszacsatolása fogja előidézni.

Kapcsoljuk át a berendezést vételi üzemmódba. Ellenőrizzük a HF erősítő működőképességét: pl. érzünk egy csavarhúzóval az R3 és a C8 közös pontjához. Ekkor az 50 Hz-re jellemző hangot (brummot) kell hallanunk a hangszóróban, fülhallgatóban. Ügyeljünk arra, hogy a hangerőszabályzó ekkor ne legyen teljesen lecsavart állásban. A vevő bemenetére kössünk antennát, kapcsoljunk be egy jelforrást (pl. GDO-t vagy szignálgenerátort) és próbáljuk meg ennek a frekvenciáját venni. Ennek hiányában próbáljuk meg valamilyik, a 2 m-es hullámsávban dolgozó amatőri adó jelét venni. A bemeneti L1-C1 rezgőkört hangoljuk a C1 trimmer segítségével, fixáljuk azt a maximális vételi jel erősségre. Az L6 leágazását változtatva keressük meg az optimális oszcillátor (keverő) feszültséget, amelynél a vevő kimenetén mini-

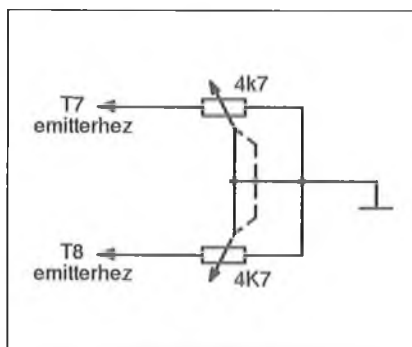
mális zaj mellett maximális jelet kapunk.

A vételi és adási frekvencia közötti különbséget a C21 kondenzátor értékével lehet beállítani, az adó-vevő által lefedett sáv középső frekvenciájára hangolt állapotban. Ha növeljük a frekvenciát (azaz csökkentjük C22 kapacitását), akkor a vételi és adási frekvencia közötti különbség maximális lesz és fordítva: a C22-t maximális kapacitású állapotba forgatva a különbség minimális lesz. Ha nincs kéznél szükséges értékű C21 kondenzátor, akkor használható helyette egy „old timer” konstrukciójú trimmerkondenzátor is, a „kukactrimmer”. Ekkor C21 beültetési oldala felől az egyik furatba forrasszunk be egy 0,6...1 mm-es, 10...15 mm hosszú vezetékdarabot. A másik furatba pedig forrasszunk be egy 0,12...0,18 szigetelt vezetékdarabot (CuZ), melyet az előbbi huzaldarab köré tekerünk. A menetszám növelésével az így kialakított ún. huzal kukactrimmer kondi kapacitása is nő.

A C28 értékét úgy kell megválasztani, hogy a keltett táviró jel a megengedhetőségig lágy legyen. Kompromisszumot kell találni a CW-jel minősége és a kvarcgenerátor kimenő jelének szintje között. Ezzel az adó-vevő alapbeállítása befejezteknek tekinthető, bár nem árt, ha az összes rezgőkör behangolását még egyszer ellenőrizzük a működési sáv középfrekvenciáján.

A vevő érzékenységének növelése érdekében megpróbálhatjuk az R3 ellenállást egy ferritmagra tekert induktivitással vagy pedig egy öreg magnetofon kombinált fejével helyettesíteni. Általában az ide való aluláteresztő szűrő legalább kétfokozatú szokott lenni. Az első fokozat a helyi oszcillátor jelének a maximális elnyomását kell biztosítsa a HF erősítő bemenetén, a második (pi-alakú aluláteresztő szűrő) pedig a kellő mértékű szomszédcsatorna selektivitást. Ugyanakkor a konstrukció egyszerűbbé tétele érdekében az LC fokozatok helyett csak egyszerű RC-tagot használunk.

Az R2 ellenállást egy rezgőkörrel helyettesíthetjük, amelynek rezonancia-frekvenciáját a kívánt RF sáv középsőre hangoljuk. Ebben az esetben a C4 kapacitását le kell csökkenteni 1...2 pF-ra és a rajz szerinti jobb oldali kivezetését az L2 meleg végéhez kell kötni. Az így kapott felső kapacitív csatolt sávszűrő megakadályozza a sávon kívüli jeleket a detektorba való jutását. Ugyanakkor a nagyfrekvenciás erősítő



8. ábra

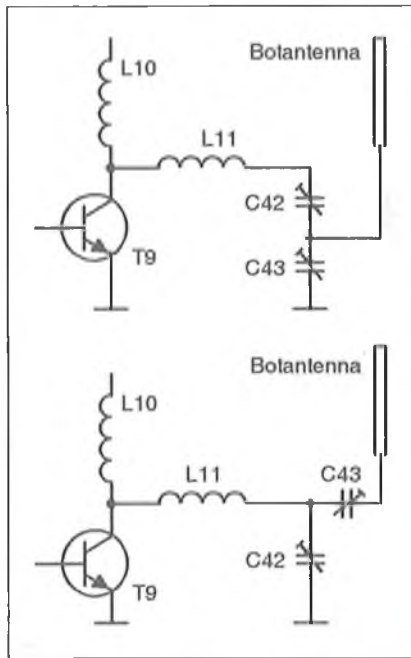


kevésbé stabil működésű lesz. Ha ez a fokozat begerjedne, úgy az ezen fokozatban lévő tranzisztor kollektoroldali rezgőkörét egy ellenállással söntőlni kell, az ellenállás értékét kísérletezés-sel lehet megállapítani.

Kapcsoljuk a berendezést antennára, az adó kimenete közelében helyez-zük el a kimeneti frekvenciára hangolt rezonáns frekvenciamérőt és immár a valós terhelés mellett annak maximális kitérésére hangoljuk a kimeneti kört. Az R20 és R21 ellenállások értékét úgy válasszuk meg, hogy azok biztosítsák a J1 és J2 relék működését a megengedett minimális tápfeszültség mellett is.

Az adóvevő névleges tápfeszültsé-ge 9 V, ugyanakkor a megengedett táp-feszültség 7...12 V között változhat. Ha a tápfeszültség kisebb, mint 7 V, akkor a helyi oszcillátor stabilitása bizonyta-lanná válik. Ha viszont 12...15 V közé emelkedik, akkor eljutunk egy „megjósolhatatlan” zónába, amikor is illesztet-len antenna, terhelés esetében a T9 tranzisztor tönkremehet. Ha kis tápfe-szültséget használunk, akkor az IC2 stabilizátor IC-t cseréljük ki egy kis feszültségesésű, precíziós tápfesz IC-re. Ha a tápfeszültség a névlegesnél na-gyobb értékű (12...14 V), úgy az IC1 13. lábával, a rézfólia átvágása után sorba kell kötni egy feszültségejtő (pl. 1206 típusú SMD) ellenállást, értéke 100...300 ohm lehet.

A tápfeszültség értékétől függ az adó kimenő teljesítménye. Ha tápfe-



9. ábra

szültség csökken, kisebb lesz az RF tel-jesítmény is.

### Üzemeltetés

Befejezve az adó-vevő behangolását, hozzáláthatunk a rádiókapcsolatok lé-tesítéséhez. Meghallva amatőr társunk jelét nyomjuk meg a „RIT” gombot (K2) és a C22 kondenzátorral hangol-junk fűttymélypontra, „zero-beat”-re.

Engedjük el a gombot, ekkor a helyi oszcillátor frekvenciája elhangolódik és a vett adó jele valamilyen jól hallha-tó hangfrekvenciával megjelenik. Adás üzemmódba kapcsolva az oszcillátor frekvenciája megegyezik a „RIT” gomb benyomásakor beállítottal és amatőr társunk a saját frekvenciáján meghallja a mi hívásunkat.

A QRPP transceivert nemcsak a 144 MHz-es sávra hangolt külső antennával lehet használni, hanem egy botantenná-val is, melyet az adó-vevő készülék-há-zára telepítünk. A felhasznált antenna típusától függően az adó kimeneti foko-zatát a 9. ábra szerint is kialakíthatjuk.


Híradástechnikai  
szaküzlet

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)

## „Forrasztani csak pontosan, szépen... – ezekkel érdemes!”

### Fahrenheit 28003

#### Analóg forrasztóállomás transzformátor + páka + pákatartó szivaccsal

- 150...450 °C-fok, analóg, folyamatosan állítható
- 24 V/50 W-os hőérzékelős, kerámia fűtőbetétes páka
- különféle alakú, könnyen cserélhető pákahegyek
- külön is rendelhető páka (2000 Ft) és pákahegykészlet (1990 Ft/5 db)



csak **13.990 Ft**

### Fahrenheit 28011

#### Digitális forrasztóállomás transzformátor + páka + pákatartó szivaccsal

- 150 ... 450 °C-fok, digitálisan, foly. állítható
- 24 V/48 W-os hőérzékelős, kerámia fűtőbetétes páka
- klf. alakú, könnyen cserélhető pákahegyek
- fix hőm. állító gombok: 200/300/400 °C
- dupla LCD: kívánt/valós pákahőmérséklet
- külön is rendelhető páka (2500 Ft) és pákahegykészlet (2490 Ft/4 db)



csak **22.990 Ft**

**HAM-bazár Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. folyosóközép H-P 09-14 óra**  
 Rendeljen, postán is elküldjük, a postaköltség felszámításával!  
 1374 Budapest, Pf. 603 239-4932/36 239-4933/36  
[hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu) [www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)

# Elektronikus billentyű

Somodi Jánosné  
PhD hallgató  
és

Szabó István  
okl. inf. mérnök (HA9MEU),  
szabothhun@gmail.com



*Az alábbi gyorsbillentyűvel szeretném bővíteni az elkey-ek széles és színes táborát, remélve, hogy sokan megépítik és megszeretik ezt az igen praktikus és kézimélő billentyűző készüléket. A bemutatásra kerülő elkey alkalmas gyakorlásra és „éles üzemre” is. Az alkalmazott reedrelé lehetővé teszi, hogy elektroncsöves és tranzisztoros adókészülékekben is alkalmazható legyen. Egyszerű felépítése még a teljesen kezdők számára sem jelenthet problémát.*

Az elektronikus gyorsbillentyű alapkiépítésben tartalmaz egy AT89S52 mikrovezérlőt és egy 74HC00-ás kapuáramkört (1. ábra). A billentyűkart fogadó bemeneten levő K1 kapcsoló segítségével felcserélhetjük a pont és vonás fizikai hozzárendelését a billentyű mechanikájához. Így a balkezesek is

kedvükre használhatják az elkeyt e kapcsoló átkapcsolásával. A K2-es kapcsoló segítségével növelhető illetve csökkenthető az adás sebessége. Az itt levő két LED a visszajelzést szolgálja. A készülékhez csatlakoztatható egy fejhallgató is, gyakorlás céljából. A kimenetre 5 V-os reedrelét kapcsolva, az elkey alkalmas bármilyen típusú adókészülék billentyűzésére. A meghajtó tranzisztor (T1) egy piros LED-et is vezérel, mellyel vizuálisan is ellenőrizhetjük a működést. A tápegység egy „kici-occó” (ahogy a kínai mondja) falidugasztáp, amely legalább 9 V egyenfeszültséget szolgáltat. A tápfeszültség a bemenetre egy soros diódán (D1) keresztül csatlakozik. Ez védi az elektronikát a fordított tápfeszültség ellen. Az elektronikának egy 5 V-os stabilizátor állítja elő a tápfeszültséget.

