

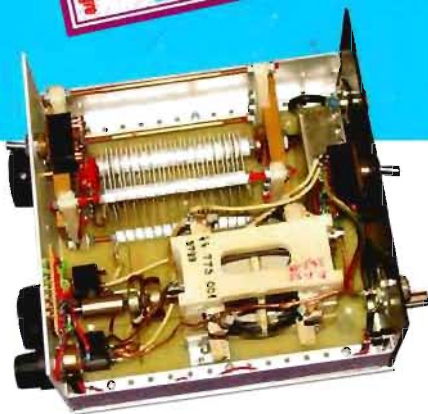
# RÁDIÓ – TECHNIKA ÉVKÖNYVE 2011



**R-140**



A programot készítette: Vörös Tamás 2010. április



**QUAD 405**

2. rész

**D  
R  
A  
M**



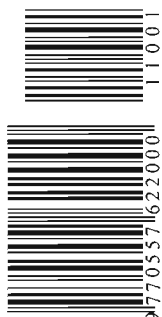
**www.ret.hu**  
**ret**  
elektronika  
Telefon: (62) 554-600

**anico**  
HÍRADÓTECHNIKAI KÉPESKÖZELMI 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 nagykereskedelem  
EXPORT - IMPORT  
2120 Dunakeszi, Fő út 35. ☎ (27) 342-407  
[www.incomp.hu](http://www.incomp.hu)

**ELFA** ...ami az elektronikához szükséges  
40.000 cikk egy katalógusban  
**Kérje ingyenes katalógusunkat!**  
[www.ageta.hu](http://www.ageta.hu)  
e-mail: [ageta@ageta.hu](mailto:ageta@ageta.hu) tel: 30/256-4288

**SOSElectronic**  
WEBÁRUHÁZ  
[www.soselectronic.hu](http://www.soselectronic.hu)  
3527 Miskolc, Buda József. u. 1.  
tel: 06/46/501 380 fax: 06/46/501 389



**Mikrofonok és -előerősítők**

**Ionizátorok**

# Erősítse grafikus kijelző megoldását PIC32 mikrovezérlővel



A sokoldalú kommunikációs lehetőség és a grafikus felhasználói felület alapvető tulajdonsága napjaink alkalmazásainak. A rugalmasság és a különböző termékopciók támogatásának megtartása mellett nagy kihívást jelent az intuitív, látványos, rendszerbe kötött megoldások létrehozása. A Microchip PIC32 sorozatú 32 bites mikrovezérlői biztosítják a szükséges teljesítményt, memóriaméretet és perifériákat céljai eléréséhez.

A PIC32 kategóriájában minden eszközt megelőző 1.56 DMIPS/MHz teljesítményével. A maximum 512 KiB Flash programmemória, a 128 KiB RAM adatmemória, valamint az Ethernet, CAN és USB integrált kommunikációs perifériák segítségével a PIC32 a teljesítmény és rugalmasság olyan együttesét nyújtja, mellyel könnyen megfelelhet napjaink tervezési kihívásainak.

## A Microchip segít tervei megvalósításában

- PIC32 Starter Kit-ek – független, könnyen használható fejlesztőkártyák, integrált programozó/hibavadász egységgel.
- Multimedia Expansion Board – mint kategóriájában a legteljesebb felhasználói interfész-fejlesztői megoldás – interaktív grafikus és audió interfészek fejlesztését teszi lehetővé, akár Wi-Fi csatlakozással is - bármelyik PIC32 Starter Kit kártyához csatlakoztatható.
- A Microchip ingyenes grafikus ill. kommunikációs könyvtárai és a mintakódok megkönnyítik a fejlesztést és lerövidítik terméke piacra kerülésének idejét.

## INDULJON 3 EGYSZERŰ LÉPÉSSSEL

1. Vásároljon egy PIC32 Ethernet Starter Kit-et és egy Multimedia kiegészítő kártyát
2. Töltse le az MPLAB® IDE fejlesztőkörnyezetet
3. Kezdje meg a tervezést!  
[www.microchip.com/graphics](http://www.microchip.com/graphics)



PIC32 Ethernet Starter Kit - DM320004



Multimedia Expansion Board - DM320005

## Az intelligens elektronika a Microchippel kezdődik

**chipCAD**  
DISTRIBUTION

1094 Budapest, Tűzoltó u. 31. Tel.: (+36-1) 231-7000. Fax: (+36-1) 231-7011. [www.chipcad.hu](http://www.chipcad.hu)

A Microchip név és logója, a PIC és az MPLAB, a Microchip Technology Incorporated bejegyzett védjegye az Amerikai Egyesült Államokban és más országokban. Ez összes 1000+ védjegy az illető cégnek tulajdonosa.  
© 2010, Microchip Technology Incorporated. Minden jog fenntartva: ME263Hun/10.100

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

**MICROCHIP**

**A**  
**RÁDIÓTECHNIKA**  
**ÉVKÖNYVE**  
**2011**

## Szerkesztette:

Békei Ferenc főszerkesztő

okl. vill. üzemmérnök, HA5KU

## Írták:

Balás B. Dénes távközlési technikus, HA8BDE

Békei Ferenc okl. vill. üzemmérnök, HA5KU

Bus László okl. villamosmérnök

Csiszár János okl. villamosmérnök

dr. Fábíán Tibor okl. villamosmérnök

Kovács Győző okl. villamosmérnök

Lendvai Klára HA5BA

dr. Madarász László okl. villamosmérnök

Mednyánszky László villamosmérnök, HA7VC

Nagymáté Csaba villamosmérnök

dr. Nagymáté Emese okl. vegyész

Plachtovics György műszeripari technikus

dr. Simoncsics László okl. villamosmérnök

Sipos Gyula okl. IC-szakmérnök

dr. Sipos Mihály okl. villamosmérnök

Urkon Ede villamosmérnök, HA5BWW

Vörös Tamás tanár

## Tartalomjegyzék

Előszó . . . . .	3
Néhány magyar elektronikai vállalat rövid története és helyzete napjainkban . . . . .	4
Ismét a QUAD 405 erősítőről (2.) . . . . .	10
Végerősítő kapcsolások EL34-es elektroncsőre . . . . .	44
Mikrofonok és mikrofon előerősítők . . . . .	61
Színes TFT LCD-k . . . . .	78
A levegőionizátor . . . . .	93
Muzeális vevőkészülékek szakszerű restaurálása (14.) Rádióesztétika (4.) . . . . .	122
Technikatörténet – évszámokban . . . . .	132
50 éves az első hazai számítógép . . . . .	140
A DRAM fejlődése 1970–2010 között . . . . .	164
Nagyfrekvenciás erősítőkapcsolások (4.) . . . . .	186
PIN-diódás csillapító . . . . .	189
A világ rádiómúzeumai: Hammond Múzeum . . . . .	193
Egyszerű L-antennaillesztő . . . . .	196
„Törpe” – két hullámsávós RH vevő . . . . .	201
Cq de HA... Cq de HG... 2010 . . . . .	204
Katonai rádiók amatőrkézben (9.) Az R-140 adó végerősítő fokozata . . . . .	206
Sok kis kapcsolás . . . . .	223
Akciós 2012-es évkönyv-rendelés . . . . .	223
Hirdetések . . . . .	224

© A könyvvel kapcsolatos minden jog fenntartva!

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

Kiadja:

*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, 2010 [www.aduprint.hu](http://www.aduprint.hu)

Felelős vezető: Tóth Éva ügyvezető igazgató

HU-ISSN 0557-6229

## Előszó

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

A 2011-es évkönyvünk anyagai – hagyományosan – az olvasóink körében nagy népszerűségnek örvendő, lapunkban magas színvonalon publikáló szerzőinktől valók. A „Rádiótechnika” hasábjairól jól ismert gárda mostani évkönyvünkben két új taggal bővült. *Csiszár János* okl. villamosmérnök a „Mikrofonok és mikrofon előerősítők” c. hiánypótló munkájában a téma kiskatéját nyújtja át az érdeklődő olvasóknak. *Kovács Győző* okl. villamosmérnök, a közismert számítástechnikai szakíró pedig az első hazai számítógép, az M-3-as történetét ismerteti egyéni, rendkívül élvezetes stílusú és információ gazdag írásában. Ritka alkalom, hogy új évkönyvünk szerzői között két hölgyet is köszönhetünk: *Lendvai Klára* (HA5BA) és *dr. Nagymáté Emese* okl. vegyész közleményével remélhetőleg a jövőben is emeli majd kiadványunk színvonalát.

A 2011-es évkönyvünkben – egyebek mellett – 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« akciónk 2011-re! RÁDIÓTECHNIKA

A 2011-re szóló »**ÁRFELEZŐS ELŐFIZETŐ**« akciónkba **Érv. 2011. Jan. 31.-ig!**  
Ön dönt, melyik kedvezményes lehetőséggel él!

**1. LEHETŐSÉG:** RÁDIÓTECHNIKA éves előfizetési díj **11.880 Ft** (12 x 990 Ft) és fél áron, **1980 Ft** + postaköltségért küldünk majd Önnek 1 db 2012-es RT évkönyvet, 2011 novemberében.

**2. LEHETŐSÉG:** RÁDIÓTECHNIKA éves előfizetési díj **9.900 Ft**, a normál 11.880 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 hambazar@radiovilag.hu

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

5

# Néhány magyar elektronikai vállalat rövid története és helyzete napjainkban

Dr. Sípos Mihály okl. villamosmérnök

*Vár állott, most kóhalom – jut eszébe a Himnusz az ötven évnél idősebbeknek, ha szóba kerül a magyar elektronikai ipar. Pedig napjainkban a hazai ipari termelés több, mint egynegyede itt jön létre. Ezzel a 2008-ban kezdődött világgazdasági krízis dacára is felülmúlja a nemzetgazdaság sikerágotaként kezelt és sokak által többször is részletesen elemzett közúti járműgyártást.*

*Az elektronikai ipar tehát még mindig nemzetgazdaságunk egyik legfontosabb ágazata. Azonban a termelés legfontosabb, exportra menő részének óriási többségét a külföldi érdekeltségű cégek állítják elő, a magyar tulajdonban lévők inkább belföldön próbálnak meg boldogulni.*

*A Rádiótechnika évkönyveiben több olyan átfogó tanulmány is megjelent, amelyek egy-egy régi, nagy magyar cég (Videoton, EMG, EMV stb.) múltját mutatják be. A jelen cikkben a teljesség igénye nélkül mások hányattatását vizsgáljuk fel.*

## A hőskor

A villamosság gyakorlati alkalmazása hazánkban – hasonlóan az iparosodó világhoz –, a távíróval kezdődött, mert a hírközlés politikai és katonai szempontból is fontos volt. A Bécs-Pest közötti távírvonal építése 1847-ben kezdődött és 1850-ben fejeződött be. A telefonhálózat létesítését *Puskás Tivadar* bátyja, *Ferenc* kezdeményezte 1879-ben, három évvel Bell találmányának bejelentése után. Az első telefonvonal 1881-ben épült meg. Még ugyanabban az évben üzembe helyezték az első központot a Lövész (ma Királyi Pál) utca 7. számú házban.

Korábban a hazai telefonhálózat alig adott munkát magyar vállalkozóknak, ettől kezdve azonban nagy hatása volt a hazai ipari háttér kialakulására. Amikor felvetődött a Budapest-Bécs közötti távbeszélő-kapcsolat kiépítése, magyar cégektől is bekérték ajánlatukat. Ezeknek 1889. évi értékelése szerint többek között *Egger és Társa*, valamint *Neuhold János* budapesti iparosok nyújtottak be jó ajánlatot.

A bécsi *Egger Bernát Béla* gyára 1872 óta működött Budapesten, de csak később tért át villamos berendezések gyártására. Először távíró- és távbeszélő-készülékekkel foglalkozott és megszerezte a kor legjobb, *Berliner-féle* mikrofonja gyártási jogát. Később izzólámpák előállításába kezdett és tevékenysége a világítás áramellátását szolgáló dinamók gyártására is kiterjedt. Erre 1889-ben önálló Villamos Izzólámpagyár Rt. alakult, majd az eredeti céggel közösen 1894-ben létrehozták az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt.-t. Ebből később kivált a távközléssel foglalkozó rész és a Western Electric Co.-val létrejött a Standard Villamossági Rt., a BHG elődje.

*Neuhold János* a Posta szolgálatában távírásként szerzett tapasztalatait kihasználva 1876-ban önállósította a céget és egy kisebb műhelyt rendezett be mechanikai és távírdai gépek készítésére. A vasútnak fő szállítója lenni, gyára rohamosan fejlődött. 1896-ban *Neuhold és Társa* Vasútfelszerelési és Villamossági Gépgyár néven a budapesti *Gizella* út és *Hungária* körút közötti telephelyen új vállalatot alapított. Ezután fokozatosan szorosabb kapcsolatba került a hannoveri Telefonfabrik A. G. céggel, majd 1899-től annak magyarországi fióktelepévé alakult át. Ez volt a későbbi Telefongyár őse.

A telefonhálózat építése közvetve más iparágakra is hatott. A Budapest-Bécs telefonvonal építéséhez – *Baross Gábor* ösztönzésére – a pécsi *Zsolnay* porcelángyár készítette a szigetelőket. A vezetékanyagot előbb külföldről hozták be, majd 1890-ben *Jacottet és Társa* néven kisebb kábelgyár létesült Budapesten. Ezt a Fetteen és *Guillaume* cég – a magyar piac elvesztésétől tartva – három év múlva megvette és felkészültségét, tőkeerejét kihasználva néhány év alatt a kor színvonalára emelte. E céget tekintik a Magyar Kábel Művek elődjének.

Különleges vállalkozás volt *Szvetics Emil* elektrotechnikai laboratórium, amely speciális mérőműszereket gyártott a Posta számára. Ezek bonyolult méréstechnikai megoldásaikkal és

pontos kivitelükkel külföldön is elismerést szereztek a kis cégnek. Például a zárlati helyek mérésére kifejlesztett *Szvetics-híd* még a XX. század közepén is használt mérőműszer volt.

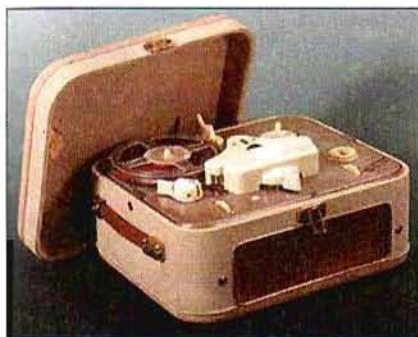
BHG



A korábbiakban már említett Standard Villamossági Rt. 1936-ban költözött Újpestről a Fehérvári útra, az Ericsson által az 1910-es években létesített telephelyre. Az épület a Fehérvári út, *Hauszmann Alajos* u., *Sopron* u. és *Galambóc* u. által határolt tömbben volt. Az amerikai tulajdonú Standard Villamossági Rt.-t 1949 végén államosították és ezután Standard Nemzeti Vállalat néven működött. Négy évvel később, 1953-ban vette fel a *Beloianisz Híradástechnikai Gyár* nevet, amit BHG-nek rövidítettek. Miután a '70-es évek végén nehezen lehetett működni a nyugati piacon egy kommunista partizán nevével, döntés született az új elnevezésről: BHG Híradástechnikai Vállalat. A kérdésre, hogy mit jelent a BHG, az volt a válasz, hogy három betű.

Egyes visszaemlékezések szerint az újságíróknak, olvasószerkesztőknek ez nem volt elég és elnevezték cikkeikben a céget Budapesti Híradástechnikai Gépgyárnak. Ennek ugyan semmi értelme, de legalább megfelel a BHG betűszónak.

1956-ban itt készült el az 1/0,4 kW-os budapesti, *Széchenyi-hegyi* tévéadó, amellyel június 27-én elindultak a rendszeres kísérleti adások. 1968-tól egy Ericsson-licenc keretében a BHG közel húsz éven keresztül több, mint 1 millió vonalkapacitásnak megfelelő elektromechanikus crossbar telefonközpontokat gyártott, melyeknek mintegy fele exportra került. Ezekben az években vált a cég a magyar híradástechnikai ipar akkori zászlóshajójává. Több, mint tízezer embert foglalkoztatott, több vidéki telephelyt tartott fenn. A Magyar Postából 1990-ben kivált *Matáv* által – a hálózatának fejlesztése érdekében – 1991-ben meghirdetett El-



A Mambó magnetofon

ső Telefon-főközpont Rendszerválasztó Tenderen a BHG-Northen Telecom vegyes vállalat eredménytelenül szerepelt. A cég sorsa ezzel megpecsételődött (a győztesek az Ericsson-Műszertechnika és a Siemens-Telefongyár alkotta vegyes vállalatok lettek).

2005 nyarára az eredetileg 1,46 Mrd Ft jegyzett tőkéjű BHG Híradástechnikai Rt. teljesen kiüresedett, utolsó ingatlanvagyonától is megvált. Az elmúlt években már szinte kizárólag ingatlanhasznosítással foglalkozó BHG-ből – a cég jegyzett tőkéje 599 M Ft-ra történő leszállítása mellett – három ingatlanos társaság vált ki. A BHG üzemeépületében ma a T-Com egyik telefonközpontja van.

A vidéki telephelyek közül szinte csak a szekszárdi élte túl az anyacéget. Az előd vállalkozás 1954-ban alakult, Szekszárdi Vasipari Vállalat néven. 1954-62 között fő profiljuk a fémfeldolgozás volt, majd 1975-ig olajkályhákat gyártottak. 1975-ben profilt váltottak: telefonközpontokat kezdtek összeszerelni, amit 1992-ig tudtak folytatni. Ekkor a változó piaci igények hatására szerszámgyártásra, présgépekkel történő fémmegmunkálásra, kábel és elektromos motor összeszerelésére vállalkoztak, ami manapság is tart. 1994-től BHG Alkatrészgyártó Kft. néven önállóan működnek, 430 főt foglalkoztatnak. Az elmúlt időszak recessziója őket is erősen érintette, ezért a foglalkoztatott létszámuk is jelentősen lecsökkent az elmúlt két évben: 435 főről 271-re.

## BRG



A Budapesti Rádiótechnikai Gyár jogelődjét 1953-ban Óbudán Vörös Szikra Gyár néven hozták létre a Magyar Adócsőgyár és a BHG egyes részlegeinek áttelepítésével. Ezekben

az években az üzem fő profilja adócsövek, rádió- és híradástechnikai, valamint elektromechanikai eszközök gyártása volt, azonban a hadiipari konverzióknak betudhatóan 1955-től kezdve Vörös Szikra márkanéven magnetofonokat is gyártott. Az 1960-as évek házibulijainak elmaradhatatlan kelléke volt a legendás Mambó magnó, melynek neve akkortájt egyet jelentett az otthoni hangrögzítéssel.

A Budapesti Rádiótechnikai Gyar (BRG) nevet 1963-ban vette fel. A '60-as évek elején gyáregységeket hozott létre Kecskeméten és Salgótarjában, utóbb Lakiteleken is. Ettől kezdve főbb termékei: URH rádiótelefonok, magnetofonok, diktafonok, számítástechnikai eszközök, rádióalkatrészek. Termelésének 70...80%-a került külföldre, elsősorban a volt szocialista országokba. A '80-as évek közepére az ország egyik legnagyobb híradástechnikai vállalata lett.

A cég 1989-ben önprivatizáció útján holdingszervezeté alakult. A BRG Mechatronikai Rt. 8 rt.-t és 12 kft.-t fogott össze, szinte mindegyikben több-kevesebb külföldi tőkével. Az import liberalizálása következtében kialakult éles versenyhelyzet miatt 1994-ben kénytelen volt felszámolni lakiteleki magnetofon-összeszerelő üzemét. További súlyos érvágás volt számára a katonai célú híradástechnikai eszközök és rendszerek gyártásának a megszűnése, ezért sorra be kellett zárnia az egyes vállalkozásokat. Az önállósodó, rádiókommunikációs eszközöket gyártó salgótarjáni BRG Rádiótechnikai Rt.-t 1998-ban megvásárolta a Videoton és neve is VT-BRG Rádiótechnikai Rt.-re változott. A folyamat eredményeként a BRG Híradástechnikai Rt. jogutód nélkül megszűnt.

## BEAG



Hasonló profillal rendelkezett a Budapesti Elektroakusztikai Gyar (BEAG), amelynek elődjét a MAFIRT Műszaki Főosztályából alapították 1948-ban, Hang- és Kinotechnikai Gyar elnevezéssel, melyet 1959-ben változtattak meg – először csak Elektroakusztikai, majd – Budapesti Elektroakusztikai Gyárra. Legfőbb terméke a sorozatban gyártott rádióstúdió volt, ezek zömmel a Szovjetunióba és Kelet-Európába kerültek, de hangosító berendezései, keverőasztalai, mikrofon-



„Komputer” a BRG-től

jai, hangsugárzói és egyéb stúdióberendezései is keresettek voltak. A cég egyik legutolsó nagy volumenű feladata az Országház üléstermei hangosító rendszereinek létrehozása volt. Az ipari híradástechnikai eszközgyártás 1990 utáni átrendeződése során profilját elvesztette, tevékenysége gyakorlatilag megszűnt. Ezután eredménytelenül próbálkoztak még profilidegen gyártmányokkal is (pl. alumíniumlétrákkal), aminek következtében a céget 1994 körül felszámolták. A felszámolás során elsőként elbocsátott fejlesztők, akik hittek a szakmájukban és tudásukban, témakörök szerint létrehoztak egy-egy Kft-t, hogy szakmai múltjukat, hozzáértésüket üzleti sikerekre váltsák át. Így jött létre a BEAG Elektroakusztikai Kft. is, amely ma a Magister Kft. magántulajdonában áll. A BEAG Kft. célja, hogy a BEAG hagyományos profiljából mindazon témaköröket állandó fejlesztéssel továbbvigye, amelyek piaci sikerei az elmúlt időszakban bizonyítást nyertek. Ugyanakkor nagy hangsúlyt fektetnek a régi BEAG berendezések életbetartására is.

## GAMMA



A cég fő profilja a nukleáris mérőműszerek, orvosi izotópdiaosztikai berendezések, automatikák és más, fajsúlyos berendezések gyártása volt. A '60-as években mégis egy kicsiny, primitív fényképezőgép, a kezdőknek szánt Pajtás ismertette meg generációkkal a Gamma nevet.

A józsefvárosi üzemet alapító 1920-ban jegyeztették be a cégjegyzékbe, szabadalmak értékesítésére, valamint mechanikai és elektrotechnikai tömegcikk gyártására. A kis cég másfél év alatt tönkrement, amit aztán 1921-ben Juhász István és Juhász Zoltán gépészmérnökök vettek át és fokozatosan nagyvállalattá fejlesztettek. 1923-ban a cég új neve Gamma Finom-



Juhász István

mechanikai Gépek és Készülékek Gyára Rt. lett. Az Rt. 1924-ben új telephelyre, a Fehérvári útra költözött, ahol 1926-ban kísérleti- és tudományos-készülékek és berendezések előállítását, geodéziai műszerek gyártását, valamint fogaskerekek készítését kezdték meg. Egy évvel később pedig belefogtak a haditechnikai műszerek gyártásába: 1938-tól kezdve a Juhász testvérek szabadalma alapján itt készült az ún. lövelemképző, amely egyféle mechanikai analóg célszámítógép volt.

A gyorsan fejlődő és terjeszkedő vállalat nevét 1939-ben GAMMA Finommechanikai és Optikai Művek Rt.-re változtatták. 1940-ben a teljes magyar gyáripar exponójának mintegy 10%-át a cég termékei adták.

A II. világháborúban a vállalatot értek károk mértéke 80% körüli volt. A részleges helyreállítását követően a Szovjetunióhoz termelt, majd 1948-ban általi tulajdonba vették és szanáltak. A profilrendezések során a Gammából 1952-ben kivált a Finommechanikai Vállalat, 1960-ban pedig az optikai profilt átadták a MOM-nak és megkezdtek a geofizikai és nukleáris műszerek előállítását. 1962-ben hozzácsatolták a Geofizikai Mérőműszerek Gyárát, négy évvel később pedig – immár Gamma Művekként – a Telefongyártó átvették a rezgőkristályok, valamint szűrők gyártását. Az új profil kialakulásával egyidejűleg a vállalat fejlődése ismét látványos volt, s az 1970-es, 1980-as években neves külföldi cégekkel know-how- és licen szerződéseket kötöttek.

A rendszerváltást követően a vállalat termékei iránti kereslet szinte nullára csökkent, ezért csődhelyzetbe került, 1993-ban felszámolták, a dolgozókat végkielégítéssel elbocsátották. A cég vezetői azonban meg kívánták őrizni mind a felhalmozott tudásanyagot,

mind a jól ismert márkanévet és ezért még ugyanabban az évben 30%-os amerikai részvétellel megalapították a Gamma Műszaki Kft.-t, amely 1994-ben Rt.-vé alakult. A cég 1998-ban két kisebb leányvállalatot alapított: a Gamma Analcont Kft. folyamatszabályozási profillal a Texelektronik távadógyártó, illetve „hátér” cégeként nagy reményekkel indult, de mivel a fejlesztés háttérbe került, a piaci nyomás pedig erősödött, lassan leépült. A Gamma Mechanikai Kft. nehezen és szakemberhiánnyal, utánpótlással küszködve működik, precíziós termékeket gyárt Svájc és Németország számára. Maga a Műszaki Rt. a nukleáris technika egyedüli hazai bázisa lévén a hazai katonai fejlesztéseket jól megfogalolvva fejlődésnek indult, sőt bővült: kivásárolva a Respirátor Rt.-t, az A(tom) B(iológia) V(egyvédelmi) rendszer egyedüli hazai képviselője lett, és új telephelyre is költözött.

Sikert leginkább a Gamma Nukleáris orvosi diagnosztikai osztálya dolgozó által létrehozott Gamma Digital kft. tud elkönyvelni, amely 2010-ben volt 10 éves. Tevékenységükben a feladat-orientált mérnöki kreativitást igénylő rendszerintegrálás a meghatározó. E cég szakemberei helyezték el a budapesti Szabadság téren található új, interaktív szökökút érzékelőt, ők szállították ennek adatgyűjtő PLC-jét is.



Juhász Zoltán

### GELKA



Az elektronikai ipar elengedhetetlen része az értékesítés utáni javító, szerelő, szolgáltatói háttér. A kormány Gazdasági Bizottságának 1960-ban hozott határozata alapján létesítette a Kohó- és Gépipari Minisztérium a Gépipari Elektromos Karbantartó Vállalatot, közismert nevén a Gelkát. Feladata volt, hogy a jogelőd Ravel (Rádió Vételtechnikai Vállalat), valamint az addig szétszórta működő gyári márkaszervizek helyen országos vállalatként végezze el az elektromos tartós közszükségleti cikkek garanciális, illetve garancián túli javítását.

**GÉPIPARI ELEKTROMOS KARBANTARTÓ VÁLLALAT**

**Javítási számla A 966097 \***

**GÉPIPARI ELEKTROMOS KARBANTARTÓ VÁLLALAT**  
KARANTÁRSZÁMA: 01  
Sz. V., Fehérvári u. 8-10.  
Telefon: 172-911, 172-329

**Név:** \_\_\_\_\_  
**Cím:** \_\_\_\_\_  
**Típus megnevezése:** *Prüf*  
**Gyártási sorozatszám és sorozat:** *001060*  
**Tartozék:** *001060*  
**Cémcsoport:** \_\_\_\_\_ **Feszültség:** \_\_\_\_\_  
**Bejelentés beérkezése:** 19 *86* év *02* hó *11* n.  
**Elkészítési határidő:** 19 \_\_\_\_ év \_\_\_\_ hó \_\_\_\_ n.  
**Elvárható hibajelenség:** \_\_\_\_\_  
**Várható javítási díj:** \_\_\_\_\_

**szerviz díjbejegyző**

A helyszíni javítás elvégzéséről \_\_\_\_\_ órával  
előre szóban.

A megjavított készülék üzemképes állapotban átvettém. A szállítás költségeit, begyűjtési költségeit, helyszíni munkadíjat és azokat átvettém – nem tartok igényt az átvett eszközökért – nem tartok igényt az átvett eszközökért.

19 *86* év *02* hó *11* n.  
\_\_\_\_\_  
átvevő aláírása, bélyegző

Vállalati cikkszám	Beépített anyag megnevezése	Mennyiség	Egységár		Összeg	
			Forint	f	Forint	f
9370191532	Klaviatúra felhő	1db	27,-	-	27,-	-
9370191605	Doboz felhő	1db	80,-	30	80,30	
9370191604	Doboz felhő	1db	105,-	60	105,60	
9370191624	CPU WY44	1db	568,-	50	568,50	

Javítási számla a Gelkától



A Gelka az 1960–1970-es években a feladatkörébe tartozó javító szolgáltatások több, mint négyötödét látta el, a fennmaradó részt néhány szövetkezet és kevés számú kisiparos végezte. Megalítását követően a vállalat gyors növekedésen ment keresztül, fénykorában, a '80-as évek elején 8000 főt foglalkoztatott. Szervizei behálózták az országot, 350 egysége működött. A Gelka szolgáltatási diszpécserközpontja akkoriban egyedülálló volt Európában. Budapesten egy központi számon (333-333) volt elérhető a szolgálat, amely valamennyi szakszervizzel össze volt kapcsolva.

A rádiók, tévék, mosógépek, hűtőgépek és más készülékek karbantartása a hiánygazdaság keretei között, az e téren szüntelenül fellépő anomáliák a vicclapok és kabarak állandó céltáblájává tették a Gelkát. A szerelők szakmai tudása általában magas színvonalú volt, lépést tartottak a technika fejlődésével, ugyanakkor a vállalatnak sohasem volt elégséges anyagi forrása műszaki fejlesztésre.

1983-ban a Gelka-szervizek többsége 80, tanácsi felügyelet alatt álló kisvállalattá alakult. Kisebb részük továbbra is a Gelka keretén belül működött, megőrizve az országos jelleget. A vállalat összlétszáma 1987-re 2500 főre, fiókjainak száma 50-re csökkent. Ekkor tevékenysége fele részét már az alkatrész-kereskedelem, egynegyedét szerelés (pl. központi antennák, vagyónvédelmi berendezések kiépítése) alkotta és csak a fennmaradó negyed-rész volt a szolgáltatás.

Az 1990-es évek elején napirendre került a privatizálás, de a részvénytársasággá alakulás kudarcba fulladt. Végül a vállalatnál maradt egységeket előbb leányvállalattokká, majd egyszemélyes kft.-kké alakították. A Gelka adósságállománya 1992-ben már meghaladta a cég vagyonát, így 1993 közepén az ÁVÜ eldöntötte a vállalat fel-

számolását. A központ és a kft.-kben lévő vagyon felszámolásra, illetve értékesítésre került. Az egyes szervizegységeket az ott dolgozókból alakult társaságok vették meg a névhasználati joggal együtt, többségük ma is az eredeti tevékenységi körrel működik, elnevezésében valamilyen formában megőrizve a Gelka nevet.

## Medicor



A két világháború között a kisipari keretek között működő szerény orvosi műszergyártásnak a magyar piacon 1933-ban megjelent Magyar Siemens Reiniger Rt. adott lendületet. A német cég leányvállalataként elsősorban az importált röntgenberendezések szervizelésével foglalkozó cég Nagymező utcai telepén az idő tájt Európában ritkaságnak számító mélyterápiás röntgenberendezéseket is gyártottak. A nevét időközben Siemens Szerviz Magyarország Rt.-re változtató cég a II. világháború befejezésekor – mint német érdekeltség – szovjet tulajdonba került, majd 1948-ban a magyar állam tulajdonába ment át. Ebből a tevékenységét időközben saját fejlesztésű orvosi műszerek gyártásával bővítő vállalatból miniszteri határozattal 1952-ben alakult meg a Röntgen és Orvosi Készülékek Gyára.

Az akkor korszerűnek számító röntgengenerátorokat is gyártó vállalat nevével később Medicor Röntgen Művekre változtatták, majd 1963-ban az összes hazai műszergyártó üzemet – így a Budapesti Orvosi Műszergyárat, a Fogorvosi Műszergyárat, a Kórházi Berendezések Gyárat, a Debreceni Orvosi Műszergyárat és a Kontakta Vállalatot – egybevonták, létrehozva ezzel a Medicor Műveket (MM). Fénykorában, a '80-as években az MM 8 gyáregységgel és 6 telephellyel rendelkezett, a világ 35 országában volt képviselve, termelésének 85...90%-át exportálta –, többségét a KGST-országokba.

A vagyonát meghaladó, közel 3 Mrd Ft adóssággal küszködő MM 1987 végére likviditási válságba került. A vállalat a kiutat átalakítással kereste: életképesnek tűnő szervezeti egységeiből 10 rt.-t alapított, amelyek a vagyónkezelővé vált, állami tulajdonú Medicor Irányító Vállalat (MIV) kezében maradtak. Bár az egyes részvénytársaságok eredményesen működtek és túlélték a KGST összeomlása nyomán bekövet-

kezett piacvesztést, a vállalat egészének a helyzete mégsem javult. Az rt.-k kisebbségi tulajdonrészére a MIV nem tudott befektetőt találni, így maradt a magas adósságállomány, a tőkebevonás tovább várattott magára. Ezért 1989 februárjában a MIV legnagyobb hitelezői – a Budapest Bank, az Országos Kereskedelmi és Hitelbank, továbbá az Ipari Fejlesztési Bank, a Hungaria valamint az Állami Biztosító és a Postabank – 1,35 Mrd Ft-os alapítókéval megalakították a Medicor Holdingot, így a MIV kifizette lejárt banki követeléseit, a cég helyzete stabilizálódott.

A holding kereskedelmi bankok tulajdonában lévő részvényeit a Postabank 1993-ban felvásárolta, a Medicor egyszemélyi tulajdonosává vált. A bank 1998-ban bekövetkezett problémái után a cég ismét állami ellenőrzés alá került.

A helyzetet változtatni kívánó cégvezetés elérte, hogy a Medicor Röntgen Rt.-t eladják az amerikai General Electricnek, s ezt a forrást felhasználva a cég kivásárolta önmagát. Az ily módon visszaszerzett Medicorra aztán a holding vezetése 2000 közepén külföldi befektetőket talált.

A részvények kétharmadát az Európai Újjáépítési és Fejlesztési Bank (EBRD) által szervezett Hungarian Equity Partners (HEP), egyharmadát pedig az amerikai állami pénzből létrehozott Magyar-Amerikai Vállalkozási Alap szerezte meg.

A vállalkozás magyar vezetői hazai megrendelések híján az orosz piacot szemelték ki termékeiknek, melynek érdekében még a röntgengép-gyártást is újra beindították. Több sikertelen akciójuk következtében finanszírozási problémáik tovább fokozódtak, ami 2005-ben elvezetett a holding felszámolási eljárásának beindításához.

## Metripond

A Pesten, Budán és Óbudán működő mértékhitelítő hivatalok 1873-as egyesítése, a tizedes mértékrendszer bevezetése nagy lendületet adott a hazai mérleggyártás fejlődésének. Ennek köszönhetően jött létre 1878-ban a budapesti Rottenbiller u. 12. szám alatt Conrad Schember bécsi mérlegkészítő műhelye is.

Néhány évvel később két fiát is bevonta a Schember C. és Fiai Mérleggyárba, mely rövidesen az országban a legnagyobb lett. 1885-ben az üzem neve Schember C. és Fiai első Magyar



Metripond-mérlegek

Hídmérleg és Gépgyára változott. A századfordulón már a Hungária krt. 83. alatt működő Schember C. és Fiai cs. és kir. udvari Hídmérleg- és Gépgyárat – mely már ékszerész-, személy-, hús-, gabona-, juh-, vasúti híd- és helyhez kötött vagonmérlegeket is készített –, évtizedeken át az ország vezető iparvállalatai között tartották nyilván. Az 1929–33-as gazdasági válság idején azután több kisebb mérleggyárat is magába olvasztott. A Schember Magyar Mérleg- és Gépgyár 1937-ben rt.-vé alakult és a '40-es években már az exportja is jelentős volt.

Az államosítás után 1948-tól Mérleggyár Nemzeti Vállalként működött, 1951-ben a vidéki ipartelepítési program keretében két hónap alatt Hódmezővásárhelyre, egy átalakított régi malomépületbe költöztették, a neve pedig Mérleggyár, Hódmezővásárhely lett. 1958 után kezdték meg a súlyértékeket elektronikus jellel szolgáltató adagolómérleg-család és a korszerű dinamométerek fejlesztését.

A '60-as években különböző önműködő mérlegeket dolgoztak ki és az elektronikus mérlegek gyártására 1969-ben Fehérgyarmaton új csarnokot építettek. Az időközben Metripond Mérleggyárra átnevezett vállalat bekapcsolódott a KGST-integrációba is; profiljában Közép-Európa legnagyobb gyárává fejlődött.

A rendszerváltás után a piaci nagy részét elvesztő vállalat fizetésképtelenné vált, 1992-ben csődöt jelentett, majd 1993-ban felszámolási eljárás indult ellene. Még 1991-ben vegyes vállalatot hozott létre a német Pfister mérleggyárral, Metripond-Pfister Kft. néven. A társulás azonban nem váltotta be a reményeket, a céget 1993-ban felszámolták. A dolgozók egy része Metripond-Gallyas Kft. néven céget alapított, amely ma Metripond-M 93 Kft. néven gyárt ipari- és hídmérlegeket. Ugyanazon a hódmezővásárhelyi telepen működik és kiskereskedelmi mérlegeket gyárt egy másik vegyesvállalat, a belga tulajdonban lévő Micro-Metripond Kft.

## MMG-AM



*Marx Ferenc* 1900-ban fémáruk és fesszmérők gyártására céget alapított Budapesten egy Bulcsú utcai épületben.

A 6–8 fős cég többek között – a szabadalom tulajdonosaként – a Magyar Pos-

ta által a mai napig használt postaláda-zárszerkezetet állította elő.

1902-ben *Mérei Emil* társként belépett a cégbe és felvették a Marx és Mérei Tudományos Műszerek Gyára nevet, egyúttal fizikai és kémiai kutatásokhoz tartozó mérőeszközök gyártását kezdték meg. A villamos mérőműszerek készítését 1918-ban kezdték, 1925-ben a Légügyi Hivatal felszólítására programjukba vették a repülőműszerek előállítását. Az 1938-ban már 300 fős vállalat felvette az Első Magyar Repülőműszergyár nevet is és 1941-ben bekapcsolódtak a Messerschmidt-programba. 1943-ban a zsidó Mérei család a cégből kilépett, a vezetést a két Marx fiútestvér vette át, a vállalkozás neve pedig Marx és Marx Első Magyar Repülőműszergyár lett.

A II. világháború után, 1946-ban betagozódott a Műszaki Munkaközösség Termelő és Értékesítő Szövetkezetbe. A gyárat 1948-ban államosították és öt műszergyártó üzemet egybeolvasztva létrehozták a Mechanikai Mérőműszerek Gyárát (MMG). 1954-re elkészült a cég új központi telepe Óbudán, a Szépvölgyi úton.

A profil az 1950-es évek elején bővült ki a pneumatikus automatikaelemek gyártásával. A haditechnikai fejlesztéseket is ellátó MMG-hez 1955-ben hozzácsatolták az Irodakisérleti Vállalat Béke úti telepét, 1960-ban a Tűzvédelmi Berendezések Gyárát, 1962-ben a Medicor Légvédelmi Részlegét és 1964-ben a Hegesztő Készülékek Gyárát.

Vidéki telephelyeket is létesítettek: 1967-ben a Szekszárdi Műszergyárat, 1973-ban Kecskeméten a Vezérléstechnikai Gyárat, 1979-ben a Tiszaalpári Gyáregységet. 1975-ben az MMG bekebelezte a Méréstechnikai Központi Kutatólaboratóriumot, amely ezután a vállalat kutató és fejlesztő intézeteként működött. Ezzel egyidejűleg változott a név MMG Automatika Művekre, amely 1980-tól mikroszámítógépes folyamatszabályozó berendezések gyártására állt rá.

A cég 1990 után csődhelyzetbe jutott, a szanalás során egyes vidéki gyárjai és más egységei kft.-kként önállósítottak, másokat felszámoltak. A vállalat MRP-szervezete 1994-ben az ÁVÜ-vel megállapodott a részvények 50,1%-ának megvásárlásáról és a cég még jó néhány évig (bár vegetálva, de) fennmaradt. Részvényeinek többsége 1997-ben a Bankár-csoport kezébe jutott, bicskei gyáregysége ma is üzemel,

budapesti ingatlanjait pedig értékesítették. Ma egy lakóparkot találunk a központi üzem szép fekvésű telken.

## MOM



*Baross Gábor* közlekedésügyi államtitkár 1884-ben *Eötvös Lőrinc* ajánlására meg-

hívta Budapestre a hesseni Marburgból származó s a kolozsvári egyetemen mechanikusként tevékenykedő *Ferdinánd Süss*-t, hogy magyar (finom)mechanikusok képzésére tanműhelyt alapítson. A hazai precíziós finommechanikai szakma igazi meghonosítójának tekintett Süss Nándor a szakemberképzést a budapesti Mozsár utcában létesített Budapesti Állami Mechanikai Tanműhelyben kezdte 1886-ban, összesen 13 tanulóval.

Süss a tanítás mellett egyedi tudományos műszerek készítését is vállalta. Amikor 1900-ban az állami támogatás megszűnt és a tanműhely feloszlott, Süss Nándor Félé Praecisios Mechanikai Intézet néven finommechanikai vállalatot alapított Budán, az Alkotás u. 9. alatt. Itt Eötvös-féle torziós ingák, az út- és vasútépítések, valamint a bányanyitások konjunktúrájában nélkülözhetetlen geodéziai műszerek, távcsövek, teodolitok, szintezők készültek.

A műhely csakhamar szűknek bizonyult, ezért Süss 1905-ben átköltöztette vállalatát egy Csörsz utcai új telephelyre, ahol 1918-ig vezette az intézetet. 1921-ben a cég megvette a Goerz vállalatól az optikaiüveg-csiszolás licencét, a nevet pedig egyidejűleg Süss Nándor Praecisios Mechanikai és Optikai Intézet Rt.-re változtatta. A két világháború között konjunkturális és dekonjunkturális korszakok váltogatták egymást, 1944-re – az öt évvel korábban Magyar Optikai Művek Rt.-re átnevezett cég – végül is nagyvállalattá fejlődött, és fokozatosan német érdekeltségi körbe került.

A II. világháború kirobbanása előtt lépésről lépésre haditermelésre specializálták a vállalatot, majdpedig teljes kapacitással a hadigépezet kiszolgálására álltak rá. 1944-ben a gyár egy részét Sopron-Lővőre telepíteték át. Budapesti ostromában a Csörsz utcai épületek 30%-a, a gépek és berendezések körülbelül 50%-a elpusztult.

A gyár a háború után szovjet kézbe került, és így a MOM 1946-tól főként szovjet jóvátételi szállításokra precíziós tolmérőket, mikrométereket, szemüveglincséket, ébresztőórákat gyártott.

1952-ben ismét magyar állami tulajdonba vették és a cég újra nagyvállalattá fejlődött. Elsősorban a geodéziai műszereik fejlesztése volt nagyon látványos, majd 1960-tól a laboratóriumi műszerek tekintetében lett versenyképes és több vidéki gyáregységet hoztak létre.

Az 1980-as évek végére – mivel a szovjet vásárlófél nem egyenlített ki a szállítások ellenértékét –, a MOM csődhelyzetbe került, a vállalatot rt.-kre és kft.-kre bontották szét, ezekből több a felszámolás sorsára jutott, néhányat 1995-ben privatizáltak. A mátészalkai optikailencse-gyár a belga Buchman Optical Holdinggá lett, neve ma Buchmann-MOM Rt. Az eredetileg asztali órákat és különféle mérlegeket gyártó dunaiújvárosi MOMERT Rt. a menedzsment és a dolgozók kezébe került és ma is eredményesen működik. A vállalat Csörsz utcai központi telepét egy német ingatlanfejlesztő vállalkozás vette meg.

## Orion



A vállalat elődei közül az első *Kremenczky János* bécsi izzólámpagyáros alapította 1913-ban Magyar Wolfram-lámpagyár néven, amely az Elektromos Művek Váci úti épületében kezdte meg működését.

1917-ben az Egyesült Izzó betársult a vállalkozásba, amely az évtől Magyar Wolfram-lámpagyár *Kremenczky János* Rt. néven működött tovább. 1922-ben a bécsi gyáros egy másik céget is alapított *Kremenczky Elektromos Művek* Rt. néven, és a Váci út 99. alatt egy korszerű gyárat épített; ez a cég vette fel 1924-ben az Orion Villamossági Rt. nevet. Később visszavásárolta az Egyesült Izzótól a részvénye-



Tisza tévé

ket, s 1926-ban két vállalatát Magyar Wolfram-lámpa *Kremenczky János* Rt. néven egyesítette.

Az Orion márkavédjegy 1925-ben indult világhódító útjára elsősorban rádiólámpák és rádiókészülékek gyártásával. 1930 körül a már külföldön is ismert és keresett Orion védjegyű vevőkészülékekből naponta körülbelül 50 db-ot gyártottak.

1931-ben pénzügyi nehézségei miatt *Kremenczky* kénytelen volt eladni budapesti gyárainak részvényeit az Egyesült Izzónak, amely tőkeerejével, piaci kapcsolataival nagy távlatokat nyitott a gyár előtt. 1934-ben az Orion rádiók 90%-a már külföldön talált vevőre. A gyógyszervegyészeti áruk (ampulla, fiola) gyártását 1933-ban, a hőpalackokét 1937-ben kezdték meg.

Az úgynevezett Néprádiókat 1939 és 1954 között állították elő, ez a gyár legnagyobb szériában készített rádiótípusa volt. 1942-ben az egész világ rádióexportjának mintegy 25...30%-át az Orion bonyolította le és a világ sok országában gyártottak az ő licencük alapján vevőberendezéseket.

A háború csak kisebb károkat okozott az épületekben, a gépekben, valamint a meglévő nyersanyag- és készárúkészletekben. Újjászervezték a termelést és a gyár elsősorban háborús jóvátételre és szovjet megrendelésre dolgozott. 1947-ben a cég felvette az Orion Rádió- és Villamossági Vállalat nevet, egy évvel később államosították, 1949-ben pedig úgynevezett nemzeti vállalatá szervezték át.

Az Orion egyik részlege, a műszerosztály jóvátételre elektronikus mérőműszereket (szignálgenerátorokat, csővoltmérőket) gyártott, amely aztán 1950-ben kivált a gyári szervezetből és magját képezte a megalakuló Elektronikus Mérőkészülékek Gyáranak.

Az orvosi üvegáru- és hőpalacküzem is önállósult 1951-ben, a megmaradt Orion pedig Kőbányára költözött. Az első sorozatban előállított AT-501 típusjelű tévé-vevőt 1956-ban itt kezdték el gyártani. 1963-ig foglalkozott rádiókészülékek gyártásával, számos külföldön is ismert konstrukció (például Pacsirta, Fecske) került sorozatgyártásba. Az Orion fejlesztette ki és kezdte gyártani az első hazai tévéket: 1955 és 1975 között 40 készüléktípust dobtak piacra és itt készült el 1968-ban az első magyar színestévé is.

Az 1989-től a liberalizált fogyasztási cikk export, majd a KGST-piac összeomlása nehéz helyzetbe hozta a



Duna tévé

céget és ellene 1991-ben csődeljárás indult. Helyzetén a dél-koreai Samsunggal létrehozott vegyesvállalat, a saját boltban történő értékesítés sem segített. A vergődő vállalatot 1993-ban az orosz Jukosz olajóriás egyik érdekeltsége, a Juganszkyneftegyaz vásárolta meg az ÁVÜ-től, majd 1997-ben többséget szerzett benne a szingapúri Thakralcsoporthoz tartozó TPL Investments Pte Ltd.

A Thakral-csoport jelentős anyagi és szellemi forrásokat fektetett be a vállalatba: többek között tőkét, technológiát és irányítást. A munka eredményességét jelzi, hogy a cég 1999 óta nyereséges. A csoport az Orion márkanévét ma már világszerte több, mint 25 országban használja. A kft.-nek Magyarország mellett irodái vannak Romániában és Ukrajnában is. Az Orionban jelenleg három fő tevékenységi kör van:

- a világszerte több, mint 120 féle termék értékesítése.
- nyomtatott huzalozású lapok szerelése, huzalkorbácsok és bonyolult késztermékek gyártása különböző autóiipari, informatikai és fogyasztási cikkek készítő cégeknek.
- raktározási, logisztikai, értékesítési és elosztási szolgáltatásoknak.

### Források:

HVG, 2001. 11. 08. (45. szám)  
 HVG 2005. 09. 10. (36. szám)  
[www.ericsson.com/hu/about/about.shtml](http://www.ericsson.com/hu/about/about.shtml)  
[hvg.hu/magyarmarka/archive/](http://hvg.hu/magyarmarka/archive/)  
[www.itd.hu/itdh/static/uploaded/document/hungary-electronics\\_en.pdf](http://www.itd.hu/itdh/static/uploaded/document/hungary-electronics_en.pdf)  
[www.gkm.gov.hu/ipar](http://www.gkm.gov.hu/ipar)  
<http://www.gammadigital.hu/>  
<http://www.beag.hu/>  
 Rádiótechnika 2003., 2004., 2005., 2006. és 2007. évkönyvei  
 Saját gyűjtés  
 Világgazdaság, 2002. 02. 06.

# Ismét a QUAD 405 erősítőről 2.

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

Az 1970-es évek derekán Peter James Walker (1. ábra) kiváló brit mérnök által tervezett és az 1936-ban alapított üzemében készült QUAD 405-ös erősítő megjelenése, annak idején, nagy feltűnést keltett a nemzetközi HIFI-berkekben. (A QUAD egy mozaikszó: Quality Unit Amplified Domestic.) Az erősítő egyedülálló, szabadalmaztatott kapcsolástechnikája az első pillanatban egyszerűnek, ám többek számára mégiscsak nehezen érthetőnek tűnt. Ugyanekkor a termék a felhasznált anyagok, félvezetők tekintetében kifejezetten igénytelen volt. Mindezekkel némileg ellentétes volt a nyújtott kedvező hangminőség, amely világszerte számos elégedett vásárlót eredményezett. Hamarosan kialakult egy elkötelezett nemzetközi QUAD tábor, amely istenítette az erősítőt. Sőt, számtalan helyen elkezdődött az erősítő féléhivatalos vagy háziilag továbbfejlesztése, több-kevesebb sikerrel.

A folyamat az internet megjelenése után tovább fokozódott, sőt, amikor az erősítő gyártását a QUAD cég befejezte, utána több helyen is megkezdődött a részegység-klónok (trafó, erősítőnyák stb.) iparszerű féléhivatalos gyártása és internetes árusítása. A folyamat gyakorlatilag a mai napig is tart.

Mindez hazánkban sem történt másképp, csupán kezdetben a vasfüggöny létezőse motiválta némileg a jelenséget. Az erősítő megvásárlása valamely nyugati országban, akkoriban – számtalan okból – aligha jöhetett számításba, viszont utánépítése – a hazai lehetőségek szűkös korlátai között – annál inkább. A körülményeket az előző, 2010-es Évkönyvünkben már vázoltuk.

Most folytatjuk az erősítő műszaki szempontú élet- és utótörténetét a különböző gyári, szériánkénti módosítások közlésével. A módosítások között egyaránt fordulnak elő próbábbak és meghatározó jelentőségűek is.

Folytatjuk továbbá az újabb, a QUAD 405 kisebb, nagyobb, ám sokak számára zavaró problémáit kiküszöbölő, nem gyári eredetű továbbfejlesztésekkel, továbbá az utódoknak tekinthető QUAD 520, 606, 707 és 909 típusú erősítők bemutatásával. Ugyanekkor

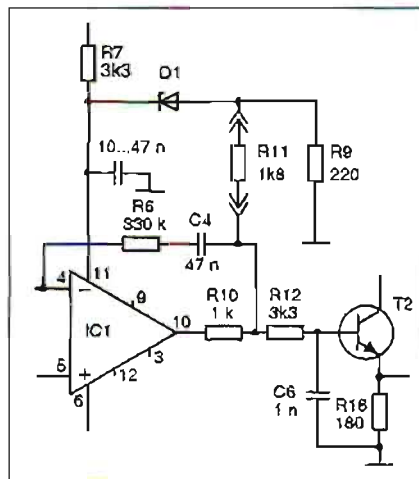


1. ábra. Peter James Walker (1916–2003)

kedvező változásnak tekinthető az is, hogy ma már nincs semmi akadály a egy használt QUAD erősítő internetes megvásárlásának, persze a dolog anyagi részétől eltekintve.

## Az ELS-védelem

A QUAD 405 erősítő hazai utánépítése, a különféle típusú áramkörökhöz alkalmas félvezetők váltatlása, a nyomtatott áramkörti panelek kifejlesztése és az elkészített komplett áramkörök tesztelése annak idején meglehetősen nagy terhet rótt mindazokra, akik ebben a munkában részt vettek. Így néhány áramkörti részlet akkoriban nagyon, talán túlságosan is gyorsan kikerült a figyelem fő-



2. ábra. A QUAD ELS-kondenzátor-hangszóró védelmére szolgáló feszültségkorlátozó (áramkörti részlet)

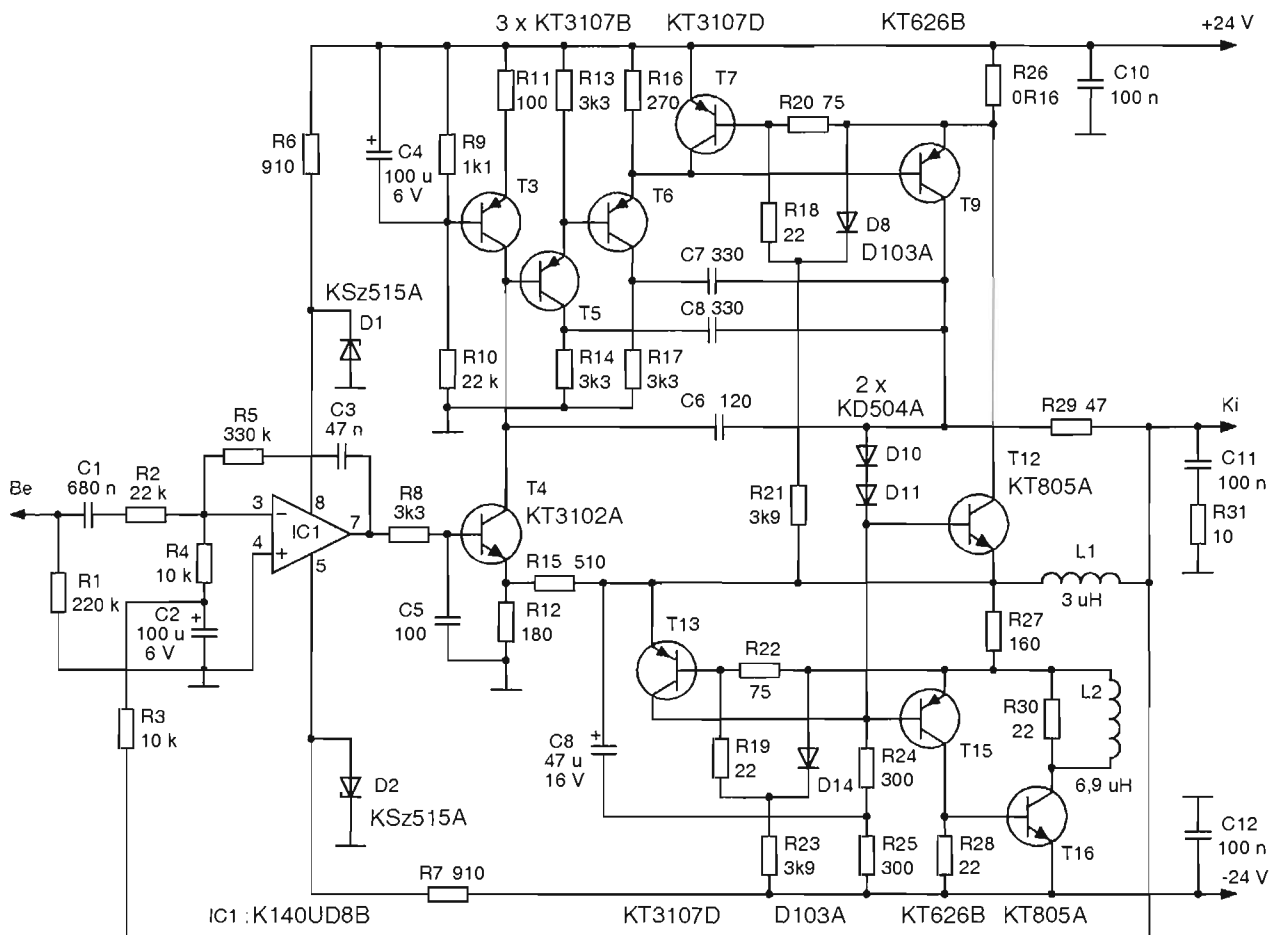
kuszából, abból kiindulva, hogy érdekeltennek rúnt a szerepük, vagy szóba sem kerülhetett az alkalmazásuk. Két áramkörti részletet hanyagolt el szinte mindenki (bele értve a szerzőt is), aki utánépítette valamelyik 405-ös erősítőt: az előerősítő IC kimeneti feszültségamplitúdóját korlátozó áramkör és a kimeneti túlfeszültség-védelem. Hamar kiderült ugyanis, hogy a nem különösebben olcsó, főleg csak prospektusokból ismert QUAD ELS-hangszóróigencsak kevés amatőr birtokában van.

A helyzet pontosabb ismeretéhez tartozik az a tény, hogy amíg hazánkban legfeljebb prospektusokból ismerhettük a QUAD cég elektrosztatikus hangszóróit, addig ezek a termékek annak idején – a vasfüggöny túlsó felén – legalább akkorát durrantak a nemzetközi HIFI-piacon, mint a 405-ös erősítő.

Másrészt pedig a védőáramkört illetően abban a szerencsés helyzetben volnunk, hogy az erősítő és a hangszórók védelmére az eredetinél sokkal célszerűbb áramkört lehet építeni olcsó, a hazai amatőrök által könnyen elérhető félvezetőkkel. Most pótoljuk az elmaradt ismertetéseket, annál is inkább, mert a gyári QUAD-módosítások igen hamar érintették ezt az áramkört.

A 2. ábrán látható az, a ma már voltaképp több szempontból is teljesen felesleges áramkört, amelyik a QUAD ELS hangszórók számára hivatott az erősítőtől kivehető max. kimeneti amplitúdót csökkenteni. Az áramkörti részlet működése és szerepe a következő. A pozitív ágban elhelyezett Z-dióda „talpa” kissé „fel van emelve a földről” (az R9 ellenálláson átfolyó néhány mA 1,5–2 V feszültséget ejt). Miután a T2 bázisa is kb. ekkora pozitív potenciálon van, az IC1 kimenete és a D1 Z-dióda anódja is azonos potenciálú pontok, így egyenfeszültség-ugrás nélkül ki- és beiktatható az R11 ellenállás.

Ha az R11 bedugaszolható ellenállást eltávolítjuk, az IC1-ből a teljes feszültségamplitúdó kivehető. Beiktatva (bedugaszolva) az R11 ellenállást, nyugalmi állapotban változás nem történik, az erősítő egyenfeszültségű szempontból változatlan munkapontban üzemel, hiszen D1 anódja és T2 bázisa ekvipotenciális pontok.



3. ábra. Egy szovjet QUAD 405 utánépítés, szovjet félvezetőikkel (Ragyio, 1979 december)

Vezérlés közben azonban az IC1 kimenetén levő (az előbbi állapothoz képest többlet-) terhelés egy adott kivezérlési pontban már akkora áramterhelést jelent a *beépített túláramkorlátozóval ellátott* IC számára, hogy megszólal az LM 301A védelme. Ez hozzávetőlegesen 25 mA csúcsáram felett korlátozza a kivehető áramot, vágva a kimenőjel csúcsát.

Az  $R9 + R10 + R11$  eredő ellenállását úgy határozták meg, hogy míg R11 beiktatása nélkül a QUAD 405 üresjáratú kimenő feszültsége kb.  $32 V_{eff}$ , addig R11 beiktatásával a legnagyobb kivehető feszültségamplitúdó csupán  $20 V_{eff}$ . Ily módon egyrészt pl.  $8 \Omega$ -os terhelőimpedanciát feltételezve a névleges 100 W kimenőteljesítmény helyett most csupán 50 W-ot tud leadni az erősítő, másrészt a csökkentett kimeneti amplitúdó nem károsítja a túlvezérlésre érzékeny QUAD ESL elektrosztatikus hangszórókat sem.

Ismeretes, hogy manapság már az oldtimer LM301A típusú IC gyakorla-

tilag beszerezhetetlen, réges-rég megszűnt a gyártása. Nem is beszélve arról, hogy a minősége ma már hagy némi kívánnivalót maga után. A későbbi helyettesítő típusok belső felépítése jelentősen különbözik a szóban forgó IC-től. Az eredetileg az LM301-hez méretezett feszültségkorlátozás ezeknél már többnyire nem működik. A korlátozó áramkört részlet (lényegében két ellenállás: R9 és R11) beépítése teljesen felesleges az IC-típus cseréje után.

Annak idején a kényszerűségből alkalmazott, az eredeti LM301-gyel nem csereszabatos működésű 709-es műveleti erősítő esetében láttuk meg, hogy ezzel a védelemmel végképp nem érdemes foglalkozni. Hasonlóképpen járt el a QUAD cég is, amikor utóbb a kissé koros LM301-et egy modernebbre, a TL071-re cserélte.

### A hőskorszak eseményei

Az első kísérleti panelt még tranzistorfoglatokkal szereltük, hogy a pró-

bák során a félvezetőcserék könnyen lebonyolíthatóak legyenek, de erre a kész, kidolgozott áramkör esetében már sok szükség nincsen. Az IC1 számára viszont mindenképpen érdemes foglalatot beültetni, hogy az eredendően „741-kompatibilis” lábelrendezés adta lehetőséget kihasználhassuk, és a számos, különféle típusú, egyébként alkalmas IC-k bármikor egy mozdulattal könnyen kipróbálhatóak legyenek.

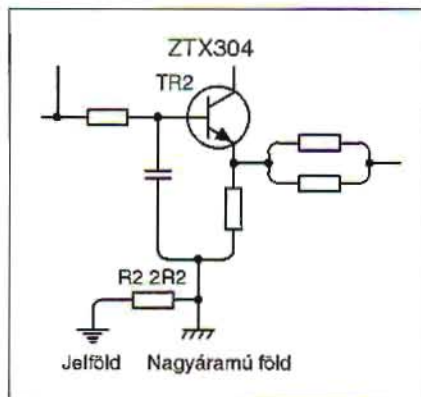
Valóságos mozgalom indult annak kiderítésére, hogy melyik pozícióba milyen tranzisztor alkalmas, továbbá milyen változások történnek a félvezetőcserék során. Kiderült, hogy többek között érzékeny pont az IC típusa. Maga az áramkör ugyan nem kényes arra, hogy a beépített foglalatba milyen típusú, egyébként 741-lábkompatibilis IC kerül, ám a paramétereken a változások jól látszóak. Az akkoriban elérhető IC-típusok közül a – valljuk be, eléggé siralmas minőségű – 709-es műveleti erősítő vizsgázott a legjobban, rációfolva saját minősítésére. A manapság már

igencsak elfelejthető IC-vel meglepően jó műszaki paramétereket produkált a 405-ös erősítő. Mi csodálkoztunk a legjobban a spektrumanalizátoros mérések meglepően kedvező jellemzőin. Manapság persze már úgy vetődik fel a kérdés, hogy mihez képest...

A kisjelű fokozatokban alkalmazott tucatnyi tranzisztorféleség egyaránt jól vizsgázott. Több gond volt a nagyjelű eszközökkel, amelyek közül a két végtranzisztor vagy valamilyen hasonló típus gyakorlatilag akkoriban beszerezhetetlen volt. Ebből számos probléma eredt. A leginkább alkalmas BD sorozatú teljesítménytranzisztorok a határadatok tekintetében maradtak el az eredeti erősítőben kezdetben alkalmazott BDY74 vagy BDY77 típusoktól, nem beszélve az újabb, 2SD424, 17556 jelű félvezetők-ről, amelyeket a cég a későbbiekben használt.

Nagyon sokan – kompromisszumos megoldásként – csökkentették a tápfeszültséget és a jelentős általános teherbírású ( $U_{CEmax}$ ,  $I_{Cmax}$ ,  $P_D$ ) 2N3055 típusra álltak át, vállalva ezzel a jóval kisebb kimeneti teljesítményt és helyette biztonságosabb üzemi körülményeket nyerve.

Már az Olvasók kezében volt az 1980-as évkönyv, a QUAD 405 erősítőt ismertető cikkel, amikor megjelent a szovjet Ragyio 1979/12. száma, az erősítő szovjet félvezetőkre átdolgozott kapcsolásával (3. ábra). A néhány kisebb módosítást is tartalmazó áramkör  $\pm 24$  V-os tápfeszültség, 200 mV-os érzékenység és  $-75$  dB jel-zaj viszonynál,  $8 \Omega$ -os terhelésen és  $0,02\%$  torzítás mellett mintegy  $30$  W, míg  $4 \Omega$ -os terhelésen max.  $40$  W teljesítmény leadására volt képes.



4. ábra. A két földelési rendszert összekötő kis értékű R2 ellenállás az eredeti gyári kapcsolási rajzon a TR2 jelű tranzisztor emittoré környezetében találjuk meg

Ezen szerény adatok egyúttal arra is utalnak, hogy az 1980-as években a szovjet amatőröknek is gondot okozhatta a végfok, azon belül a nagyjelű félvezetők helyettesítése.

Az eredeti LM301A helyettesítése a 740-es műveleti erősítőhöz hasonló tulajdonságú, korabeli (gyakorlatilag máig ismeretlen) szovjet termékkel történt.

## Földelési rendszer

Említést kell tenni a QUAD 405 földelési rendszeréről. A 405-ös erősítők eredeti kapcsolási rajzain (és gyári nyomtatott áramköreinek) szerepel egy, az első pillantásra érthetetlennek tűnő, különös szerepkörű ellenállás, az R2, amely egy adott földpontot egy másik földponton köt össze a nyomtatott áramkörön (4. ábra). Az első pillanatban kissé különösnek tűnő megoldás magyarázata az, hogy az erősítő áramköri paneljein a teljes földvezetékrendszer alkalmas módon ketté van választva, és ezt az eredeti gyári rajzon a földpont/hidegpont két eltérő jelzésével is illusztrálják.

Az erősítő elülső, bemeneti része (beleértve a bemeneti csatlakozó hidegpontját is), amelyet nevezhetünk *kisáramú-, vagy jelföldnek* is, egy kis értékű, szinte rövidzárnak tekinthető, kezdetben  $2,2 \Omega$ , később  $10 \Omega$  ellenálláson keresztül csatlakozik a panel nagyjelű áramköri részeinek, a tápegységnek a hidegpontjához és a hűtőbordán keresztül a készülékvázhoz. A beiktatott kis értékű ellenállás az így kialakuló földhurkot vágja fel. Ez megakadályozza a netán jelentős értékű, a hálózati trafó keltette hurokáramból eredő és az erősítő áramköreibe induktív úton beszűrődő hálózati zajokat, főleg a brummot. Másrészt egy esetleges javítás, bemérés során a részben leszerelt nyák ezen az ellenálláson keresztül a bemenet felől mégis kap földpotenciált.

A *nagyáramú föld* (és a sasszi-potenciál) a hűtőbordához csatlakozó, T alakú szeglet középső részén található, önálló felerősítő csavaron keresztül érkezik a nyomtatott áramkör második, talán mondhatni „erősáramú” felén kialakított földrendszerhez. Ehhez a következő alkatrészek vannak csatlakoztatva a nyákon: a tápfeszültséget csatlakoztatásmentesítő C15–C16  $100$  nF-os kondenzátor (ha már van ilyen... ld. később), továbbá R13 és R2 hidegpontja, valamint a T4 tranzisztor R23 jelű kollektorellenállása. A sasszsihoz van hidegítve a trafó szekunderének középleágazása, a kimeneti

(hangsugárzó) hidegpont, továbbá a két puffereklő hidegpontja.

A hangszórókimeneten található R39–C12 Zobel-tag földelése pedig egyes szériánként változó: hol az egyik, hol a másik földrendszerhez csatlakoztatják a tag hideg végét. (Értelemszerűen minden további alkatrész a kisjelű földrendszerhez csatlakozik.)

A hazai utánépítések során az erősítő mechanikai kialakítása lényegesen eltért az eredetitől, és mindenkinél lényegében egyedi volt. Az utánépítőktől ezzel kapcsolatban igen kevés visszajelzés érkezett, és így joggal vélelmezhető, hogy a többségnek minden bizonnyal előbb-utóbb sikerült az egyedi földelési-, földhurok- és brumproblémákon túljutnia.

## Gyári QUAD 405 szériák

A QUAD cég az első gyártási és szerviztapasztalatok alapján, már a szériagyártás kezdeti időszakában, a korábban már bemutatott iss.2 jelű, kiinduló változathoz képest kis módosításokat vitt véghez. Ezek a következők voltak:

A kapcsolási rajz szériajele: M12333 iss.3		
Jel	Régi érték	Új érték
R4	10 k $\Omega$	22 k $\Omega$
R5	10 k $\Omega$	4,7 k $\Omega$
R9	180 $\Omega$	220 $\Omega$
R19	3,3 k $\Omega$	megszűnt
R23	3,3 k $\Omega$	1,2 k $\Omega$
C9	330 pF	megszűnt
C18	–	47 nF
R2	2,2 $\Omega$	10 $\Omega$

Külön magyarázatra az R19–R23–C9 alkatrészváltozások szorulnak. A változás azért következett be, mert T3–T4 darlington emitterkövetők kollektorait közösítették.

Újszerű alkatrész viszont a C18 kondenzátor, amely a negatív tápfeszültségpontot hidegíti a föld felé. A kapcsolási rajz M12333 iss.3 szériajelre hallgat.

Amint azt már korábban jeleztük, az R9 és az R11 ellenállások az ESL hangszórók védelmét szolgálják, vagyis a többség számára az R9 fenti változtatása érdektelen. A földhurokból eredő brummot megszüntető R2 értékmódosulása sem tartozik az alapvető, nagy fontosságú változások közé.

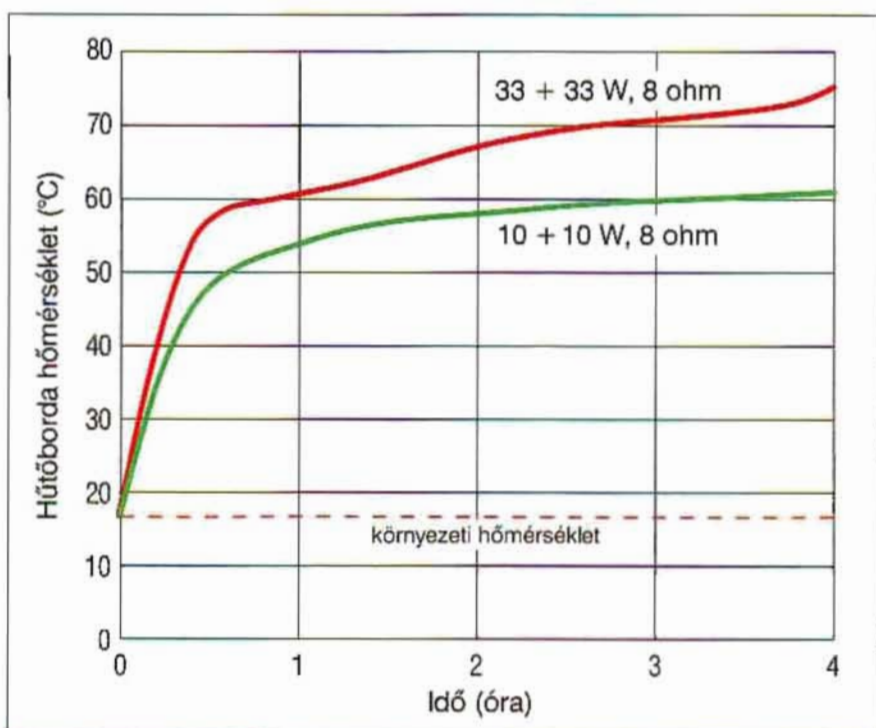
További változtatások szintén igen korán, a 9001-es száriaszámnál következtek be. Ezek a következők voltak:

A kapcsolási rajz száriajele: M12333 iss.4		
Jel	Régi érték	Új érték
R41	-	22 Ω
L3	-	6,9 μH
C15	-	0,1 μF
C16	-	0,1 μF
C18	47 nF	-
C19	-	1 nF
Védő áramkör	-	lásd 6. ábra

Újszerű megoldásként jelentkezik a párhuzamos kapcsolású R41-L3, kis jóságú induktitásnak tekinthető fázisjavító tag beiktatása, amely így most már a current dumper felső tagjának a kollektorában is megtalálható, és ettől kezdve a kapcsolás – hazai szóhasználatlaltal – az ún. „háromtekercses” – konstrukció korszakába lépett. Ez a megoldás végeredményben a dumper sebességét csökkentette, esetenkénti gerjedési hajlamát mérsékelte. C18, a negatív tápfeszültséget hidegítő kondenzátor pedig ezen a néven megszűnt létezni, viszont újjászületett C15 és C16 néven, és a panelon, a biztosítékok mellett, s ezek immár mindkét tápfeszültséget hidegítik a föld felé.

Ez a két kondenzátor korábban – még amatőr szemmel tekintve is a kapcsolási rajzra – igencsak hiányozott az erősítőtől, és a továbbiakban a különféle nagyfrekvenciás gerjedések lehetőségét szüntette meg. Elég nehéz megindokolni, hogy az eddigi rajzokon miért is nem szerepeltek. Az új, M12333 iss.4 száriajelű kapcsolási rajzot a 2010-es évkönyvünkben a 42. oldalon a 41. ábrán már ismertettük. Ezt a rajzot most feleslegesnek tartjuk megismételni. *Utánépítési célból* helyette irányítsuk a figyelmünket a legkésőbbi, QUAD 405-2 típusváltozatra, amelyre az összes régebbi verziójú, eredeti gyári készüléket és a hazai változatokat is nagyon egyszerűen és olcsón, kifejezetten célszerű és érdemes átalakítani.

Kellemetlen tünetként jelentkezett az erősítő erőteljes melegedése, amelyet már a legelső tesztek során kimeríttek (5. ábra). Az ebből eredő hőmegfűtások durva kimeneti DC hibákat okozhattak, annak minden következményével együtt.

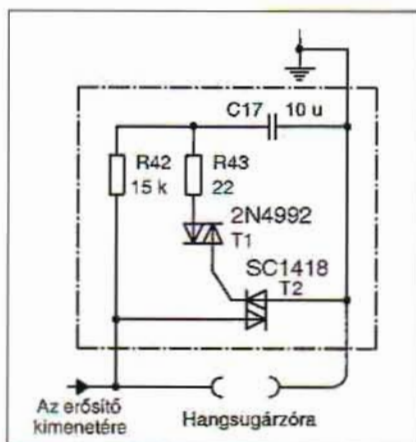


5. ábra. A QUAD 405 típusú erősítő nem rendelkezik hőmegfűtás elleni védelemmel. Egy ellenőrző mérés során azt tapasztalták, hogy az 1/3 teljesítményre igénybe vett erősítő (1 kHz, 8 Ω) négyórás vizsgálati ciklusa után a hűtőborda felületi hőmérséklete már túl magas volt ahhoz, hogy kézzel megérintsük, de az 1/10 teljesítményre igénybe vett erősítő hűtőbordája is túl forró volt (QUAD)

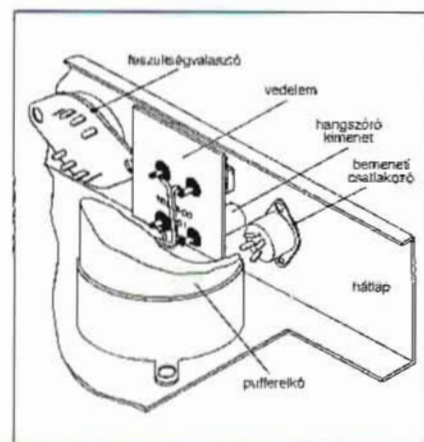
Az iss.4 száriától kezdve, továbbá a szervizbe visszahozott régebbi készülékekbe is beépítettek egy új áramkört (6. ábra), amely erősítőoldalanként egy-egy diak-triak kombinációjú, egyszerű védőáramkört tartalmaz.

A kis panelt erősítő dobozába, a hátlapra szerelték (7. ábra). A későbbi száriákban pedig az áramkört az erősítőpanelokra telepítették át, és ez védőáramkör a legutolsó száriáig bezárólag alkalmazásban volt.

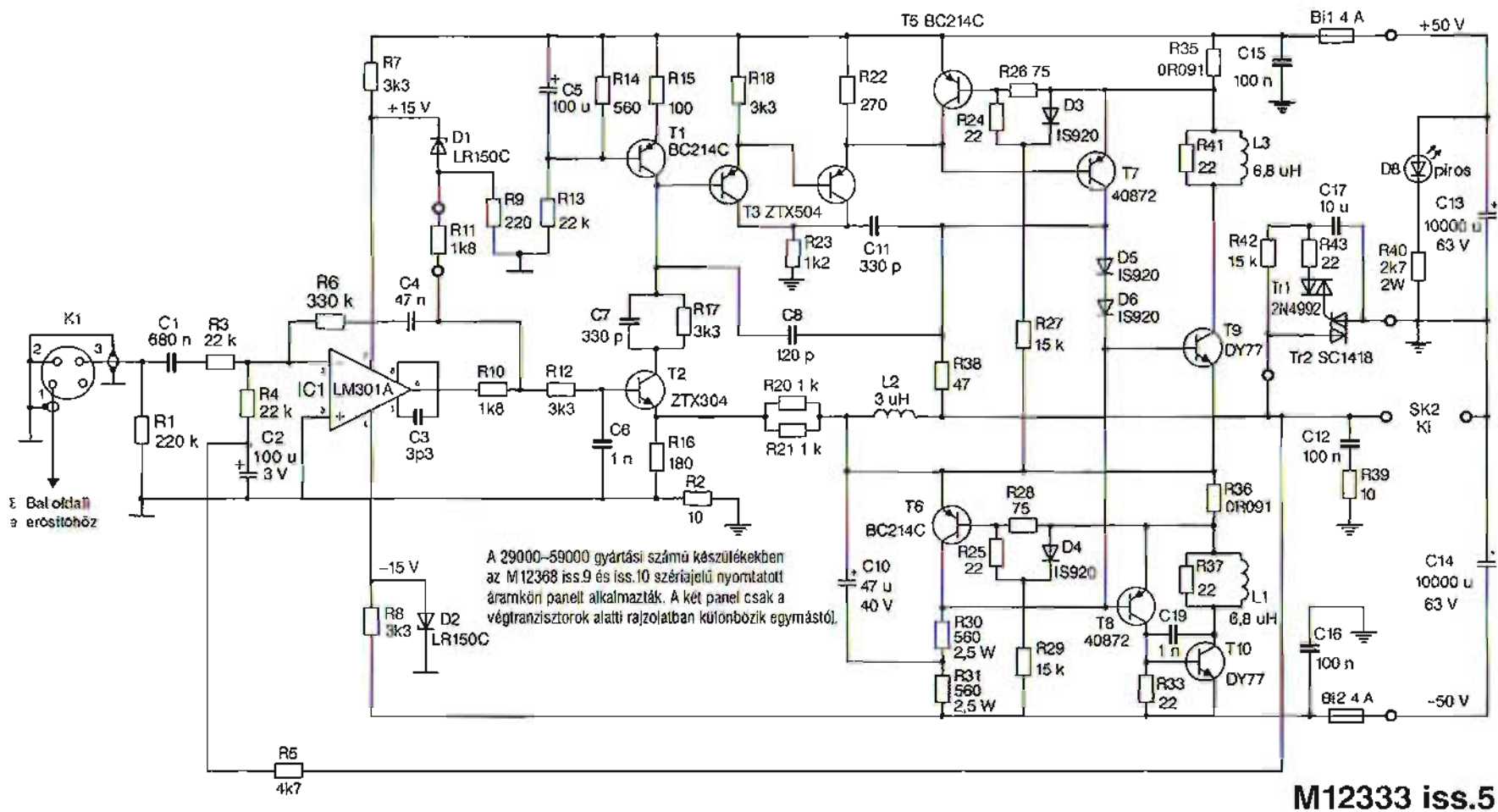
Az áramkör alkalmazása többek között azért is tűnik indokoltnak, mivel a 405-ös erősítő nem tartalmaz semmilyen hőmegfűtás elleni korlátozást, védelmet. Ez kissé különösnek tűnik annak fényében, hogy az erősítő teszt példányán az egyharmad kimeneti teljesítményre igénybe vett készülék tekintélyes hűtőfelülete mindössze néhány, mindössze 4 órai működés után(!) meglehetősen forrónak tűnt a vizsgálatot végzők számára (5. ábra). Ez a vizsgá-



6. ábra. A kispanelos diak-triak védőáramkör (klemp áramkör)



7. ábra. Az új védőáramkör gyárilag kialakított beépítési helye



8. ábra. A M12333 iss.5 széríajelű, átdolgozott QUAD 405 kapcsolási rajza

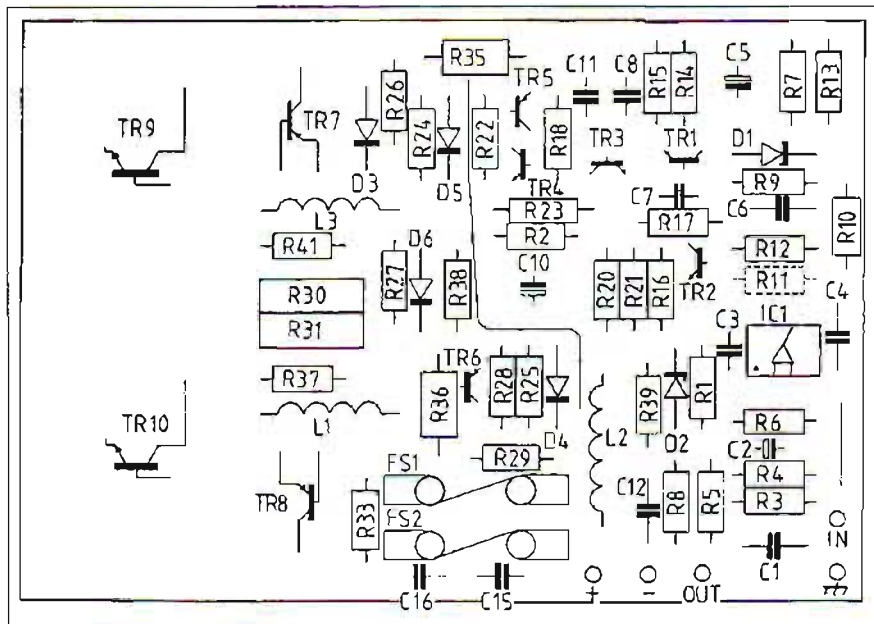


lati mód voltaképp egy otthoni hangos muzsikálás vagy bulizás körülményeit kísérte meg utánozni. Ennek ismeretében a cég feltehetőleg több indokoltan találta valamely tartós túlmelegedés és hőmegfűtés elleni védelem beiktatását. A vizsgálat egyúttal arra is utalt, hogy a tesztidőszaknál jóval hosszabb ideig igénybe vett erősítő akár olyan mértékben is túlmelegedhet, hogy az félvezető hőmegfűtést, meghibásodást is okozhat. Persze, a *folyamatos, 1 kHz-es, 1/3 teljesítményre történő igénybe vétel* igencsak nagy hangerejű *zenei teljesítményt* jelent, a műsorjellel számos esetben elérve a torzítási/vágási határt, megszólalattva a limiter áramkört.

A továbbiakban olyan védőáramköröket ismertetünk, amelyek valamelykének beépítése az erősítőbe lehetővé teszi a hőmegfűtés elkerülését. Utóbb a QUAD cég is lényegében ugyanerre a következtetésre jutott. A további erősítőkonstrukcióiba már beépített egy termikus érzékelő patront, amely a megengedett hőmérséklet fölött megszakítja a hálózati táplálást. Ez az érzékelő (vagyis a hálózati táplálás) csak a lehülés után – a hátlapi RESET gombbal – kapcsolható vissza.

A 6. ábra szerinti védőáramkör az összes megoldásban a hangszórókimennekre csatlakozik. Működése a következő. Az R42–C17 1 Hz körüli aluláteresztő szűrőt alkot a T2 trikot indító T1 bipoláris kapcsoló (diak) számára. Így az áramkört gyakorlatilag a műsorjel nem, csupán az igen lassú DC-szintelmászás vezérelheti. Amint bármely (±) polaritású, 5 V-nál nagyobb értékű DC-feszültség jelenik meg a diakon, az vezetni kezd és a trikot bekapcsolja. A triak pedig rövidre (a földpontra) zárja az erősítő kimenetét, ezáltal kioldja az erősítőnyakon található 4 A-es olvadóbiztosítót, és a hangszórázó esetleges egyenfeszültségű túlvezérlése megszűnik. A védőáramkör rajza a továbbiakban magán az erősítő kapcsolási rajzán szerepel és szaggatott vonalvas keret jelzi, hogy ez nem az erősítőpanel része.

Az utánépítések során az M12333 iss.4 szerinti kapcsolási rajz alapján legelőször ezt a „háromtekercses”, az olvasói QUAD-team igen jelentős segítségével kifejlesztett, majd a Rádiótechnikában ismertett változatot építették meg. Az eddig ismertett módosítások legnagyobb része gond nélkül végrehajtható volt a kedvezően szellős, saját tervezésű erősítőpanelon. A diak-



9. ábra. Az M12368 Iss.9 és iss.10 jelű gyári nyomtatott áramkör beültetési rajza a „QUAD 405 POWER AMPLIFIER Service Data” alapján. A beültetési rajzhoz a gyári szervizkönyvben sem tartozik huzalozási rajz!

triai védőáramkör helyett legelőször a széles körben bevált, Sanyo konstrukciójú, univerzális védőáramkört építették be az erősítőbe, amelynek kapcsolási rajzát és nyomtatott áramkörének adatait szintén ismertetjük. A jelzett kapcsolás szolgáltatásai eredőben lényegesen kedvezőbbek, mint az eredeti QUAD megoldásé.

A 29001-es szériaszámától a következő változások történtek:

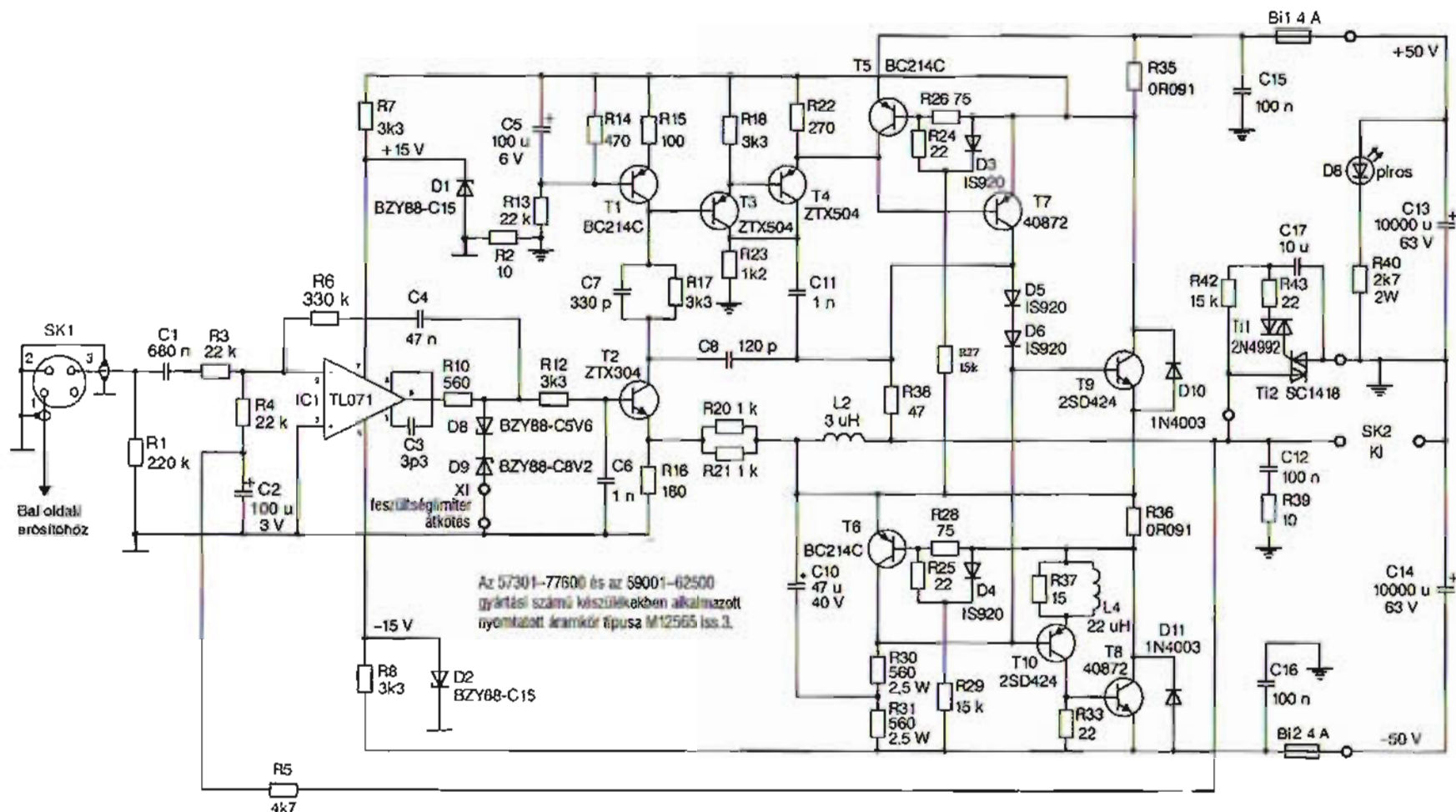
A kapcsolási rajz szériajele: M12333 iss.5		
Jel	Régi érték	Új érték
R10	1 kΩ	1,8 kΩ
R27	8,2 kΩ	15 kΩ
R29	8,2 kΩ	15 kΩ
R35	0,087 Ω	0,09 Ω
R36	0,087 Ω	0,09 Ω
D1	LR120C	LR150C
D2	LR120C	LR150C

A leglényegesebb változás az IC<sub>1</sub> tápfeszültségének megemlése ±12 V-ról ±15 V-ra. Ez a két, D1 és D2 pozíciójelű Z-dióda 15 V-osra történő cseréjével volt elérhető. Ezáltal a műveleti erősítő nagyjelű paramétereit valamelyest javították. (Az IC kimeneti áramhatárolásának új paramétereireh kellett igazítani az R<sub>10</sub> ellenállás értékét, amely – mint már említettük – manapság szá-

munkra már érdektelen.) A current dumper fokozat figyelőellenállásainak értékét is csekély mértékben megváltoztatták. A változásokat tartalmazó, M12333 iss.5 szériajelű, új kapcsolási rajz egyebekben megegyezik az előzővel (8. ábra).

Az alkatrészek azonosítását az M12368 iss.9 és iss.10 jelű gyári panelon a 9. ábra szerinti, a QUAD cég által közölt, eredeti gépkönyvi beültetési vázlat könnyíti meg, amelyhez azonban – a korábban már említett jogi korlátozások folytán – még a gépkönyvben sem tartozik nyomtatási rajz. A két nyák áramköri rajzolata gyakorlatilag azonos, azonban a végtranzistor típus időközbeni változása folytán a fémzésben vannak kisebb eltérések.

Itt kell megjegyeznünk egy fontos megfigyelést. Az egyes panelváltozatoknál rendre közli a QUAD cég, hogy a vezetékvezetés fóliaszélességét – ismét – csökkentették. (Mint ismeretes, az első panelek ún. telefóliás kivitelben készültek, majd gyorsan áttértek a keskenyebb fóliacsikokra, amelyek szélességét utóbb ismét csökkentették.) Ez azt igazolja, hogy az „A” osztályú erősítő korábban már említett, 100 MHz körüli, kívánatos sávzélességét a nyáktervezés során csakis nagyfrekvenciás szempontokat messzemenően figyelembe véve lehetett elérni. Ez nem csekély ráfordítást igényelhetett a nyákrajzolat szempontból egyszerűnek tűnő, ám mégiscsak igényes topológia kiala-



M12333 iss.6

10. ábra. A M12333 iss.6 széria jelű, átdolgozott, QUAD 405-1 erősítő kapcsolása

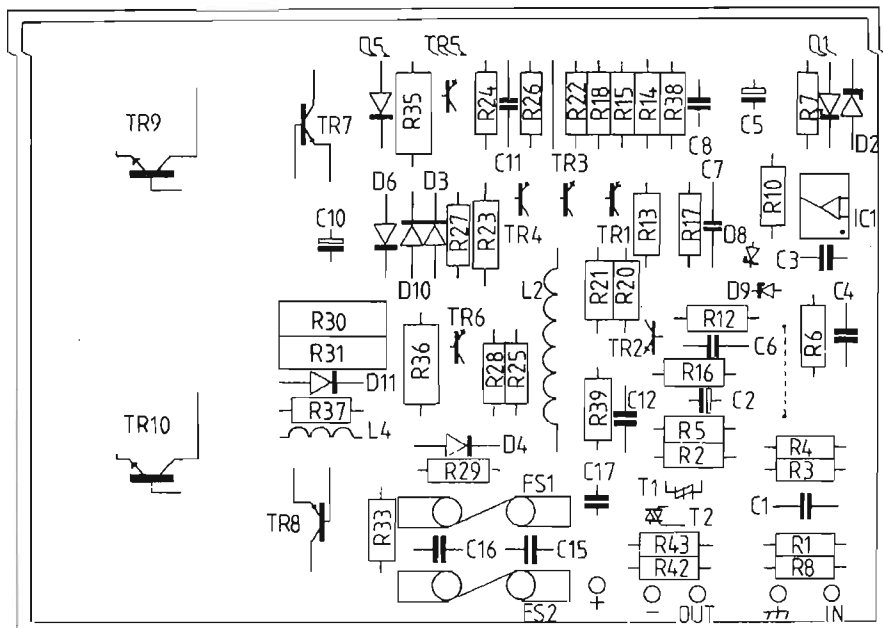
kitásánál, és ezt védik az eredeti rajzok bemutatásának jogi útjait.

Emlékeztetjük az Olvasót egy, a korábbiakban már említett, évtizedekkel ezelőtti, gyári fejlesztésre. Ennek során azt tapasztaltuk, hogy egy kalitlécekre szerelt, szélessávú, DC–100 MHz-es erősítőt kellően jó minőségű, üvegszál-as nyomtatott áramköri lemezre áttelepítve a sávszélesség hosszú küzdelmek után sem lett jobb, mint 60 MHz. Ez a nyomtatott áramköri lemez nagyfrekvencián, 50...100 MHz táján, illetve e fölött már rohamosan növekvő veszteségeinek volt köszönhető. Feltehetőleg a QUAD 405 is először egyszerű légszereléssel vagy valamely próbapanelon jöhetett létre, amely elsőre jobb nagyfrekvenciás tulajdonságokat produkálhatott, mint a későbbi nyomtatott változatok. A gyártás során talán ezért kényszerültek többször is a nagyfrekvenciás tulajdonságok javítására a rajzolat módosításával. A nagyfrekvenciás tulajdonságok pedig esetünkben egyértelműen meghatározzák az áramkörrel elérhető legkisebb torzítást.

Az erősítő kapcsolási rajza és alkatrészkészlete az 59000-es gyártási számtól megváltozott. Az **M12333 iss.6** száma jelű, számos ponton átdolgozott, megváltozott kapcsolási rajz a **10. ábrán** látható. Rögtön szemünkbe ötlik, hogy a veterán LM301A műveleti erősítőt (végérvényesen) felváltották a közismert és a hazai boltokban is régóta könnyen beszerezhető TL071 típusú, viszonylag kis torzítású műveleti erősítővel. Eltekintve attól, hogy azóta már ennél is jobb minőségű, olcsó áramkörök is léteznek, ez mégis nagy lépést jelentett előre.

Mivel a TL071 kimeneti áramkörének a működése lényegesen eltér az LM301A kimeneti fokozatában található áramhatároló áramkörtől, a QUAD ELS sikerszéria számára korábban az erősítőbe beépített – esetünkben általában teljesen felesleges – feszültségkorlátozás számára más megoldást kellett a konstruktőröknek keresniük.

Ez az új megoldás az ICI kimeneti áramkörébe be-, illetve kiiktatható D8–D9, sorbakötött két Z-dióda. Ha beillesztjük a rövidzárat a jelzett helyre, a két dióda az IC kimenetén megjelenő mindkét polaritású jelet határolja. A határolás a földpotenciálhoz képest értelmezhető, és mivel az IC1 kimenetének nyugalmi potenciálja hozzávetőleg +1,1 V-ra van beállítva, két különböző feszültségű (5,6 V-os, illetve 8,2 V-os) Z-diódát kellett alkalmazni. Ez



11. ábra. Az M12565 iss.3 jelű gyári nyomtatott áramkör beültetési rajza a „QUAD 405 POWER AMPLIFIER Service Data” alapján. A beültetési rajzhoz a gyári szervizkönyvben sem tartozik huzalozási rajz!

az új áramkör számunkra éppen olyan felesleges, mint a korábbi megoldás volt, hacsak nem rendelkezünk QUAD ELS kondenzátorhangszóróval.

További fontos változás, hogy a végtranzisztorok típusa megváltozott, a továbbiakban a cég a 2SD424, vagy a 17556 típusú félvezetőket építette be, a meglehetősen régi típusú, kifutóban levő BDY77 helyett. A végtranzisztorok a továbbiakban záróirányú túlfeszültség elleni védelmet is kaptak, azaz mindkét tranzisztor kollektora és emittere közé 1N4003 típusú, záróirányban bekötött, gyors, Schottky védődióda került (D10 és D11).

Ez is egy olyan, kissé későn született, szakmai berkekben teljesen közismert, filléres költségű védelmi megoldás, amelynek az eddigi hiányát egyszerűen nem is értettük. Megakadályozza a kimenet felől érkező, esetleg jelentős nagyságú, záróirányú feszültségimpulzusok kialakulását a végfokozat tranzisztorainak emittere és kollektora között. Ilyen impulzusok létrejöttét induktív terhelés, például a mélynyomó váltószűrője is okozhatja.

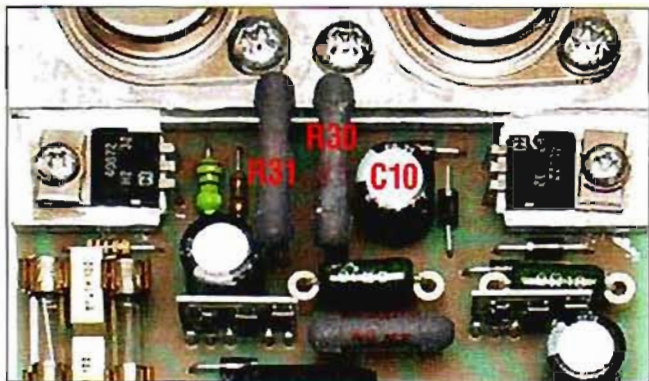
A diák-triák védelem pedig a továbbiakban már a (korábbiakban a hátlapra szerelt) kis nyákról felkerült az erősítő alaposan megújult nyomtatott áramköri lemezére. Az erősítő mérése, szervezése idejére ez a védelem egy rövidzár eltávolításával ki is iktatható.

Az előző szériákból ismert „háromtekerces” megoldás teljesen átalakult.

A lecserélt végtranzisztorok másfajta impulzustechnikai kezelést igényeltek, mint elődeik. Végérvényesen megszűnt a T9–T10 kollektorában a korábbiakban alkalmazott, parallel ellenállással veszteséges alakított két induktívitas alkalmazása. Ezzel szemben a továbbiakban az alsó (T10) tranzisztort meghajtó T8 emittérében alkalmaznak egy 22  $\mu$ H értékű, parallel 15  $\Omega$ -mal veszteséges alakított, kompenzáló induktivitást (L4–R37). Az átdolgozott nyomtatott áramkör beültetése a **11. ábrán** látható, amelynél a cég – jogi okokból – ismételen visszatartotta az áramköri rajzolatlan kapcsolatos információkat.

Érdekes változás, hogy az erősítő első feléhez tartozó valamennyi pozitív tápfeszültség vezetékét ezentúl nem a +50 V-ra, hanem az R35 áramfigyelő ellenállás alsó feléhez csatlakoztatták. Az ellenálláson így adódó csekély nyugalmi áramtöbblet következtében az áramhatárolás megszólalása, karakterisztikája kissé megváltozott.

Arra vonatkozóan, hogy voltak gondok a nyákravezésben a QUAD cégnél, tekintünk meg a **12. ábrát**, ahol a QUAD 405-2 típusú erősítő (újszerű állapotú) nyomtatott áramkörének egy részletét láthatjuk. Sajnálatos, hogy nem hagyható megjegyzés nélkül a látvány. Az alaposan melegező R30 és R31 láthatóan nagyobb méretű/teljesítményű típusok, mint a régebbi erősítőkben, viszont a C10 utánhúzó elkó (és egy másik elkó is) ezek közvetlen



12. ábra. Az R30 jelű, nagy terhelhetőségű, erősen melegedő ellenállás a C10 jelű elkő nyakán ül, azt fűti. Milyen hamar is szárad ki ez az elkő? (QUAD 405-2)



14. ábra. Az R30, R31 jelű, nagy terhelhetőségű, erősen melegedő ellenállások idővel elszeszesítik a QUAD panelt a helyi túlzott hőterhelés folytán (QUAD 405-1)

közeliében van. Ez meglehetősen hamar oda vezethet, hogy az elkők kiszáradnak és nem töltik be a feladatukat. Egyáltalán nem véletlen, hogy több cég is árusít olyan kitet, amelyek – többek között – ezeket a túlságosan hamar kiszáradó kis elkők cseredarabjait tartalmazzák, netán jobb minőségűre váltva az eredetieket (13. ábra).

Nem csupán az elkők vannak veszélyben, hanem maga a nyomtatott áramköri panel is. A két nagy terhelhetőségű ellenállás idővel elszeszesíti a panelt egy kisebb felületét a túlzott hőterhelés folytán (14. ábra).

### A QUAD 405-2

A QUAD 405 erősítő a '80-as évek elején lényeges változásokon ment keresztül. Először is az erősítóből ténylegesen kivethető teljesítményt kívánták megnövelni anélkül, hogy a beépített limiter áramkör azt idejekorán korlátozta volna. Pontosabban, a cél az volt,



13. ábra. A QUAD erősítő számára a neten árusított egyik elkőkészlet a túl hamar kiszáradó elkők pótlására. Számos cég kínál ilyesféle javító-készleteket

hogy az erősítő a  $2 \times 100$  W teljesítményt 4,5 ohm és 8 ohm közötti hangszóróimpedancia mellett is képes legyen szolgáltatni. Ez ugyanis „benne volt” az erősítőben, csupán az alkalmazott limiter áramkör túlságosan is hamar lefűtötte a működést. (Nem is volt véletlen, hogy számos házilag tuning a védelem eltávolításával kezdődött, ami persze nem volt túlságosan célszerű megoldás.) Napirendre került, hogy az eddig alkalmazott limiter áramkör helyett újat kell kidolgozni. Hamarosan megtörtént az áramkör kialakítása, vizsgálata, és kezdetben soros lábkialakítással, miniatűr nyomtatott áramköri kivitelben építették be ezeket az erősítőpanelbe (15. ábra). Később a limiter a fajlagosan olcsó, vastagréteg integrált áramkörös technológiával készült (16. ábra), amelyet úgy terveztek meg, hogy a felső, T9 és az alsó, T10 végtranzisztor számára teljesen azonos konstrukciót, csereszabatos példányt lehessen alkalmazni. A lapkák kivételének lábtávolsága azonos az IC-eknél szokásos kiosztással, azaz 2,5 mm. Beforrasztásuk álló helyzetben történt a nyakon, a két végfokozat megfelelő pontjaira, egy-egy lyuksorra. Meghibásodás esetén a cseré tehát nem okozhat gondot.

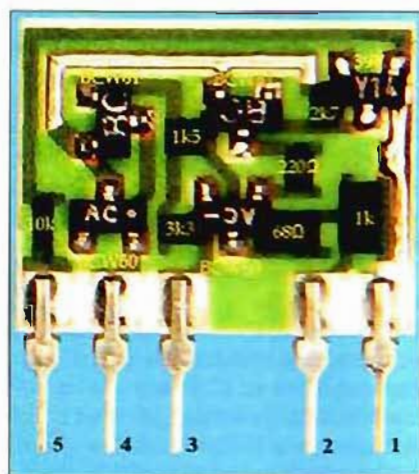
Ismeretes, hogy a korábbi, QUAD 405-1 típusú erősítőnek maximális garantált kimeneti teljesítménye csatornánként 100 W, ehhez a megengedett névleges (hangsugárzó) terhelőimpedancia 4,5...8  $\Omega$ . A gyakorlatban azonban a szóban forgó hangsugárzó k impedanciája az átviteli tartomány egy vagy több pontján gyakorra jóval 4  $\Omega$  alá is csökkenthet, így a fellépő átmeneti túláram miatt a korábban alkalmazott védelem megszűnt. Így mégsem lehetett a garantált teljesítményt kinyerni az erősí-



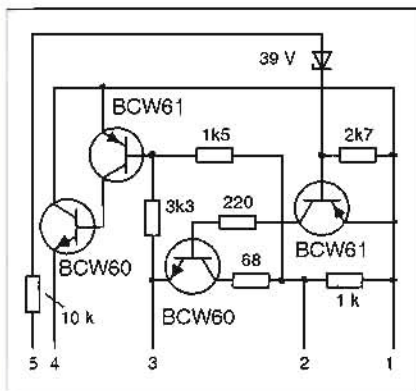
15. ábra. A QUAD erősítő új típusú védőáramköreinek beépítési helye

tőből), ami bosszantó is, továbbá hiteletlenné teszi a specifikáció egyes adatait. A helyzetet – akár már jogi szempontból is – változtatni kellett.

Ezen új típusú limiternek védőáramkörök segítségével képes volt az erősítő *kellő biztonsággal* 3  $\Omega$  és 10  $\Omega$  között a névleges teljesítmény leadására továbbá lehetőség nyílt 1,5  $\Omega$  hangszóróterhelés mellett 50 W kimenőteljesítmény



16. ábra. A védőáramkör vastagréteg technikájú integrált kivitelben. Idővel vörösbarna mártott kerámia védőbevonatot kapott



17. ábra. A QUAD 405-2 erősítőben alkalmazott új típusú védő/limiter áramkör kapcsolási rajza. Az áramkör 2,5 mm-es soros raszterra kialakított forrasztó tűskékkel csatlakozik az erősítőpanel megfelelő pontjaihoz. Egy erősítőpanel két ilyen limi-tert tartalmaz (v.ö. a 13. ábrával)

leadására is. Az újszerű védőáramkör kapcsolási rajzát a 17. ábra, a kezdeti kivitel – állított – beépítési helyét a 12. ábra mutatja. A védőáramkör a későbbi szériák során vörösbarna, mártott kerá-

mia védőtokozaást kapott, ez a kivitel szintén megfigyelhető a 15. ábrán.

Az új limiterrel lényegesen nagyobb kimeneti teljesítmény vehető ki a QUAD 405-2 erősítőből, mint elődjéből, voltaképp minimális intézkedés, egy védőáramkör minőségi cseréje után. Az elérhető kimeneti teljesítményt a 18. ábra diagramja mutatja, a QUAD 405-2 erősítő szervizkönyvében közölt ábra alapján. Egy kis ügyességgel akár utólag is beépíthető az áramkör bármely meglévő, korábbi típusváltozatú erősítőnkbe.

Semmi akadályja nincs annak, hogy az áramkört diszkrét alkatrészekből kivitelezzük a 19. ábra szerinti, normál alkatrészkészlettel, vagy akár házilag SMD technológiával. A kis áramkör főliarajzolatának megtervezése sem okozhat gondot egyik jelzett megépítési mód esetében sem, de a neten is árusítanak szerelt, bemért, nagyon szép klónokat (20. ábra).

Annak ellenére, hogy már egyes korábbi, a 62500-es szériaszámtól induló példányokba is beépítették az említett új védőáramkört, a fenti változások

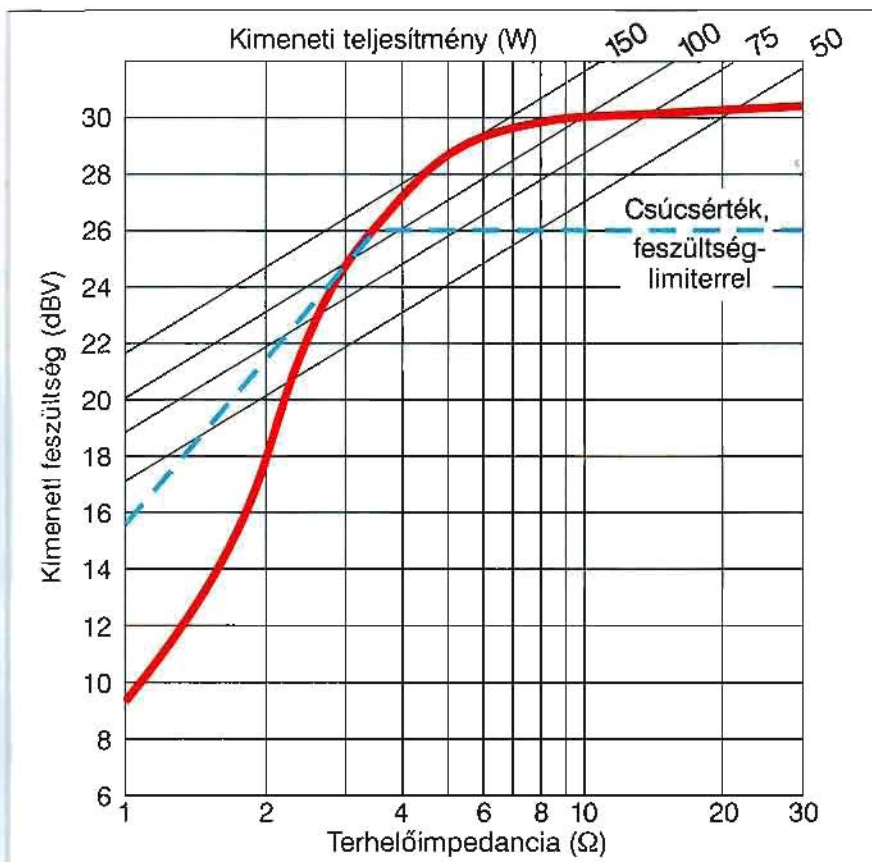


19. ábra. Az új védőáramkör nyomtatott áramkörti lemezen szerelt házilag változata, normál méretű alkatrészekkel. Utánépítése nem okozhat nehézséget, de hasonlóként készen, a neten is beszerezhetünk

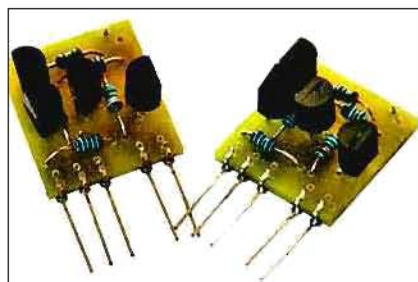
okán is, az új, javított képességek következtében – 1983 januárjától – a továbbiakban az erősítőt a 65000-es gyártási szériaszámtól kezdve QUAD 405-2 típusjellel látták el. A 405-2 erősítő első, megújult kapcsolási rajzának a szériaszáma M12333 iss.7. Az új nyák szériaszáma M12565 iss.5.

Az idők során még további néhány apró, filléres kihatású változtatást kellett bevezetni, többnyire a vásárlói észrevételek, óhajok hatására.

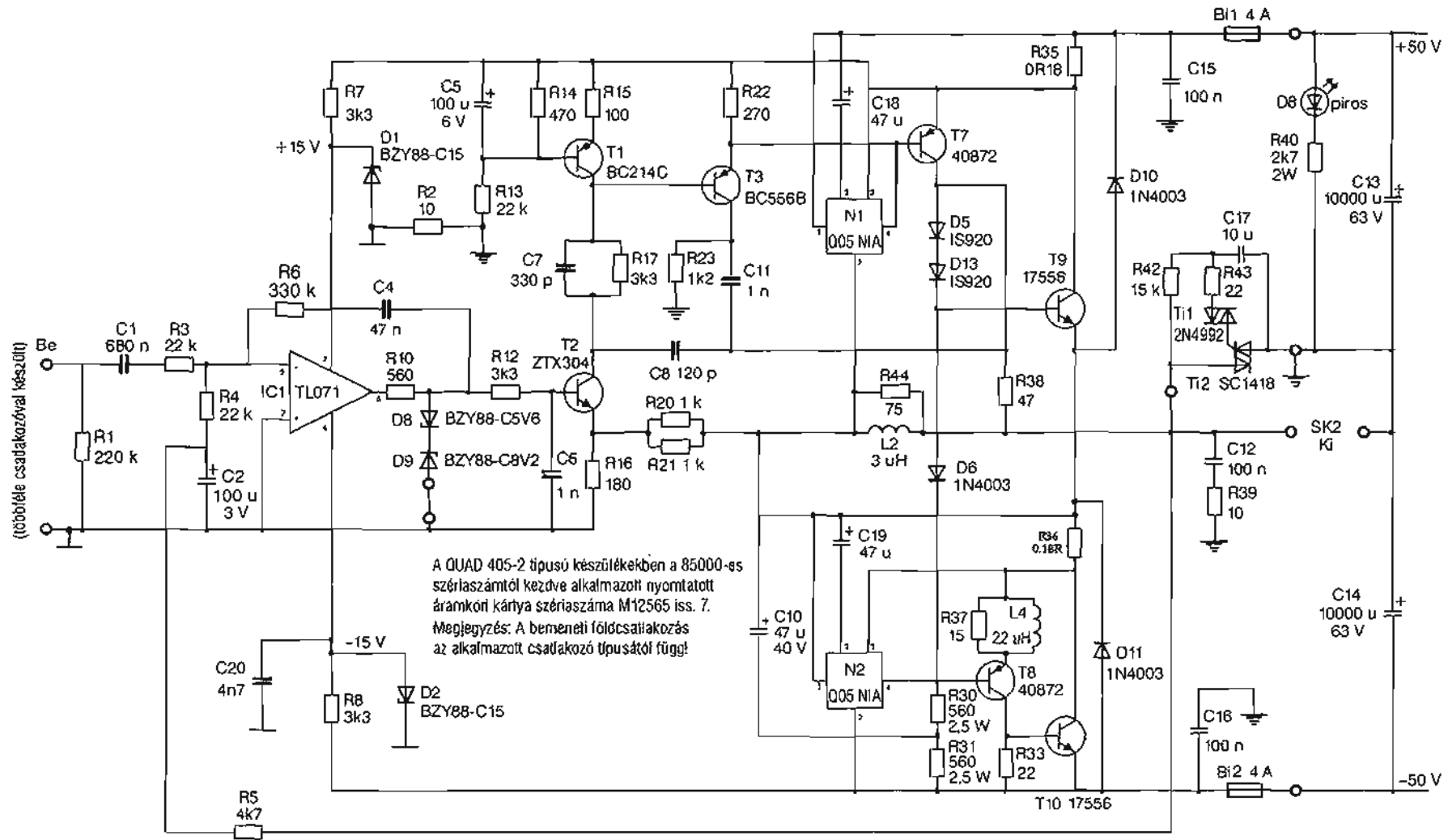
1983 januárja környékén, közelítőleg a típusváltás idején került be a régi 405-1, illetve az újabb 405-2 erősítőbe a kimeneti L2 induktivitással paralel egy R44 pozíciójelű, 75 Ω-os ellenállás. Szerepe az ezen az induktivitáson esetleg létre jövő nagyfrekvenciás, örvényáram-eredetű, igen gyors lengések csillapítása, a QUAD-erősítő lényeges részét képviselő hidáramkör nagyfrekvenciás viselkedésének a javítása. Első dokumentált megjelenését az M12333 iss.8 jelű (405-2) kapcsolási rajzon ész-



18. ábra. Az új védőáramkör lényegesen megnövelte a QUAD 405-2 erősítőből kivethető hasznos teljesítményt. A szaggatott kék vonal jelzi a QUAD ELS hangszugárzó számára kialakított (elhagyható) feszültséglimiter hatását



20. ábra. Egyszerű technológiával utángyártott, kis sorozatú, a neten árusított védőáramkör-klón



21. ábra. Az M12333 iss.10 szériajelű QUAD 405-2 típusú erősítő legutolsó gyári módosításait tartalmazó kapcsolás

lelhetjük, majd később normál tartozékká vált.

1983 májusától, a 67000-es szériaszámától az IC1 alsó, -15 V-os, Z-diódás stabilizátorának beszűrődő zaja miatt bekerült a D2 Z-diódával parallel egy C20 jelű 4,7 nF-os kerámia szűrőkondenzátor. Az erősítő stabilitásának fokozása érdekében véglegesen beépítették az R44 jelű, 75  $\Omega$ -os ellenállást a híd L2 induktivitásával paralel.

1983 júliusában, a 67950-es szériaszámától végre eljött az ideje a sok mérgeződést okozó, gyakorta bizonytalan érintkezést adó, csiptetős kimeneti csatlakozók elfelejtésének, amelyeket a közismert, műszer-csatlakozókra emlékeztető,  $\varnothing 4$  mm-es, csavaros dugasz-aljzatokra cseréltek.

1984 augusztusától, a 72501-es szériaszámától a T3-at és 3,3 k $\Omega$ -os emitterellenállását elhagyták, míg T4 típusát BC556B-re cserélték.

1985 decemberétől, a 83000-es szériaszámától a feszültségválasztó szerelvény elmaradt, a helyi hálózathoz való illesztést a továbbiakban (többnyire az értékesítés előtt) a trafo kivezetéseinek átforsztatásával oldották meg.

1986 februárjától, a 85000-es szériaszámától biztosítékot is tartalmazó hálózati (apa) aljzatot, továbbá az erősítőhöz csatlakoztatott egyéb készülékek számára hálózati (anya) aljzatot is kapott az erősítő. A bemeneti D1N csatlakozót RCA típusúra cserélték, és egyúttal jelföldert is leválasztották az R2 ellenállással az életvédelmi- (ház-) földelésről.

Külön ki kell emelnünk egy változást, mint *filléres, ám igen nagy fontosságú módosítást*, amely először az M12333 Iss.8 szériaszámú kapcsolási rajzon észlelhető, és voltaképp az első pillanatban jelentéktelennek tűnik. Nagyon fontos lépésként ugyanis a 20 kHz-es frekvenciamenet és a kisebb, de sokak számára jól hallható hibájának, egyfajta magashangú torzításnak a megszüntetése érdekében történt intézkedés. A T7, „A” osztályú végfokozat kollektorvezetékébe a D5 (1N4003) diódával sorban bekerült a D13 jelű (1N4003) dióda, amely a teljes végfokozat egyenfeszültségű beállításán csekély korrekciót hajt végre. Ennek következtében a magasabb hangfrekvenciákon, főleg a kisebb jelszinteknél észlelhető, éppen már hallható keresztvezési torzítás lényegesen lecsökkent, az erősítő hűdegen is, melegén is jól szól. *Ez a fontos szerepű dióda beépítését utólag is feltétlenül javasoljuk bármely*



22. ábra. Készülnek a 405-ös erősítők Huntingdonban, anno (QUAD)

*eredetű és készítésű QUAD 405 erősítőbe, ha ezt még az nem tartalmazza!*

Az erősítő kapcsolástechnikájának további céges módosításairól nincs tudomásunk. Idővel az erősítő gyártása végleg megszűnt. A QUAD 405-2 legutolsó, a cég által közölt kapcsolási rajza az M12333 Iss.10 szériajelre hallgat. *A kapcsolat az utolsó időkben bekövetkezett összes változást tartalmazza és a 21. ábra mutatja.*

Egy, a QUAD cég valamennyi gyártmányára kiterjedő, részletes kimutatás szerint a 405-1 típusú erősítőből 1975–1982 között összesen mintegy 64 000 darabot, míg a 405-2 típusból 1982-től a gyártás megszűnéséig, 1997-ig mintegy 164 000 darabot adtak el (22. ábra). Ez az eredmény a meglehetősen telített nemzetközi audió piacon igen szép sikernek tekinthető.

Azt is meg kell említenünk, hogy az erősítő alapkonceptiója, a *current dumping* technológia 1978-ban elnyerte a brit „The Queen's Award for Technological Achievement” innovációs díjat, elsőként a szigetország audió



23. ábra. Peter Walker átveszi a brit „The Queen's Award for Technological Achievement” innovációs díjat Fülöp edinburgh-i hercegtől (1978)

termékei közül (23. ábra). A QUAD 405-ös erősítő pedig a brit Formatervezési Tanács díját nyerte el, a cég termékei közül már a másodikként. (Az első formatervezési díjat még 1969-ben a 33/303-as, elektroncsöves kombináció kapta.)

A használt QUAD 405-ös erősítők a mai napig jelentős értéket képviselnek.

A QUAD cég – több más, neves hangtechnikai céggel egyesülve – *International Audio Group* néven 1995-től kínai tulajdonba került.

A QUAD 405-2 gyártásának megszűnéséhez az a körülmény is hozzá tartozik, hogy a veterán, lényegében harminc évesnél is idősebb 405-ös erősítőnek utóbb rendre megjelentek a jelentős mértékben átdolgozott, korszerűbb változatai:

- 510–520f (1984–1989),
- 606 (1986),
- 707 (1996),
- 909 (1999).

A további fejlesztések során megváltozott az erősítő típuszáma, külső formája, és készült professzionális célokra 19"-os rack fiókba dugaszolható kivitel is. A cég jelentős tételeket szállított professzionális kivitelű termékeiből a BBC számára. Mindazonáltal megmaradt, ám több részletében lényegesen megújult a korábbi kapcsolástechnika, és megnövekedett a biztonságosan kinyerhető kimeneti teljesítmény. Számos, korábban megkifogásolt áramköri részletet elvetettek, és merőben újszerű megoldásokat vezettek be a következő konstrukciókban.

Az eredeti gyári erősítő néha megmosolyogtató, túlságosan is egyszerűen kiküszöbölhető hibái, hiányosságai eléggé érthetetlenek voltak, és igen sokan fogtak hozzá a gyári kapcsolások feljavításához. Már nagyon hamar számos, igen eredményes, hozzáértő, független szakemberek által kidolgozott, ellenőrzött módosítás történt a különféle életkori, gyártási számú, kapcsolású 405-ös erősítőkön. Ezek a széles körben (pl. folyóiratokban, később a neten) ismertetett módosítások természetesen nem történhettek némi céges visszhang nélkül, és egy részük – valamilyes késéssel – beszivárgott a sorozatgyártású gyári erősítőkhöz is, nem éppen véletlenül.

Jellemző, hogy a korábbi modelleken az utóbbi időben elvégzett legtöbb, az amatőrök által kezdeményezett, házilagos módosítás célja főleg a *legutolsó gyári kivitel, a 405-2 tulajdonságainak az előlépése* volt. Másrészt pedig

praktikus ötletekkel lehetett javítani az erősítő még megmaradt, további apróbb hibáin. A közvélemény szerint a 405-2 erősítő minőségi tulajdonságai igen magas elvárásoknak is megfelelnek, noha a HIFI társadalomban mindig folyik a végeláthatatlan vita a különféle jó, jobb, a legjobb és a még annál is sokkal jobb erősítők tulajdonságairól. Ez néha szakszerűen, megalapozottan, néha pedig bármiféle elemi hozzáértés nélkül, a kuruzslás, a javasaszony szintjén történik. Ugyanakkor pedig számos ilyen vita önmagáért való, ugyanis gyakorta eleve csapnivaló technikai minőségű és közel zérus szellemi, művészi beltartalmú műsorokat hallgatnak emberek kiváló berendezéseken, például többnyire CD-ről...

A kellően magas művészi színvonal számtalan esetben áttöri a siralmas minőségi korlátokat, és csupán hab a tortán, ha végül a kiváló előadó kiváló LP (nem CD!) felvételét egy valóban igen magas műszaki színvonalú HIFI berendezésen hallgathatjuk meg. Viszont egy bármely nyelven siralmasan kornyikáló, üvöltöző énekes, egy csakis hamisan vagy unalmasan és csörömpölve játszó zenekar nem lesz élvezhetőbb egy jobb berendezésen hallgatva sem.

A 405-ös erősítő körüli fölfokozott izgalom, lelkesedés azt jelezte, hogy ebben az erősítőben „tényleg van valami”. Egy gyenge minőségű erősítő nem vonzott volna ekkora rajongói tábor, világszerte(!) fizetőképes vevőkört, nem indukált volna ennyi további talpraesett műszaki ötletet. A kialakult állapotot a QUAD cég sem hagyhatta végül szó nélkül. Jellemző a helyzetre, hogy a legutolsó kiadású *gyári szervizkönyvben* is történik utalás azt jelezte, hogy *Keith Snook* által javasolt – módosításra, amely (főleg) a bemeneti áramköri részeket érinti.

Tekintsük át a konstrukció életútját a módosítások tükrében! Ha pedig nagyobb akarunk lépni, akkor irányítsuk a figyelmünket a QUAD 520, 606, 707 és 909 típusjelű erősítőkre!

## A gerjedések ellen

A QUAD 405 erősítő életútja során megfigyelhető a gerjedések elleni rejtett, egyszerű, ám hatásos küzdelem. Ha összefoglaljuk az egyes állomásokat, bizonyos tekintetben megérthetők és tanulságosak is lehetnek számunkra.

Az első időszakban nyilvánosságra került és nem túl sikeresnek mondható ún. telinyák-kivitelű nyomtatott áramköri huzalozásra – első pillanatra is jól

láthatóan – az volt a jellemző, hogy az alaplemezről csupán keskeny szigetelő csikokat maradtak le. Mindenütt csak annyit, amennyit a szigetelési igények megkívántak. Ennek folytán a nyákon hatalmas rézfelületek maradtak, amelyek általában nem kedveznek a gyors áramkörök, például az „A” osztályú végfokozat megfelelő működésének. A melegpontokon levő fóliarészek és a környezet között kialakuló – szórt – kondenzátorfelületek kapacitása és vesztesége így lesz maximális. Ezen kondenzátorok veszteségei roppant nehezen értelmezhetők, mérhetők és kezelhetők, ráadásul a nyák alapanyagától függő, és tulajdonságaik véletlenszerűek és ellenőrizhetetlenek. Már az első közelítésben is mikrohullámú szinten kell(ene) a szóban forgó hangfrekvenciás nyomtatott áramkör működését elemezni. Egyáltalán nem véletlen, hogy az egyes 405-ös szériák nyomtatott áramkörei – egy-két jellemző résztől eltekintve – szinte köszönő viszonyban sincsenek egymással, az alkatrészek a generációváltások során szinte körbe járták a nyákat.

A számos helyen folyt hazai elektronikai fejlesztések és a kapcsolatos nagyüzemi gyártások során sokan megtapasztalhatták, hogy mekkora szerepe van a nyomtatott áramköri rajzolatnak és a kivitelnek. A legjobb műszaki paramétereket eredményező rajzolat kikísérletezése nem egyszerű feladat, legtöbbször néhány, kevésbé sikeres kísérlet előzi meg a végső, jól működő kialakítást. Sok helyen kiderült az is, hogy mekkora különbségek vannak a látszólag teljesen azonosnak tűnő, névleg igen jó minőségű, üvegszálas epoxi nyomtatott áramköri lemezek között. Például az azonos gyári paraméterekkel árusított lemezek tulajdonságai erősen függenek a gyártótól, vagy a gyártó nem publikált, éppen aktuális, belső minőségi, gyártási gondjától függően. Ezek után igencsak megértjük a gyári 405-nyákon végbement változásokat.

Mindezek alapján a tanácsunk a következő. Ha tehát valaki azt kutatja, hogy mely megoldással lehetne még jobb eredményt elérni a 405-ös erősítő kapcsolástechnikájában, „a pénz nem számít” felkiáltással, akkor nem az aranyozott csatlakozók, ezüsthuzalos hálózati trafók stb. irányában lenne érdemes elindulni, hanem az *erősítőnyákok kellene garantáltan sokkal jobb minőségűre cserélni*, például *teflon alapúra*, és a fóliát *ezüstözteni* vagy néhány mikronos vastagságban *aranyoztatni*.

Az ötletet semmiképp nem szántuk humorosnak. A nemesfém galvánbevonatok ára egyáltalán nem csillagászati, viszont pl. a néhány mikronos arany bevonattal igencsak csodákra számíthatunk. Az ilyen eljárás roppant kedvező eredményeit számtalan esetben, ipari körülmények között, a legkülönfélébb típusú áramkörök esetében – ellenőrzött – kipróbáltuk, és adott esetben a sorozatgyártás során kötelező használatát előírtuk!

A különféle kiskereskedelmi forgalomban beszerezhető, szemre tökéletesen egyforma, üvegszálas epoxi műanyag nyákok között vannak ugyan kiválóak és jók is, de nagyfrekvencián még éppen elfogadhatók és hihetetlenül gyengék is. Ezen utóbbiak a 405-ös erősítőhöz nem, illetve csakis alárendelt szerepkörre alkalmasak, például tápegységek és hasonlóak számára. Az amatőrök számára kínált elektronikai termékek *eredetét* (pl. a sokatmondó EU jelzés), gyártóját és főleg a *minőségét* többnyire homály fedi, mint az áruházlánci, olcsó és dohos ízű/szagú zöldpaprikáét.

A QUAD-erősítő belseje *igen gyors működésű* áramköröket is tartalmaz, és ebből különféle problémák is adódtak a fejlesztés/gyártás során. Egyes áramköri részeket „meg kellett szelidíteni”. A current dumper áramkörben az átkapcsolási pillanatokban tanúsított kedvező viselkedést azáltal sikerült elérni, hogy először az alsó (T10) végtranzisztor kollektorvezetékebe iktattak be egy veszteséges induktivitást, majd pedig a további tapasztalatok alapján egy ilyen induktivitás bekerült a dumper felső (T9) tranzisztorának a kollektorába is. Mindkét megoldás *tervezetten lassította* a működést, ugyanakkor javította az impulzusátvitel hibáit. A következő lépés volt az egyes erősítőkben tovább makacszkodó dumper alsó tagjának a megszelidítése, a kollektor-bázis közé beiktatott kondenzátorral. Ez utóbbit először csak a gerjedékeny, jelalakhibás példányoknál alkalmazták, a nyák forrasztási oldalán közvetlenül a végtranzisztor kivételére forrasztva (14. ábra), majd 1 nF C19 néven megjelent az alkatrészlistában is, hogy aztán utóbb (az *iss.6* változattól kezdve) végleg eltűnjön, átadva a helyét egy újabb veszteséges induktitásnak. A végtranzisztorok időközi típuscseréje ugyanis azt eredményezte, hogy a T9 és a T10 kollektorában alkalmazott veszteséges induktivitások helyett más megoldást tartottak



célszerűnek. Ez egy új, a korábbiakhoz képest jóval nagyobb értékű (L4, 22  $\mu$ H) veszteséges induktivitás volt, amelyet viszont a T8 emitterébe iktattak be.

Már említettük, hogy szintén a gerjedékenység és jelalakhiba (torzítás) elleni küzdelem során vezették be – némi nem egészen érthető hezitálás után – a panelonként alkalmazott 100 nF-os tápfeszültség-hidegítő kondenzátorokat, amelyek típuszámai az utóbbi rajzokon C15 és C16, közvetlenül a biztosítékok mellé (9. ábra), majd később azok közé (11. ábra) telepítve. Sok esetben azonban ez sem volt elég (ld. később).

## Módosítások

Amennyiben nem rendelkezünk elektrosztatikus QUAD ESL hangsugárzóval és távlatilag sem szándékozunk ilyesmit üzemeltetni, végleg távolítsuk el az erősítőbe beépített feszültségkorlátozó áramkört. Ez a korábbi gyártmányokban/utánépítésekben R11 és R9 megszüntetését jelenti úgy, hogy az R11-re a továbbiakban nincs szükség, illetve R9 helyére pedig rövidzár kerül. Ezáltal az IC1 pozitív tápfeszültségforrásának kisebb lesz a belsőellenállása, ami jó hatással van a brumm csökkenésére. A későbbi gyártású erősítőkből pedig végleg eltávolítható az IC1 kimenetén található D8–D9, a két feszültségkorlátozó Z-dióda.

A leggyakoribb a bemeneti IC1 cseréjének javaslata, ugyanis manapság már sem a veterán LM301A, sem pedig a valamivel újabb és valamivel jobb minőségű TL071 messze nem tűnik a legjobb választásnak. Nem igazán javasolható a nehézkes beszerezhetőség és a kedvezőtlen ár/érték viszony folytán néhány futurisztikus, drága IC típus (OPA627, AD825 stb.) beépítése sem. Noha még így is számos lehetőség kínálkozik (a nemzetközi félvezető kínálatot áttekintve), mégis egy leginkább bevált helyettesítést javasolunk.

Széles körben használják és problémamentes az NE5534 típusú – lábkompatibilis – erősítő beépítése. Kompenzálást itt nem igényel, és hazai beszerzése is megoldott. Használata már csak azért is javasolható, mert számtalan stúdióerősítőben találkozhatunk a típusal, és biztosak lehetünk benne, hogy a saját erősítőnkön keresztül hallgatott hangfrekvenciás jel már átfutott valahol/valamikor egy-két vagy több, NE5534 típusú IC-n. Sokkal jobb és pláne drágább IC beépítésének tehát

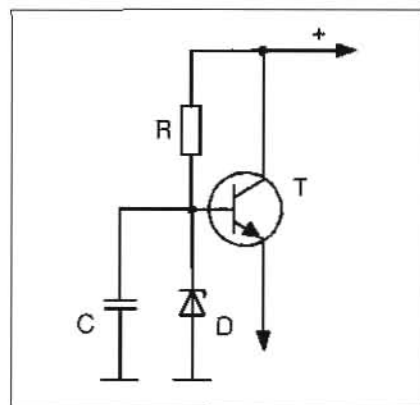
nincs túl sok értelme, mert akkor is az NE5534 lesz a szűk keresztmetszet, ami azért egyáltalán nem is olyan szűk!

A modernebb, a régebbieknél rendszerint jóval gyorsabb műveleti erősítők többsége *gyakorta nagyfrekvenciás gerjedésre hajlamos*. Ezt az átmunkált QUAD erősítő kifejezetten érdes hangjáról is észre vehetjük. A megoldás pedig többnyire roppant egyszerű, az IC tápfeszültség-vezetékeit kell hidegíteni. Ezt akár utólag is, bármelyik erősítőben is kivitelezhetjük a nyomtatott áramkörti lap forrasztási oldalán. Mivel a szóban forgó IC-k 741-lábkompatibilisek, a 7. és a 4. lábról rövid kivezetésekkel egy-egy lapos, kis méretű, 63 V-os, 100 nF-os kerámiakondenzátorral a tok 3. lábához hidegíthetjük a tápfeszültség-hozzávezetéseket.

Az erősítő számára alkalmas, modernebb IC-k általában jóval nagyobb tápáramot igényelnek, mint a veterán LM301A (= kb. 2 mA). Akár az eredeti gyári QUAD 405 panelon, akár a honosított változaton gondot okozhat az IC-csere akkor, ha nem gondoskodunk az IC1 nagyobb tápáramáról. Ezt a negatív és a pozitív ágban egy-egy (npn, illetve pnp) tranzisztor polaritáshelyes beforrasztásával oldhatjuk meg úgy, hogy az adott tranzisztort megfelelő polarítású emitterkövetőként kötjük be, és emitteréről vezetjük tovább a Z-dióda feszültségét az adott IC-lábra (24. ábra). Ezt az egyszerű módosítást akár a házilagosan készített, akár a gyári panelon is nagyon egyszerű elvégezni a forrasztási oldalon. Mindössze az IC1-re menő tápellátás fóliáit el kell metszeni egy-egy alkalmas helyen, és a tranzisztorokat óvatosan be kell forrasztani az áramkör megfelelő pontjaira.

Amennyiben a két Z-dióda gyárilag még nem lenne áthidalva a dióda zajának csökkentése céljából, akkor a forrasztási oldalon szintén könnyen kivitelezhetjük ezek beiktatását. Hídaljuk át a 24. ábra szerinti módon a Z-diódákat egy-egy 4,7...10 nF-os, legfeljebb 63 V-os kerámia szűrőkondival. Ez a szűrőkondi is egy olyan megoldás, amelyről nem lehet tudni, miért is nem került be a gyári erősítőbe eddig, csupán a *legutolsó* szériába.

Ezzel az emitterkövetős megoldással mindenkorra megoldottuk a nagyobb tápáram problémáját. A félvezetők bármely alkalmas, olcsó, kisjelű típusok lehetnek, mindössze az  $U_{CE}$  feszültségtűrésük legyen lényegesen nagyobb, mint az adott oldali tápfeszültség (például a házilagos kivitelnél 30 V,



24. ábra. Megnövelt áramerhelhető-ségű stabilizátor az IC1 számára

vagy a gyári erősítőnél 60 V), továbbá viseljék el a tranzisztorra jutó feszültségből és az IC1 tápáramából (például az NE5534 esetén max. 8 mA nyugalmi áramból) számítható teljesítményt. Ez utóbbi a különböző típusú IC-k esetében a gyakorlatban legfeljebb 0,3...1 W körüli értékre becsülhető, tehát egy-egy 1–2 W körüli megengedett disszipációjú, 60...70 V  $U_{CE}$  feszültségtűrésű npn, ill. pnp tranzisztor valószínűleg valamennyi, szóba jöhető IC számára megfelelő lesz. A konkrét IC esetében persze célszerű a katalógusadatok alapján a várható disszipációt ellenőrizni és az emitterkövetőt kissé túlméretezni.

Létezik olyan módosítás is, amelyik ezeken a helyeken IC-s feszültségstabilizátorokat, pl. LM317 típust alkalmaz. A kényelmes, stabilizátoros megoldástól a tranzisztoros kivitelhez képest túl sok többlet eredményt nem lehet vágni, hiszen a modern műveleti erősítők igen jelentős tápfeszültség-változás elnyomás képességgel rendelkeznek. A tapasztalatok szerint a stabilizátor valamelyest segít abban is, hogy az erősítő be- és kikapcsolásakor keletkező koppanás csökkenjen vagy megszűnjön, noha ennek végleges megoldását egy alkalmas koppanásgátló áramkör beépítése jelenti. A koppanásgátlásra születtek más, egyszerű megoldások is, és az eredmények összevetésekor derül ki, hogy nem mindennyik erősítőpéldány vagy nem egyforma mértékben szenved ebben a hibában.

## Erősítés, zaj és egek

Sok kritikát kapott a 405-ös erősítő bemeneti érzékenysége és zajszintje. A két problémát – a kapcsolás ismeretében – összevontan egyetlen fogással lehet megoldani, mégpedig a bemeneten.



Az eredeti QUAD 405 erősítő feszültség-erősítése, más megközelítésben: a max kimenőteljesítményhez viszonyított érzékenysége ( $0,5 V_{eff}$ ) a legtöbb gyári (feszültségforráshoz túl nagy) bizonyul. Ennek az az egyszerű oka, hogy a 405-ös erősítő – a QUAD cég sajátos felfogása szerint – a cég készüléksorozatának (rádióvevő, keverő stb.) szerves részét képezi, és ezekhez a készülékekhez viszont jól illeszkedik és punkum. Ez eredőben azt a gondot okozza, hogy a különféle csatlakoztatott *nem QUAD* gyártmányú készülék hangerőszabályozóját (ha van ilyen) többnyire annak kezdeti szakaszán kell használnunk, és az ebből eredő jel-zaj viszony végül is kedvezőtlenebb, mint lehetne. Célszerű tehát az ICI eredeti feszültség-erősítést valamelyest csökkenteni, az egyéb kedvező tulajdonságok megtartása/javítása mellett. A módosítások a saját készítésű vagy a gyári kivételű erősítőpanelekön igen egyszerűen elvégezhetők.

Itt jegyezzük meg, hogy számos hangerő-potenciométeres ötlet és átnyitkálás terjed a neten, ami alapvetően elhibázott megoldás. Ami a lényegét illeti: a gyári vagy a háziagos kivételű erősítőbe többen beépítettek valamely belső vagy kívülről állítható (duál vagy csatornánként egy-egy) potenciométert, és ezzel állítják be az erősítő lát-szólagosan kisebb érzékenységét.

Először is, a potenciométerek hosszú távon a legkevésbé megbízható alkatrészek. A beállítás az előbb-utóbb megjelenő kontakthiba miatt egy idő múlva illuzórikus lesz és egy primitív hibával terheli a rendszert. Másrészt viszont az erősítő alapja megmarad, pedig célszerű lenne az érzékenységet *az alapzajjal együtt* csökkenteni.

Az erősítés csökkentésének egyszerű módja az ICI visszacsatoló körében található  $R6$   $330\text{ k}\Omega$ -os ellenállás lecsökkentése (cserével)  $100\text{ k}\Omega$ -ra, és hogy a visszacsatoló kör időállandója ne változzon, a  $C4$   $47\text{ nF}$ -os kondenzátorral egy azonos típusú  $100\text{ nF}$ -os,  $250\text{ V}$ -os műanyagszigetelésű kondenzátort kell parallel kötni. Ez esetenként jóval egyszerűbb, mint egy  $150\text{ nF}$ -osat beszerezni.  $R6$  cseréjénél lehetőleg kis tűrésű ellenállásokat használjunk, hogy a két csatorna erősítése ne térjen el számottevően egymástól; az ellenállás tűrése az eredeti QUAD erősítőben  $\approx 2\%$ , eltekintve az elsőszériás gépektől. A bemeneti zaj csökkentése érdekében célszerű ezen módosítás végrehajtásakor még az  $R4$  ellenállás értékét is

lecsökkenteni  $6,8\text{ k}\Omega$ -ra, jobb minőségű, kis zajú típusra. Eredőben mintegy  $10\text{ dB}$  jel-zaj viszony javulást kaphatunk, ami több, mint kedvező.

A 25. ábrán *B. F. Ludwig* által kidolgozott módosításokat láthatjuk. Az erősítő minőségének javítása érdekében számos helyen történt kisebb változtatás, érték-, vagy kapcsolási rajz módosítás. Ahol eltérést találunk az eredeti QUAD 405-1 kapcsolásához képest, a változások helyét bejelöltük a rajzba. *A 25. ábrán már az új értékek szerepelnek!* Viszonyítási alapként a 10. ábra szerinti, M12333 iss.6 szériajelű, 405-1 kapcsolást kell tekintenünk, *B. F. Ludwig* a módosításokat ezen az áramkörön végezte el. Mielőtt nekiállnánk a javasolt módosítások elvégzésének, vegyük tekinteibe azt, hogy a javaslatok egy része idejémmúlt akkor, ha például a 45000-es szériaszámúál jóval későbbi gyári készüléket akarunk módosítani. Ugyanez a helyzet akkor, ha modernebb állapotot tükröző kapcsolási rajz alapján utánépített készülékünk van. Mielőtt tehát nekiállnánk a munkának, érdemes ellenőrizni saját készülékünk generációját, kapcsolását, hogy abban a javaslatok zömének megvalósítása nem történt-e már meg.

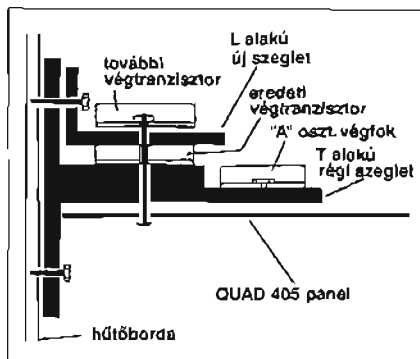
Néhány változtatást feltehetőleg a fóliarajzlaton is kell eszközölnünk, de ez szintén attól is függ, melyik QUAD generáción (kapcsoláson és nyákon) végesszük az átalakítást. A legszembe-nyöbbsé váltóztatás a dumper tranzisztorok megkettőzése. Egy javasolt mechanikai kivétel a 26. ábrán látható.

Abban az esetben, ha a 25. ábra szerinti kapcsolási rajzot követve, növelni szeretnénk az erősítőből torzítatlanul kivehető áramteljesítményt, például azért, mert a hangszugárzóink impedan-

ciája  $4\ \Omega$  vagy kevesebb, célszerű párosával megduplázni a current dumper fokozat tranzisztorait. *Lehetőleg oldalként egy-egy párat, azaz két egyforma T9-et és két egyforma T10-et*, netán összeválogatott négyest is használhatunk erre a célra. A gyakorlati megoldás pedig akkor egyszerűbb valamivel, ha a dumper tranzisztorai eléggé laposak, vagy (TO264) műanyagtokozású típusok. Ekkor az eredeti vagy saját készítésű T szeglet fölé, arra illeszkedően kell készíteni egy újabb, ezúttal L alakú,  $4\text{--}5\text{ mm}$  vastag alumínium szegletet, amelyet egyrésztől felülről ráilleszthetünk a T szegletre szerelt eredeti (műanyagtokozású, lapos) tranzisztorokra, másrészt hozzácsavarozhatunk magához a T szeglethez is. Házi készítésű hűtőbordafélék esetében alkalmas egyedi megoldást kell keresni. Eire az új szegletre lehet az új tranzisztorokat felerősíteni, mintegy megpakolva a régi tranzisztorokat, szoros hőegyüttfutást eredményezve. Amennyiben az eredeti végtranzisztoraink „kalapos”, TO3 tokozásúak, a fémtokhoz – akár domború a kalap, akár lapos – csillám szigetelőlap közébeiktatásával lehet az új, L idomot szerelni. Ezeket szigetelőlapocskákat biztosítani kell kiesés ellen is! Az új tranzisztorok kivezetéseit a régi tranzisztorokkal párbuzamosítani kell, apró változtatások mellett.

A kollektorok közvetlenül összeköthetők, míg a dumper felső (T9A + T9B) bázisvezetékebe célszerű egy darab soros  $10\ \Omega$   $2\text{ W}$  nagyságú ellenállást igen rövid huzalozással beiktatni. Az összes emittervezetékbe beiktatott egy-egy  $0,1\ \Omega$   $2\text{ W}$  ellenállással pedig azt kell biztosítani, hogy a terhelőáram nagyjából arányos legyen a tranzisztorpárokban. Az így átalakított erősítőből kisimpedanciás terhelésnél mintegy  $10\text{ A}$  körüli áram vehető ki.

Ha már hozzányúltunk az erősítő bemenetéhez, érdemes úgy átalakítani a kapcsolást, hogy a QUAD 405 erősítő a továbbiakban ne fázisfordítóként üzemeljen, ahogy ez egy audiofil erősítőtől valójában el is várható. A kapcsolási rajz érintett részlete – *Keith Snook* javaslata szerint – az átalakítás előtt és után a 27. ábrán látható. (A QUAD 405-2 szervizkönyvében is találunk hivatkozást *Keith Snook* ötleteire.) Megjegyezzük, hogy ez az átalakítás már tartalmazza az imént vázolt erősítés-csökkentést is, illetve az ellenállásértékek további megváltoztatásait is. Ennek az a célja, hogy az ICI, így az erősítő jel-zaj viszonya még tovább javuljon.

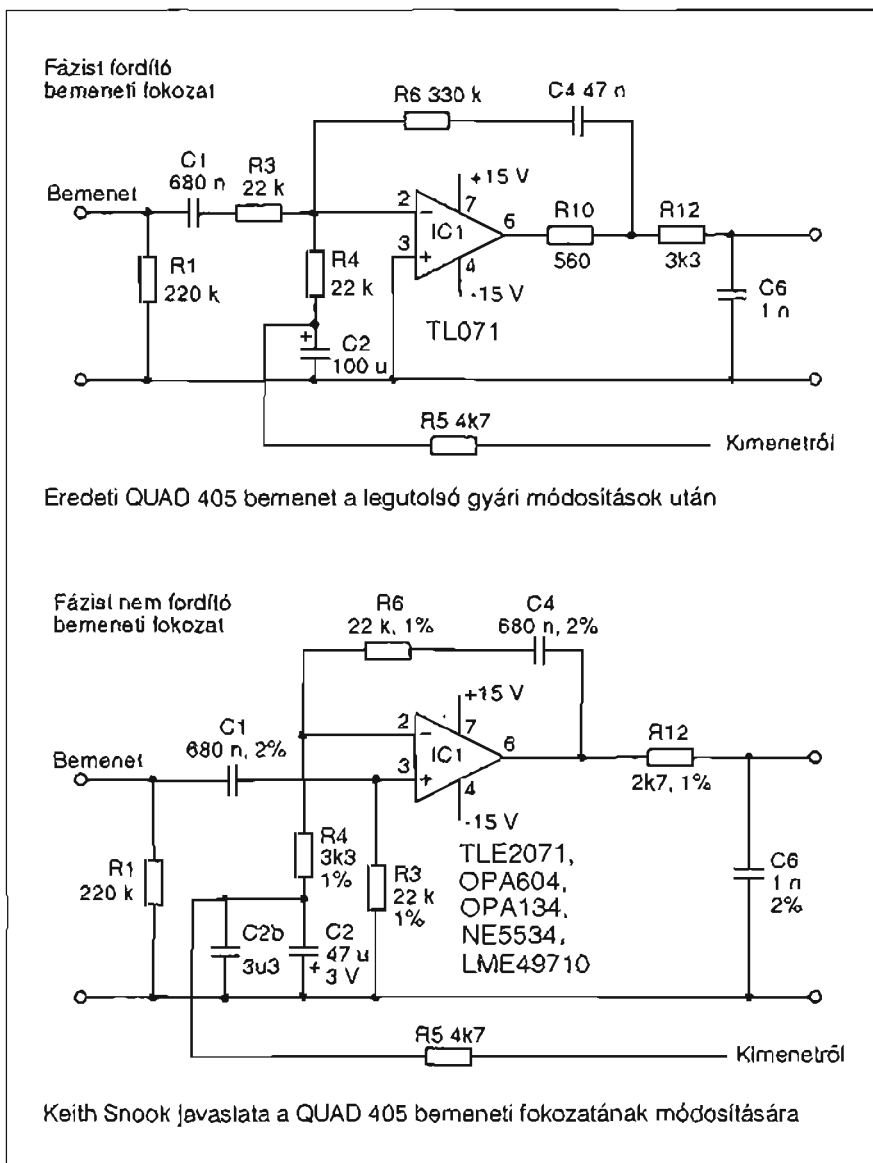


26. ábra. Emeletes dumper-végfok összeépítés egy alu szeglet segítségével  $2 \times 2$  darab végtranzisztorhoz. Ne feledkezzünk meg a félvezetők egymástól való szigeteléséről!

Ezzel az átalakítással (és az NE5534 vagy hasonló, kiszajú IC alkalmazásával), valamint a végfokba utólag beiktatott D13 jelű dióda segítségével az erősítő igen jelentős és pozitív minőségi változáson megy keresztül, nagyon csekély munka és költség árán. Ezáltal megszűnnek azok az igen csekély mértékű, de mégis sokak által észlelhető hibák, amelyek a különösen érzékeny fülűek számára voltak eddig zavarónk. Ugyanekkor R12 mérsékelt csökkentése a frekvenciamenet felső határának csekély kiterjesztését eredményezte.

Az IC1 pozícióban felhasználható alkalmas műveleti erősítők csoportját is tartalmazza a rajz, amely listán belül a legjobb ajánlat a már említett NE5534. Noha a nem kifejezetten olcsó, *Burr-Brown* gyártmányú OPA604 torzítási jellemzője mellbevágó: egy-ségnyi erősítésre beállítva, 3,5 V<sub>eff</sub> kimeneti jelnél, 1 kΩ-os terhelésen mérve, 1 kHz-en a teljes torzítás + zaj együtt (THD + N) tipikusan 0,0003%. Többen is kipróbálták ezt a változatot is, amely azonban néhányszor tíz \$ befektetést kívánt a tulajdonosoktól, tehát nem tekinthető olcsó mulatságnak. Ugyanekkor azt lehetett megfigyelni a különféle IC-k cserélgetése során, hogy csak egy átdolgozott, feljavított erősítőben van értelme az NE5534-nél jobb és drágább IC-t, például az OPA604-et használni. Egy *gyári, alapállapotú* 405-2 típusú erősítőben minőségi változás még nemigen észlelhető az IC-csere során. A 27. ábrán látható, javasolt alkatrészekészlet kis tűrésű ellenállásai szintén a lehetséges legkisebb zajszint elérését szolgálják. Tény, hogy a kis tűrésű ellenállások gyártása általában is jobb minőségű, kisebb zajú végeredményeket eredményez. Azt, hogy a nem éppen olcsó alkatrészek használata megéri-e a befektetést, csak egy próba döntheti el.

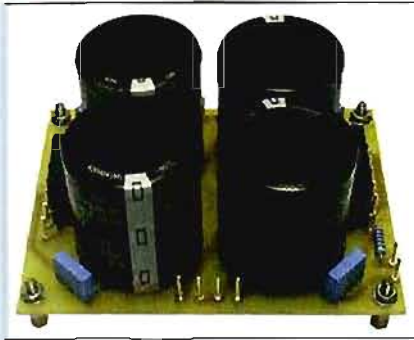
A 27. ábrán látható kapcsolási részletet megvalósítva a 405-ös erősítőben, a zajszint igen kedvező változását észlelhetjük. A módosított erősítő 30 W kimeneti teljesítménynél és 22 kHz sáv szélességen mérve, a jel-zaj viszony jobb, mint 100 dB. Ez 100 W kimeneti teljesítménynél 112 dB jel-zaj viszonyt jelent. A maradék zajkomponensben dominál az 50 Hz-es és 100 Hz-es brummfeszültség. Itt kell megjegyeznünk, hogy a 405-2 típusú gyári erősítő specifikációja szerint a teljes (100 W) kimenőteljesítményre vonatkoztatott jel-zaj viszony 93 dB, 15,7 kHz sáv szélességen mérve.



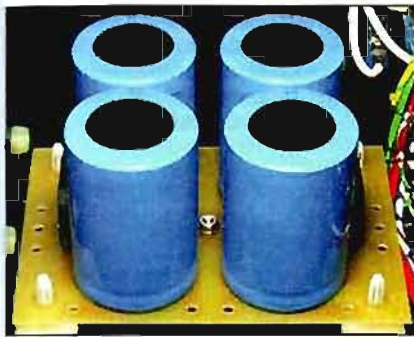
27. ábra. A Keith Snook javaslata a 405-ös erősítő bemenetének átépítésére, feljavítására. Az átépítés után a 405 nem fordít fázist, feszültség-erősítése kedvezően kisebb, zajja pedig lényegesen csökken (a QUAD 405 szervizkönyve is hivatkozik erre az átalakításra)

Tapasztalati tény és a 12., illetve 14. ábrán már be is mutattuk, hogy az „A” osztályú fokozat két munkaellenállása (R30 és R31, 560 Ω) igencsak melegszik, megpörkölve a nyákot. A legjobb, késői fejlesztésű nyomtatott áramkörnél a C10 jelű, 47 μF-os, 40 V-os utánhúzó-kondenzátor a két forró ellenálláshoz közel helyezkedik el, így az elkő gyors kiszáradására lehet számítani. Hiába van ugyanis a két ellenállás hosszú kivezetésekkel beülteve, az elkők így is alaposan melegszenek a sugárzó hőtől. Ha a sűrű elkőcseréi el szeretnénk kerülni, célszerű ezeket a kondenzátorokat a forrasztási oldalra áthelyezni, oda beépíteni, ahol nem fűti

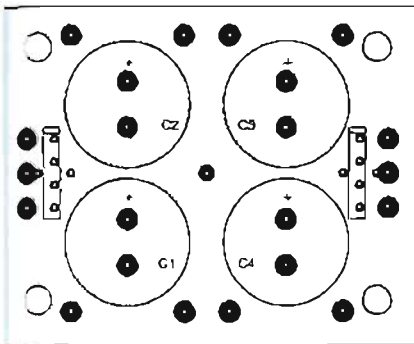
annyira a két munkaellenállás. Egyszerű, ingyenes és hatásos fogás. A legtöbb felhasználó környezetében található olyan hálózati jelforrások, amelyek a hálózati transzformátoron átjutva megzavarják az erősítő működését, többnyire zaj, brumm, recsegés, cicergés stb. formájában. A zavarójel hatása nagymértékben függ a konstrukciótól és magától a hálózattól is, de mielőtt saját konstrukciónkban keresnénk az okot, elmondjuk, hogy a gyári QUAD készülékek sem mentesek ettől a problémától. Javasolható – a későbbi QUAD típusok (pl. a 606) nyomán is – a bejövő hálózati vezetékbe iktatott zavarászűrő,



28. ábra. A neten kínált egyik fajta tápegység-módosítás a 405-ös erősítőhöz, megszerelt állapotban (duál kettős táp, kit)



29. ábra. A neten kínált másik fajta tápegység-módosítás a 405-ös erősítőhöz megszerelt, beépített állapotban (duál kettős táp, kit formájában)



30. ábra. A neten árusított egyik duál kettős táp nyomtatott áramkörti lemezének kicsinyített vázlatja. Házilag kiválnál a méretek elsősorban a saját lehetőségektől függenek, például az elkók átmérőjétől, a beépítési helytől stb. Az alkatrészek rögzítésének helye és módja azok kivitelétől függ. A bekötéseket vastag huzallal kell végezni, ne bizzuk a nyákrat

vagy ugyanitt a zavarjel rövidzárása 330 nF-os, 400 V-os, váltakozófeszültségre is alkalmas kondenzátor típusal. Ha a kondenzátor nem alkalmas folyamatos hálózati üzetre, akkor azt pl. úgy ismerhetjük fel, hogy percekben belől elveszíti a kapacitását, és szakadt

vagy zárlatos lesz. Ugyancsak célszerű a hálózati transzformátor szekunderének megpontjait leföldelni a sasszihoz pl. egy-egy 470 nF-os, 150 V-os, szintén váltakozófeszültségre is alkalmas kondenzátortípussal.

Kissé szokatlan zavarforrásnak számít a tápegység huzalozása. Ennek az a magyarázata, hogy a végfokozatok „B” osztályú üzeme közbeni ki- és bekapcsolása a huzalozásban olyan zajfeszültséget generál, amelyre voltaképp nem gondoltunk. Ennek megszüntetésére, vagy inkább csökkentésére szolgál az erősítő panelokon a biztosítékok környékén alkalmazott két 100 nanofarados szűrőkondenzátor, amely azonban nem feltétlenül oldja meg a jelzett gondot. A hibát többen is tapasztalták, és különféle megoldásokat kerestek. Kiderült, hogy a tápvezeték aranyárban vásárolt, audiofil alapanyagból (történo áthuzalozásánál sokkal eredményesebb a két szűrőkondenzátorral párhuzamosan kötni egy-egy 100 vagy 220  $\mu$ F nagyságú, 100 V-os szűrőelköt. A két elkő földre menő kivezetéseit ne a nyák földjére kössük, hanem a hűtőbordán levő központi erősáramú földelőcsavarhoz.

Az egyik legcélszerűbb módosítás a tápegység átalakítása egy-egy független tápra a jobb és a bal oldal számára. A módosítás házi kivitelezése nagymértékben függ az erősítő származásától. Például az eredeti QUAD 405 az alkalmas (a külön-külön részekből álló) tekercselési rendszerű hálózati trafő következtében könnyen átalakítható.

Amennyiben saját gyártmányú vagy készítőitől beszerzett trafónk van, nem biztos, hogy van mód a tekercselés kétféle választására, ha erre előre nem gondoltunk. Amennyiben a szétválasztás lehetséges, az eredeti egyenirányítót, tápot voltaképp meg kell kettőzni. A két nagy elkő helyett négyet, az egy nagyáramú egyenirányítót helyett kettőt használni..., és mindezt beépíteni a régi erősítőbe..., nos, ez nem túl olcsó mulatság és nem is könnyű feladat. Az átépítés viszont azt eredményezi, hogy a két erősítő nem rángatja meg egymást a tápegységen keresztül, így a két csatorna sokkal függetlenebb életet élhet, tápegységen keresztül létre jövő áthallásuk csekélyebb, elválasztásuk jobb lesz, mint korábban.

Talán nem is kell mondanunk, hogy erre a megoldásra a QUAD cégnél is gondoltak, és a továbbfejlesztett (520, 606, 707, 909) típusok már a vázolt felépítésű, kettős tápegységekkel készül-

tek, de sokkal elegánsabban, mint azt gondolnánk (floating, lebegő földelés, lásd később).

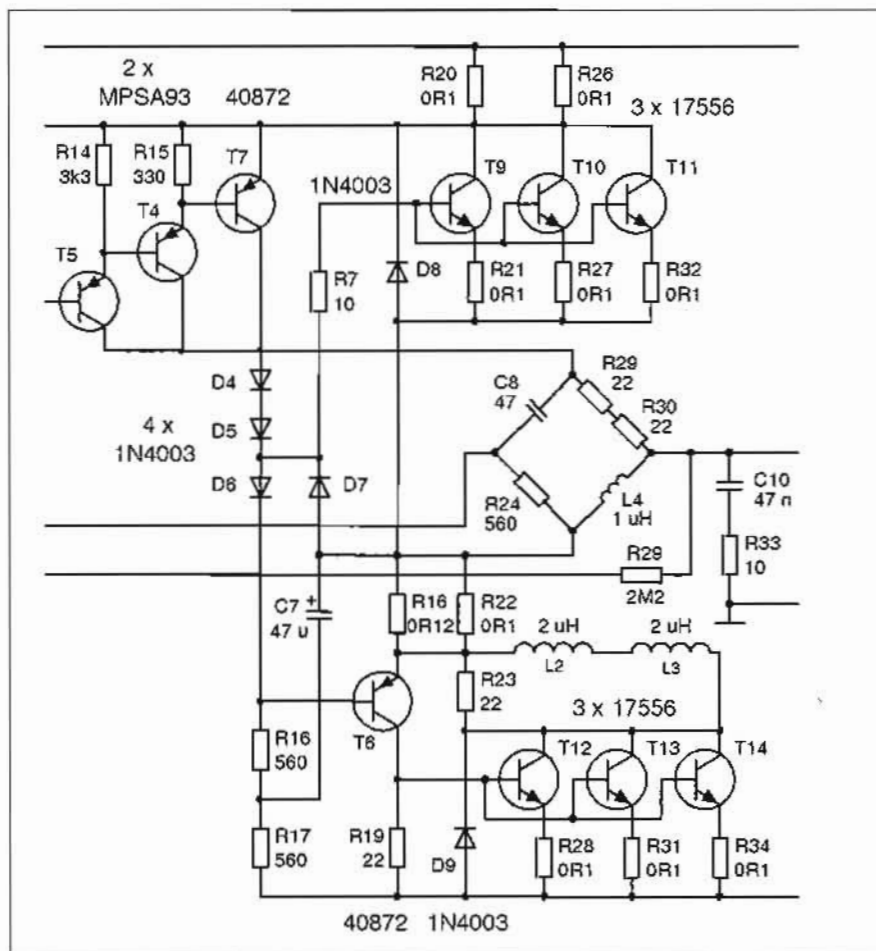
Gondot okozhat az idővel jórészt kiszáradt, nagy méretű, nagy kapacitású puffereklok cseréje. A nem túl olcsó, két darab alkatrész helyett négyet vásárolni eleve megfontolásra készítheti a kispénzű amatőrt. Különösen akkor lesz zavaró a helyzet, ha az eredetileg alkalmazott 10 000  $\mu$ F-os, 63 V-os elkők helyett a kereskedő jóval nagyobb átmérőjű, modernebb – és persze többnyire drágább – 12 000, 15 000, 22 000  $\mu$ F-os, nagyobb feszültségű típusokat ajánl. A nagyobb elkők nagyobb töltőáram-impulzusait nem biztos, hogy az általunk korábban beszerzett egyenirányító hidak képesek szolgáltatni, és ráadásul lehetnek méretproblémáink is. Túl sok többleteredménnyel a nagyobb elkők alkalmazása nem kecsegtet. Helyette más megoldásban gondolkozunk!

Ilyen megoldás a tápegységek oldalankénti szétválasztása, azaz megduplázása. Több olyan célszerű módosító készlet is beszerezhető a neten, amely segítségével és az eredeti gyári erősítőben rejtőzködő lehetőségekkel élve (esetünkben pl. a trafő szétválasztható szekunderjei és a kellő beépítési hely megléte) kettős, elválasztott tápegység építhető, 2 Graetz-hiddal, 4 elkőval, kész nyomtatott szerelőlappal. A 28. ábrán és a 29. ábrán a már készre szerelt áramkör látható, két különböző cég ajánlatában. A 30. ábrán egy készen kapható nyák vázlatos felépítése látható az elkők és az egyenirányító hidak rögzítésére. Már látunk két külön hálózati (toroid-) transzformátorral stb. is felépített, a hálózati csatlakozótól a hangsúlyozóig szétválasztott, két erősítőfelre osztott (extrákkal kiegészített, nagyon szép) amatőr utánépítést is a neten, ami szintén igen jó megoldás. Jobb, mint a szölv ikertápegység, óriási elkőkkel.

Nem jó ötlet a teljesítménytranszisztorok gyorsabb típusra váltása a hagyományos kivitelű 405-1 vagy 405-2 erősítőben, különösen a T8 esetében.

A hagyományos kivitelű azért kell hangsúlyoznunk, mert a teljesítmény-darlingtonos végfok esetében viszont erősen ajánlott a gyors végtranzisztor.

A 405-ös erősítőben gyorsabb tranzisztorok csak a gerjedési veszélyt hozták elérhető közelségbe. Az eredeti kapcsolás pedig arról volt híres, hogy összerakták, és kész, működött min-



31. ábra. A QUAD 606, a 707 és a 909 típusú erősítők 2x3 teljesítménytranszisztort tartalmazó végfokozatainak kapcsolási rajzi gyakorlatilag megegyeznek egymással, ezen kívül erősen emlékeztetnek a 405 típusú erősítő végfokozatára is, eltekintve – főleg – a végtranzisztorok mennyiségétől

denféle külön beállítás vagy macera nélkül. Sőt, a T10 tranzisztor bázisa és emittora közé közvetlenül, gyárilag beforrasztott, C19 jelű, egyes kapcsolási rajzokon is szereplő 1 nF-os kondenzátor alkalmas volt a néha fellépő gerjedékenység kezelésére.

Említettük, hogy alkalmazása szériánként is változó volt. Egyébként is az erősítő kisjelű sebességét az „A” osztályú erősítő darlington-fokozata határozza meg a C11 kondenzátoron keresztül. A T7 tranzisztor pozíciójában viszont lehetséges gyorsabb félvezetőt alkalmazni, bár ennek a fokozatnak a működését az integrátor szerep határozza meg.

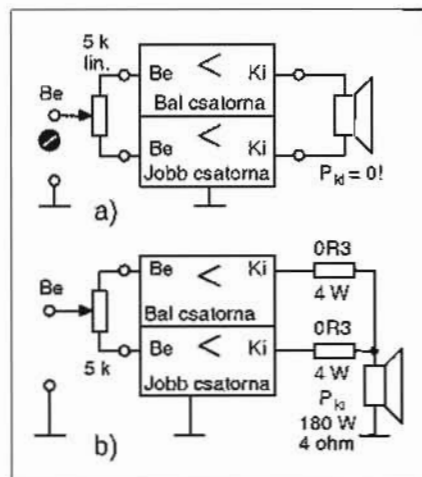
A QUAD szervizkönyv is felhívja a figyelmet arra, hogy nem tanácsos a dumper fokozatban gyors félvezetőket alkalmazni. Ennek ellenére persze alkalmasnak tűnő, igen gyors félvezetővel „csakazértis” kipróbáltuk, és tapasztaltuk, hogy a cégnek igaza volt! A

kellemetlen vadrezgésből, gerjedésből semmiképpen nem tudunk kijönni, bármivel is próbálkozunk.

Egyes esetekben a limiterkörök kedvezőtlen viselkedését tapasztalták, ami a be- és kikapcsolási koppanásban nyilvánult meg. Kiküszöbölésére két lehetőség van. Az egyik az önálló koppanásgátló áramkör használata, amelyet később ismertetünk, vagy pedig a T5 és a T6 tranzisztor bázisa és emittora közé kötött 330 nF (max 680 nF) értékű kondenzátor.

Egy eredeti vagy házilagosan megépített erősítő paneljának többnyire csak a hátoldalán, a forrasztási oldalán férnek el ezek a nagyméretű (63 V-os, műanyag szigetelésű) kondenzátorok.

A QUAD 520 professzionális, 19"-os rack kivitelű erősítőben 2x2 darab 17556 típusú tranzisztor, a QUAD 606-os, a 707-es és a 909-es, 2x3 darab 17556 vagy MJ15003 típusú tranzisztor alkalmaznak a current dumping



32. ábra. A Quad 405-ös erősítőből monó üzemmódban 180 W teljesítmény vehető ki: az erősítő szimmetrizálása (a) és az erősítő felhasználása paralel üzembn (b)

fokozatban (a jellemző kivitel a QUAD 909 kapcsolási rajz részletén láthatjuk, 31. ábra). Ezzel a megoldással például a 8 Ω-on 130 W-osra specifikált 606-os erősítőből 4,5 Ω körüli hangszóróimpedanciánál akár 200 W állandó, szinuszos teljesítmény is kivethető, az impulzus-csúcs teljesítmény pedig még ennél is nagyobb. Erre természetesen tápegység-szinten is fel kell készülnünk, nem is említve a hűtési gondokat! Egy esetleges 2x2 vagy 2x3 dumper-tranzisztoros átalakításnál az R7 10 Ω-os gerjedésgátlót, a veszteséges induktivitást (L2–L3–R23) és a D7 védődiodát is építsük be!

A 405-ös erősítőből lehetőség van a névlegesnél nagyobb teljesítmény kicsiholására is, a sztereó üzemről monó üzemre áttérve. A QUAD cég kétféle kivitel is ajánl. A végleges megoldásnál az erősítő belsejében kell kis átalakítást végeztünk. Ha pedig nem ez a célunk, csak egy átmeneti feladatot kell megoldanunk, akkor a cég ajánlása szerint (32. ábra) a következőt kell tennünk: a két bemeneti pont (a Bal és a Jobb melegpont) közé egy 5 kΩ körüli potenciómétert kell beiktatnunk, a bemenőjelet a föld és a potencióméter csúszkája közé kapcsolva (32.a ábra). A kimenetre pedig ideiglenesen kösünk valami nem különösebben értékes, kellő teherbírási hangszórót.

Valamely műsorjelet vagy 1 kHz-es 100 mV-os szinuszt meghallgatva állítsuk be a vezérlés minél jobb szimmetriáját a potencióméterrel úgy, hogy a műsorjelet, a szinuszt lehetőleg ne halljuk. A továbbiakban maradjon a potencio-

## Csőes és tranzisztoros hangerősítők

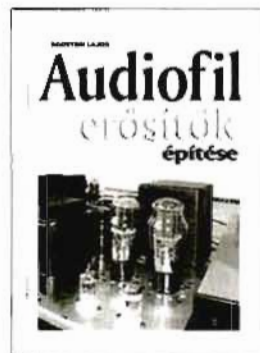
**JOHN LINSLEY HOOD**

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**

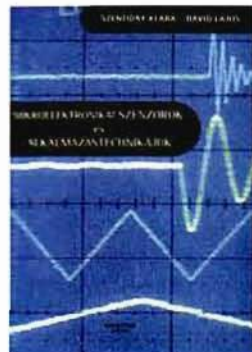
könyvében a külföldi szakirodalmakból ismert, jól bevált és általa is utánépített, együtemű és ellenütemű, csöves, illetve tranzisztoros hangerősítők építési leírásait adja közre. „Ez a könyv az otthoni zenehallgatás szerelmesei közül azoknak szól, akik a zenehallgatás egyik legfontosabb láncszemét, a hangerősítő berendezést, maguk szeretnék elkészíteni. Egy szépen szóló berendezésen zenét hallgatni nagy öröm és tökéletes szellemi felfrissülés.” – írja a szerző a sajátos hangvételben 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 elektronsgugárcsőes, 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)

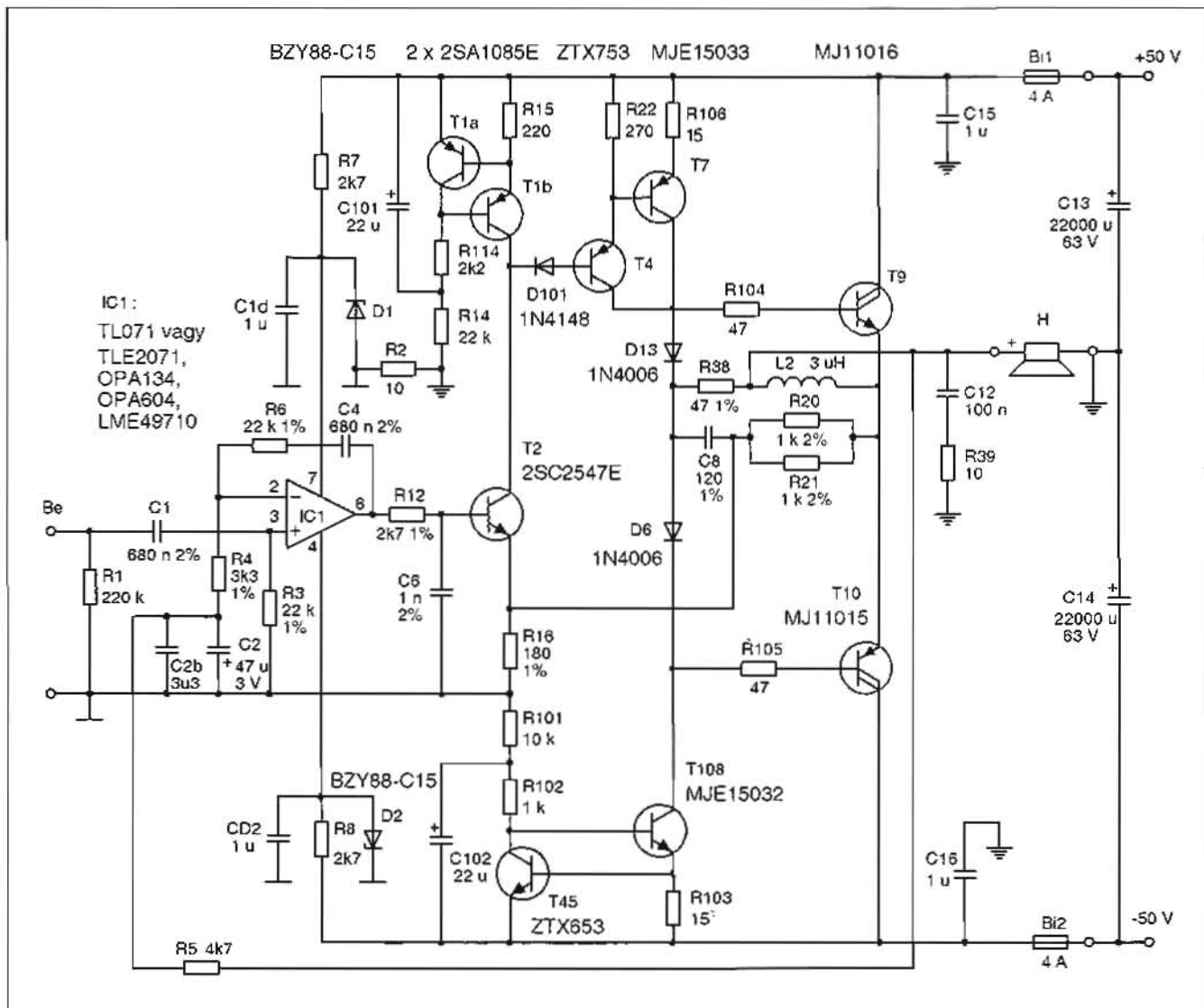


## Mikrohullámú technika

**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)





33. ábra. A QUAD 405-ös erősítő egyik figyelemre méltó módosítása, amelynek a lényeges újdonsága az IC1 átalakítása fázist nem fordító áramkörre, továbbá az előfokozatban és az „A” osztályú erősítőnél alkalmazott áramgenerátoros munkaellenállás, valamint a dumper fokozatban a gyors darlington végtranzisztorok használata (Keith Snook)

méter ebben az állapotban. A kimenetre most már a nagy terhelhetőségű hangszugárzót kössük be úgy, hogy a két kimenőjel útjába kössünk egy-egy 0,3 Ω értékű, 4 W terhelhetőségű ellenállást (32.b ábra).

