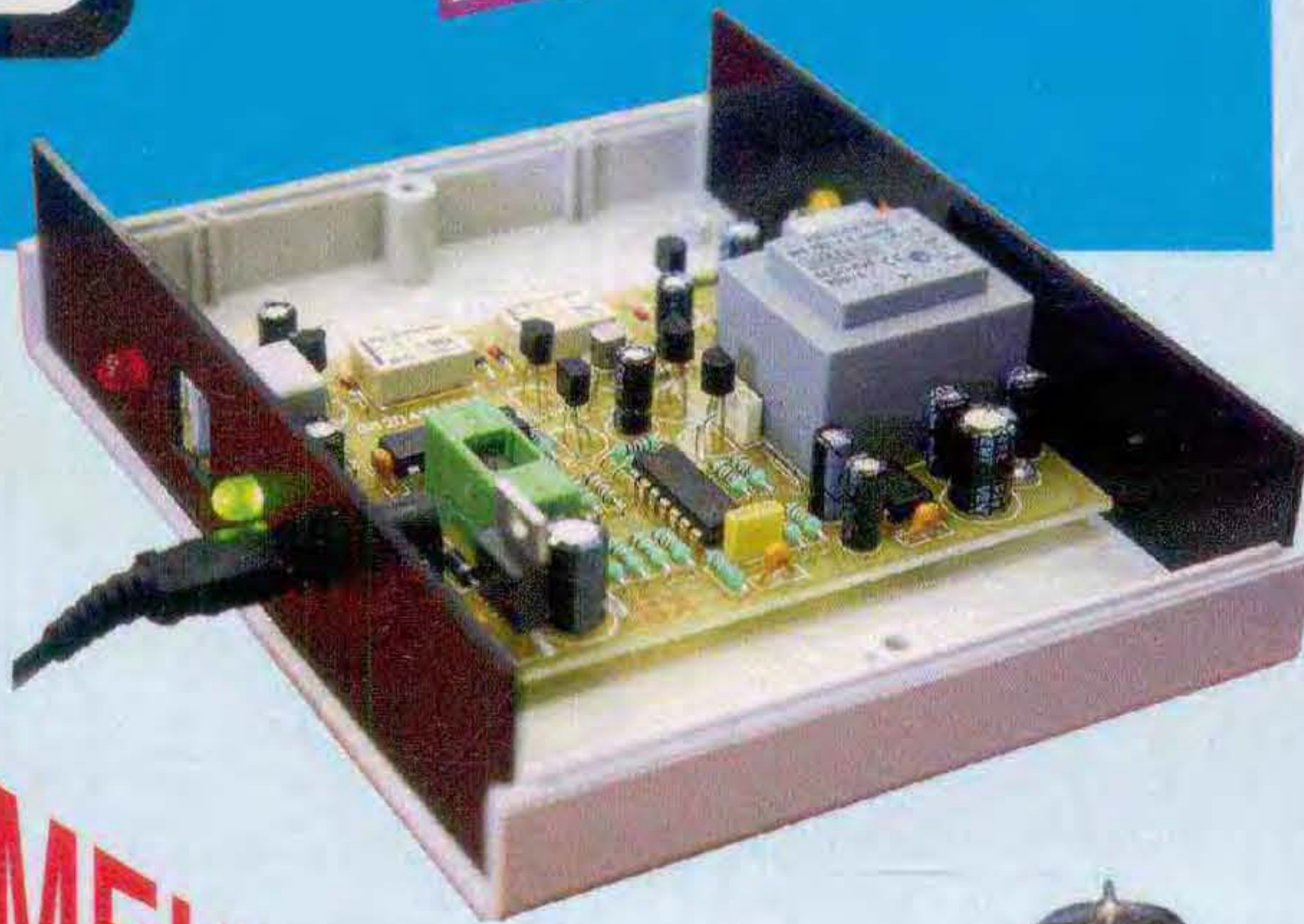
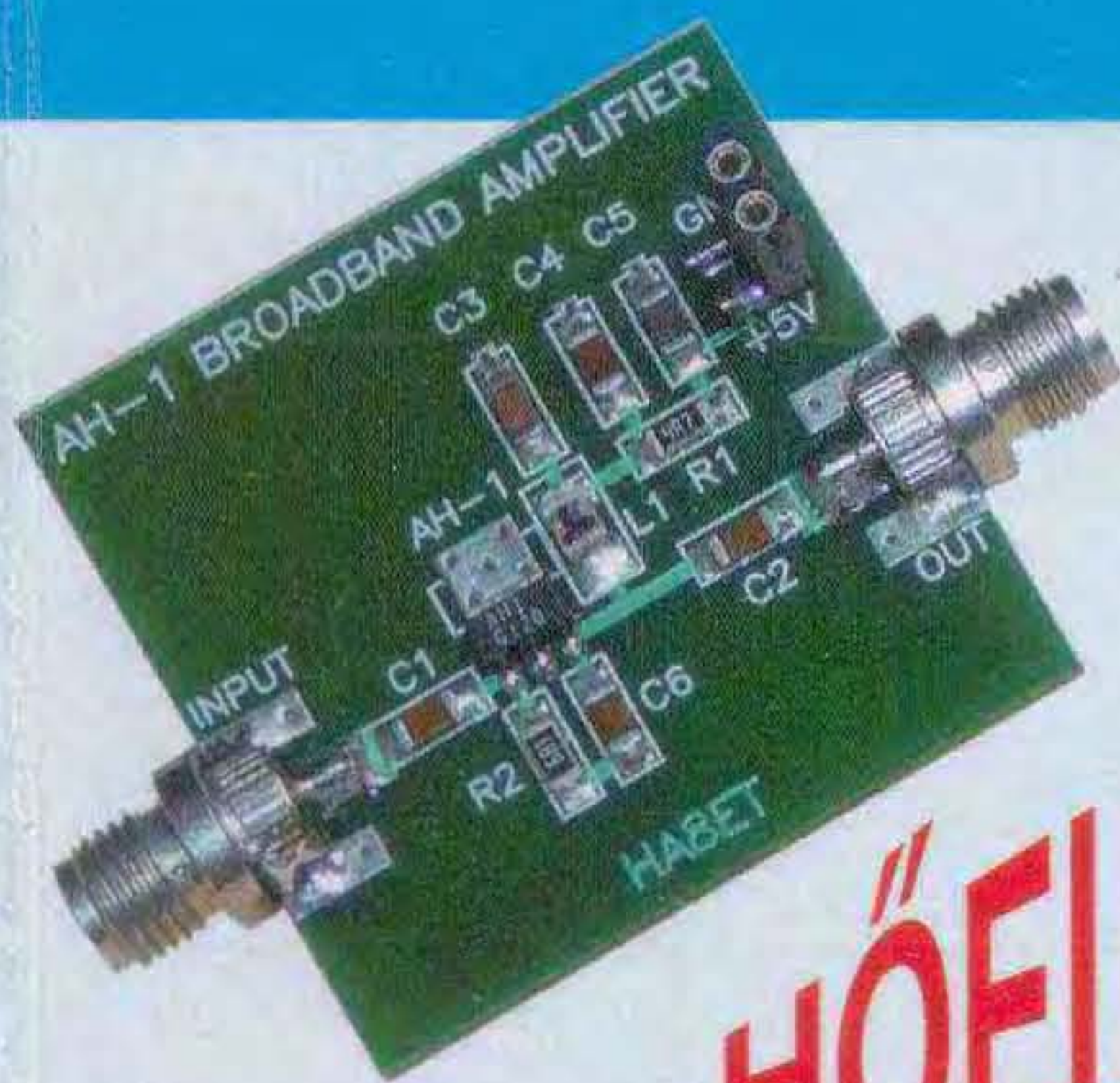


RÁDIÓ – TECHNIKA ÉVKÖNYVE 2010



HŐELEMEK

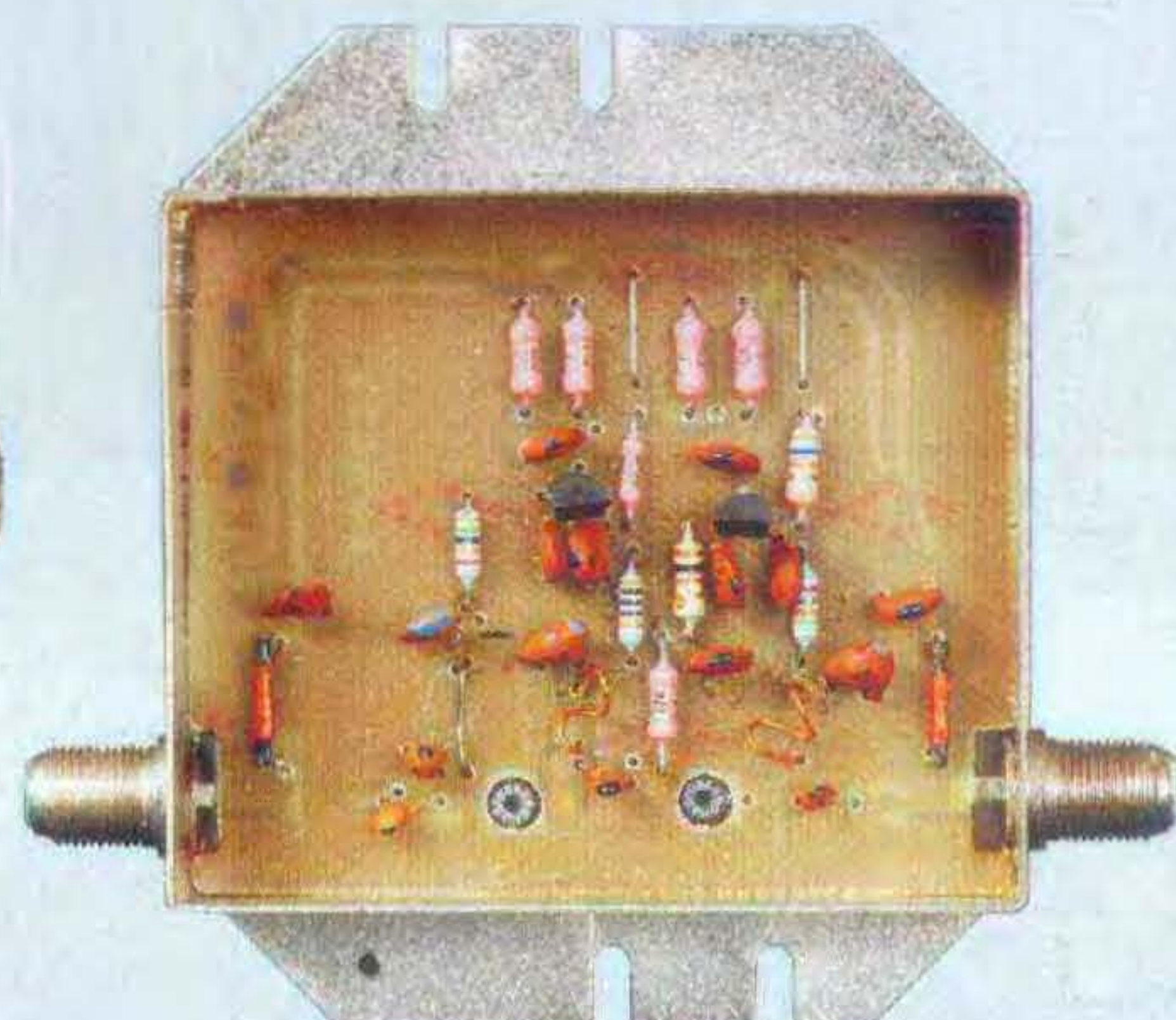
Mini-Test

grafikus
LCD-k

R-102
R-118



★ Rádiózavarás



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

Anico
HÍRADÁSTECHNIKAI, KERESKEDELMI 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

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

WEBÁRUHÁZ
www.soselectronic.hu
elektronikai alkatrészek
forgalmazása
csomagoltan
nagy raktárkészlettel
3527 Miskolc, Budai József.u.1.
tel:06/46/501 380 fax:06/46/501 389

QUAD 405

A világ legkisebb sleep-áramú mikrokontrollere: PIC® mikrovezérlők nanoWatt XLP-technológiával

Microcontrollers

Digital Signal
Controllers

Analog

Serial
EEPROMs



A Microchip nanoWatt XLP PIC® mikrovezérlői az iparág legkisebb áramfelvételével rendelkeznek sleep módban, ahol a kislevegyszású alkalmazások idejük akár 99%-át is töltik.

- **Hosszabb elem élettartam**

- Sleep áramfelvétel 20 nA-tól
- Brown-out Reset 45 nA-tól
- Watch-dog Timer 400 nA-tól
- Valós idejű óra és naptár 500 nA-tól

- **Különleges rugalmasság**

- 5 különböző kislevegyszású mód, mely javítja alkalmazása fogyasztás/teljesítmény arányát
- számos kislevegyszású felügyeleti áramkör, figyelmeztető és ébresztési forrás

- **Kibővített periféria készlet**

- integrált USB, LCD, RTCC és érintésérzékelő perifériák
- nincs szükség drága külső alkatrészekre

Következő alkalmazásánál használja ki még jobban elemei kapacitását!

1. Nézze meg a kislevegyszású alkalmazásokat összehasonlító videót
2. Tekintse meg az ingyenes, webes előadásokat és mintaalkalmazásokat
3. Töltse le a kislevegyszású megoldásokról szóló tippek és trükkök dokumentumot
4. Rendeljen alkatrészeket és fejlesztőeszközöket
www.microchip.com/XLP



Az intelligens elektronika a Microchippel kezdődik

chipCAD
DISTRIBUTION

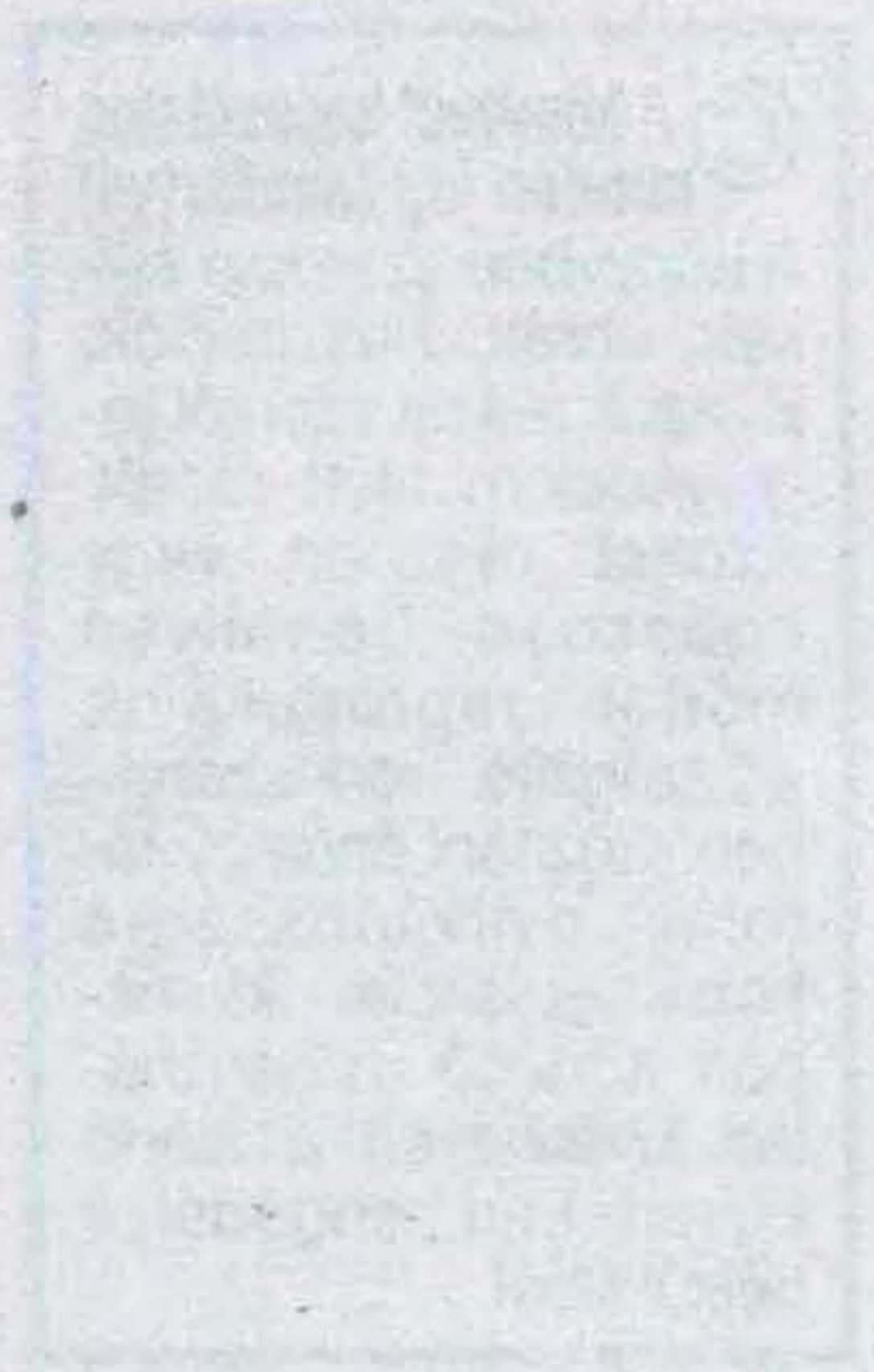
www.microchip.com/XLP

MICROCHIP

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

A Microchip név és logo, a Microchip logo valamint a PIC a Microchip Technology Incorporated bejegyzett védjegye az Amerikai Egyesült Államokban és minden egyéb országban. Az összes többi védjegy az illető cégek tulajdona.
© 2009, Microchip Technology Incorporated. Minden jog fenntartva! ME235Hun/08.09D

A RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE 2010



HU-1534 0551-0220

Szerkesztette:

Békei Ferenc főszerkesztő

okl. vill. üzemmérnök, HA5KU

Írták:

Balás B. Dénes távközlési technikus, HA8BDE

Békei Ferenc okl. vill. üzemmérnök, HA5KU

Bucsay István okl. villamosmérnök, HA9RR

Bus László okl. villamosmérnök

Diószegi Gyula villamosmérnök

dr. Fábián Tibor okl. villamosmérnök

dr. Madarász László okl. villamosmérnök

König Imre villamosmérnök

Mednyánszky László villamosmérnök, HA7VC

Nagy Gyula villamosmérnök, HA8ET

Nagymáté Csaba villamosmérnök

Pálinkás Tibor gépészmérnök

Plachtovics György műszeripari technikus

dr. Simoncsics László okl. villamosmérnök

Sipos Gyula okl. IC-szakmérnök

Vörös Tamás tanár

Tartalomjegyzék

Előszó	3
Rádiózavarás Közép- és Kelet-Európában (1948-tól 1988-ig)	4
Ismét a QUAD 405 erősítőről	14
Elektroncsöves gitár- és mikrofonerősítő, torzítóval és tremolóval	45
Grafikus LCD-k	71
Muzeális vevőkészülékek szakszerű restaurálása (12.) Rádióesztétika (3.)	90
Technikatörténet – évszámokban	102
Szilíciumdetektoros sugárzásmérő műszer	108
A hőelem, hőmérsékletmérés hőelemekkel	118
Kétállomásos kapcsolóközpont	139
A digitális technika a kezdetektől a digitális IC-ig	154
Nagyfrekvenciás erősítőkapcsolások (3.)	184
Szélessávú erősítő 50 MHz-től 1500 MHz-ig	195
„Mini-Test” - kilencsávú rövidhullámú vevőkészülék.	201
Katonai rádiók amatőrökben (8.) Az R-102 és R-118 adók végerősítő fokozatai.	207
Sok kis kapcsolás	222
Akciós 2011-es évkönyv-rendelés	223
Hirdetések	224

© A könyvvel kapcsolatos minden jog fenntartva!

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

Kiadja:

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, 2009 www.aduprint.hu

Felelős vezető: Tóth Éva ügyvezető igazgató

HU-ISSN 0557-6229

Előszó

A „Rádiótechnika” folyóirat évkönyveinek ezen legújabb, XLIII. kötetében – hagyományainkhoz híven – alapvetően a rádió adás-vétel technika, a műszer- és mérés technika és az általános elektronika területéről adunk cikkösszeállítást.

A 2010-es évkönyvünk anyagai között néhány téma több év után úm. újra visszaköszön. Természetesen az időközben történt változásokat követő, bővített és erősen átdogozott, modernizált írásokkal találkozunk majd a kedves olvasó. E helyt most két, bizonyára újfent nagy érdeklődést kiváltó, retrotémát emelnénk ki. Évkönyvünk indító írásában *Balás B. Dénes* távközlési technikus az egykori „szocialista tábor” rádiózavarását ismerteti a legújabbban hozzáférhető adatok alapján. A minden korban örökzöld QUAD 405 erősítőt *Sipos Gyula* okl. IC-szakmérnök, a téma hazai irodalmának doyenje mutatja újra be, a tőle megszokott, élvezetes egyedi stílusban. (Cikkét több folytatásban hozzuk, de annak mindegyik része megáll majd a lábán.)

A 2010-es évkönyvünkben – egyebek mellett – ismét jelentkeznek a szokásos állandó rovatok: az alkatrész-alkalmazás, a hangtechnika, a számítástechnika, a háztáji elektronika és az amatőr rádiózás.

Kedves Olvasóink! Legújabb kötetünk széles témaválasztékához kellemesen hasznos évkönyvlapozgatást kíván

A szerkesztőség



S.O.S. electronic katalógus

S.O.S. electronic

elektronikai alkatrészek forgalmazása csomagküldés nagy raktárkészletről

WEBÁRUHÁZ www.soselectronic.hu 3527 Miskolc, Budai József u.1. tel: 06/46/501 380 fax: 06/46/501 389

Rádiózavarás Közép- és Kelet-Európában (1948-tól 1988-ig)

Balás B. Dénes távközlési technikus, HA8BDE

A XXI. század európai rádióhallgatói már nem találkozhatnak azzal a jelenséggel, amikor kedvenc rádióműsorukat gépzúgáshoz hasonló erős hang nyomta el, tette élvezhetetlenné. A rádióműsorok zavarása létezett a II. világháború előtt is, de az legfeljebb egy-két rádióállomás elnyomására terjedt ki. Az a méreteiben hatalmas zavaróhálózat, mely az 1950-es években, a nyugati és keleti világrészek politikai szembenállása okán jött létre, példa nélküli a politikai és a technikai történelemben. Ennek ellenére nagyon kevés információ jelent meg róla, kevesen találták fontosnak, hogy dokumentálják.

Tudomásunk szerint 2008-ig a Rádiótechnikán kívül csak Litvánia jelentett meg információt. A Litván Rádió és Litvánia volt távközlési minisztere vállalta fel, hogy ismertesse ezt az annak idején szigorúan titkos tevékenységet. Legtöbb adatot természetesen Litvániából és a volt Szovjetunióból közöltek, Magyarországról szinte semmit, majd 2009-ben Észtországból is megjelent néhány fénykép és szöveges információ. Ezen információk felhasználásával igyekszünk képet adni a Szovjetunió és néhány kelet-európai ország „rádióvédelméről”.

A magyarországi rádiózavarásról

A Rádiótechnika évkönyve 2002-ben már irtunk a hazai rádiózavarásról, természetesen csak az akkor rendelkezésre álló információk mértékéig. Az évkönyv megjelenése után többen jelentkeztek olyanok, akiktől sikerült további adatokat kapnunk a magyarországi rádiózavarás egyes momentumairól.

Talán a legérdekesebb néhai *Érsek János* levele volt, melyben egy kezdetleges zavaróadót mutatott be, vélhetően 1948-ból. A gépelt lap néhai *Malcsiner Ferenc* rádiómérnök-rádióamatortól származik, és a lapon többek között egy adóberendezés képe látható a székesfehérvári rádióállomáson, az egykori gépadó márványtáblájának a helyén (1. ábra). *Lukács Árpád Pál* (USA) levélből tudom, hogy *Malcsiner Ferenc* a háború után a Standard adóosztályának tervezőmérnöke volt, így az adóberendezéssel kapcsolatos közlés hitelesnek tekinthető. A képen szemben látható adó a Standardnál készült, tervezője *Sárközy Géza* okl. gépészmérnök.

Az adó valószínűleg kísérleti példány volt és mivel a kisadók gyártása a Philips feladatköréhez tartozott, fejlesztése a Standardnál lekerült a napi-

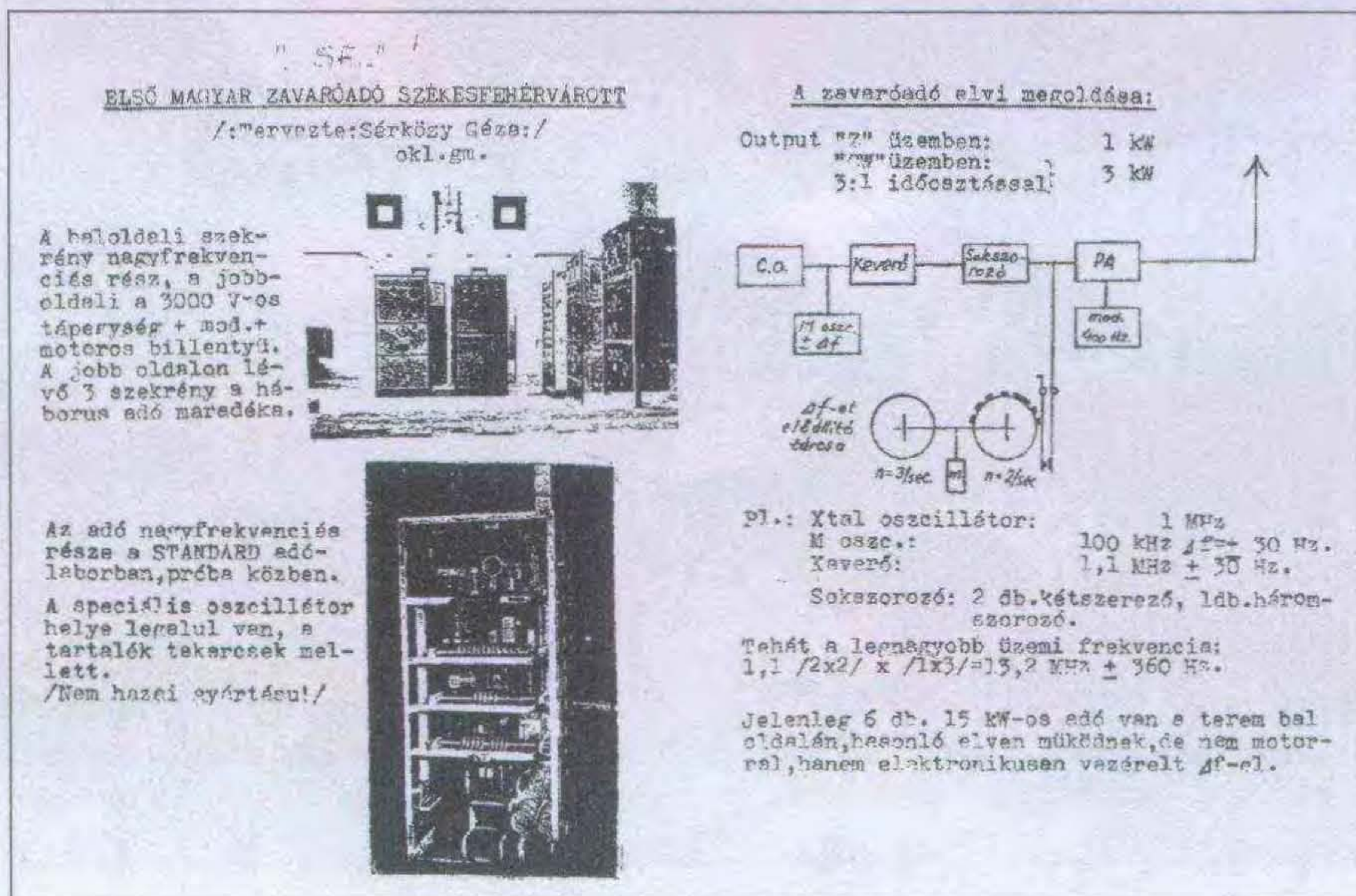
rendről. Teljesítménye zavaróüzemben 1 kW, táviróüzemben 3:1 arányú időosztásnál 3 kW volt. A végfok 3 kV-os tápegysége, valamint a modulátorrész a motoros billentyűvel a jobb oldali szekrényben, a nagyfrekvenciás egységek a bal oldaliban nyertek elhelyezést.

Az adó meghajtása kvarcoszcillátorról, egy segédoszcillátor-jel hozzákeverésével indult. A 100 kHz-es segédoszcillátor frekvenciáját lassan forgó tárcsa, egy kondenzátor segítségével, másodpercenként háromszor, ± 30 Hz-cel elhangolta. Ugyanez a mechanizmus, ami a tárcsát forgatta, a végfokot is billentyűzte és kb. percenként adta az adó azonosító jelét. Ez *Érsek János* szerint a székesfehérvári adó esetében az „SF” betűkombináció volt. A keverőfokozat után két kétszerező és egy háromszorozó fokozat sokszorozta az oszcillátor frekvenciáját. Az elérhető legmagasabb frekvencia 13,2 MHz (25 m) lehetett. A frekvenciamoduláción kívül a végfok még külön amplitúdómodulált volt 400 Hz-cel.

Ez az adó végeredményben mindent tudott, amit az '50-es években egy zavaróadónak tudnia kellett, ennek ellenére a Székesfehérváron telepített új 15 kW-os Philips adókat, a mechanikus FM-löket létrehozásánál korszerűbb, elektromos modulátorral szerelték fel, melyek A1, A2 és A3 üzemmódon kívül zavarásra is fel lettek készítve.

Az 1 kW-os Standard zavaróadóról másutt nem találtam említést, sem *Garai László*, sem *Sugár Gusztáv* nem említi másodikként, A néprádiótól a színes televízióig című könyvében.

Az információ azért is érdekes, mert kiderül belőle, hogy hazánkban a rádiózavarásra készülés nem 1951-ben kezdődött a Szabad Európa Rádió (a továbbiakban: SZER) megjelenésével, hanem jóval korábban, vélhetően 1948-ban. Az időpont meghatározásában segített, hogy ettől az adóberendezéstől jobbra, az 1932-ben telepített 25 kW-os RH Standard adó kibevezett szekrényei láthatók, akkor még nem szállították el azokat, a szövegben viszont megemlítik az adóterem bal oldalán, 1949-ben telepített 6 db 15 kW-os



1. ábra



2. ábra

Philips adót (3 db hosszú-, illetve a másik 3 rövidhullámú kivitelben).

További érdekesség, hogy sikerült fényképet találni a tárnoki vevőállomás zavarásirányító részlegének Redifon R-50 vevőkészülékeiről (2. ábra). A Redifon cég 1946-47-ben kezdte működését és a kor egyik legjobb kommunikációs vevőkészülékét gyártotta. Általában tengerjáró hajók rádióállomásait szerelték fel ezekkel, de hazánkban a Postán kívül a Néphadsereg Felderítő Szolgálat (RAF) is vásárolt belőlük.

Dr. Révész Bélának, aki a szegedi József Attila Tudomány Egyetemen társadalomtudományi kutatásokat végzett, még sikerült megszólaltatnia Gogolyák Gusztávot, aki 1956 októberéig állt a zavarásirányító szolgálat, a Budapest 118. Postahivatal élén. Gogolyák úr visszaemlékezéséből egyetlen, 1956-os időpillanatot emelnék ki:

„Ahogyan 1956 októberében alakultak az események, különösen ahogyan a Rádiónál elkezdődött és folytatódott, az egy nagyon komoly intő jel volt számomra, hogy megfelelően intézkednem kell. Az embereket és a berendezéseket kellett a lehető legjobban megóvni, megvédeni. El lehetett képzelni, hogy a zavaróállomások ellen megy a tömeg. Ezért leadtuk a közvetlen vonalon a hírt: »becsukni a boltot«, amit lehet azt megsemmisíteni – ott is voltak kimutatások, egyebek –, amit lehet kikapcsolni és az emberek vonuljanak el! Ez körülbelül ötven embert



3. ábra

érintett. A szovjetek felé jeleztem, hogy a vonalat kikapcsolták, áramtalanították. Ők, ahogy figyeltem, amennyire tudtak, továbbra is zavartak, visszajelzés nélkül is. Tőlünk viszont semmi nem ment kifelé, mi abszolúte leálltunk 24-ére virradó éjjel, ettől kezdve nem dolgoztunk. Elmentem a Horváth Mihály térre és elküldtem a gyerekeket haza.”