## Működési leírás

A jobbra nyomott billentyű hatására az IC2 1-es lábán L szint lesz, aminek hatására az RS flip-flop kimenete (IC2 3. lába) L-ről H szintre váltja a P1.0 bemeneten a jelszintet. A program 10 ms időnként szoftver programmegszakítást generál, amely figyelni a bemenetek állapotát.

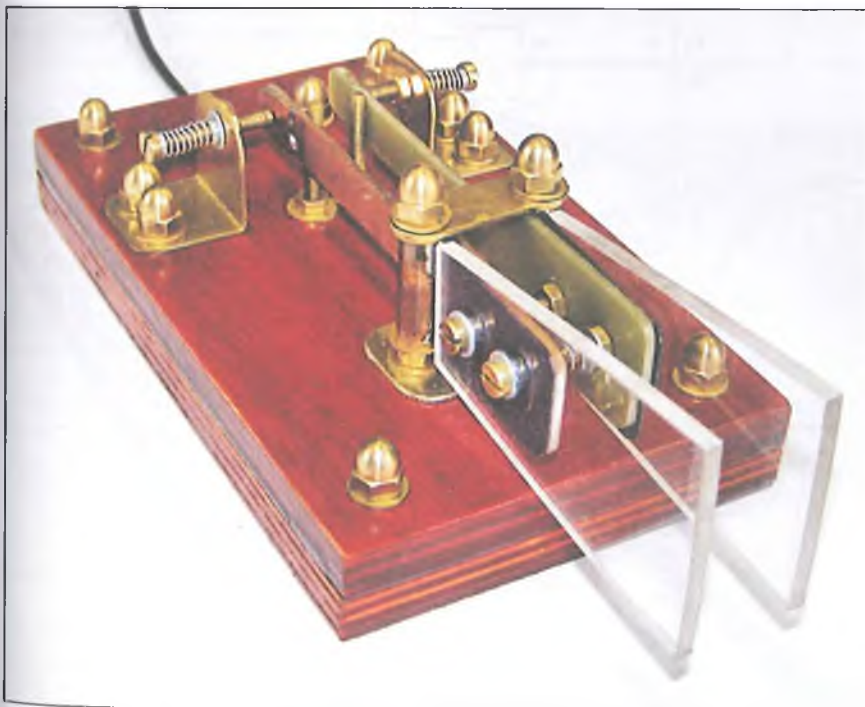
A szintváltást tehát a legrosszabb esetben is 10 ms alatt észreveszi. Minek hatására a P1.7 kimenet H szintre kerül, bekapcsolva a tranzisztort, amely vezérli az adóban lévő reedrelét. Ezzel egy időben beállnak a belső változók az időzítéshez.

A következő programmegszakítás csökkenti a beállított értéket és ellenőrzi, hogy tart-e még a pont (mínusz a szünet) ideje. Erre a vizsgálatra minden 10 ms-onként sor kerül. Amennyiben elfogyott a pont ideje, a P1.7 kimenet állapotot vált és L lesz, és elkezdődik a szünet ideje is.

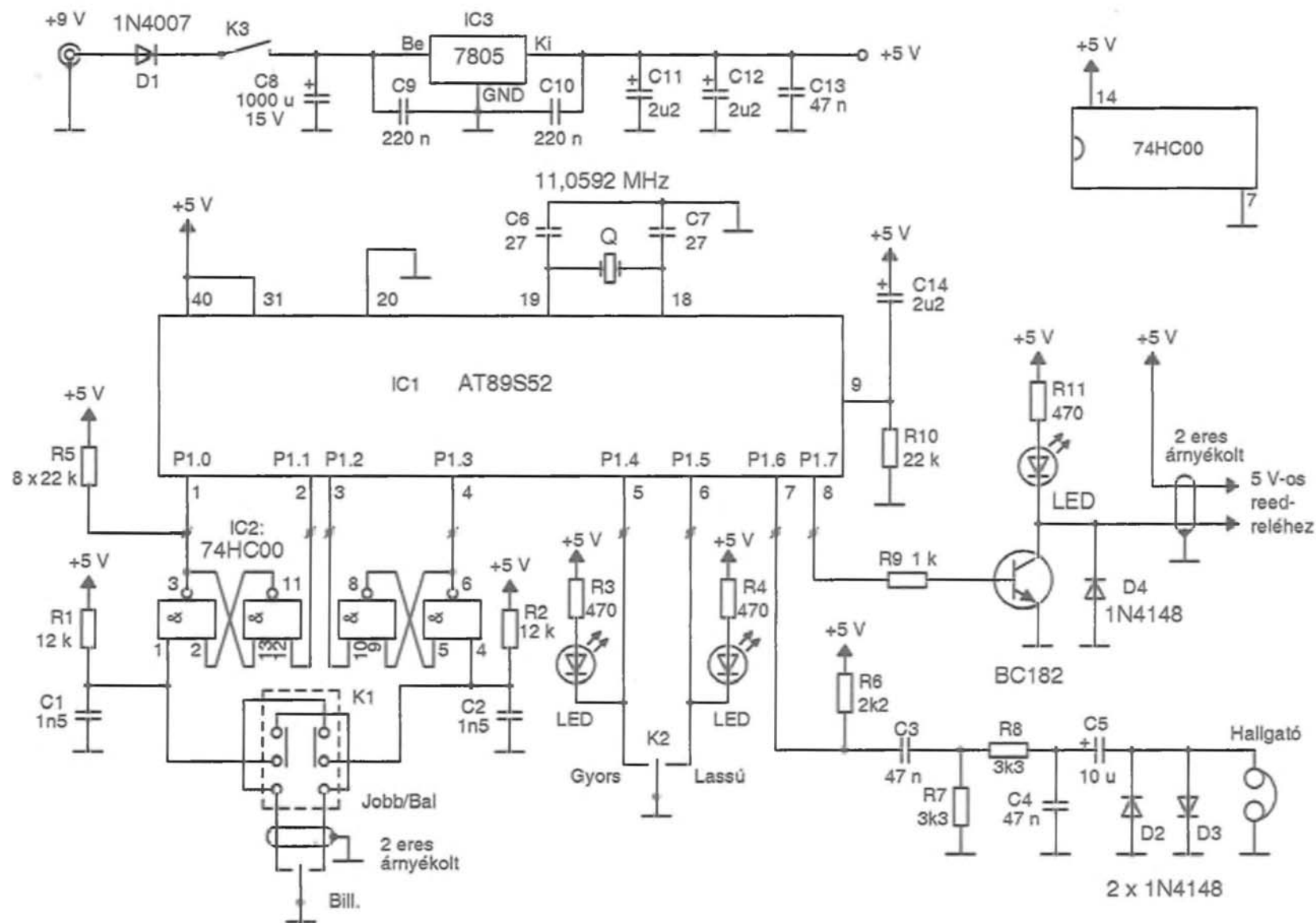
A szünet ideje egyenlő a pont aktív idejével, ha ez az idő is lejár a P1.1 kimeneten egy H-L-H pulzus jelenik meg, amely alaphelyzetbe állítja az RS flip-flopot, ha időközben elengedték a billentyűt. Ezzel lezajlott egy pont adása. Amennyiben még mindig tarjuk a billentyűt a ponton a P1.1-es kimeneten megjelenő pulzusa hatástalan marad, és kezdődik minden előlről.

A folyamat addig tart, amíg aktív a billentyűzetünk. Felengedés után még befejeződik az aktuális pont és a hozzá tartozó szünet. A vonás hatására ugyanez a folyamat megy végbe a második RS flip-floppal. A kapcsoló az IC2 4-es lábára, míg a kimenete a P1.3-ra csatlakozik.

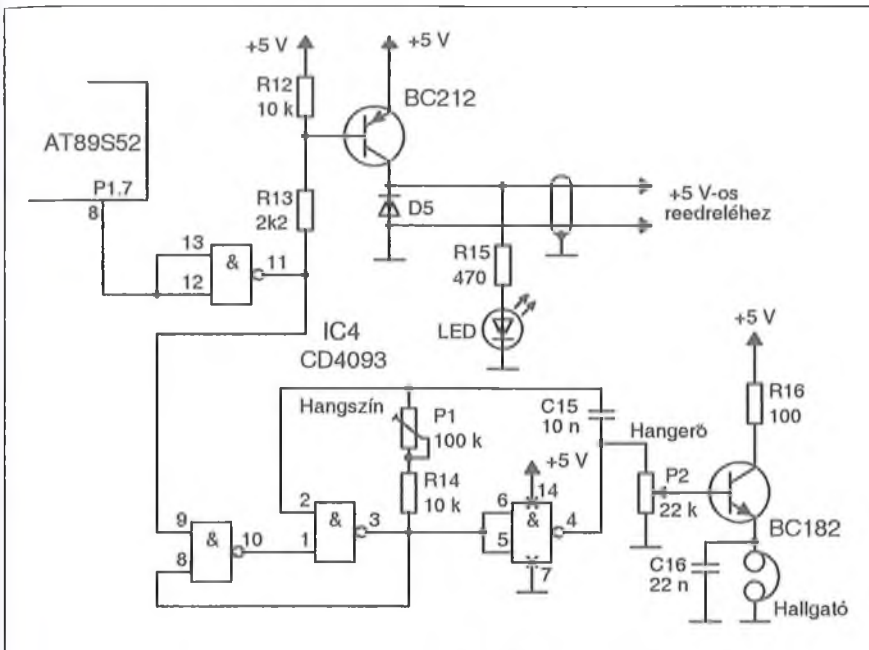
A visszabillentő pulzus a P1.2-n jelenik meg, valamint a belső változók a vonáshoz tartozó értékeket veszik fel. A vonás hossza egyenlő háromszor a pont aktív idejével és a szünettel.