A 405-ös erősítők gyártása közben az élet nem állt meg a QUAD cég fejlesztői laboratóriumában, és a current dumping szabadalom alapján újabb erősítőket dolgoztak ki. Megvizsgálva az újabb erősítők kapcsolástechnikáját, önként adódik az ötlet, hogy az ott tapasztaltakat is be lehet vezetni a QUAD 405 módosítása során. Többen is hozzálltak az átalakításokhoz, és az eredmények jók lettek. Voltaképp arról van szó, hogy az „A” osztályú erősítő minőségét igen egyszerű megoldásokkal

lehet javítani. Ha a QUAD 405-2 kapcsolási rajzának részletét tekintjük, feltűnik, hogy az „A” osztályú erősítő végfokát meghajtó darlingtonból az iss.9 és az iss.10 kiadásnál (21. ábra) már csak a T3 tranzisztor maradt meg, illetve a 606-os erősítőben megszűnt az R23, a darlington külön kollektorellenállása és a C11 jelű 1 nF-os kondenzátor (ilyen szerepkörű alkatrészek nincsenek a kapcsolásban), helyette közösítették a T5–T6–T7 kollektorait.

Ezen a módon átalakítva a 405-1 vagy 405-2 kapcsolású erősítőt, a kritikus helyen, azaz a kis kimenőteljesítmények tartományában az oscilloszkópos vizsgálatok során jól látható a „B” osztályra jellemző, átkapcsolási hibajel-tüskék csökkenése, továbbá az

audiofil hallgatóság számára a korábban hallható keresztvezési torzítás gyakorlatilag teljesen megszűnik, illetve belesüllyed a zaj szintjébe. A kellően gyors működéshez viszont feltétlenül gyors tranzisztorokat kell alkalmazni a T3 (T4) pozíciójában, olyanféléket, mint pl. a ZTX753 vagy hasonlót.

A 33. ábrán egy további átalakítási, fejlesztési lehetőséget láthatunk. A kapcsolás már tartalmazza a korábbiakban, a 27. ábrán bemutatott, az IC1 újszerű kapcsolástechnikáját. Újdonság a T7–T8 áramkört kialakítása, vagyis az „A” osztályú végfokozatnál használt, nagy linearitású, áramgenerátoros munkaellenállás. További fontos újdonság a T9–T10 végtranzisztorok komplementer darlingtonra történő cseréje.



Az áramkör azonban ebben a felállításban csak kellően nagy  $h_{FE}$ -jú végtranzisztorokkal működik. R106 értékét kísérletileg kell megállapítani: az erősítő kimeneti pontjának üresjárati 0 feszültsége, azaz ofszethibája minimális legyen.

Szokás igen sokba kerülő és a működés javulását illetően alig vagy sehogysem igazolható, a meghallgatásos vizsgálatok szerint nagyon csekély, szinte elenyésző hatást eredményező módosításokat is végezni.

Ilyesmi például a különböző nemesfémnel bevont, nagyon szép, új típusú csatlakozók beépítése, a tápegység átkábelezése aranyárban mért speciális bekötőhuzalokkal, a hangszóróvezetékezés cseréje hasonlóan aranyárban mért kábelezésre, valamennyi beépített ellenállás cseréje 1%-os típusokra, az eredetileg is, megfelelő minőségű, egyébként hangfrekvencián eléggé közömbös szerepkörű kondenzátorok indokolatlan cseréje méregdrága „audiofil” típusokra stb.

Ezek az átalakítások mind-mind nagyon hasznosak, elsősorban persze azon kereskedők számára, akik ezeket a holmikát reklámozzák és árusítják, továbbá azon vevők számára, akik túlzottan sok szabadidővel és szinte korlátlan pénzforrásokkal rendelkeznek. Az új csatlakozókra, az új elkókra, ellenállásokra – talán – még lehet elfogadható indokunk ezért s azért, különösen egy korosabb erősítő esetén, de a kábelekre a legkevésbé.

Gondoljunk arra, mikor egy aranyárba kerülő kábel beépírnék valahova, hogy mielőtt a villamos jel átszáguldana erősítőnkön és eljutna a hangszórók lengőjéig, korábban már méterek százain haladt át a különféle mikrofonkábelektől kezdve egy vagy több stúdió látható és nem látható vezetékezéséig. Ezek után méregdrága kábelezést a jel utolsó métereinek a befutásához beépíteni a saját HIFI-be valóban igen nagy haszonnal jár – a kábel árusító cég vagy kereskedő számára.

Nem is említve a hálózati csatlakozó cseréjét jobb minőségűre, pláne ezüstözöttre, amelyet ha tényleg komolyan vennénk, akkor ezt a kábelcserét valahol Paks környékén kellene elkezdeni...

Visszont vannak jópofa QUAD ötletek is az újabb erősítőkben, amelyeket érdemes bevezetni akár utólag is, némi munka árán. Ezekkel sokkal inkább érdemes foglalkoznunk, mint az előbb említettekkel.

## QUAD 520

A QUAD cég nem csupán a HIFI tábor számára szállított készülékeket (erősítőket, keverőket, URH-vevőket, kondenzátor-hangsugárzókat stb.), hanem profi kivitelű készülékeit például a BBC is használta. Egyik ilyen termék volt a QUAD 500-as erősítők családja, amelynek első típusai 1984-ben, szabványos, 19"-es rack kivitelben kerültek forgalomba, és a HIFI rajongók számára érdektelen (ipari) részletek mellett figyelemre méltó újdonságokat tartalmaztak. Az 510-es monó változat mellett sztereó kivitelben is készültek az erősítők, különféle bemeneti vonalillesztőkkel, hangerőszabályozókkal és túlvédelem elleni bemeneti védőáramkörökkel. Az 500-as ipari sorozat végül is a kereskedelmi 606, 707 és 909 típusú, a 405-ös erősítő modernizálása után létre jött új erősítősorozat előfutáraként tekinthető. Maga az 500-as sorozat számunkra egyébként teljesen érdektelen.

Tekintsük át a 405-ös erősítő kifutása alatti időben történeteket! Elsősorban két minőségjavító, korszerű megoldást találunk az új erősítőkben, a *kasz kód bemeneti fokozatot* és a *virtuális föld* alkalmazását.

### Kasz kód bemeneti fokozat

Az inker érdeklő erősítők közül lényegében két kapcsolásra érdemes odafigyelnünk, a 405 típusú erősítővel igen közeli rokonságot mutató QUAD 520-as készülékre (1984) és az 520f típusváltozatra (Pro: 1986–1989, Neutrik: 1989–1995) (34. ábra). Valamennyi erősítő kapcsolástechnikája nagyon hasonló a 405-ös erősítőére, azonban már az első pillantásra feltűnik a legfontosabb újítás, a bemeneti áramkör döntő megváltozása.

Az egyszerűbb kapcsolástechnikájú, 520-as típusjelű erősítőben jelent meg először az új, a bemeneti IC1 helyett – és mégis: mellett! – ezúttal tranzisztoros, *kasz kód előerősítő* első változata, megtartva az IC1-est is, de csak a kimeneti ofszethiba kompenzálására. Voltaképp a 405-ös sorozat problémáit oldották meg ezzel a fogással. Korábban ugyanis a bemeneten található, LM301A vagy a TL071 integrált erősítők saját tulajdonságai döntően meghatározták, pontosabban *korlátozták* a teljes erősítő hangfrekvenciás minőségét, elsősorban az elérhető legkisebb torzítását és zaját. Ahhoz azonban, hogy valóban nagyot lehessen előre lépni, a



34. ábra. A 405-ös erősítő utódja, a QUAD 520f professzionális használatra szánt, rack kivitelű erősítő

QUAD cég úgy gondolta, nem az IC-eket kell cserélni, hanem döntően más kapcsolástechnikával kell megoldani a feladatot.

A végeredmény egy kaszkód bemeneti fokozat lett (35. ábra), amely lényegében az összes eddig felvetődött bemeneti problémát egycsapásra megoldotta.

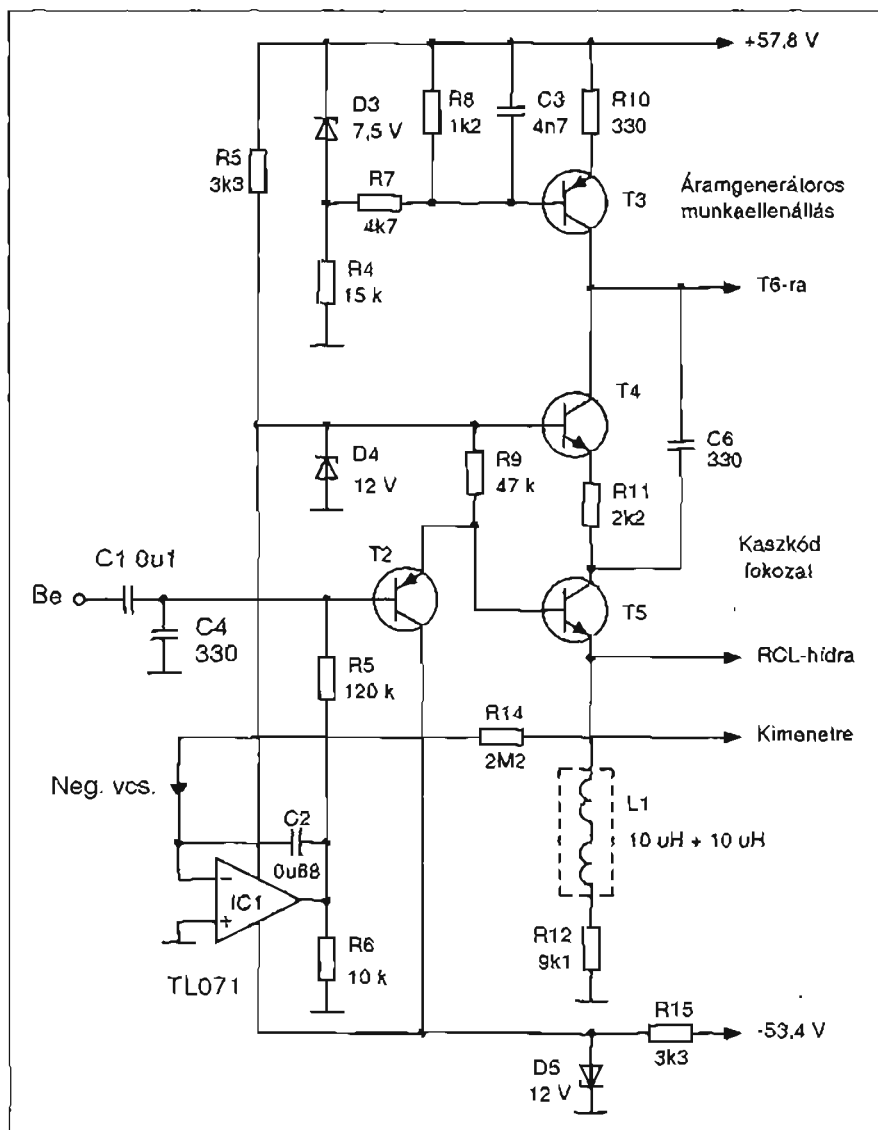
Az erősítő bemenetén levő, profi célokat szolgáló kiegészítéseket most nem tárgyalva, már az első pillantásra is látszik, hogy a bemeneti jelet – csatlakozókondenzátoron keresztül – nem az IC1, hanem az npn tranzisztoros T2 emitterkövető fogadja. Az emitterkövető kollektora a negatív tápvezetékre, R9 emitterellenállása a pozitív tápfeszültségről D4 Z-diódával kialakított, 12 V-os feszültségforrásra csatlakozik. Az emittorról a jel közvetlenül a T4–T5 kaszkóderősítőre jut. T5 a felső T4 tranzisztor az emittérében vezérli („földelt bázisú” üzemmód), miközben a T4 bázisa az említett 12 V-os tápfeszültségre csatlakozik.

A kaszkód fokozat munkaellenállása T3 áramgenerátor, amelynek bázisa a pozitív tápfeszültség és a kapcsolás hidegpontja (földpotenciál, közel zérus feszültség) közé kötött D3 Z-diódás 7,5 V-os feszültségforrásra csatlakozik. Az így előállított feszültség hőfokfüggése ugyan a lehető legcsekélyebb (a 7...8 V körüli Z-diódák feszültségének hőfüggése a legkisebb), viszont az áramgenerátor számára ezt a feszültséget le kell osztani, ezt végzi el R7–R8.

A felerősített hangfrekvenciás jel T3–T4 közösített kollektoráról halad tovább az „A” osztályú erősítőt meghajtó emitterkövetőkre, a 405-ös erősítőben megismert módon.

A kaszkód fokozat – miután egy negatív visszacsatolt kör részét képezi – a kellő stabilitás elérése céljából fázisjavító tagokat is tartalmaz (L1, C6).

Az IC1 mégis megmaradt a kapcsolásban, ám megszűnt a szerepe a hangfrekvenciás jel továbbításában. Viszont



35. ábra. A QUAD 520 típusú erősítő újszerű, kaskóderősítés bemeneti áramköre. Az IC1 a továbbiakban csak a kimeneti ofsztetkompenzációt végzi, rajta hasznos hangfrekvenciás jel nem halad át

a kimenetről R14, meglehetősen nagy értékű ellenálláson keresztül negatív visszacsatoló feszültség érkezik az IC1 bemenetére, amely feszültség az IC1-en keresztül a T2 bemeneti emitterkövetőt vezérli. Az IC1 kimenetéről a jelentős kapacitású C2 az IC1 bemenetére csatlakozik, és ily módon a kapcsolás igen lassú integrátoros szabályozóként működik. Az R14-C2 időállandó több, mint tetemes nagyságú, így a hangfrekvenciás tartományból érkező vezérlőjelek egyáltalán nem jutnak át az integrátoron, csak az 1 Hz alatti, nagyon lassú, lényegében DC elmászások. Az áramkör az „A” osztályú erősítővel és a dumper fokozattal negatív visszacsatoló hálózatot alkot, s mivel az integrátor kimenetén megjelenő hi-

bajel visszajut – a T2 tranzisztoron keresztül – az erősítőre, ezáltal az IC1 a kimeneti ofsztetthibát minimalizálni igyekszik.

A fentiek értelmében a két áramkör, vagyis az IC1 és a kaskód fokozat ugyan együttműködik, de a hangfrekvenciás jel minőségét az IC1 jellemzői nem befolyásolják.

Az 520f típusú, szintén rack kivitelű, professzionális erősítőben további fontos fejlesztések történtek. A kaskód fokozat nagyjelű linearitásának növelése érdekében két helyre is áramgenerátor-félvezetőket építettek be. Így a kaskód alsó és felső tranzisztorának bázisait a továbbiakban egy rögzített, mintegy 0,6 mA áramértékű, J503 típusú áramforrás-dióddal kötötték össze

a korábbi rövidzár helyén. (A J503 tokjában lényegében egy FET helyezkedik el.) Ezen túlmenően a kaskód felső tranzisztorjának kollektorkörében a tranzisztoros áramgenerátorral párhuzamosan beiktattak egy LM334 típusú, háromkivezetéses, a tok harmadik lábán keresztül szabályozható áramforrást, amelynek most beállított alap áramértéke 2,8 mA körüli, de a dumper fokozat áramfogyasztása visszahál a beállított áramértékre, *ultrám korlátozási célból*. (A tokban egy összetett integrált áramkört találunk.)

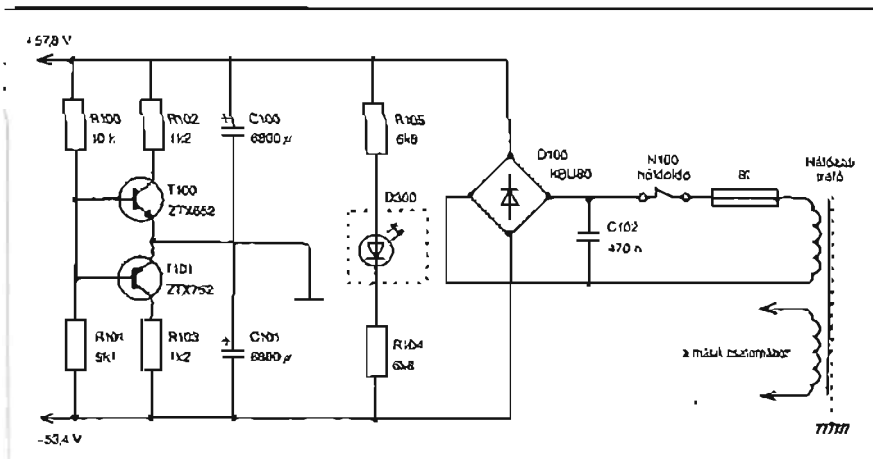
A továbbiakban a kereskedelmi típusú erősítőkben is ezt az utóbbi, áramgenerátoros megoldást használták.

### Virtuális föld – lebegő földpotenciál

A QUAD 405-ös erősítőben a két erősítőnyák viszonylag közel helyezkedett el a tekintélyes méretű és teljesítményű hálózati transzformátorhoz. A továbbfejlesztések részét képezte a trafó és a két nyák távolságának növelése a lehetséges határig. Megoldásként adódott a két nyák áthelyezése az erősítő oldalára. Így a továbbiakban a hűtőbordák már nem az erősítő elején, hanem az oldalán, a jobb és a bal oldalon foglalnak helyet, és a két nyák és a hűtőbordák egy-egy kompakt egységet alkotnak. Az adott térfogatban ez volt a legnagyobb elérhető távolság a trafó és az erősítőnyákok között.

A trafóval ugyanis az volt a helyzet, hogy a kiváló konstrukció mellett is volt még zavaró mágneses szórása, amely a különféle vezetékekben és a doboz fém alkotóelemeiben zavarjelet indukált. Ezek a zavarjelek lényegében nem tették lehetővé egy igazi, csendes földpotenciál, földelőpont megtalálását, kialakítását, tehát a készülékben nem létezett ún. „csendes föld”.

Az ipari mérés technikában a csendes föld kialakítása keserves dolog, különösen például egy több száz vagy több ezer főt foglalkoztató üzemben, ahol számtalan gép, relé, szabályozó áramkör szennyezi elektromágneses zavarjeleivel a lényegében egyetlen, rendelkezésre álló földvezetékot, az életvédelmi földet. Nagy híradástechnikai iparvállalatoknál szokásos eljárás, hogy készítenek külön „csendes” földvezetékot, többnyire az üzem területén rendelkezésre álló lehetőségek felhasználásával. Egy hazai nagyüzemünkben a gyári, független, vészirtalék ivóvizikutat használták ki erre a célra, a kútban kiképezve a minden egyéb



36. ábra. A tápegység és a virtuális, lebegő (floating) földpotenciált előállító áramkör. Erősítőpanelonként egy darab szükséges. Ezáltal a készülékhez nem lesz része a földelési rendszernek, így a hálózati zajoknak sincs módjuk bekerülni az erősítőbe és az erősítőpanelok teljesen függetlenek is egymástól (QUAD 500-as ipari sorozat, Quad 606, 707, 909)

elektromos készüléktől, hálózattól, eszköztől, géptől független földelést, majd szigetelt vezetékkel és nagy gondtal, gépektől, ipari erősáramú kábelektől lehetőleg nagy távolságot tartva elvezették azt a kritikus mérőhelyekre. Kérdés, hogy egy ilyesmi hogyan oldható meg egy erősítőben?

Az 520f erősítőben a konstruktőrök megmutatták, hogy van megoldás! Ez pedig a *virtuális, lebegő (floating) földpotenciál*, amely természetesen csakis elektronikus eszközökkel oldható meg. Az már eddig is világos volt, hogy az az erősítő, amelynek nyomtatott áramköri lemezére egyszerre két földvezeték csatlakozik, az bizony brummogni fog, bármint is csinálunk.

Különösen akkor van probléma, ha az egyébként megkerülhetetlen, minden villamos berendezésnél kötelező életvédelmi földet is bevonjuk az erősítőpanel működésébe.

A 405-ös erősítőben egy félmegoldás született: az áramkörök, az alkatrészek egy részének földelését kettéválasztották, és a két csoportot – valahol a közepén – egy kis értékű ellenállással kötötték mégis össze. Persze, ha végig tekintjük a teljes 405-ös széria egyes állomásait, látható, hogy egyes alkatrészek hol az egyik, hol a másik földelési rendszerhez tartoztak. Sőt, a túlságosan is brummogó készülékekhez egy idő múlva az élelmes kereskedők aranyárban kezdtek árusítani mindenféle csodahuzalokat, kábeleket, mondván, hogy ezekkel áthuzalozva a brummos 405-ös erősítőt, a csoda be fog következni. Persze, csodák csak a mesében vannak.

A kellően csendes erősítő kialakításához a 405 földelési koncepcióját el kellett vetni és teljesen át kellett dolgozni. Ez több lépcsőben történt.

Az 520f típusú erősítő alapvető jellemzője volt a *két teljesen független erősítőfél*, amelybe bele értendő a *földfüggetlenség* is!

A legérdekesebb, teljesen újszerű megoldás a lebegő földpotenciál alkalmazása, a hozzá tartozó, oldalankénti egy-egy független tápegységgel. Így a két erősítőfél akár egymástól teljesen függetlenül is használható, a jel földdek, a földpontok az erősítő belsejében sehol sincsenek egymással és a készülékhezálal fémesen összekötve!

A lebegő földpotenciál előállítását a 36. ábra mutatja. Az ábrára pillantva rögtön észlelhető, hogy két *független* szekunder tekercs van a hálózati trafón. Azaz mindegyik erősítő – galvanikusan elválasztva – saját ± tápegységről üzemel. Így az erősítők semmiképpen nem fogják egymást a tápegységen keresztül megrángatni, az áthallás valóban minimális lesz.

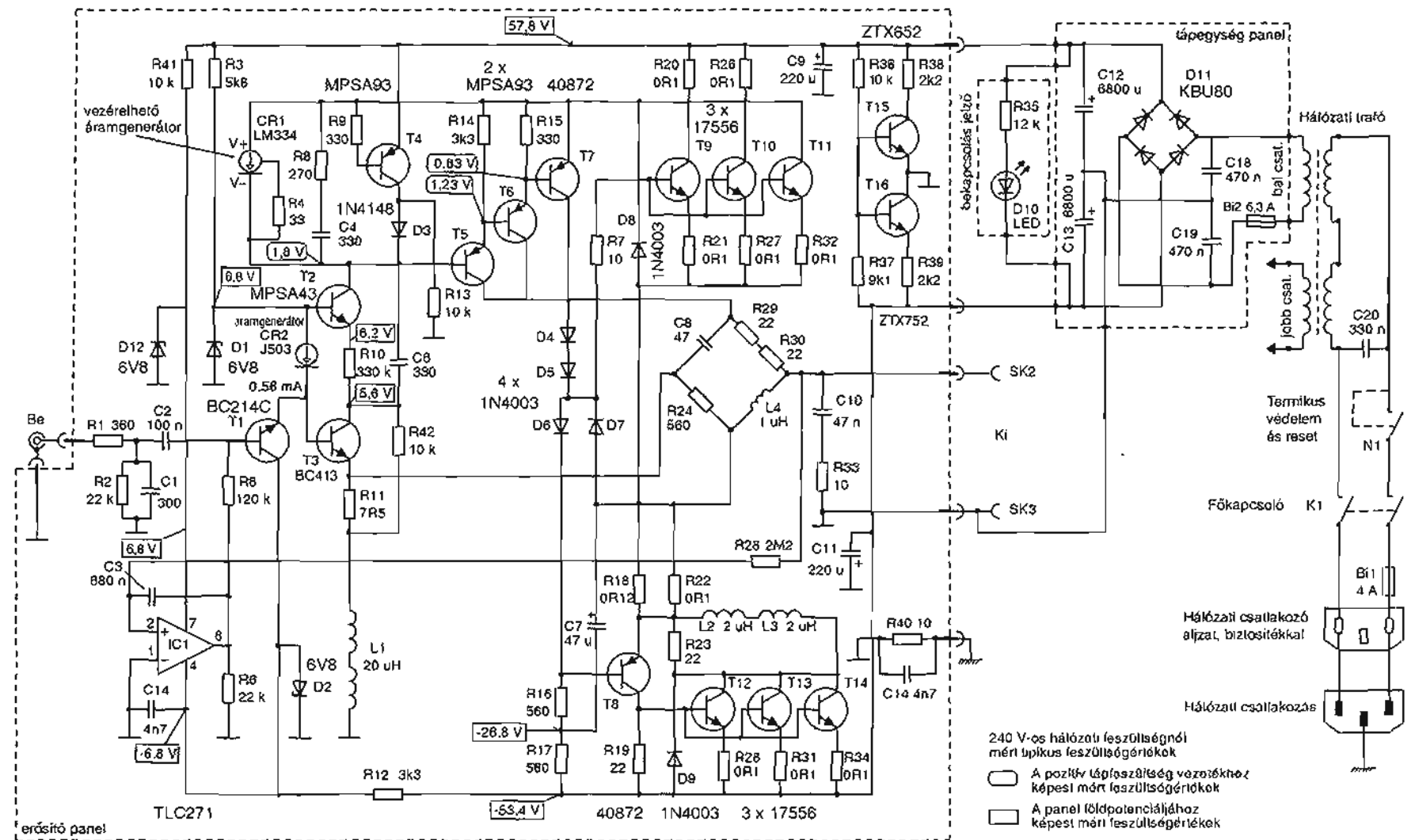
A következő érdekesség a tápegységek kimenetén látható furcsa kapcsolás, amely a kétféle polaritású kimenet között helyezkedik el. A voltaképpeni hidegpont (a *majdnem zérus* potenciál) a közösített emittereken jelenik meg. Ez a potenciál azonban *az erősítő kívülnálma szerint* nem a két tápfeszültség polaritáshelyes összegének a fele, hanem egy kissé el van billentve úgy, hogy ehhez a lebegő (floating) földpotenciálhoz képest a negatív tápfeszültség névleges értéke  $-53,4$  V, míg a pozitív tápfeszültség névleges értéke

$+57,8$  V. Ezt a csekély aszimmetriát a kapcsolás bemeneti része igényelte. Végül is ebben a pillanatban ez most mellékes.

A legszembetűnőbb, hogy a lebegő föld nincs lekötve a sasszihoz! Ez a földvezeték nem igazi föld, csupán hidegpont, amely a mindenkor két tápfeszültség összegének a meghatározott arányú leosztott része, *hozzávetőleg zérus feszültség*, de csak hozzávetőleg! Ha az illetékes erősítő kivezetés közben jelentős mértékben terheli az egyik vagy mindkét tápfeszültséget, az R100, R101 osztó révén a T100 és a T101 szabályozza az emittereken megjelenő feszültséget, amely erősen aszimmetrikus terhelés esetén is a hidegpontot hozzávetőleg, kis hibával, zérus potenciálon tartja. Tehát maga az erősítőpanel *lőszólag* mindig kb. szimmetrikus tápfeszültségről üzemel, még akkor is, ha a terhelés és így a plusz vagy minusz tápfeszültség voltaképp aszimmetrikus, félrebillent.

Azon felül, hogy ez a fogás hozzájárul az erősítő korrekt működéséhez, megszüntette a lehetséges hurokáram és földelési problémákat, a hálózat és az életvédelmi föld kötelező használatából következő, sokféle eredetű zajt, brummot, sercegést, circegést stb. A jobb és bal erősítőfél szükség esetén két különböző jel erősítésére is felhasználható, zavaró áthallás nélkül. A lebegő föld megjelenik a bemeneti csatlakozókon is, hidegpontként, de elszigetelten a készülék házatól. Természetesen a hálózati kábelben érkező életvédelmi földelést csatlakoztatni kell a készülék házához, de nem szabad összekötni az erősítők lebegő földelésével. Ahhoz, hogy az erősítő átlagpotenciálja mégis az életvédelmi föld potenciáljához közeli érték legyen, az erősítő nyák egy alkalmas pontját egy paralel kötött RC taggal (R40–10 Ω, C14–47 n) sasszi potenciálra kötötték (37. ábra).

Figyelemre méltó még a hőkioldó patron erősítőoldalankénti használata, amely túlmelegedés esetén lekapcsolja az egyenirányítót a hálózati trafó váltófeszültségéről, de a hátlapi reset gombbal később visszaállítható. A hálózati transzformátoron átszűrődő zajokat a primer és a szekunder tekercselés közé beiktatott árnyékolás is csökkenti, illetve a még további átszűrődő hányadot a szekunder tekercssel párhuzamosan kötött C102, 470 nF, váltakozófeszültségekre alkalmas kondenzátor zárja rövidre. Használatát a különféle erősítőkben általánosságban is ajánljuk!



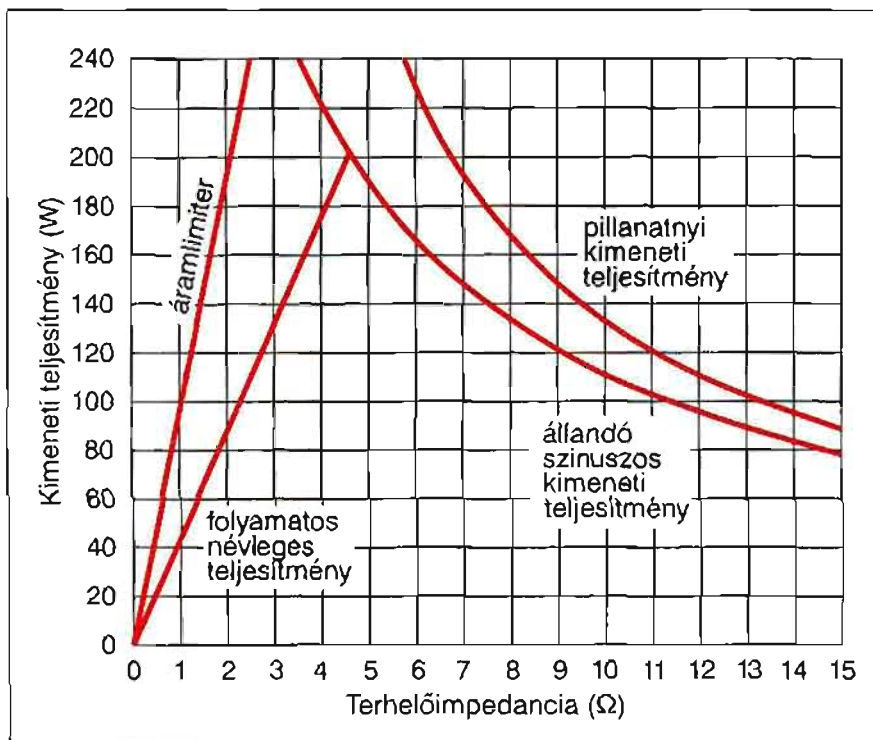
37. ábra. A M12910-3 szériajelű, QUAD 606 típusú erősítő kapcsolási rajza



38. ábra. QUAD 606 típusú erősítő, a 405-2 nagyobb teljesítményű utódja

További érdekesség a dumper fokozat teljesítménytranzisztorjának megkettőzése. Ez azonban korántsem akkora érdekesség, hogy nagyon csodálkoznunk kellene rajta. Inkább az előrelátó óvatosságot fejezi ki. Azt, hogy a profi berendezésektől igenis elvárható a nagyobb üzembiztonság, strapaállóság, még a netán gondatlanabb kezelés esetén is. A professzionális, iparszerű alkalmazások során ugyanis nehezen képzelhető el a rack-tornyokba, -falakba, keverőasztalokba beépített erősítők sűrű javítgatása, de a használat során a túl gondos odafigyelés sem tipikus. Így tehát szükségszerűen meg kellett növelni az erősítő üzembiztonságát, amelynek egyik módja volt a végtranzisztorok megkettőzése.

Az 520f típusú professzionális erősítő műszaki paraméterei lényegesen nem különböznek az elődnek számító 405 erősítőkétől. A kivethető maximális teljesítmény  $2 \times 160 \text{ W}$ ,  $4 \Omega$  terhelésen, illetve  $2 \times 105 \text{ W}$ ,  $8 \Omega$  terhelésen. Ritka esemény, hogy valahol megadják egy erősítő csoportfutási idejét, amely a je-



40. ábra. A QUAD 606-os erősítő kimeneti teljesítménye a különböző üzemmódok függvényében. Az erősítő tetemes teljesítménytartalékkal rendelkezik nagy dinamikájú műsorok lejátszásához

len esetben a névleges (20 Hz...20 kHz) átviteli tartományban  $< 6 \mu\text{s}$ , 1 kHz-en, ingadozása pedig  $< 1,5 \mu\text{s}$ , 1 kHz-hez viszonyítva. Szinte bármelyik hangszógarzó sokkal rosszabb adatokkal rendelkezik. Az erősítő dinamika-tartománya az „A” görbével súlyozva  $-115 \text{ dB}$ . 100 W-nál,  $8 \Omega$ -os terhelésnél (a zaj és a torzítás együttes értékét mérve).

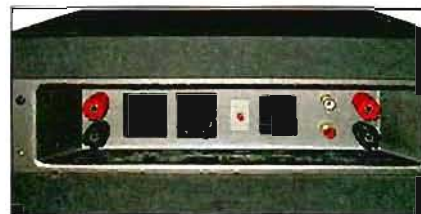
## QUAD 606

A QUAD 606-os erősítőben (37. ábra) lényegében megtalálhatjuk az összes korábbi fejlesztés eredményét, amit az 520f típusú erősítők gyártása során már kipróbáltak és bevált. Ezek rendre: kaszkód bemeneti fokozat, diszkrét félvezetős áramgenerátor eszközökkel linearizálva, ofszetkompenzálás a hangfrekvenciáktól különválasztott IC1-gyel, lebegő (floating) földelési rendszer, megháromszorozott dumper végfokozat, 6 tranzisztorral.

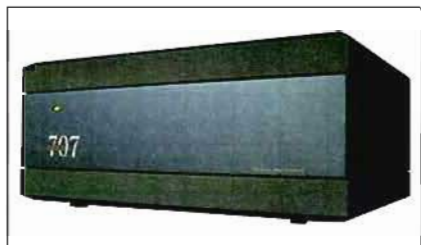
A korábbiakhoz képest némileg magasabb dobozban forgalmazott erő-



39. ábra. A QUAD 606 erősítő egyik szerelt csatornája a hűtőbordához csatlakozó lapos, U profilú szegleten



41. ábra. A QUAD 606-os erősítő hátulnézete. Megfigyelhetők a kimeneti  $\varnothing 4 \text{ mm}$ -es csatlakozók, a további kiegészülékek számára kialakított hálózati aljzat, a főkapcsoló, a zárlati reset kis gombja, valamint az RCA típusú (szigetelt földelésű) jobb és bal csatorna bemeneti csatlakozója



42. ábra. QUAD 707 típusú, nagy teljesítményű erősítő

sítőben (38. ábra) az egyes erősítőpaneleket egy-egy lapos U profilú, középtűt kivágással ellátott alu szegletre szerelték. Ezeknek a két szélén helyezkednek el a megháromszorozott dumper fokozat végtranzisztorai (39. ábra), több, mint jelentős teljesítménytartalékokat lehetővé téve (40. ábra).

Az erősítőpaneleket hordozó U alakú szegletek függőlegesen, a készülék belül, annak jobb és bal oldalán helyezkednek el, egy-egy hűtőbordához illeszkedve. A szellőzést a dobozfedél és alul kiképezett szellőzőnyílások biztosítják. Az erősítő hátlapján – süllyesztékben – helyezkednek el a csatlakozók és a kapcsolók (41. ábra). A 606-os erősítőt 1986–1997 között gyártották, 27 000 darab készült belőle.

### QUAD 707

A QUAD 707 típusú erősítő voltaképp a 606-os közvetlen utódja, különösebb továbbfejlesztés nélkül. Elsősorban javítások, szépítgetések történtek.

Kiküszöbölték például a 606-os néhány humoros, bár igen bosszantó

problémáját, például a hálózati transzformátor átgondolatlan rögzítési megoldásából eredő, egy idő után igen kellemetlen brummogást, morgást, zörgölődést. A zajongás kiküszöböléséhez már javítókészletet is árusítottak.

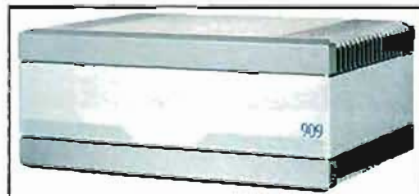
A 707 valamivel igényesebb kivitelben készült, bár a változás nem éppen drámai (42. ábra). Az erősítő lényegében eddigre már kifortott kapcsolástechnikáján, nyomtatott áramkörü paneljain csak apróbb, alig felfedezhető (lényegtelen) változtatások történtek.

A 707-es erősítőt a 606-os gyártásának kifuatása után hozták forgalomba az 1996–1999 közötti években, mindösszesen 4500 példányban.

### QUAD 909

Az újabb, QUAD 909 típusú erősítő gyártása váltotta fel 1999-től a kifutó 707-est. Az erősítő doboza (43. ábra) is „megújult”: a bekapcsolásjelző LED középre került és a festés színe megváltozott... Ám lényeges érdembeli változást sem a kapcsolási rajzon (44. ábra), sem a specifikációban (1. táblázat) nem igazán tapasztalhatunk.

Megkockáztatható az a vélekedés, hogy a háttérben kereskedelmi szempontok is vezették az új tulajdonosok által vezetett céget, amikor a típuszám (606, 707, 909) és a külső forma, elsősorban a festés színárnyalata rendre megváltozott. Az utóbbi időben több jelzés is érkezen arról, hogy egyes alkarészeket (pl. kondenzátorokat) olcsóbb, gyengébb műszaki paraméte-



43. ábra. A QUAD 909 típusú erősítő külső megjelenése erősen hasonlít a 606-os és a 707-es erősítőére

rekkel rendelkező típusokkal váltottak ki, ami nem járt minden következmények nélkül.

### Elektronikus védelem

A QUAD 405 típusú erősítő eredeti védelmi rendszere sokak igényét nem elégítette, s mindmáig nem is elégíti ki. A legfontosabb, eleinte mellékesnek tűnő körülmény az erősítőbe beépített védelmi kapcsolások intelligencia problémája. A védelem túlságosan hamar, már kisebb túlterhelésnél is megszólal, és egyszerűen nem lehet kiaknázni az erősítőben rejlő lehetőségeket. Például egy nagy dinamikájú zenei műsor hanganyaga folyton nekiütözik a védelemnek, s az eredmény elkésesítő. Éppen ezért számos tulajdonos egyszerűen kiépítette a teljes védelmi rendszert a panelekből, a szükséges helyekre pedig rövidzáratokat forrasztott.

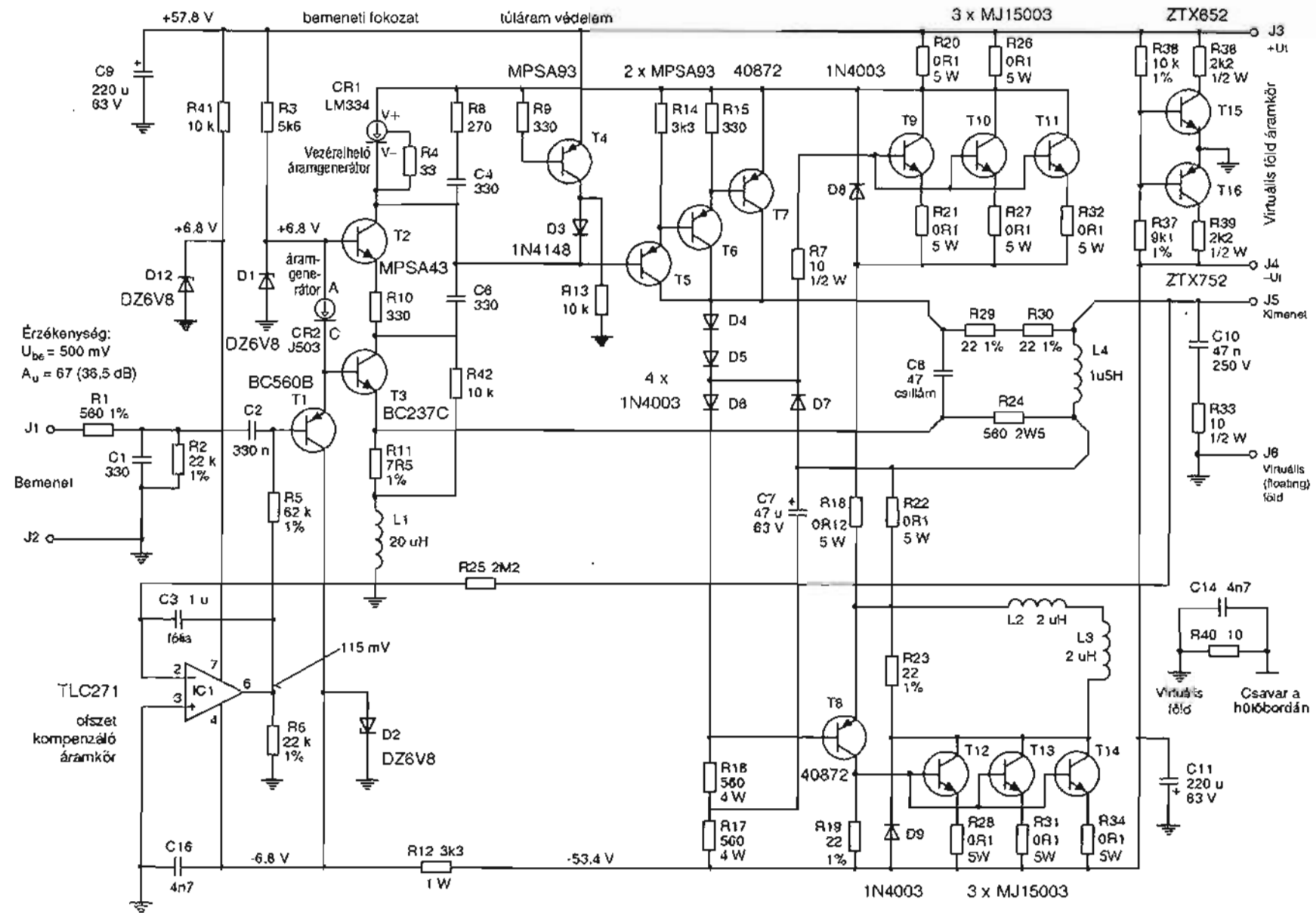
A másik probléma a védelmi rendszerrel az, hogy nem tartalmaz koppanásgátló szolgáltatást, ami kifejezetten bosszantó.

A végfokozat tranzisztoraira vonatkozóan a kapcsolások eredetileg tartalmaznak a működést a „biztonságos üzemelés tartományára” (SOA) korlátozó limiter párost, továbbá erősítőpanelonként egy túlterhelésgátló diaktiari áramkört. Az utánépítések során ez utóbbit számos amatőr már eleve nem építette be a saját erősítőjébe, másrészt a koppanásgátlás ezzel az áramkörrel sincs is megoldva.

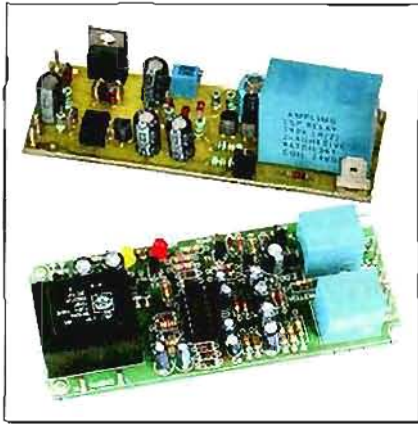
Egy névlegesen 100 W-os erősítőnél nem mindegy, hogy a kimenete a bekapcsoláskor, kikapcsoláskor ad-e valamiféle hangot, koppanó, csattanó hangot, netán hűmmög, huppog, krárog-e ilyenkor. Továbbá az sem mindegy, hogy a DC-csatolású, kiszajú erősítő névlegesen 0 V nyugalmi feszültségű kimeneti pontja bármely okból – kisebb vagy nagyobb mértékben – el-mászott-e, és órákon keresztül teljes ritokban, kitartóan melegíti-e a mélynyomónkat, lassanként megsűrve a lengő-

1. táblázat. Néhány QUAD erősítő fontosabb tulajdonságai

Típus	QUAD 405-2	QUAD 606	QUAD 707	QUAD 909
Teljesítmény, szinuszos	lásd diagram (18. ábra)	lásd diagram (40. ábra)	120 W, 8 ohm 220 W, 4 ohm	140 W 8 ohm, 0,05%
Torzítás	<0,01%, 100 Hz, 100 W <0,01%, 1 kHz, 100 W <0,05%, 20 kHz, 100 W	<0,01%, 20 Hz, 130 W <0,01%, 1 kHz, 130 W <0,03%, 20 kHz, 130 W	<0,01%, 20 Hz, 120 W <0,01%, 1 kHz, 120 W <0,03%, 20 kHz, 120 W	<0,01%, 8 ohm, 100 W, 20 Hz...20 kHz
Frekvencia- menet	-1 dB (20 Hz), -0,5 dB (20 kHz), -3 dB (50 kHz)	-0,25 dB (20 Hz...20 kHz), -0,25 dB (13 Hz...40 kHz), ref.: 1 kHz	-0,25 dB (20 Hz...20 kHz), -0,25 dB (13 Hz...40 kHz), ref.: 1 kHz	-1,0 dB (13 Hz...40 kHz), ref.: 1 kHz
Brumm és zaj	-96 dB („A” súlyozás), -93 dB (súlyozatlan)	-105 dB (súlyozatlan), 140 W-hoz	-105 dB, (súlyozatlan), 140 W-hoz	-108 dB, 140 W-hoz
Érzékenység	0,5 V	0,5 V, 140 W, 8 ohm	0,775 V 140 W, 8 ohm	0,775 V
Tömeg	9 kp	12 kp	12 kp	12 kp



44. ábra. A QUAD 909 típusú erősítő kapcsolási rajza



45. ábra. A neten árusított kész koppanásgátló és védőáramkörök a QUAD 405-ös erősítők számára, egy- és kétcsatormás kivitelben

jét. Egy valóban jól megépített erősítő végfok műsorjel nélkül ugyanis úgy szólván teljes (szerencsés esetben akár -100 dB körüli) csendben van. A bekapcsolva hagyott erősítő nyugalmi kimeneti feszültségének elmáshása csak műszeresen mérve lenne észrevehető. Továbbá az sem mindegy, hogy adott esetben egy buli hevében alaposan túlhajszoit, túlmelegített erősítő éppen a legszebb pillanatokban adja meg magát, túlmelegedés elleni védelem hiányában.

Mindenképpen érdemes tehát beépíteni a QUAD 405 erősítőbe egy koppanásgátlót, továbbá a hűtőbordák hőmérsékletét és a kimeneti nyugalmi DC-szintet figyelő áramkört. A három funkció egyesítését könnyű megoldani akár tranzisztorokkal, akár pedig digitális logikai áramkörökkel. A neten többféle hasznos áramkört is árusítanak, létezik monó és sztereó kivitelű áramkör is (45. ábra), eleve a 405-ös erősítő lehetőségeire méretezve (46. ábra). Számos amatőr ötlet is található a különféle fórumokon. Ezek egy része hasznos, kipróbált, ügyes áramkör, azonban más részükről elmondható, hogy tervezője kellően nem gondolta át a működést, és lehet, hogy pont a kritikus helyzetben mondja fel a szolgálatot a védelem.

Alapvető, hogy bármiféle védelemnek garantáltan jobban, stabilabban kell működnie, mint a védett áramkörnek. A 405-ös erősítőben levő gyári védelemre pedig a túlgarantáltság a jellemző, pl. a 405-1 védelme túl korán szabályoz le, végül is korlátozza a ténylegesen kivethető kimenőteljesítményt, ami pedig már a ló másik oldala.

Két kipróbált, zavartalan működésű, teljes körű szolgáltatást nyújtó védelmi áramkört mutatunk be a továbbiakban. Egy német tervezésű védelmi rendszer tömbvázlatát mutatja a 47. ábra.

A kapcsolás használata elsősorban akkor kedvező, ha erősítőnk két külön hálózati transzformátoros felépítésű. Sokan választották ezt a megoldást, ugyanis két kisebb (kb. fele teljesítményű) trafó beszerzése, elkészítése – különösen régebben – sokszor könnyebben menti, mint a komplet erősítőhöz szükséges nagyobb transzformátoré. Az ilyen felépítésű 405-ös erősítő lényegében már a tápegységtől kezdve két független, monó kapcsolásból áll és így a védelmet is monó szinten lehet vagy kell kezelni.

Melletteg, ez a független tápegység rendszer egyúttal azt is jelenti, hogy a jobb és bal oldali erősítő nem rángatja meg a tápegységen keresztül egymást, tehát ne szükségmegoldásként kezeljük ezt a konstrukciót! Ellenkezőleg, ez egy lehetséges minőségjavító módosítási lépés is lehet!

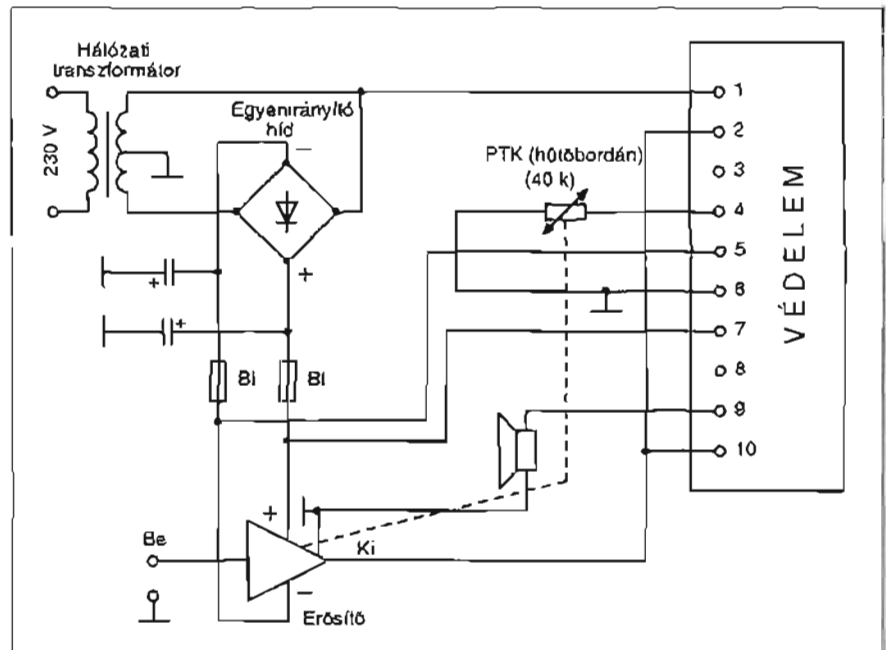
A 48. ábra kapcsolási rajza szerinti áramkör működése a következő. A teljesítményerősítő túlzott áramfelvétellel járó, teiszöleges okból történő meghibásodása ellen a tápfeszültség-vezetékbe iktatott két olvadóbiztosító nyújt védelmet. Ez azonban magát a végfokozatot semmi ellen nem védi meg, de az egyenirányító és a hálózati transz-



46. ábra. A monó kivitelű (kereskedelmi) koppanásgátló és védőáramkör nyomtatott kis panelja, az átgondolt tervezés folytán, elért a gyári 405-ös erősítő végfok nyákja és a doboz (a képen nem látható) oldalsó fala között

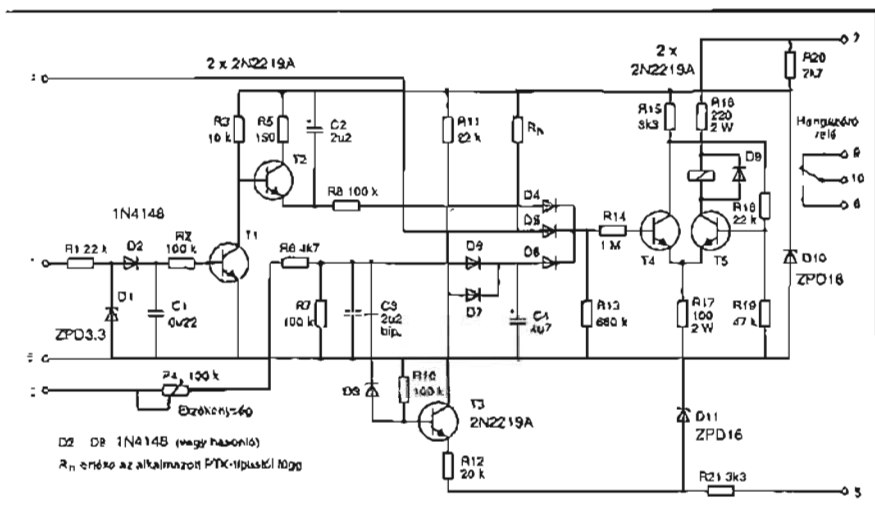
formátor nem károsodik, még durva zárlat esetén sem. Ismeretes, hogy a félvezetők túlterhelése során bekövetkező termikus és egyéb hatások sebessége olyan nagy is lehet, hogy a károsodás jóval az olvadóbiztosító kiégése előtt bekövetkezik, tehát a félvezetős készülékek biztonsággal nem védhetők meg biztosítóval. Csupán a szekunder jelenlég, a további kár (p. tűz) hárrítható el ezen a módon.

A hangszugárzó leválasztása az erősítőről relével történik. Nyugalmi állapotában a hangszóróvezeték az érintkezők bonriják, tehát az erősítő kikapcsolt állapotában a relé leválasztja a



47. ábra. A monó kivitelű védelmi áramkör tömbvázlata. A jobb oldali áramkör részlet kapcsolási rajzát az 48. ábra mutatja. Természetesen nem csupán a 405-ös erősítőhöz alkalmazható





48. ábra. A monó védelmi és koppanásgátló áramkör kapcsolási rajza

hangsugárzót a kimenetről. Bekapcsolás után a tápegység pufferkondenzátora töltődni kezdnek, és hamarosan megjelenik az erősítő, valamint a védőáramkör működéséhez szükséges tápfeszültség. A védelem 5. és 7. kivezetésen fellépő feszültség atívalja az áramkört. A relét a T4 és T5 Schmitt-kör T5 tranzisztora kapcsolja be, ha a T4 bázisán eléggé kis feszültség tapasztalható. A bekapcsolás során viszont nem ez a helyzet. A védelem 1. kivezetésén bejövő váltakozófeszültséget a D2 egyenpranyítja, és tölti a C1 kondenzátort. Amíg azonban a C1 feszültsége nem emelkedett a T1 nyitáshoz szükséges értékre, a T1 kollektorán közel a tápfeszültség értéke (+16 V) mérhető. Ez a T2 tranzisztor útján és az R8, D4 közvetítésével nagy pozitív feszültségre húzza fel a T4 bázisát.

Amint C1 néhány másodperc alatt feltöltődik, a T1 vezetni kezd és kis kollektorfeszültsége a T2, R8, D4 útvonalon eljut a T4 bázisára, s a D4 gyakorlatilag lezár. Ekkor a Schmitt-kör átbillen és a hangsugárzó az erősítőre kapcsolódik, viszont ekkorra a bekapcsolási áramlökések már rég lezajlottak. Ez a bekapcsolt állapot a továbbiakban az erősítő hibátlán működése során végig fennáll.

Az üzemelő erősítő melegezését a védett végfok hűtőbordájára szerelt PTK-ellenállás érzékeli. Amint a hűtőborda hőmérséklete eléri az érzékelő kritikus hőmérsékletét, annak ellenállása hirtelen és jelentősen (közel billeszerűen) megnövekszik. Mivel azonban a PTK egy feszültségosztó részét képezi, az osztásponton megemelkedő feszültség nyitja az eddig lezárt D5 dió-

dát és átbillen a Schmitt-trigger. Ekkor a hangsugárzó lekapcsolódik a túlmelegedett erősítőről, és csak a hűtőborda lehűlése után kapcsolódik vissza. Ez a hőtehetetlenség miatt nyilván hosszabb idő múlva történik meg. Kedvező, hogy a felügyelet nélkül magára hagyott erősítő túlmelegedését és visszakapcsolását is önállóan megoldja a védelem.

Ha az erősítő végfokozatának egyensúlya valamilyen okból tartósan felbillen, és a kimenetén a zérustól különböző egyenfeszültség jelenik meg, a védőáramkör 2. kivezetésén bejövő egyenfeszültség vagy közvetlenül az R6, D6, D8 útvonalon keresztül, vagy ellenkező polaritás esetén a T3 fázisfordító közbeiktatásával, a D7, D8 útvonalon keresztül billenti a Schmitt-trigger. Ekkor a hangsugárzó lekapcsolódik az erősítőről, így tehát az erősítő kimenetén tartósan megjelenő egyenfeszültség nem képes tönkretenni azt. Az áramkörben található időzítő-kondenzátorok a védelem célszerű és pergés nélküli működését, azaz a megfelelő időállandókat biztosítják. Az  $R_n$  ellenállás legyen sokkal nagyobb, mint a PTK hidegellenállása. A beavatkozószerv egy megbízható, jó minőségű, tetszés szerinti gyártmányú, de a hangsugárzó ki- és bekapcsolására alkalmas, nagyáramú, 24 V-os relé legyen. Értelemszerűen, a „két hálózati trafós” kivételű 405-ös erősítőnkbe ezt az áramórt érdemes beépíteni, természetesen csatornánként egy-egy áramkört.

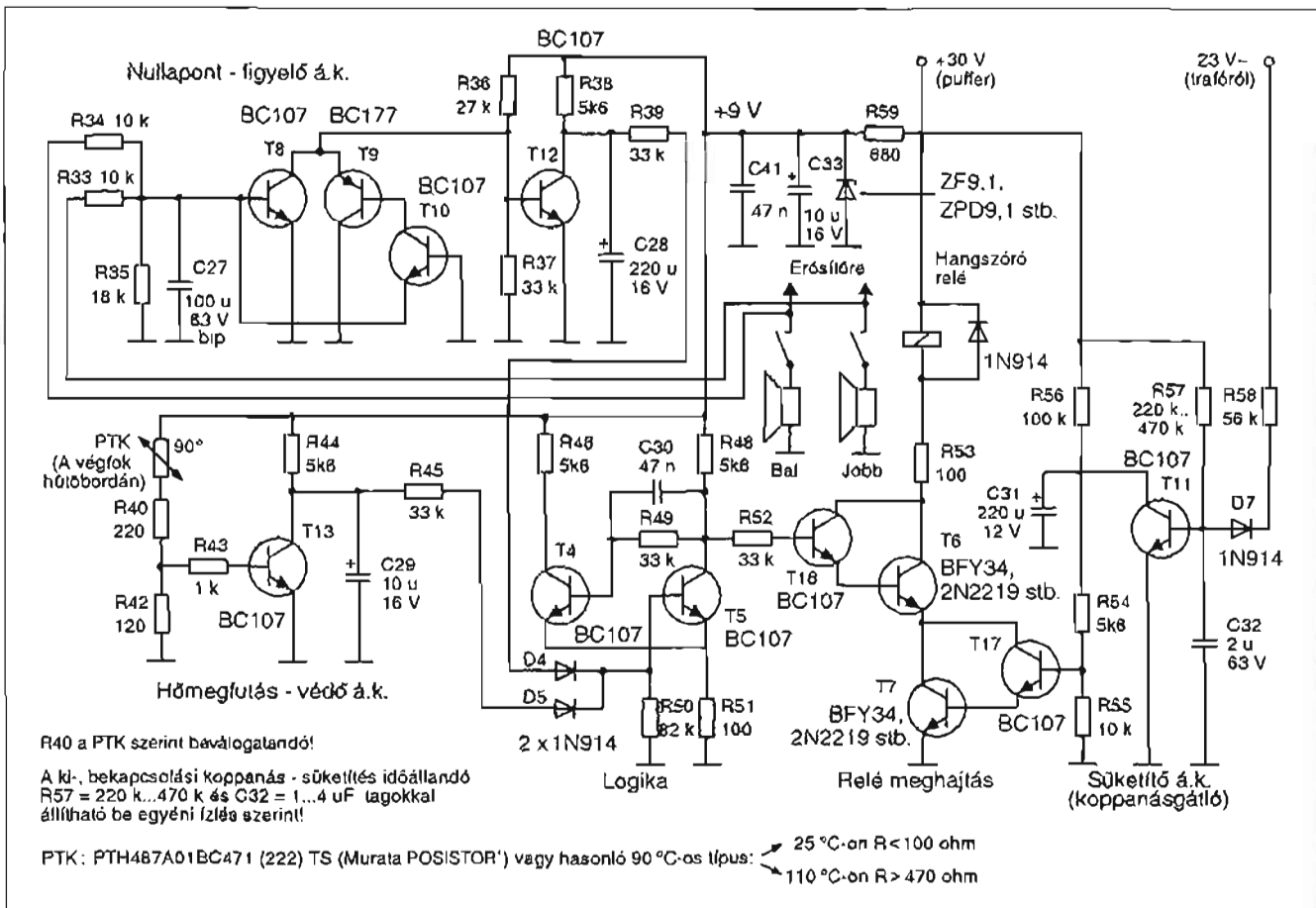
Az 49. ábrán egy másik, a QUAD 405, vagy szintén bármely sztereóerősítő figyelésére alkalmas áramkör látható. Ez a kapcsolás is figyel a hálózati feszültség jelenlétét, a hűtőbordák hő-

mérsékletét és a kimeneti 0 V átlagpotenciált. A hangsugárzó kapcsoló relét kaszkódkapcsolású darlington hajtja meg, így a relé tetszés szerinti (akár egy nagyobb teljesítményű típus is) lehet, csupán a T6 és T7 teljesítményét kell helyesen megválasztani. Az alsó darlingtont a T11 hálózatfigyelő tranzisztor hajtja meg (50. ábra). T11 a bekapcsolás után közvetlenül az R58 útján le van zárva, így a C31 kondenzátor akadálytalanul töltődhet. Feltöltődése után az alsó darlington vezetni kezd és a jelfogó meghúz. Kikapcsolásnál vagy áramszünetnél a helyzet fordított: a negatív zárófeszültség a váltakozófeszültség kikapcsolása/megszűnése után gyorsan zérusra csökken, majd polaritást vált (C32-t R57 pozitív feszültségre tölti), a T11 „leültetődik”, a darlington lezár és a késleltetés után a relé bont. A sztereó erősítőpár kimenetét az R33 és R34 ellenállásokon keresztül a T8, T9, T10 komparátor figyeli (51. ábra), amelynek kimeneti pontja (T8 kollektora ill. T9 emittora) mindaddig zérus feszültségen van, amíg a két teljesítményerősítő kimenete a  $\pm U_{EB}$ , vagyis mintegy  $\pm 0,6$  V feszültséghatáron belül marad a hosszú idő átlagára nézve. A váltakozófeszültséget a C27 szűrőkondenzátor zárja rövidre a komparátor bemenetén, így csak az igen lassú változások jutnak át a komparátorra.

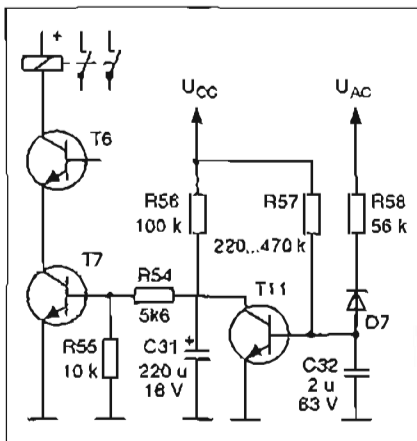
A komparátor a T12 inverteren keresztül a T4–T5 billenőkört vezérli, amely a felső darlingtonon keresztül kapcsolja a relét. A T13 tranzisztor báziskörében találjuk a PTK ellenállást, amely a hűtőborda hőmérsékletét figyeli (52. ábra). Ha a hűtőborda hőmérséklete túl magas, a PTK ellenállása is nagy lesz és T13 lezár, billentve a T4–T5 multivibrátort. A D4–D5 diódás logika biztosítja, hogy bármelyik hibajel hatására a relé bontson.

Az 53. ábrán a védelem nyomtatási rajza, míg az 54. ábrán az alkatrészek beültetése látható. A nyák kialakítása elegendően szellős ahhoz, hogy a különféle más, a tervezettől eltérő méretű alkatrészek beültetése sem legyen problematikus.

A relé vezérlő darlington felépítése, típusa pedig szabadon választható, szükségleteink és lehetőségeink szerint. Az a fontos, hogy a relé vezérlését biztosan ellássa. A relé típusát is szabadon választhatjuk. Az a lényeg, hogy képes legyen a fellépő, mintegy  $2 \times 5-10$  A tartósan biztos, a lehető legkisebb átmeneti ellenállást képező kapcsolására.



49. ábra. Védelmi áramkör koppanásgátlással, nullpont elmáshzás és hőmegfutás elleni védelemmel (SANYO)



50. ábra. A bekapcsolási késleltetést végző áramkör magyarázatához

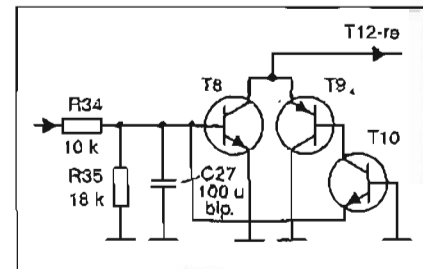
A védelem akkor lesz teljes, ha a hálózati transzformátor primer ágát is olvadóbiztosítóval látjuk el. Ezek az olvadóbetétek jelentős alkatrész-, netán tűzkároktól védenek meg bennünket. A gyári 405-ös erősítő valamennyi szériájában, a jobb és bal csatorma nyomtatott áramköri lemezein a pozitív és a negatív tápfeszültség-vezetékezésben

találunk egy-egy 4 A-es olvadóbetétet. Ez azonban nem a félvezetőket védi meg, hiszen a félvezetők károsodása sokkal gyorsabban jön létre, mint bármely olvadóbetét megszakadása.

Az olvadóbetétek a félvezetős erősítők általános épségére ügyelnek, megelőzve egy tartós túláramot előidéző zárlat katasztrofális következményeit, mint pl. a trafó vagy az egész erősítő kigyulladását, leégését.

Az óvintézkedésektől függetlenül törekedjünk arra, hogy berendezéseink hőmérséklete a lehető legalacsonyabb legyen. Szellőzésük jó legyen, mert az alkatrészek élettartama így lesz a leghosszabb.

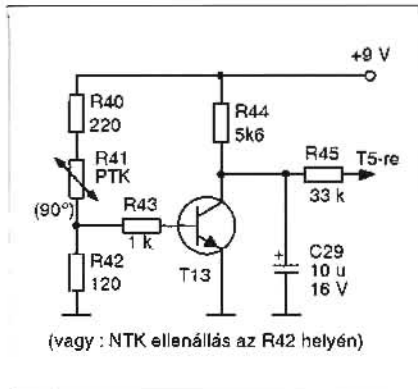
Ha megépített kapcsolásunk egy-egy alkatrészéről kiderül, hogy jobban melegsik, mint szeretnénk, ne vonakodjunk pl. egy ellenállást nagyobb terhelhetőségűre cserélni, vagy egy tranzistorra hűtőszillogot erősíteni. Miután manapság a számítógépes szaküzletekben mérsékelt áron beszerezhetők eléggé csendesek, alkalmas méretű, könnyen beépíthető ventilátorok, megfontolandó, hogy az erősítő hűtésére alkalmazzuk-e.



51. ábra. A nullpontelmáshzást figyelő áramkör magyarázatához

### Alkatrészek, helyettesítések

Az erősítő utánépítése során mindig is kulcskérdés volt a félvezetők helyettesítése beszerezhető típusokkal. Ennek manapság más a jelentése, mint negyedszázada. Ugyanis most nem az a probléma, hogy még nem tudjuk beszerezni, hanem már nem kapható, mert a régi, lényegében el is avult félvezetőtípusok gyártása megszűnt, készleteik elfogytak. Ez önmagában nem is okozna nehézséget, mert van helyettük módem, a QUAD cég által is használt változat, csupán arra kell ügyelnünk, hogy a szükségesnél jóval gyorsabb típust ne



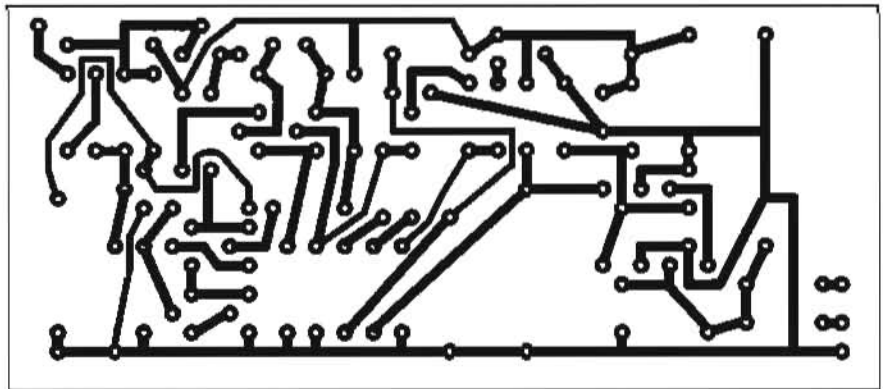
52. ábra. A hőmegfűtást figyelő áramkör magyarázatához

használjunk, mert az a gerjedés meleg-ágya.

Az egyes gyári kapcsolási rajzokon található kollektorköri tekercsek is a sebesség, a sáv szélesség speciális korlátozását szolgálták a current dumper használatához. Tehát az eredetileg használt típusokhoz képest gyorsabban beépíteni teljesen értelmetlen és csak bajjal jár. Természetesen – sok egyéb mellett – ezt is kipróbáltuk, és a leküzdhetetlen, hatalmas amplitúdójú gerjedés, a kezdődő hőmegfűtás miatt pánikszerűen cseréltük vissza a régebbi, lassabb típusra a végfok félvezetőit.

Az utolsó szériás kapcsolási rajzok még eléggé fiatalok ahhoz, hogy alapul szolgáljanak a beszerzéshez. Különböző is. Ezek a negyedszázados tapasztalatokat tükröző, a végső módosításokat is tartalmazó rajzok szolgáljanak mintául egyrészt a meglévő régebbi gyári vagy saját építésű erősítők módosításához, vagy pedig egy új erősítő megépítéséhez. Az újabb típusú erősítők utánépítése pedig jóval nagyobb falat, elsősorban a gyakorlottságuknak ajánlható, viszont a félvezetők beszerzése a viszonylag újszerű áramkörök folytán nem lehet gond.

Egy félvezető helyettesítési lehetőséget a legutolsó 405-2 változathoz a 2. táblázat tartalmaz, kövérébb betűkkel kiemelve a legcélszerűbb helyettesítést (QUAD ajánlás, a kiemelések is a cég-től származnak). A legjobb módosítási javaslat és árkinálat a kondenzátorok, főleg az elkők területén adódott. Ez azért is érthető, mert egy korai gyártású QUAD 405 erősítő elkői mára minden bizonnyal már megtették a dolgukat. Akár látatlanban is elmondható, hogy az öregedés jeleit mutathatják. Ez elsősorban a negyedszázaddal korábbi gyártástechnológiával készült elkők kapacitásvesztésében mutatkozhat meg. Ha egy



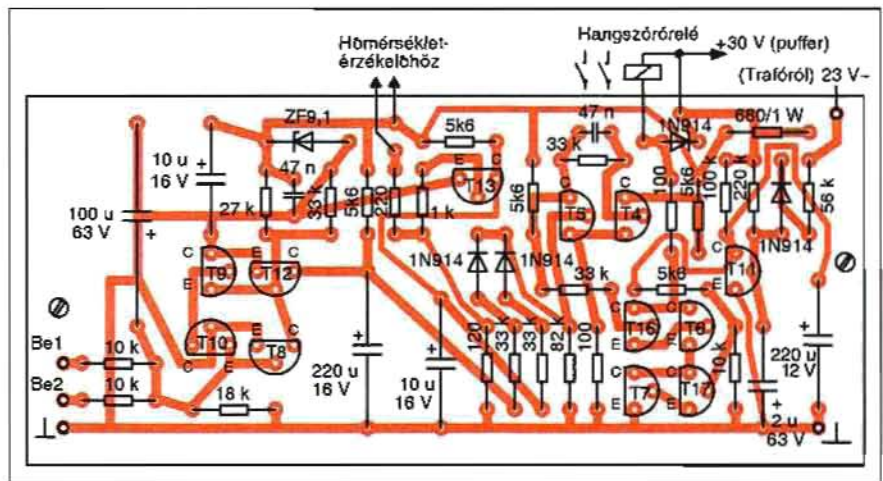
53. ábra. A 49. ábrán látható védőáramkör nyomtatott áramköri rajza

ilyen erősítő kerül a kezünk közé, nagy hibát nem követünk el, ha azt a néhány kis elkőt, ami a kapcsolásban található, kicseréljük újabb, jó minőségű típusra. Elsősorban a bemeneten található C2 kiszáradása okozhat hangfrekvenciás zavarokat, ezt célszerű bipolarisra kicserélni. A T5 áramgenerátor bázisában levő C5 elkő kiszáradása brummosá teheti az erősítőt, tehát cseréje ilyesféle tünet esetén mindig indokolt lehet. Az „A” osztályú végfok kollektorkörében található C10 „utánhúzó” kondenzátor a kivezélhetőséget és a frekvenciamenetet is befolyásolhatja értékcsökkenés vagy teljes kiszáradás esetén. Ezen három elkőt számos cég kínálja a neten önállóan is, de felújítócsomag részeként is. (13. ábra). Egy új erősítő építése során érdemes ezeket az alkatrészeket szerény határok között túlméretezni (feszültségtűrésre, kapacitásra), illetve a beszerezhető legmagasabb hőmérséklettűrésű darabokat beépíteni.

Az erősítőbe beépítendő egyéb kondenzátorok esetén pedig a józan ész

szabályai szerint kell eljárunk. Elsősorban a híd elemeként szereplő C8 esetében törekedjünk a jó minőségre, amit ebben a pozícióban a csillámszigetelésű kivitel testesít meg. Teljesen alkalmatlan a tekercselt műanyag-szigetelésű kondenzátor, a nem csekély szórt inductivitása folytán. A kondenzátor értéktűrése a beszerezhető legjobb (1–2%) legyen, bár aligha találunk 5%-nál jobbat a kínálatban. Ettől azonban erősítőnk még remekül fog szólni.

A pufferelekők ma már igen nagy kapacitásértékekben is beszerezhetők, csak azt kell meggondolnunk, hogy a hidegenirányító képes lesz-e elviselni azokat a hatalmas töltőimpulzusokat, amelyeket egy „csak azért is” túlságosan nagyra választott értékű elkő megkíván. Csak a saját problémáinkat halmozzuk, ha az eredeti kapcsolásban alkalmazott 10 000  $\mu\text{F}$ -nál jóval nagyobb kapacitású beépítünk be. Az újabb, nagyobb teljesítményű QUAD erősítőkben például a korábbinál kisebb, például 6800 mikrofarados pufferelekőket használnak.



54. ábra. A 49. ábrán látható védelmi áramkör beültetési rajza

Egy stabilizált tápegység beépítése pedig olyan járulékos költségekkel járhat, hogy akár meg is kétszerezheti az erősítő bruttó ráfordításait (trafóméret, további félvezetők stb.), ugyanakkor kimutatható akusztikai haszonnal nem jár. A két erősítőfél szétválasztása a korábban már jelzett két-tápegységes (akár két hálózati trafós) megoldással sokkal olcsóbb, eredményesebb és igencsak javasolható.

A legtöbb – megalapozatlan – mirosz az ellenállások minőségét, alkalomadtán a cseréjét övezi. A QUAD 405 erősítő alapján véve a nem túlzottan igényes vagy nem túl kritikus elektronikus áramkörök közé tartozik, összevetve például egy kínos pontosságú műszererősítővel, vagy egy URH tartományú (adó, vevő, erősítő) áramkörféléssel. A 405-ös erősítő különböző részáramköreiben a funkciók egyszerűek, zömében kisméretűek, tulajdonságait mindössze valamely alkalmas határértéken belül kell tartani. Az első szériák során a QUAD cég nagyrészt 10%-os, egyes pozíciókban 5%-os, hétköznapi, általános felhasználásra szánt ellenállásokat épített be, összhangban az erősítő egyszerű jellemzőivel.

A sorozatgyártás során kiderült, hogy az elemértékek és a félvezetők szórása együtt az elfogadhatónál nagyobb erősítés- és munkaponti hibákat eredményeztek, így fokozatosan lecserélték az ellenálláskészletet kisebb tűrésűre. Hangsúlyozzuk, hogy nem az elvi működés, hanem a gond nélküli sorozatgyártás igényelte azt, hogy az ellenállások tűrése legrosszabb esetben is 5% legyen. Azokban a pozíciókban pedig, ahol az adott ellenállás például feszültség-erősítést határoz meg, a jobb- és bal oldali erősítő együttfutása érdekében az ellenállások tűrését 2%-ra választották. Ez egyrészt kevés pozíciót érint, másrészt a szemlélet alapján is könnyen belátható, hogy akár a QUAD cég tapasztalata nélkül nekünk is célzerű – de nem kötelező – így tennünk.

Az általános érvénnyel használt 5%-os tűrésű, fémréteg ellenállásokból így adódó elenyészően csekély, néhány százalék balanszhiba az előerősítőben bármikor kiigazítható.

Az a módosítás viszont kifejezetten luxus és értelmetlen pazarlás, amely esetében az összes pozícióban a meglevő alkatrészeket drága 1%-os ellenállásokra cseréljük. Az áramkör nem igényli és nem is hálálja meg a bekötött munkát és a jelentős többletköltséget, noha erre a „mod”-ra is kapunk „igen előnyös” ajánlatokat a neten. Érdekes követni egy ilyen felesleges „mod” történetét: egy jó üzleti érzékű szakember számtalan, méregdrága, de jórészt teljesen felesleges módosításokat végzett a 405-ös erősítőn, majd kijelentette, hogy „rendkívüli eredményeket” ért el. Kisvártatva a rendkívüli eredmények – mit ad isten – jól jövedelmező piaci kínálattá váltak, méregdrágán árusítva az egyébként sem olcsó alkatrészekből összeállított egységcsomagot, szerelt nyákat stb.

Hosszú idejű stabilitási okból már a jó minőségű 5%-os fémréteg típus is megfelelő ahhoz, hogy 1–2 évtizedig jól szolgáljon bennünket az erősítő, az értékpontosságnak pedig a hangminőség szempontjából úgyszólván elhanyagolható a szerepe (lásd a gyári erősítő).

A QUAD 405-2 legutolsó ismert kapcsolási rajzában 2%-os típusokat alkalmaztak az ICI környezetében az eredő erősítés beállítására (R3, R4, R6), illetve T2 erősítésének és az áramgenerátor áramának a beállításához (R13, R16), továbbá a hűtőáramkör részeként is működő, párhuzamosan kötött, két visszacsatoló ellenállás (R20–R21) esetében.

Bízunk a QUAD cég ítéletében: ha nekik a jelentős piaci verseny ellenére sem érte meg *sokkal jobb* alkatrészeket használniuk, valószínűleg nekünk sem fogja megérni (tipikus „vajúdnak a hegyek és szülnék egy egeret”). Inkább

2. táblázat. Félvezető helyettesítések

Pozíció	Beépítve	Helyettesítő típus
T1	BC214C	BC559C, BC560C, BC415C
T2	ZTX304	BCX32, BC682, BC546B, MPSA06, 2N5551
T3 / T4	ZTX504	BC556B
T5 / T6	BC214C	BC560C, BC415C, BC559C
T7 / T8	40872	2SA740, BD242C, 2N6134, TIP42C, BDX78
T9 / T10	17556	2SD424, 2SD676, 2N3773, MJ15003

tekintsük át a korábban a már ismertett és széles körben kipróbált, egyszerű áramköri módosításokat, amelyekkel – minimális többletköltség mellett – valóban közelebb jutunk az ideális hangzashoz. Kifejezetten zajszegény ellenállások használata műszaki szempontból nem ellenezhető, csupán az a kérdés, hogy megéri-e az a csekély várható eredmény, amit *pont ettől a megoldástól* remélhetünk.

Valószínűleg hosszú távon az eredő zajt semmiképp sem ezen ellenállások minősége fogja meghatározni, hanem sokkal inkább az a nem csekély zajszint, ami előerősítőnkől, hanglemezeinkről, rádióinkból, CD-korongjainkról stb. érkezik műsorhallgatás közben. Ha persze műsorjel nélkül, fülünket a hangszóróra tapasztva a zajszintet figyeljük – az már egy más téma....

**1 Segítsen  
% Ön is!**

**Reményi István  
Rádióamatőr Alapítvány  
18226429-1-43**

**Az alapítványt támogatja a**

**RÁDIÓTECHNIKA**

**Elektronika  
FÜZETEK**



# GLOBAL FOCUS KFT.

1119 Budapest, Etele út 59-61.

## Kézi PC-s oszcilloszkóp

oszcilloszkóp

+ spektrum analízátor

+ multiméter üzemmódok



## Elektronikai oktató készlet

500 különböző áramkör  
leírása + megépítése

## UNI-T műszerek

- hordozható és asztali  
multiméterek

- hőmérsékletmérők / infra

- érintésvédelmi műszerek



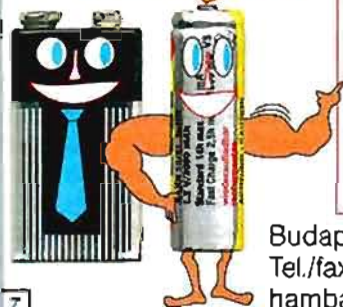
Műszerek és méréstechnikai eszközök forgalmazása, karbantartása

# www.globalfocus.hu

Tel.: (1) 481-1233, (1) 481-1161

Mi csak erősödünk,  
az árunk meg gyengül!

## Árröbbség a HAM-bazárban!



190 mAh-s	6F22- (9 V-os telep-) méretű
850 mAh-s	AAA- (mikroelem-) méretű
1000 mAh-s	AAA- (mikroelem-) méretű
1500 mAh-s	AA-méretű, <u>forrfűtés</u>
2000 mAh-s	AA-méretű, <u>forrfűtés</u>
2400 mAh-s	AA- (ceruzaelem-) méretű
2800 mAh-s	AA- (ceruzaelem-) méretű

NiMH akku	1800 Ft/db
NiMH akku	350 Ft/db
NiMH akku	550 Ft/db
NiMH akku	600 Ft/db
NiMH akku	750 Ft/db
NiMH akku	800 Ft/db
NiMH akku	900 Ft/db

(átás árak)

Budapest XIII., Dagály u. 11. l. em., H-P 09-14 óra.  
Tel./fax: 239-4932, 239-4933, 36-os mellék,  
hambazar@radiovilag.hu www.radiovilag.hu

**NE SOKAT ELEMEZZEN,  
INKÁBB AKKUZSON!**

## Mit szólna egy 10%\*-os törzsvásárlói kedvezményhez?

Vásároljon ipari forrasztás technológiai eszközöket és minden termékünkben 10% extra kedvezményt adunk a hirdetés felmutatójának!

Forrasztás technológia és szerszám.

Weller



JBC



sanwa

BAHCO



AZ ÚJ ETALON

ELG Electronic Kft - 1139 Budapest Gömb u. 30 - Tel.: +36/1-789-0111 Fax: +36/1-782-6607  
Web: www.elgelectronic.hu - Shop: www.forasztastechnologia.hu - Email: info@elgelectronic.hu

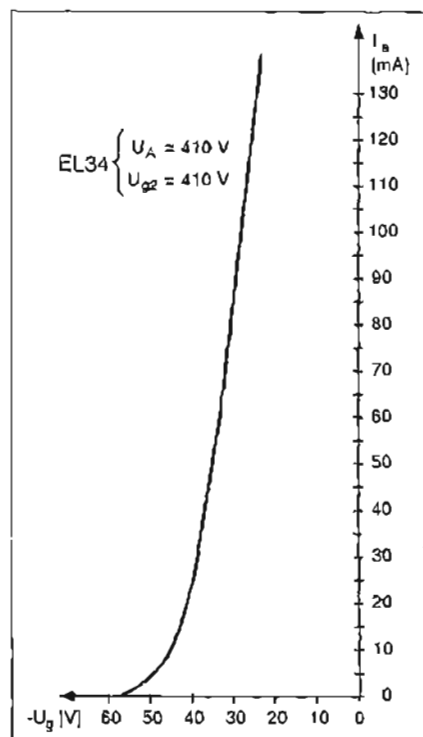
# Végerősítő kapcsolások EL34-es elektroncsőre

Plachtovics György, plachtovics.gyorgy@gmail.com

Az alábbiakban ismertetésre kerülő végerősítő kapcsolások az EL34-es elektroncsőre épülnek. Az első részben „A” osztályú „Single Ended” végerősítők leírásai találhatóak, a második rész az ellenütemű (push-pull) kapcsolásokat tartalmazza.

Az EL34-es végerősítő pentóda a II. világháború után jelenet meg a piacon. A mai szemmel is korszerűnek mondható csövet az egész világon gyártották. Európában a Mullard, Siemens, Telefunken, Valvo, RFT, Tesla stb. típusai voltak ismertek. Ezek közül az RFT és Tesla példányok nehezen viselték a 400 V feletti segédrácsfeszültséget. Az 1950-es évek hangszererősítő gyártói előszeretettel alkalmazták ezt a végerősítő csövet. A FENDER, SELMER, MARSHALL gitárerősítőiben megtalálhatjuk azokat.

Az EL34-nek sok más végerősítő csővel szemben van egy nagy előnye: a



1. ábra. Az EL34-es elektroncső rácselektrodfeszültség – anódáram karakterisztikája

magas segédrácsfeszültség. Ez lényeges szempont az ultralinear, valamint a trióda kapcsolásnál.

EL34 végerősítőcső lényeges adatai Telefunken adattalp szerint:

$$\begin{aligned} U_r &= 6,3 \text{ V} \\ I_r &= 1,5 \text{ A} \\ S &= 11 \text{ mA/V} \\ I_a &= 100 \text{ mA} \\ I_{g2} &= 15 \text{ mA} \\ U_a &= 250 \text{ V} \\ U_{g2} &= 265 \text{ V} \end{aligned}$$

Az EL34 a nyolc csapos ún. oktál foglalatú rendelkezik.

A katalógusban az EL34, valamint az E34L típus szerepel, azonos adatokkal. Sajnos nem derül ki, hogy az E34L mi-lyen különbözik a másik csőtől. Elvileg az ipari minőségű csöveket különböztetik meg az efféle – a középre kerülő számokkal való – jelöléssel. Ezeknek az elektroncsöveknek 5000 vagy akár 10 000 óra az üzemidejük. Paramétereik megfelelnek a katalógusban meg-

adott adatoknak. Áruk magasabb, mint a rövidebb üzemórájú, polgári célra gyártott testvéreiké.

A szlovák „J Electronic” által gyártott EL34 a HAM-bazárban megvásárolható. Vele azonos árban kínai gyártmányú EL34-es is kapható. Ez utóbbi külsőre teljesen egyezik a legendás VALVO EL34-es csővel. Elektromos paraméterei valamivel jobbák, mint a szlovák testvéreé (nagyobb a meredeksége). Természetesen az, hogy amelyik cég gyárt jobb (tartósabb) elektroncsövet, csak több száz üzemórás használatot követően lehet megfelelő mérésekkel eldönteni.

A katalógus hangfrekvenciás végerősítő kapcsolásokhoz ajánlja ezt a csövet. Az 1. ábrán látható az EL34-es elektroncső statikus rácselektrodfeszültség-anódáram karakterisztikája, 410 V-os anód- és segédrácsfeszültségnél. Szembetűnik a hosszú egyenes szakasz, amelynek eredménye az alacsony jelalak torzítás, negatív visszacsatolás nélkül is.

## Single-Ended végerősítő

Az „A” osztályú szimpla (Single-Ended) végerősítő kapcsolási rajza a 2. ábrán található. A végerősítő két elektroncsőből áll. A V1 feszültség-erősítő, míg a V2 a teljesítményerősítő. A V1 kettőstrióda típusjele ECC85. Nagy darabszámban gyártották Kelet- és Nyugat-Európában egyaránt. A csövet a hangfrekvenciás kapcsolásokban ugyanúgy megtalálhatjuk, mint az URH fokozatokban. Lényegesebb adatai a következők:

$$\begin{aligned} U_r &= 6,3 \text{ V} \\ I_r &= 0,435 \text{ A} \\ S &= 5,9 \text{ mA/V} \\ \mu &= 57 \\ U_a &= 250 \text{ V} \\ I_a &= 10 \text{ mA} \end{aligned}$$

A cső novál foglalatú, amerikai jelölése a 6AQ8. Az ECC 85-ös elektroncsővel gyakorlatilag egyezik az ECC 81, amelynek amerikai jelölése a 12AT7. Ez a típus 12,6 V-ról is fűthető, ha a fe-

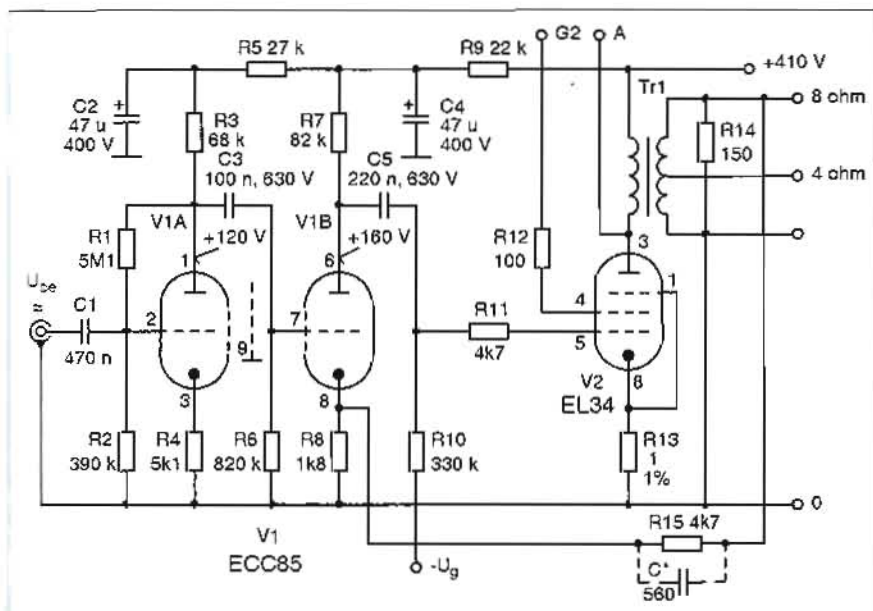
szültséget a 4-es és 5-ös lábra adjuk. A 6,3 V-os fűtésnél a 4-es és 5-ös lábat összekötjük, a második fűtés láb ekkor a 9-es. A két elektroncső bármelyikével kiválóan működik a kapcsolás, esetleg az anód-feszültségnél lesz néhány volt eltérés a kapcsolási rajzon megadott értékhez képest, de ennek nincs jelentősége a működés szempontjából.

### Elvi működés

Főbb műszaki adatok:

Bemeneti érzékenység (P <sub>ki</sub> = 8W)	200 mV
Bemeneti impedancia	>390 kohm
Kimenő teljesítmény (f = 1 kHz, k = 1,2%)	8 W, szinuszos
Névleges kimenő impedancia	4 vagy 8 ohm

A 2. ábrán a végerősítőcső pentóda kapcsolásban látható. A hangfrekven-



2. ábra. Az „A” osztályú Single-Ended végerősítő kapcsolási rajza

ciás jel a C1 csatolókapacitáson át a V1a trióda rácására jut. A rácselektroda feszültséget az R1, R2 osztó, valamint az R4 katódeellenállás állítja be. Az alacsony torzítás érdekében két negatív visszacsatolást alkalmazunk. Az R1 ellenálláson át visszacsatolást alkalmazunk. Az R1 ellenálláson át visszacsatolás valósul meg. Ezzel beállítjuk a fokozat DC (egyenáramú) munkapontját, valamint az erősítést. A visszacsatolt trióda feszültség-erősítése 10,4-szeres, azaz 20,34 dB.

A felerősített hangfrekvenciás jel a C3 csatolókapacitáson át a V1b trióda rácására kerül. A tovább erősített jel hajtja meg a V2 pozíciószámú végerősítő pentódát. A pentóda nyugalmi (vezérlés nélküli) anódárama a vezérlő-rács-anódáram karakterisztika közepén van. A rácselektroda feszültséget nem katódeellenállással, hanem az R10 rácselevezető ellenállásra kapcsolt negatív előfeszültséggel állítjuk be. A végerősítő-csővön átfolyó áramot az R13 pozíciószámú ellenállás sarkain mért feszültségből számoljuk ki az Ohm-törvény segítségével. A katódáram az anód- és segédáram-összege. A katódáramból tehát ki kell vonni a segédáramot. A V2 rácskörében levő R11 jelű ellenállás a vadrezgések létrejöttét akadályozza meg. A szerelési, valamint a végerősítő cső bementi kapacitásával egy integráló tagot alkotnak, amely hatások csillapítást nyújt a nagyfrekvenciák tartományában. A segédárammal soros R12 ellenállás az RH sávban akadályozza meg a vadrezgések létrejöttét.

A Tr1 kimenő transzformátor 8 ohmos szekunder tekercséről negatív visszacsatolást valósítunk meg az R15 ellenálláson át a V1b katódjába. Az ellenállás nagysága  $-8$  dB. Ez kevésnek tűnik, de arra elég, hogy kompenzálja a kimenő transzformátor okozta torzítást.

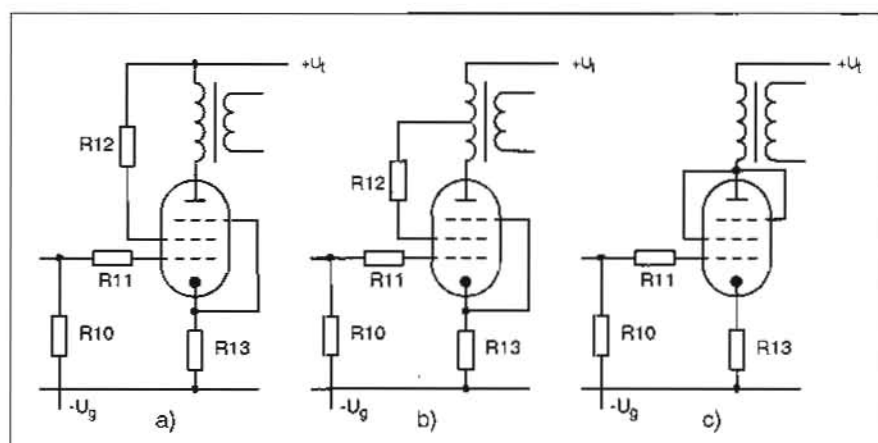
Néhány szót az „A” osztályú (Single-Ended) végerősítőkről. Ahogy ezt egy hangtechnikában jeleskedő barátom (sajnos már nem él) mondta: „a legrosszabb ellenütemű végerősítő is lényegesen jobb, mint egy szingli „A” osztályú erősítő”.

A lényeg a következő: Az „A” osztályú erősítőknél a nyugalmi anódáram átfolyik a kimenő transzformátor primer tekercsén. A vasmag egyenáramú előmágnesezést kap, a mágneses kive-

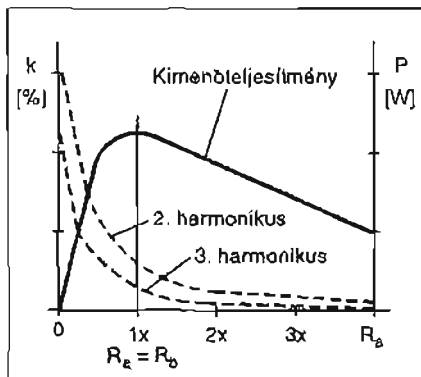
zérhetőség az egyik irányba csökken. Ezért, amennyiben az alacsony torzítás a cél, jóval nagyobb vasmagot használunk. Csökken a vasmag előmágnesezése a légrés alkalmazásával is. Ebből következik, hogy csak olyan vasmag jöhet szóba, amelynél lehetséges légrést előállító, szigetelőanyagot behelyezni. Ilyen például a prespán. Kisebb kimenő transzformátoroknál 0,15...0,2 mm-es megfelelő.

A vasmag a fentiek figyelembevételével tekercselhető hiperszil szalagmag vagy EI formátumú lehet. A légrés alkalmazásával csökken a primer indukció, ezáltal romlik a mélyhangátvitel. Ekkor növeljük a primer mentszámot, hogy meglegyen a szükséges primer indukció. A nagy primer mentszámú tekercsnek nagy a szórt kapacitása és a szórt induktivitása. Mint tudjuk, ez rontja a magashangátvitelt. Az osztott tekercselés és a több szekunder tekercs párhuzamos kapcsolása jelentősen javítja a kimenő transzformátor magas frekvenciás viselkedését. Látható, hogy egy jó minőségű kimenő transzformátor méretezése, elkészítése igen nagy gyakorlatot igényel. Nem véletlen, hogy ez az alkatrész kerül a legtöbbbe egy erősítőben!

A szimpla „A” osztályú végerősítő három változatát mutatja a 3. ábra. A a) részleten a hagyományos felépítésű „A” osztályú végerősítő látható, a b) az ultralinear változatot szemlélteti. Ennek az áramkörü megoldásnak a lényege az, hogy a végerősítőcső segédáramát a kimenő transzformátor primer tekercsének leágazásához kapcsolódik. Ezáltal a segédáram átfolyik a kimenő transzformátor primer tekercsének egy részén. A segédáramkörébe kapcsolt tekercsrész a teljes primer mentszám 20...45%-át teszi ki.



3. ábra. „A” osztályú végerősítők három változatának vázlata



4. ábra. A trióda kimenő teljesítménye és torzítása az illesztés függvényében

Az ultralinear kapcsolás lényegében egy olyan áramkör, amely egyesíti a triódás és a tetródás, pentódás végerősítők előnyös tulajdonságait. A trióda karakterisztikája a pentóda karakterisztikájánál kisebb görbületet mutat, a közelítő görbe másodfokú. A trióda első-sorban második harmonikus termel. A trióda belső ellenállása az optimális illesztő ellenállásnál kisebb, ezért a triódákkal felépített végerősítők csillapítási tényezője  $l$ -nél nagyobb. A triódás végerősítők hatásfoka rossz, mindössze 25...30%. A teljesítmény trióda erősítése kicsi, ezért a rácsra nagy vezérlőfeszültséget kell adni.

A tetródás és pentódás végerősítők csillapítási tényezője lényegesen kisebb  $l$ -nél. A pentóda tehát áram-, míg a trióda feszültséggenerátornak tekinthető. A tetróda és a pentóda hatásfoka, erősítése a triódához viszonyítva lényegesen nagyobb, azáltal egyszerűbb fel-

építésű a meghajtó fokozat és kisebb tápegység szükséges.

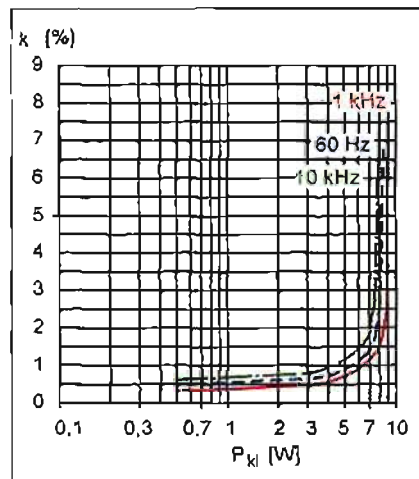
Az ultralinear kapcsolású végerősítő műszaki adatai (torzítás, frekvenciamenet) jelentősen javulnak, a kimenőteljesítmény viszont csökken. Az erősítő bemenetére nagyobb jelet szükséges adni, a megnövekedett ellenecsatolás miatt.

A 3.c ábrán a triódás végerősítő látható. A rácsokat az anódhoz kötjük, így a pentódából trióda lesz. A trióda feszültséggenerátorként viselkedik. A legnagyobb kimenőteljesítményt akkor kapjuk, ha a terhelő ellenállás megegyezik a végerősítő cső belső ellenállásával. A torzítás ekkor a legnagyobb. A terhelő ellenállás értékét növelve a kimenőteljesítmény és a torzítás csökken.

A legkisebb torzítást a belső ellenállás  $3...3,5$ -szeres értékénél kapjuk. Az alacsony torzítás a kimenő teljesítmény csökkenését eredményezi. A fent leírtakat a 4. ábra szemlélteti. Az illesztő ellenállás értékét úgy kell megválasztani (kompromisszum), hogy a kimenő teljesítmény is meglegyen és a torzítás se legyen túl nagy. A 4. ábrán a vízszintes tengelyen a  $2x$  érték ennek a feltételnek megfelel.

Megmértem a vázolt végerősítők torzítását negatív visszacsatolás nélkül és negatív visszacsatolással (1 kHz-es frekvencián), majd különböző frekvenciákon a teljesítmény függvényében. Végezetül a jelalak (harmonikus) torzítást a frekvencia függvényében, valamint a végerősítő frekvenciamenétét mutatom be.

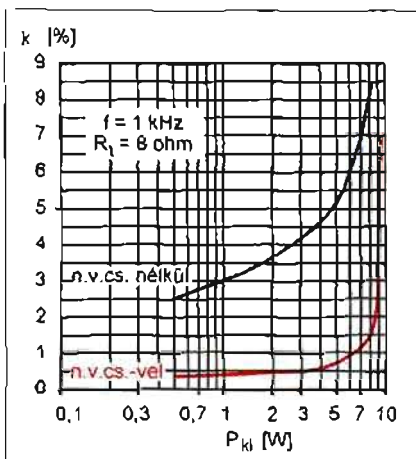
Először a hagyományos „A” osztályú végerősítő mérési eredményeit ismertetem. Az 5. ábrán látható a jelalak torzítás  $f = 1$  kHz frekvencián, negatív visszacsatolás nélkül és -8 dB-es ellenecsatolással. A kimenő transzformátor szekunder tekercséről történő ellencsa-



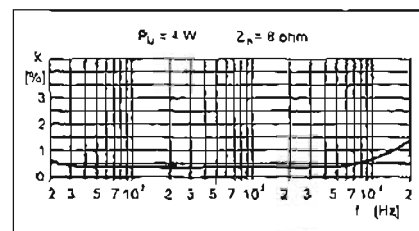
6. ábra. Jelalaktorzítás a teljesítmény függvényében, különböző frekvenciákon

tolás jelentősen csökkenti a torzítást. A 2%-os értéket 8,5 W kimenő teljesítménynél éri el az erősítő. Negatív visszacsatolás nélkül a 8,5 W kimenő teljesítménynél 8,5%, a jelalak (harmonikus) torzítás.

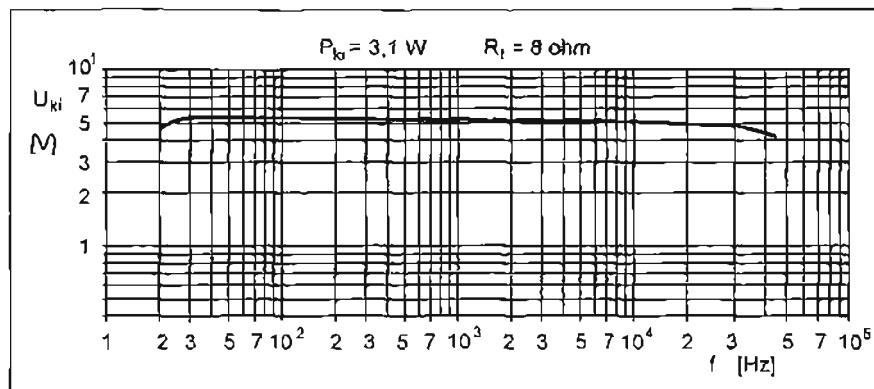
A 6. ábrán a jelalaktorzítás görbét mutatom be a teljesítmény függvényében, különböző frekvenciákon. A középhangok tartományában teljesít a legjobban a végerősítő. Legrosszabb a magas hangok tartományában, itt a 2%-os torzítást 7,5 W-nál éri el az erő-



5. ábra. Az „A” osztályú Single-Ended végerősítő torzítása 1 kHz-en, negatív visszacsatolás nélkül és negatív visszacsatolással

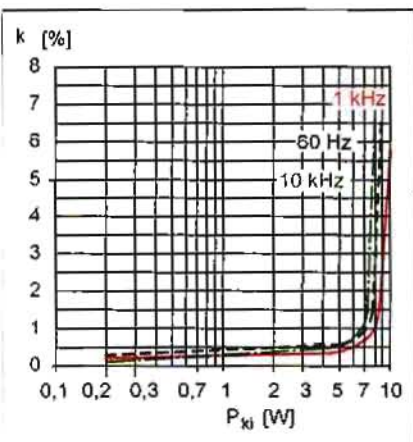


7. ábra. Jelalaktorzítás a frekvencia függvényében, 4 W kimenő teljesítménynél



8. ábra. Frekvenciamenet 3,1 W kimenő teljesítménynél



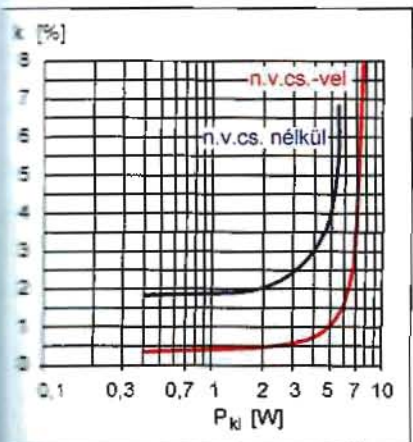


9. ábra. Az ultralinear végerősítő torzítása különböző frekvenciákon, a teljesítmény függvényében

sítő. Ez igen jó érték. Gondoljunk arra, hogy zenei képből mikor van 10 kHz-es jel, amely ekkorra amplitúdóval jelenik meg.

A 7. ábra a végerősítő jelalak torzítását 4 W kimenő teljesítménynél szemlélteti a frekvencia függvényében. Végezetül a 8. ábrán a végerősítő frekvenciamenete látható 3,1 W-os kimenő teljesítménynél. A primer tekercs háromszoros osztásának köszönhetően 30 kHz után kezd csökkenni a kimenő szint. A jelalak kb. 26...28 kHz után háromszög hullámformába fokozatosan megy át.

A következő mérési eredmények az ultralinear kapcsolású végfokozatra vonatkoznak. (Ennek sémája a 3. ábrán látható. A bemeneti érzékenység változik (csökken) a végerősítő csövön belüli ellencsatolás miatt. Csökken a kimenő teljesítmény is. Megmértem az erősítő jelalaktorzítását különböző frekvenciákon a kimenő teljesítmény



10. ábra. A triódás végerősítő torzítása a teljesítmény függvényében

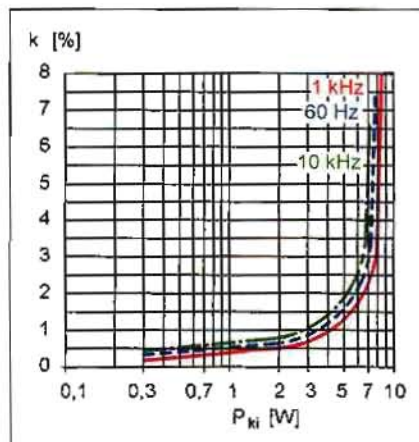
függvényében. A primer tekercs megcsapolása 33%-nál volt. A mérési eredményeket a 9. ábra mutatja. A jelalaktorzítási görbe hasonlít a félvezetős erősítőknél mérhetőkhöz. A torzítás hirtelen kezd emelkedni, a görbék „sarkosabbak”. A 2%-os torzítást 1 kHz-es frekvencián 8 W kimenő teljesítménynél éri el az erősítő. A kimenő transzformátor primerjét három egyenlő részre osztottam. Ezek a transzformátor kapcsolációnak vannak összekötve. Így mód nyílik arra, hogy a hagyományos és az ultralinear változatot is kipróbálhatjuk. Régebbi cikkeimben is alkalmaztam ezt a megoldást. A két kapcsolás között füllet is hallható különbség van. Érdekes módon a visszajelzésekből nem lehet komoly következtetést levonni. Gondoljunk arra, hogy az erősítő az átviteli lánc közepén van. Az összhangképből benne van a hangforrás, az erősítő, a hangdoboz és végül a helyiség akusztikája, ahol üzemeltetjük a hangrendszert.

A triódás végerősítő (3.c ábra) mérési eredményei. „Vájtfülüek” szerint a triódás erősítő hangja a legélethűbb. Kétségtelen, hogy a szakkönyvek is írnak erről. A PHILIPS katalógus is közli az EL34-es pentóda, trióda kapcsolásának műszaki adatait. Érdekes összehasonlítani az 5. és a 10. ábrát. A 10. ábrán látható, hogy a triódás végerősítő – a kimenő teljesítménytől eltekintve – negatív visszacsatolás nélkül légyegezen kedvezőbb torzítást produkál, mint a pentódás végerősítő (5. ábra). A negatív visszacsatolás mértéke továbbra is -8 dB. A 2%-os jelalaktorzítást 6,5 W kimenő teljesítménynél éri el az erősítő. A 6,5 W-os kimenő teljesítményhez kb. 240 mV-os bemenő feszültség tartozik.

A triódás végerősítő jelalaktorzítását a teljesítmény függvényében, különböző frekvenciákon a 11. ábrán láthatjuk.

### A kimenő transzformátor

Az elektroncsöves erősítők lelke a kimenő transzformátor. Lényegét tekintve egy impedanciaváltó. A végerősítő több kiloohmos impedanciáját transzformálja le néhány ohmos hangszóró impedanciára. Több olvasóm kérte, hogy ajánljak szakkönyveket, amelyek a kimenő transzformátor számításával foglalkoznak. Ezekből felsorolok néhányat, a teljesség igénye nélkül. Itt jegyzem meg, hogy ma már ezek szinte hozzáférhetetlenek.



11. ábra. Jelalaktorzítás a teljesítmény függvényében

G. Sz. Cikin: Hangfrekvenciás transzformátorok, Nehézipari Könyv- és Folyóirat Kiadó Vállalat, 1953.

Vajda Zoltán: Természethű hangátvitel, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961.

Dr. Barta István: Rádiókészülékek és erősítők, Tankönyvkiadó, Budapest, 1963.

Magyarai Béla: Rádióamatőrök zsebkönyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1963.

Georg Rose: Rádiósok képletgyűjteménye, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966.

Magyarai Béla – Pintér István: Híradástechnikai képletgyűjtemény, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971.

F. Benz: Rádiótechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1959.

Magyarai Béla: Rádiótechnika zsebkönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.

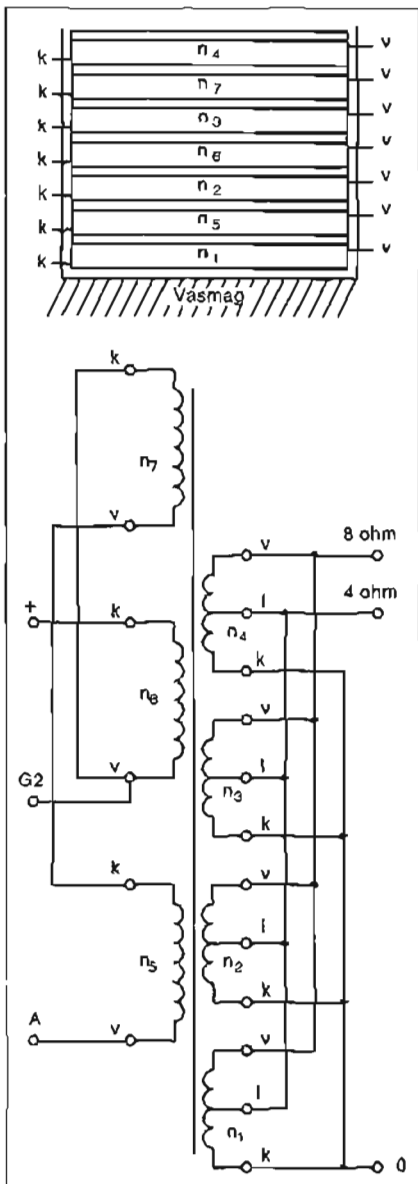
Ezeknek a könyveknek közös hibájuk, hogy a „konyha-képleteknél” az adatok beírásánál igen nagy gyakorlat szükséges. Ha valamelyiket rosszul határozzuk meg, a méretezés hibás lesz. A másik probléma, hogy amennyiben a különböző könyvek által kiszámolt transzformátorok adatait összehasonlítjuk, jelentős eltérést tapasztalunk. Melyik a jó? A vasmag méretén és a menetszámon kívüli légyeges az egyes tekercsek elhelyezése, osztása. Ettől függ a magashangátvitel. Ehhez egyedül Vajda Zoltán könyve ad tanácsot.

Aki rendszeresen olvassa cikkeimet, az felismer bizonyos rendszert a kimenő transzformátor osztásánál, tekercselési sorrendjénél (12. ábra). Ennek előzménye, hogy több verziót megépítettem, kipróbáltam. A cél viszony-

1. táblázat. A Single-Ended kimenő trafója, EI-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	760	Ø0,22 mm Mz	Kétsoronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés, a primer és szekunder tekercsek között két sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. Az n1 tekercs két sora között egy sor 0,1mm-es prespánszigetelés van.
	n6			
	n7			
Szekunder	n1	79, leégzás az 56. menetnél	Ø0,7 mm Mz	Vasmag: EI 84/42, A = 12 cm <sup>2</sup> Egyoldalról vasalva! Légrés: 0,15 mm-es prespán.
	n2		Ø0,4 mm Mz	
	n3			
	n4			

lag egyszerű és jó minőségű transzformátor elkészítése volt, minél kevesebb osztással. Így is sokan berzenkednek a transzformátor tekercseinek láttán.



12. ábra. A Single-Ended kimenő transzformátora

Akinek problémát okoz a kimenő- és a hálózati transzformátor elkészítése, keressen meg.

A mintapéldány kimenő transzformátorát két változatban is elkészítettem. Csak olyan vasmag jöhet szóba, amely alkalmas légrés kialakítására, amely a nyugalmi anódáram miatt szükséges.

A 3.a, 3.b és 3.c ábrarészletek végfoktranszformátora elkészíthető a hagyományos EI formátumú lemezelt vagy hiperszil szalagmagra. A mintapéldány mérését EI 84/42 magra tekercselt transzformátorral végeztem. A lemezek 4% szilícium ötvözetűek és 0,35 mm vastagságúak. Ennek a méretnek van egy később gyártott világosszürke színű változata. Ennek a vasagnak valamivel nagyobb a permeabilitása. Ha ezt a vasmagot használjuk a primer indukció nagyobb lesz. Az előmagnesezés miatt a vasmagot egy oldalról kell lemezelni, E és I lemezek közé 0,15 mm-es szigetelő agyagot helyezünk el. Ez lehet transzformátorpapír, prespánlemez stb.

Az optimális illesztő ellenállás a pentódás és az ultralinear változatnál 7 kohm.

A lemezelt kimenő transzformátor szerelését a 13. ábra szemlélteti. A lényeg, hogy a négy darab kengyel nem mágneseshető anyagból legyen, mert ellenkező esetben részlegesen rövidre zárjuk a légrést. Az EI 84/42-es magra készült kimenő adatait az 1. táblázat tartalmazza.

Kiszámoltam a kimenő transzformátort hiperszil szalagmagra, típusa SM 74. A transzformátor adatai a 2. táblázatban találhatóak. A 3.c ábrarészleten a triódás végerősítő kapcsolása látható. Az optimális illesztő ellenállás (a 4. ábra figyelembevételével) 6,5 kohm. Itt a teljesítmény volt az elsődleges szempont, a torzítás még így is kedvező. Miután a pentódás és a triódás optimális illesztő ellenállása között

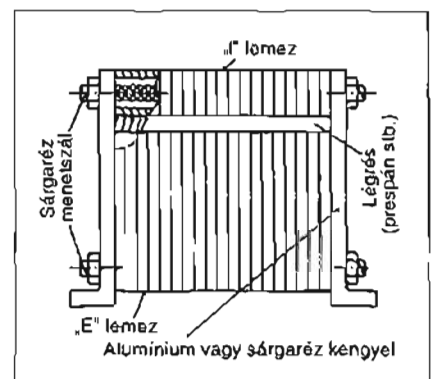
mindössze 500 ohm a különbség, nyugodtan használhatjuk a triódás kapcsoláshoz a pentódás fokozatnál kiszámolt kimenő transzformátort.

## Tápegység

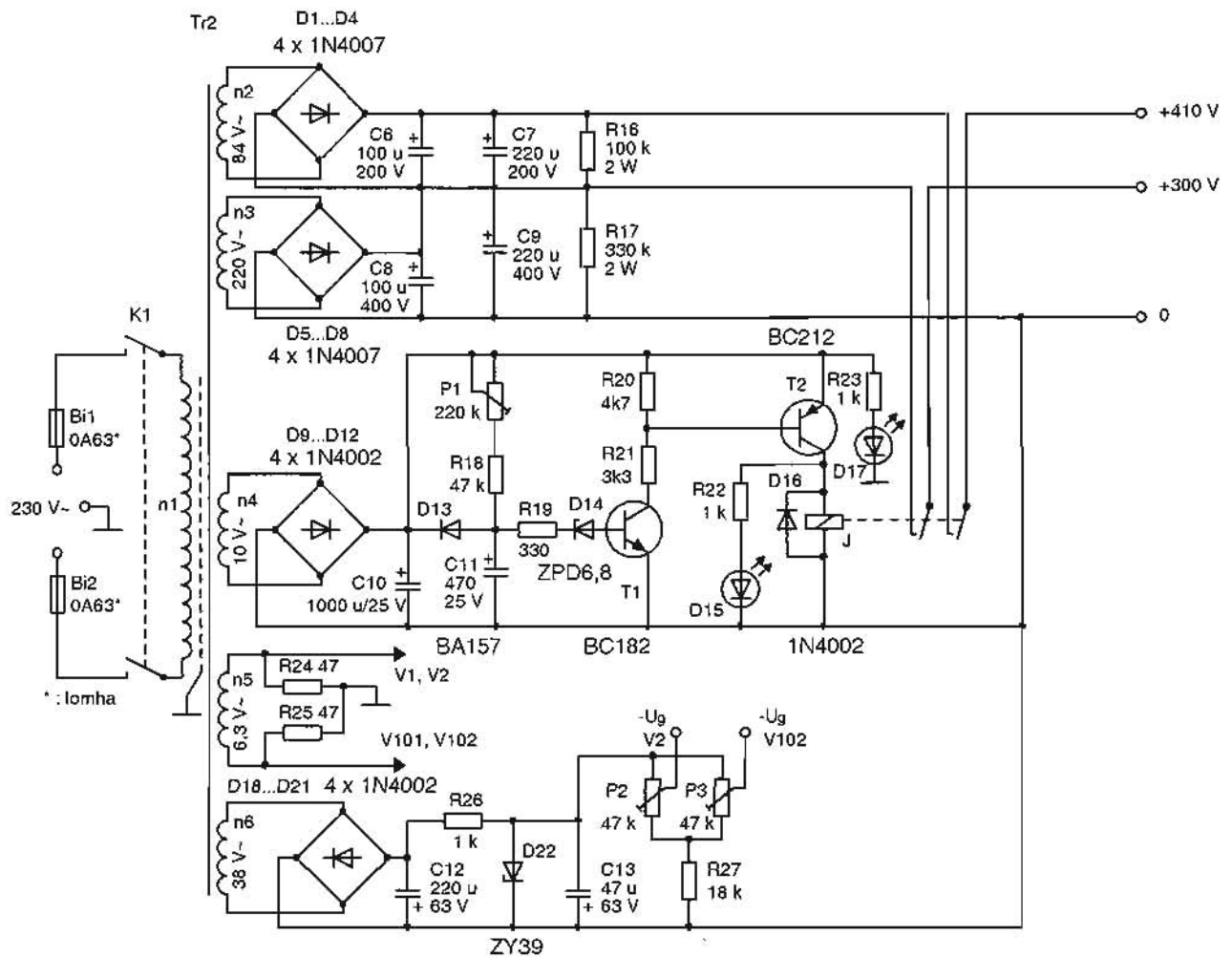
A tápegység elvi kapcsolási rajza a 14. ábrán látható. A hálózati feszültség a Bi1 és Bi2 olvadó betéteken, valamint a K1 kapcsolón át a Tr2 hálózati transzformátor n1 primer tekercsére jut. Az elektroncsövek tápfeszültségét az n2 és n3 tekercsek állítják elő. A váltakozó feszültség egyenirányítását a D1...D4 és a D5...D8 diódákból felépített Graetz-hidak végzik. A pulzáló egyenfeszültséget a C6, C7, C8 és C9 elektrolit-kondenzátorok simítják.

Az anódfeszültséget késleltetve kapcsoljuk az elektroncsövekre, ezzel jelentősen megnö az élettartalma. A félvezetőkkel felépített késleltető áramkör tápfeszültségét az n4 szekunder tekercs, valamint a D9...D12 Graetz-híd és a C10 elektrolit kondenzátor adja. A működés a következő. A P1 és az R18 ellenálláson át töltődni kezd a C11 elektrolit kondenzátor. Amikor ennek feszültsége eléri a D14-es Z-dióda és a T1 bázis-emitter nyitófeszültségét (6,8 V + 0,6 V = 7,4 V), akkor a T1 tranzisztor kinyit. A meginduló kollektor áram az R21 ellenálláson át nyitásra viszi a T2 tranzisztor bázisát. A kinyitott T2 kollektorárama behúzza a J jellegű és kigyújtja a D15 jelű LED-et. A meghűzött relé kapcsolja a 300 és 410 V-os tápfeszültséget. A késleltetési időt a P1 potencióméterrel lehet állítani.

A jobb és bal csatorna fűtőfeszültségét az n5 tekercs állítja elő. A végerősítőcsövek fix rácselepfeszültségről üzemelnek. Az n6 tekercs, a D18...D21 Graetz-híd és a C12 elektro-



13. ábra. A Single-Ended lemezelt kimenő transzformátorának szerelése



14. ábra. A Single-Ended tápegységének kapcsolási rajza

lit kondenzátorból álló tápegység szolgáltatja a negatív rácselőfeszültséget, amelyet a D22 zenerdióda stabilizál. A jobb és bal oldali végerősítő csövek rácselőfeszültségét (munkapontját) a P2 és P3 trimmerpotenciometerekkel lehet beállítani.

A Tr2 hálózati transzformátort kiszámoltam M és EI lemezelt, valamint

hiperszil szalagmagra. A három transzformátor műszakilag egyenértékű, a kubatúrában (nagyságban) van némi eltérés.

Az M lemezre készült hálózati transzformátor adatait a 3. táblázat tartalmazza. Az EI vasra épült hálózati transzformátort a 4. táblázatban, míg a hiperszil szalagmagra tekercselt péld-

dány menetszámai, huzalátmérői az 5. táblázatban találhatóak.

### Megépítés, elkészítés

A munkát az alkatrészek beszerzésével kezdjük. (Az elektroncsövek és a foglalatok a HAM-bazárban megvásárolhatók. – A szerk.)

Az ellenállások az RM4 0,6 W-os, színkódos, fémréteg típusok legyenek. A lábtávolság olyan, hogy beépíthető a régebbi gyártású 0,5 W-os Remix R510-es típus vagy a szovjet MLT is. A kapcsolási rajzon jelöltem az ennél nagyobb teljesítményűeket.

A csatoló- és elektrolit kondenzátorok üzemi feszültsége szerepel a kapacitás értéke mellett a kapcsolási rajzon. Ahol nincs megadva, oda a 63 V-os típust kell beépíteni. Sok „okosságot” olvashatunk az interneten a csatoló kondenzátorok típusáról. Jól beváltak és

2. táblázat. A Single-Ended kimenő trafója, SM-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	800	Ø0,22 mm Mz	Kétsoronként 0,06 mm-es transzformátori papír-szigetelés, a primer és szekunder tekercsek között két sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges.
	n6			
	n7			
Szekunder	n1	81, leágazás az 57. menetnél	Ø0,45 mm Mz	Vasmag: SM 74, hiperszil szalagmag. Légrés: 0,15 mm-es prespánnal kialakítva.
	n2			
	n3			
	n4			

3. és 4. táblázat. A Single-Ended hálózati trafója, M és EI vasra

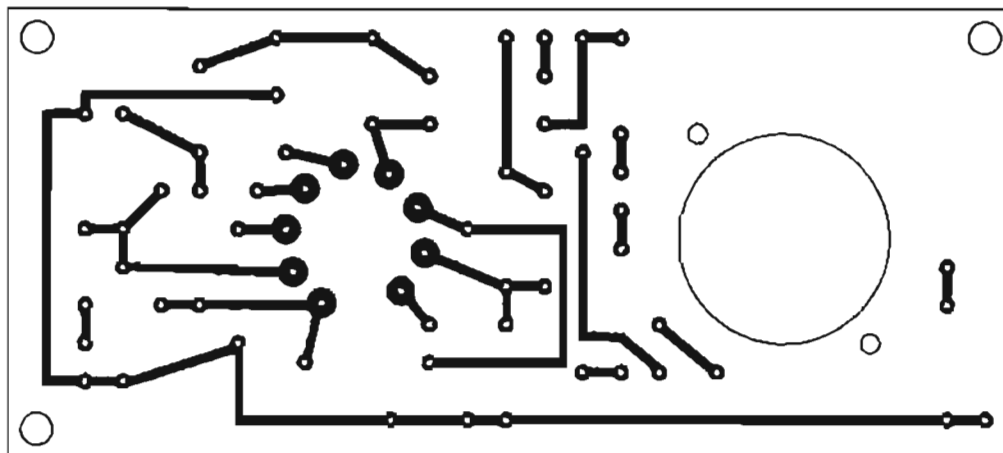
Tekercs	Tekercsjele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	920	Ø0,5 mm Mz	Kétsoronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. Az n1 tekercsen három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés, majd egy sor Ø0,16 mm-es tekercselőhuzal, egyoldalt kivézetve (árnyékolás). Két sor 0,1 mm-es prespánszigetelés. Az n2 tekercsnél kétsoronként 0,06 mm-es szigetelés. Az n2 és n3 tekercsek között két réteg 0,1 mm-es prespán. Az n3 tekercsnél kétsoronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. Az n3 és n4 tekercs között két réteg 0,1 mm-es prespánszigetelés. Az n4 és n5 tekercs között egy sor 0,1mm-es prespán. Végezetül az n5 és n6 tekercsek között egy sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. Vasmag: M 102/35, A = 12 cm <sup>2</sup> Vasmag: EI 106/35, A = 12 cm <sup>2</sup> Ez régi gyártású. Az új, bővített ablaknyílásból olyat válasszunk, amelynél A = 11...13 cm <sup>2</sup>
Szekunder	n2	353	Ø0,3 mm Mz	
	n3	958	Ø0,32 mm Mz	
	n4	42	Ø0,22 mm Mz	
	n5	27	Ø1,5 mm Mz	
	n6	160	Ø0,2 mm Mz	

5. táblázat. A Single-Ended hálózati trafója, SM-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	800	Ø0,45 mm Mz	Kétsoronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. Az n1 tekercsen három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés, majd egy sor Ø0,16 mm-es tekercselőhuzal, egyoldalt kivézetve (árnyékolás). Két sor 0,1 mm-es prespánszigetelés. Az n2 tekercsnél két soronként 0,06 mm-es szigetelés. Az n2 és n3 tekercsek között két réteg 0,1 mm-es prespán. Az n3 tekercsnél kétsoronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. Az n3 és n4 tekercs között két réteg 0,1 mm-es prespánszigetelés. Az n4 és n5 tekercs között egy sor 0,1 mm-es prespán. Végezetül az n5 és n6 tekercsek között egy sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. Vasmag: SM 85/2 hiperszil szalagmag
Szekunder	n2	310	Ø0,28 mm Mz	
	n3	838	Ø0,3 mm Mz	
	n4	52	Ø0,22 mm Mz	
	n5	24	Ø1,5 mm Mz	
	n6	140	Ø0,2 mm Mz	

nem „arany árban” adják a WIMA MKP4, WIMA MKS4, a Siemens MKH vagy MKT típusait. Ezek német gyártmányok.

A még előforduló Remix gyártmányok közül a C223, C243 és a C248-as is megfelel. Az ázsiai gyártású kondenzátorok is beépíthetők, ha megfelelnek



15. ábra. A Single-Ended végerősítő nyomtatási rajza

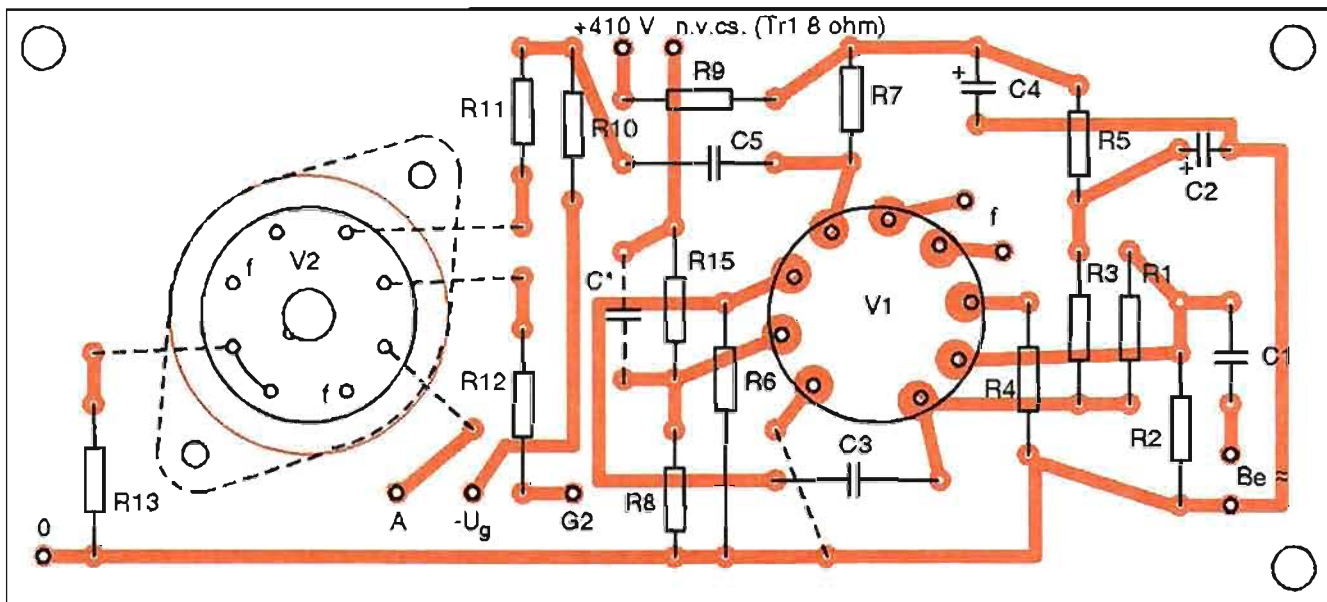
a dielektrikum és üzemi feszültség előírásainak.

Az erősítő paneljának föliaraja a 15. ábrán, míg alkatrész az alkatrész-beültetése a 16. ábrán látható. A végerősítőcső oktál foglalatainak 26 mm átmérőjű kivágást készítünk a nyáklapon. A kivágás helye a rajzokon jelölve van. A fűtésvezeték két szál szigetelt, összesodort, tömör rézhuzal, amelyet a fólia oldalon építünk fel. A VI jelű ECC85 kettős trióda 9-es lába a két rendszer közötti árnyékolás, amelyet célszerű földre kötni. Az alkatrész beültetési oldalon ezt szaggatott vonallal jelölöm. A panel nyomtatása olyan, hogy a végerősítőnek 3. ábrán bemutatott a), b) és c) változatát huzalátkötéssel kialakíthatjuk.

A tápegység föliarajzát a 17. ábra, az alkatrész-beültetését a 18. ábra szemlélteti. A 14. ábrán levő kapcsolási rajzon megadott kapacitás és üzemi feszültség értékeket tartsuk be! A késleltető áramkörben levő jelfogó 12 V-os, OMRON MY4 típusú; ide a hazai gyártású RE-CO GPM-4 típus is beépíthető. Természetesen más típus is megfelel, amely 70...100 mA-es áramra meghúzó és szegmensei kellő biztonsággal kapcsolják a tápfeszültséget.

Tehát olyan jelfogót kell választani, amelynek érintkezői nyugalmi helyzetben nagy távolságra vannak egymástól. Ha a jelfogót foglalattal szereljük, olyat alkalmazunk, amelynek a nyugalmi érintkező sora hiányzik. Az érintkező sor kiszédését egy „rádiós fogó” segítségével is elvégezhetjük. Erre azért van szükség, mert a 300 V-os kivezetés beléleg a nyugalmi érintkezőbe, így ez a rész nem működik. Ha nem használunk foglalatot, tehát a jelfogót beforsaszítjuk, akkor csípőfogóval vágjuk le a nyugalmi érintkezők kivezetéseit.

Az egyes panelok, a hálózati és a kimenő transzformátorok elhelyezése zaj (brum) szempontjából döntőek. A 19. ábrán egy javasolt, jól bevált kiosztás látható. Sokan építenek ún. „látvány erősítői”. Itt a szimmetrikus elosztás a szempont. Itt a tápegység közepén, a jobb és a bal csatoma a két szélen van. Természetesen ez is megépíthető, ebben az esetben némileg növegni kell a távolságokat a Tr2 hálózati transzformátortól. A hálózati transzformátort úgy méretezem, hogy gerjesz-



16. ábra. A Single-Ended végerősítő alkatrész-beültetési rajza

tése (B) alacsony, így a szórása kicsi legyen. Nem kell tartani attól, hogy a vas-magból kilépő erővonalak az erősítő főalakontúrjaiban zajfeszültséget indukálnak.

### Élesztés, bemérés

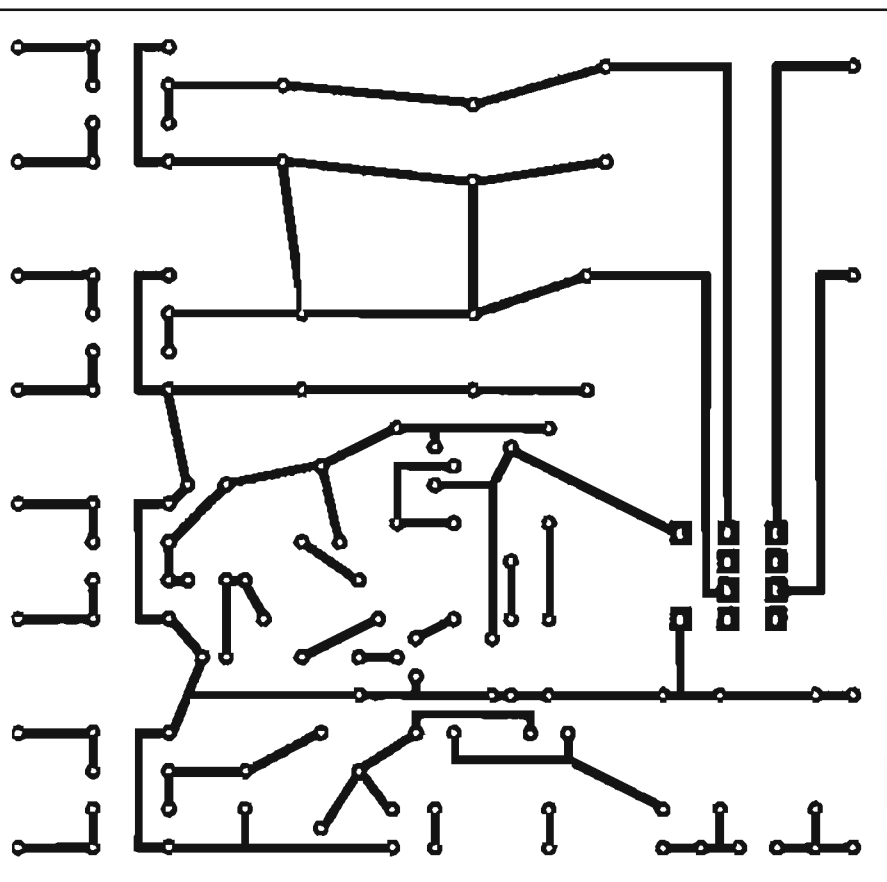
*Tápegység.* A „kályha”, ahonnan elindulunk az a tápegység. Itt jegyzem meg, hogy bármilyen berendezés javi-

tásába kezdünk, az első lépés a tápegység ellenőrzése legyen! A végerősítők tápegységének rajza a 14. ábrán látható. A 410 V-os kimenetet terheljük egy 1,8...2 kohmos, minimum 80 W-os huzalellenállással. Ezt több huzalellenállás vegyes kapcsolásával állítjuk elő vagy izzólámpát alkalmazunk műterhelésnek.

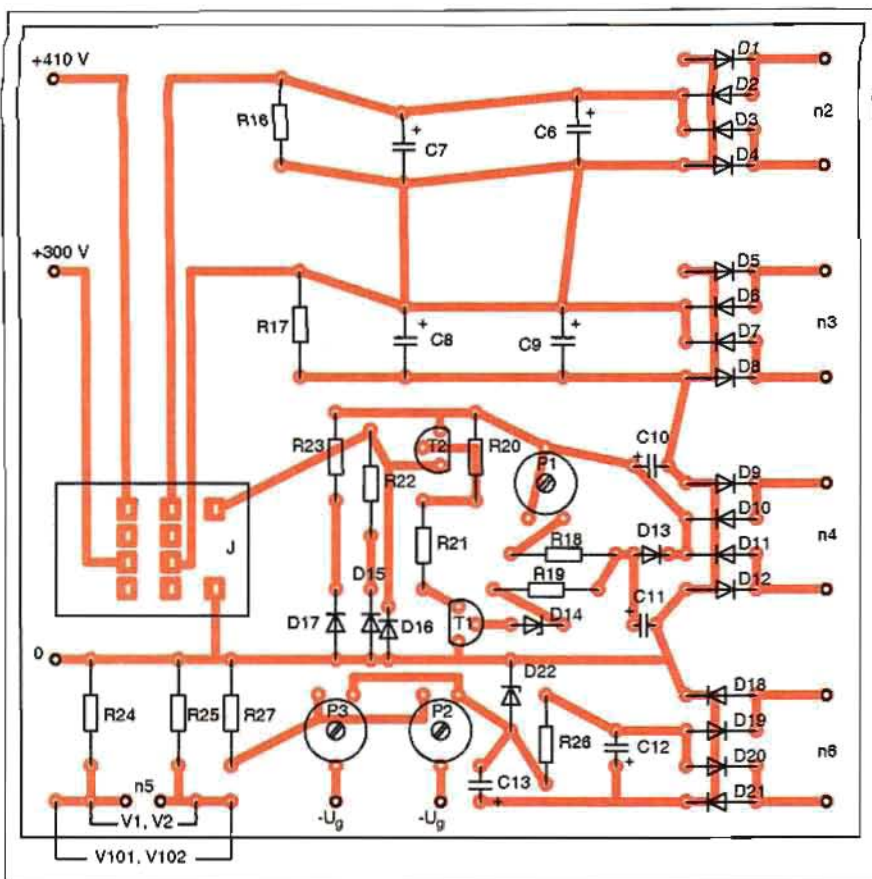
Az utóbbi megoldásnál arra kell figyelni, hogy az izzólámpák hidegellenállása nagyságrenddel kisebb a melegellenállásnál, tehát a feszültséget néhány másodperc után kell mérni. Az izzólámpás műterhelésnek 2 db sorba kapcsolt 230 V/40 W-os példány megfelel. Az n5 tekercs sarkaira 6 V/18 W-os (régipécs) izzólámpát kapcsolunk. Ez az áramfelvétel hasonló, mint amit az erősítő csöveinek fűtése felvesz.

Zárjuk a K1 kapcsolót. Ekkor kigyullad a D17 LED. A P1 potenciométerrel 30...40 másodperc késleltetési időt állítunk be. A J jelfogó meghúzását a D15 LED fénye jelzi. Ellenőrizzük a tápfeszültséget, a 300 V-os és a 410 V-os kimeneten, a műterhelés sarkain. Névleges hálózati feszültségnél a megengedett eltérés, mindkét kimenetnél,  $\pm 10\%$ .

Pentódás végerősítő kapcsolás esetén a P2 és a P3 potenciométerekkel -24V-os feszültséget állítunk be. A triódás és az ultralinear végerősítőnél – a magasabb segédtrácsfeszültség miatt – nagyobb rácselepfeszültség szükséges. Ennek nagysága -32 V legyen. Beállított rácselepfeszültségek nagyobbak, mint ami az „A” osztályú működéséhez szükséges.



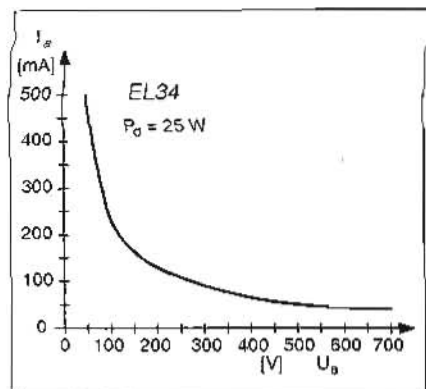
17. ábra. A Single-Ended tápegységének nyák-rajza



18. ábra. A Single-Ended tápegységének alkatrész-beültetési rajza

Az erősítő bekapcsolása után 20...30 perccel beállítjuk a végerősítőcső nyugalmi áramát. Feszültséget mérünk az R13-as ellenállás sarkain, nyugalmi helyzetben, tehát vezérlés nélkül. Pentódás kapcsolásoknál a nyugalmi katódáram (az anód + a segéd-rács árama) 62 mA legyen, ami 62 mV-ot jelent az 1 ohmos R13-as mérő-ellenállás sarkain. Ebből a segéd-rács-áram kb. 1,5...2 mA. Ha megnézzük az EL34-es pentóda disszipációs hiperbo-

láját (20. ábra), ez a munkapont a görbe alatti területen van. Gyakorlatilag ezt az értéket kell beállítani a triódás kapcsolásnál, csak itt nagyobb a rácseleőfeszültség. A Tr1 kimenő transzformátor 8 ohmos kimenetét egy 10 vagy 20 W-os huzallellenállással zárjuk le. Erre kapcsoljuk az oszcilloszkópot és



20. ábra. Az EL34 végerősítő cső disszipációs hiperbolája

az AC voltmérőt. Az erősítő bemenetét hanggenerátor hajtja meg. Ellenőrizzük néhány ponton, különböző teljesítményen és frekvencián az erősítőt.

A triódás végerősítőnél esetenként be kell építeni az R15 ellenállással párhuzamos C\* jelű kondenzátort, amely a nagyfrekvenciás gerjedést akadályozza meg.

Több olvasóm jelezte, hogy túl érzékeny a végerősítő. Akinek ilyen problémája van, az a V1a elektroncső erősítését csökkentheti, más értékű ellenállások beépítésével. Az eredeti kapcsolásban az erősítés 10,4-szeres.

Amennyiben néhány ellenállásértéket megváltoztatunk, az erősítés 6,3-szorosra csökkenthető. Ehhez a következő értékű ellenállásokat kell beépíteni: R1 = 3,3 kohm, R3 = 47 kohm, R4 = 6,8 kohm. Az anódfeszültség így 135 V-ra áll be. Természetesen néhány tíz volt eltérés nem probléma, ez az elektroncsövek paramétereinek szórásából adódik.

## Ellenütemű (push-pull) végerősítők

### 45 W-os pentódás végerősítő

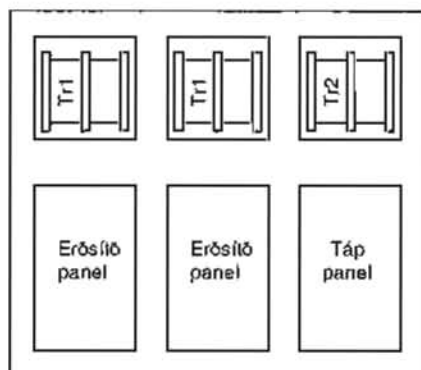
Főbb műszaki adatok:

Bemeneti érzékenység ( $P_{ki} = 45 \text{ W}$ )	200 mV
Bemeneti impedancia	680 kohm
Kimenő teljesítmény ( $f = 1 \text{ kHz}$ , $k = 1,5\%$ )	45 W szinusz
Névleges kimeneti impedancia	4 vagy 8 ohm

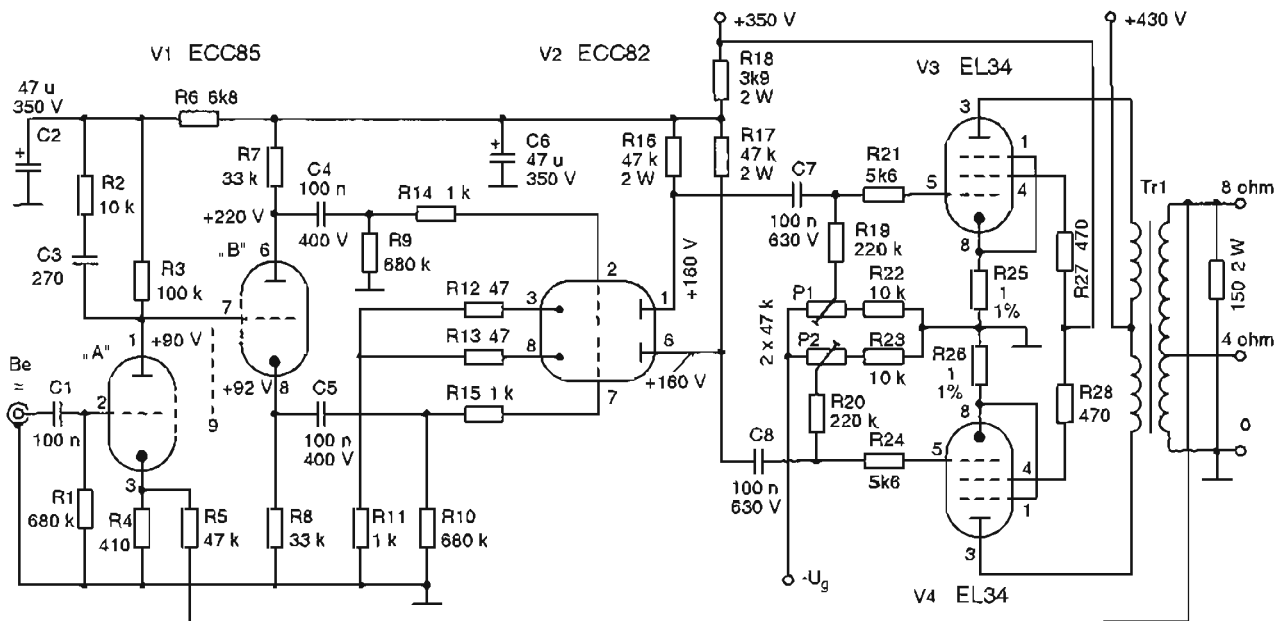
Az ellenütemű erősítő kapcsolási rajza a 21. ábrán látható. A hangfrekvenciás jel a C1 kondenzátoron át a V1A trióda vezérlőrácsára jut. Az elektroncső földelt katódú kapcsolásban feszültséget

erősít. Anódjához kapcsolódik a V1B trióda rácsa. A V1B trióda anód-katód fázisfordítóként üzemel. Az anódon megjelenő hangfrekvenciás feszültség a C4 kondenzátoron és a soros R14 ellenálláson át a V2A trióda rácására jut. Az anódon levő jel 180°-os fázistolással jelenik meg a cső katódján létrejövő jelhez képest. A katódköri jel a C5 kondenzátoron és a soros R15 ellenálláson keresztül a V2B trióda rácására kerül.

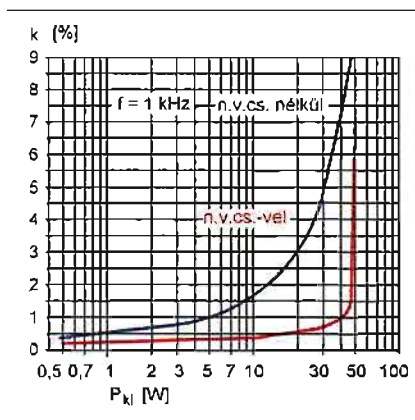
Az R14 és R15 „stop ellenállások” a vadrezgések létrejöttét akadályozzák meg. A V2 kettős trióda feladata a további feszültségerősítés. A V2 katódjában levő R12 és R13 ellenállások sarkain negatív áramvisszatolás jön létre,



19. ábra. A Single-Ended paneljainak elhelyezése



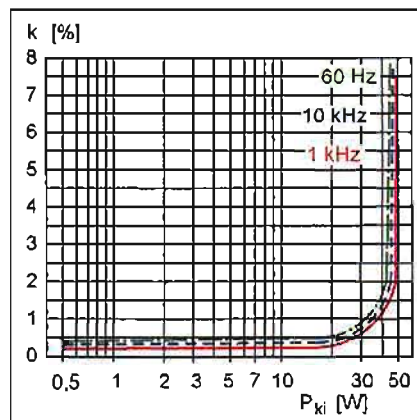
21. ábra. A 45 W-os ellenütemű végerősítő kapcsolási rajza



22. ábra. A 45 W-os végerősítő torzítása negatív visszacsatolás nélkül és negatív visszacsatolással

amely csökkenti a fokozat torzítását. A V2 elektroncső rácselelfeszültségét az R11 katódeellenállás állítja be. A közös katódeellenállás javítja a V2 trióda anódjain megjelenő hangfrekvenciás jel szimmetriáját. Az előerősítő, a meghajtó fokozatok, valamint a végerősítő csövek segédrácsai 350 V-os tápfeszültségről üzemelnek. Az egyes fokozatok között RC-tagos tápfeszültség-szűrést alkalmaztam.

A V3 és V4 végerősítő csövek ellenütemű (push-pull) kapcsolásban, állandó (fix) rácselelfeszültséggel üzemelnek. Az azonos amplitúdójú ellen-tázisú jel a C7 és C8 csatolókondezá-



23. ábra. A 45 W-os végerősítő jelaktorzítása a teljesítmény függvényében

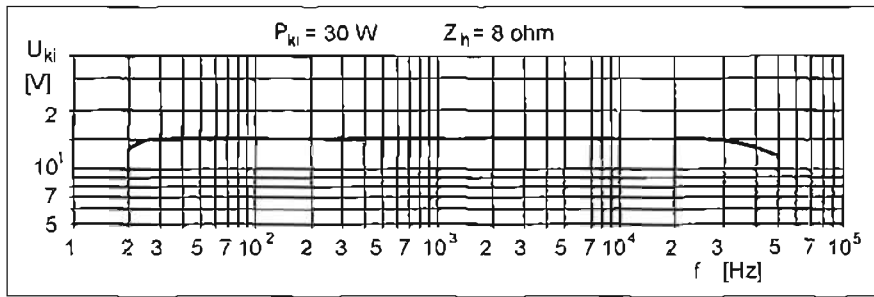
toron, valamint az R21 és R24 „stop ellenálláson” át jut a végerősítőcsövek rácására. Az R21 és R24 ellenállás a nagyfrekvenciás vadrezgések kialakulását akadályozza meg. Ezt a célt szolgálják a pentódák segédrácskörében levő R27 és R28 ellenállások is.

A végerősítőcsövek munkapontját (nyugalmi anódcáram) a P1 és P2 trimmerpotencióméterrel állíthatjuk be. A V3 és V4 katódjában található az R25 és R26 pozíciószámú 1 ohmos, 1%-os mérőellenállás. Ennek sarkain mérjük a feszültségesezt millivolttban. Mint azt már az előzőekben leírtam, katódáramot mérünk, amely az anód- és segéd-

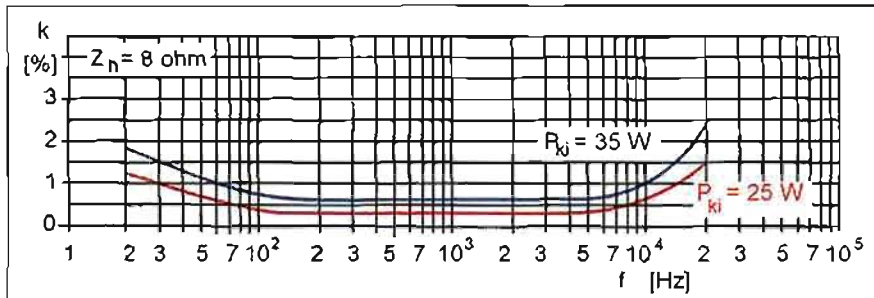
rácsáram összege. A végerősítő csövek „AB” osztályban üzemelnek. Ezt a beállítást a kis nyugalmi áram jellemzi, a munkapont a rácselelfeszültség – anódcáram görbe alján helyezkedik el. A nyugalmi katódcáram 24 mA. Ebből levonjuk a segédrácsáramot, amely 1,5 mA. Az R25 és R26 mérőellenállás sarkain 24 mV-ot kell mérjünk.

A végsőcsövek optimális illesztő ellenállása (anódtól anódig)  $R_{aa} = 5$  kohm. A Tr1 kimenő transzformátor anódtól anódig hat részre van osztva. A szekunder tekercs négy egyforma részből áll, amelyeket párhuzamosan kapcsolunk. A szekunder tekercsnek 4 és 8 ohmos kivezetése van. A 8 ohmos részből negatív visszacsatolást valósítunk meg a V1A trióda katódjába az R5 ellenállás segítségével. Az ellencsatolás nagysága  $-14$  dB. Az erősítő a felső tárfrekvenciáját a V1A trióda anódkörében az R3 munkaellenállással párhuzamos soros RC-tag, az R2 és C3 állítja be.

Különböző méréseket végeztem a 45 W-os végerősítőn. Megmértem a torzítását 1 kHz-es frekvencián negatív visszacsatolás nélkül és  $-14$  dB-es visszacsatolásnál. A görbék a 22. ábrán láthatók. A jól beállított munkapontoknak köszönhetően ellencsatolás nélkül a 2%-os torzítást kb. 13 W-nál éri el az erősítő. A Tr1 kimenő transzformátor szekunder tekercséről  $-14$  dB-es visszacsatolás jelentősen csökkenti az erősítő torzítását. A következő



24. ábra. A 45 W-os végerősítő frekvenciamenete 30 W kimenő teljesítménynél



25. ábra. A 45 W-os végerősítő erősítő jelalaktorzítása

mérés a jelalaktorzítás a teljesítmény függvényében, különböző frekvenciákon (23. ábra). A jó minőségű kimenő transzformátornak köszönhetően alig nő a torzítás 60 Hz-en, illetve 10 kHz-en. Végezetül megvizsgáltam az erősítő frekvenciamenetei 30 W kimenő teljesítménynél. A 24. ábrát szemügyre véve a következőket állapíthatjuk meg. Mély hangoknál a szintesés

30 Hz után következik, amely 20 Hz-nél  $-1\text{dB}$ -t ér el. Magas hangoknál a töréspont 30 kHz és az 50 kHz-es frekvencián éri el  $-1,3\text{dB}$ -es szintesést. Ezen a teljesítményen a kimenőjel hullámformája 22...23 kHz után a háromszögformához hasonlít. A 25. ábrán az erősítő torzítása látható a frekvencia függvényében, 25 W és 35 W teljesítménynél.

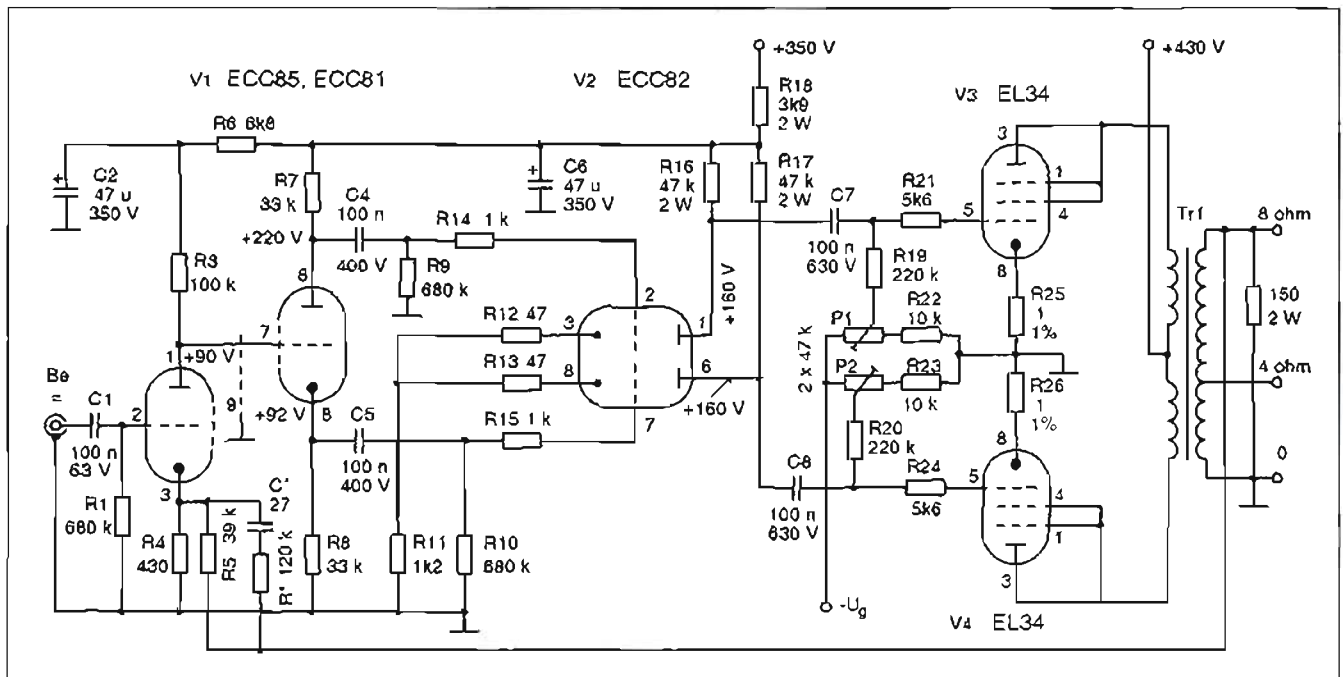
Az erősítő a jól bevált Williamson-kapcsolásra épül, amelyen minimális változtatást hajtottam végre. Ilyen például a V2 kettős trióda katódjában elhelyezett R12 és R13 ellenállás, amely növeli a szimmetriát, csökkenti a torzítást. Megváltoztattam a V3 és V4 jelű végerősítőcsövek előfeszültség beállítását, valamint katódköreikbe mérőellenállást tettem, a nyugalmi munkaponti áram mérése céljából.

### 16 W-os triódás végerősítő

Főbb műszaki adatok:

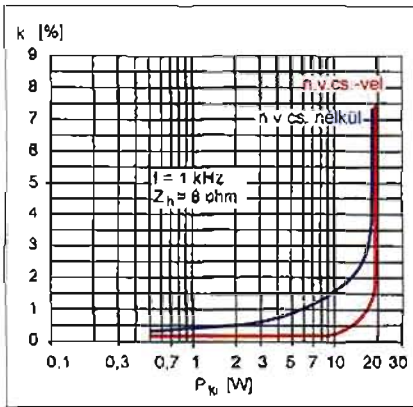
Bemeneti érzékenység ( $P_{ki} = 16\text{ W}$ )	170 mV
Bemeneti impedancia	680 kohm
Kimenő teljesítmény ( $f = 1\text{ kHz}$ , $k = 0,65\%$ )	16 W szinusz
Névleges kimeneti impedancia	4 vagy 8 ohm

Az ellenütemű végerősítő kapcsolási rajza a 26. ábrán látható. Ez is a jó „őreg” Williamson-kapcsolás. Gyakorlatilag megegyezik a 21. ábrán lévő 45 W-os áramkörrel, néhány RC-elem kivételével. Elmarad a felső határfrekvenciát beállító R2, C3 soros RC-tag. Helyette az R5 ellenállással párhuzamosan kapcsolt R\* és C\* soros tag lép be. A 21. és 26. ábrán lévő kapcsolások alkatrészeinek jelölése azonos, a triódás újonnan bekerülő elemeit \*-gal je-

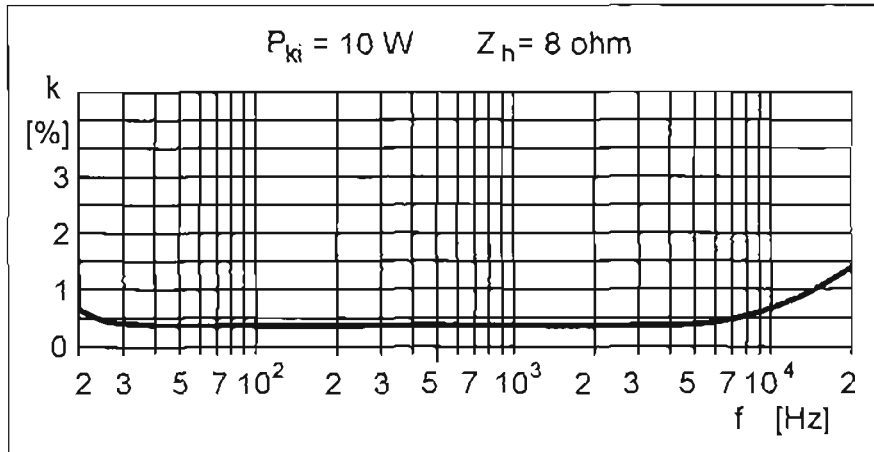


26. ábra. A 16 W-os triódás végerősítő kapcsolási rajza





27. ábra. A 16 W-os triódás végerősítő jelalaktorzítása negatív visszacsatással és anélkül



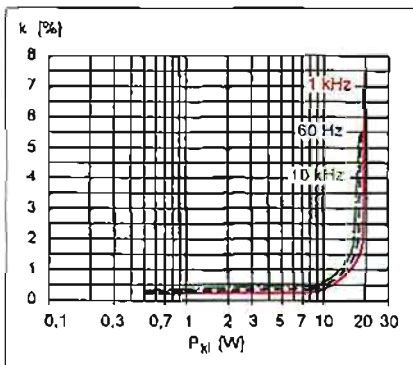
30. ábra. A 16 W-os végerősítő jelalaktorzítása 10 W-nál

lőtem. A pentódás és a triódás végerősítő nyomtatott áramkörti lapja azonos, olyan felépítésű, hogy mind a két verziónak megfelel.

Akik járatosak az elektroncsöves erősítők világában, azok tudják, hogy a triódás végerősítő hangja lényegesen szebb, mint a tetródás és pentódás rokonaiké. A trióda páros számú harmonikus ternel, amely az ellenütemű rendszerben kioltódik. Csillapítási tényezője jobb, mint a tetródáé vagy a pentódáé. A triódás végerősítő hatásfo-

6. táblázat. A 45 W-os push-pull kimenő trafója, EI vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	340	Ø0,27 mm Mz	Kétsoronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés, a primer és szekunder tekercsek között két sor 0,1 mm-es prespán-szigetelés szükséges. Az n1...n4 tekercsek két sora között egy réteg 0,1 mm-es prespán-szigetelés van.  Vasmag: EI 106/45, A = 15,8 cm <sup>2</sup>
	n6			
	n7			
	n8			
	n9			
Szekunder	n1	102, leágazás a 74. menetnél	Ø0,8 mm Mz	
	n2		Ø0,4 mm Mz	
	n3		Ø0,8 mm Mz	
	n4		Ø0,8 mm Mz	



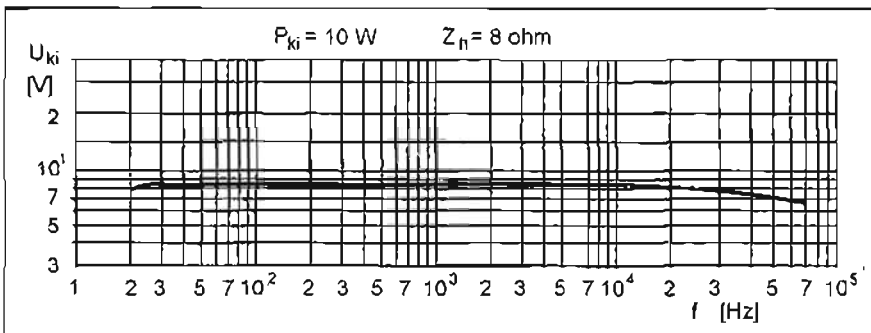
28. ábra. A 16 W-os végerősítő jelalaktorzítása különböző frekvenciákon

ka rossz, kb. 30%. A hangja pótól a rossz teljesítményért. Ezeket a végerősítőket a mai napig gyártják – és jó pénzért eladják...

Az alábbiakban ismertetésre kerülő megoldás a minőségi hang híveinek, a „vajtfülüeknek” szól, és nem a „watt örületben” szenvedőknek. Amikor ennek az erősítőnek az építéséhez kezdtem a rendkívüli alacsony torzítás, a jó frekvenciamenet volt az elsődleges

szempont és nem a névleges kimenő teljesítmény.

Sztereó rendszernél egy átlagos lakószobában néhány watt elegendő. Tegyük egy próbát. Az általunk kedvelt hangerőnél mérjük meg AC (hangfrekvenciás) műszerrel a hangszórókra jutó feszültség nagyságát. Számoljunk valamilyen átlagot, majd a  $P = U^2/R$  formula alapján számoljuk ki a teljesítményt. Az eredmény megdöbbentő. Kiderül, hogy csatormanként a kimenő teljesítmény nem éri el az 1 W-ot. A fiatalok valószínűleg ennél nagyobb hangerővel használják berendezéseiket. Miért kell mégis 10...20 W kimenő teljesítmény? A válasz a dinamika. A mai konzerv zene fényévnnyire van a 78-as fordulatú bakelit lemezektől vagy az orsós magnók dinamikájától. A nagy dinamikusok a klasszikus zenében jelentkeznek. Itt jegyzem meg, hogy cikkeimbem megadott teljesítmények (ezt fel is tüntettem) szinuszos üzemre vannak megadva. A zenei teljesítmény ennél nagyobb. Ez abból adódik, hogy a halk



29. ábra. A 16 W-os végerősítő frekvenciamenete, 10 W-nál

7. táblázat. A 45 W-os push-pull kimenő trafója, M vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	300	Ø0,27 mm Mz	Kétsoronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés, a primer és szekunder tekercsek között két sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. Az n1...n4 tekercsek két sora között egy réteg 0,1 mm-es prespánszigetelés van.
	n6			
	n7			
	n8			
	n9			
	n10			
Szekunder	n1	94, leágazás a 68. menetnél	Ø0,8 mm Mz	Vasmag: M 102/52, A = 18 cm <sup>2</sup>
	n2		Ø0,5 mm Mz	
	n3			
	n4			

8. táblázat. A 45 W-os push-pull kimenő trafója, SM vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	330	Ø0,27 mm Mz	Kétsoronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés, a primer és szekunder tekercsek között két sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. Az n1...n4 tekercsek két sora között egy réteg 0,1 mm-es prespánszigetelés van.
	n6			
	n7			
	n8			
	n9			
	n10			
Szekunder	n1	98, leágazás a 71. menetnél	Ø0,8 mm Mz	Vasmag: SM 102/a
	n2		Ø0,5 mm Mz	
	n3			
	n4			

9. és 10. táblázat. A 16 W-os push-pull kimenő trafója, EI és M vasra

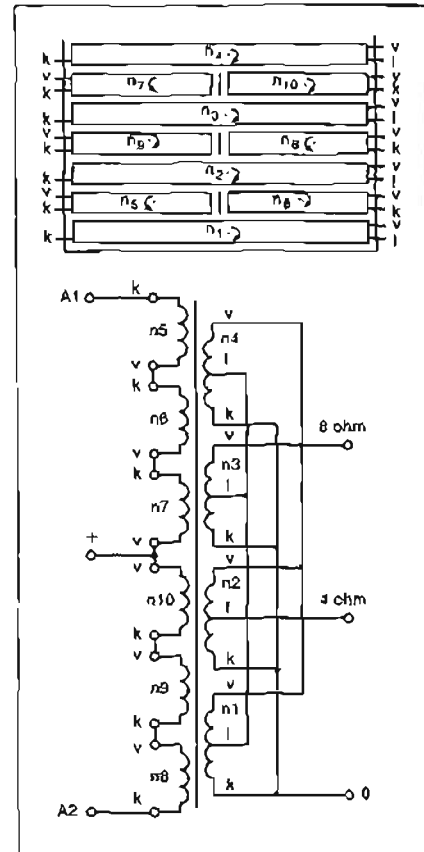
Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	290	Ø0,27 mm Mz	Kétsoronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés, a primer és szekunder tekercsek között két sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges.
	n6			
	n7			
	n8			
	n9			
	n10			
Szekunder	n1	75, leágazás az 53. menetnél	Ø0,55 mm Mz	Vasmag: EI 106/35, A = 12,3 cm <sup>2</sup> Vasmag: M 102/35, A = 12 cm <sup>2</sup>
	n2			
	n3			
	n4			

részekenél a tápegységben lévő elektrolit kondenzátorokban a kisebb áram miatt nagyobb feszültség van. Így a dinamika csúcsonál a torzítatlan kimenő teljesítmény is nagyobb.

A triódás végerősítő az előző erősítőkhöz hasonlóan végigmértem. Először 1 kHz-en negatív visszacsatolás nélkül, majd -9,8 dB ellencsatolásnál vettem fel a jelalaktorzítás görbéjét a teljesítmény függvényében (27. ábra).

A 28. ábrán a triódás végerősítő torzítását ábrázolom különböző frekvenciákon, a teljesítmény függvényében.

A triódás végerősítő frekvenciame-nete 10 W kimenő teljesítménynél a 29. ábrán szemléltető meg. A kimenő transzformátornak, valamint az erősítő kapcsolásnak köszönhetően meglepően jó eredményeket láthatunk. Hangerősítőnél ritka az ilyen jó magas átvitel. Ez a triódás végerősítőből, valamint a

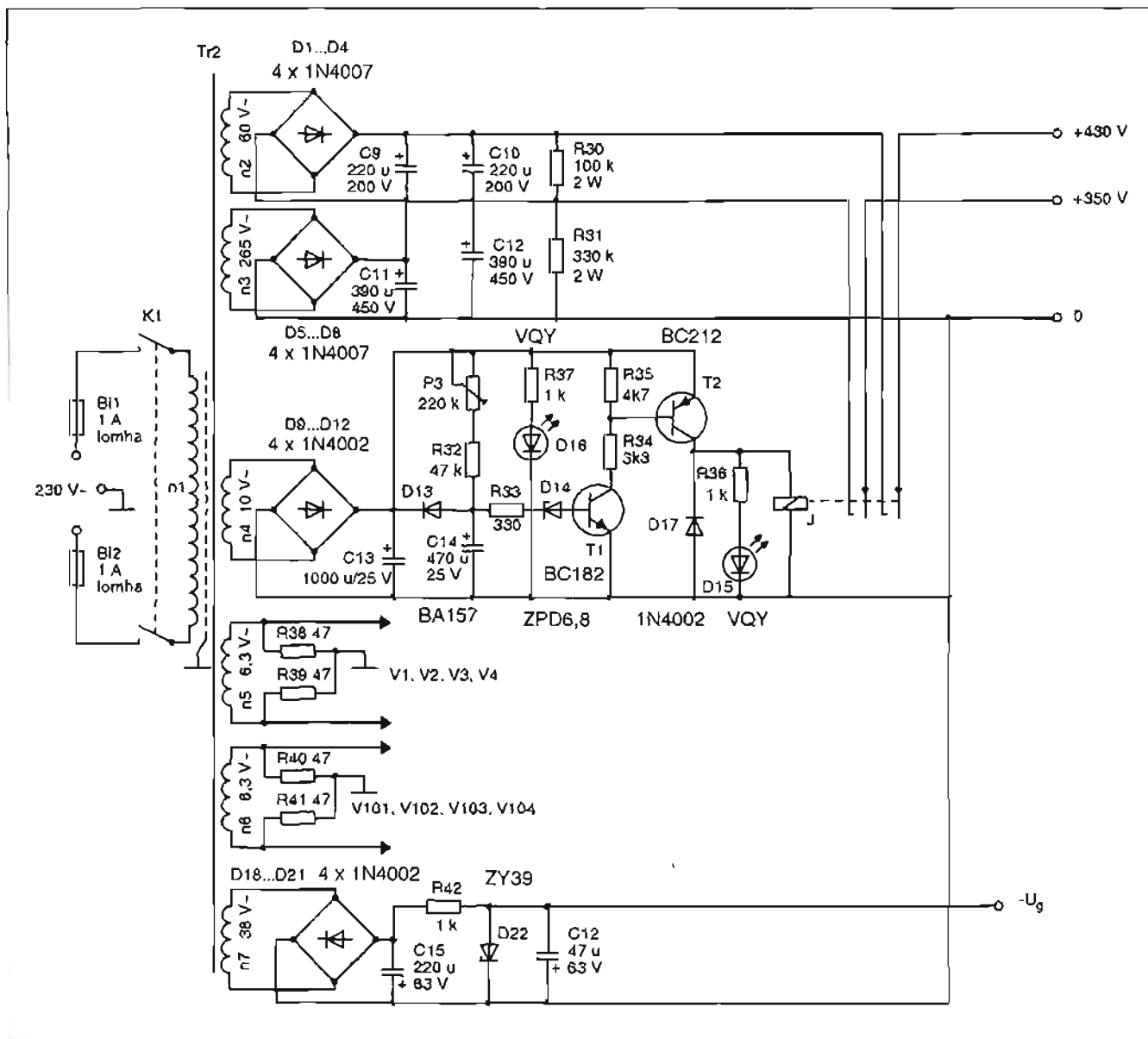


31. ábra. A 16 W-os végerősítő tápegységének kapcsolási rajza

korrektnül méretezett és „agyon osztott” kimenő transzformátorból adódik. A 100 kHz-es frekvencián a műterhelésen némi zintesséssel, szabályos szinus hullámfarmájú jelet lehet látni az oszcilloszkóp képernyőjén. A 30. ábrán az erősítő jelalaktorzítása látható a frekvencia függvényében, 10 W teljesítménynél.

A különböző görbékét összehasonlítva az ellenütemű pentódás kapcsolásnál mértékekkel megállapíthatjuk, hogy a triódás végfok minden tekintetben jobb. Hátránya a kisebb kimenő teljesítmény, de véleményem szerint lakószobában a 2 × 16 W szinuszos teljesítmény bőven elegendő.

A V3 és V4 pentódákat a 3. ábra szerint kötjük triódának. Összekötjük az anóddal a fékezőrácsot (g3) és a segéderácsot (g2). Ezt csak olyan végerősítő csövekkel tehetjük meg, ahol a segéderácsfeszültség akkora, mint az anódfeszültség. Az összekedve 6L6-G (6P3SZ) sugártetőda segéderácsfeszültsége 270 V, anódfeszültsége 360 V. Ha triódának kötjük, a tápfeszültség nem lehet több 270 V-nál. A feszültség-határ az elektronszóben lévő elektródák távolágából adódik. Az egyik trió-



32. ábra. Az ellenütemű végerősítő kimenő transzformátora

rt táblázat. A 16 W-os push-pull kimenő trafója, SM vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n5	300	Ø0,25 mm Mz	Kétsoronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés, a primer és szekunder tekercsek között két sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. Vasmag: SM 85/a hiperszil szalagmag
	n6			
	n7			
	n8			
	n9			
	n10			
Szekunder	n1	81, leágazás az 56. menetnél	Ø0,5 mm Mz	
	n2			
	n3			
	n4			

dás végerősítőben, amely 6L6-G-re épült, a tápfeszültséget 350...360 V-ra vettem. A TUNGSRAM gyártmányú sugártetődák a mai napig üzemelnek! Természetesen az olyan csöveknél, ahol az anódfeszültség 600...800 V és a segédrács csak 250 V, ott ezt nem tehetjük meg. Ilyenek a 807-es sugártetőda és GU-50-es pentóda. Ezeket, ha triódának kötjük, a tápfeszültség gyakorlatilag a segédrácsfeszültség lehet.