Így az 1956-os magyar forradalom alatt helyi rádiózavarás nem működött. A leírt félelem nem volt alaptalan, Lengyelországban a poznani zavaróállomást a feldühödött vagy inkább felbízott tömeg lerombolta.

Nemrégem a nyíregyházi rádióállomáson, ahol múzeumi darabként a régi épületében őrzik a 25 kW-os Standard középhullámú műsorszóró adót, személyes élményként találkoztam a zavarás technikájával. Lefényképeztem a meghajtó- és végfokozatok rezgőkörében megmarad azon a színjelzéseket, amelyek a frekvencia-átterésekhez nyújtottak segítséget a kezelőknek, ugyanis műsoridőn kívül az Amerika Hangja (Voice of America, a továbbiakban VOA) vagy a SZER adásait kellett hogy zavarják. Az adó kezelőasztala és műszertáblái a 3. ábrán, a meghajtófokozat fülkéje a 4., a színjelöléses tekercesek az 5. ábrán láthatók. Az egyes színek zavarandó frekvenciákat jelentettek.

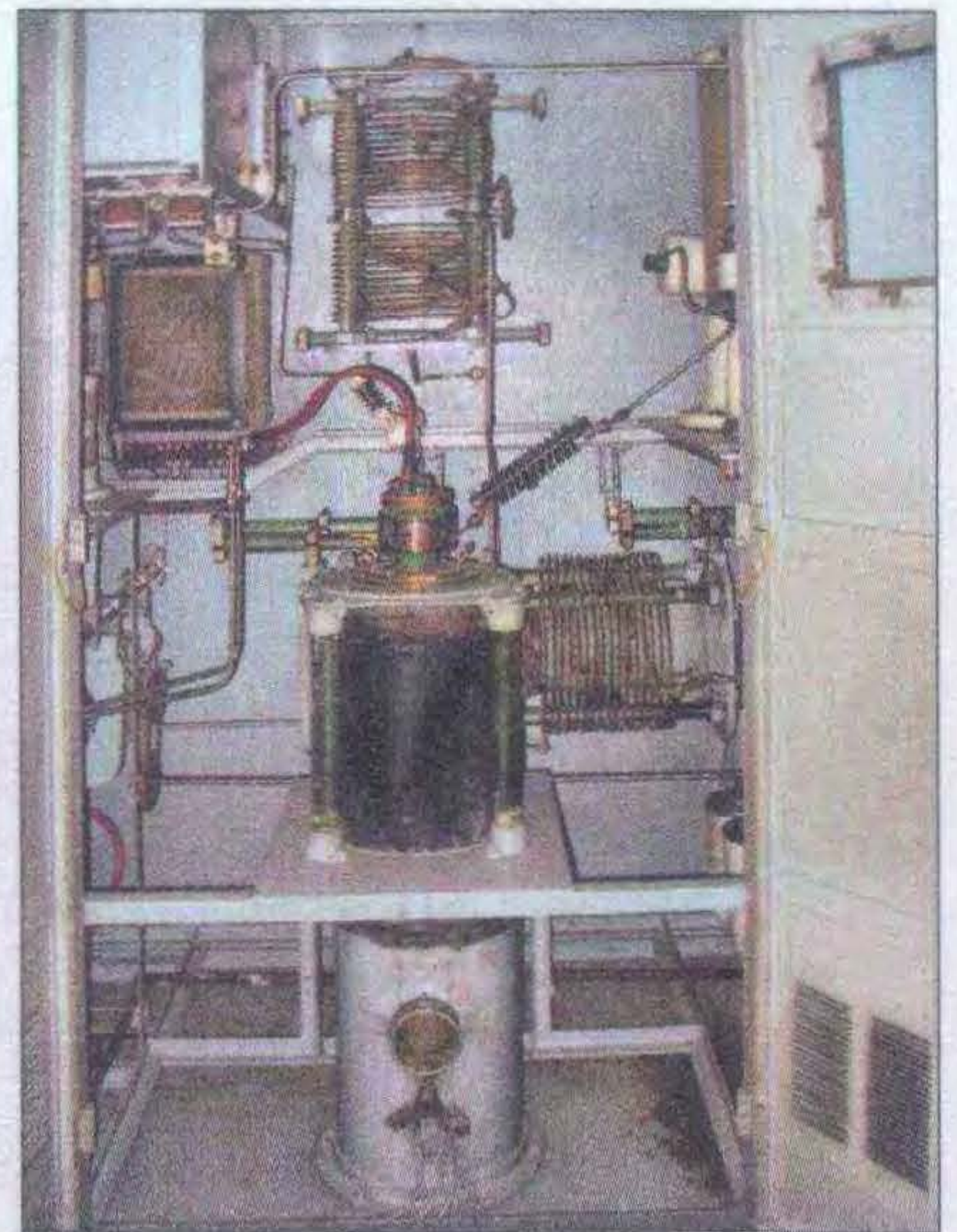
A kezelők mesélték, hogy a zavarásirányítók már nem a frekvenciát mondták be, hanem csak a színt: hangoljanak kékre vagy sárgára!

Egy levél kapcsán, melyet a portugáliai SZER-adások egyik részvevője, Pape István az Országos Széchenyi Könyvtár Szabad Európa Rádió Gyűjteménye részére írt, betekintéshez jutottunk a legjobban zavart műsoradások problémáiba is. Íme:

„A Radio Free Europe(nak) Münchenben volt a szerkesztősége és a kisebb adói. Portugáliában voltak a nagyadók. Itt egy társaság lett alapítva: RARET Sociedade Anonima de Radio-Retransunissao Agencia de Informacao SARL. Röviden mindenki csak RARET-nek hívta.

Két telket vettek az adók (és vevők) részére kb. 50 km-re Lisboától. A vevők „Machuqueira”, az adók „Gloria” helységek mellett voltak (úgy 10 km-re egymástól). Ezenkívül Lisboában egy nagy garage II.-ik emeletén stúdiók és irodák részére (kb. 1000 nm-t).

1951-ben léptem be a Magyar osztályba egy másik itt élő magyarral. A



4. ábra

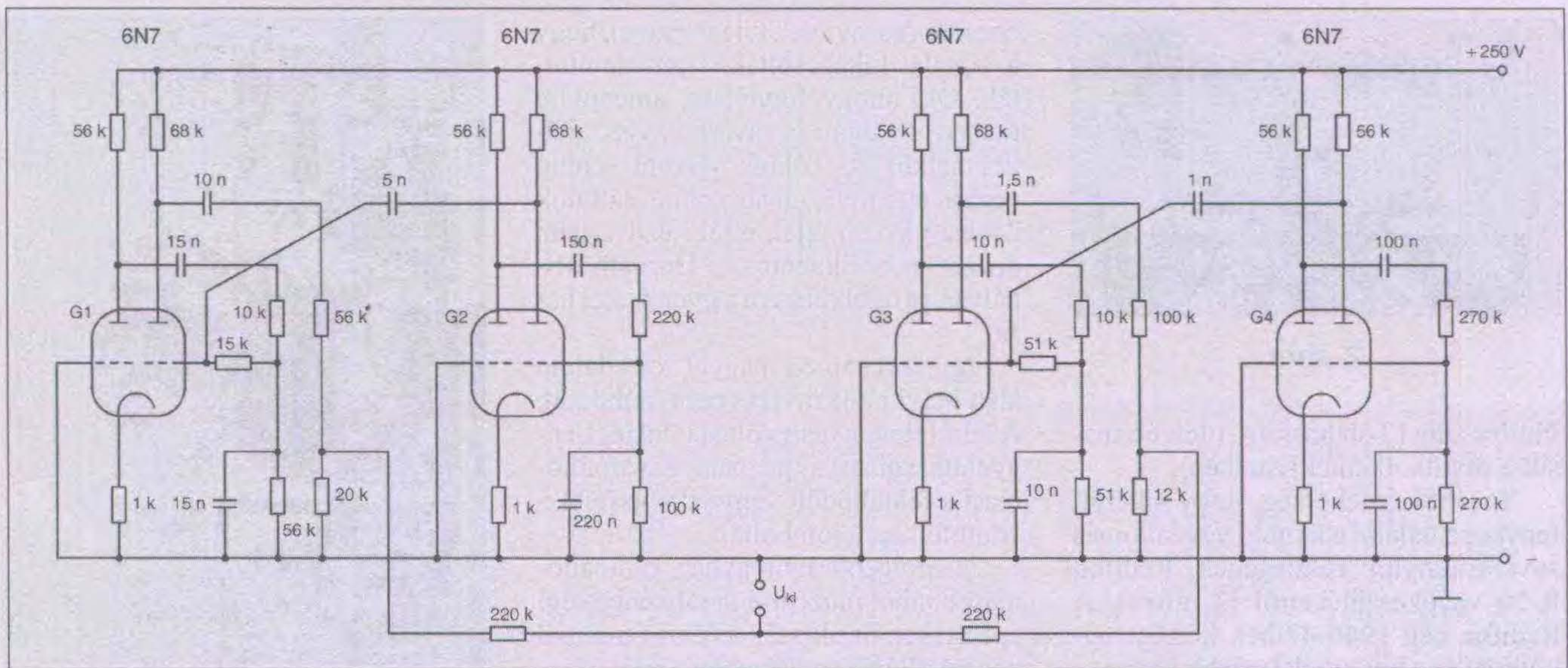
csehek 2 fővel már szintén dolgoztak. A végén, 1965-ben volt 5 magyar, 5 cseh, 5 lengyel és 1 román munkatárs, „Supervisor de Programas” volt a beosztásunk.

Kezdetben az adások ideiglenes barakkokból kezdődtek, kint az adók mellett. Az adás így történt: délelőtt Machuqueirára (a vevőállomásra) mentünk, illetve vittek a mi portugál assistenseink. Ott szalagra vettük a Münchenből felénk irányított adást. Délután átutaztunk Gloriába, ahol a felvett programokat pontos órabeosztással, Münchennel egyszerre adtuk le. Csak a hírek, melyek minden órában, órákor lettek leadva, jöttek kis idővel minden óra előtt, néha szimultán is. Voltak nem időhöz kötött programok, azok postán vagy futárral jöttek Münchenből, néha az USA-ból.

A mi munkánk abból állt, hogy Machuqueirában identifikáltuk a magyarul és Münchenből jött adást, ha volt zavarás, légi zavarás, de főleg a kommunisták által csinált jamming, akkor mi kértük, hogy ismételjék meg.



5. ábra



6. ábra

Több hullámhossz állt rendelkezésre és a portugál technikusok állandóan keresték a tiszta hullámhosszakat. Az telexen ment a müncheni adóhoz és máris váltottunk hullámhosszat. Kicsit macska-egér játék volt. Mi például tudtuk a programokat összevágni, illetve kivágni, kérve az első perceket vagy a végét. Ha semmiképp nem ment, volt úgynevezett stand-by programunk, főleg zene, ami postán jött.

Eleinte a magyar adás Gloriában egy katonai rádiós kocsiban volt. Óra-beosztásunk az volt, hogy egyikünknek, egy magyarnak (csehnek is) éjjel-nappal a terepen, ill. az adók közelében kell lennie. Volt egy kedves „solar” a két adó között egy faluban, ahol aludtunk és étellel is elláttak.

Mi magyarok úgy intéztük, hogy 4 nap és 4 éjjel egyikünk kint volt a terepen és 4 nap és 4 éjjel szabadok voltunk. (Vasárnap, ünnepnap nem számított.) Kis autók vittek-hoztak az adók között az éjjeli szólásra stb. Így éltünk és dolgoztunk, ha jól emlékszem 4-5 hónapig.

Közben épültek a nagyadók és Lisboában a stúdiók. Azután kezdődött a második szakasz. Volt egy szép stúdió, ahol mindent tudtunk csinálni. Állandóan volt két portugál segítségünk és egy program-assistent. Tudtunk felvenni, ami Münchenből jött, persze fő volt az adás.

A technikai berendezések jobbak lettek, főleg az adók és vevők vonalán. Nöttek az adók, számban és erőben Gloriában. Azt állították, hogy ilyen nagy és erős adócsoport Európában

nem volt több, azt is mondták – ez talán túlzás volt –, hogy annyi áramra volt szükség, mint Coimbra városának.

Mi tulajdonképpen sosem adtunk előszóval (bár be voltunk persze rendezkedve), csak nagyon ritkán, ha pl. Münchenből volt itt kommentátor. Azért mégis megemlítem, hogy Sztalin halálát, (1953. márciusban) innen adtuk elsőnek és előszóval. Hajnalban ugrasztottak ki ágyamból, kezembe nyomtak egy rövid szöveget, mely telexszel jött és már is mondanom kellett, így ment ez a hír Magyarországra. Többször leadtuk a hírt zeneműsorrall, míg aztán megindult a müncheni szerkesztőség.

Idővel technikailag nagyon fejlődünk, az orosz, ill. magyar zavarás (jamming) is kevesebb lett. (A jamming is sok pénzbe került.) A Free Europe Radio rájött, hogy az elvesztett adások minimumra csökkentek és a mi munkánk lassan feleslegessé vált. Elkezdtek tükörrendszerrel dolgozni, kihagyva a mi szereplésünket. 1965-től a nyelv-supervisorokra már nem volt szükség, így az én munkám is befejeződött.”

Pape István visszaemlékezéséből kiderül, hogy a keleti zavarótevékenység nem csak a magyar területre sugárzott adásokat célozta meg, hanem figyelte a Münchenből Gloria felé sugárzott „szolgálati” adásokat és azok vételét is igyekezett lehetetlenné tenni.

Egy érdekesség: a SZER iratanyagának az Országos Széchényi Könyvtár adott otthont, még idejében, mielőtt az a szemétre került volna.