1. ábra



2. ábra

#### A program alap paramétereit

- A pont ideje = 24 egység → 240 ms → 120 ms H és 120 ms L
- A szünet ideje = (pont idő/2) + 1 → 121 ms
- A vonás ideje = pont × 2 → 480 ms → 360 ms H és 120 ms L

Ezek a paraméterek az alapbeállításra vonatkoznak. Az értékekből kitűnik, hogy a pont aktív ideje 120 ms és a hozzá tartozó szüneté szintén 120 + 1 ms. A következő pont vagy vonás csak ez idő elteltével aktivizálódhat.

A szünet hossza mindig a pont aktív ideje, sebesség változtatása közben előfordul, hogy a pont változó értéke páratlan szám lesz, de mivel egyszerűbb egész értékekkel számolni ezért növekszik a pont/2 + 1-gyel. Így ha módosítjuk az alapértékeket, páratlan szám esetén is jók maradnak az arányok. Az alapbeállított értékeket a K2 kapcsolóval lehet csökkenteni vagy növelni. A beállított sebességértékek a ki-csatolásig maradnak. A kényelmes beállítás érdekében másodpercenként egy egységnyi, növekedés illetve egy egységnyi csökkentés történik. A K2 kapcsoló aktiválásával egy időben pontot adunk, akkor a fejhallgatóban hallva szépen beállítható a kívánt sebesség.

A bemeneten lévő egymástól független RS flip-flopok a pont- és a vonástárolás lehetőségét is megadják. Mindig az utolsónak lenyomott jelet tá-

rolják. Például, ha vonás ideje alatt átváltjuk a kart, akkor a flip-flop beíródik és a vonás, valamint a hozzá tartozó szünetidő után a pont is a kimenetre kerül. Ugyanez igaz fordítva is.

A monitorozó (önhang) funkció a P1.7 kimenettel szinkronban működik, amíg a P1.7 H, addig a P1.6 kimenetén kb. 800 Hz-es négyyszögjel jelenik meg. Ezt a C3, R7, R8, C4 sáváteresztő szűrőn keresztül formáljuk és csatoljuk a fejhallgatóra. Az így kapott jelalak szépen legömbölyített, kvázi szinusz ala-

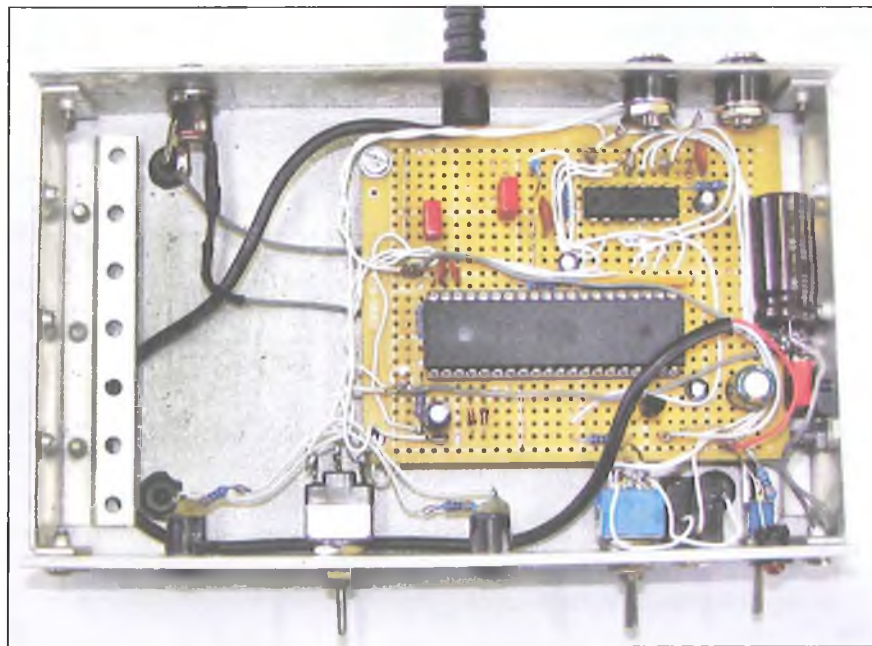
kú, amely sokkal kellemesebb a fülnek, mint az élesen pattanó négyyszögjel. A C5 egyenáramú leválasztást biztosít, a D2 és D3 diódák limitálást végeznek.

A bekacsolási reset a C14, R10-es soros tagok feladata. A mikrovezérlő órajelét egy 11,0592 MHz-es kvarc biztosítja. Értéke első látásra meghökkenítő lehet, de nyugodjunk meg, ez egy könnyen beszerezhető, szabvány érték. A későbbi bővítés miatt választottam ezt az értéket, ugyanis 9600 baud esetén a mikrovezérlő 0% hibával tudja tartani a soros kommunikáció sebességét (ATMEL ajánlás).

A tápegység felépítése nem kritikus. Az IC3 egy 5 V-os hárompont stabilizátor, amelynél arra ügyeljünk, hogy a C9 és C10-es 220 nF-os kondenzátorokat közvetlenül az IC lábaira kell forrasztani. A bemeneti tápfeszültséget egy legalább 9 V-os dugasztpól szolgáltatja. A kis áramfelvétel miatt a táp IC-t nem szükséges hűtőbordára szerelni. (A nagyobb mechanikai stabilitás kedvéért lett végül is a doboz oldalára szerelve.)

#### Bővítési lehetőség

Természetesen bővíthetjük az áramkörünket külső hanggenerátorral is, amelynek változtatható a frekvenciája és a hangereje is. A 2. ábrán láthatunk erre egy lehetséges megoldást. Mivel kapuzó kimenetnek csak a P1.7 kimenetet használhatjuk, ezért a következő a megoldás. A kimenetről egy kapun keresztül vezéreljük a billentyűző relét







vezetékét használjunk, az esetleges nagyfrekvenciás zavarok megelőzése végett.

Gondos szerelés esetén az elkey azonnal működőképes. Bekapcsolás után felvillan a monitorozó piros LED és üzemkész a készülék. A beméréskor vettem csak észre, hogy a gyors ki-be kapcsolást nem tolerálja a mikrovezérlő, a program „elszáll” és nem működik megfelelően. A megoldás csak annyi, hogy az ismételt ki- és bekapcsolás között hagyjunk pár másodperc szünetet, hogy a kondenzátorok kisüljenek.

Az elektronikához persze tartozik egy mechanikai billentyűzet is. A fotón láthatóan ez kicsit talán „retrósra” sikeredett a sok réz alkatrész miatt. A felhasznált anyagok: egy kis darab küszöb

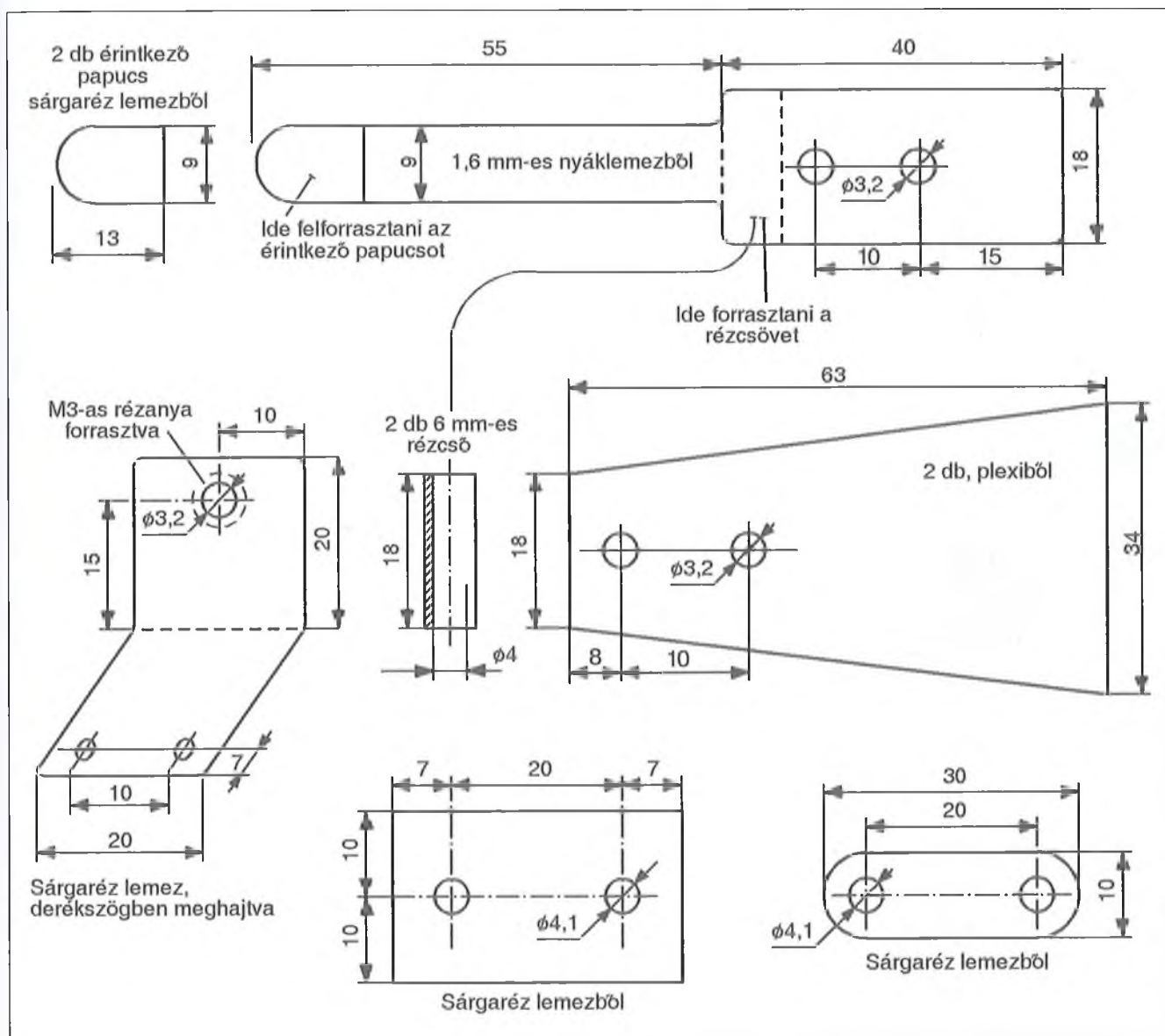
rézsin és néhány M3-as és M4-es zárt rézsín, illetve 10 db M4-es és M3-as 40 mm hosszú rézcsavar. Az alaplap (3. ábra) 2 db 8 mm-es rétegelt falemezből készült. Az első tartja a csavarokat, a második takarja a csavarokat és nehezék. A karok 1,5 mm vastag üvegszál nyáklemezről (4. ábra). Az első falap tartja a csavarokat, míg a második takarja őket és nehezékül is szolgál. Az elkeyt filc alapra téve nem csúszkál.