### Ellenütemű kimenőtrafók

Az ellenütemű végerősítő transzformátorainak tekercselési, valamint a tekercsek összekötési sorrendjét a 31. ábrán láthatjuk.

12. táblázat. Az push-pull erősítő hálózati trafója, EI vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	740	Ø0,6 mm Mz	Kétsoronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. Az n1 tekercsen három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés, majd egy sor Ø0,16 mm-es tekercselő huzal, egy oldalt kivezetve (árnyékolás). Ezután két sor 0,1 mm-es prespánszigetelés. Az n2 és n3 tekercseknél két soronként 0,06 mm-es szigetelés van. Az n2 és n3 tekercs között két réteg 0,1 mm-es prespánszigetelést alkalmazunk. Az n3 és n4 tekercsek között két réteg 0,1 mm-es prespán. Az n4, n5, n6 és n7 tekercsek között egy réteg 0,1 mm-es prespán van. Vasmag: EI 130/45, A = 15,7 cm <sup>2</sup> , bővített ablaknyílású. A régi gyártású EI 130-as vas is megfelel, A = 15 ... 18 cm <sup>2</sup>
Szekunder	n2	202	Ø0,45 mm Mz	
	n3	890	Ø0,5 mm Mz	
	n4	34	Ø0,25 mm Mz	
	n5	22	Ø1,5 mm Mz	
	n6	22	Ø1,5 mm Mz	
	n7	128	Ø0,22 mm Mz	

13. táblázat. A pus-pull erősítő hálózati trafója, SM vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	620	Ø0,55 mm Mz	Kétsoronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. Az n1 tekercsen három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés, majd egy sor Ø0,16 mm-es tekercselőhuzal, egyoldalt kivezetve (árnyékolás). Ezután két sor 0,1 mm-es prespánszigetelés. Az n2 és n3 tekercseknél két soronként 0,06 mm-es szigetelés van. Az n2 és n3 tekercs között két réteg 0,1 mm-es prespánszigetelést alkalmazunk. Az n3 és n4 tekercsek között két réteg 0,1 mm-es prespán. Az n4, n5, n6 és n7 tekercsek között egy réteg 0,1 mm-es prespán van. Vasmag: SM 102/a hiperszil szalagmag
Szekunder	n2	170	Ø0,45 mm Mz	
	n3	750	Ø0,45 mm Mz	
	n4	28	Ø0,25 mm Mz	
	n5	18	Ø1,4 mm Mz	
	n6	18	Ø1,4 mm Mz	
	n7	108	Ø0,2 mm Mz	

A triódás végerősítő (anódtól anódig értett) optimális illesztő ellenállása  $R_{aa} = 5$  kohm. A kimenő teljesítmény figyelembevételével SM85a típusú tekercselt hiperszil szalagmagot választottam.

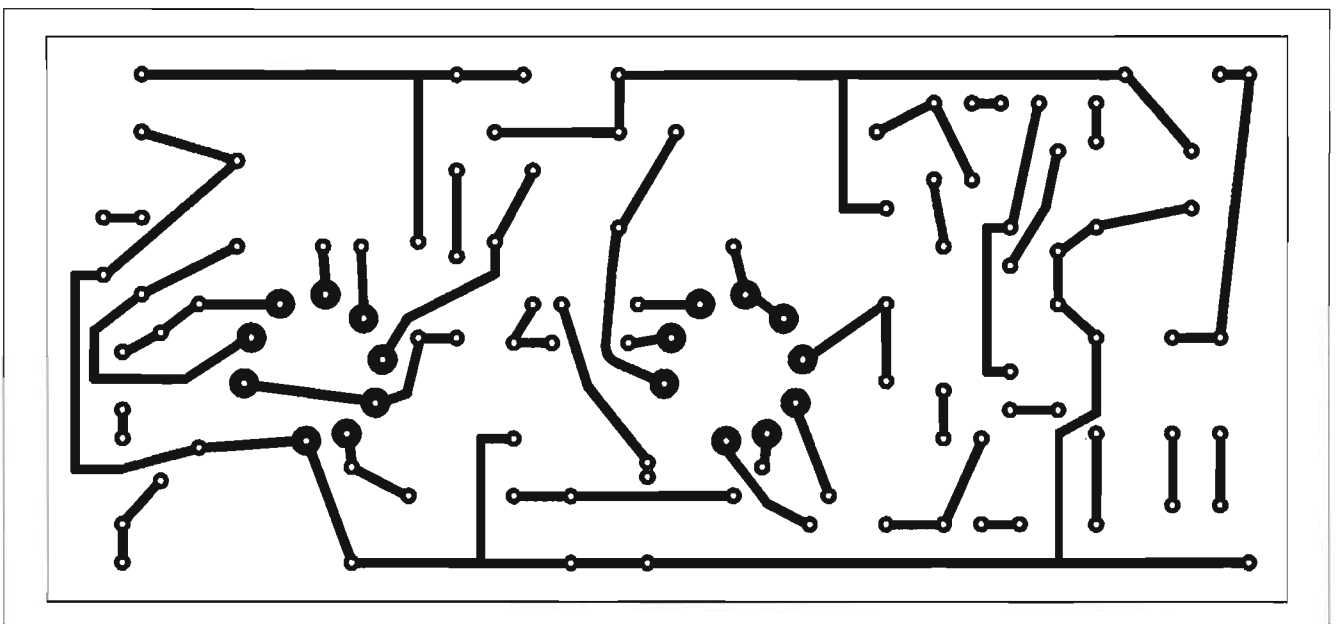
A méréseket is ezen a transzformátoron végeztem. A 45 W-os erősítő kimenő transzformátor mérései szintén hiperszil szalagmagra tekercselt egyeden történtek, a vasmag típusa

SM102a.A kimenő transzformátorok többféle vastípusra is elkészíthetők. A 45 W-os erősítő EI vasra készült kimenőjének adatai **6. táblázatban** található. Az M vasmagos adatait a **7. táblázat**, míg a hiperszil szalagmagos változat adatait a **8. táblázat** tartalmazza. A triódás ellenütemű végerősítőhöz a **9. táblázatban** az EI magos, a **10. táblázatban** az M magos, míg a **11. táblázatban** a hiperszil szalagmagos transzformátor adatait találhatjuk.

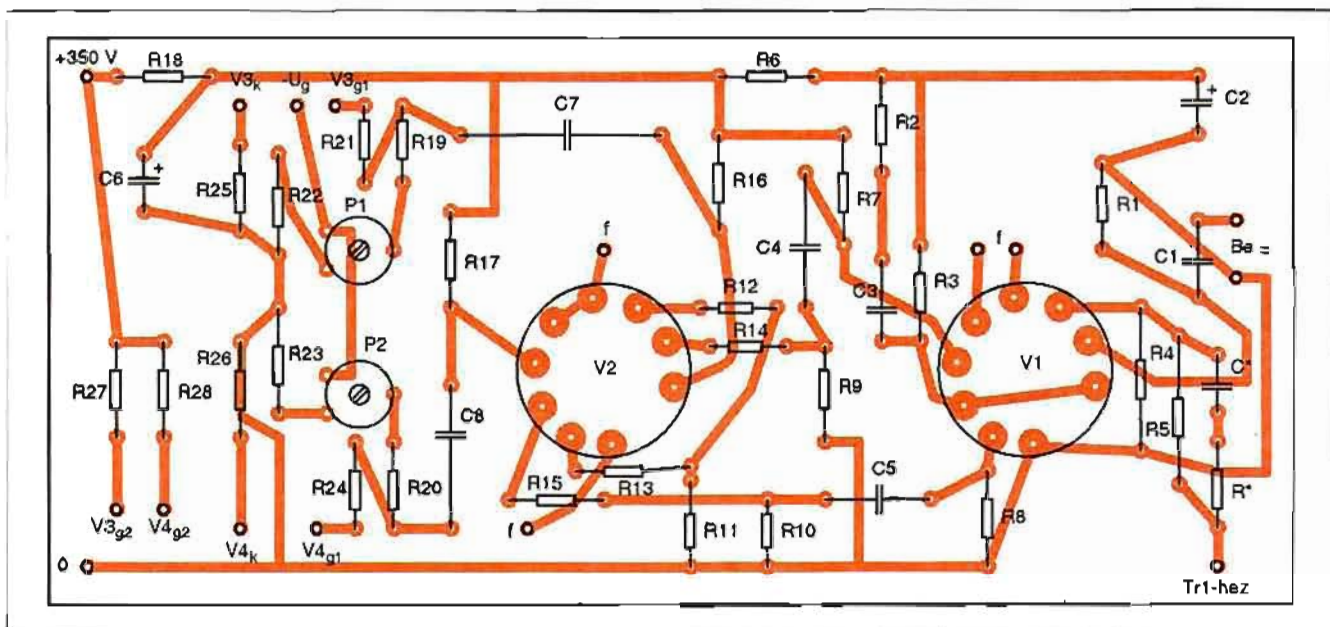
### Tápegységek

Az ellenütemű erősítő tápegységének kapcsolási rajza a **32. ábrán** látható. A triódás ellenütemű erősítő áramfelvételle gyakorlatilag egyezik a pentóda kapcsolású erősítőével, így a tápegységek is azonosak. A tápegység felépítésében – néhány dolgotól eltekintve – azonos a Single-Ended 14. ábrán lévő tápegységével. Az eltérések abból következnek, hogy mások a tápfeszültségek. A 32. ábrán lévő tápegység nagyobb teljesítményű és két fűtőtekercset tartalmaz. A végerősítő csövenkénti rácselelfeszültséget az erősítő panelon elhelyezett potenciométerrel szabályozzuk. A részletes működési leírását itt eltekintek, ezt az előző részben leírtam. *Figyelem! Az alkatrészke pozíciószámait mások!*

A tápegység hálózati transzformátorát kiszámoltam lemezelt EI és hiperszil szalagmagra. Az adatok a **12. és 13. táblázatban** láthatók.



33. ábra. Az ellenütemű végerősítő nyomtatási rajza



34. ábra. Az ellenütemű végerősítő alkatrész-beültetési rajza

### Megépítés, elkészítés

A gyakorlati tanácsokat a cikk első részében, az „A” osztályú Single-Ended erősítőnél már leírtam.

A végerősítő fóliarajza a 33. ábrán, az alkatrész-beültetési rajza a 34. ábrán látható. A végerősítőcsövek foglalatait az alumínium hordozólapra (saszíra) szereljük. Az oktál csőfogla-

lat lábait hajlékony, szigetelt vezetékkel kötjük az erősítő nyákjának megfelelő pontjaihoz. A V3 és V4 végerősítőcsöveket legalább 100 mm távolságra helyezzük el egymástól, mert tekintélyes hőt termelnek!

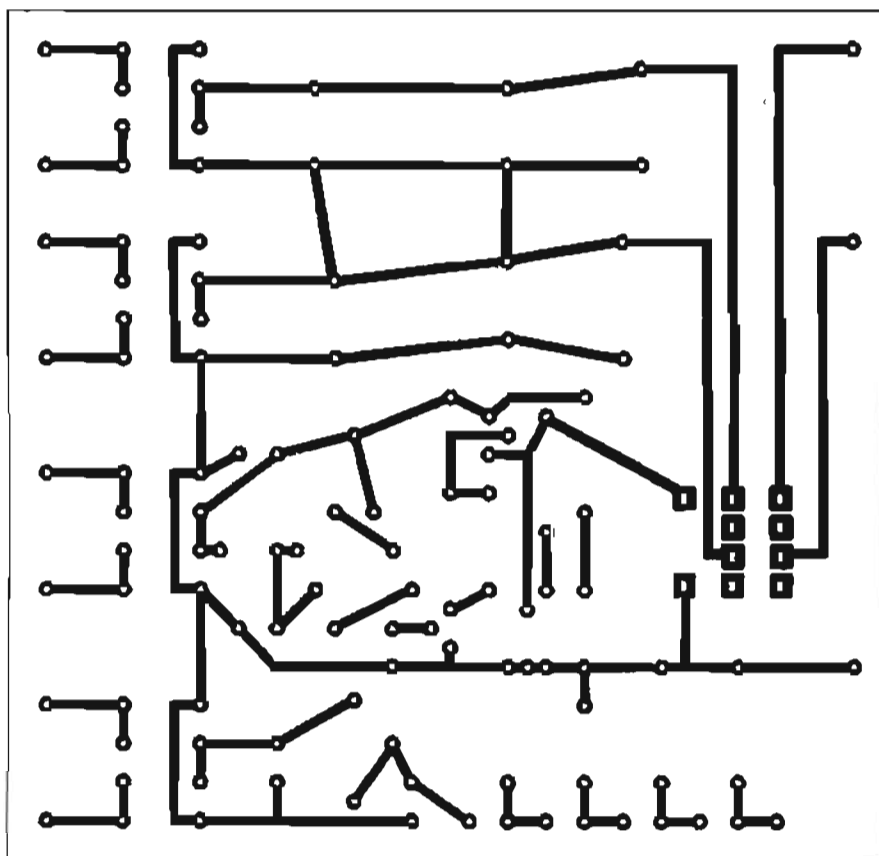
A tápegységek fóliarajzát a 35. ábra tartalmazza. Azokat a fóliakontúrokat, amelyek nagyobb áramot vezetnek, rakjuk fel ónnal, ezzel növelve keresztmetszetüket. Az alkatrészek beültetéséhez 36. ábra nyújt segítséget.

Az erősítő utánépítését megkönnyítendő a 37. ábrán a jelen közleményben használt aktív elemek bekötési rajzai találhatók.

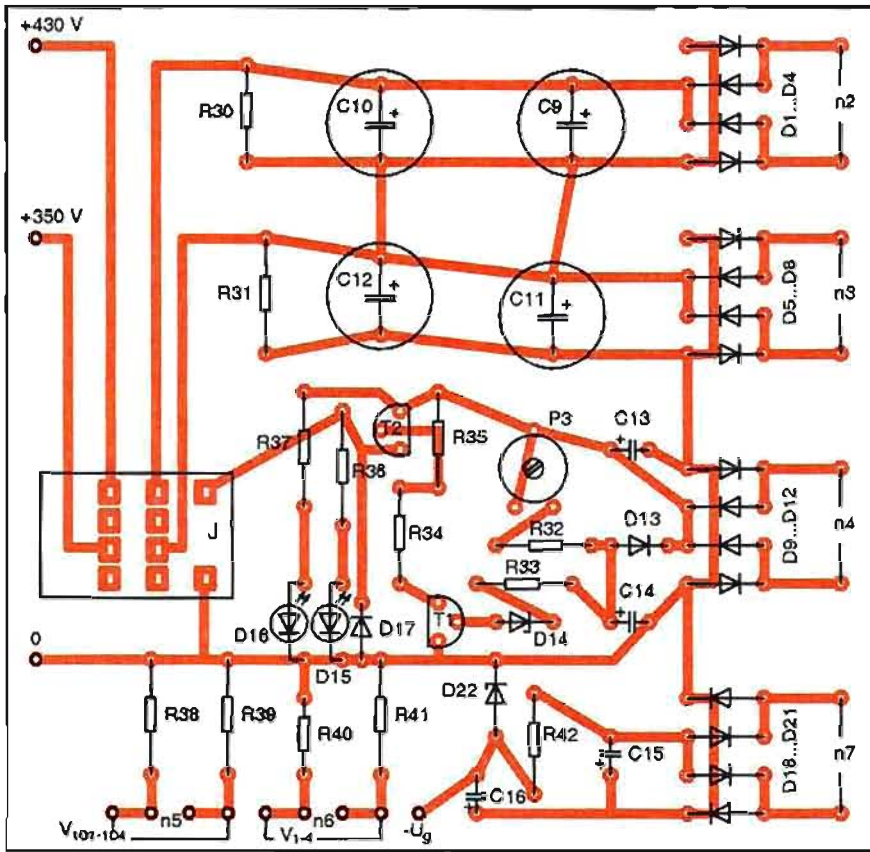
### Élesztés, bemérés

A munkát a tápegységgel kezdjük. A 430 V-os kimenetet két darab, sorosan kapcsolt, 230 V/100 W-os izzólámpával terheljük. Ez ugyan pontatlan megoldás, de ekkora teljesítményű műterhelést huzalellenállásból szinte lehetetlen egyszerűen összeállítani. Az n5 és n6 fűtéstekercsüket egyenként 6 V/20...22 W-os izókkal terheljük.

Zárjuk a K1 kapcsolót, a D16 LED begyújt. A P3 potenciométerrel 30...40 s késleltetési időt állítunk be. A J jelző meghúzását a D15 LED fénye jelzi. A műterhelés (izzólámpák) sarkain megjelenik a tápfeszültség. Az eltérés nagy lehet a műterhelés miatt. Ellenőrizzük a fűtőfeszültségeket, valamint a negatív rácselepfeszültséget. A ZY típusú sorozatból való D22-es zener fe-



35. ábra. Az ellenütemű végerősítő tápegységének fóliarajza



36. ábra. Az ellenütemű végerősítő tápegységének alkatrész-beültetési rajza

szültsége 10%-os pontosságú, így a kimenő negatív előfeszültség is ilyen pontosságú lesz.

Összekábelezük a kikapcsolt tápegységgel a végerősítőt. A Tr1 kimenő transzformátor kimenetét a 45 W-os push-pullnál egy 8 ohm/60 W-os ellen-

állással zárjuk le. Ilyet vegyes kapcsolással lehet előállítani. Például: 4 db 32 ohm/20 W ellenállás párhuzamos kapcsolásával. Beállítjuk a V3 és a V4 végerősítő munkaponti (nyugalmi) ára-

mát a P1 és P2 trimmerpotenciometerekkel. DC feszültséget mérünk az R25 és R26 ellenállások sarkain. A nyugalmi katódáram 24 mA, azaz 24 mV lesz az 1 ohmos mérőellenállások sarkain a feszültségkülönbség. Ez a teljes kivezérlésnél 110 mA-re (110 mV) megy fel. A triódás ellenütemű végerősítő nyugalmi árama 40 mA, ez 40 mV-t kelt az 1 ohmos katódelőellenállásokon.

A végerősítő ellenőrzését hasonlóan végezzük, mint a 45 W-os erősítőt. Az erősítő bemenetére hanggenerátor kapcsolunk. Ellenőrző méréseket végzünk különböző bemenő feszültségek-nél és frekvenciáknál. Ezeket összevetjük, az általam megadott görbékkel. Nagy eltérés esetén ellenőrizzük a kapcsolást. (Ellenállások értékei, elektroncsövek, kimenő transzformátor stb.)

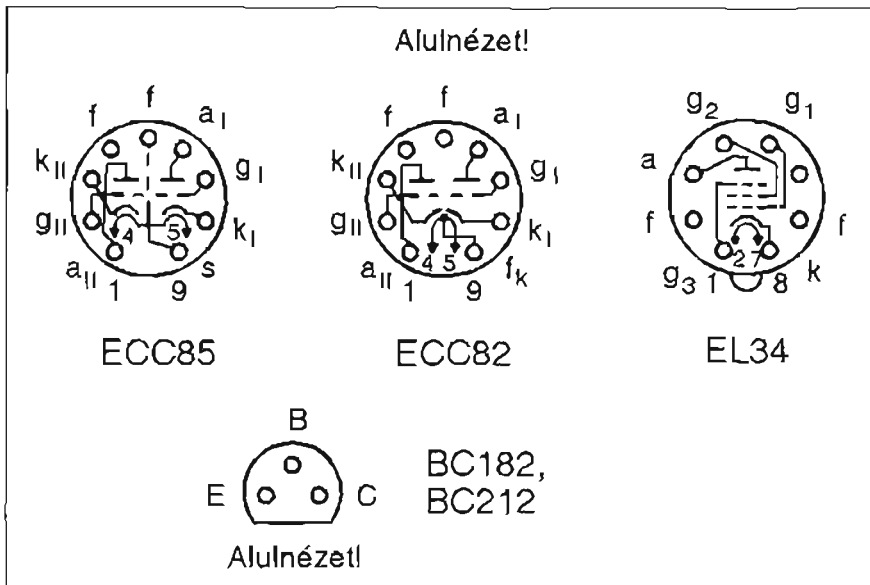
Hangfrekvenciás méréshez hangfrekvenciás voltmérőt használunk! Ez lehet analóg (mutató) vagy digitális kijelzésű. A kereskedelemben kapható olcsó digitális multiméterek AC üzemmódban (jó esetben) 1...2 kHz-ig mérnek pontosan. Ezekkel nem lehet hangfrekvenciás méréseket végezni!

Olvasóim megnyugtatólásárára közlöm, hogy a cikkeimben bemutatott erősítőket megépítem és végignérem. Ha semmilyen műszerrel nem rendelkeznek, az erősítők akkor is működni fognak. Egyedül a nyugalmi áram beállításához kell egy multiméter.

Végezetül egy fontos tanács: *Az elektroncsöves erősítő tápfeszültsége magas (430 V). Ez jól terhelhető tápforrásból ered, tehát fokozott óvatossággal mérjük, mert HALÁLOS áramütést kaphatunk egy rossz mozdulatért!* Azért kell ezt erősen hangsúlyoznom, mert aki eddig félvezetős erősítőket épített, annak nincs, nem is lehet veszélyérzete. A maximum 60...80 V-os tápfeszültségtől nem kaphatott komoly áramütést. Az elektroncsöves erősítők-nél már más a helyzet!

**Irodalom:**

- Dr. Barta István: Rádiókészülékek és erősítők, Tankönyv Kiadó, Budapest, 1963.
- Kádár Géza: Rádióvételek technika ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1963.
- Sculléthy László: Elektroncsöves és tranzisztoros áramkörök, K.G.M., Budapest, 1961.
- Tarnay Kálmán: Elektroncsövek alkalmazása, BME Villamosmérnöki Kar, Budapest, 1957.
- Vajda Zoltán: Természethű hangátvitel, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961.
- Wilhelm Beier: Röhren Taschenbuch, Veb Verlag Technik, Berlin, 1965.
- Magyarai Béla: Elektroncső-átvétel, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
- PHILIPS: Electron Tube Handbook, 1966.



37. ábra. Az elektroncsövek és félvezetők bekötési rajza

# Mikrofonok és mikrofon előerősítők

Csiszár János okl. villamosmérnök, Stúdió Szerviz Bt., csiszarjanos@t-online.hu

*Hangfelvétel vagy hangosítás során a rögzített (hangosított) „végtérnek” minőségét döntően befolyásolják az alkalmazott mikrofon műszaki paramétereit, valamint a mikrofon jelét feldolgozó előerősítő. A mikrofon helyes kiválasztásához elengedhetetlen követelmény a mikrofon működési elvéből és felépítéséből adódó műszaki jellemzők alapos ismerete.*

*A mikrofon által szolgáltatott csekély elektromos jel használható jel-szintre növelését végzi a mikrofon előerősítő, amelynek felépítésében, műszaki jellemzőiben, szolgáltatásaiban igazodnia kell az alkalmazott mikrofon típushoz, illetve az erősítő kimenetén elvárt jel specifikációjához. Az alábbiakban közölt cikk segít eligazodni a mikrofonok világában, majd a stúdió minőségű és szolgáltatású előerősítők építéséhez ad elméleti és gyakorlatban használható információkat.*

## 1. A hallás és a hangtér

A hangtérben a változó hangnyomás dobhártyánkon változó erőt eredményez, mely által keltett rezgés a hallószontok közvetítésével, az ún. ovális ablakon keresztül a fül legfontosabb alkotórészébe, a csigába jut. Itt alakul át a mechanikai rezgés elektromos impulzus sorozattá, mely az agyba jutva a hangérzetet kelti.

A hangtérben uralkodó változó hangnyomásnak két jellemző értékét definiálták, az egyik a hallásküszöb, a másik a fájdalomküszöb. A hallásküszöb, mint elnevezése is mutatja, az adott frekvencián éppen meghallható hang hangnyomását jelenti, ez 1 kHz

frekvencián 20  $\mu\text{Pa}$  (mikropascal). A hallásküszöb görbe nem lineáris, kb. a 4 kHz-nél kisebb és a nagyobb frekvenciákon fülünk érzékenysége csökken, ráadásul az érzékenység változása függ a hangnyomástól is (1. ábra, Fletcher-Munson görbék, fejhallgatós mérés).

A hangtér jellemzőinek mérésénél hallásunk érzékenységének frekvencia- és szintfüggését is figyelembe vesszük, az elektromos jellel alakított hangnyomás kiértékelésénél. (A-B-C görbék, jelölése pl. dBA, ha az „A” görbével súlyoztuk a mérési eredményt. Az „A” súlyozó görbe nagyjából a 40 phon-os görbe inverze.)

A hangnyomás decibelben való kifejezésénél a hallásküszöb 1 kHz-en mért hangnyomás értéke (20  $\mu\text{Pa}$ ) a vonatkoztatási szint.

A fájdalomküszöb értéke átlagos hallás esetén 130 dB-lel haladja meg a hallásküszöb értékét, vagyis a már fájdalmat okozó hangnyomás 60 Pa, ez egyben azt is jelenti, hogy hallásunk dinamika tartománya 130 dB. Amennyiben az eredeti hangzásnak megfelelő elektromos jelet szeretnénk generálni, ezt a dinamika átfogást kellene produkálnunk a mikrofonokkal és előerősítőkkel.

A hangtér változó hangnyomása a nyugalmi légköri nyomásra (1000 hPa) szuperponálódik, láthatóan szerencsések vagyunk, mivel a leghangosabb hang (60 Pa) sem változtatja meg jelentősen a nyugalmi légköri nyomást, ezáltal a hangteret lineáris térnek tekinthetjük, így viszonylag egyszerűen számíthatjuk jellemzőit.

A legtöbb hangforrás, amennyiben pontsugárzóknak tételezzük fel, gömbhullámot állít elő, vagyis a hangenergia egy gömbfelületen oszlik el. Az egysegnyi felületre jutó hangenergiát intenzitásnak nevezzük, dimenziója  $\text{W}/\text{m}^2$ . A gömb-sugárzó intenzitása a távolság négyzetével fordítottan arányos, a gömb-sugárzó helyétől mért hangnyomás pedig a távolsággal fordítottan arányos, miután az intenzitás a hangnyomás négyzetével számolható. A hangforrás közvetlen közelében tehát gömbhullámok alakulnak ki, a hangforrástól elegendő távolságban (a hullámhossz-

hoz képest) a hanghullám síkhullámnak tekinthető, ezért a hangtér adatai skaláris mennyiségek, így egyszerű szorzással-osztással számíthatók:

$$I = p v = \frac{p^2}{Z_{sp}}$$

ahol:  $I$  = az intenzitás.

$p$  = a hangnyomás,

$v$  = a részecskesebesség,

$Z_{sp}$  = a hangtér specifikus impedanciája.

$$Z_{sp} = \frac{p}{v} = \rho_0 c,$$

ahol:  $p$  = a hangnyomás,

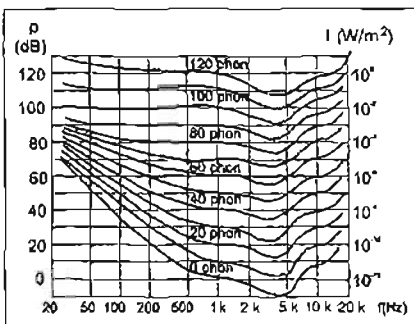
$v$  = a részecskesebesség,

$\rho_0$  = a levegő sűrűsége,

$c$  = a hangsebesség.

Az egyenletekkel tekintve az elektromos Ohm-törvény juthat eszünkbe, ami nem véletlen, hiszen az elektronikában, az akusztikában, valamint a mechanikai rendszerek vizsgálatakor is hasonló differenciál egyenletek megoldásaiként adódnak az egyes összefüggések. A gondolatmenetet tovább folytatva, a mechanikai rezgő rendszerek is ugyanezekkel a képletekkel írhatók le, így az elektromos – akusztikai – mechanikai rendszerekre ugyanazok a képletek érvényesek, csak az egyes elemeket kell egymásnak megfeleltetni:

- feszültség – hangnyomás – erő
- áram – részecske sebesség – sebesség
- elektromos teljesítmény – hangintenzitás – mechanikai teljesítmény
- elektromos impedancia – specifikus impedancia – mechanikai impedancia
- induktivitás – akusztikai tömeg – tömeg
- kapacitás – akusztikai kapacitás – rugóengedékenység
- ellenállás – akusztikai ellenállás – mechanikai ellenállás
- közös áram (soros kapcsolás) – közös sebesség (látszólag „párhuzamosan” kapcsolt mechanikai elemek)



1. ábra. Fletcher-Munson görbék

- közös feszültség (párhuzamos kapcsolás) – közös hangnyomás – közös erő (látszólag „sorba” kapcsolt mechanikai elemek)

A fenti megfeleltetésekkel a mechanikai és akusztikus rendszereket elektromos megfelelőjükkel tudjuk helyettesíteni, ezáltal ezek a rendszerek egyszerű eszközökkel számolhatóak.

Ha nem általában a hangtérről van szó, hanem egy akusztikai elemről, akkor akusztikai impedanciáról beszélünk a specifikus impedancia helyett és térfogatsebességről részecskesebességről helyett. Az akusztikai impedancia tehát

$$Z_a = p / A v.$$

Az egyes impedanciák átszámolása tehát a következő:

$$Z_m = Z_{sp} A = Z_a A^2$$

ahol:  $A v =$  a térfogatsebesség,

$Z_a =$  az akusztikai impedancia,

$Z_m =$  a mechanikai impedancia,

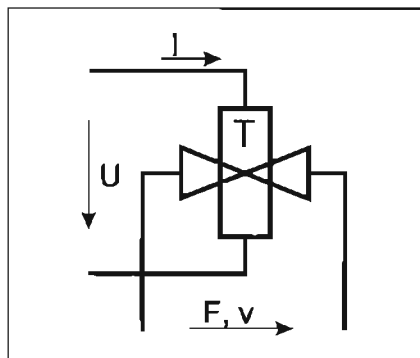
$Z_{sp} =$  a hangtér specifikus impedanciája,

$A =$  a membrán felülete.

Nem véletlenül bocsátottuk előre a fenti gondolatmenetet, hiszen, ahogy később látni fogjuk, egy mikrofon működésének analízisének figyelembe kell venni a hangteret, továbbá a mikrofon felépítéséből adódó mechanikai és elektromos tulajdonságokat is.

## 2. A mikrofonok felépítése, működése

A mikrofonok feladata, hogy az időben változó  $p(t)$  hangnyomást ugyanilyen jelalakú  $u(t)$  feszültséggé alakítsák. A  $p(t)$  hangnyomást az „A” felületű, rugalmasan felfüggesztett membrán ala-



2. ábra. Az elektromechanikai átalakító, mint négy-pólus

kítja át  $F(t)$  erővé (akusztikai-mechanikai átalakító), ez az erő a bemenő jele a mechanikai-elektromos átalakítónak, amelynek kimenetén jelenik meg az  $u(t)$  feszültség. Az  $F(t)$  erő és az elektromechanikai átalakító „ $Z_m$ ” mechanikai impedanciájának hányadosából adódik a  $v(t)$  sebesség [illetve az  $x(t)$  elmozdulás], amelynek hatására a kimeneti feszültség keletkezik.

## 3. A mikrofonok csoportosítása

Az elektromechanikai átalakító típusa szerint lehet:

- elektromágneses, változó légrésű átalakító, „mágneses mikrofon”,
- elektrodinamikus, állandó légrésű átalakító, „dinamikus mikrofon”,
- kapacitív átalakító (elektrosztatikus átalakító), „kondenzátormikrofon”,
- piezoelektromos átalakító, „piezo- vagy kristálymikrofon”,
- ellenállásváltozós, vezérelt átalakító, szénmikrofon,
- optikai átalakító, „lézermikrofon”.

A stúdiótechnikában a dinamikus és a kondenzátormikrofon használatos, ezért csak az elektrodinamikus és a kapacitív átalakítókkal foglalkozunk részletesebben.

Meg kell jegyezni, hogy az elektromechanikai átalakítók oda-vissza működnek, pl. dinamikus mikrofon – dinamikus hangszóró, kondenzátormikrofon – elektrosztatikus hangszóró stb. Ha egy dinamikus hangszóróra rábeszélünk, az feszültséget ad ki a kapcsain, és ha óvatosan kis feszültséget adunk a dinamikus mikrofonra, az megszólal. Természetesen a hatásfok és az átalakítás minősége nem lesz ugyanaz, mint az „igazi” mikrofon és hangszóró esetén, ugyanis mások a mechanikai-akusztikai tervezési feltételek a jó mikrofon, illetve a jó hangszóró esetében, csupán az elektromechanikai átalakító alapelve ugyanaz.

## 4. Az elektrodinamikus és a kapacitív elektromechanikai átalakító

Az elektromechanikai átalakítók egyik oldalán mechanikai értékek szerepelnek (erő, sebesség, tömeg, rugó, mechanikai ellenállás), a másik oldalon elektromos mennyiségek (feszültség, áram, induktivitás, kapacitás, ellenállás), a két oldalra vonatkozó, különbö-

ző kepletekkel lehet átszámolni a mechanikai-elektromos mennyiségeket egymásba. ennek segítségével pl. „tisztán” elektromos kapcsolás rajzolható. Az elektromos kapcsolás segítségével könnyen számolható egy mikrofon kimenő feszültségének, vagy egy hangszóró leadott hangnyomásának a frekvenciamentete.

Mikrofonok tárgyalásánál a négy-pólus (2. ábra) bemenetén található „F” erő a membránra ható erő, amely a hangnyomás és membránfelület szorzatából adódik ( $F = p A_m$ ). A „v” sebesség a membrán sebessége, amelyet az „F” erő és a mechanikai oldalon érzékelhető „ $Z_m$ ” mechanikai impedancia határoz meg:

$$v = \frac{F}{Z_m}.$$

A négy-pólus kimenetén jelenik meg a mikrofon „U” feszültsége, melyet a bemeneti értékekből az elektromechanikai áttétel („T”) segítségével számíthatunk. A mikrofonok kimenetét ideális esetben végtelen nagy elektromos impedancia terheli, ezért úgy számolhatunk, hogy az elektromos oldalról nem transzformálódik járulékos impedancia a mechanikai oldalra, ezért egyszerűbb helyettesítő képek adódnak.

### 4.1. Az elektrodinamikus átalakító

Alapelv: homogén „B” indukciójú mágnes térben, a térre merőlegesen mozgó vezetőben „U” feszültség indukálódik (mikrofon), illetve a térben elhelyezkedő vezetőbe áramot vezetve, az kimozdul az eredeti állapotából az „F” erő hatására (hangszóró). Erre az átalakítóra vonatkozó egyszerűsített összefüggések:

$$U = B l v,$$

- ahol:  $U =$  az indukált feszültség,  
 $B =$  a mágneses indukció,  
 $l =$  a mágnes térben mozgó huzal hossza,  
 $v =$  a huzal sebessége,

továbbá

$$F = B I l,$$

- ahol:  $F =$  a keletkezett erő,  
 $B =$  a mágneses indukció,  
 $l =$  a mágnes térben mozgó huzal hossza,  
 $I =$  a huzalon folyó áram.



Az átalakító áttétele  $T_{ed} = B l$ , az egyes impedanciák transzformálása egyik oldalról a másikra:

$$Z_m = \frac{T_{ed}^2}{Z_e}$$

1. példa. Az elektromos oldalról a mechanikaira átranzformált „L” induktivitás

$$Z_m = \frac{T_{ed}^2}{j\omega L}$$

a mechanikai oldalon egy

$$C_m = \frac{L}{T_{ed}^2}$$

engedékenységű rugónak felel meg.

#### 4.2. A kapacitív (elektrosztatikus) átalakító

Alapelv: két, egymástól „d” távolságra párhuzamosan elhelyezett „A” felületű fémlemez kondenzátort alkot, a kondenzátorra „U” feszültséget kapcsolva, rajta

$$Q = C U$$

töltés halmozódik fel, a töltés állandóságát a kondenzátoron biztosítjuk. A kondenzátor egyik fegyverzetét „d” távolsággal elmozdítva, rajta feszültség keletkezik (mikrofon), az „U” polarizáló feszültséget változtatva a fegyverzetek „d” távolsága változik (elektrosztatikus hangszóró)

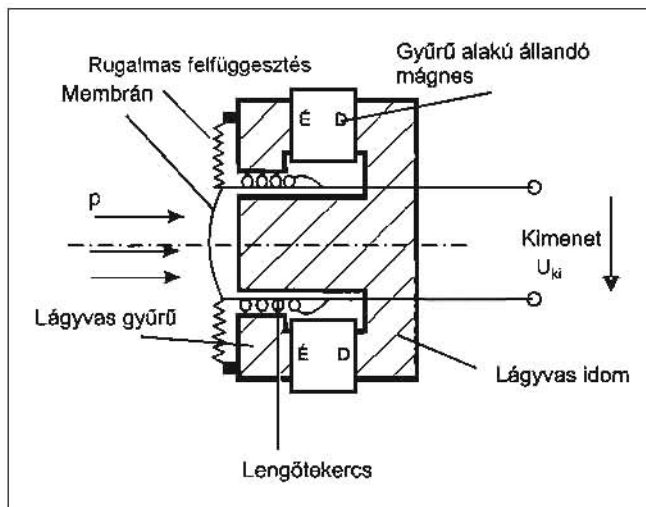
A kapacitív átalakítóra vonatkozó, egyszerűsített összefüggések:

$$I = \frac{C \cdot v \cdot U}{d}$$

ahol: I = az elektromos oldalon folyó áram,  
C = az átalakító kapacitása,  
v = a fegyverzet elmozdulásának a sebessége,  
U = a fegyverzetek közötti feszültség,  
d = a fegyverzetek távolsága.

$$F = \frac{C U^2}{d}$$

ahol: F = a fegyverzetekre ható erő,  
C = az átalakító kapacitása,  
U = a fegyverzetek közötti feszültség,  
d = a fegyverzetek távolsága.



3. ábra. A dinamikus mikrofon felépítése

Az átalakító áttétele:

$$T_k = \frac{C U}{d}$$

míg az egyes impedanciák transzformálása egyik oldalról a másikra:

$$Z_m = T_k^2 Z_e$$

2. példa. Az elektromos oldalról a mechanikaira transzformált „L” induktivitás, azaz

$$Z_m = T_k^2 j\omega L$$

a mechanikai oldalon egy  $T_k^2 L$  tömegnek felel meg.

#### 5. A dinamikus mikrofon érzékenysége és frekvenciamenete

A mikrofon membránjára egy tekercset rögzítünk, amely homogén mágneses térben mozog, a tér irányára merőlegesen (3. ábra). Ha a membrán a hangnyomás hatására „v” sebességgel mozog, a mágneses térben elhelyezkedő tekercsben feszültség indukálódik, amelynek nagysága  $U = B \cdot l \cdot v$ . Azonos amplitúdójú, de különböző frekvenciájú hangnyomás esetén a „v” sebesség változik, ez változó kimenő feszültséget eredményezne. Vizsgáljuk meg a mikrofon érzékenységét, az egységnyi hangnyomásra keletkező kimenő feszültséget:

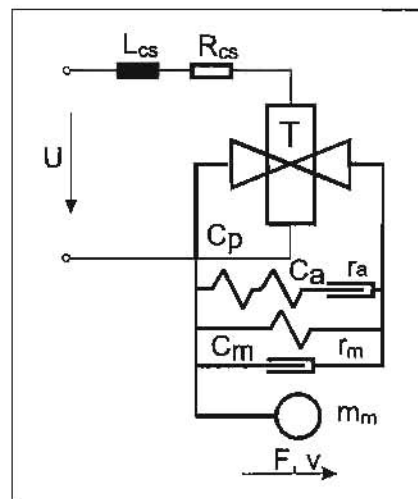
$$e = \frac{U}{p} = \frac{B \cdot l \cdot v}{p}$$

Szorozzuk meg a számlálót és a nevezőt a membrán „A<sub>m</sub>” felületével, ezzel:

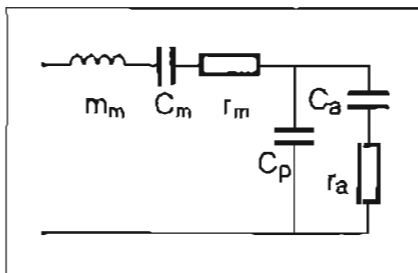
$$e = \frac{B l v A_m}{A_m p} = \frac{B l v A_m}{F} = \frac{B l A_m}{Z_m}$$

vagyis az érzékenység frekvenciafüggetlen addig, amíg a membrán és az akusztikai kialakítás mechanikai impedanciája frekvenciafüggetlen, vagyis ohmos jellegű. Ezt úgy lehet elérni, hogy a mechanikai impedanciát a lehető legszélesebb frekvenciasávban ohmosra tervezik, ez viszont az érzékenység csökkenését jelenti, vagyis jó dinamikus mikrofont tervezni csak kompromisszumok árán lehet.

A mikrofon érzékenységének frekvenciafüggését a mechanikai oldal impedanciájának vizsgálatával végezhetjük, a mechanikai elemeket az egyszerű számítás miatt elektromos megfelelőjükkel helyettesítve (4. ábra). Az elektromos oldalon található elemeket az egyszerűbb kapcsolat érdekében az



4. ábra. A dinamikus mikrofon elektromechanikai helyettesítő képe



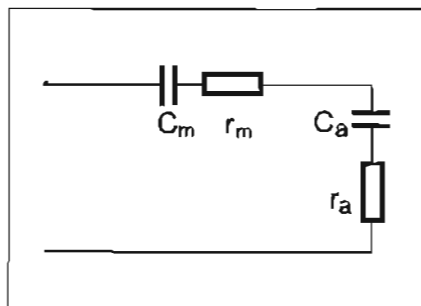
5. ábra. A dinamikus mikrofon akusztikai helyettesítő képe elektromos elemekkel

akusztikai helyettesítő képen elhanyagolhatjuk, ha feltételezzük, hogy a mikrofont terhelő impedancia jóval nagyobb a mikrofon elektromos és mechanikai oldalról átranzformált impedanciánál (5. ábra).

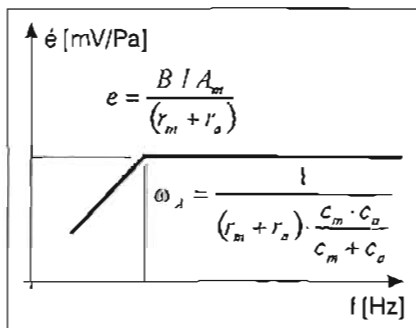
A 4. ábrán a jelölések a következőket jelentik:  $L_{cs}$  a cséve induktivitása,  $R_{cs}$  a cséve ellenállása,  $m_m$  a membrán és a cséve teljes tömege az együttrezgő levegővel együtt,  $C_m$  a membrán rugóengedékenysége,  $r_m$  a membrán mechanikai ellenállása,  $C_p$  a membrán mögötti léggárna akusztikai kapacitásából számított rugóengedékenység,  $r_a$  a frekvenciamenetet linearizáló akusztikai ellenállás mechanikaivá transzformálva,  $C_a$  a kiképzett akusztikai üreg által képviselt rugóengedékenység. A „v” sebesség és a kimeneti feszültség egymással arányos, ( $U = B l v$ ) a sebesség a hangnyomás ( $p$ ) és a mechanikai impedancia ( $Z_m$ ) hányadosa.

Az egyszerűbb számítás érdekében (hogy kevesebb reaktancia legyen a kapcsolásban) számoljuk két részletben az impedanciát, először kisméretűen, ahol  $m_m$  és  $C_p$  elhanyagolható. A kisméretű helyettesítő kép a 6. ábra szerint alakul. Az eredő impedancia

$$Z_c = r_m + r_a + \frac{1}{j\omega (C_m \times C_a)}$$



6. ábra. Akusztikai helyettesítő kép kisméretűen



7. ábra. A dinamikus mikrofon kisméretűen érzékenysége

A kiszámolt érzékenység kisméretűen a 7. ábra szerint, a nagyfrekvencián érvényes helyettesítő kép pedig –  $C_m$  és  $C_a$  elhanyagolásával – a 8. ábra szerint alakul. Ez utóbbira vonatkozóan az eredő impedancia:

$$Z_c = j\omega \cdot m_m + r_m + \left( \frac{1}{j\omega \cdot C_p} \times r_a \right)$$

A mikrofon érzékenysége nagyfrekvencián a 9. ábra szerint alakul.

A kis- és a nagyfrekvenciás Bode-diagramot (7. ábra, 9. ábra) összeillesztve megállapíthatjuk, a lengőtekerceses dinamikus mikrofon érzékenysége az alsó és a felső határfrekvencia közötti frekvenciatartományban

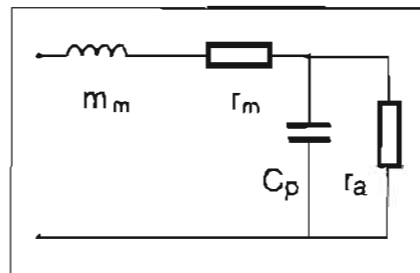
$$e = \frac{B \cdot l \cdot A_m}{r_m + r_a}$$

értékű, azaz teljesen frekvenciafüggetlen. A felhasznált permanens mágnes „B” értéke adott, csak az „l”, a huzal hosszának vagy a membrán „ $A_m$ ” felületének növelésével növelhető az érzékenység, bármelyik növelése az „ $m_a$ ” növekedését is jelenti, vagyis a felső határfrekvencia csökkenését eredményezi.

Az  $r_m + r_a$  csökkentésével is növelhető lenne az érzékenység, ez pedig az alsó határfrekvencia növekedését eredményezné az alábbi összefüggés szerint:

$$\omega_1 = \frac{1}{(r_m + r_a) \cdot \frac{C_m \cdot C_a}{C_m + C_a}}$$

Tehát a dinamikus mikrofon érzékenységének növelésével a sáv szélesség csökken, viszont ha a sáv szélességet szeretnénk növelni, a megnövelt sáv szélesség kisebb érzékenységet ered-



8. ábra. Akusztikai helyettesítő kép nagyfrekvencián

ményez, vagyis a két jellemző csak egymás rovására változtatható meg!

A dinamikus mikrofonok érzékenysége 1–2 mV/Pa, ez azt jelenti, hogy normál beszéd esetén, 30 centiméterre a beszélő szájától kb. 0,1–0,2 mV kimenő feszültség keletkezik a mikrofon kimenetén. Frekvenciamenete közepes minőségűnek mondható, általában 50 Hz és 10–15 kHz közötti sávot képesek átalakítani, de a stúdió mikrofonok ennél nagyobb sáv szélességgel rendelkeznek.

A hangnyomás tűrésejük nagyon jó, 140–150 dB hangnyomást is képesek átalakítani feszültséggé, viszonylag kis torzítással.

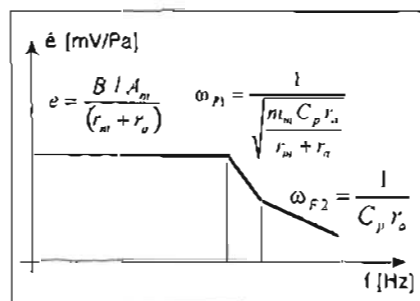
Mechanikai felépítésük masszív, nem véletlen, hogy a könnyűzenében, koncerteken szinte mindig ezt a típust használják.

Saját zajuk a kis belső ellenállás (gyakorlatilag a lengőtekerces 50–600 ohmos ellenállása) miatt nagyon kicsi.

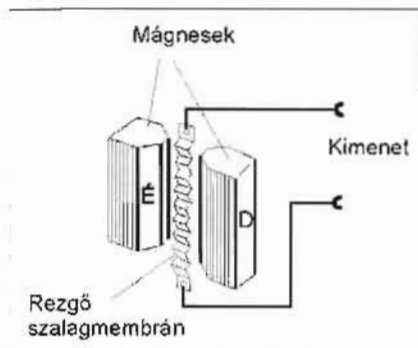
### 5.1. Szalagmikrofon

Az elektrodinamikus elven működő mikrofonok csoportjába tartozik a szalagmikrofon is.

Mágneses térben egy harmonika-szerűen kiképzett fémszalag helyezkedik el, ami egyben a mikrofon membránja is (10. ábra). A membránt elérő hanghullám adott sebességgel mozditja el, így a mágneses térben mozgó veze-



9. ábra. A dinamikus mikrofon érzékenysége nagyfrekvencián



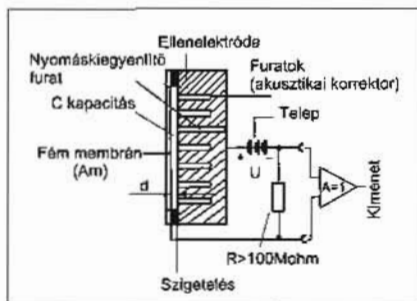
10. ábra. A szalagmikrofon felépítése

tőben (membránban) feszültség indukálódik. A keletkezett feszültség nagyon kicsi, ezért a mikrofon egy transzfórmátort is tartalmaz, amely ezt a feszültséget feltranszformálja, kb. a dinamikus mikrofon kimenő szintjére.

A szalagmikrofon által keltett feszültség akkor a legnagyobb, ha a hanghullámok a membránt merőlegesen érik, és nulla, ha a membránnal párhuzamos a hanghullám iránya, hiszen ilyenkor a membrán előtti és a membrán hátoldalát érő nyomás egyenlő.

## 6. A kondenzátormikrofon érzékenysége és frekvenciamenete

Egy merev fémtömb elé kb. 20 mikrométer távolságban néhány mikron vastagságú, fémezett fóliát feszítünk ki, amely így egy „C” kapacitást képez. Egy több száz MΩ ellenálláson keresztül 12–150 V feszültséget kapcsolunk a fegyverzetek közé, a kondenzátorra



11. ábra. A kondenzátormikrofon felépítése

$Q = CU$  nagyságú töltés kerül (11. ábra).

A membránt érő hangnyomás a membrán felületével arányos erőt gyakorol a membránra, az elmozdul az álló elektródához képest, megváltoztatva a kondenzátor kapacitását. A töltés a nagy ellenállás miatt nem tud a hangfrekvencia ütemében változni, ezért állandónak tekinthető, így a kondenzátor feszültsége kénytelen változni. Ez a változó feszültség a hangnyomással arányos, vagyis ez a változó feszültség a kondenzátormikrofon kimenő feszültsége.

Az ellenállás 100 MΩ nagyságrendű, ezért hogy kisebb impedancián kapjunk a kimenő feszültséget, a mikrofon egy erősítőt is tartalmaz. Régebben elektroncsöves erősítőt (1. fotó), ma már FET-tel működöt. Az erősítő általában 1-szeres feszültségerősítésű, teljesítményerősítése azonban jelentős, ezáltal a 100 MΩ nagyságrendű impedanciát száz ohm nagyságrendűvé alakítja.

A mikrofon lineáris működésének feltétele, hogy a membrán „Δd” elmozdulása legyen sokkal kisebb, mint a membrán-elektroda távolság, ezért az elmozdulást az „U” előfeszültség segítségével, kb. 1 μm-ben maximálják. Ez azt jelenti, hogy 120 dB dinamika esetén a 0 dB-es hangeseményre vonatkozó membrán kitérés 1 pm (pikométer).

A membránra ellentétes oldalon elhelyezkedő elektródán (ellenelektroda) található furatok szerepe:

a) Zsákfuratok: a membrán mögötti levegőrugó „keménységét” csökkenti a furatok által képviselt levegő térfogat, annak érdekében, hogy a közel fekvő membrán miatt adódó „kemény” (kis köbtartalmú) levegőrugó ne csökkentse az adott erőre vonatkozó kitérés nagyságát, vagyis a mikrofon érzékenységét.

b) Atmenő furat: a furat miatt a membrán mindkét oldalán a légköri

nyomás uralkodik, ezért a változó légköri nyomás nem befolyásolja a membrán-ellenelektroda távolságot, vagyis az érzékenység a kültéri nyomástól független lesz. A nagyon lassú légnyomásváltozás a furaton kiegyenlítődik, ez azt is jelenti, hogy a kisfrekvenciás átvitel egyik korlátja ez a furat, de hozzá kell tenni, a furat által képviselt első határfrekvencia jóval kisebb a kondenzátor mikrofon kapacitásából és a csatlakozó ellenállásból eredő határfrekvenciánál.

A 2. fotón az U 67 stúdió kondenzátor mikrofon elektromechanikai átalakítója („kapszulája”) látható. A membrán anyaga átlátszó műanyag fólia, amelyre egy nagyon vékony aranyréteget gözöltek fel. Ez alkotja a kapacitás egyik fegyverzetét, a fólia mögötti réz tömb a másik fegyverzet. A fémtömb-fólia távolság kb. 20 μm. A vékony aranyréteg áttetsző, így látszanak mögötte az akusztikai korrekciós furatok. Az U 67 kétmembrános, változtatható iránykarakterisztikájú mikrofon, ezért a kapszula alatt lett elhelyezve a nyolcas, vese, kör karakterisztika választó kapcsolója.

A mikrofon érzékenységének vizsgálatához rajzoljuk fel az egyszerűsített elektromechanikai helyettesítő képet (12. ábra).

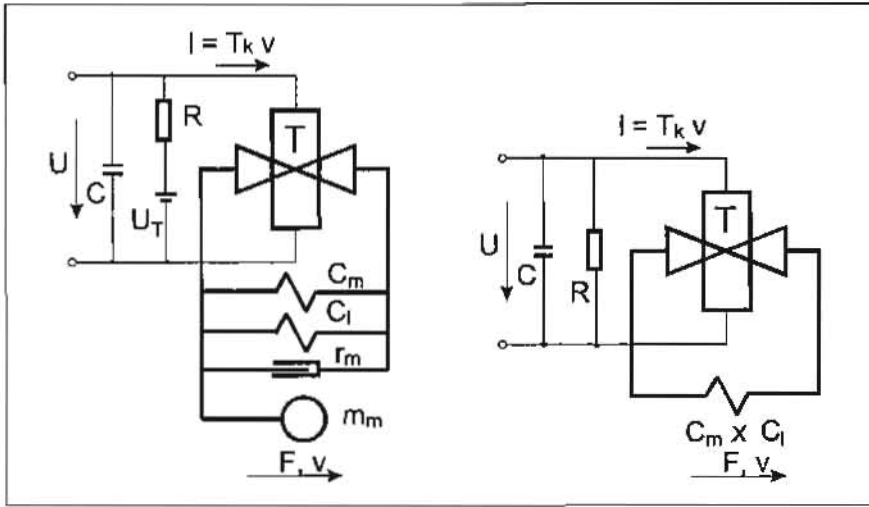
A jelölések jelentése: „m<sub>m</sub>” a membrán tömege, „r<sub>m</sub>” a membrán sűrűségi ellenállása, „C<sub>m</sub>” a membrán rugóengedékenysége, „C<sub>1</sub>” a membrán mögött levő levegő rugóengedékenysége, „U<sub>1</sub>” a polarizáló feszültség, „R” ellenálláson keresztül



1. fotó. A Neumann gyártású U 67 mikrofon erősítője EF 806 elektroncsövel



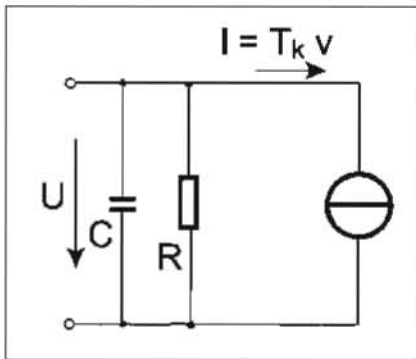
2. fotó. A Neumann U 67 kondenzátor mikrofon 1 hüvelykes kapszulája



12. ábra. A kondenzátormikrofon elektromechanikai helyettesítő képei

kapcsolódik a membrán a polarizáló feszültségre, „C” a membrán és az ellen-elektroda által képződő kapacitás.

A kondenzátormikrofon csak abban az esetben működik helyesen, ha az egész hangfrekvenciás tartományban a membrán rugóként viselkedik, így lesz arányos a membrán kitéréssel a kimenő feszültség. A membrán tömege és a két rugó eredője egy veszteséges, soros mechanikai rezgőrendszert alkot, amiről tudjuk, az elektromos analógiát szemünk előtt tartva, hogy a rezonancia frekvencia alatt kapacitív, felette az induktív reaktancia dominál. Átültetve az elvet a mechanikai rendszerekre (induktivitás-tömeg, kapacitás-rugóengedékenység) megállapítható, hogy a membrán saját rezonanciájának a hangfrekvenciás sáv felett kell lenni, akkor a membrán a hangfrekvenciás sávban rugóként viselkedik. A 12. ábra jobb oldali helyettesítő képen el is hagytuk a membrán tömegét és a veszteségi ellenállását, így egyszerűbben is számítható a mikrofon érzékenysége.



13. ábra. A kondenzátormikrofon elektromos helyettesítő képe kis frekvencián

A közös sebességen levő membrán rugóengedékenysége és a membrán mögötti levegőrugó engedékenységének eredője „replusz” művelettel számítható, mint a sorosan kapcsolt kapacitások esetén, ez adja az eredő membrán rugóengedékenységet ( $C_{me}$ ).

A mikrofon kimenő feszültségét az elektromos oldali impedancia és az impedancián átfolyó  $I = T_k v$  áram szorzatából számolhatjuk. A membrán kis rugóengedékenységet (nagy mechanikai impedanciáját) egy áramgenerátorral szimbolizálhatjuk (13. ábra).

Szinuszosan változó hangnyomást feltételezve, a membrán sebességét a ráható erő és a mechanikai impedancia hányadosából számíthatjuk, az erőt pedig a hangnyomás és a membránfelület szorzatával:

$$v_{mc} = \frac{F}{Z_{mc}} = \frac{p \cdot A_m}{\frac{1}{\omega C_{me}}} = p \cdot A_m \cdot \omega \cdot C_{me}$$

Az áramgenerátor árama:

$$I = T_k v = \frac{C U_{pol}}{d} p \cdot A_m \cdot \omega \cdot C_{me}$$

A mikrofon érzékenysége a kimenő feszültség és a hangnyomás hányadosa:

$$\acute{e} = \frac{U_{ki}}{p} = \frac{I Z_{RC}}{p}$$

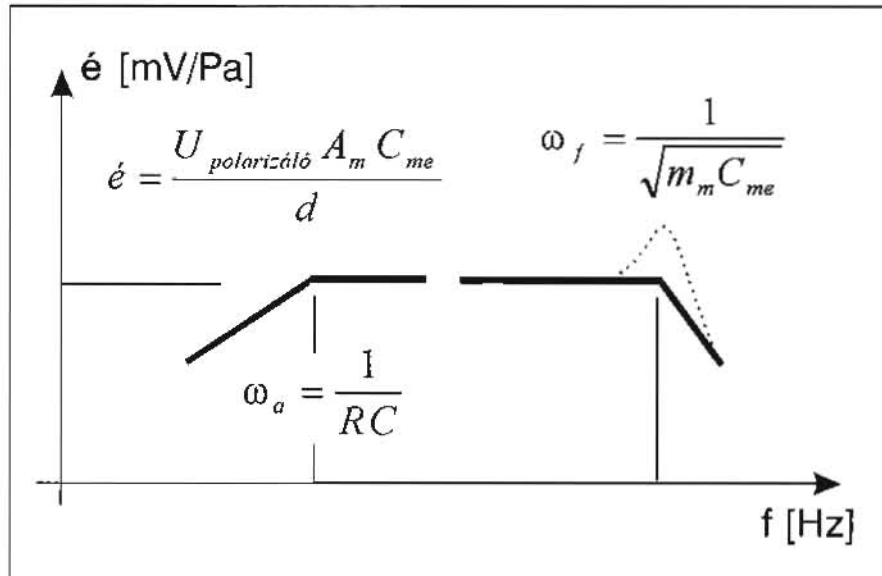
$$\acute{e} = \frac{U_{pol} \cdot A_m \cdot C_{me}}{d} \frac{\omega RC}{1 + \omega RC}$$

Látható, hogy nulla frekvencián az érzékenység zérus, innen emelkedik 6 dB/oktáv meredekséggel az

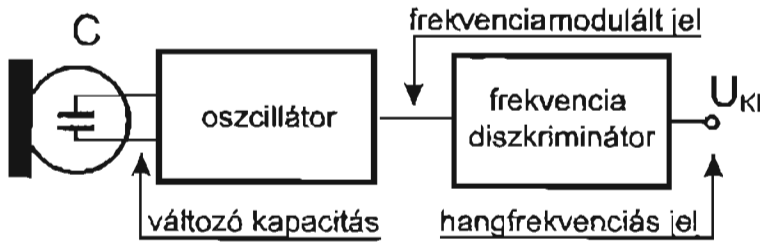
$$\omega_a = \frac{1}{RC}$$

frekvenciáig, amely a mikrofon alsó határfrekvenciája.

A kondenzátormikrofon felső határfrekvenciáját a membrán, mint mechanikai rezgő rendszer rezonancia frekvenciája határozza meg. A rezonancia frekvencia felett a membrán már tömeg jellegű, ezért a membrán sebessége azonos erő esetén a frekvencia növekedésekor csökken, ezáltal csökken a membrán kitérés is, ami a kimenő feszültség csökkenését eredményezi. A



14. ábra. A kondenzátormikrofon átviteli sáv szélessége



15. ábra. A nagyfrekvenciás kondenzátormikrofon működési elve

mechanikai rezgő rendszer sajátfrekvenciája:

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{m_{in} C_{mc}}}$$

vagyis egy soros elektromos rezgőkörhöz hasonló, ennek következtében a rezonanciafrekvenciánál nagyobb frekvenciákon az érzékenység 12 dB/oktáv meredekséggel csökken. A rezonanciafrekvencián (a felső határfrekvencián) a mechanikai rezgő rendszer körjóságváltozása arányos kiemelés is tapasztalható, amelynek nagyságát a konstruktőrök beépített akusztikai veszteségi ellenállással csökkentik (14. ábra).

Az érzékenység összefüggéséből látható, hogy a mikrofon érzékenysége csak az átvihető sáv szélesség romlása árán növelhető, ugyanúgy, mint a dinamikus mikrofon esetében!

A kondenzátormikrofon érzékenysége, típusától függően 5–20 mV/Pa, frekvenciamenete a membránátmértől függ. A kismembránú mérőmikrofonok 100–150 kHz felső határfrekvenciáig is használhatóak!

Torzítása a kis membránmozgások tartományában kicsi, viszont kisebb maximális hangnyomást visel el, mint a dinamikus mikrofon.

### 5.1. A nagyfrekvenciás kondenzátor mikrofon

Akusztikai mérések során előfordulhat, hogy nagy pontossággal kell meghatározni lassú légnyomásváltozást. A kondenzátormikrofon pontossága tökéletesen megfelelő lenne, de láttuk, hogy a „kapszula” kapacitása és a kapszulát a tápláló feszültséggel összekötő ellenállás meghatároz egy alsó határfrekvenciát, amely alatt az érzékenység csökken. Az alsó határfrekvenciát az ellenállás értékének növelésével csökkentene-

ni lehet, de csak egy határig, ugyanis ennek a kondenzátormikrofonba épített illesztő erősítő bemenőellenállása szab határt.

A kondenzátormikrofon felépítésének stabilitását megőrizve fejlesztették ki a nagyfrekvenciás kondenzátormikrofont, amely más elv szerint alakítja át a hangnyomást elektromos feszültséggé.

A kapszula kapacitása egy nagyfrekvencián (8–10 MHz) működő oszcillátor frekvenciameghatározó rezgőkörével van párhuzamosan kötve, ezáltal a változó légnyomás okozta kapacitásváltozást frekvenciaváltozássá alakítja, vagyis frekvenciamodulációt hoz létre. A mikrofon testébe van építve a demoduláló áramkör is, így a mikrofon kimenetén már hangfrekvenciás jel jelenik meg (15. ábra).

A viszonylag nagy oszcillátorfrekvencia miatt a kimenőjelből a nagyfrekvenciás komponens könnyedén kiszűrhető.

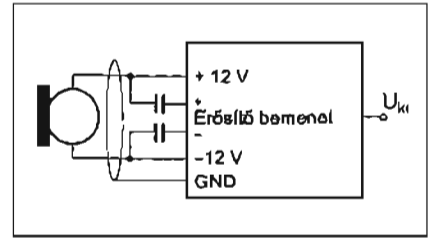
A mikrofon alsó határfrekvenciája nulla Hz, így akár a légköri nyomás változása is mérhető a nagyfrekvenciás kondenzátormikrofonnal.

Érzékenysége több tíz mV/Pa a működési módból adódóan.

### 6.2. A kondenzátormikrofon tápellátásának ellátása

Mint ismert, a kondenzátormikrofonok működéséhez szükséges a fegyverzeteken töltést előállító tápfeszültség. Az egyszerűbb mikrofonok esetén ez általában 12 V, a stúdiótechnikában szinte kizárólag 48 V, a mérőmikrofonok pedig 100–150 V tápellátással működnek.

Korábban egy külön tápegységet alkalmaztak erre a célra. Ma már szinte mindegyik keverőasztal előállítja a szükséges feszültséget, amely a hangfrekvenciás jelet a keverőasztalhoz vi-



16. ábra. A kondenzátormikrofon hangér táplálása

vő, kétezer árnyékolt vezetéken jut el a mikrofonhoz.

Két jelvezetési módszert szabványosítottak: a *hangér táplálást* (Tonaderspeisung, 16. ábra), valamint a *fantomtáplálást* (Phantom powering, 17. ábra).

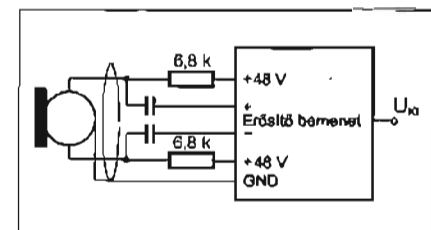
A hangér táplálás esetén az árnyékolt vezeték két „meleg” érén kapja a mikrofon a  $\pm 12$  voltos feszültséget. Ha erre a kábelre tévedésből egy dinamikus mikrofont csatlakoztatják, és előzőleg nem kapcsolják ki a keverőasztalon a tápellátást, ez a mikrofon tönkremenetelét is okozhatta.

Ezt a lehetséges problémát kiküszöbölendő született meg a fantomtáplálás, ahol is a +48 V-os feszültség az árnyékolt kábel mindkét érére rá van kapcsolva, a negatív pólus pedig a vezeték árnyékolása. A „meleg” erek mindegyikén +48 V található, közöttük ezért feszültségkülönbség nincs, ezért nevezik ezt a fajta tápellátást „fantomtáplálásnak”.

### 6.3. Az elektret kondenzátormikrofon

A kondenzátormikrofon fegyverzetcin szükséges töltés létrehozása más módszerrel is lehetséges, külső feszültség rákapcsolása nélkül!

Egy speciális „elektret” szigetelő fóliát erős elektromos térbe helyeznek, majd felhevítenek. Az elektromos teret továbbra is fent tartva, lassan lehűtik a fóliát, az elektromos tér miatt történő töltésmegosztás szinte „befagy” a fóliába, ami ezután töltéskülönbséggel rendelkezik a két oldalán.



17. ábra. A kondenzátormikrofon fantomtáplálása

Az egyik fajta (olcsóbb) mikrofon esetében erre a fóliára fémréteget gözölgetnek, ez a fólia képezi a membránt is egyben, mögötte pedig a fém elektróda helyezkedik el, így alakul ki a kondenzátor mikrofon.

A másik megoldásnál az elektrót fóliát felragasztják az ellenelektrodára, a membrán pedig a hagyományos, jó minőségű fóliából készül. Ezt nevezik „back electret” kondenzátormikrofonnak. Az olcsóbb, stúdióminőségű mikrofonok készülnek ezzel a technológiával.

Az elektrétmikrofonok is igényelnek tápfeszültséget, amelyet általában a mikrofon testében elhelyezett telep biztosít. Ez a körülmény ne tévesszen meg minket, ez a tápfeszültség a mikrofonba épített illesztőerősítő táplálását szolgálja, nem a fegyverzeleken alakítja ki a töltést, azt megteheti az elektrétfólia!

## 7. A mikrofonok műszaki jellemzői

A mikrofonok alkalmazásához nyújt segítséget az a néhány műszaki adat, mellyel a gyártók a termékeiket jellemzik. A legfontosabb jellemzők:

- érzékenység,
- maximális hangnyomás,
- saját zaj,
- torzítás,
- tranzienstávum,
- frekvenciamenet,
- iránykarakterisztika.

### 7.1. A mikrofonok érzékenysége

A mikrofonok érzékenysége azt jelenti, hogy egységnyi (1 Pa), 1 kHz frekvenciájú hangnyomásra mekkora jelet ad a mikrofon a kimenetén, dimenziója [mV/Pa]. Az érzékenységet dB-ben is megadhatják, ilyenkor viszont jelezni kell, mi a dB-számítás alapja. Például a -60 dBV érzékenység azt jelenti, hogy a mikrofon kimenőfeszültsége az 1 V-hoz képest -60 dB, vagyis 1 mV az 1 Pa hangnyomás hatására.

### 7.2. A mikrofon által elviselt maximális hangnyomás

A felhasználás szempontjából fontos adat a mikrofon által elviselhető maximális hangnyomás. Ez nem a mikrofon tönkremenetelét okozza, hanem egy adott maximális harmonikustorzítás eléréséhez definiált hangnyomás értéke. A torzítás meghatározott határértéke általában 0,5%, de ritkán előfordulhat az 1% harmonikustorzításhoz meg-

adott hangnyomás érték is. A hangnyomást dB-ben adják meg, amelyet a hallásküszöb 1 kHz-en mért értékéhez viszonyítanak, és jelölése dB SPL (sound pressure level). Az 1 Pa hangnyomás 94 dB SPL-nek felel meg a következők szerint:

$$1 \text{ Pa (dB)} = 20 \lg \frac{p}{p_0} = 20 \lg \frac{1}{20 \cdot 10^{-6}} = 94 \text{ dB SPL}$$

ahol  $p_0$  a hallásküszöb 1 kHz-en mért értéke,  $20 \mu\text{Pa}$ .

A mikrofonoknál a maximális hangnyomásra egy szokásos érték a 140 dB, ez azt is jelenti, hogy ekkora hangnyomás mellett az érzékenységnél megadott jelfeszültség 200-szorosát (140 dB - 94 dB = 46 dB) adják le.

Egy 10 mV/Pa érzékenységű kondenzátormikrofon esetén a mikrofon által leadott feszültség ilyenkor  $2 V_{eff}$ , ezt a bemenőfeszültséget kell kis torzítással feldolgoznia a mikrofon előerősítőnek! A 140 dB hangnyomás pedig nem egy misztikus érték, például egy trombita 1 cm-ről ezt a hangnyomást produkálja.

Gyakori megoldás kondenzátormikrofonok esetén, hogy a mikrofonba épített (általában 10 dB-es) feszültségosztó használatával küszöbölik ki az előbb említett extrém nagy kimenőfeszültséget.

### 7.3. A mikrofonok saját zaja

A mikrofonok zajvizsgálatánál külön kell tárgyalni a mérési két mikrofon típusú, ugyanis a zaj nagysága és szintje erősen függ attól, hogy a mikrofon tartalmaz-e erősítőt vagy nem, lévén az erősítő saját zaja hozzáadódik (nem algebrailag) a mikrofon saját zajához.

Minden mikrofon tartalmaz passzív elemet, a dinamikus mikrofon esetén ez a lengőtekercs ellenállása, induktivitása, önkapacitása. Az ellenállásokon az elektronok Brown-mozgása következtében zajfeszültség jelenik meg, amelynek nagysága:

$$U_r = \sqrt{4R k T f_B}$$

ahol  $R$  = az ellenállás  $\Omega$ -ban,  
 $k$  = a Boltzmann állandó,  
 $T$  = az abszolút hőmérséklet,  
 $f_B$  = pedig a vizsgált sávszélesség Hz-ben.

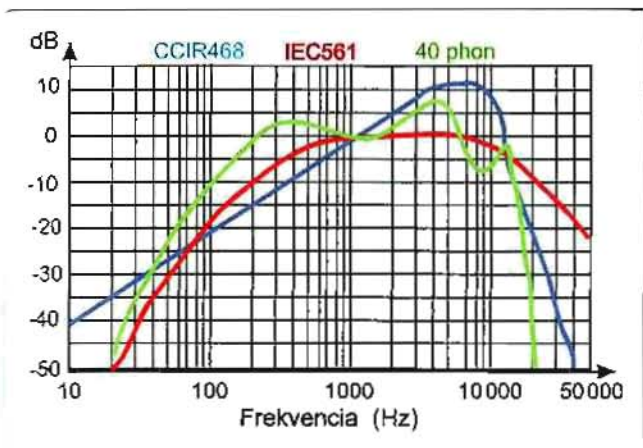
Ez az ellenállás zaj fehérzaj, vagyis teljesítménysűrűsége a frekvenciától függetlenül állandó. Dinamikus mikrofonok esetén csak ilyen eredetű zajról beszélhetünk.

Kondenzátormikrofonoknál kicsit más a helyzet, ugyanis a kapszula kapacitása a növekvő frekvenciával egyre kisebb impedanciájú és elkezd sőtöltni a megítápláló ellenállás által okozott fehérzajt, ezért a kondenzátormikrofonok zajspektruma a frekvencia növekedésével csökkenő zajteljesítmény sűrűséget mutat. Ezt a zajt növeli még a kondenzátormikrofonnál elkerülhetetlen illesztőerősítő zaja is.

Még egy zajforrásról nem szabad elfeledkezni, amely bármely típusú mikrofon esetén jelen van, ez a mikrofon körülvevő levegőből ered. A levegőmolekulák ugyanis ugyanúgy Brown mozgást végeznek, mint az elektronok az elektromos vezetőkben. Ez természetesen csak akkor áll fenn, ha a környezeti hőmérséklet nagyobb az abszolút nulla foknál, de ez szobahőmérsékleten teljesül. A molekulák a membránnak ütköznek, azt kitérítik, ezáltal a mikrofon kimenetén zajfeszültséget hoznak létre. Természetesen ez a feszültség nagyon kicsi, csak szuper kis-zajú mikrofonok esetén kerülhet számításba.

A mikrofonok adatlapjain a zajt vagy számszerűen adják meg, vagy egy grafikonnal, amely a frekvencia függvényében mutatja a saját zajt. Ahhoz, hogy az eredmények összehasonlíthatóak legyenek, a mikrofonok „helyettesítő zajsintjét” (Ersatzgerauschpegel) adják meg a gyártók. Ez azt jelenti, hogy a kimeneti zajfeszültséget a mikrofon érzékenységének megfelelően hangnyomássá konvertálják, és ezt a hangnyomást ábrázolják a frekvencia függvényében, vagy adják meg számszerűen, dB-ben. Ez persze nem azt jelenti, hogy az ennél kisebb hangnyomást a mikrofon nem tudja elektromos jellé alakítani, hanem azt, hogy ilyen kis nyomások feldolgozásánál már hallatlanszani fog a mikrofon saját zaja is!

A frekvenciafüggő zajspektrumból általában tercávós analízissel határozzák meg a mikrofon helyettesítő zaját kifejező számértéket. A számítás során valamilyen szabványos súlyozógörbék megfelelően veszik figyelembe a tercávok energiatartalmát, majd ezek négyzetösszegéből vont gyök adja meg a mikrofon zajára jellemző hangnyomásértéket. A súlyozógörbék az emberi hallás frekvencia- és szintfüggését igye-



18. ábra. Az IEC 561 és a CCIR 468 súlyozó görbe, összehasonlítva a 40 phonos görbével

keznek reprodukálni annak érdekében, hogy a kapott értékek a ténylegesen „hallható” zajra legyenek jellemzők. A 18. ábrán látható a két leggyakrabban alkalmazott súlyozó görbe, valamint a 40 phonos *Robinson-Dadson* görbe is, összehasonlítással. (Ez utóbbi hasonló a *Fletcher-Munson* görbéhez, de ezeket nem fejhallgatóval, hanem szabad térben mérik.)

A *CCIR 468* súlyozó görbe „kvázi csúcsérték mérést” szabványosít (dB CCIR), az *IEC 561* (köznapinévén *dB A* görbe) effektívérték képzést ír elő, emiatt kb. 11 dB-lel kisebb számértéket eredményez. Nem csoda, hogy sok mikrofontyártó előszeretettel alkalmazza a *dB A* érték megadását, hiszen ez kedvezőbb eredményt mutat.

A gyártó cégek meglehetősen ritkán, de néha megadják a 20 Hz–22 kHz frekvenciasávban mérhető súlyozatlan helyettesítő zajszintet is, amely a három közül a legnagyobb értéket adja.

E három zajérték egy nagymembrános kondenzátormikrofonra pl. a következő: súlyozatlan zaj 24 dB, CCIR 468 súlyozás 17 dBCCIR, IEC 561 súlyozás 7 dBA. A tercsávós számítási eredménye az, hogy növekvő frekvenciával növekvő zaj adódik, ahogy egyre

szélesebb frekvenciasávra lesznek kiszámítva a zajértékek.

A 19. ábrán és a 20. ábrán egy dinamikus-, valamint egy kondenzátormikrofon helyettesítő zaját láthatjuk. Megfigyelhető, hogy a dinamikusmikrofon súlyozott zaja a frekvencia függvényében növekszik (a tercsávós kiértékelés miatt, a frekvencia növekedésével egyre szélesebbek a frekvenciasávok). Ugyanakkor a kondenzátormikrofon zaja enyhén csökken a korábban említett kapszulakapacitás sőtölő hatása miatt. Jóllehet a kondenzátormikrofon helyettesítő zaja kissé nagyobb, de vegyük figyelembe, hogy ez a mikrofon kb. 20 dB ad le nagyobb feszültséget, mint a dinamikus!

Megismerve a maximális hangnyomás és a helyettesítő zaj jellemzőit, kiszámíthatjuk a mikrofon szintátfogását, a dinamikát. Mikrofon dinamika = max. SPL – helyettesítő zaj SPL. Egy szokásos érték pl. kondenzátormikrofonra:

Dinamika = 135 dB SPL – 15 dBA SPL = 120 dB

#### 7.4. A mikrofonok torzítása

A mikrofonok torzításának elemzésénél ismét két részre kell osztani a mik-

rofonokat aszerint, hogy tartalmazzanak-e erősítőt vagy nem.

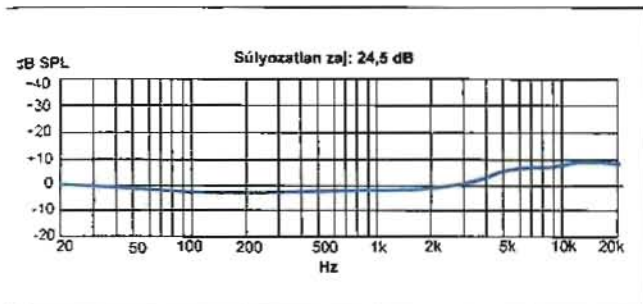
Dinamikuskrofon esetén kis és közepes hangnyomásoknál csak a membránt visszatérítő rugó nemlinearitása okozhat torzítást, de ennek a torzítás létrehozásában játszott szerepe szinte elhanyagolható. Nagy hangnyomásnál előfordulhat, hogy a lengőtekercs kikerül a homogén mágnesből, ez okozhat kismértékű torzítást. A dinamikusmikrofonok kimenete ráadásul felépítésükből következően elektronikus szimmetrikus, tehát transzformátort sem kell alkalmazni, amely pedig markáns torzítást tudna produkálni. Összefoglalva: a dinamikusmikrofon torzítás szempontjából szinte probléma mentesnek tekinthető.

Alapvetően más a helyzet a kondenzátormikrofonnal. Ebben az esetben már az elektromechanikai átalakító működése sem lineáris, hanem négyzetes összefüggés szerinti:

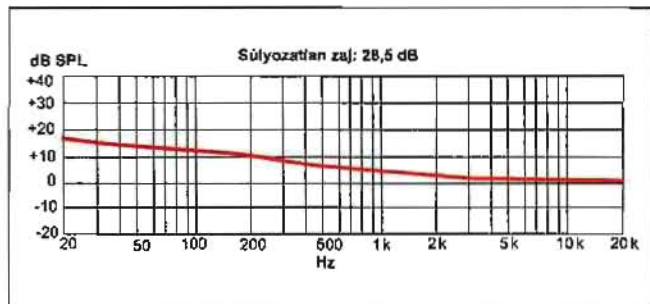
$$F(x) \cong \frac{C_0}{2d} u^2,$$

de ezt a nemlinearitást kiküszöböli a nagy polarizálófeszültség jelenléte. A kondenzátormikrofon torzítását valójában az elektronika határozza meg, vagyis maga az erősítő elem, illetve a hozzá tartozó szimmetrizáló transzformátor. Az erősítő elem korábban elektroncső volt, később FET, majd kifejlesztették a gyártók a transzformátor nélküli, jó minőségű szimmetrikus kimenetet, ezzel a torzítások jelentősen csökkentek.

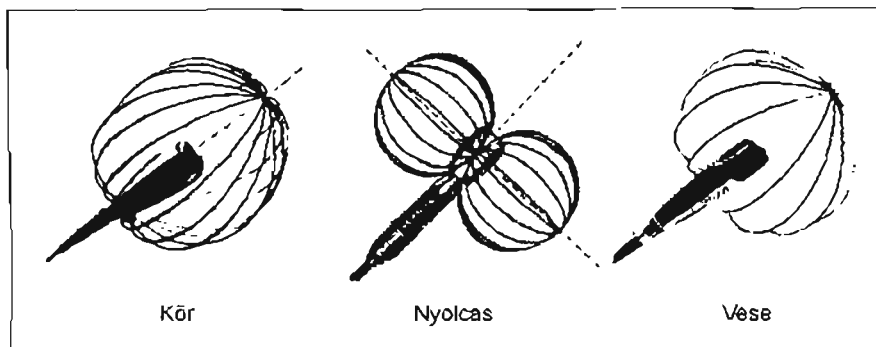
Az elektronikus kimenet szinte csak túlvezérlés esetén torzít, ekkor viszont szimmetrikusan vágja a kimenő jelet, ami páros harmonikus torzítást okoz. A páros harmonikus torzításra az emberi hallás jóval „elnézőbb”, ezért a ritkán előforduló, nagy kimenő feszültség sem okoz jelentős minőségromlást.



19. ábra. Dinamikus mikrofon helyettesítő zaja a frekvencia függvényében



20. ábra. Kondenzátor mikrofon helyettesítő zaja a frekvencia függvényében



21. ábra. Mikrofon Iránykarakterisztikák

### 7.5. A mikrofonok tranziens átvitele

A jó minőségű mikrofon élethűen alakítja át az impulzusszerű hangnyomást is (dob, zongora, trombita, hegedű...). Ehhez az szükséges, hogy a kialakult hangnyomással azonos módon lendüljön ki a mikrofon membránja, nagyon kis idő alatt, vagyis nagy membrángyorsulás szükséges. A membrán gyorsulása adott erő hatására a membrán tömegétől függ. Minél kisebb ez a tömeg, annál élethűbb a mikrofon impulzusátvitele. Ebből kiderül, hogy a felépítésükből adódóan a kondenzátor és szalagmikrofonok rendelkeznek ezzel a jó tulajdonsággal.

### 7.6. A mikrofonok frekvenciamenete

A frekvenciamenet, vagyis a mikrofon sáv szélessége megadja, hogy milyen frekvenciahatárok között képes a mikrofon a hangnyomást, adott hibával feszültséggé alakítani. Korábban részletesen tárgyaltuk a dinamikus és kondenzátor mikrofon működési frekvenciatartományát befolyásoló elektromechanikai tényezőket.

### 7.7. A mikrofonok iránykarakterisztikája

A mikrofonok irányfüggő érzékenységét a mikrofon iránykarakterisztika fejezi ki. Képzeljük el, hogy a tér különböző irányából érkező 1 kHz frekvenciájú, 1 Pa hangnyomású hanghullámokra a mikrofon különböző nagyságú feszültséget szolgáltat. Az adott irányra jellemző feszültséggel arányos egyenes szakasszal jellemezzük a kimenőfeszültség nagyságát abban az irányban. Sok ilyen jellegű mérést végezve, a szakaszok végpontjait összekötve, egy térbeli ábrát kapunk, amely megadja a különböző irányokból mérhető mikrofon érzékenységét (21. ábra).

A térbeli ábra nehezen kezelhető, ezért gyakran ennek síkmetszetét képezzük, így kaphatjuk meg a kör, nyolcas, vese iránykarakterisztikát.

Iránykarakterisztika szempontjából alapvetően kétfajta mikrofon létezik. Az egyik esetben csak a membrán egyik oldalát éri a hanghullámok, ezt nyomásmikrofonnak nevezzük. Ha a membrán elejét és a hátulját is éri hanghullámok, akkor nyomásgradiens (különbségi nyomás) mikrofonról beszélünk. A nyomásmikrofon kör iránykarakterisztikájú, a nyomásgradiens mikrofonok kialakításától függően nyolcas, vese, szupervese, hipervese iránykarakterisztikájúak.

A mikrofon mérete kisebb frekvenciákon jóval kisebb a hang hullámhosszánál, ezért nem zavarja meg a teret. Nagyobb frekvenciákon már összemérhető a hullámhosszal, így a mikrofon mechanikai kialakítása is befolyásolja a hangteret, a kisfrekvenciástól eltérő érzékenység adódik. Ezért az iránykarakterisztika csak egy frekvenciára érvényes, egy másik frekvencián más iránykarakterisztika szerint alakul az irányfüggő érzékenység. A mikrofonok iránykarakterisztikáját ezért egy polárdiagramon ábrázolt görbesereg fejezi ki, ahol az egyes görbék frekvenciában paraméterezték.

Előfordulhat olyan feladat, amikor csak egy kis térszögben szabad a mik-

rofonnak hangnyomásti feszültséggé alakítani („puska mikrofon”).

Egy lehetséges megoldás, ha a mikrofon membránja elé hangvezető csövek sokaságát pánsípszerűen helyezük el. A változó hosszúságú csövek miatt a ferdén érkező hanghullámok a membránhoz fáziskülönbséggel jutnak el, így egy bizonyos frekvenciasávban egymást kioltják, vagyis a mikrofon az oldalról érkező hanghullámokra érzéketlen lesz.

A mély hangok hullámhossza jóval nagyobb a szokásos mikrofon méretekhez képest, ezért a kis frekvenciákon az erősen irányított jelleg nem jön létre.

Ezeket nevezzük interferencia-mikrofonnak, mert a különböző fázissal a membránhoz érkező hanghullámok egymással interferálva alakítják ki az iránykarakterisztikát.

Ma már nem különböző hosszúságú csöveket helyeznek a mikrofon elé, hanem a mikrofon hosszított testén levő furatokon lépnek be a hanghullámok (22. ábra).

### 7.8. Egy valóságos mikrofon műszaki paraméterei

Érzékenység: 21 mV/Pa

Helyettesítő zajszint: súlyozatlan 24 dB, CCIR 468 súlyozású 17 dB CCIR, IEC 561 „A” súlyozású 7 dB

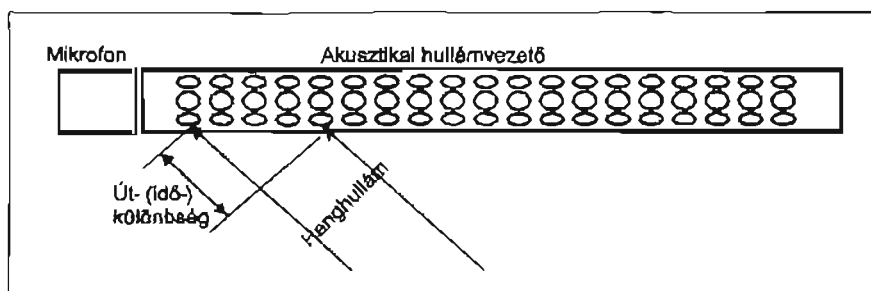
Maximális hangnyomás: 138 dB SPL

Dinamika átfogás: CCIR 121 dB IEC 561 131 dB

Jel-zaj viszony, 1 mV/Pa értékhez viszonyítva: 70 dB súlyozatlan, 77 dB CCIR, 87 dB „A” súlyozású.

### 8. A mikrofon előerősítő

Az előzőekben megfigyelhettük, hogy a mikrofonok kimenőszintje közepes hangnyomás esetén tized mV, illetve mV nagyságrendben van. A rögzítő berendezések, editáló eszközök, effekt berendezések szabványos bemeneti és



22. ábra. Interferencia-mikrofon működési elve



kimeneti szintje pedig több száz mV, illetve V, ezért szükséges a mikrofonok jelének erősítése. Ezt ráadásul úgy kell végezni, hogy az eredeti, a mikrofon kimenetén megjelenő jel ne szenvedjen információ torzulást (zaj, torzítás, frekvenciamenet...).

A hangsnúdió technikában a be- és kimeneti szinteket szabványosították, a vonatkoztatási szint leggyakrabban a telefontechnikából „megörökölt”  $0,775 V_{eff}$ , ami az 1 mW teljesítményű jel feszültsége 600 ohmos ellenálláson. Ha egy beemenő-, vagy kimenőszintet ehhez az értékhez viszonyítanak decibelben, azt külön jelölik is, dBm vagy dBu kiterjesztéssel. Általában igaz persze van kivétel is), hogy az európai országok gyártói a +6 dBm (1,55 V) szintet részesítik előnyben, míg az angolszász és távolkeleti országokban a -4 dBm (1,23 V) a szabványos érték, mint nulla szint. Többször találkozni olyan specifikációval is, ahol a szinteket az 1  $V_{eff}$  feszültséghez viszonyítják, ennek jelölése „dBV”.

A nem stúdiótechnikai hangberendezések esetében nincs egységes szabvány, mégis legtöbbször a be- és kimenőszintek -10 dBV nagyságúak, azaz 316 mV feszültségértékűek.

### 8.1. A mikrofon előerősítők fajtái rendszertechnikai szempontból

Mikrofon előerősítőnek nevezzük általában a keverőasztaltól függetlenül, „stand alone” berendezéseket, ugyanis a keverőasztalok „bivalalból” elvégzik a hozzá csatlakoztatott mikrofon jelének erősítését. Az előerősítők készülhetnek monó, sztereó, vagy több csatormás kivitelben, tartalmazhatnak jelprocesszálló áramkörök (dinamika kompresszor, limiter, expander, EQ...), monitorozó fejhallgató erősítőt, kivezérlésmérőt, alkalmasnak lehetnek az L/R sztereó mellett M/S jelfeldolgozásra is. Nem mindegyik előerősítőre jellemző, de rendszerint ellátják a kondenzátormikrofonokat fantom táplálással. Tápellátás szerint hálózati vagy telepes táplálásúak, de léteznek vegyes táplálású előerősítők, melyek a telep kimerülésekor automatikusan hálózati üzeműmódra váltanak át.

Sok esetben tartalmaznak az erősítők A/D konvertert, hogy a digitális keverőasztalokhoz való csatlakozás valamelyik szabványos digitális interfészen (AES/EBU, MADI) történhessen meg.

Bármelyik rendszertechnikai változatról legyen is szó, a professzionális

erősítők a kiváló műszaki jellemzőkön túl is rendelkeznek néhány közös tulajdonsággal: az erősítésük pontosan decibelben állítható, kimenetük pedig a stúdió jelvezetési szabványhoz igazodóan földfüggetlen, szimmetrikus kialakítású.

### 8.2. Az analóg jelfeldolgozású mikrofon előerősítők műszaki jellemzői

#### 8.2.1. Erősítés

Az erősítők kimenőfeszültsége általában 0 dBm (0,775 V) környékén van azért, hogy nagy mikrofonjelek esetében sem forduljon elő túlvezérlés (clip). Az erősítők túlvezérlési tartaléka (headroom) általában 22–24 dBm, amely érték 9–12  $V_{eff}$  kimenő feszültséget jelent. Ezt a kimenő feszültséget lehet még torzítás mentesen biztosítani az általában maximális  $\pm 18 V$  DC tápfeszültséggel, amelyet az integrált áramkörök és kiszajú tranzistorok még elviselnek.

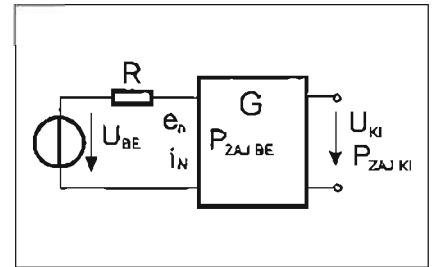
Az erősítést ennek megfelelően számítva, a szükséges érték 40–60 dB között van, mikrofontípustól függően. Ez az erősítés a kimeneten átlagos hangosságú műsor esetén kb. 200–500 mV feszültséget eredményez, amely már elegendő egy keverőasztal vonalbemenetéen a teljes kivezérléshez.

Természetesen szükséges lehet ennél kisebb erősítésre is, hiszen látuk, a mikrofonok maximális kimenőjele elérheti a volt nagyságrendet, vagyis célszerű, ha az erősítés 0 dB és 60 dB között állítható. Gyakori megoldás, hogy az általában 10 dB-es lépésben állítható erősítés mellett egy „finom szabályzó” is működik, amellyel 1–2 dB lépésközzel további erősítés adható a „durva” szabályzóval beállított értékhez.

#### 8.2.2. Az erősítő saját zaja

Az erősítők zaját a passzív és aktív alkatrészek zajának összegzett energiája adja. Minden erősítő bemenetén képzeljük el az erősítendő feszültséget, mint feszültséggenerátort, ezzel sorosan kapcsolva egy eredő ellenállást (Thevenin helyettesítő kép), amely ellenállás a forrás kimenőellenállásából és az erősítő bemenőellenállásából (impedanciájából) számítható. Ezt követi az erősítő, amely aktív és passzív alkatrészeivel szintén zajt termel (23. ábra).

A meghajtó feszültséggenerátor belső ellenállását a vizsgált frekvenciasávban ohmos ellenállásnak tételezzük fel, ezzel az elektronok Brown mozgá-



23. ábra. Az erősítő helyettesítő képe zaj szempontból

sa miatt keletkező termikus zajfeszültséget a következőképpen számíthatjuk ki:

$$U_{z,DF} = \sqrt{4 R k T f_B}$$

ahol  $R$  = a bemeneten levő eredő ellenállás,

$k$  = a Boltzmann állandó,

$T$  = az abszolút hőmérséklet,

$f_B$  = pedig a vizsgált sáv szélesség.

Ez az  $U_{z,DF}$  zajfeszültség az „R” ellenálláson egy  $P_{z,DF}$  zajteljesítményt jelent, amelyet az erősítő felerősít és hozzáadja ehhez a bemenő zajteljesítményhez a saját zaját is. Az erősítők hozzáadott saját zaját a zajtényezővel fejezhetjük ki, a következő összefüggés szerint:

$$F = \frac{P_{z,ki}}{G P_{z,be}}$$

ahol  $F$  = a zajtényező,

$G$  = a teljesítményerősítés.

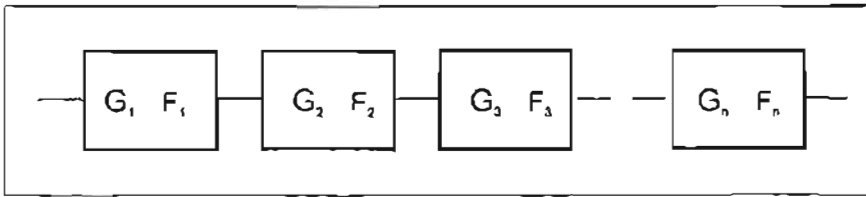
A bemenő zajteljesítmény számításához feltétel, hogy a bemeneti ellenállás-zajt  $T = 290 K$ -en kell meghatározni. Az „F” zajtényező rendszerint dB-ben adják meg, a következő összefüggés szerint:

$$F[\text{dB}] = 10 \lg F$$

vagyis egy ideális, zajtalan erősítő zajtényezője 0 dB.

Vizsgáljuk meg, hogyan számítható az eredő zajtényező több erősítő láncba kapcsolása során, ahol ismert valamennyi erősítő teljesítményerősítése és zajtényezője (24. ábra). Az eredő zajtényező a következőképpen alakul:

$$F_{eredo} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 G_2 \dots G_{n-1}}$$



24. ábra. Az eredő zajtényező számítása több erősítő láncba kapcsolásakor

Ez az összefüggés egy fontos tényre világít rá. Ha az első fokozat erősítése elég nagy, akkor gyakorlatilag csak az első fokozat zajtényezője szerepel teljes súllyal, a többi fokozaté szinte elhanyagolható.

Ez a megállapítás a gyakorlathoz a következő útmutatást adja: egy keverőasztal esetén az eredő erősítés állítható a bemeneti mikrofoncsatorna szabályozójával és a csatorna, valamint a fő kimenet szabályozójával is. Kis zajtényező eléréséhez az erősítést úgy kell beállítani, hogy a bemenő mikrofonerősítő erősítése domináljon, ezzel a bemeneti fokozat zajtényezője lesz a meghatározó. Ezt a fokozatot pedig mindig zajra optimalizálják a tervezők, ezáltal eredőben kis zajtényező érhető el.

Az integrált áramköröket is úgy tervezik, hogy az első fokozat erősítése nagy legyen, így ez határozza meg az eredő zajt, és az első fokozatot optimalizálják zaj szempontjából.

A zajtényező jól jellemzi az áramkört, de különböző erősítések esetén a zajt mindig újra kell számolni. A változtatható erősítésű eszközökre (mikrofon előerősítők, keverőasztalok) ezért egy praktikus számítási módszert dolgoztak ki, amellyel az erősítés ismeretében a kimeneti jel-zaj viszony könnyedén, egy összeadás elvégzésével számítható.

Vezessük be a bemeneti ekvivalens bemeneti zaj, más megfogalmazásban a bemenetre redukált zaj fogalmát!

Ez a következőt jelenti: az erősítőt zajmentesnek tételezzük fel, az erősítő saját zaját pedig a bemenetre koncentrálnuk egy zajfeszültség formájában, amelyet a 0,775 V-hoz viszonyítva, dBm-ben fejezünk ki. Sokszor előfordul a bemenetre redukált zaj feszültségben ( $\mu\text{V}$ -ban) történő megadása is. Ezek után bármilyen erősítéshez kiszámíthatjuk a kimeneti zajt, csak az ekvivalens bemeneti zajt meg kell szorozni az erősítéssel, amit ha szintén decibelben fejezünk ki, egy összeadás elvégzését jelenti!

Például legyen a bemeneti ekvivalens zaj (EIN, Equivalent Input Noise)

-128 dBm, az erősítés pedig 60 dB, a kimeneti jel-zaj viszony így -68 dB a 0,775 V-hoz viszonyítva, vagyis az eredmény -68 dBm.

Az egyszerű számíthatóság miatt a változtatható erősítésű eszközök zaját mindig az „EIN” értékkel jellemzik.

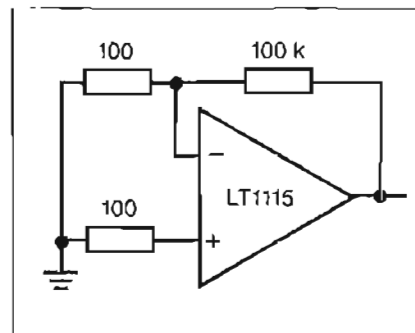
A mikrofon előerősítő passzív és aktív elemekből épül fel. Vizsgáljuk meg, az egyes elemek zaja hogyan befolyásolja az erősítő fokozat eredő zaját! Hogy a számítás „életszerű” legyen, válasszuk a *Linear Technology* LT1115 típuszámú, kiszajú, precíziós műveleti erősítőt, valósítsunk meg az IC felhasználásával egy 60 dB erősítésű erősítőt (25. ábra)!

Az eredő bemeneti zajt három összetevő alkotja: a bemeneteken található ellenállások összegének ( $R_{ekv}$ ) termikus zaja, az IC bemeneti zajfeszültsége, valamint az IC bemeneti zajárama, amely az  $R_{ekv}$  ellenálláson hozza létre a zajfeszültséget. A három zajfeszültség egymással nincs korrelációban, ezért az eredő zajt négyzetes középérték képzéssel számíthatjuk.

$$e_i = \sqrt{e_n^2 + r_n^2 + (i_n R_{ekv})^2}$$

Az  $e_i$  a teljes, eredő zajfeszültség, frekvencia (sávszélesség) egységre számítva. Dimenziója:

$$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$$



25. ábra. Egy 60 dB-es erősítő egyszerűsített kapcsolása zajszámítás szempontjából

vagyis ezt az értéket megszorozva az átvinni kívánt sávszélesség gyökével, megkapjuk a bemenetre érvényes ekvivalens zajt. Ha ezt a zajfeszültséget az erősítéssel szorozzuk, a kimeneti zajfeszültség értékét számíthatjuk ki. Amennyiben „EIN” formában kívánjuk a zajt megadni, az átvitt sávszélességre számított eredő zajt a 0,775 V-hoz viszonyítva, dB-ben kell meghatározni. Az „ $r_n$ ” az invertáló és neminvertáló bemeneteken található ellenállások összegének ( $R_{ekv}$ ) termikus zaja szintén

$$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$$

formátumban van megadva. Az integrált áramkör ekvivalens bemeneti zajárama szorozva az  $R_{ekv}$  ellenállással adja az eredő zajfeszültség harmadik komponensét.

Az LT1115 IC zajparaméterei:

$$e_n = 0,85 \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$$

$$i_n = 1 \frac{\text{pA}}{\sqrt{\text{Hz}}}$$

$$r_n = \sqrt{4 k T R_{ekv} f_B} =$$

$$= \sqrt{4 k T R_{ekv} \sqrt{f_B}} =$$

$$= 0,13 \sqrt{R_{ekv}} \cdot \left[ \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}} \right]$$

$$R_{ekv} = 100 \Omega + 100 \Omega \text{ paralel } 100 \text{ k}\Omega \cong 200 \Omega$$

$$r_n = 0,13 \sqrt{200} = 1,84 \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$$

$$e_i = \sqrt{0,85^2 + 1,84^2 + (0,001 \cdot 200)^2}$$

$$e_i = 2,04 \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$$

60 dB erősítés és 20 kHz sávszélesség esetén a kimeneten megjelenő zaj:

$$U_{z_{ki}} = 2,04 \cdot 1000 \sqrt{20 \cdot 000} = 288,5 \mu\text{V}$$

Ha a zajt „EIN” formában fejezzük ki:

$$\begin{aligned} \text{EIN} &= 20 \lg \frac{2,04 \sqrt{20000}}{0,775} 10^{-9} = \\ &= -128,6 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Fenti esetben az erősítőt tápláló feszültséggenerátor belsőellenállását elhanyagoltuk, feltételeztük, hogy sokkal kisebb, mint  $200 \Omega$ . A való életben ezt nem tehetjük meg, ezért  $R_{ekv}$  ellenállás-hoz hozzáadódik a generátorellenállás is, ami biztosan növelni fogja az eredő bemenetre redukált zajfeszültséget.

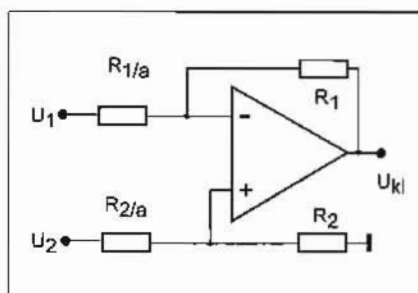
Az integrált áramkörök első fokozatának kollektorárama határozza meg  $e_n$  és  $i_n$  értékét. A kollektoráram négyzetgyökével fordítottan arányos az ekvivalens zajfeszültség, míg egyenesen arányos az ekvivalens zajáram értéke. Ebből a tényből és az eredő zajfeszültség képletéből adódik, hogy kis generátorellenállásoknál az ekvivalens zajfeszültség dominál. Növekvő generátorellenállásnál az ellenállás termikus zaja, majd a generátorellenállás értékével egy határt átlépve a zajáram okozta zajfeszültség a mérvadó.

Ezért érthető, hogy minden integrált áramkört gyártó cég különböző típusú IC-t ajánl a különböző generátorellenállásokhoz, különböző  $e_n$  és  $i_n$  értékekkel, ezáltal tetszőleges generátor ellenállás mellett is lehet kis zajú erősítő áramköröket tervezni, készíteni.

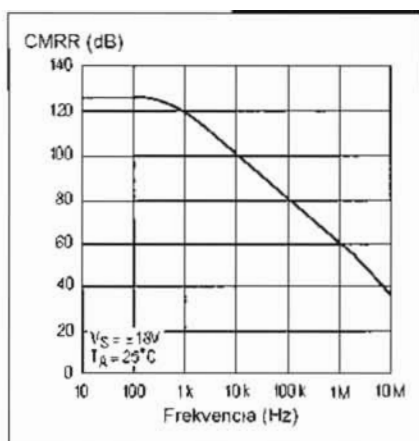
A stúdiótechnikában alkalmazott mikrofonok kimenőimpedanciája (kimenőellenállása) dinamikus mikrofonok esetében általában  $200 \Omega$ , kondenzátormikrofonoknál változó, de  $50\text{--}200 \Omega$  közötti érték a leggyakoribb. Ha zajmentes erősítőt tételezünk fel (persze csak elméletileg), akkor a forrásimpedancia ( $200 \Omega$ ) meghatározza az *elméletileg elérhető legkisebb zajfeszültség* értékét, amikor is csak ennek az ellenállásnak a termikus zaja szerepel, mint zajforrás. Ez a zaj  $200 \Omega$ -os ellenállás esetében

$$1,84 \frac{nV}{\sqrt{Hz}}$$

ami megfelel  $-129,52 \text{ dBm}$  EIN értéknek, a hangfrekvenciás sávra számítva.



26. ábra. Kivonó műveleti erősítő, mint szimmetrikus jelfogadó



27. ábra. A CMRR alakulása a frekvencia függvényében, LT1115 IC

A fent kiszámolt, meghatározott zajok súlyozatlan értékek, vagyis nem veszik figyelembe az emberi hallás frekvenciafüggését. A mikrofon előerősítők zaját ezért – az EIN értékének közlése mellett – gyakran a CCIR, vagy IEC görbével súlyozottan is megadják a gyártók.

### 8.2.3. Az erősítőben keletkező zavarjel

Az erősítő saját zaja az alkatrészek működési elvéből következik, míg a zavarjelek valamilyen külső behatásra, az erősítőt alkotó alkatrészek aszimmetriájából adódnak.

A professzionális mikrofon előerősítők bemenete és kimenete ún. földfüggetlen szimmetrikus kialakítású, a zavaroktól mentes jelátvitel érdekében. A földfüggetlen, szimmetrikus jelek fogadására, kivonó áramkört kialakításban, műveleti erősítőket alkalmazunk.

Ennél a jelvezetési módnál a két vezetéken található elektromos jel egymáshoz képest  $180^\circ$ -os fázisú, míg a zavarjel azonos fázisú. A kivonás következtében a hasznos jel amplitúdója kétszerese lesz az egy vezetéken mérhető értéknek, míg az azonos nagyságú két zavarjel elméletileg kioltja egy-

mást. A szimmetrikus jeleket fogadó erősítőt korábban diszkrét elemekből építették fel, ma már az IC-gyártók precíz fogadóerősítőket kínálnak (Line receiver 26. ábra).

Természetesen a zavarjel teljes kioltásáról nem beszélhetünk a műveleti erősítő és az ellenállások kismértékű pontatlansága miatt. A műveleti erősítőre ezért megadja a gyártó cég azt a jel nagyságot, amelyet az azonos fázisú jel keltett a kimeneten, ezt az értéket viszonyítják a hasznos kimenő jelhez, dB-ben kifejezve.

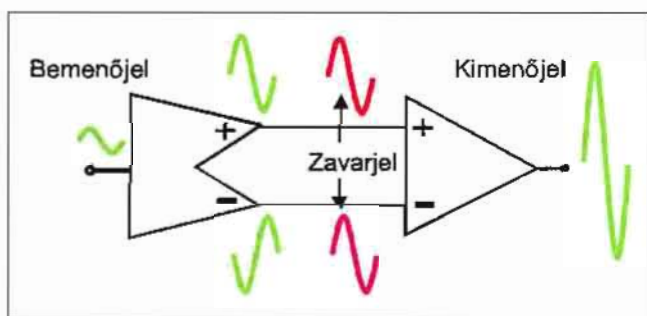
Ezt nevezik *Common Mode Rejection Ratio*-nak (közösmódusú jelelnyomási tényezőnek). Értéke 1 kHz-en általában  $100\text{--}120 \text{ dB}$ , ami azt jelenti, hogy az azonos fázisú zavarjel a hasznos jelnek csupán a százazred-milliomod része a kimeneten. A CMRR értéke növekvő frekvenciával csökken az IC-ben levő és az áramkört szórt kapacitások miatt (27. ábra).

A földfüggetlen, szimmetrikus jelet a dinamikus mikrofon felépítéséből adódóan előállítja, a kondenzátor mikrofonok korábban transzformátorral, ma már szimmetrizáló erősítővel oldják meg a jel átalakítást.

A szimmetrizáló erősítő az aszimmetrikus erősítő kimenetén megjelenő jelet alakítja át földfüggetlen szimmetrikus jellé, vagyis az aszimmetrikus jelből két, egymással ellentétes fázisú jelet hoz létre, ez a két jel kerül az árnyékolt vezeték két „meleg” erére. (in phase +, out of phase -) Ezt a két eret veszi körül az árnyékoló harisnya, amely a külső zavarjeleket igyekszik szintén csökkenteni.

A szimmetrizáló erősítő (Line driver) szintén előállítható diszkrét alkatrészekből, de néhány IC gyártó cég kínál integrált szimmetrizálót is (28. ábra).

A professzionális szimmetrizáló erősítő kimenete úgy viselkedik, mint egy transzformátoros kimenet, vagyis bármelyik pontja földelhető. Ha egyik pontját földeljük, a másik erősítő kime-



28. ábra. Szimmetrikus jelvezetés alapelve, szimmetrizáló és aszimmetrizáló erősítővel

netén kétszer akkora jel jelenik meg, vagyis az erősítő kimenete előállítja a „tényleges” jelet, a nem földelt kimenet átveszi a földelt kimenet szerepét.

Léteznek egyszerűbb kapcsolástechnikájú szimmetrizálók is, amelyek precízen előállítják a szimmetrikus jelet, de esetükben az előbb leírt földelhetőség nem teljesül.

A másik említésre méltó zavarjel, amely megjelenik a kimeneten levő hasznos jel mellett, a tápellátásból eredő, a tápfeszültségen található, maradék váltakozó feszültség.

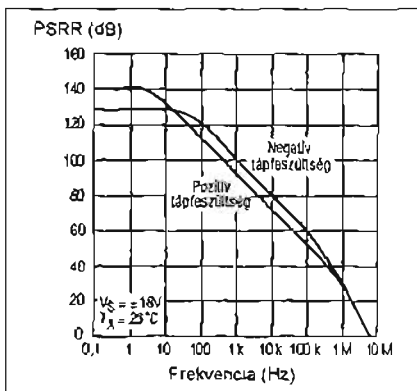
Az integrált áramkörök felépítéséből és az áramkörök aszimmetriájából adódóan az IC-k tápfeszültségén jelen levő váltófeszültség kis szinten, de megjelenik az IC kimenetén is.

Az integrált áramkörök ezen jellemzője a *Power Supply Rejection Ratio* (PSRR), amely általában különböző érték a pozitív és negatív tápfeszültségre, ráadásul a frekvencia növekedésével az értéke egyre csökken (29. ábra).

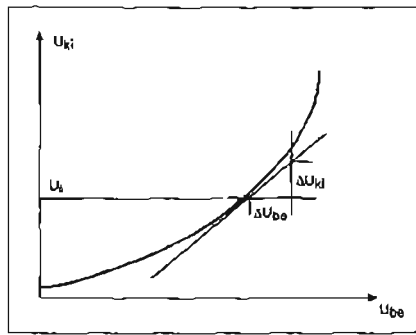
Az ábrából látható, hogy nagy hullámosság (rippli) esetén, 10 kHz-en már a kimeneti jel-zaj viszonytal azonos nagyságrendű a zavarjel méretéke. Ha a tápfeszültséget (telepes táplálás esetén) DC/DC konverterrel állítjuk elő, ezek kapcsolófrekvenciája 50–200 kHz tartományba esik, a PSRR ezen a frekvencián 40–50 dB-re csökken. Ebben az esetben nagyon fontos, hogy az IC-k gondosan, többszörösen szűrt tápfeszültség-ellátásban részesüljenek.

#### 8.2.4. Az erősítő nemlineáris torzítása

A mikrofon erősítő feladata kizárólag a mikrofon kimenő feszültségének megnövelése, a mikrofonjel információtar-



29. ábra. A PSRR alakulása a frekvencia függvényében, a pozitív, illetve a negatív tápfeszültség zavarjele esetén (LT1115 IC)



30. ábra. Egy valóságos, nemlineáris erősítőkarakterisztika közelítő görbéje

talmát változtatlanul kell hagynia! Lát-hattuk, ez nem teljesül, hiszen a hozzáadódó zaj igenis megváltoztatta az eredeti információt.

További információ torzulásra számíthatunk az erősítés során, hiszen az erősítés  $U_{ki}/U_{be}$  karakterisztikája csak elméletileg egyenes, a valóságban egy görbült karakterisztika (30. ábra), amely a következő egyenlettel közelíthető:

$$U_{ki} = U_0 + A_1 U_{be} + A_2 U_{be}^2 + A_3 U_{be}^3 + \dots$$

ahol  $U_0$  a munkaponti feszültség,  $A_1$  a munkapontban a görbéhez húzott érintő egyenes meredeksége (a tulajdonképpeni erősítés),  $A_2$  a négyzetes átviteli karakterisztika átviteli faktora,  $A_3$  a harmadfokú karakterisztikáé, és így tovább...

A bemeneti feszültség növekedésekor egyre inkább érvényesül a második harmadfokú karakterisztika, ez az oka annak, hogy a nemlineáris torzítás szintfüggő.

A nemlineáris torzítást ugyanúgy egy számértékkel szeretnénk kifejezni, mint a zajt vagy az erősítő frekvenciamenetét, ennek érdekében az erősítő bemenetére egy vizsgáló jelet bocsátunk, melynek nemlineáris torzulása elhanyagolható. A nemlineáris torzítások elnevezése a bemeneti vizsgálójel összetételétől függ, a legegyszerűbb esetben egy koszinuszos jelet kapcsolunk a bemenetre.

Tételezzünk fel egy négyzetes karakterisztikát, a bemeneti jel az egyszerűség kedvéért legyen egységnyi amplitúdójú ( $U_{be} = \cos \omega t$ ). A kimeneten megjelenő jel  $A_2$  erősítésfaktoral súlyozva:

$$U_{ki} = A_2 \cos^2 \omega t.$$

A  $\cos^2 \omega t$  függvényt felírhatjuk  $\cos \omega t \cdot \cos \omega t$  formában is, erre alkal-

mazható az alábbi trigonometriai összefüggés:

$$\begin{aligned} \cos \alpha \cdot \cos \beta &= \\ &= \frac{1}{2} [\cos (\alpha + \beta) + \cos (\alpha - \beta)]. \end{aligned}$$

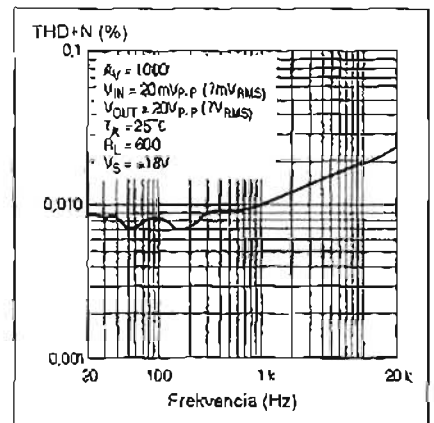
A kimenőjel összetétele ezután:

$$U_{ki} = \frac{1}{2} A_2 (\cos 2\omega t + 1)$$

vagyis a kimenőjelben megjelent a bemeneti vizsgálójel második harmonikus (2ωt), valamint egy egyenfeszültség („1”) is. Ha az erősítő átviteli karakterisztikája tartalmaz harmad-, negyedfokú tagot is, megjelennek a harmadik, negyedik felharmonikusok is a kimenőjelben, jóllehet a bemenő jelet ezeket nem tartalmazta. A nemlineáris torzítás mértékét a megjelenő felharmonikusok amplitúdójával jellemezhetjük. A felharmonikusok amplitúdójának négyzetösszegéből vont négyzetgyök adja meg a keletkezett harmonikusok összes energiáját. Ha a torzítás értékét százalékban szeretnénk kifejezni, a termelődött felharmonikusok energiáját a teljes, torzult jelhez kellene viszonyítani, de kis torzítások esetén (k<10%), mérés technikai szempontból az alapharmonikus amplitúdójához viszonyítunk, s így sem követünk el nagy hibát:

$$k = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{U_1} \cdot 100$$

Ez a nemlineáris torzításmérési módszer a harmonikusok megjelenését számszerűsíti, ezért nevezik el a kiszámolt értéket harmonikus torzításnak, és miután a második harmonikustól kezdve az összes megjelenő harmonikus



31. ábra. THD + N a frekvencia függvényében (LT1115 IC)

energiáját összegzi, teljes harmonikus torzításnak.

Az angolszász szakirodalomban ezért a *Total Harmonic Distortion* (THD) elnevezést kapta, de a mérés során nemcsak a harmonikusok energiáját összegezzük, hanem a mérési módszer miatt az erősítő kimenetén megjelenő zaj is hozzáadódik ehhez, ezért a mért érték a *Total Harmonic Distortion + Noise*, amelynek jelölése *THD+N* (31. ábra).

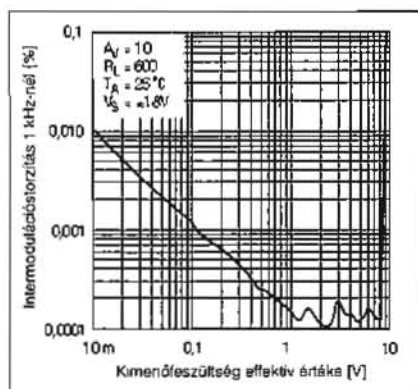
A nemlineáris torzítás mérésének egy másik módszere, amikor nem egyetlen szinuszelet, hanem két, különböző frekvenciájú szinuszelet összeget adjuk az erősítő bemenetére. A két jel amplitúdója általában különböző (gyakori a 4:1 arány), de létezik azonos amplitúdójú jelekkel végzett kiértékelés is. Az erősítő átviteli karakterisztikájától függően megjelenik a két jel frekvenciájának különbsége, összege, a bemenő jelek frekvenciájának kétszeresének, háromszorosának összege és különbsége stb. A megjelenő különbségi frekvenciák amplitúdóját viszonyítjuk – a megismert jelösszegzést felhasználva – a bemenő jelek amplitúdójának négyzetes középértékéhez, egy másik mérési módszernél az egyik bemenőjel amplitúdójához:

$$IMD = \frac{\sqrt{\sum_{n,m=1}^N U_{n,m}^2}}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2}}$$

Többféle mérési módszer létezik, a bemenő jelek lehetnek azonos jelalakúak, vagy különbözőek, azonos amplitúdójúak, vagy különbözőek:

- *szinusz-négyyszögjel módszer*: 3,18 kHz-es négyyszögjel és 15 kHz-es szinuszelet 4:1 amplitúdóviszonnyal (32. ábra),
- *CCIF-IM módszer*: két szinuszelet, 14 és 15, vagy 19 és 20 kHz, azonos amplitúdóval),
- *SMPTE módszer*: két szinuszelet, általában 4:1 amplitúdóval, 1 kHz vagy 400 Hz különbségi frekvenciával.

A harmonikus és intermodulációs mérési módszer az erősítők frekvenciafüggő, nemlineáris karakterisztikáját veszi csak figyelembe, az erősítés fáziskarakterisztikáját figyelmen kívül hagyja. A dinamikus intermodulációs torzítás mérési módszere figyelembe veszi az erősítők fáziskarakterisztikáját is. Ez a torzításfajta akkor áll elő, ha a



32. ábra. Az LT1115 IC intermodulációs torzítása CCIF-IM 13–14 kHz módszerrel mérve

bemenő jel emelkedési sebessége nagyobb, mint az erősítő maximális jel emelkedési sebessége (slew rate), és olyan erősítőről van szó, ahol a negatív visszacsatolás több fokozat után történik a bemenetre. Az erősítők (IC-k) belsejében előforduló szórt kapacitások, illetve a belső kompenzációs kapacitásai időt igényelnek a feltöltődéshez, ez alatt az idő alatt a negatív visszacsatolás nem a tervezettnek megfelelően működik, emiatt a bemenő fokozat túlvezérlődhet.

A dinamikus intermodulációs torzítás mérési módszere: egy 20 kHz-es fűrészjelet a fűrészjel frekvenciájának 256-od részével periodikusan fázisfordítanak. A slew rate-ből eredő torzítás eredményképpen egy, a kisebb frekvencia ütemében előforduló átlagérték változás keletkezik, ennek a kisfrekvenciás jelnek az amplitúdóját viszonyítják a fűrészjel amplitúdójához.

### 8.2.5. Az erősítő sávzélessége, tranziens viselkedése

Az emberi hallás sávzélessége, egyénektől függően kb. 20 kHz, de ez nem azt jelenti, hogy előerősítőinkkel ekkora sávzélesség átvitele elegendő. Ha lehetőségünk adódik ugyanazt a zeneszámot meghallgatni CD-ről és vinyl (LP) lemezről, azt tapasztaljuk, hogy az LP sokkal „teltebben, melegebben” hangzik. (A két lemez saját zaját most hagyjuk figyelmen kívül!) Nem csoda, hiszen CD esetén, még a mintavételezés előtt egy meredek, 20 kHz töréspontú aluláteresztő szűrőn bocsátjuk át az analóg jelet, s a mintavételezési frekvencia (44,1 kHz) fele értékén már 94 dB elnyomást produkál a szűrő. (Shannon tétel.) Az LP esetén – egyes mérések szerint – találtak 40–50 kHz-es kompo-

nenseket is, ennek tudhatjuk be a szebb hangzást.

A cél tehát a lehető legnagyobb elérhető sávzélesség megvalósítása, de ez esetben egy másik probléma adódik, az erősítő saját zaja, amely a sávzélesség négyzetgyökével növekszik. Nyilvánvalóan itt kompromisszumra van szükség a sávzélesség és a zaj tekintetében.

A sávzélesség értékétől függ az erősítő tranziens viselkedése is, vagyis mekkora jelváltozási sebességet képes produkálni a kimeneten. Egy ideális (nulla fel- és lefutási idejű) négyyszögjel sávzélessége a Fourier transzformáció szerint elméletileg végtelen nagy. Ha ezt a sávzélességet csökkentjük, egyre kevesebb szinuszelet vesz részt a négyyszögjel kialakításában (Fourier-sor), emiatt a négyyszögjel felfutó és lefutó élének meredeksége csökken. Ha a négyyszögjel alulfrekvenciájával megegyező töréspontú aluláteresztő szűrőn vezetjük át a négyyszögjelet, az eredmény egy szinuszelet lesz, amelynek frekvenciája azonos a négyyszögjel frekvenciájával. Az erősítő sávzélessége egyértelműen meghatározza a kimeneten mérhető jel fel- és lefutási idejét:

$$t_f = \frac{0,4}{f_B}$$

ahol  $t_f$  az erősítő kimenetén mérhető felfutási (lefutási) idő,  $f_B$  az erősítő sávzélessége, feltételezve, hogy a bemeneten egy ideális négyyszögjel volt a meghajtó jel. Ez a felfutási idő érték elméletileg igaz is, ha az erősítőt alkotó aktív elemek ezt nem korlátozzák a slew rate (SR) értékének megfelelően.

Egy vizsgáló szinuszelet meredeksége, állandó amplitúdót feltételezve, a frekvencia növelésével egyre növekszik, legnagyobb értékét a nullátmeneteknél éri el. Kiszámíthatjuk a szinuszelet slew rate értékét, a következő módon:

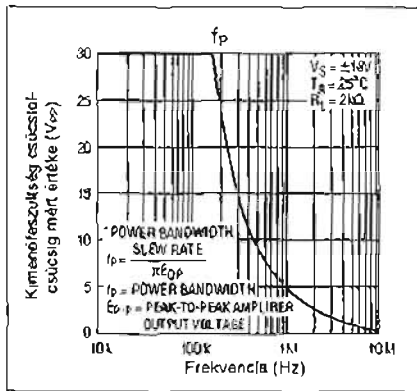
$$SR_{sin} = U_0 \omega \cos \omega t$$

ahol  $U_0$  = a szinuszelet csúcserőssége,  
 $\omega$  = a körfrekvencia  
 (szögsebesség).

A  $SR_{sin}$  értéke a nulla időpontokban ( $\omega = 0, \pi, 2\pi, \dots$ ) maximális, értéke:

$$SR_{sin} = U_0 2\pi f,$$

vagyis ameddig ez az érték kisebb, de maximum egyenlő az aktív elem SR ér-



33. ábra. Az LT1115 IC teljesítmény-sávzélessége a frekvencia függvényében

tékével, torzítás (slew distortion) nem keletkezik.

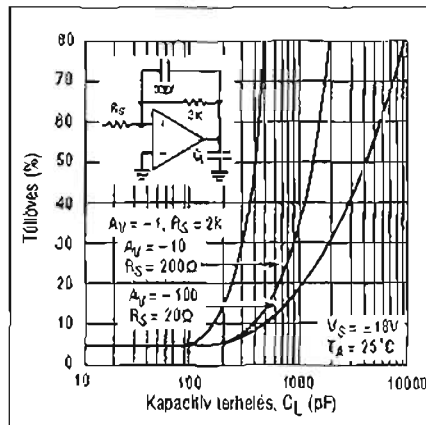
Ha ismerjük az aktív elem maximális kimenő feszültségét (csúcstól csúcsig, peak to peak,  $U_{pp}$ ), kiszámíthatjuk az SR ismeretében, hogy mekkora frekvenciáig (milyen sávzélességben) képes a kimeneten ezt a feszültséget produkálni. Ezt az értéket nevezzük az illető eszköz „teljesítmény sávzélességének” (power bandwidth,  $f_p$ , 33. ábra), amely frekvenciáig az erősítő képes a tápfeszültség által meghatározott maximális kimenőfeszültségre létrehozására:

$$f_p = \frac{SR}{\pi U_{pp}}$$

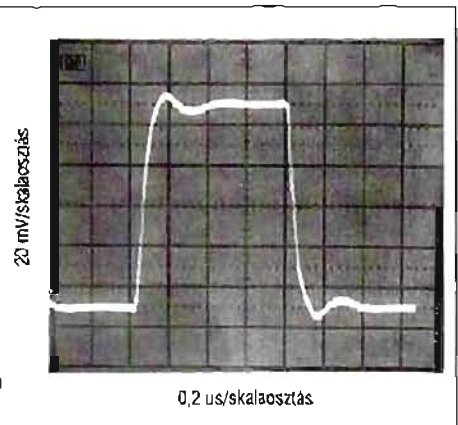
Az erősítő tranziensátvitelét egy „ideális” négyszögjellel vizsgálhatjuk, vagyis olyan jellel, amelynek felfutási ideje jóval kisebb, mint a sávzélességből, illetve a slew rate-ből adódó fel- és lefutási idő. A felfutási idő növekedése az „ideális” négyszögjelhez képest jellemzi az erősítő tranziensátvitelét. Az IC-k szórt kapacitásából, illetve a kimeneti terhelő kapacitásból (csatlakozó vezeték kapacitása) és a szórt induktivitásokból eredően a kimeneti négyszögjellelben „túllövés” (overshoot) is jelentkezhet (34. ábra).

Röviden összefoglalva az eddigieket: a mikrofon előerősítők sávzélessége a kedvező tranziensátvitel érdekében nagy, 50–150 kHz nagyságrendbe esik. Ha megfelelően kiszájtó aktív elemeket alkalmazunk, még ennél a sávzélességnél is teljesíthető a 126–128 dBm E1N.

Gyakori megoldás, hogy az erősítőket 200 kHz környékén sávkorlátozzák az elérhető kis saját zaj érdekében. Ami szintén fontos, a sávzélességhez kapcsolódó teljesítmény sávzélessé-



34. ábra. Az LT1115 IC túllövése a terhelőkapacitás függvényében



ségnek is elegendően nagyoknak kell lennie a nagyfrekvenciákon elérendő teljes kivezérelhetőség érdekében. Ehhez elegendően gyors aktív elemre (slew rate) van szükség.

### 8.2.6. Az erősítő tápellátása

Az erősítő tápfeszültség ellátás szempontjából lehetnek hálózati feszültségről vagy telepről tápláltak. Bármelyik esetben létre kell hozni a  $\pm 17$ – $18$  V feszültséget az aktív elemek számára, valamint a +48 V fantomtáplálást a kondenzátor mikrofonoknak.

Ahogy korábban említettük, a PSRR miatt nagyon gondosan szűrt tápfeszültség szükséges. Hálózati táplálásnál, ahol nem nagyon számít a járatékos teljesítmény felhasználás gyakori, hogy minden erősítőfokozat külön, kisteljesítményű stabilizátorral működik. A fantomtáplálást hálózatról működő áramkör esetén külön transzformátor tekercsről, külön egyenirányítással, vagy az erősítőket ellátó egyenirányítóról, feszültség sokszorozással hozzák létre.

A telepről történő üzemeltetésnél a precízen stabilizált, szűrt egyenfeszültségek létrehozásán túl, ügyelni kell a DC/DC konverter és a kapcsolás hatásfokára, ugyanis a 9–12 V-os telepfeszültségnél több száz milliámpere áramfogyasztás adódik a step-up konverterek esetében. A DC/DC konverterek működési frekvenciája 50–150 kHz, tehát fokozatosan szem előtti kell tartani a lappfeszültség szűrését, az ebben a frekvenciasávban erőteljesen lecsökkenő PSRR miatt.

A felhasználóbarát mikrofonerősítők felügyelik a telepfeszültség alakulását, és figyelmeztetnek az okverlenül szükséges telepcserére is.

### 8.2.7. Az erősítők csatlakozó pontjai

Az erősítő szimmetrikus be- és kimenetű, tehát ennek megfelelően kell a csatlakozókat kiválasztani. A leggyakoribb megoldás az XLR vagy a Ø6,3 mm-es sztereó jack hüvely (általában nem fér el az erősítő dobozán) a szimmetrikus jelvezetéshez. Tehát ezek valamelyike alkalmazandó a be- és kimeneti csatlakozónak.

A szimmetrikus XLR csatlakozó bekötése:

1. pont = GND,
2. pont = + bemenet,
3. pont = – bemenet.

A 6,3 mm-es, sztereó jack bekötése:  
vezetőhüvely (sleeve) = GND,  
csúcs (tip) = + bemenet,  
gyűrű (ring) = – bemenet.

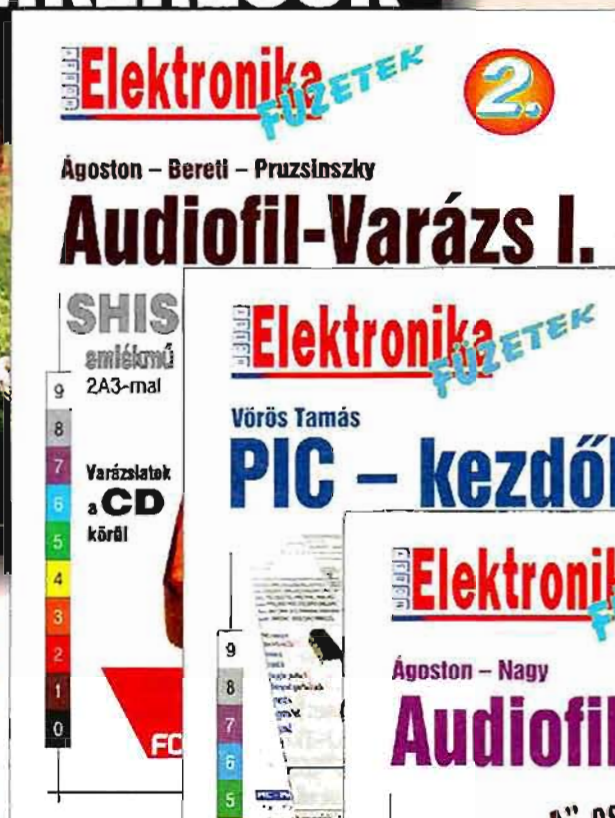
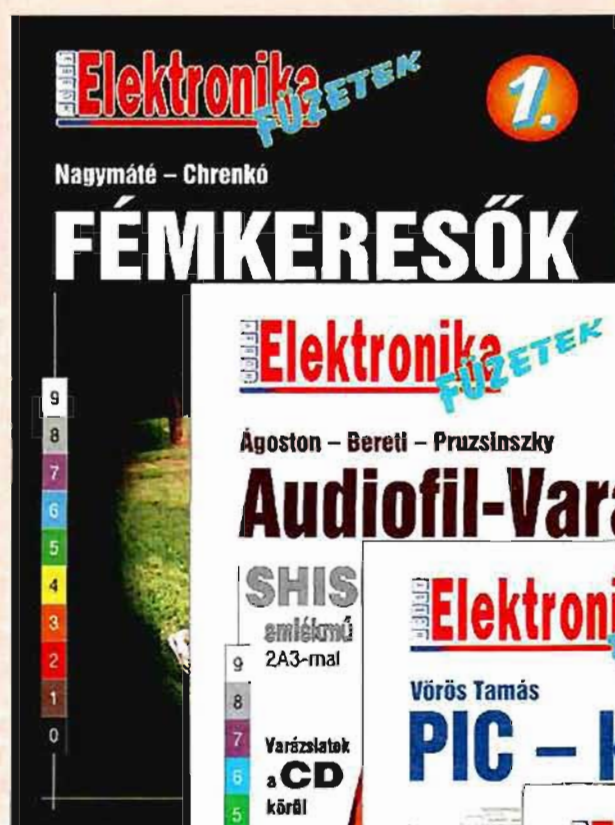
(Az RT 2011/1. számában „Mikrofon erősítők építése” című cikksorozatot indítunk a szerzőtől. – A szerk.)

#### Felhasznált irodalom:

- 1) Eigenrauschen und Dynamikumumfang von mikrofon und Aufnahmekette, Martin Schneider, Georg Neumann GmbH, Berlin Vortrag gehalten auf der 20. Tonmeistertagung, Karlsruhe, 1998.
- 2) Handbuch der Audio Schaltungstechnik, Paul Skritek, Franzis Verlag GmbH, München, 1988.
- 3) LT1115 adattlap LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION, 1989.
- 4) Egy dinamikus, kardioid iránykarakterisztikájú mikrofon analízisét bemutató számítógépes prezentáció tervezése, Vörös Bernadett, Szent István Egyetem, szakdolgozat, 2008.

MÁR  
EGY  
MINDEN  
HÉT  
K

A HE-füzetek kizárólag csak  
a szerkesztőségénél kaphatók!



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. l. em.

Audiofil találkozók - képekben  
[www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu)

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

(Postán is elküldjük, kb. 400 Ft postaköltséggel.)

# Színes TFT LCD-k

Vörös Tamás tanár, adlerson@freemail.hu

Egy korszerű készülék - akár legyen szó tömegtermékről vagy egyedi gyártásiról - szinte alapvető építőeleme a kijelző. Az adatok megjelenítésén túl a menürendszer kezeléséig sok funkciót el láthat, gondoljunk csak a széleskörben elterjedt mobiltelefonokra. A fejlesztő-építgető felhasználók számára már elég régóta elérhetők az alfanumerikus modulok. A fejlődés azonban megállíthatatlan, a korszerű tömeggyártási technológiáknak köszönhetően már a grafikus kijelzők ára is elérhető a nagyközönség számára. Így persze felmerül az igény ezek alkalmazására is, a szakirodalom viszont e téren meglehetősen szegényes, gyakorlatilag az adattapokra korlátozódik, megfelelően működő építési- vagy projektleírásokkal pedig még az interneten sem nagyon találkozunk.

A 2010-es RT Évkönyvben már olvashatunk a grafikus monokróm LCD-k alkalmazásáról. Most ezt kívánjuk folytatni egy színes grafikus TFT LCD modul bemutatásával, segítséget adva a további alkalmazásokhoz.

A technikai fejlődés előrehaladtával többféle színes megjelenítőeszközt is megismerhettünk. Hosszú ideig a CRT (katódsugárcsőves) kijelzők jelentették az egyetlen lehetőséget a színes megjelenítésre, gondoljunk csak a TV képcsövekre, illetve a számítógép monitorokra. Az ezredfordulóra már a csúcsra ért a CRT technológia, a monitorok hátrányai inamár erőteljesebben jelent-

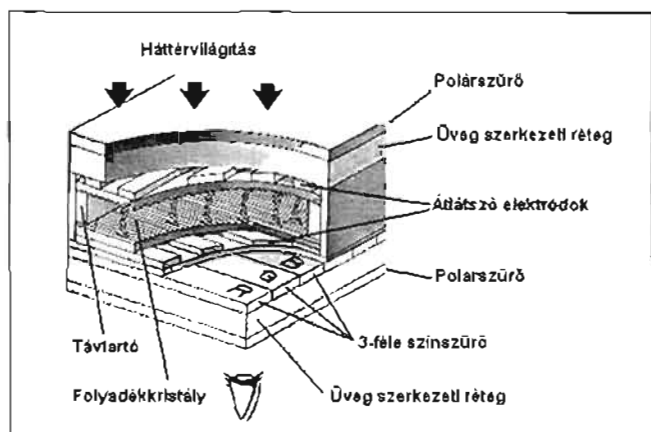
keztek. A viszonylag nagy súly és a törékeny kivétel miatt kétségtelenül hátrányai) indultak a folyadékkristályos és plazmakijelzők keltette versenyben. Ha objektívek szeretnének maradni, akkor azonban feltétlenül ki kell emelni, hogy a CRT-k verhetetlenek és talán azok is maradnak azokban a grafikai feladatokban, ahol a színhűség kiemelten fontos.

## Egy kis elmélet

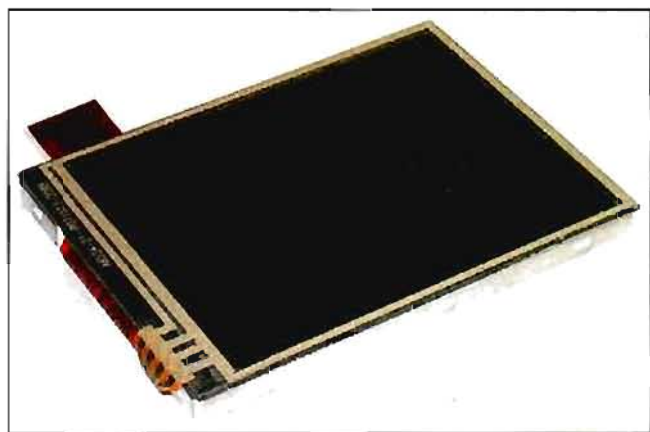
A folyadékkristályos kijelzők (LCD) működése azon a fizikai jelenségen alapszik, hogy bizonyos anyagok elektromos térerősség hatására megváltoztatják optikai tulajdonságaikat, törésmutatójukat vagy fényáteresztő képességüket. Ezt felhasználva már kész is a megjelenítőeszköz, ha ezt a különleges tulajdonságú anyagot két üveglap közé zárjuk. Az LCD-k nem képesek fényki bocsátásra, megvilágítást igényelnek. Ebből a szempontból kétféle kiviteli lehetőségét különböztetünk meg: az egyik típus esetében a kijelző mögött, a másikon pedig a modul előtt helyezkedik el a világítás. Ha a kijelző mögé tesszük a világítást, akkor transzmissziós LCD-ről, a másik esetben pedig reflexiós LCD-ről beszélhetünk. A transzmissziós esetben a háttérvilágítás általában LED-ekből épül fel, a kijelzőn megjelenő információ láthatósága e fényforrás erőssége határozottan befolyásolja. A reflexiós esetben a környezeti fény is szerepet játszhat az olvasha-

tóság kialakításában. A színes LCD fejlődése igazából a fehér LED piacra kerülése után gyorsult fel, mivel így egyszerre oldódott meg a kis energiafogyasztás és a mechanikai hatásokra érzéketlenség kérdése.

A kép a monokróm és a színes kijelző esetében is pontokból épül fel, mert még mindig ez a leghatékonyabb megjelenítési elv. Egy pont helyzetének megjelöléséhez két koordinátára van szükség (x és y). Színes esetben ehhez még hozzákapcsolódik három koordináta, amelyek a pont színösszetételét határozzák meg. Az összeadó színkeverés szabályai szerint a piros (R), zöld (G) és a kék (B) színek használatával majdnem a teljes színpaletta kikeverhető. Gyártástechnológia és felépítés szempontjából a színes modulok alapvetően kétféleképpen készülhetnek: az egyik eredménye a DSTN kijelző, a másiké pedig a TFT kijelző. A DSTN kijelző elvi felépítését mutatja az 1. ábra. Az LCD lelkét a két üveglap között elhelyezkedő folyadékkristály alkotja. Az üveglapokon kívül polárszűrők találhatók, amelyek csak a megfelelő polarizációjú fénysugarakat engedik át. Az üveglapok belső oldalán található a párhuzamos elektródok, amelyek az éppen aktuális pixelt hivatottak megjeleníteni. Az egyik üveglapon a sor-, a másikon pedig az oszlop-kiválasztó elektródok foglalnak helyet. Megfelelő feszültséget kapcsolva egy oszlop és egy sorelektrodára a „met-széspontjukban” lévő pixel állapota

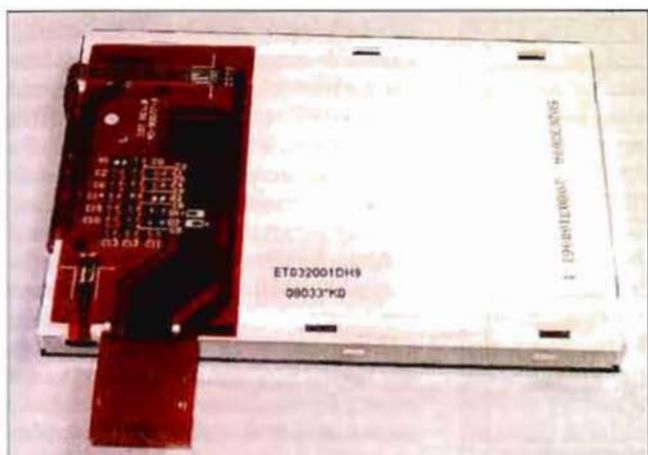


1. ábra



2. ábra

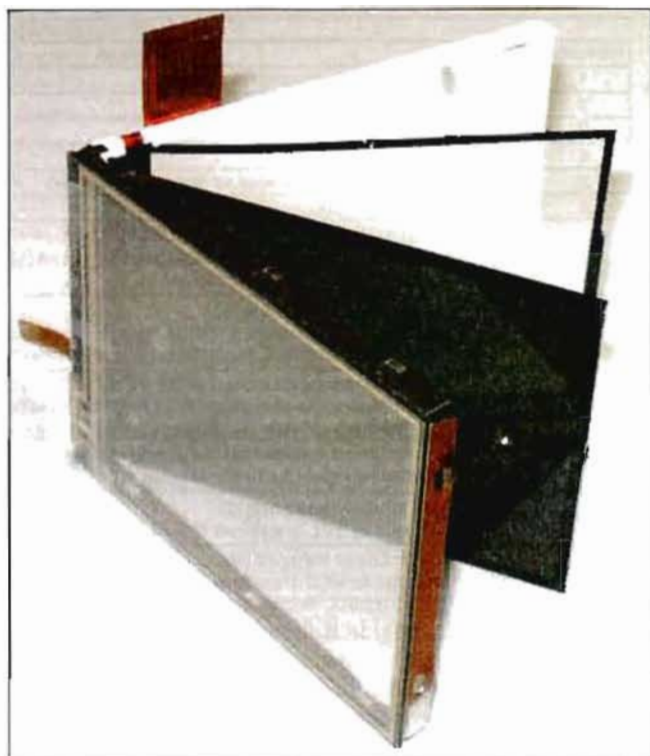




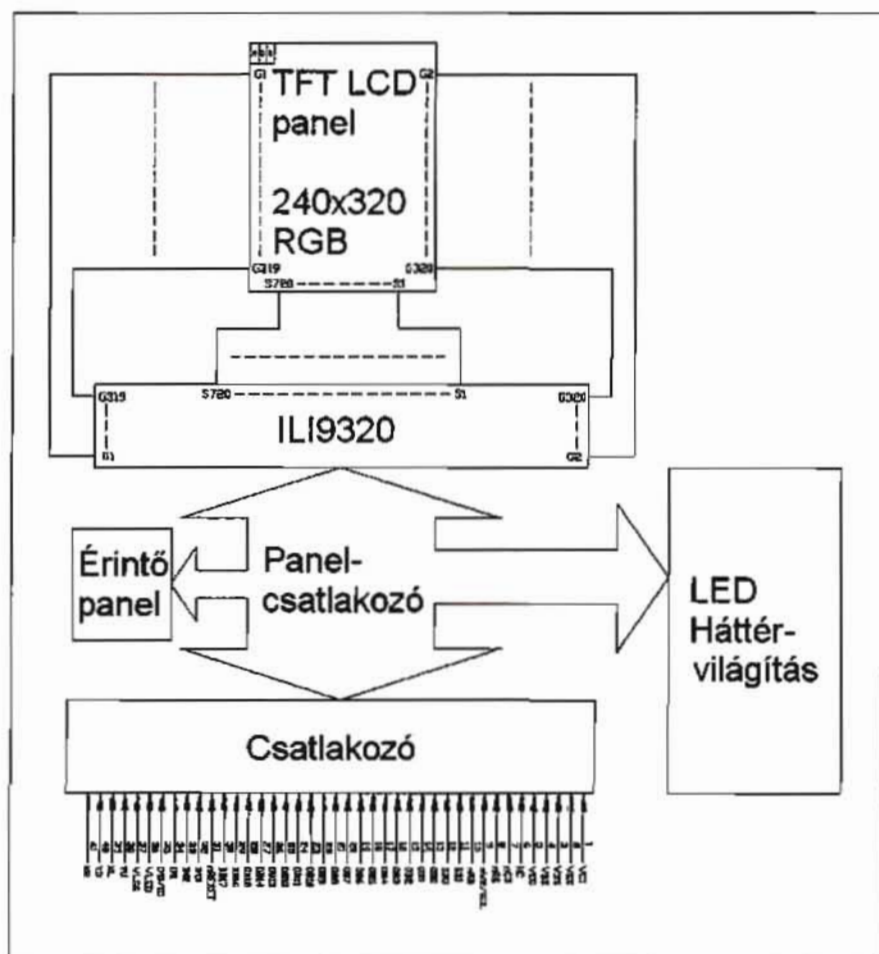
3. ábra

megváltozik. A kép kirajzolása pont-ról-pontra történik soronkénti vagy oszloponkénti szkenneléssel. Ha színes képet szeretnénk, akkor háromféle színszűrőt kell minden pixelben egymás mellett elhelyezni. Így azonban nem  $x-y$ , hanem  $3 \cdot x \cdot y$  pontot kell vezérelni, ezáltal ugyanolyan feltételeket elgondolva a kijelző sebessége a harmadára csökken a monokrómhoz képest. A DSTN kijelzőknek van azonban egy elég nagy hátrányuk. A megjelenítés sebessége meglehetősen lomha, másodpercenként néhány képet tudnak csak megjeleníteni az áramkészség jelensége miatt. A jelenség lényege, hogy a kijelzőre rajzolt kép „alatt” még nagyon halványan, de látszik az előző kép is. Ennek oka a kijelző felépítésében keresendő. A képpont aktiválásához ugyanis valamelyik sor és oszlopvezetékre feszültséget kell kapcsolni. Ez a két elektród ugyan jól meghatároz egy pontot, viszont a kívánt pixel közelében lévő pontok is többé-kevésbé aktiválódnak, mivel legalább egyik elektródájukon feszültség van. Persze a tér nem akkora, hogy az ugyanabban a sorban illetve oszlopban lévő pontok teljesen aktívak legyenek, de kicsit látszani fognak. Ha egy másik pontot szeretnénk megjeleníteni ugyanabból a sorból, vagy oszlopból, akkor a már kicsit átrendeződött folyadékkristályok közül az éppen kiszemelt sokkal gyorsabban veszi fel a megfelelő állapotot, mint ahogyan az előző pont inaktív válna. Ezért lesz a kép kicsit elmosódott, illetve „szellemképes”.

A fejlődés következő, napjainkban is használatos eredménye a TFT LCD lett. A TFT a Thin Film Transistor szavak kezdőbetűjéből áll össze, ami vékony réteg tranzisztort jelent. Az igazi átörést a DSTN kijelzőkhöz képest az



4. ábra



5. ábra

Kivezetés	Jelölés	Funkció																																																																								
1	VCI	Tápellátás az analóg részek felé																																																																								
2	VSS	GND																																																																								
3	VSS	GND																																																																								
4	VSS	GND																																																																								
5	VCC	Tápellátás a digitális és az illesztőegység felé																																																																								
6	NC	Nincs bekötve																																																																								
7	CS	Eszköz kiválasztó jel (CHIP SELECT) logikai 0 : az Integrált ILI9320 elérhető logikai 1 : az ILI9320 nem érhető el																																																																								
8	RS	Regiszter kiválasztó jel logikai 0 : INDEX vagy STATUS regiszter kiválasztása logikai 1 : CONTROL (vezérlő) regiszter kiválasztása																																																																								
9	WR/SCL	Párhuzamos módban írást indító jel. Az írási folyamat engedélyezése és indítása a kivezetés logikai 0 szintjénél következik be. SPI módban szinkron órajel bevezetés																																																																								
10	RD	Párhuzamos módban olvasást indító jel. Az olvasási folyamat indítása a kivezetés logikai 0 szintjénél indul.																																																																								
11	SDI	SPI módban bemeneti láb. Az adat az SCL órajelének felfutó élénél rögzül																																																																								
12	SOD	SPI módban kimeneti láb. Az adat az SCL órajelének lefutó élénél áll rendelkezésre																																																																								
13	DB0	18 bites párhuzamos adat-illesztőfelület																																																																								
14	DB1																																																																									
15	DB2																																																																									
16	DB3																																																																									
17	DB4																																																																									
18	DB5																																																																									
19	DB6																																																																									
20	DB7																																																																									
21	DB8																																																																									
22	DB9																																																																									
23	DB10																																																																									
24	DB11																																																																									
25	DB12																																																																									
26	DB13																																																																									
27	DB14																																																																									
28	DB15																																																																									
29	DB16																																																																									
30	DB17																																																																									
31	RESET	RESET láb. Logikai 0 impulzussal aktiválható a belső reset funkció. Mindenképpen aktiváljuk táp bekapcsolás után.																																																																								
32	IM3	Rendszerillesztő üzemmód kiválasztása																																																																								
33	IM2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>IM3</th> <th>IM2</th> <th>IM1</th> <th>IM0</th> <th>Üzemmód</th> <th>Kivezetések</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Érvénytelen beállítás</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>Érvénytelen beállítás</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>18 bites párhuzamos illesztő</td> <td>DB[17:0], DB[8:1]</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>8 bites párhuzamos illesztő</td> <td>DB[17:10]</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Szinkron soros illesztő (SPI)</td> <td>SDI, SOD</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>*</td> <td>Érvénytelen beállítás</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Érvénytelen beállítás</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>Érvénytelen beállítás</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>18 bites párhuzamos illesztő</td> <td>DB[17:0]</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>9 bites párhuzamos illesztő</td> <td>DB[17:9]</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>*</td> <td>*</td> <td>Érvénytelen beállítás</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	IM3	IM2	IM1	IM0	Üzemmód	Kivezetések	0	0	0	0	Érvénytelen beállítás		0	0	0	1	Érvénytelen beállítás		0	0	1	0	18 bites párhuzamos illesztő	DB[17:0], DB[8:1]	0	0	1	1	8 bites párhuzamos illesztő	DB[17:10]	0	1	0	0	Szinkron soros illesztő (SPI)	SDI, SOD	0	1	1	*	Érvénytelen beállítás		1	0	0	0	Érvénytelen beállítás		1	0	0	1	Érvénytelen beállítás		1	0	1	0	18 bites párhuzamos illesztő	DB[17:0]	1	0	1	1	9 bites párhuzamos illesztő	DB[17:9]	1	1	*	*	Érvénytelen beállítás	
IM3	IM2		IM1	IM0	Üzemmód	Kivezetések																																																																				
0	0		0	0	Érvénytelen beállítás																																																																					
0	0		0	1	Érvénytelen beállítás																																																																					
0	0		1	0	18 bites párhuzamos illesztő	DB[17:0], DB[8:1]																																																																				
0	0		1	1	8 bites párhuzamos illesztő	DB[17:10]																																																																				
0	1		0	0	Szinkron soros illesztő (SPI)	SDI, SOD																																																																				
0	1		1	*	Érvénytelen beállítás																																																																					
1	0		0	0	Érvénytelen beállítás																																																																					
1	0		0	1	Érvénytelen beállítás																																																																					
1	0	1	0	18 bites párhuzamos illesztő	DB[17:0]																																																																					
1	0	1	1	9 bites párhuzamos illesztő	DB[17:9]																																																																					
1	1	*	*	Érvénytelen beállítás																																																																						
34	IM1																																																																									
36	IM0/ID	SPI módban az IM0/ID kivezetés az eszközazonosító beállítására szolgál																																																																								
36	VLED	Tápellátás a háttérvilágítás számára (*)																																																																								
37	VLS	Tápellátás a háttérvilágítás számára (-)																																																																								
38	YU	Panel felső rész																																																																								
39	XL	Panel bal oldal																																																																								
40	YD	Panel alsó rész																																																																								
41	XR	Panel jobb oldal																																																																								

6. ábra

hozta, hogy minden képpont kirajzolásiért külön tranzisztor felel (színes esetben pontonként 3 db). A pixel el-

érése ugyanúgy történik, mint eddig, de itt a tranzisztor, mint kapcsolóelem egy ÉS logikai kapcsolatot valósít meg a

sor és oszlopvezetékek között. Az átlátszó elektrodok tehát már nem közvetlenül a pixelt jelenítik meg, hanem csak kiválasztják a megfelelő tranzisztort, amely végül is feszültséget kapcsol a kívánt pixelre. A tranzisztorok természetesen térvezéreltek, azaz FET-ek, így árammentesen vezérelhetők; a vezérlési teljesítményigény így gyakorlatilag nulla. Mivel a tranzisztorok csak határozott jatszinteknél nyitnak ki, így a DSTN-nél tapasztalható elmosódottság kizárt. Egy tranzisztor csak a saját pixelét rajzolja, nem aktiválja a szomszédos pontokat. Ennek köszönhetően az LCD sebessége drasztikusan megnőtt, akár 40-60 képet is kirajzolhatnak másodpercenként. Ezzel megnyílt a lehetőség az animációk, vagy akár a televíziós alkalmazások előtt is. Az így kapott TFT LCD-vel találkozhatunk a notebookokban vagy a mobiltelefonokban is.

## TFT LCD

Ennyi bevezető és elméleti ismertető után lássuk a konkrét megvalósítást. A választás az ET032001DH9 jelű, a ChipCAD Kft. (www.chipcad.hu) által forgalmazott színes TFT LCD-re esett. Első ránézésre kis csinos külsejű a modul, ahogyan az a 2. ábrán látható is. Felbontása több, mint megfelelő a kisebb-nagyobb fejlesztésekhez. A 320x240 pixeles képernyőterület óriási lehetőségeket rejt azok számára, akik a grafikus alkalmazások mellett döntenek. A tesztek során kiderült, hogy kiválóan alkalmas fényképek megjelenítésére is, bár kétségtelen, hogy akkor egy kicsit meg kell dolgoztatni a külső mikrovezérlőt. A kijelző tartalmaz egy 4 vezetékes rezisztív érintőképernyőt is. Ezzel lehetőség kínálkozik interaktív alkalmazások megvalósítására billentyűzet nélkül is, csupán egy ceruzára van szükség a touch-pad működtetéséhez.

Az egyetlen dolog, ami egy kicsit elkedvetlenítheti az embert, az a csatlakozó. Ugyan lehet kapni hozzá, de annak beforsasztása szabad szemmel eléggé nehézkes, nagyító alatt megfelelő pákahegygel viszont problémamentes, stabil kéz esetén. A jó hír azonban az, hogy többféle üzemmódban használható, így nem szükséges az összes láb beforsasztása, ami jelentősen megkönnyíti az alkalmazását. A kijelző tehát otthoni fejlesztésekhez is ideális, vezérlése akár 18 lábú PIC birtokában (pl. 16F628A) is megoldható.

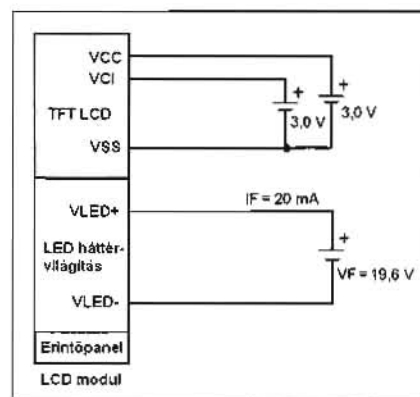
Az LCD hátoldala a 3. ábrán látható. Mivel aktív alkatrészeiről van szó – tartalmaz belső mikrovezérlőt –, így néhány kondenzátor, ellenállás meg dióda közvetlenül a modulon kapott helyet a flexibilis nyomtatott áramkörön. Ezen a nyákon futnak össze a különféle tartozékok vezetékai is. Az ábra bal felső részén látható az érintőképernyő 4 vezetéke, míg az alsó részen találjuk a háttérvilágítás LED-jeinek csatlakozását. A fő csatlakozó 41 lábbal rendelkezik váltott formátumban. Ettől lesz igazán kisméretű a csatlakozó. Az egész modul tulajdonképpen az érintőképernyő fémkerete tartja egyben és rögzíti a fehér műanyag hátoldalhoz. A 4. ábra, no meg persze az Olvasók kedvéért szétnyitottuk a modult. A fémkeretes, átlátszó érintőképernyő védi az alatta lévő TFT modult. Az ábrán is jól elkülöníthető az üveglemezpár, amelynek gyomrában található a folyadékkristály. Középről átvilágítva a TFT-t, nagyítóval szépen látszanak az egymás mellett katonás rendben elhelyezkedő színszűrő rétegek. A harmadik réteg a háttérvilágítás, a bal felső sarokban látható a rétegből kiinduló vékony flexibilis nyákfólia. Az erős háttérfény 6 db kisméretű LED-nek köszönhető. A fehér hátlap előtt találunk még egy tükröző fóliaréteget a kedvezőbb fényhasznosítás érdekében. Mivel az elkülönülő rétegeket nem ragasztották össze, így lehetőség nyílik a kijelző ismételt „összeszerelésére”, vagy akár az egyes részek külön hasznosítására is. A műanyag hátlemezzel az érintőképernyő behajlítható kapcsai képeznek olyan kötést, amely képes egyben tartani a modult. Mivel az érintőképernyő ílexibilis kivezetése leforrasztható a modul fő nyomtatott áramköréről, így akár egy másik kijelző elé is felszerelhető. A kijelző sötét színű lemezét és a háttérvilágítást azonban célszerű egy egységként kezelni, ugyanis megvilágítás nélkül gyakorlatilag nem látható a kívánt kép. Esetleg előremutató kísérleti jelleggel érdemes lenne kipróbálni az LCD-t erősebb fényforrással átvilágítva használható-e „projektorként” – persze optikával kiegészítve. A kijelzőt, illetve az érintőképernyőt védő fóliát azonban csak a végső beépítési fázisban távolítsuk el, mert hiányában nagyon könnyen karcosodik a modul!

Minden bonyolultabb, esetleg mikroprocesszort vagy valamilyen céláramkört tartalmazó modul gyenge pontja lehet a külvilággal történő elektromos kommunikáció. Ennél a pontnál

dől el ugyanis, hogy sebességet tekintve mennyire lesz hatékony a működés. Az ET032001 működését egy igen sokoldalú, a kijelzőlemezre integrált ILI9320-as típusjelű IC végzi. Ez az áramkör valósítja meg több száz kivezetésen keresztül a kijelzőlemez vezérlését, és a felhasználóval való kapcsolattartást is. A teljes elérhető dokumentáció 115 oldalas, persze mindenre kiterjedő. A gyakorlatban azonban csak egy-egy működési módban üzemeltetjük a modult, így az alapvető információkon kívül a leírtak nagy részét nem használjuk folyamatosan. A kijelző teljes tömbvázlata az 5. ábrán látható. Az ILI9320 1040 db kivezetése kapcsolódik a már megismert TFT mátrixhoz. Bár az LCD csak 320×240-es felbontással rendelkezik, a színinformációk RGB megjelenítése miatt 320×720, azaz egyik oldalon pont háromszor annyi vezérlőlábra van szükség, mint a monokróm esetben. A 720-as láb az első pixel piros, a 719-es a zöld, a 718-as pedig a kék összetevőnek megfelelő tranzisztort vezérl. A 717-essel kezdődik a második pixel, és így tovább. A teljes modul 41 kivezetés segítségével kelthető életre. Ebből 2 a háttérvilágítás, 4 az érintőképernyőé, a többi pedig az ILI9320-hoz kapcsolódik.

A 6. ábrán látható a modul lábkiosztása. A tervezők törekedtek a modulszerűen elkülöníthető kivezetéscsoportok alkalmazására. A kivezetések alapvetően hat csoportba sorolhatók: 1.–5. láb a tápellátás csatlakozófelülete, 7.–12. a kommunikációs vezérlőlábak helye, 13.–30. az adatbusz, 31.–35. a RESET és üzemmódválasztó felület, 36.–37. a háttérvilágítás, a 38.–41. pedig az érintőképernyő csatlakozása. E logikusan megszerkesztett, rendszerezett felépítésnek köszönhetően a modul köré konkrét nyákot tervezni nem túl összetett feladat, amely ráadásul még szemet gyönyörködtető is lehet.

A tápellátást gondosan kettéválasztották a tervezők, így nem fordulhat elő, hogy a modul digitális részei hatásal legyenek az analóg (képernyő) áramkörökre. Bár a modul áramfelvétele csekély, a hirtelen változások produkálhatnak nemkívánt jelenségeket. Mind a VCI, mind pedig a VCC lábakra adott feszültséget a gyártó szerint gondosan szűrjük meg. A tapasztalat azt mutatta, hogy állóképek vagy ritka képfrissítés, illetve kommunikáció mellett a két vezeték nyugodtan összekapcsolható, a szűrés pedig 100 nF-os kondenzátorral problémamentesen biz-

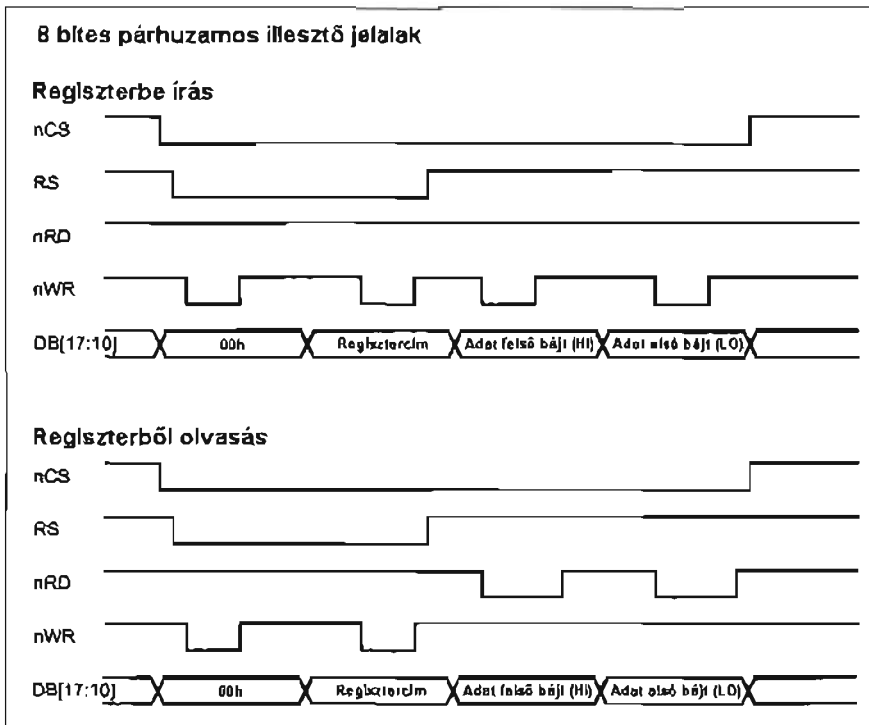


7. ábra

tosítható. A tápellátás tömbvázlata a 7. ábrán látható. A logikai és az analóg részek 3 V-os tápegységet igényelnek. Ez két okból is érdekes: egyrészt így azonos áramfelvétel mellett kisebb a kijelző által igényelt teljesítmény, mint 5 V-os esetben. Ez pedig „zöldebbé” teszi a modult. A fényképezők, telefonok világában már korántsem számít olyan erős szabványnak az 5 V, mint a PC-nél volt valaha. Másrészt pedig szükségünk lesz egy 3 V-os tápra, amelyet vagy elkészítünk, vagy valamilyen trükkös módon létrehozunk a meglévő 5 V-ból. A próbák során hibátlanul működött az USB 5 V-tal sorosan kapcsolt három darab 1N4148. A kimenő feszültség így  $5\text{ V} - 3 \cdot 0,65\text{ V} = 3,05\text{ V}$  lett. A diódák bőven elbíróják a modul áramfelvételét, nincs szükség külön stabilizátorra. Persze ezt a megoldást biztosan sokan „sufnituningnak” gondolják és igazuk is van. Ilyen kis áramfelvételnél üzembiztonsága és olcsósága azonban vitathatatlan.

Természetesen nem szoltunk még a háttérvilágításról. Sajnos a LED-ek meghajtása meglehetősen szokatlan nagyságú feszültséget kíván a soros kapcsolás miatt. A beépített LED-ek nyitófeszültsége a 3 V-ot is meghaladja, ezért 19 V körüli feszültségre van szükség a világításhoz. Persze ez újabb feladatot jelent, akár telepből vagy akkumulátorból is állítjuk elő a kívánt szintet. A tesztek során egy notebook töltőjének 20 V-ját használtuk, a pozitív ágba egy 100 ohmos áramkorlátozó előtétellenállást illesztve. A 20 V bekapcsolásakor világítani kezdenek a LED-ek, a kijelző pedig fehér fényárban úszik. Ha megküzdöttünk a szokatlan tápfeszültségek előállításával, akkor a többi már nem lesz nehéz.

A második egység a vezérlőjelek csoportja. Az nCS, nRS, nWR, nRD mind negált logikával működnek, azaz



8. ábra

aktív állapotuk a logikai 0 szint. Az nCS a vezérlő ILI9320 aktiváló bemenete. Egy modul vezérlése esetén nincs különösebb jelentősége, hogy folyamatosan használjuk-e vagy sem. Ha erre a lábra magas szintet adunk, akkor az IC inaktív állapotban marad, semmilyen beküldött adattal nem lehet szóra bírni. Alacsony szint esetén viszont feléled a vezérlő, kész az információk fogadására. Jelentősége akkor lehet a kivezetésnek, ha ugyanarról a vezérlőfelületről több ugyanolyan LCD-t szeretnénk meghajtani. Ez esetben a megfelelő nCS láb alacsony állapotával választhatjuk ki az aktuális modult, amelyekkel kommunikálni szeretnénk. Ha nem élünk eme lehetőséggel, egyszerűen kapcsoljuk GND-re, így mindig ez a vezérlő lesz elérhető.

Az ILI9320 belső felépítése olyan, hogy működését regisztereken keresztül vezérelhetjük, illetve követhetjük nyomon. Hasonlóval találkozhattunk már a 2010-es RT Évkönyvben a grafikus LCD-k témában.

Itt is hasonlóról lesz szó, csak egy kicsit összetettebben. Szükséges egy olyan kivezetés, amelynek állapotával megkülönböztethetjük a regiszterek címzését a bevitt adatoktól. Az nRS alacsony szintje regisztercím bevételét, magas szintje pedig regisztertartalom bevételét jelenti (általában). Párhuzamos módban az nWR és nRD jelekkel

választható ki, hogy éppen bevinni szeretnénk adatot a modulba vagy egy regiszter tartalmát kérdezzük le. Soros módban órajel is igényel a kommunikáció, ekkor az nWR láb kapja ezt a szerepet az SDI, SDO lábak pedig a bemeneti, illetve kimeneti adatokat továbbítják.

A következő logikai egységet a 18 bites adatbusz alkotja. Persze nem kell az elején megjedni, nem feltétlenül kell mindig minden lábat használni. A széles busz a kommunikációs lehetőségeket nagymértékben az adott feladathoz optimalizálhatóvá teszi. Az ILI9320 ötféle illesztőfelülettel van ellátva. Ezek közül az egyik soros, a másik négy pedig párhuzamos szervezésű. Ezen a ponton, az illesztőfelület kiválasztásánál kell összehangolni a feladatot a megoldással.

Egy viszonylag kevés képváltást igénylő alkalmazásnál bőven elegendő lehet a soros busz is (mindössze három aktív vezeték). Nem túl gyorsan változó pl. lassú animáció vagy görgetősávos felület esetén már ajánlott a 8 vagy 9 bites busz használata.

Videók lejátszása pedig csak 16 vagy 18 bites buszra kapcsolt gyors mikrovezérlő mellett lehetséges, megfelelő minőségben. Persze azért azt meg kell jegyezni, hogy a legkellemebbnek a 8 vagy 16 bites busz ajánlódik mikrovezérlő oldalról, adatátvitel

szempontjából a legkevesebb holtidővel pedig a 18 bites busz rendelkezik ILI9320 oldalról. Ezen, látszólag egymásnak ellentmondó paraméterek között kell megtalálni az adott feladatnak leginkább megfelelő kompromisszumot.

A különféle üzemmódok közötti választás értelmezése a negyedik felület feladata. Késsé pazarló módon négy bit áll rendelkezésre, melyek között több az érvénytelen, mint a helyes beállítás. Az IM0-IM3 lábak megfelelő szintre kapcsolásával az LCD vezérlő azonnal a beállított formátumban értelmezi a bejövő információt. Az IM0-nak lehet másik feladata is. Soros átvitel esetén lehetőség van egy eszközzonosító bit bevitelére is, hasonlóan a 24C sorozatú EEPROM-okhoz. A vezérlőbajt részét képező azonosító bit immár hardver és szoftver szinten is együttműködik a rendszerrel.

Az utolsó előtti felületet a háttérvilágítás kapta, a hatodikát pedig az érintőképernyő.

A 8 bites illesztőn keresztül történő kommunikáció a videomegjelentés kivételével alkalmas a feladatok jelentős részére, így a továbbiakban elsősorban ezzel a lehetőséggel foglalkozunk. Az ILI9320 regiszterei egy kivétellel 16 bites szélességűek (a kivétel a GRAM, azaz a grafikus RAM adatregisztere). Azért, hogy a kijelző meghajtható legyen egy kísérleti mikrovezérlővel is, eggyel több érv a 8 bit mellett. Egy tipikus regiszterírás és olvasás folyamata a 8. ábrán látható.

Bár az ILI9320 legmagasabb számú kívülről is elérhető regisztere a 152-es, egy bájt szükséges a címzéshez. A cím-bájtot a 00h összeolvasztásával tehetjük 16 bitessé. Az nCS szerepe egyértelmű a folyamat során, a vezérlőt aktiválja. Lássuk a regiszterbe írás folyamatát: az nRD kivezetést tartuk folyamatosan inaktív állapotban, azaz magas szinten.