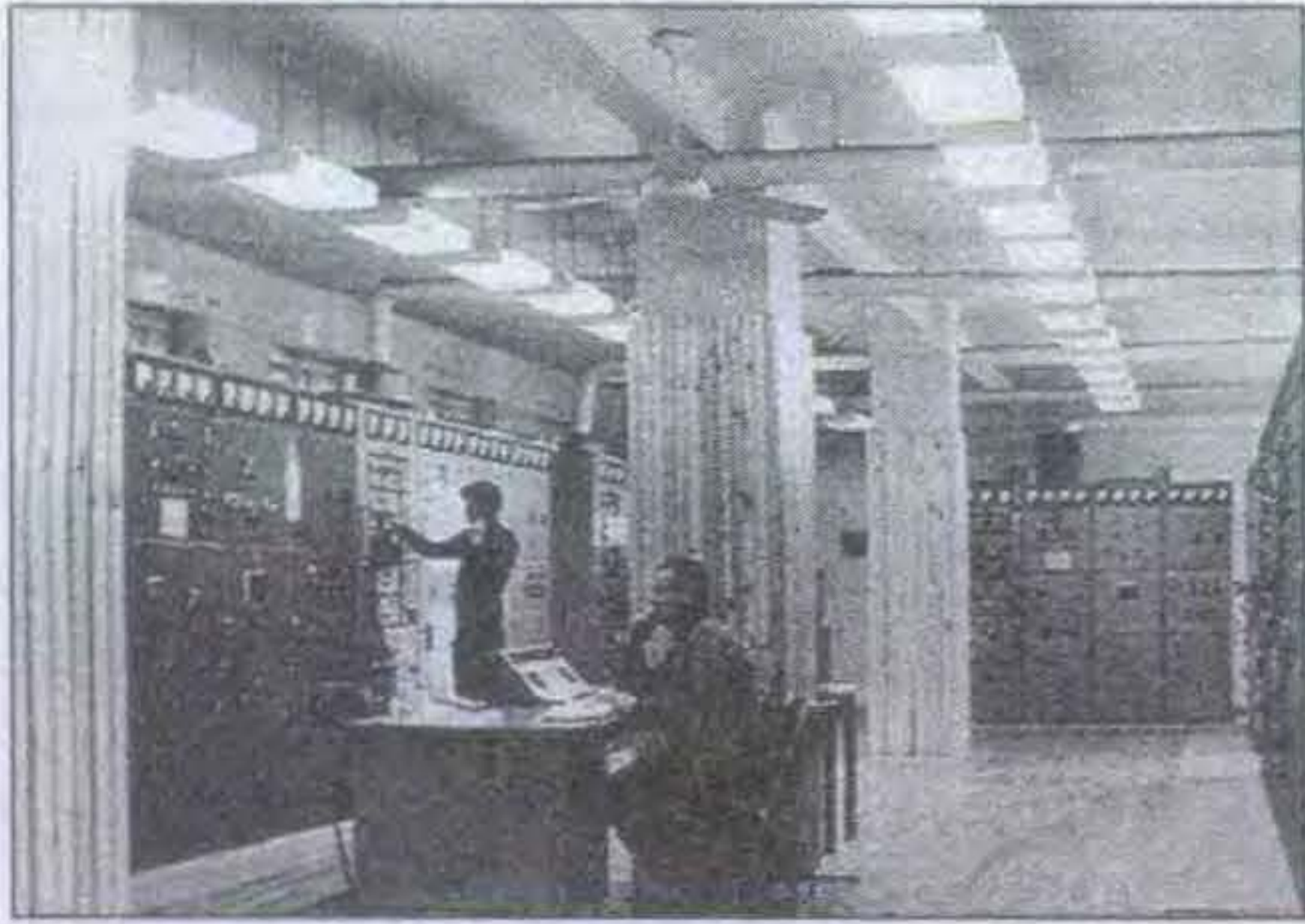
Rádiózavarás a Szovjetunióban

Rymantas Pleykis, aki korábban távközlési és informatikai minisztere volt Litvániának, 1998-ban jelentette meg Jamming című könyvét. Egy kivonatossá vált cikke a Baltic Radio Waves támogatásával került nyilvánosságra, elsősorban az internetre. Pleykis és az észti I. Hallas közleményeiből sikerült először képet kapni a Szovjetunió polgári rádiózavaró tevékenységéről. Azonban a hatalmas zavaróhálózat nem csak helyileg, hanem időben és technikailag is szétagolt volt, így csak arra vállalkozhattunk, hogy felvillantunk egy-egy képet, információt a több ezerből.

Akárcsak hazánkban, a szovjet zavarás előzményei is már a háború előtt kezdődtek. Az 1920-as évek végén Berlin indított zavaró adást a Radio Komintern (Moszkva) programjai ellen, majd 1931-ben a Szovjetunió zavarta a Rómán Rádiót, 1940-ben pedig a Vatikáni Rádió litván nyelvű adásait. 1941-től 1945-ig az éterben is harcoltak egymással a németek és a szovjetek. A németek Moszkva és London hullámhosszán rövid, ellenséges kommentárokat adtak, a szovjetek feleltek azokra.

A BBC orosz nyelvű szolgálata 1946. március 24-én indult, majd a VOA első orosz nyelvű adása 1947. február 17-én hangzott el egy 85 kW-os adóról Münchenből.

A külföldről sugárzott orosz nyelvű rádióműsorok erős zavarását a Szovjetunió 1948. február 3-án indította el a VOA ellen, majd 1948. április 13-án a



7. ábra

BBC zavarása is megkezdődött. Pár év alatt a szovjet zavaróállomások szervezete egy igazi óriássá, monstrummá fejlődött, a legnagyobb ilyen hálózattá a világon.

A szovjet zavaróhálózatot az Össz-szövetségi Távközlési Minisztérium II. Osztálya igazgatta, melyet 25 éven keresztül *Natalia Krestyaninova* vezetett. (A minisztériumon belül nem mondták ki a szót, hogy zavaróosztály, hanem tapintatosan „Krestyaninova szekció”-ról beszéltek.) A '80-as években Krestyaninova 2500-3000 zavaróadó felett diszponált, melyeket mintegy 5000 alkalmazott működtetett.

A Szovjetunió és kelet-európai szövetségesei 6 típusú zavaróhangot használtak:

1.) A blokkon kívüli „többnyire szovjet-ellenes” állomások ellen egy széles spektrumú elektronikai zaj volt használatos. Az RFE/RL (Radio Free Europe/Radio Liberty), Izrael Hangja és Radio Tirana adásainál volt tapasztalható a zavarásnak ez a típusa.

2.) 1964. augusztus 3-tól indult a „Radio Mayak” program, frekvenciamodulációs módszerrel sugárzott – nagy interferencia forrásként – eltorzítva a vevőkészülékeken néhány olyan műsorszóró állomásnak a hangját, mint a VOA, BBC, Deutsche Welle és Radio Peking. Ezeket mint „szürke propaganda” adóállomásokat kellett zavarni.

3.) 1976-ban a szovjetek használni kezdték a beszédhasonlító jelet. Orosz férfi és női bemondók hangját vették magnetofonra és játszották vissza zavaróhangként a nyugati bemondók hangjára. A hasonló hangcsengés miatt nehezen vált érthetővé az eredeti szöveg.

4.) A lengyel RFE/RL szolgálatot 1971-80-ig különleges módszerrel zavarták: csak könnyű hangszeres zenét adtak, egyszerre alkalmazva AM és torzított FM üzemmódot.

5.) Kelet-Németország belföldi középhullámú rádióprogramokat sugárzott úgy, hogy néhány száz hertzre han-

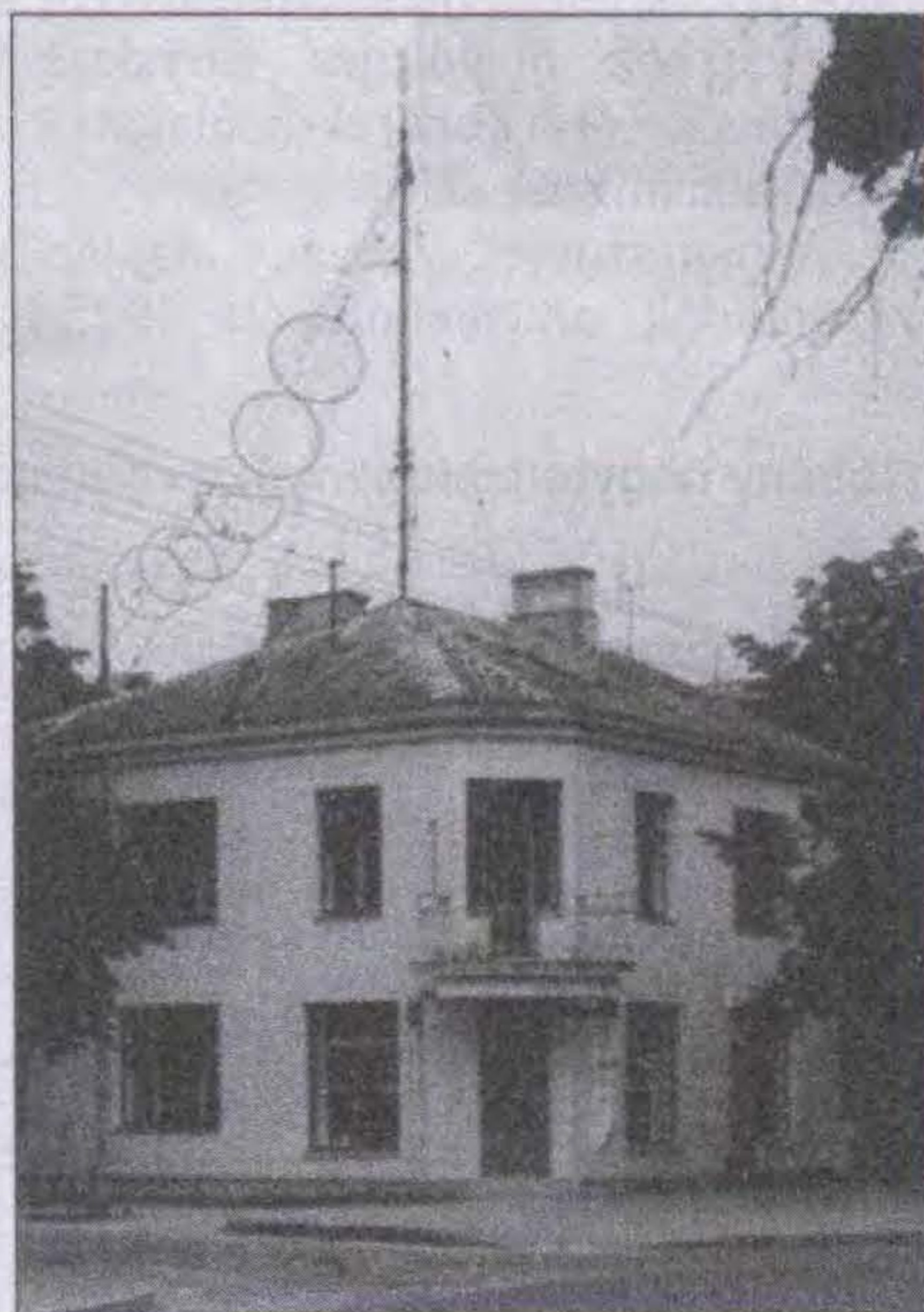
golták az adókat a RIAS frekvenciájától.

6.) Csehszlovákia a vobler-elvvel ismert lengő vivőhullámot alkalmazta AM adóknál az RFE/RL zavarásához.

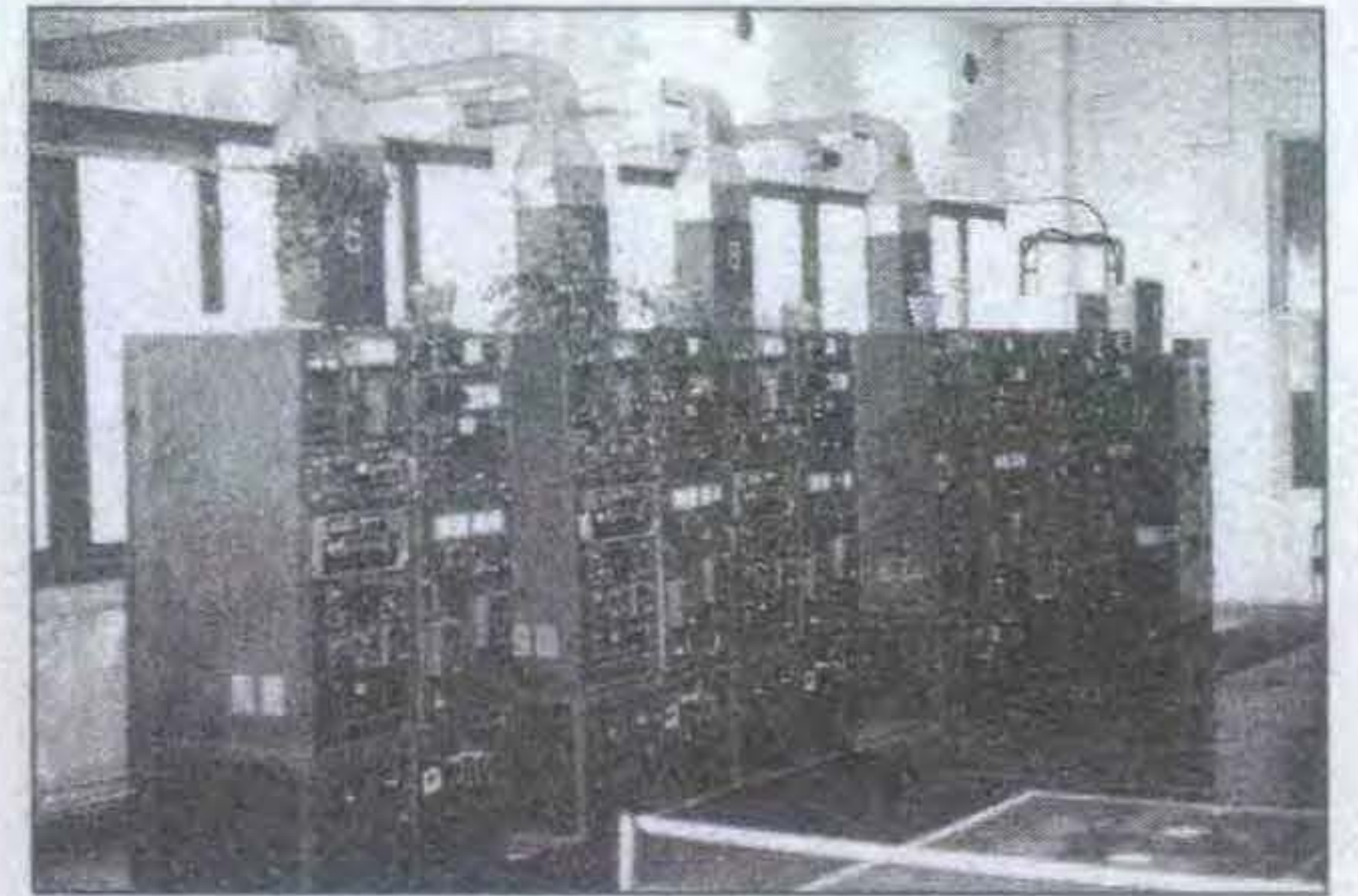
A zavarógenerátor működését I. Hallas ismertette. A GMD (Generator Meshajuscsego Deitsvija) típusú készülék 4 jelet állított elő: 135 Hz, 320 Hz, 3 Hz és 5 Hz frekvencián. A 135 és 320 Hz-es jelek képezték az alulfrekvenciákat, ezek adták a zavaró hangot, a 3 és az 5 Hz pedig kismértékű frekvenciamodulációt hozott létre az oszcillátornál. A GMD készülék kapcsolási rajzát a 6. ábra mutatja.

I. Hallas leírta az észtországi zavaróállomások humánszervezetét. Vélhető, hogy a Szovjetunió más körzeteinek rádiókezelő személyzetét hasonló módon válogatták össze. Egy adóállomás (objektum) vezetője: felügyelői rangban, orosz nemzetiségű, párttag asszony, speciális főiskolai végzettséggel. Vezetőtechnikus: rádiótechnikus férfi, nem párttag, a Tallini Elektromechanikai Technikumi végzettséggel. Váltószemélyzet: 12 órás váltásokban két technikus, négy váltásban összesen nyolc technikus dolgozott. A technikusok fele észti, fele orosz volt. Többen párttagok, de nem mindenki.

A zavarásirányító és ellenőrző állomások vezetője: felügyelői rangban, észti férfi, technikumi végzettséggel. Párttagságáról nincs információ. Zavarásirányító váltószemélyzet: 12 órás váltásokban három operátor váltásonként, négy váltásban összesen 12 ope-



8. ábra



9. ábra

rátor dolgozott, ebből 11 orosz asszony, 1 észti férfi.

Helyi zavarás

1986-ban a Szovjetunió 81 nagyvárosában voltak telepítve zavaróközpontok. A helyi zavaróadók teljesítménye 1-20 kW között változott, állomásonként 10-20 db adóberendezéssel. Antennaként függőlegesen vagy 45°-ban elhelyezett többszörös huzaldipólokat használtak. A zavaróhullámok tényleges hatókörzete 30 km körül alakult.

A Szovjetunió területén helyi zavarást végző adóberendezések számát összesen mintegy 1200-1300-ra becsülik. Ebből például Litvániában 60 db, Belorussziában 90 db és Ukrajnában 300 db adó működött.

A balti államokban tökéletesebb zavarást próbáltak létrehozni, itt volt a lakosság számához viszonyítva a legtöbb zavaróadó (17 db/millió fő).

A kisteljesítményű zavarókat „60” és „600” sorozatszámokkal jelölték, pl. „Nr. 600-as objektum”, az óriásokat „800” sorszámokkal. Egy-egy központ helyi zavarást végző adóállomásból és a városban elhelyezett zavarásirányító-ellenőrző vevőállomásból állt. Ez utóbbiakat „bürónak” (irodának) nevezték.