Az érintkező papucsok és a tartócsövek felforrasztásánál ügyeljünk, hogy ne melegítsük túl a nyákot, mert könnyen lejöhet a rézfólia. Az érintkező M3-as csavarokat tartó rézanyákat érdemes a tartókonzolhoz forrasztani. A három feszítő rugó kiszáradt golyóstollakból lett kiszerezve.

A mellékelt rajzok és a fényképek alapján, úgy gondolom, hogy nem szükséges további, különösebb kommentár az elkészítéséhez.

### Figyelem!

A szerkesztőség segít az elkey utánépítésében. A felprogramozott mikrovezérlő és a hozzá tartozó kvarc 1900 Ft-ért beszerezhető (utánvéttel megrendelhető) a HAM-bazárban. Cím: Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. folyosóközép (H - P.09 - 14 óra); [hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu); 239-4932/36 m., 239-4933/36 m.



4. ábra





„A tett halála az okoskodás.” - vallja egy lelkes csoportunk (www.cqgyereknep.hu), amely nemcsak szavakban, de annál inkább tettekben is sokat tesz a rádióamatőr utánpótlás érdekében



A Városliget-i gyereknapon mutatták be (nemcsak) az érdeklődő gyerekeknek az amatőr rádiózás csodáját. HA7WEN Levente kezében a MASAT-1, az első leendő magyar műhold makettje



A kis kalózt HA5CQZ Zoli istápolja

# CQ de HA... CQ de HG... 2011

Lendval Klára HA5BA,  
ha5ba@kispest.eu



A Nemzetközi Űrállomás (ISS) személyzete augusztus 3-án egy űrséta keretében helyezte önálló földkörüli pályára az ARISSat-1 rádióamatőr műholdat. Az elmúlt négy évben a Microchip mérnökeinek egy csoportja is részt vett az ARISSat-1 projektben, sok éjszakájukat és hétvégéjüket áldozták a műhold kifejlesztésébe és építésébe. Steven Bibie (N7HPR) a Microchip team vezető mérnöke egy blogot vezet az EE Times honlapján, ahol a vállalkozás háttérébe avatja be az olvasókat



Az idén nagykorúvá serdült BURABU rendezvény (www.radiovilag.hu/burabu.htm) konstruktóri kiállításán és versenyén – egyebek mellett – atomóra pontosságú 10 MHz-es etalont és stabilizált labortápegységet is láthatunk. A kiállított tárgyakat a rendezők visszaszolgáltatták, a torta megsemmisült...





HA8RM Péter OM egy 2-elemes yagival „rlogatja” a 80 m-es sáv DX-mezőnyét



Az áprilisban feltett műalkotást egy júliusi szélvihar enyhén amortizálta, de egy megerősítő javítást követően újra büszkén csillog rajta a nap sugara



A világ vélhetően legidősebb rádióamatőr házaspárja a Chicagóban élő 89 éves Dorothy (N9ALC) és 90 éves férje Bob (W9LNQ) augusztus 16-án ünnepelték házasságkötésük 70(!) évfordulóját. A „szépkorú” Bob 1938 óta adóengedélyes, neje 20 évvel később „fertőződött” meg. Dorothy elmondása szerint, amíg a férje reggel korán munkába indult, ő vígan cseverészett a világ rádióamatőreivel és költötte a pénzt... Mindketten a mai napig rádióznak!



A yagi méreteit jól szemlélteti a toronyra emelés előtt készült fénykép



A ceglédi Gyorstávírársz OB-t a fővárosi Puskás Tivadar Rádióklub csapata kiváló eredménnyel nyerte meg. A verseny történetében először került a Gyáli útra az Impozáns serleg. A lelkes csapat „tarolt”: 18 arany, 3 ezüst és 8 bronzérmet szerzett. Bátrán kijelenthetem, ügyesek vagyunk!



HA5OJ Pisti 3 évre Ankarába költözött és TB2ZHI hívójellel időnként még napközben is hallható 14 MHz-en, távirón, de újabban a PSK31 üzemmódot „kóstolgatja”. Berendezése FT-757GX, az antenna a HA1VX féle vertikál. Pisti külfönből vesz részt a hazai rádióamatőr életben, igen hatékonyan tanulja a török nyelvet is. Honlapjára ([www.ha5oj.hu](http://www.ha5oj.hu)) érdemes ellátogatni, sok érdekességet megtudhatunk a kinti életről



# Sok kis kapcsolás

Hobby Elektronika című folyóiratunk első (1990. júniusi) számától igen nagy népszerűségnek örvendett az abban rendszeresen jelentkező „skk – sok kis kapcsolás” rovat. Napjainkban ezen régebbi számok gyakorlatilag beszerezhetetlenek és a közismert mottó – Egy újszülöttnek minden vicc új! – elektronikabeli variánsa is igaz.

Évkönyvünkben most továbbfolytatjuk a régebbi Hobby Elektronika évfolyamok skk-tallózását.

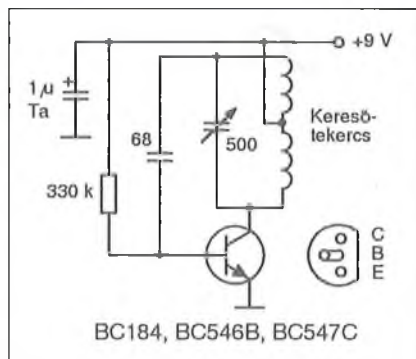
## Zajgenerátorok

Méréseknél vagy hangeffektus-áramkörökben szükség lehet fehérzajfeszültség-forrásokra, amelyek persze inkább „rózsaszínzaj”-feszültséget állítanak elő, hiszen az elméleti fehérzaj összetevőinek felső frekvenciahatára a végtelen!

Az 1. ábrán két, a szokásostól eltérő kapcsolástechnikájú áramkört mutatunk be. Mindkettőben a zajerősítő negatív visszacsatoló ágában van a zajfeszültséget előállító eszköz – Z-dióda vagy egy Si-tranzisztor B-E átmenete – beiktatva. Az erősítő tranzisztor kollektorán  $1 V_{cs-cs}$  zajfeszültség jelenik meg, kb. a tápfeszültség felének megfelelő egyenfeszültségre szuperponálva. Ezért ha DC-leválasztás szükséges, a zajerősítő és az azt követő fokozat közé iktassunk be egy  $100 \mu F/100 \text{ nF}$ -os, párhuzamosan kapcsolt elemekből álló leválasztó kondenzátort.

## Fémkereső – zsebrádióval

Lényegében egy BFO-rendszerű fémkeresőt alkotunk (lásd: Hobby Elektro-



2. ábra

nika Füzetek 1. száma). A keresőoszillátort a 2. ábra Hartley-oszcillátora képezi, melynek rezgőköri tekerce egyben a  $2 \times 15$  menetes keresőtekercs. Ezt kb. 100 mm átmérőjű csévére tekeresljük, 0,3...0,4 mm-es zománczott rézhuzalból.

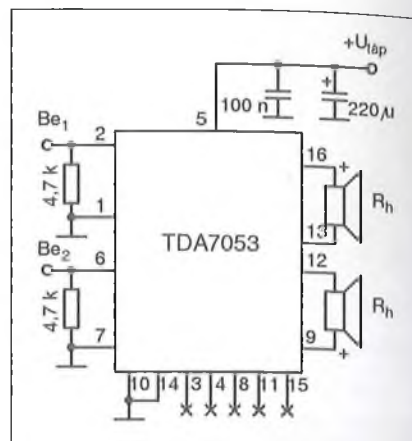
Az oszcillátort 455 (vagy 465) kHz-re hangoljuk, a zsebrádió névleges középfrekvenciájának megfelelően, azaz az oszcillátor közelében levő zsebrádiót „összefütyültetjük” a keresőoszillátorral.

A keresőtekercshez fém tárgyát közelítve a fütty hangmagassága változik, sőt igen közeli, nagy méretű fém tárgy a keresőoszillátor rezgését le is állíthatja.

A bemutatott készülék főleg falban, néhány cm mélyen rejtőző fémcsövek megkeresésére alkalmas.

## HF-végerősítő TDA7053-mal

A TDA típusorozatú hangfrekvenciás végerősítő IC-eket bemutató alapkapsolásainknak utolsó tagja látható a 3. ábrán.



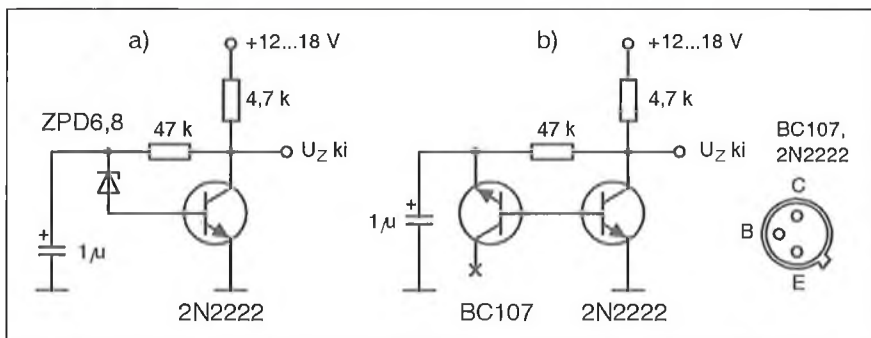
3. ábra

A TDA7053 két, önálló, hídkapcsolású végerősítőt tartalmaz, jó közelítéssel a TDA7052 megduplázott változatának is tekinthető. A DIP16 kivitelű tok 6 V-os tápfeszültség ( $U_{\text{táp}}$ ) és  $8 \Omega$ -os hangszóró-impedancia ( $R_h$ ) esetén  $2 \times 1,2 \text{ W}$  kimenőteljesítményt szolgáltat. A torzítás ekkor kb. 10%, a nyugalmi áramfelvétel pedig kb. 9 mA. Az erősítés tipikus értéke oldalanként 39 dB. A további adatok a 7052-ével azonosak.