Az nRS 0-ra húzásával tudatjuk a vezérlővel, hogy regisztercímét szeretnénk bevinni. Mivel 8 bites illesztőt használunk, először egy nWR impulzussal bevisszük (írás) a 00h-t, majd egy újabb nWR-rel a tényleges hivatkozott regisztercímét. Ha ez megtörtént, az nRS vezetékét engedjük fel, mert a következőkben már adat fog következni, nem pedig cím. Ezután a vezérlő a következő nWR impulzusra kiolvassa az illesztőbusz tartalmát – ez fogja a tényleges 16 bites regisztertartalom felső báját alkotni – és beírja a

No.	Regisztrer neve	R/W	RS	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
IR	Index Register	W	0	-	-	-	-	-	-	-	-	ID7	ID6	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0		
SR	Status Read	R	0	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1	L0	0	0	0	0	0	0	0	0		
00h	Driver Code Read	R	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0		
00h	Start Oscillation	W	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	OSC		
01h	Driver Output Control 1	W	1	0	0	0	0	SM	0	SS	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
02h	LCD Driving Control	W	1	0	0	0	0	0	0	BC0	EOR	0	0	0	0	0	0	0	0		
03h	Entry Mode	W	1	TR1	OFM	0	BGR	0	BACKE	HVM	0	0	0	ID1	IDD	AM	0	0	0		
04h	Resize Control	W	1	0	0	0	0	0	0	RCV1	RCV0	0	0	RCH1	RCH0	0	0	RSZ1	RSZ0		
07h	Display Control 1	W	1	0	0	PTDE1	PTDE0	0	0	BASEE	0	0	0	GON	DYE	CL	0	D1	D0		
08h	Display Control 2	W	1	0	0	0	0	FP3	FP2	FP1	FP0	0	0	0	0	BP3	BP2	BP1	BP0		
09h	Display Control 3	W	1	0	0	0	0	0	PTS2	PTS1	PTS0	0	0	PTG1	PTG0	ISC3	ISC2	ISC1	ISC0		
0Ah	Display Control 4	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	FMARKOE	FM12	FM11	FM10			
0Ch	RGB Display Interface Control 1	W	1	ENC2	ENC1	ENC0	0	0	0	0	0	0	0	DM1	DM0	0	0	RM1	RM0		
0Dh	Frame Maker Position	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	FMP3	FMP2	FMP1	FMP0		
0Fh	RGB Display Interface Control 2	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	VSP1	HSPL	0	DPL	EPL		
10h	Power Control 1	W	1	0	0	0	SAP	BT3	BT2	BT1	BT0	APE	AP2	AP1	AP0	0	0	DSTB	SLP	0	
11h	Power Control 2	W	1	0	0	0	0	0	DC12	DC11	DC10	0	DC02	DC01	DC00	0	0	VC2	VC1	VC0	
12h	Power Control 3	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PON	VRM3	VRM2	VRM1	VRM0		
13h	Power Control 4	W	1	0	0	0	VDV4	VDV3	VDV2	VDV1	VDV0	0	0	0	0	0	0	0	0		
20h	Horizontal GRAM Address Set	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	AD7	AD6	AD5	AD4	AD3	AD2	AD1	AD0		
21h	Vertical GRAM Address Set	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	AD18	AD15	AD14	AD13	AD12	AD11	AD10	AD9		
22h	Write Data to GRAM	W	1	Adat írása, olvasása GRAM-ba(-ból) a kiválasztott adatformátummal																	
29h	Power Control 7	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	VCM4	VCM3	VCM2	VCM1	VCM0		
2Bh	Frame Rate and Color Control	W	1	16M	EN	Dither	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
32h	Gamma Control 1	W	1	0	0	0	0	0	0	KP1[2]	KP1[1]	KP1[0]	0	0	0	0	0	KP0[2]	KP0[1]	KP0[0]	
31h	Gamma Control 2	W	1	0	0	0	0	0	0	KP3[2]	KP3[1]	KP3[0]	0	0	0	0	0	KP2[2]	KP2[1]	KP2[0]	
32h	Gamma Control 3	W	1	0	0	0	0	0	0	KP5[2]	KP5[1]	KP5[0]	0	0	0	0	0	KP4[2]	KP4[1]	KP4[0]	
35h	Gamma Control 4	W	1	0	0	0	0	0	0	RP1[2]	RP1[1]	RP1[0]	0	0	0	0	0	RP0[2]	RP0[1]	RP0[0]	
36h	Gamma Control 5	W	1	0	0	0	VRP1[4]	VRP1[3]	VRP1[2]	VRP1[1]	VRP1[0]	0	0	0	VRP0[4]	VRP0[3]	VRP0[2]	VRP0[1]	VRP0[0]		
37h	Gamma Control 6	W	1	0	0	0	0	0	0	KN1[1]	KN1[0]	0	0	0	0	0	0	KN0[1]	KN0[0]		
38h	Gamma Control 7	W	1	0	0	0	0	0	0	KN3[2]	KN3[1]	KN3[0]	0	0	0	0	0	KN2[2]	KN2[1]	KN2[0]	
39h	Gamma Control 8	W	1	0	0	0	0	0	0	KN5[2]	KN5[1]	KN5[0]	0	0	0	0	0	KN4[2]	KN4[1]	KN4[0]	
3Ch	Gamma Control 9	W	1	0	0	0	0	0	0	RN1[2]	RN1[1]	RN1[0]	0	0	0	0	0	RN0[2]	RN0[1]	RN0[0]	
3Dh	Gamma Control 10	W	1	0	0	0	VRN1[4]	VRN1[3]	VRN1[2]	VRN1[1]	VRN1[0]	0	0	0	VRN0[4]	VRN0[3]	VRN0[2]	VRN0[1]	VRN0[0]		
50h	Horizontal Address Start Position	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HSA7	HSA6	HSA5	HSA4	HSA3	HSA2	HSA1	HSA0	
51h	Horizontal Address End Position	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HEA7	HEA6	HEA5	HEA4	HEA3	HEA2	HEA1	HEA0	
52h	Vertical Address Start Position	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	VSA8	VSA7	VSA6	VSA5	VSA4	VSA3	VSA2	VSA1	VSA0
53h	Vertical Address End Position	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	VEA8	VEA7	VEA6	VEA5	VEA4	VEA3	VEA2	VEA1	VEA0
60h	Driver Output Control 2	W	1	GS	0	NL5	NL4	NL3	NL2	NL1	NL0	0	0	SCN5	SCN4	SCN3	SCN2	SCN1	SCN0		
61h	Base Image Display Control	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NDL	VLE	REV	
6Ah	Vertical Scroll Control	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	VL8	VL7	VL6	VL5	VL4	VL3	VL2	VL1	VL0	
6Ch	Partial Image 1 Display Position	W	1	0	0	0	0	0	0	PTDP08	PTDP07	PTDP06	PTDP05	PTDP04	PTDP03	PTDP02	PTDP01	PTDP00			
6Dh	Partial Image 1 Area (Start Line)	W	1	0	0	0	0	0	0	PTSA08	PTSA07	PTSA06	PTSA05	PTSA04	PTSA03	PTSA02	PTSA01	PTSA00			
6Eh	Partial Image 1 Area (End Line)	W	1	0	0	0	0	0	0	PTEA08	PTEA07	PTEA06	PTEA05	PTEA04	PTEA03	PTEA02	PTEA01	PTEA00			
6Fh	Partial Image 2 Display Position	W	1	0	0	0	0	0	0	PTDP18	PTDP17	PTDP16	PTDP15	PTDP14	PTDP13	PTDP12	PTDP11	PTDP10			
70h	Partial Image 2 Area (Start Line)	W	1	0	0	0	0	0	0	PTSA18	PTSA17	PTSA16	PTSA15	PTSA14	PTSA13	PTSA12	PTSA11	PTSA10			
71h	Partial Image 2 Area (End Line)	W	1	0	0	0	0	0	0	PTEA18	PTEA17	PTEA16	PTEA15	PTEA14	PTEA13	PTEA12	PTEA11	PTEA10			
90h	Panel Interface Control 1	W	1	0	0	0	0	0	0	DIV11	DIV10	0	0	0	0	RTN13	RTN12	RTN11	RTN10		
92h	Panel Interface Control 2	W	1	0	0	0	0	0	0	NOV12	NOV11	NOV10	0	0	0	0	0	0	0		
93h	Panel Interface Control 3	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MCP12	MCP11	MCP10	
95h	Panel Interface Control 4	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RTN15	RTN14	RTN13	
97h	Panel Interface Control 5	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
98h	Panel Interface Control 6	W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

9. ábra

tárolóba. Ismételt nWR impulzusnál újabb bájt kerül be az IC-be (az alsó bájt). E két bájt pedig együtt alkotja a renyleges új regisztertartalmat. Olvasáskor a cím bevétele teljesen hasonlóan történik, ám az nRS felengedése után az nRD impulzusok segítségével nem adatot viszünk a buszra, hanem onnan olvasunk ki.

Az nRD kivezetés aktív állapota tehát kimenetként konfigurálja az ILI9320 megfelelő lábait. Ezzel azonban vigyázni kell, mert ha valamilyen házard tönkreteszi az adott buszt vagy lábát, már csak a soros kommunikáció marad, persze ha „megszítja” az IC. Kiolvasáskor tehát ne felejtjük el a kiszolgáló mikrovezérlő megfelelő lábait beme-

netnek konfigurálni (PIC16 esetében a megfelelő TRIS regiszter).

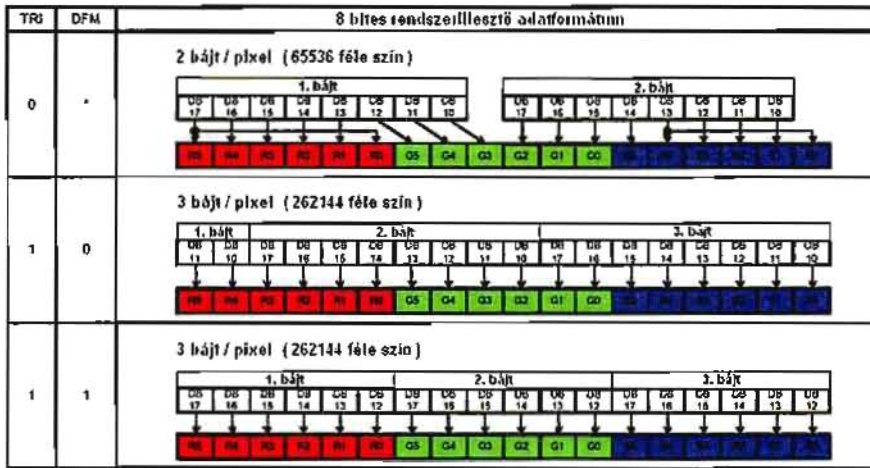
### Az ILI9320 regiszterei

A teljes elérhető regiszter táblázat a 9. ábrán látható. Elsőre ijesztőnek tűnhet a rengeteg állítási lehetőség, de talán csak azért, mert a monokrom LCD-k esetében bizonyos regiszter típusok a működés egyszerűségéből adódóan egyáltalán nincsenek jelen.

A használatos regiszterek alapvetően nyolc különféle csoportra oszthatók. Ezek a következők: 1. INDEX regiszter, 2. STATUS lekérdezése, 3. Kijelző vezérlés (Display Control), 4. Tápellátás vezérlés (Power Control), 5.

Grafikus adatfeldolgozás regiszterei, 6. Belső GRAM cím beállítása, 7. Adatátvitel GRAM-ba/-ból, 8. Gamma korrekciós regiszterek.

A következőkben nézzük meg néhány fontosabb regiszter tartalmát működés közben. Az Index regiszter működését már láttuk az adat bevételi, illetve olvasási folyamat kapcsán. A 00h egészíti ki teljes 16 bites adattá. A Status regiszter a vezérlő belső állapotát mutatja, lekérdezésekor ugyanis az éppen aktuális meghajtott sor címét adja vissza, amely 0 és 239 közé esik. A 00h címen található regiszter kiolvasásával egy eszközkóddhoz jutunk, amely egyértelműen azonosítja a vezérlőtípust. 4 bites csoportokra bontva a 16 bitet



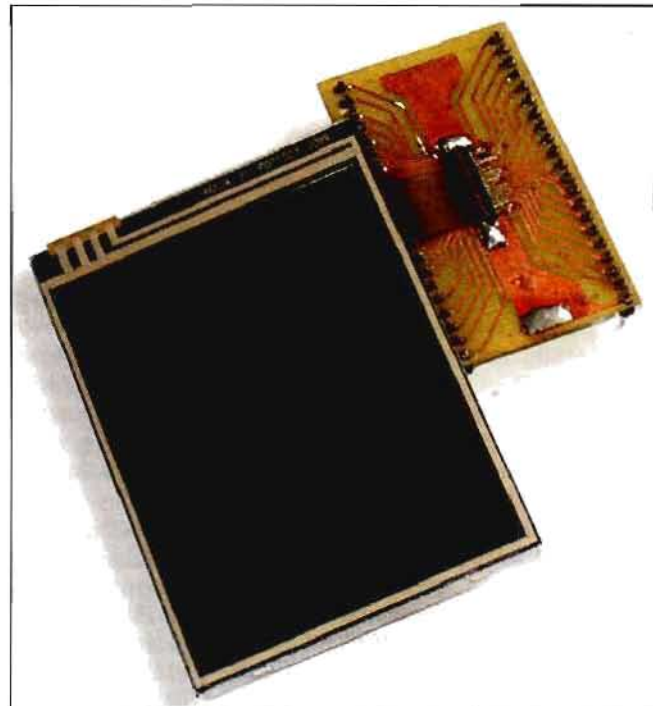
10. ábra

négy számhoz jutunk, amit balról jobbra összeolvassa megkapjuk az integrált vezérlő pontos típusát, jelen esetben a 9320-at. Ugyanennek a regiszternek az írása egyetlen funkciót lát el, 0001h értéket adva a belső oszcillátor elindul. A 01h címen lévő regiszter segítségével a kép kirajzolása megfordítható az SS jelű bit negálásával. Az Entry Mode segítségével felcserélhető az RGB színrend BGR-re, beállítható a TRI és a DFM biteken keresztül a GRAM adatbevitel és kiolvasás módja. A grafikus ram ugyanis a legnagyobb színmélység eléréséhez 18 bites (3x6 bit) adatfolyamot igényel. Ekkor érhető el a 262144-féle szín előállítás. A Display Control regisztercsoporton keresztül a kijelző különféle vezérlési lehetőségei közül választhatunk, az JL19320 ugyanis képes szinkronizált módban is üzemelni. Ekkor nem igényel folyamatos címzést, csupán az színinformációt kell folyamatosan a vezérlőbe tölteni. A Power Control regisztereken keresztül érhető el az LCD belső tápellátása. Itt állítható be a TFT mátrix feszültsége, amely közvetlenül a fényerővel áll kapcsolatban. Az JL19320 lehetőséget nyújt arra, hogy RGB módban címezük a kijelzőt, azaz nem szükséges mindig újrarajzolni az egész képet, ha valamit változtatni szeretnénk rajta, hanem bőven elegendő a megváltozott tartalmat kicserélni. Ezzel jelentős erőforrásokat takaríthatunk meg a kiszolgáló rendszer részéről. Ehhez azonban az kell, hogy az aktuális GRAM-ba irandó adatot pozicionálni tudjuk. Ha nem soronkövetkező pontot szeretnénk megjeleníteni, hanem más sorban és oszlopban lévő, akkor kell használnunk a 20h és a 21h regisztereket. Ezen keresztül megadhatjuk, hogy a kö-

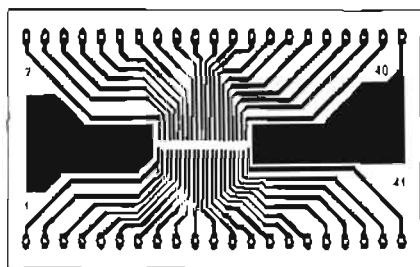
vetkező beírandó GRAM adatot hová tegye a kijelzőn. A 22h-ba kell beírni azt a színinformációt, amit az éppen aktuális grafikus ram címen szeretnénk látni. A vezérlő lehetőséget nyújt a kijelzőn lévő kép görgetésére is, a folyamat látványos eredményt ad, amennyiben a megfelelő mennyiségű információ van a memóriában. Végül egy nagyon fontos regisztercsoport: a Gamma Control. Itt nyílik lehetőség s színű visszaadás, illetve a szürkeskála beállítására. Adott kép esetén érdemes eljátszani a 30h..3Dh regiszterek értékeinek állítgatásával.

Az IL19320 legfeljebb 6 bites színekkel dolgozik RGB módban. Ennek köszönhetően  $64 \cdot 64 \cdot 64 = 262\ 144$  fé-

le színek kombinációt tud megjeleníteni. Ehhez 8 bites illesztőmódot feltételezve bizony három bájtot kell átküldeni egy soronkövetkező pixel kirajzolásához (pozicionálás esetén még több). A vezérlő képes 5 bites színeket is kezelni, ekkor viszont már csak  $32 \cdot 32 \cdot 32 = 32\ 768$  féle szín lenne elérhető. Míg a 6 bit esetén három bájt kell, 5 bit esetén elég kettő is. A fennmaradó 1 bitet a zöld tartományhoz (úgyis itt a legérzékenyebb az ember szeme) hozzáillesztve 65 536 féle szín áll rendelkezésre. A módok közti különbségeket mutatja a 10. ábra. A már megismert TRI és DFM bitek megfelelő kombinációjával választható ki, hogy a vezérlő hogyan értelmezze a bejövő adatfolyamot. A 6 bites rendszerben talán kezelhetőbbnek tűnik a táblázat szerinti harmadik megoldás, viszont így minden bájtból kidobódik 2 bit. Ha a megjelenítendő képet egy memóriában tároltuk, akkor egyáltalán nem mindegy, hogy a három bájtból 6 bitet, vagyis a hasznos tárterület 25%-át egyszerűen kidobtuk. Ez esetben célszerűbb a második változat, mivel úgy megspóroljuk azt a 6 bitet, de bonyolultabb lesz az adatok memóriából történő kiolvasása, mert a címek folyamatosan tolnak. Kétségtelen azonban, ha valamilyen matematikai algoritmussal számoljuk a képet, átláthatóbb lesz a kód a három bájtos esetben. Ismét megmutatkozott, hogy mennyire feladatfüggő az optimális üzemmód kiválasztása. A nagyszerű



11. ábra



12. ábra

a dologban persze az, hogy a modul tervezői is gondoltak a számtalan alkalmazási lehetőségre.

### A pótpanel

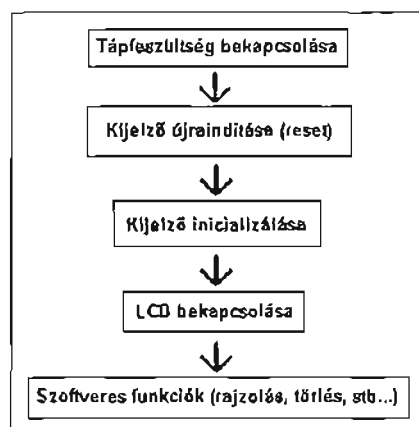
A 3. ábrán már láthattuk, hogy a modul csatlakozója mennyire eltölpül a többi mérete mellett. Ráadásul erre a kicsit több, mint 12,5 mm-re 41 kivezetést zsúfolt be a gyártó. Ez a tény első ránézésre kicsit elveszi az ember kedvét, ez a méret egyáltalán nem tartozik a háziilag kezelhető kategóriába. A következőkben azonban ismertetünk egy olyan módszert, amelynek segítségével egy ügyesebb kezű „forrasztópáka-forgató” is el tudja készíteni a bekötéseket. A megoldás lelkét a ChipCAD kft által forgalmazott SM csatlakozó jelenti. Bár ennek mérete semmivel sem nagyobb, mint a modulkivezetés, de oldható kötést biztosít. Ez azért fontos, mert egy esetleges rosszul sikerült forrasztásnál így nem kell kidobni a modult (ami elég drága mulatság lenne), legfeljebb új csatlakozót venni. A csatlakozó használatának további előnye, hogy a kétsoros kivitel miatt a beforrasztandó lábok közötti távolságok kétszeresére növekednek. A megoldás másuk kulcsfontosságú pontja a 11. ábrán látható pótpanel. Ennek segítségével a modullal történő kísérletezés biztos alapokra kerül, mert már könnyen kezelhető tükörsorral kell a továbbiakban boldogulni. De lássuk, hogyan is juthatunk el oda. A pótpanel főirajza a 12. ábrán látható. Az LCD csatlakozója ugyan 41 lábú, a pótpanel azonban 42 kivezetéssel rendelkezik, a 42. láb a csatlakozó forrfulével kapcsolódik össze. Az elrendezésből kitűnik a váltott kétsoros kivitel. A panel rajzolata elkészíthető a közismeret és nagyon jól használható lézerműnyomó-műnyomó papír-vasaló technológiával is – a mintadarab is így készült -, a profibb persze legyártják J. A vasalós megoldás esetében a technológia határait feszegetjük a keskeny sávokkal, így nem árt

néhány dolgot szem előtt tartani: az első és legfontosabb, hogy a nyomtatónk által még éppen kezelhető legvékonyabb műnyomó papírt válasszuk. A második, hogy a nyomtató hideg legyen a nyomtatás kezdetén. Ekkor a tapasztalat szerint a vízben történő áztatás után könnyebben jön le a papír a nyákról. Sok nyomtatás után már az egész készülék melegebb, így a lézerefesték jobban ráépül a műnyomó papírra. Ez pedig azt jelenti, hogy az áztatás kevésbé lesz sikeres. Végül a harmadik: a marató oldat legyen friss és langyos, hogy a felesleges réz eltávolítása a lehető leggyorsabban végbemenjen, ne történjék alamaródás. Ha esetleg nem sikerülne elsőre, akkor sem szabad csüggedni, a mintadarab is csak másodszorra jött össze. A rajzolatot a közkezdvelt Eagle programmal is elkészítettük, az alkatrészfájl pedig letölthető a [www.radiovilag.hu](http://www.radiovilag.hu) honlapról. A nyomtatáskor ne felejtjük el tükrözni a képet, mivel a vasalós technológia ezt igényli!

Ha elkészült a nyák, nem találtunk hibát rajta, forrasszuk fel a parányi csatlakozót. Ehhez nem árt valamibe vízszintesen befogatni a nyákat (sáuba, harmadik kéz...), mert a vékonyhegyű pákákat két kézzel kell majd tartani. Pontosabban a forrasztókezünkkel a nyelét, a másikkal pedig egy kis fogón keresztül a hegy körmékét, ahonnan még nem vonunk el nagyon sok hőt. A fogós kezünkkel nagyon pontosan pozícionálhatjuk a pákahegyet. Ha esetleg nagyítót is használunk ne feledjük, hogy a nagyítás jelentősen befolyásolja (rontja) a mélységelességet. Esetleges hibánál (összefolyik két láb) ónszipantóval javíthatunk a helyzeten. Ha már semmi sem segít, akkor kezdünk új pótpanelt, mivel a sok hőbevitel nem tesz jót sem a csatlakozónak, sem a nyáklemeznek. A forrasztásokat kivétel nélkül egyesével ellenőrizzük le először nagyítással, majd ellenállásmérővel. Ezzel a munkafolyamattal sok későbbi bosszankodástól kímélhetjük meg magunkat. Ha minden rendben, akkor forrasszuk csak be a két tükörsort és ezzel készen is vagyunk a legkényesebb résszel.

### A mikrovezérlős oldal

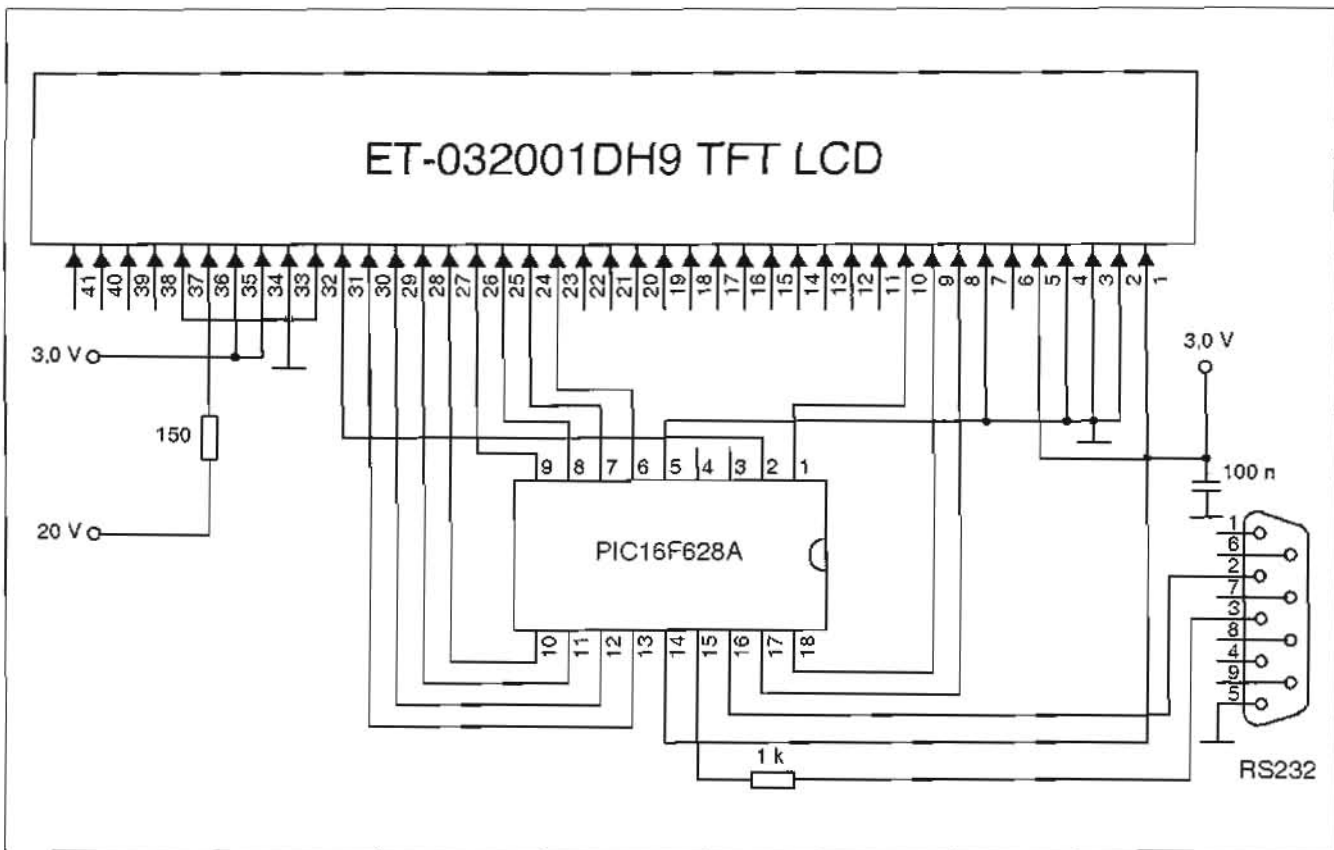
Mivel a kijelzőt elsősorban számítógéptől függetlenül érdemes üzemeltetni, a következőkben lássunk egy alkalmazási példát a PIC16F628A kontrolerre építve. A megfelelő rutinok és az



13. ábra

alapelvek megtartásával persze tetszőlegesen hasonló mikrovezérlőre átültethető a projekt.

A tápfeszültség bekapcsolása után még elég sok „láthatatlan” információt kell bevinni az IL19320-ba, hogy végül képet kapjunk az LCD-n. Ezeket a teendőket foglalja röviden össze a 13. ábra. Eszerint a feszültség bekapcsolását követően a 31-es nRESET jelű kivezetésre adott impulzussal a vezérlőt hardveresen újraindítjuk. Erre azért van szükség, mert a táp bekapcsolása nem tudhatni, hogy pontosan hogyan ment végbe, milyen gyorsan, esetleg impulzusokkal, zajjal terhelten. A hardveres reset ellenben garantálja, hogy minden regiszter alaphelyzetbe áll, a vezérlő pedig kész az adatok fogadására és küldésére. Ezt a feladatot is célszerű, persze időzítetten a mikrovezérlőre bízni, mert így külső alkatrész nélkül, érintkezők hiányában pergesmentesen fog a folyamat elindulni. A teljes újraindulás legfeljebb 100 ms alatt lezajlik, így a manuális beavatkozással még időt is veszítenénk. Az igazán érdekes egység ezután következik, ez pedig a kijelző inicializálása. Ez sajnos egy eléggé hosszadalmas folyamat, de alapvetően meghatározza az LCD további használatát. Itt érdemes minden egyes regiszter értékét a megfelelő értékkel feltölteni a regisztertáblázat alapján. Ekkor tudjuk beállítani a különféle adatfeltöltési módok valamelyikét, az LCD pontos feszültségeit, a gamma korrekció elemeit, és még sokminden mást. Bár többszáz bájtnyi adatforgalomról van szó a folyamat mégis a szükséges késleltetéseket is belekalkulálva nem egészen egy másodperc alatt elvégezhető. Végül csak ki kell adni az LCD bekapcsolása utasítást, és a kijelző kész a használatra. Ez-



14. ábra

után már kedvünkre rajzolhatunk a képernyőre a grafikai rutinok segítségével.

A konkrét megvalósítás kapcsolási rajza a 14. ábrán látható. A legegyszerűbben kezelhető, de még kellően hatékony és nem utolsósorban a controllerhez is illeszkedő 8 bites adatbeviteli módot használjuk. A 32..35 lábak 0011 kombinációja választja ki ezt a módot, amint ez le is olvasható a 6. ábráról. A 16F628A képes működni ilyen kis tápfeszültségről is, így nem szükséges szintillesztőkkel tovább bonyolítani a kapcsolást. A mikrovezérlő 3F10-es CONFIG WORD beállítással üzemel, azaz nem használ sem külső reset áramkört, sem pedig külső oszcillátort. Ezzel nyerhetünk három kivezetést az IC-n, amelyet ezáltal más célra használhatunk fel. A PIC belső 4 MHz-es oszcillátora tökéletesen megfelel a feladatra, mivel nincs szükség pontos időmérésre, a hozzákapcsolt RS232 portot pedig 9600 baudon így is hibamentesen kezeli. Természetesen az áramkör a soros kapcsolat nélkül is üzemképes, csak úgy már valamiféle külső memóriát igényel a megjelenítendő képek tárolásához. A PIC flash programmemóriája ez esetben felejtős, hiszen a 2048

word-be némi program mellett a 3 bájtos színinformációval csupán egy 25×25 pixel méretű kép férne bele. Itt jelentkezik igazán, hogy milyen hatalmas mérettel rendelkeznek a színes bitképek. A teljes képernyő megtöltéséhez a 3 bájtos esetben  $3 \times 320 \times 240$ , azaz több, mint 200 kbájtnyi tárfelület kellene. Persze vannak már gyors soros nyolclábú flash memóriák akár Mbájtos méretben is, az igazi megoldást azonban vagy a jpeg tömörítés alkalmazása, vagy a napjainkban egyre jobban terjedő SD memóriakártya jelentené.

A mintapéldányban a már említett diódás módszerrel az USB 5 V-jából állítottuk elő a 3 V-os tápfeszültséget. A csatlakozósor közepe táján a 11...22 lábak nincsenek bekötve. Ezek ugyanis a 9-16 illetve a 18 bites kommunikációhoz kellene csak. Az egyszerűség kedvéért szintén nem használjuk első körben az érintőképernyő négy kivezetését sem. Az nRESET láb került a porta.3-ra, az nRS a porta.0-ra, az nWR láb a porta.1-re, az nRD pedig a porta.2-n kapott helyet. Szintén az egyszerűség kedvéért az nCS lábat fixen GND-re kapcsoltuk, hiszen nincs második LCD bekötve, ezzel is nyertünk egy PIC lá-

bat. A teljes portb-t használjuk 8 bites adatbusznak, ezzel biztosítva a tökéletes szinkront a beírandó adatok formátuma és a regiszterek tényleges értékei között. A 150 Ω-os ellenállás értéke nem kritikus, 20 V-os táplálás mellett a háttérvilágítás ledjei 100 és 200 Ω közötti értékkel beírják megfelelően nagy fényerő mellett.

### A működtető szoftver

Az ILI9320-as funkciói alapesetben ötféle szoftveres rutinnal érhetőek el. Az első a PIC vezérelte reset, majd a 16 bites regiszterek írása, olvasása, és a 18 bites GRAM írása, olvasása. Általában ebből négyet használunk majd (reset, 16 bit írás-olvasás, 18 bit írás), teljesen egyoldalú vezérlés esetében pedig három is elegendő (reset, 16 bit írás, 18 bit írás). A következőkben az általános eset négy rutinját követhetjük nyomon a 15. ábrán keresztül. Az egyszerűség kedvéért basic nyelvet használunk. Az első pár sorban a szükséges szimbólumdefiníciók és a használandó változók deklarációja látható. A rutinokat hat paraméteren keresztül tudjuk majd elérni. A „reg” változó hordozza az írni, vagy olvasni kívánt regiszter egy



```

'=====ILI9320 rutinok=====

symbol rs=porta.0 '==nRS láb=====
symbol wr=porta.1 '==nWR láb=====
symbol rd=porta.2 '==nRD láb=====
symbol rst=porta.3'==RESET láb=====

'====nCS kivezetés GND-n=====
'====8 bites adatport a PORTB buszon====

dim reg,d0,d1,r,g,b as byte'==változók===

LCD_reg_beiras:

    rd=1    '==alaphelyzetbe állítás===
    wr=1
    rs=1
    rst=1
    trisb=0
    portb=0

    rs=0    '=regisztercím betöltése===
    portb=0
    wr=0
    wr=1
    portb=reg
    wr=0
    wr=1

    rs=1    '=adatbájtok betöltése=====
    portb=d1
    wr=0
    wr=1
    portb=d0
    wr=0
    wr=1

    trisb=255

return

LCD_reg_kiolvasas:

    rd=1    '==alaphelyzetbe állítás===
    wr=1
    rs=1
    rst=1
    trisb=0
    portb=0

    rs=0    '=regisztercím betöltése===
    portb=0
    wr=0
    wr=1
    portb=reg
    wr=0
    wr=1

    rs=1    '=adatbájtok kiolvasása====
    trisb=255
    rd=0
    dl=portb '=felső bájt=====
    rd=1
    rd=0
    d0=portb '=alsó bájt=====
    rd=1

return

LCD_reset:

    rd=1    '==LCD reset=====
    wr=1
    rs=1
    rst=1
    trisb=255
    rst=0
    delayms(10)
    rst=1
    delayms(50)

return

LCD_pont_kirajzol:

    rd=1    '==alaphelyzetbe állítás=
    wr=1
    rs=1
    rst=1
    trisb=0

    rs=0    '=GRAM címének betöltése=
    portb=0
    wr=0
    wr=1
    portb=34 '=GRAM cím: 22h=34=====
    wr=0
    wr=1

    rs=1    '=GRAM adatok betöltése==
    portb=r*4 '=GRAM RED (piros)=====
    wr=0
    wr=1
    portb=g*4 '=GRAM GREEN (zöld)=====
    wr=0
    wr=1
    portb=b*4 '=GRAM BLUE (kék)=====
    wr=0
    wr=1

    trisb=255

return

'=====

```

15. ábra

bájtos címét. A „d0” és a „d1” változók tárolják a beírandó, vagy a kiolvasott 16 bites regisztertartalmat. Az „r”, „g”, „b” változók jelentése egyértelműen a színinformációt azonosítja, de ezeknek csak az alsó hat bitjét dolgozzuk fel.

Az „LCD\_reg\_beiras” szubrutin az első három változót használja. A rutin lefuttatása előtt a „reg”, „d0”, „d1” változókat fel kell tölteni a kívánt értékekkel. A vezérlőlábak alaphelyzetbe állítása megfelelően körültekintő programkörnyezet esetében el is hagyható, fontos azonban, hogy mindig tudjuk,

hogyan milyen logikai állapotban vannak a vezérlőlábak. A 8. ábra felső jelalakjait végigkövetve a következő pár programsor hirtelen értelmet nyer. A regisztercím betöltéséhez az nRS lábat 0 szintre húzzuk, majd először a 00h-t utána pedig a „reg” változóban tárolt értéket írjuk ki a portb-re (ezáltal az adatbuszra) egy-egy nWR impulzus kíséretében. A PIC 4 MHz-es órajelének köszönhetően ez igen gyorsan, néhány 10 Fs alatt lezajlik. Ezután jöhet a két adatbájt betöltése, de ehhez előbb az nRS lábat magas szintre kell állítani.

Két lépcsőben előbb a felső, majd az alsó bájt is bekerül az ILI9320-ba egy-egy nWR impulzussal. A rutin utolsó utasításával a portb bemeneti állapotba kerül az esetleges hazárdok elkerülése végett. Ha nem használunk kiolvasórutinokat, csupán beírunk az LCD-be, akkor el is hagyható ez a sor – ezzel is növelve a sebességet.

Az „LCD\_reg\_kiolvasas” kódrészlet is az első három változóval dolgozik. A folyamat első része teljesen hasonló az előzőhöz. Itt is be kell vinni két lépcsőben a regisztercímet az nWR

```

=====kijelző inicializálása=====
start
LCD_reg_beiras(0x05,0x80,0x00)
LCD_reg_beiras(0x00,0x00,0x01)
LCD_reg_beiras(0x01,0x01,0x00)
LCD_reg_beiras(0x02,0x07,0x00)
LCD_reg_beiras(0x03,0xD0,0x30)
LCD_reg_beiras(0x04,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x08,0x02,0x02)
LCD_reg_beiras(0x09,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x0A,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x0C,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x0D,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x0F,0x00,0x00)
=====power on=====
LCD_reg_beiras(0x10,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x11,0x00,0x07)
LCD_reg_beiras(0x12,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x13,0x00,0x00)
delayms(200)
LCD_reg_beiras(0x10,0x17,0xB0)
LCD_reg_beiras(0x11,0x01,0x47)
delayms(50)
LCD_reg_beiras(0x12,0x01,0x3C)
delayms(50)
LCD_reg_beiras(0x13,0x0E,0x00)
LCD_reg_beiras(0x29,0x00,0x09)
delayms(50)
LCD_reg_beiras(0x20,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x21,0x00,0x00)
=====gamma set=====
LCD_reg_beiras(0x30,0x02,0x07)
LCD_reg_beiras(0x31,0x05,0x05)
LCD_reg_beiras(0x32,0x01,0x02)
LCD_reg_beiras(0x35,0x00,0x06)
LCD_reg_beiras(0x36,0x06,0x06)
LCD_reg_beiras(0x37,0x07,0x07)
LCD_reg_beiras(0x38,0x05,0x06)
LCD_reg_beiras(0x39,0x04,0x07)
LCD_reg_beiras(0x3C,0x01,0x06)
LCD_reg_beiras(0x3D,0x06,0x01)
=====gram terület=====
LCD_reg_beiras(0x50,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x51,0x00,0xEF)
LCD_reg_beiras(0x52,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x53,0x01,0x3F)
LCD_reg_beiras(0x60,0x27,0x00)
LCD_reg_beiras(0x61,0x00,0x01)
LCD_reg_beiras(0x6A,0x00,0x00)
=====partial display=====
LCD_reg_beiras(0x80,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x81,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x82,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x83,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x84,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x85,0x00,0x00)
=====panel control=====
LCD_reg_beiras(0x90,0x00,0x10)
LCD_reg_beiras(0x92,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x93,0x00,0x03)
LCD_reg_beiras(0x95,0x01,0x10)
LCD_reg_beiras(0x97,0x00,0x00)
LCD_reg_beiras(0x98,0x00,0x00)
=====inicializálás kész=====
=====LCD bekapcsolása=====
LCD_reg_beiras(0x07,0x01,0x73)
=====LCD használatra kész=====

```

16. ábra

impulzusokkal. Ezután azonban nemcsak az nRS lábat kell átállítani, hanem a kiolvasás miatt az nRD impulzusok fogják a kiolvasási műveletet indítani. Ennek eredményeképp a „d0” és „d1” változók megtelnek hasznos információval. Innen már tetszőlegesen felhasználható a program további részében az adat. A kiolvasás megkezdése előtt

igen fontos szerepe van a „trisb=255” utasításnak, mert ezzel váltunk kimenetről bemenetre a teljes portb-n.

Az „LCD\_reset” eredményeképp kerül alapállapotba az JL19320 vezérlő. Az adatlap szerint a két késleltetés (10 és 50 ms) igen fontos a folyamat helyes lefutása érdekében.

Az előbbi két regiszterművelettel szemben az „LCD\_pont\_kirajzol” már 18 bites GRAM regisztert címez. A grafikus ram a 22h címen érhető el, decimálisra fordítva ez a 34-es. A színinformáció 18 bitjét a 3x6-os kombinációban visszük be. A GRAM cím betöltése a megszokott módon zajlik (nRS=0, nWR impulzusok), a színbájtok beírása előtt azonban mindhárom értéket a bájttal felső felébe kell tolni. Ez négygel való szorzással könnyedén megoldható. Az adatlap szerint a színinformációt a vezérlő a DB17..DB12 lábakon várja, amely a 8 bites adatbusznak pont a felső hat bitje. A három bájttal bevitele nWR impulzusokkal történik, természetesen nRS magas szintje mellett.

A fenti rutinok használatával 4 MHz órajel mellett ugyanazon színnel megtölteni (ez a legegyszerűbb) a kijelzőt nem egészen 2 másodperc kellett. 20 MHz maximális PIC órajellel és a rutinok további egyszerűsítésével láthatóan basicben sem lehetetlen elérni a lassú animációkhoz szükséges képfrissítési gyorsaságot. Továbbgondolva: a 18F sorozat biztosította 40 MHz-es órajel és a 18 bites illesztő alkalmazásával pedig akár videó lejátszása is lehetséges.

A bekapcsolást követően a reset után az inicializálási folyamat részletes programfelépítése látható a 16. ábrán. A könnyebb átláthatóság és érthetőség

kedvéért a következőképpen érdemes olvasni a sorokat: egyféle rutint használunk csupán a regiszterek megtöltéséhez, paraméterként pedig három elemet adunk meg. Az első az aktuális regiszter táblázatbeli hexadecimális címe. A második és harmadik érték pedig a tényleges beírandó tartalmat jelöli. Azaz egy sor meghívásához az első értéket a „d1”, „d0” változókba kell tölteni, majd egy „gosub LCD\_reg\_beiras” utasítással meghívni a rutint. A használandó regisztereket hat csoportba soroltuk. Az első csoport a „start” megjelölést kapta. Itt láthatjuk a legfontosabb beállításokat. Az adatlapok között kutakodva az E5h című regiszter leírását nem találjuk sehol. Ennek ellenére ezt kell legelőször beállítani. Hosszas keresgélés után nagy nehezen meglett a funkció: a vezérlőmag belső feszültségét állítja be. A „power\_on” blokkban a késleltetések értékére figyeljünk nagyon, fontosak. Ezen utasítások a belső feszültségátalakítót „piszkálják”, így szükség van némi időre az új értékek stabilizálásához. A „gamma\_set”-en keresztül lehet a színegyensúlyt beállítani. Érdemes ezekkel az értékekkel játszani. A jelenlegi esetben az adatlap szerinti értékek szerepelnek.

A „gram\_terület” blokkban a képernyő horizontális és vertikális kezdő és záró címét lehet megadni a grafikus ram területén belül. Ez esetünkben 0-239 és 0-319 (ez más két bájton: 013Fh=319). Az utolsó két blokkba szintén „gyári” értékeket beállítva az inicializálási folyamat a végére is ért. Ezután a 07h regiszterbe töltve a 0173h értéket a kijelző bekapcsol. Ez onnan vehető észre, hogy a képernyő, amely eddig teljesen

```

=====grafikai modul=====
dim reg,d0,d1,y,r,g,b as byte
dim x as word

=====pont rajzolása megadott
pontba=====
LCD_pont_xy:
  reg=32
  d0=y
  d1=0
  gosub LCD_reg_beiras

  reg=33
  d0=x & 255
  d1=x/256
  gosub LCD_reg_beiras

  gosub LCD_pont_kirajzol
return

=====kijelző törlés=====
LCD_torles:
  reg=32
  d0=0
  d1=0
  gosub LCD_reg_beiras
  reg=33
  gosub LCD_reg_beiras

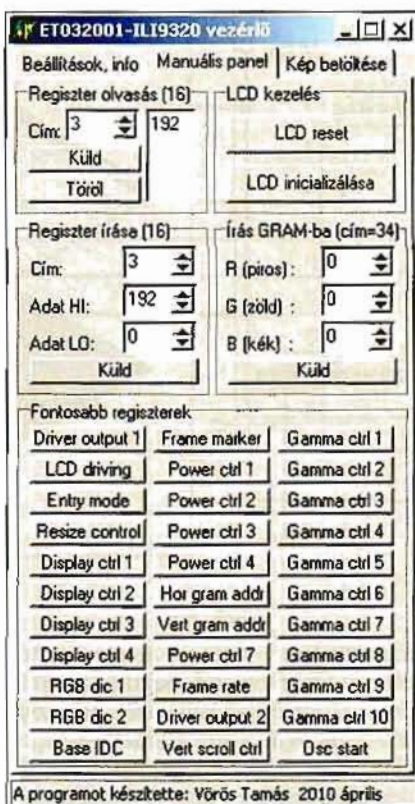
  r=63
  g=63
  b=63
  for y=0 to 239
  for x=0 to 319
    gosub LCD_pont_kirajzol
  next x
  next y
return

```

17. ábra

fehér volt (háttérvilágítás) most egy árnyalatnyit sötétedik. Ha ezt a változást meglátjuk, biztosak lehetünk, az LCD kész a használatra. A grafikus ram mutató a 0;0 koordinátákon áll, így bármilyen „LCD\_pont\_kirajzol” rutinnal beküldött 18 bites színinformáció kikerül a képernyőre. Persze egy pont megváltozása (ha csak nem elég kontrasztos a változás) elég nehezen vehető észre a kis pixelméret miatt, de 3-4 egymásután kirajzolt pont már bizonyosan jól látszik.

Innentől kezdve tényleg már csak szoftver kérdése az egész. El is hagyhatjuk a hardverközeli réteget, már nem kell regiszterekben megvezérlőlábakban gondolkodnunk, hanem objektumokat, egyeneseket, köröket, karaktereket kell magunk előtt látnunk és persze azok elhelyezkedését a képernyőn. Kezdő lökésként a grafikai modul két alapvető elemét láthatjuk a 17. ábrán, amelyből az összes többi felépíthető. Az egyik ilyen rutin a pont rajzolása adott pontba, a másik pedig a képernyőtörlés. A pont kirajzolása öt paramétert feltételez: x,y a pont helyének két koordinátája és r,g,b a színinformáció. Az x koordináta 255-nél lehet nagyobb is, így oda már word (16 bit) típusú változót kell használnunk. A



19. ábra

32-es és 33-as regiszterekkel a megfelelő pontba pozícionáljuk a „kurzort”, majd egy „LCD\_pont\_kirajzol” szubrutinnal kitesszük a pontot a megadott helyre. Persze azért nem árt szem előtt tartani, hogy ezek a magasabb szintű összetettebb műveletek jelentősen lassítják a kijelzési folyamatot, ezért ezek optimalizálására különös figyelmet kell fordítani. A másik fontos grafikai rutin a képernyőtörlés. Ez egyszerűen csak egy ciklus, amelynek elején a kezdőcímet a 0;0-ra állítjuk, majd az automatikus címléptetést felhasználva minden pixelbe a maximális (fehérnek megfelelő) színinformációt töltjük. Persze, ha fekete képernyőt szeretnénk, akkor mindehová a 0,0,0 hármast kell tölteni.

### A képfeltöltő program

A memóriaterületek kapcsán már láthattuk, hogy a valós 320x240-es RGB bitképek tárhelyigénye milyen nagy. Az alapfeladattól (LCD ismertetése) kissé elkanyarodott volna egy SD kártyás FAT fájlrendszert használó jpeg tömörítést is kezelni képes projekt leírása, így inkább a soros portos feltöltés mellett döntöttünk (de ami késik nem múlik..., mint tudjuk). Persze 9600 baud mellett ne várjunk valami nagy

sebességet, sőt! Ezzel a módszerrel csaknem négy percre tartott egy kép kirajzolása az LCD-re, de az első megjelenő kép aztán kárpótolt a fáradozásokért. Nyilvánvalóvá vált, hogy folyamatos megjelenítésre teljesen alkalmatlan ez a megoldás, viszont a kijelző alapfunkciói remekül kipróbálhatóak, így tapasztalatszerzésre pont megfelel. Egy nagyon egyszerű, Delphi-ben írt programról van szó, amely indításkor nyitja a megfelelő COM portot és azon keresztül kommunikál a 14. ábra kapcsolásával. A program alapvető funkciója egy kép megnyitása, és betöltése az LCD-be. Ennek képernyőképe a 18. ábrán látható. A manuális panelen már hardverszinten is kezelhető a modul, azaz a regisztereket írni, olvasni lehet. A fontosabb regiszterek címei az adott gombokra kattintás után automatikusan bekerülnek mindkét cím mezőbe, így már csak az értékeket kell változtatni és szemlélni az eredményt. Ennek képe a 19. ábrán kapott helyet. És végül a 20. ábrán már a süni a kijelzőn látható. Érdekes megfigyelni, hogy az eredeti és az LCD-n lévő kép között milyen árnyalatnyi színeltérések vannak. Ezek egy része a fényképező és a kijelző kölcsönhatásának tudható be, másik része pedig a gamma korrekciós beállításoknak.

### Az érintőképernyő

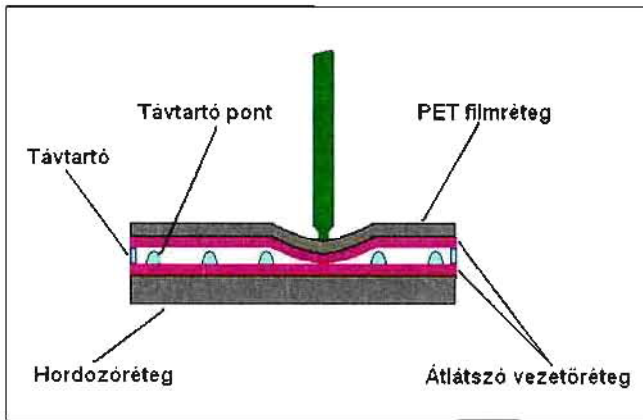
Az ET032001 LCD modul igazi interaktív eszközzé válhat megfelelő környezetben az érintőképernyőnek köszönhetően. Ez a fajta adatbeviteli eszköz nem olyan hatékony, mint a billentyűzet, de kétségtelenül egyszerűbb és könnyebben kezelhető. Az érintőkép-



18. ábra



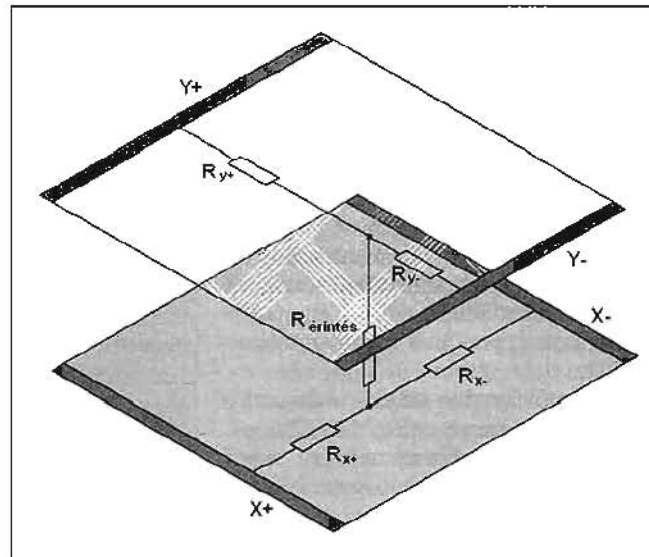
20. ábra



21. ábra

ernyővel karakterek használata nélkül is megvalósíthatunk vezérlési funkciókat. A kijelzőn megjelenő objektumokra mutatva az érintési pont helye előre megadható pontossággal meghatározható, így akár nyilak és különféle gombok hiányában is lépkedhetünk menüpontok között, indíthatunk folyamatokat, de ha billentyűzetet jelentünk meg a kijelzőn (ez már pedig csak szoftver kérdése) akkor még szöveget is vihetünk be, bár elég lassan. A sokféle alkalmazási lehetőség miatt egyre népszerűbb a multimédiás eszközökben, elsősorban a mobiltelefonokban terjed nagy gyorsasággal. Persze ne feledjük, hogy a notebook-ok egérpadja is ilyen mutatóeszköz. A fejlesztések során két nagy irányvonalal találkozhattunk. Az egyik az úgynevezett rezisztív érintőképernyő, a másik pedig a kapacitív. A kettő felépítése és működése között elvi különbség van. Az, hogy melyikkel van dolgunk ellenben egyszerűen eldönthető: a rezisztív képernyőt mindig, hogy milyen anyagú eszközzel érintjük meg (toll, ceruza, ujj) kiolvasható az érintési pont. A kapacitívnál hiába próbálkozunk tollal, vagy ceruzával, nem fog érintést érzékelni. Esetünkben az LCD előtt a rezisztív technológiával készült érzékelő van.

Az LCD előtt elhelyezkedő érintőképernyő felépítése a 21. ábrán látható. A működés lényege, hogy két, egymástól távtartókkal elválasztott átlátszó vezetőréteget összeérintve, azok között vezetési jelenség tapasztalható. Az érintési pozíció nagyon egyszerűen, akár ellenállásméréssel is meghatározható, de lehetőség van az érintés „erősségének” lekérdezésére is. Ezzel a funkcióval tud többet nyújtani az érintőképernyő a többi hasonló mutatóeszköznél. Az egész mechanikai felépítés fontos eleme a megfelelő szilárdságot



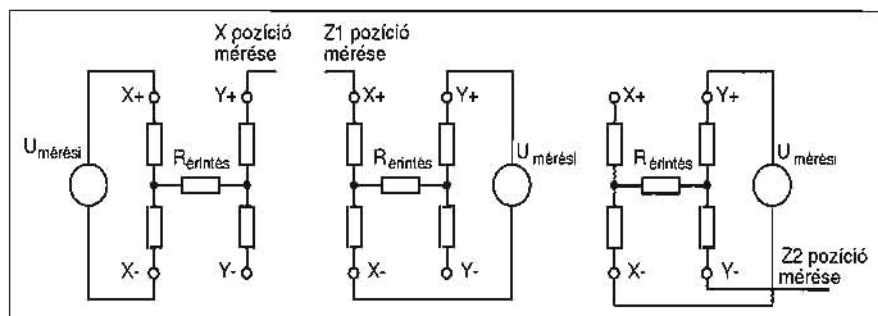
22. ábra

biztosító hordozóréteg, amely szintén teljesen fényáteresztő. Felülről a karcoldások és a külső behatások ellen egy fóliaréteg védi a két ellenállásréteget. Az adatlap szerint a képernyő teljes átteresztőképessége 82%-nál nagyobb, így nem zavarja az LCD-n megjelenő kép használhatóságát. A rétegek minőségét jellemzi, hogy az érintési pontok 250 g-nak megfelelő erővel terhelve (esetünkben kb 2,5 N) több, mint egymillió érintést képesek elviselni 240 érintés/perces ütemet feltételezve. A képernyő „rajzolásállósága” is hasonlóan jó: 150 g-nak megfelelő erővel 60 mm/másodperces sebességgel több, mint százezerszer rajzolhatjuk újra a vonalat. Ezek az adatlapból származó adatok azt vetítik előre, hogy normál használat mellett az eszköz szinte elnyúlhetetlen.

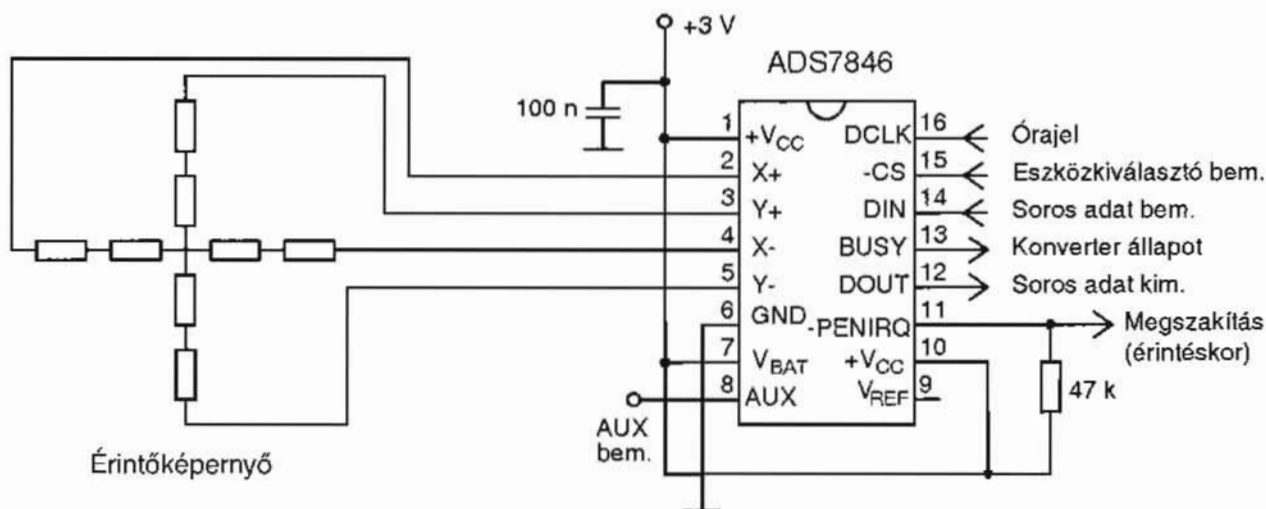
A képernyő elektromos helyettesítő képe a 22. ábrán látható. Itt már körvonalazhatók azok a mérési módszerek, amelyek a három koordináta meghatározását lehetővé teszik. A rendszer lelke a két átlátszó vezetőréteg, amely

két-két átellenes oldalát kivezetéssel látták el. Mindkét lap esetén közel lineárisan változik a réteg ellenállása a – oldaltól a +ig. A rétegek merőleges elhelyezése folytán az egyik réteg az x, a másik pedig az y koordináta meghatározásában játszik szerepet. A mérési összeállítást folyamatosan változtatva mind az x,y, mind pedig az érintési koordináta (ellenállás) meghatározható. Az adatlap szerint a két réteg ellenállása nem egyezik meg, az x fólián 200 és 850  $\Omega$  közötti, míg az y rétegen 150 és 580  $\Omega$  közötti ellenállást mérhetünk. Az érintési pont felismeréséhez az ellenállások nagysága nem fontos, a koordinátákat ugyanis a megfelelő arányok határozzák meg.

A koordináták meghatározásához a fóliák ellenállásainak szórása miatt érdemes a feladatot feszültségmérésre visszavezetni. Mindhárom érték (x,y,z) azonosításához legalább négyféle különböző mérést kell elvégeznünk. Egyet az x, egyet az y és kettőt a z koordinátahoz. A 23. ábrán láthatók az alapvető mérési összeállítások. Az x



23. ábra



24. ábra

pozíció méréséhez egyszerűen csak feszültséget kell kapcsolni az x fólia két végére. Valamelyik csatlakozót – praktikusan az x- pontot – referenciapontként használva a réteget egyszerű feszültségosztóként tekintve a másik rétegen keresztül leolvasható az osztott feszültség. Ehhez persze az y réteg ellenállásánál jóval nagyobb belsőellenállású műszer szükséges, de a maximális 580 ohmos adatot feltételezve még az érintési ellenállás belekalkulálásával is bőven megfelel egy szokványos multiméter. A meghajtó oldalon a kis rétegellenállások miatt figyelni kell, nehogy túlterheljük az adott réteget. Igyekezünk minél kisebb feszültséget alkalmazni. Tapasztalataim szerint 1,5 V esetén még nem károsodik a vezetőréteg, bár ez is már mA nagyságrendű áramot jelent az adott rétegben. Az x pozíció mérési elve teljes egészében alkalmazható az y rétegre is, csak a meghajtófeszültséget és a mérési pontot kell az ellenkező oldalra helyezni. Az igazi érdekességet az érintés erősségének meghatározása jelenti. A meghajtás két pólusa ez esetben nem ugyanazon réteg két végpontjára csatlakozik, hanem az egyik pólust az egyik réteg valamelyik végére (esetünkben x-), a másik pólust pedig a másik réteg valamelyik végére (esetünkben y+) csatlakoztatjuk. Érintés esetén ezzel az összeállítással egy háromellenállásos osztót hozunk létre. A mérési feladat tehát a következő: meg kell határozni az érintési ellenállás feszültségét. Ezt összehasonlítva az osztót tápláló feszültséggel megkapjuk kívánt információt. Ehhez sajnos nem

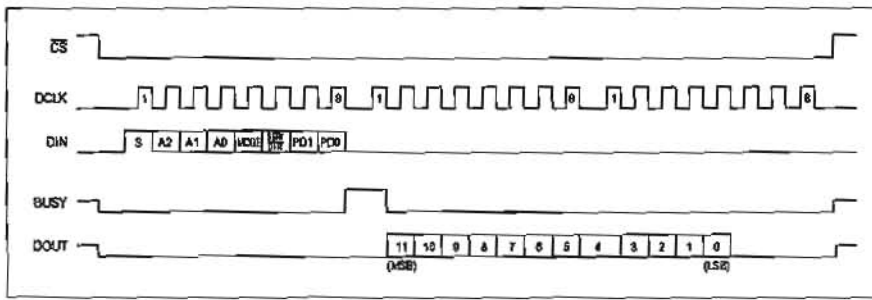
elég egy mérés. Míg az előzőekben a mérendő ellenállás egyik pontja referenciapontként is szolgált, itt az ellenállás mindkét vége lebeg. A megoldás persze kézenfekvő: a meghajtó feszültségforrás egyik pólusát referenciapontként használva mérjük meg az érintési ellenállás egyik végének is, meg a másik végének is a potenciálját. A kettő különbsége azonnal megadja a keresett feszültséget. Ezzel a módszerrel csak az a baj, hogy különböző helyeken vizsgálva ugyanolyan erős érintéseket, különböző feszültségeket kapunk. Ez azért fordulhat elő, mert bár a középső ellenállás ugyanakkora maradt, a két szélső ellenállás értéke megváltozhatott. Az x és y koordináták ismeretében azonban az eredmény korrigálható. A gyakorlatban legtöbbször kétféle erős-

ségű érintéssel találkozhatunk. Az egyik a mutató jellegű, amikor egy vagy két érintéssel kijelölünk egy elemet a kijelzőn (ez az erősebb), a másik pedig a rajzoló jellegű, amikor a mutatóeszközt nem túl erősen rányomva húzzuk a képernyőn. E két lehetőség között pedig viszonylag egyszerű mérés is különbséget lehet tenni.

Az érintési koordináták az előbbieknél alapján persze elérhető egyszerű eszközökkel is, célszerű azonban a lekérdezést A/D konverterrel ellátott céláramkörökre bízni. Ez akkor igazán hasznos, ha az érintés erősségére is kíváncsiak vagyunk. Az érintés rövid átlagos időtartama miatt a négyféle mérést meglehetősen gyors egymásutánban kell elvégezni megfelelő pontosság mellett. Tennézetesen megoldható a

**Egész évben COMMED!**  
**Profí az elektronikában**  
 Termékeinkkel rendszeresen látogatjuk az amatőr börzéket és kiállításokat is. Jöjjenek el **MINTABOLTUNKBA**, ahol megtekinthetik választékunkat és kipróbálhatják termékeinket működés közben is.  
 Folyamatosan bővülő, megújuló készlet, követve az elektronika változásait világszerte.  
 Új és használt, felújított műszerek **MŰSZAKI BÖRZE** heti frissítéssel.  
 www.cammed.hu  
 1074 Budapest, VII. Vörösmarty u. 3/a T: (1) 222-7000

**H & M T R A F O Kft.**  
 4400 Nyíregyháza, Derkovits u. 132-136.  
 Tel./fax: 06-42-422-024  
 hmtrafo@axelero.hu  
 www.hmtrafo.hu  
**Híradásipari**  
**TRANSZFORMÁTOROK**  
 hálózati, kimenő, fojtó, szűrő tekercsek, toroid, M, EI, ferrit kivitelben



25. ábra

feladat egy küldő A/D átalakítóval megkapcsolóáramkörökkel, a komplett céláramkörök ára azonban már összemérhetetlenül csekély egy projekt alkatrészkiadásához képest. Néhány száz forintért cserébe komplett egységet kaphatunk, amely soros buszon keresztül megszólítható. A meglehetősen nagy választékból a Texas Instruments által gyártott ADS7846 mellett döntötünk. Ennek az IC-nek az alapfunkción felül még van külön AUX bemenete, meg hőmérsékletmérője is. A kapcsolási rajz a 24. ábrán látható. Az IC javára írható, hogy a tápszűrő kondenzátoron kívül mindössze egy darab ellenállás beépítését igényli. Rendelkezik egy olyan kimenettel, amely érintés érzékelése esetén megszakítást generál a lekérdezést megvalósító mikrovezérlő felé, így a programban csupán egy helyesen választott megszakítási rutin-ként szerepel a koordináták lekérdezése. Hát nem csodálatos?

Az IC jól működik 3 V-os tápfeszültség esetén is, így tápellátását az LCD működtető feszültsége megoldja. SSOP vagy SSOP tokozás választása esetén az egész egység mérete kisebb lehet egy ötfórtosnál, bár kétségtelen, hogy az SSOP-val ismételtlen a miniatűr nyákgyártás problémáját feszegetjük.

Belső logikai felépítése regiszterszervezésű, bár itt csak nyolcféle lekérdezési lehetőség áll rendelkezésre. Egy tipikus kommunikációs jelsorozat a 25.

A2	A1	A0	Konverzió
0	0	0	Temp 0
0	0	1	Y pozíció
0	1	0	Telepfeszültség
0	1	1	Z <sub>1</sub> pozíció
1	0	0	Z <sub>2</sub> pozíció
1	0	1	X pozíció
1	1	0	AUX bemenet
1	1	1	Temp 1

26. ábra

ábrán látható. A CS jelű eszköz kiválasztó bemenetet ez esetben célszerű használni, mert így az adott kivezetések inaktív állapota lehetővé teszi a mikrovezérlő ugyanazon lábának felhasználását más célra is. A kommunikáció egy startbittel indul a mikrokontroller részéről, majd az A0..A2 bitek jelölik meg az éppen lekérdezendő információt. Ezek után beállítva az A/D konverzió pontosságát – amely legfeljebb 12 bit lehet –, már adja is az IC a kívánt adatot az órajel ütemére. A belső jelfeldolgozás nagyon kis időt igényel, erre az időre a foglaltságjelző magas logikai értéket vesz fel. A konverziós műveletek befejeződése után már indulhat a lekérdezés. A regiszterek címei a 26. ábrán láthatók.

Az érintési koordináták lekérdezése egy egyszerű szubrutinnal megoldható, amelyet a PENIRQ láb megszakításké-

résekor futtatunk le. A programrészlet a 27. ábrán látható. A kód bemenetként a „vezerles” nevű bájtot kéri, a rutin futtatása előtt ezt a változót el kell látni helyes tartalommal. Itt lehet megadni többek között a lekérdezendő regiszter címét is.

A rutint többször egymás után per-se más „vezerles” paraméterrel futtatva lehetséges akár az összes regiszter adatainak lehívása is. A rutin az „adat” nevű változóba tölti a kiolvasott információt. Használatnál feltétlen figyeljünk arra, hogy ez a változó word típusú, azaz 16 bit szélességű. Erre azért van szükség, mert a lekérdezett adat legfeljebb 12 bites lehet, így egy bájtna nem férne bele.

A programkód elején található szimbólumdefiníciók rögzítik a felhasználandó lábakat. Ezeket természetesen az adott feladat függvényében meg lehet változtatni, de arra ügyeljünk, hogy az IC bemeneteinek vezérléséhez csak teljesértékű kimenettel rendelkező kontrollerlábakat használjunk, vagy nyitott kollektoros esetben lássuk el azokat néhány kΩ-os felhúzóellenállásokkal. A kód alapvetően három részre tagolható. Először beviszük a „vezerles” bájtt a soros buszra, majd kiolvassuk az egyik adatbájtot, utána pedig a másikat. Ezeket összeolvasztva kapjuk meg a tényleges eredményt.

```

'====érintőképernyő lekérde-
zõ====

symbol CS=porta.0
symbol DCLK=porta.1
symbol DIN=porta.2
symbol DOUT=porta.3

'====PENIRQ=INT/RB0 megsza-
kítás====

dim
adathi,adatlo,vezerles,i,temp as
byte
dim adat as word

'==vezerles: vezérlő bájtt
(A0,A1,A2,PD0,PD1)=
'==adat: lekérdezett ada-
tok=====

trisa.0=0
trisa.1=0
trisa.2=0
trisa.3=1

TOUCH lekerdezes:
DCLK=0
DIN=0
CS=0

for i=0 to 7
temp=(vezerles & 128)/128
DCLK=0
if temp=1 then DIN=1
if temp=0 then DIN=0
DCLK=1
vezerles=vezerles*2
next i

adathi=0
for i=0 to 7
DCLK=0
adathi=adathi*2+DOUT
DCLK=1
next i

adatlo=0
for i=0 to 7
DCLK=0
adatlo=adatlo*2+DOUT
DCLK=1
next i

adat=adathi*256+adatlo

DCLK=0
DIN=0
CS=1
return

```

27. ábra

# A levegőionizátor

Nagymáté Csaba villamosmérnök, nagymate.csaba@nmhh.hu  
Dr. Nagymáté Emese okl. vegyész, emese.nagymate@gmail.hu

*Tisztelt Olvasó! Rövid időn belül másodszer jelentkezőnk egészségügyi-elektronikai témával. Tudatosan nem orvos-elektronikai kifejezést használunk, hiszen a XXI. század technológiai szintje eleve kizárja az ilyen kategóriába sorolható, színvonalas amatőr berendezések építését, nem is beszélve az ezekhez szükséges használati ismeretek hiányáról. Elmondhatjuk, hogy amikor felvállaljuk egy-egy ilyen irányú téma feldolgozását, akkor az ahhoz szükséges minimális élettani és felhasználói ismereteket is megadjuk. Tettük ezt az elektronikus fújdalomcsillapítás bemutatásakor (TENS; Rádiótechnika Évkönyve 2009) és tesszük ezt jelen esetben is. A téma életre hívását az egészséges életmód iránti növekvő igény, a nagyszámú olvasói érdeklődés „kényszerítette” ki.*

A környezetünkben üzemelő sok-sok elektromágneses (EM) sugárforrás (számítógépek, televízió-készülékek, mikrohullámú sütők, kompakt fényforrások stb.) kettős hatást gyakorol. Egyrészt közvetlenül hat az emberi szervezetre, amit az „EM terek emberi expozíciója” fogalomkörrel vizsgálhatunk, másrészt az élő szervezet életeréje, környezetére hat (víz, levegő stb.). Jelen közleményünkben a levegőre gyakorolt hatásokkal és annak emberi tényezőivel foglalkozunk. Szándékunk szerint a direkt emberi expozícióra egy későbbi alkalommal visszatérünk.

A tiszta, jó levegő áldása mindenki számára jól ismert, sőt az orvoslás „tudományának” kezdetén bizonyos betegség-típusokra egyetlen gyógymódként volt ismert (hegyvidéki levegő a tüdőbetegségekre). Napjainkban különösen a városi levegő erősen szennyezett, főleg a káros kémiai anyagok magas koncentrációja miatt. De azokban a helyiségekben is, ahol az előbb említett elektromos/elektronikai berendezések működnek, pl. a sztatikus feltöltődés miatt, pozitív ionok keletkeznek.

A pozitív ionok koncentrációjának növekedése bizonyos hormonok (pl. szerotonin, szabad hisztamin) kiválasztását fokozza. Ez okozhatja az asztma, bronhitisz, idegesség, szellemi de-

presszió, szabálytalan menstruációs ciklus stb. kialakulását.

Az ionizátor olyan berendezés, amely a környező levegőbe negatív ionokat (anionokat) juttat, semlegesítve a zárt terek levegőjében levő szennyező részecskéket.

A készülék feladata, hogy a civilizációs ártalmak miatt megromlott levegő jellemzőit visszaállítsa a természetes, friss levegőhöz hasonlóra. Javasolt alkalmazása: lakásokban, gyermekközségekben, rendelőkben, kórházakban, irodákban, oktatási helyeken, dohányfüstös helyiségekben stb. A téma tárgyalásakor módunk lesz rávilágítani néhány rögzült fogalomzavarra, olyanra, mint pl. a hegyvidék „ózonos” levegője. Nagy baj lenne az ózonos levegő!

Cikkünk felépítését tekintve három jól elkülöníthető résszel találkozunk. Egy „rövid” kémiai kurzus során bemutatjuk a pozitív és negatív ionok élettani hatásait, természetes előfordulásukat és mesterséges előállításuk módjait. A konstrukciókat bemutató fejezetünk előtt azok „építőköveit” vesszük számba, hogy a későbbi tárgyalásuk ne vonja el a figyelmet az amúgy sok veszélyforrást magukban rejtő, nagyfeszültségű berendezések beállítása, szerelési útmutatóitól. Ami a konstrukciókat illeti: egy kis fordított elektronikai evolúciós folyamat részei lehetünk.

Bemutatjuk, hogyan készítsünk ionizátort a mai kor alkatrészeiből, majd elkalandozunk a közelmúlt áramkörü megoldásaihoz. Utóbbiaknál kizárólagosan az analóg tévétechnika nagyfeszültségű szerelvényeit használjuk, ezzel is emléket állítva a nemsokára végleg búcsúzó hagyományos televíziókészülékeknek.

Végül visszanyúlunk a gyökerekhez is, egy igazi oldtimer elektroncsöves konstrukció bemutatásával.

Mint azt majd látni fogjuk, a használt áramkörü „képlet” igen egyszerű lesz, s mégis választhatjuk közleményünk mottójául – az orvosi témákhoz szinte kötelező – latin idézetet: „varietas delectat”, azaz a „változatosság gyönyörködtet.”

## 1. Egy kis „iontan”

### 1.1. A levegőben előforduló ionok

1 cm<sup>3</sup> természetes levegő körülbelül 2,7×10<sup>19</sup> gázmolekulát tartalmaz. Ez két részből tevődik össze: egy állandó részből (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, nemesgázok, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O) és egy változó részből (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, szénhidrogének, oxigén tartalmú szerves vegyületek, gyökök stb.). Koncentrációjuk széles határok között változik: 2,1×10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup> (nitrogén) – 10<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> (gyökök). Az alacsony koncentrációjuk ellenére a gyökök kémiai láncreakciókért felelősek. A természetes gázmolekulák mellett a levegőben más komponensek is megtalálhatóak, pl. ionok, azaz pozitív vagy negatív töltéssel rendelkező atomok vagy molekulák (10<sup>2</sup> – 10<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>), aeroszol részecskék (a levegőben jelen levő mikroszkopikus méretű szilárd anyag, pl. korom, por: 10<sup>6</sup> cm<sup>-3</sup>), stb. [1].

A légköri folyamatokban töltések keletkezhetnek, semlegesíthetnek, cserélődhetnek vagy transzportálódhatnak is. A töltések keletkezésének többféle útja is lehet: létrejöhetnek ionizációval vagy a felhőkben végbemernő töltésszétválasztó folyamatokkal is. A továbbiakban az ionizációs folyamatokkal foglalkozunk.

A légköri ionizációt javarészt a kozmikus, a radioaktív és az ibolyántúli sugárzás okozza. Ionizációt okozó szerepük a magassággal változik: míg a földfelszín közelében a radioaktív sugárzás, addig az 1 km-nél magasabb rétegekben a kozmikus sugárzás az ionizáció fő okozója. A levegőben egy ionpár létrehozásához körülbelül 35 eV energia szükséges. (Megjegyezzük, hogy 12,4 eV-nál nagyobb energiájú ionizáló sugárzás bizonyítottan káros az egészségre). Megemlítendő az ún. Lénárd-hatás is, ami a vizesések közelében megnövekedett levegőion-koncentrációért felelős. Ez kimondja, hogy a vizesések közelében a levegőnek negatív töltése van, mert a vízcseppecskék felszíne a molekuláris erők következtében olyan elektromos kettősréteg, amelynek külső része negatív töltésű. Ez

alaján, amikor a víz kis cseppekre esik szét, a környező levegő negatív töltésre tesz szert.

A fotoelektromos hatás, amely a fémtartalmú felületek adott hullámhosszúságú fénnyel történő megvilágítás hatására történő elektronemissziójával jellemezhető, szintén képes levegő-ionok generálására. Igaz, ez a hatás nem jelentős, mivel a földfelület egészének csak csekély hányadát takarja fémtartalmú felület. [2]

A létrejött ionok sorsa többféle lehet: vagy rekombinálnak (ellentétes töltésű részecskék egyesülése semleges képződménnyé), vagy felveszi őket egy semleges molekula, ill. részecske. A légkör alacsonyabb tartományában a semleges részecskével való ütközés a gyorsabb folyamat, mint a rekombináció. Az így létrejött ion az ún. molekulaion.

A molekulaion a szabad elektronhoz hasonlóan  $10^{-3}$  s alatt hidratálódik, azaz poláros vízmolekulák veszik körül. Eredményként egy 20–40 atomból álló, egyetlen elemi töltéssel rendelkező ún. *komplex* jön létre, amit „*kis ionnak*” nevezünk. Élettartama 10...300 s körüli, de ezt befolyásolja a páratartalom, a hőmérséklet stb. A negatív töltésű részecskék 95%-a szuperoxid anion ( $O_2^-$ ). Ez az ion stabilabb a többi elsődleges negatív levegő-ionnál (NAI: negative air ion). A „*kis ion*” – főleg, ha szennyezettebb a légkör – egy aeroszol részecskével összeolvad, és az ún. „*nagy ion*” jön létre.

A „*nagy ion*” több elemi töltéssel is rendelkezhet, viszont a nagy mérete miatt kis mozgékonyaságú. A kis mozgékonyaság miatt a levegő elektromos vezetőképessége csökken. Az aeroszlok hatékony „ionfelvők”. A „*tiszta levegő*” (azaz, ahol az aeroszlok sűrűsége kicsi) elektromos vezetőképessége nagy, míg a „*szennyezett levegő*” elektromos vezetőképessége kicsi. A kis levegő-ionok felelősek az atmoszféra elektromos vezetőképességéért, a mennydörgésért és a villámlásért. Nem mindegyik levegő-ion létezik hosszú ideig a levegőben. A különböző ionmolekula reakciók eredményeként stabilabb ionok keletkezhetnek belőlük. A nedvességtartalom is hatással van a NAI-okra. Megfigyelhető, hogy a NAI-k mobilitása csökken az abszolút páratartalom emelkedésével. [3]

A légkör magasabb tartományában a nagyobb ionsűrűségnek köszönhetően a rekombinációs folyamatok valószínűsége nagyobb. Az elektron-ion re-

kombináció estén a folyamatban egy harmadik részecske is részt vehet: ez az ún. „*hármás ütközési rekombináció*”.

Az elektron elektronhéjra való beépülésekor felszabaduló energia a harmadik részecske mozgási energiájává alakul, vagy akár disszociáció is felléphet. Szintén rekombinációs folyamat egy pozitív és egy negatív ion közti reakció.

A töltéscsere-folyamatoknál a töltés megmarad, csak a töltéshordozó részecske változik. E folyamat során történhet energiafelszabadulás, de energiaelnyelés is. A légkör 60 km alatti tartományában a hármás ütközés az uralkodó folyamat. A harmadik részecske az esetek legnagyobb százalékában az oxigén.

Normális körülmények között kis különbség figyelhető meg a pozitív és a negatív ionok mennyiségében az atmoszféra alacsony rétegeiben. Amikor új ionok jönnek létre, mások megszűnnek létezni, hogy fennmaradjon az ionos egyensúly. Az ionos egyensúly bármilyen felborulása közvetlen hatással van az élő szervezetekre. Többek között jelentős változás következhet be a növények optikai tulajdonságaiban, ami a fotoszintézis aktivitásának megváltozásában manifesztálódhat.

Nem csupán a levegő-ionok vannak hatással a növényekre. A növények szintén termelnek számos levegő-iont, többek között negatív levegő-ionokat (NAI) is. Ezeket a NAI-kat a növények levelei termelik. Ugyanúgy, mint a hőmérséklet, a légnyomás, a páratartalom, a napfény, az ásványi anyagok koncentrációja, a levegő ionösszetétele is a növények környezeti mikroklimájához tartozik. A légköri ionok ennek megfelelően befolyásolhatják az egészségünket, hangulatunkat, teljesítőképességünket.

Az előzőek szerint megkülönböztettünk pozitív és negatív töltéssel rendelkező ionokat. A levegőben optimális esetben a pozitív és a negatív ionok között egyensúly van. A kation-anion arány a szennyezettségtől mentes levegőben 5:4.

Akár pozitív, akár negatív ionok kerülnek túlsúlyba a levegőben, annak sajátos élettani hatásai mutatkoznak. Nézzük meg, melyik milyen mértékben és hogyan hat egészségünkre.

## 1.2. Pozitív ion és hatásai

Az emberek és a pozitív ionok közötti kedvezőtlen kölcsönhatások, mióta

ember él a Földön, fennállnak. A természetes pozitív ionforrások:

- egyes időjárási jelenségek, mint pl. a szél (főn, Sirokkó, Mistral). Az általuk érintett területeken megfigyelték, hogy szeles idő esetén az emberek lehangoltabbak, depressziósabbak, álmatlanok;
- égési folyamatok. Szintén megemelik a pozitív ionok koncentrációját, ezért lesznek az emberek álmosak, tompák a dohányfüstös helyiségben;
- az emberek anyagcseréje során is oxidációs folyamatok mennek végbe (légzés). Ez is a magyarázata annak, hogy a nem megfelelően szellőztetett, zsúfolt szobákban az emberek többségének megfájdul a feje.

A civilizációs hatások a pozitív ionok „*túltermelését*” hozták magukkal, mert létrejött a mesterséges ionforrások sokasága. Ezek pedig:

- a sztatikus elektromosság. Pl. a CRT monitorok esetén a negatíván töltött levegő-ionok a monitorhoz tapadnak, míg a pozitív ionok a számítógépet használó felé vándorolnak. Kimutatták, hogy a sok számítógépet alkalmazó irodákban igen alacsony a negatívion-koncentráció és magas a pozitív ionok mennyisége. Ezt összefüggésbe hozták a fellépő egészségügyi problémákkal, a szerotonin megnövekedett mennyiségével. (A szerotonin megnövekedett mennyisége felelős a depresszióért.) Ezt a jelenséget LCD monitort alkalmazó helyeken nem mutatták ki,
- az EM sugárzás. A lakásban a legapróbb elektromos szerkezet is képes káros elektromágneses sugarakat kibocsátani, amelyek megváltoztatják körülöttünk a levegő összetételét. (A berendezéseken ma már kötelező CE jelölés sajnos nem jelenti az EMC megfelelést. És ha még CE jelölés sincs...) Ez a jelenség találon elektro-szmoz néven is ismert.

Az ionizált levegőnek szerepe lehet az allergiákban. Kutatások igazolják, hogy bizonyos allergiát kiváltó anyagok, mint például a por vagy a pollenek, pozitív elektromos töltéssel rendelkeznek.



Az emberek nagy része egész napját zárt térben tölti. A levegő az ilyen zárt terekben gyakran állott és elhasznált. Környezetünket ezáltal feszültnek, kényelmetlennek és nyomasztónak érezzük, mely nemcsak fejfájást, migrént de koncentrációs nehézséget, sőt betegségeket is okozhat. Minden belégzéssel közel 0,5 liter levegő jut a tüdőbe, ami az átlagos vitálkapacitásnak – ami percenként 3,5–5 liter – csak kb. a 10...15 százaléka.

Ez a mennyiség indokolja, tegyük azért, hogy milyen minőségű levegő kerül be a véráramunkba.

### 1.3. Negatív ion és hatásai

A friss erdei levegőben köbcéntiméterenként, vagyis egy mokkacukornyi térfogatban kb. 4000 negatív ion (anion) található. A negatív ionok száma vízesések és a tengervíz mellett kb. 10 000, míg egy nagyvárosban ugyanekkora térrészben sokszor alig éri el a 100-at. Ezt a szerény ionkoncentrációt tovább rontják a környezetünkben levő elektromos tárgyak, melyek növelik a számunkra nem kedvező hatású pozitív ionok számát a levegőben, felborítva az ellentétes töltésű ionok közötti egyensúlyt. Az elnevezése ellenére a negatív ionok – életadó oxigéntartalmuk miatt – pozitív hatással vannak az egészségre és a közérzetre. A levegő negatív-ion-dúsítása elsősorban a felső légúti megbetegedéseket befolyásolja előnyösen. Orvosi vizsgálatok igazolták, hogy jelentősen javul a légtisztító készüléket használó porallergiás és szénanáthás állapota. Gyakran megszűnik az orrdugulás, gyermekeknél az éjszakai száraz köhögés. A belélegzett ionok hatásmechanizmusának tisztázására végzett kutatások kiderítették, hogy a tüdőbe jutott negatív ionok közvetve ugyan, de kedvező hatást gyakorolnak a központi idegrendszerre, így normalizálódhat a vérnyomás, növekedhet a szervezet oxigénfelvétele.

Az anion elősegíti a sejtek anyagcseréjét, növeli az életerőt és az étvágyat, tisztítja a vért és nyugtatja az idegeket. A levegő anion-mennyisége tehát jelentősen befolyásolja az egészségi állapotot és a gyógyulási folyamatokat. Villámláskor, vagy az erdőben tavasszal, vízesésnél vagy a tengerparton, magas a levegő anion tartalma. Ez utóbbi felsorolás egyúttal az anionok képződésének több természetes forrását is mutatja. Negatív iont a természetes keletkezési folyamatának másolásá-

val, akár egy fürdőszoba zuhanyzóval is elő lehet állítani. Mivel azonban ez igen költséges, és a legtöbb esetben kivitelezhetetlen, a gyártók általában negatív ionokat „mesterségesen” többféle úton állíthatnak elő.

Készült ionizátor röntgen-, radioaktív és ultraibolya sugárzással, termikus ionizációval, vízporlasztással, koronakisüléssel. Az egyes eljárási módok főbb útvesztőiről a [4]-ben olvashatunk, s megállapíthatjuk, hogy negatív ionokat „mesterségesen” kétféle úton célszerű létrehozni: vagy ultraibolya sugárzás alkalmazásával vagy koronakisüléssel. Az UV sugárzást elsősorban az élelmiszeriparban és az egészségügyben alkalmazzák fertőtlenítésre, míg az utóbbi technológiát többnyire a háztartásokban. A koronakisüléssel, mint jelenséggel – tekintettel fontosságára – külön szakaszban foglalkozunk.

### 1.4. Az ionizátorok hatásmechanizmusa

A háztartásokban alkalmazott ionizátorok negatív és/vagy pozitív levegő ionokat (NAI és PAI) hoznak létre, amelyek vagy szimultán, vagy elkülönülten képződhetnek. A negatív ionok levegőtisztító „mellékhatásuként” a helyiségben magukhoz vonzzák a levegőben jelen levő porszemcséket, virágporokat, penészgomba spórákat, a dohányfüstöt, valamint a kellemetlen szagokat is.

Az ionizátor által létrehozott ionok kicsik, és nagy sebességgel képesek mozogni. Ezek a leghatékonyabb ionok. Ha ezek az ionok szennyező anyagokkal találkoznak, akkor átadják nekik a töltésüket. Ez a keletkezett nagyobb, töltéssel rendelkező részecske a legközelebbi „földelt” felület felé vonzódik. Ez lehet akár a fal, vagy a polc, ahol az ionizátort elhelyeztük. Figyelem! Legyen mosható a felülete! (A je-

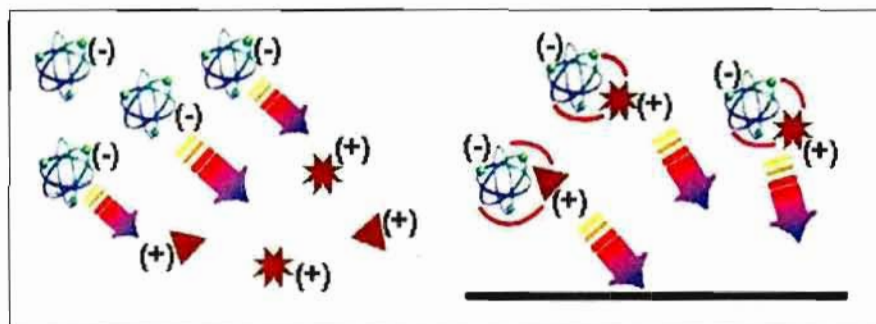
lenség az ún. „fekete fal effektus” néven ismert.) A szoba belseje felé haladva az ionok természetes mozgása lelassul. Ahogy lelassultak, a levegőben levő szennyezőanyagok (por, pollen, cigarettafüst, egyéb légnemű szennyezők) körbeveszik az iont, és egy ún. cluster jön létre. Ennek következtében az ion mérete jelentősen megnő, majd elér egy olyan méretet, amikor már túl nagy és nehéz lesz a levegőben való lebegéshez, és leesik a földre (1. ábra).

Az ionizátor ezen képessége, hogy képes a levegőben levő apró részecskék eltávolítására, különösen értékes egészségügyi szempontból. A legújabb tanulmányok ugyanis kimutatták, hogy minél kisebb a szennyező részecske mérete, az immunrendszer annál nehezebben birkózik meg vele.

### 1.5. Negatív ionok vagy ózon?

A negatív töltésű részecske egészségügyi vonatkozásainak bemutatásakor nem kerülhető meg – a legtöbb félreértésre okot adó – ózon rövid tárgyalása. Az ózon három oxigénatomból álló molekula, amelyet 1840-ben Schöbein fedezett fel. Fontos alakítója a légkör tulajdonságainak. Erős oxidatív hatásának köszönhetően „lebontja” a levegőben levő szilárd részecskékre adszorbeált szerves molekulákat, ami által lassul a vízcseppek képződése. A kutatók szerint a szilárd részecske méretének változása döntő tényező lehet új felhők kialakulásánál, ami által befolyásolja a Föld napsugárzás-visszaverő képességét.

A légköri ózon 10%-a (10...200 ppb) a troposzférában, 90%-a (200...10000 ppb) a sztratoszférában található 20...50 km magasságban. A sztratoszférában levő ózont ózonpajzsként is emlegetik, mivel az UV-B ( $\lambda = 290...320$  nm) sugárzás egy részét, az UV-C (280...185 nm) sugárzás pedig teljes egészét elnyeli. Mivel a nagy energiájú elektromágne-



1. ábra

1. táblázat

Tulajdonság	Negatív ionok	Ózon
Szaga van	Nincs	Igen, enyhén kellemetlen szagú gáz
Nagy mennyiségben toxikus	Nem	Igen
A por-részecskék számát csökkenti	Igen	Nem
Szagsemlegesítő hatású	Néhány esetben	Több esetben is*
Légfrissítő hatású	Igen	Igen
Javítja a hangulatot	Igen	Nem
Ellensúlyozza a pozitív ionok hatását	Igen	Nem
Károsítja a gumi, műanyag, stb. tárgyakat	Nem	Igen
Folyamatos szabályozást igényel	Nem	Igen*
Összetétele	Közönséges oxigén molekula egy extra elektronnal ( $O_2$ )	Háromatomos oxigén molekula ( $O_3$ )

\*: Ózon használata esetén szükségszerű, hogy a létrehozott ózon mennyisége pontosan megfeleljen a kellemetlen szagot okozó, vagy szennyező komponens mennyiségének. Ebben az esetben egymást lebontva megszűnik mind az ózon, mind pedig a szennyező részecske jelenléte.

ses sugarak roncsoló hatásúak az élőlényeket alkotó sejtekre, légköri ózon nélkül szárazföldi élet nem létezne.

Az ózon a légkörben a  $\lambda < 242$  nm hullámhosszú UV sugárzás hatására keletkezik az oxigénből. Villámlás közelében szintén nagy mennyiségben hozza létre a koronakisülés. Megemlítendő, hogy minden  $\lambda < 242$  nm hullámhosszú UV-C sugárzás is ózont fejleszt. A szoláriumcsövek többsége pl. éppen ezért speciális üvegburkolattal készül, mely ezt az UV hullámhossz-tartományt kiszűri, de pl. a hétköznapi fénymásoló, lézernyomtató gépek is termelnek ózont, csak igen kis mennyiségben. A WHO iránymutatások szerint a maximálisan elfogadható ózonkoncentráció 0,1 ppm.

Jóllehet nem tárgya jelen közleményünknek az ún. ózonpajzs védelméről értekezni, kötelességünk elmondani, hogy számos, légkörbe kerülő anyag pusztítja az ózonréteget, és a téli hónapokban „ózonlyuk” kialakulásához vezet a Föld sarkai felett. Ilyen vegyületek például a freonok és a halonok.

A normál oxigén már önmagában is reaktív gáz, mely könnyen reakcióba lép más anyagokkal. Gondoljunk csak a legismertebb képződményre, a rozsdára (vas-oxid)! Ételeink romlandósága is az oxidációnak köszönhető (avas étolaj, „ecetes” bor stb.). Az ózon pedig – az előzőek okán – nagyon erősen oxidáló hatású, rendkívül mérgező, kissé

kellemetlen szagú gáz. Különösen veszélyesek és rákkeltők az ózon másodlagos reakciótermékei, pl. az igen reakcióképes szabad gyökök, melyek szintén erősen oxidatívok, illetve mérgezők (peroxi-acetil-nitrát, aldehidek, nitrát gyök stb.).

Maró hatásuk révén izgatják a szemet és a nyálkahártyát. Tüdőbe kerülve már kis koncentráció mellett is légúti gyulladást okozhatnak. Emellett a tüdő kapacitásának romlásáért, valamint a fertőzésekkel szembeni ellenálló-képesség csökkenéséért is felelősek.

Az ózon emellett üvegházgázként viselkedik, vagyis gátolja a hő visszacsugárzását. Ugyanakkor el kell mondanunk, hogy az ózon az egyik legerősebb oxidáló és fertőtlenítő anyag. Fertőtlenítő hatását a francia De Meritenus fedezte fel 1886-ban. Az oxidálási folyamat az ózonnal olyan eredményes, hogy a mikroorganizmusok nem tudnak immunitást felépíteni, nem úgy, mint ahogy a hagyományos vegyszerekkel szemben előfordulhat.

Fejezetünk címében feltett kérdésre megállapíthatjuk, hogy az ózon és a negatív ionok más funkciókat látnak el. Néha mindkettőre szükség lehet. A negatív ionok megtisztítják a levegőt a pollenektől, a portól, javítják a hangulatot. Az ózon ezekre nem képes, ugyanakkor megtisztítja a levegőt a kellemetlen szagoktól (molekuláris szinten).

A házak falain csak kissé tudnak áthatolni, így hatásuk csak az adott térben érezhető. Különbség mutatkozik viszont az emberi szervezetre gyakorolt hatásokban. Míg a negatív ionok esetén nem mutattak ki káros hatást még nagyon magas koncentrációban sem, addig az ózon nagy koncentrációban mérgező gáz. Ha az ózon szintje nem megfelelően megválasztott, akkor egészségügyi problémákat is okozhat. Megfelelő ózonkoncentráció ugyanakkor alkalmas a szennyező anyagok „semlegesítésére”.

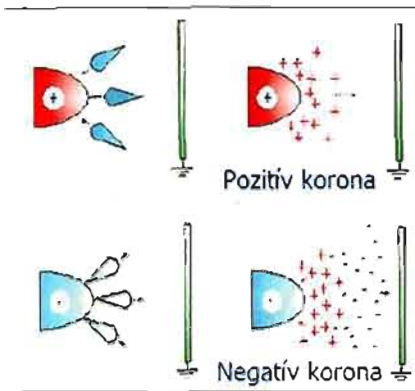
Az 1. táblázatban összehasonlítjuk az ózon és a negatív ionok tulajdonságait.

## 1.6. A koronakisülés

A jelenség természetbeli előfordulása is ismert. A légköri elektromos kisülések közül a legismertebbek a koronakisülés és a villámlás. A koronakisülés a szikrakisülésnél (ld. később) kisebb intenzitású pontkisülés. Valamely elektromosan vezető tárgyon alakul ki, amely körül a levegőt az elektromosság – pl. zivatar idején – ionizálja, ezáltal a levegő is elektromosan vezetővé válik. A fény, amelyet ilyenkor megfigyelhetünk, ennek az ionizált levegőnek a felizzása. Fénylése gyenge, ezért csak teljes sötétségben látható. A kisülések az elektródok közvetlen közelében vannak. A koronakisülést a szabad elektronok folyama alkotja. A koronakisüléses ionizátor esetében a készülékben egy vagy több kis lekerekítési sugarú csúcsra (injekciós türe vagy varrótüre) több kilovoltos feszültséget kapcsolunk.

A belső áramkör által szolgáltatott elektronok a tű vége felé haladnak. Minél közelebb kerülnek a tű hegyéhez, annál közelebb kénytelenek elhelyezkedni egymáshoz. Az elektronok, azonos töltésűek lévén, azonban taszítják egymást, így amikor elérnek egy olyan feszültséget, amikor a köztük levő taszító erő túl nagy lesz, elektronok lépnek ki a tűből, és a legközelebbi levegőmolekulát anionná alakítják.

A feszültség megfelelő megválasztásával a folyamat igen kedvező lehet. A keletkezett anionok szintén taszítják egymást, de már mozgásukban nem korlátozottak, így a tű hegyétől, mintegy „fuvallatként” távoznak, és a szoba egész légtérét betöltik (ez ún. ionszél). A „sugárzó” csúcsra kapcsolt feszültség polaritásától függően beszélhetünk pozitív, illetve negatív koronáról (2. ábra).



2. ábra

Megjegyezzük, hogy az alkalmazott áramsűrűség növekedésével a kisülések különböző fokozatait hozhatjuk létre. Így annak nagyságának növekedésével beszélhetünk:

- sötét kisülésről (kis elektronsebesség),
- világító ún. csendes elektromos kisülésről,
- koronakisülésről,
- szikrakisülésről,
- (vkisülésről).

Az ionizátorok esetében némely esetben a fogalmak keveredésével találkozhatunk (pl. „csendes” koronakisülés, vagy „hideg” koronakisülés). A negatív ionok előállításához a nagyfeszültségű „csendes” koronakisülés a legalkalmasabb, melyet a nagyfeszültség megfelelő megválasztásával állíthatunk be. Ez utóbbi tény a konstrukciós fejezet alap gondolata lesz, ugyanis a forszírozott koronakisülés a negatív ionok mellett szabályozatlan mennyiségű ózont is előállít, aminek a veszélyiről az előzőekben szövelünk. Elvonatkoztatva az ionizátorokról, a koronakisülés némely esetben kellemetlen problémák forrása is lehet.

Legismertebb – s mindenki által megfigyelhető – a nagyfeszültségű távvezetékek „hibás” pontjain létrejövő koronakisülés, amely sötétben kékes fényvel parázlik, hallható, és RF zajt termel, elektromágneses interferenciát, teljesítményátviteli veszteséget okoz, rombolja a szigetelőket és ózont is előállít. Éppen ezért az erősáramú tervezők különös gonddal járnak el a távvezetékek kialakításánál, telepítésénél. Hasonlókat mondhatnánk el nagyfeszültségű technikát használó gyengeáramú konstrukciók alkatrészeiről (transzformátorok, kondenzátorok stb.), amelyeket meg is teszünk az egyes áramkörök tárgyalásakor.

## 2. Az ionizátor építőköve

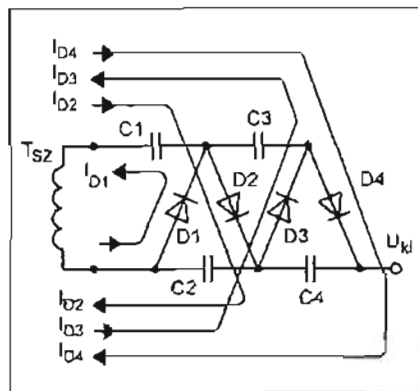
A bevezetőben már említettük, hogy címbeli berendezésünk nem rútságosan bonyolult kapcsolástechnikájú, annál inkább figyelmet igénylő a biztonságtechnikája. Közleményünknek ebben a szakaszában a különböző megvalósítási lehetőségek kevésbé gyakori (vagy ismert) kapcsolási részleteit, alkatrészeit mutatjuk be és ezekre a konkrét konstrukciók kapcsán már csak hivatkozunk.

### 2.1. A feszültségsokszorozó, nagyfeszültségű egyenirányítás, szűrés

A nagyfeszültség előállításának népszerű és talán a legolcsóbb módja az alacsony áramerelhetőségű, többfokozatú dióda-kondenzátor kombinációból álló feszültségsokszorozó (kaskád sokszorozó) alkalmazása, amelynek alapja a feszültségekészítő kapcsolás. A fogalmkörrel a diódás egyenirányító kapcsolásoknál találkozhatunk, melynek lehetnek fél- és teljes hullámú változatai. Alapvetően háromféle alapkioscsolás ismert, s szerencsétlenségünkre ezekhez öt név rendelhető hozzá (Villard, Greinacher, Delon, Cockroft-Walton). A nagyszámú szakirodalmi hivatkozást áttanulmányozva azt is mondhatnánk, hogy a kapcsolásokhoz ki-ki maga válasszon egy nevet, akkora káosz uralkodik ezen a téren.

A mi céljainknak a 3. ábra szerinti áramköri elrendezés felel meg. Az ábrán látható az ún. Cockroft-Walton (a legtöbb hivatkozás szerint) sokszorozó első két eleme, mely névadói 1932-ben használták először ezt az áramköri elrendezést, hogy részecskedetektort tápláljanak vele, s itt  $10^6$  V nagyságrendű végfeszültségre gondoljunk! Megjegyezzük, hogy J. D. Cockroft és E. T. S. Walton kutatásaiért 1951-ben fizikai Nobel-díjat kapott.

Az már kevésbé ismert, hogy magát az alapáramkört már korábban (1914) az svájci fizikus, Heinrich Greinacher felfedezte, s emiatt ezt a feszültségekészítő kaskádöt gyakran Greinacher sokszorozónak is nevezik. [5] A kapcsolás alapját képező egység tartalmaz egy meghajtó generátort (legtöbbször transzformátort), szűrőkondenzátorsort (C2, C4), csatoló kondenzátor-sort (C1, C3) és egy soros diódasort (D1, D4). A 3. ábrán a transzformátor félperiódusaihoz köthető dióda vezetési áramirányok láthatók. Elkerülve a minden tankönyvben megtalálható működési



3. ábra

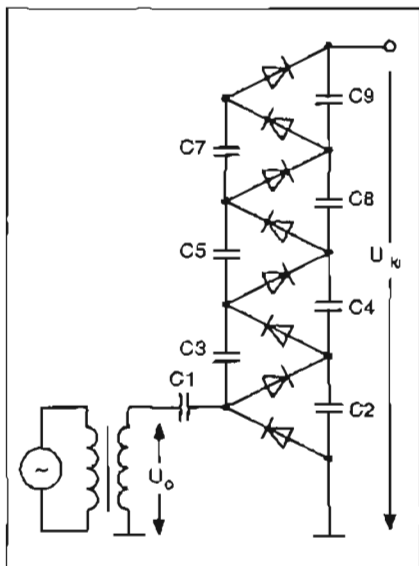
desi leírás ismétlését, annyi itt is elmondható, hogy az első félhullámnál ( $T_{sz}$  negatív csúc) C1-et a D1 a kaskádra adott feszültségre tölti fel. A második félhullám a C2 kondenzátort a D2-n át már az adott feszültség és a C1-en levő feszültség összegére tölti fel és így tovább. A kapcsolás végső kimeneti feszültsége tehát  $2nU_{cs}$ , ahol  $n$  = a fokozatok száma. A fokozatok száma egyenlő a föld és a kimenet közötti szűrőkondenzátorok számával, esetünkben  $n = 2$  (C2, C4).

A kapcsolásnak két nagy előnye is van. Egyrészt a meghajtó generátor egyik pólusa és a kimeneti kápcok egyike közös. Másfelől a kaskádon belül valamennyi fokozat feszültsége a bemeneti feszültség csúcsértékének kétszerese, így viszonylag olcsó alkatrészekből föl lehet építeni egyszerűbb szigetelési megoldások mellett. (Ez utóbbi megállapításunk természetesen „alacsony” induló feszültségnél igaz.)

A gyakorlatban a CW áramkör hátrányokkal is rendelkezik. Ezek közül a leginkább figyelembe veendő a nagy belsőellenállása. Az egyes fokozatok belsőellenállásai összeadódnak, így – különösen nagy fokozatszám esetén – ez az érték igen nagy, akár megeghm nagyságrendű is lehet. Ez a tulajdonság némileg kompenzálható az „alsóbb fokozatok” kondenzátorai kapacitásának és/vagy a meghajtó frekvenciájának a növelésével, illetve négyszög vagy háromszög alakú meghajtással.

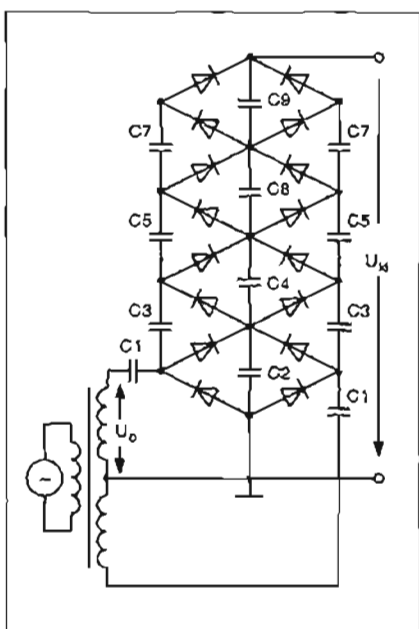
A nagy kimenőellenállás logikus következménye az alacsony áramerelhetőség és a kimenőjelnek a fokozatok számával növekvő hullámossága. További hátránya még a kimeneti feszültség szabályozhatóságának elégtelensége, a feszültség-áram karakterisztika közel hiberbolikus jellege.

A 4. ábrán az előbbi elvi megoldás gyakorlati megvalósulását láthatjuk a



4. ábra

klasszikus félhullámú, ill. az 5. ábrán a teljeshullámú esetre. Konstruktóinknál a félhullámú megoldással dolgozunk azzal a módosítással, hogy a diódairányok megfordításával negatív feszültséget állítunk elő. Minden előbbi tulajdonságait számba véve az áramkör igen népszerű a mai modern áramköri alkalmazásoknál, mint pl. lézerezésnél, CRT csöveknél, LCD háttérvilágításhoz, iongenerátoroknál, ionizátoroknál, röntgenáramköröknél, részecskegyorsítóknál, fénymásolóknál, oszcilloszkópoknál, nagyfeszültséget használó kísérleti eszközöknél stb.



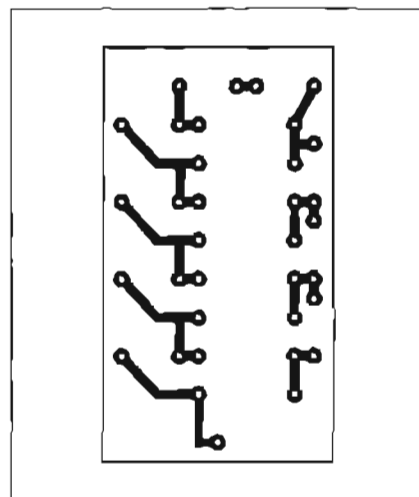
5. ábra

A 6. ábrán egy olyan sokszorozó nyákiervét, a 7. ábrán pedig beültetési rajzát látjuk, ahol az induló feszültség viszonylag alacsony (tipikusan 230...400 V közötti). A négyfokozatú kaszkád diódái kismeghajtású meghajtásnál IN4007, míg magasabb (20...50 kHz-es) frekvenciákon BA159, vagy hasonlók lehetnek. Valamennyi kondenzátor 4,7 nF/1 kV-os, amely a HAM-bazárból beszerezhető. (Ez utóbbi tényre a későbbiekben többször is hivatkozunk, mert fontosnak tartottuk az alkatrészek elérhetőségét.)

Lehet olyan alkalmazás is, ahol az induló feszültség már eleve nagyfeszültség (tipikusan 1 kV feletti). Erre az esetre kínál egy szintén négyfokozatú megoldást a 8. és a 9. ábra. Ebben az esetben a diódák 1JK30 (Si, 3 kV/20 mA), vagy 1JK60 (6 kV/20 mA) lehetnek, melyek a HAM-bazárban szintén hozzáférhetők, miként a kaszkád 100 pF/8 kV-os kondenzátorai is.

Természetesen a 100 pF már elégtelen szűrést ad hálózati frekvencián, ezért ez az alkalmazás magasabb meghajtó frekvenciát feltételez. Egyik esetben sincs akadálya magasabb fokozatszámú sokszorozó kialakításának. Magas induló feszültségnél kis leleményességgel kész megoldás is rendelkezésünkre állhat.

A valaha igen nagy darabszámban használt és mára már selejtezett „Junoszty” televíziók nagyfeszültségű egységében egy tokozott feszültségkét-szerező is üzemelt. Nem is olyan régen (RT ÉK 2010/139) ejtettünk szót – az általunk alkotott kifejezéssel élve – „Junoszty szindrómáról”, s úgy látszik a készülékkel való találkozásunk továbbra is elkerülhetetlen. A 10.a ábrán az eredeti – pozitív kimenőfeszültséget

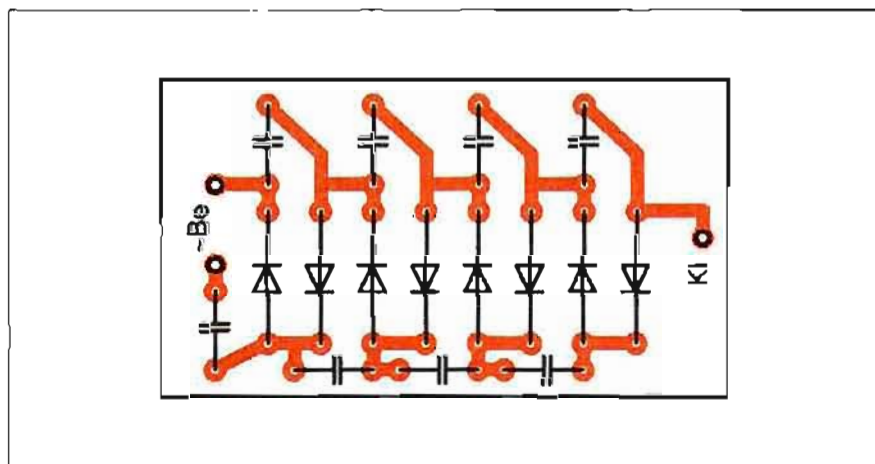


6. ábra

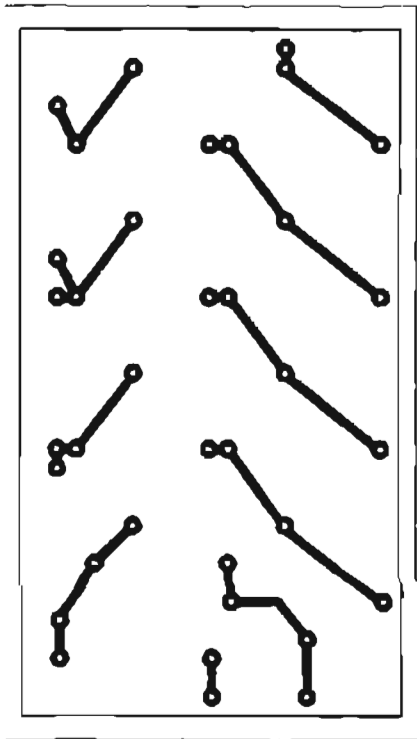
adó – részletet mutatjuk, a 10.b ábra az átalakítás utáni állapotot mutatja. Az átalakítás a műanyag tartó szétpattintása után egyszerűen elvégezhető.

## 2.2. Nagyfeszültségű egyenirányítás

A feszültségsokszorozó, mint láttuk, megfelelő polaritású egyenfeszültséget ad. Bemutatunk azonban olyan konstrukciókat is, ahol az elektronika AC nagyfeszültséget szolgáltat, melyet egyenirányítani és szűri szükséges. Az ionizátorokban tipikusan félhullámú (egyoldalas) egyenirányítást alkalmaznak, amelyhez elegendő lehet egyetlen nagyfeszültségű dióda. A probléma pedig éppen ezen alkatrészrel szokott lenni. A sokszorozónál már bemutattunk néhány típust, de azok – zárófeszültségük elégtelensége okán – önállóan nem alkalmasak 7...9 kV egyenirányítására. A megengedhető zárófeszültség több dióda soros kap-

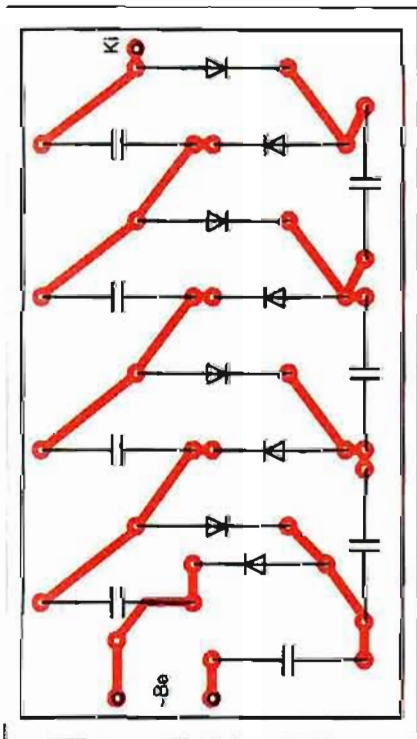


7. ábra



8. ábra

esolásával növekszik, de vegyük figyelembe, hogy még az azonos típusú diódák visszárama és kapacitása sem egyforma. Ennélfogva a soros tagokon a zárófeszültség nem egyenletesen oszlik el. Ez a „leggyengébb láncszem” átüté-



9. ábra

séhez vezet, így az minkét irányban vezetővé válik. A kieső tag miatt megnövekedett zárófeszültség a többi diódát is sorban tönkreteszti.

Az egyenletes feszültségeloszlást a diódalánccal párhuzamosan kötött, azonos ellenállásokból álló feszültségosztóval valósítjuk meg. Az ellenállások értékét úgy választjuk meg, hogy azokon átfolyó áramnak nagyobbak kell lennie a diódák visszárámának különbségénél, de kisebbnek a szükséges nyitóirányú áramnál! További áramköri megfontolások olvashatók [6]-ban.

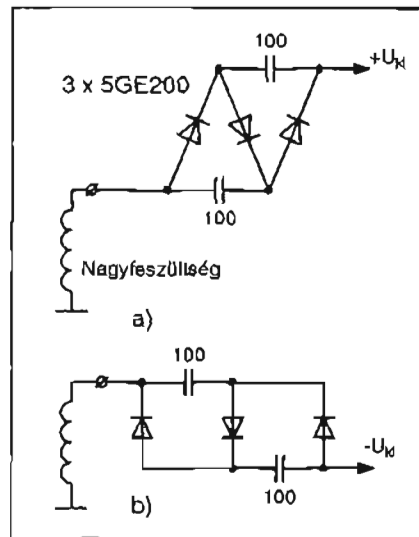
Úgy véljük tehát, hogy kevésbé „problémás” megoldás egyetlen dióda alkalmazása, beszerzése viszont nehézségekbe ütközhet. A fekete-fehér tévékészülékek fénykorában és a korai színesvevőknel a nagyfeszültségű egyenirányításnál használták a TV-18 (vagy TV-11) elnevezésű szelén egyenirányító-oszlopot, amit – jellegzetes alakjáról – egyszerűen csak „szelénecruzának” hívtunk.

A ma már teljességgel korszerűtlen eszköz ionizátor célokra tökéletesen megfelel, s lomtalanított tévékből kitermelhető.

Megjegyezzük, hogy léteztek a szelénecruzának modernebb, szilícium alapú változatai, amit például a TESLA KYX30 típusjellel hozott forgalomba (30 kV/2 mA). (A szerkesztő megjegyzése: ha a korábban említett IJK30 vagy IJK60 diódából hosszirányú csiszolatot készítünk és egy jobb nagyítóval megvizsgáljuk, akkor felfedezhetjük hogy ezek is sok-sok sorba kapcsolt pn-átmenetből állnak.)

Nem csak a nosztalgia kedvelőknek jelenthet megoldást az igazi „old-timeres” elektroncsöves egyenirányítás (11. ábra). A kapcsolás a fűlvezetős áramkörökhöz is használható ott, ahol független a nagyfeszültségű tekercs (ld. később). Az alkalmazott DY86 jelű vákuumdióda a HAM-bazárban olcsón beszerezhető. A cső fűtéséhez egyenes hurok szolgál, amit nagyfeszültségű vezetékkel alakíthatunk ki. Ez utóbbit szintén a lomtalanításra ítélt tévévevőből csiphetjük ki.

Könnyű felismerni, hogy a képcsőhöz menő anódvezetékéről van szó, amely jellegzetes becsatlakozással (ez a „cumi”) rendelkezik, s meglehetősen poros, kompos kinézetű. (Ami jól illusztrálja, hogy az egészségünkre tett jótékony hatásán kívül az ionizátoroknak megvan – a már részben említett – előnytelen tulajdonsága, hogy az ionok feltöltik a helyiségben levő tárgyakat,

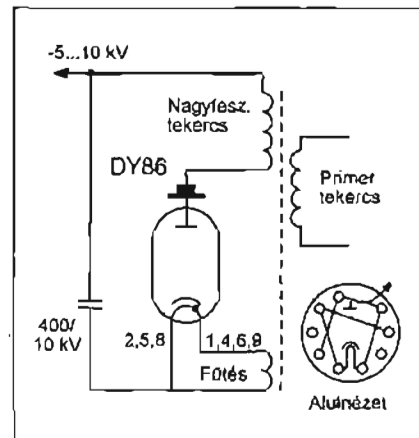


10. ábra

és ezeken – miként a tévé nagyfeszültségű vezetékén – a porlerakódás fokozottabban jelentkezik.) Természetesen a cső szerelvényezése némi elővigyázatosságot igényel, tekintve, hogy az eredeti műanyag burkolatú speciális csőfoglalat ma már beszerezhetetlen. Saját kísérleteinknél egyszerű nyakterves csőbekötést készítettünk három hozzáférési ponttal. A tervezést megkönnyítendő, az ábrán a csőfej-bekötést is feltüntettük.

Nem jelent kevesebb problémát az egyenirányított feszültség szűrése sem. Igaz, hogy a 20 kHz körüli működési frekvenciánál már néhány 100 pF kapacitás elegendő, de ez 8...10 kV-os típus kell, hogy legyen. A televíziós vevők esetében az előállított gyorsító feszültséget maga a képcsőballon vezető bevonata adta kapacitás szűrte, így nem volt szükség speciális alkatrészeire.

Szerencsére erre is van megoldás. Már említettük a Junoszty feszültség-



11. ábra

kétszereződ, amelynek 100 pF-os kondenzátorai 10 kV-osak és 3–4 példány párhuzamos kapcsolásával a szűrés biztosítható. (A kondenzátor a HAM-bazárból is beszerezhető. Bár az csak 8 kV-os, de a legtöbb kapcsolásunk kimenőfeszültsége ezt úgysem haladja meg.)

Végso esetben magunk is előállítjuk a szükséges kondenzátort, mégpedig kétoldalas nyáklemezből. Mérésünk szerint egy átlagos, 1,5 mm vastagságú kétoldalas, üvegszál erősítésű lemez kapacitása 3,1 pF/cm<sup>2</sup>. Ezt figyelembe véve egy 100×100 mm-es (vagy még inkább 150×150 mm-es) nyákkondenzátor már megfelelhet céljainknak. Nagyfeszültségű kondenzátorok kitermelhetők továbbá más nagyfeszültséggel működő berendezésekből, pl. leselejtezett fénymásolókból, gázlezerből stb.

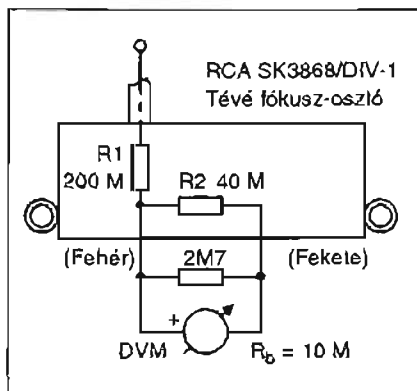
### 2.3. A nagyfeszültség mérése

A nagyfeszültséggel való kísérletezés közben elkerülhetetlen a fokozott óvatosság! Munkánk különböző fázisaiban szükséges tudnunk kapcsolásunk tényleges állapotát, vagyis az előállt feszültség nagyságát. Jóllehet a mintakapcsolásoknál megadjuk az általunk mért értékeket, de korántsem biztos, hogy az építeni szándékozó ugyanezen forrásból szerzi be a felhasznált alkatrészeket, így a tényleges értékek nagymértékben szórhatnak.

A 10 kV körüli feszültségek hagyományos multiméterekkel közvetlenül nem mérhetőek, azokhoz különleges kivitelű előtét (osztót) kell készíteni. A hazai elektronikai ipar létezőekor egyes tévévizsgáló műszerek tartozékaiként gyártottak nagyfeszültségű mérőfejet (pl. T48 típusjellet). Ezekben 3 db speciális 330 MΩ-os ellenállás volt sorosan kötve, amely a mérőműszer bemeneti ellenállásával a kívánt osztásarányt adta.

Berendezéseinket egy ilyen mérőfejjel mértük, amely a multiméter 10 MΩ-os bemeneti ellenállásával éppen 1:100 osztásarányt eredményezett, azaz annak 200 V-os állásában 20 kV volt a mérhető érték.

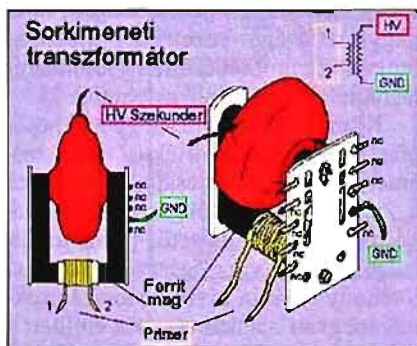
Azt is tudjuk, hogy nem minden amatőr van abban a szerencsés helyzetben, hogy birtokában lenne egy nagyfeszültségű mérőfej. Számukra, a HAM-bazár kínálata mellett, is szolgálhatunk megoldási javaslatokkal. Például egyes HP gyártmányú lézeryomtatóból termelhetők ki 200, 100, 40 Mohmos ellenállások. Ezekből már



12. ábra

össze lehet állítani egy olyan osztót, amely az előbb taglalt osztásarányt adja. Magát a tévévevőt is segítségül hívhatjuk. Az újabb típusoknál (persze itt még a CRT készülékekre gondolunk) a fókuszfeszültséget az anód gyorsító feszültségének (15...20 kV) ellenállásos leosztásával állítják elő. Ez az egység kiöntve a sorprimertekercsnél helyezkedik el és jó esetben csavaros kötéssel leválasztható. Az önálló egység egyes típusai (pl. az RCA SK3861/DIV1) a 12. ábrán feltüntetett ellenállásokat tartalmazzák. A multiméterünket egy külső 2,7 Mohmos ellenállással kiegészítve és az ábra szerint alkalmazva – kis hibával – szintén 1:100-as osztásarányt érhető el.

Ez utóbbi kapcsolási elrendezés a nyomtatókból kitermelhető ellenállások értékeihez is igazodik. Alkalmazhatóságához a tévévevők kapcsolási rajzának tanulmányozása is szükséges, de egy mérni akaró amatőr előtt nincsen lehetetlen. Ha mást nem tudunk tenni, akkor a szegény ember „szikroszkópját”, mint ellenőrzési módszert csak váltakozó nagyfeszültség kimutatására használjuk! A csavarhúzó hegyére húzott ív hosszából a gyakorlott szervizesek biztosan következtettek a



13. ábra

nagyfeszültség nagyságára. Ugyanez a DC oldalon már csak földre zárással hozható létre és pl. az igen kis áramú szelenceruza azonnal tönkremegy! A művelet egyébként sem veszélytelen. A sokszorozót alkalmazó áramkörök működőképességének egyik ellenőrzési módja lehet az ionizáló áram mérése, amelyhez azonban érzékeny galvanométer (ill. elektronikai nanoampermérő) szükséges. [7]

### 2.4. A tévékészülékek sorkimeneti transzformátora

A bevezetőben konkrétan megfogalmaztuk az indokokat, és az előző szakaszban már gyakran hivatkoztunk is rá, hogy alapvetően a tévétechnika nagyfeszültségű egységeinek újrahasznosításával szándékozunk ionizátort készíteni. Ennek pedig alappillére az ún. sorkimeneti transzformátor, amely több fejlődési szakaszú élt meg, s amely működésének pontos értése – s itt a trafót meghajtó briliáns szellemiségű elektronikát is értjük – a televízióval foglalkozó szakember kvalitását is minősítette. Ám egy letűnőben levő technológia érintőleges ismertetése sem lehet feladat a jelen közleményünknek, de az érdeklődőknek – több idevonatkozó forrást áttanulmányozva – talán a [8] szakmailag korrekt, ugyanakkor „olvasmányos” ide vonatkozó fejezeteit ajánljuk. Ugyanakkor mostani szövegkörnyezetünkben elkerülhetetlen bizonyos fogalmak, szakkifejezések használata, noha azok ismeretének hiánya nem zárja ki a közölt kapcsolások működőképességét.

Egy speciális ferritmagos transzformátorról van szó, amelynek primer tekercsére vezetett eltérítő áram alakította ki az elektronsugár vízszintes eltérítését. Az elektronsugár „visszafutásakor” energiát nyerhetünk, és a folyamat közben a nagy menetszámú szekunder tekercsen előáll a nagyfeszültség. (Megjegyezzük, hogy – igen találóan – az angol nyelvű irodalomban „flyback” azaz „visszafutó, visszaszálló” transzformátornak nevezik.)

Az első megjelenési formáját az „U” alakú vasmag két szemközti oldalán levő primer és szekunder tekercs adta (13. ábra). Az utóbbi a kezdetekben (jól égő!) szurokkal, majd később már lángbiztos műgyantával kiöntött, vastagabb, diszkosz alakú, nagy menetszámú tekercs, amelyet a szakma csak „malomkeréknek” hívott (az ábrán: HV szekunder).

A szekunder tekercs kivezetései is önállóak voltak, s céljainknak ez a típus felel meg leginkább, jóllehet – koránál fogva – még lomtalanításkor is a legkritikábban bukkan elő. Későbbi változatainál még maradt a malomkerék, de már nem független kivezetésekkel. Ugyanis egy járulékos kis menetszámú segédtekercssel együtt lett kiöntve és a két tekercs egyik pontját közösítették. Ez a segédtekercs a primer meghajtó tekercssel közel azonos menetszámú és vele párhuzamosan kapcsolt. Feladata az energiaátviteli veszteségek (a primer és a szekunder a járom két oldalán helyezkednek el) csökkentése, a szorosabb csatolás révén. Az így kialakított malomkerék három kivezetéses lett.

Átmeneti korszak volt, amikor a segédtekercs egy műanyag gyűrűre tekercselve a malomkerék tövében, de attól elkülönítve helyezkedett el. Szerencsétlen tényként említjük meg, hogy a segédtekercs szerepéről, helyéről a kapcsolási rajzok csak elvétve, a szakkönyvek pedig egyáltalán nem adnak információt. Ezzel együtt még erre a típuscsaládra is bemutatunk néhány kioldozott ionizátor kapcsolást.

A fejlődés következő állomása a malomkerék teljes elhagyása volt. A primer és a szekunder tekercset – éppen az energiaátviteli hatások javítása végett – ugyanarra az oldalra tekercselték, de ennek az lett az ára, hogy a szekunder már nem lehetett olyan nagy menetszámú. Az így előállított váltakozó

nagyfeszültség is kisebb lett a malomkerék nyújtotta eredményhez képest. De a technológia ekkor már lehetővé tette a kiöntött feszültségszorzó (tipikusan tripler, azaz háromszorzó) alkalmazását, amivel ellensúlyozni lehetett a malomkerék elmaradása okozta feszültségcsökkenést. Ennek a korszaknak jellegzetes formáját a 14. ábra jobb oldalán láthatjuk. Sajnos, a hozzákapcsolódó háromszorzó egy kiöntött kompakt egység és pozitív polaritású feszültséget szolgáltat, így céljainkra teljességgel alkalmatlan.

Dacára a számunkra hátrányosabb felépítésének, erre a transzformátortípusra is alapozhatunk ionizátor-készítést! Ugyanezen ábra bal oldali része a sorkimenő mai, modern állapotát mutatja, ahol az egész nagyfeszültségű szerelvény a primer-szekunder tekercssel, egyenirányítóval, fókuszfeszültség-előállításal egyetlen kiöntött tömbből alkot. Tekercselése is – a szorító kapacitások csökkentése okán – ún. „egymásba ágyazott” megoldású, ahol a primer és a szekunder rétegesen egymásba ágyazódik. Ionizátor nem készíthető belőle.

## 2.5. Az „ionsugárzó”

Az előző fejezetek „összerakása” után elmondhatjuk, hogy az ionizátor lényegében egy nagy negatív feszültségre töltött fémcsúcs, vagy csúcsokkal ellátott elektróda. Az ún. csúcskötés követ-

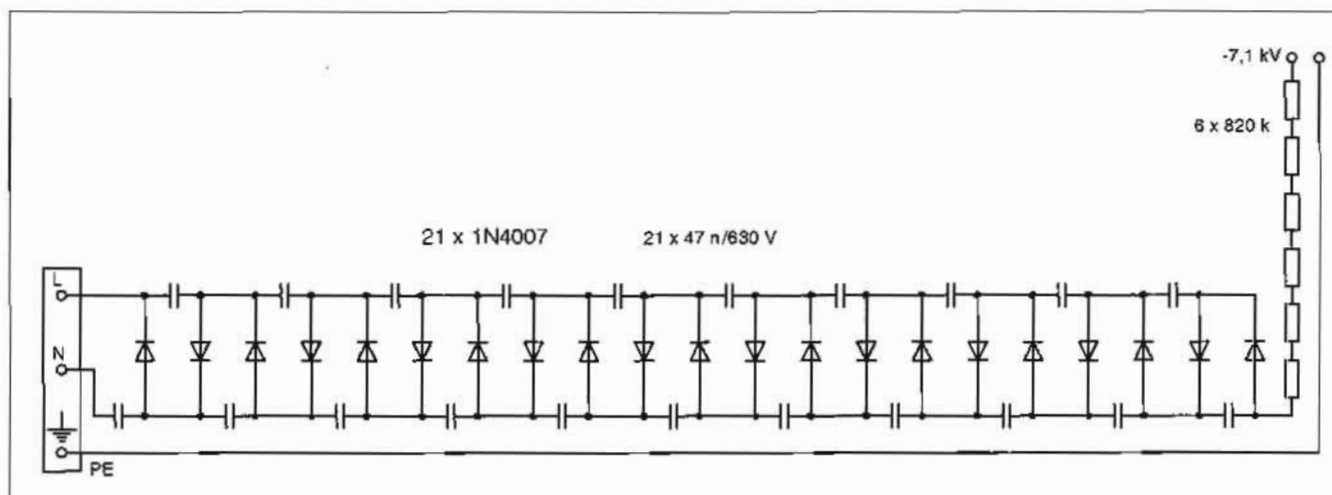
kezében fellépő koronakisülésről már korábban szövegtünk. Általánosan az „ionsugárzó” fémcsúcs hagyományos injekciós tű szokott lenni, amely rozsdamentes anyaga lévén a használat során nem oxidálódik, ráadásul a csúcs lekerekítési sugara kedvezően kicsiny. Az injekciós tű nyakrésze belül kónuszos kiképzésű, amely kúposág szabványosított, de tövességétől függően eltérő értékű. (Pl. az ún. Record-2-es kónuszú tű induló átmérője 3 mm, így egy M3-as csavaron szépen szorulva „felül”.)

Sajnos, a modernizáció e tekintetben is rontott a helyzetünkön, mert a mai egyszer használatos fecskendő tűk műanyag nyakkal rendelkeznek, így szigetelésük révén céljainkra nem alkalmasak. Amennyiben nincs módunk hagyományos tűt beszerezni, szóba jöhet még a közösleges varrótű, vagy körzőhegy is, de azokat forrasztani kell leendő helyükre. (A szerkesztő megjegyzése: az injekciós tűről könnyen lehúzható a kónuszos csatlakozóelem. A szabadrává váló csövecskét pedig nem probléma egy csavar megfelelő átmérőre kiképzett furatába szorítani.)

Alternatív megoldás szokott lenni a „huzalecses” és az ionizáló rács is. Az előbbi egy sokeres kábel néhány centiméteren szigetelésétől megfosztott darabja, ahol a sok elemi szálat egyik végén a sugárzó pontba forrasztjuk. A huzalrács egy vastagabb (3...4 mm átmérőjű) huzalból hajlított keret, amelyet



14. ábra



15. ábra

0,1...0,2 mm-es csupasz huzallal „tekerselelünk” körbe kb. 10 mm-es térközzel, de lehet sűrűbben is. Az elektromos erőtér a vékony huzalok közelében lesz a legnagyobb, és ott történik az ionizáció. Éppen ezért a keretet jól szigetelő lábakra építjük az átütések és a kúszóáramok megakadályozása céljából! Az ionizáló rács használatát – kis sé önkényesen – az elektroncsöves kivitelű berendezésünkhöz rendeltük, az azt taglaló fejezetünkben mutatjuk be kiviteli rajzát is. Az ionizáló rács alkalmazásakor szükséges ventilátor használata az ionok külső térbe juttatásához, aminek beszerzése nem jelenthet gondot a mai PC-s korszakban. Az elektronikát és az ionsugárzót rendszerint nagyfeszültségű kábel darab köti össze védő-ellenállás(ok) közbeiktatásával. (A kábelhez való hozzáféréstől már szóltunk). Technikai kivitelezését tekintve a nem kapcsoló oszcillátort alkalmazó áramkörök esetében (ld. később) az egész egységet célszerű polisztirol, vagy PVC dobozban elhelyezni. Az ionizációs feszültséget a polisztirol fedélbe kiképzett furaton ajánlatos kivezetni úgy, hogy a csúcs a dobozból kb. 20...25 mm-re álljon ki. További technikai megoldások találhatóak pl. [7]-ben. Az impulzusokat használó elektronikák esetében a zavarvédelem szempontjából előnyösebb a fémdoboz használata, de ilyenkor is gondoskodni kell a tű szigetelt kivezetéséről, pl. egy kb. 30 mm átmérőjű plexi tárcsával.

### 3. Konstrukciók

#### 3.1. Kapcsolások I.

A levegő ionizálásának általunk választott módja, hogy a földhöz képest

-4...-10 kV-os potenciálra kapcsolunk egy csúcsos vezetőt. A csúcs hatás miatt az azon fellépő télerősség ionizálja a levegőt, a már részletezett módon. Azonban a -7 kV körüli értéket nem tanácsos túllépni, mert a túlzott koronajelenség hatására ellenőrizhetetlen mennyiségű ózon is keletkezik, amelynek veszélyeiről részletesen értekezünk. Ezen okokból az ismertetendő kapcsolásaink a fentiekben taglalt értékek között működnek. (Ennek ellenére publikáltak -14 kV-os értékkel működő berendezést is.)

A konkrét konstrukciókat bemutató fejezetünket azokkal a típusokkal kezdjük, amelyek ionizátorként a napjaink megoldásának számítanak. Ezek közül a legegyszerűbb megoldás, ha a nagyfeszültséget közvetlenül a hálózatból feszültségsokszorozóval állítjuk elő. Ugyanerre a módszerre már [7]-ben láthattunk példát, de jelen helyen mi is bemutatunk egy induló változatot. A 15. ábrán látható kapcsolás egy 11 fokozatú kaszkád sokszorozó, amely a hálózatból – számított értéként – -7,1 kV-ot állít elő. Az egyenirányítási veszteségek, valamint a nagy belsőellenállás miatt a feszültség üzem közben kb. -6 kV-ra áll be. A kondenzátorok 630 V-osak legyenek! A sokszorozó és a sugárzó tű közé kapcsolt ellenállás (kb. 5 MΩ) a belsőellenállás további növekedését adja, biztosítva az esetleges érintési áram veszélytelen voltát.

A kapcsolások mindegyikénél célszerű ezt a megoldást alkalmazni, bár nem minden rajzunkon szerepel. A nagy hosszmeretű nagyfeszültségű ellenállások beszerzési nehézségei miatt célszerű több hagyományos ellenállásból összerakni a védőellenállást, miként mi is tettük. A feszültségsokszoro-

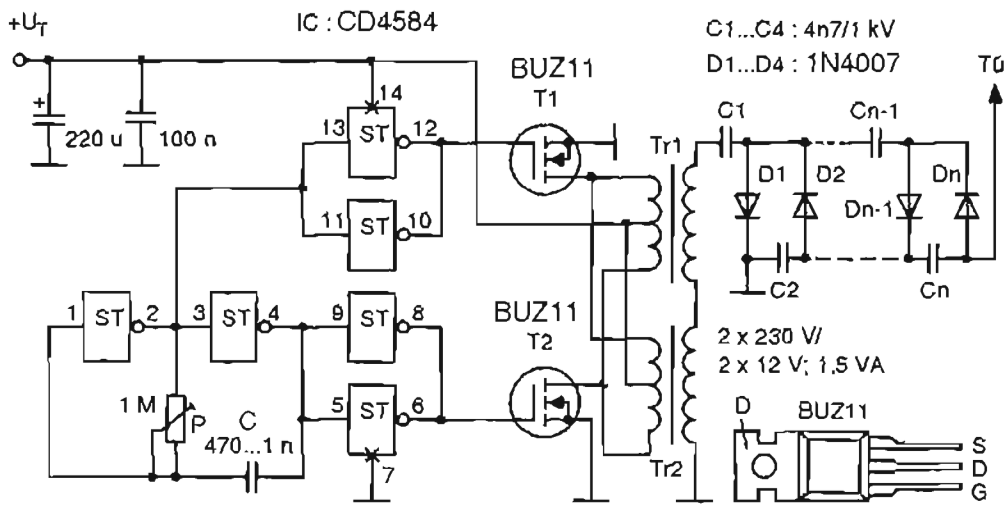
zót kivitelezhetjük a [7] ajánlása szerint, vagy nagyfeszültségű kábellel kössük össze a tüvel! Ez utóbbit úgy kell kialakítani, hogy rajta csendes koronakisülés álljon elő. Esetleg szükség lehet a tű közelében elhelyezett testelt elektród (15. ábra) alkalmazására. *Akár nyomtatott kivitelben, akár hagyományos technológiával dolgozunk, a feszültségsokszorozó egység megépítésénél tartsuk szem előtt a nagyfeszültségű technika vonatkozó előírásokat! Ennek értelmében kerüljük a hegyes, szögletes vezetőket, forrasztásokat. A forrasztási pontoknak kerek, lencse alakú felületet kell képezniük és a furatba forrasztott vezetőeknek a teljes végződését az önnak el kell fednie! Nyakos kivitelben is biztosítottak legyenek a szigetelő közők [9].*

Láthatjuk, hogy elektronikai szempontból nem jelent kihívást a 15. ábra kapcsolásának megvalósítása, de mégsem mondhatjuk, hogy a kezdő építőknek ajánljuk, annak érintésvédelmi veszélyes volta miatt. Mind az elkészítés során, mind üzemeltetéskor éljünk a legteljesebb körű elővigyázatossággal!

„Biztonságosabb” megoldás, ha a hálózati feszültséget attól galvanikusan leválasztva állítjuk elő, s onnan a továbbiakban az előzők szerint járunk el.

Ez a szisztéma már törpefeszültségű táplált elektronikai megoldást igényel, amely korábbi közleményeinkben (pl. [10]) mint gépkocsi-ionizátor szerepelt. Itt találkozunk először, – miként esetünkben is, majd folytatódóan minden további kapcsolásunknál – a bevezetőnk zárógondolatával, ami a használt áramköri „képlet” egyszerűségét fogalmazta meg. Nevezetesen: alaposzcillátor + meghajtó egység + nagyfeszültségű egység = ionizátor.





16. ábra

Am létezik átmeneti megoldás is! Amennyiben rendelkezünk egy régi (elektroncsöves diódás egyenirányítósú) rádiókészülék hálózati transzformátorával, amelynek független kb. 2x240 V-os szekunder tekercseinek sorba kötésével kb. 500 V-os, hálózatfüggetlen induló feszültségünk van, és jöhet utána a sokszorozó. A rádiókészülék viszont nem lehet olyan „öreg”, hogy autotranszformátor adja a táplálást [4], mert előző céljainknak nem felel meg!

Elsőnek tekintsük a 16. ábrát. A kapcsolás alapja egy rezonáns, kis egyenfeszültségről táplált feszültségkonverter. Az alap RC oszcillátor meglehetősen egyszerű, és gyakori megoldás. A hat Schmitt-trigger tartalmazó IC (CD4584) két kapujából egy időzítő taggal (P, C) négyszögjelet állítunk elő. (Normál invertterrel is működik, de a négyszögjel aszimmetrikus lesz.) Az oszcillátor első és második kapujának kimenetei ellentétes fázisú jelet adnak, amelyeket a további két-két kapuból álló bufferekhez vezetünk. Ez utóbbiak feladata a viszonylag nagy gate-kapacitással rendelkező MOSFET kapcsoló fokozatok vezérlése. Az ellenütemű vezérlés biztosítja, hogy az átalakító transzformátoroknak mindig csak egyetlen tekercsefele kapjon vezérlést.

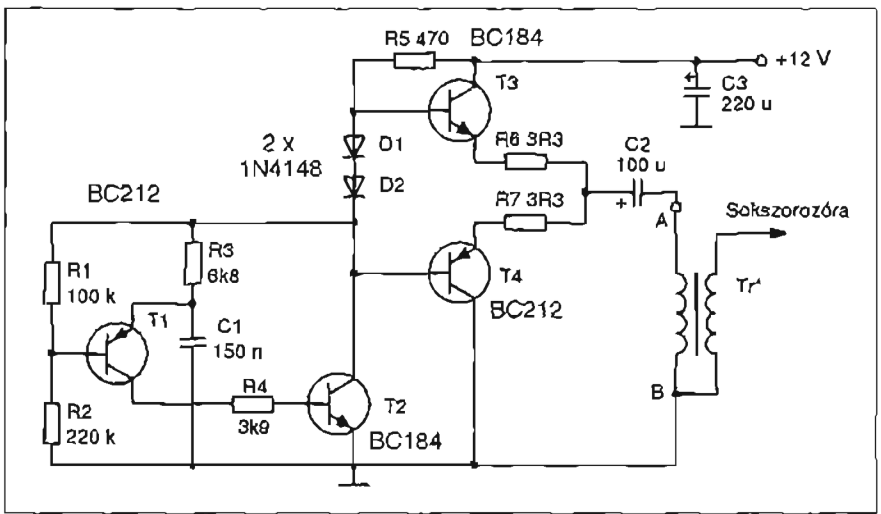
Újdonságnak hatolhat a két transzformátor sorba kötése, amivel a szekundernek használt 230 V-os oldalon így dupla amplitúdójú váltakozó feszültséget kapunk. (Természetesen egyetlen, megfelelő szekunderfeszültségű trafóval is működik az áramkör.) A viszony-

lag olcsón beszerezhető nyáktrafó (pl. 230 V/2x12 V/1,5 VA) alkalmasint könnyebbséget jelenthet a hosszú sokszorozó-lánc elkészítéséhez képest. Dacára a hálózati transzformátor alkalmazásának, a meghajtott frekvencia mégsem 50 Hz. Tudniillik az egész áramkör rezonanciát mutat, azaz van egy működési frekvencia, ahol a nagyfeszültség értéke maximális. A transzformátor típusától és a kaszkád fokozatok számától függően ez valahol 15 kHz körül lesz. (C = 1 nF esetén a frekvenciaállítási lehetőség: 900 Hz... 22 kHz.) Éppen ezért a beállításnál óvatosan járjunk el!

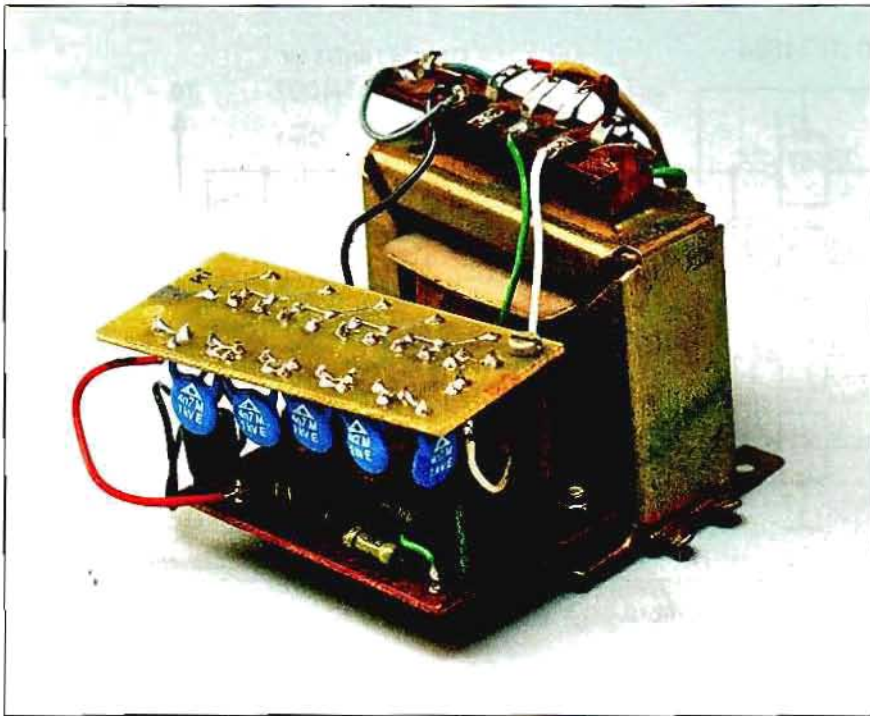
Lehetséges, hogy a nagyfeszültséget némileg a rezonancia alatti vagy feletti frekvencián kell beállítani, elkerü-

lendő annak túlzottan nagy értékét, ahol már az ózontermelés veszélye is fennállhat. A mintakészüléknél 2 db VN30.12 típusjelű 2x12 V/1,5 VA-es trafót és egy ötfokozatú kaszkádot alkalmazva 12 V-os tápfeszültségnél, üresjárásban -5,5 kV-os szintet lehetett beállítani. A kapcsolás áramfelvétele 40...50 mA közötti.

A 17. ábra kapcsolása még egy gondolat erejéig visszavisz minket az elektroncsöves rádiókészülékek alkatrészeihez, nevezetesen most az ún. kimenő-transzformátorát használjuk. Ebben az esetben egy tranzisztoros meghajtást láthatunk, de nem a szokásos astabil multivibrátor-alapkapcsolást! A T1 és a T2 egy komplementer billenőkör, amelynek „munkaellenállása” egy



17. ábra



mini komplementer végfokozat. A két egység ilyen galvanikus kapcsolata a négyzetjel indikálását (bemérését) némileg megnehezíti, mert azt jól mérni már csak a C2-n lehet. A végfokozat AC csatolással hajtja meg a kimenőtrafó hangszóró felőli tekercsét. A hangkimenő szekunder (eredetileg anódköri) oldalán kb. 250 V effektív értékű váltakozó feszültség keletkezik, amelyet már sokszorozóra kapcsolhatunk. A működtető frekvencia 3...4 kHz lehet, melyet C1 megváltoztatásával állíthatunk be. Mivel ez az áramkör kivitelezési szempontból már tipizálható, ezért a 18. ábrán megadjuk a nyáktervét, a 19. ábrán pedig a beültetési rajzát.

Először az astabilt készítsük el, melyet úgy mérhetünk be, hogy a vizsgálat idejére egy 470 Ω-os ellenállást kötünk T2 és T4 közös pontja és a táp közé. Ezen a közös ponton lesz mérhető a négyzetjel. Ha generátor működik, akkor a végfokot már könnyen ellenőrizhetjük. Megjegyezzük, hogy a kap-

csolás üzemelhet kis méretű hálózati transzformátorral is, bár akkor alacsonyabb működési frekvenciát célszerű választani. (Ez utóbbira [11]-ben is láthatunk egy IC-s megoldást). Általános megállapításként elmondjuk, hogy szinte valamennyi kapcsolásunknál célszerű a magasabb frekvenciát választani, mert ahhoz kisebb kapacitású szűrőkondenzátor elegendő, amit vélhetően könnyebb beszerezni. Mintakészülékünk egy ötfokozatú sokszorozóval (ld. kép) 12 V/-3,5 kV feszültséget produkált 50 mA fogyasztás mellett.

Végezetül a 20. ábrán egy teljesítménytrafós változatot láthatunk ugyanarra a „témára”. Céljainknak a közkedvelt Puskás-trafók (vagy azok mai klónjai) felelnek meg ebben az alkalmazásban. A kéttranszistoros billenőkör ellenütemben közvetlenül hajtja meg a két 12 V-os tekercsfelet, aminek eredményeképpen 230 V-os (most) szekunder oldalon előáll a sokszorozót tápláló váltakozó feszültség. A 10 fo-

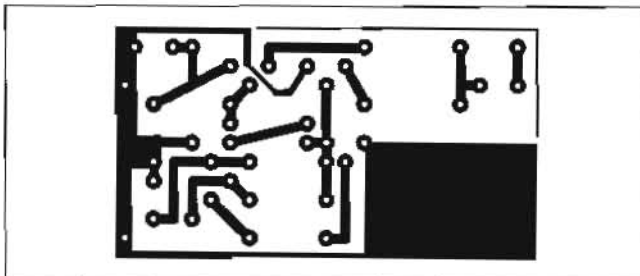
kozatú kaszkád kimenetén terheletlenül kb. -9 kV mérhető, ami sugárzásnál úgy -7,5 kV-ra áll be. Teljesítmény-ionizátorunk a rajzon láthatóan öt sugárzó elemet használ. A kapcsolás táplálása 12 V-ról történhet, kb. 250 mA áramfelvétel mellett (a kísérlet során kipróbált trafóval). A 21. ábra oszcillogramján a kollektorköri jelalak látható.

### 3.2. Kapcsolások II.

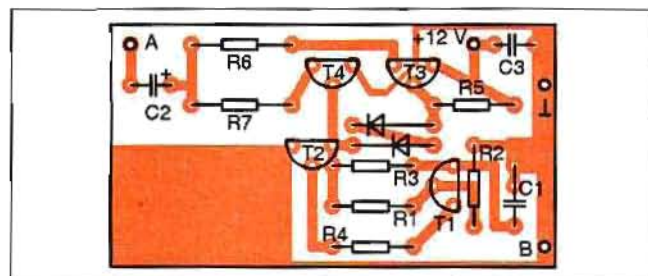
A bevezetőben elmondott indokok alapján ez a fejezet adja a bemutatni kívánt konstrukcióink gerincét. Áramkörünket a tévékészülékek sorkimeneti transzformátorára alapozzuk. Ez nem csupán nosztalgikus ihletésű, hiszen ebben a fejezetben az ionizátort a legtöbb esetben nagyfeszültségű generátorként általánosítjuk, s mint ilyen, számtalan egyéb felhasználási területe is adódik. Nagyfeszültségű teljesítménygenerátort viszont egyszerű eszközökkel „tévévasmaggal” lehet készíteni.

Természetesen minden beállítási és kivitelezési bemutatásunk az ionizátorokról szól, de a kapcsolások többkevesebb módosításával az egyéb alkalmazásokra is kitérünk. Az *Epiótkövek* fejezetünkben ismertettük a televízió-sorkimenők fejlődési szakaszait. Most minden ott bemutatott változatra – amelyről megállapítottuk, hogy könnyen vagy nehezen, de lehet belőle nagyfeszültségű generátort készíteni –, közlünk is konkrét konstrukciót. Tudván azt, hogy a nagy többség nem szeret tekercset készíteni (s talán ma már mód se igen könnyen van rá), valamint szigetelési okokból is igyekszünk a sorkimeneti transzformátorokat eredeti állapotukban felhasználni, bár kényszerűségből teszünk kivételt.

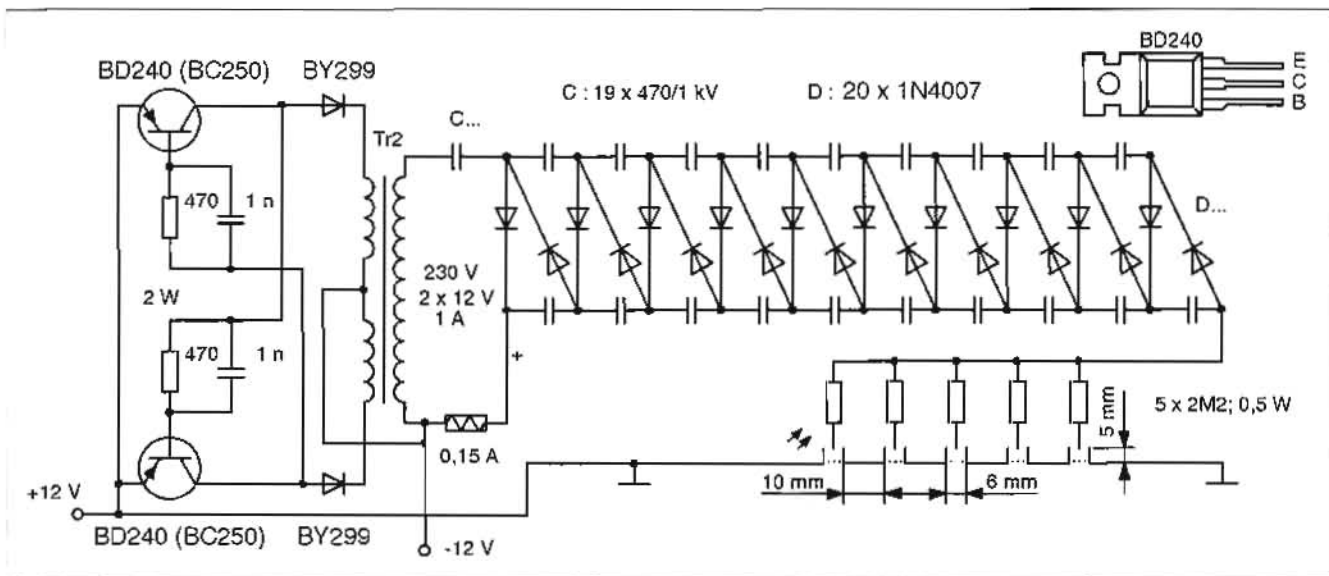
Ezeken túlmenően figyelembe vesszük, mely alkatrészhez lehet hozzáférni, hiszen közleményünk írásakor is az általunk kitermelt, tipikusan a lomtalánításokkor fellelhető alkatrészekből dolgoztunk.



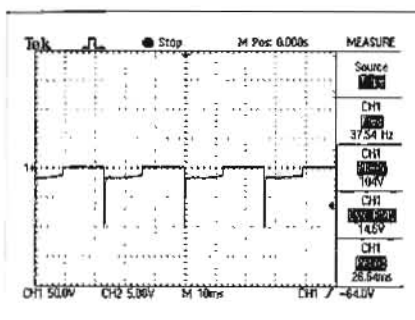
18. ábra



19. ábra



20. ábra



21. ábra

Ebből kiindulva a klasszikus fekete-fehér tévévevők fénykorát jelentő modul rendszerű készülékek sorkimeneti moduljaiból lehet a legtöbbet beszerezni. Erre a technológiára alapul a 22.a ábra kapcsolása. A tévévevők működését nem értőknél annyit elmondunk, hogy a sorlejtítő fokozat feladata a képcső mágneses vízszintes eltérítéséhez szükséges, lineárisan növekvő sorsfrekvenciás áram előállítás. E feladatra rendszertechnikailag három egymásra épülő áramköri egység szolgál, nevezetesen: a sorsvégfokozat, a sorsfrekvenciás oszcillátor, valamint az oszcillátort szinkronozó egység. A fekete-fehér készülékeknel a sorsvégfokozat állítja elő a képcső részére szükséges kb. 15 kV-os nagyfeszültséget is. A fenti felsorolásból kitűnik, hogy egyszerűen csak alkalmazni kell a megfelelő modulokat, és elő is áll a kívánt nagyfeszültség.

A dolog azért nem ilyen egyszerű főleg azért, mert negatív polaritású kimenetre van szükségünk. Annak idején a sorkimenő egész áramköri koncepció

óját az elektronsugár-eltérítés minél gazdaságosabb megvalósítása hívta életre.

Jelen sorok írója most van igazán nehéz helyzetben, mert be kellene mutatni három mondatban a sorlejtítés és az ionizátorban való alkalmazás közötti azonosságot és különbséget, ami ugye, így első közelítésben lehetetlen vállalkozás. Ennek ellenére a 22.a ábra – mint alapgondolás – kapcsán teszünk rá egy kísérletet, ha egy kicsivel több is, mint három mondatban.

A teljesítményelektronikai elem (elektroncső, tranzisztor) anód-, ill. kollektorkörében helyezkedik el a transzformátor, amely még a tévéknél (legalább is a korai típusoknál) soros kapcsolásban van az eltérítő tekercsel. Az ionizátor vonatkozásában ezzel nem kell számolnunk. Ugyanakkor ez hátrány is az eredeti kapcsolások közvetlen felhasználása szempontjából. Mivel a transzformátor is rendelkezik szórt kapacitással, annak helyettesítő képe jellegében megegyezik a tévékben kialakult helyzetével.

Eltérítéskor arra van szükség, hogy a tekercsen lineárisan növekvő áram folyjék az eltérítési idő (soridő) végéig. Ebben a pillanatban a tekercsben maximális áram folyik és  $E = (L_c I^2)$  nagyságú mágneses energia halmozódik fel. Az eltérítési ciklus befejezésekor ennek az energiának fel kell emésztődnie.

Itt nem részletezett levezetések eredményeképpen kb. 10 W lenne az a teljesítmény, amit – pl. hővé alakítás útján – el kellene „fogyasztani”. Ez igen gazdaságtalan megoldás lenne! Hővé alakítás helyett a tárolt energiát haszno-

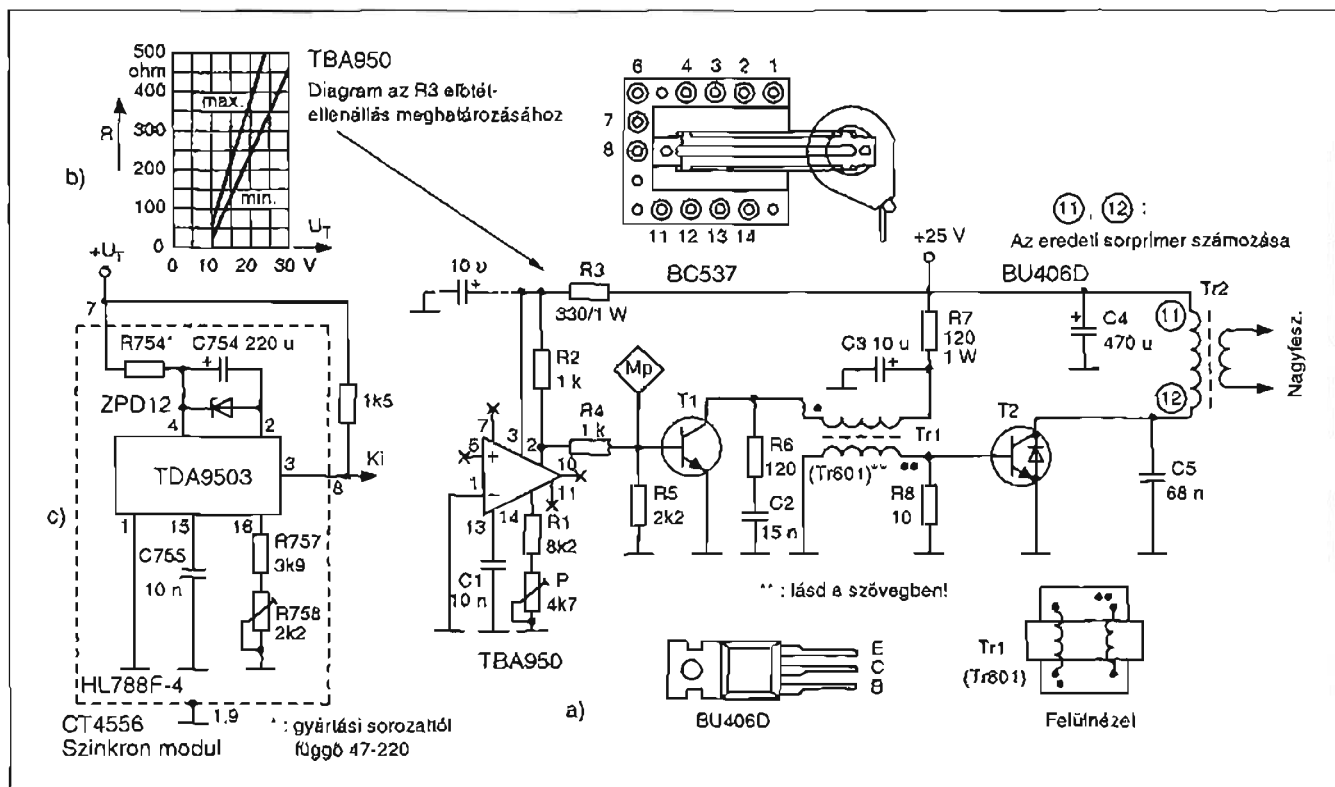
sítjuk és felhasználjuk más áramkörök működtetéséhez.

Ezt a mai napig csodált, és a maga nemében az áramkörtervezői leleményesség és a gazdaságosság összekapcsolódásának a csúcspontját jelentő kapcsolástechnikát ún. energiavisszanyerő (booster) kapcsolásoknak nevezzük. De térjünk vissza a transzformátor meghajtásához!

Veszteségmentes (ideális) kapcsolóelemet feltételezve nincs más dolgunk, mint a tekercs sarkaira állandó (DC) feszültséget kapcsolni, s rajta ekkor lineárisan növekvő áram folyik. Ennek megállításának egyik módja, ha a telepet az eltérítés végén egyszerűen lekapcsoljuk. Csakhogy akkor a tekercs és az azzal párhuzamosan kapcsolódó szórt kapacitása által képződött rezgőkör a tárolt mágneses energia hatására rezgésbe jön, és a feszültség szinuszosan, az áram koszinuszosan változik. Ezt a jelenséget belengésnek nevezzük, s a televíziós technikában tudunk is vele mit kezdeni.

A telep be- és kikapcsolása természetesen elektronikai úton történik, ami négyyszögjel-vezérlésnek felel meg. Az ionizátor-alkalmazás esetében nincs jelentősége az eltérítési időnek, de a belengési folyamatokra figyelni kell, mert hatásfokromlást okoznak!

Ennyi felvezetés után tekintsük a 22.a ábra végfokozatának működését! A négyyszög alakú vezérlő jel hatására a T2 bekapcsol, a Tr2 transzformátor primer tekercsén lineárisan növekvő áram folyik. Amikor a tranzisztor lezár, megindul a már megismert rezgési folyamat és csillapodó rezgések keletkez-



22. ábra

nek. Amikor a feszültség előjelet vált, akkor a tranzistorcsipen integrált „szabadonfutó” dióda kinyit, és a rezgést megszünteti. A cél a minél kisebb berezgési időintervallum elérése, hiszen annak a következő vezérlő periódus elejére mindenképpen be kell fejeződnie. A rendszer „kihangelésére” a C5 szolgál, amit esetleg módosítanunk kell, mert noha eredeti sorprimer-tekercest használunk, a típusa lehet ismeretlen is.

A vezérlőjelet a szinkronmodulokból kitermelhető TBA950 típusú IC-vel állítjuk elő. Ez az IC szinkronjel-leválasztó, fázis-összehasonlító, soroszcillátor és függőleges szinkronjel-előállító fokozatot tartalmaz. Ezek közül csak a soroszcillátor-blokkját vesszük most igénybe. Az oszcillátorfrekvencia-meghatározó, illetve beállító elemei: C1; R1; P. Televíziós célt szolgáló IC lévén, a frekvenciát a szabványos sor-frekvencia (15 625 Hz) környékére kell, (ill. lehet) beállítani.

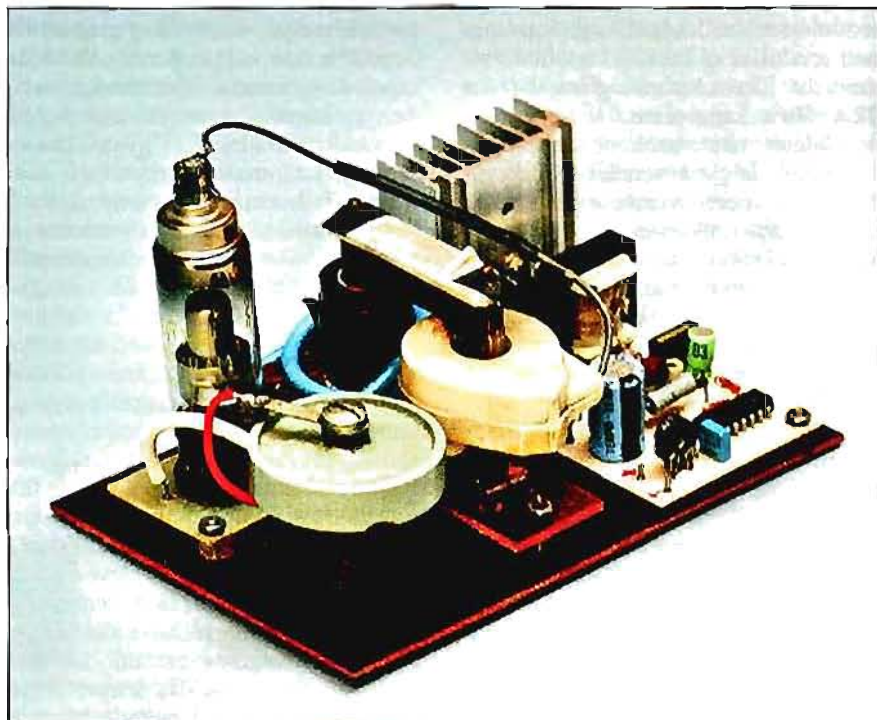
A fokozat kimenetére elhelyeztük az Mp mérőpontot, amin az 1 V amplitúdójú négyszögjel oszcilloszkóppal megfigyelhető. A T1 sormeghajtó tranzisztort az integrált áramkör 2-es pontján megjelenő kimenőimpulzusok vezérlik. A tranzistor a szükséges impedancia-illesztést végző Tr1 sztranszor

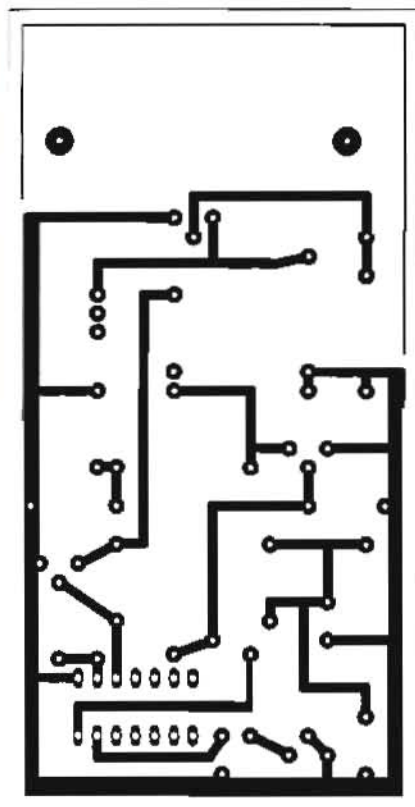
máton keresztül vezérli a T2 végtranzisztort, amely a csillapító diódát is tartalmazza.

A TBA950-hez szükséges R3 előtét-ellenállás értékhatárai a tápfeszültség függvényében a 22.b ábra diagramjáról olvashatók le.

### 3.2.1. Az integrált soroszcillátorral működő ionizátor elkészítése, beállítása

Elmondhatjuk, hogy áramkörünkben kizárólagosan újrahasonosított alkatrészeket találunk. Az alapelldhely az



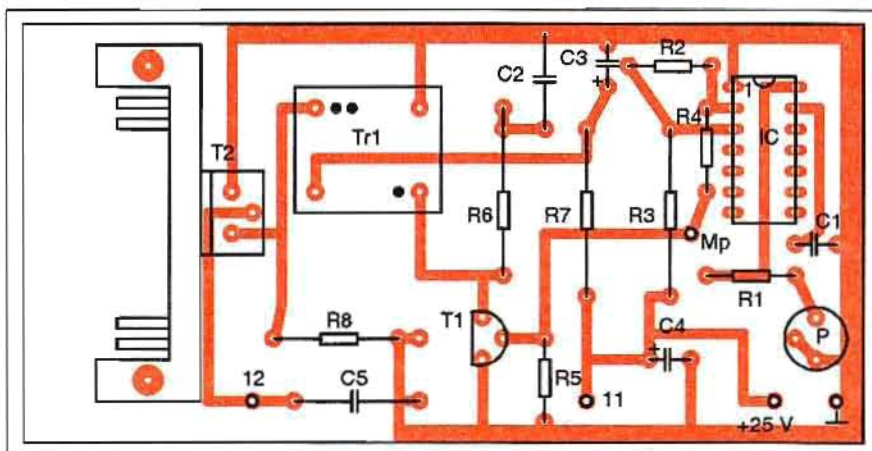


23. ábra

Orion AT-961 típusú modul-tévé belseje volt. Az oszcillátor alkatrészeit a BA482A jelű szinkron-, míg a teljesítményelektronikai alkatrészeket a BA484B jelű sormeghajtó modulokból termeltük ki. Az immáron új funkciójú elektronika nyáktervét a 23. ábra, a beültetési rajzát a 24. ábra mutatja. Beültetéskor R3, R6 és R7 ellenállást – azok jelentős melegezése miatt – az eredeti kerámia távtartó gyűrűkkel emeljük el a nyáklemeztől! Az IC beforrasztásakor, illetve majd a mérésekor óvatosan járjunk el, mert kivezetései közötti rövidzárakra igen érzékeny: azonnal beledusztul!

Amennyiben ezt elkerültük és a beültetésünk is helyes, az áramkör minden probléma nélkül beindul, ami korántsem jelenti azt, hogy be is van állítva. Némely figyelem szükséges Tr1 (az eredeti számozással (TR601) beforrasztásánál, mert a fázisviszonyok miatt nem mindegy a tekercsek kezdő és végpontja. Magán az alkatrészeken is egy fekete pötty jelzi azt a kezdetet, amit mi is azzal jelöltünk a rajzainkon.

A beállításra egy 25 V-os áramkorlátozó tápegységre lesz szükségünk. Korábban sem adtuk meg a törpefeszültségről táplált elektronikákhoz a tápfeszültségek kapcsolását. Némely kivételtől



24. ábra

eltekintve itt is így járunk el, mert a tápok kivitelezése mindenki részéről opcionális lehet. A készen kapható dugasztpókokat részesítjük előnyben, s a rendelkezésre álló terjedelmet minél több áramkör bemutatására, elemzésére fordítjuk azzal a felhanggal, hogy a legcsekélyebb mértékben sem becsüljük alá a tápellátás fontosságát. Arra most nem térünk ki, hogy az ún. pumpatápos modulrendszer miért 24...25 V-os DC feszültséget használ, lényeg, hogy legyen ilyen tápegységünk!

A készre szerelt elektronikát a tápegységre kapcsolva az áramfelvétel 100...800 mA közé eshet. Most is és a továbbiakban is azt tekintjük jó értéknek, ha az áramfelvétel 200...300 mA között van a névleges tápfeszültség mellett. Ezt az értéket P szabályozásával állíthatjuk be, mivel a megválasztott vezérlő frekvencia és az adott (eredeti, de talán ismeretlen) sorkimenő paraméterei a megismert berezgési folyamatot meghatározzák. Ugyancsak ezt segíti elő C5 esetleges módosítása is.

Mivel az eredeti malomkerék a segédtekercsel egybeöntött (három kivezetéses), a nagyfeszültség egyenirányítását félvezetős kivitelben kell megoldani. A szekunder oldali DC nagyfeszültség mérésével P-vel állítsuk be a legnagyobb kimenő feszültséget, ügyelve a fent jelzett áramfelvételi határookra. A kapcsolás működik alacsonyabb tápfeszültségről is, de akkor R3 értékét a mellékelt diagram alapján az IC-hez kell igazítani.

A 22.c ábrán találunk még egy részletrajzot, ami egy másik IC-t mutat. A TDA9503 típus a színes modul-tévék szinkronizáló moduljainak alapja. A kapcsolást ezzel is eredménnyel kipróbáltuk, de a nyáktervet sajnos módosítani kell! hozzá!

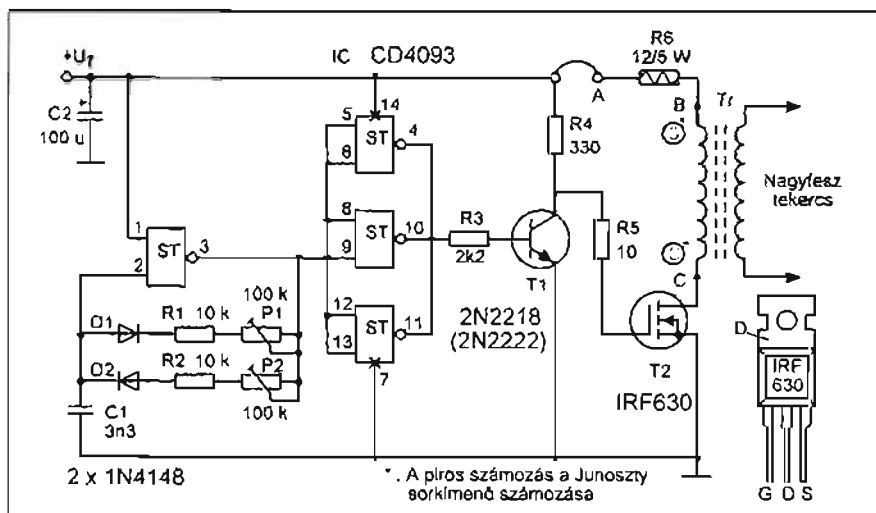
Végezetül néhány általunk mért értéket mutatunk, amit különféle sorkimeneti trafóval együttműködve vettünk fel.

Sorkimenő	$U_{ki}$ , kV	$I_{be}$ , mA
Eredeti Orion	-6,2	300
Junoszty	-4,2	250
Tünde (TC-1610)	-4,7	200

A kép pedig egy igazi „ökumenikus” megoldást mutat, mikor is az IC-s alap-elektronikánk egy Tünde (tranzisztoros tévé) sorkimenőjével dolgozik és elektroncsöves egyenirányítást kapott. A fenti eredményeket, mint később majd látjuk, egyszerűen is el tudjuk érni, de arra jó példa, hogy a folyamatokat bemutassuk, valamint ha az alkatrészek (modulok) úgy is rendelkezésre állnak, akkor elkészítése csak egy kis nosztalgiaira hajló kedv kérdése.

A továbbiakban függetlenítyük magunkat a moduloktól, csak a sorkimeneti transzformátort használjuk változó elektronikákkal. Tekintsük elsőnek a 25. ábrát! Az áramkörti „képlet” tagjait könnyen felismerhetjük. A vezérlő oszcillátor a CD4093 Schmitt-triggeres CMOS IC-re alapul, amelynek egyik NAND kapujából a P1 és a P2 segítségével változtatható frekvenciájú és kitöltési tényezőjű négyszögjelet állítunk elő. A frekvenciasáv C1 megválasztásával módosítható. A rajzon szereplő értékekkel kb. 2...20 kHz között rezeg az oszcillátor. A maradék CMOS kapuk párhuzamosan kötve bufferfokozatot alkotnak, amely függetleníti az oszcillátort a meghajtástól. A végfokozat nagyfeszültségű MOSFET.

A meghajtó impulzus megfelelő formálásával elérhető a csekély berezgés melletti üzem, maximális szekun-



25. ábra

der oldali nagyfeszültség mellett. Ugyanakkor a primer oldalon is – a meredek élváltások miatt – nagy impulzuscsúcsok alakulnak ki.

A T2 helyettesíthető IGBT-vel, vagy bipoláris tranzisztorral is. Ez utóbbit szükséges lehet a túlfeszültség-csúcsoktól megvédeni pl. varisztor beépítésével. (Tranzisztoros végfokozatnál vegyük még továbbá figyelembe, hogy az áramvezérelt eszköz, így a kapcsolás kismértékű módosítása szükséges.) Tekintve az elektronika nagyfokú „rugalmasságát” (szabályozhatóságát), tetszőleges típusú sortrafóhoz illeszthető az egység. Először itt maradjunk rá a céljainktól eltérő használatra is. Az alapelv továbbra is a változatlan gyári sorkimenő felhasználása.

Mintakészülékünket a Junoszty készülékek (már megint...) sortrafójára optimalizáltnak, meglepően jó eredménnyel. Különféle alkalmazásokkor a T2-nek eltérő nagyságú hűtőtöncre lehet szüksége. A végfokozat tápkörében levő R6 (mint ballaszt-ellenállás) a csúcsáramoktól védi meg a félvezetőt. Mint látjuk, a végfok táplálása a kivezetett A pontban történik, ami ezek után lehet közös a meghajtás tápellátásával, vagy tőle független, tipikusan nagyobb érték. Ionizátorunk esetében a tápfeszültség közös, 12 V-os. Amennyiben nagyfeszültségű generátor létrehozása a célunk (pl. ivkisüléshez) készítsünk a sortrafónak új, 40 menetes primert, Ø1 mm CuZ-ből! A tápfeszültséget 30 V-ra választva – a trafó típusától függően – elérhető a több mint 30 W (tisza RF teljesítmény 20 kV-os feszültség mellett. Ezek a paraméterek már más tápegységbeli és hűtési követelményeket támasztanak, melyekkel jelen esetben

juk. Először az IC (foglat) alatti áthidaló huzalt forrasszuk be! Beültetés után az áramkör stabilan beindul. Mivel itt már nem az adott tulajdonságokkal (pl. kötött frekvencia) bíró lévémodulok alkatrészei és kapcsolástechnikája a kiindulási alap, a beállítás kiegészül oszcilloszkópos vizsgálattal is. Kapcsoljuk az elektronikát 12 V-os áramkorlátos tápegységre és az oszcilloszkóp mérőszinóját (mérőfejt) egy huzalhurokkal ellátva tegyük a nagyfeszültségű tekercs közelébe (induktív csatolás)! A P1 és a P2 szabályozásával érzjük el, hogy az áramfelvétel 200...300 mA között legyen és a malomkeréken levő jelalak a 28. ábra felső alakja (CH2) szerinti legyen! Jól láthatók a tiszta, belengésmentes negatív impulzusok. Az ehhez tartozó meghajtó jelet az ábra alsó része (CH1) mutatja.