Például Litvániában öt zavaróközpont működött. Vilniusban az „Object Nr. 600” adóállomás KV-5 típusú orosz adókkal (7. ábra), és a város egy másik helyén az ellenőrzőállomás (8. ábrán). Kaunasban az Nr. 603-as objektum, Klaipėdában az Nr. 61 objektum. A Panavėžys melletti állomás 10 db szovjet, VIAZ-M2 típusú, 5 kW-os rövidhullámú adóval működött (9. ábra). Egy kaunasi ellenőrző-zavarásirányító munkahelyet a 10. ábra mutat. Sitku-naiban pedig egy 500 kW-os középhullámú „óriás” műsorszórót fogtak be zavarásra.

Az észtországi Tallinban (Laitse?) az Nr. 602-es objektumban 10 db 4



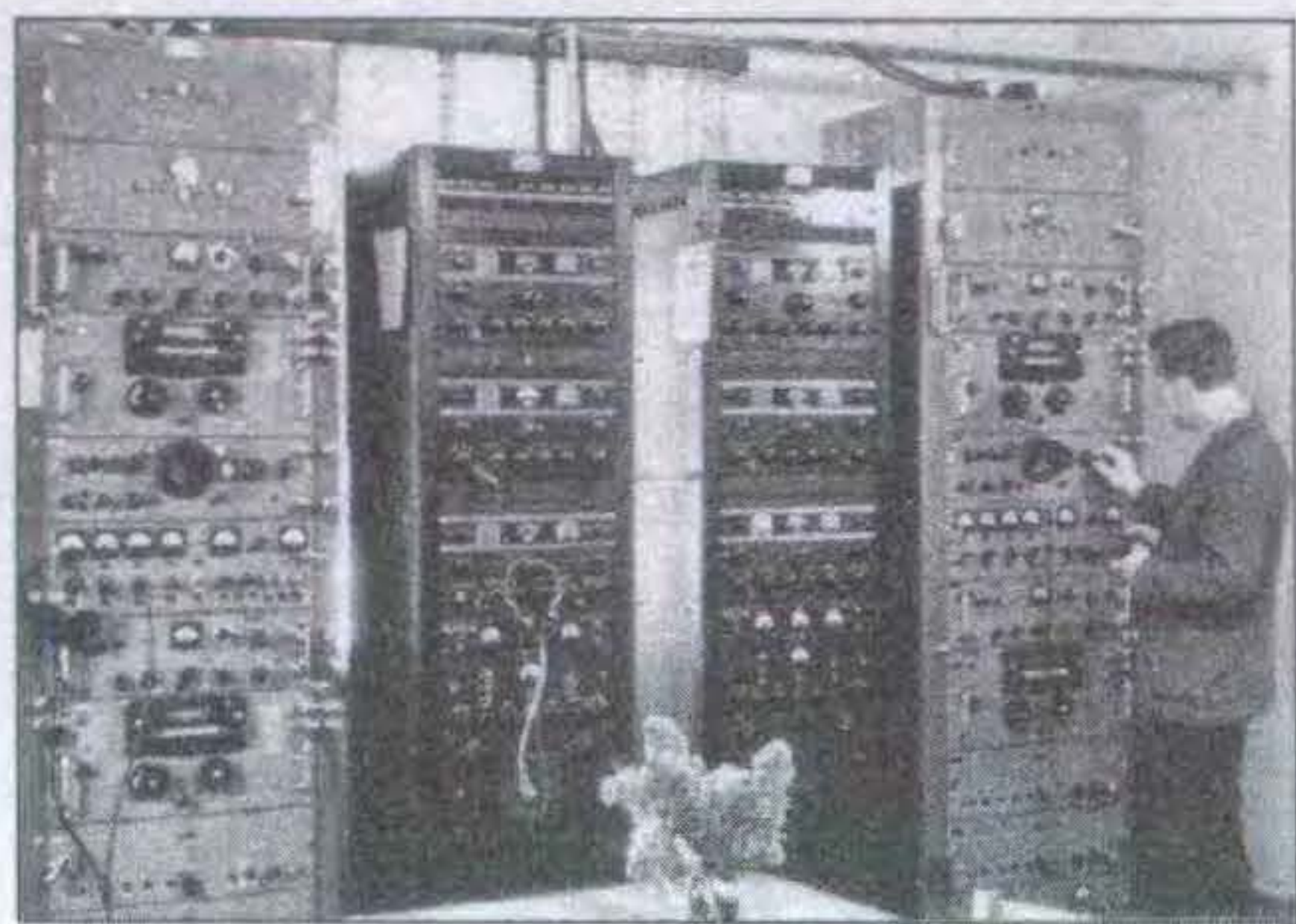
10. ábra

kW-os RH adó zavart, ezt az állomást is egy orosz asszony vezette. Az Nr. 66 számú objektum Tartuban, a Nr. 67-es Parnuban egy-egy amerikai katonai SCR típusú katonai adóval volt felszerelve. Tallinban, a Sitsi-dombon, a Nr. 65. számú objektumban 16 db adó volt telepítve, ebből 10 db 1 kW-os, egy „URAGAN” típusú, 10 kW-os vízhűtéses középhullámú adó, egy „STORM” típusú, 3 kW-os hosszuhullámú léghűtéses adó, két darab K-1 típusú adó és egy amerikai SCR típusú katonai adó.

Moszkva mellett, Balashikha helyi zavaróállomáson 15 db 20 kW-os adó működött.

A zavarás figyelése ún. „Ellenőrző és hibaigazító állomásokon” történt, lehetőleg néhány kilométer távolságra az adóktól. A kezelők – többnyire asszonyok – pásztázták, kutatták a műsor-szóró sávokat. Az aktuális célállomás hallhatóságától függően döntöttek a zavarás megindításáról. Az adóállomás személyzete felé ők adtak utasítást telefonvonalon, az adott frekvencián egy külön adó lehangolására. Az állomásnaplóba minden frekvenciát, időpontot, állomásnevet, programnyelvet és a hallhatóság értékelését bejegyezték. Az általuk használt vevőkészülékek „Krot”, „R-250”, „Katran”, „R-399”, ill. más, pl. amerikai típusok voltak.

Lehetőség volt arra is, hogy egyes adóberendezéseket távindítással, az ellenőrző-állomásról működtessenek. Az ellenőrző-állomások közvetlen telefon-



11. ábra

vonalon tartották a kapcsolatot az adó-állomásokkal. A 11. ábra egy vevőállomást szemléltet Vilnius-Nemézisből. A kép két szélén szovjet R-250 M2 vevők, középen USA gyártású AR-88 vevőkészülékek.

Tallinban az ellenőrző és zavarás-irányító „irodát” a Távközlési Minisztérium III. emeletén rendezték be, orosz gyártmányú „Krot” kommunikációs vevőkkel (12. ábra). A 13. ábra a helyi zavaróállomások 88,5 m magaságú típus-antennatornyát mutatja.

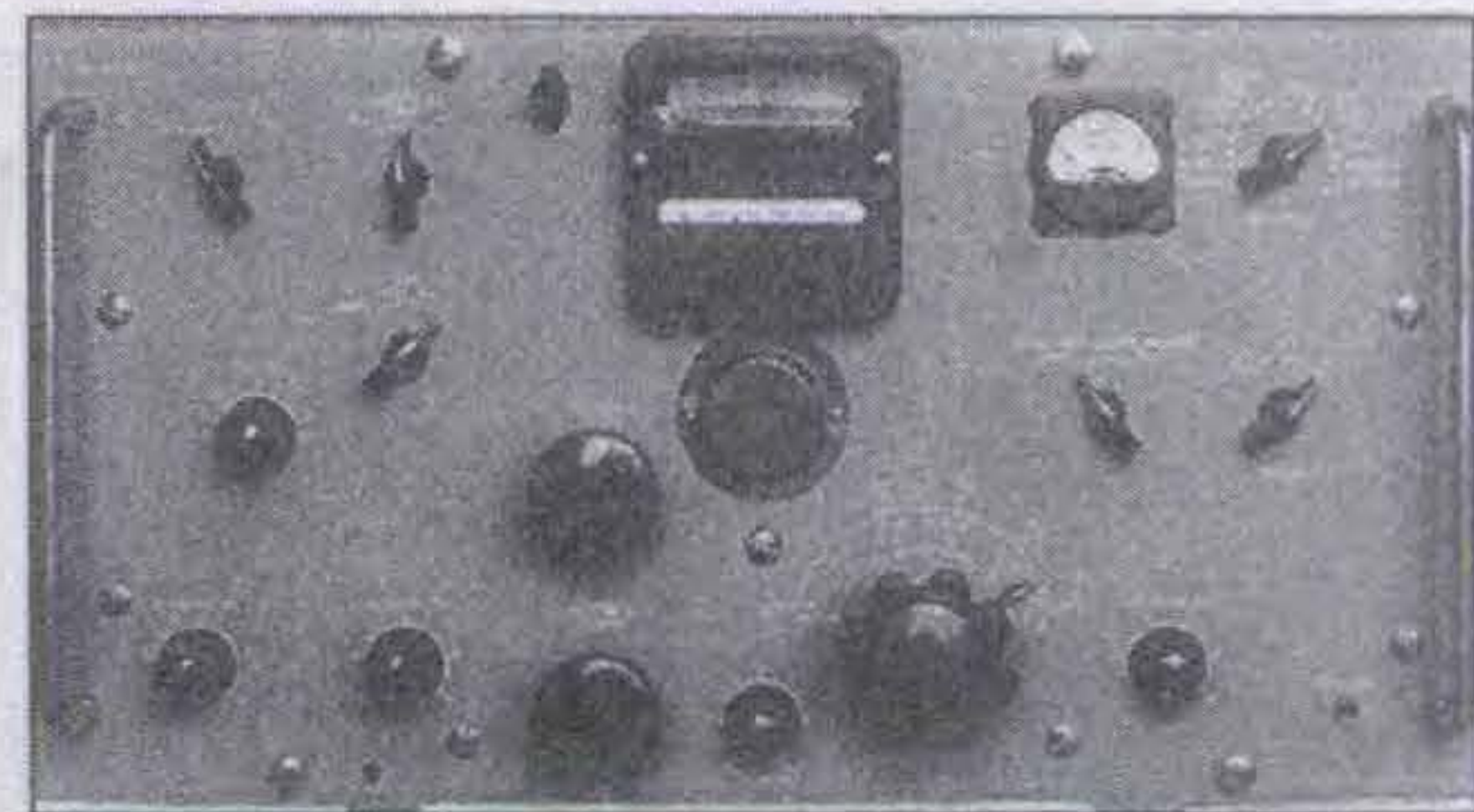
Minden zavaróállomás kapott egy kétbetűs kódot (hívójelet), melyet percenként kétszer, a zavaróhanggal együtt, az állomás valamennyi adókészüléke leadott. Ezek a kódok szolgálták az állomások azonosítására, és főleg az ellenőrök munkáját könnyítették. Néhány állomáskód: Leningrád: 1G, Taskent: 4F és Kijev: 1D.

Vytautas Liatukas, aki Litvániában, Kaunas zavaróközpontjának főellenőre volt, 1975-ben panaszkodott, hogy állomásukon „folytonos a hiány adócsövekből, kábelekből, mérőeszközökből és gyenge állapotú az épület teteje, akárcsak az antennák.” Néhány adóberendezés már nagyjavításra szorult, mert idősebb volt húszévesnél.

Térhullámú, távolsági zavarás

Tizenhárom nagytávolságú rádióközpont szolgált az ún. térhullámú zavarásra, kb. 100 nagyteljesítményű (50-500 kW) RH-adóval, hogy adásukkal távolról nagy területeket fedjenek le. A hatásos működési távolsága ennek a zavarásnak 500-3000 km-re terjedt. Antennaként a nagyadókhoz függőleges elrendezésű függönyöket (14. ábra) és dipólokat (15. ábra) alkalmaztak.

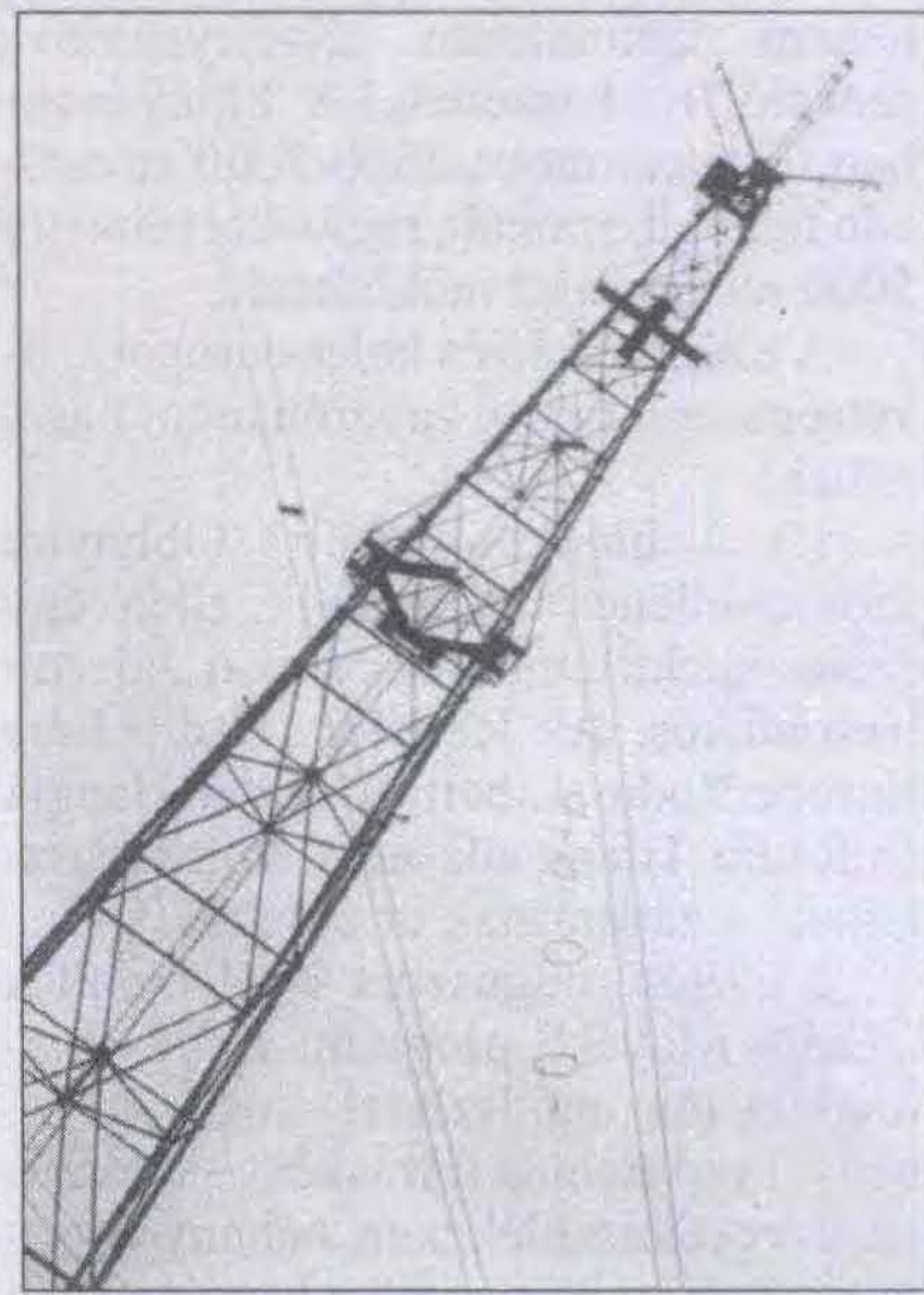
A régi szovjet szabvány alapján a zavaróadók antennatornyait 1975-ig



12. ábra

sárga-feketére festették, megelőzendő, hogy ellenséges repülőgépek azonosítani tudják a természetes háttérben. 1975-től minden rádió- és tv-tornyot, beleértve a zavarókat is, vörös-fehérre festettek és éjszaka kivilágították folytonos fényű vörös lámpákkal. Néhány nagyteljesítményű zavaróközpont adatait a táblázat tartalmazza.