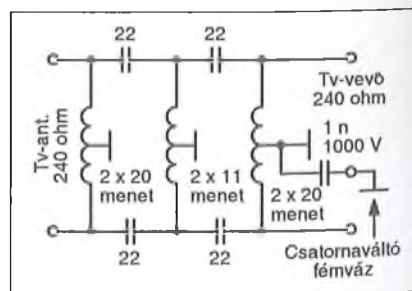
## Antennaszűrő „CB-k ellen”

CB rádiók jele zavarhatja a televízió-vételt. Az ok sokszor éppen a tv-vevőkészülékekben keresendő. Zavarás esetén, mielőtt akár az adót, akár pedig a tv-vevőt szétszednénk, próbálkozzunk meg az 4. ábrán vázolt szűrő megépítésével és alkalmazásával.

A felüláteresztő szűrő határfrekvenciája kb. 40 MHz; tehát a 26...28 MHz alatti frekvenciájú jeleket erősen csillapítja, míg a legkisebbtől a legna-



1. ábra



4. ábra

Kónya László - Kopják József

## PIC MIKROVEZÉRLŐK ALKALMAZÁSTECHNIKÁJA

PIC PROGRAMOZÁS C NYELVEN



## »PIC mikrovezérlők alkalmazástechnikája« »PIC programozás C nyelven«

Dr. KÓNYA LÁSZLÓ – KOPJÁK JÓZSEF

„A harmadik kiadásban nem kevesebbre vállalkozunk, mint az olvasó számára kellő támogatást adni a hatalmasra bővülő PIC paletta használatához. ... A magas szintű programozási nyelvek használatát ma már nem lehet megkerülni, emiatt kiemelt hangsúlyt fektettünk a C programozási nyelvet elsajátítani szándékozó olvasók igényének kielégítésére.”

A könyvhöz **CD melléklet** is jár, melyen sok hasznos információ mellett teljes terjedelmében megtalálható a könyv második kiadása is.

400 oldal, B5 méret. Ára: 6590 Ft

A könyv megvásárolható, postai utánvétellel (csomagolás+postaköltség felszámításával) megrendelhető a **HAM-bazártól**: Budapest XIII., Dagály u. 11. l. em. 130.

Budapest, Pf. 603 H-1374 239-4932/36, 239-4933/36 hambazar@radiovilag.hu

Audiofil erősítők építése 2.



## ÁGOSTON LAJOS: Audiofil erősítők építése 2. Előerősítők, fejhallgató erősítők

Az audiofil körökben közismert szerző ezen legújabb, 2011 decemberében megjelenő könyvében – az első kötethez hasonlóan – megépített és jól bevált elektroncsöves és félvezetős áramköröket ismertet, nyomtatási rajzokkal és fotókkal illusztrált gyakorlati megközelítésben.

A kötet főbb tématerületei: Jelkondicionálók, előerősítők; Csöves és félvezetős RIAA-korrektorok; Néhány fejhallgatómárka; Csöves és félvezetős fejhallgató erősítők.

Kb. 200 old., B5 méret. Ára: 4950 Ft (+postaköltség).

A könyv postai utánvétellel már megrendelhető:

[hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu) 1374 Bp., Pf. 603

(+36 1) 239-4932/36 m. (+36 1) 239-4933/36 m. [www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)



## UNIVERZÁLIS távvezérlők – mert soha nincs kéznél...



### URC20

- 6 készüléket vezérelhet:  
TV1-TV2-VCR-SAT-CBL és HIFI
- több száz világmárka, több ezer készülékének alapfunkcióit tudja
- nem felejtő memória az elemcseréhez
- 2 x AAA elemmel működik

csak **990 Ft**

### URC21

- 8 készüléket vezérelhet:  
TV1-TV2-VCR1-VCR2-SAT-CBL-HIFI és DVD
- több száz világmárka, több ezer készülékének alapfunkcióit tudja
- nem felejtő memória az elemcseréhez
- 2 x AAA elemmel működik

csak **1290 Ft**



HAM-bazár Budapest XIII., Dagály u. 11. l. em. folyosóközép H-P 09-14 óra  
Rendeljen, postán is elküldjük, a postaköltség felszámításával! 1374 Budapest, Pf. 603 239-4932/36 239-4933/36  
[hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu) [www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)

RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG!

Régebbi

**RÁDIÓTECHNIKA**

**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.

# Ha nincs meg...

Címünk:

Budapest XIII., Dagály u. 11. l. 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!

A **Rádiótechnika** és a **Hobby Elektronika** 2005 előtti számai egységesen 300 Ft/db, a **HE nyák-filmjei** 250 Ft/db áron.

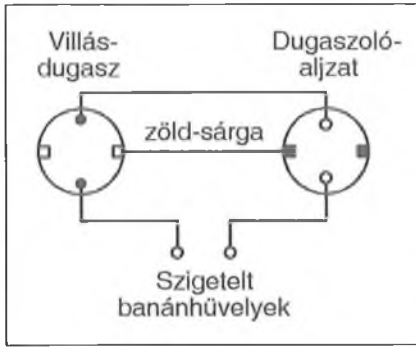
RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! 3











11. ábra

merekkel a LED fényereje állítható, azok fix ellenállásokkal is helyettesíthetők.

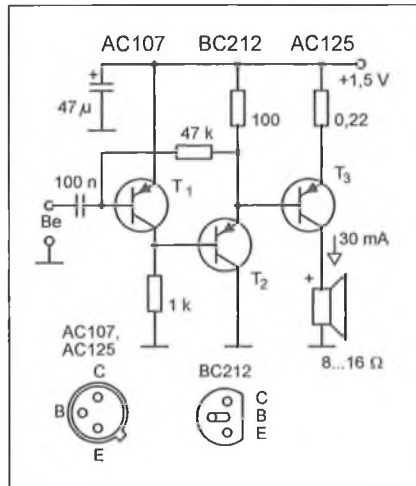
### „Kábeltrükk” áramméréshez

Gyakran előfordul, hogy valamely 230 V-os villamos készülék összáramfelvételét szeretnék megmérni, praktikusan a hálózati csatlakozón át. Ez a mérés körülményes, hiszen a műszer vezetékét többnyire nem tudjuk megbízhatóan bekötni az áramkörbe. A készülékbe beépített olvadóbiztosíték-foglalat sarkain át történő mérés további veszélyeket rejt magában.

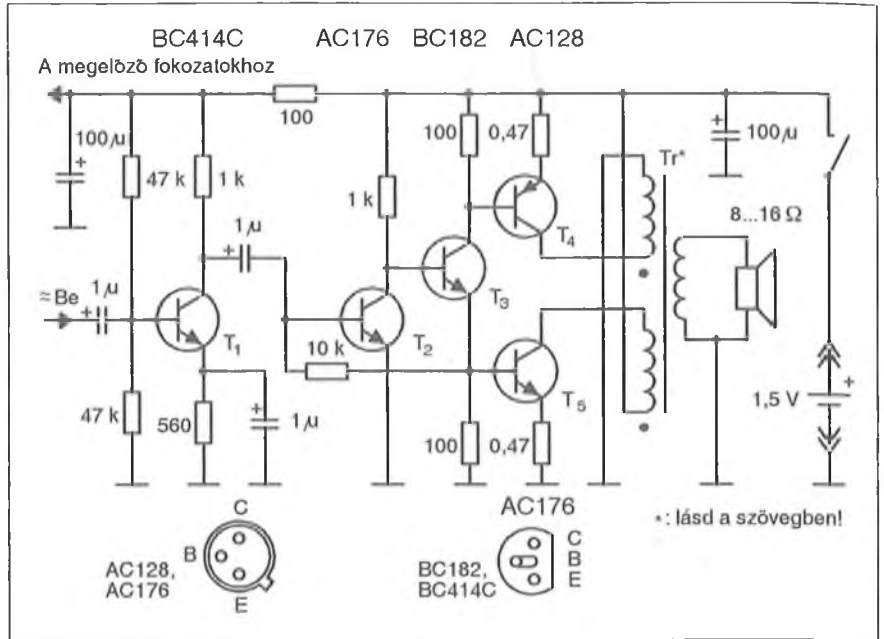
A 11. ábrán vázolt céleszközt elkészítve, megbízható csatlakozóhoz jutunk. Az aljzatot és a 2 db szigetelt banánhüvelyt pl. egy műanyag dobozkába, ill. dobozkára szerelhetjük. A banánhüvelyekbe az ampermérő vezetékivel csatlakozunk.

### 1,5 V-os HF-erősítők

Az alacsony (0,8...1,5 V) tápfeszültséggel üzemelő kapcsolások az új,



12. ábra



13. ábra

ilyen kis tápfeszültségen üzemelő IC-sorozatok kifejlesztésével ismét „divatba jöttek”. Az egyetlen cellával való tápellátás előnyeit diszkrét alkatrészekből összeállított áramkörök kapcsán is élvezhetjük.

A 12. ábra egy 1,5 V-os (tehát pl. egy ceruzaelemtől üzemelő) rádiókészülék vagy egyéb, akusztikus jelet adó, kis elektronikus szerkezet végerősítőjét mutatja. A vegyesen germánium és szilícium tranzisztorokból felépített áramkör egymáshoz galvanikusan csatolt feszültségerősítőkből és emitterkövetőből áll. Mivel a hangszárgázón tartósan mintegy 30 mA áram folyik, erre a helyre csak olyan kis hangszóró vagy dinamikus fejhallgatóbetét alkalmas, amely tartósan elviseli az egyenáramú előfeszítést!

A 13. ábrán egy jobb hatásfokú, így azonos kimeneti teljesítmény mellett kevesebbet fogyasztó, B-osztályú, ellenütemű kimeneti fokozattal ellátott erősítő látható. A hangszórót ebben a kapcsolásban a szokásos szimmetrikus primer tekercsű kimenőtranszformátor segítségével csatoljuk a T4, T5 alkotta komplementer végfokhoz. Ebben a kapcsolásban tehát a hangszórón nem folyik előfeszítő áram.