Mint említettük a Junoszty sortrafóhoz való beállítást adtuk meg, melynek mért értékei:

$$U_{ki} = -6,4 \text{ kV} / 250 \text{ mA} / 12 \text{ V},$$

$$U_{ki} = -8,2 \text{ kV} / 350 \text{ mA} / 15 \text{ V}.$$

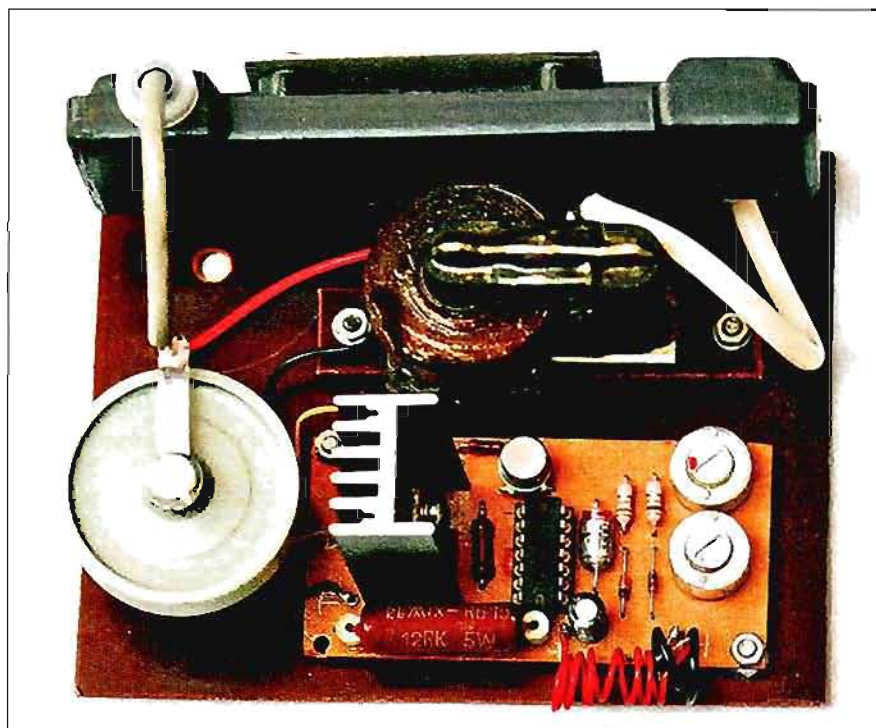
Mivel a felhasznált sortrafó szekundere független kivezetésekkel rendelkezik, bármely egyenirányító megoldás adaptálható hozzá. Képünkön az átalakított feszültségkétszerezővel dolgozunk együtt, s itt a kimeneti feszültség:

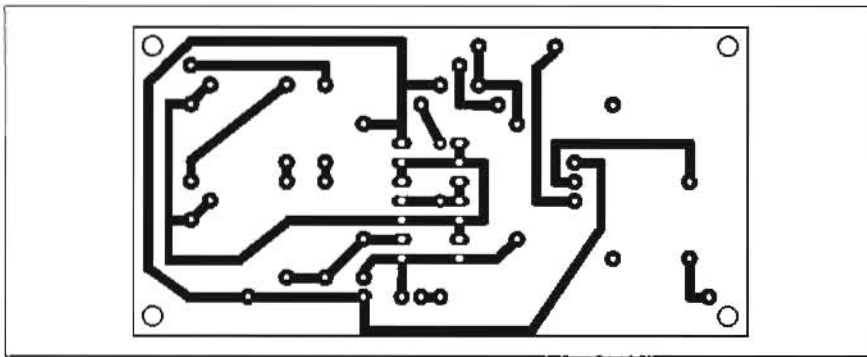
$$U_{ki} = -7,8 \text{ kV} / 200 \text{ mA} / 10 \text{ V}.$$

nem foglalkozunk. Fel kell ugyanakkor hívni a figyelmet az életvédelmi megfontolásokra. Ez a nagyfrekvenciás áram érintéskor a bőrt elég nagy áthatolási mélységgel (el)megegeti, melynek gyógyulása meglehetősen hosszadalmas! A dolognak van hasznos oldala is: megfelelő elektródát használva ez az RF generátor elektronikai sebészeti késként való használatra is alkalmas.

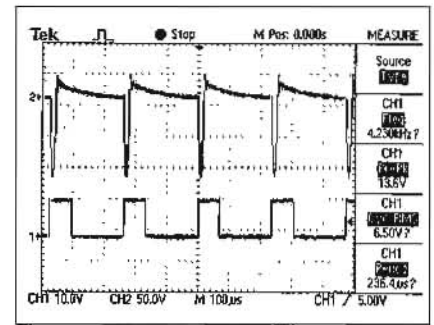
### 3.2.2. A 4093-mal vezérelt ionizátor elkészítése, beállítása

Az elektronika nyáktervét a 26. ábrán, a beültetési rajzát a 27. ábrán láthat-

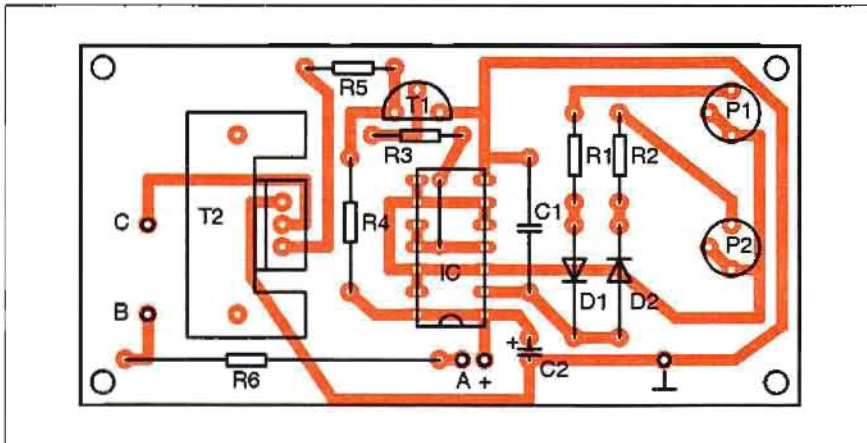




26. ábra



28. ábra



27. ábra

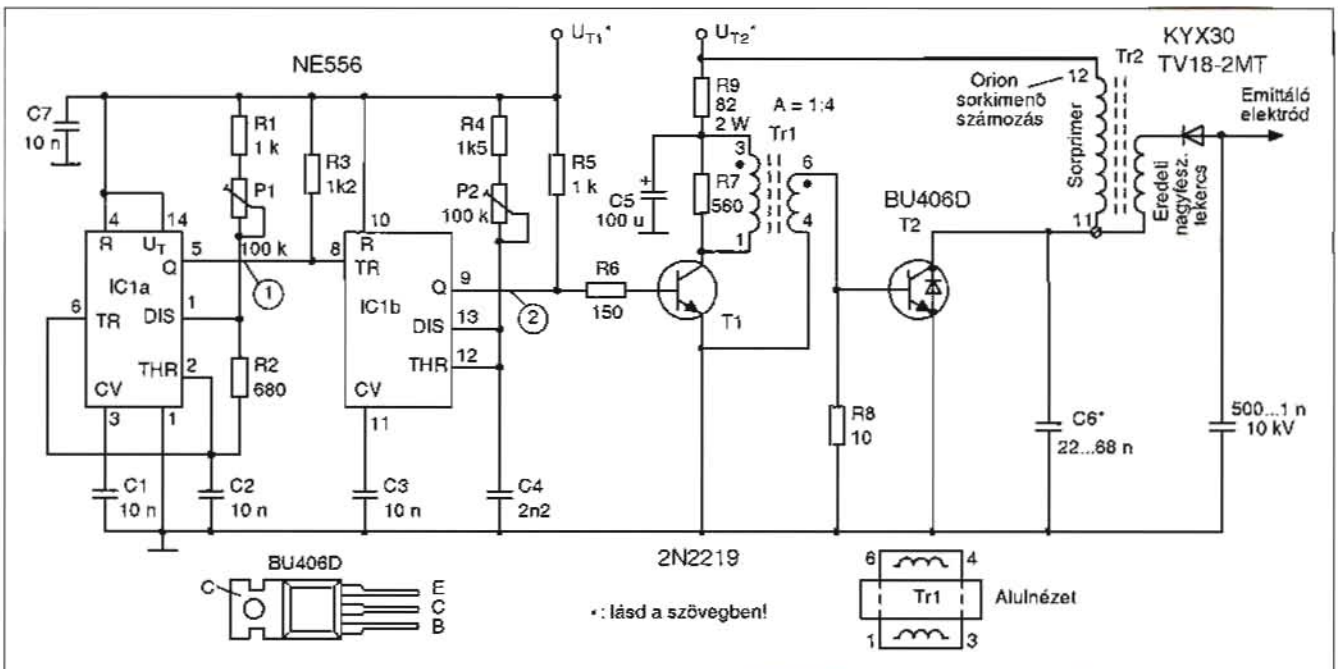
Az előző két kapcsolás ötvetetét láthatjuk a 29. ábrán. A vezérlő impulzusok formálása rugalmasabb a 25. ábra szerintiél, a sortrafo meghajtása pedig a modultvék megoldását idézi. A kettős-

időzítő IC (NE556) első fele 1,5...60 kHz között állítható, erősen aszimmetrikus négyszögjelet szolgáltat, melyet a következő monostabil fokozattal formálhatunk vezérlő impulzusokká. (Az

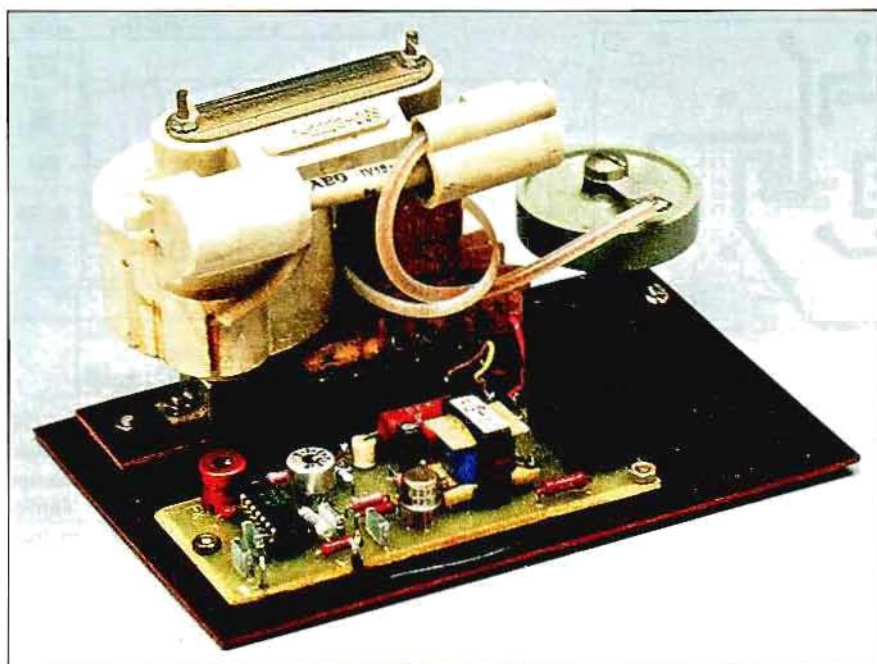
impulzusszélesség 10...100  $\mu$ s között szabályozható). Ezzel a megoldással gyakorlatilag bármiféle sortrafóhoz optimalizálhatjuk a meghajtást. Tápfeszültségtől függően (5...24 V) az oszcillátor-frekvencia és a kitöltési tényező szabályozásával a kimeneti feszültség és áram széles tartományban beállítható.

A beállító potenciométerek bizonyos helyzeteiben a kimeneti feszültség – pl. 24 V/5 A táplálás esetén – meghaladhatja a 25 kV-ot, ami, már különleges biztonsági intézkedéseket követelhet, mint pl. szikraközök alkalmazása a szekunder oldalon. A Tr1 meghajtó transzformátort ebben az esetben egy fekete-fehér számítógép monitorból szereltük ki. Az áttétele 4:1 volt, a bekötési irányokat rajzunk jelzi.

Mintakészülékünkben most is egy eredeti Orion AT961 sorkimenővel dolgozik az elektronika. A sorprimer szá-

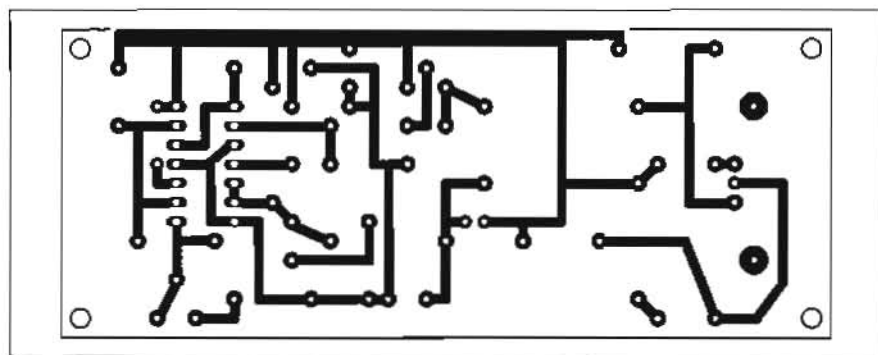


29. ábra

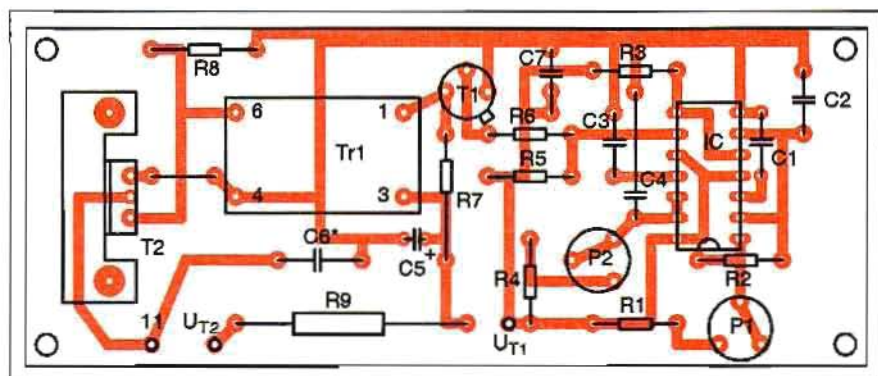


mozása is annak megfelelő. Itt jegyezzük meg, hogy ismeretlen eredetű sorkimenőnél – még mindig az eredeti tekercs felhasználási szándékát szem előtt tartva – a meghajtó tekercs (sorprimer) mindkét bekötési irányát ki kell próbálni, mivel negatív kimeneti impulzusokra van szükségünk, és az

adott meghajtó impulzusoknál csak az egyik bekötési variáció mellett jön létre számunkra kedvező mérvű feszültség. Amennyiben az eredeti sorprimer nincs, vagy hibás és el kellett távolítani, ill. egyéb felhasználási szándékunk van, úgy saját primert tekercselünk  $\varnothing 0,6$  mm CuZ-ből, amelynek menet-



30. ábra



31. ábra

száma 20. Felhasználástól függően folyamatos üzemnél T2-nek kisebb-nagyobb hűtőfökre szüksége lehet.

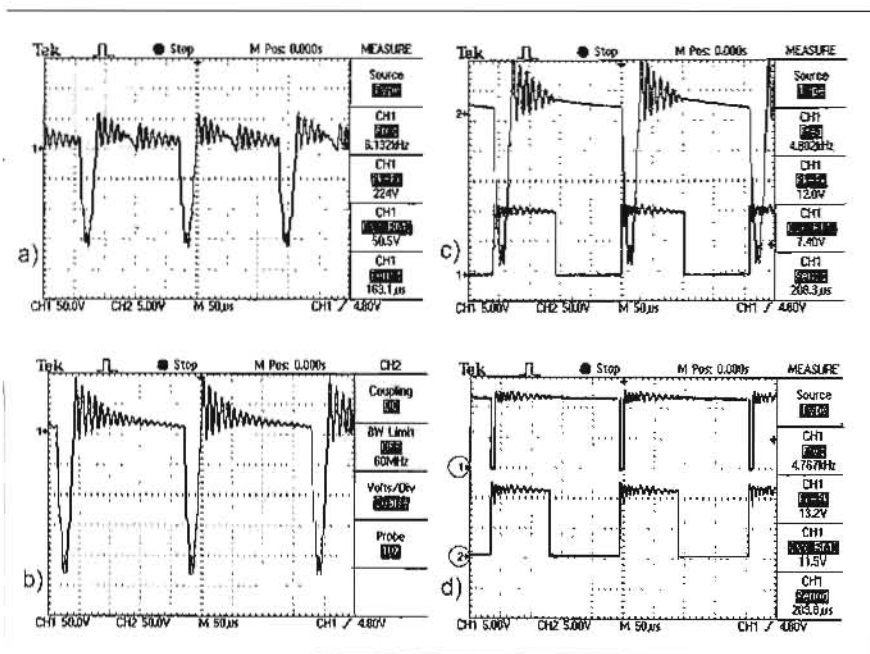
### 3.2.3. Az 556-tal vezérelt változat elkészítése, beállítása

A rendelkezésünkre álló alkatrészekhez tervezett nyáktervet a 30. ábra, a hozzá tartozó beültetési rajzot a 31. ábra mutatja. Az R9-et kerámia távtartó gyűrűkkel forrasszuk be, mert üzem közben jelentősen melegszik! Az elvi rajzon két betáplálási pontot is látunk ( $U_{T1}$  és  $U_{T2}$ ), amelyeket az ionizátorban közösítünk, így a rendszer tápellátása egységesen 12 V. Egyéb alkalmazásnál a meghajtó rész és a kapcsoló fokozat külön tápról járhat, természetesen megnövekedett disszipációs követelmények mellett. Ez utóbbi esetben jóval 10 kV feletti feszültséget érhetünk el.

Visszatérve az ionizátor használatra: most nyílik alkalmunk bemutatni „beszédese” ábrákon keresztül a beállítás folyamatát. Kapcsoljuk az elektronikát áramkorlátozó 12...15 V-ot adó tápegységre. Miként az előző konstrukció bemérésénél, hozzuk induktív csatlóba az oszcilloszkóp mérőfejét a nagyfeszültségű tekercsel! A tápegység árammérőjét figyelve, a 32. ábra „sorozatfelvételei” mutatják a helyes beállítás lépéseit. Az a részlet a legrosszabb (kiindulási) esetet mutatja, a b oszcillogram már a helyes irányba indult beállítást jelzi, bár a belengések itt még jelentősek. A „kihangolás” végét a c képen látjuk a hozzátartozó vezérlőjellel (Ch) csatoma). Ekkor az áramfelvétel 250 mA körül mozog. A d oszcillogram az időzítők ekkor felvett kimeneti jelét ( 1. és 2. pont) mutatja. Ekkor a beállítás gyakorlatilag befejeződött. Az Orion sortrafóval mért érték 12 V-os tápellátás esetén:  $U_{ki} = -8,4$  kV/300 mA/12 V. A képen a szelén-ceruzás egyenirányítást látjuk.

A következő konstrukciónk már a sorkimenők újabb generációját használja. Sajnálattal konstatáltuk az előző fejezetben a malomkerék elmaradását, ami a tévétechnikában a megbízhatóságot növelte, mostani céljaink megvalósítása szempontjából azonban kimondottan hátrány. Ebben az esetben már nem tudjuk elkerülni a sortrafó kis mértékű átalakítását. Tesszük ezt most úgy, hogy az eredeti tekercseléshez továbbra sem nyúlunk hozzá. Megoldási javaslatunk a [12] átdolgozása után a 33. ábrán látható. Azon a bizonyos „áram-





32. ábra

köri képleten” most egyszerűsítést hajtottunk végre, nevezetesen az alaposzcillátor, a meghajtó- és végfokozat egyetlen áramköri egységben valósul meg, cserébe viszont tekercselünk ki.

Emlékezzünk az első fejezetre, most az eredeti „U” vasmag csupán egyik oldalán található tekercselés, amely a primert és a szekundert együtt jelenti. Ez oldalról a nagyfeszültségű részt továbbra is fel tudjuk használni. Az üresen maradt másik oldalra kell elkészítenünk oszcillátorunk tekercseit. Oly kis menetszámot alkalmazunk, hogy a trafót szétszedés nélkül – azaz csévetést készítését mellőzve – is alkalmassá tudjuk tenni a feladatra.

Mindenek előtt nézzük az áramkör működését! Teljesítményoszcillátort ennél kevesebb alkatrészből már nemigen lehet készíteni. A két npn teljesítménytranszisztor (T1, T2) szimmetrikus kollektorköri és a pozitív visszacsatolást biztosító bázisköri tekercsekkel, időzítő tagok nélkül hozza létre az oszcillációt. Amikor az áramkör tápfeszültséget kap, a tranzisztorok nem egyszerre kerülnek vezetési állapotba. Még azonos típuson belül is más lehet a szennyezettség mértéke, az átmenetek rétegvastagsága, a BE nyitóirányú feszültsége stb. Eppen ez indítja el az oszcillációt. Amikor a bifiláris tekercselésű egyik fél kollektorköri tekercsen az áram nagy meredekséggel maximális értéket vesz fel, akkor az indu-

kált feszültség iránya megfordul, így a második tranzisztor vezet, míg az első lezár. A folyamat eképpen ismétlődik.

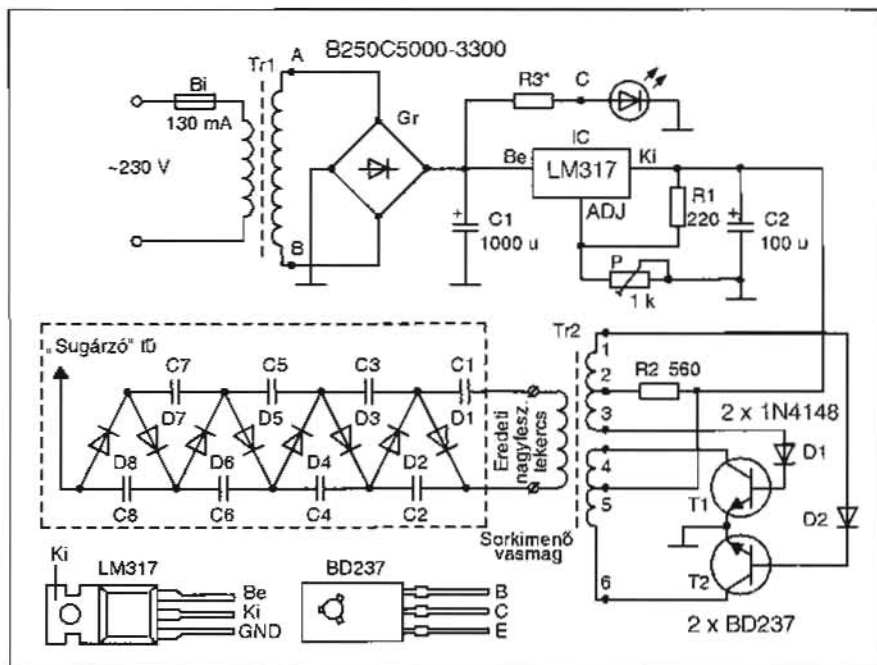
Az előállított kollektorköri négyzöggel alapfrekvenciája a vasmagtól függően 5...20 kHz, miközben jelentős harmonikusstermeléssel is számolnunk kell. Ez a teljes sáv szélesség kiterjedésével jár. Végül is a kollektorköri tekercseken a tápfeszültség kb. négyszeresének megfelelő amplitudó transzformá-

lódik fel az eredeti nagyfeszültségű oldalon. Az ott mérhető nagyfeszültség a jobbára ismeretlen menetszámarányoktól függ; malomkerék nélküli változatoknál ez mintegy 1 kV körüli csúcsértéket jelent. Ezt pl. a rajzon látható feszültségsokszorozóval növelhetjük a kívánt nagyságúra.

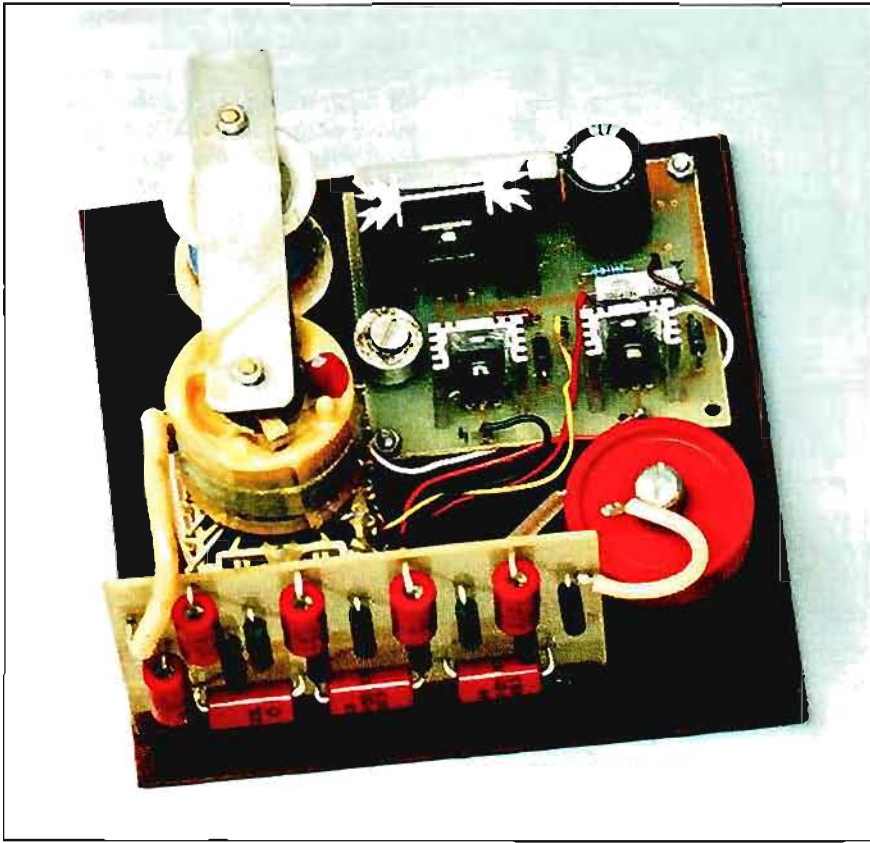
További érdekessége az áramkörnek az extrém alacsony feszültségű táplálás. Az astabil fokozat számára a változtatható kimenőfeszültségű stabilizátor (IC; LM317) +3...5 V-ig terjedő feszültséget szolgáltat. A teljesítménytranszisztorokat az R2 állítja megfelelő munkapontba. Rajzunkon ezúttal a teljes hálózat felőli táprészt ábrázoltuk. A hálózati transzformátor 9 V-os szekunder feszültségű lehet. Ez érték betartásával mind az IC-nek, mind a tranzisztoroknak csekély méretű hűtőborda elegendő. Amennyiben az IC bemeneti pontjára 6 V-os akkumulátor vagy 4 db Góliát elem feszültségét vezetjük, akkor ionizátorunk hálózatfüggetlen lehet, s így hálózati trafóra sincsen szükség.

### 3.2.4. A szimmetrikus oszcillátorú ionizátor elkészítése, beállítása

Az elektronikát nyomtatott áramkörös kivitelben készítettük el, amelynek A, B bemeneti pontjai a Graetz-híd AC átlója. A főliatervet a 34. ábra, a beültetési rajzot a 35. ábra mutatja. Az egyszerű vonalvezetésű panel gyorsan beültethető, de önállóan nem üzemképes!



33. ábra



Ezek után kezdjük a transzformátort előkészíteni. Az elegáns megoldás, ha az üres járomfélre saját csévetestet alakítunk ki. A cséve lehet egy sima keménypapírból kivágott szalag  $\varnothing 16$  mm-s hengeres anyagra (pl. fűrészár) való felgöngyölésével létrehozott papírhenger, amennyiben ilyen méretű a vasmagunk. A papírhenger végeit ugyanezen anyagból kivágott gyűrűvel

zárhatjuk le. A művelethez valamely kétkomponensű ragasztó szükséges.

Oldalfal nélküli csévetestet a trafó szétszedése nélkül is készíthetünk úgy, hogy a papírszalagot kétszer-háromszor áttekerjük a vason, majd szigetelőszalaggal rögzítjük. Ez utóbbi esetben a tekercselést „befűzessel” készítjük. Ha nincs kellő türelmünk, akkor nem lesz szép, de működni fog. A tekercseléshez

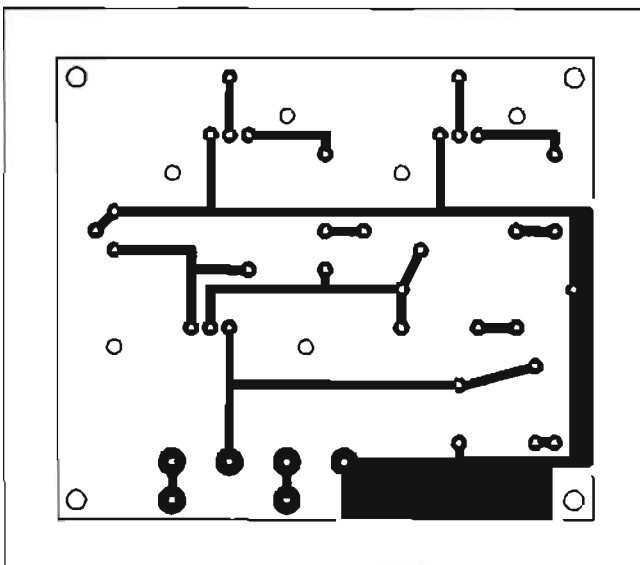
néhány méter  $\varnothing 0,5-0,8$  mm-es CuZ-re lesz szükségünk. A bázisköri tekercs középleágazásos kivitelű és  $2 \times 5$  menetből áll. A kivezetéseket jelöljük meg rendre az 1; 2; 3 számmal, mert a nyakba forrasztásnál könnyen „összegabalyodunk”.

A mintakészüléknél a tekercseket az eredeti sorprimert merev kivezetőlábaihoz forrasztottuk, és azon számoltunk. Ehhez persze a sorprimert számunkra felesleges tekercsvégeit kicsiprük, csak a nagyfeszültségű szekunder részt hagytuk érintetlenül. Aki ezt a rész munkát is megspórolná, az hagyjon elég hosszú tekercsvégződést a becsatlakozáshoz!

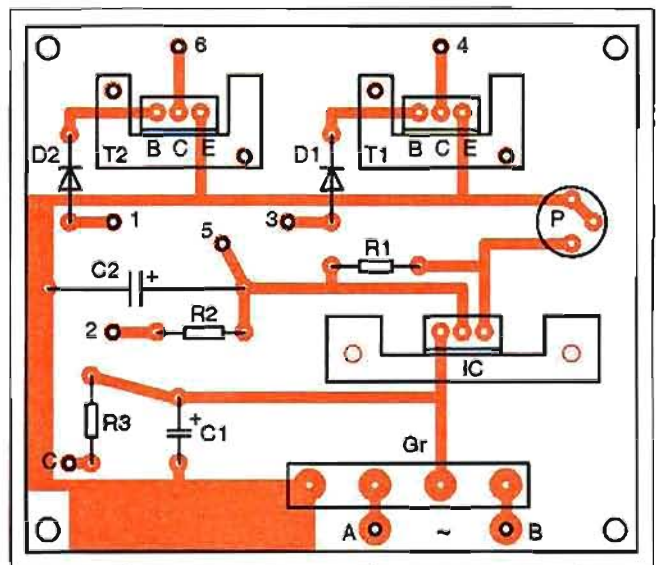
Ezután következik a bifiláris kollektorköri tekercs. Ehhez vegyünk két független szálként lesabott kb. 50 cm-es huzaldarabot. A két huzalt össze is sodorhatjuk, vagy szorosan egymás mellé tekerve csévéljünk fel (il. fűzünk be) 6 menetet. A tekercselési irány egyezzen meg a visszacsatoló tekercs szerintivel! A két tekercs egymás mellett helyezkedjen el.

A két kezdőpont egyikét jelöljük a 4-es, a másikat 5-ös számmal. A másik két szabad vég közül az egyik az előbbi 4-es jelű kezdet másik vége, amit ohmmérővel azonosíthatunk. Ezt kössük össze az 5-ös jelűvel; ez a csomópont lesz a tekercs valódi közepe (az 5-ös jelű). Az utolsó szabadon maradt véget jelöljük a 6-os számmal. A kész tekercseket szigetelőszalaggal rögzítsük és szigetelőpapírral (pl. prespánnal) vonjuk körbe!

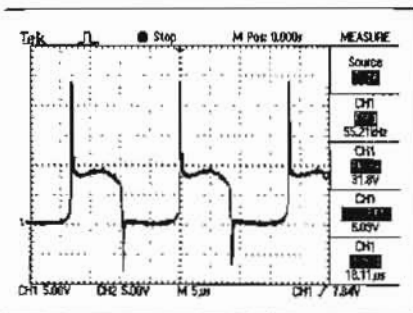
Az átalakított sortrafóknak kössük az elektronikára, a számok megfelelőle-



34. ábra



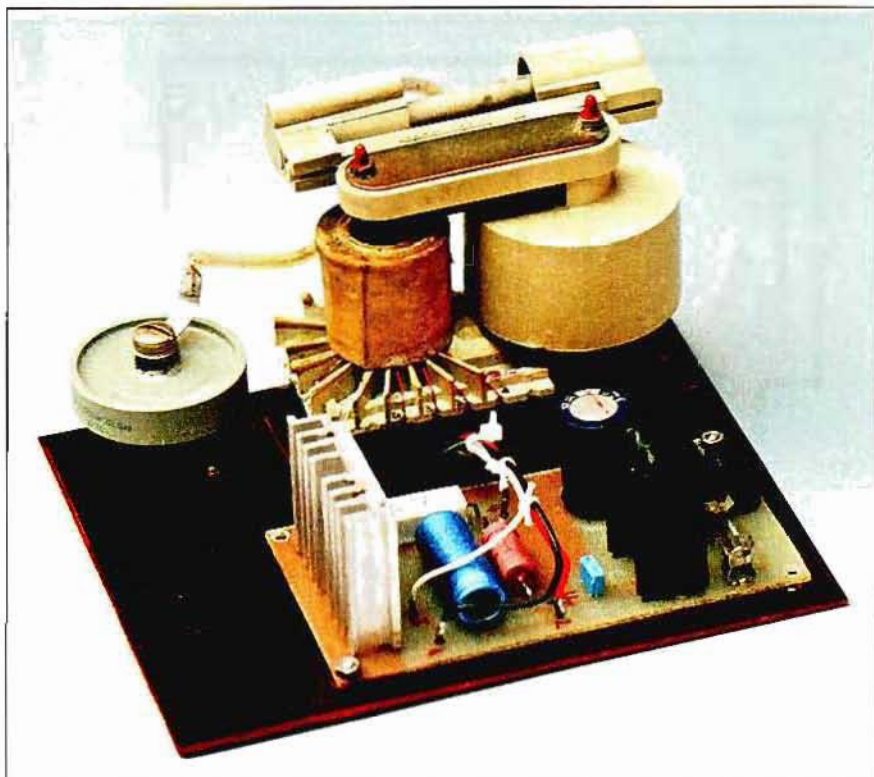
35. ábra



36. ábra

tésének szem előtt tartásával. Elsőként áramkorlátos tápegységből adjunk az A. B bemenetre 9 V DC feszültséget. A potenciométer legyen középállásban! Hibátlan bekötés esetén az osciláció beindul, és az áramfelvétel-minimum/kimenőfeszültség-maximum arányának P-vel való beszabályozása után a kollektorkörön a 36. ábrához hasonlóan kell látnunk az oscilloszkópon, jellemzően 4...5 V-os tápbeállításnál. Érdeemes megfigyelni az élváltáskor fellépő jelentős feszültségcsúcsokat, amik aztán feltranszformálva adják a számunkra kedvező értéket.

Amennyiben minden az előzőek szerint történik, kössük a rendszerre a kiválasztott hálózati transzformátort, és ellenőrizzük a disszipációs (melegedési) viszonyokat! A nagyfeszültségű ol-



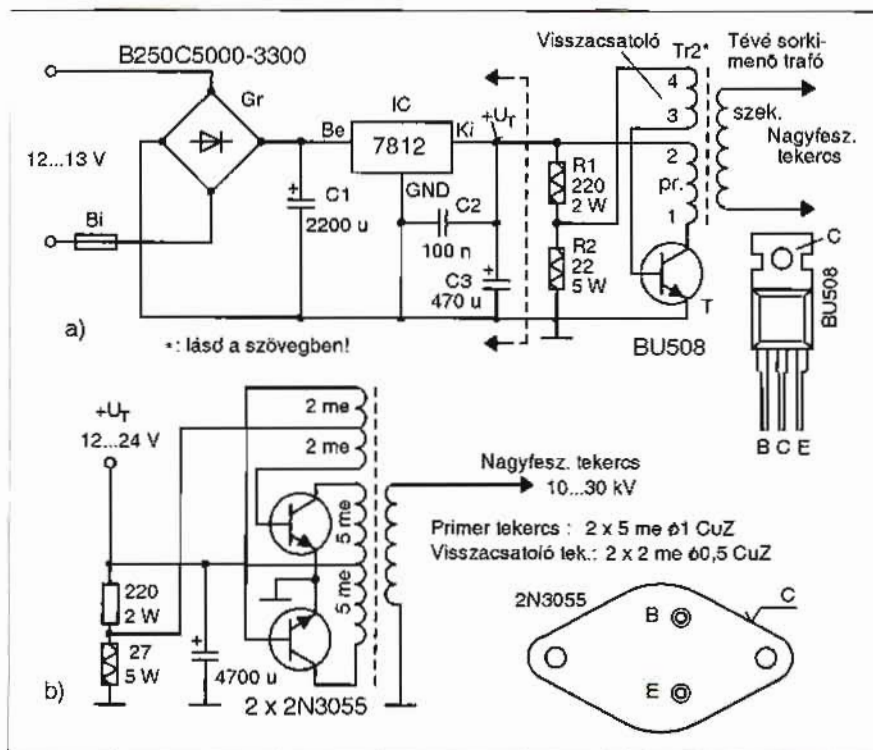
dalon felépíthetjük pl. a 6. ábra sokszorozóját.

Mintakészülékünkön egy ismeretlen eredetű sortrafóval a szekunder oldalon  $\sim 7,4$  kV-ot mértünk 200 mA-es fogyasztás mellett.

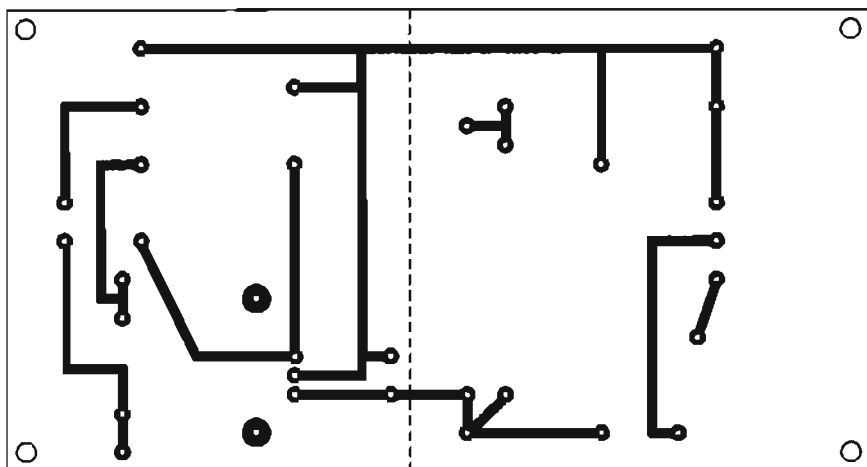
A félvezetős kialakítású sortranszformátor elektronikák legegyszerűbbikével mutatunk példát egy sortrafó teljes körű felhasználására. Ez esetben sem „nyúlunk hozzá” a trafóhoz és vezérlő elektronika nélkül önálló oscilációra bírjuk mindössze egyetlen (!) tranzisztorral, azaz ún. önzáró oszcillátort állítunk össze. Előzetesen tekintsük a 37. ábrát. Az a részletrajzon látjuk fő áramkörünket. A tápegység részétől eltekintve az egész kapcsolás, a sor-kimenőt is beleértve, négy alkatrészből áll. Ennek a végtelen leegyszerűsítésnek volt előzménye, hiszen az interneten megszámlálhatatlan honlap hozza, bár a kapcsolással tudomásunk szerint először [13]-ban találkozhatunk.

Tekintettel nagyfokú népszerűségére, a b részletrajzon mi is bemutatjuk, bár itt kimondottan nagyáramú (és még nagyobb feszültségű) alkalmazásról van szó. Ne feledjük: ígértük kapcsolásaink kiterjesztését, illetve általánosítását is! Az ellenütemű oszcillátor működését nem elemezzük, de megadjuk az elkészítéséhez szükséges adatokat. Most térjünk vissza a 37.a ábrához!

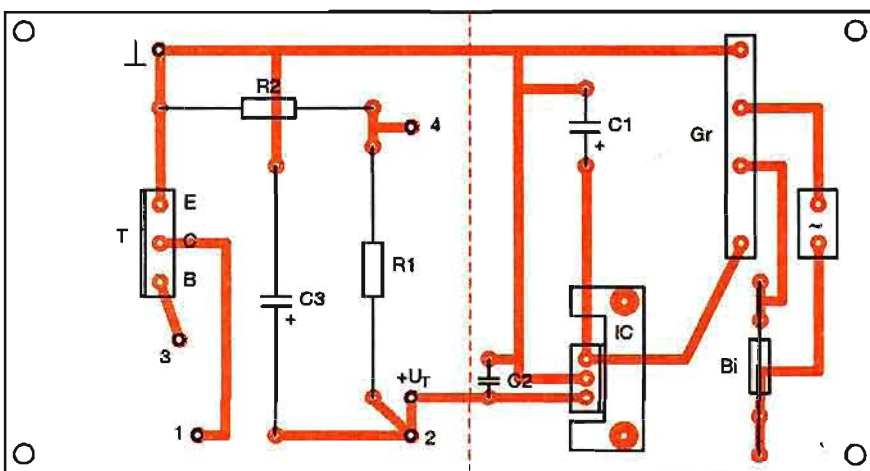
Az áramkör működési elve olyan egyszerű, mint az áramkör maga. Amikor tápfeszültségre kapcsoljuk, a tranzisztor vezet, és a sortrafó primerén az R1, R2 által meghatározott áram folyik. Ez feszültséget indukál a szekunder te-



37. ábra



38. ábra



39. ábra

keresben és ugyanakkor a visszacsatoló tekercsben is. A tekercselési irányok helyes megválasztásával elérhető, hogy a visszacsatoló tekercsben indukált feszültség a tranzisztort lezárásba vezérli. Ekkor a ferritmagban a mágneses mező összeomlik, és egy nagyfeszültségű ülske jelenik meg a szekunder oldalon. De ekkor már visszacsatoló áram sincsen, ami a tranzisztort lezárásban tartaná, így az újra vezet, és a folyamat ciklikusan ismétlődik. A transzformátort rezonanciába hozó frekvenciánál óriási feszültségerősítés az eredmény.

A visszacsatolásnak egyik előnye, hogy az áramkör dinamikussá válik: a működési frekvencia automatikusan rezonanciában van, mely persze számtalan tényezőtől függ. Az ábra elülső felében – szaggatott vonallal elválasztva – a 12 V-os tápegység részlet látható. A nyákterv erre a verzióra készült, de el is lehet hagyni és a táplálást más-képpen megoldani.

### 3.2.5. Az önzáró oszcillátoros ionizátor elkészítése, beállítása

A kapcsolási rajzon nem véletlenül nem adtuk meg a menetszámokat, tudniillik némi kísérletezéssel a sorkimenő meglévő tekercseit használjuk fel. Mint említettük, a sorprimer tekercsen kívül számtalan segédtekercs helyezkedik el a vasmagon, melyek szerepéről itt nem ejtünk szót. Oszcillátorunk primer tekercsének megfelel az eredeti someghajtó tekercs, míg a visszacsatolónak biztosan találunk egy alkalmas független tekercset. Az áramkör nyáktervét a 38. ábrán, beültetési rajzát a 39. ábrán láthatjuk. A fölialtervet úgy alakítottuk ki, hogy a táprész egyszerűen leválasztható, amennyiben azt másképpen szeretnénk megoldani. Az élesztésnél egyébként is célszerű először az  $U_T$  pontba egy áramkorlátozó tápegységről 12 V-ot adni.

Amennyiben ellenállásmérővel ki-mértük a felhasználni kívánt tekercse-

ket, csatlakoztassuk az áramkörhöz. Oszcilloszkópunk mérőfejét tegyük közel a malomkerékhez, majd az áram-mérőt és a szkópot egyszerre figyeljük! Tápra kapcsolás után jó bekötési sorrendnél – bár ezt csak taláломra sikerül elsőre, azaz a valószínűsége 50% – az oszcilláció beindul valamekkora áramfelvétel mellett. Ha nem így lenne, akkor cseréljük meg a visszacsatoló teker-cs végződéseit!

Helyes működés esetén a 40. ábra szerinti jelalak észlelhető. Még ezt látva is érdemes tovább kísérletezni, az áramfelvétel minimalizálása céljából. Tudniillik a jó működés többféle teker-cspárosítással is elérhető, de különböző fogyasztás mellett. Példának álljon itt saját mérésünk eredménye. Egy eredeti Orion sorkimenőnél primer teker-csként a 11-12 számozását, a visszacsatoló tekercsként először a 13-14 számozását, majd az 1-2 számozását használtuk. A mért értékeket a 2. táblázat tartalmazza. További, az áramfelvételt befolyásoló megjegyzésünk, hogy a 220-240 ohmos ellenállás 5 V-os tápfeszültségig még megfelelő, és ahogy nő a bemenő feszültség, úgy nő a teljesítményfelvétel a 22-27  $\Omega$ -os R2-n.

Végezetül megadjuk a teljesítménygenerátor-változathoz szükséges menetszám-adatokat:

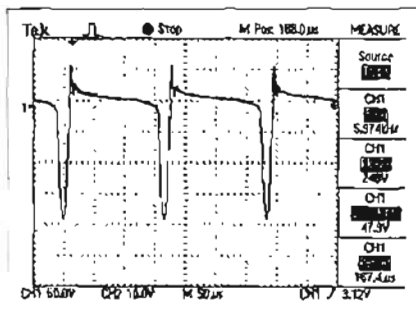
primer: 5 menet  $\varnothing$ 1,6 mm-es CuZ,  
visszacsatoló tekercs: 2-4 menet  
 $\varnothing$ 0,6 mm-es CuZ.

Ekkor már nem beszélhetünk az eredeti sorkimenő változatlan felhasználásáról, de nem is célunk 30 kV előállítás 150 W betáplált teljesítmény mellett.

## 4. Kapcsolások III.

Ebben a fejezetben visszanyúlunk a kezdetekhez: a nosztalgiát kedvelőknek elektroncsöves kapcsolásokat mutatunk be. Ezek az áramkörök is a sortrafó köré épülnek. A többes szám csak annyiban indokolt, hogy tényleg több rajzszámot látunk, de valójában ugyanazt az áramkört fejlesztjük, vagy éppen egyszerűsítjük.

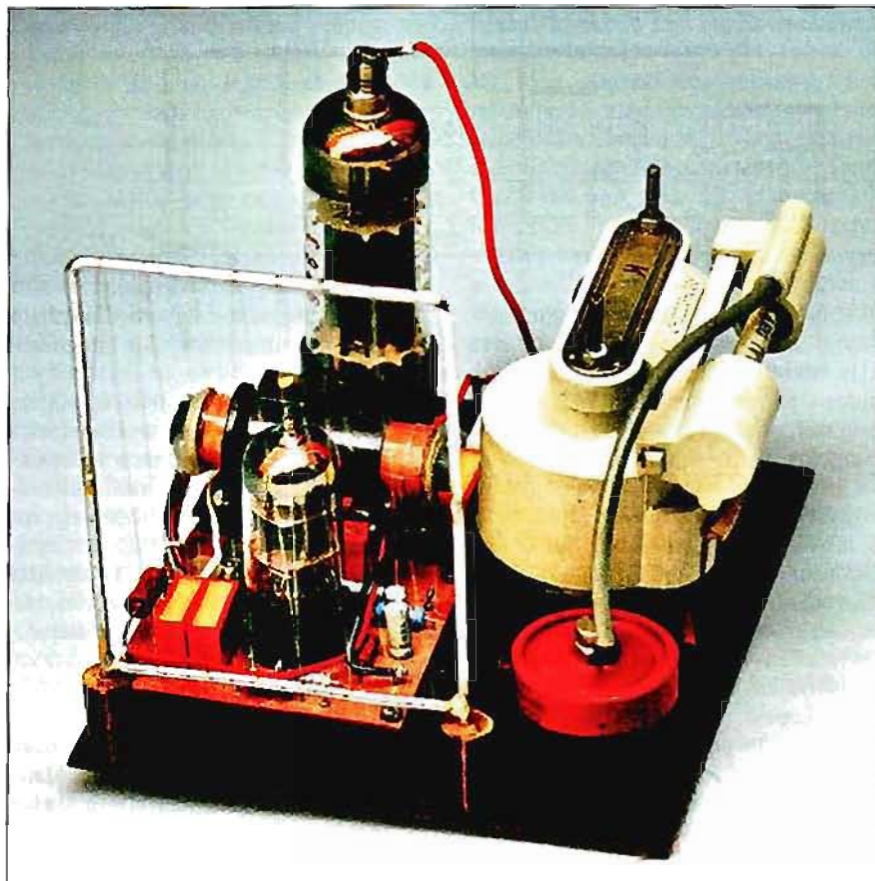
Az elektroncsövet, mint egyenirányítót, már korábban „becsempesztük” kapcsolásainkhoz, de ott nagyon is gyakorlatias okai voltak. Jelen esetben a teljesen felcsövezett kapcsolásunknak az esztétikai jelentőségén túl – mert valljuk be, igen is vonzza az ember tekintetét a felhűtött cső látványa – csak



40. ábra

nosztalgikus élményeket ébresztő szerepe lehet.

A technológia háromszorosan is veszélyes: galvanikusan nem elválasztott hálózati üzem, nagy anódfeszültség és az ionizáló nagyfeszültség. A kísérletek során a szerzőnek, aki ezzel a technológiával kezdőként még aktívan dolgozott, a legnagyobb óvatosság mellett kétszer volt „megrázó” élménye a gubancos deszkamodelleken. Itt már természetesen „letisztult” dokumentációt adunk közre, de az állandó koncentráció, az áttekinthető munkakörnyezet elengedhetetlen a biztonságos munkavégzés érdekében. Ha össze akarunk foglalni a „csöves korszak” három hátrányos tulajdonságát, azt mondhatjuk, hogy ráz, forró és nagyok a méretek. Ennek ellenére, akit egyszer is megérintett a csöves berendezések látványa, előbb-utóbb próbálkozik az építéssel is. A továbbiakban nem foglalunk állást abban, hogy kezdők, vagy csak a technológiát (valaha) jól ismerők hasznosítsák a következő oldalakat, de ismertetéseinkben nem foglalkozunk az elektroncső, mint elektroni-

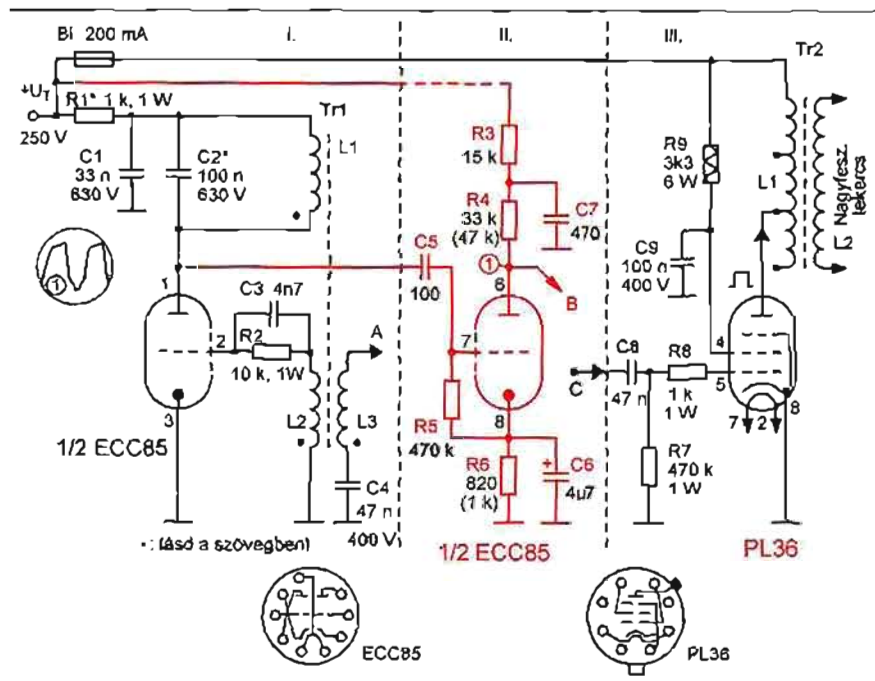


kai alkatrész működésével, annak fizikai alapjaival. Használni fogjuk viszont a technológiára jellemző szakki-fejezéseket, melyeket ehelyt már nem értelmezzünk.

Amennyiben ennyi „előkészítés” után tényleg nekifognánk, úgy tekintsük a 41. ábrát, amelyen tulajdonképpen két készüléket rajzoltunk egybe. Szaggatott vonallal három részegységet különítettünk el, a középsőt pirossal rajzolva. Előljáróban megjegyezzük, hogy a különböző változatok a tekercskészítési hajlandóság csökkenésében térnek el egymástól, azaz egyre kevesebb tekercset akarunk készíteni.

Alapkészülékként vegyük ki a rajzból a II. szakaszt és a kapcsolás A és C pontját kössük össze. Ekkor egy kéttróda (ECC85, mely a HAM bazárból beszerezhető) egyik felével működő oszcillátort, valamint egy nagyfrekvenciás teljesítményerősítőt (PL36) kapunk. A hangolt anódkörű oszcillátor frekvenciáját alapvetően az L1, C2\* határozza meg. A rezgőkör „kihangolása” fontos, mert a végső nagyfeszültség értékét először itt befolyásolhatjuk, de erre majd a bemérésnél visszatérünk.

Amint látjuk, az oszcillátor három független tekercset tartalmaz, amelyeket



41. ábra

Visszacatoló tekercs		$U_T = 9\text{ V}$	$U_T = 12\text{ V}$	$U_T = 15\text{ V}$
13-14	$U_{ki}$ , kV	-5,6	-8	-10
	$I$ , mA	225	325	410
1-2	$U_{ki}$ , kV	-7	-8,8	-10,4
	$I$ , mA	450	575	650

először fazékvasmagra készítettünk. Oszcillátorunk frekvenciája 10...15 kHz között van, az előállított tiszta szinuszos jel amplitúdója a cső anódján csúcstól csúcsig mérve 70...110 V, a hangolás sikerességétől függően.

Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a kenőstrióda helyén kiprobáltuk a lábkompatibilis orosz gyártmányú, ráadásul a HAM-bazárban olcsóbban beszerezhető 6N1P jelű csövet is, meglepően jó eredménnyel. Azonos beállítás mellett az oszcillációs amplitúdó kb. 30%-kal volt nagyobb az ECC85-éhez képest. Ugyanakkor sajnálatos tény, hogy az orosz cső fűtőáram-szükséglete kb. 50%-kal nagyobb (0,6 A) az eredeti alkalmazáshoz, azaz az ECC85 0,45 A-jához viszonyítva. Ezt a tényt a tápegység készítésénél feltétlenül figyelembe kell venni!

Az L3 csatoló tekercs után már a csúcstól csúcsig mért amplitúdó 180 V is lehet, melyet a PL36-ra épülő teljesítményerősítő erősít és illeszt a tévévasmagos trafóhoz. A végcső anódköri

tekercse leágazásos, így kiválasztható az optimális illesztés, azaz a kimenőfeszültség nagysága.

Stúdiumunk elején már leszögeztük, hogy nem túl ideális a szinuszjeles meghajtás, ezért szükséges a többpontos kihangolás. A sortrafó szekunder tekercsén előálló nagyfeszültség egyenirányításáról már nem kell szót ejtenünk, autentikusan a csöves megoldás jöhet szóba, de ha a hely kevesebb, akkor a félvezető diódát is használhatjuk.

#### 4.1. I. változat.

Megállapítottuk, hogy „nem szeretem tevékenység” igen vékony huzalból három tekercset készíteni, s ha már üresen áll még egy másik csőfél is, talán kezdetünk a problémával valamit. Ismét az (ösrégi) televíziós kapcsolástechnikát hívjuk segítségül. Ott is a szinuszos jelet átalakították, mielőtt a végcsőhöz vezetnék volna. Most a rajzunkat a következőképpen alakítsuk át: hagyjuk el az L3-at és a C4-et, és az ECC85 másik felét is vegyük számba. Ez a második csőfél most rülvezérelt erősítőként (a tévétechnikában „torzítócső”) működik. Az anódaáram impulzusszerűen fog folyni, mivel a cső vezérlőrácsa kb. 200 V-os vezérlő jelet kap. A két munkaellenállás (R3, R4) között levő 470 pF-os C7 kondenzátor a cső lezárása alatt feltöltődik, majd nyitása alatt csaknem teljesen kisül. Végeredményben a (második) cső anódján a sortrafó vezérléséhez alkalmas impulzusok jelennek meg. A végcső a vezérlést most a B és a C pont összekötésével kapja.

#### 4.2. II. változat.

A 42. ábra más csővel működő vezérlő fokozatot mutat, s jelen esetben már egyetlen tekercs készítése elegendő. A HAM-bazárból is beszerezhető EF80-as pentódával működő fokozat ellátja a rezgékeltető és a jelformáló feladatokat is. A pentóda katódja, vezérlő- és segédrácsa ún. katódcsatolt oszcillátort képez, a segédrács most, mint egy trióda anódja szerepel. Az oszcillátor „trió-

da” olyan nagyságú szinuszos jelet kelt, ami a csövet, mint pentódat jelentősen rülvezéri, így az anódon (7) megjelenő jel nagymértékben torzított lesz. Ezt a jelet az anódköri munkaellenállás-komplexum (R1, R2, C1) tovább formálja a sorvégecső vezérléséhez alkalmas alakúra. Az oszcillátor stabilitását a kisimpedanciás katódkörben elhelyezkedő rezgőrendszer (L, C3, C4) adja. A viszonylag nagy értékű R3 katódellenállást a megfelelő visszacsatolási tényező elérése miatt kellett alkalmazni. Ezzel azonban jelentős előfeszültség keletkezik rajta, ami az oszcillátor működését blokkolná, ha nem kapna a rács „ellensúlyozó” pozitív feszültséget az R8, P, R7 feszültségosztón keresztül). Ennek a kiegészítésnek köszönhetően a potméterrel a csövet mindig be tudjuk állítani a legkedvezőbb oszcillációs munkapontba.

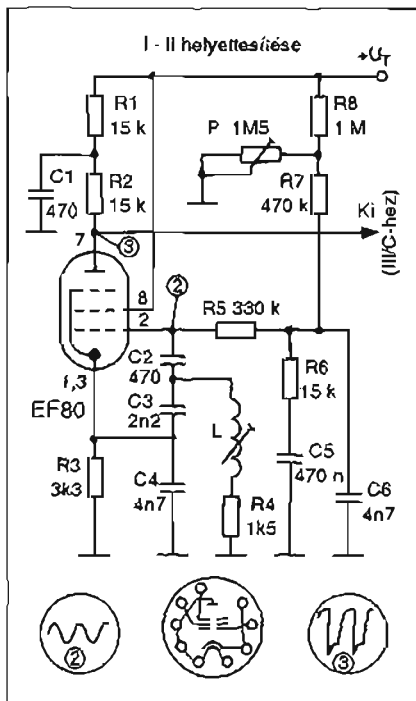
Tekintettel a technológia veszélyes voltára, a tápellátással külön fejezetben foglalkozunk.

### 4.3. A csöves változat elkészítése, beállítása

#### 4.3.1. Oszcillátorok

Amint azt az előzőekben láttuk, három megoldást kínáltunk ugyanarra a feladatra. A vezérlő elektronikát nyákos kivitelben realizáltuk, míg a végerősítőt egy klasszikus csőszegces panelen alakítottuk ki. A három megoldáshoz két nyáktervet készítettünk, ugyanis a kettős triódával működő változatokat közös fóliatervvel szerepeltettük, s a kiépítés részletessége adja a két változatot. A 43. ábrán ezt a nyáktervet láthatjuk. Az „X”-szel jelölt fóliarészeket kell elvágni akkor, ha a torzítócsöves formációt választjuk. A 44. ábra alkatrészrajza természetesen a teljes kiépítettséget mutatja. A pentódás meghajtású változat nyáktervét a 45. ábrán, míg alkatrész-elrendezési rajzát a 46. ábrán láthatjuk. Nézzük az elkészítés különböző módozatait!

Amennyiben csak a szinuszjeles meghajtást választjuk, úgy az ECC85-ösön kívül összesen öt alkatrészt kell beültetni a tekercsen kívül. A hangsúly persze a tekercsen van. Az összes módozatnál Ø23×17 mm-es fazékvasmagot használtunk a feladatra. Mivel a beszerezhető(?) fazékmagok mérete és  $A_L$  értéke különböző lehet, a menetszámok helyett az egyes tekercsek induktivitás-értékét adjuk meg, s onnan már a közismert



42. ábra

$$n = \sqrt{L / A_L}$$

összefüggésből bármelyik kifejezhető.

Így tehát az ECC85-ös változatnál:  $L_1 = 2,2 \text{ mH}$ ;  $L_2 = 0,27 \text{ mH}$ ,  $L_3 = 7,2 \text{ mH}$ ; az EF80-as változatnál  $L = 60 \text{ mH}$ . (A szerk. megj.: a fenti képletbe nanohenryben kell behelyettesíteni.) Valamennyi tekercs  $\varnothing 0,1-0,15 \text{ mm}$ -es CuZS-ből (zománc + pamut szigetelés) készüljön. A kész tekercseket (leginkább az  $L_1...L_3$ -at) célszerű paraffinban kifőzni. A katódköri tekercsnél ez nem szükséges.

Amennyiben nem tudnánk fazék-maghoz hozzájutni, alternatív megoldásként ajánljuk a ferritrudas kivitel. Ehhez egy  $\varnothing 10 \times 60 \text{ mm}$ -es ferritrudra lesz szükségünk, melyet szinte bármelyik táskarádióból kitermelhetünk. A tekercs műhelyrajzát a 47. ábra mutatja. A szükséges menetszámokat:

$L_1 = 200$  menet (két sorban, közöttük egy réteg papírszigetelés),

$L_2 = 60$  menet (az  $L_1$ -től négy réteg papírszigetelés választja el),

$L_3 = 350$  menet.

A tekercsek menetiránya azonos legyen, a kezdővégeket rajzunkon jelöljük. A sorok közötti hártávékony szigetelést régi papirkondenzátorokból (pl. fénycső fázisjavítóból) termelhetjük ki.

#### 4.3.2. A tápegység

Mostani kapcsolásunk élesztésénél nem mondhatjuk, hogy az elektronikát

kapcsoljuk áramkorlátos tápegységünkre, mert ki rendelkezik ma már anódpótló jellegű áramhatárolós tápegységgel? Szükségünk lesz tehát a saját végleges tápellátásra, melynek kapcsolási rajzát a 48. ábrán mutatjuk be. Rögtön látjuk, hogy a hálózati transzformátor csupán a csövek fűtőfeszültségét biztosítja, az anódfeszültséget közvetlenül a hálózati 230 V egyutas egyenirányításával nyerjük. Mivel a hálózattól galvanikusan nem vagyunk elválasztva, az elektronika „földpontja” (helyesebb, ha közös pontról beszélünk) fázispotenciálon is lehet! Biztonságosabb megoldást jelenthet egy 230 V-os szekunder tekercssel is rendelkező elválasztó trafó beiktatása. (Itt jegyezzük meg, hogy gondolatunk szerint aki képes elektroncsöves berendezés elkészítésére, az a transzformátor készítésében is jártas, így annak méretezéséről, kivitelezéséről itt nem szövelünk.)

Az egyenirányító és a szűrőkondenzátorok a HAM-bazárból beszerezhetőek. A nyákterv a 49. ábrán látható, az alkatrészek beültetése az 50. ábra alapján történik. Nagyfeszültségű generátorunk aránylag sok harmonikust termel, melyek a műsorszórádók frekvenciasávjába esnek. Szükséges tehát megakadályozni, hogy a zavar sugárzás a hálózat felé kijusson.

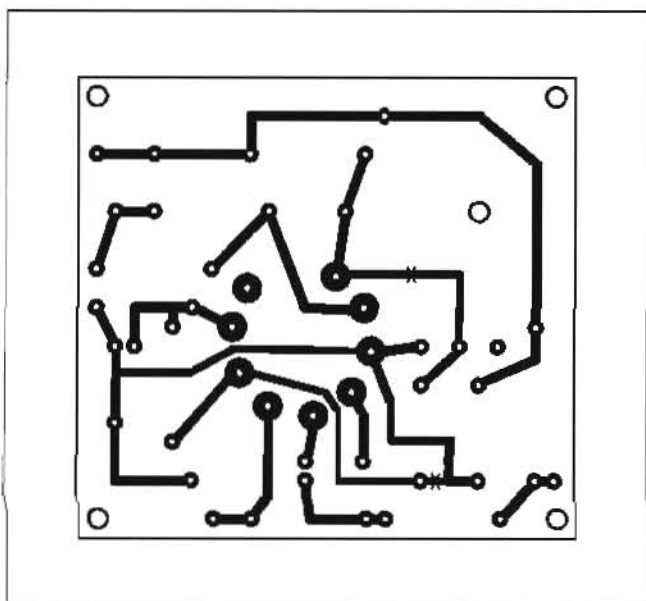
A beépített hálózatoldali szűrőegység ( $L_1$ ,  $L_2$ ,  $C_5$ ,  $C_6$ ) ezt a fontos feladatot látja el. Az ionizátort a hálózati transzformátor elé épített zavar szűrő nélkül nem szabad üzemeltetni! Minta-

készülékünkben egy modultvéből kitermelt komplett egységet építettünk be; ilyet gyakorlatilag mindegyikben találunk. Ha mégsem, akkor egy 10 mm átmérőjű tekercstestre 15 mm hosszon csévéljük fel 300 menetet  $\varnothing 0,15 \text{ mm}$  CuZS-ből, az  $L_1$ ,  $L_2$  számára külön-külön. Végezetül a legfontosabb: minden bemérési fázisnál, s különösen az oszcilloszkópos vizsgálatoknál a tápegységünket leválasztó transzformátor közbeiktatásával csatlakoztassuk a hálózatra!

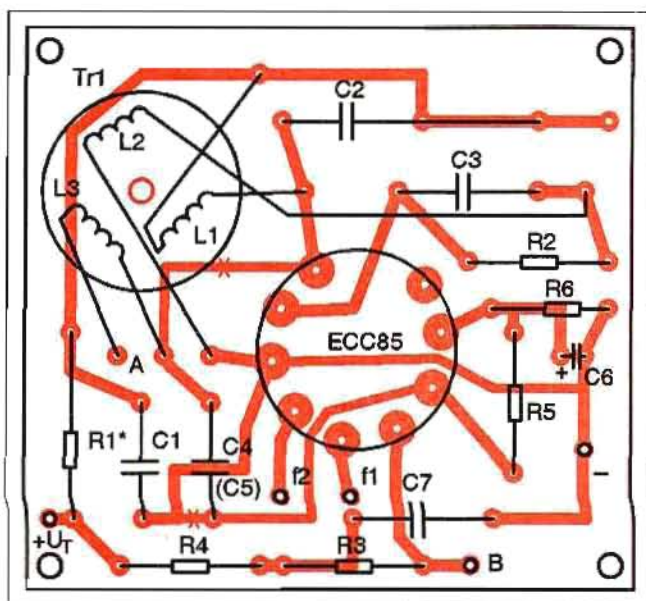
#### 4.3.3. A teljesítményerősítő

A cső anódkörében alkalmazzuk a tévé-ferritvasat az eredeti malomkerékkel. (Egyes korabeli publikációk házi készítésű nagyfesz. tekercset is leírnak, a szerző tapasztalata szerint ezek sikeresége és/vagy élettartama eléggé kétséges). A 41. ábráról kiderül, hogy a saját készítésű sorprimerünk többféle-gázos.

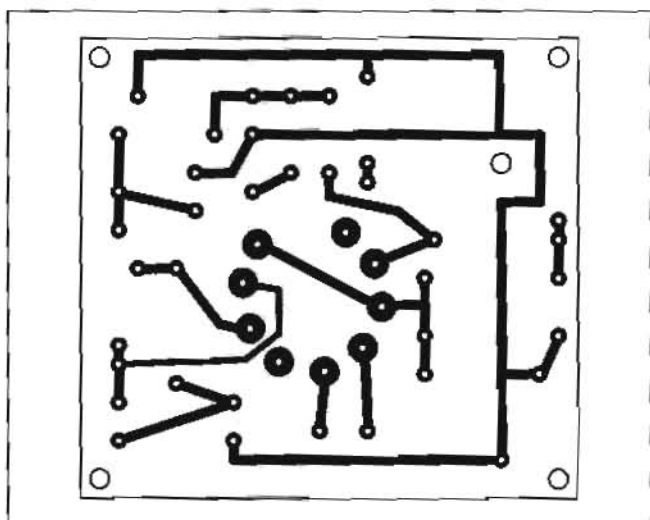
Természetesen a kivezetések közül majd azt választjuk, amely az adott oszcillátorkapcsolással és malomkerék-típussal a számunkra megfelelő legnagyobb kimenőfeszültséget adja. Kiindulási adatok  $L_1$ -re:  $150+50+50+40$  menet  $\varnothing 0,3 \text{ mm}$  CuZS-ből. A menetek soronkénti szigetelése 4-5 réteg papír. Az 51. és 52. ábrán a végfok gyártási dokumentációját látjuk, ami nyákos kivitelnek tűnik, de valójában a furatpontokba csöszegecset ütöttünk, s azokat huzalokkal kötöttük össze. A forrasztási pontok mellé írt számok a



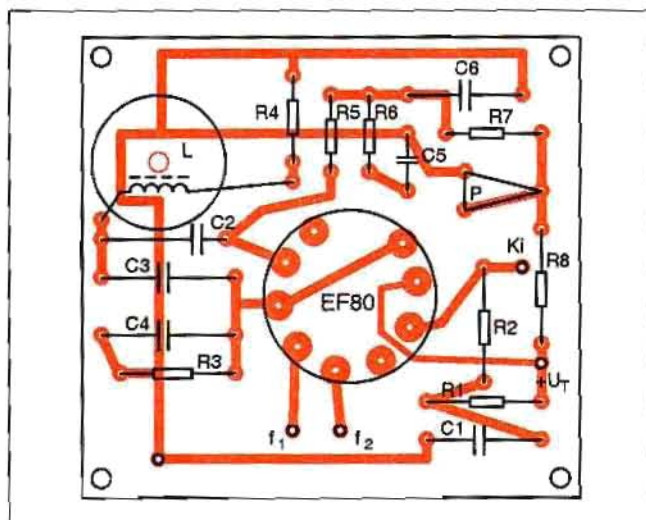
43. ábra



44. ábra



45. ábra



46. ábra

csőfogalant megfelelő lábainak bekötési pontjait jelölik.

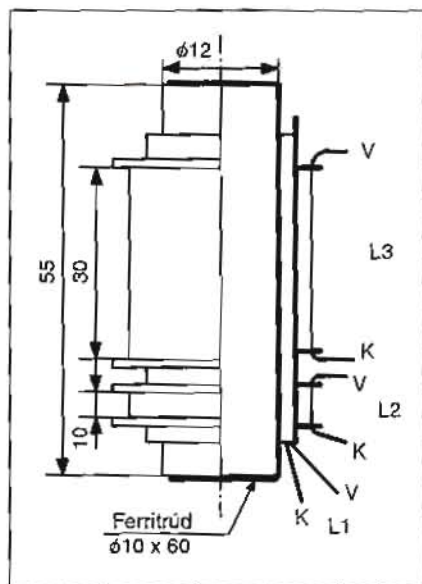
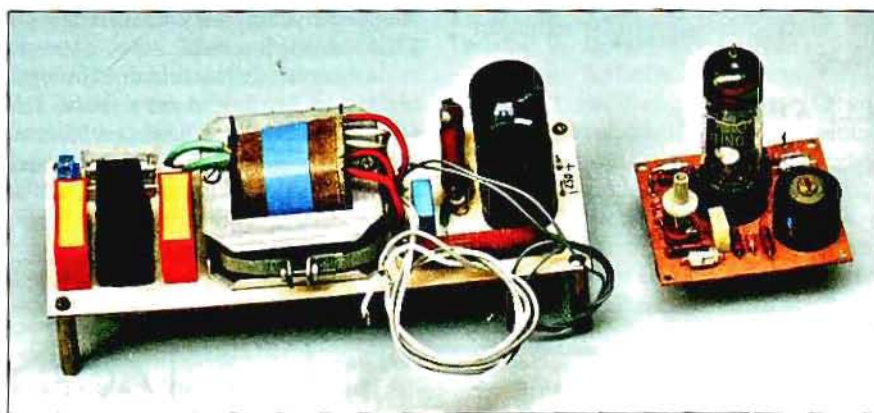
#### 4.3.4. Élesztés

Minden félvezető tápegységű csöves berendezésnél általános élesztési szabály: az anódfeszültséget csak kb. 1 perces felfűtési idő letelte után kapcsoljuk az elektronikára. A táppanelen erre a célra szolgál a K2 kapcsoló. (Ez utóbbi helyére pl. egy „mehűzésre késztetett” típusú időzítő elektronikát készíthetünk pl. a [14] nyomán. A 41. ábra szerinti megoldásoknál az oszcillátor „kihangelésével” kezdünk. Mivel a végfok még nem üzemel (azaz nincs áramfelvétele) szükséges R1\* értékének ideiglenes növelése (vagy a táppa-

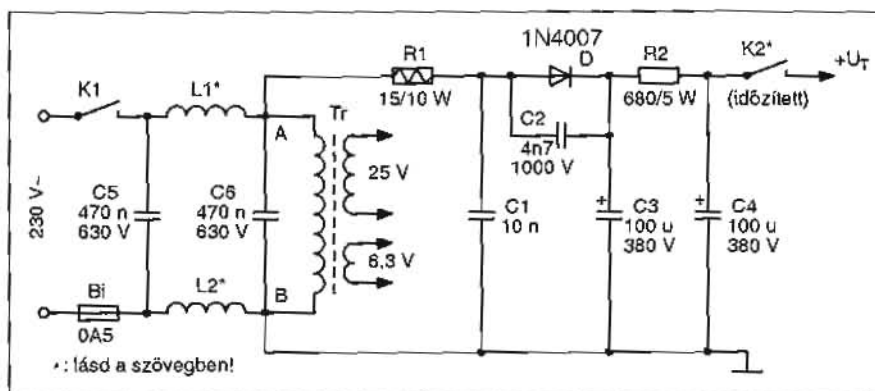
nelen az R2 növelése), hogy az ECC85 maximális anódfeszültségét (250 V) ne lépjük túl, mert végfok nélkül az anódfeszültség elérheti 310 V-ot is! Iménti megjegyzésünk a 42. ábra élesztésénél is igaz, az EF80 maximális anódfeszültsége 170 V. Helyes tekercsbekötési sorrend esetén az oszcilláció beindul.

Oszcilloszkóppal vizsgálva, a C2\* értékének módosításával állítjuk be

legnagyobb oszcillációs amplitúdót. A 42. ábra megoldásánál a legkedvezőbb munkapont potenciométeres beállítása azt jelenti, hogy a kimeneti nagyfeszültséget szabályozzuk vele a megfelelő értékre. Lévéen itt az oszcillációs amplitúdó állandó, de a jelforma a sorprimeren meghatározza a kimenőfeszültség nagyságát. Kiindulásként P-t hozzuk középállásba. Ezek (esetleg



47. ábra



48. ábra



még valamilyen jelformáló beiktatása) után kössük össze az oszcillátort a végfokozattal! Az L1 leágazásainak kiválasztásával állítsuk be az optimális kimenőfeszültséget, amelyet már az egyenirányítás után kell, hogy mérjünk. Mindeközben célszerű a PL36 katódáramát is mérni: legfeljebb 200 mA lehet, nehogy a cső tüdődisszipáljon.

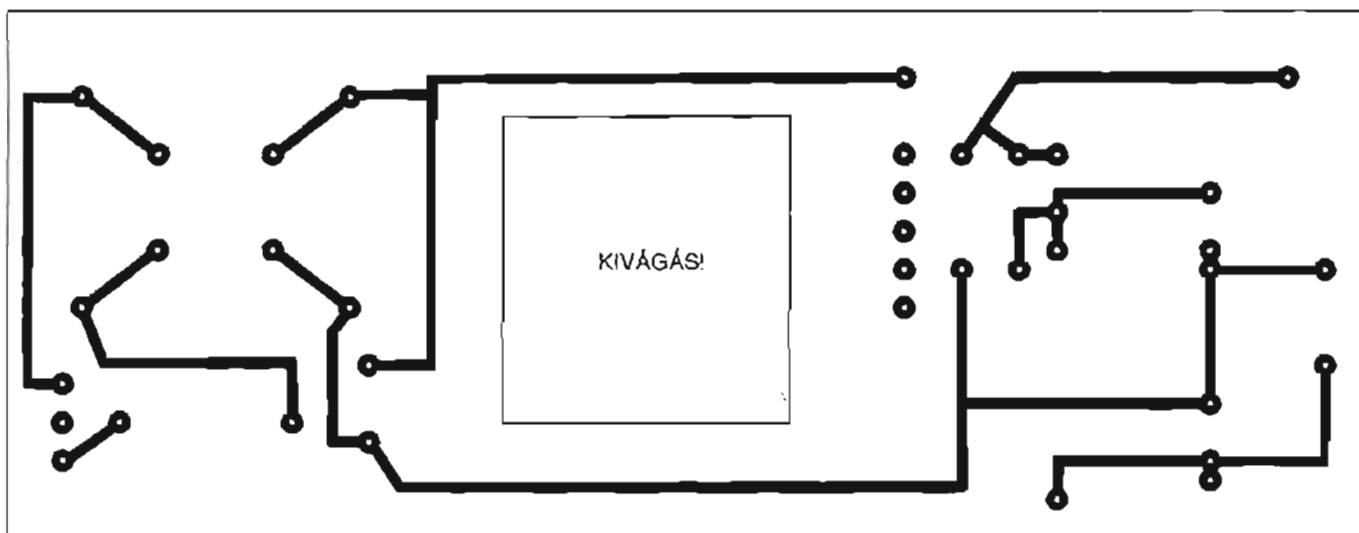
Ez utóbbi művelet meglehetősen összetett feladat. Tudniillik adott malomkerékhez (amelynek menetszáma többnyire ismeretlen) kell primer leágazást beállítani úgy, hogy a katódáram azért a 130...150 mA-t ne haladja meg és a tápfeszültség is a 240...250 V tartományban maradjon. (milyen jól jönne ilyenkor az anódpótló!). Ezen beállítási procedúra közben pedig arra is

figyelnünk kell, hogy a nagyfeszültség ne a legkisebb értékű legyen, de ne is „szaladjon meg”(pl. 10 kV fölé). Tetűnk próbát régebbi malomkerék típusal, ahol szinuszos vezérlő panel alkalmazásával a tekercs legkisebb leágazásánál (hogy az áttétel nőjön) nem tudunk -4,4 kV-nál nagyobb kimenőértéket elérni a kritikusnak mondható katódáram érték mellett sem. Az „újabb keletű” (a modultévék háromkivezetéses darabjai) „dundibb” típusok eleve nagyobb menetszámot jelentenek, így a kb. -8-9 kV-os kimeneti érték „könnyen” beállítható volt. (ld. kép) Az EF80-as áramkör szabályozó potencióméterével a legnagyobb primer menetszám mellett -5...-9 kV között lehetett a kimenetet szabályozni. Sajnos erre az

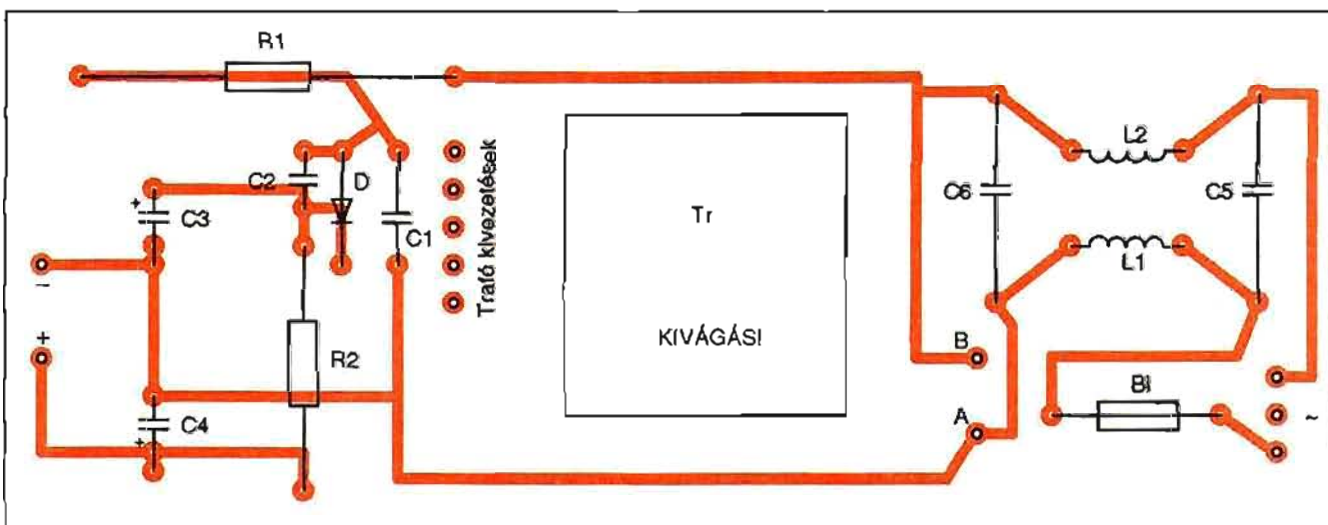
időt rabló és korántsem veszélytelen munkafázisra nem lehet ennél egyszerűbb receptet adni.

Megfelelő működés esetén véglegessük a beméréskor megváltoztatott ellenállás-, kondenzátor-értékeket és a nagyfeszültséget kapcsoljuk a sugárzó elemre! Az 53. ábrán az ionizáló rács felépítését látjuk, amelyről már korábban szoltunk. Irányadó mérete, pl. 90×110 mm.

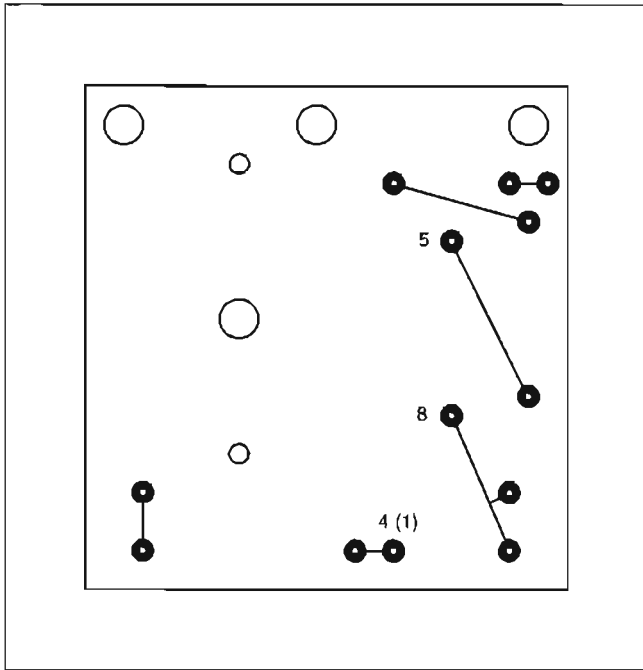
Az ionok térbe juttatásához ez esetben kényszerventiláció szükséges. A ventilátor által létrehozott légáram egyben hűti is az elektronikát. Talán mondanunk sem kell, hogy az elektronika dobozán a kifűvönnyílást szigetelő ráccsal lássuk el, mert ellenkező esetben a negatív töltésű ionok kilépéskor a



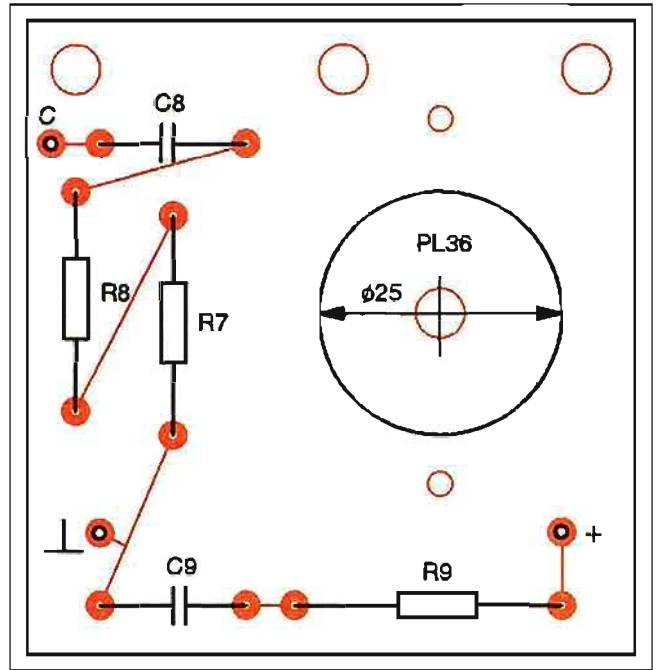
49. ábra



50. ábra



51. ábra



52. ábra

vele való ütközéskor elveszítik a töltésüket!

Általában valamennyi e cikkben ismertetett konstrukcióra elmondhatjuk, hogy a külső megjelenést, a dobozást mindenki egyéni elképzelésére és lehetőségeire bízunk. A kész berendezésre azért célszerű a „VIGYÁZZ, NAGYFESZÜLTÉG!” figyelmeztető feliratot elhelyezni.

## 5. A mutáns változat

A félvezetős megoldásoknál is törekedtünk a fokozatos egyszerűsítések bevezetésére. Nos, a kísérletező kedvűeknek mutatjuk az e szándék jegyében megrajzolt 54. ábrát, ezúttal csöves alapon. A kapcsolási rajz egy ősrégi forrásra (a spanyol „Revista Telegrafica Electronica 1962-63) hivatkozott [15] szerinti közleményének újraértelmezése. Működési elve tulajdonképpen a 37.a ábra megoldásának csöves elődje, azaz egyetlen aktív elem valószínűleg az „áramkörtől” valamennyi blokkját.

A PL36 most teljesítményoszillátorként működik, melynek anódfeszültségét maga a 230 V-os hálózat közvetlenül adja. A transzformátor itt is csak a cső fűtését szolgálja. Ez lehet pl. egy pákatranszformátor is, így nem kell azt sem tekercselni. Az oszcilláció csak a hálózati feszültség pozitív félperiódusai alatt indul meg, nem lévén külön egyenirányító fokozat. Szerencsénkre

az ionizáció folyamata nem érzékeny a brummviszonyokra, a keltett nagyfeszültség egyenirányítás utáni szokásos szűrése (kb. 470 pF) elegendő.

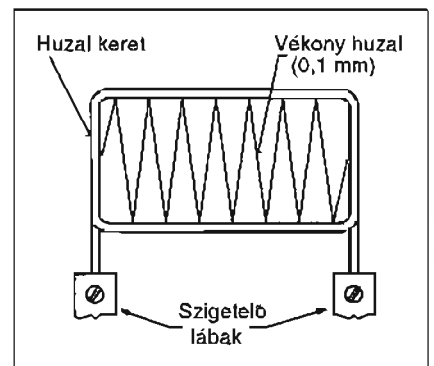
Az eredeti közlemény a tekercseket légmagos ún. méhsejt kivitelben készítette, a rajzon szereplő menetszámok is erre az esetre vonatkoznak. A méhsejt tekercselésű kivitelre már a mai viszonyok között szinte remény sincsen. Így a tévévasmag primer oldalára hagyományos kivitelben próbálkozunk. Az L1-nek 150-200, az L2-nek 60 lehet a kiinduló menetszáma, mindkettőt  $\varnothing 0,2$  mm CuZ-ből készítve. A rácskörti és anódkörti tekercs bekötése nem lehet közömbös, hiszen helytelen bekötés esetén az oszcilláció nem jön létre. Ilyenkor a rácskörti tekercs végeit cseréljük fel! Az oszcillátor kihangolása az L1-gyel párhuzamosan kötött nagy áttűtő feszültségű, kb. 100 pF végkapacitású (méhsejt tekercselésű kivitel) trimmerkondenzátorral lehetséges, bár maximumra hangolás után célszerű azt egy fix értékű kondira cserélni. Tévévasmagos kivitelnél ez a kondi nF-os nagyságrendű legyen. Tekintve, hogy a kapcsolás maga számára állítja elő az anódfeszültséget is, a rádiózavar keltése jelentős mértékű, mondhatni szinte leküzdhetetlen. A kapcsolás egyszerűségén nem sokat „ront” az előző csöves konstrukciók tápmegoldásának alkalmazása, ami ezt a helyzetet némileg javítja. Éppen ezért ehhez a kapcsoláshoz fokozottabban ajánlott a jól átgondolt

hálózati zavarcsűrő alkalmazása. A jó eredmény csak hosszas kísérletezés után jelentkezik. A lapzártáig tartó kísérleteink során a (rendelkezésre álló) tévévasmagon kb. -4 kV-ot sikerült így elérni.

Tekintettel a kapcsolás végletes egyszerűsítésére, a konstrukció, ha lehet, még az előbbinél is veszélyesebb kategóriájú, ezért kísérleteinknél és a végső kivitelezésnél is a technológia által megköveteltnél is nagyobb óvatossággal járjunk el!

## 6. Kapcsolások IV.

Közleményünk ezen legrovidebb fejezete már eltekint a sortrafóktól. Nem a lehetőségek elfogyása okán, hanem hogy ízelítőt adjunk egy másik, – ugyancsak jelentős irodalommal ren-



53. ábra

delkező -, ide illő alkatétel, a gépkocsi gyújtótrafó alternatív alkalmazásából. A gyújtótrafó e célú felhasználása kevésbé ismert, szemben megannyi nagyfeszültségű alkalmazással, amire egy másik alkalommal visszatérünk.

Tekintsük az 55. ábrát! Az „áramkörti képlet” mit sem változott, csupán a transzformátor az újdonság. Ez utóbbira továbbra is igaz, hogy eredeti állapotában használjuk céljainknak megfelelően. Az áramkör működése az ábra alapján a következő: az IC időzítő tok a szokásos astabil beállításban dolgozik. Az előálló négyszögjel frekvenciája kb. 40 Hz, és a kitöltési tényezője kb. 10% az IC 3-as lábánál. Az impulzusok a T1, T2 Darlingon-párt vezérlik, amely egy hagyományos, háromkivezetéses gépkocsi gyújtótrafót kapcsol. A trafó szekunder oldalán megjelenő nagyfeszültséget félhullámú egyenirányítás után (D1) a C4...C6 kondenzátor szűri. Az emittáló forrás itt is egy közönséges varrótű, melynek tompa végét a dióda anódjához forrasztunk.

A kapcsolás tápellátása nem stabilizált 9...12 V lehet, amely végeredményben -9 kV körüli kimeneti feszültséget eredményez.

\* \* \*

Jelen sorok íróinak nem üszük a bemutatott kapcsolások hasznosságának, ötletességének stb. közvetlen minősítése. Megteszi ezt az olvasó, hiszen minden érdeklődőnek más és más áramkörti eszköz, típusváltozat kell fel az érdeklődését a praktikum, az alkatrész-elérhetőség, a nosztalgikus érzés függvényében.

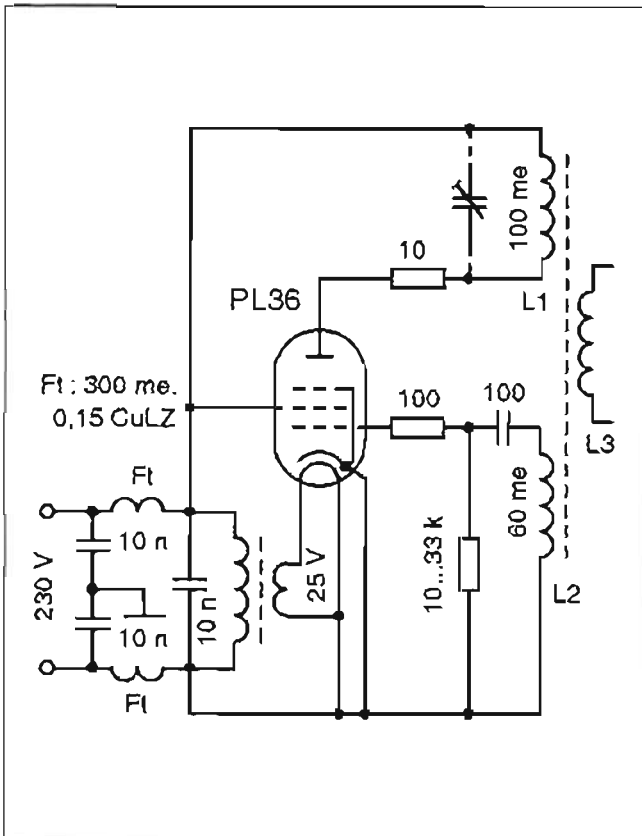
A különféle konstrukciók építéséhez megrázkód(tat)ás mentes sikereket, használatához pedig jó egészséget kívánunk a szerzők!

*A szerzők köszönetet mondanak Gyűrű Attila úrnak az igényes tárgyfo-tók elkészítéséért.*

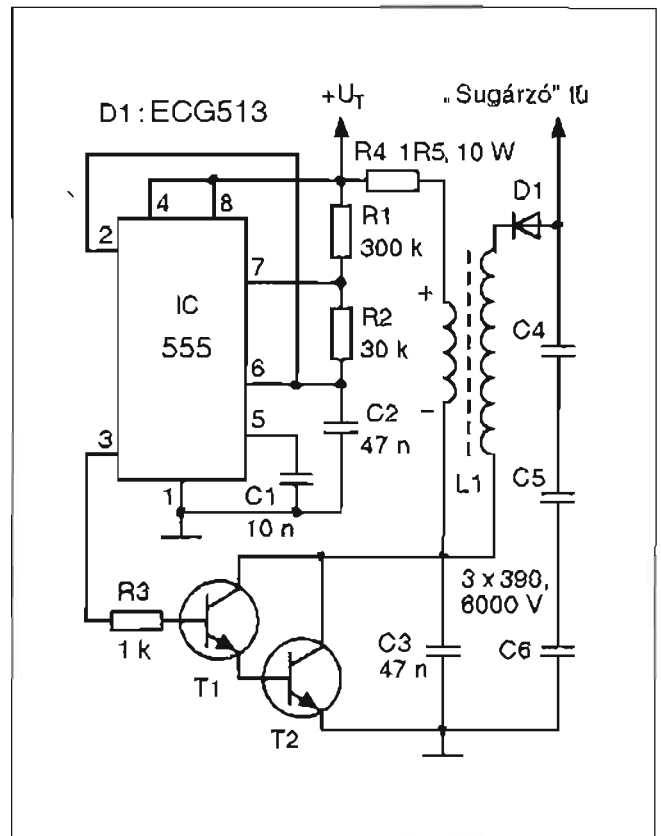
#### Irodalom:

1 Atmospheric Environment; 38 (2004), 1238-1289. o.

2. Journal of Environmental Management; 90 (2009), 2746-2754.
3. Science of the Total Environment; 370 (2006), 245-253.
4. Sváb Ferenc: Elektronika és az orvostudomány; RT ÉK 1974/225.
5. Greinacher H.: The Ionometer and its Application to the Measurement of Radium and Röntgen Rays.; Physical Zeitsch. Vol. 15, 1914, 440-415. o.
6. U. Tietze Ch. Schenk: Analóg és digitális áramkörök; MK, 1981.
7. Hetényi László: Ionizátor; RT 1984/5-59. o.
8. Gyurkovics - Nozdrovicky: TV zsebkönyv; MK, 1971.
9. Nagymáté Cs.: Az elvi rajztól a szerelt nyomtatott áramkörig (11); HE 1997/5.
10. Ferenczi - Morvay: Autósok figyelme!; RT ÉK 1996/235. o.
11. Nagymáté - Diószegi: Kétállomásos kapcsolóközpont; RT ÉK 2010/147. o.
12. A. J. Caristi: Build a negative ion generator, Radio-Electronics 1991 jan.-febr.
13. Robert Ianni: Build your own working fiber optic, infrared, and laserspace-age projects; TAB books 1987.
14. Lambert M.: Hobbim az integrált áramkör; Gondolat, Bp. 1983.
15. Hetényi L.: Lavegő ionizátor; RT 1965/2-48. o.



54. ábra



55. ábra

# Muzeális vevőkészülékek szakszerű restaurálása (13.)

## Rádióesztétika 4. rész

Simoncsics László okl. villamosmérnök (simoncsics.laszlo@t-online.hu)

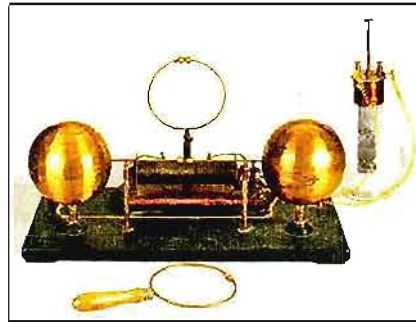
Elérkeztünk sorozatunk befejezéséhez. Remélem, nem volt haszontalan, hogy foglalkoztunk az egyes korok rádióinak, műszereinek külső kialakításával, a stílusirányzatokkal. Ebben a részben összefoglaljuk az előző évkönyvekben bemutatott jellegzetes formájú vevőket, hangszórókat, egy-egy új kép bemutatása mellett. Ismételten köszönetet kell mondanom azoknak, akik hozzájárultak képeik közléséhez.



1. kép. Kilián Zoltán könyve [1]

### Bevezetés

Egészen véletlenül bukkantam az 1. képen látható, hetven évvel ezelőtt íródott könyvecskére, amely ugyanazt a címet viseli, mint ennek a sorozatnak az utóbbi négy része [1]. Csakhogy ebben a szerző, aki a magyar rádió belső munkatársa és a rádióműsортan tudományának megteremtője volt [2], a rádióműsorok esztétikájával foglalkozik nagyon színvonalasan és részletesen. Kár, hogy abban az időben a gyárak által alkalmazott formatervezők munkáját nem méltatták arra alkalmas művészi tevékenységnek, hogy ilyen összefoglaló műveket írtak volna a készülékek



2. kép. Heinrich Hertz oszcillátora és „vevője” [5]

külső kialakításáról is. Pedig egyértelmű, hogy a műsorszolgáltatás, mai szóhasználattal a „szoftver” és a készülékek, a „hardver” mindig szoros kapcsolatban voltak.

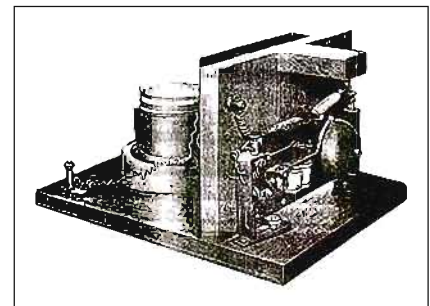
A készülékek formatervezésének munkáját leginkább az építő- és bútorművészettel lehet összevetni: mind-egyiknek el kell látnia egy alapfunkciót. Az épületeknek a lakhatóságát, a bútoroknak az élet egyes szakaszainak kiszolgálását, a rádióknak a műsorvevő funkciót kell biztosítaniuk, és ezekhez kapcsolódva lehet a külső formát és a díszítéseket megálmodni. A készülékek formatervezői a legtöbb esetben kiváló iparművészek, kár, hogy a vevőkészülékek reklámjaiban nevük nem szerepel.

Ahogy megcsodálunk egy gyönyörű épületet vagy sóhajtunk egy fantázi-

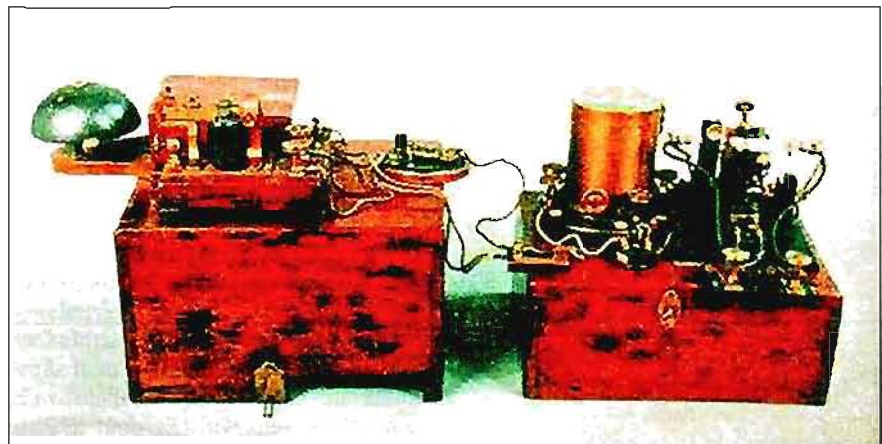


3. kép. Branly kohererje [6]

átlan, rossz minőségű bútoron, ugyanúgy szemléljük, kritizáljuk a vevőkészülékeket. Ezek közül a gyűjtők számára értékebb példányok már ötven évnél régebbiek, így megvan ehhez a „történelmi távolság”. A készülék dizájn még olymódon is kapcsolódik a



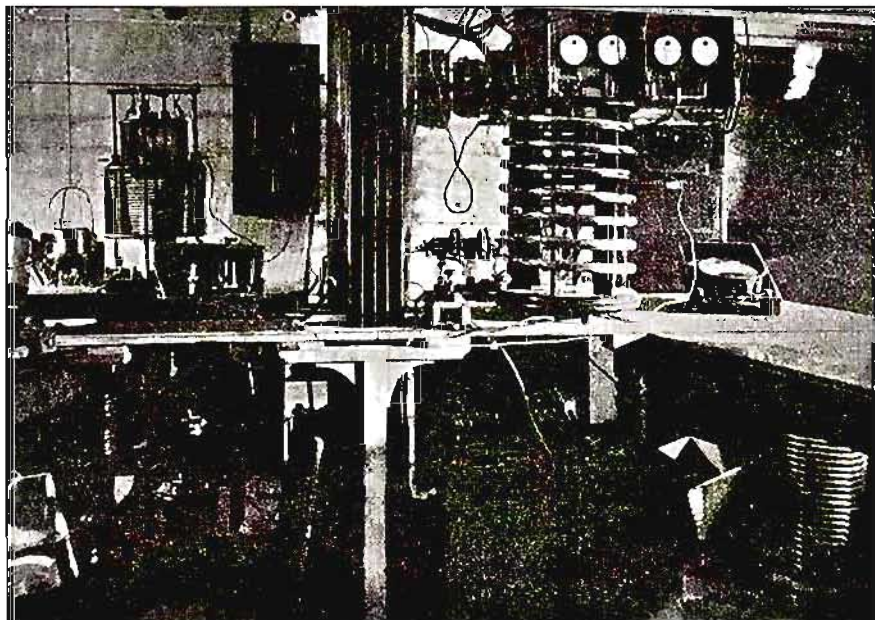
4. kép. Popov első vevője [4]



5. kép. Marconi első vevője [4]



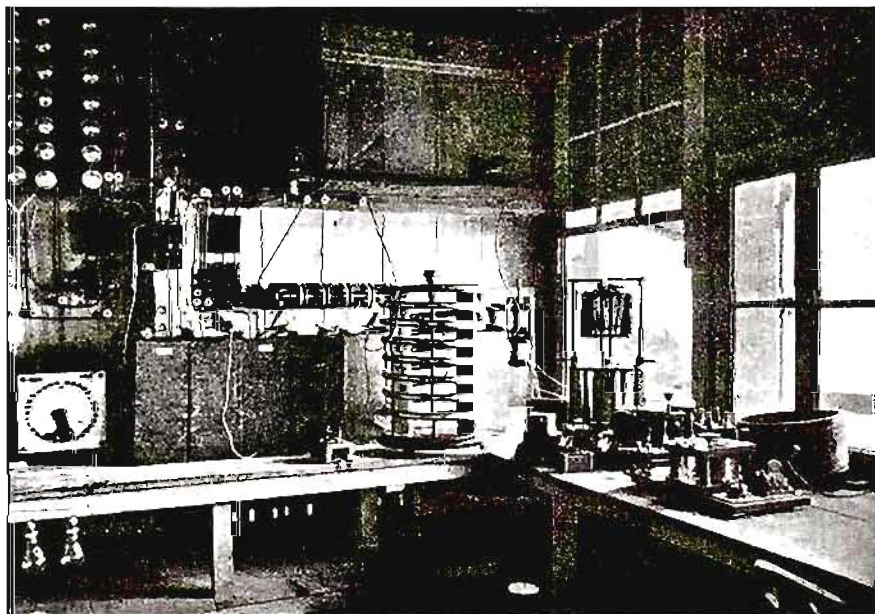
6. kép. A. Sz. Popov, szovjet postabélyegen



8. kép. A fiumei parti állomás berendezései [9]

bútorstílusokhoz, hogy a harmincas évek elejétől a rádióknak többnyire illeszkedniük kellett a polgári lakások egyéb felszereléseéhez. Egy nagy különbség van a bútorművészet, valamint a rádiókészülék, mint műipari tárgy között, az előző már több száz éves hagyományra tekint vissza, az utóbbi csak néhány évtizedre. Sajnálatos, hogy „ebben az időszakban [már] a tipizálás és tömeggyártás kiterjeszkedik az összes bútorfélére” [3], ez az irányzat megfigyelhető a rádiókészülékek kialakításán. Manapság egy nagyobb méretű készülék, például a Mechanikai Labor Zenegép, csak akkor simul bele a szoba képébe, ha az ún. stílbútorokkal van berendezve.

Indulásként menjünk be egy képzeltbeli múzeumba, ahol a szikratávírótól a rádió-vevőkészülékig, minden eszköz megtalálható! Milyen külső je-



9. kép. Az Előre gőzös berendezései [9]



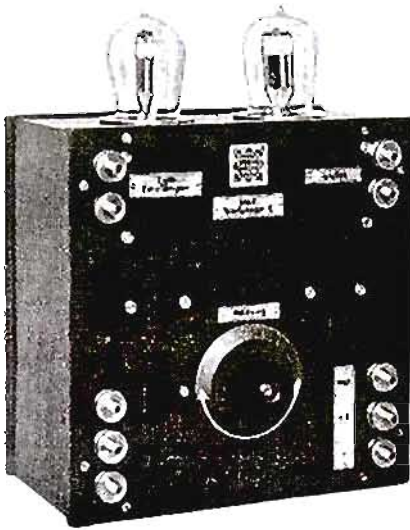
7. kép. Marconi Nobel-díja [7]

gyek figyelhetők meg a kiállított berendezéseken? Legyen a kalauzunk egy nemrég megjelent könyv [4]!

### Kezdeti kísérleti eszközök

Képzeltbeli múzeumunkban egymás mellett látjuk az első kísérletek eszközeit, Heinrich Hertz kísérleteihez 1888-ban használt oszcillátorát a Ruhmkorff-féle induktorral és a drótkarikából kialakított „vevőjét” (2. kép), Eduárd Branly kohererjét, az első elektromágneses detektort, amely a XIX. század végén nagy szerepet ját-

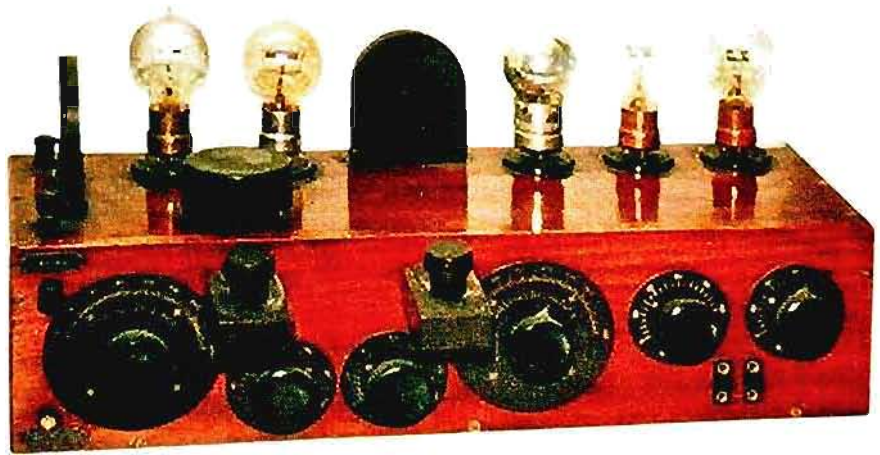
szott a szikratávíró kísérletekben (3. kép). Alexander Popov első vevőjét 1895-ből (4. kép), amelyet „viharjelzőnek” nevezett (ehhez már antennát is alkalmazott), majd az első szikratávíró összeköttetésnél alkalmazott összeállítást, amelyen a német tudós iránti tiszteletből a „Heinrich Hertz” üzenetet kopogták le a jelenlévő tudós társaság előtt. Itt békésen megférnek egymás mellett azok az eszközök, amelyek többségét még ma is vitatják az érdekelt felek. Marconi első adója és vevője szintén 1895-ből (5. kép) és ezek továbbfejlesztett változatai, amelyekkel



10. kép. A Telefunken kétcsöves erősítője [4]

sikerült a hatótávolságot állandóan növelnie, és két német tudós, Adolf Slaby és Ferdinand Braun berendezései. Az érdekelt országok még ma is ragaszkodnak nemzetük tudósának elsőbbségéhez, ezt bizonyítja a jellegzetes szöveget bélyegkép (6. kép, Bíró Attila lelte és küldte el az ORADIO levelezőlistára). Laptársunk az „Antique Radio Magazine” egy egész kiadványt szentelt a Marconi Múzeum bemutatására abból az alkalomból, hogy Marconit száz éve Nobel-díjjal tüntették ki (7. kép).

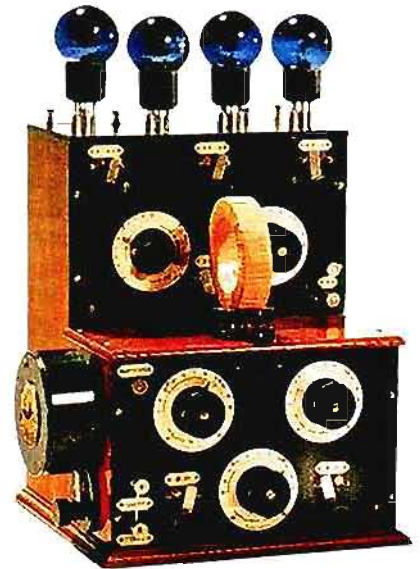
Ezen kezdeti kísérletek eredményeinek hatására olyan nagy lett a kutatók érdeklődése a „drótnélküli telegráfia”



12. kép. S.I.T.I.-Doglio vevő [4]

íránt, hogy a különféle csillapított és csillapítatlan hullámokat kisugárzó adók és számtalan detektorfajta alkalmazó vevők ismertése egy egész könyvtárat megtöltene. Külső szemlélő számára látványos változás volt, hogy a Morse-írógépet felváltotta a fejhallgató és a koherens az elektrolitikus, majd a kristálydetektor [8].

Számunkra különösen értékes Hollós József írása, amelyben részletesen ismerteti az egyik első magyar drótnélküli távíró kísérletet a Fiumében telepített parti állomás és az Adriai-tengeren hajózó Előre gőzös között [9]. A főleg hazai gyártmányú eszközökkel végzett sikeres kísérlet 1906. szeptemberében történt. Ebből a könyvből tudjuk bemutatni a 8. képen az Előre hajón és a 9.



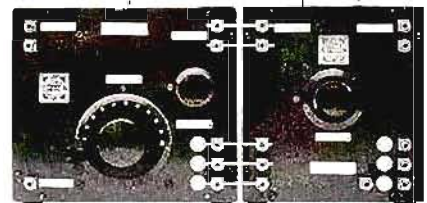
13. kép. Ducretet négylámpás „Piano” [4]

képen a fiumei parti állomáson működő berendezéseket.

Ezekből és az első részben bemutatott képekből is megállapítható, hogy az első világháború előtt és alatt alkalmazott készülékeknél, amelyek főleg hajózási és haditechnikai célokat szolgálták, még nem lehetett valamilyen dizájnról vagy egységes formáról be-



11. kép. A Telefunken ARS 69 adója [4]



14. kép. Telefunken „D-Zug” [10]



15. kép. „Zsilettpenge” detektoros [11]

szelni, az egyetlen cél a működőképesség és használhatóság volt.

### Látható műszaki megoldások

A rádiózás történetében az igazi áttörést az elektroncső feltalálása hozta. Először időben az ún. „lámpaadók” kis teljesítményük miatt még nem voltak versenyképesek az egyéb rendszerű adóállomásokkal, de a vevőknél és a kisteljesítményű adóknál már az első világháború alatt alkalmazták az elektroncsöveket, főleg annak második felében. A 10. képen egy kétsöves Telefunken erősítőt mutatunk be. Látható, hogy a tervezők törekedtek bizonyos formai igényeket kielégíteni. Ez a „dobozszerű” kialakítás jellemző volt a húszas évek elejéig (11. kép).

A formák igazi megújulása a kereskedelmi és szórakoztató műsorszórás (broadcasting) megindulásával jött létre, hiszen a vevőket meg kellett nyerni, ehhez a tetszetős formák is hozzájárultak. A sorozatban már néhány „külsőcsöves” készüléket bemutatunk. A dizájnak része volt a „világító”, wolfram izzószálú és színes üvegburába szerelt lámpák lárványa. A 12. képen az olasz S.I.T.I.-Doglio vevője, a 13. képen és francia Ducretet „Piano” négylámpás vevője látható, 1923-ból.



16. kép. Egyszerű detektoros (a szerző gyűjtése)

### Moduláris felépítés

A moduláris felépítésű készülékek is a látható műszaki megoldások kategóriájába tartoznak. Ha a rádiózás kezdeti időszakából az előzőekben már említettük a francia (Brunet) blokk rádiót és az angol Marconi „tudományos” egységeit, nem maradhat ki a német Telefunken sem. Az összeállításnak „Gyorsvonat” (D-Zug) volt az elnevezése, és az 1924-ből származó kéttagú változatot tudjuk bemutatni (14. kép), baloldalon a Telefunken G, jobboldalt a Telefunken C modullal. Ennél több egységet is össze lehetett kapcsolni [10].



17. kép. Pultformájú detektoros (a szerző gyűjtése)

### Detektoros vevők

A detektoros vevők használatát nem lehet egy bizonyos időszakhoz kötni, hiszen alkalmazták ezeket a szikratávírók idejében, a broadcasting megindulásánál az adóállomások közelében, a gazdasági válság és a második világháború alatt és után, mindenféle kapcsolással és kivitelben. A harmincas évek elején, amikor az adóállomások teljesítményét jelentősen növelték, a legprimitívebb felépítésű készülékek is használhatók lettek. Gondoljunk csak a második világháború alatt a légerekben és a börtönökben használt „zsilettpenge” detektorokra (15. kép).

Az eddig bemutatott képeket főleg a rádiós irodalomból és lapjainkból vettük át, a továbbiakban igyekszünk a hazai gyűjtők készletéből meríteni.

A legegyszerűbb detektoros készüléket mutatjuk a 16. képen. Ez a vevő



18. kép. ROKA Pikolo 1252 [12]

nem áll másból, mint egy leágazásokkal ellátott lapos tekercsből, a helyi adó beállítása az antenna- és a földvezeték megfelelő banándugóhoz való csatlakoztatásával történik. Az ilyen készülékekhez a legolcsóbb „doki” detektor illett. Legnagyobb elterjedését a harmincas évek második felére tehetjük. A kisiparosok sokszor ajándékba adtak ilyen készüléket törzsvásárlóiknak.

Pultformájú dobozba szerelték a 17. képen látható kisipari vevőt, amelynek a hangolása egy légmagos tekercsen végigfutó csúszka segítségével valósul meg. A bemutatott készülék ún. „vertikális” detektorral van szerelve. Nagyon kedvelt és praktikus forma volt ez detektoros készülékeknél, mert a hátsó részben elég nagy egyrétegű hengeres tekercs fért el, és a kialakítás emlékeztetett a rádiózás kezdeti időszakában a



19. kép. Toldi detektoros (Körömi Imre gyűjtése)



20. kép. Ericsson detektoros (Sik Béla gyűjtése)

működött, még állomásnévskálával is ellátták a készüléket. Erre bizonyíték a berlini Robert Karst (Roka) Pikkolo 1252 jelzésű bakelitázas detektoros vevője, 1935-ből (18. kép). A kisméretű készülék csatlakozói a doboz hátulján vannak elhelyezve, az „állomásválasztó” egy fokozatkapcsoló, amely a tekercs különféle leágazásaihoz csatlakozik [12]. A bakelitdoboz formája emlékeztet egy nagyobb csöves, beépített hangszórós készülékre.

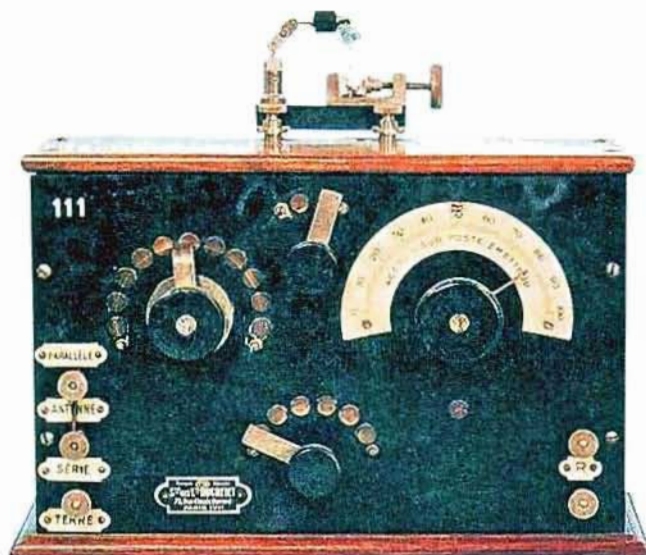
A Belgráder Jenő által gyártott detektoros vevők között is találunk álló-

ma, a Telefongyár Favorit és Perfektor nevű készülékei hasonló kivitelűek [13].

Egy igazi, sok kapcsolóval felszerelt és forgókondenzátorral hangolt „márkás” detektorost láthatunk a 21. képen 1920-ból. Ez a vevő ma a Radio France múzeum megbecsült kiállítási tárgya. A különleges kialakítású vevőkből néhányat már mutattunk az előző részekben, ezért most ettől eltekintünk.

### Ládarádiók

A külsőcsöves készülékek után döntő volt a „szivarosdoboznak” is nevezett



21. kép. Ducretet detektoros [4]

külsőcsöves készülékeket jellemző formára. A dizájnuk köszönhetően, a nem túl sok alkatrészt igénylő felépítés ellenére, ezzel kb. ötszörös árat lehetett elérni a maga idejében az előző készülékekhez viszonyítva.

Azokban a térségekben, ahol több azonos teljesítményű, egymástól frekvenciában és földrajzilag távoli adó

másnév felirattal ellátott rádiót. A Toldi márkanevű készülék, a harmincas évek közepén, az „adóállomás körzetében” állítólag ezeknek az adóknak a vételére volt alkalmas (19. kép).

Hazai gyűjtő birtokában van a 20. képen látható gyönyörű Ericsson detektoros is. A hengeres kialakítás volt a detektorosoknál a másik gyakori for-

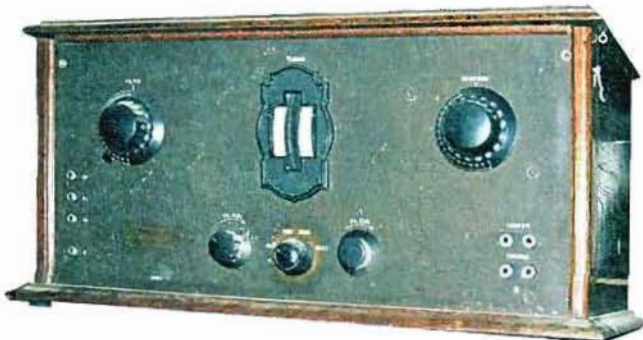
kialakítás. Ezt „amerikai formaként” is reklámozták. Mind a telepés, mind a hálózati készülékeknél alkalmazták, külső hangszórókkal. Nagyon praktikus forma volt, mert ezekben a készülékekben könnyen lehetett csövet cserélni, a teljes szerelvényt kiemelni, anélkül, hogy a „lámpák” ki lettek volna téve az állandó törésveszélynek. A láda-készülékek hegemoniája csak a húszas évek végén tört meg, amikor a hang-



23. kép. Átalakított ládarádió (Körömi Imre gyűjtése)



22. kép. Amatőr ládarádió (Eperjesi Gyula gyűjtése)



24. kép. Standard 4B (Fehérvári Kálmán gyűjtése)





25. kép. TRT Stabilodyn (Herczeg István gyűjtése)

szórók bekerültek a dobozba, mert ez ebben a formában nem volt megoldható. A későbbiekben a szivarosdobozok a kisebb műhelyek és az amatőrök kedvence maradt azzal a kényelmetlenséggel, hogy külső hangszórót kellett hozzájuk alkalmazni.

Ebben a részben két amatőr építésű fadarádiót mutatunk be. Az egyik hálózati táplálású, 2+1 csöves készülék a harmincas évek elején készülhetett. Szép kialakítású fadobozban magán viseli az ebbe a kategóriába tartozó készülékek minden jellegzetességét: a számskálás mikrodiallal történő állomáskeresőt, a kisebb forgatógombokkal beállítható antenna- és visszacsatolást (22. kép).

A másik készülék még a telepes időszakban kezdte pályafutását. (Ezt a hátsó oldalon elhelyezett, banánhüvelyekkel ellátott bakelitlemez eredeti felirataiból lehet tudni.) Az előlapjának anyaga még fényes fekete trolit, amely a megvilágított részekben kifakult, matt lett. A háromcsöves telepes készüléket a harmincas évek elején átépítették közepe és hosszú hullámsávra, egyidejűleg

váltóáramú táplálásúra, de nem beépített, hanem külső anódpótlóval. A készülék külseje magán viseli ennek a hosszú, viharos időszaknak minden nyomát (23. kép).

Nem feledkezhetünk meg a Tungsramból 1928-ban kivált Standard gyárunk egyik első készülékéről, a 4B típusjelzésű négycsöves telepes vevőről. Ezt a nagyon ritka készüléket a 2010-ben elhunyt gyűjtőtársunk, Fehérvári Kálmán gyűjteményéből tudjuk bemutatni (24. kép). Annál is inkább érdemes megsejmelni, mert az eddig sokat emlegetett CD-n [14] lévő képen a készülék fejjel lefelé látható.

### Fémdobozos készülékek

A hálózatról táplált készülékek összedetek mindenféle külső elektromágneses zavart, különösen a kisebb teljesítményű adók mellett. Ez ellen akartak védekezni a konstruktőrök azzal, hogy árnyékolás céljából fémdobozba helyezték a vevőket. A doboz festése könnyen lepattogzott, egyébként se volt ezek kialakítása túlzottan esztétikus, ahogy azt a Telefongyár Stabilodyn nevű készülékét is megállapíthatjuk (25. kép). Ebből a készülékből olyan kevés maradt fenn, hogy jelenleg – tudomásom szerint – csak két gyűjtő birtokában van beunatható állapotban. Később kiderült, hogy a készülék árnyékolásának nincs sok értelme, mert a zavarokat az antenna szedi össze.

A fémdobozos készülékek második periódusa az ötvenes években volt hazánkban.

### A magyar rádiógyártás aranykora

Kétségtelen, hogy a harmincas évek elején volt a hazai rádiógyártás aranykora. A gazdasági válság ellenére a lakosság részéről óriási volt az érdeklődés, a hálózati táplálás elterjedésével rendkívül leegyszerűsödött a készülékek kezelése. A hangszórók is bekerültek idővel a dobozba, és a készülékek kialakítása illeszkedett a lakás többi bútorához. Az adóállomások teljesítménye fokozatosan nőtt, és a második program beindításával (Budapest II.) még a helyi vevőkkel is változatosabbá vált a hallgatható műsor.

A korábban is készülékeket gyártó Telefongyár és Standard mellé belépett az Orion is, és a Philips kereskedelmi képviselőjén keresztül szintén hozott be készülékeket. (Hazai gyártás a Philipsnél és a Telefunkennél csak



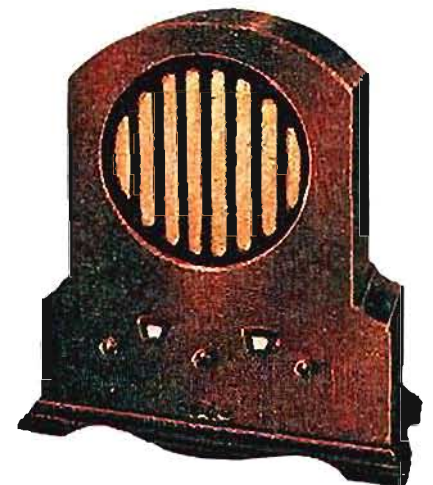
27. kép. Szikszofon 3 S (Kóger László gyűjtése)

1932-ben indult.) A kisebb cégeknek is ez volt az aranykora: SRT, Astra, Martovox, Audion, Reich Rádió, Rikert Rádió, BAPO, Belgráder Rádió, SZIKSZ Rádiógyár, Dénes Testvérek, Bodnár Jenő, Rádiócentrum, még felsorolni is nehéz. Ezek a cégek az évtized közepére vagy megszűntek, vagy felhagytak a készülékgyártással.

Ebből az időszakból már eddig is sok készüléket mutatunk be. Jó példája az Orion 7029 készülék annak, hogy a rádió „belesimul” a politurózott bútorok környezetébe, szinte csak egy hangszóródoboz, a teljes szerkezet „rejtve” van (26. kép). Feltűnő és látványos kialakítású a Sziksz Rádiógyár 1931-es Szikszofon 3 S nevű készüléke (27. kép), amely testvére az első részben bemutatott Fenomén nevű rádióknak, és ehhez nagyon hasonlít az Orion 7033 (28. kép) készüléke.



26. kép. Orion 7029 (Tarnóczy András gyűjtése)



28. kép. Orion 7033 (Szécsényi Lajos gyűjtése)



29. kép. Philips 31 V (Mikóvári Zoltán gyűjtése)



32. kép. Philips 209 U (a szerző gyűjtése)

### Nagyüzemi rádiógyártás

Az 1930-as évtized közepére, a gazdasági világválságból való kilábalásnak is köszönhetően, létrejöttek a nagyüzemi rádiógyártás feltételei. A kisebb cégek nem bírták a versenyt az olyan nagy gyárakkal, mint az Orion, Philips, Standard és a Telefunken. Ezeknél már korszerű módszerekkel, szerelőszalagon folyt a gyártás. A szervezek munkáját megkönnyítette a csövek tipizálása, vagyis az a megállapodás, hogy az egyes

gyárak azonos típusválasztékból dolgoztak. A formatervezők a kialakítás egységesítésére törekedtek, és szinte egy éven belül az olcsóbb, egyszerűbb és a drágább, bonyolultabb felépítésű készülékek hasonló külalakot kaptak. Ennek bizonyítására mutatunk be a Philips 1938–39-es, „aranyvonalas” készülékei közül kettőt. A 31 V típusjelzésű, 2+1 csöves, egyenes rendszerű

vevő (29. kép) külső kinézete alig tér el a 61 VR jelzésűétől, pedig az utóbbi varázsszemmel is ellátott, 4+2 csöves nagyszuper (30. kép).

A gyárak a negyvenes évek elejéig tudták növelni a gyártott típusok számát és azok mennyiségét. A háborús viszonyok miatti alkatrészhiány a továbbiakban megnehezítette a polgári célú rádiógyártást.



30. kép. Philips 61 VR (a szerző gyűjtése)



31. kép. Standard törpeszuperrek (a szerző gyűjtése)



33. kép. Orion 300 B (Sík Béla gyűjtése)

### Háborús készülékek

Az előző részekből kiderült, hogy a Philips és az Orion is gyártott a legnehezebb években bakelitházas törpeszu-



34. kép. Orion 323 (a szerző gyűjtése)

pereket, a Standard Németországból importálta a saját típusát. Azt is láttuk, hogy az asztalosok igyekeztek pótolni a beszerezhetetlen bakelitházakat ehhez a 4433 T típushoz. Most egy újabb ilyen műremek bukkant fel, amelyet bemutunk az eredeti bakelitházas készülék mellett (31. kép). Az asztalos igyekezett falécekkel utánozni az eredeti készülék hangszóróvázson előtti rácsozatát.

Az 1945 utáni időszak sem volt könnyebb a hazai rádiógyárak számára. A tennelés megindítását akadályozta az anyaghiány. A Philips korábbi típusait hozta piacra újabb típuszámokkal. A gyűjtők „bibliája” [15] hazai gyártmányként tünteti fel a 209 U típusú törpeszupert, de az általam ismert néhány példányon a „Made in Holland” felírat

szerepel, valószínűleg import vevő volt. Mivel elég ritka példány és az említett könyvben és CD-n elég rossz minőségű a fotó, érdemes megtekinteni a 32. képen. Csinos kis bakelitházas készülék a jellegzetes Philips megoldásokkal: a kezelőszervek oldalt, az alulról megvilágított skála a doboz tetején vannak elhelyezve.

Hasonló ritka, nem hazai gyártású készülék az Orion 300 B telespes vevője. Ezt Sik Béla gyűjtőtarunk jóvoltából tudjuk bemutatni, aki volt olyan kedves, még a készülék belsejéről készített képeket is elküldte. A táskarádió tele van amerikai alkatrészekkel és az amerikai típusú telespes csövekkel ké-

szült. Valószínűleg, amikor a Tungstam – a hadiipari igények kielégítésére – megkötötte a licencszerződést a miniatűr telespes csövek a gyártására, ennek keretében kaptunk néhány példányt a készülékből (33. kép). A háború utáni időben, a nagy szegénység okán, nálunk nem is volt kereslet ilyen hordozható telespes rádióra.

## Fémdobozos készülékek II.

1949–50-ben visszatért a fémdobozos készülékek divatja. Ez már nem a jobb árnyékolást szolgálta, hanem az előállítási költségek csökkentését. Az akkori érintésvédelmi szabványok megenged-



36. kép. Orion 441 alapváltozat (a szerző gyűjtése)



35. kép. Orion 325 (a szerző gyűjtése)



37. kép. Orion 441 exportváltozat (Mikovári Zoltán gyűjtése)



38. kép. N & K Triloluk hangszóró [17]

ték ezt az „élverszéyes” megoldást, - a legtöbb ilyen vevő közvetlen hálózati táplálású, ún. univerzális készülék volt, és a doboz szigetelése a hálózattól elég gyöngére sikerült. Nemcsak a Philips és Orion 313 típusjelzésű néprádiót, hanem az Orion 323 két hullámsávós vevőt is festett alumínium dobozba építették, ahogy az a 34. képen látható. Szerencsére, az érintésvédelmi előírások szigorodásával ez a „divat” többé nem jött elő. Az előző készülék mellé tehetjük fadobozos „testvérének”, az Orion 325 típusnak a képét, mert ez a dizájn a legtöbb megkerdezettből indulatokat vált ki (35. kép). Van, aki szörnyűnek, van, aki különleges kialakításúnak tartja. Lehet vitatkozni.

### Különleges dizájn, főleg exportra

A rádiógyárak államosítása után is, főleg az exportra szánt készülékeknél, készült néhány nagyon sikeres formai kialakítású vevő az Orion gyárban. Az előző részekben bemutatottakon kívül ilyennek tekinthetjük az egyik legjobb, revolver rendszerű hullámváltóval sze-



39. kép. Blaupunkt (Ideal) 29 R hangszóró (Eperjesi Gyula gyűjtése)

relt és nyújtott rövidhullámú sávokkal ellátott középszupert, a 441-es típust, amelynek két változatát is megcsodálhatja az olvasó. A 36. képen látható változat a hazai tehetősebb réteg részére, a különleges formájú, fehér gombos változat (37. kép) exportra készült. (A 29. és a 37. fotót a Varga László által összeállított kiadványból vettük át [16].)

### Különálló hangszórók

A külső hangszórók alkalmazását szintén nem lehet egy időszakhoz kötni, de a legtöbbet a húszas években a ládarádiók mellett alkalmazták. Egy 1928–29-es német rádiókatalógus 135 különféle külső hangszórót reklámoz [17]. Ezek között a 38. képen látható Hagenuk, Neufeld & Kuhnke gyártmányú, Triloluk (a katalógusban Trilonuk) nevűt, amelyet laptársunk jövőtől tudunk megmutatni [18].

A hazai gyűjtő birtokában vannak a 39. és a 40. képen látható Ideal Werke Blaupunkt hangszórói. A kialakítás összehatását meghatározó – hangszóró előtti – mintázat mindkét doboznál azonos. A nagyobb doboz kissé szögletesebb (a hangszóróselyem nem eredeti), a második lekerekített (a selyem eredeti). A radiomuseum.org honlapról megtudhatjuk, hogy az 1923-ban alapított Ideal, kis vidéki cég 1927-től berlini Ideal Werke AG néven tevékenykedett és a Blaupunkt márkanévet használta. A két bemutatott hangszóró 1930-ban készült. A cég 1938-tól Blaupunkt-Werke GmbH néven autórádióiról vált híressé. A német vevőkészülékek katalógusa a kezdeti időtől az eredetileg márkanévet cégnévként tünteti fel.

### Zeneszekrények

A zeneszekrények voltak minden időben a legdrágább és a legnagyobb gondossággal megépített készülékek. Ebben a részben csak egyet, az 1939-ből való Orion 99 G típust mutatjuk be (41. kép).

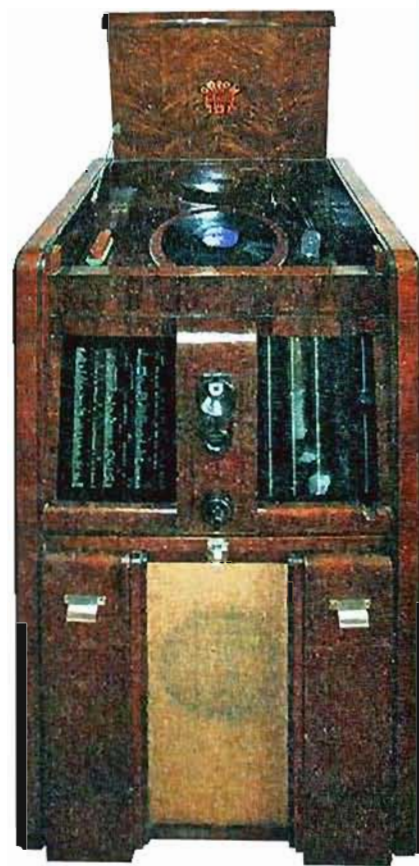
### Befejezés

Az egyes készülékek külalakjának jellemzésére szándékosan nem alkalmaztuk a bútorstílusok megjelölésére használt kifejezéseket (neorokokó, eklektikus, szecessziós, formalista stb.), mert nem ismerhetjük a formatervező eredeti szándékát és azt, hogy a funkciók és a sorozatgyártás érdekének oltárán ezt



40. kép. Blaupunkt (Ideal) 51 R hangszóró (Eperjesi Gyula gyűjtése)

mennyiben kellett feláldoznia. A gyáraknak dolgozó ipanművészek még emlékeztek vagy frissen tanulták a XIX. és a XX. század elején gyorsan változó bútorstílusokat. A harmincas évek elejére a bútorstílusok teljes keveredése volt megfigyelhető, és tömeggyártás uralkodóvá válása megkötötte a formatervezők kezét. Az első pillantásra kitű-



41. kép. Orion 99 G zeneszekrény (Háder József gyűjtése)



42. kép. Az amerikai AMRAD cég „Bel Canto” 81 készüléke [19]

nik, hogy az új anyagok (bakelit, üveg, fémek) felhasználása milyen mértékben befolyásolta a külső megjelenést.

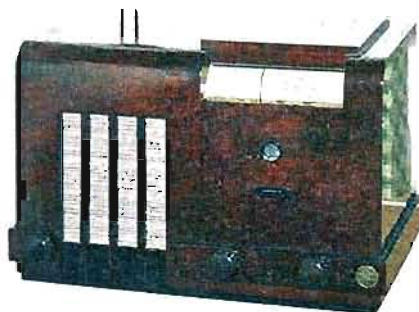
Csak néhány készülék esetében egyértelmű a szándék. Például az amerikai gipszminta-diszítésnél az eklektikus alakításnál (42. kép), vagy a magyar Standard készüléknél a „Bauhaus” stílus (43. kép). A második világháború után pedig a leegyszerűsödött formák, a csontszerű műanyagalkatrészek használata volt jellemző. A 44. képen bemutatjuk az Orion sarokhangszóróját, amelyik kiválóan illeszkedik az ötvenes évek uralkodó „varia” bútorstílusához. Ez a „mono korszak” Hi-Fi hangvisszaadó berendezése volt.

Amennyiben sikerült a nem „rádiós szakemberek” tevéységét megnyerni és kedvet ébreszteni az 1960 előtt gyártott vevőkészülékek és más elektronikus eszközök nézegetéséhez, a cikk-sorozatot már érdemes volt megírni. Ha

van lehetőségük, olvassák a Rádiógyűjtők Magyarországi Klubja Egyesület lapját, a Nostalgia Rádió Hírújságot és egyéb kiadványait, amelyekben mindig érdekes és szép magyar rádiókészülékek képeit és leírását találják. Felhívom a figyelmet a tagjaink által az interneten működtetett honlapokon található, állandóan bővülő virtuális múzeumokra. Ezek lassan felölelik a teljes hazai rádiókészülék-gyártás készletét. Remélhetőleg a képek minősége és felbontása is folyamatosan javulni fog, így élményben nem marad el a rendkívül drágán kiadható, nyomdai eljárással létrehozott albumoktól.

#### Irodalom

1. Kilián Zoltán: Rádióesztétika (Magyar Szemle Társaság kiadása, 1939.)
2. Tiszay Andor és Falk Géza szerkesztők: Magyar Rádióhallgatók Lexikona (Vajda - Wichmann kiadás, 1944.)
3. Kaesz Gyula: Ismerjük meg a bútorstílusokat (Gondolat Kiadó, 1978.)
4. Balás B. Dénes: A távirótól a rádióig (Ad Librum Kiadó, 2009.)
5. A békától a rádióig (Antique Radio Magazine No 93)
6. In mostra, Coherer Branly (La Scala Parlante, 2008. május)
7. Antique Radio Magazine No 91
8. Mende Jenő: A drótnélküli telegráfia (Dick Manó kiadása, 1921.)
9. Hollós József: Drótnélküli telegráfia („Patria” Irodalmi Vállalat és Nyomda R.-T., 1907)
10. M. Roggisch: 100 Jahre Telefunken (Funkgeschichte Nr. 149)



43. kép. Standard Imperátor (Háder József gyűjtése)



44. kép. Orion sarokhangszóró (Nyárl Szabolcs gyűjtése)

11. A koncentrációs táborok rádiói (Antique Radio Magazine No 94)
12. W. Bosterling: Radio-Miniaturen (Funkgeschichte Nr. 185)
13. Kóger László: A Teleongyár delektoros készülékei (Nostalgia Rádió Hírújság, 2003. február)
14. Rózsa Sándor (szerk.) A magyar vevőkészülékek katalógusa (CD ROM, a Postai és Távközlési Múzeumi Alapítvány kiadása)
15. Kádár Géza: Rádió-vevőkészülékek kapcsolása I. (MK, 1966.)
16. Beszélő dobozok és képek - Kispeszt (2007. Budapest)
17. Radio-Diehr Radio-Katalog 1928-29
18. Lautsprecher (Funkgeschichte Nr. 159)
19. Robert Lozier & Vittorio Franzoni: AMRAD mod. 81. serie „Bel Canto” (Antique Radio Magazine No 81)

**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 utárvételes csomagküldés

Raktáról kínálunk több ezer féle elektronikai alkatrészt.

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

RIGOL műszerek disztribúciója

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

# Technikatörténet – évszámokban

dr. Fábíán Tibor okl. villamosmérnök

## 10 éve történt

– A 2001. évi fizikai Nobel-díjat *Eric A. CORNELL* (\*1961), *Carl E. WIE-MAN* (\*1951) amerikai és *Wolfgang KETTERLE* (\*1957) német fizikus kapta az alkáli atomokból álló hígított gázokban létrehozott Bose-Einstein-kondenzáció előállításáért és a kondenzátumok tulajdonságairól szóló alapvető tanulmányaikért.

– Január 12-én a kaliforniai Palo Alto-ban meghalt *William Redington HEWLETT* (\*1913) amerikai villamosmérnök (1. ábra). A világszerte ismert *Hewlett-Packard* céget évfolyamtársával, *D. Packarddal* 1938-ban alapította egy Palo Alto-i garázsban. Első gyártmányukat, a Hewlett által tervezett HP200B típusú hangfrekvenciás oszcillátort 72 dollárért árusították. (A 200B típusszám csak megtévesztésül szolgált!) Első ügyfelük, Walt Disney, a *Fantasia* c. filmjének hangosításához az oszcillátorból 8 darabot rendelt.



1. ábra. W. R. Hewlett és a HP kalkulátorok [www.kbitext.de/]

– Január 17-én Manchesterben elhunyt *Tom KILBURN* (\*1921) angol matematikus. F. C. Williams munkatársaként részt vett a radar fejlesztésében, a katódsugárcsőves adattárolók kidolgozásában, az első tárolt programú kísérleti digitális számítógép, a *SSEM* (*Small-Scale Experimental Machine*, becenevén *Manchester Baby*), majd a *Manchester Mark I* tervezésében (2. ábra).

– Február 11-én kezdte meg adását Budapesten 88,8 MHz-en a Rádió C, a roma-rádió.

– Február 24-én Medfordban (Massachusetts) meghalt *Claude El-*



2. ábra. T. Kilburn a tárolócsővel [Electronic Times. Jan. 29, 2001. p. 4. alapján]

*wood SHANNON* (\*1916) amerikai villamosmérnök, matematikus, a modern információelmélet megalkotója. Kevésbé ismert, hogy a világháború alatt beszéditkosítással foglalkozott. Az általa kidolgozott eljárást használta pl. az a telefonvonal, amelyen keresztül Churchill és Roosevelt beszélgetett. Úttörő munkát végzett a sakk-komputer és a labirintusi megtanuló „műgér” kutatása terén is (3. ábra).

– Március 15-től a magyar nyelvű rádiók műsora – egy külön program leltöltése után – elérhető a *Magyar Inter-*



3. ábra. Shannon és a tanuló „műgér” [www.luminet.net/~wennonah/history/]

*net Világrádió* portálon. Egy évvel később már 26 program volt vehető.

– Június 30-tól az *Antenna Hungária Rt.* által üzemeltetett *Antennamikro* teljes műsorválaszékát – mintegy 20 programot – kódoltan sugározzák. A kódolás bevezetését az indokolta, hogy a Budapest környékén vehető adás orv-nézőinek száma gyakorlatilag megegyezett a regisztrált előfizetők kb. 140 ezres számával.

– Előbb a *Westel*, majd a *Pannon GSM* is bevezeti a *GPRS-t* (*General Packet Radio Service*). A *Nokia* által kifejlesztett csomagkapcsolt rádiófrekvenciás adatátviteli szolgáltatás nagy sebességű (elméletileg 115 Kbit/s körüli) adatátvitelt biztosít a mobilhálózatokon.



4. ábra. Simonyi Károly [www.evtsz.bme.hu/]

– Július 1-jén Moszkvában meghalt *Nikolaj Gennadievics BASZOV* (\*1922) szovjet Nobel-díjas fizikus, a molekuláris oszcillátorok és erősítők kutatója, a mézer és a lézer elméletének egyik megalapozója.

– A *Texas University* két kutatója, *Brian KORGEL* és *Keith P. JOHNSTON* nanoméretű, gömb alakú szilícium kristályokat állított elő nagy nyomáson, 500 °C-on. A nanokristályok áram hatására világítanak. (Ez lesz az új generációs képernyő alapja?)

– Október 9-én örökre eltávozott körünkben *SIMONYI Károly* (\*1916) gépészmérnök, a villamosmérnök-generációk legendás tanára (4. ábra). Megépítette hazánk első részecske-



5. ábra. Az iPod család [http://en.wikipedia.org/]

gyorsítóját, Bay Zoltán csoportjában részt vett a Hold-radar elméleti kérdéseinek vizsgálatában és gyakorlati megvalósításában. A Központi Fizikai Kutató Intézetben 1 MeV-os kaskád-generátort épített, amellyel radioaktív izotópokat állítottak elő. *A fizika kultúrtörténetét* (1978) szinte egész Európában ismerik. Nevét (eddig csak) az Androméda csillagképben található egyik égitest viseli...

– Októberben az *Antenna Hungária Rt.* az Országos Mikrohullámú Központban üzembe helyezte az első magyarországi *DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial)* adóberendezést, Budapesten az UHF 43. csatormán megkezdte a három közszolgálati tévé-műsor rendszeres kísérleti sugárzását (ERP = 1 kW, modulációs mód: 64QAM).

– Október 23-án az *Apple Computer* piacra dobta hordozható digitális „walkman”-ját, az *iPod*-ot. Az első generációs készülék flash-RAM kapacitása 2...4 GiB volt, az akku 8 óráig „bírta”. Jelenleg már túl vannak a 150 milliomodik készüléken... (5. ábra)

– Október 25-én kezdődött meg a *Microsoft Windows XP* operációs rendszerének hivatalos forgalmazása. A teljes *Home Edition* 199 dollárba, a *Professional* 299 dollárba került. Az *Intel 64* bites processzorán alapuló gépekhez az *XP 64-bit Edition*-t árusították. Az XP az „experience” (tapasztalat, ismeret) rövidítése.

– December 19-én az *IBM* kutatóközpontjában bejelentették, hogy sikerült egy hét quantum-bitet (qubit) tartalmazó kvantumszámítógépet megvalósító molekuláris áramkört építeni.

– A tokiói CETAC kiállításon a *Sony* bemutatta a 12 cm-es, 27 GiB kapaci-

citású *Blu-Ray* DVD-t. Az első *Blu-Ray*-írók a japán piacon 2003 második felében jelentek meg. A *Blu-Ray* jövőjét illetően a szakértők állásfoglalása nem egységes. Egyesek szerint alig van minőségbeli különbség a „hagyományos” DVD és a *Blu-Ray* lemezekben tárolt filmek között; a kék lézeres lejátszók és lemezek drágábbak, a technológia még kiforratlan.

## 25 éve történt

– Az 1986. évi fizikai Nobel-díjat – megosztva – *Ernst RUSKA* (1906-1988) német fizikus az elektronoptika terén végzett alapvető munkájáért és az első elektronmikroszkóp megalkotásáért, valamint *Gerd BINNING* (\*1947) német és *Heinrich ROHRER* (\*1933) svájci fizikus a pásztázó alagútmikroszkóp megszerkesztéséért kapta.

– Április 29-én Párizsban meghalt *Henri de FRANCE* (\*1911) francia villamosmérnök, az első francia tévétársaság (*Compagnie Générale de Télévision*) megalapítója, a francia 819 soros fekete-fehér valamint a *SECAM (Séquentiel Couleur À Mémoire)* színes tv adásrendszer kidolgozója (6. ábra).

– Július elsejével megkezdte adását az első magyar kereskedelmi rádió, a *Danubius Rádió*. A CCIR-URH sávú, 100,5 MHz-en sugárzó 10 kW-os BHG gyártmányú adó és antennarendszert Kab-hegyen helyezték üzembe. Az idegenforgalmi szezonban sugározott német nyelvű zenés adás főleg az NDK-ból érkező turistáknak és nyugat-német rokonaiknak szólt. Az adó az év többi részében a Kossuth műsorát közvetítette.

– *Georg J. BEDNORZ* német és *Karl A. MÜLLER* svájci fizikus az IBM

zürichi kutatólaboratóriumában felfedezte a 34 °K hőmérsékleten szupravezető kerámiát. Munkásságukat 1987-ben fizikai Nobel-díjjal ismerték el.

– Az *RCA* forgalomba hozta az *ACL (Advanced CMOS Logic)* logikai áramköröket. A 2...5,5 V tápfeszültségű 74ACxxx típuscsalád tagjait 1 mikrométeres technológiával gyártották a 74xxx sorozattal lábkompatibilis kivitelben.

– Bemutatták a *Philips-Sony* fejlesztésű *CD-I-t (CD-Interactive)*. A párbeszédes üzemunódot lehetővé tevő, kb. 600 MiB adatot, szöveget, állóképeket vagy 70 percnyi hangzó anyagot tároló közeget egy évvel később a *Green Book*-ban szabványosították.

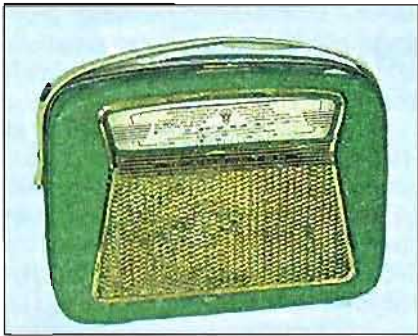
– 1986-ban indult az első világméretű (számítógépes) vírusjárvány. A 360 Kb-os floppikon terjedő *Pakistan Brain* bootvírus főleg a lemezzel indított *IBM* PC-kompatibilis gépeket fertőzte. A *Brain*-t Pakisztánban készítette egy testvérpár: *Basit F.* és *Amjad F. ALVI*.

– *Rulf BURGER* német informatikus „demonstrációs céllal” elkészítette az adatokat törölő *Virdem* vírust. Tapasztalatait – a programkódokra is kiterjedően – a *Nagy számítógépes víruskönyv*-ben írta le, amelyet franciára és angolra is lefordítottak, sőt kalózkodásban a Szovjetunióban és az arab világban is megjelent.

– December 8-án Marcaliban (Somogy-szentpálon) megkezdődött a 2×500 kW-os középhullámú adóegy-



6. ábra. H. de France 1932 februárjában, az első francia kísérleti tévé-sugárzás beindításakor a Radio Normandia adójánál. [www.offshoreechos.com/radionormandie/]



7. ábra. Terta Orlonett tranzisztoros táskarádió. [http://web.axelero.hu/mt ma/ alapján]

ség, valamint a 126,8 m-es antenna-rendszer próbaüzeme. A Petőfi műsórát 1251 kHz-en sugárzó adó ünnepélyes átadására december 27-én került sor.

– A Kodak cég kihozza a világ első 1,4 megapixelos CCD-képbontóját. Az adott felbontás lehetővé tette 5×7 inch (kb. 12,5×18 cm) méretű, jó minőségű kép nyomtatását.

– A CCITT, az ISO és az IEC megalakította a Joint Photographic Expert Group-ot (JPEG). A csoport legismertebb munkája az ISO/IEC 10918-1 (1992), mely az állóképek digitális kompresszióját és kódolását, azaz a jpg (jpeg) képfarmátumot írja le.

## 50 éve történt

– Az ez évi fizikai Nobel-díjat – megosztva – Robert HOFSTADTER (1915-1990) amerikai és Rudolf L. MÖSSBAUER (\*1929) német fizikus kapta az atomokon való elektronszórás vizsgálatáért, az atommagok szerkezetére vonatkozó felfedezéséért, ill. a gamma-sugárzás rezonanciaabszorpciójának vizsgálatáért.

– Január 4-én Bécsben meghalt Erwin Rudolf SCHRÖDINGER (\*1887) osztrák Nobel-díjas fizikus, az atomelmélet egyik újrafelfedezője, a hullámmechanika megeremlője.

– Január 14-én ünnepélyesen átadták Kőszegen, a Kálvária-hegyen felépített tévé-átjátszó állomást. A 15/4 W-os, az OIRT 10. csatormán vizsintes polarizációval sugárzó adó építését, szerelését a szombathelyi MHS rádióklub amalőrei és HETÉNYI László végezték társadalmi munkában. Az átjátszó 1963 júniusáig üzemelt.

– Április 12-én létrejött az első Földön kívüli rádióadás: a Voszrok-1 űrhajón levő Jurij Alekszejevics GAGARIN-nal rádiókapcsolat létesült.

– A *Telefongyár (Terta)* gyártásba vette az 1960-as BNV-n már bemutatott tranzisztoros *Orionett HF-KH* táskarádió (7. ábra) és a *Minorion KH-RH* zsebrádiót. A nagyfrekvenciás tranzisztorok még „tökés” (japán, amerikai) importból származtak. Hogy ki hallgatta a hosszuhullámú adásokat, arról a lapok nem írnak.

– Május 3-án Berlinben meghalt Eugen Heinrich Josef NESPER (\*1879) német villamosmérnök, rádiókonstruktor (hétszöves vevő, keretantenna), újságszerkesztő és szakíró (*Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie*, *Der Radio-Amateur*, *Funkmagazin*, *Funktechnik* stb.). Nevére csak a „szépkorú” amatőrök emlékezhetnek: az 1920-30-as években több cikke jelent meg a hazai rádiós lapokban. A *Der Radioamateur és a Handbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie* c. munkái az alapvető szakkönyvek közé tartoztak. Mihály Dénes munkáját mindenben támogatta: így pl. ő írta az előszót Mihály *Das elektrische Fernsehen und das Telehor* c. könyvéhez.

– Július 1-jén Los Angelesben elhunyt Lee De FOREST (\*1873) amerikai rádiómérnök, rövidhullámú amatőr (W2XG), vállalkozó (8. ábra). Feltalálta az audióknak nevezett triódát, az audionkapcsolást, a hangosfilmet (*phonofilm*). Többfokozatú visszacsatolt triódás erősítőt készített, 1930-ban megépítette az első amerikai, W2CD hívójelű amatőr kísérleti tévéadót. *Armstronggal* majd húsz évig perben állt a trióda feltalálásának elsőbbségét illetően.



8. ábra. L. De Forest az 1950-es években [www.leedeforest.org/]



9. ábra. S. F. Varian és R. H. Varian az 1950-es évek elején, az UHF tévéadókhoz tervezett V-42 klisztronnal. [www.geocities.com/neveyaakov/electro\_science/]

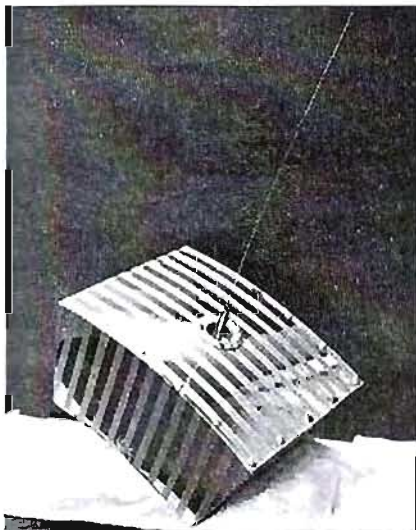
– Október 18-án. repülőszerecséllenségben meghalt Sigurd F. VARIAN (\*1901) amerikai villamosmérnök, vállalkozó, a PanAm egykori pilótája, aki villamosmérnök bátyjával, Russell-lel valamint William Hansen fizikussal feltalálta a klisztront (9. ábra).

– Október 21-én indította újjára az amerikai légierő a *Midas-4* műholdat, mely 350 millió darab, 18 mikrométer átmérőjű, 18 mm hosszú fémtűt szórt szét 3300...3700 km magasságban. A dipólok szétszórásával passzív mikrohullámú tükröző felületet akartak kialakítani a világűrben. A kísérlet nem sikerült: a tűk nagy része egy csomóban maradt, nem oszlott szét egyenként.

– December 12-én földközeli pályára állították az első rádióamatőr műholdat, az *OSCAR-1-et* (*Orbital Satellite Carrying Amateur Radio*). Az amerikai rádióamatőr szövetség 4,5 kg tömegű, 120×250×300 mm-es, ívelt doboz alakú „holdcscskája” (10. ábra) csak telemetriai- és „H-1” Morze-jeleket sugárzott a 145 MHz-es sávban, 140 mW-tal. A „HI-HI” adás („Hi”, azaz „szial”) sebességét a műhold belsejében levő hőmérséklet-szenzor vezérelte.

– Az év végén a Keravill boltokban megjelentek a *Konverta* gyár első germánium rétegdiódái. Például az 5,70 Ft-ért árusított GDK1 záróirányú csúcsfeszültsége 50 V, nyitóárama max. 300 mA, a GDK7-é pedig 400 V, 100 mA volt. (Ekkoriban a Rádiótech-



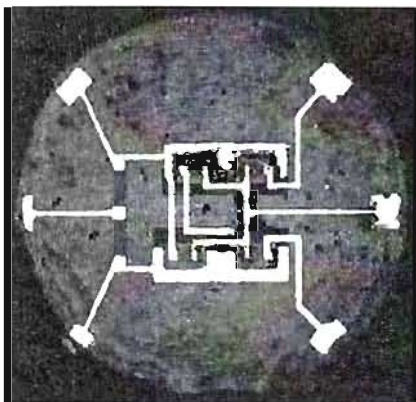


10. ábra. Az OSCAR-1. [http://en.wikipedia.org]

nika példányonként 4 Ft-ba került.) A GDK1...GDK7 típuscsaládot 1967-ig gyártották.

– A *Texas Instruments Incorp.*-nél és a *Fairchild Semiconductor Corp.*-nél megkezdtek a szilícium alapú integrált áramkörök előállítását. Az első, sorozatban gyártott „katalógus áramkörök” ellenállás-transzisztor logikát (RTL) valósítottak meg (11. ábra), 8 kivezetésű TO-5 vagy flat-pack tokozással készültek. (*A Rádiótechnika* 1969/10. számából már az első TUNGSRAM gyártmányú RTL tokot, a  $\mu$ A903-ast ismerhettük meg. Valószínűleg ez volt egyben az első, kereskedelmi célú, hazai gyártású monolitikus IC. *A szerk.*)

– Megszületen a bájt (byte). A kifejezést 1 byte = 8 bit értelemben elsőként az amerikai *Atomenergia Ügynök-*



11. ábra. A Fairchild első integrált RTL áramköreinek egyike: a kéttranszisztoros flip-flop [IEEE J. of Solid-State Circuits. Vol. 32, No. 12, December 1997. p.1863. alapján]

ség Los Alamos-i laboratóriuma részére fejlesztett és 1961-ben üzembe helyezett IBM gyártmányú *Sirech* nagyszámítógépnél vezették be.

## 75 éve történt

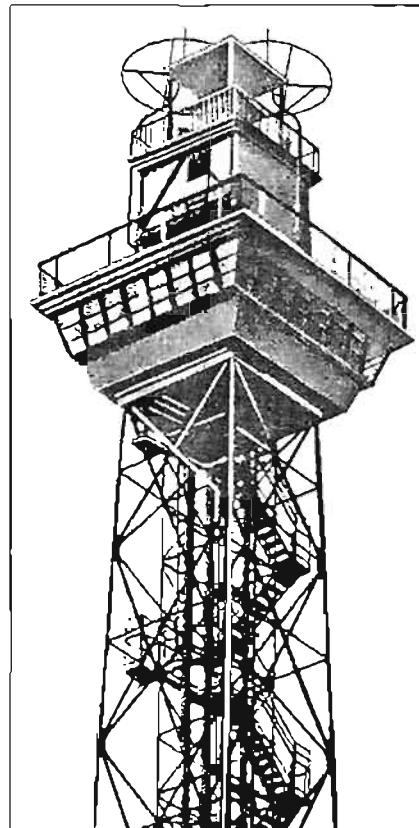
– Az 1936. évi fizikai Nobel-díjat – megosztva – *Victor Franz HESS* (1883 – 1964) osztrák geofizikus a kozmikus sugárzás felfedezéséért, *Carl David ANDERSON* (1905–1991) amerikai fizikus pedig a pozitron felfedezéséért kapta.

– Január 10-én Houstonban született *Robert Woodrow WILSON* amerikai rádiócsillagász. 1978-ban megosztott fizikai Nobel-díjat kapott a mikrohullámú kozmikus háttérsugárzás felfedezéséért.

– Január 15-én a berlin-witzlebeni adó megkezdte a rendszeres kísérleti tévéadásokat. A programokat 180 soros bontással, 25 kép/s képváltós rendszerben hétfőtől péntekig 20-22 óra között sugározták. A 16 kW-os adóállomást a Telefunken építette (12. ábra).

– Március elsején üzembe helyezték a világ első nyilvános képtelefonját Berlin–Lipce között. A rendszerben Nipkow-tárcsás – fotocellás 180 soros bontású kamerát, képcsöves megjelenítőt használtak, az átalakított két telefonfülkében a megvilágítást ivilámpákkal (!) biztosították. A 3 MHz sávzélességű összeköttetésre  $\varnothing 5/\varnothing 18$  mm-es koaxiális kábel szolgált.

– Márciusban – *Paskay Bernát, Molnár János és Jovitsa György* szerkesztésével – megszületik a *Rádió Technika* (13. ábra), a Rádió és Fótó Amatőr új formátumú utódja. A lap 1951 novemberében vette fel a *Rádiótechnika* nevet. A jubileumi év kapcsán két „közbiztonsági” apróhír az első számokból. 1936. május: *Infravörös sugárcsévét szolgáló fotoelektrikus betörést jelző berendezés* c. ismertetőben írják: a „sugárcsévé” (ma: sugármenet) megszakításakor „egy olyan felfogó kapcsolódik be, amely a telefonkészüléken a rendőrség számát tárcsázza, azzal összeköttetést létesít és egyidejűleg egy gramofont hoz működésbe. Ez bemondja, hogy itt és itt betörők vannak a házban.” 1936. június: a budapesti áramtavasáron olyan páncélszekrény-találmányt mutattak be, amely, ha megfűrik, segítségért kiált és szirénát szólaltat meg. A segélykiáltás gramofonlemezre van véve, onnan játsszák le erősítőn és hangszórón keresztül...

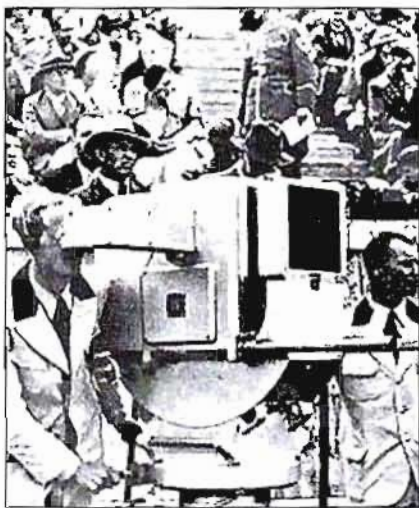


12. ábra. A berlin-witzlebeni tévéadó antennatornya. [K. Lipfert: Das Fernsehen. F. Lehmanns Verlag, München-Berlin. 1938. 107. old. alapján]

– Április 24-én az RCA a sajtó képviselői előtt bemutatta, majd június 29-én New Yorkban üzembe helyezte az Empire State Building tetején levő



13. ábra. A Rádió Technika 1. évfolyam 2. számának címlapja



14. ábra. Az első mobil, kültéri felvételekre is alkalmas Telefunken-kamera a berlini olimpián [www.tvhistory.tv/1936\_German\_Olympics\_TV\_Program.htm]

10 kW-os kísérleti tévéadót, amely 343 soros bontású, 30 kép/s képfrekvenciájú félképváltós rendszerben sugárzott. A kb. 70 km-es körzetben vehető adások 1939 júliusától váltak rendszeressé.

– Május 7-én született Rigában *Juris UPATNIEKS* lett származású amerikai mérnök, aki *E. N. Leith*-el együtt elsőként készített lézert hologramokat. Megoldotta a tárgyak 3D hologramjának készítését, megalapozta a holografikus interferometriát.

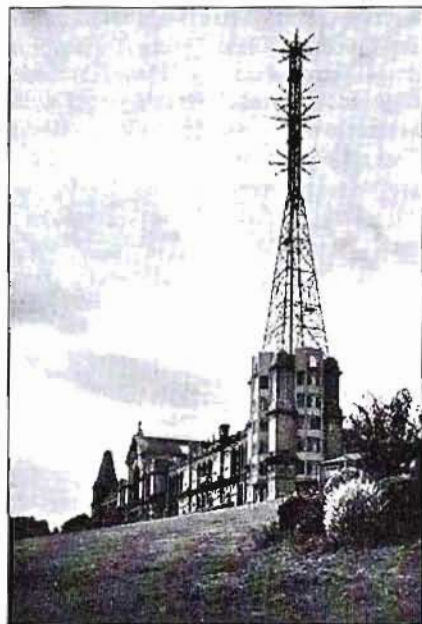
– Június 15-én East Orange-ban megölték *Daniel McFarlan MOORE* (\*1869) amerikai villamosmérnököt, a fénycső ősenek feltalálóját, T. A. Edison korábbi munkatársát. A *Moore-cső* kisnyomású nitrogén vagy szénsav gázzal töltött, 4...5 cm átmérőjű, pár méter hosszúságú üvegcső, amelyre 10...30 kV váltakozó feszültséget kapcsolva, a gáz az ionizáció következtében világít. Moore találmánya volt a mechanikus tévévevőkben a képalkotásnál használt neontöltésű, s a képjelleggel modulált „kráter-lámpa” (Neon Crater Lamp) is.

– Augusztus 1-16 között a berlini nyári olimpia képeit már napi nyolc órában sugározta a witzlebeni *Paul Nipkow*-adó (kép: 44,3 MHz, hang: 42,5 MHz, képváltás: 25 kép/s). Az olimpiai stadionból három kamerával közvetítettek: a *Farnsworth-Fernseh A.G.* és a *Telefunken* filmközvetítő kamerájával (az ún. *Zwischenfilm*-eljárással) valamint az ikonoszkópos Telefunken-kamerával (14. ábra). A közvetítéseket a berlini postahivatalok-

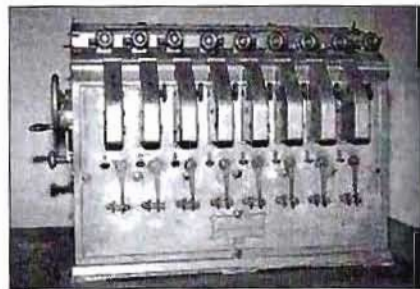
ban és 28 nyilvános teremben felállított, állami tulajdonban levő készülékeken lehetett nézni.

– Augusztus 20-án Newarkban (New Jersey) meghalt *Edward WESTON* (\*1850) angol származású amerikai vegyész, villamosmérnök. Nevét az 1,0183 V feszültségű higany-kadmium-szulfátos normálem (nemzetközi feszültségetalon) őrzi. Elsőként alkalmazta az elektromechanikai műszerek csúcs-csapágyazását, a bronz spirálrugókat, feltalálta a negatív vagy közel zérus hőmérsékleti együtthatójú ellenállásanyagokat, pl. a konstantánt, mangánt. Szabadalmi alapján vállalta számtalan precíziós elektromechanikai műszert gyártott.

– November 2-án a *BBC* megkezdte kísérleti tévéadásainak sugárzását hétköznaponként 15–16 és 21–22 óra között a londoni *Alexandra Palace*-ból. A programot – hetenként váltva – a *Marconi-EMI Television Co.*, ill. a *Baird Television Co.* rendszerével, a vállalkozások saját stúdióiból adták. Az előbbi 405 soros bontású (akkoriban „high definition”-nek nevezett), félképváltós; az utóbbi 240 soros bontású, képváltós rendszerű volt. A 8 kW-os adók a képet 45 MHz-en, a hangot 41,5 MHz-en sugározták (15. ábra). 1937 februárjától a *BBC* már csak a *Marconi-EMI* rendszerrel adott.



15. ábra. Az Alexandra Palace kb. 64 méteres televíziós adótornya a sugárzókkal [S. Moseley – H. McKay: *Television – A Guide for the Amateur*. Oxford Press, London. 1936. p. 101. alapján]



16. ábra. Torres y Quevedo mechanikus kalkulátora. [http://cantabria.galeon.com/Biografias/CarpT/TorresQuevedo/]

– December 1-jével Párizs és New York között közvetlen rádiótelefon összeköttetés létesült. Így már Párizson keresztül is lehetett Amerikába telefonálni, de csak 14 és 22 óra között. Más időpontokban az Egyesült Államok csak Londonon keresztül volt elérhető.

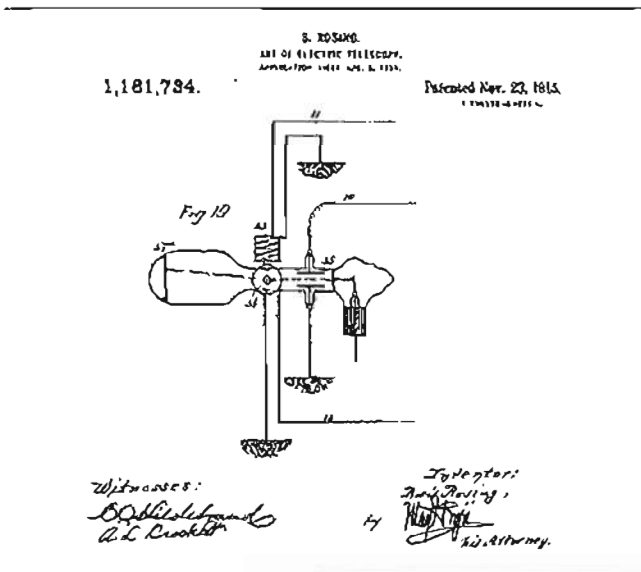
– December 18-án Madridban meghalt *Leonardo TORRES y QUEVEDO* (\*1852) spanyol mérnök, matematikus. Babbage ötletét megvalósítva, algebrai egyenletek megoldására elektromechanikai kalkulátort készített (16. ábra), sakkozógépet épített, gépek rádiótávvezérlésére adott be találmányt. Kezdeményezte a programnyelv használatát, bevezette a lebegőpontos számábrázolást.

– Az év végén az elektroncsőgyártók – többek között a *Philips*, a *Tungsram*, a *Telefunken* – megállapodnak a tipizált csövek gyártásában, jelölési rendszerükben, az azonos csőfej és foglalat alkalmazásában. Így 1937-től az „A” sorozatú csövek fűtőfeszültsége 4 V, a „C” csövek fűtőárama 200 mA lett, „szabványosították” a körmös csőfejet és a kosaras foglalatot is.

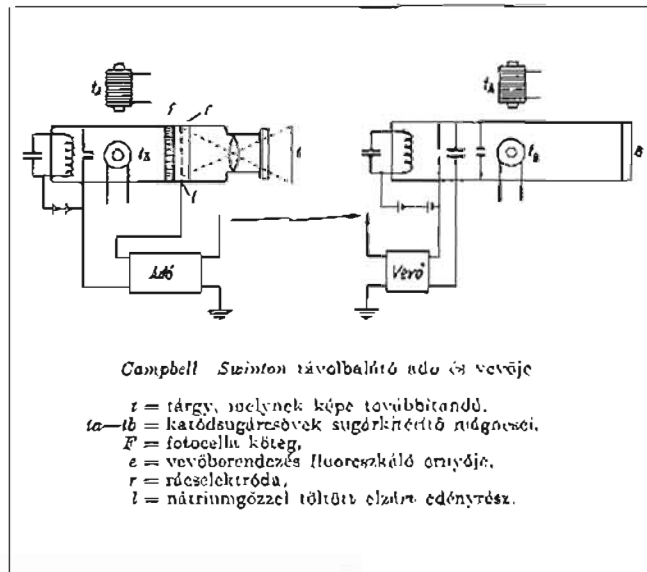
– *Henri G. BUSIGNIES* (1905–1981) francia villamosmérnök elkészítette a nagyfrekvenciás automatikus rádió-iránymérőt (HF Direction Finder), amely – egyfajta korai radarként – repülőgépek navigálására szolgált. Készüléke az első „üzemi próba” során automatikusan „elvezetett” egy repülőgépet Párizstól Réunion szigetéig. A második világháború alatt a „Huff-Duff”-ként (HF/DF) emlegetett iránymérőt német tengeralattjárók felderítésére használták.

## 100 éve történt

– Az 1911. évi fizikai Nobel-díjat *Wilhelm Carl Werner WIEN* (1864–1928) német fizikus a termikus sugár-



17. ábra. Részlet B. L. Rosing 1911. április 5-én bejelentett szabadalmából (US Pat. 1,161,734: Art of Electric Telescope)



18. ábra. A. A. Campbell Swinton televíziós adó-vevője [Babits V.: A távbalátás és az ultrarövid hullámok technika, Egyetemi Nyomda, Budapest, 1942. 8. old. alapján.]

zásra vonatkozó – ma a nevét viselő – törvény felfedezéséért, a kémiai pedig a korábban már fizikai Nobel-díjjal kiüntetett Marie CURIE-SKLODOWSKÁ (1867–1934) lengyel származású francia fizikokémikus a rádium és a polónium felfedezéséért kapta.

– Először jelenik meg nyomtatásban a félvezető (Halbleiter) kifejezés J. Königsberger és J. Weiss német fizikusok által írt közleményben. (Annalen der Physik. 1911. 35. S. 1-46.)

– Május 9-én (a Julianus-naptár szerint) Borisz Lvovics ROZING (1869–1933) orosz fizikus Pétervárott bemutatta „katódniú-elektroszkóp”-ját (17. ábra), melyen elsőként jelenített meg egyszerű geometrikus ábrákat: pl. fekete alapon négy fehér csíkot, rácsozatot.

– Július 5-én Londonban meghalt George Johnstone STONEY (\*1826) ír fizikus. Elsőként becsülte meg az elektron tömegét és töltését. 1874-ben javaslatot terjesztett elő, amely néhány fizikai egység emberi léptéktől független bevezetésére irányult. A gravitációs állandót, a fénysebességet és egy, akkor még csak becsült egységnyi elektromos töltést alapul véve a következő alapegységekhez jutott: hosszúság =  $10^{-37}$  méter, idő =  $0,3 \times 10^{-45}$  másodperc, tömeg =  $10^{-7}$  gramm. Az egységnyinek tekintett elektromos töltésre először az „electrine”, majd 1891-ben – a bonorszánkó görög neve alapján – az „electron” (elektron) elnevezést javasolta. (Az elektront csak 1897-ben fedezte fel J. J. Thomson.)

– Augusztus 10-én Londonban, lengyel szülők gyermekeként született Jan Aleksander RAJCHMAN (†1989) amerikai villamosmérnök. Találmányait, a 256 bit tárolására alkalmas Selectron tárolócsövet a Rand cég Johnniac-jában használták fel. Rajchman készítette el az RCA-nál az első ferritgyűrűs tárolót, feltalálta a transzfluxort. (Ez kétfukas ferritmág, amelynél a kiolvasó áramimpulzus hatására nem változik meg a beírt információ.)

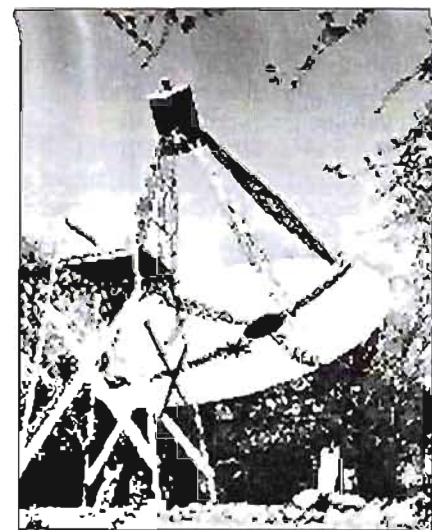
– Otto von BRONK (1872–1951) német rádiotechnikus, feltaláló a Telefunkennél kidolgozta és szabadalmaztatta a Lieben-féle triódával megvalósított, reflexkapcsolású nagyfrekvenciás erősítőt. Bronknak számtalan találmánya volt, pl. már 1902-ben (!) szabadalmat kapott szelencellát, Geissler-csővet és tükrökerekes bontót tartalmazó, színes televíziós rendszerére.

– Szeptember 7-én az Iowa állambeli Doudsban született Harold B. LAW (†1984) amerikai fizikus, az Image Oricon (képortikon, szuperortikon) tárolós képfelvevő cső társfeltalálója.

– A Times december 7-i számában jelent meg Alan Archibald Campbell SWINTON (1863–1930) skót villamosmérnök Scientific progress and prospects c. cikke, melyben részletesen ismertette a katódsugárcsőre alapozott elektronikus képbontóját és vevőjét (18. ábra). (Ötletét már 1908-ban publikálta a Nature folyóiratban Distant Electric Vision címmel.)

– Az év során a Központi Távíróhivatalban bevezették a távírójelek hallás utáni vételét: a vevőt „kopogóval” látták el. A gépeket hazai gyártásra HOL-LÓS József postaműszaki tanácsos tette alkalmassá.