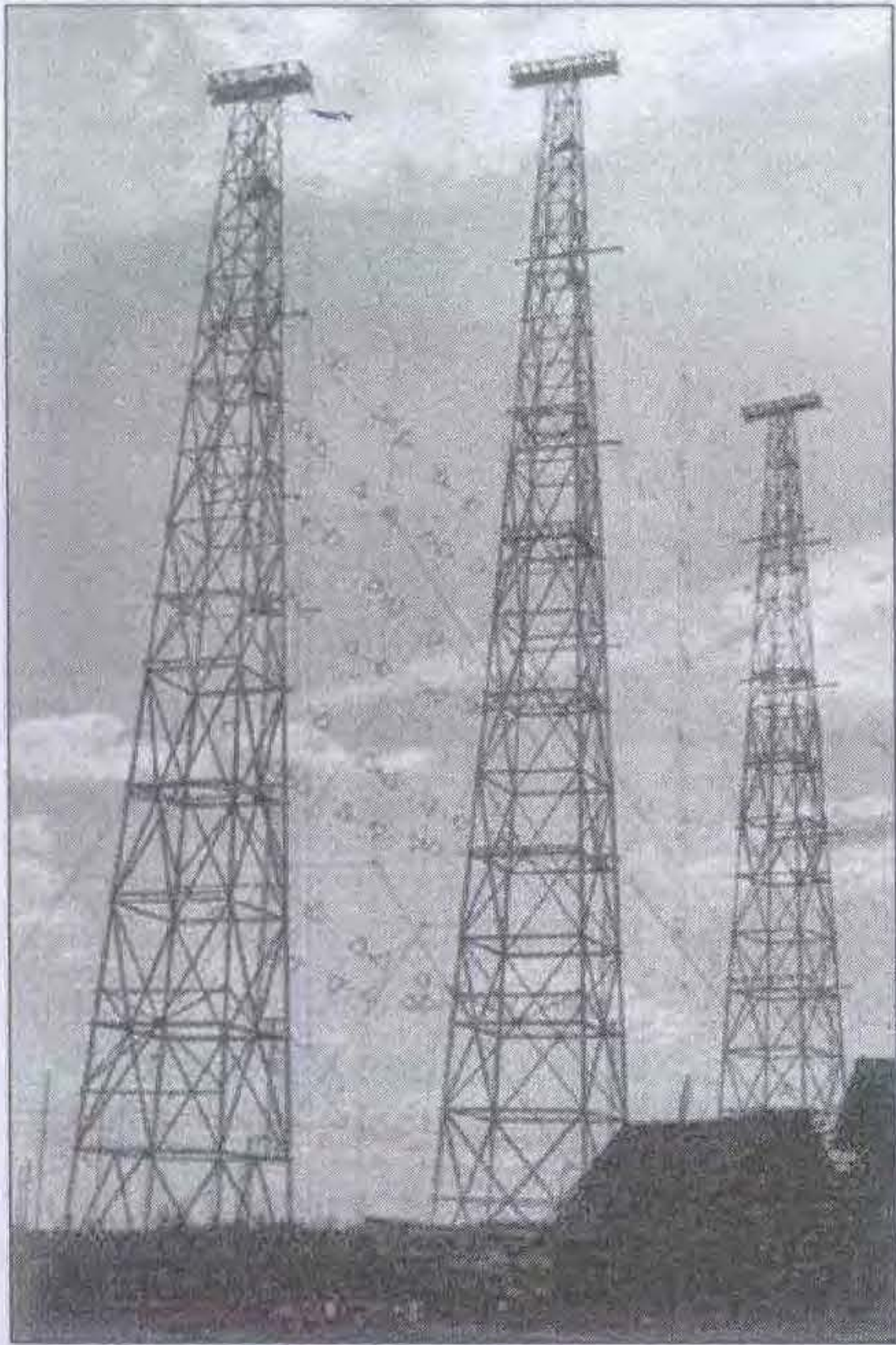
A táblázat utolsó sorában található Nr. 903 objektum elnevezésű állomáson „Purga” fedőnevű, RV-1291 típusú



13. ábra

Néhány nagyteljesítményű, térhullámú, távolsági szovjet zavaróközpont

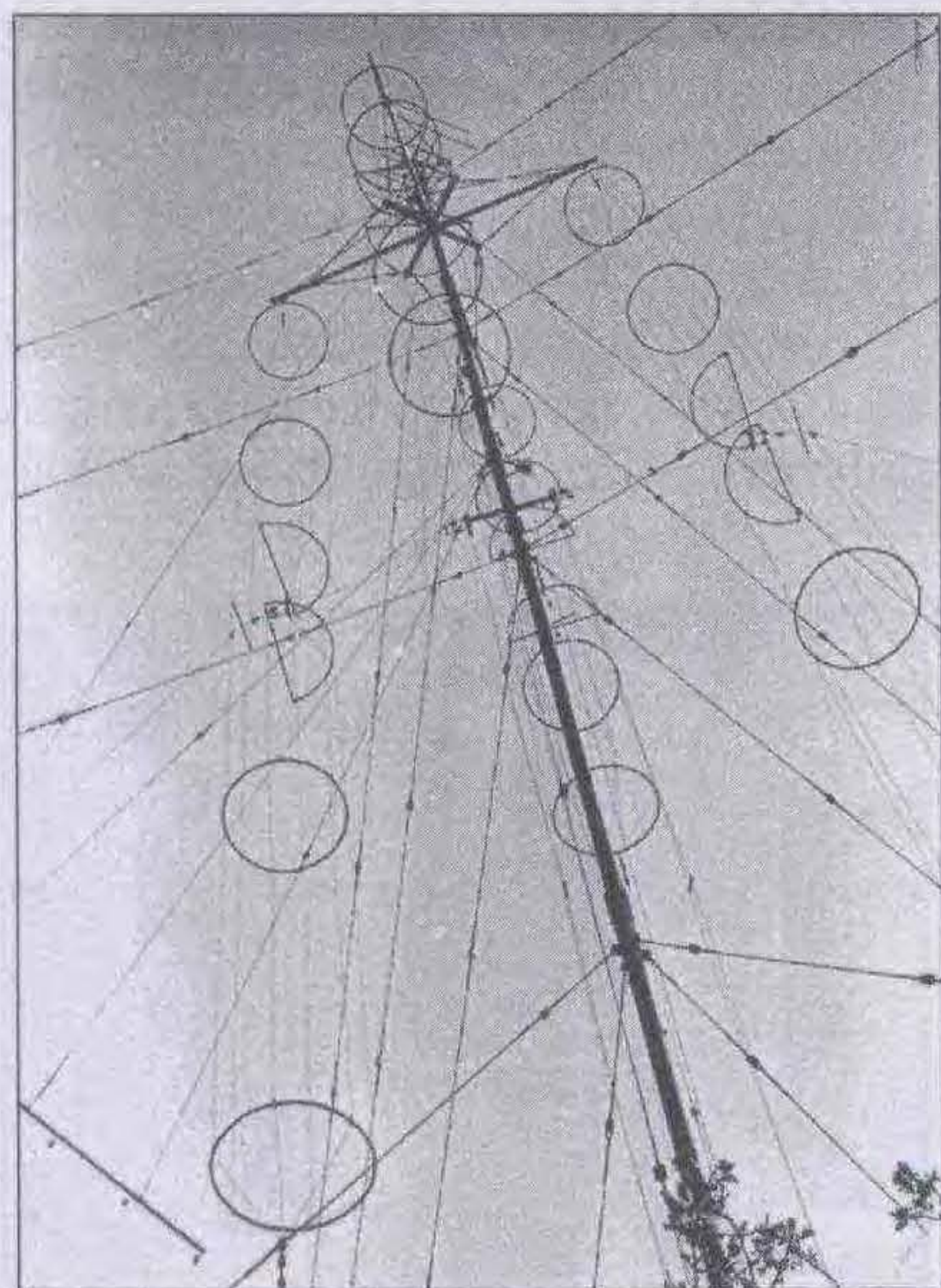
Megnevezés	Hely	Felépítés	Teljesítmény
Nr. 800 objektum	Krasznodarban	12 adóberendezéssel	120-500 kW
Nr. 808 objektum	Jerevánban	9 adóberendezéssel	50-500 kW
Nr. 810 objektum	Nyikolajevben	5 adóberendezéssel	500 kW
Nr. 811 objektum	Lvovban	4 adóberendezéssel	200-500 kW
Nr. 840 objektum	Alma-Atában	10 adóberendezéssel	50-500 kW
Nr. 850 objektum	Grigorjupolban	5 adóberendezéssel	500 kW
Nr. 900 objektum	Taskentben	12 adóberendezéssel	50-120 kW
Nr. 903 objektum	Szovjetszk	9 adóberendezéssel	80 kW



14. ábra

80 kW-os adók működtek, melyek részben szovjet területekre, részben 205° irányban Lengyelország és Csehszlovákia felé, valamint 245°-ban az NDK felé sugároztak. Az állomáson 14 rombusz-antenna, 9 SZGDP antenna és 2 negyedhullámú antenna szolgálta ki az adókat.

Említést érdemel a Leningrádi körzetben, Popovkán működő zavaróállomás (16. ábra), mely elsősorban Lengyelország felé sugárzott. Első berendezése „Sznyeg-M” fedőnevű, RV-848 típusú, 200 kW-os teljesítményű rövidhullámú adó volt. „1G” hívójellel azonosították. 1985-ben amikor az RFE

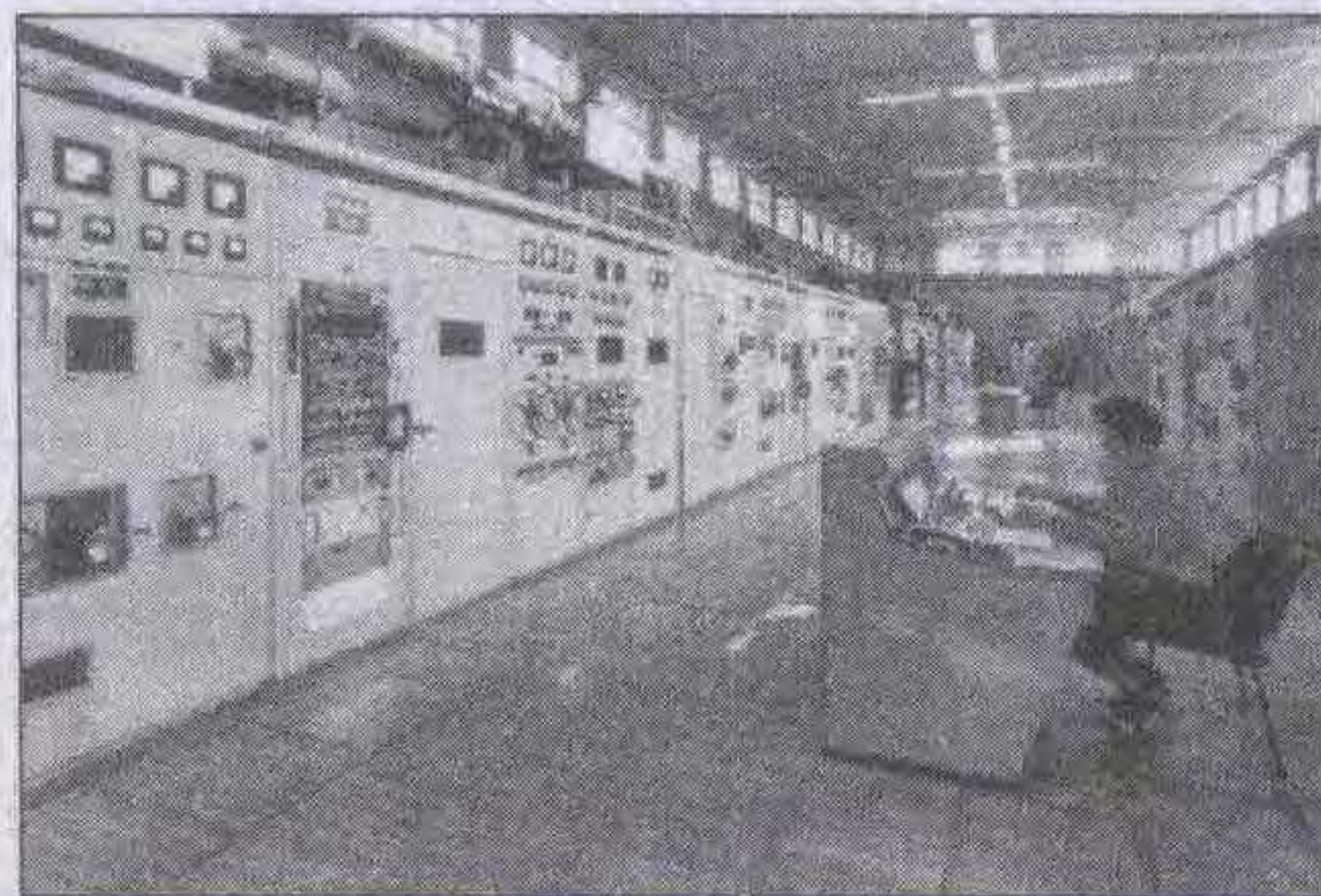


15. ábra

lengyel nyelvű szolgálata megnövelt teljesítménnyel, egy 250 kW-os adóval jelentkezett, Popovkán 400 kW-os adót hangoltak ugyanarra a frekvenciára.

A távolsági (térhullámú) zavaráshoz a következő berendezéseket használták: PKV-20 (20 kW); KV-50, „Sznyeg” (50 kW); RV-1291, „Purga” (80 kW); „Sznyeg-M” (100 kW); „Ararat” (100 kW); KVM-120 (120 kW); PKV-200 (200 kW); PKV-250 (250 kW); PKV-500 (500 kW).

A szovjet zavarás kiterjedt a lengyel, csehszlovák és bolgár területekre, az RFE/RL, VOA, BBC és DW nem orosz nyelvű programjainak lefedésére is. Több titkos egyezmény volt érvényben Moszkva, Prága, Szófia és Kelet-Berlin között, a határokon át, keresztbe-zavarásra. Románia és Magyarország részvétele a kereszt-zavarás hálózatában 1963-64-ig tartott. Kelet-Európában 10-12 térhullámmal dolgozó zavarási központ létezett, kb. 90 rádióadóval.

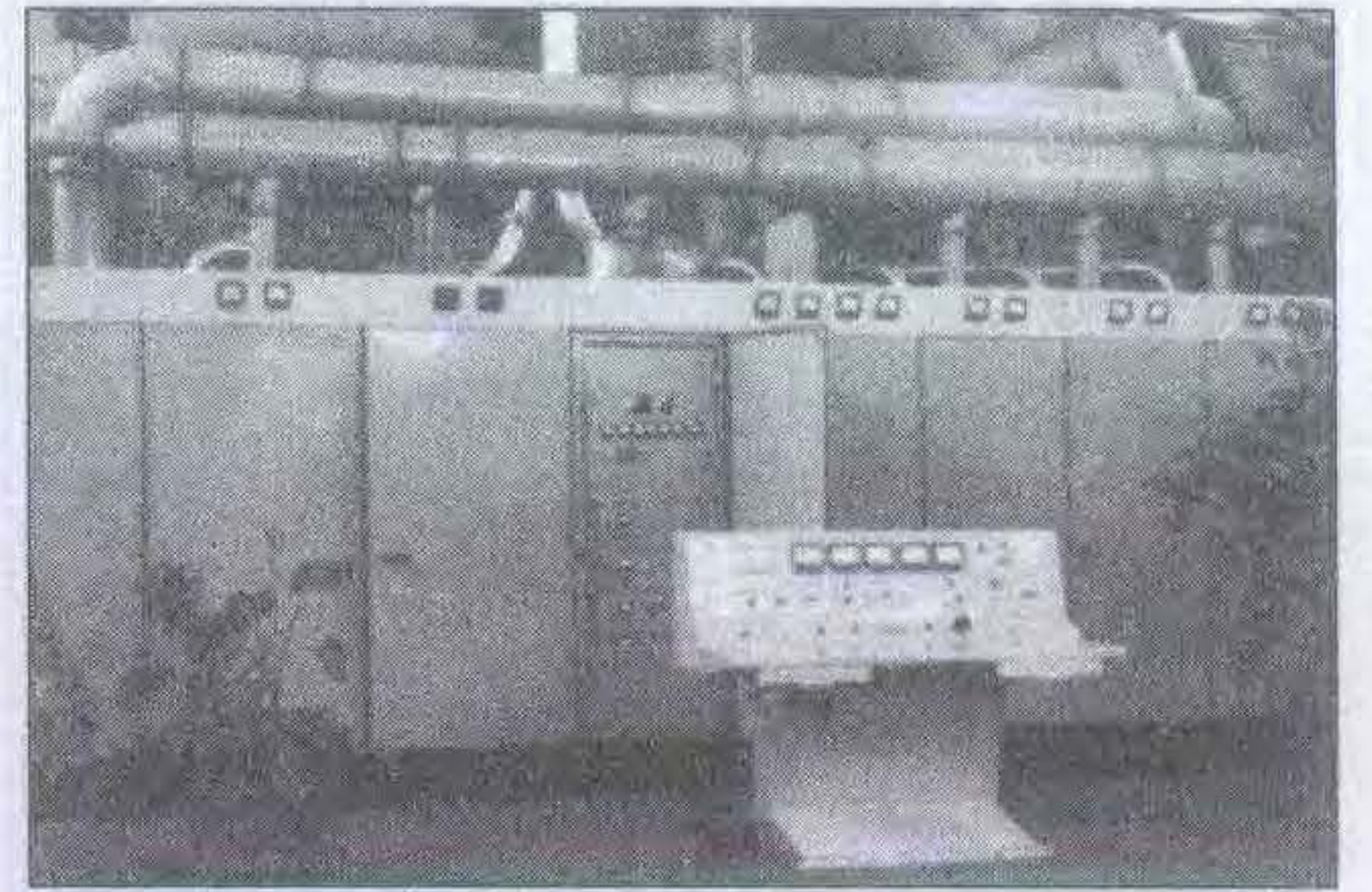


16. ábra

A 17. ábra a litvániai Sitkunai 500 kW-os, középhullámú, „Vikhr” típusú zavarásra használt adójának részletét, a 18. ábra az ugyanitt használt zavaró-modulátort mutatja.