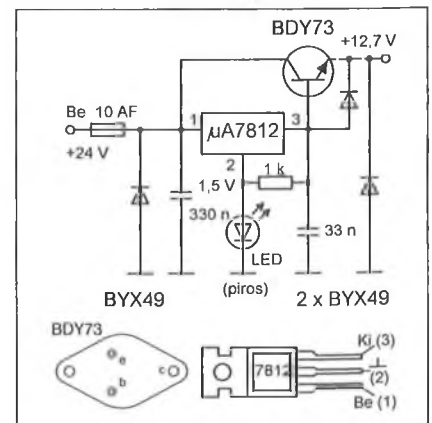
A végfok vezérlése a T3 fázisfordító fokozat emitteréről, illetve kollektorától történik, ezért kimenőtrafóként csak olyan típus jöhet szóba, amelynek két primer tekercse nincs közösítve. Ilyet nehéz találni, de kis ügyességgel egy hagyományos (általában piros te-

kercsburkolatú) zsebrádió-kimenőtrafó átalakítható úgy, hogy a primer középső kivezetéséhez menő összesodrott tekercsvégeket óvatosan szétválasztjuk.

### 24 V/12,7 V, 8 A-es tápátalakító

A mobil CB-készülékek, amatőr adóvevők, rádiótelefonok névleges tápfeszültsége általában 12 V. Ha kamionban, teherautóban vagy más, 24 V feszültségű gépjárműben szeretnénk használni a fenti készülékek valamelyikét, építsük meg a 14. ábrán látható egyszerű stabilizátor-kapcsolást!

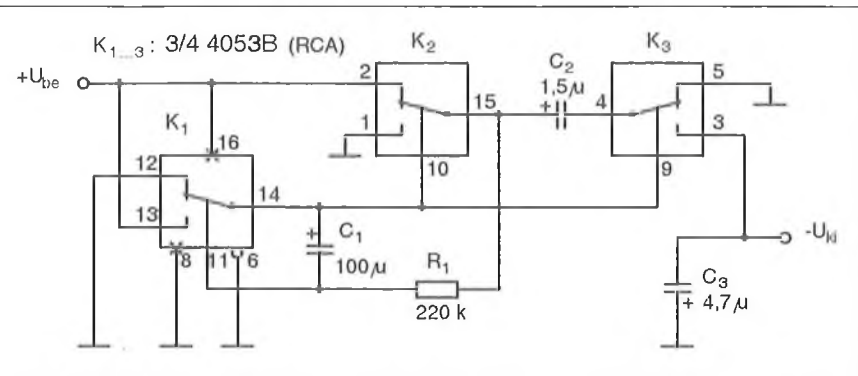
Az áramkör alapja a fix 12 V-os stabilizátor, amelynek terhelhetőségét a BDY73 tranzisztor max. 8 A-re növeli. A diódák a tranzisztort és az IC-t védik a terhelés felől érkező tranziensektől.



14. ábra







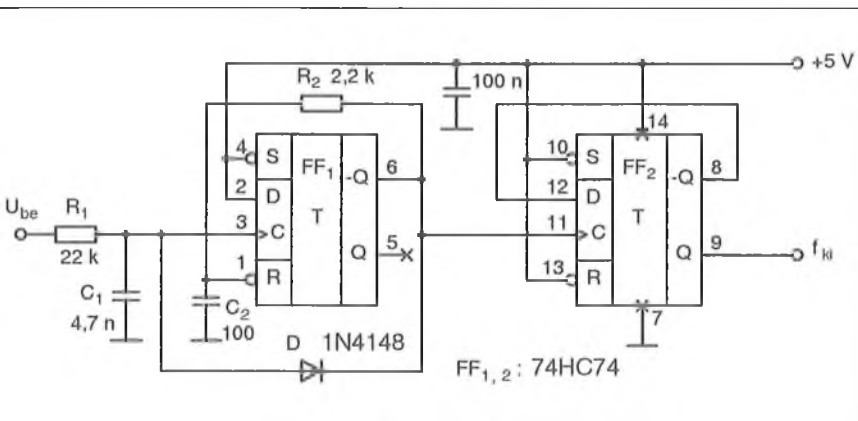
18. ábra

- a jelű állásában „töltjük” az elemeket,
- b jelű állásában az elemek üresjárású feszültségét mérhetjük, míg
- c jelű állásában az elemek 33 Ω-mal terhelt kapocsfeszültségét.

Egy cella „töltése” során a köráram kb. 240 mA, ami jól megfelel az R20 mono, göliát, D, UM1) típusú (ill. fan-ázianeví) elemekhez. A kisebb kapacitású elemek esetén az áramot arányosan csökkenteni kell, pl. csak egy sor szűz alkalmazásával. (A lyukas cink-mengerű szárazelemek már nem regenerálhatók!)

### Negatív segédfeszültség 4053-mal

Sokszor előfordul, hogy egy, csupán pozitív tápfeszültséggel táplált áramkörben szükség lenne néhány milliamperrel terhelt negatív segédfeszültségre is. Ilyenkor az a szokásos eljárás, hogy a tápfeszültségből valamilyen tranzzverter-áramkör segítségével állítjuk elő a negatív feszültséget.

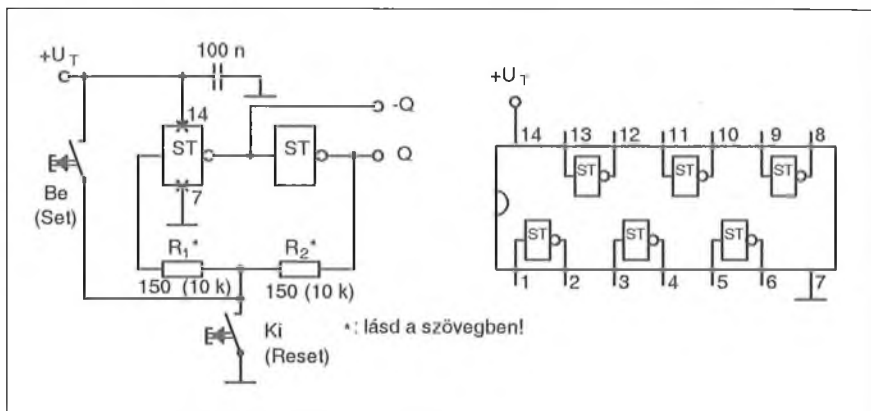


19. ábra

A negatív feszültségforrás belső ellenállása 400 ohm...2 kohm közötti.

### Kettős D-flip-flop, mint VCO

A 19. ábrán látható kapcsolásban a közismert 74HC74 CMOS tok VCO-ként üzemel. A működés megértéséhez induljunk ki FF1 -Q = 1 állapotából! Ekkor D nyitva van és Ube R1-en keresztül tölti C1-et. Amikor a kondenzátor feszültsége eléri FF1 C bemenetének küszöbszintjét, a flip-flop átbillen, kimenete 0-ra vált. Ekkor egyrészt C1 a diódán keresztül kisül, másrészt



20. ábra

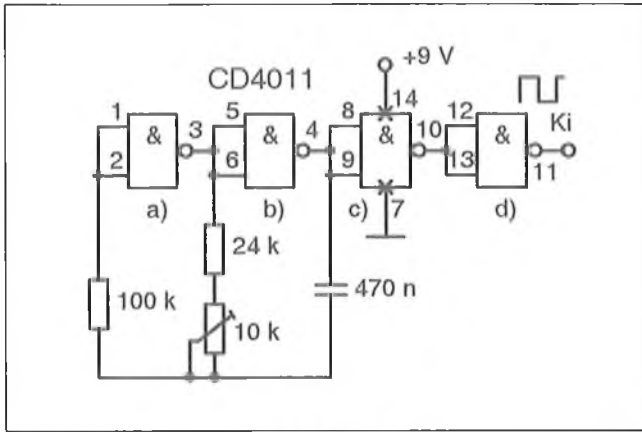
A 18. ábrán bemutatott szokatlanul egyszerű kapcsolás ezt a feladatot egyetlen CMOS analóg váltókapcsoló IC-vel és csekély számú kiegészítő passzív elemmel oldja meg. A csip K1 és K2 kapcsolója inverterként üzemel és a C1, R1 elemekkel a tranzzverter négyszöggenerátorát képezi. A K2 és a K3 felváltva tölti C2-t és a töltést „át szállítja” C3-ba. Az IC 3. pontján közel a bemeneti feszültséggel azonos abszolút értékű negatív feszültség van jelen.

FF1 Reset bemenete R2-n keresztül szintén 0-ra kerül: a flip-flop törlődik. Ezután az előbbi ciklus megismétlődik. Végso soron FF1 6. kivezetésén keskeny tüimpulzusok sorozata jelenik meg, amelynek frekvenciája Ube feszültségtől függ. A DC/f konverter működésének feltétele, hogy C1 előbb süljön ki, mintsem FF1 -Q kimenete L-re kerülne. Az ehhez szükséges késleltést R2, C2 integráló tag biztosítja.

A keskeny impulzusokból FF2, kettős osztonak kötött multivibrátor állít elő szimmetrikus négyszögjelet, miközben a bemeneti jel frekvenciáját felezi. Az IC 9. lábáról végső soron 20 Hz...70 kHz frekvenciájú, 50%-os kitöltési tényezőjű négyszögjel vezethető el, ha Ube 5 V-ról 12 V-ra nő. Az Ube/f összefüggés erősen nonlinearis! A linearitás javítható, ha R1 helyébe áramgenerátort iktatunk be.

### RS flip-flop Schmitt-inverterekből

A szokásos kapcsolástechnikai megoldásokban a nyomógombokkal vezérelt RS tárolókat NAND-, vagy NOR-kapukból alakítják ki. A 20. ábra alapján egy ilyen flip-flop két Schmitt-trigger-



21. ábra

ből összeállítható, így egy szokásos, hat invertáló Schmitt-triggert tartalmazó tokkal három bistabil építhető.

A két ellenállás értékét a 7414 TTL-toknál 150 ohmra, CMOS inverterek (pl. 74C14) esetén 10 kohmra válasszuk.