– December 22-én született Chicagóban Grote REBER (†2002) amerikai villamosmérnök, rádióamatőr (W9FGZ), a rádiócsillagászat egyik megteremtője. A világ első rádióteleszkópját 1937. június–szeptember között Wheatonban levő családi házuk kertjében építette



19. ábra. G. Reber rádióteleszkópja Wheatonban (Illinois). A billenthető fémtükör 31,4 láb (kb. 10 m) átmérőjű, fókusza 20 láb (kb. 6 m) [www.nr.ao.edu/whatsra/hist\_reber.shtml]

meg kétezer dollárból, mely kb. éves keresetével) egyezett meg (19. ábra). A tükrör fókuszpontjában levő hengerben helyezte el a néhány milliószoros erősítésű szelektív vevőt, mely a lefutószalagos íróművet hajította meg. A Tejút felől érkező rádiósugárzást 160 MHz-en sikerült detektálnia, ezzel igazolta K. Jansky 1932-es felfedezését.

– Heike KAMERLINGH-ONNES (1853–1926) Nobel-díjas holland fizikus ebben az évben fedezte fel a szupravezetés jelenségét a folyékony héliummal 4,2 K-re lehűtött higanynál. A higany ellenállása az adott hőmérséklet szűk környezetében 0,12 ohmról hirtelen 10 mikroohmra csökkent.

## 200 éve történt

– Március 31-én született Göttingenben Robert Wilhelm BUNSEN (†1899) német kémikus. A Grove-féle elem tökéletesítésével megalkotta a róla elnevezett, kb. 1,9 V-ot szolgáltató és egykoron a villamos ív előállításához is használt salétromsavas galvántelepet. Kémiai vizsgálóeszközöket (Bunsen-égő, zsírfoltos fotóméter, kaloriméter) dolgozott ki, felfedezte a céziumot, a rubídiumot, lerakta a szinképelemzés alapelveit.

– Július 11-én született Swanseaben (Wales) William Robert GROVE (†1896) brit amatőr természettudós, ügyvéd. Feltalálta a tüzelőanyag-cellát: oxigén és hidrogén egyesítésével villamos energiát állított elő a róla elnevezett depolarizátoros galvánelemben. „Elektromos fényfejlesztője” rézhuzalok között kifeszített platinaspirálból állt, amelyet fejjel lefelé fordított szájú, vízzel teli tálba állított pohár alatt izzított galváneleme segítségével.

– Amadeo AVOGADRO (1776–1856) olasz fizikus megfogalmazza a róla elnevezett törvényt: ugyanazon



20. ábra. M. V. Lomonosov [J. A. Hramov: Biografija fiziki. Izd. Tehnika. Kiev, 1983. 18. old. alapján]

hőmérsékleten és nyomáson a különböző gázok egyenlő térfogataiban levő számú molekulák száma azonos.

– Simeon Denis POISSON (1781–1842) francia matematikus, fizikus kidolgozza a mágneses és elektromos potenciál-elméletet, publikálja az elektrosztatika matematikai elméletét.

– Samuel Thomas von SÖMMERING (1755–1830) német természettudós, orvos az Isar folyó medre alatt lefekteti az első víz alatti, pecsétvívisszal szigetelt táviróvezetéket. A kábelt elektrokémiai távirója jelcinek továbbításához használta: 1812 februárjában kb. 1,26 km-re, márciusban már 3,14 km-re tudott jeleket átvinni.

## 300 éve történt

– Július 11-én született az észtországi Pernauban Georg Wilhelm RIHMANN (Richmann) fizikus, „az elektrotechni-

ka első áldozata”. Lomonosov társaságában villámhárító kísérleteket végzett, s a sárkány feleresztő nedves zsírnórjától halálos áramütést kapott 1753. július 26-án.

– November 8-án született a Pecsora-folyó melletti Denisovka faluban Mihail Vasziljevics LOMONOSZOV (†1765) orosz természettudós, polihisztor, a villámhárító egyik felfedezője (20. ábra). Megfogalmazta és a kémiai reakcióknál kísérletileg igazolta az anyagmegmaradás törvényét, lerakta a kinetikai hőelmélet és gázelmélet alapjait, megjósolta az abszolút nulla fokot (0 K). Megírta az orosz nyelv első tudományos nyelvtanát, 1755-ben megalapította a Moszkvai Állami Egyetemet, amely ma a nevét viseli.

– John SHORE angol trombitás, Händel zenekarának tagja, feltalálta a hangvillát. Az első eszköz R. König hangszerkészítő mester párizsi műhelyében készült el.

## 400 éve történt

– Január 28-án született Danzigban (ma Gdansk) Jan HEVELIUSZA (latinosan Johannes HEVELIUS) lengyel csillagász (†1687). Vizsgálta a Hold felszínét, holdtérképet készített. Felfedezte az első változócsillagot, amely később a „Mira” (csodálatos) nevet kapta.

– Johann KEPLER (1571–1630) német csillagász a fénytörés alapján megmagyarázza a teljes fényvisszaverődés jelenségét. Leírja a róla elnevezett csillagászati távcsővet, mely két domború lencséből áll és fordított állású képet szolgáltat.

(E visszatekintés az 1992-es évkönyvünkben megkezdett, azonos című „sorozat” folytatásának is tekinthető. A szövegben \* -gal a születési, †-tel a halálozási évet jelöljük. A szerk.)

## 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 (HABQC)  
**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) megrendelhetők a szerkesztőségnél, Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. 130. • i: Budapest, Pf. 603. H-1374 • T: 239-4932, 239-4933 • [hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu)



## ELEKTRONIKAI MŰSZEREK



SPEKTRUMANALIZÁTOROK  
FREKVENCIA BŐVÍTŐK  
NAGYFREKVENCIÁS CSILLAPÍTÓK  
OSZCILLOSKÓPOK, MÉRŐFEJEK  
FUNKCIÓGENERÁTOROK  
DDS FUNKCIÓGENERÁTOROK  
ASZTALI ÉS KÉZI FREKVENCIAMÉRŐK  
RF JELSZINTMÉRŐK  
LABORTÁPEGYSÉGEK

- analóg és digitális  
- nagyáramú (10A, 20A, 30A)



NAGYFREKVENCIÁS CSATLAKOZÓK,  
ADAPTEREK, SZERELT KÁBELEK



## RÁDIÓFREKVENCIÁS ESZKÖZÖK ISM SÁVRA

Modulok és kompakt készülékek

434MHz és 868MHz  
vevőmodulok -fix és ugró kódos dekóderrel,  
vagy dekóder nélkül, választható működés-  
módú kimenetek



2, 4 és 6 gombos távirányítók



2,4GHz és 5,8GHz  
- vezeték nélküli AV és adat átvitelhez  
- körsugárzó és irányított antennák



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



## VIDEÓTECHNIKAI ESZKÖZÖK

KAMERÁK: egyedi igényekre, speciális  
alkalmazásokra, biztonságtechnikához.  
Nagyfelbontású, nagyérzékenységű ipari,  
mikro, cső, dom, kültéri IR kompakt  
kamerák, kameramikroszkópok



OBJEKTÍVEK

- C/CS, M12, M9, IR korrigált, megapixel  
típusok, 1,3mm-100mm fókusztávolsággal



VIDÉJEL RÖGZÍTŐK, SZÉTOSZTÓK,  
AV/VGA ÁTALAKÍTÓK

TFT LCD MONITOROK, MODULOK:  
AV és VGA bemenettel, fémházas,  
ipari kivétel is



SD kártyás DVR

# 50 éves az első hazai számítógép

Kovács Győző okl. villamosmérnök

Számítógépnek nevezzük azokat az elektronikus számoló eszközöket, amelyekben a műveleteket programmal lehet vezérelni, automatikusan működnek, akár egynél több memóriájuk is van, amelyekben együtt tárolják mind az adatokat, mind pedig a programokat. A számítógépet az is jellemzi, hogy a távolt programokat – adatnak tekintve azokat – programokkal lehet módosítani.

Más néven, a számítógépek a Neumann elvű, vagy távolt programú gépek. Minden más számolóeszköz: számológép.

## Előzmények

A számítógép története, valamint a gyilkolást mesteri szintre fejlesztő, „rettenetes” XX. század, elsősorban a második világháborús és a háború utáni Európában, így Magyarországon is szinte elválaszthatatlan. Számos magyar tudóst a háború alatt, illetve már a háború után, a Rákosi korszakban elhurcoltak, börtönbe zártak, és bár semmi bűnük nem volt, ki is végeztek.

Nincs új a Nap alatt. Már a technika őstörténetében is találunk néhány olyan tudóst, akinek hasonló tragikus sors jutott osztályrészül. Íme, egy klasszikus példa. Archimédest akkor ölte meg egy Szirakuzába behatolt római harcos, amikor – a homokba rajzolva – éppen valami geometriai problémát próbált megoldani (i.e. 212). *Noli turbare circulos meos*, azaz ne zavarj a köreimet, mondta a rajzba belegázoló katonának. A megjegyzést a katona zokon vette, és tudóst leszúrta (1. ábra).



1. ábra. „Ne zavarj a köreimet...”

A gondolkodó emberek, az igazi alkotók azonban a börtönben is dolgoztak, a börtönöveik alatt is születtek műszaki alkotások. Közülük két tudósról – mindketten a számítástechnika történetéhez kapcsolódnak – a következő sorokban emlékezünk meg.

## Kozma László

A brünni egyetem elvégzése után Kozma László (2. ábra) az antwerpeni Bell Telephone céghez került, ahol – többek között – részt vett számos modern telefonközpont és például az első európai távvalasztási hálózat megtervezésében.



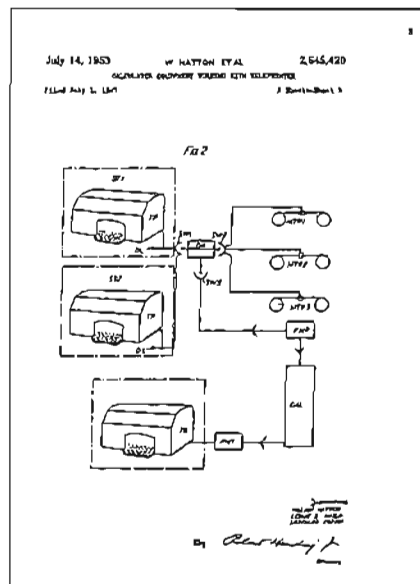
2. ábra. Kozma László

A háború hírére a gyár igazgatója olyan számolóeszköz tervezésével és építésével bízta meg, amelyekhez csak a gyárban készült alkatrészeket használhatta fel. A feladatot sikerrel oldotta meg, több elektromechanikus számológép is készült, amit tíz – elfogadott – szabadalommal védtek meg (3. ábra).

1942-ben hazatért, előbb munkaszolgálatra hívták be, majd pedig koncentrációs táborba hurcolták. A táborban is dolgozott, ahonnan hazahozott egy iskolai füzetet, benne egy elektronikus (elektroncsöves) telefonközpont terveit, amelyen éjszakánként a beszürdő lámpafénynél dolgozott. A mautausen-i táborból a háború végén tért haza, túlélte a borzalmakat, itthon belevetette magát a háború alatt megsérült vagy lerombolt budapesti telefonközpontok újjáépítésébe. Mellette sokat

tett annak érdekében, hogy a Budapesti Műszaki Egyetemen létrehozzák az önálló Villamosmérnöki Kart. Érdemére való tekintettel is, kinevezték a Standard gyár műszaki igazgatójának, nem sokkal utána, 1949-ben, a Standard ellen kreált koncepciók perben, szabotázs címén letartóztatták és elítélték. Kozma László – engedve az erőszaknak – elismerte „bűnét”, amiért a bíróság – első fokon – 15 évre ítélte. Büntetésének letöltését a váci fegyházban kezdte, ahol a Gamma gyár helyi részlegében dolgozott. Többek között ott gyártották a műegyetemisták által kedvelt logarléceteket. Ezt persze mi – akkori egyetemisták, későbbi tanítványai – nem tudtuk.

A rabok a munkáért „fizetést” – pontosabban éhbért – is kaptak, de abból nekik is fizetniük kellett azért, mert az állam élelmet, szállást, sőt őrzést is biztosított számukra. (Azt mondták, a népharag ellen kell megvédeni az elítélteket.) Ezáltal a bérükből csak nagyon csekély összeg maradt meg. Amikor Kozma László szabadult, a börtön könyvelése kimutatta, hogy öt év után kb. 10 000 Ft volt a számláján, de ebből csak 7 000 Ft-ot kapott kézhez. Nyíl-



3. ábra. Az egyik, terminálokhoz kapcsolt antwerpeni számológép

ván nem reklamált, örült, hogy kiszabadult.

Kozma László 1952-ben a váci fegyházból átkerült a sokkal „kényelmesebb” Kozma utcai gyűjtőfogház „kutató- és fejlesztő intézetébe”, a KÖMI 401. Általános Épület és Gép-tervező Irodába. Az intézménynek ez volt a hivatalos – vagy ha úgy tetszik, fedő – neve. Itt az elítéltek általában olyan témán dolgozhattak, amelyekhez értettek, illetve, amit az ÁVH-s börtön-őreik is elfogadtak. Kozma például telefonközpontot tervezett, s valószínűleg ez lett volna az első bérház-központ Magyarországon.

Akkor már majdnem három éve volt leartóztatva, látogatót még mindig nem fogadhatott, levelet nem írhatott, és szinte hermetikusan el volt zárva a külvilágtól. A per befejezése óta a családjá az azt sem tudta, él-e vagy már meghalt. Olyan hír is elterjedt róla, hogy valahol a Szovjetunióban raboskodik. Kozma – írja emlékirataiban – ki akart találni valamit, amivel a családját és kinti barátait a sorsáról értesítheti. Illegális levelet nem akart küldeni, mert attól félt, ha a levél provokátorok kezébe kerül, megzsarolhatják a családját. Különben is – ellentétben az akkori magyar állammal – ő törvénytisztelő állampolgár volt.

Kihasználta, hogy a börtönőreiknek is – miután az Államvédelmi Hatóság alkalmazottai voltak – eredményességet kellett felmutatniuk, ők viszont akkor voltak eredményesek, ha mérnök-rabok sok műszaki eredményt hoztak létre, azaz eladható alkotásokat tudtak felmutatni.

Ezért a KÖMI 401-ben létezett egy találmányi osztály. Igaz, minden bent született találmányt az Államvédelmi Hatóság nevére jegyezték be. Volt újítási osztály is, ami a foglyoknak a beadott újításaink alapján, újítási díjat ítelt meg, ebből is fizethették a költségeiket és vásárolhattak. Az újításokat általában kinti szakcégeknek adták ki elbírálás céljából.

Kozma két telefonközpontos újítást adott be, és jól spekulált, mindkettőt a BHG-be küldték elbírálás céljából. Miután az elítéltek írógépet nem használhattak, az újítást kézírással, név nélkül kellett beadni. A történetéről Kozma így ír [1]:

„Ahogyan az irodába kerültem, csak azon járt a fejem, hogyan tudnék életjelt adni magamról Máriának. (...) Elhatároztam, hogy kitalálok egy vagy két újítási javaslatot a telefontechnika



4. ábra. Kozma László előadást tart

területéről és átadom Boschnak. (Ő volt a KÖMI börtönrésztlegének ÁVH-s parancsnoka. – K.Gy.) Megkérem őt, hogy – természetesen név nélkül – juttassa el a BHG újítási bizottságának. (...)

Nagy ambícióval kezdtem az újítások megírásához. Természetesen kézzel írtam, bár már működött az irodában egy gépiró fiatalember, aki azelőtt főhadnagya volt. A két íromány elindult útjára, és amíg bent voltam, nem hallottam róluk. (...)

A BHG-iroda szabályosan megkapta a két újítást, s a kézzel írt műszaki szöveget kiadták egy titkárnőnek legépelni. Számára viszont a kézírásom és a műszaki rajzok egyes jelei ismerősnek tűntek. Óvatosan megmutatta néhány munkatársnak, aztán átteteles úton végül Máriához is eljutott a lényeg, hogy két és fél évi eltűnésem után élek, és feltehetően Magyarországon, mert ha nem itt lennék, nem írhatnék magyar nyelven.”

Végül Kozma 1954 novemberében kegyelemből szabadult, de csak 1959-ben rehabilitálták.

1955-ben már áramkör-technikai órákat tartott nálunk, a BME Villamosmérnöki Karának a Gyengeáramú Szakán, de hivatalosan csak 1956-ban kapta vissza egyetemi tanári státuszát (4. ábra).

Az előadásait egy kicsit nehezen értettük, ennek ellenére egy életre szóló élményem, hogy a tanítványa lehettem. Kozma nálunk vezette be először a hallgatókkal közös teadélutánokat vagy inkább estéket. Ennek – utólag azt hiszem – az volt a célja, hogy személyes kapcsolat alakuljon ki a tanárok és a diákok között. A teázáson bárki részt vehetett, de a megjelenés nem volt kötelező. Általában jelen voltak más tanáraink is, *Barta István, Vágó Arhur, Valkó Iván Péter, Gál József, Takács Ferenc, Géher Károly* és még sokan mások, ugyanis ezek a teadélutánok – vagy inkább esték – egyre nagyobb híreket let-

tek. Műsorokat szerveztünk tanáraink és magunk szórakoztatására. Abban az időben népszerűek voltak a csaszuskák, amelyekkel – általában – tanárainkat figuráztuk ki, akik egyáltalán nem haragudtak érte, sőt akkor haragudtak meg, ha nem írtunk róluk csaszuskákra.

Később már kisebb történeteket – jeleneteket – is előadtunk, amelyekben megpróbáltuk humoros kritikával bemutatni nem csak a tanárainkat, hanem az óráikat is.

Kozma professzor előadásai jó hangulatúak voltak. Emlékszem, egy alkalommal írásbeli feladatként egy jelfogós számoló áramkör megtervezését kaptuk, egyenesen a professzortól. Az áramkörű A1 méretű kockás papírra kellett megterveznünk, s miután a feladat szokatlanul nehéz volt, egészen hosszú időt kaptunk a feladat megoldására.

Nos, én is neki kezdtem előbb a feladat megértésének, majd megoldásának, többször is igénybe véve Gál József adjunktus segítségét. A feladatot eleinte nem nagyon értettem, azután belejöttem, és egyre nagyobb kedvvel rajzoltam és számoltam az áramköröket. Volt még egy „mellékfeladat” is, az áramköri tervet optimalizálni kellett, azaz a jelfogós feladatot a legkevesebb jelfogó-, rugó- (érintkező) számmal kellett elkészíteni.

Kozma professzor zseniális volt a jelfogó-érintkezők számának az optimalizálásában. Amikor kezdő mérnök-ként Antwerpenben belépett a Bell Telephone laboratóriumába, akkor a főmérnöke egy már kiszállított telefonközpontjuk valamelyik résztervét adta oda, hogy – mint ifjú mérnök – csak tanulmányozza. Kozma már első ránézésre több hibát és optimalizálási lehetőséget vett észre a gyár által tökéletesnek mondott tervrajzon, így hamarosan a gyár telefonközpont-tervező részlegének egyik vezetőjévé nevezték ki.

A tervem csak részben volt optimálisnak mondható, ugyanis Kozma professzor azonnal észrevette a kapcsolási rajzom hibáit (nem is keveset), és azonnal meg is mutatta, hogyan lehet a jelfogós áramköröket tovább optimalizálni. Én – „tökéletes” tervem kritikáját hallva – magamba voltam roskadva, szinte alig hallottam meg professzorom szavait: Ez az első nagyobb munkád? Nem is rossz. Még lehet belőled valaki.

Kozma professzor kiszabadulása után kezdte el az ország első – jelfogós – számítógépét, a MESZ-1-et tervezni

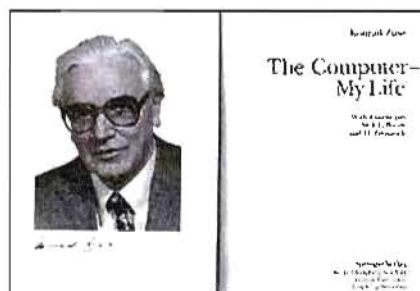


5. ábra. Herman H. Goldstine

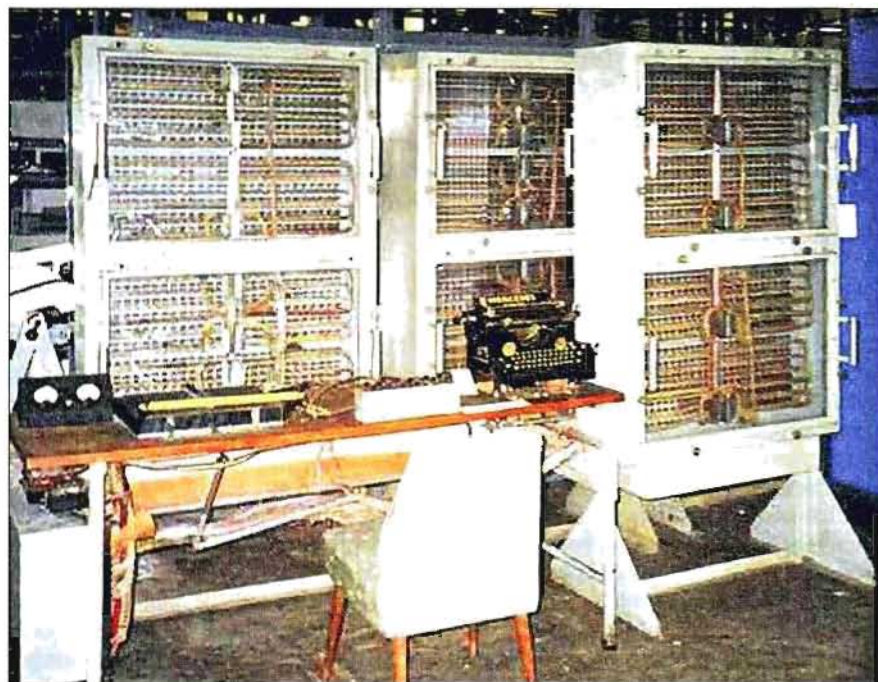
és építeni. Közöttünk az a legenda járta, hogy az első részleteket még a börtönben készítette. Tőle tudom, hogy ez nem így volt, ez csak legenda.

Az első elektromechanikus számolóeszközeit – amint azt már említettem – Antwerpenben alkotta, ugyanis az amerikai tulajdonban lévő európai gyár, a Bell Telephone is készült a háborúra. Igaz, ezt még Kozmának se mondták el. *Herman Goldstine* (5. ábra), Neumann János barátja mondta egyik alkalommal az amerikai kormány véleményét, aki az amerikai katonai vezetéstől hallotta: *Nem az a fél fogja a következő háborút megnyerni, akinek a legerősebb tankjai, a leghatékonyabb ágyúi és a leggyorsabb repülői vannak, hanem amelyik a leggyorsabban tud számolni.* A számoló eszközök tervezése és építése így – még a háború előtt, a harmincas években – Amerikában, de Európában is, az amerikai tulajdonú gyárakban stratégiai, nagyjából titkos feladat volt.

Érdekességként meg kell említem, hogy *Konrad Zuse* (6. ábra), zseniális német számítógép konstruktőr, a találkozásunk alkalmából elmondott egy nagyon hasonló – Hitlerrel kapcsolatos – történetet az első mechanikus és elektromechanikus számolóeszközeivel kapcsolatban. Valamelyik főnáci hívta fel Zuse gépeire Hitler figyelmét,



6. ábra. Konrad Zuse könyve



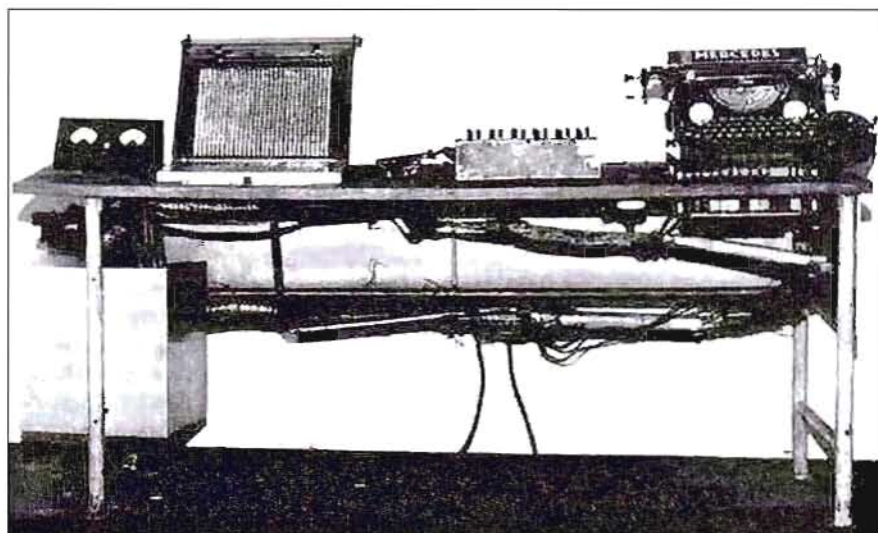
7. ábra. A teljes MESz-1 a múzeumban

mondván: van egy fiatalember, aki nagyon érdekes számoló eszközöket tervezett és épített, amivel repülőgép-sárkányok tervezéséhez végez számításokat. Érdemes lenne ezt a gépet a hadiiparban is felhasználni. Hitler a jelenést végig sem hallgatta, annyi mondtott: Nekem nem számológépekre, hanem hős német katonákra van szükségem. El is vesztették a háborút.

Kozma László – kiszabadulva a börtönből – már 1955-ben elhatározta, hogy a kapcsolástechnikát egy programozható, jelfogós, digitális számítógépen fogja a hallgatónak oktatni, azaz szavai szerint:

„Ennek a nevelőmunkának a lényege: rávezetni a mérnökjelölteket a kapcsolástechnika új gondolkodásmódjára, és ennek a munkának egyik igen alkalmas segédeszköze a most elkészült számológép. Ennek segítségével demonstrálni tudjuk bizonyos logikai feladatok megoldásait, és rá tudjuk irányítani a figyelmet arra, hogy a távbeszélőtechnika új feladatait magasabb kapcsolástechnikai szemlélettel tekintsék, beleéljék magukat ebbe a világba, és ezáltal alkalmasak legyenek a rájuk váró feladatok elvégzésére.” [2]

Kozma a géppel 1958 végére készült el, ez a gép (7. ábra és 8. ábra) te-



8. ábra. A MESz-1 vezérlőasztala a múzeumban



kinthető az első hazai számítógépnek, hiszen programozható volt. Igaz, nagyon kicsi volt a memóriája, ezért kicsi volt a gép kapacitása is, továbbá lassú is volt, de mégis megszületett az első hazai programvezérelt digitális számoló eszköz. A MESz-1 – miután alig volt memóriája – nem volt igazán tárolt programú, Neumann elvű gép, de segítségével sikeresen le lehetett futtatni néhány – viszonylag kis méretű – feladatot.

A gép egyik szorgalmas felhasználója Horváth Gyula volt, a Beloiannisz Gyár tervező memőke, aki Kozma László tanítványaként több telefonközpont tervezési feladatot is megoldott a műegyetemi gépen.

A hazai ipar és a tudomány azonban nem fordított megfelelő figyelmet a MESz-1-re, szinte figyelembe sem vette Kozma László kitünő alkotását. Úgy fogta fel, hogy valami elkészült a Műegyetemen, ami semmi másra nem alkalmas, mint oktatásra. Pedig ez csak részben volt igaz.

## Tarján Rezső

A másik börtöntörténet Tarján Rezső (9. ábra) nevéhez fűződik. Tarjánt, a Híradástechnikai Igazgatóság volt vezetőjét, 1953-ban tartóztatták le kémkedésért. A börtönben találkozott a hasonló „mondvacsinált bünökért” letartóztatott és elítélt Edelenyi László gépészmérnökkel és Hatvany József fizikussal. A KÖMI 401-ben – azt hiszem – Tarján javaslatára, aki már előzőleg is foglalkozott számoló eszközökkel, közösen találták ki, hogy egy elektronikus számológépet (akkor a számítógépet még így hívták) fognak tervezni és építeni.



9. ábra. Tarján Rezső

Tarján már középiskolás korában is lelkesedett a rádiózásért, ez az érdeklődése vezette matematikus-fizikusként az Egyesült Izzóba, majd, valószínűleg ezért vállalta el – rövid ideig, letartóztatásáig – a Híradástechnikai Igazgatóság vezetését. Az ötvenes évek elején a Postakísérleti Állomás helyettes vezetője is volt, feltehető, hogy itt találkozott Nemes Tihamér postamérnökkel, akiben a hazai kibernetikai kutatások úttörőjét tiszteljük. Így nem csodálható, hogy Tarján figyelmé már a letartóztatása előtt a kibernetika és a matematikai gépek felé fordult, sőt azt is valószínűnek tartom, hogy Hatvany Józseffel együtt hallottak és olvastak is az amerikai elektronikus számolóeszközökről, sőt talán Neumann János (10. ábra) munkásságáról is.

Tarján elmondta, hogy a börtönben nagyon jól el voltak látva szakirodalommal, mert az államvédelmiek hamar megértették, hogy komoly műszaki eredmény csak akkor születhet, ha a börtönben fogva tartott kutatók megfelelő szakirodalomhoz jutnak. Tarján és Hatvany ezért arra kérték az Államvédelmi Hatóságot, hogy a lehetséges nyugati szakirodalmat szerezzék be. Tarján azt mondta, hogy a kérésük beadása után – néhány nap alatt – az asztalukon volt a megfelelő – akár titkos – leírás is.

Azt sohasem tudták meg, hogyan sikerült a kért a dokumentumokat a szervezetnek megszereznie. (Itt kell megjegyezni, hogy Kozma László éppen az ellenkezőjét állította, ő hiába kérte az örököt, a letartóztatása alatt kizárólag a Híradástechnika folyóirathoz tudott csak hozzájutni.)

Miután Tarjánék kidolgozták egy elektronikus számoló berendezés megépítésének a vázlatát, a KÖMI 401 iroda – 1953 decemberében – (egy, gondolom általuk fogalmazott) levelet írt a Magyar Tudományos Akadémia III. (Matematikai és Fizikai) Osztályának, amelyben egy digitális vagy analóg számítógép megtervezésére és építésére tettek ajánlatot.

A második, részletesebb levelet (ik-tatószáma: 826/1954, mellékletek nélkül megmaradt az Akadémia levéltárában, és Szentiványi Tibor közölte először 1994-ben) 1954. február 2-i dátummal küldték el ugyancsak az Akadémia III. osztályának, amelyben – többek között – a következőket írták (szó szerinti idézet):

„Hivatkozással a. évi (sic!) december 11-i levelünkre, valamint a hozzánk

intézett felszólításra mellékelünk egy összehasonlítást, amelyben röviden ismertetjük mind a digitális, mind az analóg rendszerű számológépek elvi működését, majd ennek alapján felsoroljuk azokat a legfontosabb műszaki szempontokat /ideértve az importálandó alkatrészek és a hazai gyártási lehetőségek kérdését is/ amelyek a kérdés helyes megítéléséhez szükségesek.”

Azt hiszem, nem kell különösebben magyaráznom, hogy a levél – szerintem – rendkívül finom és intelligens provokáció volt, amelyre talán a technika történetében addig nem volt példa. A „jogerős” büntetésüket töltő rabok előbb a magas Akadémiának megmagyarázzák, hogyan kell modern eszközökkel tudományos számításokat végezni, majd – a levél folytatásában – ajánlatot tesznek a számológépnek a börtönben való megtervezésére és a börtönön kívüli kivitelezésére. Azt kérik például, hogy az Akadémia

- jelöljön ki egy intézetet, ahol a gép felállításra kerülne,
- ez az intézet bírálja el a börtönben készült terveket,
- szervezze meg az előzetes kísérleteket,
- amelyeknek az eredményét majd küldje el a börtönbe stb.

A levélben meg is jelölik a szoba jöhető intézeteket: Központi Fizikai Kutató Intézet, Műszaki Egyetem, Vezetéknélküli Híradástechnikai Tanszék és Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet. A levél fogalmazói 1955-ben szabadultak.

Tarján a második világháborút követően – baloldali elkötelezettsége és szaktudása révén – jelentős feladatokat kapott a hazai tudományos és műszaki fejlődés irányításában. 1947-től az Egyesült Izzóban dolgozott, majd rövid ideig a Híradástechnikai Iparigazgatóság vezetője volt. Az ötvenes évek elejétől a Posta Kísérleti Állomás helyettes vezetőjeként tevékenykedett – mi-



10. ábra. Neumann János magyaráz

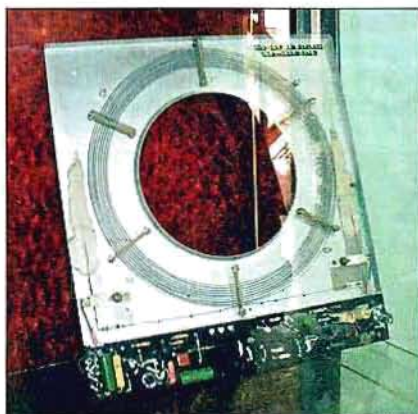


11. ábra. Az EDVAC

közben a hozzá oly közel álló kutatókat is folytatni tudta – az 1953. februári letartóztatásáig.

Két esztendővel később bekövetkező szabadulása – amiért barátai, köztük *Hajós György*, *Hevesi Gyula*, *Winter Ernő* minden követ megmozgattak – számára egy új életszakasz kezdőpontja. Haláláig, szinte minden energiáját a kibernetika jelentőségének hazai felismerésére és művelésének előmozdítására összpontosította (forrás: *Füzeséri András*).

Tarján Rezsőt – közvetlenül a kiszabadulása után, 1955-ben – valószínűleg az elítélését kompenzáló, bár két év börtönben ártatlanul eltöltött időt nehezen lehet kompenzálni, még két napot sem – az Akadémiától lehetőséget kapott az elektronikus számológéppel végzett kutatásokra. Kinevezték az MTA Méréstechnikai és Mérésügyi Intézetben a részére megalakított Számológép Osztály vezetőjének.



12. ábra. A temesvári egyetemen kifejlesztett, nikkel művonalas tároló

Tarján – az általa kezdeményezett kutatásokból utólag megállapítható – valószínűleg vagy az ENIAC-hoz (bár ez kevésbé valószínű), de inkább a Neumann János által tervezett és kifejlesztett EDVAC géphez (11. ábra) hasonló soros, programozható, *Neumann elvű* számítógépet szeretett volna építeni. A gépnek már neve is volt, Tarján *B-1*-nek (*Budapest-1*-nek) nevezte el. Érdekes volt, nem az 1952-ben elkészült, IAS (ugyancsak Neumann elvű), párhuzamos számítógép kópiájának az építését célozta meg, valószínűleg azért nem, mert az még viszonylag friss fejlesztésű gép volt, ezért Magyarországon erről a gépről kevesebb szakirodalom állt a rendelkezésére. Erre utal, hogy az MTA MMI-ben, az egyik – általa is többször hivatkozott – legfontosabb kutatás egy nikkell alapú késleltető művonalas tároló (regiszter) fejlesztésére irányult (12. ábra), ami – akkor – a soros számítógépek egyik legfontosabb memória- (regiszter-) eleme volt.

Közvetlenül a halála előtt beszélgettem Tarján Rezsővel, aki elmondta, hogy – ebben az időben – látogatást tett *Maurice Wilkes*-nél Londonban, aki megépítette az amerikai EDVAC mását, aminek az EDSAC nevet adta. Wilkes – amikor megtudta, hogy Tarján is számítógépet akar építeni – felajánlotta, hogy szívesen ad egy higanyos késleltető művonalat. Ezt az EDSAC-ban alkalmazta, s ezt Tarján elhozhatja Magyarországra. Végül nem hozta el, mert a szerkezet – gondolom, a benne levő higany miatt is – olyan nehéz volt, hogy a repülőben gondjai lettek volna vele.

### MTA Kibernetikai Kutató Csoport

Az Akadémia 1956 szeptemberében lehetőséget adott Tarján Rezsőnek, hogy az MTA MMI számológép osztálya helyett, az Akadémia V., Nádor utca 7. sz. alatti épületében, önálló intézményként megalakuljon az *MTA Kibernetikai Kutató Csoport (MTA KKC)* (13. ábra). Az intézmény vezetőjévé – amit nem szívesen vett tudomásul – egy korábbi szovjet emigráns mérnököt, *Varga Sándort* – Gerő Ernő Titkárságán a Nemzetközi Gazdasági Kapcsolatok szovjet relációjú főosztálya vezetőjét – nevezték ki. Varga, aki Varga Jenő valamikori, 1919-es népbiztosnak volt az unokaöccse, első osztályú káder volt, a II. világháború után tért haza. Róla az a pletyka járta, hogy a háború alatt a T-34-es tankok ágyútornyának a moz-



13. ábra. Az MTA Kibernetikai Kutató Csoport néhai székhelye a Nádor utcában

gató automatikáját tervezte. Erre egyszer, egy barátságos pillanatában rákérdeztem, a kérdésemre a pletykát nem tagadta, de meg sem erősítette. (14. ábra)

Tarján a tudományos igazgatóhelyettesi státust kapta.

1957 közepén az MTA hozzájárulásával, a KKC-t létszámban továbbfejlesztették, ekkor lettem én is – két évfolyamtársammal, *Molnár Imrével* és *Podhradszky Sándorral*, továbbá frissen végzett, de már előbb felvett matematikusokkal, *Dömölki Bálinttal*, *Szelezsán Jánossal* és *Márkus Emiliával* – az intézmény munkatársa.

A KKC érdekes figurája volt *Münnich Antal* (15. ábra), aki közöttünk mindvégig magányos farkasnak volt tekinthető. Legtöbbször a könyvtárban tartózkodott, több nyelven beszélt, nagy mennyiségű szakirodalmat rendelt meg, amelyeket a könyvtárban olvasgatott. Az volt róla a vélemény, hogy csak inputja van, outputja nincs. Általában nem szólt hozzá a Tarján-féle számítógép elképzelésekhez, legfeljebb akkor, ha kérdezték. Azt hiszem, a mi számítógépet építő munkánk sem nagyon érdekelte.

A hazai számítástechnika történet egy alkotásában azonban megőrizte a nevét. Tarján nyomán a gépet, amit épi-



14. ábra. Varga Sándor hátul a falnál, elől Drasny József



15. ábra. Münnich Antal, aki kitalálta a „számítógép” kifejezést

teni szerettünk volna – megkülönböztetésül minden más számoló berendezéstől – digitális, automatikus, programozható számológépnek neveztük. Ezért – egymás között – „pályázatot” írtunk ki, hogy a sok szóból álló megnevezés helyett találjunk ki az angol *computer* (amely *John Vincent Atanasoff* leleménye, a szó eredeti jelentése: a géppel számoló ember) szóhoz hasonló rövid, találó magyar kifejezést. Münnich Antal lett a nyertes, a *számítógép* elnevezést javasolta, majd a továbbiakban ebből képeztük a *számítástechnika*, *számítóközpont*, *számítógép-tudomány* stb. ma már közismert kifejezéseket, amelyeket a sajtó és a közvélemény nagyon gyorsan elfogadott.

Érdekes módon a matematikusok a megszületésétől kezdve egészen a mai napig nem használják a számítógép elnevezést, még mindig – legfeljebb jelzős összetételben – számológépről, esetleg programozható számológépről beszélnek és írnak.

Gyakori vendég volt a laboratóriumunkban a már említett *Nemes Tihamér*



16. ábra. Nemes Tihamér

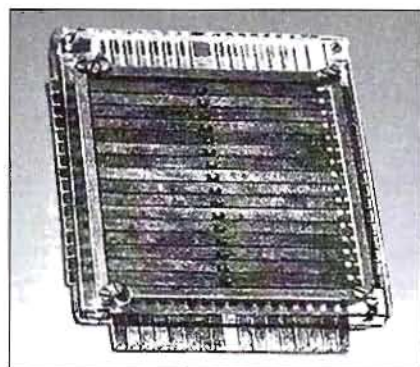
*mér* postamérnök (16. ábra), aki már a harmincas években is kibernetikával foglalkozott, amikor az még „fel sem volt találva”, hiszen *Norbert Wiener* csak 1948-ban írta le a kibernetika tudományának a főbb jellemzőit. Nemes Tihamérnak az emberi cselekvés modellezése volt a kedvenc témája. Olyan eszközöket tervezett, amivel valamiféle emberi tevékenységet lehetett okos géppel helyettesíteni.

Számtalan találmánya volt, így például tervezett logikai gépeket (17. ábra). A *zseblogikai gépet* úgy kellett volna logikai feladatok megoldására használni, mint számolásra a logarlécet. Szabadalmat nyújtott be egy sakkzó automatára, amivel az emberi gondolkodást utánozta, televíziós találmányai is voltak, amelyekkel a szem működését próbálta modellálni, feltalálta a járógépet, beszédiró gépet stb. Igaz, a találmányai közül – főleg a technika akkori elmaradottsága miatt – csak nagyon keveset tudott megvalósítani.

Nagyon érdekelte a számítógép, amit a KKCs-ben fejlesztettünk, amikor bejött a laboratóriumba, szinte leállt a munka, mert a tevékenységünkkel kapcsolatban mindig nagyon érdekes beszélgetés alakult ki közöttünk. Nemes Tihamér sokat tudott a számítógépek gépesítéséről, és így kitűnően tudott kérdezni, miközben tanított bennünket.

Az nyilvánvaló volt, hogy Tarján Rezsőnek a korábbi elgondolásainak megfelelő, saját tervezésű számítógép megalkotása volt a célja. Tarján a KKCs-ben építendő gépnek is a börtönben elhatározott nevet adta: B-1 (Budapest-1).

Amikor beléptünk az MTA KKCs-be, Tarján a laboratóriumban minden-



17. ábra. A zseblogikai gép

kinek adott feladatot, mindenféle elektroncsöves áramköröket (bistabil, monostabil multivibrátorokat, kapuáramköröket stb.) kellett terveznünk és építenünk. Nekem például, egy bistabil multivibrátorokból összeállított 8 bites regisztert kellett megterveznem és megépítenem. (18. ábra). A feladatot Tarján még azzal is bonyolította, hogy egy olyan regisztert készítsék, ami más áramköröktől veszi át az információt, ezért a bistabil multivibrátorok elé egy diódákiból kialakított kapurendszert kellett még illesztenem.

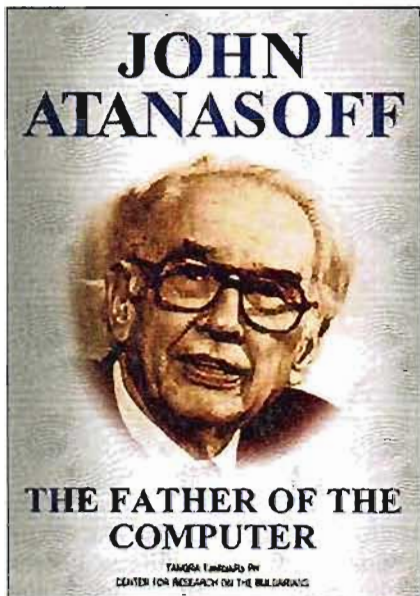
Nos, a Magyarországon akkoriban gyártott germánium diódák, pontosabban ezeknek a hőmérséklettől való függése okozta a legnagyobb problémát. Például télen a megépült rendszert este még úgy hagyhattam ott, hogy jól működött, reggelre viszont a laboratórium kihűlt, s a regisztert már el sem tudtam indítani.

A többi kollégámnak is hasonló problémái voltak. Dolgoztunk, de nem túl sok eredménnyel.

A matematikusok és közgazdászok is folyamatosan tevékenykedtek, a majdan megépülő számítógép működteté-



18. ábra. Itt készült az M-3. Az íróasztalom, ahol az áramköröket terveztem



19. ábra. John Vincent Atanasoff

séhez dolgoztak ki például utasítás-rendszeri, tanulmányozták a programok megírásához szükséges numerikus módszereket.

Azt hiszem, ezzel a munkával lényegesen előrébb voltak, mint mi a B-1-es gép megtervezésével.

A legnagyobb problémánk az volt, hogy még egyikünk sem látott igazi elektronikus számoló berendezést, különösen nem számítógépet, így valójában nem tudtuk, hogy mit miért fejlesztünk.

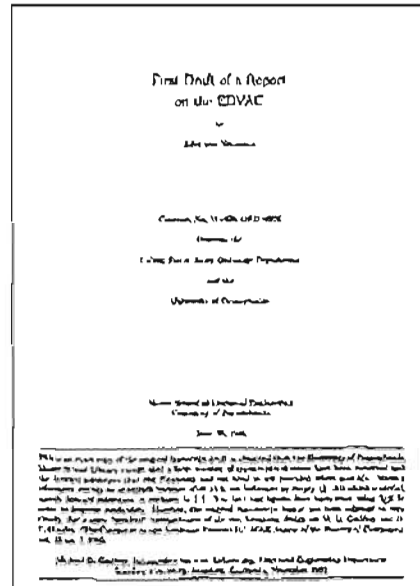
Ebben az időben, a számítástechnikában csak kevés eredeti alkotó volt, aki a saját elgondolásainak megfelelően tervezett volna számológépet. A jellegős gépek esetében Howard Aiken, George Robert Stibitz és persze Kozima László, az elektronikus gépek alkotói közül John Vincent Atanasoff (ő volt az első, 19. ábra) és Neumann János. Mi többiek csak másoltunk. Az ENIAC sem volt eredeti alkotás, John Mauchly matematikus és Presper Eckert villamosmérnök Atanasoff elmondása után az ABC (Atanasoff-Berry Computer) gépnek az elemeit másolta le. Mauchly írt a hallottakból egy tanulmányt, amit felajánlott Herman Goldstine főhadnagy matematikusnak, aki a hadsereg részére – készülvén a háborúra – a lövelemek számításához éppen valami nagyon gyors számoló berendezést keresett. A dologban egyetlen dolog hibádzott: Mauchly a tanulmányban elhallgatta, hogy a javaslata Atanasoff elgondolásain alapszik. Goldstine-nak a javaslat megtetszett, elfogadta a hadügyminisztériumban, s a Pennsylvanai Egyetemen a Moore School-ban hamarosan elkezdődött az ENIAC építése (20. ábra).

Ez a gép – Neumann szavaival – zsákutca volt, mert szinte nem lehetett programozni, így nagyon nehézkesen lehetett rajta feladatokat megoldani.

A következő gép, az EDVAC (21. ábra) terveit, már – okulva az ENIAC



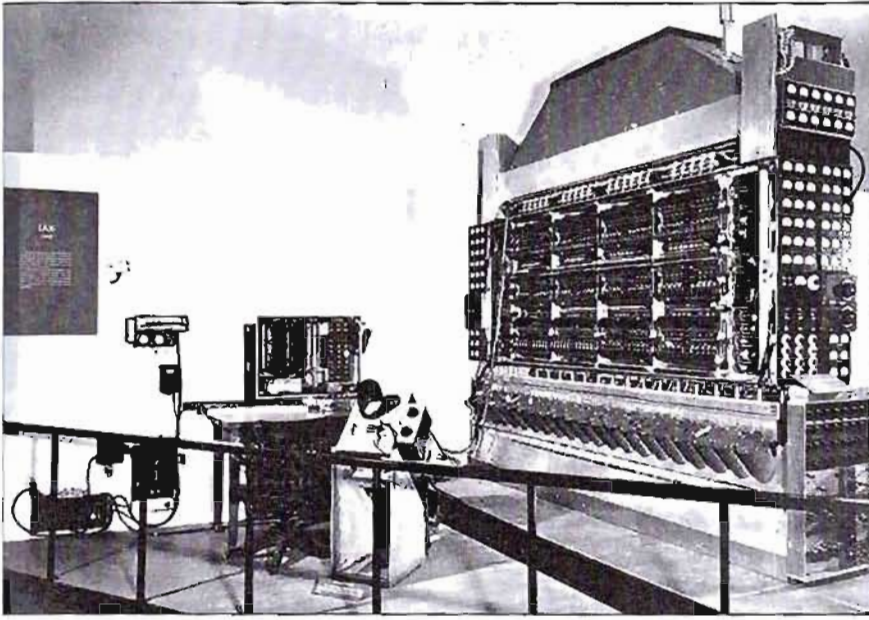
20. ábra. Az ENIAC alkotói. Balról a negyedik H. H. Goldstine főhadnagy



21. ábra. Az EDVAC első leírása

hibáiból – Neumann János egyedül alkotta meg, ez volt az első, programozható, Neumann elvű gép, de soros számítógép lévén ez sem volt igazán követhető konstrukció, amit elsőként maga Neumann János jelentett ki. Bár a gépnek elég sok másolata született (minden intézmény a saját gépén változtatott valamit), de az alapelvük azonos volt. Az EDVAC klónok sora: pl. az angol EDSAC (érdekes módon az EDSAC előbb készült el, mint az EDVAC, amiről Maurice Wilkes a gépet másolta), a svéd BESK és a dán DASK (Danish BESK). Az EDVAC másolata volt Mauchly-Eckert páros következő gépe, az amerikai BINAC is. Neumann – az EDVAC megépítése után – nem foglalkozott tovább sem a gép programozásával, sem a gép továbbfejlesztésével. Új utakat keresett és talált.

1946-ban indult és 1952-ben készült el Neumann János még ma is korszerű, Neumann elven épült, párhuzamos architektúrájú gépe, az IAS Computer (22. ábra), amit azért tekinthetünk minden mai számítógép „nagyapájának,” mert a számítógépek még ma is ezzel az architektúrával épülnek! Ezt a gépet is nagyon sokan lemásolták, már csak azért is, mert Neumann János és Herman Goldstine, a csapat vezetői és a fejlesztés első számú irányítói, a terveket nem védtek meg szabadalmakkal, hanem az egyes részek megszületése után azonnal elküldték azoknak az intézményeknek – elsősorban egyetemeknek és ismerős gyári fejlesztőiknek – akik számítógépeket akartak építeni.



22. ábra. Az IAS Computer az első washingtoni számítógép-kiállításon

Hamarosan megépültek az IAS gép klónjai (a teljesség igénye nélkül, Amerikában például az JLLIAC, az ORDVAC, a MANIAC stb., sőt a soros számítógépnek indult, majd párhuzamos számítógépre változott – Mauchly és Eckert által sorozatban gyártott – UNIVAC gépek is.

Angliában pl. az ICL gépek, Franciaországban pl. a BULL sorozat, a CII sorozat, a Szovjetunióban az M sorozat, a MINSzK-ek (23. ábra), a Razdan és mások.

Romániában a MECIPT-1 (24. ábra) és -2, mindkettőt az IAS gép ihlette, de a gépek Josef Kaufmann és Viliam Löwenfeld eredeti konstrukciói és nem másolatok voltak.

Magyarországon az első elektronikus számítógép az M-3 (25. ábra), majd a '60-as években az EMG 803 és a KFKI TPA sorozata is Neumann elvű gép volt, ha úgy tetszik valamennyien az IAS számítógép klónjai. Ezek a gépek tehát egy minta gép után, esetleg leírásokból, a fejlesztők saját ötleteit is beleépítve jöttek létre, originális, saját elgondolásból fakadó gép a technika-történetben csak kevés épült.

A B-1 lehet, hogy ilyen lett volna, csak senki nem volt, aki az originális elgondolást papírra tudta volna venni, és amelynek alapján a gép tervezését, majd az építését el tudtuk volna kezdeni. Maga Tarján Rezső is csak felületesen ismerte a számítógépeket, nem olyan mélyen és részletesen, hogy egy önálló gépet meg tudott volna tervezni.

Bizonyos részleteket ismert, amelyeket az olvasmányai nyomán meg is értett, mi pedig ezeket a részleteket (pl. a regisztereket) próbáltuk meg a laboratóriumban megvalósítani.

Nem sértve Tarján Rezső emlékét, valószínűleg kimondható, a B-1 gép sohasem tudott volna a KKCs-ben megszületni.

Varga Sándor viszont egy pragmatikus villamosmérnök volt, aki a KKCs-ben nem kísérletezni és kutatni akart, hanem működő számítógépet építeni. Szerintem pontosan tudta,

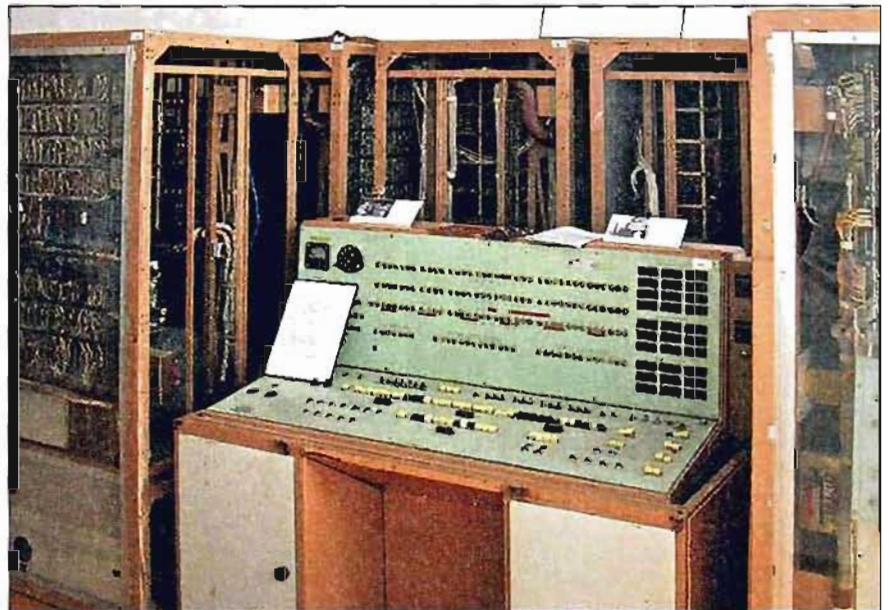
hogy a csapat, akinek a feladatot meg kellett oldania, mire képes, de erről – miután meglehetősen zárkózott ember volt – senkivel nem beszélt. Gondolom, Tarján Rezsővel, a tudományos helyettesével sem.

Gyakran sétált a laboratóriumban, néha megállt és megkérdezte, hogyan megy a munka, de kérdés nélkül is látta, hogy lassan, sok hibával és döcögve. Közben a Magyar Tudományos Akadémia – Varga és Tarján közreműködésével – lépéseket tett a Szovjetunióban egy elektroncsöves URAL számítógép beszerzésére, de a szovjet féltől elutasító választ kapott.

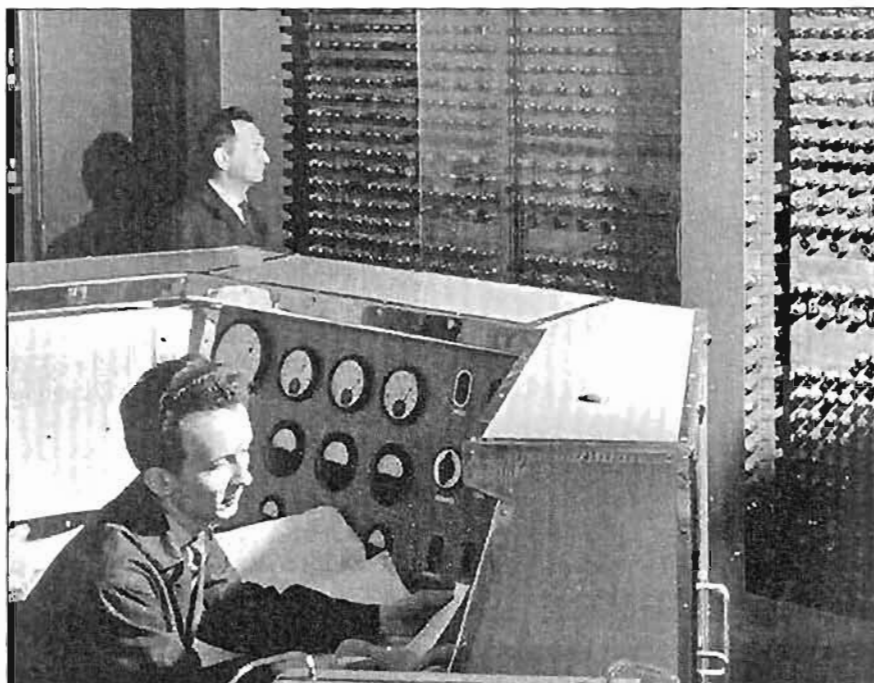
Ma úgy gondolom, hogy 1957-ben – a majdan sorozatban gyártandó – URAL számítógép még fejlesztés alatt állt, így azt a magyarok hiába rendelik meg, az oroszok nem tudták volna Penzából szállítani. Más eladható és szállítható – sorozatban gyártott – szovjet számítógép pedig még nem volt.

Varga ekkor bevetette szovjet kapcsolatait. A legmegfelelőbb megoldásnak az látszott, hogy a KKCs és valamelyik szovjet partner közösen kiválaszt egy – akkor még csak a tervezőasztalon fekvő, legfeljebb deszkamodellben megvalósult – gépet, amit Magyarországon a KKCs megépít. A kiválasztott gép a Moszkvai Energetikai Kutatóintézetben tervezett M-3 számítógép volt.

Ugyanígy harározott Kína (Peking), illetve a Szovjetunióban Észtország (Tallin), Örményország (Jereván) vala-



23. ábra. A MINSzK-22 szovjet számítógép



24. ábra. A MECIPT-1 román számítógép, mellette Lőwenfeld és Baltac

mint a gépet sorozatban gyártó, Fehéroroszország (Minszk). Az M-3 minden bizonnyal a helyi megépítésre a legalkalmasabb gépnek látszott, s feltehető, hogy a felsorolt intézmények is ezért választották ennek a tervnek a megvalósítását. Arról nem is beszélve, hogy mint utóbb kiderült, a feladat a KKCs „csikó-csapatának” a képességeit sem haladta meg.

Varga Sándor – akit végül Tarján Rezső is támogaton – úgy döntött, hogy a KKCs elfogadja a moszkvai Energeti-

kai Kutatóintézet javaslatát és megépíti az M-3 számítógépet.

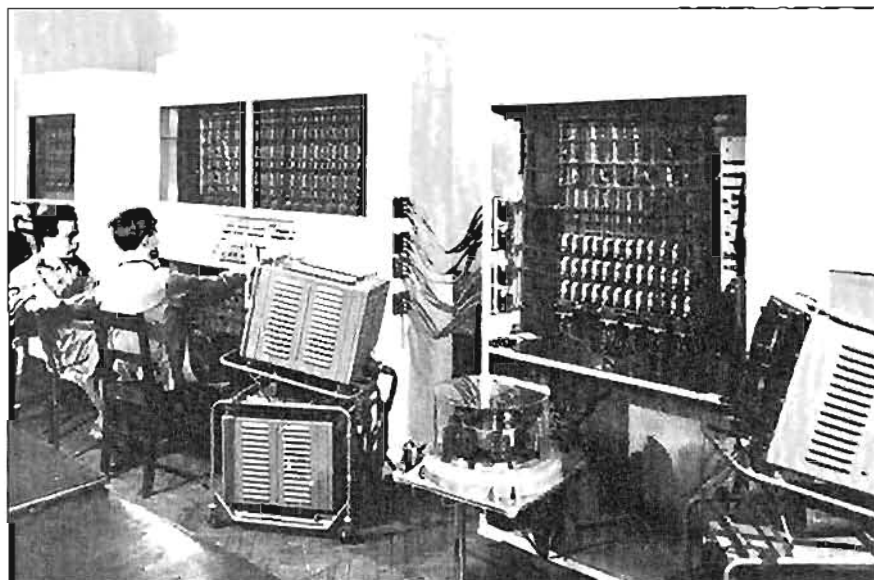
Emlékezetem szerint a dokumentációk – a KGST-ben szokásos (előírt) ingyenes tudományos tapasztalatsere keretében hamarosan, még 1957-ben – megérkeztek Budapestre a KKCs-be.

Egy másik elhatározás is született, a tervek mellé a szovjet fél egy komplett gép megépítéséhez a szükséges alkatrészmenyiséget (és az üzemeltetéshez tartalek alkatrészeket) is küld – a tömbler-kapcsolóktól, az elektroncsö-

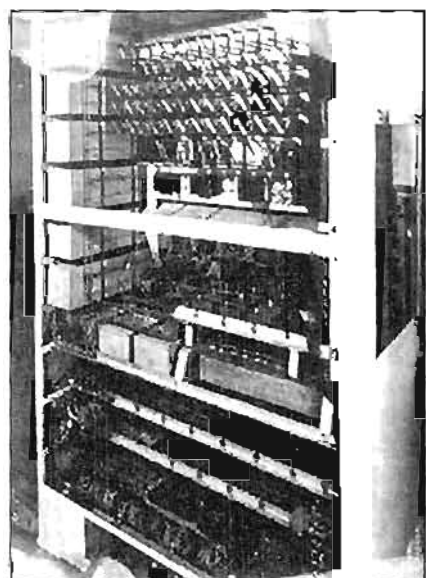
veken keresztül egészen a kábel-csatlakozókig és a kuprox-diódákig, amiből a gép felépíthető volt. Végül a döntés némileg módosult, ugyanis a gép megépítéséhez idehaza, a REMIX gyártól vásároltuk meg az ellenállásokat és a kondenzátorokat, amelyek – az üzemeltetés során – kitűnően beváltak. Kaptunk a gép energia-ellátásához egy motorgenerátort is. A hozzá kapcsolható tápegységet (26. ábra) azonban Molnár Imrével ketten terveztük és építettük meg. Egyébként a motorgenerátorra (egy villamos motor közös tengelyen egy 400 Hz-es generátorral) azért volt szükség, hogy a számítógépet a hálózati zavaroktól elválasszuk.

A gép elkészítéséhez megkaptuk a mechanikus elemeknek is – szekrényeknek, az alegységeknek, a mágnesdobnak, a nyomtatónak, a lyukszalagolvasónak stb. – a dokumentációját, amelyeket először Dr. Edelényi László főmérnök és csapata magyarosított, ugyanis a szovjet szabvány a magyartól különbözik, ezért a mechanikát át kellett tervezni. Talán ezért sem készült el a nyomtató és a lyukszalagolvasó, bár ezeknek a dokumentációjára nem emlékezem.

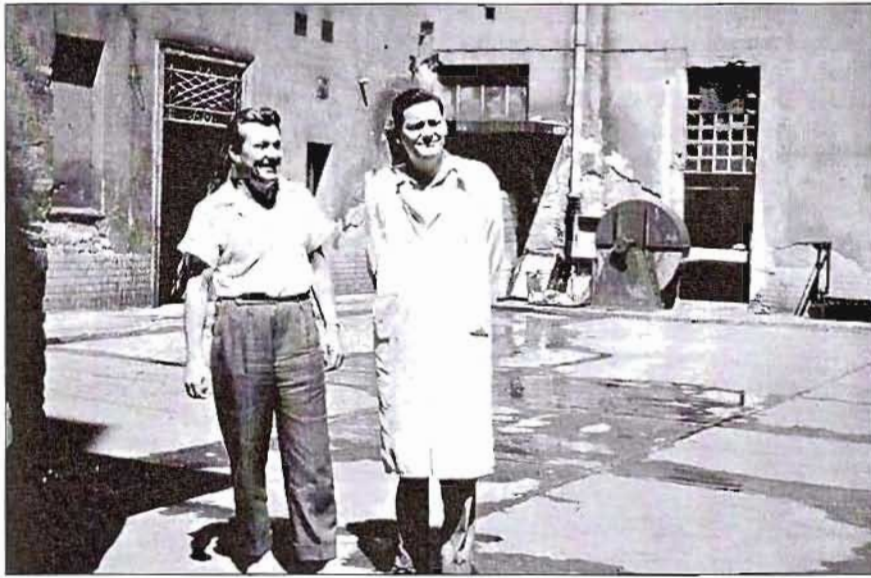
A mechanikai munkára a Nádor utca 7. udvarában (27. ábra) egy kis műhely és gépészeti tervezőiroda, majd elektromos szerelőműhely épült, amelyet igen modern szerszámgépekkel szereltek fel. Megalakult az elektromos szerelőműhely is. Az ott dolgozó körülbelül 10-15 hölgynek az volt a feladata, hogy a műhelyben gyártott mechanikai alkatrészekből, valamint az itthon vásá-



25. ábra. Az M-3, előtte a szerző és Dömölki Bálint



26. ábra. Az M-3 tápegysége



27. ábra. A KKCs műhelye az udvarban. Előtte Podhradszky Sándor és Szentiványi Tibor



28. ábra. Vasvári György

rolt, illetve a Szovjetunióból kapott elektromos és elektronikus elemekből készítse el a panelek huzalozását, valamint építse meg az alegységeket és alakítsa ki a paneleken belüli kábelnyalábokat, illetve a szekrényeket összekötő kábeleket.

A műhely munkáját először Szanyi László, majd hamarosan Vasvári György igazgatóhelyettes irányította (28. ábra). Úgy emlékszem, hogy a gép építése – a dokumentáció megérkezése után – még 1957-ben megindult.

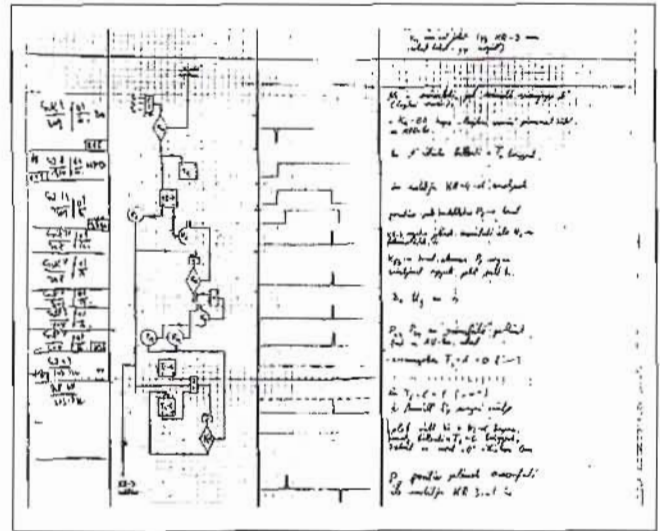
Először a szekrények és az alegységek mechanikai részei készültek el. Nagyon büszkék voltunk, amikor a hatalmas elemeket beállítottuk az új, első

emeleti gépterembe. Szinte ugyanakkor szállították át az elektromos műhelyből a paneleket, amelyekre felkerültek a csatlakozók (jacsejkák) és azok a bakelit lábak, amelyekre az alegységeket összekötő huzalok kerültek. Ezzel elindulhatott a csatlakozók beforasztása.

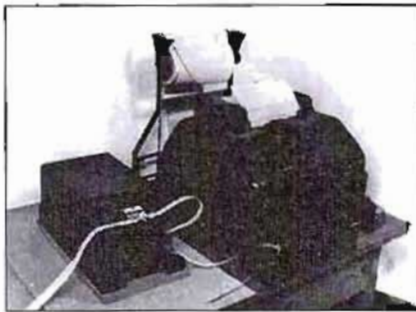
Létrejött a gép építéséért felelős mérnöki csoport, amelynek a vezetőjévé Varga Sándor Dömölki Bálint matematikust (29. ábra) nevezte ki. Műszaki vezetőként engem bizott meg Bálint helyettesítésével és a műszaki (villamosmérnöki) feladatok levezénylésével. Dömölki – amint utólag kiderült – a lehető legjobb választás volt, hiszen az ő dolga volt a műszaki rajzokból a gép működésének a megértése. Ma is állítom, hogy rajta kívül – akkor – nem volt sem a KKCs-ben, sem az országban senki, aki ezt a feladatot meg tudta volna oldani. Kitalált egy nagyon szellemes ábrázolási módot (grafikus dokumentációt), ami egyszerre volt áramköri, logikai és műszaki rajz, a gép működésének a grafikai leírása. (30. ábra) Később, amikor a gépen hibát javítottunk, ezt a rajzot és nem az eredeti dokumentációt használtuk fel a gépi áramkörökben való eligazodáshoz. A mérnöki csoport további két munkatársa Molnár Imre és Podhradszky Sándor volt. Nem sokkal később csatlakozott hozzánk Drasny József, Szentiványi Tibor és Németh Pál is. Külső szakértőként – elsősorban a be- és kiviteli készülékek, egy Siemens 100-as géptáviró (adó és vevő, 31. ábra) csatlakoztatására – együtt dolgozott velünk Horváth László postamérnök és Csikós



29. ábra. Vasvári György és Dömölki Bálint



30. ábra. A Dömölki-féle grafikus leírás



31. ábra. A Siemens 100-as géptáviró

László postaműszerész, akik az I/O készülékekért felelős Podhradzky Sándornak segítettek.

„Az M-3 építését a Magyar Tudományos Akadémia Kibernetikai Kutató Csoportja 1958 januárjában kezdte meg szovjet dokumentáció alapján. Az 1958-as év a gép építésével, az 1959-es év a gép üzembe helyezésével és a megfelelő üzembiztonság elérésével telt el. A gép rendszeres üzemeltetése 1960-ban kezdődött meg, noha már az 1959-es év második felében is oldottunk meg a gépen egyes feladatokat.”[4]

### Működni kezd az M-3

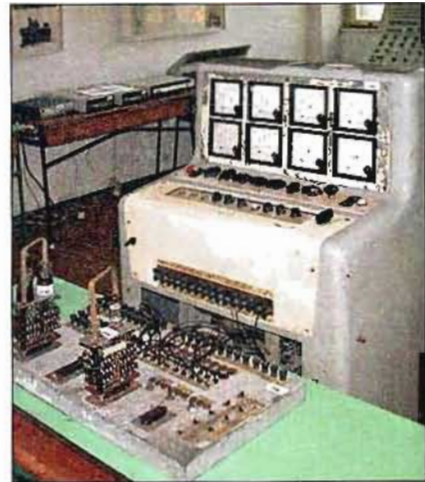
Az M-3 gép építése két lépcsőben történt. Először – minden változtatás nélkül, pontosan követtük a szovjet dokumentáció előírásait. A gép Minszkben, Tallinban, Pekingben és nálunk nagyjából egy időben épült, míg Jerevánban – Razdan néven (32. ábra), sok változtatással – egy kicsit később. Miután semmit sem tudtunk egymásról, ezért minden intézménynek magának kellett a



32. ábra. A RAZDAN számítógép vezérlőasztala

tervezés során óhatatlanul a dokumentációban maradt tervezési-áramkörti hibákat kijavítani. Emlékszem, az összeadó áramkört – amikor a dokumentációnak megfelelően – megépítettük és kipróbáltuk, a műveletet az elkészült regiszterek nem tudták végrehajtani. Kiderült, hogy az alkalmazott módszer szerint az átvitelképzést nem egy időben, hanem bitenként egymás után – egészen csekély – késlettel kell elvégezni. Beépítettünk az átviteli „D” regiszter minden alegységébe egy-egy késleltető tagot, és a gép máris tudott összeadni. Azt hiszem, Drasny József találta meg és javította ki a hibát. Természetesen a probléma Minszkben is felmerült, a D regiszterben ott is késleltetni kellett, de a kijavításra más megoldást találtak.

Problémák voltak a csöves kapukkal is. Az egyik fajta ÉS funkciót a tervezők egy 6Zs4 pentódával oldották meg. A csőnek a vezérlőrácsára ment a jel, ami a kapuzás egyik feltétele volt, s ezt általában egy monostabil multivibrátor állította elő. A cső harmadik rácsára adott túszerű időzítő jel indította el a logikai folyamatot. A kettőnek egy időben kellett megérkeznie, hogy az anódellenálláson megjelenő – az adott logikai feltételeknek megfelelő – kimenőjel ugyancsak túszerű legyen, és az adott időpontban érkezzen a következő áramkör bemenetelére. Napokba került, amíg az időzítési hibát felfedeztük, nevezetesen a monostabil áramkörök jelei nem voltak egyenlő hosszúak. Ugyanis a kimenő jel hossza attól függött, hogy a multivibrátorok mennyire pontos és egyforma alkatrészekből voltak felépítve. Egy kicsit igazítottunk a

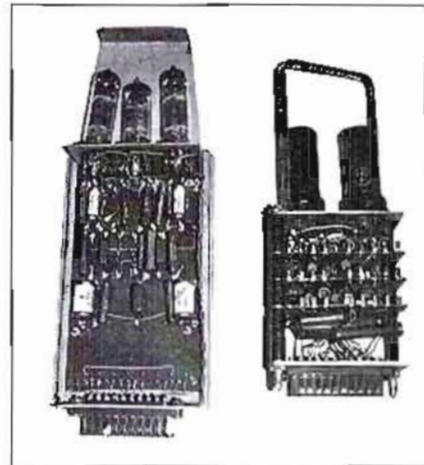


33. ábra. Az M-3 alegységvizsgáló berendezése

jelek időzítésén és az áramkör máris kitűnően működött.

Ez volt az egyik oka annak, hogy – ha jól emlékszem, 1958-ban – terveztem egy alegységvizsgáló készüléket (33. ábra), amelyen nem csak ezeket a „kényes” alegységeket lehetett beállítani, hanem később – amikor a gépet már üzemeltettük – a hibás alegységeket is be lehetett mérni és ki lehetett javítani. A vizsgálóba több – az akkori viszonyoknak megfelelő – pontos impulzusgenerátort terveztem és építettem be, amivel a gépen előforduló minden fajta impulzust elő tudtam állítani. Az elkészülésétől kezdve igen jó helyzetbe kerültünk, mert az alegységeket – a géptől függetlenül – is be tudtuk mérni. (34. ábra)

Nem csak a hibákat javítottuk ki, hanem néhány újítást is beépítettünk a gépbe, bár ez már csak később történt, amikor a gép már ment. Talán a legna-



34. ábra. M-3 alegységek: jobbra a régi, balra az újabb típus



gyobb változtatást néhány új – Dömölki által kitalált – utasítás megépítése jelentette, amelyeknek a segítségével bizonyos programokat a matematikusok rövidebben tudtak megírni. Ezzel a gépünk a többi, más országban működő M-3 géppel a kompatibilitását teljesen elvesztette, de ezzel akkor a programozóink nem törődtek.

Egyrészt a többi M-3-mal szinte egyáltalán nem volt munkakapcsolatunk, így szóba sem jött a programcsere bármelyik ország M-3 programozóival és számítóközpontjával, másrészt nem lévén a gépnek nagy memóriája, a programokat mindenkinek újra kellett írni.

Humoros esetek is történtek. Viszonylag közel a bejáráshoz volt egy hirdetőtábla, amelyre különféle közleményeket tűztek ki az illetékesek. Valamilyik matematikus felfedezte, hogy a táblára szakmai híreket is fel lehet tenni. Már nem tudom, ki volt az első szerző, aki a táblára feltett egy megírt programot, ami mellé – mint üzenetet – odaírta: „Ha valaki úgy tudja (rövidebbre) átírni a programot, hogy azzal egy utasítást megtakarít és így belefér az 1 kszó kapacitású memóriába, egy üveg sörért jelentkezzen nálam”. Ettől kezdve a sör díjazású közlemények száma a hirdetőtáblán alaposan megsaporodott.

Azután elkövetkezett az a fontos pillanat (ami már valószínűleg 1958 vége felé lehetett), amikor a gép minden egyes részét már töviről hegyére kipróbáltuk, és részleteiben minden kiválóan ment. Elhatározhattuk tehát, hogy a gép egyes részeit összekötjük, és az egész gépet egyben is elindítjuk.

Azt hiszem, mindhalálig emlékezetes emlékem maradt, ahogyan a gép elindult, erre egyébként mindenki – aki ott volt – másként emlékszik (35. ábra). Én a magam változatát mondom el.

Akkor már néhány napja – éjjel és nappal – valamennyien bent voltunk a KKCs-ben, vártuk az indulás nagy pillanatát. Senki sem akart haza menni, Varga Sándor, az igazgató sem. Amint mondtam, a gép részegységeit teszteltük, együtt az egész gépet még nem. A matematikusok programokat írtak, abban azonban sincs egyetértés, hogy ki-nek a programja futott le először a gépen. Dömölki Bálint azt mondja, az övé. Szelezsán Jánosnak az a véleménye, hogy inkább az övé, a főiskolán így is tanítja. Én azt hiszem, hogy Veidinger Lászlóé. Úgy emlékszem, hogy Varga Sándor felszólítására – na-



35. ábra. Az M-3 alkotói

pokkal előbb – Veidinger Laci írt néhány programot, amelynek a szalagait egy – ha az emlékezetem nem csal – műanyag szappanos dobozban tartotta. Elkézdük az egész gép tesztelését. Óriási izgalomban voltunk, hogy megy-e a gép, vagy nem megy, mert egy cső bár-mikor elromolhatott, s akkor a gépet ismét meg kellett javítani.

Laci ült a szobájában, azt hiszem a székében aludt, néha – félálomban, tá-molyogva – bejött hozzánk, mindig ugyanazt mondta: Urak! Futtathatok? Miután nem válaszoltunk, kiment és aludt tovább.

Hirtelen úgy nézett ki, minden megy! Laci bejött, betette valamelyik szalagját és indított. A lámpák villogtak, majd minden leállt. Mi azonnal elkezdük volna a gépet javítani, de néhány perc alatt kiderült, nincs rá szükség. A gép a feladatot jól kiszámolta.

Elindult az első hazai számítógép! A pillanat jelentőségével akkor mi egyáltalán nem voltunk tisztában, hogy nálunk ekkor kezdődhetett el az információs társadalom.

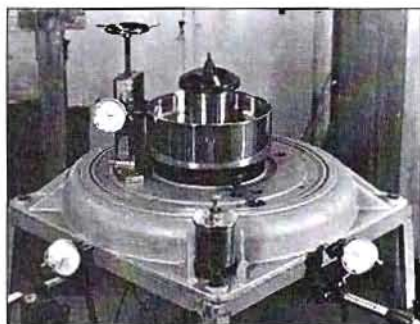
Utána persze minden elkészült program lefutott, bemutathattuk a gépet az akadémikusoknak is, majd pedig következett a számítógép rendszeres használata.

Érdekes módon az Akadémia nagyjai – elsősorban a matematikus akadémikusok egy része, például Hajós György, Turán Pál, Egerváry Jenő és

mások – nem nagyon szívezték bennünket, de a számítógépet sem, felesleges eszköznek tartották, ezért egyre másra indítottak vizsgálatokat ellenünk. Ezek a korabeli nagy matematikusok ugyanis azt vallották, egyáltalán nincs szükség egy olyan számítógépre, mint amit mi építettünk. Csak néhányan ismerték el a munkánkat, sőt csak néhányan ismerték el, hogy az országnak egy elektronikus számítógépre – az ötvenes-hatvanas években – egyáltalán szüksége van! Valójában csak két nagy matematikus állt nyíltan mellénk: Kalmár László (36. ábra) és Péter Rózsa. Szimpatizált velünk Kozma László is, aki – bár szeretett bennünket –



36. ábra. Kalmár László akadémikus



37. ábra. A mágnesdob-mechanika mérése és precíziós beállítása

csak egy dologban vitatkozott velünk, pontosabban Tarján Rczsóval az Akadémián rendezett tanácskozásokon: nem értett egyet az M-3-nál alkalmazott elektroncsöves technikával. Az elektroncsövek korszakát – néhány műszaki akadémikussal ellentétben – túlhaladottnak tartotta. (Ma már tudom: igazza volt!)

A KKCs és – természetesen – a mi ellenünk irányuló ellenszenvnek, azt hiszem, az volt az oka, hogy az Akadémián belül mi, a III. (Matematikai-Fizikai) Osztályhoz tartoztunk, a Csoport felügyeletét az Osztály látta el, ami azt jelentette, hogy a KKCs nem kevés költségvetését is az Osztály állta. Több-ször is át akartak bennünket adni a VI. (Műszaki) Osztálynak, de nekik sem kellettünk, ők sem nagyon ismerték fel a számítógépek jelentőségét. A számítástechnika és a számítógép akkor még nem igazán volt elfogadott tudománya a tudós testületeknek. A matematikusaink az első tudományos fokozataikat – számítástechnikából – a Szovjetunióban szereztek. Ráadásul az akadémikusok sem Tarját, sem Vargát nem fogadták be maguk közé való, tudós embereknek.

### A mágnesdob-memória

Kezdetben a gép operatív memóriája egy mágnesdob volt. A dob teljes kapa-



38. ábra. Az író/olvasó fejek az adathordozó réteg előtt

citása – először – 1024, 30+1 bites szó (kb. 4,5 Kbájt) volt, a dobrol fordulatonként egy szót lehetett kiolvasni. A dob fordulatszáma 3000/perc volt, azaz a dob 20 ms-ként fordult egyet. Úgy számoltunk, hogy átlagosan fél fordulat alatt, azaz 10 milliszekundumonként olvasott ki vagy írt be egy szó információt. Innen számoltuk ki, hogy – miután a gép kétcímű volt – a gép átlagos műveleti sebessége kb. 30 művelet lehetett másodpercenként, persze attól függően, hogy a gép milyen műveleteket hajtott végre. Szorzásnál és osztásnál lassabban, összeadásnál, kivonásnál és a logikai műveleteknél gyorsabban dolgozott.

A mágnesdobhoz is megkaptunk a Szovjetunióból minden műszaki rajzot, technológiai leírást, azonban – úgy, mint a gépről is – nagyon szegényeset, ezért a dob elkészítésénél akadtak problémáink. A dob függőleges tengelyen forgott, ezért rendkívül precízen kellett megforgatni és nagyon pontosan kellett – két irányban – csapágyazni. Például a szovjet szabványt is át kellett számolni a hazai csapágy szabványra. A mechanika roppant kényes volt a beállításra (37. ábra).

Az esztergályozott magra egy réz köpenyt húztak rá, erre került – galvanikus úton – a mágnesezhető Ni-Co bevonat. Erre írtuk fel író/olvasó fejekkel a bináris információt. A dob palástja elé 40 darab író/olvasó (I/O) fej került, amelyekből kettő a vezérlő jelek

(„marker” és „nulla”) írására és olvasására szolgált. Így az értékes információ tárolására 38 fej maradt, amiből a gép az információ felírására 31 író/olvasó fejet használt fel (38. ábra). A maradék 7 tartalék pályát akkor használtuk, ha valamelyik fej közel került a felülethez, és megsértette a galvanizált réteget. Ilyen hiba először gyakran, majd később, amikor már kellő üzemeltetési rutinnal rendelkezünk (39. ábra), ritkábban fordult elő.

Ha hétnél több pálya megsérült, akkor nem tudtunk mást tenni, a dobot szét kellett szerelni, le kellett szedni a mágnesezhető réteget, és a dob palástját újra kellett galvanizáltatni.

A mágnesdob elkészítésének és galvanizálásának – bár a tervezés és a műhely munkatársai is mind bedolgoztak, sőt külső szakértők is segítettek – két nagymestere volt. A technikai kérdéseket a műszaki tervezők, valamint Jámbor Antal, a műhely egyik aranykezü, ezermestere oldotta meg, míg a galvanizálást Szentiványi Tibor kísérletezte ki. Tibor villamosmérnök volt, de a galvanizálás igencsak felkeltette az érdeklődését. Volt türelme hozzá, napokig ott ült a galvanizálóban (használaton kívüli WC volt) és próbálgatta a galvanizálás trükkjeit, hogyan lehet egyenes, és megfelelő összetételű és vastagságú Ni-Co réteget felvinni a dob felületére. Végül sikerült. Amíg a KKCs-ben dobokat készítettünk, egészen addig Szentiványi Tibor galvanizálási mód-



39. ábra. A szerző mérést végez a mágnesdobon



40. ábra. Egy, a Ferrantihoz hasonló Facit 8 csatornás lyukszalag olvasó

szerét használtuk. Később több mágnesdobot is legyártottunk. Így amikor a működő dob meghibásodott, egyszerűen és főleg gyorsan ki tudtuk cserélni a hibásat egy új példányra.

Szentiványi kezdte el a dobmémória vezérlőegységének a felélesztését is, amit – hamarosan – én vettem át tőle. Közben vettünk egy URAL mágneszalag memóriát, később Tibor annak a gépéhez illesztését végezte.

Minden regiszter tartalmát mind a szekrényekben a paneleken, mind pedig a vezérlőpulton binárisan le lehetett olvasni, ugyanis a regiszterelem állapotát egy-egy glimmlámpa mutatta. Ha a glimm égett, az elem 1-es számot tárolt. Az alacsony műveleti sebesség miatt – számolás közben – ezek a lámpák jól felismerhetően villogtak. Éjszaka sokszor lekapcsoltuk a világítást, a működő gép a sötét szobában szinte csodálatos – azt is mondhatnám, felejthetetlen – látványt nyújtott. A matematikusok a lámpák villogásából meg tudták mondani, hogy éppen milyen feladat fut a gépen. Ebben is Dömölki Bálint volt a nagymester, de valamennyi matematikus felismerte a saját programjának a futását.

Mi – a mérnökcsoport – elsősorban a többnyire Dömölki Bálint és Drasny József által írott hardver-teszt programokat futtattuk. Egy idő után mi is a



41. ábra. Sánta Edit és Kardos Kálmán

tesztprogramok okozta villogásokból tudunk következtetni arra, hogy a gép jól vagy hibásan működik-e.

A gép egyik továbbfejlesztése a Siemens T 100-as géptáviró lecserélése volt. Megvásároltuk a Budapesti Ipari Vásáron bemutatott, gyors, 8 csatornás Ferranti lyukszalag-olvasót (40. ábra) és egy ugyancsak 8 csatornás Creed lyukszalag-lyukasztót. A lassú, ötcsatornás géptávirót ezekre cseréltünk át. Az új egységeket Podhradszky Sándor csatolta a géphez.

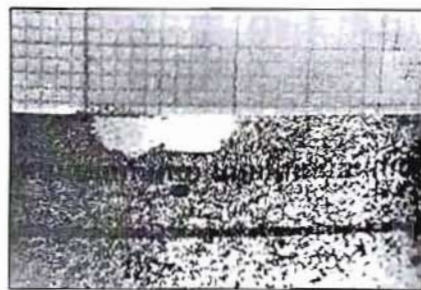
Matematikusaink a gépet már az első pillanattól kezdve alfanumerikus módon használták, azaz nem csak számokat, hanem szöveget is feldolgoztak. Ennek volt köszönhető, hogy a felhasználók csak rövid ideig programoztak az eredeti, numerikusan kódolt utasításokkal, nagyon hamar kifejlesztették és használták a mnemonikus kódolást, ami a programok írásában nagyon nagy könnyebbséget jelentett.

A következő, egyik – talán legjelentősebb – fejlesztésünk a mágnesdob memóriák számának a megnégyszerezése volt. Miután már a gép megindulásakor a felhasználás egyik legszűkebb keresztmetszetének a memóriakapacitás bizonyult, ezért Dömölki Bálint a tárolási kapacitás fejlesztését jelölte ki a fejlesztők egyik legfontosabb feladatának.

A feladat megtervezését magamra osztottam ki, a kivitelezésben a közvetlen segítő társam Kardos Kálmán (41. ábra) és Jámbor Antal volt. Miután a mágneses elemek méretezéséről akkor még semmit sem tanultunk a Műszaki Egyetemen, a munkát a mágnesezhető felület fizikai alapjainak a megismerésével kellett kezdenem.

Nem szeretnék a hosszadalmas részletekben elveszni. Kardos Kálmánnal előbb különböző mérési módszereket dolgoztunk ki, amivel kézben tudtuk tartani és meg tudtuk ismételni a dob felületén a mágneses folyamatokat (42. ábra), majd az elektronika megváltoztatásával (43. ábra) a dobra felírt jelek sűrűségét is meg tudtuk növelni. Első eredményként egy dobon, egy pályára, 1024 helyett 1600 jelet tudunk felírni, a későbbiekben azonban a jelsűrűséget már nem fejlesztettük tovább, mert – a ferritmémória megérkezése miatt – nem volt rá szükség.

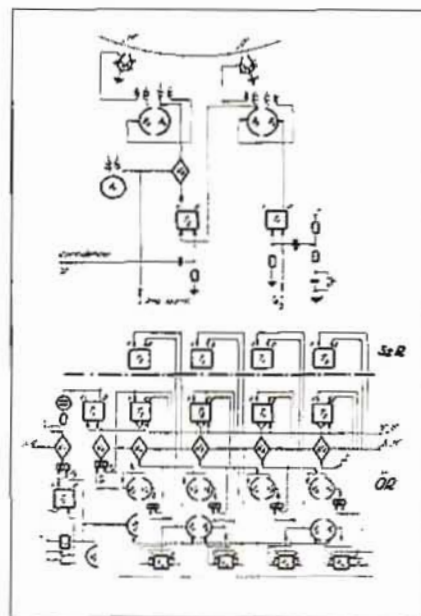
A jelsűrűség növelése helyett több mágnesdobnak a géphez való kapcsolását tűztem ki célul. Utánanéztem, hogy a külföldi nagy számítógépeket gyártó cégek hogyan csatlakoztattak több



42. ábra. Felírt mágneses jelek a mágnesdobon

mágnesdobot a számítógéphez. Sajnos, a szakirodalomban erről szinte semmit sem találtam. Eszembe jutott – az egyetemen tanult – aszinkron távirógépek start-stop összekapcsolása, ezt az elvet sikerült alkalmaznom a mágnesdobok összekapcsolásánál is. „Egyetlen” probléma volt, ehhez át kellett terveznem és ki kellett cserélnünk az addig elfogadhatóan működő teljes dob-vezérlőegységet, ami – sem a munkatársaim, sem a felhasználók között – nem váltott ki egyértelmű lelkesedést. Csak Kardos Kálmánnal bíztunk a sikerben.

Legnagyobb örömömre, Varga Sándor a feladat – imígyen való – megoldásába beleegyezett. Átterveztem az egész vezérlőegységet. A mechanikai konstrukciót, az új alegységeket a műhely rövid idő alatt legyártotta. Az Egyesült Izzóban akkor már lehetett kapni hosszú élettartamú elektroncsöveket, ezért úgy gondoltam, kipróbálom a lehetőséget. Tervbe vettük, hogy



43. ábra. Az új dobmémória-vezérlés egyszerűsített logikai rajza



44. ábra. A második dob hozzáépítése a számítógéphez

teljesen hazai esz­közbázison, egy hason­ló, de modernizált, új M-3 gépet fogunk majd építeni, bár erre az Akadé­mia nem adott engedélyt.

Viszonylag rövid idő alatt minden (az új alegységek, a panel, valamint a vezérlő és I/O áramkörök) elkészült, így ismét elérkezett a szívszorító pillanat, amikor – egy hét végén – kiszere­l­­tük a szekrényből a régi, kvázi jól mű­köd­ő vezérlőegységet és betettük helyette az újat (44. ábra). Ment.

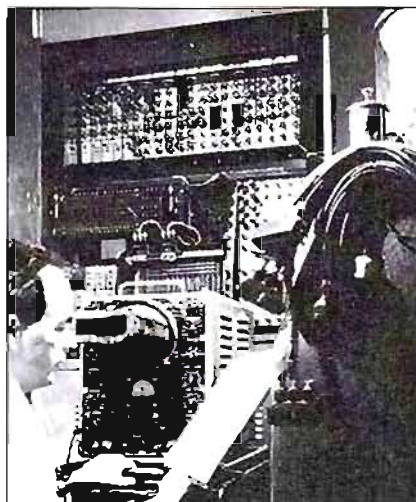
A következő hétfő reggel a gép már két dobbal, azaz  $2 \times 1600 = 3200$  címes dob-memóriával működött. Nem is tudom miért, a négydobos egységet soha­sem építettük meg. Talán – a ferritmemória megérkezése miatt – nem volt rá szükség.

A másik nagy fejlesztésünk egy Minszkben készített, importált 1 kszó kapacitású, ferritmagos memóriának a gép­hez illesztése volt. Ezt a feladatot – emlékezetem szerinti – Podhrádszky Sándor és Molnár Imre oldotta meg, et­től kezdve a gép kb. 3000 művelet/sec sebességgel számolt. Emlékszem az első próba­futásra, ezt az „óriási” sebessé­get ugyanis először nem tudtuk „felfog­ni”. Azt persze tudtuk, hogy a 30 művelet/mp sebességhez képest a 3000 művelet/mp sebesség százszor na­gyobb, de hogy ez a valóságban mit je­lent, azt ugyan ki tudtuk számolni, de nem tudtuk elképzelni.

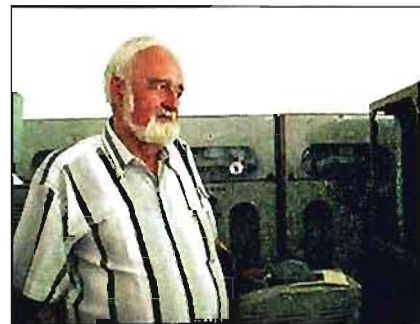
Dömölki feltette az egyik program­ját a gépre, amelyik dob operatív me­móriával – előzőleg – kb. 5 percig fu­tott. A ferritmemóriával – kiszámoltuk

– a programnak 3 mp alatt le kellett fut­nia. Le is futott, csak nem hittünk a sze­münknek (45. ábra). Azt gondoltuk – mert az indítás után – a gép szinte azon­nal leállt, hogy a gép elromlott. Már majdnem elkezdtünk hibát keresni, amikor valaki „felébredt”, a gép – a fer­ritmemóriával – valóban ilyen gyorsan működött. A programfutások alatt, a glimlámpák villogásából élvezett nagy éjszakai élmény – a ferritmemória miatt – örökre elveszett. A tartalmat kijelző glimlám­pák ugyanis a százszoros se­bességnövekedés miatt – látszólag – ál­landóan égtek, a lámpák villogásából szemmel inár nem lehetett megállapí­teni, hogy a gép milyen programot szá­mol.

Talán 1960-ban, amikor a gépünk már működött, de még nem volt fer­rit-memóriánk, Szanyi Lászlóval és Dömölki Bálinttal (46. ábra) voltam először Minszkben, ahol megnéztük az ott elsőként elkészült szovjet M-3-as gépet. Az a gép akkor még ugyancsak mágnesdobos memóriával számolt. Amikor bevezettek bennünket a gépte­rembe, éppen valamit számoltak rajta, a gép úgy villogott, mint ahogyan nálunk szokott. Megálltunk, hirtelen Dömölki megszólalt: szerintem a gépen egy ilyen meg olyan (már nem emlékszem milyen) feladat fut. Ettől kezdve a cso­portunknak – és főleg Bálintnak – me­gnőtt a tekintélye, mert valóban az a fel­adat futott a gépen. Egyébként ez volt az első alkalom, hogy az M-3-ról – Dömölki Bálinttal és Szanyi Lászlóval a szovjet konstruktorokkal és építő­kkel közösen – szakmai megbeszélést foly­lattunk. A szovjet partnerekkel köleső-



45. ábra. Lenyűgöző sebességi érté­keket mértünk az új ferritmemóriával



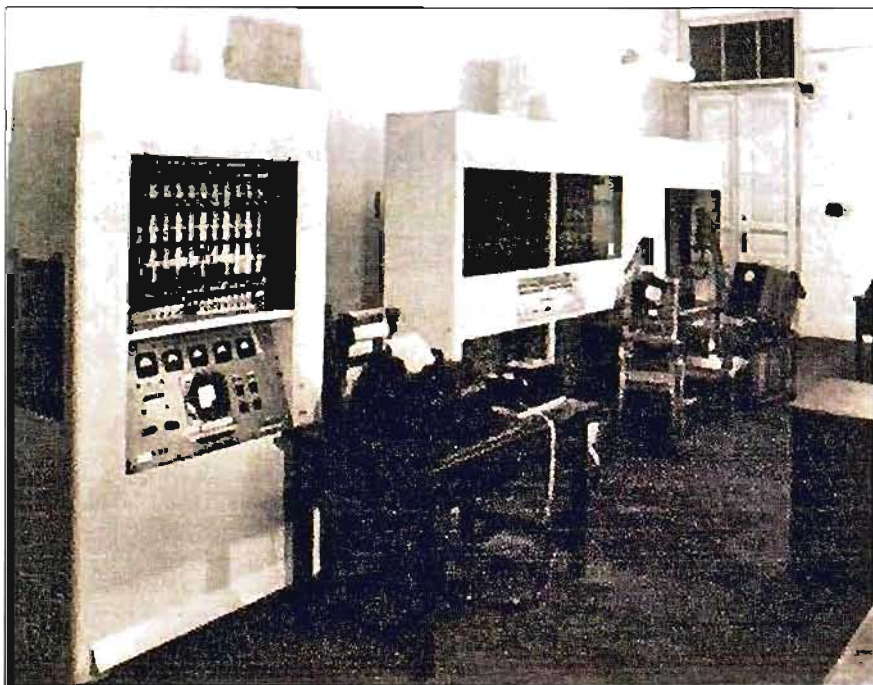
46. ábra. Dömölki Bálint

nően beszámoltunk egymásnak, hogy a gépben milyen tervezési hibákat talál­ tunk, és azokat hogyan javítottuk ki. Ha jól emlékszem, a tervezési hibákat ők is és mi is kijavítottuk, de egészen más­ként. Elmondtuk azt is, hogy a gépet hogyan fejlesztettük tovább. Megvá­toztattuk a gép bemeneti és kimeneti berendezéseit, a szovjet eredeti helyett egy 5 csatornás géptávirót illesztettünk és üzemeltetünk a gép mellett. (Egyé­ként ugyanazt tették Tallinban is és Pe­kingben is.) Új – Dömölki által kitalált – utasításokat építettünk a gépbe, ami által a gép minden másik M-3-mal szemben elvesztette a kompatibilitását, de ez – azt hiszem – egyáltalán nem iz­gatott bennünket.

Dömölki Bálint rengeteg új lehe­lő­séget talált ki a gép továbbfejlesztésére, én minden új ötletére vevő voltam. Az egyikből közös – el nem fogadott – za­badalmunk is született. Az öt csatornás lyukszalagok beolvasásának a bizto­ sabbá ítéltére, a szalag lyukasztásakor nem csak „keresztben” bajtonként, ha­nem hosszában is képeztünk parity bit-et, amit a beviteli művelet végén a szalag végére lyukasztottunk. Ha beol­vasáskor mindkét parity bit jó volt, ak­kor – nagy valószínűséggel – a szalag beolvasásakor nem történt hiba.

A következő fejlesztésünk az volt, hogy megtanítottuk a gépet zenélni. Ez már a ferritmagos operatív memória idejében történt. A megoldás távoli öse volt a sokkal később feltalált számítógé­pes szintetizátorok. Éjszakai teszte­lésnél ugyanis nagyon unalmas volt a villogó lámpákat nézni, az ügyeletes memők majdnem mindig elaludt. Vala­ki egyszer megjegyezte, egy olyan teszt-programot kéne írni, amelyik szól, ha a program a gépben hibát észlel és felébreszti az ügyeleteset.

A gondolat szegyet ütött a fejembe, megnéztem a gépet, hol van olyan áramkör, amelyik programfutás közben a hallható hang tartományában rezeg. A



47. ábra. Elkészült az M-3, Magyarország első számítógépe

vezérlőegységben találtam egy monostabil multivibrátort, ami lassú műveleteknél mintegy 50 Hz, míg gyors műveleteknél 3000 Hz körüli frekvenciával rezgett. Erre rátettem egy erősítőt, arra egy hangszórót, majd elindítottuk a gépet, és felcsendült a „szférák zenéje”. A monostabil multivibrátor majdnem négyszög hullámalakot produkált, ami tele volt felharmonikusokkal, így a hang leginkább az orgonáéra emlékeztetett.

Drasnyí Józseffel közösen írtunk is egy cikket, hogyan lehet a számítógépen hangokat képezni, illetve hogyan lehet a hangokból élvezhető zenét előállítani. Még azt is kikísérleteztem, hogy nem csak egy-egy hangot lehetett a gépen lejátszani, hanem több hangot is egy időben. Ezt az emberi fül nem tudja szétválasztani, ezért a géppel akár tercelni is lehetett volna. Így tettük elektronikus zeneszerszámmá a számítógépünket.

Ebben az időben érkezett Romániából egy új technikusunk, *Dauerbach Béla*, akit a lehetőség megragadott, és megírta az első darabot az M-3-ra: a Für Elise-t, Beethoven zenéjét választotta. Ettől kezdve minden – a géphez érkező – vendéget Beethovenel fogadtunk.

Egy angol barátomat, aki eljött Budapestre és meglátogatta az M-3-at is, ezzel a zenével vártuk, ami részben meglepte, részben igen csak elnyerte a

tetszését. Néhány hét múlva vissza tudtam adni a látogatását Londonban, ahol – belépve a számítógép termékbe – már szólt a gépükből a zene, és mit hallottam, mit is választhattak volna: a Für Elise-t. Valójában ez egy korai szoftver export volt Angliába.

### Az M-3 átadása után

Az M-3 fejlesztés befejezése sem győzte meg az Akadémiát, hogy a számítógépre a magyar tudománynak valóban szüksége volt. Mai eszünkkel – hiszen ma már az Akadémia portáján is számítógépet használnak – az ember nem tudja megérteni azt a nagy ellenállást, ahogyan az akkori, főleg matematikus tudósok nagy része a számítógépet fogadta.

Az sem győzte meg a tudomány hivatalos képviselőit, hogy az egyetemokről, a tudományos intézetekből, de még az iparból is egyre több fiatalember kereste fel a KKCs-t, hogy a tanfolyamainkon frissen szerzett programozói tudását egy-egy feladat megoldásában kipróbálja.

Az ember memóriája véges, így én sem tudom megmondani, hogy az akadémia vezetőségéből ki és miért utasította vissza még azt is, hogy egyáltalán megnézze a gépet. Az M-3 akkoriban, 1959-60-ban a legnagyobb és legbonyolultabb elektronikus berendezés volt az országban, ráadásul a leggyor-

sabban tudott alfanumerikus adatokkal számítástechnikai feladatokat megoldani.

Közben Varga és Tarján között is megromlott a kapcsolat, ezért Tarján elhagyta az MTA KKCs-t. Eltávozása előtt Varga szinte valamennyi irányítási jogosítványát visszavonta, ezért hónapokon keresztül csak ült a szobájában. Gyakorlatilag házon belüli „munkanélküli” volt, így – valójában – nem Tarján, hanem Dömölki vezette az M-3 építését és életre keltését, ami – talán nem elfogult vélemény – kitűnően sikerült.

Varga az M-3 építését be akarta fejezni, az elkészült, működő gépet hivatalosan is át akarta adni az Akadémia illetékesének. El akarta fogadtatni, hogy a KKCs, amire vállalkozott, azt sikeresen teljesítette, megépítette az ország első számítógépét (47. ábra). Talán még az is motiválta, hogy mi, ifjú matematikusok és mérnökök, sikerrel fejezzük be életünk első tudományos alkotását.

Nyilvánvaló volt ugyanis, hogy az Akadémia csak akkor lesz hajlandó az M-3 számítógép-projektet befejeztetnek nyilvánítani és a munkánkat elismerni, ha hivatalosan is átveszi a gépet, és aláírja, hogy a gép a specifikációnak megfelelően működik. Használható. Varga Sándor úgy gondolta, az adott akadémiai légkörben, egy ilyen – a III. Osztálynak tett javaslat – biztosan további ellentéteket váltana ki, arról már nem is beszélve, hogy az átadást meg sem lehetne valósítani.

Ezért egy – utólag tökéletesen igazolt – tervet ötlött ki: ne az Akadémiának adjuk át a gépet, hanem a szovjet számítógépes szakembereknek. Sőt a Minszki Ordzsonikidze Számítógépgyár szakemberei közül a legrangosabbnak, *Georgij Pavlovics Lopato* (akkori) főmérnöknek, később állami díjas



48. ábra. Georgij Pavlovics Lopato

akadémikusnak, a gyár és a kutatóintézet igazgatójának (48. ábra). Lopato hozza magával azokat a programokat, amelyekkel a gyárban épült M-3 számítógépek átadásánál használnak. Ha ezek – hasonló körülmények között – Budapesten is lefutnak, akkor biztosan alá fog írni egy olyan okmányt, ami azt bizonyítja, hogy a gép a gyári követelményeknek megfelel.

Lopato főmérnök megérkezett, egy magas, igazi orosz, mosolygós és barátságos medve, akit szinte azonnal – a KKCs-ben – valamennyien, a barátunknak tartottunk. Nagyon komolyan vette a feladatát, előbb mindent megvizsgált, majd tanácsokat adott abban a kérdésben, amire nekünk a legkevésbé volt válaszuk, hogyan lehet a gép megbízhatóságát fokozni. Mi a tanácsait megfogadtuk, a szükséges igazításokat az áramkörökön megtettük, majd készek voltunk az átadás-átvétel lebonyolítására.

Amit most leírok, azt elsősorban az emlékeimből raktam össze, ugyanis körülbelül már vagy fél éve elkezdtem az átadással kapcsolatos dokumentumokat az Akadémia irattárában összeszedni, de sajnos, csak nagyon kevés írott anyagot találtam, ezért – többek között – még ma sem tudom, hogy

- mikor volt az átadás időpontja (mindannyian elfelejtettük, bár van egy 1959. január 21-i, Esti Hírlap cikk, ami szerint „Elkészült az első magyarországi elektronikus számológép”, 49. ábra),

- azt sem tudom, hogy azon kik vettek részt (Varga, valamint mi, a Dömölki-csoport tagjai biztosan ott voltunk), és sajnos, nem tudom, hol található meg az átadás-átvételi jegyzőkönyv.

Arra emlékszem, hogy a matematikusok – ha jól emlékszem Dömölki irányításával – átnézték azokat a gyári programokat, amelyeket Lopato hozott és az átadásakor le kellett futtatnunk. Elvégezték a szükséges korrekciókat, miután a minszki számítógép némileg eltért a mi M-3-as gépünktől, majd Varga kitzúta a gép átadásának/átvételének a napját. Nem vagyok biztos benne, de az átadás – mintha – 48 órás futtatás lett volna.

Úgy emlékszem, valaki – de nem túl magas beosztású tisztségviselő – jelen volt az MTA III. Osztálya részéről is. Ha ugyanis Budapestre érkezett egy kiváló szovjet számítástechnikai szak-



49. ábra. Esti Hírlap, 1959. január 21.

ember, aki arra készül, hogy a gépet az MTA KKCs munkatársaitól átvegye és bizonyítsa, hogy gép nem csak működőképes, de megfelel a szovjet(!) gyári specifikációnak is, azaz valóban számítógép, akkor azt nem lehet megtagadni, hogy ezen az Akadémia képviselője ne legyen részt.

A szovjet szakemberek való átadás/átvétel zseniális terv volt, ami tökéletesen bevált.

Lefutottak a programok, ha jól emlékszem, futás közben egy nem reguláris megállásunk volt, amit a szovjet procedúrának megfelelően kijavítottunk, majd az átvételt – emlékeztem szerint – tovább folytattuk. Azután megtörtént a jegyzőkönyv aláírása – én úgy emlékszem, hogy nem igazán boldogan – ezt az Akadémia képviselője is megtette. Ezzel az M-3 hivatalosan is az Akadémia első számítógépévé és a KKCs – hamarosan – az ország (időben) első számítóközpontjává vált.

Ezután a számítóközpont – főleg a fiatal szakemberek körében – még népseürübbé vált. Csak példákat mondok, ugyanis a felsorolásra nem volna se helyem, se időm, de azt hiszem, nem is nagyon emlékeznék rá. A listához is igénybe veszem az MTA KKCs Tájékoztató megmaradt köteteit:

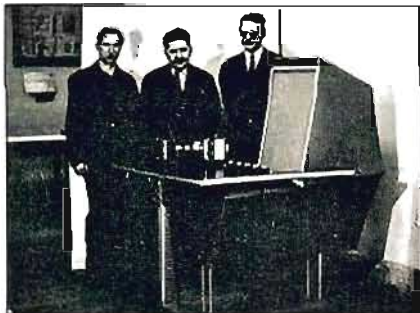
- A Matematikai Osztály elsősorban a numerikus módszerek, valamint a programozás kutatásával és matematikai programok

írásával foglalkozott. A matematikusok – Frey Tamás (később igazgató) irányításával és módszerével – vállalták el például az akkor készülő Erzsébet hid maximalis terhelésnél történő lehajlás ellenőrzésének a statikai számítását.

- Egy másik érdekes adatfeldolgozási probléma volt egy magyar költő – emlékezetem szerint – Tóth Árpád verseinek a nyelvt statisztikai vizsgálata, ami azért volt nagyon különleges feladat, mert a hazai számítástechnikában először sikerült „elképzeltetlen mennyiségű alfanumerikus adatnak” – egy viszonylag kis számítógépen való feldolgozása.
- A Közgazdasági Osztályon készítettek elő programozásra (általában a matematikusainkkal dolgoztak együtt, de maguk is programoztak) az alkalmazási feladatokat. Emlékszem a tervhivatali és az árhivatali feladatokra, de valamelyik nagy fuvarozó vállalat részére is készítettek és futtattak programot a teherautók kiállításának optimalizálására stb.
- A Közgazdasági Osztályon dolgozott Pataky Ernő is, aki például kryptográfiával foglalkozott.

- A műszakiak között is voltak, akiknek nem az M-3 körül volt dolguk, így például *Hatvany József*, aki szerszámgépek automatizálásához készített jelfogós eszközöket.
- *Németh Pál* az M-3-hoz épített volna ferrit memóriát, de a deszkamodellből sohasem lett működő memória, amit a számítógéphez illesztthetünk volna.
- A memóriához szükséges ferritgyűrűket *Bóka András* vezetésével a Vaskutatóban fejlesztették ki és az MTA KKCs-ben készült válogató készülékkel szellettálták.
- Ugyancsak velünk együtt dolgozott egy oktatógép kifejlesztésén Balázs Bélának, a Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetem professzorának a vezetésével egy kis csoport – *Dauerbach Béla* és *Jámbor Antal* – akik egy filmvetítóből, egy magnetofonból és egy jelfogós vezérlőből állítottak össze egy oktatógépet. A készülék működött, de – azt hiszem – sohasem került felhasználásra (50. ábra).

Varga utolsó lépése az volt, hogy átszervezte a KKCs-t, és átalakította az MTA Számítóközpontjává. Dömölki Bálintot kinevezte a Matematikai Osztály vezetőjévé, mi pedig, a volt fejlesztők ekkor átalakultunk üzemeltetőkké. Ezzel létre jött az országban az első Számítóközpont és az első Üzemeltetési Osztály, amelynek a vezetője lettem, Molnár Imre pedig a helyettesem. A korábban a fejlesztést végző mérnökök és technikusok nagy része is átkerült az üzemeltetési osztályra, hogy ettől kezdve professzionális módon végezzék a gép üzemeltetését, karbantartását és javítását. Még arra is lehetőségünk volt,



50. ábra. Az oktatógép és alkotói: Jámbor Antal, Balázs Béla és Dauerbach Béla

hogy a gépen apróbb fejlesztéseket végezzünk.

Az üzemeltetési osztály keretében alakítottuk ki azokat a számítóközpontos munkaköröket, amelyeket – hamarosan – a létrejövő új számítóközpontokban a mi tapasztalataink alapján mások is létrehoztak. Rájöttünk például, hogy nem gazdaságos a programokat a matematikusokkal lefuttatni, így hoztuk létre az operátori státust, egy új foglalkozást. Az ország első három „professzionális” operátora *Várkonyi Zsolt*, *Varga Gabriella* és *Kovács Gyözőné Müller Katalin* volt. Az induláskor az operátorok végezték az adatelőkészítést (lyukszalag lyukasztás) munkáját is, ez a tevékenység azonban, hamarosan elszakadt az operátori munkától, önálló foglalkozásként – mint adatelőkészítő – jelent meg a hazai munkaerő piacon.

Közben mi is megtanultuk, hogy más dolog a számítógép építés és egészen más az üzemeltetés. A számítógép üzemképes állapotban tartása komoly odafigyelést és kitartó, rendszeres munkát igényelt, különösen egy elektroncsöves gép esetében. Megtartottuk a fejlesztés idején bevezetett 3×8 órás műszakokat, minden nyolcadik órában végeztük el a karbantartást. Finomodtak a módszereink. Kitaláltuk, hogyan lehet a karbantartást követő hét órában kvázi hibamentessé tenni a számítógépet, azaz már előre – tesztelés közben – kivenni a gépből azokat az elektroncsöveket, amelyekről feltételezhető volt, hogy a következő hét órában meghibásodhatnak.

Bevezettük a változtatott üzemi feszültségeken (anódfeszültség és a fűtés feszültsége) való műszaki tesztelést, hogy az életciklusuk végén járó elektroncsöveket kiszűrjük és – még mielőtt tönkrementek volna – a gépből kivesszük. Varga egyszer elrendelte – mert olvasta valahol – az új elektroncsöveknek az előégetését, majd a csöveknek a bernérését. Az volt az elmélet, hogy az előégetett csövek közül a hibára hajlamosak az égetés alatt kiesnek, a maradék már üzembiztosan működik. A módszer nem vált be, sokszor az égetés alatt még a jó csövek is gyakran elromlottak.

A gép üzemképességén a legelőbbel azzal javítottunk, hogy a gépet – függetlenül attól, ünnepnap vagy munkaszüneti nap volt – 24 órás üzemben használtuk. Nem volt nehéz észrevenni, hogy minden ki- és bekapcsolás alkalmával nagyon sok cső elromlik, így azután a gépet sohasem kapcsoltuk ki.

A mágnesdob hibáján, vagyis azon, hogy a fej a szobahőmérséklet változására hozzáér a mágnesezhető réteghez, úgy segítettünk, hogy a mágnesdob szekrényét 80 °C-ra melegítettük, így a hőmérséklet változása a dilatációt nem befolyásolta, viszont hozzájárult a szoba fűtéséhez.

Az operátori munkakör is ragyogóan bevált, a programok, amelyekből egyre több született, éjjel-nappal futottak. Az ország első számítóközpontja szinte hibamentesen, megállás nélkül üzemelt.

Tarján eltávoztával az M-3-as csoportnak volt még egy kalandja. Varga Sándor kezdeményezésére – titokban – építeni akartunk ugyanis egy modernizált M-3-as számítógépet. Az elgondolásunk az volt, hogy az új gép a Tungstram új, hosszú élettartamú csöveivel fog megépülni, amelyeket én már az új mágnesdobos memória vezérlőjében – rendkívül eredményesen – használtam. Azt terveztük, hogy beépítjük az új gépbe mindazokat az architektúrális, valamint konstrukciós változtatásokat, amelyek az első M-3-as gép építése során születtek. A kuprox diódák helyett is a legújabb Tungstram Ge diódákat kívántuk az alegységekben használni. Már meg is építettünk egy új konstrukciójú mágnesdobot, amelyen éppen kétszerannyi információ fért el, mint az eredeti dobon (51. ábra). Mindezt abban a légkörben próbáltuk megvalósítani, amikor az Akadémiának volt egy olyan határozata, hogy az MTA KKCs-ben semmiféle műszaki fejlesztést nem engedélyez, mindent le kell ál-



51. ábra. Az új, kétszeres kapacitású mágnesdob. A géphez nem volt hozzákapcsolva



52. ábra. ESZR gépek a szegedi számítógép-gyűjteményben

lítani, ugyanis a meglévő M-3 gép – szölt a döntés – akár 5-10 évre is kielégíti az Akadémia számolási igényeit! (Erről írásbeli dokumentum is készült, akkor láttam, de az eddigi irattári kutatásaim során még nem találtam meg.) Egyébként az Akadémia döntését a KGST-nek a hatvanas években hozott határozata is segítette. A magas testület ugyanis elhatározta, hogy elektronikus számítógépes kutatásokat csak a Szovjetunióban végezhetnek, illetve számítógép-gyárakat is csak ott hozhatnak létre. Ez abban az időben volt, amikor a számítógépet stratégiai eszköznek nyilvánították nem csak a keleti blokkban, de a nyugati országokban is. (Ezután született meg a nyugati embargó törvény, amelynek az volt a lényege, hogy a nyugati számítógépgyárak a szocialista országokba – az adott ország besorolásától függően – csak meghatározott fejlettségű számítástechnikai eszközöket szállíthattak.)

Ekkoriban a forgó-mágneses adattárak témában éppen aspirantúrát kezdtem volna Moszkvában, ahonnan egyszerűen hazaküldtek. Azt mondták, ha jelentkezek hadmérnöknek, visszajöhettek. Nem jelentkeztem.

Egyébként ezt a döntést – Koszigin miniszterelnök javaslatára – 1968-ban bírálták felül, amikor megalakult a szocialista országok Egységes Számítógép Rendszere (ESZR), ami a szocialista országokban közösen tervezett és épített – IBM 360-as gépeknek megfelelő – számítógép-család létrehozását tűzte ki célul (52. ábra).

Mi – kénytelen kellen – az Akadémia határozatát végrehajtottuk, a már félig kész számítógépet szétszedtük és a fejlesztést lezártuk. Nekem is megtiltották a mágnisdobbal kapcsolatos korábbi fejlesztéseim folytatását. A III. Osztálytól egy olyan levelet kaptam (sajnos, ez sincs meg), hogy tőlem tudományos cikkeket és nem új mágnisdobokat várnak.

Az új M-3 számítógép építésére létrejött „összeesküvés” – mint az összeesküvések általában – kiderült, az Akadémia elnöksége Vargát azonnali hatállyal elbocsátotta.

Varga Sándor a határozatot levélben kapta meg. Összehívott bennünket, felolvasta a levelet, összehajtotta, majd elvette, ezek után – megdöbben „volt” munkatársai előtt – szótlanul kiment a szobából és az épülethől. Senkinek – nekem sem – volt egyetlen szavam se a nyilván igaztalan döntéssel kapcsolatban, csak egymás között, négy szemközt háborogtunk. Azt hiszem, fel sem fogtuk, hogy mit veszítettünk. Varga úgy ment el, hogy senki sem mondta: köszönjük! Ezután már sohasem találkoztam vele.

A temetésén csak négyen voltunk jelen és kísértük el a sírhoz a koporsóját: Dömölki Bálint, Németh Pál, Dani János és jómagam.

Utólag már elmondtam, sőt egyszer már le is írtam, ma már tudom: ha nincs Varga, akkor Magyarországon valószínűleg 5-10 évvel később indul meg az informatika fejlődése. Csak 1965-ben jöttek be a Szovjetunióból az első –

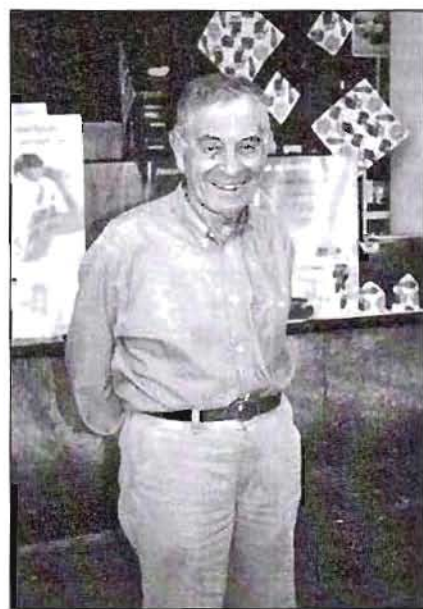


53. ábra. Vilám Löwenfeld temesvári villamosmérnök, a MECIPT-1 és -2 építésének és üzemeltetésének a menedzsere

gyárban készült – URAL számítógépek, az első nyugati gép, az ELLIOTT 803-as pedig még később.

A B-1 nagyszerű elképzelés volt, de Tarján vezetésével sohasem tudtuk volna megépíteni. Nem voltunk hozzá elég érettek.

Varga Sándor helyére Dr. Aczél Istvánt nevezték ki igazgatónak, akit valamennyien nagyon szerettünk, mert kedvesebb ember volt, mint Varga és – közigazdász letére – azt hiszem, jobban értett a vezetéshez, mint elődje.



54. ábra. A MECIPT-1 és -2 tervezője, Josef Kaufmann (Münsterben)



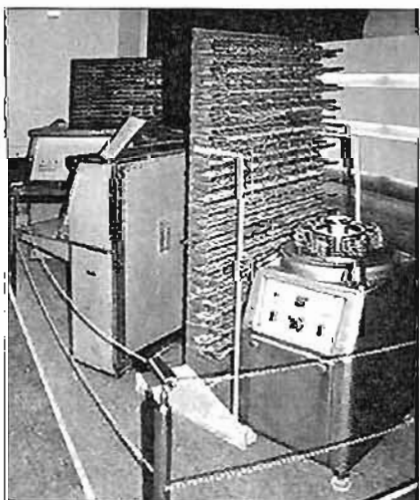


55. ábra. A Temesvári Műszaki Egyetem valamikori épülete (ma ismét piarista gimnázium), ahol a MECIPT született

Aczél vezetése alatt történt a hazai számítástechnika-történet egyik – számomra különösen érdekes és meghatározó – eseménye, Temesvárra „exportáltunk” egy másnesdobot, valamint a vezérlőegység terveit, azt, amit nem sokkal előbb fejlesztettem ki a mi M-3-as számítógépünkhöz.

Aczél téli szabadságát töltötte Braszó felett, a Román Akadémia üdülőjében, ahol részt kellett vennie egy szánköversenyen. Az eseményen *Viliam Löwenfeld* temesvári mérnökkel (53. ábra) ült egy szánkóra. Amíg lecsúsztak a lejtőn, Löwenfeldtől megtudta, hogy a barátjával, *Josef Kaufmann* matematikussal (54. ábra) Temesváron megépítették egy számítógépet (55. ábra), MECIPT-1-nek nevezték el, ami csak azért nem működik, mert nincs memóriája.

Voltak már a Szovjetunióban, ahol szerettek volna venni egy memóriát, de a szovjet intézetek elzárkóztak az üzlet-



56. ábra. A megtalált MECIPT a temesvári Bánát Múzeumban

től. Temesvárott, ugyanazon az egyetemen is megépült egy ferrítmemória, a fejlesztő professzor azonban nem engedte a MECIPT-1-hez illeszteni.

Aczél is elmondta, nálunk már működik az M-3, amihez mi magunk készítettünk egy mágnesdob memóriát. Nekünk van több tartalék készülékünk is, ebből egyet biztosan át tudnánk adni. Aczél azonnal üzenetet küldött nekem Budapestre, hogy ellenőrizze, teljesíteni tudja-e az ígérteit. A kérdésre határozott igennel válaszoltam. Löwenfeld néhány nap múlva Budapestre utazott, ahol elkezdtük egy dob előkészítését az átadásra. Hamarosan megjött Kaufmann is, aki a temesvári gépet tervezte. Addigra már a dob vezérlőegységének az áramkört és logikai rajzait is lemásoltuk és át is adtuk a temesváriaknak. Hazatértük után az egyetemen megépítették a vezérlőt, a munkatársaim – Kardos Kálmán és Jámbor Antal – pedig leszállították a mágnesdobot. A helyszínen összedugták a vezérlővel, és a dob egy kis illesztgetés után azonnal működött is (56. ábra). Csak utólag vált világossá számunkra, hogy technikatörténeti pillanatot éltünk át, hiszen először exportáltunk itthon gyártott számítástechnikai eszközt Magyarországról (57. ábra).

Miután az M-3 iránt egyre nagyobb érdeklődés támadt, ennek természetes folyamánként a KKC-kben rendszerezésekké váltak a programozási tanfolyamok. Az előadók matematikusaink és a közgazdászaink voltak, a hazai felsőoktatási intézmények azonban még „ódkodtak” a számítástechnikai oktatás bevezetésétől. Voltak kivételek is, az ötvenes évek végén az ELTE-n már néhány matematikusunk, pl. Szelezsán János (58. ábra) tartott programozási, és numerikus analízis órákat, Szegeden Kalmár László akadémikus, matematika professzor pedig elkezdte a programtervező matematikus képzést.

A Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetemen Krekó Béla kollégáknak, matematika professzornak jutott az eszébe, hogy az egyetemnek – a jövőben – olyan közgazdászokat kell képeznie, akik alapos matematikai és számítástechnikai tudással is rendelkeznek. Megszervezte ezért a tervmatematika szakot, engem kért fel a számítástechnikai előadások megtartására. A szak 1960-ban indult. (Azóta sokszorosan megváltoztatta a nevét, de a lényeg ugyanaz maradt, matematikában és számítástechnikában jártas közgazdászokat kell képezni. Más megfogal-



57. ábra. A megtalált mágnesdob a temesvári vár plincéjében

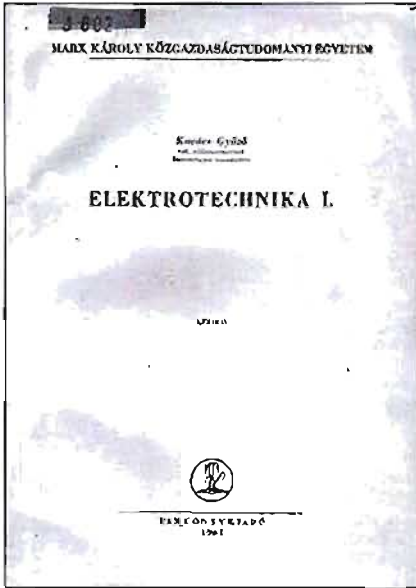
mazással: az országnak olyan közgazdászokra van szüksége, akik jártasak a matematikai és a számítástechnikai eszközök kezelésében.)

Hamarosan megírtam két kötetben az egyetemi, számítógépekről szóló jegyzetet is (59. ábra), amelyhez az M-3 számítógép volt a példa. Már csak azért is, mert úgy gondoltam, amit meg is valósítottam, hogy a hallgatók az M-3-on fognak számítástechnikai, gyakorlati ismereteket szerezni.

Egy romániai élményem. A tihanyi matematikai konferenciára meghívták *Grigore C. Moisil*, neves román matematika professzort, akinek – borozgatás közben – elmeséltem, hogy milyen érdekes új szakot indítottunk a Közgáz-on, amelyen én tanítom a számítástechnikát. Mint utólag kiderült, Moisil professzor – bár Romániában még csak



58. ábra. Szelezsán János



59. ábra. Elektrotechnika volt a tárgy neve, a számítástechnika akkor még nem volt ismert a felsőoktatásban

két számítógép üzemelt, a bukaresti CIFA és a temesvári MECIPT-1 – valami hasonló módon képzelte el a számítástechnika oktatását, szerinte gyakorlati példákkal kell bemutatni az egyetemen, mire is lehet használni a számítógépeket.

Megmutattam az akkor már kiadott egyetemi jegyzetemet, egy példányt át is adtam, ami nagyon elnyerte a tetszését. Néhány héten belül már Budapesten volt a meghívása.

Egy hónapig – Molnár Imre barátommal és munkatársammal – Bukarestben voltunk, ahol előadásokat tartottunk az M-3 működéséről. Az együttműködésünknek – sajnos – nem volt folytatása, Moisil professzort – állítólag azért, mert kifogásolta Ceausescu elnök feleségének az akadémikusi kinevezését – „eltanácsolták” a román tudományos életből, majd Kanadába emigrált.



60. ábra. A szegedi katicabogár

## Az M-3 utóélete

1994-ben néhányan, csendben megünnepeljük az M-3-as számítógépiünknek a 35., majd 1999-ben a 40. születésnapját. Vártam, hogy a nevezetes évfordulókról az Akadémia csak-csak megemlékezik, hiszen a Magyar Tudományos Akadémián született meg az ország első elektronikus számítógépe...

A Mikro Volán Elektronika elnök-vezérigazgatója, *Faur Kálmán* 1998-ban felkért hogy 1999-ben rendezzünk valami ünnepséget, hogy a cég fennállásának ugyancsak a 40. évfordulóját megünnepeljük... Az INFO '99 kiállításon rendeztünk egy „40 éves a magyar számítástechnika és a Volán Elektronika Rt.” kiállítást... [5]

Az Akadémia – bár meghívót küldtem – nem reagált az eseményre.

1961-es Budapesti Ipari Vásáron a Magyar Tudományos Akadémiának is volt egy kiállítási épülete, ahol az akadémiai kutatóintézetekben fejlesztett tudományos eredményeket mutatják be. Valaki kitalálta, hogy a Vásár történetében először a kibernetikai eredményeket is meg kellene a látogatókkal ismertetni.

Két intézet jöhetett számításba, a Kibernetikai Laboratórium (KibLab) Szegedről és a KKCs. A KibLab elhozta a vásárra a szegedi logikai gépet és *Dr. Muszka Dániel* az országban első és egyelőre utolsó kibernetikus műállatot, a szegedi katicabogarat (60. ábra),



61. ábra. Muszka Dániel bemutatja a szegedi katicabogarat az 1961-es Budapesti Ipari Vásáron

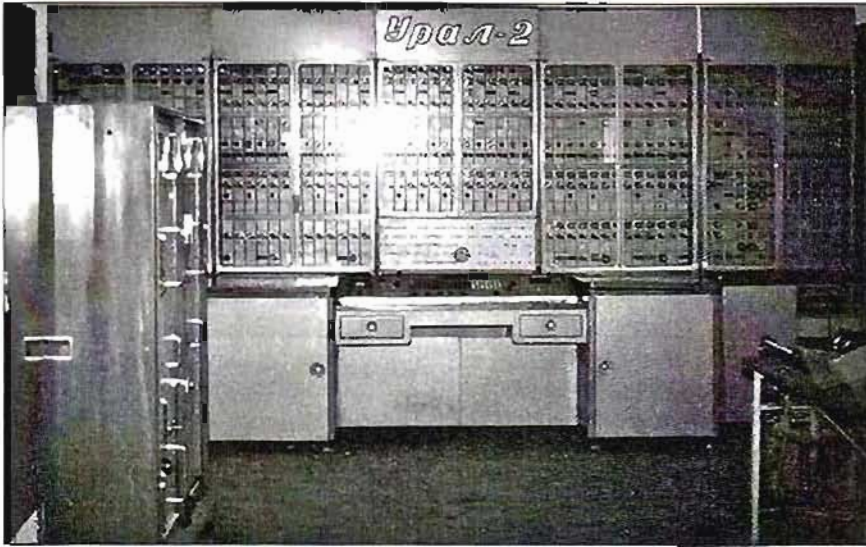
amelynek bemutatásával óriási sikert aratott (61. ábra).

Mi a hatalmas M-3-at nem tudtuk kivinni, ezért 1961-ben elkezdünk építeni egy működő „mimi M-3-at”, azaz egy számítógép modellt, ami a számítógép digitális adattárolási lehetőségét mutatta be (62. ábra). Edelényi László megtervezte és a műhely legyártotta mechanikát, én megterveztem az elektronikát, amit ismét Kardos Kálmánnal együtt építettünk meg.

Tűlzás nélkül mondhatom, hogy mindkét intézet kiállításának sikere volt. Edelényi László a logikai gép működéséről tartott bemutatásokat, mi pedig a memória működésének a bemutatásával próbáltuk meg a publikumot elbűvölni. Az elismerésünket igazolta, hogy maga *Kádár János* fejezte ki elismerését a hazai kibernetikai eredmények kiállítása és bemutatása iránt.



62. ábra. Működő dobmemória modell az 1961-es BIV-en



63. ábra. Az URAL-2 szovjet számítógép

1965-ben a Számítástechnikai Tárcaközi Bizottság három Ural-2 gép (63. ábra) vásárlásáról döntött, amiből egyet az Akadémia kapott meg, egy másikat pedig az Építésügyi Minisztérium. A harmadikat – Krecko Béla javaslatára – az oktatási tárca szerezte meg, amit a Közgazdaságtudományi Egyetemen helyeztek el, ezzel a géppel épült meg az első egyetemi számítóközpont. Akkor én már évek óta oktattam a Közgázon a számítástechnikát, nem csak a terv-matematikusoknak, hanem bárkinek, aki ezt az órarenden kívüli számítástechnika-előadási felvette magának. Sokan voltak, mert ragaszkodtam hozzá, hogy a nem terv-matematikusoknak ne legyen vizsgáztatás, csak aláírás kerüljön az indexbe, ami azt igazolja, hogy ott voltak az előadáson. Csak a terv-matematikusok kaptak számítástechnikából osztályzatot.

Az akkor már MTA Számítóközpontban az volt a probléma, mi legyen az M-3-mal? Mi nagyon szerettük, és ezért azon gondolkodtuk, odaadjuk valamelyik cégnek, amelyik majd tovább üzemelteti.

1961-től – a Budapesti Ipari Vásáron való megjelenésünktől kezdve – nagyon jó kapcsolatom volt a Szegedi Egyetemen, Kalmár Lászlóval és főleg Muszka Dániellel, akitől tudtam, hogy sokszor megkísérelték egy számítógép beszerzését és a szegedi egyetemi számítóközpont megalapítását, de – egy Budapest központú országban – mindig visszautasításban volt részük. A számítógépeket ugyanis egy központi alaptól vásárolták, amit a már említett,

az OMFB, a Gépipari Minisztérium és a KSH – általában elnök-, vagy miniszterhelyettesi szintű – tárcaközi bizottsága osztott szét. Szeged ebből rendszeresen kimaradt.

Ekkor azt javasoltam a szegedieknek, hogy vigyük le a leállított M-3-at Szegedre, állítsuk üzembe, hozzuk létre a vidék első számítóközpontját, használják az M-3-at. Ha majd az M-3 véglegesen kiöregszik, akkor talán nagyobb eséllyel pályázhatnak egy új számítógépre. Arra ugyanis Magyarországon, pláne a szocializmusban még nem volt példa, hogy egy jól működő intézményt, mert nem tudták a technikai hátteret fejleszteni, megszüntették volna. Abban pedig biztos voltam, hogy az M-3 számítógépet Szegeden kiválóan és eredményesen fogják majd használni.

Így is történt. Nem volt nehéz elintézni, hogy az MTA Számítástechnikai Központ az M-3 számítógépet Szegednek ajándékozza, így részesei lehettünk az első magyarországi számítógép-átállításnak és újbóli üzembe helyezésnek (64. ábra).

„1964 tavaszán született meg a döntés, hogy az MTA Számítástechnikai Központjának az M-3 gépe Szegedre, Kalmár László javaslatára az egyetem kereteiben 1963-ban létrehozott Kibernetikai Laboratóriumba kerül. Az előkészületeket azonnal megkezdtük: beindult a gépterem megalakítása, a laboratórium létszáma 0,5 főről (ez – félállású adjunktusként – én voltam) 12 főre emelkedett (...) az új munkatársak közül többen hosszabb időre a Budapesten még üzemelő M-3 mellé kaptak be-

osztást. 1965 áprilisában történt meg a leszerelés és a Szegedre való szállítás. (...) Ezzel vette kezdetét az a hatalmas fejlődés, amely a Kibernetikai Laboratóriumban és azzal együtt a szegedi számítástechnikában, számítástechnikai kultúrában azóta végbement.

Az M-3 gépet 1968. január 2-ig üzemeltettük. Ekkor kiselejtezésre került. Szétszerelése után a szekrényeket, alegységeket és alkatrészeket az egyetem olyan intézetei kapták meg, amelyekben elektronikus fejlesztő, építő tevékenység folyt. Sajnos, ezeknek csak csekély töredéke maradt meg, mint pl. a dobmémória.” [5. 6]

1979-et lrtunk, amikor a Neumann Társaság első kongresszusára meghívták Herman Goldstine matematikust, hogy – mint jó barátja és munkatársa – beszéljen nekünk Neumann Jánosról. Abban az időben én voltam a Társaság főtitkára, így a rendkívül érdekes előadás után, – ahogyan hivatalosan mondanák – magyaros vacsorát adtam a tiszteletére.

Hermannak – előzetesen – két kérés volt. Az egyik, a vacsora ne hívjak meg senkit sem, mert akkor nem tudunk beszélgetni. A második, miután a felesége is ott lesz, ő azonban hamar vissza fog vonulni, ezért az első számítógéppel kapcsolatos tapasztalatainkról ne a vacsora alatt, hanem csak a vacsora után beszéljünk.

A vendég szava parancs, a vacsora jó volt, viszonylag gyorsan – körülbelül este 10 óra tájban – be is fejeztük. Ezután elvittem őket a szállodájukba, a



64. ábra. Az M-3 mágnesdobja a szegedi technikatörténeti múzeumban

körúti Hotel Royalba, ahol Herman még meghívtam egy kis borozgatós beszélgetésre. A felesége visszavonult, mi pedig – hörpölgetve borainkat – elkezdtük feleleveníteni az első számítógépeink megépítésével és üzemeltetésével kapcsolatos élményeinket.

Azt hiszem, ekkor kezdődött el a haláláig tartó barátságunk.

Nem tudom, hogy kettőnk közül ki döbent meg jobban, amikor a gépeink építéséről, valamint az üzemeltetéséről, első üzemeltetési tapasztalatainkról beszélgettünk, mert szinte azonosak voltak az események és tapasztalatok. Nagy elégtétellel hallgattam, hogy mi is majdnem mindent kitaláltunk, amit az ENIAC, az EDVAC és az IAS gép üzemeltetői is kitaláltak és meg is valósítottak a gépek üzembiztonságának a növelésére. Két dolog volt, amit csak mi hoztunk létre, két dobznak a géphez való illesztését, valamint a zenét. Mind a kettőre – ha jól emlékszem – jöfőle szekszárdi vörösborral ittunk áldomást.

Közöttünk a hidegháború alatt semmiféle kapcsolat nem volt, így egymás eredményeiről sem tudtunk sokat. Járta hozzánk külföldi szakfolyóiratok, amelyekből – nagyjából – ismertük Neumann Jánost és a számítógépek fejlesztése terén elért eredményeit, de azokról a szakmai titkokról, amelyeket Goldstine néhány pohár vörösbor mellett elmesélt, akkor hallottam először. Felejthetetlen éjszaka volt, ami majdnem „kivilágos kivirradtig” tartott.

A látogatása után hazautazott, majd nem sokkal később a postás egy csomagot, benne egy könyvet hozott, a „The Computer from Pascal to von Neumann” munkájának az első kiadását. Benne egy rövid ajánlás:

To Mr. Gyöző Kovács With our warmes thank for the lovely diner in Budapest. Herman H. Goldstine 19. Dec. 1979.

Amikor a könyvet elolvastam, azonnal tudtam, meg kell magyarul is jelentetni. Elvittem a Műszaki Könyvkiadóba, ahol osztották a véleményemet, sőt a könyvet – Szabó G. Zoltánnal (akkor matematikus, most politikus) – azonnal le is fordították. Eltel néhány hét, a Kiadó szólt, hogy baj van, a szövegen aprócska változtatást kéne tenni, két mondatot ki kéne hagyni a kötetből.

Az egyik: 1919-ben, Kun Béla kommunista rendszerének létrejöttékor a Neumann család velencei házukba menekült. Egyáltalán nem kétséges, hogy apja a családjának a biztonságát

féltette, nehogy a kommunisták kezébe kerüljenek. Ez a tapasztalat nagy hatással volt Neumannra, akiben erős ellenszenv, sőt gyűlölet alakult ki minden iránt, amit a kommunizmus képvisel.

A másik: Neumannék, csaknem két hónappal a Tanácsköztársaság leverése után tértek vissza. Neumann Oppenheimer ügyében tett tanúvallomásaiban ezt mondta: „Azt hiszem, hogy általánosságban elmondható a magyarokról, hogy érzelmileg félnek és ellenszenvet éreznek az oroszokkal szemben!”

Mind a két mondat az első amerikai 1972/73-as kiadás, 168. oldalán (első magyar kiadás 155. oldal, második magyar kiadás, 157. oldal) található, talán hangsúlyoznom sem kéne, a hetvenes évek végén meglehetősen ütős két mondat volt.

Az volt az első reflexióm, nem rondíthatunk bele Goldstine könyvébe. Nincs jogunk hozzá.

Felhívtam a szerzőt, hogy – Herman, két mondatot ki kéne hagyni a könyvből, akkor kiadják – mondtam. Ő sem felelt, hanem visszakérdezett: „Te mit tennél?” Én azt válaszoltam: „Ha erre a két mondatra biztosan emlékszel, hogy így volt, akkor hagyjuk benne.” Herman röviden válaszolt: „Én Jancsi szavaiban biztos vagyok, a szöveg marad!”

A választ továbbítottam a kiadónak, s a könyv kiadása akkor – 1980-ban – leállt, lekerült a kiadásra váró könyvek listájáról, pedig a kiadás jogát a szerzőtől, illetve a Princeton University Press-től szinte ingyen – néhány dollárért – kaptuk meg. Goldstine-nek óriási örömet okozott, hogy a könyv Magyarországon, Neumann szülőföldjén megjelenik, ennek ellenére – teljes egyetértésem mellett – a döntését nem változtatta meg.

Néhány év múlva levelet kaptam Nicholas Vonneuman-tól (így változtatta meg Neumann János öccse, Miklós Amerikában a nevét), aki üzleti kapcsolatokat kezdett kialakítani a lágy szocializmusban „dagonyázó” Magyarországon, ezért érdeke volt, hogy Goldstine könyvét kiadjuk. Elmondtam a problémát, amire az volt a rövid válasza: Ki kell hagyni a két mondatot, mert ez így nem igaz! Én azt kértem, beszélje meg Goldstine-nel. A baj csak az volt, hogy Miklós korábban még sohasem találkozott Goldstine-nel, így nem ismerte, egyáltalán nem volt vele kapcsolata.

A kölcsönös bemutatást én vállaltam. 1985 augusztusában, Norfolkban

volt az IFIP oktatási konferenciája, s úgy döntöttem, hogy hazafelé megállok Philadelphiában, ahol mind a ketten laktak. Azt terveztem, hogy egy közös megbeszélésen döntünk a könyv kiadásával kapcsolatban, mi legyen a megoldás. Így is történt. A döntés végeredményét mondom:

- A könyv szövege marad!
- Miklós megírja Goldstine-nek is és nekem is, hogy Neumann János gyerekkorával kapcsolatban műben nincs Herman Goldstine-nek igaza, azaz megírja, hogy szerinte mi az igazság.
- A levelet beteszem a könyvbe, 3. függeléként (a könyvben már eredetileg volt egy 1. függelék, a 2. függelék megírását pedig Goldstine – A számítógép-fejlesztés korai szakasza Magyarországon címmel – már korábban engedélyezte nekem.)

Ezzel a korrekcióval talán a könyv kiadását vállalni meri a Műszaki Könyvkiadó. Így is történt. Megjött a levél, Goldstine-t felhívtam, jót nevetett a magyar politikai helyzeten és az azt követő bürokrácián, a kiadó pedig a 3. függelék beiktatásával vállalta a kiadást. A könyv 1987-ben – 7 évi várakozás után – megjelent, s mindenki boldog volt.

A könyv bemutatójára meghívtam Herman Goldstine-t, aki eljött, majd többször is elmondta – még a halála előtti, utolsó találkozásunk alkalmával is – hogy 1987-ben élete legboldogabb napjait töltötte Magyarországon (65. ábra).

A Neumann Társaságban ismét előadást tartott Neumann Jánosról, két helyszínen – Kecskeméten és Budapesten – találkozott az olvasókkal és dedikálta a könyvét, ami két hét alatt az utolsó darabig elfogyott. (Nagyjából napi max. 800 könyv dedikálása volt a teljesítménye, utána elfáradt.)

Ezt követően még nagyon sokszor találkoztunk Amerikában. 2003-ban is, amikor könyvének a Neumann Centenárium évében a második kiadása megjelent a Műszaki Kiadónál (66. ábra). Ezt a budapesti meghívást – miután a betegsége egyre súlyosabbá vált – már nem tudta elfogadni, az új kiadást – 2003-ban – én vittem el Philadelphiába. Elvittem és megmutattam a bronz Neumann domborművet is (67. ábra), Fusz Györgyszekszárdi művész alkotását. A bronz Neumann portrék alá, attól



65. ábra. H. H. Goldstine Kovács Győzőnek riportot ad

függően, hová tettük, háromféle szöveget írtunk. Az emléktáblákat Aberdeenben, Princetonban és Los Alamosban lepleztünk le. Sajnos, Herman ezeken sem tudott már részt venni. Hamarosan levelet kaptam a feleségétől, hogy Herman – Neumann János leghűségesebb barátja – meghalt. Jellemzősül még egy történet.

A University of Pennsylvania (PENN) még ma is vitatják, hogy a Neumann elvet ki találta ki, ott úgy tanítják, hogy – szerintük – John Mauchly, az ENIAC alkotója. Ezt állítólag Mauchly is – halála előtt – megerősítette. Kíváncsi voltam, mi erről Goldstine véleménye.

A válasza velős volt és rövid: Ostobaság! Én ott voltam, amikor Jancsi kitalálta, hogy úgy lehet a gépet tökéletesen vezérelni és programozni, ha az adatokat és a programot is egy memóriában tárolják, azaz megfogalmazza a Neumann elvet. Ez – mondta – kizárólag Jancsi fejében született meg.

Én még megpróbáltam Hermannel iréfálgozni, ismerve Neumann iránti elfogultságát, ugyanis többször is úgy nyilatkozott, hogy a számítógéppel kapcsolatos legjelentősebb matematikai és számítástechnikai eredmények mind Neumann János saját eredményei voltak, sohasem az övé. Herman elkomorult, mint aki ebben a kérdésben nem ismeri a trefát: Valóban, neki, saját magának is voltak ötletei, például a flow-chart, a programozás alapelveinek az első rögzítése és még néhány más felfedezése. A Neumann elvet azonban Jancsi fogalmazta meg először és szinte azonnal publikálta is az EDVAC leírásában, amivel megakadályozta, hogy bárki is szabadalmaztassa a tárolt program elvét, illetve az EDVAC számítógép egyéb architektúráis újdonságait. Herman még azt is mondta, hogy – szerintük – Neumann számítástechnikai találmányai közül a

Neumann elv lesz az egyik legidőállóbb alkotás, enélkül – ugyanis – nem lehet modern számítógépet építeni.

Igaza volt! Még ma sincs számítógép, ami ne Neumann elven működne.

Még valami. 1946 októberében Mauchly és Eckert önálló vállalatot alapítottak és szakítottak Neumannal valamint Goldstine-nel, és először alkottak számítógépet gyárban, ipari körülmények között. A szakításnak két fő oka volt. Az egyik az, hogy a PENN – az ENIAC után – nem ajánlott fel katedrát egyiküknek sem, a másik, hogy a Neumann elv szabadalmaztatását Neumann János – Goldstine egyetértésével – megakadályozta, pedig akkor már az ENIAC minden részletét Mauchly és Eckert szabadalommal védte le. Ugyanezt – a nyilvános publikáció miatt – az EDVAC-kal már nem tudták megtenni.

### Utószó az M-3-hoz

Amint az Muszka Dániel írásában is olvasható, az M-3 1968. január 2-án befejezte dicső pályafutását, a szegedi egyetemen szétbontották és kiosztották az egyetem tanszékei között. Miután 1968-ban már lejárt az elektroncsöves készülékek ideje, a tanszékek a megkapott részegységeket valószínűleg nem tudták használni, feltételezhető, hogy a megkapott áramkörök – előbb vagy utóbb – a MÉH-ben vagy a roncsstelepen kötöttek ki. Én még megpróbáltam az akkori Országos Műszaki Múzeum



67. ábra. Neumann János domborműve, Los Alamos, Princeton, Aberdeen, Budapest és Topolya

vezetőjével beszélni, hogy az M-3-at vigyük be a múzeumba. Az volt a válassz, hogy ott csak 100 éves műszaki emlékeket őriznek. Így az M-3 nem jutott be a gyűjteménybe, mert akkor még 10 éves sem volt.

Hiába érvettem, hogy a számítástechnikában – mint a mesében is – három nap egy esztendő, az M-3-at már nem tudtam megmenteni.

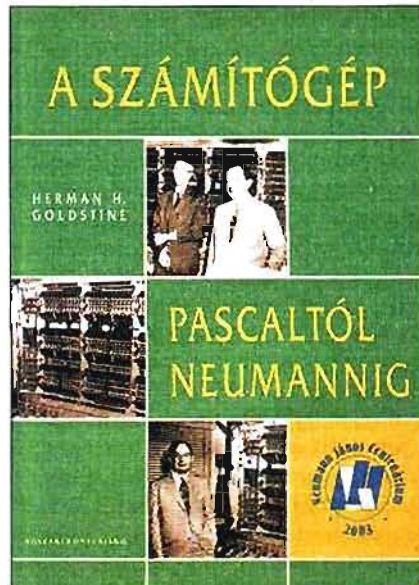
\*

Még egy epizód a '80-as évekből. Egyik nap felhívott Tóth Endre, a számítástechnikai gyűjtemény akkori kurátora, hogy egy hölgy behozott egy íróasztalfiókot a múzeumba, amiben mindenféle érdekes műtűrök vannak. Szerinte számítógép tartozékok, nézzem meg már, honnan származhatnak. Bementem és – a legnagyobb meglepetésemre – a KKC-beli íróasztalom 20 évvel korábbi fiókjával találkoztam, amiben – Kardos Kálmánnal együtt – tároltuk a mágnesdobhoz és pl. a lyukszalag javításhoz használt eszközöket.

Örömmel elvittem volna emlékek belőle néhányat, de akkor már minden darabon rajta fityegett a leltári szám.

### Irodalom:

1. Kozma László: Egy Kossuth-díjas börtönévei
2. Dr. Kozma László: A Műszaki Egyetem első digitális számológépe
3. H. H. Goldstine: A számítógép Pascaltól Neumannig
4. Dömölki Bálint: MTA KKC's Tájékoztató, 5. szám, 1960. augusztus
5. Kovács Győző: Válogatott kalandozásaim Informatikában
6. Dr. Muszka Dániel: Szemelvények a számítástechnika szegedi történetéből



66. ábra. H. H. Goldstine könyvének második magyarországi kiadása

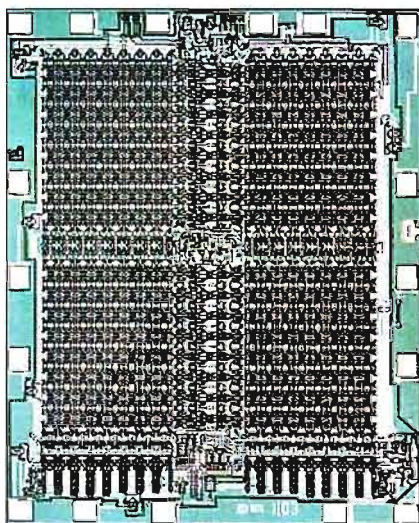
# A DRAM fejlődése 1970–2010 között

Dr. Madarász László okl. villamosmérnök, főiskolai docens,  
Kecskeméti Főiskola GAMF Kar, madarasz.laszlo@gamf.kefo.hu

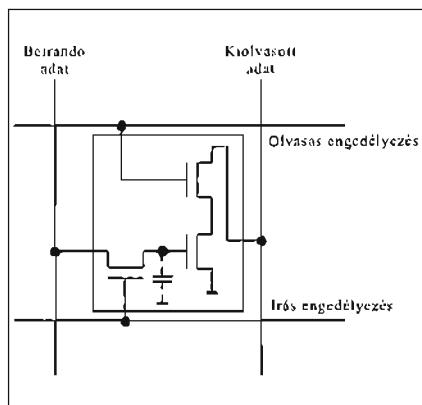
A modern DRAM áramkörökhöz vezető utat bemutató cikkből, „A dinamikus RAM útja a DRAM IC megszületéséig” (Rádiótechnika, 2010/10. és 11.) tájékozódhattunk a korai megoldásokról, az 1T1C cella feltalálójáról és az 1970-ben forgalomba került első DRAM IC, az Intel 1103 kifejlesztésének körülményeiről. Ebben azonban 3T (azaz három tranzisztort tartalmazó) elemi cella működött, egy bit értékét egy FET-ben tárolt töltés képviselte. A következő lépés az 1T1C cella alkalmazása lesz, ahol egy kapcsolótranzisztor és egy parányi kondenzátor szükséges egy bit őrzésére. A következő oldalakon végigkísérjük ezeket a DRAM áramköröket a megjelenésüktől a mai típusokig. A DRAM megdöbbentő mennyiségben készül jelenleg is. Csak egy adatpáros kedvező híradás: 2010-ben a DRAM-ok forgalma újabb 40%-kal nőtt a világon, s elérte éves szinten a 32 milliárd \$ értéket! Először azonban térjünk vissza az i1103-ra!

## Az i1103 felépítése

A 1103 1 Kibit kapacitású, 1024×1 szervezésű DRAM csipfotója a 1. ábrán látható. Egy tárolócella kapcsolását a 2. ábra mutatja be. Az áramkör belsejében az 1024 tárolócella mátrix elrendezésben



1. ábra



2. ábra

jelent meg, 32 sorban, 32 oszlopban. A 10 címbitből az első öt (A0...A4) egy sort választott ki a tárolóterületen, a soron belüli kiválasztást az oszlop-cím-rész végezte, a magasabb öt címbit (A5...A9). A kezelt sor minden cellája frissült, így a frissítési idő (2 ms) alatt azt kellett megoldani, hogy minden sor kiolvasásra kerüljön. A kiolvasási folyamatnak ugyanis automatikus visszairás volt a befejezése, ennek során minden cellában a megfelelő kondenzátorok ismét feltöltődtek. Már az előtöltést is alkalmazták ebben a DRAM-ban: a kiolvasáskor használt vezeték az előtöltési fázisban a 0 és az 1 bitértéknek megfelelő feszültségszintek közötti középértéket vezetnek, így a tárolócella kondenzátorának kis töltése (amikor a cellát az olvasóvezetékre kapcsolják) a küszöbértékhez képest könnyebben és egyértelműbben tudja a vezeték állapotát beállítani, azaz jelentősen pontosabb és egyszerűbb a bitcella kiolvasása. A 1103 használatakor külső jellel kellett kezelni az előtöltést.

Az áramkört három változatban gyártották később, a P1103 elérési ideje ( $t_{acc}$ ) 300 ns, a P1103A 250 ns alatt érhető el, a P1103A-1 pedig 145 ns alatt. Az előbbi kettő tápfeszültsége ( $U_{BB}$ ) 16 V, a harmadiké 19 V. Az  $U_{SS}$  pontra a tápfeszültségnél 3 V-tal kisebb feszültséget kellett vezetni, és az  $U_{DD}$  került a GND (0) pontra. A csip felülete 10 mm<sup>2</sup>. PMOS technológiával készült, 6 maszkos gyártási folyamattal, 8 μm vonalvastagsággal. Az elemi tárolócella

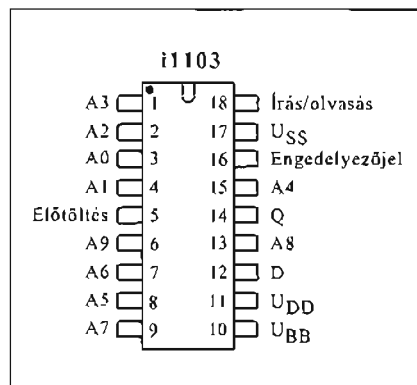
felülete 2400 μm<sup>2</sup> volt. Lábkiosztását a 3. ábrán mutatjuk be.

Mai szemmel nézve a 1103 lassú, bonyolult gyártási és tesztelési folyamatot igényel, érzékeny az alkalmazási körülményekre. De a maga korában műszaki szenzációként hatott, jelezte, hogy a ferritgyűrűs memória korszaka véget ért! 1972-ben már a legnagyobb darabszámban eladott memória-IC volt ez az áramkör, a forgalomba hozott összesített tárolókapacitás meghaladta a ferritgyűrűs memóriák eladott kapacitását!

## Az i1103 első alkalmazásai

A DRAM IC kifejlesztését a nagy és közepes méretű számítógépek ferritmemóriájának helyettesítésére sürgették a számítógépgyártók. Az IBM System 370/158 sorozatban már a 1103 volt a főmemória.

A kisméretű gépekben csak később jelent meg ez a memóriatípus. A Hewlett-Packard az asztali számítógépek fejlesztésének az egyik éllovasa volt ezekben az években. Új sorozatának, a HP9800 gépeknek szokatlanul nagy volt a ROM-igénye. A HP9810A-ban 5...11 KiB, a HP9820A-ban 8...10 KiB, a 9830A-ban 15...31 KiB ROM-területet lehetett használni. A HP maga fejlesztette ki a megfelelő ROM áramköröket, amiket gyártásra átadott a Motorolának. Ez a megrendelés tette lehetővé, hogy a nagyintegráltságú áramkörök területén a Motorola előretörhessen.



3. ábra



4. ábra

Ugyanakkor a HP az írható-olvasható memória-igényét DRAM IC-kel kívánta megoldani, ehhez is gyártót keresett, és ekkor kerültek kapcsolatba az Intellel. A 1102 fejlesztése közben a HP mérnökei felkeresték az Intelt, de megállapították, hogy számukra ez az áramkör nem elegendően megbízható. Részen a HP megjelenése idézte elő, hogy az Intel nagy erővel (a Honeywell háta mögött) elkezdte a 1103 fejlesztését.

A HP9800 sorozatból a HP9830 készülékek (4. ábra) már valódi „home computer” asztali gépek voltak, ROM-jukban BASIC interpretert is kapott a vásárló. Ezek a gépek 1972 körül készültek, de a tíz évvel később megjelenő IBM PC-khez mérhető a számítástechnikai teljesítményük. Ebben jelentős a szerepe a 1103 DRAM áramköröknek, melyek az írható-olvasható memóriaterületet képezték a HP9800 sorozatú számítógépekben.

### A klasszikus DRAM áramkörök

Az 1 Kibites DRAM IC-k (az Intel 1103 áramkörök) kedvező fogadtatása arra ösztönözte a gyártókat, hogy az áramkörök egyre nagyobb számú előállítására mellett minél gyorsabban nagyobb kapacitású DRAM IC-eket is kifejlesszenek. A 4 Ki méretű DRAM áramkörök előállítása során körvonalazódott az a DRAM-hierarchia, amit ma klasszikus DRAM szerkezetnek, áramköri felépítésnek tartunk. A 4 Kibites DRAM áramkörök már NMOS technológiával készültek, ez a váltás is segítette a nagyobb kapacitás elérését. Az NMOS megoldás alkalmazásának másik nagy előnye az volt, hogy NMOS környezetben meg lehetett oldani az ITIC cella beintegrálását a DRAM áramkörbe!

### A 4 Kibit kapacitású DRAM-ok

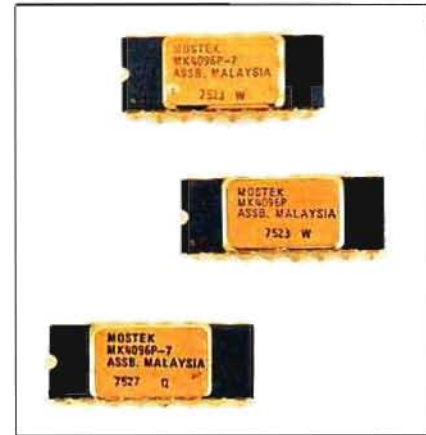
Az Intel gyorsan továbblépett, az 1 Kibites DRAM után megjelentette a 4 Kibites áramkört is. A 8107 22 kivezetésű DIL tokban készült, három tápfeszültségű volt, a már korábban megismert 3T bitcellával készült. Az NMOS kivitelezés mellett lényegében csak egyszerű méretcsökkentést végeztek, így tudták a 4 Ki-hoz tartozó bitcella-mennyiséget a csipre rázsűfolni.

Dennard egytranzistoros elemi tárolócellájának integrált áramkör belső egységeként való kivitelezése elsőként a Texas Instrumentsnek sikerült. A TMS4030 1973-ban készült el, 4 Kibit kapacitású, három tápfeszültségű NMOS IC. Gyártásakor 8  $\mu\text{m}$ -es csikmérettel dolgoztak, a tárolócellák a Dennard által feltalált 1T1C (azaz egy tranzisztor, egy kondenzátor) felépítésűek. Ezek a csipek 6 maszkos NMOS technológiával készültek, a lapka felülete 15  $\text{mm}^2$  volt, az elemi celláé 1280  $\mu\text{m}^2$ . Ezután az 1T1C cella alkalmazása már „szabványos” megoldássá válik.

A 4 Kibites DRAM-okat ezután több félvezetőgyártó is forgalomba hozta, az elfogadott méretű DIL 22 tokozással. A Mostek kutatói elhatározták, hogy kisebb lábszámú tokozással gyártanak 4 Kibit kapacitású DRAM áramköröket. A DRAM-ok fejlesztésekor az 1T1C cella alkalmazása mellett a másik legfontosabb lépés a címbitek fogadásának átalakítása. Az eddig megismert DRAM áramkörökre egyszerűen párhuzamosan, egyidejűleg az összes címbitet be kellett vezetni. A 4 Ki kapacitású áramkörök esetén ezek az A0...A11 címbitek, azaz 12 címvezeték. Ahogyan a SRAM-okban és a kor ROM, EPROM áramköreinél is, a DRAM-oknál is a beirási vagy kiolvasási ciklus egész ideje alatt a címbevezetések jelen kellett lennie a címtéteknek, mert a memória-áramkörökben nem volt címtároló egység.

A Mostek mérnökei a tokozás lábszámának csökkentése érdekében a cím két részletét, a sorcímet (Row Address) és az oszlopcímet (Column Address) már nem egyszerre vezették be az általa kifejlesztett DRAM áramkörbe, hanem két részletben; először a sorcímet, aztán az oszlopcímet. Ez a multiplexelt címzés a DRAM áramkörök továbbfejlesztésének igen jelentős lépésének bizonyult.

Mindenesetre a multiplexelt címzés alkalmazása további változásokat is jelentett. Mivel ugyanazokon az IC-lábakon egyszer a sorcím, később az oszlopcím jelenik meg, a címtékeket (amik ezután nincsenek folyamatosan a tok lábain) a csipen belül tárolni szükséges. A külső áramköröknek közölniük kell a DRAM-mal, hogy mikor van



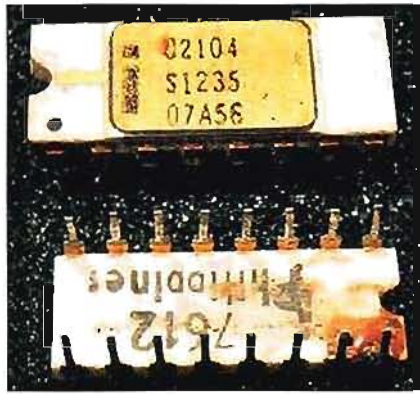
5. ábra

rávezetve a sorcím, mikor az oszlopcím. Erre a célra két vezérlőjelet vezettek be, a sorcím-kijelölő jelet (RAS, Row Address Select, máshol Row Address Strobe) és az oszlopcím kijelölő jelet (CAS, Column Address Select, máshol Column Address Strobe). A továbbiakban a multiplexelt címzés, a két címkijelölő vezérlőjelet 40 éven át szinte minden DRAM-nál szerepelni fog.

A Mostek első, multiplexelt címzésű DRAM áramköre a 4 Kibit méretű, NMOS technológiával készült MK4096 (5. ábra), ami a 4096 tárolt bitről kapta a nevét (4096 = 4 Ki). Az alkalmazott áramköri technológia: NMOS, 6 maszkos, 8  $\mu\text{m}$ -es minimális vonalvastagságú. Az NFET-ek szilícium Gate-tel készültek, a bitcella területe 1300  $\mu\text{m}^2$ , a teljes IC felülete 15  $\text{mm}^2$ . 1974-ben került forgalomba. A cím multiplexelése lehetővé tette, hogy 22 lábú helyett 16 kivezetésű DIL tokot használjanak az áramkörhöz. A kis tokméret egyszerűbb, olcsóbb gyártást jelentett, a számítógépekben pedig kisebb helyfoglalást, azonos méretű paneleken, kártyákon jelentősen nagyobb memória-kapacitást lehetett elhelyezni. A Mostek hamarosan a 16 Kibit kapacitású DRAM-ot is (MK4116) kifejlesztette, ami ugyanakkora tokban volt elhelyezve.

Az újszerű címkezelés egyszerűsítette a frissítési folyamatot is, amint később látni fogjuk. A multiplexelt címzés, a hozzá tartozó vezérlőjelekkel még egy további lépésre is lehetőséget adott: el lehetett hagyni azt a külső jelet, amelyik az előtöltést vezérelte, mert a két címvényesítő jelet erre a célra is fel lehetett használni.

A multiplexelt címkezelésnek van egy további érdekes következménye is. A DRAM-ok általában azonos számú sorral és oszloppal készülnek. Ha a sor-



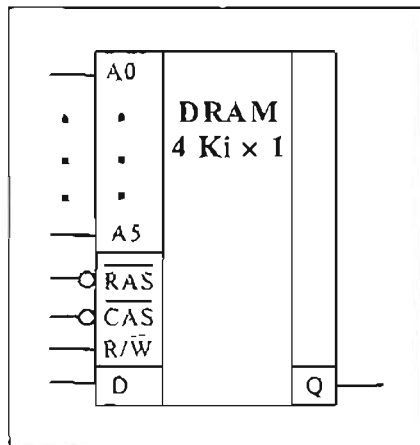
6. ábra

cím is, és az oszlopcím is 8 bites. azaz az áramkörnek 8 címlába, 8 címcsatlakozása van (A0 ... A7), akkor a teljes cím 16 bit, azaz a memória kapacitása 64 Ki. Ha a tokon eggyel több címlábat alakítanak ki, akkor a sorcím is 9 bites lesz és az oszlopcím is, a teljes cím pedig 18 bites, a kapacitás pedig 256 Ki. Így, ha eggyel nő a címlábak száma, a kapacitás négyszeresre változik. Ez azért szokatlan, mert a párhuzamos címzésű memóriák esetében egy új címláb kétszeres kapacitást eredményez. A párhuzamos címzésű EPROM-ok pl. ilyen sorozatokat alkotnak: 4 Ki, 8 Ki, 16 Ki, 32 Ki, 64 Ki stb. A DRAM-ok pedig ilyeneket: 4 Ki, 16 Ki, 64 Ki, 256 Ki, 1 Mi stb.

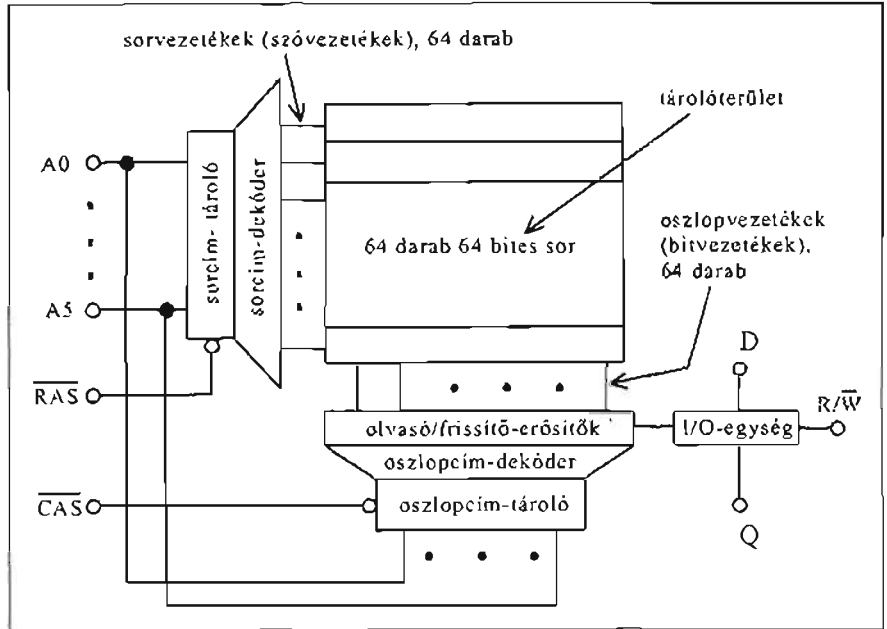
Hamarosan más cégek is megjelennek a 4096-hoz hasonló kialakítású DRAM áramkörökkel. Az Intel megfelelő áramkörre a 2104 (6. ábra), amit majd a 16 Kibites 2116 követ.

### A klasszikus DRAM felépítése, működése

A klasszikus DRAM jellegzetességeit egy 4 Ki x 1 kapacitású áramkörön mu-



7. ábra



8. ábra

tatjuk be. A későbbi típusszámok (4116, 4164, 41256) logikája szerint ezt 4104-nek kellett volna hívni, de ilyen számmal senki nem gyártotta. Ugyanakkor a sokféle típuskód ellenére a belső felépítésük, a működésük már egységes volt. Azt a 4 Kibites változatot tekintjük klasszikusnak, amely NMOS technológiával, multiplexelt címekkel, 1T bitcellával, 16 lábú DJL tokozással készült. Ezek az áramkörök kompatibilisek voltak egymással.

A 4 Ki x 1 szervezésű DRAM logikai rajzjelét a 7. ábra mutatja be. Itt jól megfigyelhető a csatlakozólábak jelölése. A 4 Ki címtérület címzéséhez 12 címbitre van szükség (A0...A12). Egy EPROM vagy SRAM, ha 4 Ki szót tartalmaz, 12 címbevezetéssel rendelkezik, hiszen a cím egyidejűleg, párhuzamosan kerül rájuk. A DRAM multiplexelt címzése miatt csak hat címlábra van szükség (ezeket a logikai rajzon is, a lábkiosztás ábráin is A0 ... A5 jelöli), erre érkezik először a sorcím (a teljes 12 bites cím első hat bitje), később az oszlopcím (a teljes 12 bites cím felső hat bitje). A két címrészlet jelenlétét a címkiválasztó jelek lefutó éle jelzi. az  $\overline{RAS}$  lefutó éle a sorcím jelenlétét jelzi, a  $\overline{CAS}$  lefutó éle az oszlopcímét. Az IC-nek nincs működésengedélyező jele (pl.  $\overline{CS}$ ), ezt a szerepkört is a  $\overline{CAS}$  tölti be.

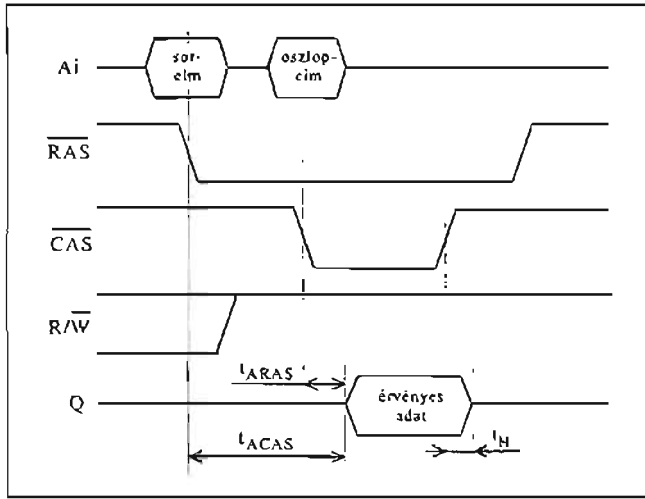
Az írási/olvasási működést egyetlen, összevont vezérlőjel kezeli, H szintje olvasási ciklust jelez, L szintje váltja ki az írási folyamatot. Az egybit-es memóriarekesz olvasása és írása két

külön lábon keresztül valósul meg. A kiolvasott adatbit a Q ponton jelenik meg, beíráskor az új bitértéket a D pontra kell vezetni.

A 4 Ki x 1 DRAM vázlatos belső felépítését a 8. ábrán láthatjuk. A 4 Ki (4096) darabszámú tárolócella mátrixban van elrendezve, melynek 64 sora, 64 oszlopa van. A 6 bites sorcím a 64 sor egyikét tudja kijelölni, a 6 bites oszlopcím pedig a 64 oszlop egyikét. A tárolóterület úgy is tekinthető, mint egy olyan memória, amiben 64 tárrekesz van, mindegyik 64 bites.

Az áramkör működése közben fellépő jelalakokat a 9. ábra mutatja be, ami egy olvasási ciklust ábrázol. A címvonalakra először a sorcímet kell ráhelyezni, ezután az  $\overline{RAS}$  vonalon (ami eddig H szinten volt, ami az inaktív szintje) lefutó élt kell létrehozni, ez jelzi a DRAM számára, hogy az A0...A5 lábbon beolvasásra vár a sorcím. A  $\overline{RAS}$  vonalon megjelenő lefutó él hatására egy egész esemény sor valósul meg. A sorcím-tároló befogadja és ezután tárolja a sorcím hat bitjét, a kimeneteiről azok a sorcím-dekóderhez jutnak. A sorcím-dekóder egyetlen kimenete aktivizálódik, az, amelyiknek a sorszámát pillanatnyilag, mint sorcímet, beküldtük. Ez a kiválasztott sor, ami 64 bitet tartalmaz, letöltődik az olvasó/frissítő erősítőkhöz (ezek is 64-en vannak). Egy sor megnyitása azt jelenti, hogy ebben a fázisban az olvasó/frissítő erősítőkhöz található. Ennek a későbbi, nagyobb kapacitású DRAM-ok esetében





9. ábra

lesz jelentősége, ugyanis egy megnyitott sornál egymás után több oszlop is olvasható, írható. Egyébként egyelőre a működéssor befejeződött, az IC az oszlopcímre vár.

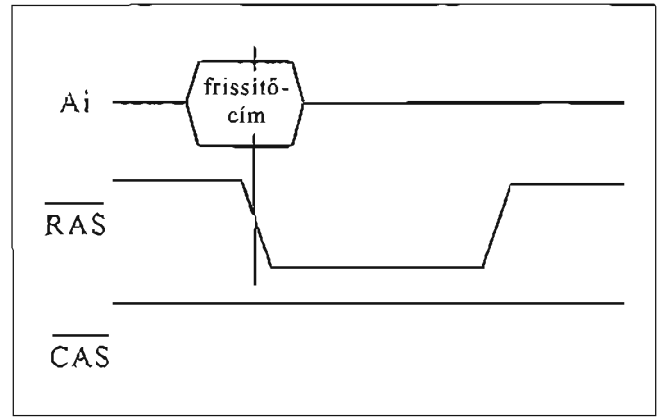
A címlábakra ezután az oszlopcímeket kell bevezetni, amit a CAS lefutó élével kell jelezni. Ez a lefutó él is eseménysort indít el. Az oszlopcím-tároló befogadja az oszlopcímeket, a kimenetről a címbitek az oszlopcímdekóderbe jutnak, a dekóder egyetlen kimenete aktivizálódik (amelynek a sorszáma megegyezik a pillanatnyi oszlopcím-értékkel). Ez a kimenet a 64 olvasó/frissítő erősítő egyikét választja ki, ennek tartalma (azaz a kiválasztott bit eddigi értéke) átíródik az I/O-egységbe.

Itt az R/W vezérlőjel értékétől függően zajlanak tovább az események. Olvasási ciklusban az R/W lábán H szintnek kell állnia, ennek hatására az I/O-egység kimenete aktivizálódik, és

az érvényes bitérték megjelenik az IC Q kivezetésén (ami előzőleg nagyimpedanciás állapotban volt).

A CAS lefutó élénél az I/O egység tartalma visszairódik a megfelelő olvasó/frissítő erősítőbe, a Q kimenet ismét nagyimpedanciás állapotba kerül. A későbbiekben látni fogjuk, hogy a kiválasztott sor kiolvasása, azaz az olvasó/frissítő erősítőbe történő betöltése a bitcellák töltését „elhasználja”, azaz a kiolvasás destruktív. Emiatt kiolvasás után a teljes sor tartalmát vissza kell írni a bitcellákba, úgy, hogy a kondenzátorok teljes töltést kapjanak. Ez az RAS bemeneten kialakított lefutó él hatására következik be. Ezzel az olvasási ciklus véget ért.