A Szabad Európa Rádió 16 nyelvű szolgálatából 14 volt zavarva, a 21 nyelvű VOA adásokból 12. A Deutsche Welle (DW) 11 nyelvű, kelet-európai és szovjet irányú, adásából 5-öt, a BBC 12 nyelvű adásából kettőt zavartak.

Nyugati szakértők viszont úgy értékelték, hogy a zavarás tényleges nagysága csak csekély kellemetlenséget jelentett a műsorszórás teljes munkájához képest. Aki forgatta a vevőkészülék állomáskereső gombját, gyakran fedezhetett fel „lyukat” a zavarás falában. Különböző technikai módszereket használtak a nyugati műsorszórók a zavarás csökkentésére. Alkonyatkor egy bizonyos területen és adott frekvencián eltérő viszonyok alakultak ki a műsoradó és a zavaróadó hullámainak terjedésében. Rendszeresen előfordulhatott,



17. ábra

hogy átmenetileg a zavaró gyengébben hallatszott, mint a programműsor.

A zavarás moraja azonban általában elborította az RFE/RL, a VOA, a BBC, a DW, a Voice of Israel, a Radio Peking, a Radio Tirana, a Radio Korea és Radio Szabad Oroszország műsorait. 1963 előtt még zavarás alatt álltak a Vatikán, Róma, Belgrád és Párizs idegen nyelvű műsorszórói is. Néhány alkalommal, amikor a politikai klíma melegedni kezdett, a Szovjetunió megállította a nyugati állami rádióállomások London, Washington és Köln zavarását:

- 6 hónapra 1956-ban Hruscsov angolai látogatása és a magyar krízis között;
- 1959 szeptemberében Hruscsov Egyesült Államokban tett látogatása alatt;
- 1960 elején az U-2-es incidensnél;
- 1963. június 19-től 1968 augusztusáig, a csehszlovákiai szovjet invázióig;
- 1973. szeptembertől 1980. augusztus 20-ig, a lengyel rendkívüli állapot bevezetéséig.



18. ábra



19. ábra

A SZER Technikai osztályának (Mérnöki osztályának) 1982. január 29-i jelentése megnevezett négy (nagy teljesítményű) szovjet zavaróadót, melyek szükség szerint sugároztak, de nagyon hatásosan fedték le a műsorokat. Javasolták ellenük az RFE és RL állomások öreg 100 kW-os adóinak cseréjét, 250 kW és 500 kW teljesítményű rádióadók beállítását.

Izraelben kísérletet tettek egy nagyerejű rádióállomás (16×500 kW) építésére, hogy onnan sugározzák a VOA, RFE és RL programokat a Szovjetunióba. Ezt a projektet a helyi tiltakozások leállították. Helyette Portugáliában 6 db 500 kW-os adó lett felállítva.

Néhány műsorszóró csalódást okozott a szovjeteknek. Például a Radio Peking úgy távozott a szovjet zavarók rekedt kórusából, hogy gyakran oldal-sávra hangolták az adót, amit a zavarók nem tudtak követni. Másik trükkjük volt, hogy orosz nyelvű adásukat a magnetofonon visszafelé forgatva sugározták ki. Ezt az oroszok nem zavarták, hiszen a hang érthetetlen volt. Aki viszont magnóra vette és ismét visszafelé lejátszotta, meghallgathatta az eredeti anyagot.

Hetven év után végül bekövetkezett a szovjet rendszer politikai önfeloszlása. Ennek egyik következményeként, 1988. november 29-én este, a Szovjetunió abbahagyta az összes külföldi rádióállomás zavarását. Ezzel befejeződött a külföldről sugárzott rádióműsorok zavarásának negyven éves időszaka. A Szovjetunió megszűnése után néhány zavaróadót átalakítottak műsor-



20. ábra

szóró állomásnak, mint például Moszkvában a „Radio 7”-et, vagy más szerepkört találtak nekik.

Litvániában, ahol röviddel a II. világháború után egy kisteljesítményű zavaróadót helyeztek el a balti-tengeri kikötőváros, Klaipėda zsidótemetőjének imaházában elrejtve, a zavarás megszűnése után az imaházat visszaadták a hívőknek. Más városban a zavaróadó épületét kávéházzá alakították.

A személyzetet szélnek eresztették, de azok kötelességüknek érezték a hallgatást. (Ez egyébként Magyarországon is jellemző volt.) 1997-ben Pleykis faggatására a szovjet zavarórendszer egy korábbi vezetője, *Anatolij Batiuskin* így válaszolt a feltett kérdésre: „Minden alkalmazott, akinek közvetlen kapcsolata volt a zavarás munkájával, jelenleg visszavonult, nyugdíjas és azon erőfeszítésük, hogy a zavarásról szóló könyvhöz megkérdezzék őket, nem lesz eredményes. Minden zavaróállomáson valamilyen átalakítás történt, más célra esetleg más felszereléssel. A technikai és működési dokumentációt nem sokáig őrzik, selejtezése folyamatban van.”

Lengyelországi rádiózavarás

1951 nyarán a szovjet rádiózavarás illetékes miniszterének kiküldöttei Lengyelországba utaztak és felkeresték a lengyel rádióközpontokat. Hamarosan javasolták a „rádióelnyomás” bevezetését a lengyel területeken. C. Radkewics lengyel távközlési miniszter az Nr. 0171 számú utasításában elrendelte az ún. „BO” szolgálat felállítását Varsóban, Krakóban, Poznanban, Wrocławban, Lodzban, Szcecinben, Białogószczban és Katowicében.

A városokban „K pont” néven zavaróközpontokat hoztak létre, melyek KV típusú 1-10 kW-os adókkal dolgoztak. Varsóban négy ilyen zavaróközpontot

állítottak fel, többek között egy 12 kW-os RH és egy 50 kW-os középhullámú adóval. 1955-ben a lengyel zavarószolgálat összesen 249 adóval dolgozott. A rádiózavarás működtetését és felügyeletét az államvédelmi hatóság végezte.

1956 forradalmi eseményei megváltoztatták a rádiózavarás módját. 1956. augusztus 17-én döntés született a nyugati műsorszóróadók zavarásának befejezéséről. Újságriport is beszámolt a helyi zavaróállomások „elrejtéséről”. A zavarás rövid ideig tartó szünetelése után Csehszlovákia és a Szovjetunió területéről sugárzó rádióállomások kezdtek zavarni a SZER lengyel nyelvű adásait.

Stanley Leinwoll, a SZER egy korábbi menedzsere írta Zavarás – múlt, jelen és jövő című cikkében a WRTH 1980-ban (Világ rádió-tv kézikönyv, 1980): „Egybevágott egy lázadás-sorozattal Poznanban az, hogy a SZER lengyel nyelvű programjainak zavarása befejeződött. A hivatalos dátum 1956. november 24. volt. Lármas sajtót csináltak a külföldi műsorszórók zavarása körül és példaképpen sugároztak riportokat a poznani lázadás kezdetén a helyi zavaróállomás lerombolásáról.”

1964 nyarán a Szovjetunió átváltott az új típusú zavarásra az RFE lengyel programja ellen. A régebbi zajmodulá-



21. ábra

ció alkalmazása helyett az új, nagyon torzított, megegyező interferencia-program anyagát sugározták a Mayak program keretében a Szovjetunió területére és külföldre. A Mayak egy 24 órás szolgálat volt Moszkvából.

Az bizonyos, hogy a lengyel zavarás helyileg az oroszoktól jött. Ott három oldalról tanulmányozták és próbálták a módszert. Ennek adatait a Német Szövetségi Posta és a Nemzetközi Távközlési Egyesület (ITU) gyűjtötte össze. Íme:

RFE archív dokumentum, 1971. július 14-i dátummal: „1970. december 11-től 27-ig az RFE lengyel csatornát zenei programokkal zavarták, közlemény nélkül, amiből Lengyelország nem használhatta néhány RH-csatornáját. Ez volt az oka a Gdansk és más lengyel városokban keletkezett nyugtalan-ságnak. 1971. március 18-án a zavaró tevékenységet újratekelték. Két nappal később a moduláció torzítottá vált. Ehhez adódott a zavarás szaporodása a Szovjetuniótól, részben Mayak-zavarás (torzított) és részben popzene (torzítva).”

A **19. ábrán** a Varsótól 40 km-re keletre levő Borucse-i zavarás-ellenőrző állomás, a **20. ábrán** az itt használt angol RA-1772-es Racal kommunikációs vevő látható. Egy Varsó melletti 100 kW-os rövidhullámú Tesla-adó (**21. ábra**) a SZER lengyel adásait zavarta 1970 decemberében.

RFE archív dokumentum, 1982. január 27-ről dátumozva: „Nem sokkal a Lengyelországban bevezetett statárium után, a Szovjetunió belsejében lévő helyi rádióadókból támadtak minden lengyel nyelvű RFE-frekvenciát. Ugyanakkor észrevehető volt a zavarás drasztikus csökkenése a csehszlovák szolgálatnál. Ez mutatta, hogy a csehszlovák programokat fedő zavaróadók frekvenciáját is áthangolták Lengyelország lefedéséhez.”

A SZER Telekommunikációs Szolgálat Kísérleti Intézete jelentette: „Számos példában látszik, hogy különleges jelzésű állomások kapcsolatban vannak egyes idegen nyelvű műsorszórókkal. Például az „1G” jelű zavaró Leningrád közeléből elsődlegesen lengyel nyelvű műsorokat zavar. Ez a jellegzetesség elsősorban a lengyel nyelvű zavarásokra jellemző, azok nem az ország belsejében, hanem Lengyelország szélénél történnek. Ezek a zavarók vannak társítva a leningrádi (1G), taskenti (4F) és a kijevei (1D) rádióállomásokkal.” A SZER megfigyelői jól mérték be a

helyszíneket. Amikor 1985-ben az RFE lengyel nyelvű szolgálata 250 kW-os adóval kezdett dolgozni, a szovjetek bekapcsolták ellene a popovkai 400 kW-os, „1G” jelű adójukat.

Egy 1000 kW-os adó Örményországból, egy Gavar nevű településről zavarta a Gloriából sugárzott lengyel nyelvű adásokat 17,6 MHz-en. Ez volt az „Object Nr. 808” állomás.

Csak a lengyel RFE adások zavarása évente 2,8 millió rubelbe kerül. Mindezen jelentések ellenére belső helyi zavarás is létezett, mert szovjet információk szerint az 1970-es években 17 darab KV-1 típusú 1 kW-os Tesla adót telepítettek a lengyel zavaró szolgálat részére.

Rádiózavarás Csehszlovákiában

A csehszlovák rádiózavarásról csak közvetett információk állnak rendelkezésre. Magyar rádiós kollégák beszámolóiból tudjuk, hogy zavarásirányító (és zavaró) központok léteztek Prágában, Zsolnán (Zilina) és Eperjesen (Presov).

Lehtoranta írásában utalást találtunk a zavaróközpontok jelzéseire is: Prága D3, Hradec Králové I2, Cseské Budejovice P2. Az nyilvánvaló, hogy ennél több központ működött, Z3-ról és G7-ről is tudomásunk van, csak a helyszínekről nem sikerült információt szerezni. Gogolyák Gusztáv említette, hogy Csehszlovákiában a zavarás a Belügyminisztérium Államvédelmi Hatóságához tartozott. Kezdetben alig voltak eszközeik, még magyar segítséget is igénybevettek.

A 100 kW-os Standard adók beüzemelése után 2 db 2 kW-os RH adó a Diósd Rádióállomáson feleslegesé vált. Az egyiket a szabadsághegyi telefonközpont épületébe telepítették zavaróadónak, a másikat pedig Eperjesbe szállították, ugyancsak zavarás céljára. Ezt az eseményt *Czirják Gyula*, a Székesfehérvár Rádióállomás egykori vezetője, levélben írta meg a szerzőnek. Akkor ő műhelyvezetőként személyesen irányította a telepítéseket. Az esemény 1950 körül történhetett, Csehszlovákia még nem volt ellátva zavaróeszközökkel. Később jó minőségű adókat kezdtek gyártani „Tesla” márkajelzéssel, melyekből az 1 kW teljesítményű KV-1 típusokat nagy számban alkalmazták a helyi zavarásnál.

1956 októberében, amikor a magyar zavarószolgálat kikapcsolt, szovjet és csehszlovák adók próbálták a

SZER és a VOA magyar nyelvű adásait zavarni.

1959-ig a magyar 100 kW-os RH-adók Diósdról rendszeresen zavarták a cseh nyelvű SZER-adásokat, de csak csökkentett teljesítménnyel. Ilyenkor a prágai irányítóállomás vezényelte Diósdot.

1964-ben a Csehszlovák Belügyminisztérium összesen 213 adóberendezést, 476 kW összteljesítménnyel, napi 16-18 órával üzemeltetett. Távolsági zavaróadók Plzenben (16 db) és Kasán (15 db) dolgoztak, helyi zavaróközpont 12 telephelyen működött. Ehhez még hozzá kell adni azokat a berendezéseket, melyek a Szovjetunióból zavartak térhullámú módszerrel. Csak rövidhullámon 700 kW-ra jött ki az összteljesítmény.

1968. május 8-án Csehszlovákia leállított minden zavarást, kivéve néhány RFE-műsort. Közvetlenül a szovjet invázió után és néhány nappal később némi zavar keletkezhetett a zavaróhálózatok együttműködésében, mert néhány alacsonyabb frekvenciát Csehszlovákiában szabadon lehetett hallgatni. Később a szovjetek zavartak, de csak a magasabb RH-frekvenciákat, az alacsonyak tiszták maradtak.

Ez a helyzet változott 1968 szeptember eleje körül, amikor a korábbi zavaróállomások újból működni kezdtek. A „Z3” régi azonosító jel volt először hallható 1968. november 25-én, majd 1969. január 7-én megjelent a „G7”. Egy új erős középhullámú zavaróállomás indult 719 kHz-en 1969. március 25-én. Ebben az időben 18 helyi zavaró működött Csehszlovákiában, 3 térhullámú adó pedig a Szovjetunióból és Bulgáriából zavart. (Szófia azonosító jele G2 volt.)

1988 decemberében Csehszlovákia és Bulgária is leállította a SZER műsorainak zavarását.