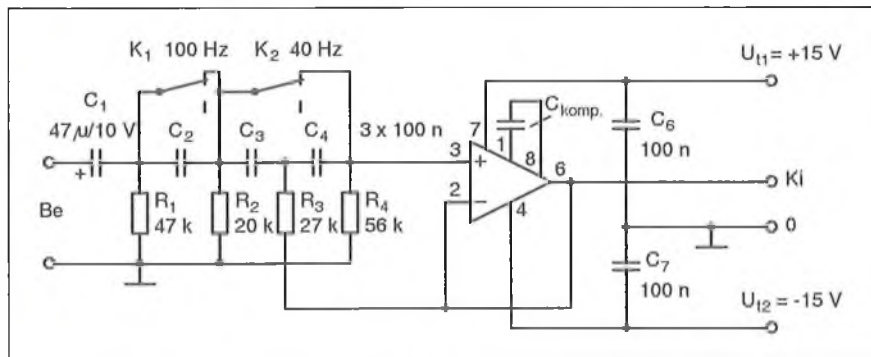
### RC-rezgéskeltő CMOS-szal

Egyszerű, kb. 1 kHz-es frekvenciájú kimeneti jelet szolgáltató rezgéskeltő (oszillátor) kapcsolási rajzát láthatjuk a 21. ábrán. A kimeneti jel frekvenciáját a jól ismert 4011-es CMOS IC-hez csatlakozó passzív (RC) visszacsatoló elemek határozzák meg. A frekvencia a trimmerrel állítható be 1 kHz-re.

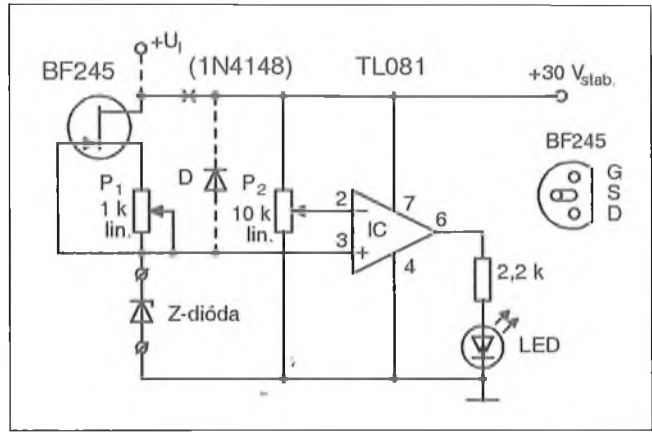
Az IC c) és d) negyede a kimeneti terhelésnek a frekvenciára történő visszahatását szünteti meg, azaz a terhelést leválasztja a tulajdonképpeni oszcillátorról, melyet az a) és a b) elemek alkotnak.

### Felüláteresztő szűrő HIFI-be

Lemezjátszók dübörgésének vagy a mikrofonba jutó szél kellemetlen hanghatásának mérséklését szolgálja a 22. ábra áramköre. A be- és kikapcsolható,



22. ábra



24. ábra

zálását szolgáló  $C_{komp}$  kondenzátort a konkrét IC-típushoz választjuk meg. A 748-as műveleti erősítőnél ez 30 pF lehet. Sok IC-nél nincs szükség/lehetőség ilyen külső frekvencia-kompenzálásra.

### Villanó jelző LED-del

A 23. ábrán vázolt kapcsolás egy LED villogtatására szolgál. Több LED soros kapcsolásával, s a tápfeszültség növelésével (kb. 12 V-ig), pl. kerékpárokhoz hátsó „világítást” készíthetünk.

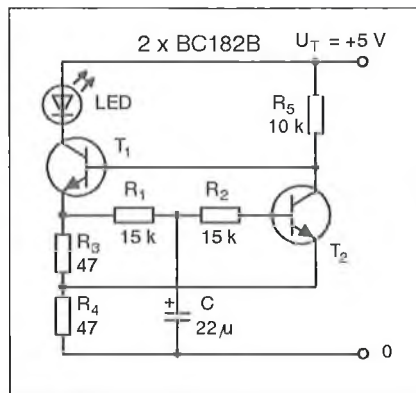
A T1 és a T2 a köztes RC-tagokkal egy visszacsatolt Schmitt-triggert alkotnak. A billegési frekvenciát a C kondenzátorral állíthatjuk be a számunkra szükséges értékre. A rajzon szereplő alkatrészértékek estén ez kb. 1,5 Hz. Az impulzusok kitöltési tényezője, azaz a világítás időtartama R1 és R2 arányával változtatható. E két ellenállás összege azonban állandó, kb. 30 kohm legyen.

A tranzisztorok a BC-sorozat npn tagjainak bármelyike lehetnek (pl. BC327, BC546B, BC548B).

### Z-dióda vizsgáló

A 24. ábrán bemutatott vizsgálóáramkör egyszerűségéhez képest sokat tud! Egy ismeretlen, kisfeszültségű Z-dióda záróirányú karakterisztikájának a gyakorlatban használt szakaszát lehet a segítségével vizsgálni. Azaz különböző záróirányú áramok mellett meghatározható a Z-diódán eső feszültség.

A vizsgálandó eszközt a FET-es áramgenerátor hajtja meg, a P1-gyel beállítható árammal. A maximális áram megegyezik a potenciométernek, mint szabályozható ellenállásnak a rövidre zárásakor fellépő  $I_{DSS}$  telítési árammal, amely az alkalmazott FET-példánytól



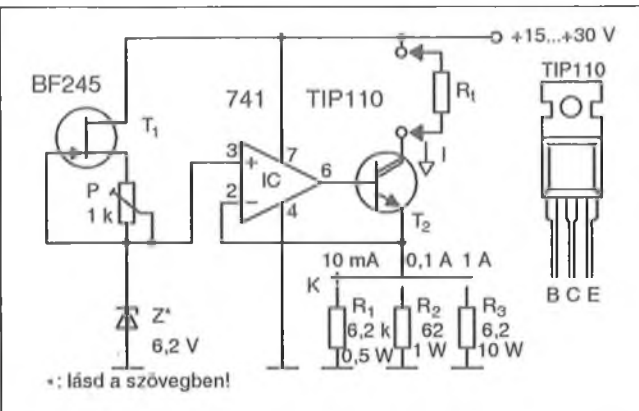
23. ábra

s így változtatható határfrekvenciájú aluláteresztő aktív szűrő lelke egy műveleti erősítő IC.

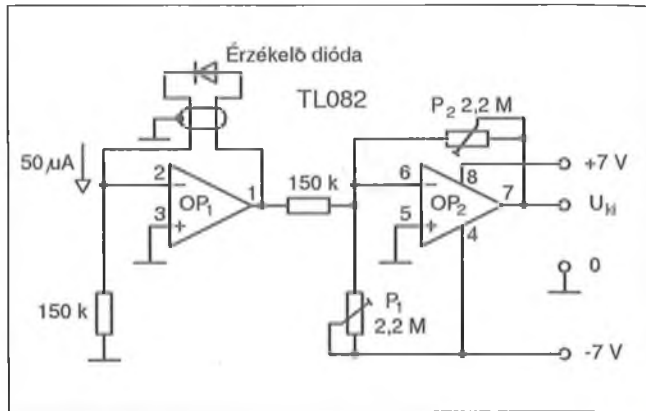
Csak a K1 nyitásakor a határfrekvencia 100 Hz, csak a K2 nyitásakor ez 40 Hz. Mindkét kapcsoló nyitása esetén szintén 40 Hz, de 20 Hz alatt javul a frekvenciakarakterisztika meredeksége.

A bemeneti jel névleges feszültségértéke 200 mV (effektív). Az átvitel az áteresztősávban közel egységnyi, így a meglévő hangrendszerben sem szükséges erősítéspótlásról gondoskodnunk. A műveleti erősítő frekvenciakompen-





25. ábra



27. ábra

függ. Ez a Z-dióda helyére beiktatott milliampermérővel mérhető, majd a potenciométerhez milliamperben kalibrált skála készíthető.

A Z-diódán eső feszültséget az IC, egy komparátorként működő műveleti erősítő, hasonlítja össze a P2 csuszkáján jelen levő feszültséggel. Ha utóbbi kisebb, mint a Z-dióda feszültsége, az IC neminvertáló bemenetének potenciálja meghaladja az invertáló bemenetét, a kimeneti szint a tápfeszültség közelébe ugrik és a LED kigyullad. A P2 skálája természetesen voltban kalibrálható.

A stabil, reprodukálható mérés feltétele, hogy a P2-re stabilizált tápfeszültséget kapcsoljunk, és mindkét potenciométer kitűnő linearitású műszerpotméter (pl. precíziós huzalpotenciométer) legyen.

A kapcsolás eredeti formájában max. 27 V-os Z-diódák vizsgálatára alkalmas. A méréshatárt megnövelhetjük, ha a tápágat az „X” jelű ponton megszakítjuk, és az áramgenerátorra egy magasabb tápfeszültséget kapcsolunk. A szaggatottan ábrázolt D dióda nyitott mérőkapcsok esetén megvédi a műveleti erősítő neminvertáló beme-

netét a tápfeszültségnél lényegesen magasabb feszültség károsító hatásától.

### Labor-áramgenerátor

A napi méréstechnikai gyakorlatban sokszor szükséges valamely eszközt adott árammal meghajtani és így vizsgálni. A 25. ábrán látható igen egyszerű kapcsolás három fix áramértékre átkapcsolható, igen nagy belső ellenállású áramgenerátor. A nagy belső ellenállás a műveleti erősítő nagy nyílthurkú erősítésének köszönhető.

Az áramgenerátor pontosságát, stabilitását elsősorban az alkalmazott Z-dióda paraméterei határozzák meg. Erre a helyre feltétlen alacsony hőfoktényezőjű, kis differenciális ellenállású példányt tegyünk. Célszerű a kifejezetten ilyen célokra gyártott referenciadiódák használata.

Ilyen pl. a 6,2 V-os 1N4895, amelynek minden példányához mellékelt adatlapján megtalálható a javasolt munkaponti áram is. Ezt a FET-es áramgenerátor P potenciométerével állítjuk be.

Ha stabilizált tápfeszültséggel működtetjük a kapcsolást, az áramgenerá-

tor a névleges áramot biztosító fix ellenállással is helyettesíthető.

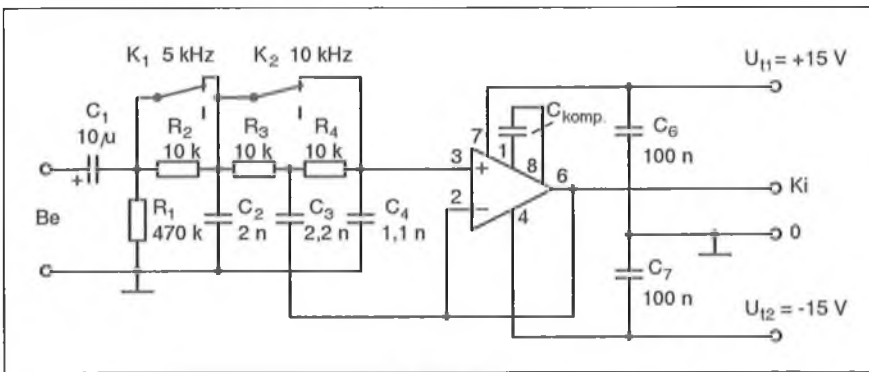
A kimeneti áramok a fokozatkapcsolóval kiválasztott ellenállások kalibrálásával állíthatók be a névleges értékre.