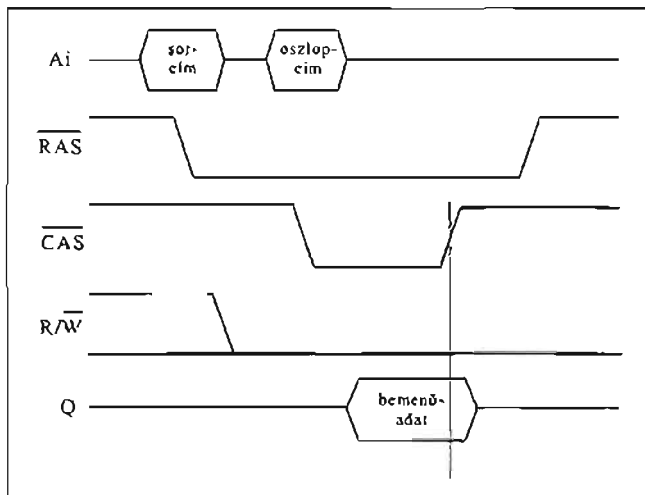
Az írási ciklus (10. ábra) ugyanúgy kezdődik, mint az olvasási, egészen addig, amíg a kiválasztott bit az I/O-egységbe kerül. Az R/W jel alacsony szintjének hatására a DRAM D



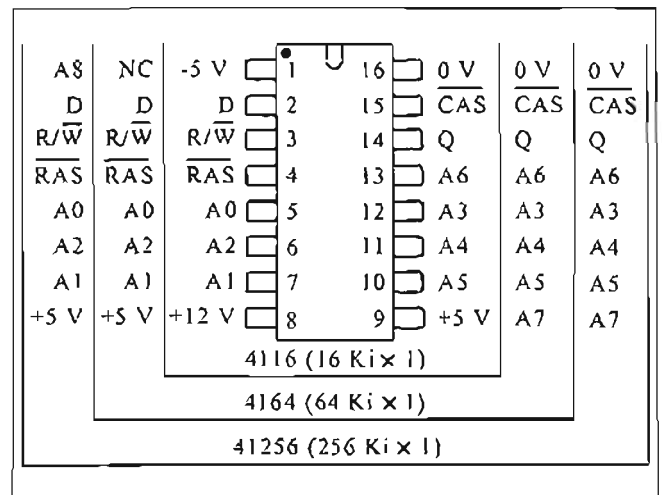
11. ábra

bemenetén levő beírandó bitérték átírja a kiolvasott bitet. Amikor a CAS lefutó élével a bit visszakerül az olvasó/frissítő erősítőbe, ott is az új bitérték érvényesül, végül az RAS lefutó élével a kiválasztott bitcellába az új, most beírt bitérték kerül vissza, a sor többi elemébe a korábbi, változatlan bitérték.

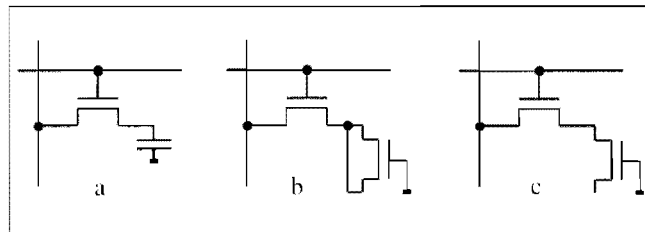
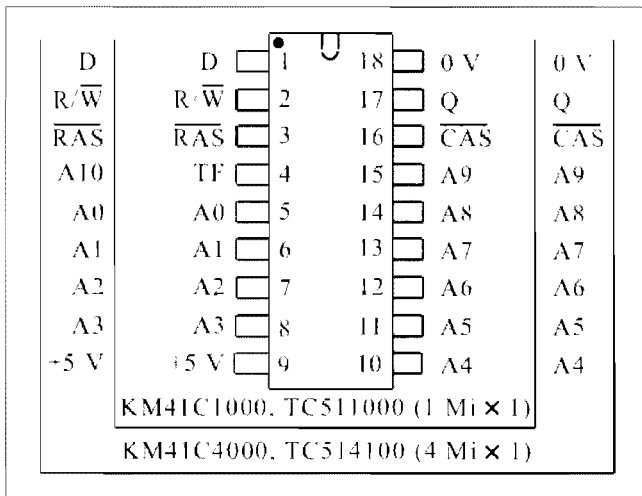
A klasszikus DRAM belső kialakításának sajátossága, hogy különválasztott D bemeneti és Q kimeneti pontja van. Ez pl. az írási ciklusokban sajátos működési módokat idézhet elő. A 10. ábrán normál írási ciklus látható. Ennek az a feltétele, hogy a CAS lefutó élével az R/W már stabilan L szinten legyen. Ha ez nem teljesül, azaz a CAS lefutó élével az R/W még H szintű, de hamarosan L-re vált, a Q kimenet a nagyimpedanciás állapotról aktív állapotra vált, bár még nem a kiolvasott bit lép ki rajtuk, csak egy érvénytelen érték. Ha még később vált át az R/W L szintre, akkor a teljes olvasási folyamat végbemegy, a Q ponton fellép az érvényes kiolvasott bit, közben azért az L



10. ábra



12. ábra



14. ábra

13. ábra

szintre váltott  $R/\overline{W}$  hatására a  $D$  pontról az írási ciklus is végrehajtodik.

Mivel a bitcellákban levő tároló kapacitás 30...50 fF (a f decimális prefix, értéke  $10^{-15}$ ), a teljes töltés csak kb. 1 millió elektron, a bitcella kondenzátora nemcsak a destruktív kiolvasás miatt veszítheti el a tartalmát, hanem attól is, hogy a csatlakozó áramköri részleteken keresztül folyamatosan kiszül. Ezért szükséges adott időn belül minden cella tartalmát frissíteni. A régebbi típusoknál 2 ms-onként, az újabbaknál 32 vagy 64 ms-onként kell frissíteni (ez az időérték a frissítési idő, a  $T_f$ ).

A fentiekből következik, hogy egy olvasási vagy írás ciklus az érintett sor minden esetében frissíti. Ha csak frissíteni kívánjuk az áramkört, ezt is soronként tudjuk megtenni. Ekkor a sorcím helyett a frissítő címet kell beküldeni, azaz a frissítésre váró sor címét, ami ugyanúgy a  $\overline{RAS}$  vonalon megjelenő lefutó él hatására olvasódik be, mint egy olvasási, írási ciklusnál (11. ábra). A további események is ugyanazok. De nem küldünk az áramkörhöz oszlop címet, nem aktivizáljuk a  $\overline{CAS}$  jelet. E helyett egy kis idő múlva az  $\overline{RAS}$  lábón felfutó él kell létrehozni, ezzel lezárult a frissítő ciklus. Mivel eközben a sor kiolvasódott, áthelyeződött az olvasó/frissítő-erősítőkbé, majd onnan teljes töltéssel visszairódott az eredeti helyére, a frissítés valóban megtörténik.

A 16 Kibit kapacitású DRAM-ok lábkiosztását a 12. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy a 16 lábú DIL tokot az áramkör teljesen kihasználja, amiben jelentős része van a három tápfeszültségnek is.

Az ábrán további, 16 lábú DRAM-ok lábkiosztása is szerepel. A 4164 azért fér el a 16 lábú tokban, mert ez

már egyetlen tápfeszültségű. A két felszabaduló kivezetés egyikére kerül az új címbit (A7), a másik még nincs felhasználva (n. c.). Ez utóbbira kerül a 256 Kibites DRAM-oknál a következő címbit, az A8.

A következő DRAM-áramkörök számára már nagyobb tokra volt szükség. A 13. ábrán mutatjuk be a 18 kivezetéses tokba kerülő 1 Mibites és 4 Mibites áramkörök lábkiosztását. Mindenesetre itt már igazán értékelhetjük a multiplexelt címkezelés ötletét, hiszen ez teszi lehetővé, hogy DIL 18 tokban lehessen elhelyezni egy 4 Mi címterjedelmű memóriát!

Néhány további részlet is bemutatunk a klasszikus DRAM felépítéséből, működéséből a következő sorokban. Az 1T1C cella az integrált áramkörökben több módon is kivitelezhető. A Dennard-féle kialakítás, amelyben egy valódi kapacitás szerepel (14.a ábra), integrálható, sőt, különféle geometriai kialakítású kondenzátorokat is ki lehet alakítani a PMOS áramkörben, de egyszerűsíti a gyártást, kevesebb maszkot igényel, ha a valódi kapacitás helyett FET-et használnak fel töltéstárolásra. Ennek két szokásos kialakítása látható még a 14.b ábrarészleten az ún. MOSCAP cella, a 14.c ábrán a lebegő MOSCAP megoldás.

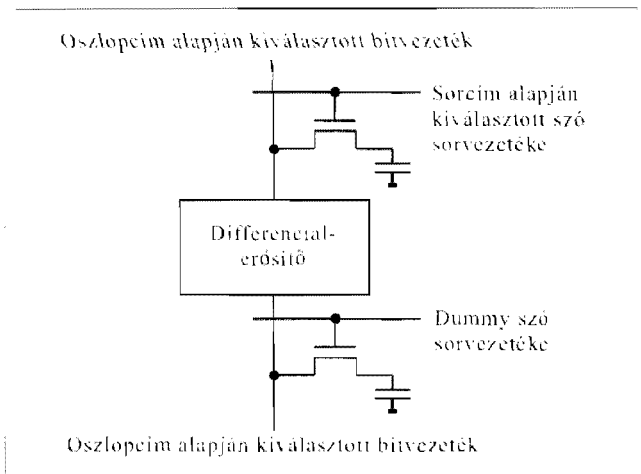
A klasszikus DRAM felépítésének egyik sajátossága, hogy a tárolóterület két félre van bontva. A két fél között az oszlop cím egyik bite választ. Mindkét félmemóriában a működő sorokon kívül van egy vak-sor (dummy-sor). Az ebben levő 1T1C cellák ugyanolyan kialakításúak, mint a „normális” bitcellák. Amikor az egyik félmemóriában kijelölődik egy sor, a másik félben a dummy-sor aktivizálódik.

Már a legelső DRAM áramkörökben is alkalmazni kellett az előtöltés mechanizmusát. Erre azért van szükség, mert már néhány tucat sor esetén is eltörpül a bitcella kapacitása a bitvezeték kapacitása mellett (ami 100...600 fF is lehet). Ha egyszerűen rákapcsolták a bitcellát a bitvezetékre, utóbbi jelentős kapacitása miatt alig változott meg a feszültség szintje.

Az előtöltés során a tápfeszültség felére kapcsolják rá a bitvezetéseket. Ezután történik meg a bitcellák csatlakoztatása. Az egyetlen kijelölt tárolókondenzátor töltése megoszlik a kondenzátor és a viszonylag nagy kapacitású bitvezeték kapacitása között. Most sem lesz nagyobb a bitcella által kiváltott feszültségváltozás, de mivel a differenciálerősítő küszöbfeszültségéhez képest, azaz a fél tápfeszültséghez képest valósul meg ez a kis feszültségváltozás, az erősítő bemenetét határozottan az egyik vagy másik irányba fogja billenteni. Ezt a működést még határozottabbá teszi az, hogy a differenciálerősítő másik bemenetére a dummy-cellából származó feszültségváltozást vezetik rá (15. ábra). A dummy-cellát a bitcella előtöltésekor töltik fel a megfelelő feszültségértékre. A differenciálerősítő nem egyéb, mint az adott oszlophoz tartozó olvasó/frissítő erősítő. Annak ellenére ezt az elnevezést használják, hogy ez a fokozat valójában nem erősítő, hanem két szembekapcsolt inverterből kialakított bistabil multivibrátor. A két bemenete a két bitvezetékre csatlakozik, a kimeneteit pedig az I/O-egységhez vezetik.

#### A 16 Kibites generáció

A 16 Kibites DRAM-ban 16384 bit tárolható. Mint már tudjuk, a Mostek a 4 Kibites, MK4096-es, klasszikus kialakítású DRAM áramkörének továbbfejlesztéseként 1975-ben 16 Kibites áramkört jelentetett meg, az MK4116-ot. Egy ideig ezután a típuszám ennek megfelelően alakult (4116, 4164, 41256). Ez az NMOS áramkör még há-



15. ábra

rom tápfeszültségű, hét maszkkal gyártható, a legkisebb vonalvastagsága  $5\ \mu\text{m}$ , a bitcella felülete  $500\ \mu\text{m}^2$ , a lapka teljes mérete  $19\ \text{mm}^2$ . Az 1970-es évek végére a Mostek lett a DRAM piac meghatározó cége, az éves forgalom 85%-át sikerült megszereznie.

1976...1978 között már számos cég gyártotta a 4116-os típuszámú áramköröket. Volt, aki megvásárolta a licenstet, volt, aki visszaféjtette az áramkört (ezt a tevékenységet ma a jól hangzó reverse-engineering elnevezéssel illetik).

#### A 64 Kibites generáció

A 64 Kibites DRAM tárolócelláinak száma 65536. Az első példányát az IBM állította elő 1975-ben, amikor a többi gyártó még a 16 Kibites változatok fejlesztésével volt elfoglalva. Azért nem vált széleskörűen ismertté, mert a cég csak saját termékeibe építette be, külön nem hozta forgalomba. Véltetően egyébként nem lett volna sikeres áramkör, mert lassú volt, nagyméretű és költséges volt az előállítás. Érdekessége, hogy redundáns cellákat is tartalmazott (ezért is volt nagy méretű), meghibásodás esetén át lehetett váltani egy jól működő új sorra, oszlopra.

A „szabványos” megoldás a 4164-es típus volt. A 4164-ben kisebb cellaméret mellett nagyobb töltést kellett tárolni. A bitcellában duál poliszilíciumos megoldással sikerül a kapacitást megnövelni, így csökkenthető a cella mérete, növelhető a kapacitás (a különféle kondenzátor-kialakításokról később még szólunk). A 64 Kibites NMOS DRAM-ok 8–10 maszkkal készültek, a legkisebb vonalvastagságuk  $3\ \mu\text{m}$  volt, a cella mérete  $180\ \mu\text{m}^2$ , a

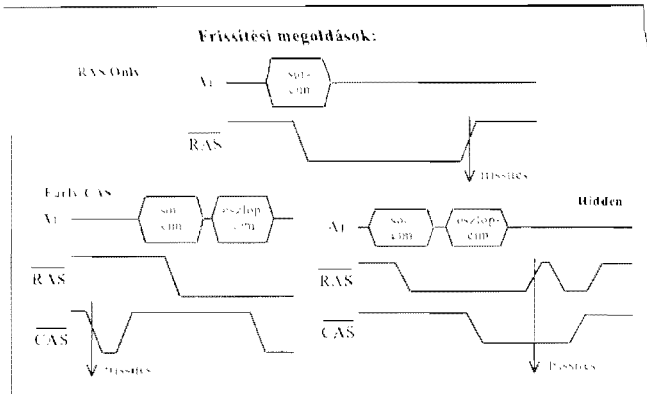
csip felülete  $31\ \text{mm}^2$ . Először 1979-ben mutatták be egy memória-témájú konferencián, a piacon 1980-ban jelent meg. A 4164 már egyetlen (+5 V) tápfeszültségű IC. A Mostek ezekben az áramkörökben szabályozott előtöltési áramot alakított ki, ami itt még nem volt alapvető fontosságú, de már a 256 Kibites áramkör előkészítésének tekintették.

A legnépszerűbb 64 Kibites DRAM a Texas Instruments terméke, a TMS4164 volt, de számos amerikai, japán, koreai cég is indult a versenyen. Ekkor vált egyértelművé, hogy a mikroprocesszorok forgalmazása mellett a másik döntő mikroelektronikai profit-szerzési lehetőség a DRAM-gyártás.

#### A 256 Kibit kapacitás megjelenése

Ezt a nagyságrendet is az IBM hódította meg elsőként, 1981-ben már elkészítette saját berendezései számára a 294912 bites (288 Kibites) DRAM áramköröit. Ezek hasonló felépítésűek voltak, mint a saját 64 Kibites áramkörei.

A klasszikus 256 Kibites DRAM-ban 262144 elemi tárolócella található. 1982-ben szerepelt először a nemzetközi konferenciákon a 41256, a 256 Kibites DRAM. Ezt az áramkört főleg NMOS változatban készítették, de közben kísérleteztek a CMOS megvalósítással is. Egy tápfeszültségű, 8–10 maszkkal gyártható áramkörök voltak, a minimális sáv szélesség itt már  $2\ \mu\text{m}$ -re csökkent, a CMOS változatokban  $1,5\ \mu\text{m}$ -es volt. Egy elemi cella mérete  $70\ \mu\text{m}^2$ , a csip felülete  $50\text{...}100\ \text{mm}^2$ . Az első 41256-ok 1983-ban jelentek meg a piacon. A távol-keleti cégek egyértelmű fölényre tettek szert.



16. ábra

#### A korai frissítési megoldások, kvázisztatikus RAM-ok

##### Egy sor frissítésének megoldása

Foglaljuk össze azokat a hatásokat, amelyek miatt a DRAM-okat frissíteni kell! A DRAM regeneratív kapacitív memória, a bit tárolására használt apró kondenzátor töltését rendszeresen pótolni kell. Ha nem használjuk, akkor is elveszti a töltését, egy kiolvasás pedig azonnal megszünteti a töltést (a már ismert módon a kiolvasás destruktív).

Az ABC kondenzátorait, a Williams cső képernyőjén kialakított kondenzátorokat (lásd a bevezetőben hivatkozott RT-cikkben) folyamatosan ki kellett olvasni (mielőtt a töltésüket elveszítették volna), és teljes töltésmennyiséggel vissza kellett írni. A DRAM szerenésére egyszerűbb lehetőséget biztosít a frissítésre, mivel a memóriaterületről nem egyes biteket, hanem teljes sorokat tudunk kijelölni és az olvasó/frissítő-erősítőbe beolvasni. A későbbiekben a sor visszakerül a helyére, teljes töltéssel, azaz egy lépésben mindig egy teljes sor frissül. Ezt a 11. ábra kapcsán már meg is beszéltük. Az ott is ábrázolt megoldást „csak RAS” (RAS-Only) frissítésnek nevezzük, mivel egy speciális ciklussal valósítjuk meg, amelyben csak az RAS vezérlőjel kell használni, a többi vezérlőjel inaktív marad.

Az RAS lefutó élekor a DRAM címbevezetésén a frissítésre kerülő sor címét kell beküldeni. Mivel minden DRAM IC-nél igaz, hogy a kiolvasás destruktív, ezért mindegyiknél a kiolvasást azonnali visszairás követi, azaz az olvasási ciklus mindenkor része a visszairás is, ezért ezt a frissítési megoldást minden DRAM-nál használni lehet. A további frissítési technikákat csak akkor alkalmazhatjuk, ha a

DRAM azok használatára fel van készítve.

A „csak RAS” frissítéshez a frissítési címekeket külső áramkörnek, frissítő számlálónak kell előállítania, magát a frissítési ciklust is külső áramkör indítja. A frissítési ciklus alatt a DRAM egyéb működésre nem vehető igénybe.

A korai DRAM-oknál már két további címzési megoldás is megjelent, de mindkettőnek az az előfeltétele, hogy a DRAM belső frissítő számlálóval rendelkezzen. Ez minden frissítési ciklus után növeli eggyel a tartalmát, így a következő frissítéskor a következő sort kezeli az IC. A külső áramkörnek, a processzornak vagy a DRAM-vezérlőnek csak a frissítés időpontját kell kijelölnie, azaz egy „frissítési parancsot” kell a DRAM-hoz küldeni.

A DRAM bevezetését követően készültek olyan „kvázistatikus” RAM-ok, melyek a fentiek szerint épültek fel, a címzési eseményt pedig az *RFSH* bemenetükre vezetett impulzussal lehetett kiváltani. Ezek a későbbiekben nem terjedtek el, viszont a fejlettebb DRAM-okba ezt a mechanizmust beépítették. A DRAM-ok azonban nem kaptak *RFSH* bemenetet. A gyártók a meglévő vezérlőjelek működési sorrendjével operáltak.

Mint már tudjuk, egy írási vagy olvasási ciklus során a két címaktivizáló jel élei meghatározott sorrendben követik egymást. Először a  $\overline{RAS}$  lefutó éle jelenik meg, majd a  $\overline{CAS}$  lefutó éle, ezt követi a  $\overline{CAS}$  felfutó éle, és a ciklus végét az  $\overline{RAS}$  felfutó éle jelzi. A DRAM alkalmassá tehető arra, hogy észlelje, ha a vezérlőjelek éleinek sorrendje eltér ettől a normál menetrendtől, és ez az eltérés felhasználható a frissítési igény jelzésére.

A későbbi DRAM-ok egy része a „csak RAS” mód mellett „korai CAS” (Early CAS, másképpen CAS-before-RAS) megoldással is frissíthető. A **16. ábrán** ismét szerepeltetjük a „csak RAS” frissítést, de bemutatjuk a „korai CAS” megoldás idődiagramját is. A normál ciklus megkezdése előtt, még az  $\overline{RAS}$  lefutó éle előtt a  $\overline{CAS}$  bemeneten kell egy lefutó élt kialakítani. Ennek hatására a DRAM a belső frissítő számlálója tartalmának megfelelő sort felfrissíti. A  $\overline{CAS}$  bemeneten még a normál működési ciklus megkezdése előtt felfutó élt is ki kell alakítani, hogy a ciklus elején a  $\overline{CAS}$  szabályosan H szinten álljon. Az is megtehető, hogy egy-egy memóriaciklus előtt nem egy, hanem több sort is felfrissítünk így,

több negatív impulzust kialakítva egymás után a  $\overline{CAS}$  bemeneten.

A 15. ábrán még egy frissítési megoldás látható, a „rejtett” (Hidden) frissítés. Ez a normál (olvasási vagy írási) ciklus belsejében állít elő „szabálytalan” él-sorrendet, úgy, hogy a  $\overline{CAS}$  alacsony szintje mellett az  $\overline{RAS}$  vonalon lép fel felfutó él. Ez kiváltja a belső frissítő számláló tartalmának megfelelő sor frissítését. Itt is ügyelni kell arra, hogy az  $\overline{RAS}$  ismét L szintű legyen, amikor a  $\overline{CAS}$  bemeneten a felfutó él megjelenik. A „rejtett” frissítés is lehet többszörös. Több pozitív impulzust kialakítva az  $\overline{RAS}$  bemeneten több sor frissítését is el lehet érni. A megoldás azért kapta a „rejtett” megnevezést, mert a normál írási, olvasási ciklusok alatt is megvalósítható, így a DRAM frissítése nem igényel külön időt (ellentétben a „csak RAS” és a „korai RAS” megoldásokkal).

#### *Az egyes sorok frissítési időpontjainak meghatározása*

A DRAM gyártója nem köti meg az egyes sorok frissítésének időpontját, csak azt köti ki a helyes működés feltételeként, hogy amíg a DRAM tápfeszültség alatt van, addig minden TF frissítési időtartam alatt minden sor legalább egyszer legyen felfrissítve. Az eddig megismert megoldások mindegyikében a processzor, a CPU határozza meg a frissítési események, a sorfrissítések konkrét időpontját. A TF frissítési idő a kezdeti 2 ms értékről egyre nagyobbra változott, ma sok DRAM esetében 32 ms, 64 ms ez az érték. A nagyméretű DRAM IC-knél egy másik fogással is könnyítettek a frissítések kezelésén: a tárolómátrixot téglalap-alakúra képezték ki. Így pl. egy „szabványos” 4 Mi×1 kapacitású DRAM esetében a tárolóterület 2048 sor × 2048 oszlop szervezésű. Egyes áramkörökben 1024 sor × 4096 oszlop megoldást alkalmaznak, így a frissítési idő alatt nem 2048 frissítési lépést kell végrehajtani, csak 1024-et!

A frissítési időpontokat alapvetően két módon lehet kijelölni: időben elosztottan, vagy kötegelten (összesűrítve, Burst jelleggel).

Az időben elosztott megoldás esetében a számítógépben egy valós időt mérő áramkör figyel az idő múlását. A frissítési időt elosztva a sorok számával adódik az az időtartam, amely eltelté után egy sor frissítését el kell rendelni. Mindezt természetesen a külső

DRAM-vezérlő végzi el, a frissítési címet „csak RAS” megoldás esetén külső áramkör állítja elő, a „korai CAS” és a „rejtett” frissítéskor a DRAM belső számlálója.

Kötegelt frissítés esetén a számítógép folyamatosan működik, majdnem a frissítési időtartam végéig. Akkor azonban felfüggeszti a programok végrehajtását, és egymás után, a lehető legnagyobb sebességgel az összes sor frissítését végrehajtja, majd ismét a folyamatos működés nyugodtabb időszakát következik.

Egyes mikroprocesszorok az időben elosztott frissítés sajátos kezelését biztosítják, jellegzetesen ilyenek a Zilog processzorok. Már a Z80-CPU is segítette így a DRAM áramkörök kezelését, meghatározva a frissítési időpontokat (sőt, ebben a processzorban beépített frissítő számláló is található, így a frissítési cím előállítását is rá lehetett bízni). A Z80-CPU minden utasításkód-beolvasási (azaz M1) gépi ciklus végén kiadja a frissítő címet és egy frissítési impulzust ( $\overline{RFSH}$ ). Ilyen esetben arra kell ügyelni, hogy a frissítést kiváltó esemény (az előbbi esetben az M1 gépi ciklus) a frissítési idő alatt legalább annyiszor kialakuljon, ahány soros a DRAM áramkör.

#### **Klasszikus DRAM áramkörök, növekvő tárcapacitással**

##### *Az 1 Mibites DRAM megjelenése*

Láthattuk, hogy a DRAM-ok első sorozatainak fejlesztői az azonos tárolókapacitású áramköröknek megtalálták a közös kódszámát (4116, 4164 stb.). Az 1 Mibites memóriákra már nem alkalmazták ezt a szabályt, a gyártók így a legkülönbözőbb típusszámokat használták (néhány jellegzetes típusszám: TC511000, KM41C1000, M5M4100, P21010). Ezek az áramkörök 1048576 bittároló rekeszt tartalmaznak. Az első 1 Mibites DRAM IC kifejlesztését 1984-ben jelentették be, a korábbiakhoz hasonlóan egy nemzetközi konferencián, 1986-tól lehetett ezeket megvásárolni.

Az 1 Mibites DRAM-okat a már megszokott módon NMOS áramkörként fejlesztették ki, egyes gyártók azután átalakították áramkörüket CMOS technológiára is. Az intel az 1 Mibites méretű DRAM-ját (P21010) már eredetileg is CMOS áramkörként fejlesztette ki. Furesa módon ennek az áramkörnek a piacra hozatalát követően az

Intel néhány évre kivonult a DRAM-technológiáról.

Az 1 Mibites DRAM-ot általában 16-18 maszkolási lépéssel gyártották, a minimális vonalvastagság már csak 1,5...2  $\mu\text{m}$  volt. A CMOS változatokhoz 18 maszkot kellett használni, a vonalvastagság itt már 1,2  $\mu\text{m}$ -re csökkent. A csipfelület 70  $\text{mm}^2$ , a cellaméret 25  $\mu\text{m}^2$  volt. A bitcella kondenzátort többszörös poliszilícium-megoldással készítették el.

#### A 4 Mibites és még nagyobb DRAM áramkörök

A 4 Mibites DRAM már minden gyártónál CMOS kivitelben készült. 20-25 maszkolási lépésre volt ehhez szükség, a minimális vonalvastagság 0,8  $\mu\text{m}$  volt. A bitcella kondenzátora már nem a szilíciumlapka felszínéhez közeli vékony anyagrétegben készült el, ahol az IC többi áramköri eleme, hanem vagy lenyúlt mélyen a szubsztrát (a hordozó) belseje felé (trench), vagy kiemelkedett a felszín fölé (stack).

Ezzel a DRAM-ok kiléptek a planár technológia korszakából. A cellaméret 12  $\mu\text{m}^2$  lett, a lapka felülete 95...130  $\text{mm}^2$ . A 4 Mibit kapacitás elérését is konferencián jelentették be, 1987-ben, s két év múlva jelent meg az áramkör a piacon.

A fejlődés megállíthatatlanul folytatódott, megjelentek a 16 Mibites, majd a 64 Mibites, a 256 Mibites DRAM IC-k. Mind CMOS áramkör volt már. A növekvő fogyasztás ellensúlyozására a tápfeszültség csökkenni kezdett (többnyire 3,3 V-ra). 2002-ben jelent meg az 1 Gibites csip, a 2010-es év terméke a 4 Gibites DRAM IC.

Az évek során néhány cég a klasszikus egybites szervezést is megkísérelte megváltoztatni, és több-bités áramköröket hoztak forgalomba (pl. 64 Ki $\times$ 4, 256 Ki $\times$ 4 szervezésűt).

#### Átmeneti hibajelenségek, védelmi megoldások

Már az első i1103, 1 Kibit kapacitású DRAM IC-k tesztelekor egy érdekes jelenségre figyeltek fel a mérnökök. Egy-egy áramkör működésében esetenként hibát tapasztaltak, hol a címzésben, hol a tárolt adatokban. Röviddel később a hibának nyoma sem volt, s ha az IC-t megbontva részletesen megvizsgálták, akkor sem találtak semmilyen hardver elváltozást, ami megmagyarázta volna a hibás viselkedést. Ezt

a hibát lágy hibának (soft error) nevezték el.

Hosszas vizsgálódások után kiderült, hogy a soft error oka a legtöbb esetben az, hogy alfa-részecskék haladtak át a DRAM lapka térfogatán. Az alfa-részecske a hélium-4 izotópnak a rendkívül stabil atommagja. Az alfa-részecske két protonból és két neutronból álló stabil szerkezet. Az alfa-részecske nem károsítja az IC szerkezetét, nem változtatja meg tartósan a működését, mégis hibákhoz vezet. Ennek az a magyarázata, hogy az áthaladó alfa részecske nyomvonalán gyakran egy sajátos, ionizált csatorna alakulhat ki, a részecske által meglökött atomok ionizációja révén. Ez a csatorna átmenetileg rövidre zárhat különféle részleteket az áramkörben. Az alfa-részecskék másik felismert hatása az, hogy áthaladva a félvezető lapkán, esetenként elektron-lyuk párosokat hoznak létre. Ez a két jelenség attól függően okoz kisebb vagy nagyobb zavart, hogy a DRAM szerkezetének melyik részében megy végbe. Lehet, hogy felgyorsítja a bitcella kondenzátorának kisülését, vagy bekapcsol egy egyébként pillanatnyilag lezárt állapotú tranzisztort.

Néhány számadat érzékelteti, hogy mekkora ez a veszély! Az integrált áramkörbe belépő alfa-részecske energiája akár 8 MeV is lehet. Egy elektron-lyuk pár keletkezéséhez 3,6 eV elegendő. Egy részecske tehát akár 2,5 milliárd elektron-lyuk párost is létrehozhat, miközben áthalad az áramkör 2...3  $\mu\text{m}$  vastagságú aktív térfogatán!

A különféle memóriáramkörök közül erre a jelenségre a nagy kapacitású SRAM és DRAM áramkörök érzékenyek. Ennek az a magyarázata, hogy rohamosan csökkennek a méretek, az egyre kisebb tranzisztorok, kondenzátorok miatt a vázolt jelenségek hatása viszonylag jelentős.

A leírt jelenségek ellen a gyártók folyamatosan igyekeznek védekezni, különleges tokozással, speciális belső elrendezéssel, ami az alfa-részecskéket és a hatásukra kialakuló töltéshordozókat távol tartják a bitcella tároló kapacitásától.

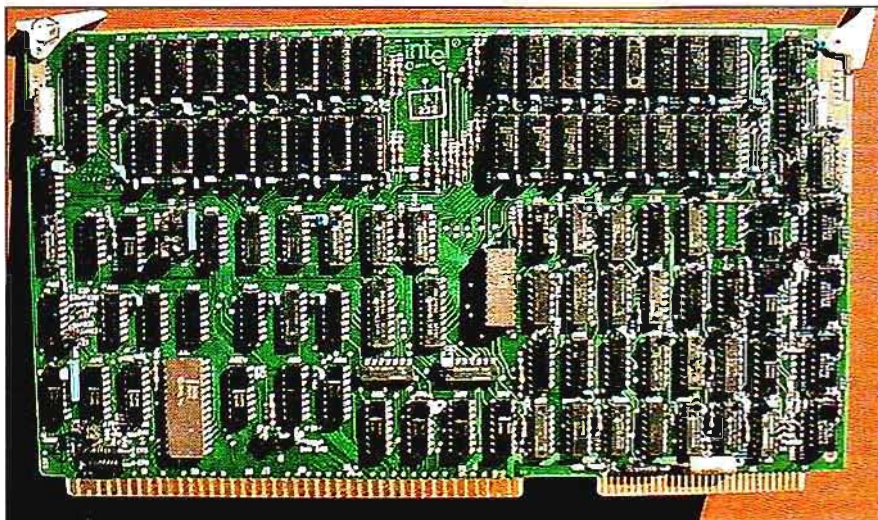
Egy további érdekes megfigyelés volt, hogy a soft error fellépése gyakoribbnak bizonyult, mint amit a DRAM tesztelésének helyén, környezetében a háttérsugárzásból, a kozmikus sugárzásból eredő alfa-részecske mennyiség megmagyarázhatott volna. Kiderült, hogy a csip és a kivezetőlábak összekö-

tésére használt aranyhuzal thóriummal volt szennyezve, ami radioaktív sugárzást bocsátott ki! Ezután fokozottabban ügyeltek a felhasznált arany minőségére, thórium-tartalmára.

A DRAM áramköröket, akárcsak a többi integrált áramkört, a gyártás utolsó fázisában alaposan tesztelik, ezután kerülnek forgalomba. Nagyon ritkán mégis előfordulhat, hogy használat közben meghibásodnak. Ezért a számítógépekben bekapcsoláskor egy teszt fut le, ami ellenőrzi a memória-áramkörök működőképességét. Ezután már kicsi az esélye a meghibásodásnak, de előfordulhat. Ugyanakkor, bár a tokozás minőségén állandóan javítanak, a felhasznált anyagokat egyre jobban megválogatják, mégis esetenként előfordul egy-egy soft error is. Gyakorlatilag azt mondhatjuk, hogy a DRAM áramkörök általában megbízhatóan, hibamentesen működnek, csak esetenként adódik egy-egy hibás működés. Ilyen helyzetben ideális védelem a működés ellenőrzésére, a hibák felismerésére a paritásbit alkalmazása.

A paritásbit a „hasznos” bitek számát eggyel növeli meg, 8 bites adatok esetén a paritásbit megoldásban 9 bitet kell kezelni. Nagyobb szóhosszúság esetén is általában nyolcbites részletenként alkalmaznak egy paritásbitet, így pl. 16 bites adatoknál paritásbittel 18 bit lesz a szóhosszúság. A paritásbit az adat mozgatasakor, fogadásakor egy bithibát 100% biztonsággal képes jelezni. Ha egyidejűleg két hibás bit alakul ki, azt a paritásbit csak 50% valószínűséggel jelzi. Amint korábban már jeleztük, ezt a megoldást egyetlen hiba felfedezésére használjuk. Mivel a korai DRAM áramkörök egybités szóhosszúsággal készültek, egymás mellé 8-at kellett beépíteni nyolcbites szóhosszúsághoz, 16-ot a 16 bites adatok kezeléséhez. Ha paritásbitet kívántunk alkalmazni, akkor minden nyolcbites egységhez még egy DRAM áramkört kellett beépíteni, ami a paritásbitet tárolta.

Amikor a processzor a memóriához küld egy adatot, a DRAM vezérlőegység, vagy a DRAM modulba beépített áramkör kiszámolja a paritásbit értékét, és az adatszót mellé ezt a bitértéket helyezi be a tárolóba, mint paritásbit. Amikor a tárolt adat kiolvasásra kerül, ismét kiszámítódik a paritásbit értéke, és a modulban vagy az alaplapon elhelyezett vezérlő összehasonlítja ezt az értéket a tárolóból kiolvasott paritásbittel. Ha a kettő megegyezik, akkor az



17. ábra

adat felhasználható, ha nem egyezik meg, akkor különböző hibakezelési módok léphetnek életbe.

Mivel többnyire soft error lép fel, célszerű ilyen esetben az adatot ismételtelen kiolvasni, várhatóan ekkor hibamentesen fogjuk megkapni. Egy másik lehetőség a számítógép kezelőjét értesíteni a hibáról, rábízva a döntést a továbbiaktól.

Költségesebb, de nagyobb biztonságot adó megoldás a hibajavító kódolás (Error Correcting Code, ECC). A paritásbittel kapcsolatban lártuk, hogy egy hiba jelzéséhez elegendő egyetlen bittel kiegészíteni a kódszót. Az ECC hibajavító kódoláshoz szükséges kiegészítő bitek száma az adat hosszától függ (8 bites adatokhoz 5 kiegészítő bitre van szükség, de pl. 64 bites adatszónál már 8-ra). Ez a megoldás egy esetenként mutatózó egybités hibát nem jelez, hanem kijavít, így a számítógép működésében nem okoz fennakadást egy hibás bit megjelenése. Ugyanakkor a kétbités hibákat képes jelezni, azaz ilyenkor megint eldönthető, hogyan kezelje a rendszer a hibás adatot.

### A DRAM megjelenése a mikro-számítógépekben

A DRAM áramkörök fejlesztését a nagy számítógépeket gyártó cégek szorgalmazták, esetenként támogatták, annak érdekében, hogy a ferritgyűrűs memóriát integrált áramkörökkel lehessen helyettesíteni. Az első felhasználások ennek megfelelően a nagyobb gépekben jelentek meg, csak később kerültek be a DRAM IC-k a mikroszámítógépekbe. Ezek a gépek többnyire

kártyákból álltak, a memóriájuk is így volt kialakítva. A 17. ábrán látható egy 16 KiB-os DRAM kártya, melyen 4 Kibites DRAM IC-eket használtak fel. Természetes, hogy a számítógép fejlesztői sürgették a nagyobb kapacitású áramkörök megjelenését, hiszen ezt a kártyát két-három év múlva már nagyjából negyed ekkorára lehetett tervezni, 4 Kibites DRAM IC-k helyett 16 Kibiteseket felhasználva.

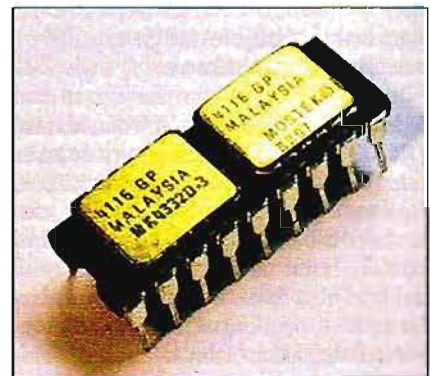
A „home computer” az 1970-es évek végének, a ’80-as évek elejének kedvelt számítástechnikai eszköze volt, számos cég sok típust fejlesztett belőle. Házi szórakoztató gépekhez készült ez a számítógép-típus, de számos példánya irodákban, sőt, ipari környezetben is szolgált hosszú éveken keresztül. A házi számítógép főbb jellemzőiben szinte szabványossá vált: nyolcbites mikroprocesszorral készült, a háttértárolója egy normál kazetás magnetofon volt, a monitor pedig egy tévé-vevőkészülék. Ezért nem jelentett túl nagy beruházást a beszerzése, hiszen az alapgépet kellett csak megvásárolni, a klaviatúra is többnyire ennek a fedőlapjára volt szerelve. Az is közös volt ezeknél a gépek-nél, hogy sajátos módon tulajdonképpen szoftverfejlesztésre készültek, BASIC nyelvű programírási lehetőséggel! Megjelenésükkor az egész világ igyekezett, hogy programokat sikerüljön megírni, elindítani. Az 1980-as évek elején a Magyar Rádió délben a harangszó és a hírek után egy-két programot sugárzott, amit kazetás magnóval felvéve a megjelölt típusú számítógépbe lehetett tölteni!

A gépek nyolcbites mikroprocesszorának 16 bites címzési lehetősé-

ge volt, az ennek megfelelő teljes címezhető memóriaterület 64 Ki. Ha a RAM-igényt statikus áramkörökkel, SRAM-okkal oldották meg, azokból választhattak 16 Ki, 32 Ki címtartományú áramköröket is. A DRAM áramkörök folyamatos fejlesztése során egymás után jelentek meg a nagyobb és nagyobb kapacitású áramkörök, előbb a 4 Kibitesek, majd a 16 Kibitesek, azután a 64 Kibitesek. Ha DRAM alkalmazása mellett döntöttek a tervezők, akkor a nyolcbites gépekbe többnyire a 4 Kibites vagy a 16 Kibites DRAM IC-eket építették be, mert hiszen a 64 Kibites túl nagy volt, a memóriaterület egy részét ugyanis ROM áramkörök számára kellett fenntartani (az operációs rendszer és a BASIC fordító számára, de ide kerültek a kijelzéshez használt karaktertáblázatok is). Egyébként ezeknél a gépeknél a ROM-ban tárolt alapprogramok onnan, a tárolási helyükről voltak végrehajtva, nem kellett azokat előbb áttölteni a RAM-területre. A RAM csak az alkalmi, változó elemek (programok és adatok) befogadására volt fenntartva.

Mindez azt jelenti, hogy hasznos lett volna a 32 Kibites DRAM áramkörök gyártása, hiszen az nagyon kelleme lett volna e kis számítógépek építésékor. De a DRAM „sorozatból” ez a méret hiányzik, mint azt már tudjuk. (Csak emlékeztetőül: a multiplexelt címkezelés miatt egy újabb címbit négyszeres tárkapacitást jelent, nem kétszerest, ezért a tárolókapacitások így alakulnak: 4 Ki, 16 Ki, 64 Ki, 256 Ki stb.).

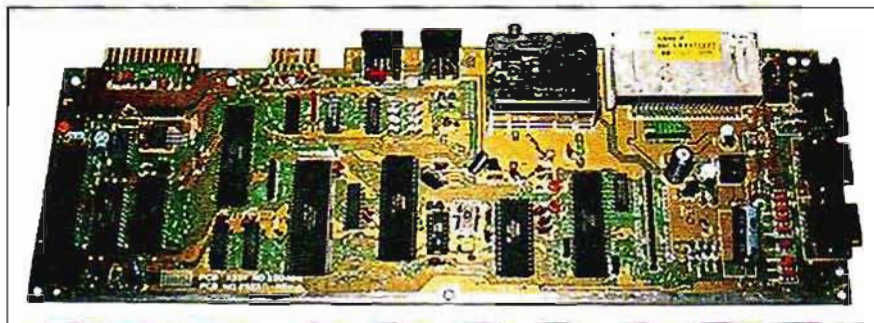
Néhány memóriagyártó megkísérelte ezt a hiányt pótolni, és így érdekes megoldások születtek. A Mostek pl. kihasználta azt, hogy a használatban levő IC-tokok mérete a csipek tényleges felület-méreténél jóval nagyobb. Két MK4116 áramkört felszerelt egy ap-



18. ábra



19. ábra



21. ábra

rő nyák-ra, amit egy 18 lábú DIL tokra erősített fel (18. ábra), ezt a teljes áramkört MK4332 néven hozta forgalomba (utalva a 32 Kibites tároló-kapacitásra). A 4116, mint tudjuk, 16 Kibites (A0...A13 címbitekkel), sorcíme (A0...A6), oszlop címe (A7...A13) egyaránt 7 bites. Egy további címbitot is fogad az MK4332, az A14-ct, ez a két MK4116 áramkör egyikét aktivizálja, ha 0 értékű; ha 1 érkezik rajta, akkor a másik 4116 fog dolgozni. Az alapötlet szellemes, de érthető módon ez az IC viszonylag drága volt, így nem is terjedt el a használata.

Más cégek a selejtes 4164-eket adták el a 32 Kibites DRAM-ra áhítozó felhasználóknak. Ha a 64 Kibites DRAM gyártásának végén, a teszteléskor kiderült, hogy a hibás ugyan az áramkör, de a hibák a tárolóterület egyik felén fordulnak elő (geometriai értelemben), akkor 32 Kibitesnek még el lehet adni az áramkört! Így járt el a Texas Instruments és az OKI is.

A 4164 (amely, mint tudjuk, 64 Kibites DRAM) összesen a 64 Ki címtérületnek megfelelően 16 címbitot használ (A0...A15). Ezekből az első nyolc (A0...A7) a sorcím, a felső nyolc (A8...A15) pedig az oszlop cím, a tárterületen 256 sor, 256 oszlop van.

A TI olyan hibás 64 Kibites csipeket forgalmazott, melyeknél a hibák vagy a tárolófelület alsó felén (az

alsó 128 sorban), vagy a felső felén (a felső 128 sorban) helyezkedtek el. Ilyenkor a másik 128 remekül használható volt, hibátlanul működött. Ezek a DRAM IC-k így (TMS5432) 128 sor  $\times$  256 oszlop jellegűek voltak. A TI azonban azon kívül, hogy a hibákat azonosította és megállapította, hogy melyik félen találhatóak, az áramkört ugyanúgy kezelte, mint a hibátlanokat, ugyanúgy tokozta. A feliratozás utalt csak a speciális jellegre. A TMS4532-3 kód azt jelentette, hogy a sorcímekben a legfelső bitek (A6) minden esetben L szintűnek kell lennie (csak az alsó sorok működtek az áramkörben), míg a TMS4532-4 áramkörnél erre a bit helyre H szintnek kellett kerülnie (csak a felső sorokat lehetett használni).

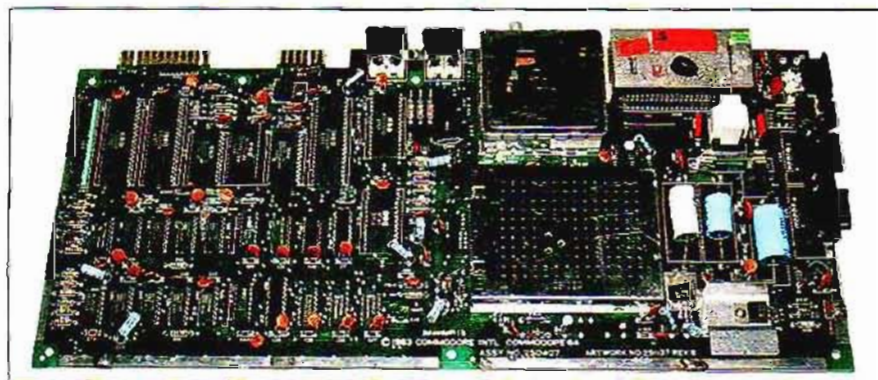
Az OKI hasonlóan gondolkodott, de bal oldali és jobb oldali félterületeket kezel, azaz az oszlop címek közül a legfelső bitek rögzítette állandó értéken. Az MSM3732 áramkörök tehát ismét hibás 4164 jellegű csipek, de ezeket 256 sor  $\times$  128 oszlop szervezésben hibamentesen lehetett használni. A sorcímet in eredeti formájában fogadhatta az áramkör (A0...A7), az oszlop cím (A8...A15) legfelső bitjét kellett rögzíteni. Ha az áramkör bal oldalán rejtőztek a hibák, az A15 bitértéknek folyamatosan L-nek kellett lennie (az

ilyen IC kódjele MSM3732-L volt). Ha a jobb oldali félterület volt hibás, az A15-nek H szintre kellett kerülnie (MSM3732-H).

Az asztali számítógépek közül a legnagyobb sikert a Commodore 64 érte el. A Commodore Business Machines 1982-ben jelent meg a számítógép-piacon ezzel a készülékkel, 595 dollárért kínálva a meglepően hatékony hangképzési és grafikus lehetőségekkel ellátott gépet. A gyártását csak 1993-ban fejezték be, addig kb. 25 millió példányt értékesítettek belőle (19. ábra).

A C64 „nevében” a 64 arra utal, hogy 64 Ki DRAM-ot építettek bele a tervezői. Ez a korábban elmondottak szerint nem megoldható, hiszen akkor milyen címtartományon kezeli a processzor (ebben az esetben 6510 vagy 8500) a ROM-ban elhelyezett rendszerprogramjait, a karaktergenerátorát és a BASIC interpretert? Pedig valóban 64 Ki DRAM volt beültetve a C64 nyáklapjára! Egy szellemes ötlettel ugyanis a címbuszt kiegészítették egy 17. címbittel, amit szoftverrel lehetett 0 vagy 1 értékre állítani. Ez kapcsolt át a DRAM áramkörökről a ROM területre és vissza. Mai szóhasználattal ez egy lapozós memóriakezelés volt, két lappal, a lapok mérete egyenként 64 Ki.

A 20. ábrán látható az egyik legelső C64 kivitel szerelt panelje, a felíra-



20. ábra



22. ábra



23. ábra

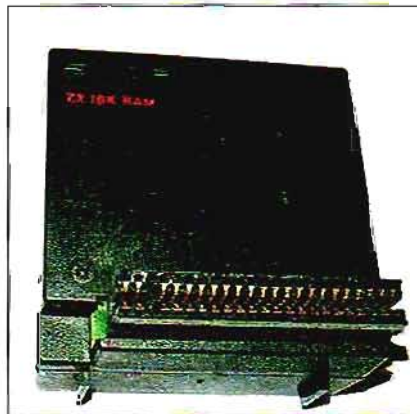
tozása szerint 1983-ból. Ezen, a bal oldalán, az alsó felén nyolc darab 64 Ki×1 bites DRAM látható. Egy későbbi nyákon már csak két DRAM szerepel, két darab 64 Ki×4 bites IC (21. ábra). A teljes panel felületét sikerült jelentősen csökkenteni.

Bár csak szeptemberben jelent meg a C64, mégis elnyerte az 1982-es év számítógépe címét képességeivel, valamint az iránta megnyilvánuló döbbenetes kereslettel. Amikor 1985-ben a gyártó megjelent a kétszer nagyobb RAM-területű C128-cal, abban egy teljes eredeti C64-et is elhelyeztek, így minden korábban fejlesztett C64 program az új gépen is lefutott, változtatás nélkül.

Egy másik, a mi szempontunkból is érdekes otthoni számítógép-család a ZX-sorozat. Az első gép 1980-ban készült el, Sinclair úr műhelyében, Z80 mikroprocesszorral: ez volt a ZX80 (22. ábra). A gyártó nem volt megelégedve vele, a piacnak is hasonló volt a véleménye, nem fogyott a polcokról. Sinclair ekkor elhatározta, hogy átalakítják, sokkal kisebbé és sokkal olcsób-

bá teszik. A cél az volt, hogy megszűlessen a világon az első, 100 dollárnál olcsóbb otthoni számítógép. És sikerült megoldani ezt a feladatot, az áttervezett gép majdnem csak tenyéryi (23. ábra), és 99 dollárért kezdtek forgalmazni. Számítalan meghökkeztető áramkört fogást alkalmaztak az egyszerű készülékben. A 24. ábrán látható szerelt panel a teljes ZX81! Négy IC alkotja: a Z80-CPU, az összes logikai részletet tartalmazó „Sinclair ULA”, egy 8 Kibyte méretű ROM és egy SRAM, ami mindössze 1 Kibyte kapacitású. Ez az 1 Kibyte SRAM volt a rendszerprogram RAM-területe is, ez volt a képr memória is, és a maradék terület volt a felhasználói memória. És lehetett a gépen BASIC programokat fejleszteni, és lehetett játéck programokat futtatni!

Az „alaplapon” tehát SRAM-ot helyeztek el. Akinek nagyobbak voltak az igényei, megvásárolhatta a ZX81 memóriabővítő egységét (Memory Pack, 25. ábra), ami 16 KiB memóriaterületet biztosított. Ebben a kiegészítőben



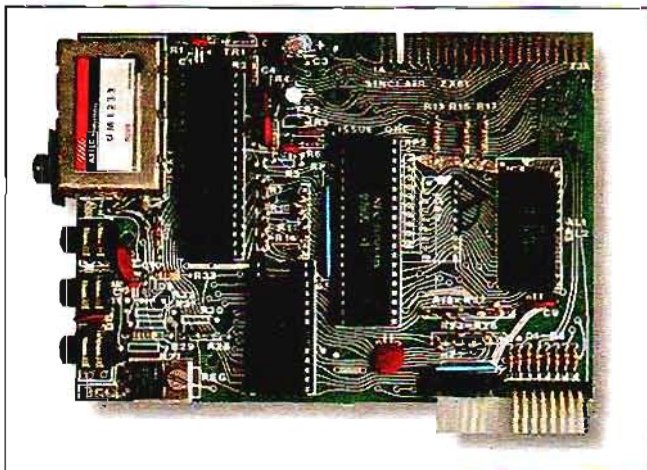
25. ábra



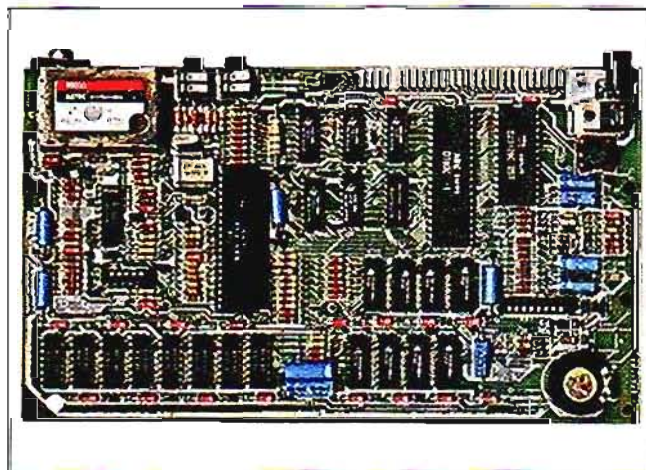
26. ábra

már DRAM csipeket használtak fel, 4116 típusú, 16 Kibites DRAM IC-eket. Maga a bővítő is rendkívül ötletes kis egység volt! A ZX81 nem tartalmazott hármastápegységet, a benne levő IC-k mind egyetlen, +5 V értékű tápfeszültséggel működtek. A 4116-ok számára szükséges további +12 V és -5 V értékeket a memóriakiégészítőben levő feszültségkonverter állította elő. Ugyancsak ebben kellett kialakítani a frissítéshez szükséges részleteket is, mert a ZX81 nem állított elő frissítőcímket, frissítő-jeleket, de még a  $\overline{RAS}$ ,  $\overline{CAS}$  jeleket is itt kellett az egyéb vezérlőjelekből és az órajelből megalkotni.

A Sinclair-műhely következő (és ugyancsak sikeres) alkotása a ZX-Spectrum volt (26. ábra), ami már komolyabb számítástechnikai képességeket mutatott fel, jobb felbontású képeket állított elő a csatlakoztatott tévévevő képernyőjén. A gép alapállapotban 16 KiB DRAM területtel rendelkezett, ezt a ZX-Spectrum 16K/48K esetében bővíteni lehetett úgy, hogy összesen 48 Kibyte DRAM jelenhetett meg a számítógépben. Ebben benne van az eredeti 16 Ki DRAM áramkör csoport



24. ábra



27. ábra



is, és kiszámítható módon egy 32 Ki címtérületű bővítés. Ez az a pont, ahol Sinclair a „selejtcs” 64 Ki-s DRAM IC-eket forgalmazók segítségére támaszkodott. Az első két Spectrum 16K/48K kiadásnál (Issue 1, 2) a TI TMS4532-vel lehetett az alaplapon 48 Ki-ra bővíteni a DRAM-területet. A bővítés helye rajta volt a nyákon, csak be kellett helyezni az áramköröket, nyolc darab TMS4532 áramkört és négy logikai IC-t. Mivel nem egyenként lehetett beállítani a TMS4532 áramköröknél a felhasználatlan sor rögzített logikai értékét, csak nyolc azonos típusú áramkört lehetett behelyezni, vagy 8 darab TMS4532-3 IC-t, vagy nyolc darab TMS4532-4 változatot. A későbbi kiadású változatnál (Issue 3) az OKI MSM3732 áramkörökkel lehetett megoldani a bővítést, de itt is csak nyolc egyforma áramkört felhasználva. A 27. ábrán egy ZX-Spectrum 16K/48K nyáklapja látható, a teljes DRAM-készletel.

A nyolcbites otthoni számítógépek hatalmas sikere buzdította az IBM-et arra, hogy kisszámítógép fejlesztésébe fogjon, de a „Nagy Kék” nagy célokat tűzött ki maga elé, ennek elérésére 16 bites gépet konstruált. A gépet *személyi számítógépnek* (Personal Computer, PC) nevezte el, és 1981. augusztusában kezdte forgalmazni (28. ábra).

A számítógép az Intel 8088 mikroprocesszorával készült, aminek a teljes kezelhető címtartománya 1 Mi. A PC-kben DRAM áramköröket használtak fel írható/olvasható tárolóként, a beépített kapacitás minimuma 16 Ki, a legnagyobb kialakítható DRAM-terület 256 Ki volt. A szoftverek kezelésének egy teljesen új módját alkalmazzák a PC-ben: minden szoftver a DRAM területéről fut. Ha eredetileg ROM-ban tárolódott, vagy háttértárolón, előbb be kell olvasni a DRAM-ba és azután lehet futtatni. Igaz, hogy az IBM PC-ben az egyre növekvő méretű DRAM-ok mellett a ROM-ok kapacitása eltörpül, azokban az állandó szoftverelemek helyezkednek el. Az operációs rendszer, a felhasználói szoftver teljes egészében háttértárolókon „pihen”, a felhasználáshoz pedig a DRAM-ba kell tölteni.

Még az IBM számára is meglepően kedvező volt az új számítógép fogadtatása, rövidesen másodgyártók is jelentkeztek, illetve megindult egy új jellegű gyártás is, a „klónok” forgalmazása. Ezek a felhasználó számára nagyjából az IBM PC-vel azonos készülékek voltak, ugyanazokat a szoftvereket lehetett



28. ábra

használni rajtuk, de a gyártójuk nem vásárolta meg a gyártási jogot, a licenstet. Egy idő után már olyan PC-k is forgalomba kerültek, melyeknél a gyártó már teljesen ismeretlen maradt („noname” gépek). Az alapgép után ugyancsak a mikroprocesszorral készült néhány fejlesztett változat (IBM XT, IBM PC Jr stb.). Az IBM PC XT alaplaján legfeljebb 640 KiB DRAM áramkört lehetett elhelyezni. Kétféle IC-t fogadott be az alaplap, 4164-et és 41256-ot. Az XT paritásbitet is kezel, így egy-egy memóriatömb 9 darab 4164 vagy kilenc darab 41256 IC-ből állt. Az alaplapon négy tömböt lehetett elhelyezni. Az alapkiépítés két 64 KiB-os tömböt igényelt, a legnagyobb kiépítést két ilyen tömb és két 256 KiB-os tömb szolgálta ki. Kezdetben az alaplapra csak 4164 DRAM áramköröket lehetett behelyezni, a további DRAM-területet a bővítő csatlakozóba bedugasztható memória-bővítő kártyára kellett telepíteni. Később az alaplap is alkalmassá vált a 41256 DRAM befogadására.

A frissítést az alaplapon egyébként is alkalmazott áramkörök segítségével oldották meg. A rendszeróra és egy időzítő/számláló segítségével 15  $\mu$ s-onként a DMA-vezérlő 0-s csatornája aktivizálódik, és (minden esetben eggyel magasabb címről) DRAM olvasást kezdeményez. Ezzel elérték, hogy 4 ms-on belül minden sor folyamatosan felfrissüljön. Ugyanezt a frissítési megoldást alkalmazták az XT gépeknél is.

1984 végén jelent meg az IBM PC AT, amiben már az Intel „erősebb” processzora, a 80286 dolgozott. Ez már terjedelmesebb címtérületet tudott működtetni, ennek megfelelően az alaplapra behelyezhető DRAM is nagyobb méretű lett. A gyári alaplapokon 256 KiB vagy 512 KiB DRAM helyezke-

dett el, 128 KiB-es DRAM IC-kből kialakítva. Az alaplap memóriaterületének méretét (256 KiB vagy 512 KiB) jumperekkel kellett beállítani. Később az IBM módosította az AT alaplapját, és ezután 256 KiB $\times$ 1 kapacitású DRAM áramköröket lehetett beépíteni. Módosították a frissítési rendszeren is. A DRAM területhez önálló frissítő áramkört építettek be, így a DMA vezérlő 0-s csatornája felszabadult. A frissítési időpontokat továbbra is egy időzítő-számláló határozta meg. Az AT alaplapon paritásképző és ellenőrző áramkör is működött a DRAM tartalmának védelmére.

Az AT gépek processzora, a 80286 már alkalmas multitask jellegű szoftver kezelésére, így megérték a feltételek arra, hogy megjelenjen a Windows operációs rendszer. A Windows bevezetése viszont ugrásszerűen megnövelte a memóriaigényt, újszerű, nagy hatékonyságú alkalmazásokat lehetett bevezetni, amiknek már nagyobb volt a memória-fogyasztása. Szerencsére közben újszerű, nagyobb kapacitású és gyorsabb DRAM IC-eket fejlesztettek ki.

## A továbbfejlesztett aszinkron DRAM

A DRAM áramkörök fejlesztésének egyik célja a mind nagyobb kapacitás elérése volt. A scaling, az arányos méretcsökkentés négy évtizeden át lehetséges volt, az egyre kisebb tranzisztorok hasonló méretű szilíciumfelületen egyre nagyobb kapacitású DRAM kialakítását tették lehetővé. Egy ponton nem volt megoldás az arányos csökkentés: a memóriacella kondenzátoránál, annak kapacitását ugyanis nem lehetett csökkenteni, sőt, növelni kellett, hogy hosszabb frissítési időket lehessen elérni. Ezért a kondenzátorok fejlesztése önálló feladattá vált és sok új megoldás is született a kapacitásérték növelésére (ld. a bitcella fejlesztésével foglalkozó fejezetben).

A fejlesztés másik célja az elérési idők rövidítése, a DRAM működési sebességének fokozása. Ezt már az első DRAM-családoknál is különféle áramkörkezelési megoldásokkal próbálták meg elérni, mert az alapelemek működési időin túl sokat nem lehetett rövidíteni. Ugyanakkor a mikroprocesszorok és a DRAM-ok közötti sebességkülönbség egyre jelentősebbé vált, ha alapműködésű DRAM IC-eket építettek be a számítógépbe. Vegyük sorra a leginkább használt műkö-



de).Lapozáskor egy sorcím beküldése után a soron belüli különböző rekeszeket már úgy lehet elérni, hogy csak az újabb és újabb oszlopcímeket küldjük be a DRAM-ba. a **29.a ábra** szerint. Ilyen módon a sor minden eleme elérhető. Mivel a cellák eléréskor csak az oszlopcím előtöltési idejét kell kivárni, a működés sokkal gyorsabban valósul meg, mint egyedi címzések esetén. Éppen a lapozásos technika hatékonyságának növelése érdekében a gyártók a sorcím és az oszlopcím belső feldolgozási idejét aszimmetrikusan fejlesztették, a DRAM-oknál a sorcím fogadási ideje jóval hosszabb, mint az oszlopcímé.

Az így hatékonyabbá tett DRAM áramköröket sokszor gyors lapozású (Fast Paged, *FP*) DRAM-ként említik. A lapozás a működésben csak időszaki gyorsítást jelent, hiszen nem használható ki, ha a CPU nem címfolytonosan, nem azonos sorból igényel rekeszcímeket: ki kell lépni a lapozásból, ha elértünk egy sor végére, vagy ha frissíteni kell a memóriát. Ezekben az esetekben az FP DRAM kezelési sebessége visszaesik a lapozás lehetősége nélküli DRAM sebességi értékére.

Az FPM DRAM már a 100 MHz ... 200 MHz órajelfrekvenciájú Pentium-os alaplapon is ki tudja szolgálni, ahol a busz órajelfrekvenciája 66 MHz. Az elérési idő 60...70 ns, de létezik 48 ns-os típus is. Ha a busz órajel frekvencia 66 MHz, akkor a CPU az FPM DRAM-ot 5-3-3-3-3-3 ... óraciklus alatt képes kezelni.

Az FPM DRAM-ok a lapozásos megoldás továbbfejlesztésével jöttek létre. A DRAM-ba ehhez beépítettek egy kimeneti adattárolót, melyből az adat kilép, miközben a következő oszlopcím fogadja a memória. Néhány éve a legelterjedtebb DRAM típus volt az FPM a PC-kben.

### Az SCM DRAM

A statikus oszlop módszer (Static Column Mode, *SCM*) felhasználásakor (**29.b ábra**) a DRAM működése hasonlít a lapozásos megoldáshoz, esak hogy itt nem alkalmaznak a beküldött oszlopcímhez  $\overline{\text{CAS}}$  jelet. Helyette a DRAM folyamatosan dekódolja az oszlopcím biteket, hasonló módon, mint ahogyan egy statikus RAM kezeli a címbiteket (ezért adták ennek a megoldásnak a statikus oszlop elnevezést, hiszen az oszlopcím kezelése úgy történik, mint egy statikus

memóriában). Ez gyorsabb adatkezelést biztosító eljárás, mint a lapozás, de mindaddig stabil oszlopcím igényel, amíg a kimenő adatra szükség van (most az oszlopcím nem íródik be belső tárolóba, regiszterbe).

Ez a megoldás nagy blokkok gyors elérését teszi lehetővé, hiszen pl. egy 4 Mibites eszköznél 2048 egymást követő rekeszt lehet nagy sebességgel kezelni. A címeket azonban kívülről igényli, azokat a külső áramkörnek kell előállítania és a DRAM címvonalaira vezetnie.

### Nibble Mode DRAM

A négyrekeszes módszer (Nibble Mode) olvasáskor a **29.c ábra** szerint működik. A  $\overline{\text{CAS}}$  jel első lefutó éle beírja az oszlopcímét az oszlopcím-tárolóba, megtörténik a rekesz kezelése, majd a  $\overline{\text{CAS}}$  újabb és újabb lefutó éle további címeket alakít ki az IC-n belül. A Nibble módszer a sor- és oszlopcím legkisebb helyértékű biteinek négy lehetséges kombinációját állítja elő automatikusan, az összesen négy  $\overline{\text{CAS}}$  lefutó él hatására.

A DRAM tehát négy rekesz kezelését oldja meg, egyetlen hozzáfordulás hatására, külső címzések nélkül! Ha a négy címkombináció után további  $\overline{\text{CAS}}$  lefutó él érkezik, a négyelemű működés előlről kezdődik.

Ez a módszer akkor hatékony, ha a processzor 4 szavas transzfer lehetőséggel kezeli a memóriákat, pl. ha a Cache 4 szavas sorokból épül fel. Ez a módszer a későbbi, igen elterjedt Burst működés elődje; ott a Burst működés közben a sorcím bitek már nem változnak, csak az oszlopcím bitek.

### EDO DRAM

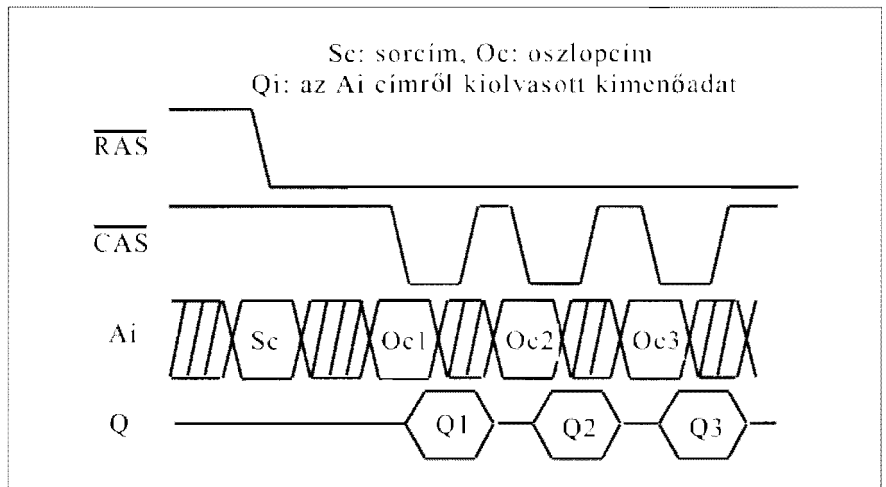
Az EDO az Extended Data Out (kiterjesztett kimenet) kifejezés rövidítése. Az EDO DRAM másik szokásos elnevezése: Hyper Page Mode (HPM) DRAM. Az EDO DRAM felépítése majdnem egészen megegyezik az FPM DRAM szerkezetével. Itt azonban az érzékelőerősítők kimenetére még egy átmeneti tárolót, latch-et is telepítettek. Ez a latch lehetővé teszi, hogy a  $\overline{\text{CAS}}$  magas szintre váltson, míg érvényes kimenőadatra várunk.

A kimenőadatot egy új vezérlő jel, a kimenet-engedélyező (OE) vezérli. Ez a módosítás azonos sorból történő átvitelkor  $10...20^{\circ}$ -kal gyorsabb működést produkál, mint az FPM DRAM-ok. Mivel a kimeneti adat tárolóba kerül, a következő oszlopcím kb. 10 ns-mal hamarabb lehet kiküldeni, mint FPM DRAM esetében (**30. ábra**).

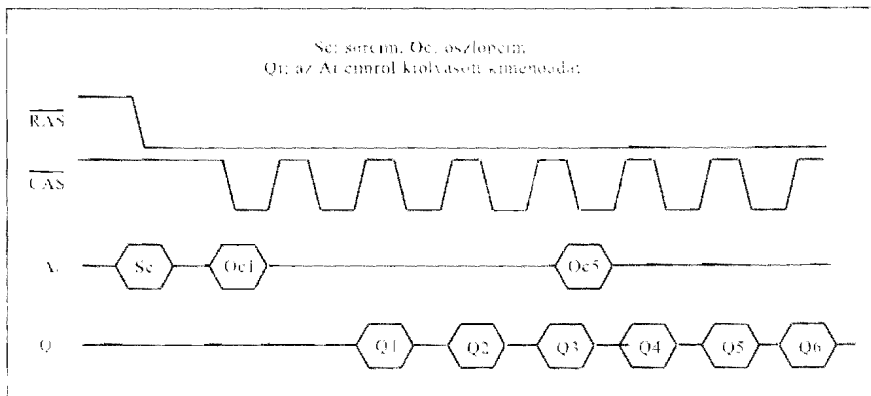
A 75 MHz-es frekvenciájú busz használatkor az EDO DRAM 5-2-2-2-2-2-... óraciklus alatt kezeli a rekeszeket olvasáskor. Az első rekesz elérése annyi időt vesz igénybe, mint egy FPM DRAM esetében, de a továbbiakban gyorsabb a működés. Az EDO DRAM nemcsak gyorsabb, mint az elődei, hanem kevesebb tápenergiát is fogyaszt azoknál (ezért előszeretettel alkalmazzák a hordozható számítógépekben). Tíz éve az EDO DRAM volt a leggyakoribb memória-változat a PC alaplapon, a főmemóriában.

### BEDO DRAM

A BEDO (Burst Extended Data Output, Burst jelleggel működő EDO) DRAM nevének megfelelően egyetlen aktivi-



30. ábra



31. ábra

zálás hatására csoportos adatkezelést hajít végre. A csoport ennél az áramköri típusnál 4 elemű. A BEDO DRAM-ok egyik része a 4 adatot átfedés nélkül (lineárisan) kezeli, más változatoknál még a Pipelined megoldás is gyorsítja a működést. A belső Pipeline eredményként a BEDO kimenetén megjelenhet az adat, miközben a chip már a következő rekeszt aktivizálja a belső címszámlálója új tartalma alapján.

Az első adatmozgás időigénye tartalmazza a sorcím és az első oszlopcím beállítását, de a következő három adatkezelés már igen gyors, 66 MHz-es busz esetén a BEDO DRAM olvasási óraciklus-szekvenciája: 5-1-1-1.

A BEDO DRAM kimenetén nem egyszerű adattároló van, mint az EDO-nál, hanem egy teljesen kiépített regiszter, ezért egy belső adattárolási ciklus is megjelenik a működés során. Ezért az első CAS ciklusban ez az áramkör nem ad ki adatot, így nyúlik meg az első kiolvasás ideje 5 ciklusnyira. Ezután állítja elő a BEDO saját, belső számlálója a következő három oszlopcím automatikusan, s így adódik a további három kiolvasásra a rövid időtartam (31. ábra). A BEDO-val együttműködő CPU csak minden negyedik címet küldi ki a soron belül, így a sorcím érvényességéig a kiolvasási működés számsora 5-1-1-1-1-1-1-1-1-1... jellegű lesz.

A BEDO annak is köszönheti elterjedtségét, hogy a hagyományos DRAM gyártási technológia kis kiegészítésével előállítható ez az áramkörtípus, így a gyártási költségek nem túl magasak. Ugyanakkor a BEDO hatékonyság-növekedése az EDO-hoz képest jóval nagyobb, mint az EDO teljesítőképesség-többlete az FPM-hez hasonlítva. Ennek ellenére a BEDO nem ért el olyan fogalmazást, amit megérdemelt

volna. Ennek az egyik oka, hogy a 66 MHz-es buszfrequencia felett elveszíti a hatékonyságát; a másik ok: több chipset (így pl. az Intel 430VX, 430TX) a szinkron DRAM-ot támogatja, de a BEDO változatot nem. A VIA chipset képes kezelni (580VP, 590VP, 680VP).

Természetesen a BEDO előnyei eltűnnek, ha egyes olvasásokra aktivizálják, de a PC főmemóriáját a CPU többnyire nagyobb blokkok írására, olvasására veszi igénybe (Cache kezelés, DMA működés stb.).

### A szinkron DRAM

A szinkron DRAM az új évezred első évtizedének DRAM áramköre. Ennek különféle változatai sorra jelentek meg, s a mai számítógépekben ezek alkotják a főmemóriát.

#### A szinkron DRAM változatai

Az eddig megismert DRAM-áramkörök működési sebességét a bennük levő részáramkörök, egységek működési se-

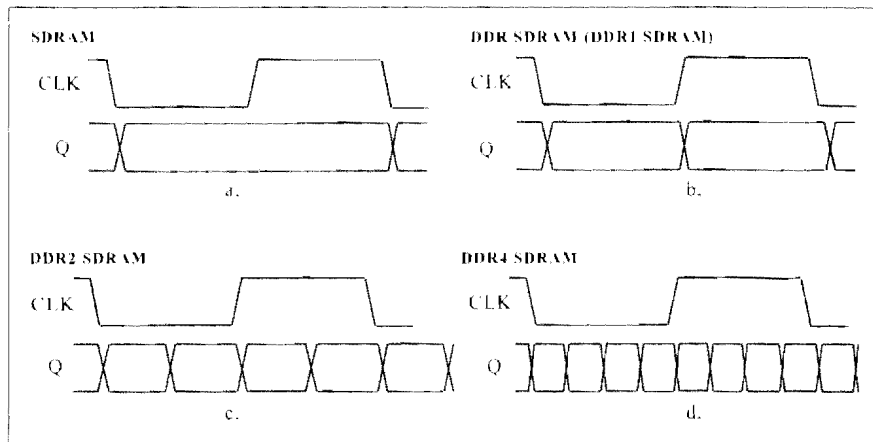
bessége határozta meg, nem külső szinkronizáció vagy órajel. Ezért a már megismert típusokat aszinkron DRAM IC-knek nevezzük. Az azonos típusú áramkörök között is lehetnek sebességeltérések, továbbá a működési sebesség függhet alkalmazási körülményektől is.

Ha a számítógép tervezője aszinkron DRAM IC beépítése mellett dönt, el kell határozni, hogy az egyes működési módokhoz (írás, olvasás, frissítés) mekkora időtartamot biztosít a memória számára. A számítógép, a mikroprocesszor, a busz ugyanis a mikroszámítógépekben kötött ütemezéssel, órajel alapján működik, azaz szinkron áramkörökből álló rendszer. Ilyen környezetben a tervező kénytelen a DRAM leghosszabb időértékeit figyelembe venni, annak megfelelően tervezni, emiatt egyes esetekben a DRAM részére indokolatlanul hosszú idő áll majd rendelkezésre egy-egy működéshez. A végeredmény: a DRAM nem dolgozik a lehető legnagyobb sebességgel.

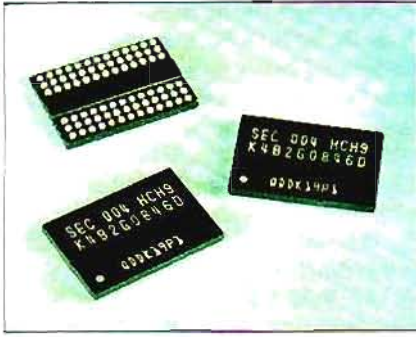
A további sebességnövekedéshez a DRAM-ot is szinkronná kellett tenni. A szinkron DRAM (SDRAM) órajelre is fogad, s annak éleinél végzi az olvasási, írási működéseket. A processzornak nem kell várakoznia, a DRAM működés pontosan, ütemezetten az órajelk szerint zajlik, így a végeredmény gyorsabb memóriaműködés.

Az SDRAM, amikor teljes sebességgel működik, minden órajel alatt egy adatot ad ki vagy fogad be, ahogyan a 32.a ábrán látható. Az SDRAM-ok burst működésre is képesek, a szerelt modulok pedig interleaving működést is végrehajthatnak (felváltva használva a modulokat).

Az eredeti SDRAM, mint láttuk, a működési mód beállítása után burst



32. ábra



33. ábra

módban minden órajelciklus alatt egy adatot ad ki vagy olvas be. A gyorsabb változatok nagyobb órajelfrekvencia mellett is működőképesek. Ez a sebességnövelés azonban nagyon költséges. A fejlesztők sajátos megoldást találtak: adott órajelfrekvencia mellett meg tudták többszörözni az adatforgalom sebességét!

Az első ilyen megoldású DRAM a DDR DRAM (32.b ábra). A DDR, azaz Double Data Rate (mai jelöléssel DDR1) SDRAM belső áramkörrel kétszeresíti az órajel frekvenciáját, egy külső órajelciklus alatt így két adatot tud kezelni. Az ezt követően megjelenő DDR2 SDRAM (32.c ábra) belső frekvencianégyszerezéssel már négy adatot olvas vagy ír egy külső órajelciklus alatt. A DDR3 SDRAM (32.d ábra) nyolc adatot kezel a külső órajel egy ciklusa alatt, mivel a frekvenciát nyolcszorozza. Ezek a sebességek természetesen csak a burst-működésen belül lépnek fel, hosszabb idő átlagában a memóriák adatsebessége jelentősen kisebb lehet ennél. Az egyre gyorsabb áramkörök tápfeszültsége egyre kisebb: a DDR-nél 2,5 V; a DDR2-nél 1,8 V; a DDR3-nál 1,35 V vagy 1,5 V. Az órajel egyre hatékonyabb felhasználásával együtt a forgalomba hozott DRAM-ok kapacitása is folyamatosan nőtt: 1992-től vásárolhatóak a 16 Mibites DRAM-ok, 1995-től a 64 Mibitesek, a 256 Mibites DRAM-okat 2002-től lehet beépíteni a számítógépekbe. A világ első 1 Gibites DRAM áramkörét a Samsung készítette el, 2006-ban, alig egy év múlva már forgalmazta is.

A Samsung folyamatosan az élmezőnyben van a DRAM-gyártás területén. 2008-ra fejlesztette ki a 40 nm-es vonalszélességgel készített 2 Gibites DDR3 DRAM csipet és 2010 közepén piacra vitte ennek továbbfejlesztett, 30 nanométeres vonalszélességgel gyártott változatát is (33. ábra), majd bejelentette a következő, 4 Gibites csip kö-

zeli bevezetését. Az áramkörök legnagyobb órajelfrekvenciája 1600 MHz. Mint az ábrán is látható, ezek az áramkörök FPGA tokozással készülnek, első lapjukon 6 oszlopban 13–13 forraszgömbbel. A Samsung DDR3 DRAM-ok különlegessége, hogy készenléti (standby) állapotban a fogyasztásuk csak 30%-a a szokásos értéknek, amit úgy érnek el, hogy ilyen helyzetben egy belső áramkör segítségével megnyújtják a frissítési időszakot. A Samsung ezeket az áramköröket Green DDR3-nak nevezi, az 1,53 V tápfeszültségre és a kis értékű tápárampra utalva.

Az Intel 2008-ban már egy nemzetközi konferencián bejelentette, hogy kifejlesztette, és 2012-ben forgalmazni kezdi a DDR4 SDRAM-ot. A tápfeszültsége rendkívül alacsony, 1,2 V lesz, amit a gyártó 2013-ra 1 V-ra kíván csökkenteni!

A DDR SDRAM-változatok már nem úgy készülnek, hogy minden üzemmódhoz külön vezérlőjelük lenne. A hagyományos DRAM csatlakozópontokon kívül ezért vannak újak: *CKE* (órajel engedélyezés), *DQM* (I/O puffer maszkoló bemenet), *BAi* (Bank-választó bitek). A *CKE* (Clock Enable) *H* szintje mellett a beérkező órajel működteti a DRAM-ot. Az *L* szint mellett önálló frissítés (Self Refresh) történik, előtöltés végezhető, de nincs adatcsere a DRAM és környezete között. A *DQM* (DQ Mask) hatására olvasási folyamat esetén két órajellel meghosszabbodik az olvasási ciklus. Írási működés esetén a *DQM* letiltja a beírást.

Legtöbbször az I/O puffer külön csatlakozópontokon kapja a tápfeszültséget, hogy az áramkör belső működéséből eredő villamos zajok ne zavarják sem az IC működését, sem a hozzá csatlakozó többi áramkörét. De mindez nem elegendő az összes működési mód kijelölésére. Ezért a belső üzemmód-regiszter (Mode Register) tartalmát a DRAM-ot kezelő vezérlőáramkör egy különleges programozási lépésben tudja betölteni. Ebben a lépésben a vezérlőjeleken kívül a címbemenetek is üzemmód-információt közvetítenek a DRAM-hoz, azaz részben a címbemenetekről töltődik fel az üzemmód-regiszter.

A DDR áramköröknek több gyártó olyan változatait is forgalmazza, melyeknél a típus megnevezése elé egy *M* betűt írtak. Így pl. a DDR mellett megjelenik az MDDR. Az *M* betű a mobilitásra, a hordozható jellegre utal (Mobi-

le DDR SDRAM), ennek a legfontosabb jellemzője az alaptípusnál kisebb tápfeszültsége. Ezáltal a hordozható, akkumulátoros készülékekben előnyösebb a felhasználásuk. Az MDDR pl. 1,8 V tápfeszültségű, míg a DDR szokásos tápfeszültsége 2,5 V.

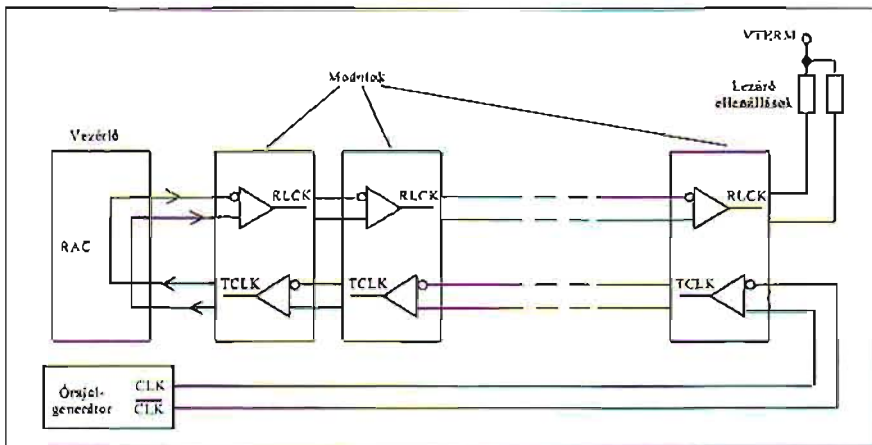
A DDR DRAM-sorozat folyamatos fejlesztésével párhuzamosan egy eltérő felépítésű dinamikus RAM-áramkör is feltűnt, az RDRAM. Az RDRAM a Rambus DRAM rövidítése, melyet a Rambus, Inc. cég fejlesztett ki. Az áramkör paraméterei annyira csábítóak, hogy hamarosan más memóriagyártók is csatlakoztak az RDRAM gyártásáért. Ennek a Rambushoz (pl. az IBM, a Motorola, a Micron, a Siemens).

Az eddigi DRAM-változatok többé-kevésbé egymással rokon felépítésűek voltak, ez azzal az előnnyel is járt, hogy az alaplapokra helyezett memóriavezérlők és a chipset-ek általában több típus kezelését is lehetővé tették. Az RDRAM gyökeres szakitást jelent a hagyományos DRAM architektúrával. Ezt a lépést csak egy kisebb DRAM-gyártó mertte megtenni, majd látva a megoldás erőnyeit, utólag csatlakoztak hozzá a nagyok. Sőt, ez a fejlesztés a legnagyobbakat (pl. Intel) is arra ösztönözte, hogy elinduljanak ezen az úton. Ugyanakkor úgy tűnik, hogy az alaplapgyártók számára a Rambus DRAM nem vonzó, nem szívesen építenek rá.

Az RDRAM (34. ábra) egymástól függetlenül használható memórialapokat tartalmaz, melyekhez a szokásos egy soros méretű tárolóhely helyett (ami a DRAM olvasó/frissítő-erősítői bemenetén helyezkedett el) 2-szer, 4-szer nagyobb kapacitású átmeneti tár, belső cache fogadja a memória területéről kiolvasott információt. Általában minden 1 MiB kapacitáshoz 2 kiB ilyen belső cache tartozik.



34. ábra



35. ábra

Az RDRAM 250 MHz-es órajellel működik, de elvileg 600 MHz-ig használható megoldás, minden 2 ns-ban képes kiadni egy adatszót. Szinkron memória, és a fejlesztők kidolgozták a dupla adatsebességű, DDR változatát is!

Az RDRAM-nál már nincs meg a DRAM-oknál megszokott  $\overline{RAS}$ ,  $\overline{CAS}$  jel; az áramkör egyetlen lépésben kapja meg a teljes címet. Az RDRAM felhasználásához egy sajátos illesztő-vezérlő áramkört rendszerre van szükség, amit RAMBUS-nak nevezett el a gyártó. Ez mindössze 31 jelesatlakozót alkalmazó buszrendszer, az adatszélessége csak 8 bit (keskeny busznak is nevezik emiatt).

A külső illesztőrendszer intelligenciáját a RAMBUS ASIC Cell (RAC) elnevezésű áramkör valósítja meg, ami tulajdonképpen az RDRAM rendszer-vezérlője. Ez speciális protokoll szerint működik, kiadja az ún. rendszerigény-csomagot (benne a start címmel, a bajtszámmal, az írás/olvasás utasítással). Egy RAC négy RAMBUS csatornát képes kiszolgálni, így a CPU és az RAC között négyszeres sebességű lehet az adatmozgás (ha az RDRAM-ok pl. 500 MiB/s adatsebességet produkálnak, a RAC 2 GiB/s adatsebességgel fog működni a CPU-val összekapcsolódva).

Az RDRAM blokkos adatkezeléssel működik, a blokk 8 ... 256 bajtos. Mivel minden átvitel előtt ki kell adni a rendszerigény-csomagot, az „indulási” idő elég hosszú, de azután a blokk mozgata már teljes sebességgel történik.

Az Intel és néhány más cég, az RDRAM-ról szóló első hírek ballatán egy saját, nagy teljesítőképességű, sok részletében az RDRAM-ra emlékeztető

DRAM-típus fejlesztését kezdte el, ez lesz az SDRAM.

Válaszul a Rambus megalkotta a Concurrent RDRAM-ot, majd a Direct RDRAM-ot. A Concurrent RDRAM továbbfejlesztett protokollal működik, 600 MHz-es csatornaóra-frekvenciáig, de az elvi határ számára a 800 MHz lesz.

A Direct RDRAM már 16 bites interfész egységgel dolgozik, az alapfrekvenciája 800 MHz. Egy Direct RDRAM adatátviteli sebessége 1,6 GiB/s, két áramkör már 3,2 GiB/s adatátvitelt biztosító memóriarendszert képez.

Mára az RDRAM gyártási jogát 11 DRAM-gyártó vásárolta meg, közöttük több nagy japán és távol-keleti cég is (Samsung, Toshiba, NEC). A Rambus rendszer a számítógépgyártó számára is sok előnyt jelent: olcsóbb a memóriarendszer, egyszerűbb az alaplap mintázata, csökkenthető a rétegszám, kisebbek a memóriacsatlakozók. Mivel a Rambus technika lényege az IC felépítésében és a protokollban van, elképzelhető, hogy idővel megjelennek az SRAM, EPROM, EEPROM, FLASH memóriák Rambus jellegű átalakított változatai, s a teljes memória egységesen kezelhető elemekből áll majd. Az átmeneti időszakra tekintettel a Rambus gyártók olyan illesztő elemeket is kifejlesztettek, melyeket a többi memóriával épített modulokba beépítve azok a Rambus rendszerhez csatlakoztathatók lesznek.

A Direct Rambus rendszer egyik érdekessége a speciális órajelkezelés. Egmás mellett alkalmazza az órajelet és annak negáltját, s e kétfázisú órajelet végigvezeti a modulokon egészen az RAC áramkörig. Ez az órajelág minden

modulban az adó jellegű működéseket szolgálja ki (TCLK). Az RAC az órajelet visszafordítja, s azt ismét végigvezetik az összes modulon, azokban az így előálló jelek a vételt kezelik (RCLK). Az utolsó elem után az órajel-vezetéseket ellenállásokkal kell lezárni (35. ábra). A megoldás révén nő a rendszer zajimmunitása, csökken a jitter hatás.

Az RDRAM egyik továbbfejlesztett változata az XDR-DRAM, ami egy különleges illesztőfelületet (XDR-interfész) kapott. Ez a változtatás elsősorban a működési sebesség növekedését vonta maga után. Az XDR-DRAM elsősorban a grafikus alkalmazásokban használható ki.

### A szinkron DRAM-ok frissítési lehetőségei

Az aszinkron DRAM-oknál megismert RAS-only megoldáshoz hasonló egyszerű frissítési lehetőség a szinkron DRAM-ok-nál is használható, itt címezett frissítés (Address Refresh) ennek a megoldásnak a neve. Ennél a módszer-nél az összes sorcímet elő kell állítani, és rá kell vezetni a memóriára a frissítési időn belül. A címekeket a DRAM-vezérlőben levő címszámláló állítja elő. Egy szokásos megoldás az SDRAM-oknál egy OE/RFSH vezérlőbemenet alkalmazása. A címezett frissítést úgy lehet kiváltani, ha ezt a vezérlőbemenetet folyamatosan H szinten tartják.

A szinkron DRAM-ok egyik újszerű frissítési lehetősége az automatikus frissítés (Automatic Refresh). Úgy lehet kiváltani, ha az OE/RFSH vezérlőbemeneten lefutó él jelenik meg, majd a bemenet legalább  $t_{FAP}$  ideig L szinten marad, de azt követően H szintre vált. A frissítő címet a DRAM belső számlálója állítja elő. A DRAM-vezérlőnek annyi a feladata, hogy a frissítési időn belül minden esetben legalább annyi negatív impulzust vezessen az előbb leírt módon az OE/RFSH vezérlőbemenetre, ahány sora van a DRAM-nak.

A másik szokásosan alkalmazott, újszerű frissítési megoldás az önálló frissítés (Self Refresh). Az SDRAM már háttértelepes adatörző állapotba is helyezhető. Korábban ezt csak a SRAM áramkörökkel lehetett megtenni, mivel hiába lenne egy aszinkron DRAM-nak folyamatos tápellátása, ha a frissítéséről a külső áramkörök nem gondoskodnának; elveszítene a tartalmát. Az SDRAM-változatok az önálló

frissítés bevezetésével lehetővé teszik a DRAM háttértelepes adatmegőrzését. Ez a vezérlési mód az OE/RFSH L szintre állításával, majd ott tartásával valósul meg. Ebben a frissítési üzemmódban is a DRAM belső számlálója állítja elő a frissítési címeket, de emellett egy belső időzítője a frissítési időpontokat is kijelöli. Mindez azt jelenti, hogy az SDRAM az SRAM-okhoz hasonlóan képes hosszú időn át megőrizni a tartalmát, ha háttérelemekről működtek. Különösen energiatakarékos a szuper-önálló frissítés (Super Self Refresh), ez a megoldás a gyártók szerint a frissítési áramot akár 95%-kal is csökkentheti! Az önálló frissítés állapotából vezérlőjellel lehet kiszabadítani az SDRAM-ot, átvezetve a címzett vagy az automatikus frissítésre.

## A PSRAM

Néhány gyártó olyan szinkron DRAM áramköröket fejleszt, melyeket a mikroszámítógépek úgy tudnak írni és olvasni, mintha statikus RAM IC-k lennének. A címzésük teljesen párhuzamos, nincs multiplexelve, ezért a sorcím és az oszlopcím kijelölő jelei is elmaradtak. Ilyen áramkör pl. az OKI 4 Mibites MSM548512L PSRAM IC-je is. Az 512 Ki × 8 szervezésű áramkör 19 címbitje 19 IC-lábon egyidejűleg érkezik az áramkörhöz (A0...A18). Az is a SRAM jelleget erősíti, hogy az áramkör 8 bites szóhosszúsággal készült. Természetesen a multiplexelt címzés elhagyása jelentős csatlakozószám-növekedést okoz, ennek az áramkörnek 32 kivezetése van. A lábkiosztás a szokásos SRAM-lábkiosztásnak felel meg. A frissítés megoldható címzett frissítéssel, automatikus és önálló megoldással is.

Hasonló felépítésű és működésű PSRAM áramköröket gyárt az ISSI is, 4...32 Mibit kapacitással.

## A Video DRAM-ok

A videojelek kezelésére használt memóriaterület az első mikroszámítógépekben „közönséges” DRAM-okból volt kialakítva. Bonyolult vezérlőáramkörökkel kellett megoldani, hogy a képernyőre rajzoló, író programok működéséhez szükséges folyamatos kiolvasás és a processzor részéről esetenként fellépő írás egymást ne zavarja, mindkét folyamatot hibamentesen el lehessen végezni. Amikor a videoegység már külön kártyára került, és nagyobb se-

bességgel kívánták kezelni a videorendszert, a hagyományos DRAM már nem biztosította az igényelt sávszélességet, új megoldásra volt szükség.

A mai videoáramkörökbe egy különleges memóriát építettek be, az ún. kétportos DRAM-ot, a Video DRAM-ot (VRAM). Ez azt jelenti, hogy két hozzáférési út létezik a memóriához, és miközben az egyiket át tartalmat írnak bele, a másikon keresztül kiolvasható belőle a tárolt információ. Ezt a különleges DRAM-ot 1980-ban az IBM kutatói fejlesztették ki, és 1985-ben szabadalmaztatták. Az első alkalmazására 1986-ban került sor.

A VRAM egyik portja (bemene-ti/kimeneti csatlakozási felülete) nagyon hasonló a szokásos DRAM-áramkörök bemeneti/kimeneti megoldásához, ez a VRAM és a processzor közötti kapcsolatot szolgálja ki. A másik a videoport, ez többnyire csak kiolvasási lehetőséget biztosít, és a grafikus áramköri egységhez képes nagy sebességgel adatokat küldeni. A képernyőn való megjelenítés érdekében ezen a porton át másodpercenként 60...100 sorolvasás történik. A két port egyidejűleg használható, mivel egymás zavarása nélkül képesek működni. A VRAM alapja többnyire valamilyen fejlettebb kialakítású DRAM, FPM, EDO jellegű vagy szinkron megoldású.

A VRAM legújabb változata a Window RAM (WRAM). Ez is kétportos DRAM, működése alapvetően megegyezik a VRAM-éval, de kb. 25%-kal nagyobb sávszélességet biztosít és különleges grafikai lehetőségek is megvalósíthatóak a használatával. A 3DRAM olyan szinkron DRAM, mely a háromdimenziós képek kezeléséhez szükséges képességeket is beintegrálva tartalmazza.

Túl sokat a VRAM, WRAM áramkörökről nem lehet megtudni, de ez természetes. Ezeket az áramköröket a memóriagyártók a grafikus rendszerek fejlesztőinek megrendelésére fejlesztik ki és közvetlenül nekik szállítják le, a számítógép felhasználója legfeljebb az alaplapján vagy a grafikus kártyáján találkozik velük.

Mint már említettük, az XDR DRAM, a Rambus továbbfejlesztett DRAM áramköre kiválóan alkalmas grafikus kártyák építésére. Ugyanakkor a DDR DRAM-oknak kezdetektől forgalmazták olyan változatait, amiket a grafikus kártyákba szántak. A Samsung és néhány másik gyártó (pl. az Infineon) gyártja a DDR3 grafikus

kártyákba szánt változatát, a GDDR3 áramkört. Sőt, a Samsung a DDR3 megoldást továbbfejlesztve további változatokat is forgalomba hozott, a GDDR4-et, majd 2010 közepén bejelentette a GDDR5 DRAM-ot. Ezek természetesen szintén grafikus kártyákon tudják érvényesíteni képességeiket, speciális ablakkezelési lehetőségeikkel, 3D feladatokat támogató kialakításokkal. 16 darab 512 Mibites GDDR5 DRAM a grafikus kártyán 1 GiByte tárolókapacitást jelent, ami rendkívül nagy képességű grafikus szoftverek futtatását teszi lehetővé. A nagy megbízhatóságú grafikus rendszerek építését azzal is segíti a Samsung GDDR5, hogy beépített hibavédelmet tartalmaz, de nem a korai DRAM-okban alkalmazott kis hatékonyságú paritásbitet használja, hanem CRC (ciklikus redundáns kód) védi az adatokat a tranzakciók során. A Rambus a GDDR5 által képviselt kihívásra az XDR továbbfejlesztett változatával, az XDR2-vel kíván válaszolni, ami közel kétszer olyan adatsebességet biztosít, mint a Samsung áramkör, a fogyasztása 30%-kal kisebb. A nagyobb adatsebességhez ugyanakkor kisebb órajel-frekvencia tartozik, ami a kártya kialakításakor előnyös tulajdonság. A GDDR5 1,5 GHz-es órajellel működötve 6 Gibit/s adatsebességre képes, az XDR2 órajele csak 800 MHz. viszont az adatsebessége 12,8 Gibit/s. Az XDR2 várható csipméretei 512 Mibit, 1 Gibit, 2 Gibit, 4 Gibit lesznek, a GDR5 DRAM előre jelzett méretei 512 Mibit, 1 Gibit, 2 Gibit (láthatjuk, hogy a klasszikus DRAM áramköröknél megszokott léptékű kapacitásnövekedés, ami mindig a korábbi érték négyszerese volt, a mai áramköröknél már nem feltétlenül érvényesül.)

## A DRAM, mint a PC főmemóriája

Mint láttuk, az IBM az első PC kialakításakor már rendkívül fontos szerepet szánt a DRAM áramköröknek: minden program úgy fut, hogy előzőleg a DRAM-ba be kell tölteni, és úgy lehet elindítani.

### *A DRAM helye és kezelése a mai PC-ben*

A PC sajátos módon már harmadik évtizede a legújabb mikroprocesszorok és DRAM-áramkörök alkalmazásának helyszíne. Mások szerint a PC fejlesztési lépései generálják az újabb mikroprocesszor- és DRAM-képességeket,

sebességeket, kapacitásokat. Mindenestre a legnagyobb képességű PC-kben a leggyorsabb, legnagyobb számítástechnikai képességű processzor és a legújabb DRAM-áramkör működik, s így képesek kezelni a legfrissebb szoftvereket.

A mikroprocesszor megjelenésekor a processzorok gépi ciklusai, a memóriaelolvasás, memóriairás időtartama elegendő volt a kor memóriááramkörei számára a működéshez. Azóta a mikroprocesszorok és a memóriák sebessége egyaránt folyamatosan nő, de a mikroprocesszoroké gyorsabban. Így a memóriák, elsősorban az olvasó, nagy kapacitású DRAM-ok működési sebessége egyre jobban elmarad a processzorok sebessége mellett.

Amikor először vált nyilvánvalóvá, hogy a kor leggyorsabb processzorainak megfelelő sebességű memóriák még nem jelentek meg, egyetlen módszerrel lehetett alkalmazni a sebességkülönbség áthidalására, a mikroprocesszor várakoztatását. A várakozási állapot (Wait State) olyan óraciklus, amelyet a processzor ezért iktat be a memória működését kezelő ciklusok belsejébe, mert a memória nagy válaszideje miatt az írási illetve olvasási működés nem valósul meg a processzor által megkívánt sebességgel. A CPU illetve a busz a várakozási ciklus alatt tétlen (idle) állapotban van, hiszen e ciklus feladata az idő kitöltése.

Természetesen a számítógép működése szempontjából ezek a ciklusok idővesztést jelentenek, azaz a gép effektív sebessége, hatékonysága csökken ezek miatt. Ha a CPU-t nem kell visszafogni várakozási ciklusokkal, Zero Wait State jellegűnek nevezik a memóriakezelést. A memória kezelésekor a Zero Wait State állapot elérhető akkor is, ha a felhasznált memória válaszideje hosszabb mint a processzor memória kezelő ciklusa, de ehhez speciális gyorsító-megoldásokat kell felhasználni (pl. Burst, Interleaved, Paging, vagy a Cache memória beépítése, amiről a továbbiakban lesz szó).

A mai PC-kben a CPU és a főmemória (ez gyakorlatilag mindig DRAM) sebességkülönbségének áthidalására Cache (gyorsító) memóriát alkalmaznak, amit nagy sebességű, kisebb kapacitású memória IC-kből (szinte kivétel nélkül SRAM áramkörökből) építenek ki. A memória Cache a főmemóriából vesz át összefüggő adatterületeket. Mivel a programok végrehajtása során általában egymást

követő, vagy legalábbis egymás közelében levő memóriacímeket használ a processzor, nem kell túl sűrűn átírni a Cache tartalmát.

A 80486 óta már a mikroprocesszorba is integrálnak Cache memóriát, ott a kapacitása 8 Ki; az első Pentium esetében már 16 Ki. Ezt a processzoron belüli Cache területet első szintű, elsődleges Cache memóriának nevezik (Level1, L1); a processzoron kívüli Cache a másodlagos, kettes szintű (Level2, L2). A főmemóriából az L2 veszi át a nagy információblokkokat, ezekből kisebbeket kap az L1 Cache.

A Cache működésének megszervezésekor is alkalmazzák a gyorsító technikákat. A korszerű Cache általában Pipeline Burst Cache, ami kétféle gyorsító lehetőséget is használ. A Burst mód, mint tudjuk, azt jelenti, hogy a memóriarendszer egy megcímzett elem után a következőket önmagától állítja elő; a Burst Cache is ezt teszi. Előre lehív a főmemóriából olyan címtérületeket, melyekre a CPU csak később fogja bejelenteni az igényét.

A Pipeline működés átfedett működési fázisokra utal: a Cache, mialatt a CPU egy területet kezel, egy másik területen a főmemóriával folytat adatesérést.

A PC alaplap ma már meglehetősen összetett struktúrájú áramköri rendszer. A különféle egységek működési sebessége, szóhosszúsága eltérő lehet még ugyanabban a számítógépben is. Többnyire a következő buszrendszereket lehet megtalálni egy PC-ben:

- **Processzor-busz, CPU busz**  
A legnagyobb sebességű busz a PC-ben, ezen valósul meg a mikroprocesszor és közvetlen környezete (pl. chipset) közötti információforgalom.
- **Cache-busz**  
A gyorsítótárat kezelő busz, nagy adatsebességre tervezik. Régebbi alaplapokon a Cache memóriát a főmemóriát is kezelő memóriabuszhoz csatlakoztatták, de a korszerűbb megoldás az elkülönített buszrendszer.
- **Memóriabusz**  
Gyakran elkülönítve építik ki, csak a főmemóriát, a mikroprocesszort és a chipset elemét kapcsolja össze. Sok alaplapon a processzorbusz és a memóriabusz azonos kialakítású, esetleg közös buszrendszer.

- **Lokális bemeneti/kimeneti busz**  
A számítógépben használt nagysebességű kiegészítő elemeket köti össze a chipset áramköreivel, a memóriával és a processzorral. Erre a buszra szokás telepíteni pl. a videokártyát, a mágneslemez-meghajtókat, a nagysebességű hálózati csatlókat. A lokális buszra több szabványos kialakítás is használatos (volt); pl. VESA, PCI.
- **Standard bemeneti/kimeneti busz**  
A standard bemeneti/kimeneti busz a lassú perifériákat szolgálja ki. Ide csatlakozik pl. az eger, a modemillesztő, a hangkártya, a lassú hálózati csatló kártya. A mai PC-kben ez többnyire ISA szabványú.

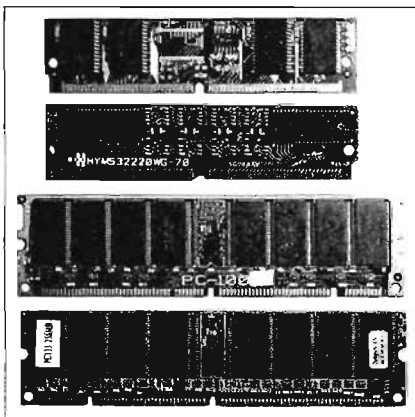
A buszok különféle adatsebességgel, eltérő adathosszúsággal működhetnek. Az adatsebességet (amint ezt már említettük is), az angol nyelvű szakirodalom a legnagyobb adatmozgatási frekvenciával jellemzi, s a sebesség mértékegységként ilyenkor a MHz szerepel.

Az adat hosszúságát is figyelembe vevő adatátviteli sebességet pedig általában sáv szélességnek nevezik (bandwith) és MiByte/s vagy Mibit/s egységben adják meg. Ugyanezek a szövegek a memóriáknál is sebességről beszélnek, és gyakran e sebesség mértékűl az elérési időt adják meg, így a mértékegység ebben az esetben ns szokott lenni.

A PC főmemóriája nagy kapacitású, olvasó, de viszonylag lassú DRAM IC-kből áll, a Cache viszont nagy sebességű, emiatt drágább, kisebb kapacitású memóriákból (többnyire SRAM IC-kből).

A főmemóriában levő DRAM áramkörök működési sebességét a behelyezett áramkörök paraméterei és a setup beállítás együtt határozza meg. A setup programban a memória sebességét mindig úgy kell megválasztani, hogy azt a beültetett DRAM áramkörök teljesíteni tudják. Ha egy alaplapon a DRAM-okat kicseréljük gyorsabb áramkörökre, az esetek többségében ettől a számítógép sebessége még nem változik meg, csak ha a setup beállításokat is módosítjuk. Csak néhány cég gyárt olyan alaplapokat, melyek meg tudják állapítani a beültetett DRAM sebességét, s ennek megfelelően automatikusan állítják be a memóriabusz sebességét.





36. ábra

Az alaplap a főmemória területet több memórialap (Bank) formájában kezeli. Általában egy lapot egyféle memória IC-ből felépíteni. Ha az alaplapon különféle sebességű DRAM IC-k is vannak és az alaplap automatikus DRAM-sebesség felismerésre képes, akkor az első lapba a legkisebb sebességű memóriaelemeket kell behelyezni, mert a sebességvizsgálatot az alaplap ezen a lapon végzi csak el. Ha itt a gyorsabb memóriaelemek vannak, s ahhoz állítja be a rendszer a memóriabusz sebességet, a lassúbb áramkörökkel épített lapokon rendszeres memóriahibák lépnek majd fel. Olyan alaplapról egyelőre nem tudunk, amelyiken a főmemória egyes lapjain eltérő sebességtételeket lehetne beállítani.

A setup programban a memória időzítését általában számsorral lehet beállítani. Ezek a számok azt mutatják meg, hogy hány óraciklusra van szükség a memóriaelolvasás vagy -írás megvalósításához. Az aszinkron DRAM beállításához azt adjuk meg, hogy hány óraciklus szükséges egy-egy olvasási illetve írási művelethez. A különféle változatokhoz tartozó jellegzetes számsorokat már megismertük a korábbiakban.

A PC-tulajdonosok általában igyekeznek az elérhető leggyorsabb memóriáramköröket beépíteni számítógépükbe. A mai PC már elsődleges, a processzoron belül kialakított (L1) és másodlagos, a processzorcsipen kívül létrehozott (L2) Cache memóriaterületet is használ. (A Pentium család esetén az L2 külön csip, de a processzorral közös tokozáson belül helyezkedik el.) A legnagyobb sebességű memória az L1, valamint lassúbb, de nagyobb kapacitású az L2, s még ez is jóval gyorsabb, mint a főmemória. A processzor, mint említettük, többnyire a Cache memóriákkal dolgozik, a memóriagigényei alig

5...10%-ában kezeli közvetlenül a főmemóriát. Ez azt jelenti, hogy a főmemória területen alkalmazott, pl. 50%-kal gyorsabb DRAM áramkörök a teljes működésben alig 2,5... 5%-nyi sebességnövekedést eredményeznek csak!

A különféle memóriák használatának időbeli megoszlásának jellegzetes értékei a következők:

- L1 és L2 működésekor:
  - L1 Cache: 80%
  - L2 Cache: 15%
  - főmemória: 4%.
- L1 működésekor (L2 kikapcsolva)
  - L1 Cache: 80%
  - L2 Cache: –
  - főmemória: 20%.

A Cache memóriák tehát rendkívül fontosak a PC hatékonysága szempontjából. Közismert az a kijelentés, hogy egy 100 MHz-es Pentium, ha megfosztják az L2 használatától, egy 8 MHz-es órajelű processzor működési eredményeit tudja csak produkálni.

A Cache memória és a főmemória között minden esetben blokkos átvitel valószínűleg meg, de a processzor is általában egymást követő címeket aktivizál a Cache-ben. Ezért célszerű a főmemóriát is és a Cache területet is Burst adatkezelésű memóriákkal kiépíteni, melyek belső címmel állítják elő a megadottat követő címeket.

Az SDRAM áramkörök működési időit már a tényleges óraciklusok számával írhatjuk le, hiszen ezek órajelekkel működnek. A címző és vezérlő szakaszban a bemenőjelek segítségével meghatározzuk a sorcímet, az oszlopcímet, a működési módot. Az SDRAM-ok esetében pl. beállítható a burst hosszúsága, ami 2, 4, 8 elemű vagy egy teljes lap lehet, más esetben a futó burst-működés vezérlőjelekkel megszakítható, kijelölhető a frissítési mód stb. Ennek a bevezető szakasznak a legfontosabb időértékeit (a látens időket, Latency Times) kötőjeles számsorként szokás megadni, pl. így:

2,5-5-4-1,5 1T.

A kötőjellel elválasztott számok jelentése sorban: CL-RCD-RP-RAS memória-időzítés. Ezek óraciklus-számok, a különféle történések végrehajtásához szükséges időtartamot óraciklus-számmal fejezik ki. CL (CAS Latency): olvasáskor az adatoknak a tárolómátrixban történő kijelöléstől ennyi időre

van szükségük, míg a kimeneti pontokon megjelennek. RCD (RAS to CAS delay): a sor és az oszlop kiválasztása között szükséges időtartam. RP (RAS Precharge): új sor kezelése előtt a bitvezetékek előtöltéséhez szükséges idő, azaz két sor közötti váltás közötti minimális idő. RAS (RAS Active Time): a RAS jel aktív L szintjének, az RAS impulzusnak az időtartama.

Az időzítési számsorban a kötőjellel összekötött értékeket egy további elem követi, ami 1T vagy 2T lehet. Esetenként az 1T helyett CR1-et, a 2T helyett CR2-t írnak, a CR: Command Rate. Amikor a memóriavezérlő először fordul a memóriához, engedélyezni kell az IC működését, ki kell választani egy bank-et, majd ebben a sorcímmel, oszlopcímmel elvégezhető a címzés. Az IC kiválasztásához szükséges óraciklusok számát jelöli az 1T, 2T. ha egyetlen óraciklus elég, akkor írják elő az 1T-t, ha hosszabb idő szükséges, akkor a két óraciklust biztosító 2T-t.

Míndezeket az értékeket a PC-nél általában a felhasználó is tudja állítani. A BIOS-ból származó alapértékektől így el lehet térni, fel lehet gyorsítani a memóriát (ez a tuningolás egyik alaplehetősége, a további fogások az alapórajel frekvenciájának és a processzor szorzójának a növelése). A látens idők eltelte után már órajelenként 1, 2, 4 vagy 8 adatot kezel az SDRAM (burst üzemmódban), a belső órajel-kezelésnek megfelelően.

Ha a számítógép DRAM-jával kapcsolatban a legfontosabb paraméter a sebesség, a gyors elérési lehetőség, akkor RDRAM-okat célszerű beépíteni. Az RDRAM csökkentett látens-idejű DRAM (Reduced Latency DRAM)

A PC alaplapjába már régen nem közvetlenül a DRAM IC-eket helyezzük be, hanem szerelt, sok csatlakozóval rendelkező modulokat (36. ábra). Már az előző részben is az RDRAM bemutatásánál is áramkörrrel épített modul fényképét mutattuk be, mert ezek az IC-k a nagyközönség számára már csak ebben a kivitelben szerezhetőek be. A chipset-ben a North Bridge, azaz az északi híd vezérli az alaplap főmemóriáját, bár néhány újabb mikroprocesszor közvetlenül csatlakozik a DRAM modulokhoz, miután beintegrálták a memóriavezérlő részleteket is a processzorba.

Az SDRAM esetében az IC megjelölésekor is és a modul megjelölésekor is az órajel frekvenciáját szokták használni (MHz-ben megadva), például

SDRAM-66 (66 MHz-es SDRAM), a modul PC-66. PC-100 modul SD-DRAM-100, a PC-133 modul SDRAM-133 áramkörök alkotják. A DDR SDRAM áramköröknél sajátosak a jelölések. A memória-áramköröknél a felszorozott frekvenciát szokás megjelölni, így a DDR-200 kívülről 100 MHz-es órajelet kap, a belső, felszorozott értéke a 200 MHz. A modulok esetében viszont a MiB/s-ban kifejezett legnagyobb adatátviteli sebességet jelöli a típus kódjele!

A PC2-6400 modul pl. DDR2 SDRAM áramkörökből épül fel, mégpedig DDR2-800 jellegűekből. Mivel ez az áramkör a külső órajelet négyszeresíti, a beérkező külső frekvencia 200 MHz. A modul belső adatútja 64 bites, azaz 8 bájtos, így másodpercenként  $8 \times 800 \times 106$  bájtot mozgat, azaz 6400 MiB-ot. Így adódik a modulra jellemző 6400-as számérték.

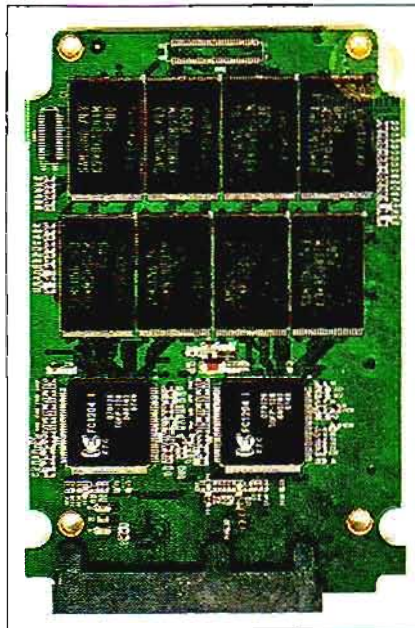
A modulok csatlakozószáma, mérete is változik a beépített áramköröktől függően, ezért egy alaplapha csak a leírásában meghatározott modulokat lehet behelyezni.

A PC alaplappal jellegzetes elemei ma a főmemória moduljait befogadó csatlakozók. A modulok téglalap alakúak, az egyik hosszanti oldalukon helyezik el a kivezetéseket s a kis panel a foglalatban az alaplaphoz merőlegesen áll. Ez a memóriaáramkörök számára kedvezőbb hűtést jelent, s az alaplappal mérete is csökkenthető.

A SIMM (Single In-line Memory Modul) esetén egy sor, tüszzerű érintkező sorakozik a modul széle mentén. A 8 bites DRAM-ból épített SIMM 30 kivezetéses, a 32 bites IC-kből állónál a kivezetések száma 72 (a paritásbites megoldások 9 illetve 36 bitesek).

A DIMM (Dual In-line Memory Modul) egyik hosszanti élén, de mindkét panel-felület mentén érintkezőket alakítottak ki. A DIMM modul általában 64 bites (paritásos esetben 72 bites), a kivezetései száma 168. A DIMM a Pentium és Pentium Pro számára ideális főmemória-építő elem. A modulokat jelenleg többnyire a különféle DDR SDRAM és az RDRAM alapú modulok. A modul csatlakozójánál bevágásokkal kódolják a paramétereiket, így megoldható, hogy az alaplaphoz csak a megfelelő modult lehessen behelyezni.

Néhány alaplappal képes kezelni azokat a legújabb modulokat, melyeken egy kis EEPROM-ot is elhelyeztek; ebből a modul szerkezete, kapacitása, időparaméterei kiolvashatók. Ez a tech-



37. ábra

nika az SPD (Serial Presence Detect, soros jelenlét detektálás) elnevezést kapta. Feleslegessé teszi a set-up beállításokat: a számítógép bekapcsolásakor a felálló rendszer kiolvassa a memória-jellemzőket és automatikusan az optimális üzemre állítja a memóriabuszt. A modulok a hiba elleni védelem szempontjából is különböző képességekkel lehetnek, de erről korábban már olvashattunk.

### Szilárdtest-meghajtó (SSD) DRAM-ból

Az SSD (Solid State Drive, szilárdtest-meghajtó, azaz félvezetős meghajtó, 37. ábra) integrált áramkörökből kialakított tömeg tároló, mozgó elem nélkül működő háttértároló egység, amivel a merevlemez egységet lehet helyettesíteni.

Gondoljunk bele: olyan tárolóegység ez, ami pl. 120 MiB/s sebességű olvasásra, 100 MiB/s adatíráásra képes, hangtalan, és rendkívül hosszú élettartamú! Mivel a merevlemez egységet helyettesíti, többségükben azzal azonos alakú, az illesztőegységei és a csatlakozói is azonosak. Így valóban egyszerűen behelyezhetőek a PC-be, a munkálomásba.

Az SSD egységek többsége Flash memóriákat tartalmaz, de több cég fejleszt ilyen meghajtókat DRAM IC-k felhasználásával is. Ezeket sokszor külön névvel is illetik: DRAM Drive, DRAM SSD.

A DRAM Drive tagadhatatlan előnye a Flash alapúval szemben a rendkívül gyors működése. Ahol az elsődleges igény a nagy sebességű írás, olvasás, ott ezek az egységek hatékonyan helyettesítik a merevlemez egységeket. A meghajtókat akkumulátorral is felszerelik, így folyamatosan feszültség alatt állnak, s a frissítést is szünetmentesen meg lehet oldani akkor is, ha nincsenek számítógéphez kapcsolva, vagy ha a számítógépet kikapcsolják. Mindenesetre érzékelhető, hogy ezek az egységek bonyolult felépítésűek, nagy méretűek és drágák, jelentős fogyasztásuk. Elsősorban ipari és katonai rendszerekben találkozhatunk velük.

### Összefoglalás

Az ITIC jellegű bitcella a DRAM negyven éves fejlődésének a kulcseleme. Ennek egyre kisebb méretekben való előállítására teszi lehetővé a mind nagyobb kapacitású DRAM IC-k előállítását. De a folyamatos méretcsökkentés (scaling) egyre kisebb méretű kondenzátorokat eredményezne, amiknek mind kisebb lenne a kapacitása. A DRAM-ok egymást követő generációiban azonban egyre nagyobb kapacitásokra van szükség, a csökkenő méretek ellenére.

A DRAM-témájú cikksorozat következő része (A bitcella, a DRAM lényege: a jelen és a belátható jövő, Rádiótechnika 2011-ben) bemutatja, hogyan alakul át a planár kivitelű ITIC elemi cella, hogyan válik háromdimenzióssá. Amikor már ez sem segít, az ITIC cella helyett alapvetően új megoldásokat kell keresni, ezeket is felvázoljuk a következő cikkben. Ezek közös sajátossága, hogy a kis kondenzátor elmarad az elemi cellából, amit ezután mindössze egyetlen tranzisztor alkot majd.

### Ajánlott irodalom:

- <http://en.wikipedia.org> (a keresőjébe a kívánt típust kell beírni)
- <http://www.google.hu> (a keresőjébe a kívánt típust kell beírni)
- Klyoo Itoh: The History of DRAM Circuit Designs ~ At the Forefront of DRAM Development. IEEE SSCS NEWS, Winter 2008, 27-31. o.
- R. C. Foss: DRAM - A Personal View. IEEE SSCS NEWS, Winter 2008, 50-56. o.
- SAMSUNG: DDR3 SDRAM Memory Product Guide, 2010, Samsung Electronics Co., Ltd.
- Valamint a gyártók internetes honlapjai

# A RÁDIÓZÁS VILÁGA SANGEAN



## SANGEAN DDR-43+ Hi-Fi Music Center

A Sangean DDR-43+ típusú készülék sokkal több, mint csak egy rádió. Egy komplett Hi-Fi Music Center a kor legfrissebb igényeinek megfelelően: DAB+ digitális rádió, FM-RDS rádió, CD játszó számos formátum lejátszási lehetőséggel pl. MP3/WMA, iPod dokkoló, ami természetesen tölti kedvenc iPod vagy iPhone készülékét is. A D osztályos erősítőnek és a fadobozos masszív kialakításnak köszönhetően a hangok rendkívül élethűen és dinamikusán szólnak meg a 2.5"-os sztereó hangszórókon keresztül.

Bővebb info: [www.sangean.com](http://www.sangean.com)  
Magyarországi disztribútor:  
**Optitech Kft.**  
Cím: 1161 Budapest, Rákosi út 131.  
Tel.: (1) 402-1373, Fax: (1) 402-1374  
e-mail: [info@optitech.hu](mailto:info@optitech.hu)  
[www.optitech.hu](http://www.optitech.hu)



## „Forrasztani csak pontosan, szépen... – ezekkel érdemes!”

### Fahrenheit 28003

#### **Analog 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 **11.990 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
- klif. 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 **19.990 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)

# Nagyfrekvenciás erősítőkapcsolások 4. rész

Bus László okl. villamosmérnök

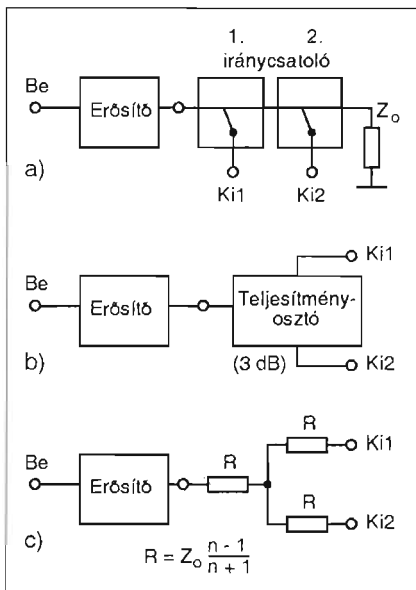
## Bevezetés

A nagyfrekvenciás erősítőkapcsolások befejező része tematikáját tekintve szervesen illeszkedik a 3. részhez. Ebben a közleményben a két kimenettel rendelkező kapcsolások kerülnek ismertetésre, mivel kábeltelevíziós (KTV) hálózatokban gyakran szükség van kettő vagy több kimenetű erősítőkre. Az erősítőkapcsolásokat Mini-Circuits gyártmányú és a MAR családba tartozó monolitikus mikrohullámú integrált áramkörökkel (MMIC) építettük meg. Az áramkörök szintén a nagyszintű, szélessávú erősítők családjába tartoznak.

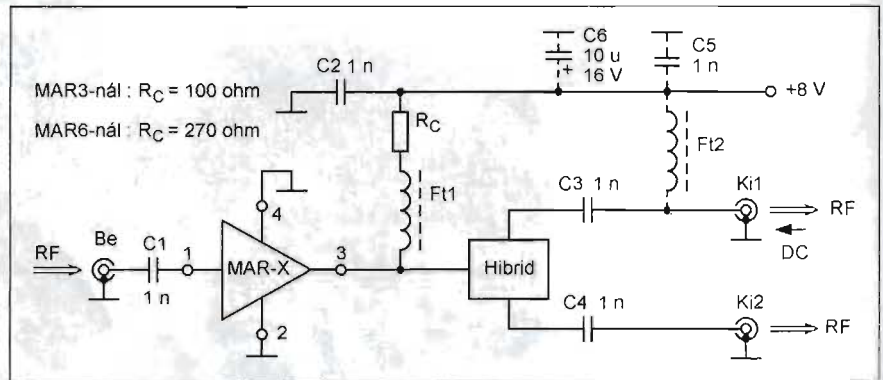
## Elvi működés

Mielőtt rátérnénk a kapcsolások ismertetésére, azelőtt kitérőt teszünk a két kimenet realizálásának módozataira, amelyeket vázlatosan az 1. ábrán mutatunk be.

Mind a három változatra az a jellemző, hogy ezek az építőelemek illesztett lezárások mellett működnek helyesen. Ez (kábel)tv-vételtechnikában 75 ohmos impedancia viszonytak felel meg. Az 1.a ábrán két iránycsato-



1. ábra. Kétkimenetű RF erősítők változatai: a) iránycsatolóval, b) hibrid-, c) ellenállásos osztóval



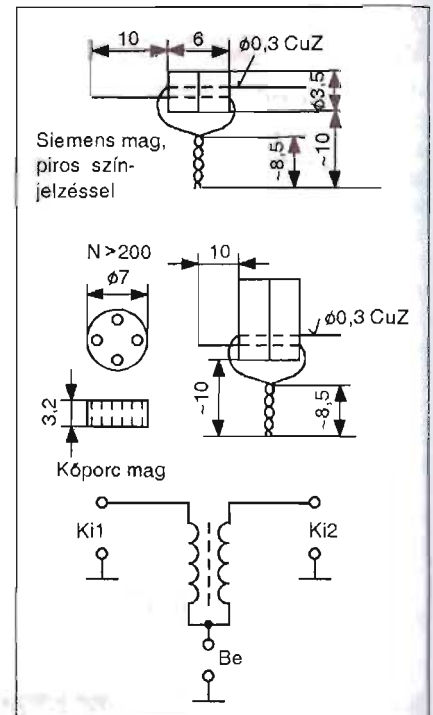
2. ábra. A kétkimenetű, szélessávú erősítő kapcsolási rajza

lót látunk felfűzve (láncba kapcsolva), és ezeknek a kicsatoló ága (angolul TAP) lesz az erősítő egység kimenete. A fel nem használt ág illesztetten van lezárva. 1.b ábrán egy 3 dB-es iránycsatoló kimenő ágai a kimenetek. A szakirodalomban a 3 dB-es iránycsatolót hibridnek is nevezik. (A továbbiakban mi is a hibrid kifejezést használjuk.) A hibrid a bemenetére adott teljesítményt megfelelően osztja el a kimenetekre. 1.c változat egy „T” tag, de ábrázolás módjától függően „Y”-nak is nevezik. A kapcsolás bemenetére betáplált jelfeszültségnek a fele jelenik meg a két kimeneten. Ez más megfogalmazásban azt jelenti, hogy egy-egy kimenetre a  $P_{be}$  negyed része kerül. Összehasonlítva a két kapcsolást az mondható el, hogy az 1.b változat teljesítményt felez, addig az 1.c feszültséget felez. Ez 3 dB különbséget jelent a hibrides megoldás javára. Mi a továbbiakban a ferrites teljesítményosztóval megépített, két szélessávú változatot ismertetünk.

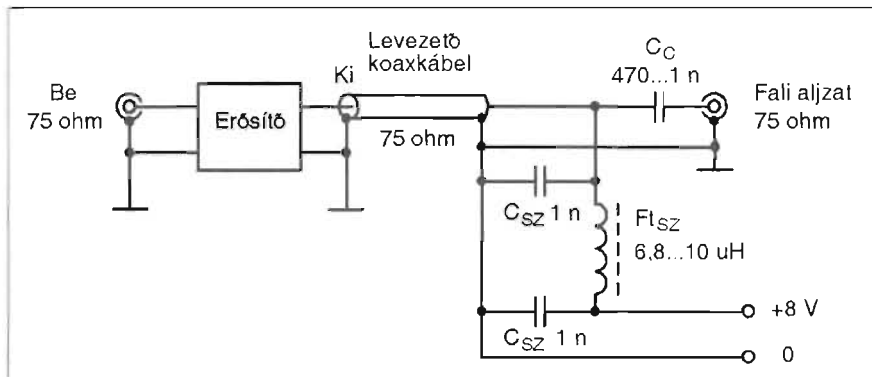
A szélessávú, MMIC-s, kétkimenetű erősítő kapcsolási rajza a 2. ábrán látható. Az MMIC belső felépítése és az erősítő eszköz működése továbbá a hozzá tartozó karakterisztikák az RT 2010-es évkönyvében megtalálhatók! Jelen cikkben csak az eltérésekre térünk ki.

A MAR IC 3-as kivezetése és az erősítő-egység kimenetei között helyezkedik el a hibrid, amelynek az egyenlő arányú teljesítményosztáson kívül a jó illesztés is a feladata, széles sávban. A hibrid szélessávú átvitelét egyrészt az biztosítja, hogy a csatolás

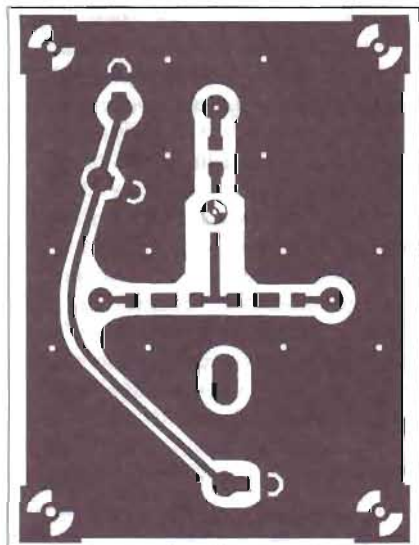
minden frekvencián szoros, különben megszűnik a transzformátor-hatás, másrészt a ferritmag anyaga. A teljesítményosztó két különböző magprofilal (egy- és négylyukú) készíthető el, melyeknek rajza a 3. ábrán látható, az elektromos helyettesítő képpel együtt. A konfiguráció lényegében 1:1 áttételű transzformátornak felel meg. A hibrid kimenő ágai a C3 és a C4 kicsatoló



3. ábra. Jelosztó (hibrid) két magprofilal és ennek elektromos helyettesítő képe



4. ábra. Az erősítő távtáplálása



5. ábra. Az erősítő nyomtatási rajza

kondenzátoron keresztül érik el az egység kimeneteit. A C3-nak egyenfeszültséget leválasztó szerepe is van, mivel az áramkör távtáplált kivitelben is megépíthető (4. ábra).

#### Elkészítés, bemérés

Az áramkört egy 49,5×68,5 mm nagyságú, egyoldalas nyáklemezen készíthetjük el. A nyomtatási rajz az 5. ábrán, míg az alkatrész-beültetési rajz a 6. ábrán látható.

Az MMIC számára készítsünk egy Ø3 mm-es furatot és ebbe helyezzük bele az IC-t, ezután ültessük be a többi alkatrészt. Javasoljuk, hogy utoljára a hibridet forrasztuk be. Hibridek céljára jól megfelelnek a gyűrű alakú ferritek. A hibrid ferritmaga 2 darabból áll, és az előre levágott 2 db 0,3 mm átmérőjű, 30 mm hosszú rézhuzal végeiről 3...4 mm hosszúságban lekaparjuk a lakkréteget, majd beónozzuk. Az így előkészített huzaldarabokból 0,5 menetes te-

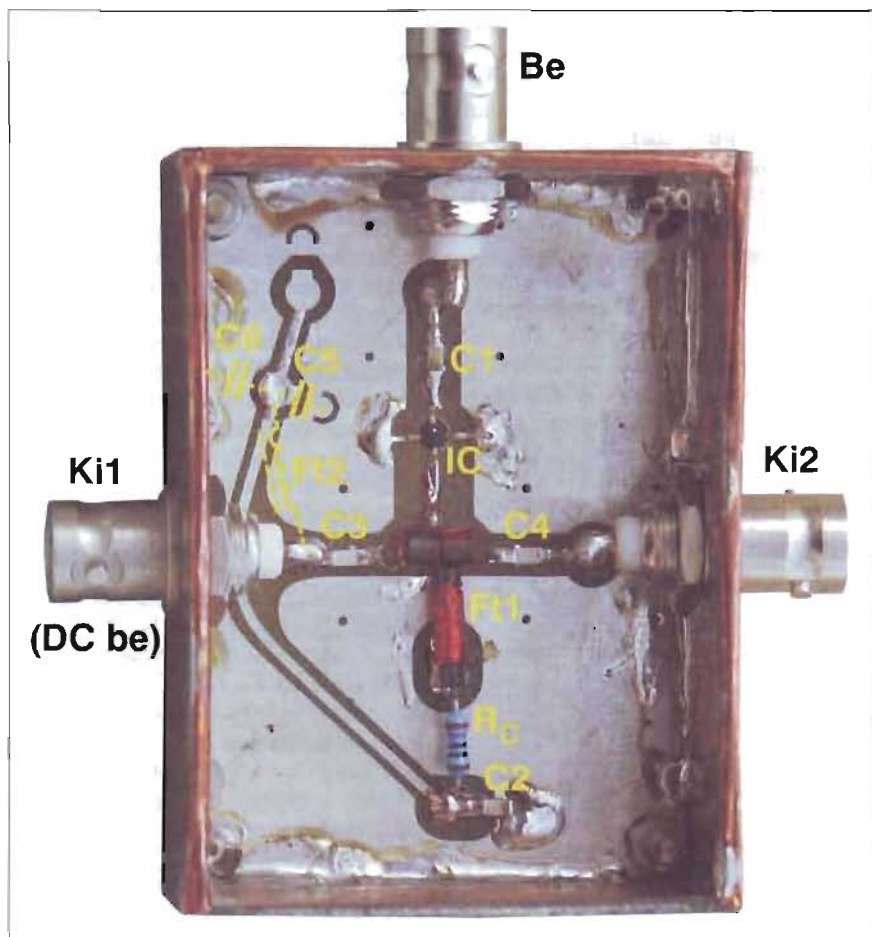
kereszt készítünk, amelynek egyik végén sodratot készítünk a 3. ábra szerint.

A nyákrész kialakítása olyan, hogy a helyi tápláláson kívül távtáplálásra is alkalmas az áramkör. Ha távtáplálást alkalmazunk, akkor az Ft2 fojtót, a C5 és C6 kondenzátorokat kell beforrasztani, ezek az elemek a 2. ábrán szaggatottan vannak jelölve.

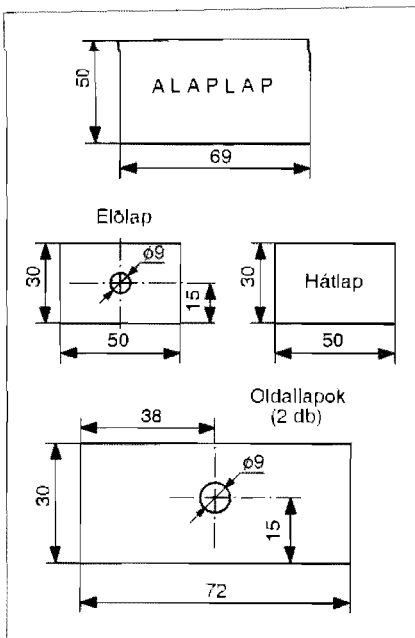
Az erősítőt dobozos kivitelben célszerű elkészíteni. A doboz anyaga lehet 0,4...0,5 mm vastag ónozott vaslemez

vagy 1,5 mm-es, kétoldalon foliozott nyáklemez. Ez utóbbiból készített doboz lapjainak rajzát a 7. ábra mutatja. Először az alap- és az oldallapokból készítsünk dobozt, majd a nyákot rögzítsük két csavarral az alaplaptól 3 mm-re kettő darab távtartón keresztül. Aztán forrasztuk körbe a nyákot a doboz oldalaihoz. Ezután következik a csavaros BNC-k felcsavarozása az oldallapokhoz. Ha ezekkel a műveletekkel végeztünk, akkor következnek az építőelemek beforrasztása a fólia oldalán. Az MMIC 3-as lábához forrasztjuk a teljesítményosztó sodrott végét. Utolsó lépésben történik az RF csatlakozók belső erének a bemeneti és a kimeneti pontokhoz való forrasztása 1 mm átmérőjű, l = 10...11 mm hosszú CuZ vagy CuAg huzallal. A fedő- és az alaplappal lehet egyoldalas nyák. A négy oldallap külső és belső részét felül, teljes hosszban 8...10 mm széles rézfólia csikkal kössük át, majd a fóliacsík széleit forrasztjuk a külső és belső oldalhoz.

Az elkészített áramkört először egyenáramúlag élesztjük, ekkor a tápfeszültséget 7 V-ra állítjuk és a 3-as ki-



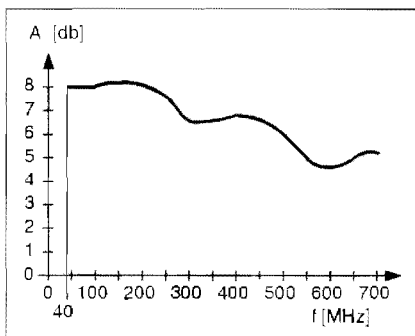
6. ábra. Az erősítő alkatrész-beültetése



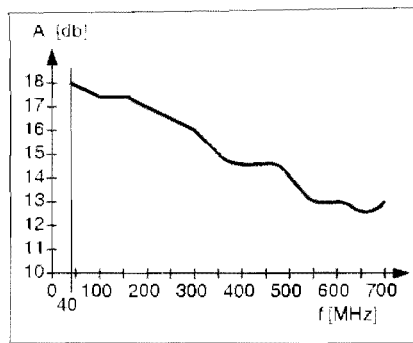
7. ábra. Az erősítő dobozának rajza. A fedőlapp méretei 3 mm-rel nagyobbak az alaplapénál

vezetésen mérjük a munkaponti feszültséget és a tápfeszültséget. A két feszültségérték különbségéből  $R_C$  ismeretében kiszámítható az IC-be folyó  $I_D$  áram. (A MAR IC-család 3-as kivételének tipikus áram- és feszültségadatai a 2010-es RT évkönyv 184. oldalán található 1. táblázatban vannak összefoglalva.) Állítsuk a tápfeszültséget  $U_T = 8$  V-ra. ekkor MAR-3-nál a 3-as pont 4,65 V, MAR-6-nál ugyanez a pont 3,5 V feszültségen van.

Az egyenáramú mérés után következhet az erősítés frekvenciamenetének felvétele vobulátoros elven. MAR-3-mal megépített kétkimenetű erősítő karakterisztikája a 8. ábrán, a MAR-6-tal készítetté a 9. ábrán látható. Ha  $\pm 1,5$  dB-es erősítésingadozást engedünk meg, akkor a MAR-3 üzemi sávja 40...700 MHz-ig terjedő frekvenciatartomány. MAR-6 esetén ugyanez a



8. ábra. A kétkimenetű erősítő frekvenciamenete MAR-3-mal



9. ábra. A kétkimenetű erősítő frekvenciamenete MAR-6-tal

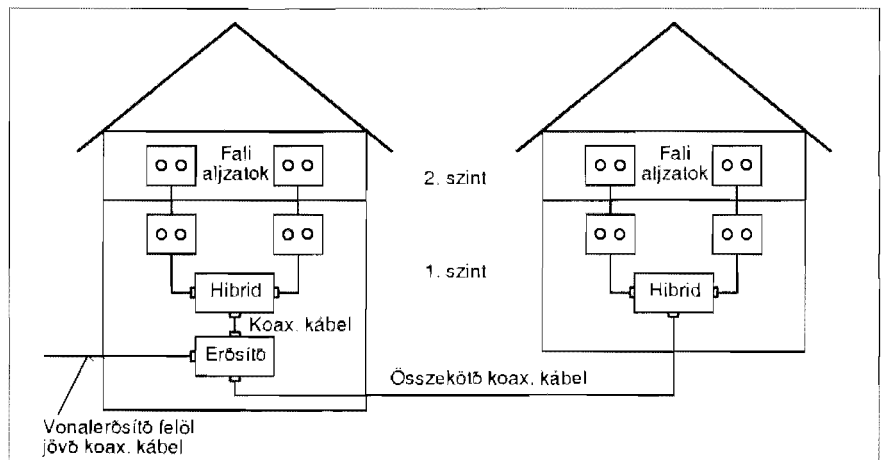
frekvenciasáv  $\pm 2,5$  dB erősítésingadozás mellett fogható át.

A kapcsolás elemeiről. A kondenzátorok SMD típusok, kivéve C6-ot, ami tantál kondenzátor.  $R_C$  ellenállás fémréteg, R534 vagy más típusú, 0,6 W terhelhetőséggel, max.  $\pm 5\%$  tűréssel. Az Ft1 és Ft2 fojtó adatai:  $l = 20$  mm,  $\varnothing 2$  mm-es ferritúdon 0,3 mm átmérőjű CuZ rézhuzallal 25 menet, szorosan egymás mellé tekercselve.

### Alkalmazás

Családi házas övezetben gyakori a 2 vagy 3 kimenetű erősítők használata. A jelen cikkben ismertetett ferrites kétkimenetű, szélessávú erősítő gyakorlati alkalmazására mutatunk egy példát a 10. ábrán.

Az aktív építőelem házerősítőként funkcionál. A példából jól látszik, hogy a K11 kimenetről az egyik családi ház, a K12 kimenetről a másikat látjuk el több csatornás műsorjellel koaxiális kábelon keresztül. A kábel mechanikailag szilárd és kis csillapítású (habosított dielektrikum) koaxiális kábel legyen.



10. ábra. A kétkimenetű erősítő egy alkalmazási esete

Ennek figyelembe vételével MAR-3-nál mintegy 10...15 méter hosszúságú koaxiális kábel csillapítását tudjuk kiegyenlíteni (lásd a 8. ábrát, ahol az erősítés minimálisan közel 5 dB).

MAR-3-ra a gyártó (adatlap szerint) 1 GHz-ig 8 dBm kimenő szintet garatál, 1 dB kompresszió mellett, 50 ohmon. Ez 6,3 mW-nak felel meg. Mivel 75 ohmos rendszerben dolgozunk, ezért egy kettes biztonsági tényezővel számolva az előbbi értéket vegyük 3 mW-nak, ami 474 mV (56,51 dBmV) kimenő szintnek felel meg. Ezek a szintviszonyok 32...36 műsorcsatorna átvitelét teszik lehetővé.

MAR-6 esetében, a 9. ábrán felvett erősítés görbe alapján az áthidalható szakasz hossza kb. 30 méter. Ennél a típusnál az adatlap szerint 0 dBm, azaz 1 mW a kimenő szint 2 GHz-ig, 1 dB kompresszió mellett. Itt is az előbbi gondolatmenetet alkalmazva a kimenő szint 193,6 mV (45,73 dBmV). Ez az érték az átviteli kapacitás szempontjából 16...18 műsorcsatornával egyenértékű.

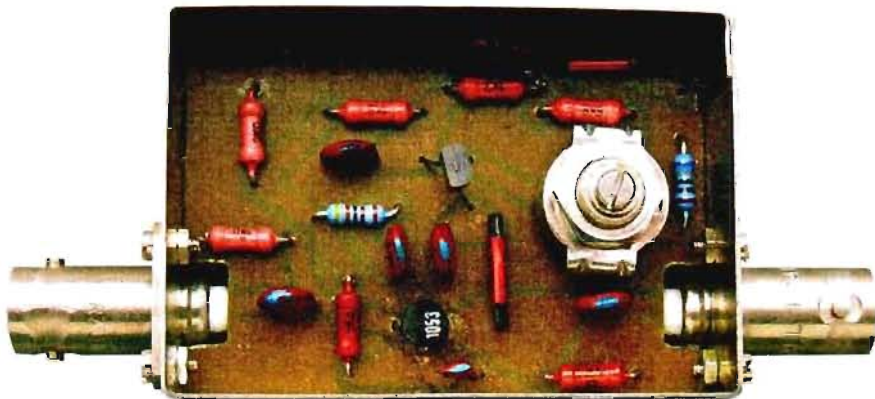
Befejezőképpen ez úton szeretnék köszönetet mondani Nagymáté Csaba mérnök úrnak a mérési lehetőség biztosításáért. Az áramkörök megépítéséhez pedig sok sikert kívánok!

### Irodalom:

1. R.van Terborgh: Sat-Signalverteiler, Elektor 3/88 Seite 36-38.
2. Mini-Circuits adatlapok.
3. Bus László: Szélessávú, ferrites teljesítményosztók és -összegzők. Rádiótechnika évkönyve 1999, 103-111. oldal.
4. dr. Kovács Ferenc: Félvezetők nagyfrekvenciás alkalmazása, Műszaki Könyvkiadó, 1973.
5. Bus László: Nagyfrekvenciás erősítőkapcsolások, Rádiótechnika évkönyve 2010, 184-194. oldal.

# PIN-diódás csillapító

Bus László  
okl. villamosmérnök



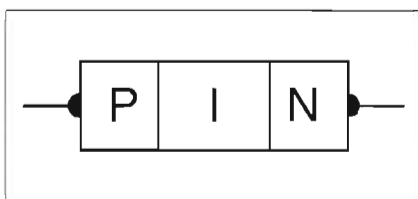
*Elektronikus áramkörök és berendezések jó működéséhez specifikált szintű jelre van szükség. Ennek biztosítását a gyakorlatban fix-, vagy változtatható osztásarányú jelosztók alkalmazásával oldják meg. A jelosztók felépítésüket tekintve különböző konfigurációjúak ( $\pi$ -, T-tag stb.), amelyeknek csillapítás értékei meghatározott (előírt) lezárások mellett teljesülnek. A lezáró impedancia a nagyfrekvenciás technikában 50 ohm (adástechnika) vagy 75 ohm (vételezési technika), míg az átviteltechnikában 600 ohm (szimmetrikus).*

*Cikkünkben a nagyfrekvenciás technikában alkalmazott csillapítókkal foglalkozunk, és ezen belül is azt a változatot ismertetjük, amelynek a csillapítása elektronikus úton történő szabályozással változtatható.*

## Röviden a PIN-diódáról

Tekintsük át röviden a címben szereplő félvezető eszköz fizikai működését és szerkezeti felépítését!

Nagyfrekvenciás alkalmazások szempontjából az egyik legjelentősebb diódatípus a PIN-dióda, amelynek – nevében is erre utalóan – olyan a felépítése, hogy a P- és az N-réteget egy hosszú, viszonylag nagy ellenállású I- (intrinsic) réteg választja el egymástól. A félvezető eszköz vázlatos felépítése az **1. ábrán** látható. A dióda gyártása során nagy tisztaságú szilíciumból indulnak ki, ez fogja képezni a középső I-réteget.



1. ábra. A PIN-dióda szerkezeti felépítése

A két szélsőréteget (P és N) erősen szennyeznek, ezek így kisohmosak.

A PIN-diódát nyitó irányban normál diódaaként is használhatjuk, és ez az egyenirányító hatás egy bizonyos határfrekvenciáig áll fenn. Ennek a frekvenciának az értékét a töltéshordozóknak az I-rétegben való élettartamuk határozza meg.

Ezt a határfrekvenciát elektronfizikai megfontolások alapján az

$$f_h = 1/2\pi\tau$$

képlet alapján számíthatjuk ki, ahol  $\tau$  a töltéshordozók élettartama a középső rétegben. Az élettartam a rétegvastagság függvénye, ami 0,2 ... 10  $\mu$ s között változik. Ezt frekvenciában kifejezve a 0,016...0,8 MHz közötti tartományt jelenti. A félvezetőgyártó cégek az I rétegvastagságot nem adják meg; ehelyett a részletes adatlapon az  $f_{min}$  szerepel, ami lényegében véve az  $f_h$  határfrekvenciának felel meg.

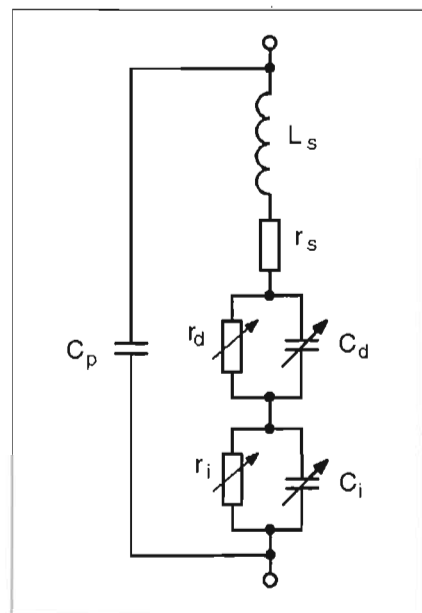
Ha a félvezető eszközt  $f \gg f_h$  frekvenciákon használjuk, akkor a PIN-dióda vezérelhető, lineáris ellenállásként viselkedik. A vezérlés történhet egyenfeszültséggel vagy alacsonyfrekvenciás váltakozó feszültséggel.

Ezek után tekintsük át röviden, hogy magában a PIN-diódában milyen fizikai folyamatok zajlanak le. Ezt tesszük részben azért, hogy megadhasuk a nagyfrekvenciás helyettesítő képet, másrészt világos képet kapjunk magáról a félvezető eszközről.

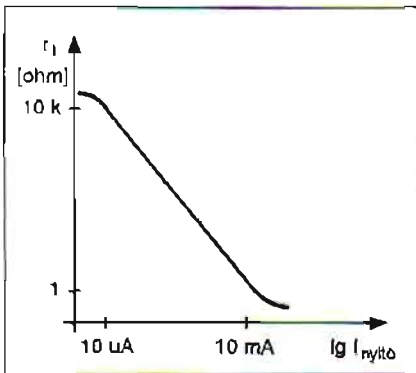
A dióda működését a középen elhelyezkedő szennyezésmentes (technológiailag igen nagy tisztaságú) réteg határozza meg. A nyitóirányú feszültség hatására a P-rétegből lyukak, míg az N-rétegből elektronok vándorolnak az I-rétegbe, ezáltal töltések tárolódnak ebben a rétegben. Ennek hatására e réteg, egyébként igen nagy ellenállása lecsökken, vagyis a vezetése megnő. A szakirodalom ezt vezetésmodulációnak

nevezi; a nyitóirányú áram a tárolt töltések jelenléte folytán „modulálja”. változtatja az I-réteg, egyúttal a dióda ellenállását. Záró irányban az I-réteg kiürül, a mozgó töltéshordozóktól mentes lesz, és éppen úgy viselkedik, mint egy hagyományos dióda PN átmenetének kiürített rétege. Mivel az I-réteg vastagsága nagy, ezért az általa képzett kapacitás értéke rendkívül kicsi.

Az előbbieken elmondottak alapján a PIN-dióda helyettesítő képe most már megadható, ami a **2. ábrán** látható. A helyettesítő kép három részből áll: egy nyitóirányú PN átmenetből, az I szakaszt jellemző elemekből, valamint a tokozásból származó járulékos elemekből. A  $r_d$  dinamikus ellenállás és a  $C_d$  diffúziós kapacitás képviseli a dióda PN átmenetét. Ezekkel sorosan elhelyezkedő  $r_i$  és  $C_i$  elemek az I-réteg ellenállását, valamint kapacitását képviselik.



2. ábra. Nagyfrekvenciás helyettesítő kép



3. ábra. A PIN-dióda ellenállásának áramfüggése

selik. Az  $r_d$  ellenállás a vezetésmoduláció következtében a nyitóáramtól függ, mégpedig közelítőleg:

$$r_d = K \cdot I_{nyitó}^{-n}$$

alakban írható fel, ahol  $K$  anyagi állandó, míg  $n$  a gyártástechnológiától függ. Az  $r_d$  ellenállás változása a nyitóáram függvényében a 3. ábrán látható; mindkét tengelyen logaritmikus léptéket használva széles áramtartományban egyenes szakaszt kapunk. Az ellenállás nagy áramoknál rendkívül kicsi (közel rövidzár), míg kis nyitóáramoknál igen nagy (közel szakadás). Záró irányban a nagy ellenállással párhuzamosan fekvő  $C_j$  kapacitás szerepe megnő. Ennek értéke általában 0,1 pF körül mozog, a záróirányú nagyfrekvenciás impedancia jó közelítéssel végtelennek vehető.

A PIN-dióda egy olyan, közel ideális elektronikus kapcsolónak tekinthető, amelynek ellenállása – nagyfrek-

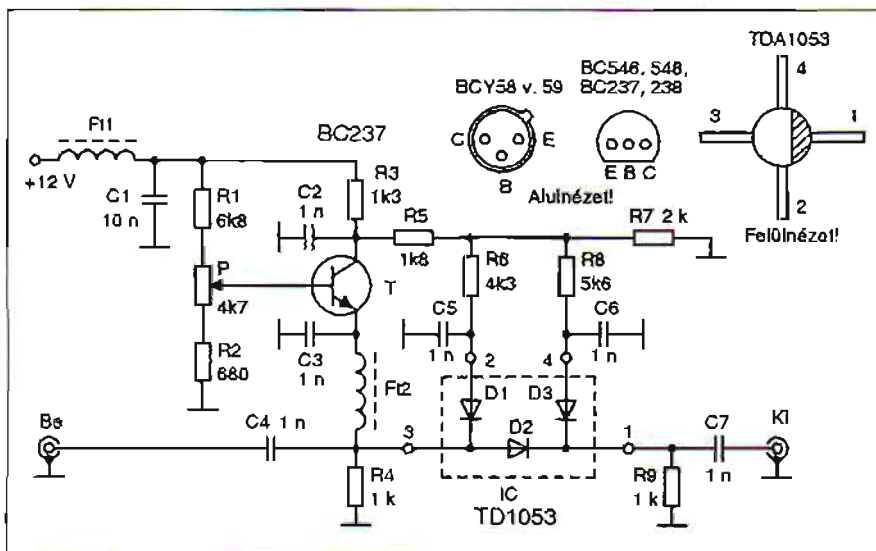
vencián is – nagy nyitóáramoknál közel rövidzár, záróirányban pedig közel szakadás. A viszonyokat lerontja a hozzávezetésből eredő  $L_s$  induktivitás és  $r_s$  ellenállás, valamint  $C_p$  diódaház-kapacitás.

### Elvi működés

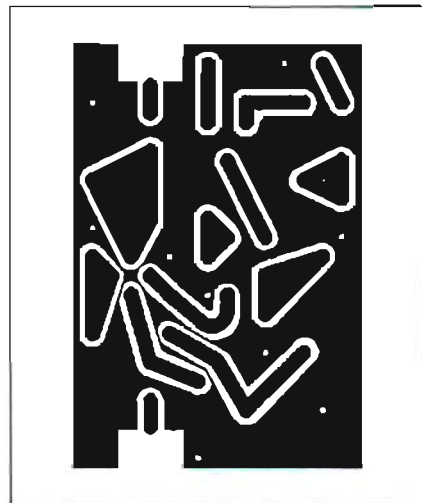
Az áramkörünkben a PIN-diódát, mint vezérelhető, lineáris ellenállást alkalmazzuk, azaz csillapítóként viselkedik. A csillapítónak két követelményt kell kielégíteni: egyrészt a hasznos jel szintjét frekvenciafüggetlenül kell csillapítani, másrészt az alkalmazott rendszer hullámellenállásához jól kell illeszkedni.

A PIN-diódás csillapító kapcsolási rajza a 4. ábrán látható. A fentiekben már említettük, hogy a vezérlés történhet egyenfeszültséggel és váltakozó feszültséggel. A DC feszültséggel történő vezérlési módot választottuk. A kapcsolásból jól látható, hogy az IC számára szükséges szabályozó feszültséget egy tranzisztoros fokozattal állítjuk elő. Az elvi rajzból az is jól látszik, hogy a TDA1053 típusú, egy tokba integrált három PIN-dióda egy ún.  $\pi$ -tagú csillapítót alkot.

Az áramkör 12 V-os stabilizált tápfeszültségről működik. A jó működés érdekében a tápfeszültséget az Ft1 fojtóval és a C1 kondenzátorral szűrjük. A vezérlő (szabályozó) feszültséget a T tranzisztor bázisán az R1-P-R2 osztóval állítjuk elő. A megadott elemértékekkel a bázis feszültsége 0,7...4,3 V között változtatható. A tranzisztor bázisán lévő feszültséget P potenciométerrel tudjuk változtatni, aminek követ-

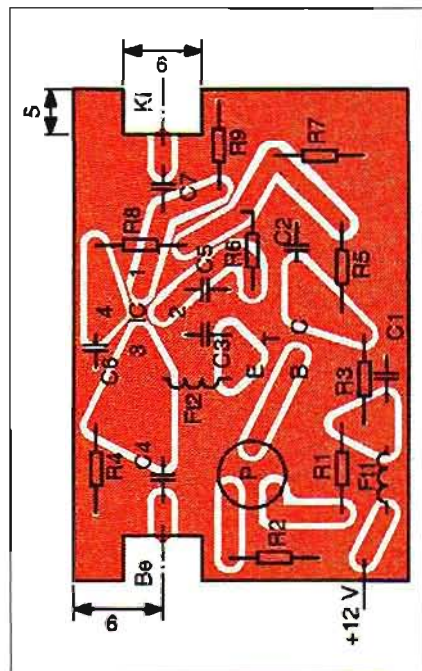


4. ábra. A PIN-diódás csillapító kapcsolási rajza



5. ábra. A PIN-diódás csillapító nyákrajza

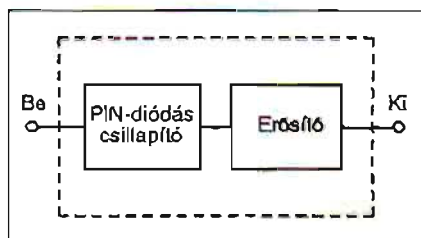
keztében változik  $T$  kollektorárama, így a kollektoron és az emitteren mérhető feszültség is. Az IC a működéséhez szükséges egyenfeszültséget a 2-es és 4-es kivezetése számára az R5-R9 ellenálláshálózaton keresztül kapja. Az R4 ellenállás egyben  $T$  emitterellenállása, és a rajta eső feszültség mérhető a D2 anódján is (3-as láb). Az R9 az ellenálláshálózat tagja és a rajta eső egyenfeszültség – a galvanikus kapcsolatból eredően – az IC 1-es lábának is a feszültsége. Az R4 és R9 ellenállás nem befolyásolja az áramkör nagyfrekvenciás működését. Ha a tranzisztor bázisán 4 V-ot állítunk be, akkor a D2



6. ábra. Alkatrész-beültetési rajz







10. ábra. Erősítővel egybeépített szintszabályozó

Második lépésként a  $\pi$ -kapcsolású, PIN-diódás csillapító átvitelének mérése hálózatanalizátorral vagy más vobulátoros műszerrel történik. A csillapítás

karakterisztika a 9. ábrán látható. A mérési eredményekből jól látszik, hogy egy megadott tűrésmezővel 20 dB-ig a teljes sáv (40...900 MHz-ig) átfogható. 20 dB-nél nagyobb csillapítás értékek a teljes sávban kb. 5 dB ingadozás mellett érhetőek el.

### Alkalmazás

A szintszabályozót használhatjuk önálló egységként telepes táplálással, továbbá tv tunerekben vagy erősítőkbén. A 10. ábra azt a variációt mutatja, amikor a szintszabályozó egy erősítővel dobozba lett egybeépítve. Ha a csillapí-

tó közvetlenül kapja a szabályzó feszültséget, például tv-tuner AGC-ről, akkor T bázisosztója elmarad.

A cikk zárszavaként szeretném megköszönni Nagymáté Csaba mérnök úrnak a mérésben nyújtott segítségét.

### Irodalom:

1. Funk-Technik Nr.13/1978, Bauelemente der Elektronik: Si-PIN-Dioden, Seite 222-225.
2. dr. Kovács Ferenc: Félvezetők nagyfrekvenciás alkalmazása, Műszaki Könyvkiadó, 1973.
3. Fellegi József: Elektronika füzetek 1, BMF SZGTI, 2002.
4. Ulrich L. Rohde – David F. Newkirk: RF/Microwave Circuit Design for Wireless Applications, Google könyvek.

RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG!

Régebbi

**RÁDIÓTECHNIKA**

**Hobby Elektronika** lappéldányok,

Illetve a HE '91, '92, '93, '94, '95, '96, '97, '98, '99, 2000, '01, '02, '03 és '04-es számainak nyák-filmjei is beszerezhetők, megrendelhetők a szerkesztőségben.

A **Rádiótechnika** és a **Hobby Elektronika** 2005 előtti számai egységesen 300 Ft/db, a **HE nyák-filmjei** 250 Ft/db áron.

RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! 3

# Ha nincs meg...

Címünk:

Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em.  
Személyesen hétköznap 9-14 óra között.

Postacím: RT vagy HE szerkesztősége 1374 Budapest, Pf. 603.

E-mail: [hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu)

Utazás előtt érdemes telefonon érdeklődni: 239-4932, 239-4933!

# Nagy Évkönyv-akció!

Az akcióban tehát 2-4-6... egyforma vagy különböző példányt lehet vásárolni.

## A RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE

'91, '94, '95, '96, '97, '98, '99, '00, '01, '02, '03, '04, '05, '06, '07, '08, '09, '10 kötetek közül

1 db csak 990 Ft-ért,

2 db most összesen

**1900 Ft -ért kapható.**

Személyesen a szerkesztőségben, Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. 130. 9-14 óráig.

Tel./fax: 239-4932

✉ 1374 Bp., Pf. 603.

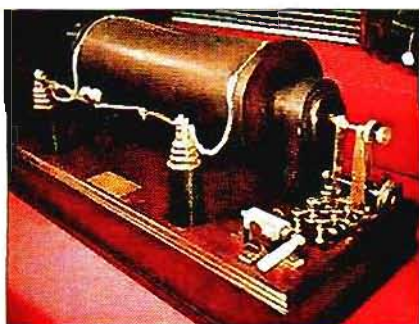
[hambazar@radiovilag.hu](mailto:hambazar@radiovilag.hu)

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

# A világ rádiómúzeumai: Hammond Múzeum

Balás B. Dénes távközlési technikus

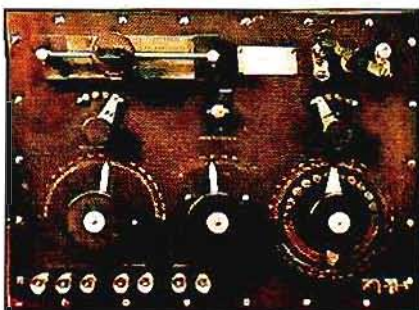
Egy tengerentúli rádiómúzeumot ajánlok az érdeklődő rádióbarátok figyelmébe. Az észak-amerikai kontinens magán múzeumai közül a kanadai Hammond Múzeumot tartom az egyik leginkább figyelemre méltónak és érdekesnek.



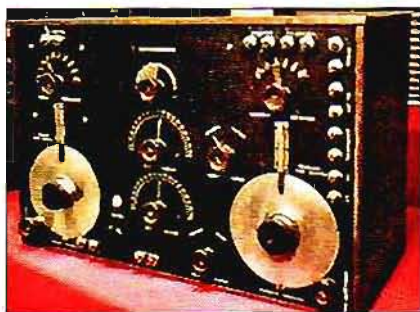
1. kép

A Hammond Múzeum alapjait a rádió gyártásáról ismert kanadai Hammond gyár tulajdonosai, elsősorban Fred Hammond (VE3HC) teremtette meg, aki 16 éves korától szenvedélyes rádiós volt és a módszeres gyűjtést mintegy 50 évvel ezelőtt kezdte el. (Ez a cég nem tévesztendő össze az elektronikus orgonákat gyártó másik Hammonddal az Egyesült Államokból.) A múzeum kurátorának tisztségét, 1999-ben bekövetkezett haláláig, Fred Hammond töltötte be, testvérei segítették tevékenységét. Jelenleg Nori Irwin (VE3AQZ) tölti be ezt a tisztséget.

A Hammond Manufacturing Company a 70-es évek elején épített új telephelyet Guelphben, ahol helyet adtak a Múzeum számára is. Ebben az időben a Hammond Múzeum, Észak-Amerika első rádiómúzeuma volt. Azóta termé-



2. kép



3. kép

szetesen több állami és magángyűjtemény is megnyitotta kapuit a nyilvánosság előtt.

A Hammond rádiógyűjteményt több önálló részre bontották, hogy a kiállított tárgyak bősége ne tegye áttekinthetlenné a múzeumot. A szekciók egyike a cső-gyűjtemény, melynek különlegessége, hogy nagyobb, wolfram-katódos darabjai (elsősorban az adócsövek) felizzítva láthatók.



4. kép

Külön csoportosították az 1920-as, '30-as, '40-es évek rádióit, külön a katonai részeket és elkülönítették egyes kiemelkedően érdekes gyártók – például a Collins cég – produktumait. Ismeretűjük szerint mintegy 1000 darab működő készülékük látható, ebből természetesen csak párat tudunk bemutatni. Ha a rádiók szerelmesei nem is jutnak el könnyen a tengerentúlra, az interneten mód van a legfrissebb információkat és a képanyagot megtekinteni.

## A Marconi gyűjtemény

A látogatók részére demonstrálják az első szikratávíró kapcsolatot a korabeli Marconi-készülékekkel. A bemutatott

készülékek általában a Kanadai Marconi cég gyártmányai.

Ez a korabeli, századfordulóról származó 10 hüvelykes szikrainduktor (1. kép) eleinte a Marconi állomások adóberendezése volt, majd tartalékadónak használták a korszerűbb berendezések mellett. Többek között a Titanicon is felszerelték egy hasonlót, az üzemi adóberendezés meghibásodásának esetére.



5. kép

A korabeli vevőkészülékeket legjobban a 2. képen látható, Kanadában készült detektoros vevő képviseli. A robosztus külső mellett megfigyelhető a kristályátkapcsoló, mellyel az operátor egyetlen kézmozdulattal átkapcsolhatott egy tartalék kristályra, ha a vétel bizonytalanná vált.

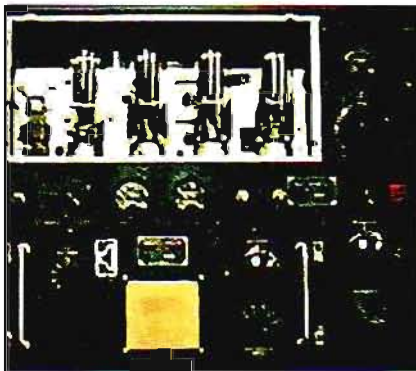
Az egyik kereskedelmi vevőkészülék a Marconi IP501 volt. Majdnem gyári új állapotban maradt meg (3. kép). A súlya 87 font (kb. 47 kg), kiskereskedelmi ára 595 USD volt, akkor két darab új, családi, négyüléscs kocsis ára.

## Katonai készülékek

Az első világháborúban nem volt könnyű dolguk a katonai rádiósoknak,



6. kép



7. kép

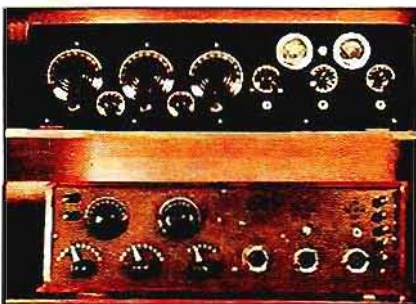
Minden egyes helyszínen ki kellett csomagolni a felszerelést a trén-kocsikból, azután fel kellett állítani az antennát és beüzemelni a generátorokat, amelyek a szikratávírók részére szolgáltattak energiát. Ezt a korszakot csak egy fénykép illusztrálja, tárgyi emléke alig maradt (4. kép).



8. kép

Az Angol Királyi Légierő (RAF) használta az 5. képen bemutatott kisteljesítményű Marconi szikratávíró, ennek segítségével adták meg a levegőből az ellenség helyzetét és az ellenséges célpontokat.

A második világháborúból valamivel több tárgy maradt. A múzeum kiemelkedő érdekességként kezel egy japánoktól zsákmányolt HRO vevőt (6. kép), melyet amerikai katonák szereztek meg az Aleut-sziget visszafoglalásakor.



9. kép

A '30-as évek végén bombázók részére fejlesztették ki a BC375-ös adókészüléket, melyet azután a B-17, B-24, B-25 és B-26 típusú bombázókon használtak. A kiállított készüléket a General Electric cég gyártotta (7. kép). Az adó csövei 211 típusúak voltak. AM üzemben 840 W, táviró üzemben 600 W egyenáramú bemenő teljesítményt igényeltek. Frekvencia tartománya 150 kHz-től 2100 kHz-ig terjedt, de az adóhoz illeszteni TU-8 típusú hangoló egységgel 7,2 MHz-ig növelhették a frekvenciát. A bombázók vevőkészülékei a nálunk is ismert BC348, illetve az adóval azonos számú BC375 típusok voltak.



10. kép

Az AR1154 típusú készüléket a Lancaster bombázókban használták a II. világháború alatt. A bemutatott AR1155-ös készülék amatőröké maradt meg, hasonlít a bombázókban használt 1154-hez.

### Korai vevőkészülékek

Ezek a vevőberendezések már nem a szikratávíró, hanem a műsorszórás korai korszakából maradtak meg. A 8. képen látható készüléket a Kanadai Winnipeg legrégebbi amatőrrei építették. Ezt a példányt Fred Hammond gyűjtötte a múzeum számára.

A rádiót 1920-ban készítették, valószínűleg a „Popular Science”-ben vagy más hasonló újságban megjelent rajz alapján. Az előlap jobb oldalán látható, függőleges elhelyezésű elektroncső szolgált audionként. Ezt, az egyébként nagyon ritka csövet, a Myers cég gyártotta először Philadelphiában. A cég szabadalmi problémák miatt költözött a kanadai Montrealba, s amikor a szabadalmi gondok folytatódtek, sok más kutatóval foglalkozó céghez hasonlóan kiszorultak az üzletből. Az előlap bal oldalán három „kosárfenek” típusú tekercs látható, melyek közül az első az antennabemenet finomhangolását végzi, a második a cső rácsáramköréhez



11.a kép

tartozik, a harmadik a visszacsatolásra szolgál.

A 9. képen látható 5 csöves készüléket szintén rádióamatőrök készítettek 1920-ban. Az újdonság ezen a készüléken a feszültségmérő és a jobb felső sarokban helyet foglaló áramerősség mérő. A készülékhez a megbízható 201A típusú csöveket használták.



11.b kép

A „Modern Electrics” kiadója, Hugo Gernsback nevéhez fűződik a legtöbb újítás. A lelkes kanadai rádiósok, alig várták a Modern Electrics legújabb kiadásában megjelenő Gernsback-közleményeket. Az ott közölt tervek alapján gyorsan megépítették az újabb készülékeket, majd az elkészült vevők fényképeit elküldték a kiadónak, aki a következő számban lekötölte azokat. Ez egy folyamatos fejlesztést eredményezett, megteremtette a vevőkészülék-ipar alapjait. A Gernsback név tíz évvel ezelőtt még létezett, mint a



12. kép



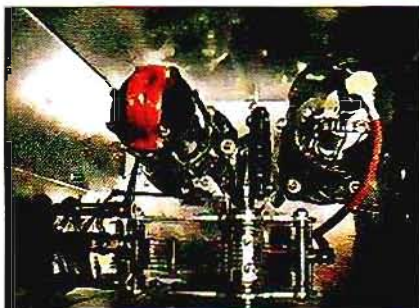
13. kép

Popular Electronics és az Electronics Now kiadója.

Az 1920-as években a kanadai *Dr. Middleborough* számos modellt alkotott. Ezeket OMEGA sorozatnak nevezte. Az eladások növeléséhez megépítette városa első műsorszóró adókészülékét, melyhez 202-es típusú adócsöveket és 216-os jelzésű egyenirányítókat használt. Mivel ennek az állomásnak nem volt engedélye, ezt nevezhetjük az első Owen Sounds-i kalózállomásnak, mely sok éven át CFOS hívójellel működött. Fred Hammond 1980-ban jutott ezekhez a készülékekhez. A 10. képen az OMEGA sorozat vevője látható.

### Viharos 20-as évek

A „Viharos 20-as” nem csak a rádió fejlődésének óriási korszaka lett, hanem egy működő és leírt találmány neve is. *Moe Smith* (VE1XG) ezt a 250 W-os szikradót építette az 1920-as években. Moe adója kifűnően működő állapotban maradt meg, és a Hammond Rádiómúzeum ezzel a készülékkel rendez



14. kép

(szikrázóan) látványos bemutatókat (11.a és 11.b kép).

A leghíresebb klasszikus rádiógyártók, Pilot, Federal, Patterson, Sargent és a Hammond készülékek százai kerülnek bemutatásra. A Hammond 12-es modellt (12. kép) olyan műszaki megoldásokkal készítették, melyek eredetileg az RCA találmányát képezték. Több száz példányt legyártottak, majd az RCA megvásárolta Hammondékkal a szabadalmat és jogdíjat kért minden egyes legyártott készülék után. Az 1950-es évekre ezek a készülékek telje-



15. kép

sen eltűntek, de Fred fivére, Ken talált egy példányt (zálogházban). Hammondék szerint ezen kívül, az egész világon csak egy-két készülék maradt ebből a típusból.

Ezer rádiót működőképes állapotban tartani nem kis feladat. Mindig akad egy rádió, amün kisebb beállításokat kell végezni. Például a forgó lemezek hangolása a Federal 110-csen (13. kép). Fred 1977-ben fedezte fel ezt a gyönyörűséget egy orvos vagyónának árverésén. A 14. kép felülről mutatja egy Pilot vevő belsejét és azt a magas színvonalú szakmunkát, mellyel a legtöbb rádiót készítették. A „Mercury Super 10” egyike a korai típusoknak, melyeknél ún. „mogyoró” csöveket használtak (15. kép). Ezt a gyönyörűen megszerkesztett rádiót díófa szekrénybe építették be. A torontói H. M. Kipp Company volt a gyártók egyike, ahol kikísérletezték a mogyorócsó technológiát.

### A Collins gyűjtemény

A Collins cég az egyik legismertebb vállalat volt, mely jelentős szerepet ját-



16. kép

szott úgy a II. világháborús katonai, mint a kereskedelmi, tengerészeti rádiózásban. Hammondék helyét adták komplett amatőr rádióállomásoknak is, mint a 16. képen látható Collins együttes (75A-4 – KWS-1).

17. képen látható terjedelmes Collins állomásnak jellegzetessége, a párban telepített két darab KW-1 adó (jobb és bal szélén) és a hozzá tartozó 75A-4 vevőkészülékek (középen). Az állvány tetején tetején moduláció indikátorokat helyeztek el.

Collinsék eredetileg hajókra szánták ezeket a készülékeket, 4-250A adó végcsövekkel. A legtöbb kezelő felismerte a bővítés lehetőségét és 4-400A csövekkel kihozták a készülékből a megengedhető maximumot.

Ismertetésünk természetesen nem teljes, kihagytuk a '30-as, '40-es évek, valamint a Rogers-kollekció darabjait, és az ezernyi exponátumból csak néhány érdekesebbnek tartott példányt mutattunk be.

Végül a múzeum adatai. Információs szolgálatuk telefonon: (519) 884 7200 vagy (519) 824 2026. Címük: Hammond Manufacturing Company, 595 Southgate Road, Guelph, Ontario, N1G-3W6, Canada.

A fordításban nyújtott segítségért köszönettel tartozom *Fülöp Péter* mérnök úrnak.