### Aluláteresztő szűrő HIFI-be

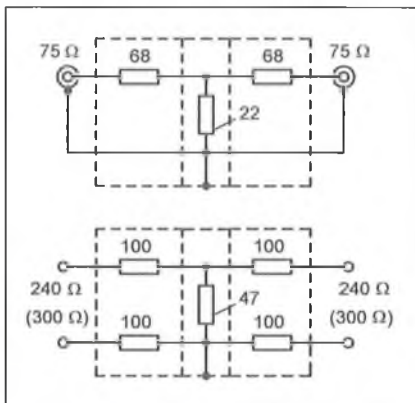
A „zajmentes” mp3-ak és CD világában gondot okozhat egy-egy öreg, „agyonjátszott”, analóg, fekete hanglemez meghallgatása vagy átmentése, mely többnyire zavaró sercegést, sustergést is produkál, hiszen annak idején a legfinomabb tű is megkoptatta a bakelitot. A régi analóg, szalagos magnófelvételek is idővel bezajosodhatnak. E kellemetlenségek zavaró hatását csökkenti a 26. ábrán vázolt felülvágó-aluláteresztő szűrő.

A korábbiakban bemutatott felülvágó-eresztő áramkörhöz hasonló kapcsolással van most is dolgunk, mint látható; a szűrőjellegű biztosító ellenállásokat kondenzátorokra cseréltük és viszont. Csak a K2 nyitásakor a határfrekvencia 10 kHz, csak a K1 nyitásakor ez 5 kHz-re csökken, mely utóbbi érték pl. műsorszóró AM-vevők interferenciafüttének (9 kHz) elnyomására is megfelelő. Mind a két kapcsoló nyitásakor szintén 5 kHz a határfrekvencia, ugyanakkor javul a vágás meredeksége.

A bemeneti jel névleges feszültségértéke 200 mV (effektív). Az átvitel az áteresztősávban közel egységnyi, így a meglévő hangrendszerben sem szükséges erősítéspotlással gondoskodnunk. A műveleti erősítő frekvenciakompenzálását szolgáló  $C_{komp}$  kondenzátor értéke a 748-as műveleti erősítőnél 30 pF lehet. (Sok IC-nél nincs szükség/lehetőség ilyen külső frekvenciakompenzálásra, azoknál e kondenzátor elhagyandó!)



26. ábra



28. ábra

### Diódás hőmérő

Az amatőrök körében nagy népszerűségnek örvendenek a szilíciumdiódát, mint hőmérséklet-érzékelőt tartalmazó hőmérséklet/feszültség átalakítók. A 27. ábra is egy ilyen megoldást mutat be.

A kettős műveleti erősítő OP1 tagja a 150 kohmos ellenállással egy kb. 50 mikroamperes áramgenerátort alkot, amelynek árama átfolyik a hőfokérzékelő diódán. Az OP1 kimenetén mérhető feszültség fordítottan arányos a dióda hőmérsékletével.

Az OP2 kalibrálható erősítő végzi el a szükséges szinteltolást és az invertálást. A skála nullpontja a P1-gyel, az erősítés a P2-vel állítható be. A kimenet kb. 10...20 mV/°C-ra állítható be.

### Antennajel-csillapítók

A szellemképmentes tv-vétel vagy éppen az áthallásmentes sztereó rádiózás érdekében nem túlzás, ha pl. a sűrűn tagolt, tehát erős reflexiókat eredményező helyeken még a közeli adóállomás vételére is sokelemes, így keskeny nyílásszögű antennát használunk. Ez viszont – a nagy antennanyereségből eredően – a vevőbemenet túlvezérlését

eredményezheti. A túlvezérlés megszüntethető jelszillapító alkalmazásával, amelyet közvetlenül a vevő előtt iktatunk az antennakábelbe, természetesen az impedanciaillesztés megtartásával.

A csillapító diszkrét ellenállásokból is elkészíthető, amelyhez a 28. ábra nyújt segítséget. Fontos, hogy az ellenállások indukciómentes, azaz nem csavarvonal-szerűen készült példányok legyenek. Az UHF-sávú üzem érdekében a lehető legrövidebb lábakkal forrasszuk be azokat! A csillapítót célszerűen (esetleg többkalicás) fémdobozkába építjük be.

A csillapító beiktatásával a túlvezérlés jelei (kettő vagy több állomás összemossott képe, zavaros hangja, cirádák, ugráló sávok a képen) látványosan eltűnnek. Azonban a beiktatást követően erősödő „hangyasodás” a tv-képen, növekvő sístergés a hangban – a már túl kicsi bemenőjelre utalnak.

**Mi csak erősödünk, az árunk meg gyengül!**

## Árröbbség a HAM-bazárban!

190 mAh-s	6F22- (9V-os telep-) méretű	NiMH akku	1800 Ft/db
850 mAh-s	AAA- (mikroelem-) méretű	NiMH akku	350 Ft/db
1000 mAh-s	AAA- (mikroelem-) méretű	NiMH akku	550 Ft/db
1500 mAh-s	AA-méretű, <u>forrfűles</u>	NiMH akku	600 Ft/db
2000 mAh-s	AA-méretű, <u>forrfűles</u>	NiMH akku	750 Ft/db
2200 mAh-s	AA eneready	NiMH akku	600 Ft/db
2400 mAh-s	AA- (ceruzaelem-) méretű	NiMH akku	800 Ft/db
2600 mAh-s	AA- (ceruzaelem-) méretű	NiMH akku	900 Ft/db

(áfas árak)

Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em., H-P 09-14 óra.  
Tel./fax: 239-4932, 239-4933, 36-os mellék,  
hambazar@radiovilag.hu www.radiovilag.hu

NE SOKAT ELEMEEZEN,  
INKÁBB AKKUZON!

## „AKCIÓ-223”

### ÉVKÖNYVRENDELÉS

4500 Ft helyett CSAK 3500 Ft-ért!

(plusz postaköltség)

Már most megrendelheti és megveheti a 2013-as

## RÁDIÓTECHNIKA

### ÉVKÖNYV-t

(Szállítása 2012 novemberében.)

Ajánlatunk (rendelésre/befizetésre)

2012. június 30-ig érvényes!

Rendelek: ..... db-ot.

Név: .....

Cím: .....

Ezen OLVASHATÓAN kitöltött megrendelés beérkezte után küldjük a csekket.  
Címünk: Rádióvilág Kft., 1374 Budapest, Pf. 603.  
Akción megrendelést csak ezen az eredeti megrendelőszelvényen fogadunk el!



# HIRDETÉSEK

Akkuvásár . . . . .	223. oldal	PROFITECH Kft. . . . .	127. oldal
ANICO Kft. . . . .	Borítólapp I.	Rádiós könyvek . . . . .	186. oldal
Audiofil erősítők építése 2. . . . .	215. oldal	Rádiótechnika előfizetési akció . . . . .	3. oldal
C+F Kft.. . . . .	Borítólapp I.	Rádiótechnika évkönyv akció . . . . .	114. oldal
ChipCAD Kft. . . . .	Borítólapp II., 30. oldal	RET elektronika (Robtron El. Trade Kft.) . . . . .	B. I., B. IV.
Commed Trade Kft. (CMT) . . . . .	77. oldal	Reményi I. Rádióamatőr Alapítvány . . . . .	88., 181., 224. oldal
ELFA – Ageta Kft.. . . . .	B. I., 181. oldal	Régi RT- és HE-lapok a HAM-bazárból . . . . .	215. oldal
ELMŰ Nyrt. . . . .	Borítólapp III.	Rádiótechnika és Hobby Elektronika lapok, RT évkönyvek letöltése . . . . .	187. oldal
Forrasztóállomások a HAM-bazárból . . . . .	206. oldal	Szakkönyvek a HAM-bazárból . . . . .	67., 215. oldal
GIGATECHNIK . . . . .	206. oldal	TALI Bt. . . . .	77. oldal
GLOBAL FOCUS Kft. . . . .	89. oldal	Távvezérlők a HAM-bazárból . . . . .	215. oldal
H&M Trafo Kft. . . . .	68. oldal	2013-as RT évkönyv akció . . . . .	223. oldal
Hobby Elektronika Füzetek . . . . .	75. oldal		
INCOMP Kft. . . . .	B. I., 43. oldal		
LOMEX Kft.. . . . .	89. oldal		
PIC-es szakkönyv a HAM-bazárból . . . . .	215. oldal		

**1** **Segítsen**  
**% Ön is!**

**Reményi István**  
**Rádióamatőr Alapítvány**  
**18226429-1-43**

*Az alapítványt támogatja a*

**RÁDIÓTECHNIKA** **Elektronika** **FÜZETEK**



Az ELMŰ Nyrt. – 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



# MINŐSÉGI

## ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK GYÁRORSZÁGI RAKTÁRBÓL



Elektronikai alkatrészek szállítása az ország egész területére  
rendelt árut már a következő munkanapon átveheti  
, mint 20000-féle raktáron lévő alkatrész közül válogathat  
alunk kiadott 800 oldalas katalógus segít Önnek a vásárlásban  
beszerzésben küldheti rendelését a 06 80 824-610-es faxszámunkra

## Robtron Elektronik Trade Kft.

**et**  
tronika  
v.ret.hu

### KÖZPONT

#### TELEFONOS ÉRTÉKESÍTÉS, CSOMAGKÜLDÉS

6728 SZEGED, Dorozsmai út 35., Délép ipari park, Telefon: (62) 554-600  
Mobil: (30) 565-3004, Fax: (62) 554-610, Ingyenes fax: 06 80 824-610  
E-mail: info@ret.hu

### ÜZLET

#### KISKERESKEDELMI ÉRTÉKESÍTÉS

6721 SZEGED, Szent Miklós u. 9/a. Telefon: (62) 422-500  
Fax: (62) 422-596, E-mail: uziet@ret.hu

### IRODA

#### ÁRUKIADÁS

1102 BUDAPEST, Kőrösi Csoma S. út 6/d. Telefon: (30) 226-8666  
E-mail: budapest@ret.hu

elektronikai alkatrészek raktárról