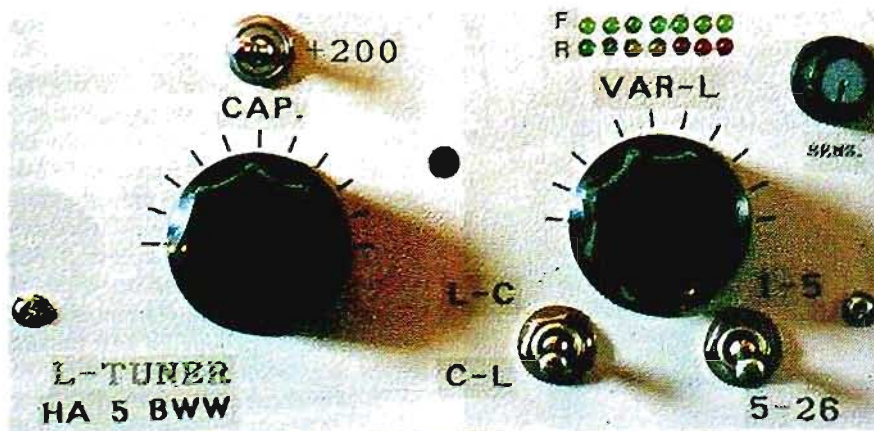


17. kép



# Egyszerű L-antenna- illesztő

Urkon Ede HA5BWW/HA5W,  
urkon.ede@upcmail.hu

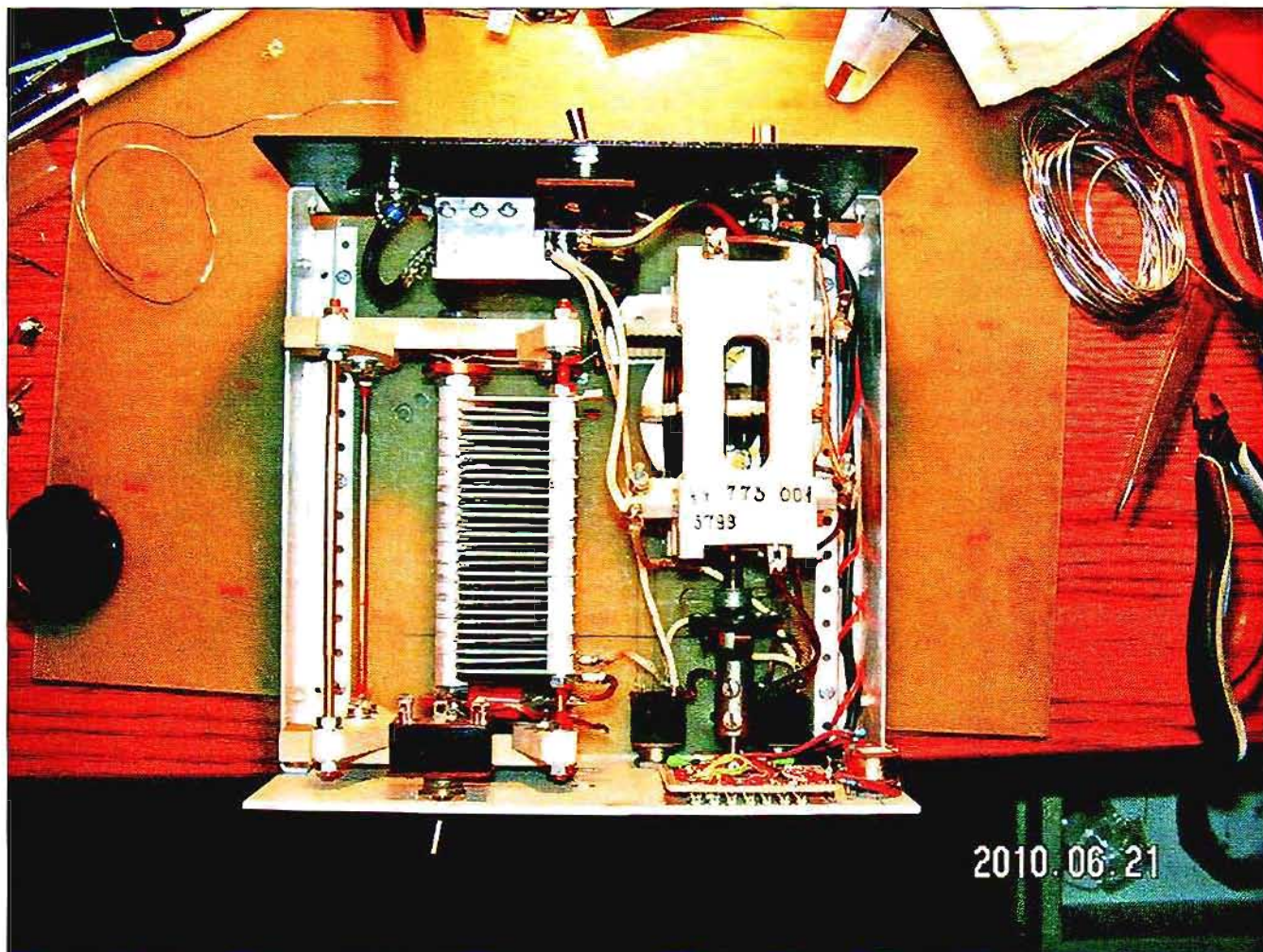


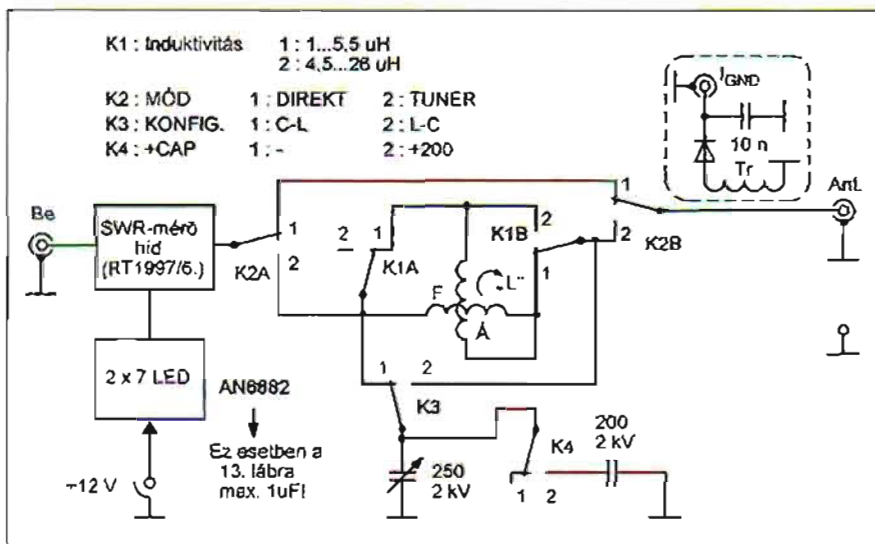
A vackaim közt kotorászva a kezembe akadt egy jó régen, bőrzén hozzám jutott variométer, amely valamikor a VD-11 vezérszcillátor kimenő körét hangolta. (Időnként fellelhető mosta- uában is a bőrzéken.) Eszembe jutott, hogy nemrégén – kíváncsiságból – összeraktam egy QRP-tunert, amelynél az induktivitást billenő-kapcsolókkal, 0,5  $\mu$ H-s lépésekben lehetett változtatni. (Ennek leírását egy, amatőr-fóru-

mon közreadott linken találtam meg.) Ebből fakadt az új ötlet, hogy ezt a meglelt variométert egy újabb illesztő- be építem be, amely kb. 500 W-ot tud kezelni. A további matatás során fedeztem fel egy korábbi tuner dobozát, amelybe a szerkezet beépítését terveztem.

A HA8 körzetből beszereztem egy 250 pF kapacitású, 2 kV árútsési feszültsé- gű, csodálatos mechanikájú forgó-

kondit (tux Pali!). A kezelőszervek szá- mát minimálisra terveztem, hiszen a doboz 200×200×100 mm, ijesztően kis méretű. Mivel az induktívitas és a kondenzátor nagy méretű, Yaxley-kap- csoló nem jött szóba, egyszerűen nem volt hely. A szükséges kapcsolásokra a (korábbi) orosz gyártmányú Kbm-26 típusú, 2 állású, 2 áramkörös tömblet- kapcsolókat terveztem, illetve használtam fel.



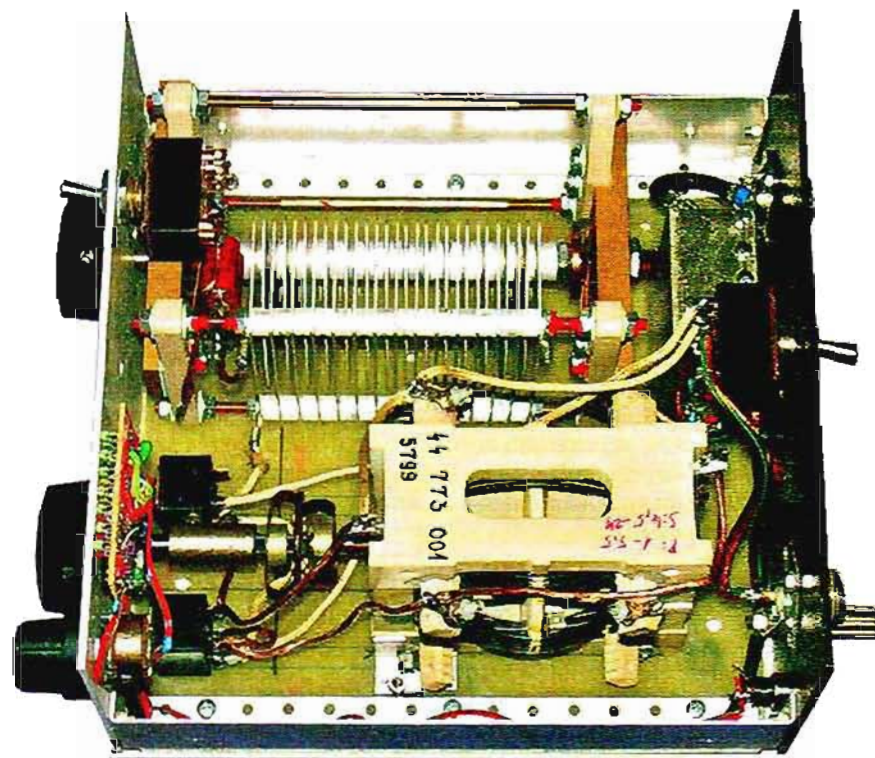


1. ábra

Az kapcsolási rajzban (1. ábra) semmi különös, az SWR-mérőt nem is rajzoltam meg, csak jeleztem. A variométer induktivitása „alapan” (a tekercsek sorba kapcsolva) 4,5–26  $\mu$ H-ig változtatható.

Egy kapcsolással a két tekercs párhuzamosan kapcsolódik, ekkor az induktivitás 1–5,5  $\mu$ H-ig változtatható. Mivel a tekercsek a tengellyel galvanikus kapcsolatban vannak, ezért szigetelt rugalmas tengelykapcsoló és műanyag pot- méter tengely közbeiktatá-

sával vezettem ki az előlapra. A persely egy régi pot- méteré volt valamikor. Az egész illesztő tiszta (fóliamentes) üvegszálazs lemezre lett felépítve. A tuner C-L (meghajtás-oldali párhuzamos C és soros L), illetve L-C (soros L, kimeneti párhuzamos C) konfigurációba kapcsolható, az alkalmazott antennának megfelelően. A forgókapcsoló kapacitása nem mindig elegendő, ezért egy újabb kapcsolóval egy 200 pF/3 kV-os kondit lehet azzal szükség esetén párhuzamosan kapcsolni.



Az illesztés ellenőrzését meg kellett oldani, azonban semmilyen mechanikus műszer nem fért el a dobozban, ezért az RT 1997/6. számában található LED-sávú SWR-mérő mellett döntöttem.

Ehhez egy régi magnóroncsból kitermelt kivérzés-jelzőt építettem át. Ez 7 LED-dal működik, a meghajtó IC-k típusa AN6882. Az SWR-mérő kimenetei 2x100 kohmos iker-pomnterre csatlakoznak, ezzel végezhető el a „kalibráció”.

A hátlapon található kapcsolóval iktatható be, illetve hidalható át az illesztő. Az SWR-mérő mindkét helyzetben működik, ha tápfeszültséget csatlakoztatunk rá.

Az antennaillesztő még egy feladatra használható: „ground-tuner”-ként is alkalmazható. Ekkor a RIG földpontját a kimeneti Amphenol-aljzat belső vezetőjéhez, a földelést a szorítócsavarhoz (test) kell csatlakoztatni. A konfiguráció C-L legyen.

Ekkor a kimeneti melegpont és a test között soros rezgőkör kapcsolódik be, amely segítségével a földelés „rezonanciára húzható”.

Igazán ekkor egy áram- trafó és egyenirányító is kell az antennához csatlakozó vezetéken, amely segítségével a maximális „földelési áram” mérhető.

(Ennek kivételését a hátlapon kell megoldani pl. RCA- aljzattal, amelyhez pométerrel előtéttelezett alaplámpa vagy valamilyen kéziműszer csatlakozhat.)

Az utánépítőknél eredményes munkát és jó illesztéseket kívánok!

**Híradástechnikai szaküzlet**

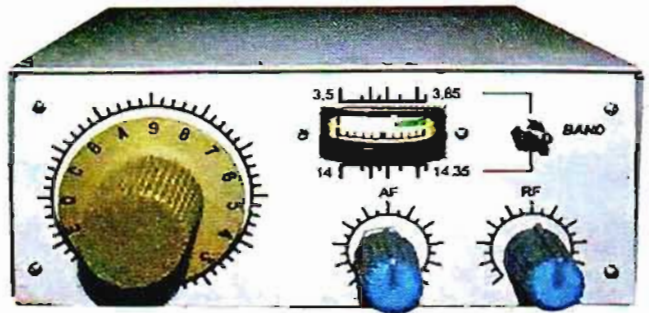
1139 Bp., Frangepán u. 18.  
Tel.: 350-3201, fax: 350-8801  
H-P: 9-12, 13-17 ó

**Nagyfrekvenciás, amatőr alkatrészek, koaxcsatlakozók, Mini-Circuits IC-k.**

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

# „Törpe” – két hullámsáv RH vevő

Fordította: Sipos Mihály okl. villamosmérnök



*A kezdő rádióamatőrök számára egy jó minőségű megfigyelő vevő megépítése komoly nehézséget jelent, amely mindenek előtt a gyakorlat és a megfelelő mérőeszközök hiányából fakad. A műsorszóró és a kommunikációs célú vevőkészülékekben használatos integrált áramkörök széles körű elterjedése és alacsony ára lehetővé teszi, hogy egyszerű és házi körülmények között is megépíthető rádióamatőr vevőket készítsünk. A „Ragyio” c. orosz folyóirat 2008/4. és 5. számában US5MSQ Szergej OM egy kezdőknek való, a 80 és a 20 m-es rövidhullámú rádióamatőr sáv vételére alkalmas vevőt mutatott be. (A cikk rajzanyagát HA9RR Pista OM gondozta. – A szerk.)*

Az ismertetésre kerülő, megépített áramkört – több hónapos használata során – különböző antennákkal is kipróbálta a konstruktőr. (10 m hosszú buzalantenna, amely 10 m magasán a 3. emeleti erkély és a szemben levő fa között feszült, illetve 41 m hosszú, ferde Windom-antenna, melynek a felső pontja 30 m magasán volt.) Az így szerzett tapasztalatok szükségessé tettek néhány áramkörü módosítást. A vevő alkalmassá lett téve két hullámsáv vételére.

Főbb műszaki adatok	
Hullámsávok	3,5 és 14 MHz
Érzékenység (keverőbemeneten, 10 dB jel/zaj-nál)	0,5 $\mu$ V
Tükörszelektivitás	70 dB
Sávzélesség (-6 dB)	350...2700 Hz
Saját zaj (vevő kimeneten)	0,18 mV
AGC-átfogás (bem./kím. jel változás)	60 dB/4 dB
Kimeneti teljesítmény	50 mW/8 $\Omega$
Nyugalmi áramfelvétel	9...12 V/18 mA

lére, beépítésre került egy folyamatosan állítható csillapító (attenuátor), egy automatikus erősítés szabályozó áramkör (AGC). Optimalizálásra kerültek a fokozatok jelszintjei, a kvarcszűrő illesztése, a hangolás linearitása. Mindezek végső soron javították a vevő használhatóságát.

A bemutatásra kerülő két hullámsáv vevő megtehető kényelmet biztosít az amatőrsávok hallgatásához. Nincsen szükség bonyolult hangolásra, mindössze 2 db saját, házi gyártású tekercset tartalmaz. (A konstrukció egyetlen gyenge pontja az MC3362 típusú IC nehéz beszerezhetősége. Anig ezzel nem rendelkezünk, nem érdemes hozzáfogni az építéshez! – A szerk.)

## Elvi működés

A „Törpének” (oroszul „Malis”-nak) elkeresztelt vevőkészülékben egy átkapcsolható VFO van, amely 8,75...9,1 MHz frekvencián dolgozik, 5,25 MHz KF esetén.

A szuperheterodin rendszerű, egyszeres frekvencia átalakítással működő vevő kapcsolási rajzát az 1. ábra mutatja. A készülék alapját a Motorola MC3362 típusú, NBFM kommunikációs célokra kifejlesztett integrált áramkör alkotja, melynek adalapját érdemes figyelmesen átanulmányozni. Az IC tulajdonságai közül meg kell említeni a magas érzékenységet, amely ugyanakkor relatíve kis dinamikus sávzélességgel társul: 60 dB intermoduláció és 80 dB blokkolás szempontjából. Ezért nem szabad elfeledkezni arról, hogy egy dipól-antennáról levett jel akár 110...120 dB dinamikatarományban is változhat!

## Bemeneti sávszűrők

Az antenna kapcsairól a jel az „érzékenység szabályozóra”, változtatható csillapítóra (attenuátorra) kerül, amely az R14 kettős potenciométerből áll. Az egyszeres potenciométerhez képest ez

a megoldás sokkal jobb szabályozást (min. 60 dB) enged meg az RH sávban. Ez lehetővé teszi, hogy a készülék bármilyen antennával is optimálisan, „leülés” nélkül működjön. A csillapítót követően a jel a K/a sávkapcsoló kontaktusain át egy sávszűrőre kerül. Az ábrán látható helyzetben a 80 m-es sávszűrő van bekapcsolva. Az L1, L4 és L5 tekercsek „szabvány” értékű mikroinduktivitások. Ezek készen kaphatók, kis méretűek, olcsók, könnyen hozzáférhetőek, és ami a legfontosabb: nem kell a kezdőknek tekercskészítéssel beüldözni!

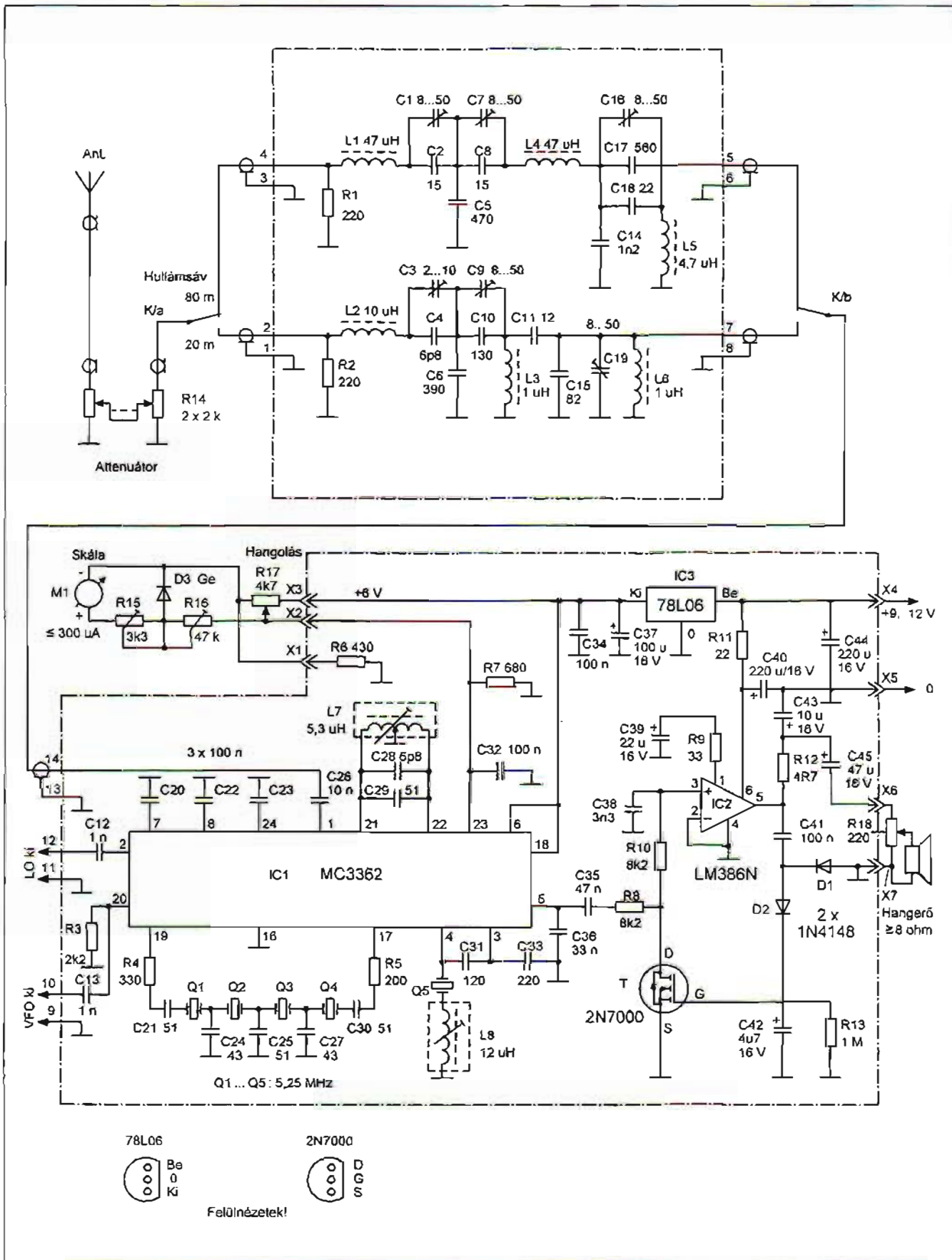
A háromkörös sávszűrő kapcsolása úgy került kiválasztásra, hogy a négyköröshöz hasonló elnyomást adjon a magasabb frekvenciákon, azaz a tükör-csatomán. A bemeneti ellenállás 50 ohmra optimalizált, a terhelő ellenállás (azaz a IC1 1. lábán levő keverő bemeneti ellenállása) pedig 700 ohmban. Ekkor az átviteli tényező kb. -6 dB lesz.

A 20 m-es sáv vétele esetén a tükörfrekvencia sávja alacsonyabban lesz, mint az alapjelé, ezért a tükörfrekvencia elnyomás növelése érdekében másfajta sávszűrő került kialakításra (L2, L3 és L6). Ez eredményesebben nyomja el az alacsonyabb frekvenciákat. A sávszűrő ilyenfajta megvalósítása (az alsó sávban a VFO frekvenciája magasabb a jel frekvenciájánál, a magasabb sávban pedig alacsonyabb) nemcsak egyszerűsége miatt népszerű, de a megnövelt tükörfrekvencia elnyomása miatt is.

A vevőhöz tetszés szerinti hosszúságú antenna csatlakozhat, illetve a bemeneti attenuátor miatt a sávszűrő bemenetén levő jelforrás ellenállása széles határok között változhat. Annak érdekében, hogy ilyen körülmények között is kielégítő frekvenciamenetet kapjunk, a sávszűrő bemeneteire R1 és R2 illesztő ellenállások kerültek.

Az áramfelvétel csökkentése érdekében a sávszűrőt egy mechanikus kapcsolóval kapcsoljuk át. Mivel a sávszűrő





1. ábra

rök be- és kimeneteit kapcsoló kontaktusok egymás közel vannak, így a nem bekapcsolt szűrőn keresztül is fog egy parazita jel áthaladni, és ezért a tükörcsatorna elnyomás szintje valamennyivel kisebb a lehetségesnél, de nem kisebb 70 dB-nél. Végezzünk el néhány számítást, hogy érthető legyen, miért is van szükség ilyen nagy csillapításra! A 20 m-es sávban a vevőnek az antenna bemeneten mért érzékenysége nem rosszabb, mint  $0,5 \mu\text{V}$ . Egy  $2...3 \mu\text{V}$ -os jel már megfelelő hangerőt biztosít. A 80 m-es sávban, nagy antenna használatakor a helyi, ill. közeli adók jelei nem ritkán eléri az  $S9+40 \text{ dB}$  ( $5 \text{ mV}$ ) értéket. Hogy ezek a jelek ne zavarjanak be a 20 m-es sáv vételébe, a tükörcsatorna elnyomás nagysága min.  $65...70 \text{ dB}$  kell, hogy legyen. Ez a követelmény a prototípus első használata során merült fel. Ugyanis a 20 m-es sáv figyelésekor – különösen téli éjszakákon, amikor a sáv gyakorlatilag le van zárva – állomáskeresés során hangosan, időnként nagyon hangosan voltak hallhatók a 80 m-en dolgozó erős állomások (a helyi „kilowattosok”).

Ha még erősebb tükörcsatorna elnyomásra van szükség, akkor a sávszűrő ki- és bemenete közötti minimális egymásra hatásra kell törekedni. Egymástól a lehető legnagyobb távolságra kell elhelyezni azokat, ármékolást alkalmazni vagy elektronikus, ill. relés kommutációt kell használni. Ez utóbbi esetében azonban természetes módon megnő az áramfelvétel, ami nem kívánatos elemes vagy akkumulátoros táplálás esetében. Mivel másfajta sávszűrő is használható, ezért azt egy külön nyák-lapon helyeztem el, így annak cseréje, változtatása nem befolyásolja a vevő többi fokozatát.

### Nagyfrekvenciás fokozatok

A valamelyik sávszűrő által kiszűrt jelek az első keverő bemenetére kerülnek (IC1 1. lába). E keverő másik bemenete (az IC1 24. lába) a C23-as kondenzátor segítségével nagyfrekvenciás szempontból földre kerül. Ekkor az IC első keverőkörének varikap hangolási helyi rezgéskeltőjét, keverőjét és az összesen 18 dB erősítésű KF erősítőjét használjuk. A KF erősítő kimenetéről (19. láb) a KF jel egy 4 kvarcból álló létraszűrőre (Q1...Q4) kerül, melynek frekvenciája 5,25 MHz, sávzélessége 2,35 kHz. Innen a jel a keverődetektor bemenetére jut (17. IC láb), majd a HF előerősítő fokozatra. Ennek erősítése 21 dB. Ezen

keverő fokozat második bemenetét (18. láb) a +6 V-os tápfeszültségre kötjük.

Az első keverő kimenő ellenállása  $220 \Omega$ , a második keverő bemenő ellenállása pedig  $350 \Omega$ . Ezeket az értékeket  $10,7 \text{ MHz}$ -es kerámia szűrőkre optimalizálták, és messze távol vannak az általunk használt kvarcszűrőkhöz szükségesektől. Abban az esetben, ha a C21, C24, C25, C27 és C30 kondenzátorokat egyforma értékűre választjuk, a kvarcszűrő átviteli karakterisztikájában jelentős,  $3...4 \text{ dB}$ -es ingadozást tapasztalunk. A szerző megpróbálkozott többfajta kondenzátor értékkel is (pl. 27, 33, 39, 43 pF), a helyzet nem javult, csak a sávzélesség változott. Fülre a vétel normálisnak tűnt, a szűrő akár így is maradhatott volna. Azonban a gyakorlat azt mutatta, hogy az illesztés egyszerű javítása és a kapacitások megfelelő kiválasztása jelentősen javítanak a kvarcszűrő paraméterein. Az átviteli sáv egyenetlensége max.  $0,5 \text{ dB}$ -re csökkent, a sávzélesség meredekebbek lettek. A megvalósított kapcsolásban a kvarcszűrő optimális terhelő ellenállása  $550 \text{ ohm}$  körüli. Ennek megfelelő illesztése érdekében alkalmazzuk az R4 és R5 ellenállásokat, amelyek az optimális értékre növelik meg az első keverő kimenő, illetve a második keverő bemenő ellenállását. Az ellenállások alkalmazása káros módon megnöveli a szűrő csillapítását, ami akár nem kívánatos is lehet. Azonban a mi esetünkben ez nem hogy nem káros, de még előnyös is: csökkenti ugyanis a második fokozat erős jellel történő túlvezérelésének valószínűségét. Az első és a második keverő fokozatok az AGC előtt vannak, vagyis nem szabályozhatók. Az AGC leghatásosabb működése érdekében pedig el kell érni a maximális érzékenységhez tartozó minimális erősítési szintet, ami kaszkádonként  $10...12 \text{ dB}$ .

Az L7 induktivitás és a C28, C29 kondenzátorok az IC-ben levő varikapokkal együtt határozzák meg a VFO frekvenciáját. A működési frekvenciának – egy kisebb tartalékkal a sávvégeken –  $8,74...9,11 \text{ MHz}$ -nek kell lennie. A varikapokra kerülő feszültséget (23. láb), és ezzel együtt a VFO frekvenciáját az R17 helipot („Hangolás”) állíthatjuk be. Hagyományos kapcsolásokban a frekvenciahangolás nem egyenletes mértékű. A helipot csúszóérintkezőjének félútig történő elmozdulásához a frekvencia mintegy 75%-os megváltozása tartozik. Ez a használat során kellemetlenséget je-

lent. Az R17 ellenállásának  $12...15\%$ -os nagyságát kitevő R7 sőtellenállás alkalmazása lehetővé teszi, hogy közel lineáris (mindössze 5%-os eltérésű) karakterisztikát kapjunk a teljes frekvenciasávban. Ez nemcsak növeli az alacsonyabb frekvenciákon történő hangolás kényelmességét és pontosságát, de lehetővé teszi egy, a hangolást könnyítő lineáris mechanikai skála megrajzolását is.

A szerző példányában elektromos skála van, amelyet az M1 mikroampermérőből alakítottak ki, ez egy régebbi kazettás magnó kivezérlésmérője volt. Az R15 és R16 trimmerpotik, valamint a D3 Ge dióda a skála linearitását növelik.

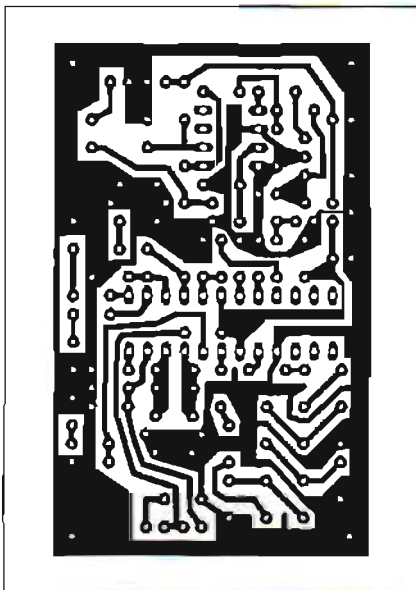
A beatjel frekvenciáját a Q5 kvarcrezonátorral  $5,25 \text{ MHz}$ -re kell beállítani. Mivel a generátor frekvenciája (kb.  $5,248 \text{ MHz}$ ) egybe kell essen a kvarcszűrő alsó határfrekvenciájával, ezért a Q5 frekvenciáját a vele sorosan kapcsolt L8 soros induktivitás csökkenti.

A második keverő, a detektor által előállított HF jel az IC belső előerősítője után a tok 5. kimenetére kerül. Az ide kötött C36-os kondenzátor az IC1 kb.  $1,5 \text{ kohm}$ os kimeneti ellenállásával egy  $3 \text{ kHz}$  vágási frekvenciájú aluláteresztő szűrőt képez. A C35 leválasztó kondenzátoron áthaladva a jel egy másik  $3 \text{ kHz}$  vágási frekvenciájú aluláteresztő szűrőre (R8-R10-C38) jut. A keverések során keletkező parazita termékektől megszabadított jel a népszerű LM386 típusú HF erősítőbe kerül.

### Hangfrekvenciás fokozatok

Annak érdekében, hogy az első, nem szabályozott fokozatokban fellépő jelgyengülést kompenzáljuk, illetve hogy megnöveljük az AGC munkájának hatékonyságát, az IC2-vel kialakított fokozat erősítését az LM386 negatív visszacsatoló láncában elhelyezett R9 és C39 segítségével mintegy 1000-szeresre állítjuk. A HF erősítő terhelése – az R18-as hangerőszabályzó ellenállás – egy  $3 \text{ kHz}$  vágási frekvenciájú aluláteresztő szűrőn (R12-C43) át kapcsolódik a kimenetre. Ezáltal a sávon kívüli zajok tovább csökkennek, és az éter jeleinek hallgatása még kényelmesebbé válik a korszerű, szélessávú, alacsony ellenállású fejhallgatókon.

A felerősített HF jelet a D1 és D2 diódák detektálják, az AGC feszültsége a T1 szigetelt kapus térvezérlésű tranzistor gate-jére kerül. Ahogy a vezérlőfeszültség szintje meghaladja a kü-

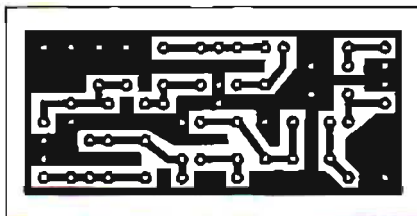


2. ábra

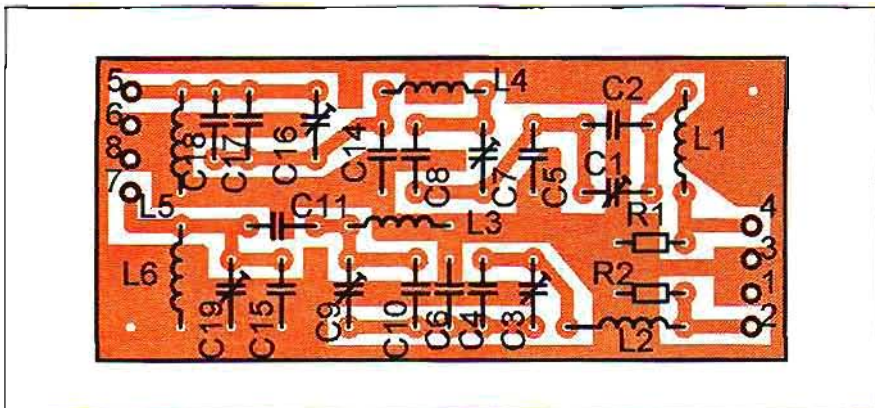
szöbfezsültséget (kb. 1 V), a tranzisztor kinyit és az R8 ellenállással közösen képzett feszültségosztó kifejezetten hatásosan stabilizálja a kimenő HF jel szintjét kb. 0,5...0,65  $V_{eff}$  szinten. Ez max. 50 mW-os kimenőteljesítménynek felel meg. Szükség esetén (ha a fejhallgatónk ellenállása 8  $\Omega$ ) ezt az értéket a kétszeresére növelhetjük, amennyiben a C41 kondenzátort az R12 ellenállásnak a rajz szerinti felső kivezetésére kötjük.

### Kivitelezés, alkatrészek

A vevő alkatrészeinek többsége két, egyoldalas, üvegszálazs nyák-lapon helyezkedik el. A fő egység nyomtatási és



4. ábra

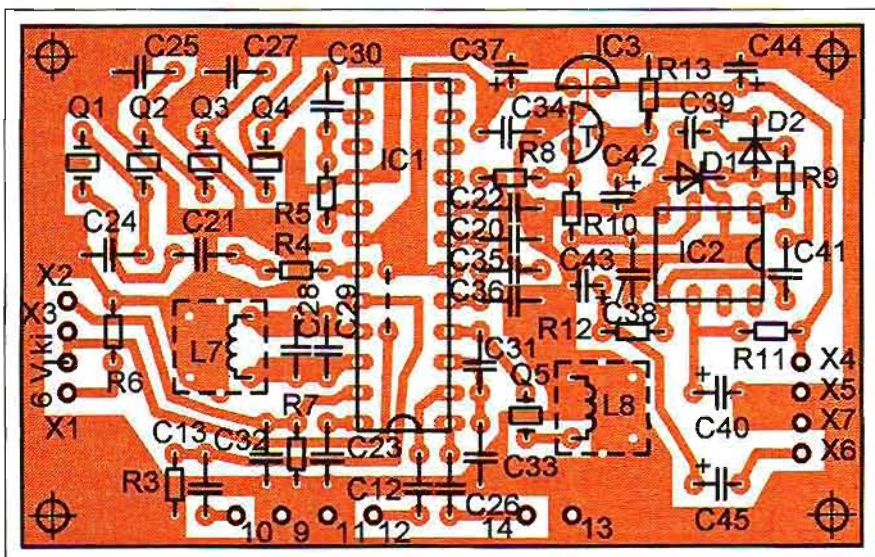


5. ábra

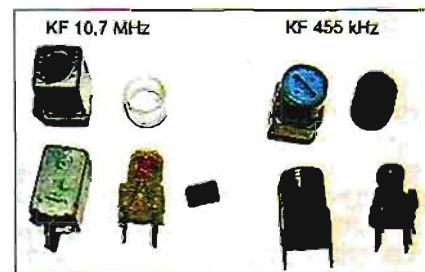
beültetési rajza a 2. és a 3. ábrán látható. A sávszűrő nyák- és beültetési rajzát a 4. és az 5. ábra mutatja. A nyák-panelokat kis teljesítményű és kis méretű, két raszteres, hagyományos kivitelű ellenállásokra tervezték. (Ha régebbi típusú ellenállásokkal dolgozunk, akkor azokat állítva ültessük be.) A rezgőkörök keramikus kondenzátorai hőstabilak legyenek. (Ilyenek az orosz KM, K10-17 típusok, ill. a nem orosz eredetű, korong alakú, narancssárga színű, fekete ponttal jelölt vagy az NP0 csoportba tartozó kondenzátorok.) A C36,

cset egy „szabvány” többszekciós, 10,7 MHz-es FM KF csévére készíthetjük el: 40 menettel 0,13...0,17 mm átmérőjű CuZ-ből, azaz zománcozott rézhuzalból. A huzalt jól megfeszítve tekerjük fel, a meneteket egyenletesen osszuk el a szekciók között. A rezgőkört a saját sárgarézs lemezből készült árnyékolásába helyezzük. A beat-jel generátor L8-as tekercse 18 menettel, 0,13...0,17 mm átmérőjű CuZ huzalból készüljön egy „szabvány”, 455 kHz-es AM KF csévéjére, egyenletesen elosztott tekercseléssel (6. ábra). A vasmag állításával változik a tekercs induktivitása, ami lehetővé teszi, hogy a beat-generátort bármilyen kvarccal elkészíthessük anélkül, hogy a menetszámon változtatni kellene.

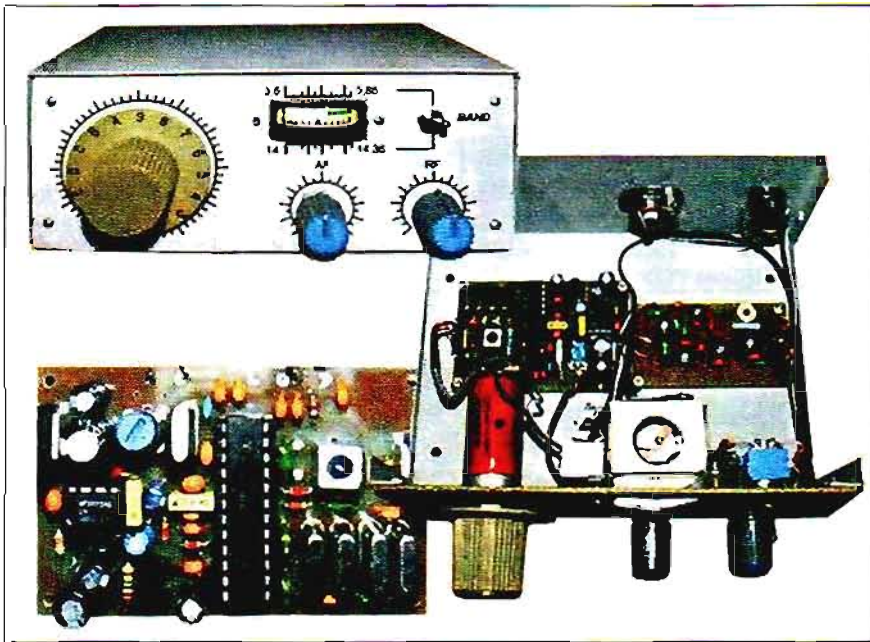
A Q1...Q5 kvarcok kisméretű, fémházas típusúak, 5,25 MHz-esek (HC49/U 5,25 MHz Philips, 9922 520 09922). Ezek elég olcsók, jó minőségűek, kicsi a paraméter szórásuk, ezért nincs szük-



3. ábra



6. ábra



ség előzetes válogatásra. (A konstruktor által beszerzett 10 darab mindegyike eleget tett a kritériumoknak.)

A T helyen levő 2N7000 FET helyett használható a BSN254, ZVN2120A, ill. az orosz KP501A. A D1-D2 diódák helyettesíthetők más Si diódákkal (pl. 1N914, 1N4154, N125, BA243). A D3 gyanánt tetszés szerinti germánium diódát használhatunk (pl. OA1154, D9B, D106, D223).

A potenciométerek értékei bizonyos határok között módosíthatók. Az R14 kettőspoti 1...3,3 k $\Omega$ , az R17 4,7...100 k $\Omega$ , az R18 47...500  $\Omega$  közötti értékben választható meg. A vevő hangolására használt R17-es helipotméter legalább 10 fordulaton és jó minőségű legyen, mert az ellenálláspálya egyenletlenségei stb. alapvetően lerontják a vevő használhatóságát. Szükség esetén R17 kiváltható két közönséges potenciométerrel is, a 7. ábrán bemutatott kapcsolás szerint. Ebben az esetben az 1. ábrán levő R6 és R7 ellenállások értéke 1 k $\Omega$ , ill. 3,3 k $\Omega$  legyen!

Az M1 műszer tetszés szerinti mikroampermérő lehet, 200...300  $\mu$ A végkitéréssel (pl. magnetofon kivezérlésmérője). A hangszóró bármilyen, jó minőségű típus lehet, ellenállása min. 8  $\Omega$  legyen. Ezek elég nagy érzékenységek, már 20...30 mV-os jelet is jól lehet hallani 1 méter távolságról. Az 50 mW-hoz tartozó 0,65 V<sub>eff</sub> jel pedig egy csendesebb szobát is behangosít. Ha csak fejhallgatót kívánunk használni, akkor a saját hangerőszabályzót tartalmazó típus esetében R18 hangerőszab-

bályzót el is lehet hagyni. Az R15 és R16 trimmerpotik lehetőleg helipotok legyenek. A szerző SzP5-3 orosz típusút használt, amelynek hosszú, bajlékony kivezetései lehetővé tették a „repülő” szerelést, ill. felerősítésüket egy csavar segítségével az előlapra.

### Élesztés, behangolás

Bármilyen házi készítésű vagy gyári tápegység megfelel, fontos, hogy +9...12 V stabilizált feszültséget adjon, min. 50 mA terhelés mellett. Ha a hálózatól függetlenül akarjuk használni a készüléket, akkor alkalmazunk szárazelemeket vagy 9 V-os, 200 mA-h-ás akkumulátort, amellyel több mint 3 órán át hallgathatjuk az étert, közepes hangertő mellett.

A jó alkatrészekből, helyesen megépített készülék első bekapcsolásra működőképes. Ettől függetlenül érdemes a következőkben ismertetett hangolási procedúrát elvégezni. Minden szabály-

zó egységet állítsunk maximális jel állásba, az L7 és L8 hangoló magját középső helyzetbe. Legelőször mérjük meg a készülék áramfelvételét, ami nem lehet nagyobb 18 mA-nél. A hangszóróból a vevő saját zaja hallatszik. Ezt követően mérjük meg az IC1 és az IC2 lábain mérhető feszültségeket, amelyek 9 V-os tápfeszültség esetén az alábbiak lehetnek (+/-10%-os eltérés megengedett):

#### IC1

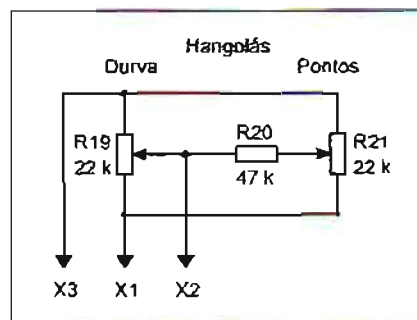
1. láb/6,05 V; 2./5,36 V; 3./5,36 V; 4./5,95 V; 5./4,65 V; 6./6,06 V; 7./4,57 V; 8./4,57 V; 17./6,06 V; 18./6,06 V; 19./4,93 V; 20./4,69 V; 21./1,01 V; 22./1,01 V; 23./1,45 V; 24./6,06 V.

#### IC2

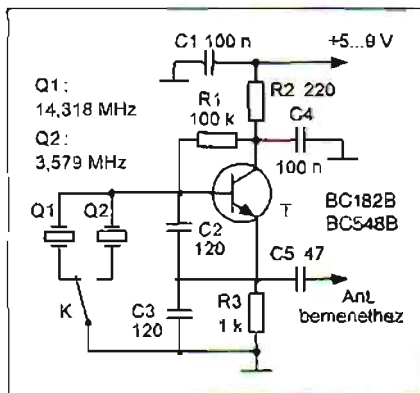
1. láb/1,29V; 5./4,43 V; 6./8,90 V.

Működőképes HF erősítő esetén az IC2 3. lábához hozzáérve bangos zajt kell hallanunk a hangszóróból. A C35 és R8 közös pontjához hozzáérve hasonló, de jóval kisebb mértékű hangot kell hallani, ami azt jelenti, hogy működik az AGC. Az IC1 17. lábához hozzáérve a zajok jelentősen megnőnek, sőt megjelenhet valamely közeli műsorszóró állomás jele is a hangszóróban. Ez azt jelenti, hogy a beat-generátor és a produkt detektor működőképesek. A első keverő fokozat és a VFO működéséről meggyőződhetünk, ha az IC1 1. lábához hozzáérve a hangszóróban jelentősen megnőnek a zajok és rádióállomásra utaló jelek is hallatszanak. Egy min. 7 MHz határfrekvenciájú oszcilloszkóppal, 2...3 pF-os leválasztó kondenzátoron át ellenőrizzük az oszcillátorok formáját és megközelítőleges frekvenciáját az IC1 2. (beat-generátor) és 20. (VFO) lábain. A VFO frekvenciájának pontos értékét azonban ezzel a módszerrel még digitális frekvenciamérővel sem tudjuk megállapítani. Ugyanis az alkalmazott 2...3 pF-os leválasztó kondenzátor által bevitt kapacitás is 10...15 kHz-cel elhangolja a VFO-t.

Miután meggyőződünk az alapvető fokozatok működőképességéről, fogjunk hozzá az oszcillátor körök és a sávszűrő hangolásához. Egy szignálgenerátort 3,49 MHz-re hangolunk, a kimenő jel szintjét 30...100 mV-ra állítjuk, majd ráköltjük az antennabemenetre. Az R17 hangoló poti csúszkáját a rajz szerinti jobboldali szélső helyzetbe visszük. A sávkapcsolót a 80 m-es állásba helyezzük és az L7 hangoló-



7. ábra



B. ábra

magját addig mozgatjuk, míg meg nem halljuk a jelgenerátor hangját. Hangoljuk át a vevőt a sáv felső határára és győződjünk meg arról, hogy ez felső véte li határfrekvencia nem kisebb mint 3,86 MHz. Ha a felső frekvencia ennél kisebb, akkor kis mértékben csökkent- sük le C29 kapacitását pl. 47 vagy 43 pF-ra. Ha viszont lényegesen nagyobb, akkor ezt a kapacitást növeljük meg pl. 56...62 pF-ra. A cserék után az alsó határfrekvencia beállítását újra el kell végezni.

Ezután a sávszűrő behangolása kö- vetkezik. A vevő kimenetére kössünk valamilyen jelszint indikátort (váltó- áramú millivoltmérő, oszcilloszkóp vagy akár egy egyenáramú multiméter) a C42 kondenzátorra. Állítsuk a szig- nálgenerátort sávközépi frekvenciára, azaz 3,65 MHz-re. A vevőt hangoljuk a jelgenerátor frekvenciájára és a C1, C7 és C16 kondenzátorok egymás utáni áll- litgatásával érjünk el maximális véte li hangerőt. A jel erősségének növekedé- sével párhuzamosan az attenuátor se- gítségével igyekezzünk a kimeneti jel- szintet 0,2...0,4 V értéken tartani. Ha- sonló módon hangoljuk a sávszűrőt a 20 m-es sávban is, a jelgenerátor 14,18 MHz-es jele mellett.

A beat-oszcillátor frekvenciáját a legjobb az éter hallgatva „fültre” beállí- tani. Ezt az esti, éjszakai órákban lehet a legjobban a 80 m-es sávra és a nappa- liakban a 20 m-es sávra elvégezni, mi- vel e jeleknek ilyenkor a legjobb a ter- jedésük, éppen ezért ilyenkor a legaktí- vabb a forgalmazás is. Elsőként folya- matosan bangolva keressünk rá a leg- hangosabb, legtisztább jelekre és az L8 hangolómagjának finom mozgatásával érjük el, hogy az SSB állomások operá- torainak hangja a legtermészetesebb módon szóljon. Jegyezzük meg a han- golómag helyzetét, kapcsoljunk át a 20 m-es sávra, ismételjük meg a procedú-

rát. Mivel a sáv átkapcsolásakor az ol- dalsávok inverziója is megtörténik, ezért az L8 hangolómagjának ideális helyzete nem lesz azonos a két sávban. Ezért kompromisszumos megoldásként a magot állítsuk e két helyzetvérték kö- zé.

A VFO hőstabilitását úgy ellenöriz- zük, hogy egy min. egy órás bemelege- dési idő után a sávközép közelében ke- resünk egy hangos, stabil frekvenciájú adást, amelynek jeléhez képest fogunk orientálódni. Az adóberendezés minő- ségéről a QSO adataiból győződhetünk meg. Ha egy átlagos kapcsolat ideje alatt, ami kb. 15 perc, az operátor hang- színe nem változik meg lényegesen, az- az gyakorlatilag max. 50 Hz-cel, akkor a VFO-nk jól működik. A konstruktőr által a C28 és a C29 helyén alkalmazott (orosz jelzéssel) M47 hőstabilitású kondenzátorokkal a hő instabilitás 200 Hz/óra volt, így további változtatásra nem volt szükség. Ha ez alatt az idő alatt nemcsak a hangszínen változott meg, de akár el is vezett az adóállomás jele, akkor szükséges a C28-as konden- zátort más hőfoktényezőjű példánnyal kicserélni. Minden egyes csere, for- rasztás után várni kell legalább egy fél órát, hogy a vevő minden egyes alkai- részére a saját normál működési hőmér- sékletére kerüljön.

A hangolás utolsó stádiuma a skála megrajzolása. Ha a skála mecha- nikus, akkor a 80 m-es sávban egy szignálge- nerátor segítségével (a skála fizikai mé- retei függvényében) 10, 20 vagy 50 kHz-entként megrajzoljuk a skálaosztá- sokat. Mivel a VFO-nk nem átkapcsol- ható és a KF 5,25 MHz, ezért a 80 m-re megrajzolt skála igaz lesz a 20 m eseté- ben is.

Az elektronikus skálát is meg kell rajzolni. A hangoló potencióméter, a helipotot középső helyzetbe állítjuk. Az R15-ös trimmer segítségével a mű- szer mutatóját a skála közepére állítjuk. A hangoló potit az ábra szerinti baloldali szélső állásba tekerjük és R16-tal a mű- szer mutatóját a skála végéhez állítjuk. Mivel ezek a műveletek egymásra hatá- sal vannak, ezért azokat még egyszer meg kell ismételni. Ezután lehet hozzá- kezdeni a skála berajzolásához. (A szerző ezt 50 kHz-es lépésekben tette meg.)

Ha nincs kéznél szignálgenerátor, úgy a vevőkészülék behangolásához egy saját készítésű, egyszerű kvarcge- nerátor is használható (7. ábra). Ez, a széles körben elterjedt 3,579 és 14,318 MHz-es kvarcokból készült. Ebben az esetben a skálát csak egy-egy pontban



elektronikai  
alkatrészek  
distribúciója

## Megújultunk

Ami mellettünk szól

- 250 beszállító a világ minden tájáról
- 50 közvetlen gyártói kapcsolat
- modern raktározás 1000m<sup>2</sup>-en
- fejlett logisztika
- automatizált csomagolás
- nemzetközi képviselő



**Miskolci irodánk új címe:**  
H-3527 Miskolc, József Attila út 74.

**Tel: +36 (46) 501 381-4, Fax: 501 389**  
**e-mail: info@soselectronic.hu**



Kérje a 2010-es angol nyelvű katalógu-  
sunkat a [marketing@soselectronic.hu](mailto:marketing@soselectronic.hu)  
címe küldött e-mailben.

**www.soselectronic.hu**

tudjuk beazonosítani. Állítsuk a hango- ló potenciómétert (helipotot) abba a helyzetbe, amelyben az M1 műszer ki- térése megfelel ennek a frekvenciának, az antenna csatlakozóra (laza csatolás- sal) rákötjük a kvarcgenerátorunkat és az L7 vasmagját mozgatva ráhangol-unk erre a jelre.

A vevő normális működése érdeké- ben (különösen a 80 m-es sávban) leg- alább 10...15 m-es külső antennát hasz- náljunk. Ha szárazelemről, akkumulá- torról tápláljuk a készüléket, úgy hasz- náljunk földelést vagy az antenna hosszához hasonló ellensúlyt.



NAGYSEBESSÉGŰ TÁVÍRÁSZ ORSZÁGOS BAJNOKSÁG  
2010. AUGUSZTUS 27-29. A SIÓFOKIAK 36 ARANY ÉS 26  
EZÜSTÉRMÉVEL MEGŐRÍZTEK BAJNOKI CÍMÜKET.



A 2010. évi Gyorstávírász Országos Bajnokság legeredményesebb csapata, a Siófoki Rádióklub, 36 arany és 36 ezüst érmével ismét nem talált legyőzőre. Nem először, és lelkes hozzáállásukat ismerve, valószínűleg nem utoljára gratulálunk!



A SIÓFOKI GYERMEK TÁVÍRÁSZ BAJNOKAINK  
ELBALLAGTAK ISKOLÁJUKTÓL 18 JÚNIUSABAN  
PATRIK DIÁNA VIVIEN

Elballagtak általános iskolájuktól a Siófoki Rádióklub Ifjú távírász bajnokai, a Reményi István Rádióamatőr Alapítvány többszörös díjazottjai: Tóth Patrik, Szabó Diána és Szabó Vivien



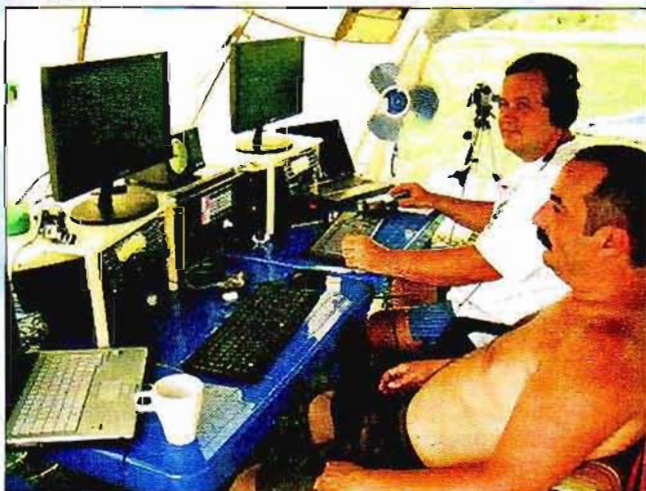
A HG5BP álfomás „örökös” operátora, HA5BWW Ede (jobbra), a csepeli BURABU-n átveszi különdíját HA5KU MRASZ BSZ elnöktől, középen HA5LC

## CQ de HA... CQ de HG... 2010

Lendvai Klára HA5BA,  
ha5ba@kispest.eu



2010-ben Pécs, legszebb mediterrán városunk, Európa Kulturális Fővárosa címet viselte. Ebből az alkalomból a Mecsek Rádió Klub (HA3MRK) impozáns diplomát adott ki



WRTC-2010: HA6PX Csaba és HA3OV Antl az R340 hívójelű versenyállomáson. Remek versenyzéssel a 45 csapat közül a 15. helyen végeztek. Gratulálunk!



Őrizzük meg a Földet zöld planetának! 2009-ben csatlakozott Magyarország a „World Flora and Fauna” programhoz, HA0HW Laci kezdeményezésével. 2010-ben az első diplomák is kiadásra kerültek. Tnx Laci és 73/44!





A friderichshafenl „HAM Radio”-n Európa is bemutatta készüléképítő tudományát. Nagy sikert aratott a Szlovákiából való OM3500A Intelligens RH-líneár és a nem kevésbé okos, német PT-8000A RH/URH adó-vevő

**TX3A**  
 Chesterfield Reef  
 CQ:30 ITU:56  
 IOTA: OC-176  
 Loc: QH90tc

George AA7JV & Tomi HA7RY



Az öreg kontinens legnagyobb rádióamatőr találkozó-kiállítás-vásárán hagyományosan a legifjabbak is pákához jutottak...

A francia fennhatóság alatt álló Chesterfield-zátony Ausztráliától kb. 1000 km-re keletre lévő, sekély homokpadokkal és kis homokzátonyokkal tarkított terület, félúton Ausztrália és Új-Kaledónia között. A 2009. évi TX3A rádiós expedíció nov. 3-tól nov. 30-ig tartott. A két operátor, HA7RY Tomi és AA7JV Gyuri a 28 nap alatt több, mint 36 000(!) összeköttetést naplózott. Az állomás Elecraft K3 tcvr-ből + SGC SG-500-as végfokokból és vertikális (irány)sugárzókból állt. Az operátorok a 2009-es év „DXPediciójáért” 2010-ben kaptak díszes trófeát, melyhez mi is gratulálunk!



**AGeta** a megoldásszállító...

**ALFANUMERIKUS ÉS GRAFIKUS KIJELZŐK**

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**

**HiFiMix**

▼ TERMÉKEK ▼ ALKATRÉSZEK

**www.hifimix.hu**  
 info@hifimix.hu

@ online műszaki áruház

# Katonai rádiók amatőrökben 9.

## Az R-140 adó végerősítő fokozata

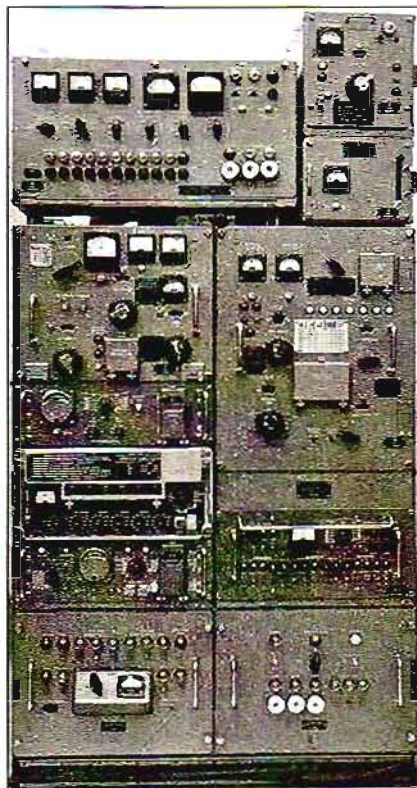
Mednyánszky László HA7VC

Sorozatunk következő részében az R-140 típusú adóberendezés (1. kép) kerül terítékre. A készülék a múlt század '60-as éveinek végétől jelentős szerepet töltött be, jelenleg már nem alkalmazták, feladatát korszerűbb készülékek vették át. Az adóberendezés fő részét képezte az azonos nevet viselő rádióállomásnak. Az adó technikai adatai, frekvenciatartománya, kimenőteljesítménye, modulációs módjai, valamint masszív kivitele lehetővé teszi a széleskörű rádióamatőr felhasználást is. Ennek köszönhetően napjainkban a múzeumok, haditechnikai kiállítóhelyek mellett több készülék van rádióamatőr használatban is.

Nem véletlen, hogy a korábban a honvédség alkalmazásában volt és jelenleg az amatőrök kezébe került berendezések közül az R-140 rádióadónak van a legnagyobb elérhető irrodalma. Ez a készülék mozgatta meg leginkább az amatőr fantáziát, mivel – elektroncsöves meghajtó és végerősítő fokozatának dacára – még ma is korszerűnek mondható. A végerősítő és az illesztő-szimmetrizáló fokozat rádióamatőr célú átalakításával több honlap is foglalkozik az interneten. Az egyik ilyen, fényképekkel gazdagon illusztrált átalakítást tanulmányozhatjuk FIFRV honlapján (<http://fifrv.free.fr>). Jelen cikkben nem foglalkozunk az átépítéssel, azonban a tapasztalt rádióamatőr az itt leírt ismeretek birtokában megtervezheti új készülékét, illetve biztonságosan üzemeltetheti a rádióállomást.

A robusztus felépítésű, nagy tömegű adóberendezés egységei fiókos elrendezésűek. A fiókok alumínium öntvény rekeszekbe illeszkednek. A fiókos egységek villamos összekötéséről a készülékkeret buzározása és nagyáramú csatlakozók gondoskodnak.

A klasszikus felépítés szerint az adókeret alján általában, mint jelen esetben is, a tápegység kap helyet. Ez lehet egyetlen nagyméretű és nagy tömegű, rendkívül masszív felépítésű egység, de általában a jobb energetikai kihasználtság, a könnyebb szervizelhetőség miatt két vagy több önálló egy-



1. kép

ségben elosztva építik be, a keretből kibújhatóan. Ennek megfelelően az adókeret aljában kapott helyet a VU-50 típusú tápegység. A bal alsó sarokban az AT-K, 13-1. sz. kisfeszültségű, mellette az AT-N, 13-2. sz. nagyfeszültségű modul.

A VU-50 fiókjai felett a VO-71 vezérszcillátor 4 egységét találjuk. Ezek sorrendben alulról felfelé a 13-1 felett: V-3, (-0M („egy-nulla em”), V-2. A V-3 fióktól jobbra, a 13-2 felett helyezkedik el a V-4, mint a vezérszcillátor tápegysége.

A V-2 felett találjuk az adó 6. sz. egységét, a meghajtó és végerősítő (teljesítményerősítő, TE) fokozatokat. Ettől jobbra van a 7. sz. illesztő-szimmetrizáló (ISZ) egység. Ezek felett, az adókeret tetején helyezték el a 18. sz. egységet, az erősrámú kapcsolótáblát (EKT). Az EKT mellett jobbra találjuk a 15. sz. rádiófrekvenciás kapcsoló egységet, felette pedig az 53. sz. tetőan-

tenna-illesztő (TAI) egységet. A V-4 és az ISZ között az R-140 adó névtáblája található az adókereten.

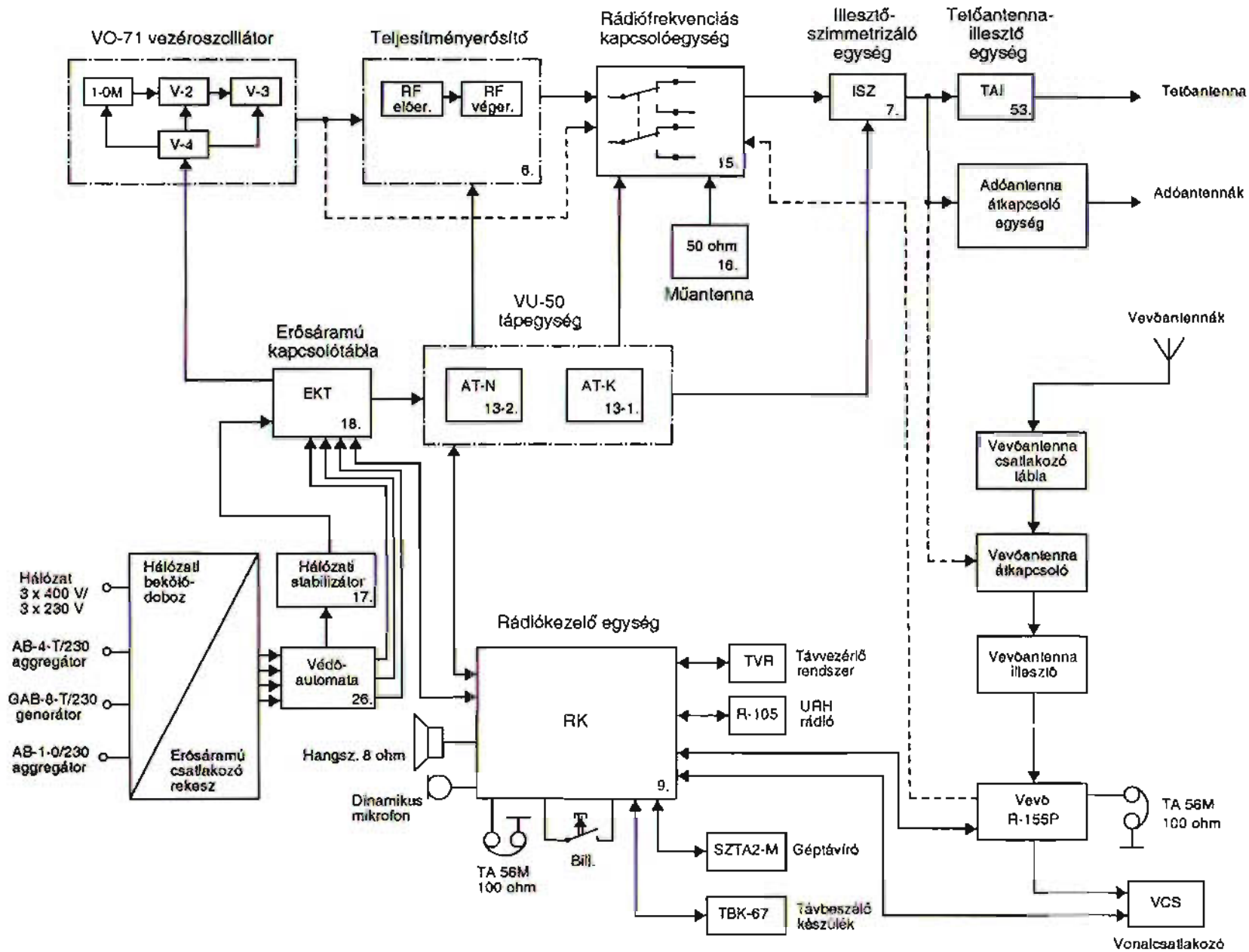
A fiókokat ún. „elveszítetetlen” csavarokkal rögzítették az adókerethez, és kézzel oldható kilincsműves ütőközövel védtek meg a kihúzás közbeni kizuhanástól. Az egységek a keretből kiemelhetők.

Az adó minden további átalakítás nélkül is alkalmazható rádióamatőr célokra. A VO-71 vezérszcillátor a dekadikus frekvenciaszintézis elvén 100 Hz-enként összesen 285 000 diszkrét frekvenciát állít elő az 1,5...29,9999 MHz-es frekvenciasávban. Az adó elektronikus, illetve motoros hangolási mechanikus memóriával rendelkezik, melynek segítségével 10 frekvencia előre beprogramozható. A hangolási adatok rögzítéséről az ún. mechanikus memóriablokk gondoskodik. A 6. sz. teljesítményerősítő, a 7. sz. illesztő-szimmetrizáló, és az 53. sz. tetőantenna illesztő egységen levő forgatógombok egyúttal a mechanikus memóriablokk kezelőszervei is. A bazai szakzsargonban az orosz eredetű után BMZ-nek nevezzük ezeket a gombokat. A vezérszcillátornak nincs folyamatos hangolási működési módja, ezért a rádióamatőr alkalmazás egy kicsit kényelmetlen. A frekvenciát az 1-0M egység dekadkapcsolóival, illetve programtűskéivel állítjuk be és a nixie-csőves kijelzőn ellenőrizzük.

A rádióállomáson az adóberendezés mellett több készüléket is találunk. Az R-155P típusú vevőkészülék képezi az állomás ún. fővevőjét, a korábban, a 2009-es RT Évkönyvben már részletesen ismertetett R-326 készülék pedig az ún. segédvevő. Az R-155P vezérszcillátoránál 1-0M egysége megegyezik az adóéval. Az üzemi frekvencia beállítása is ugyanaz. Ezeken felül találunk még géptáviró és a távvezérlést biztosító rádiórelé berendezést. Az állomás teljes vezérlése, a 9. sz. rádiókezelő egységről (RK) valósítható meg.

Az előre beprogramozott, lehangolt frekvenciák közötti váltás az adó esetében max. 30 s, a vevőnél 15 s alatt megy végbe az RK-n történő átkapcsol-





1. ábra. Az R-140 rádióállomás funkcionális vázlatja

1. táblázat. Az R-140 adó fontosabb adatai

Elsődleges jellemzők	
Frekvencia-tartomány [MHz]	1,5...29,9999
Diszkrét frekvenciák száma [db]	285 000
Diszkrét frekvenciák távolsága [Hz]	100
A teljesítményerősítő frekvenciakörzetei [MHz]	
I.	1,5...3,0
II.	3,0...5,0
III.	5,0...10,0
IV.	10,0...16,0
V.	16,0...30,0
Az illesztő-szimmetrizáló frekvenciakörzetei [MHz]	
I.	1,5...4,0
II.	4,0...7,5
III.	7,5...16,0
IV.	16,0...30,0
Kimenőteljesítmény 50 ohmon [W]	
A teljes frekvencia-tartományban	1000
A 14,8...15,9999 és a 28,8...29,9999 MHz-es tartományban	850
Frekvenciastabilitás Hz/°C/6 hónap	$\pm 2 \times 10^{-7}$
Áthallások [dB]	
Az alsó oldalsáv által okozott áthallás a felső oldalsávban	-50
A felső oldalsáv által okozott áthallás az alsó oldalsávban	-48
Teljesítményfelvétel [W]	
400 V-os háromfázisú hálózatról	3600
230 V-os háromfázisú aggregátorról	3600
230 V-os egyfázisú aggregátorról	1000
Méret és tömeg adatok [mm]/[kg]	
Teljesítményerősítő mérete/tömege	344×446×549 /32
Illesztő-szimmetrizáló mérete/tömege	544×446×549 /55
Nagyfeszültségű tápegység mérete/tömege	330×446×420 /60
Kisfeszültségű tápegység mérete/tömege	330×446×420 /33

lást követően. Egyébként az adó teljes lebangolása, kis gyakorlattal 2...4 perc alatt hajtható végre. A rádióamatőr gyakorlatban inkább a folyamatosan hangolható oszcillátor-megoldásokat részesítjük előnyben, illetve szeretjük az adó-vevő (transceiver) típusú készülékeket, ahol az adót és a vevőt egyetlen gombbal hangoljuk a frekvenciára. Ennek megfelelően az átalakítás során a teljesítményerősítő és az illesztő-szimmetrizáló fokozatokat egy külső meghajtó készülékről, adó-vevőről célszerű vezérelni. Az egységek az adókeztől függetlenül, a megfelelő tápfeszültségek biztosítása mellett önállóan is üzemképesse tehetők. *A kidobozolt készülék fokozottan balesetveszélyes, ezért nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy üzemeltetés során kötelező betartani az érintésvédelmi rendszabályokat!*

Az 1. táblázat adataiból kiderül, hogy az R-140 adó végfokát és antennaillesztő egységét a teljes rövidhullámú tartományban átalakítás nélkül használhatjuk. Aki olyan szerencsés, hogy a komplett adóberendezés birtokába jut, természetesen alkalmazhatja amatőr célokra, a VO-71 típusú vezéroszcillátor frekvenciastabilitása megfelelő, azonban csak dekadikusán, 100 Hz-enként hangolható.

Az adó kimenőteljesítménye 1 kW, kivételt képez ez alól a táblázatban levő szűk frekvenciatartomány, ahol a VO-71 meghajtó jele valamivel kisebb. Egyébként a meghajtó jel szintén dekadikusán változtatható. Ennek hatására a kimenőteljesítmény akár 50 W-ra is csökkenthető.

A rádióállomás valamennyi berendezésének üzemeltetéséhez 3 fázisú 400 V/50 Hz-es hálózati feszültség szükséges. Ez az országos háromfázisú hálózatról biztosítható. Az adó 3×230 V-ról is üzemeltethető, amely feszültséget vagy az országos hálózatról vagy a rádióállomás készletébe tartozó 4 kW-os AB-4-T/230 típusú háromfázisú aggregátorról biztosíthatunk. Az összes többi berendezés az egyfázisú AB-1-o/230 típusú 230 V-os névleges feszültségű, egyfázisú aggregátorról vagy hálózatról működtethető. Kicsit költséges ugyan (kb. 12 l benzin óránként), de szükség esetén a rádióállomás a ZIL-131 vagy a ZIL-157 gépkocsi orrában levő GAB-8T/230 típusú generátorról is üzemeltethető valamennyi berendezés. (A gépkocsiban és a különböző egységeken a régi feszültség- és jelzésrendszernek megfelelően minden-

bol 220/380 V-os felirattal találkozunk. Természetesen mindenhol meghibásodás nélkül alkalmazhatjuk a 230/400 V-os hálózati feszültséget.)

A táblázatban szerepelnek a számunkra legfontosabb egységek méret és tömeg adatai is. Ezek szerint, nem kis darabokról van szó. Ha lehetőségünk van ezeket elhelyezni, akkor a hosszú távú megbízható, stabil működés minden bizonnyal kárpótol minket a helyigény miatti kellemetlenségekért.

**Figyelem!** *A kapcsolási rajzok közül a 2., 5. és a 7. ábra, nagy terjedelme miatt, e helyt nem közölhető! Azok a www.radiovilag.hu honlapunkról, ezen évkönyvünk tartalomjegyzékénél letölthetők. Ezeket kinyomtatva és összeillesztve juthatunk az eredeti, teljes kapcsolási rajzokhoz. A cikk kapcsolási rajzain nem szerepelnek alkatrészértékek, azokat a mellékelt táblázatból lehet kikeresni. – A szerk.*

## Tömbvázlat szerinti működés

### Az adó működése

Az adóberendezés tömbvázlata természetesen hasonlít a már korábban tárgyalt típusokéhoz és az általános adó-készülékekhez is. Éppen ezért általános megállapításokat tehetünk a működéssel kapcsolatban. Mivel az adóberendezés a rádióállomás többi készülékével együtt üzemeltethető, azokkal funkcionális egységet alkot, ezért tömbvázlat szerinti működését is az üzemi környezetben, a funkcionális kapcsolatok alapján tanulmányozzuk (1. ábra).

Az adóképzés első fokozata a pontvonalal rajzolt VO-71 típusú változtatható frekvenciájú oszcillátor (VFO). Az egység feladata a rádiófrekvenciás rezgések előállítás és stabilan tartása valamennyi üzemmódban, valamint a meghajtófokozat számára szükséges, szabályozható amplitúdójú jel biztosítása. A vezéroszcillátor négy részből áll: 1-0M, V-2, V-3, V-4 egységek.

Az alapfrekvenciás rezgéskeltő (1-0M) egység előlapján 6 dekadkapcsolót találunk, amelyekkel az üzemi frekvenciát állíthatjuk be. Az első kapcsolóval a 10 MHz-es, a másodikkal az 1 MHz-es..., a hatodikkal a 100 Hz-es frekvenciadekadnak megfelelő értéket. A beállított érték a FREKV. LEOLVASÁS gomb megnyomásakor azonnal látható az előlapon levő Nixie-csőves kijelzőn. Az előlap felső harmadában, lehajtható fedél alatt programmezőket

## 2. táblázat. Az R-140 adó modulációs módjai

Jelölése		Vivőszint [%] /löklet [kHz]	Aktív oldalsáv /löklet [Hz]	Adásmód
Régi	Új			
A3J	J3E	3	Alsó vagy felső	Szimplex vagy duplex
A3A	R3E	10...25	Alsó vagy felső	Szimplex vagy duplex
A3H	H3E	70	Alsó vagy felső	Szimplex vagy duplex
A3BJ	B3E	3	Alsó és felső	Duplex
A3BA	Nincs megfelelő	10...25	Alsó és felső	Duplex
A9J	J8E	3	Alsó és felső	Szimplex vagy duplex
A9A	R8E	10...25	Alsó és felső	Szimplex vagy duplex
F3	F3E	Max. 5	-	Szimplex vagy duplex
A1	A1A	-	-	Szimplex vagy duplex
F1	F1A	-	125/250/500	Szimplex vagy duplex
F6	F7B	-	250	Duplex

találunk. A programmezők lehetővé teszik, hogy 10 üzemi frekvenciát előre beprogramozzunk a programtűskék segítségével. Az üzemi frekvenciák a tűskék pozíciójában soronként leolvashatók. (A Nixie-csővek nem egy frekvenciamérő kijelzői, hanem a dekádkapcsolókkal vagy programtűskékkel vezérelt mátrix értékét mutatják.)

A V-2 egység feladata a vezérosszillátor kimenőfeszültségének beállítása és stabilan tartása. Az előlapon a kimenőjel szabályozására szolgáló kezelőszerveket és programmezőket találunk.

A V-3 biztosítja a 2. táblázatban felsorolt modulációs módokat. Előlapján megtaláljuk a modulációs módok programozásához, a 3, 10...25, illetve 70%-os vivőszintnek, a 10 vagy 100%-os kimenőteljesítménynek megfelelő mezőket, valamint SSB módban a két oldalsáv, illetve az FM adásmód bemeneti mikrofonfeszültségének szabályzó gombjait.

Az állomás valamennyi funkciója, teljes rendszere távvezérelhető, ilyenkor az egység előlapján levő TÁV. VEZ. lámpa világít, felhívva a kezelők figyelmét, hogy helyben ne avatkozzanak be az üzembe. Az adókészülék többféle távbeszélő és távíró modulációs és adásmódban (szimplex/duplex) üzemképes. A rádióamatőr gyakorlatban azonban csak az adóengedélyben rögzítettek engedélyezettek! *A rádióállomáson történő forgalmazáskor feltétlenül tartsuk be a modulációs és adásmódokra vonatkozó, adóengedélyben rögzített előírásokat!*

A V-4 egység a VO-71 tápegysége. Közvetlenül az adó tetején levő 18-as egységtől, az erősáramú kapcsolótáblától (EKT) kapja a hálózati tápfeszültsé-

get. Az egység feladata az oszcillátor stabilizált tápfeszültséggel való ellátása, a termosztátok fűtésének biztosítása, a biztosítékok kiolvadásának kijelzése.

A meghajtó jel a VO-71 kimenetéről a teljesítményerősítő fokozat – 6. egység – bemenetére kerül. A fiók feladata a VFO-ból érkező alacsonyfeszültségű modulált jel felerősítése. A rádiófrekvenciás bemenőjel kétfokozatú erősítőn áthaladva éri el az üzemi teljesítményét. Az első fokozat két darab párhuzamosan kapcsolt 6E5P (6E5Π) tetródával, a második fokozat pedig egy darab GU43B (ГУ43Б) tetródával van felépítve.

A 6. sz. egység előlapján balra felül találjuk a frekvenciasáv átkapcsolót. A felette levő ablakban a körzetszám olvasható, mellette az 1. táblázatban látható körzetszám-frekvenciatartomány felosztást olvashatjuk. A kapcsolótól jobbra az anódárammérő műszer, alatta a túlterhelésjelző lámpa található. Ettől jobbra két műszert is láthatunk, az elsővel a végerősítő vezérlőrácsáramát vagy a meghajtó anódáramát mérhet-

jük, az alatta levő kapcsoló helyzetétől függően. A jobb szélső műszer a végerősítő segédáramát méri.

A frekvenciasáv átkapcsoló alatt két elefántfüllel takarva találjuk a meghajtó- és végerősítő csövek negatív rácselepfeszültségét beállító potméter-csonkokat. Jobbra ettől helyezkedik el a végerősítő programzárral ellátott hangoló gombja (BMZ). A BMZ a profilján átlós irányban levő krómozott fül oldásával, a kezelő felé történő nyitásával, szabadítható fel a beprogramozott, rögzített állapotából. Zárt állapotban ne tekeressük, mert az erőltetés mechanikai meghibásodáshoz vezethet. A forgató gomb felett skála segíti a beállítást. A megfelelő érték beállítása után vissza kell zárni a BMZ-t.

A BMZ két, egy nagyobb és egy kisebb, egymástól függetlenül elforgatható kezelőgombból áll. A külső gomb a hangolóelem kezelőszerve, a belső, a kisebb gomb pedig a mechanikai rögzítésre szolgál. Hangoláskor a nagyobb gombot forgatva, azzal együtt forog a kisebb is. A külső gombot lefogva önállóan forgathatjuk a kisebbiket. Ennek forgatásával a mechanikai rögzítés feszességét állítjuk be.

Ha túlságosan betekerjük a gombot, előfordulhat, hogy a túl nagy rugóerő ellenében nem tudjuk rögzíteni a hangolóelem állapotát az átlós kar gombra zárásával.

Ha túl laza a gomb, túlságosan kicsavartuk, akkor azért nem lehet rögzíteni, mert a kar lötyögni fog. Egyik szélső állapotban sem jön létre a behangolt állapot mechanikai rögzítése. Úgy állítsuk be a belső gombot, hogy a rögzítő kart közepes nyomással lehessen bezárni a rugóerő ellenében. (Ez természetesen a készüléken található valamennyi BMZ-re vonatkozik.)

Az előlap jobb szélén, a hordfűltől balra levő műszerrel az adó rádiófrekvenciás kimenőszintjét tudjuk indikálni.

## 3. táblázat. Antennák üzemi frekvenciákhoz

Szimmetrikus antennák		Aszimmetrikus antennák	
Antennatípusok	Üzemi frekvencia [MHz]	Antennatípusok	Üzemi frekvencia [MHz]
2×40 m-es dipól	1,5...5,0	2×40 m-es T	1,5...2,0
2×11 m-es dipól	5,0...16,0	2×11 m-es T	2,0...4,0
2×46 m-es V	10,0...30,0	10 m-es ostor (GP)	4,0...14,0
-	-	4 m-es ostor (GP)	14,0...30,0
-	-	AZI	2,0...12,0

Az előlap alján a bal sarokban találjuk a meghajtó fokozat hangoló gombját, felette a skálával. Ettől jobbra a teljesítményerősítő túlterhelését és a -27 V-os feszültség kimaradását jelző lámpákat láthatjuk. A 3 A-es biztosító a -27 V-os áramkört védi. A jelzőlámpák mellett a FREKV. SÁV ELŐVÁLASZTÁS feliratú fedél alatt beprogramozhatjuk a frekvenciasávokat a lenyíló fedélben levő táblázatnak megfelelően. Automatikus hangolású üzemben a programtüske beszurását követően a kapcsoló motorikusan vált át a frekvenciasávnak megfelelő helyzetbe. Kézi vezérlés esetén a FREKV. SÁVOK kapcsolóval állíthatjuk be ugyanezt, a kapcsoló melletti tábla szerint (1. táblázat).

A végerősítő fokozatot a programmezőtől jobbra levő ISZ CSATOLÁS gombbal csatoljuk az illesztő-szimmetrizáló egységhez. A hangoló gomb beállítását segíti a felette levő skála és a mellette levő táblázat.

A végfokban felerősített rádiófrekvenciás jel a 7. sz. illesztő-szimmetrizáló (ISZ) egység bementére kerül. A fokozat gondoskodik arról, hogy az alkalmazott antenna impedanciáját a végfok optimális terhelő ellenállásává alakítsa. A 7. sz. egység előlapján a bal felső sarokból jobbra, lefelé haladva találjuk az antennaáram- és az antenna-szimmetria-mérő műszereket, alattuk a megfelelő mérés határváltó kapcsolót. Jobbra a műszerektől a szimmetrikus, illetve aszimmetrikus antenna átkapcsolót, amelynek beállítását az alatta levő tábla segíti. A kapcsoló melletti programmezőben a rögzített frekvenciának megfelelő antennatípust programozhatjuk. Automatikus hangolású üzemben a programtüske beszurását követően a kapcsoló motorikusan vált át az antennának megfelelő helyzetbe. Kézi vezérlés esetén a SZIM.-ASZIM. kapcsolóval állíthatjuk be ugyanezt, a tábla szerint (3. táblázat).

A fenti kezelőszervek alatti sorban jelzőlámpákat, biztosítókat találunk; a -27 V-os áramkör biztosítóit és a kioldásukat jelző izzókat, alattuk a nagyfeszültség (végerősítő anódfeszültség) kikapcsolását jelző lámpát, valamint a különböző antennáknak megfelelő 7 db jelzőlámpát. Ezek az izzók az adóantenna-átkapcsoló egységből érkező visszajelzéseket indikálják, ti., hogy valóban a programmezőben kijelölt antenna kapcsolódott az ISZ kimenetére. (Az adóantenna-átkapcsoló szerkezet eredetileg a vezetőfülke felett helyez-

4. táblázat. Az R-140 adó antennái

Az illesztő-szimmetrizáló egység frekvenciakörzetei		Alkalmazható antennatípusok
Körzet-szám	Frekvencia [MHz]	
I.	1,5...4,0	2x40 m-es dipól
		2x40 m-es T
		2x11 m-es T
		AZI
II.	4,0...7,5	2x40 m-es dipól
		2x11 m-es dipól
		2x11 m-es T
		10 m-es ostor (GP)
		AZI
III.	7,5...16,0	2x46 m-es haladóhullámú V
		2x11 m-es dipól
		10 m-es ostor (GP)
		4 m-es ostor (GP)
IV.	16,0...30,0	2x46 m-es haladóhullámú V
		4 m-es ostor (GP)

kedik el a kocsiszekrényen kívül. A rádióamatőr alkalmazás ezen egység nélkül is elképzelhető, az antenna közvetlen csatlakoztatásával. Ebben az esetben az izzók természetesen nem kapnak feszültséget.)

A lámpasáv alatt balra, egymás alatt találjuk az antenna csatolás és hangolás finomszabályzó gombjait, a megfelelő skálákkal. Az előlap közepén az antennacsatolás durvaszabályzó programmezőt láthatjuk. A programtüskeket az ISZ frekvenciakörzeteinek és az alkalmazott antennatípusoknak (4. táblázat) megfelelően kell dugaszolni. Az antennacsatolás durva beállítása igen fontos lépés hangoláskor, ezért ezt a műveletet szintén táblázat segíti (5. táblázat). A tetőantenna alkalmazása esetén megváltoznak a beállítások, ezért erre az esetre más kapcsoló és forgatógomb állások tartoznak (6. táblázat).

A programtüske beszurásakor a FREKV. SÁVOK és a DURVA CSATOLÁS feliratú forgatógombok automatikusan beállnak. Kézi vezérlés esetén a durva csatolás beállítását segíti a forgatógombtól balra levő motorvezérlő kulcs és nyomógomb. A kulcs elfordításával és a gomb megnyomásával

motoros forgatómechanizmus segítségével állítható be a durva csatolás értéke.

Amennyiben az adót az eredeti kocsiszekrény tetején levő zenitsugárzó (AZI) antennával kívánjuk üzemeltetni, akkor az ISZ ANTENNA ELŐVÁLASZTÁS programmezőjében az AZI pozíciót kell választani. Ekkor az adóantenna-átkapcsoló lekapsolja az összes többi antennát az adóról (beáll egy szigetelt helyzetbe) és bekapcsolódik az 53. sz. tetőantenna illesztő (TAI) egység. Ezt az egységen levő TA ADÁS jelzőlámpa kigyulladás jelzi. AZI antenna alkalmazása esetén a tetőantenna illesztő egység biztosítja az adásvétel-átkapcsolást, illetve az ISZ-szel együtt az antenna illesztését a teljesítményerősítőhöz. Vételkor a TAI lekapszolódik az ISZ-ről és csak az AZI és a vevőbemenet között hoz létre csatolást.

Az 53. sz. TAI egység előlapján a bal felső sarokban a tetőantenna-áram-mérő műszert találjuk. Ettől jobbra a fogantyú mellett a durva hangoló motoros mechanika kezelőszerveit láthatjuk. Ezek működése hasonló az ISZ-nél megismertekkel. A motorvezérlő kulcsos kapcsolóval és nyomógombbal az egység közepén található TA HANGOLÁS FINOM feliratú BMZ-t tudjuk forgatni. A hangológomb természetesen kézzel is forgatható. Erre finomhangoláskor lehet szükség. A motorvezérlő kezelőszervek feletti kapcsolót automatikus vagy kézi vezérlés esetén kell a megfelelő helyzetbe állítani. A kapcsolót lecsavarható műanyagbura védi a véletlen átkapcsolás ellen.

A műszer alatti lámpák értelemszerűen az üzemnek megfelelő állapotban világítanak. A TAI egység túlterhelés elleni védelemmel rendelkezik. Az áramkört ki is lehet kapcsolni az előlap bal alsó sarkában levő műanyagburával védett kapcsolóval. Bekapcsolt állapotban túlterhelés esetén az automatika lekapsolja a teljesítményerősítőtől a nagyfeszültséget és kigyullad a TA TÚLTERH. jelzőlámpa. Nem célszerű kikapcsolni az automatikát, mert ez több fokozat meghibásodását okozhatja! Az előlapon találjuk még az automatikát működtető -27 V-os feszültség biztosítóját és a kioldását jelző izzót.

A TE és az ISZ egység között találjuk a 15. sz. ún. rádiófrekvenciás kapcsoló egységet. Az eredeti elnevezés - adóhangoló egység - nem túl szeren-

5. táblázat. Antennahangolási tábla

Üzemi frekvencia [MHz]	Kapcsoló és forgatógomb pozíciók			Frekvenciasáv
	Antennacsatolás durva	Antennacsatolás finom	Finomhangolás	
<b>2x40 m-es T antenna</b>				
1,5	5	130	18,5	I
1,5	3	160	20,1	I
1,8	2	45	20,9	I
2,0	1	65	20,9	I
<b>2x11 m-es T antenna</b>				
2,0	1	140	9,5	I
2,3	2	65	8,5	I
2,4	3	175	5,8	I
2,5	5	145	5,3	I
2,7	6	170	5,1	I
2,8	5	80	5,6	I
3,0	3	180	6,2	I
3,4	2	80	6,3	I
4,0	1	75	6,0	I
<b>10 m-es botantenna</b>				
4,0	0	5	7,6	II
5,0	0	10	5,4	II
6,0	1	45	2,1	II
<b>2x40 m-es dipól antenna</b>				
1,5	11	190	10,5	I
1,5	0	165	1,1	I
1,6	4	65	15,0	I
1,7	2	80	11,5	I
1,8	1	125	18,5	I
2,0	0	145	18,7	I
2,5	0	45	14,5	I
3,0	0	35	10,0	I
3,5	0	80	5,5	I
3,7	1	45	3,8	I
3,8	2	25	3,0	I
3,9	4	150	2,1	I
4,0	7	175	1,9	I
7,0	1	150	1,6	II
7,5	1	65	1,7	II
7,5	0	65	6,0	III
9,0	0	30	3,5	III
10,0	0	170	6,0	III
12,0	0	55	4,5	III
14,0	0	45	3,3	III

csés, ugyanis a fióknak csupán anyki köze van az adóhangoláshoz, hogy lehetővé teszi az adó végerősítő műantennára való átkapcsolását, illetve helyet ad egy hangolásiindikátor műszernek, amely az adó kisugárzás nélküli

Üzemi frekvencia [MHz]	Kapcsoló és forgatógomb pozíciók			Frekvenciasáv
	Antennacsatolás durva	Antennacsatolás finom	Finomhangolás	
<b>4 m-es botantenna</b>				
14,0	0	25	2,0	III
15,0	1	20	1,1	III
16,0	3	45	0,6	III
16,0	0	30	3,8	IV
17,0	0	75	5,1	IV
19,0	1	25	4,5	IV
22,0	2	20	3,5	IV
24,0	3	20	2,8	IV
26,0	5	45	2,1	IV
28,0	2	50	2,3	IV
29,9	2	20	2,3	IV
<b>2x11 m-es dipól antenna</b>				
4,0	4	180	2,6	II
4,2	2	50	4,6	II
4,4	1	45	5,8	II
5,0	0	50	6,5	II
5,0	0	45	7,5	II
6,0	0	40	4,8	II
7,0	0	80	2,3	II
7,5	1	45	1,0	II
7,5	0	160	7,8	III
8,0	1	55	6,0	III
9,0	0	30	3,7	III
10,0	1	50	2,1	III
12,0	2	40	1,7	III
<b>2x46 m-es V antenna</b>				
10,0	1	15	3,6	III
12,0	3	45	2,8	III
13,0	0	50	3,6	III
14,0	0	85	2,9	III
15,0	4	40	1,6	III
16,0	0	30	3,5	III
16,0	3	10	1,0	III
16,0	2	30	4,2	IV
19,0	4	35	3,3	IV
23,0	4	40	3,0	IV
25,0	5	40	2,3	IV
27,0	5	30	2,0	IV
29,9	5	10	1,7	IV

lehangolásakor játszik szerepet, de erről majd később.

A rádiófrekvenciás jel az ISZ-ből az adóantenna-átkapcsolóra, illetve a tetőantenna illesztőre kerül. Az előbbi egy hatállású nagyfrekvenciás kapcsoló,

amelyet motor vezérel. A kapcsoló pozíciója kézzel is megváltoztatható, az egység alsó részén lévő, fedéllel lefarkart furatba illesztett, direkt erre a célra készletezett hajtókkal. Az antennák páros tápvonalait a kapcsolóegység porcelánszigetelésű csatlakozóihoz kell erősíteni. A tápvonalak végétől mintegy 200 mm-re rugós karabinert találunk, ezt beakasztva a szigetelőharang rögzítőszerevényén kialakított furatba, tehermentesíthetjük az antennakábel csatlakozási pontját az antenna tömege által kifejtett húzóerő káros hatásaitól.

Mint már említettem, a rádiófrekvenciás kapcsoló egységben lévő átkapcsolóval tudjuk meghatározni, hogy a teljesítményerősítőben felerősített jel műantennára vagy az ISZ-en (TAI-n) keresztül kisugárzásra kerüljön. Az 50 ohmos műantenna az adókeret mögött található a kocsiszekrényhez rögzített konzolon. Amikor kisugárzás nélkül hangoljuk le az adót, ún. rejtetten készítjük elő üzemhez, akkor mindig az ún. hídmódszeres hangolást (lásd később) alkalmazzuk és műantennára hangoljuk a teljesítményerősítő fokozatot.

6. táblázat. Tetőantenna-hangolási tábla

Üzemi frekvencia [MHz]	Kapcsoló és forgatógomb pozíciók				Frekvenciasáv
	Antennacsatolás TA	Antennacsatolás durva	Antennacsatolás finom	Finomhangolás	
<b>AZI tetőantenna</b>					
2,0	15	7	180	16,0	I
2,1	14	7	25	14,5	I
2,2	13	6	150	14,0	I
2,4	12	4	45	15,5	I
2,6	10	5	55	11,5	I
2,8	9	4	130	11,0	I
3,0	8	4	50	10,0	I
3,6	7	1	170	10,0	I
3,8	6	2	45	8,0	I
4,0	5	2	160	6,5	I
4,0	5	2	35	10,0	II
4,5	3	3	35	6,0	II
5,0	2	2	150	5,5	II
7,5	0	0	50	5,6	II
7,5	2	0	150	13,0	III
8,0	0	0	140	11,5	III
10,0	0	0	40	9,0	III
12,0	0	1	30	6,5	III

## A vevő működése

Jelen cikkben részletesen nem foglalkozhatunk a rádióállomás készletébe tartozó vevőkészülékekkel. Az állomás fővevője a robusztus felépítésű, fiókos elrendezésű, elfogadható villamos paraméterekkel rendelkező R-155P típusú vevőkészülék. A már korábban említett és a 2009-es RT évkönyvben részletesen is ismertetett R-326 képezi az állomás segédvevőjét.

A rádióállomás készletébe tartozó vevőantennának 50 ohmos koaxiális kábellel csatlakoznak a kocsiszekrény jobb hátsó részén, kívül levő vevőantenna csatlakozó táblához és azon keresztül a vevőantenna átkapcsolóhoz. A bot-, dipól-, vagy V-antennák szintén programozhatók a 10 előre beprogramozott vételi frekvenciához, illetve kézzel is kapcsolhatók. A zenitsugárzó csak kézi vezérléssel kapcsolható a vevő bemenetére. Az egységen választhatjuk ki azt is, hogy melyik vevő bemenetére csatlakozzon az antenna.

A bemenő jel a vevőantenna-átkapcsolóról az 52. sz. vevőantenna-illesztőre kerül. Az egységgel megvalósul a vevőantenna és a vevőkészülék bemenő impedanciájának megfelelő illesztése. Szintén lehetőség van a programozásra, illetve a kézi beállításra.

A vett rádiófrekvenciás jel a vevőantenna-illesztőből az R-155P vevő 2-1M egységének bemenetére kerül. Ez az egység tulajdonképpen egy kétszertranszponált vevőkészülék. Ebben az egységben megtörténik a bemenő jel erősítése, keverése, az I. középfrekvenciás jel kialakítása, majd újbóli keverése, a II. KF kialakítása, erősítése, továbbküldése felhasználásra, valamint a távirójelek demodulálása. Az A1A távirójelek közvetlen az egység előlapjába dugott fejhallgatóban vehetők. Az egység táviró-oszcillátort is tartalmaz.

A vevőkészülék vezérosszcillátora – az adóéhoz hasonlóan – az 1-0M fokozat. Innen érkezik a keverőjel a 2-1M egység első keverőjének bemenetére. A távbeszélő jelek demodulálását a 4-0M egység végzi. A frekvenciamanipulált egy- és kétcsatornás távirójelek helyreállítását, valamint a géptáviró berendezés vezérlését az 5-0M és a 9-0M fiókok végzik.

A vevőkeret tetején kapott helyet a 3-0M egység, a vevőkészülék tápegysége. Feladata a vevő áramköreinek tápfeszültséggel való ellátása. A 3-0M és az 1-0M között a kereten találjuk a vevő hálózati bekapcsolóját, a vezérlé-

si mód kapcsolókat, valamint a 10 előre programozható vételi frekvencia nyomógombjait.

## A rádiókezelő egység (RK)

A rádióállomás vezérlése, működtetése a 9. sz. rádiókezelő egységről valósítható meg. Az egység szerkezetiileg 3 részből áll; a legfelső fiók a 9-1. sz. tápegység, alatta a 9. sz., a tulajdonképpeni kezelőegység, alatta pedig a 9-2. sz. távvezérlő vevő. (Jelen cikk keretei között nem foglalkozom a rádióállomás távvezérlő rendszeréhez tartozó berendezésekkel; a távvezérlő vevővel, az R-405PT-1 sz. típusú rádiórelé felkészítéssel, a távvezérlő adóval, valamint a hordozható távvezérlő egységgel.)

A kezelőegység VEZÉRLÉS felirattal jelölt kezelősávján találhatóak az adót és a vevőt működtető kezelőszervek; a kézi vagy automatikus üzem átkapcsolója, a rögzített frekvenciák fokozatkapcsolói, az adó nagyfeszültség kapcsolója, valamint az üzem-hangolás átkapcsoló.

Az RK ELLENŐRZÉS sávján mérőműszert találunk, valamint a különböző áramkörök ellenőrzésére szolgáló kapcsolókat, forgatógombokat. A CSATORNÁK sávon az egy- és kétcsatornás táviró és távbeszélő adásmódokhoz rendelt kezelőszervek vannak elhelyezve.

A táviró és távbeszélő adásmódok megvalósításához a vezérlővonalakat a megfelelő áramkörök bemeneteihez kell kötni. Erre a célra szolgálnak az RK-n levő táviró és távbeszélő – TI és TB – hüvelymezők.

## Az erősáramú táplálási rendszer

Mivel nem egy szokványos, „konnektorba bedugom és kész” berendezésről van szó, ezért célszerűnek látom néhány szóban foglalkozni a tápfeszültség-ellátással is. Természetesen nem a teljesség igényével, hiszen a téma tárgyalása önmagában is túlnyúlna a rendelkezésre álló terjedelmen.

Korábban már említettem, hogy a rádióállomás többféle módon üzemeltethető. Bármely módszerre nyílik is lehetőségünk, soha ne kerüljük meg a biztonságunkat szolgáló berendezéseket; a hálózati bekötődobozt, az erősáramú csatlakozó rekeszt, valamint a védő automatát.

A hálózati feszültség a kocsiszekrényen kívül alkalmazott hálózati bekötődobozhoz csatlakozik a 6 m-es, NDK-fejes (esetleg HTV csatlakozós) háromfázisú kábellel. A doboztól 25

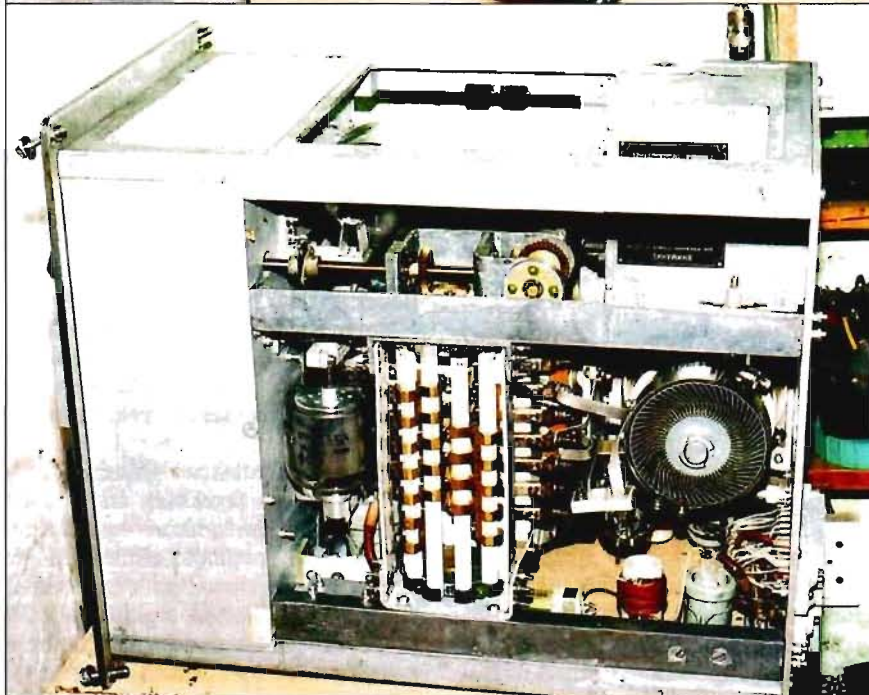
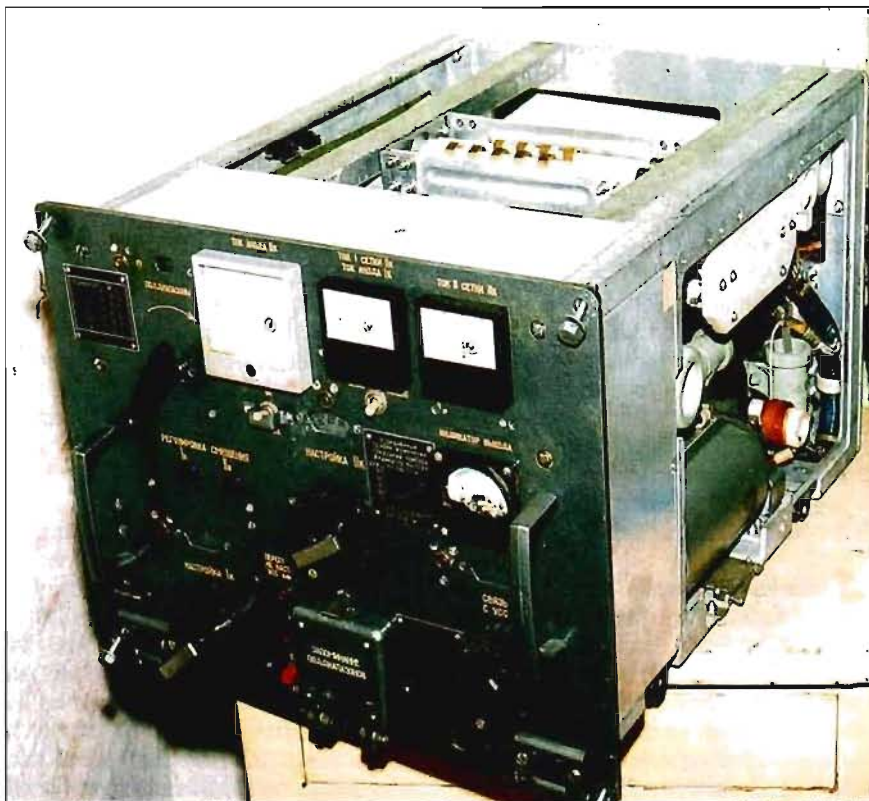
m-es, szintén NDK-fejjel szerelt kábellel csatlakozunk az erősáramú csatlakozó rekeszhez, amely a kocsiszekrény bal oldalán beépítve, zárható fedél alatt található. A dobozban 3 db 20 A-es diazed biztosító van a három fázisnak megfelelően. A bekötődobozon levő kapcsolókkal a hálózati feszültséget tudjuk ki-/bekapcsolni, valamint a fázisrendet lehet megváltoztatni.

Az erősáramú csatlakozó rekeszen nem csak a hálózati csatlakozó hüvelyt találjuk, hanem az életvédelmi rendszer 25 m-es, a kábelre szerelt csatlakozótól 6 m hosszban szigetelt segéd föld kábelét is ide kell csatlakoztatni. A rekesz 230 V-os aljzatába külső fogyasztót is köthetünk.

A csatlakozó rekeszből az állomás belső kábelrendszerén érkezik a hálózati feszültség a 26. sz. védő automatára. Az egység feladata a túlterhelés, valamint a rövidzár elleni védelem. Helyes működés esetén a berendezés lekapcsolja a hálózati tápfeszültséget, ha a kocsiszekrény és a segéd föld szonda közötti feszültség 24 V-nál magasabb. Az életvédelmi berendezés csak abban az esetben tudja végrehajtani ezt a feladatot, ha megbízható és szabályos földelési rendszert telepítünk. Mivel ez a rádióállomás üzemeltetésének legfontosabb életvédelmi követelménye, álljon itt néhány szó a földelésekről is.

A rádióállomás földelését a kocsiszekrény jobb és bal oldalán, a hátsó kekretek középvonalában, azoktól egy lépésre – mintegy 70 cm-re – levert egyenként 120 cm-es cső formájú, ún. föföldelő cövekkel valósítjuk meg. Olyan mélyre kell venni a csöcöveket, hogy az 1,5 m-es földkábel rögzítésére szolgáló szárnyas anya a talaj szintje felett 10...15 cm távolságra legyen. A cövek leverésénél vigyázni kell, hogy félreütéskor a szorítóanya meg ne sérüljön, le ne törjön. A sérülést legegyszerűbben úgy előzhetjük meg, ha a csavar az ütés irányával ellentétes oldalon van. A földelő vezeték mindkét végén nyitott saru van. Az egyik végét a cövekhez, másikat a kocsiszekrény alsó, kiugró peremén levő szárnyas anyához rögzítjük.

A 25 m-es segéd földelő kábellel már volt szó. Fontos, hogy a segéd föld szonda ugyanolyan méretű és ugyanúgy kell levennie, mint a föföldelő szondákat. A segéd földet a kocsiszekrény bal oldalára, attól 33 lépésre a kocsiszekrény végével egyvonalban kell levennie, úgy hogy a telepített segéd föld vezeték a kocsiszekrény síkjával hegyesszöget bezárva fekszen a földön. Az erősáramú csatlako-



2. kép. R-140 adó végfok

zó rekesz ÉV SEGÉDFÖLD hárompólusú aljzatához csatlakoztatjuk a segédföld vezeték dugóval ellátott és szigetelt végét. A másik végét a segédföld szondához csatlakoztattuk. (A földelő vezetékeket minden esetben először a földelő szondához kell csatlakoztatni és utána a fogyasztóhoz.)

A háromérintkezős segédföld dugónak kettős feladata van. Egyrészt csatlakoztatja a segédföld kábelt az alsó érintkezőjén át, másrészt a felső két, egymáshoz képest vízszintes levő csatlakozójával rövidzárat képez a bejövő hálózati feszültség R fázisa számára. Tehát a dugó bedugása nélkül a

rádióállomás nem helyezhető feszültség alá.

Ez első pillanatban nagyon agyas érintésvédelmi megoldásnak tűnhet, azonban magában hordozza az áramütés veszélyét is. A dugóban levő rövidzár ugyanis szigeteletlen vezetékkel van kialakítva, és a segédföldelő kábel felett, azzal egyenlő oldalú háromszöget alkotva helyezkedik el. A segédföld kábel csatlakozó felőli vége ezért szigetelt. Az eredeti szovjet és a korai hazai gyártmányú állomásoknál a kábel csak mintegy 1,5 m hosszon volt szigetelve. A szigetelés sérülésekor a rövidzár és a segédföld kábel között zárlat keletkezhet, amely áramütést okozhat. Ezért *sérült szigetelésű segédföld kábellel szigorúan tilos üzemeltetni a rádióállomást!*

A hálózati feszültség az életvédelmi berendezésről a 17. sz. hálózati feszültségstabilizátorra kerül. Az egység a géptávírási asztala alatt helyezkedik el, és 10...20%-os bemenőfeszültség-ingadozás esetén biztosítja a kimenőfeszültség max.  $\pm 5\%$ -os névleges értéktől való eltéréseit. A stabilizátor teljesítménye 4,5 kW, hatásfoka 97%.

A stabilizált hálózati feszültség az erősáramú kapcsolótáblára (EKT) kerül. Itt történik meg a bejövő hálózati feszültség elosztása a rádióállomás berendezései között. Ezen kívül a különböző áramkörök túlterhelés és rövidzárlat elleni védelme is megvalósul az egység áramköreiben. A készülék biztosítja a fázissorrend helyességének ellenőrzését, az akkumulátorok töltését, a kocsiszekrény világítását, az adó hűtőventilátorainak üzemeltetését, a külső fogyasztók tápfeszültség-ellátását.

Az adót tápfeszültséggel ellátó VU-50 tápegység is az EKT-ről kapja a primer tápfeszültséget. A VU-50 tápegységet két részre osztották; az adókeret jobb alsó sarkában levő 13-2 sz. AT-N, nagyfeszültségű és a bal sarokban levő 13-1 sz. AT-K kisfeszültségű fiókra. A nagyfeszültségű egység háromfázisú feszültséget kap az EKT-től. A blokk feladata a teljesítményerősítő számára szükséges 3000/1500 V-os anódfeszültség előállítása. Az egység előlapján hálózati kapcsolót, biztosítékokat és a túlterhelés elleni védelem áramköreinek jelzőlámpáit találjuk. A HANGOLÁS-ÜZEM valamint a NAGYFESZ-KI/BE kapcsoló az RK-n található hasonló feliratú kapcsolóval egyenértékű, azzal alternatívan kapcsolva működik.

A fentitől balra találjuk a kisfeszültségű tápegységet, amely szintén az

EKT-tól kapja a 230 V-os bemenőfeszültséget. Ez az egység állítja elő az adó számára szükséges egyéb nyers tápfeszültségeket, mint pl. a fűtőfeszültséget, a meghajtó cső anódfeszültségét, vezérlő- és előfeszültségeket. Az előlapon levő műszerrel az előállított feszültségek ellenőrzése lehetséges. A rádióállomás működése szempontjából kiemelten fontos a  $-27$  V-os védő áramkört vezérlő feszültség megléte, amelyet jelzőlámpa is jelez. Ennek hiányában ugyanis az adóberendezés működésképtelenné válik.

Az automatika gondoskodik arról is, hogy csak az elektroncsövek teljes felűtése – kb. 3 perc – után lehessen felkapcsolni az anódfeszültséget. A végerősítő fokozatban nagyteljesítményű üvegburás elektroncsövet alkalmaznak, amely forszírozott léghűtést igényel. A léghűtésről nagyteljesítményű ventilátor gondoskodik. Ennek meghibásodása esetén vagy a meghatározottnál kevesebb légmennyiség áthaladásakor, illetve félrehangolásból adódó indokolatlanul nagy áramok esetén szintén működésbe lép az automatika és megakadályozza a teljesítményerősítő meghibásodását.

Az automatika bizonyos funkciói kikapcsolhatók, de a stabil működés és a méregdrága végső védelme érdekében soha ne kapcsoljuk ki! Ha üzem közben szűnik meg a forszírozott léghűtés, a végső azonnal túlmelegszik és az üvegbura elcsattan.

Az átáramló légmennyiség „mérését” és az ezen alapuló automatikát nagyon szellemesen és roppant egyszerűen oldották meg. A hűtőlég útjába egy megfelelő tömegű zsiliplamellát helyeztek, amely nyugalmi állapotban a saját tömege okán függőlegesen lóg és zárja a légnylást. A levegő benyomulásakor a lamella – a felső élén levő tengely mentén elfordulva – vízszinteshez közeli helyzetet vesz fel és megnyomja az adókerethez rögzített mikrokapcsoló gombját, amely zárja az automatika áramkörét. A szélenergia csökkenésekor azonnal megszakad az áramkör és a végsőről lekapcsolódik az anód- és fűtőfeszültség. Rádióamatőr alkalmazáskor ne felejtsük meg erről az áramkörrel és okvetlen óvjuk meg végsővünkét a meghibásodástól!

## A teljesítményerősítő egység

A 2. kép fotóin látható teljesítményerősítő működését a 2. ábrán követhetjük nyomon. Az egység két fokozatból áll

és az a feladata, hogy az oszcillátorból kapott rádiófrekvenciás jelet az üzemi teljesítményűre erősítse valamennyi modulációs módban, a teljes frekvenciatartományban. Az első, feszültség-erősítő fokozat a vezérosszcillátor kimenetéről kapott jel feszültségét erősíti fel akkorára, hogy az elegendő legyen a második, végerősítő fokozat meghajtásához. A végerősítő fokozat az illesztő-szimmetrizáló egységen keresztül kapcsolódik az antennára, mint üzemi terhelésre és biztosítja a bemenő jel megfelelő szintű erősítését. A teljesítményerősítő az 1. táblázatban látható 5 körzetben fogja át a teljes rövidhullámú frekvenciatartományt.

### A meghajtó fokozat

A közös katódú lineáris feszültség-erősítőként működő meghajtó fokozatban a V1 és V2, két párhuzamosan kapcsolt 6E5P (6Є5Π) típusú tetróda dolgozik „A” osztályú beállításban. A VO-71 vezérosszcillátor kimenetéről 0,8...1,2 V-os rádiófrekvenciás jel érkezik a 6GK1, GK1 csatlakozókon valamint az R23, C1 elemeken át az elektroncsövek párhuzamosan kapcsolt vezérlőrácsára. Az R23, R1 ellenállások – az elektroncsövek bemeneti impedanciáját kiegészítve – a vezérosszcillátor kimenő terhelését képezik. Az R23-nak ezen felül gerjedésgátló feladata is van.

Az L1 variométer és a rezonanciafrekvenciát meghatározó kondenzátorok alkotta rezgőkör képezi a fokozat anódköri terhelését. A frekvenciatartományt átkapcsolásáról a W1, PEM-4 elektromechanikus sávváltó kapcsoló gondoskodik. A variométert az I. FOK. HANGOLÁS feliratú BMZ-vel hangoljuk. A W1 az L1 variométer tekercseinek kivezetéseit, valamint a C7...C12 és a C14...C16 kondenzátorokat kapcsolja a frekvenciasávnak megfelelően.

Az I. körzetben – az ábrának megfelelően – a variométer tekercsei sorba kapcsolódnak a W1 2. és 3., valamint a 4. és 5. kontaktusán keresztül. A felerősített jelet a párhuzamosan kapcsolt C7, C8 kondenzátorról vezetjük tovább a W1 7., 8. kontaktusán és a C19-en keresztül. A további körzetek áramköreit a fenti rajzrészlet alatti magyarázóábrákról olvashatjuk le. A II. körzetben a W1 2., 3. valamint a 4., 5. kontaktusa szintén sorba kapcsolja az L1 tekercseit valamint a C6, C9 kondenzátorokat. A W1 6. és a 8. kontaktusa szintén záródik, így a felerősített jelet a C13, C15,

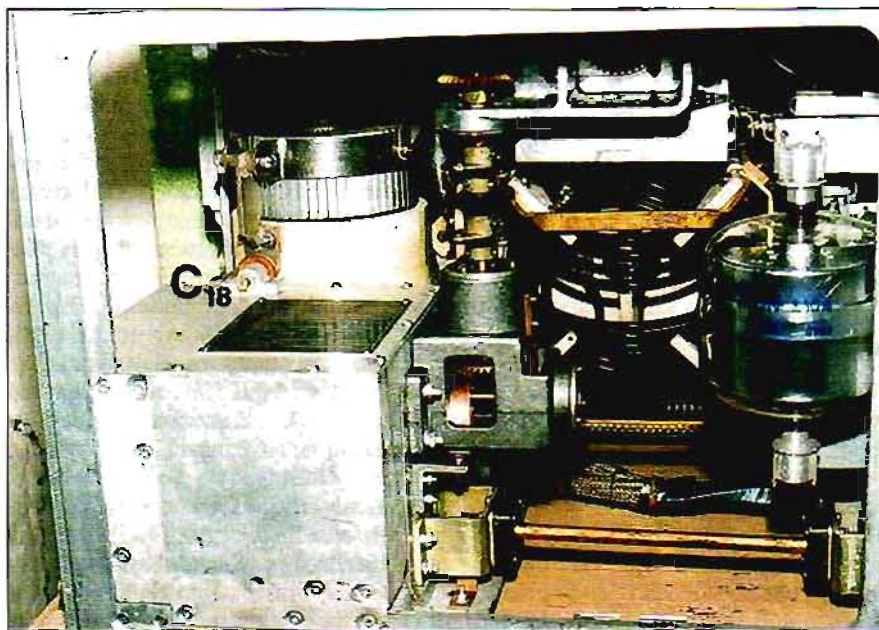
R10 komplexumról vezetjük tovább. A III. körzetben szintén sorba kapcsolódnak a variométer tekercsei, a C6-tal a C10 kapcsolódik sorba. A kimenő jelet a soros C13, R11-ről vezetjük tovább. A IV. körzetben a variométer két tekercse sorba, a harmadik ezekkel párhuzamosan kapcsolódik. A C6-tal a C11 kapcsolódik sorba. A felerősített jelet a C13, C16, R13 komplexumról vezetjük tovább. Az V. körzetben a variométer mindhárom tekercse párhuzamosan kapcsolódik. A C6-tal a C12 kapcsolódik sorba. A kimenő jelet a C13 és a szerelési kapacitások alkotta osztóról vezetjük tovább. Az R10, R11 és az R13 ellenállás a frekvenciatartományban belüli erősítés egyenlenségeit hivatottak csökkenteni. Gyakorlatilag rontják a kimenő rezgőkör jóságát.

A meghajtó erősítő tápfeszültsége a VU-50 tápegységtől érkezik a 6-Sz1 és KP1 csatlakozókon keresztül. A 6-Sz1 a kihúzható egység vázán, hátul van felszerelve és acél helyezőcsapok biztosítják pozícióját, amikor a fiókot visszacsúsztatjuk az adókeretbe. A KP1 pedig belső, állandó csatlakozó. Mivel oldható, elősegíti a szervizmunkát. A 225 V-os anódfeszültség a 6-Sz1 16-os érintkezőjéről az első fokozat anódamát mérő W2 műszer R14 söntellenállásán keresztül jut a KP1 csatlakozó B1 érintkezőjére. Innen a DL1 fojtón és az R12 ellenálláson át az L1 variométer tekercsein, valamint a W1 kontaktusain keresztül érkezik a meghajtócsövek anódjára. Az áramkörben levő DL1 fojtó és C17 kondenzátor megakadályozza, hogy a rádiófrekvenciás jel bejusson a tápegységbe és azon keresztül az adó többi egységébe, ahol gerjedéseket, vadregzéseket okozhatna.

A 6-Sz1 csatlakozó 4-es érintkezőjén  $-100$  V-os feszültség érkezik. Ez mindkét fokozat rácselőfeszültségét biztosítja. A meghajtó előfeszültségét az R9, R8, R5 ellenállások és az előlapon csavarhúzóval állítható R6 potméter alkotta osztón állítjuk be a szükséges  $-2...-3$  V-ra. A feszültség a KP1 csatlakozó A3 érintkezőjén, a C2 átvezető kondenzátoron és az R2 ellenálláson át jut a meghajtócsövek G1 elektródáira. A kondenzátor nagyfrekvenciás hidegítést végez, megakadályozza, hogy a csövek vezérlőrácsain fellépő rádiófrekvencia eljusson a tápegységbe. A fokozat 150 V-os segéd-rácsfeszültségét a 6-Sz1 csatlakozó 16-os érintkezőjéről a KP1 A1 kivezetésén át érkező 225 V-os feszültségből







3. kép

beállításokat még átépítés esetén sem javasolom megváltoztatni.

A végső 3000 V-os anódfeszültsége a VU-50 tápegységből érkezik a 6-Sz1 csatlakozó 17. érintkezőjén valamint a DL3, DL2 fojtókon, az R21 ellenálláson, az L2 variométeren és a W3 sávváltó kapcsoló kontaktusain át (2. ábra). Az anódfeszültség negatív ága a 6-Sz1 csatlakozó 13. érintkezőjéről az előlapon II. F-la felirattal látható IP1 mérőműszeren keresztül záródik a testre. A végső lineáris munkapontjának beállításához és lezárásához szükséges -100 V-os előfeszültség a 6-Sz1 csatlakozó 4-es érintkezőjéről érkezik és vételkor a P1 jelfogó zárt 3., 4. érintkezőjén, valamint az R16 műzersöntőn és az R15 ellenálláson át közvetlen a végső vezérlőrácsára jut. Vételkor a cső le van zárva, anódfeszültség nem folyik. Adáskor a P1 jelfogó átkapcsol és a 3., 5. érintkezőjén át az R18...R20 osztón beállított előfeszültség kerül a vezérlőrácsra. Az R19 potméter az előlapra kivezetett csavarhúzó-állításhoz kezelőszerv, amely az ELŐFESZ. SZAB. II. F. feliratú elefántfüll alatt található. Az előfeszültséget ennek segítségével természetesen rádiófrekvenciás meghajtás nélkül állítjuk be úgy, hogy a II. F-la (W2) mérőműszer 0,33 A-t mutasson (zöld vonás a skálán). Az R17 lezárófeszültséget biztosít a cső számára abban az esetben, ha akár a jelfogó, akár a potméter meghibásodna. Az áramkörben levő C21 és C35 kondenzátorok rádiófrekvenciás hidegítést vé-

geznek. A P1 vezérlése a végerősítő automatika panelről a jelfogó I. kivezetésére érkező -27 V-tal történik a 6-Sz2 jeli csatlakozó 20. érintkezőjén át (5. ábra). (A 6-Sz2 csatlakozó 1...20. érintkezői az 5. ábrán láthatóak, a 18...22. érintkezők pedig a 2. ábrán. Ennek csak rajztechnika az oka, mivel a két ábra áramkörei egy egységben, a végerősítőben vannak.)

A segédrács 350 V-os tápfeszültsége szintén a VU-50 tápegységből érkezik a 6-Sz1 csatlakozó 15. érintkezőjén, valamint az IP3 milliampermérőn keresztül (2. ábra). A műszert szintén megtaláljuk a végfok előlapján a II. F-Ig2 felirat alatt. Hangoláskor ügyeljünk arra, hogy a segédrácsáram ne haladjon meg az 55 mA-t! A C23...C25 kondenzátorok rádiófrekvenciás hidegítést végeznek. A végső 12,6 V-os fűtőfeszültsége a 6-Sz1 csatlakozó 5...8. érintkezőjén (min. 6,6 A!) és a C22 átvezető kondenzátoron keresztül kerül a fűtőszálra. A cső katódja testen van. Az R12, R21 és R22 ellenállások vadrezgésálló alkatrészek.

Üzemi körülmények között a végerősítőt mindig az 50 ohmos műantennára (16. sz. egység) hangoljuk, majd behangoljuk az antennához csatlakoztatott illesztő-szimmetrizáló fokozat bemenetét is 50 ohmra, majd a két egységet összekapcsoljuk a 15. sz. egységen levő ÜZEM-HANGOLÁS karos kapcsolóval.

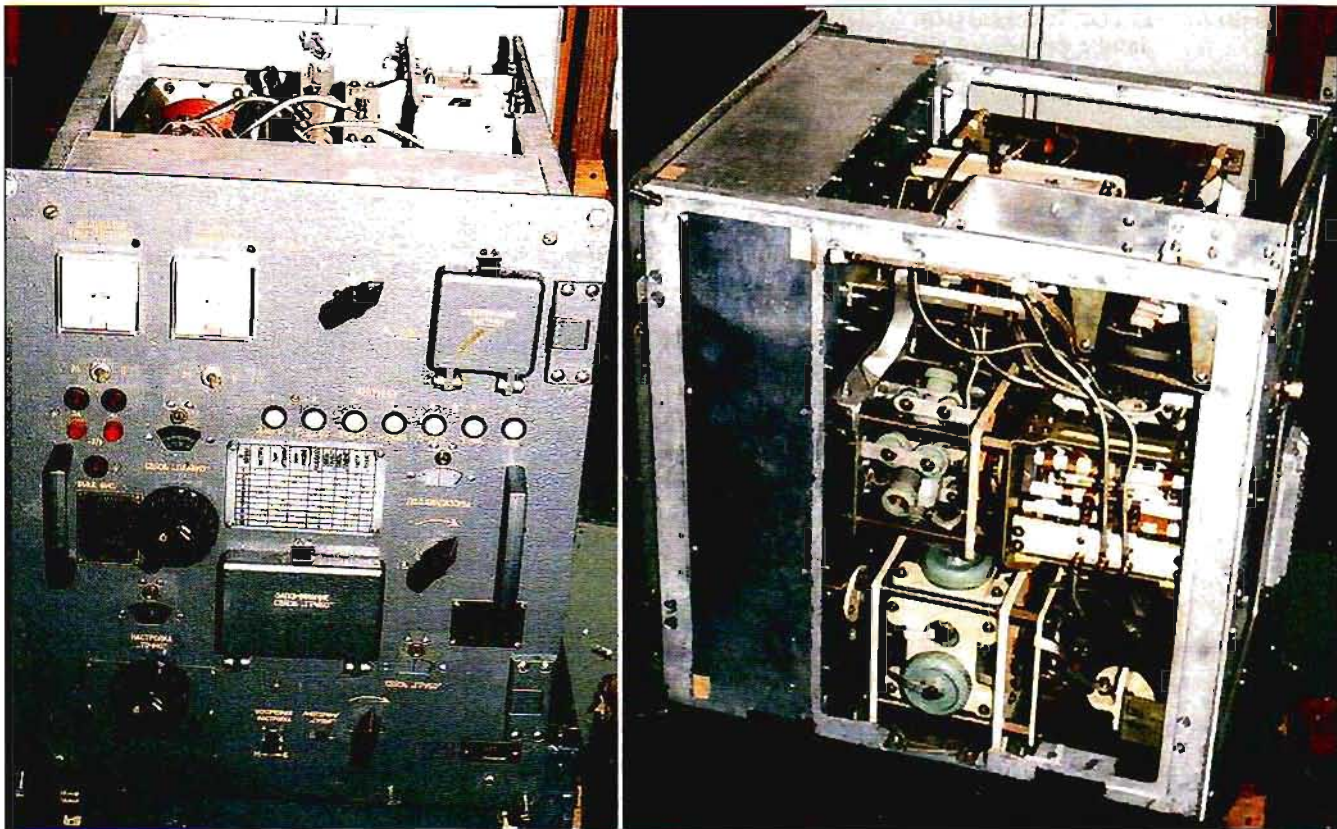
A kimeneti rádiófrekvenciás áram indikálására építették be a KIMENŐ

RF. ÁRAM feliratú IP4 műszert (2. ábra). Az indikátor a Tr jelű gyűrűvasú transzformátorral kapja a meghajtott rádiófrekvenciás jelet. A végfok kimenőjelét szállító vezeték a transzformátor közepén halad át. A tekercsben indukált feszültséget a D31 germánium dióda egyenlirányítja. A negatív feszültség az R34, R33 alkotta osztóról halad tovább, a C41 hidegítő kondenzátor. A szerelési kapacitások és a tekercs induktivitása által létrejött rezgőkör a különböző frekvenciákon nehezen ellenőrizhetően viselkedik, ezért beépítettk az R31, L4, R32 komplexumot, amely viszonylag egyenletes frekvenciaárvitelt biztosít a teljes működési tartományban. Az indikátort ennek megfelelően kalibrálták be az R29 segítségével. Hangoláskor e műszer maximális kitérését keressük, de max. 5 A-es antennaáram engedhető meg.

A fokozatot a II. FOK. HANGOLÁS gombbal, az L2 variométerrel hangoljuk úgy, hogy a műszeren maximumot keressünk. Ekkor a II. F-la műszeren csökkennie kell a kitérésnek. Előfordulhat, hogy a II. fokozat anódfeszültségét mérő műszer nagy minimumot mutat, ugyanakkor a kimenő áramot indikáló műszer erősen, a megengedett határon túl kitér. Ilyenkor növelni kell az illesztő fokozathoz való csatlakozás mértékét a C31 kondenzátor nyitásával, a skála növekvő sorszáma felé való forgatásával. Ellenkező esetben, tehát ha a kimenő RF jelet kicsinek, a végfok áramát nagynak ítéljük, a csatlakozás csökkentésével érhetjük el az optimális hangolási beállítást.

### A végfok automatika

A kimeneti indikátor áramkör kettős funkciót lát el. Egyrészt információt nyújt a végfok hangolásáról, másrészt vezérlőfeszültséget biztosít az automatika áramkörének. A D31 diódáról érkező negatív feszültség a D26-on keresztül az R9 potméterre kerül (5. ábra, P7 panel). A fenti transzformátoros egyenlirányított áramkörhöz hasonlótl találunk az illesztő-szimmetrizáló fokozat bemenetén is (lásd később!). Az egyenlirányított jel a 6-Sz2 csatlakozó 21. sz. kontaktusán és a D25-ön, R27-en át szintén az R9-re kerül. Amennyiben a végerősítő vagy az ISZ nem megfelelően van lehangolva, akkor a két egység közötti vezetékben túlzottan megemelkedhet az antennaáram. Ez természetesen nem kívánatos, ezért, ha az egyenlirányított feszültség meg-



4. kép

haladja az R9-cel beállított küszöböt, akkor a védő áramkör nyugalmi helyzetben zárt T1 tranzisztora kinyit és a kollektorában levő P1 jelfogó meghúz. Természetesen ez a folyamat csak akkor zajlik le, ha a végfok előlapján a I. fokozat anódárammérő műszer alatti – műanyagburával vagy fém ütközővel védett – W4 kapcsoló be van kapcsolva. A jelfogót és egyben az egész védőáramkört működtető -27 V-os feszültség a VU-50 tápegység 13-1, AT-K egységéből érkezik a 6-Sz2 csatlakozó 13. érintkezőjéről. A tápfeszültség a BZT jelű biztosítón át jut el a P7 panelra. A biztosító kioldadását a W54 izzólámpa jelzi. Az R26 ellenálláson keresztül kikapcsolhatóan az áramkörbe iktatott W55...W58 izzók a kezelőszervek skáláinak megvilágítására lettek beépítve.

Ha a P1 meghúz, a 3. és a 4. kontaktus záródik, és azonnal kigyullad a W59 TÚLTERHELÉS TE jelzőlámpa. Ezzel egy időben a D5 diódán és a 6-Sz2 csatlakozó 12. érintkezőjén keresztül testet kap a tápegység figyelő áramkörének jelfogója, amely azonnal lekapszolja a rendszertől a nagyfeszültséget.

Ugyanakkor a zárt P1 kontaktusok a D4-en keresztül tartóáramkört bizto-

sítanak a jelfogó számára. Az áramkör csak az átlátszó burá alatti kapcsoló ki-, majd bekapcsolása után áll be alaphelyzetbe. A D1...D3 diódák a T1 kollektorfeszültségét stabilizálják.

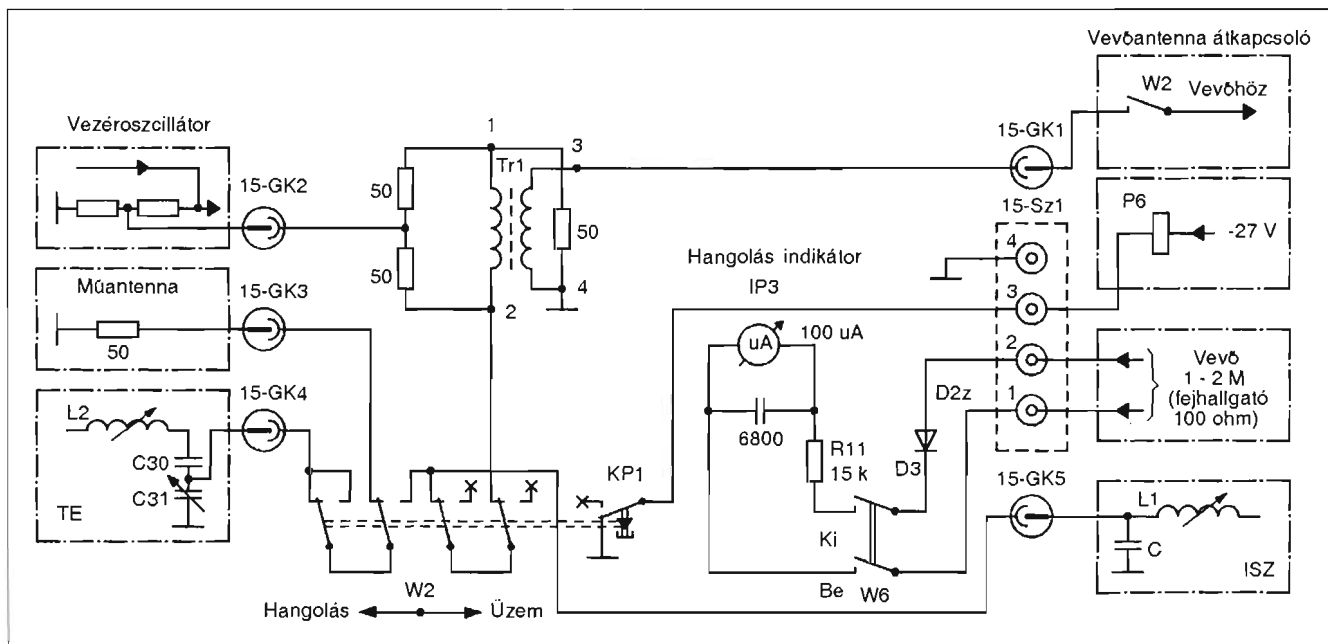
#### *A rádiófrekvenciás kapcsoló egység*

A végfokban felerősített 1 kW-os jel a 15. sz. rádiófrekvenciás kapcsoló egység 15-GK4 csatlakozóján keresztül a W2 karos kapcsolóra kerül (6. ábra). Az egység kizárólag az adó kisugárzás nélküli lehangelésakor játszik szerepet. A kapcsoló – az ábrán jelzett – HANGOLÁS állásban a rádiófrekvenciás jel a 15-GK3 csatlakozón át a 16. sz. 50 ohmos műterhelésre kerül. A természetes léghűtésű műterhelés az adókeret mögött a gépkocsi belső homlokfalára rögzítve, egy 22 kg tömegű, 340×240×304 mm-es perforált rekeszben található. A műantenna RK-50 típusú 50 ohmos koaxiális kábellel csatlakozik a 15. sz. egységhez és 20 db TWO-60-1 kohm típusú, 1 kohmos, 60 W-os párhuzamosan kapcsolt indukciószegény ellenállásból áll.

Kisugárzás nélküli hangoláskor az adó vezérosszcillátorából alacsony szín-

rű hangolófeszültséget kapcsolunk a 15-GK2 csatlakozón és a W2 kapcsolón keresztül a 4 db 50 ohmos ellenállás alkotta hid egyik átlójára. A hid három 50 ohmos ágát a 3 db indukciószegény valós ellenállás képezi. A három ellenállás közvetlen a 16. sz. egység mellett van, hasonló rekeszben. A 4. ágba az 1SZ egység van bekörve, a rákapcsolt antennával, a 15-GK5 csatlakozón át. A hid másik átlójában a TR1 rádiófrekvenciás transzformátort találjuk. A transzformált rádiófrekvenciás feszültség a trafó 3. kivezetéséről a 15-GK1 csatlakozón keresztül a vevőantenna kommutátorra, majd a vevő bemenetére kerül.

Az R-155P vevő 2-1M egységén nagyjából az előlap közepén, a hangerőszabályzó potnmétertől balra van egy FEJHALLGATÓ 100 OHM felíratú páros hüvely. A vevőkeret mellett balra lóg egy villásdugóval szerelt árnyékolt vezeték, ezt kell bedugni a hüvelybe és akkor megvalósul a kapcsolat a vevőkimenet és a 15. sz. egység között. A hangfrekvenciás jel a 15-Sz1 csatlakozón keresztül a D3 diódára kerül. Az egyenirányított feszültség a bekapcsolt W6 indikátor műszer átkapcsolón, valamint az R11-en át az IP3 HANGO-



6. ábra. A rádiófrekvenciás kapcsoló egység

LÁS INDIKÁTOR műszerre kerül. A 6800 pF-os kondenzátor váltóáramú szűrést végez.

Az adó rejtett hangolásához természetesen a vevőt is ugyanarra a frekvenciára kell lehangolni, mint az adót. Mivel a híd meghajtása az adó vezérosszillátorról történik, a nagyfeszültség bekapcsolása tilos. A 2-1M beat oszcillátorát 800...1000 Hz körül elhangoljuk, maximális hangerőt adunk, az érzékenységet pedig úgy állítjuk be, hogy a 15. sz. egység műszere kb. a skála közepéig térjen ki. Ellenőrizhetjük, hogy valóban az adó vezérosszillátorát halljuk-e a vevőben, ha egy pillanatra lekapcsoljuk a V-4 egységen az oszcillátor táplálás kapcsolóját. (Masszív barnított acél kapcsoló a jobb fogantyútól balra.)

Ha túl nagy a vett jel szintje, akkor az adó V-2 egységen levő KIVEZ. SZAB. DURVA és FINOM programtűskékkel vagy a fokozatkapcsolókkal csökkenthetjük a kimenő jel feszültségét.

#### Az illesztő-szimmetrizáló egység

A 4. képen látható egység kapcsolási rajzát a 7. ábra mutatja. Az előzőekben láttuk, hogy az adó végfokozatát minden esetben az 50 ohmos műantennára hangoljuk le. Az alkalmazott antennának (4. táblázat) azonban ettől eltérő, 300...600 ohm közötti értékű talpponti ellenállása van. A két eltérő ellenállás illesztésére alkalmazzák a fokozatot a

végfok és az antenna között. Emellett szimmetrikus és aszimmetrikus antennákat is használhatunk. Ezeket is megfelelően kell illeszteni a végfok aszimmetrikus kimenetéhez. Az illesztő-szimmetrizáló egység egy aluláteresztő Pi szűrő, így teljesíti a harmadik feladatát, a végfok által keltett felharmonikusok csökkentését.

Az üzemi frekvenciatartomány az 1. táblázatnak megfelelően 4 sávra van felosztva. Az egység alkatrészei max. 1,5 kW teljesítményű rádiófrekvenciás jel illesztésére alkalmasak.

Az egység bemenetén felismerhető a korábban tárgyalt túláramérzékelő és -védő áramkörhöz hasonló kapcsolás. A meghajtó jel az előzőekben tárgyalt 15-ös rádiófrekvenciás kapcsoló egység ÜZEM, HANGOLÁS kapcsolójának ÜZEM állásán, a 7-GK1 csatlakozón és a TR3 toroid transzformátoron keresztül az L1 tekercsre érkezik. A TR3 szekunder tekercsében indukált feszültséget a D3 germánium dióda egyenirányítja. (A transzformátor primer inductivitása a 7-GK1 és az L1 közötti összekötő vezeték, amelyre a toroid fel van húzva.) A negatív feszültséget az R34, R33 alkotta osztóról vezetjük tovább, a C41 hidegítő kondenzátor. Az R31, L4, R32 komplexum viszonylag egyenletes frekvenciaátvitelt biztosít a teljes működési tartományban. Az R34-ről levett negatív feszültség a C42 átvezető kondenzátoron és a 7-Sz1 csatlakozó 21. érintkezőjén át a keret kábelezésén keresztül a végfok

6-Sz2 csatlakozójának 21. érintkezőjére jut (2. ábra), ahonnan a D25, R27-en keresztül a P7 panel R9 potméterére kerül (5. ábra). Az automatika működése megegyezik a korábban leírtakkal.

A végerősítő cső valamint a nagyfrekvenciás kapcsolók védelmét kiemelt jelentőségű feladatként kezelték a korabeli tervezők. Ennek megfelelően a teljesítményerősítő és az illesztő-szimmetrizáló egységben is mikrokapcsolók gondoskodnak a 3000 V-os anódfeszültség lekapcsolásáról, ha azt a kezelő bekapcsolva felejtette volna a különböző hangolási műveletek, mint pl. a frekvenciasáv váltása, az antennacsatolás durva szabályozása (átkapcsolása) közben. Szintén lekapcsolódik a nagyfeszültség amikor a C18 légszigetelésű változatható kapacitású kondenzátor forgórésze a skála szerinti 0°-ról 180°-ra vált. Ezekben az esetekben a mechanikusan felerősített mikrokapcsolók kontaktusai nyitnak és megszakítják az R5 jelfogó -27 V-os tartóáramkörét. A jelfogó az RK egységben van és bontja a VU-50 tápegységben levő mágneskapcsoló áramkörét, ennek hatására lekapcsolódik a végcső anódfeszültsége. (Az RK és a tápegység működését jelen cikkben nem ismertetem, mert ez meghaladná a rendelkezésemre álló terjedelmet.)

Tanulmányozva az illesztő-szimmetrizáló egységet láthatjuk, hogy csak csatoló és hangoló elemeket tartalmaz, nincs a kapcsolásban aktív elem. Az egyszerűbb átláthatóság kedvéért rész-

7. táblázat. A 6ESP (635II) tetróda fontosabb adatai

Fűtőfeszültség [V]	6,3
Fűtőáram [A]	0,6±0,04
Meredekség [mA/V]	30,5±6,5
<b>Üzemi adatok</b>	
Kimenőteljesítmény [W]	≤6,5
Anód feszültség [V]	150
Anódáram [mA]	43±10
Segédrácsáram [mA]	≤14
Vezérlőrács feszültség	-12 V
<b>Határadatok</b>	
Anód veszteségi teljesítmény [W]	8,3
Segédrács veszteségi teljesítmény [W]	2,3
Anód feszültség [V]	250
Segédrács feszültség [V]	250
Katódáram [mA]	100
Vezérlőrács feszültség [V]	-100

letrajzokon mutatom be az ISZ egység működését. A Pi szűrő bemenő („anód oldali”) kondenzátorai mind a 4 frekvenciakörzetben fix kapacitások. Ezekre a W1 (FREKV. SÁVOK) kapcsolóval választjuk ki. Az I. és a II. frekvenciakörzetben (8.a ábra) a C18 forgókondenzátor és a párhuzamosan kapcsolódó C16, C17 kondenzátor valósítja meg az antenna finom csatolását (ANT. CSAT. FINOM). A két párhuzamosan kapcsolt kondenzátor csak a skála szerinti 180°...360° közötti részben kapcsolódik a forgóhoz és lecsökkenti a frekvenciaátfogást. Ha az adott üzemi frekvencián alacsony (20...80 ohm) a használt antenna ellenállása, akkor a W2 ANT. CSAT. DURVA felíratú kapcsolóval a C19...C23 kondenzátorokat kapcsoljuk a C18-hoz a kapcsoló szektorai által meghatározott kombinációk szerint. A szűrő hangolóeleme – szimmetrikus antenna esetén – a mechanikailag közös tengelyen levő L1 és L2 variométer. Aszimmetrikus antennát alkalmazva csak az L1 tekercs áramköre hangolja az illesztő egységet. Az L2 tekercs és a hozzá tartozó alkatrészek kivezetései a W3 SZIM., ASZIM. kapcsoló segítségével testpontra kerülnek. Az I. körzetben az L1, C12, C13 valamint az L2, C14, C15 elemek párhuzamosan kapcsolódnak.

Az ISZ működését a III. és a IV. frekvenciasávban a 8.b és a 8.c ábrán tanulmányozhatjuk. Ezen körzetekben

a C18 forgókondenzátorhoz párhuzamosan kapcsolódik az L3 tekercs. A tekercs induktivitása 2 mikroH és 5 leágazása van, amelyeket a W2 (ANT. CSAT. DURVA) kapcsolóval tudunk az áramkörbe kötni. A C18, L3 párhuzamos rezgőkört alkot és a frekvenciatartományon belül nagy impedanciájú reaktanciaként viselkedik. A III. körzetben az L1 tekercssel csak a C12, az L2-vel csak a C14 kapcsolódik sorba. A IV. körzetben a C12-vel sorbakapcsolódik a C13, a C14-gyel pedig a C15. A W3 kapcsoló szerepe megegyezik az I. körzettel leírtakkal.

Az ISZ egység kimenete az Sz<sub>1</sub>, Sz<sub>2</sub> csatlakozó (7. ábra). Innen a rádiófrekvenciás jel közvetlen az adóantenna kommutátorra kerül. Az I. körzetben a W3 kapcsoló aszimmetrikus állásában a W1 kapcsoló ábrázolt helyzetében a III.b pozícióban a 3. és az 5. érintkezőjével a TR1, TR2-n keresztül rövidre zárja a 2×11 m-es és a 2×40 m-es dipól-antenna levezető kábelét, amelyből így T-antenna keletkezik. A II. körzetben a 2×11 m-es dipól tápkábelét a kommutátor zárja rövidre, így kapunk aszimmetrikus T-antennát.

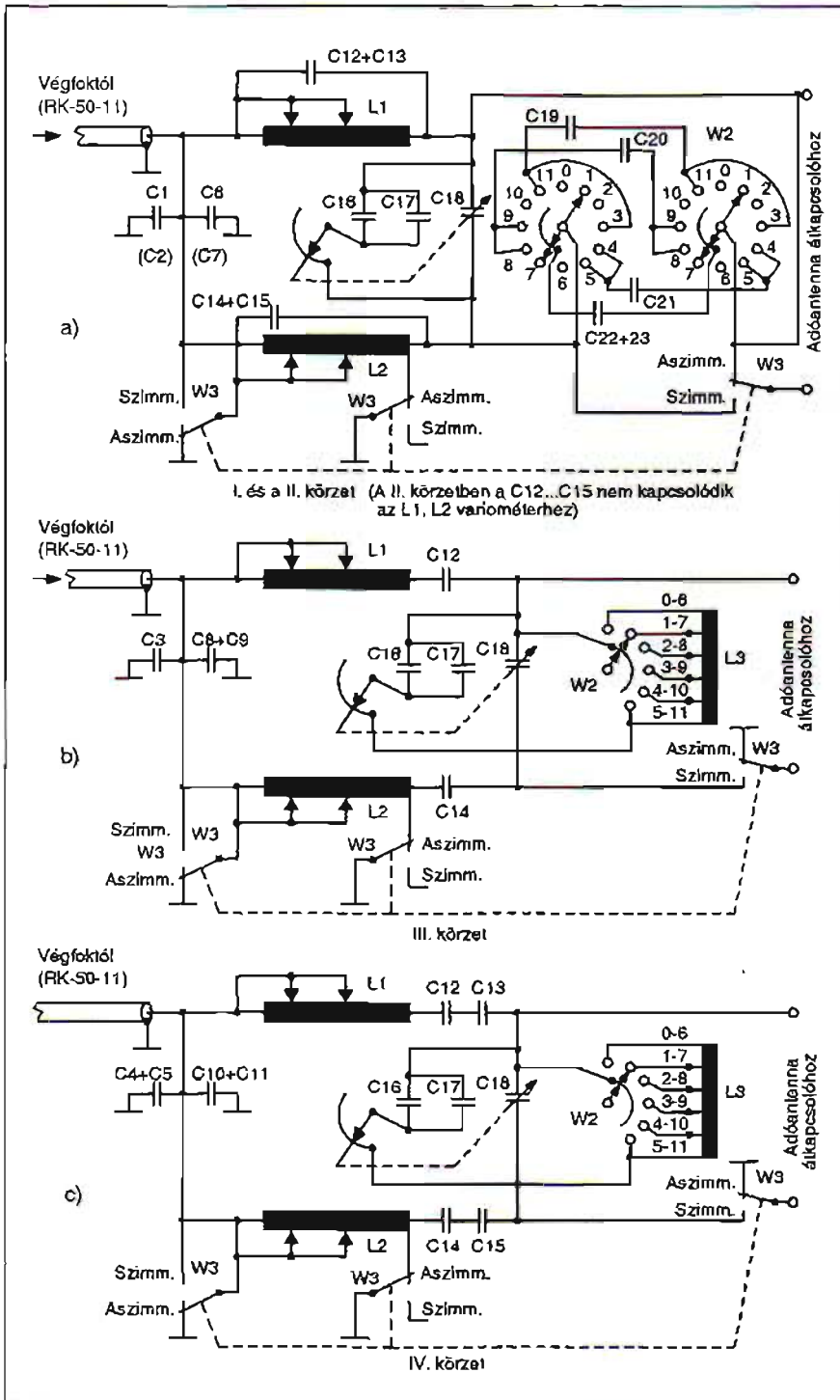
A hangolás és illesztés indikálására két műszert építettek be; az IP1 az antennaáram indikátor, az IP2 pedig a szimmetria indikátor. A TR1 toroid transzformátor szekunder tekercsében indukált feszültséget a D1 egyenirányítja. A TR1 primer tekercsét az a vezeték közezi, amely a W1 (FREKV. SÁVOK) átkapcsolóról a TR2-n keresztül az Sz<sub>1</sub> csatlakozóra viszi a rádiófrekvenciás jelet. A D1 dióda R2 munkaellenállásán keletkező egyenfeszültséget a C24 szűri meg a rádiófrekvenciás összetevőktől. Az R1 indukciószegény ellenállás a szekunder tekercs jóságát rongja, ezáltal a transzformátor jelátvittele közel egyenletes a teljes működési frekvenciatartományban. A pozitív egyenfeszültség az R15 ellenálláson keresztül az IP1 ANT. ÁRAM indikátorra kerül. Belátható, hogy a műszer által mutatott érték arányos az antennaáram nagyságával. Hangolás közben bizonyos frekvenciákon előfordulhat, hogy a műszer túl nagy áramot indikál, „kifekszik”. Ez meghiúsíthatja a helyes hangolást, ilyenkor a B4 kapcsolóval az R3 söntöt kapcsoljuk az áramkörbe és műszerünk érzéketlenebbé válik.

Amikor a TR1 kimenetén megjelenik a rádiófrekvenciás jel, amelyet a D1 egyenirányít, akkor negatív nyitófeszültséget kap a T1 tranzisztor és meg-

8. táblázat. A GU43B (ГУ43Б) tetróda fontosabb adatai

Fűtőfeszültség [V]	12,6
Fűtőáram [A]	6,6±0,6
Meredekség [mA/V]	45 <sup>-10</sup> <sub>5</sub>
<b>Üzemi adatok</b>	
Kimenőteljesítmény [W] (f <sub>0</sub> = 100 MHz, U <sub>a</sub> = 3000 V, U <sub>g2</sub> = 350 V, -U <sub>g1</sub> = 100 V, I <sub>a</sub> = 900 mA, I <sub>g1</sub> ≤ 50 uA, I <sub>g2</sub> ≤ 80 mA)	≥ 1600
Felfűtési készenléti idő [min.]	3
Segédrács veszteségi teljesítmény [W]	28
Hűtőlevegő mennyisége [m <sup>3</sup> /ó]	100
Hűtőlevegő hőmérséklete [°C]	20
<b>Határadatok</b>	
Fűtőfeszültség [V]	11,3...13,9
Anód feszültség [V]	3300
Katódáram impulzusüzemben [A]	3,2
Segédrácsfeszültség [V]	500
Vezérlőrács feszültség [V]	-200
Anód veszteségi teljesítmény [W]	1000
Segédrács veszteségi teljesítmény [W]	28
Vezérlőrács veszteségi teljesítmény [W]	5
Üzemi frekvencia [MHz]	100
Az üveg- és fémbura találkozási pontjának hőmérséklete [°C]	150

húz a kollektorában levő P1 jelfogó. Záródik a relé munkaérintkezője és a 7-Sz<sub>1</sub> csatlakozó 18. sz. kontaktusán keresztül – az ábrán nincs berajzolva – testet juttat az RK kisugárzást ellenőrző jelfogójára. Ez a relé (kontaktusain keresztül) jelzést ad a rádióállomás távvezérlő rendszerének az adó rádiófrekvenciás kisugárzásáról. (A rádióállomás távvezérlő rendszeréről szándékosan nem esett szó, jelen esetben is csak érintőlegesen említem meg. Ennek ismertetése terjedelmi okokból lehetetlen, és a valamikor korszerűnek mondott, érdekes áramköri megoldásokat – diszkrét elemekkel felépített digitális szűrőket stb. – tartalmazó áramköri egységek ma már nem tarthatnak igényt rádióamatőr érdeklődésre.) Tehát a P1 jelfogót és áramkörét csak azért építették be, hogy a rádióállomástól max. 10 km távolságban, a távvezér-



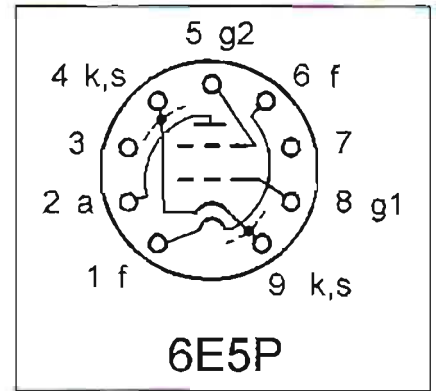
8. ábra. Az ISZ működése az I. és a II. körzetben (a), a III. körzetben (b) és a IV. körzetben (c)

lő állomáson ülő kezelő lássa a kijelzőn, amely egy balványfényű jelzőlámpa, hogy az adó rádiófrekvenciás jelet sugároz.

Szimmetrikus antenna esetén az IP2 antennaáram szimmetria indikátorral figyeljük az antenna ágaiban folyó áram azonosságát. A két indikátor világos felépítése hasonló. Csak az a kü-

lönbség, hogy ez esetben a TR2 toroid transzformátoron mindkét antennatápvonalhoz menő vezeték áthalad. Az átfolyó áram iránya ellentétes. A szimmetria akkor tökéletes, ha az indikátor nullát mutat.

Az ISZ hangolását automatikus, illetve kézi vezérlésű módban is elvégezhajtuk. Automatikus vezérlés esetén az



9. ábra. A 6E5P (6E5Π) csőfejbe-kötése

RK-n kell kiválasztani, hogy a 10 lehetséges közül melyik előre programozott frekvenciára kívánjuk hangolni az adót. Ha pl. az 1. programhelyre kívánunk hangolni, akkor az RK-n a FREKVENCIAK ADÓ kapcsolót az 1. állásba kell kapcsolni. A kapcsoló úgy működik, hogy átkapcsolás előtt ki kell oldani rögzített helyzetéből a kapcsoló tetején lévő, kézzel balra elforgatható gombbal. Ekkor a kapcsoló kissé kiemelkedik a panel síkjából és állítható. A megfelelő helyzet beállítása után ugyanavval a gombbal, jobbra ütközéssig tekerve kell rögzíteni a kapcsoló állapotát. – Természetesen ekkor valamennyi programtűskét az első rögzített frekvenciának megfelelő sorba vagy oszlopba kell betűzni, illetve az oda beszűrt tűskék által meghatározott villamos jellemzők lesznek a mérvadóak.

Az ISZ egységen az ANTENNA ELŐVÁLASZTÁS programtábla fedelét lenyitva vízszintesen a 10 program-sort, függőlegesen a 7 választható antenna oszlopát látjuk. A megfelelő metszéspontba beszurva a programtűskét kiválaszthatjuk, a programhoz tartozó antennát. Ekkor az antennakommutátor tengelye elmozdul és a kiválasztott antennát az ISZ kimenetére kapcsolja, miközben az ANTENNAK jelzőlámpák közül a megfelelő kigyullad. Az ASZIM., SZIM. kapcsoló szintén automatikusan beáll a választott antennának megfelelően. Kézi hangolás esetén természetesen valamennyi fent említett kapcsolást manuálisan kell végrehajtani.

Az ISZ kezelőszerveinek további beállítását az 5. vagy a 6. táblázatnak megfelelően kell elvégezni. A táblázat szerint beállított kezelőszervek esetén a 15. sz. egység hangolás indikátorán minimális kitérést kell tapasztalunk. Az ANT. CSAT. FNOM és a FNOM-

9. táblázat. Alkatrészadatok

Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
<b>A 2. ábrához tartozó alkatrészek</b>			
R1	Ellenállás	150	1 db
R2	Ellenállás	1,2 k	1 db
R3	Ellenállás	2x6,8 k	1 db
R4	Ellenállás	2x24 k	1 db
R5	Ellenállás	220	1 db
R6	Potenciometer	680	1 db
R8	Ellenállás	68 k	1 db
R9	Ellenállás	20 k	1 db
R10	Ellenállás	2,2 k	1 db
R11	Ellenállás	1,5 k	1 db
R12	Ellenállás	100	1 db
R13	Ellenállás	2,2 k	1 db
R14	Söntellenállás	Na.	1 db
R15	Ellenállás	2,2 k	1 db
R16	Söntellenállás	Na.	1 db
R17	Ellenállás	20 k	1 db
R18	Ellenállás	2,2 k	1 db
R19	Potenciometer	5,1 k	1 db
R20	Ellenállás	2,2 k	1 db
R21	Ellenállás	27	1 db
R22	Ellenállás	10	1 db
R23	Ellenállás	10	1 db
R24	Ellenállás	4x120 k	1 db
R25	Ellenállás	220	1 db
R26	Ellenállás	2x100	1 db
R27	Ellenállás	510, válogatni	1 db
R28	Ellenállás	24 k, válogatni	1 db
R29	Potenciometer	10 k	1 db
R30	Ellenállás	470	1 db
R31	Ellenállás	25,5	2 db
R32	Ellenállás	25,5	2 db
R33	Ellenállás	36 k	1 db
R34	Ellenállás	22 k	1 db
C1	Kondenzátor	4300	1 db
C2	Kondenzátor	15000	1 db
C3	Kondenzátor	15000	1 db
C4	Kondenzátor	15000	1 db
C5	Kondenzátor	15000	1 db
C6	Kondenzátor	6800	1 db
C7	Kondenzátor	330	1 db
C8	Kondenzátor	390	1 db
C9	Kondenzátor	220	1 db
C10	Kondenzátor	33	1 db
C11	Kondenzátor	47	1 db
C12	Kondenzátor	15	1 db
C13	Kondenzátor	6800	1 db
C14	Kondenzátor	1800	1 db
C15	Kondenzátor	220	1 db
C16	Kondenzátor	33	1 db

Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
C17	Kondenzátor	15000	1 db
C18	Kiegyenlítő kond.	Na.	1 db
C19	Kondenzátor	6800	1 db
C20	Kondenzátor	9100	1 db
C21	Kondenzátor	15000	1 db
C22	Kondenzátor	15000	1 db
C23	Kondenzátor	12x15000	1 db
C24	Kondenzátor	15000	1 db
C25	Kondenzátor	9100	1 db
C26	Kondenzátor	300	1 db
C27	Kondenzátor	47	1 db
C28	Kondenzátor	12,5	1 db
C29	Kondenzátor	100	1 db
C30	Kondenzátor	2200	1 db
C31	Kondenzátor	Na.	1 db
C32	Kondenzátor	2200	1 db
C33	Kondenzátor	3300	1 db
C34	Kondenzátor	9100	1 db
C35	Kondenzátor	50 uF	1 db
C36	Kondenzátor	3300	1 db
C37	Kondenzátor	220	1 db
C39	Kondenzátor	9100	1 db
C41	Kondenzátor	0,033 uF	1 db
C42	Kondenzátor	15000	1 db
P1	Jelfogó	RESZ-10	1 db
L1	Variometer	Na.	1 db
L2	Variometer	Na.	1 db
L4	Tekercs	T12-C-5526-271-1	1 db
DR1	Fójtétekercs	120 uH	1 db
DR2	Fójtétekercs	65 uH	1 db
DR3	Fójtétekercs	65 uH	1 db
IP1	Műszer	1,5 A	1 db
IP2	Műszer	1 mA	1 db
IP3	Műszer	±100 mA	1 db
IP4	Műszer	50 uA	1 db
W1	Kapcsoló	Na.	1 db
W2	Kapcsoló	TR1-2	1 db
W3	Kapcsoló	Na.	1 db
V1	Elektroncső	6ESP	1 db
V2	Elektroncső	6ESP	1 db
V3	Elektroncső	GU-43B	1 db
TR3	Transzformátor	Na.	1 db
D25	Dióda	WUWR-10-200-44 8	1 db
D26	Dióda	WUWR-10-200-44 9	1 db
D27	Dióda	DOG 586-466	1 db
<b>Az 5. ábrához tartozó alkatrészek</b>			
R2	Ellenállás	820 válogatni	1 db
R3	Ellenállás	5,1 k	1 db
R4	Ellenállás	51	1 db
R5	Ellenállás	330	1 db

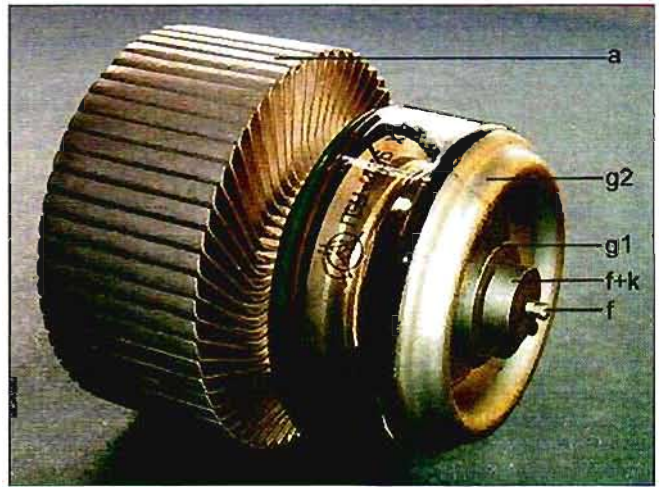
Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
R6	Ellenállás	390	1 db
R7	Ellenállás	220	1 db
R9	Potenciometer	10 k	1 db
C1	Kondenzátor	68000	1 db
C2	Kondenzátor	68000	1 db
C3	Kondenzátor	22 uF	1 db
T1	Tranzisztor	MP-105	1 db
D1...24	Dióda	WUWR-10-200-448	24 db
L4...9	Mini izzó	SM-37	6 db
BZT	Biztosító	1 A	1 db
W4	Kapcsoló	TR1-2	1 db
D1...3	Dióda	D-814A	3 db
D4...6	Dióda	D-223A	3 db
P1	Jelfogó	RESZ-15	1 db
<b>A 7. ábrához tartozó alkatrészek</b>			
R1	Indukciószegegy ellenállás	T12-D-4311-184-1	1 db
R2	Ellenállás	39 k	1 db
R3	Söntellenállás	Na.	1 db
R4	Söntellenállás	Na.	1 db
R5	Ellenállás	510	1 db
R6	Ellenállás	39 k	1 db
R7	Indukciószegegy ellenállás	T12-D-4311-184-1	1 db
R8	Ellenállás	220	1 db
R9	Ellenállás	220	1 db
R10	Ellenállás	220	1 db
R11	Ellenállás	50	2 db párh.
R12	Ellenállás	220	1 db
R13	Ellenállás	330	1 db
R14	Ellenállás	330	1 db
R15	Ellenállás	390	1 db
R31	Ellenállás	25,5	2 db párh.
R32	Ellenállás	25,5	2 db párh.
R33	Ellenállás	36 k	1 db
R34	Potenciometer	22 k	1 db
C1	Konenzátor	2200	1 db
C2	Konenzátor	1500	1 db
C3	Konenzátor	440	2 db párh.
C4	Konenzátor	47	1 db
C5	Konenzátor	68	1 db
C6	Konenzátor	2200	1 db
C7	Konenzátor	1000	1 db
C8	Konenzátor	68	1 db
C9	Konenzátor	300	3 db párh.
C10	Konenzátor	47	1 db
C11	Konenzátor	56	1 db
C12	Konenzátor	100	1 db
C13	Konenzátor	22	1 db
C14	Konenzátor	100	1 db

Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
C15	Konenzátor	22	1 db
C16	Konenzátor	100	1 db
C17	Konenzátor	47	1 db
C18	Forgókond.	T12-A-4381-114-1	1 db
C19	Konenzátor	235	2 db sorba
C20	Konenzátor	470	1 db
C21	Konenzátor	940	2 db párh.
C22	Konenzátor	940	2 db párh.
C23	Konenzátor	470	1 db
C24	Konenzátor	33000	1 db
C25	Konenzátor	33000	1 db
C26	Konenzátor	20 $\mu$ F	1 db
C27	Konenzátor	33000	1 db
C41	Konenzátor	33000	1 db
C42	Átvezető kond.	15000	1 db
T1	Tranzisztor	MP-25A	1 db
D1	Dióda	D27	1 db
D2	Dióda	D27	1 db
D31	Dióda	DOG-58	1 db
IP1	Árammérő	10 A	1 db
IP2	Árammérő	10 A	1 db
L1	Variométer	T12-A-4377-104-1	1 db
L2	Variométer	T12-A-4377-104-1	1 db
L3	Tekercs	T12-B-4352-136-1	1 db
L4	Tekercs	T112-C-5526-271-1	1 db
P1	Jelfogó	RESZ-15	1 db

HANGOLÁS forgatógombok elforgatásával el kell érni, hogy a műszer nullát mutasson. Ekkor történik meg a híd kiegyenlítése. Az ANT. CSAT. FINOM gombot a gyorsabb beállítás érdekében motorral is forgathatjuk a DURVA HANGOLÁS MOTORRAL feliratu tábla alatt levő átkapcsoló K (kisebb), N (nagyobb) irányba való elmozdításával, a kapcsoló melletti nyomógomb egyidejű megnyomásával. Egyes frekvenciákon előfordulhat, hogy az ANT. CSAT. DURVA ELŐVALASZTÁS kapcsoló helyzetét meg kell változtatni a táblázatban megadott értékhez képest. Ekkor ki kell bújni a programtűkét és az ANT. CSAT. DURVA kapcsolót az óramutató járásával megegyező irányba elforgatva kapcsoljuk át a kívánt állásba. Soha ne erőltessük a kapcsolót az ellenkező irányba, mert ez mechanikai sérüléshez, töréshez vezethet. Amennyiben elértük a nullához közeli állapotot a műszeren, jöhet a finomhangolás.

A vevő 2-1M egységének érzékenységszabályzó potméterével ismét

10. ábra. A GU43B (ГУ43Б) csőfejbekötése



beállítjuk a hangolásidekator műszer mutatóját úgy, hogy kb. a skála középre mutasson. Az említett két forgatógombbal törekedünk a minimális kitérés elérésére. Ezt a műveletet addig kell ismételni, ameddig a legkisebb minimumot meg nem találjuk. Ezután leválasztjuk a vevőt az adóról, a vevőantenna átkapcsoló egység ISZ-VÉTEL kapcsolóját VÉTEL helyzetbe kapcsoljuk és kihúzzuk a 2-1M egységből a villásdugót. A 15. egységen ÜZEM-be kapcsolunk, bekapcsoljuk a nagyfeszültséget és lehet QSO-zni.

Meg kell jegyeznem, hogy a híd-módszeres hangolás sajnos nem minden frekvencián ad pontos eredményt. Ha összehasonlítjuk a hangoláskor mért kimenő rádiófrekvenciás áram értékét az üzemi értékkel, nem szabad 25%-nál nagyobb eltérést tapasztalni. Ha mégis nagyobb az eltérés, akkor csökkenteni kell a meghajtó teljesítményt az adó V-2 egységén.

Rádióamatőr körülmények között általában nem áll rendelkezésre a komplett rádióállomás, a híd-módszeres adóhangolástól eltekintünk. Ebben az esetben – a műantenna hiányát is feltételezve – folyamatos kisugárással hangoljuk le az ISZ-t, az alábbiak szerint. A nagyfeszültséget bekapcsolva A1A táviró adásmódban végezzük el a hangolást, rövid, 10...12 s-os periódusokat tartva. Hidegen beállítjuk a TE és az ISZ kezelőszerveit a táblázatoknak, az üzemi frekvenciának és a csatlakoztatott antennának megfelelően. A 15. egységen az ÜZEM, HANGOLÁS kapcsolót ÜZEM-be kapcsoljuk. A teljesítményerősítő meghajtását annyira vesszük vissza, hogy a TE I. FOK. HANGOLÁS gombot forgatva a II. F.-Ia műszer maximuma ne legyen 0,25 A-nél nagyobb. A II. FOK. HANGO-

LÁS gombot forgatva az előző műszeren éles minimumot kell találni, miközben a KIMENŐ RF. ÁRAM műszeren a kitérés maximális. Ügyeljünk, hogy a kimenő áram – hangolatlan ISZ(!) – ne haladja meg az 1 A-t! Ha túl nagy lenne az áram maximum értéke, vegyünk vissza a meghajtásból. Ezzel egy időben természetesen az ISZ ANTENNA ÁRAM műszerének is kell valamit mutatnia. Az ANT. CSAT. FINOM és a FINOM HANG. gombokkal maximumot keresünk az antennaáram mérő műszeren. Közben folyamatosan figyelemmel kell kísérni az előzőekben ígylet műszereket is és eltérések esetén a megfelelő hangolóelemekkel pontosítani szükséges a beállításokat.

Ha a kis meghajtással sikerült pontosan lehangolni a végfokot és az ISZ-t, akkor növelhetjük a meghajtást miközben folyamatosan pontosítjuk a hangolási beállításokat. A hangolóelemek rögzítése előtt ellenőrizzük, hogy a TE második fokozat anódárama (II. F.-Ia) nem lépheti túl a 0,85 A-es, a segéd-rácsáram (II. F.-Ig2) pedig az 55 mA-t. A KIMENŐ RF. ÁRAM értéke nem lehet nagyobb 5 A-nél.

Végezetül a 7. és a 8. táblázatban megadom az elektroncsövek legfontosabb adatait, a 9. és 10. ábrán a csőfejbekötéseket, a 9. táblázatban pedig az ábrákon szereplő alkatrészek értékeit.

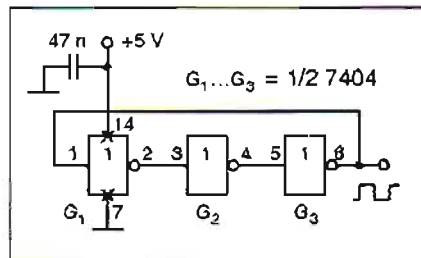




# Sok kis kapcsolás

## A legegyszerűbb négyszöggenerátor

Az 1. ábrán látható TTL-négyszöggenerátor érdekessége az, hogy a kb. 12



1. ábra

MHz-es frekvenciájú jelet előállító hálózat nem tartalmaz passzív elemeket, csupán három inverterből ( $G_1...G_3$ ) épül fel. Működése az inverterek késleltetésén alapul, azaz azon a tényen, hogy a bemeneti jelváltozás csak mintegy 20...30 ns elteltével jelentkezik – invertálva – a kimeneten. Így a páratlan számú invertert átfogó, tehát látszólag negatív visszacsatolás egy meghatározott frekvencián pozitívvá válik és a rendszer rezgésnek indul. A jel frekvenciája erősen függ az IC-példánytól (pontosabban a csipen integrált inverterek tényleges késleltetési idejétől), a csip hőmérsékletétől és a tápfeszültségtől, de az IC-családtól is (N, ALS, F, H, LS, S stb.).

A fentiek miatt igen instabil generátor csak olyan áramkörökben alkalmazható, ahol ez nem hátrány, sőt, esetleg előny! (Ilyen pl. egy hardveres vélet-

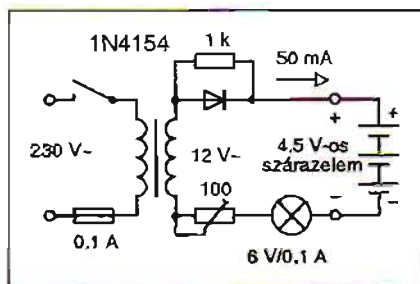
lenszám-generátor vagy a különböző TTL-es szerencsejátékok.)

## Laposelem-regeneráló

A szárazelemek elvileg nem tölthetők. Szakaszos üzemben azonban egy rész-kisütést követő töltéssel olyan elektrokémiai változást hozhatunk létre, amely tárolóképesség-javulást eredményez. Ez a regenerálás nem valódi töltés, csak átmeneti feljavítás.

A 2. ábra laposelem regenerálásához használható kapcsolást szemléltet. A dióda egyoldalasan egyenirányított, putzáló áramot állít elő. A diódával párhuzamos ellenállás ehhez az áramhoz váltakozó komponenszt „kever”. Ennek eredményeként az áramkör az egyik félperiódusban tölti, a másikban pedig az előző, kb. 10%-nyi áramával kisüti az elemet. A trimmer-potenciométerrel kb. 50 mA-es köráramot állítsunk be, így kb. 12 óra múltán a telep határozotlanul frissebb lesz.

Kilyukadt cinkhengerű elemek/telepek már nem regenerálhatók!



2. ábra

## Ω OMEGA ELEKTRONIKA Ω

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

Omega Kft.  
H-8600 Slótok, Szűcs u. 2.  
☎ (06-84) 313-673 vagy 510-558  
www.omegakft.hu  
omegakft@omegakft.hu

**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



## „AKCIÓ-223” ÉVKÖNYVRENDELÉS

Már most megrendelheti és megveheti a 2012-es

**RÁDIÓTECHNIKA**  
ÉVKÖNYVE

(Szállítása 2011 novemberében)

Ajánlatunk (rendelésre/befizetésre)  
2011. június 30-ig érvényes!

**3960 Ft helyett CSAK 3300 Ft-ért!**  
(plusz postaköltség)

Rendelek: ..... db-ot.

Név: .....

Cím: .....

Ezen OLVASHATÓAN kitöltött megrendelés beérkezése után küldjük a csekket.

Címünk: Rádióvilág Kft., 1374 Budapest, Pf. 603.

Akciós megrendelést csak ezen az eredeti megrendelőszelvényen fogadunk el!

# HIRDETÉSEK

Akkuvásár . . . . .	43. oldal	Omega Kft. . . . .	223. oldal
ANICO Kft. . . . .	Borítólap I.	Optitech Kft. . . . .	185. oldal
C+F Kft. . . . .	Borítólap I.	PIC-es szakkönyv	
ChipCAD Kft. . . . .	Borítólap II.	a HAM-bazárból . . . . .	224. oldal
Commed Trade Kft. (CMT) . . . . .	91. oldal	PROFITECH Kft. . . . .	139. oldal
ELFA ~ Ageta Kft. . . . .	B. I., 205. oldal	Rádiós könyvek . . . . .	138. oldal
ELG electronic Kft. . . . .	43. oldal	Rádiótechnika előfizetési akció . . . . .	3. oldal
ELMŰ Nyrt. . . . .	Borítólap III.	Rádiótechnika évkönyv akció . . . . .	192. oldal
Forrasztóállomások		RET elektronika	
a HAM-bazárból . . . . .	185. oldal	(Robtron El. Trade Kft.) . . . . .	B. I., B. IV.
GIGatechnik . . . . .	197. oldal	Reményi István	
GLOBAL FOCUS Kft. . . . .	43. oldal	Rádióamatőr Alapítvány . . . . .	42. oldal
H&M Trafo Kft. . . . .	91. oldal	Régi RT- és HE-lapok	
HIFImix online		a HAM-bazárból . . . . .	192. oldal
műszaki áruház. . . . .	205. oldal	SOS Electronic Kft. . . . .	B. I., 203. oldal
Hobby Elektronika Füzetek. . . . .	77. oldal	Szakkönyvek a HAM-bazárból . . . . .	19., 224. oldal
INCOMP Kft. . . . .	B. I., 131. oldal	TALI Bt. . . . .	223. oldal
LOMEX Kft. . . . .	139. oldal	2012-es RT évkönyv akció . . . . .	223. oldal



## »PIC mikrovezérlők alkalmazástechnikája« »PIC programozás C nyelven«

**Dr. KÓNYA LÁSZLÓ – KOPJÁK JÓZSEF**

„A harmadik kiadásban nem kevesebbre vállalkozunk, mint az olvasó számára kellő támaszt 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



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*

3800 Ft

16 €

22 USD

# MINŐSÉGI

## ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK MAGYARORSZÁGI RAKTÁRBÓL

- Elektronikai alkatrészek szállítása az ország egész területére
- A megrendelt árut már a következő munkanapon átveheti
- Több, mint 20000-féle raktáron lévő alkatrész közül válogathat
- Az általunk kiadott 750 oldalas katalógus segít Önnek a vásárlásban
- Ingyenesen küldheti rendelését a 06 80 824-610-es faxszámunkra



**Robtron Elektronik Trade Kft.**

**ret**  
elektronika

[www.ret.hu](http://www.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](mailto:info@ret.hu)

**ÜZLET**

**KISKERESKEDELMI ÉRTÉKESÍTÉS**

6721 SZEGED, Szent Miklós u. 9/a. Telefon: (62) 422-500  
Fax: (62) 422-596, E-mail: [uzlet@ret.hu](mailto:uzlet@ret.hu)

**IRODA**

**ÁRUKIADÁS**

1102 BUDAPEST, Kőrösi Csoma S. út 6/d. Telefon: (30) 226-8666  
E-mail: [budapest@ret.hu](mailto:budapest@ret.hu)

elektronikai alkatrészek raktárról