Kelet-németországi rádiózavarás

Kelet-Németországban a rendszer fő ellensége a RIAS (Rundfunk im Amerikanischen Sektor) adóállomása volt. Az amerikai szektorban települt rádióállomást a DDR szervei középhullámon próbálták zavarni úgy, hogy a saját programjukat sugározták a RIAS adó frekvenciájától, 989 kHz-től pár száz, 650-800 Hz-re. A RIAS zavarását 1951-ben kezdték és 1978. november 23-án fejezték be. A keletnémet rádiózavaró rendszerről sem sikerült konkrét adatokat kapni, csak következtetni tu-

dunk egyes objektumok szerepére. Például Zeesenben számos kis- és közép-teljesítményű adóberendezés üzemelt.

Még 1958-ban a keletnémet Posta tervet dolgozott ki, hogy egy új RH műsorszóró rádióállomást létesítsen az egykori zeeseeni állomás helyén. Az előrehaladott tervezést az Állambiztonsági Minisztérium meghiúsította: a tepezen az egykori 4. és 5. adóházat és a környezetében található antennacsillagot újjáépítették, majd 1960-ig ez a minisztérium egy jelentős és fontos RH adóobjektummá építette ki az egykori rádióállomást. 1990 végéig az állomáson 32 db RH-adó üzemelt. Ebből 4 db 25 kW-os, szovjet, KB 15/25AD típusú, vízhűtéses berendezés, 5 db 20 kW-os, német gyártmányú, KN 20 típusú, 4 db 5 kW-os, német gyártmányú, KN 5 típusú, 3 db 1 kW-os, német gyártmányú, KN 1 típusú. A német adók a VEB Funkwerk Köpenick gyártmányai. A további kisebb berendezéseket (16 db-ot) szovjet 5 kW-os léghűtésű, 1,5 kW-os BR3-M2 sugárzó hűtésű és 1 kW-os léghűtésű adók alkották.

Elképzelhetetlen, hogy ilyen mennyiségű adóberendezés csak a biztonságiakat szolgálta volna. Más országokban is az állambiztonsági szervek végezték a zavarást. Vélhetően ezen az

állomáson legalább 10-15 berendezés zavaró-tevékenységet végzett. 20 és 25 kW-os adókkal szükségtelen kapcsolatot tartani távoli ügynökökkel. Erre a célra bőven elegendő 1-5 kW, tehát a nagyobb adók valószínűleg zavartak. A készülékek adási frekvenciái a 3-4 MHz közötti és a 7 MHz-es sávot fogták át, tehát a 75 m-es és a 41 m-es műsorszóró sávokat biztos, hogy tudták zavarni.

Zeesen nagy valószínűséggel a közeli Berlint „fedte” le, de kellett lenni más zavaróközpontoknak a déli Drezda körzetében és az északi, balti partoknál is.

Rádiózavarás Bulgáriában

Szófia G2 jelzésű zavaróállomásán kívül még 4 zavaróállomásról tudunk, a jeleik: L4, K7, R6 és M7. Ezek az állomások távolsági (térhullámú) zavarást végeztek és 1988 végén hallgattak el.

1988 végén 120 zavaróközpontban nem kevesebb, mint 1600 adó lett kikapcsolva a Szovjetunióban, Bulgáriában és Csehszlovákiában. A „szocialista” országokban óriási mennyiségű energia és pénzforrás vált szabaddá. Az RH műsorszóró sávok tiszták, jól vehetőek lettek, elsősorban a rádió szerelmeinek örömeire. Pár évvel később, a

politikai szembenállás megszűnésével, a világ „szegényebb” lett a propagandadadókkal, leállt a VOA és az RFE/RL adóhálózata is. Európából hallgatva elcsendesült a rövidhullám.

Ha valaki az étert kutatva mégis találkozik rádiózavarással, az nem véletlen: Kuba, Észak-Korea és néhány arab állam változatlanul ebben látja biztonságának hatásos védelmét...

A kapott információkért köszönettel tartozom dr. Révész Béla úrnak, néhai Érsek János úrnak, valamint az Országos Széchenyi Könyvtár „Szabad Európa Rádió Gyűjtemény” munkatársainak.

Irodalom:

Rymantas Pleykis: Radio Jamming in the Soviet Union, Poland and other East European Countries. Radio Baltic Waves, Vivulskio Str. 7, Vilnius, Litvánia.

I. Hallas (Tallin): Radio Jamming. Internet-cikk.

Peter Manteuffel: Zeesen, „100 Jahre Funktechnik in Deutschland”, Funk Verlag Bernhard Hein e.K. 2004

Révész Béla: Manipulációs technikák a hidegháború korai időszakában. (Magyarország és a Szabad Európa Rádió 1950-1956), JATE, Szeged, 1996.

V. K. Lehtoranta: Jamming, or delibarete interference against radio broadcasting stations. (Internet)

Balás B. Dénes: Rádiózavarás Magyarországon. Rádiótechnika évkönyve 2002. Budapest.

PMR446

a Megoldás

- ☑ mezőgazdaságban
- ☑ rendezvényeken
- ☑ karbantartóknál
- ☑ irodaházakban
- ☑ őrző-védőknél
- ☑ építkezéseken
- ☑ kiránduláson
- ☑ vitorlázásnál
- ☑ autók között
- ☑ raktárakban
- ☑ vadászaton
- ☑ repülésnél
- ☑ ház körül
- ☑ sportban
- ☑ hobbira

Közös jellemzők:
446 MHz, 8 csatorna,
NBFM, 0,5 W ERP,
0,3...3 km-ig,
3 db ceruzaelem/-akku,
automatikus zajzár,
kézi monitor lehetőség,
elemkímélő vételüzem,
LCD-/LED-kijelző

Rendelhető tartozékok:
tokok, fejbeszélő-készletek,
akkuk, akkutöltők



DÍJ-, ENGEDÉLY- és BEJELENTÉSMENTES kézi rádió ADÓ-VEVŐK MINDENKINEK!

Nem tévedés: Megveszi és azonnal használhatja!

Ezen, ún. „PMR446-os szabványú” rádiók nemcsak itthon, hanem Ausztria, Belgium, Csehország, Dánia, Egyesült Királyság, Észt-, Finn-, Francia-, Görögország, Hollandia, Horvát-, Írország, Izland, Lengyelország, Litvánia, Németország, Portugália, Spanyolország, Svájc és Törökország területén is használhatók. (A lista csak bővíthet.)

Aktuális választék és árák a legfrissebb

RÁDIÓTECHNIKA

lapszámban

és az interneten:

www.radiovilag.hu

A PMR446-os kézi adó-vevők és tartozékaik megrendelhetők, illetve megvásárolhatók a szerkesztőség HAM-bazárjában:

Bp. XIII., Dagály u. 11. l. em., H-P: 9-14h
Postacím: 1374 Budapest, Pf. 603.
Tel./fax: 239-4932/36 m., 239-4933/36 m.
E-mail: hambazar@radiovilag.hu

LOMEX KFT

Megújult honlapunkról online rendelheti!

**ELEKTRONIKAI
ALKATRÉSZKERESKEDELEM**

1134. Budapest Lehel u. 17.

Tel. nagykereskedelem: 06-1/349-5906 e-mail: info@lomex.hu
Tel. kisker (szaküzlet): 06-1/320-2610 e-mail: kisker@lomex.hu
Fax: 06-1/320-3292 nyitva tartás: hétköznap 9:00 - 17:00
Honlap: www.lomex.hu



A RÁDIÓZÁS VILÁGA
SANGEAN

SANGEAN PR-D8 táskarádió és médialejátszó felvétel funkcióval

A Sangean PR-D8 típusú készülék az első táskarádió, amivel rádióműsort is rögzíthet a beépített kártyaolvasóba helyezett SD/SDHC memóriakártyára. Beállíthatja a felvétel kezdési és befejezési időpontját, így garantáltan nem marad le kedvenc rádióműsorairól. A felvétel mp3 formátumban készül és minősége megválasztható.



Optitech Kft

e-mail: info@optitech.hu • internet: www.optitech.hu
Cím: 1161 Budapest, Rákosi út 131. • Tel.: (1) 402-1373, Fax: (1) 402-1374

Ismét a QUAD 405 erősítőről 1.

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

Bevezetés

A QUAD 405-ös hangfrekvenciás teljesítményerősítő az elmúlt évtizedekben mind a szakmabeliek, mind az amatőrök körében – világszerte – irigylésre méltó ismertségre tett szert (1. ábra). Azt az állítást is megkockáztathatjuk, hogy – talán – ez az egyik legismertebb és legtöbbet tárgyalt HIFI-erősítő a Földön.

Amikor jó negyedszázada a szerző az évkönyv és a Rádiótechnika hasábjain bemutatta az akkor még eléggé fiatal erősítőt, ismeretette a paramétereit, működését, hazai utánépítésének lehetőségeit, a cikksorozat szinte bombaként robbant be a hazai köztudatba. A csitulni nem akaró, nem várt siker alaposan megnehezítette a szerző mindennapjait, kisajátítva szinte majd' az összes szabadidejét. Amikor ugyanis az érdeklődés a tetőfokára hágott, napi 5–7 olvasói levélre kellett válaszolni, továbbá az akkor még erősen telefonínséges időben bel- és külföldi beszélgetések tucatjait kellett valahogy lebonyolítani.

Már a levelezés is roppant megterhelő volt, hiszen akkor még nem volt internet, így a nem kevés katalógusböngészést, utánajárást, néha rajzvázlat készítést is igénylő válaszokat kezdetben egy veterán Continental írógépen kellett megírni. Akkor javult a helyzet, amikor a „sógoréknál” sikerült beszerezni egy C64-et. Ezt követően a válaszlevelek a magyar hosszú ékezeteket nehézkesen kezelő Easy Script programmal íródtak, Junoszty tévé monitoron. Nyomatóként pedig egy olcsón kiárusított, félmászás, margarétakeres, rendkívül zajos printer szolgált.



1. ábra. A QUAD 405-1 típusú erősítő (QUAD)

A telefonálás akkoriban úgyszólván csak a munkahelyen volt lebonyolítható, és a fiatalabb olvasóink manapság – két tévés telefonreklám között – jól mulathatnak azon a történelmi helyzeten, hogy a szerző 29 évet várt az első saját, vonalas Matáv telefonjára.

Ez az általános, QUAD 405 körüli izgalom még az „illetékes szervek” érdeklődését is felkeltette, szocialista tulajdonból lenyúlt „alkatrészek vásárlása” céljából a szerzőre küldve „beugratos” ügynökét.

Az eredeti nyomtatott áramkörök honosítására, a hazai viszonyokra történő áttervezésére, az erősítő utánépítésére akkoriban kisebb, nagyobb teamek alakultak országszerte. Hála a Rádiótechnika elterjedtségének, a külföldi olvasóknak, az érdeklődés nem rekedt meg az országhatáron innen, így többek között még Prágából, Ungvárról, Beregszászból, Zürichből, Marosvásárhelyről stb. is érkeztek tanácsokat, segítséget kérő telefonok, néha egészen furcsa helyekről is (pl. az egyik szomszédos „baráti ország” magyar követsége munkatársától...). A külföldi hívások, beszélgetések – különös(?) módon – a vállalat személyzeti osztályán keresztül bonyolítottak le (a hívót az „illetékes szerv” mindig oda kapcsolta...), nem kis felűnést keltve. Elgondolható, hogy akkoriban a hívón és a szerzőn kívül hol, és még hányan, és milyen típusú hangrögzítő eszközökkel lógtak a telefonvonalon... és ugyan mit is értettek (meg... vagy félre...) az erősen amatőr/szakmai jellegű beszélgetésből!

Bárhol, bármely hazai cégnél, ahol akkoriban nyomtatott áramköröket lehetett készíteni, titokban, fusiban, nagysorozatban készültek a 405-ös nyákok, és hamarosan a kereskedőknél is be lehetett szerezni a szükséges legfontosabb alkatrészeket, idővel akár egységcsomagban is.

Ebből azután nézeteltérések is támadtak, mert a szerző, valamint X.Y. amatőr és barátai által nem kis munkával megtervezett, bemért, számtalan kísérlet során kipróbált és a lapban közölt nyomtatott áramkört a szemfüles N.N. kiskereskedőnél lehetett megvásárolni anélkül, hogy egyáltalán bárki erre az áldását adta volna.



2. ábra. Egy 405-1-es erősítő „felújító készletét” (Upgrade Kit-et) árusító cég reklámfotója. A kiszáradt elkók cseréjével/beépítésével a 405-2 típusú erősítő minősége érhető el

Az első ismertetés óta sok év telt el, és az újabb amatőr nemzedékek már csak a szájhagyomány útján és a netről jutnak hozzá az egyrészt túlságosan is bőséges, de gyakran egymásnak ellentmondó/téves, másrészt anyagában rendezetlen, szétszórt és a bőség ellenére mégis hiányos ismeretanyaghoz, a net természetrajza szerint. Mindez sok félreértés, tévhit alapját képezi. Viszont a keresőkben kapott számos találat is bizonyítja, hogy az eltelt évtizedek ellenére az érdeklődés világszerte alig lanyhul a 405-ös erősítő iránt. Az eredeti, használt példányok forgalma világszerte jelentős. Jó áron kelnek el a régebbi QUAD 405 erősítő példányok, de pl. kit formájában itthon is megvásárolható, vagy például Kanadából is rendelhetünk utánépítő készletet, és a legkülönbözőbb cégek kínálnak egyes felújító/modifikációs kitéket (2. ábra).

A felhasználók szerint az eredeti, gyári 405-ös erősítők a valaha is készült legstabilabb elektronikai termékek közé tartoznak, és eltekintve néhány elkő időközbeni kiszáradásától, a példás felépítésű, szervizbarát erősítők ma is úgy teszik a dolgukat, ahogy annak idején, amikor a gyárból kikerültek.

Cikkünk célja a negyedszázados cikksorozat ismételt közlése, de alapjaiban átdolgozott, modernizált formában. Kiegészítettük elsősorban a QUAD cégnél végbement fejlesztések eredményeivel (QUAD 405-2, 3. ábra), az új ismeretekkel és a nem elhanyagolható nemzetközi tapasztalatok-



3. ábra. Felül a fekete 405-1, alul a kékledes bekapcsolás jelzőjű ezüst 405-2 erősítő. Kapcsolástechnikailag csekély eltérés van a két típus között

kal. Igény mutatkozik ugyanis az olvasók újabb nemzedéke részéről a különleges működésű, kapcsolástechnikájú, igen jól bevált erősítő elvi működésének tisztázására. Az erősítő különféle módosított kapcsolásainak és nyomtatott áramköreinek a bemutatására, az első típus óta bekövetkezett gyári módosítások ismertetésére, továbbá a felhasználók által jónak tartott modifikációk összefoglalására is jelentős érdeklődés tapasztalható. Ugyanekkor megváltoztak, rengeteget javultak az elektronikai alkatrészek beszerzési lehetőségei is. Így ma már nem kell útlevelet váltani beszerzési célokból, nem kell rettegni – a vasfüggönyön átlépve – a szorgos motozásoktól, kellemetlen zaklatásoktól. Viszont egyáltalán nem mindegy, hogy a megváltozott, jórészt felgyorsult félvezetőkészletből mit is építünk be a most készülő vagy a javítandó régi erősítőnkbe.

Néhány korai kényszermegoldás akár el is felejthető lenne, ha nem kellene gondolnunk a szinte mindig is kispénzű amatőrök szűkös anyagi lehetőségeire. Ugyanekkor ismerünk olyan, a neten kínált luxusmegoldásokat is, ahol maga a – nem különösebben lényeges és hatásos – módosítás költsége már közel jár az eredeti gyári erősítő beszerzési árához, a pénz nem számít alapon. A neten lépten-nyomon kínálnak szerelt, bemért QUAD 405 nyákot, félkész vagy kész erősítőt, akár eredetit, akár házi gyártását. Ezek megvétele bizalom kérdése.

Az óvatosság nem árt! A néhány száz gyári 405-ös példányt belülről is látott (külföldi) profi is eshetett olyan csapdába, hogy megvásárolt egy össze-vissza modifikált, forrasztgatott, agyonbuzerált, egyébként eredeti gyári QUAD 405-ös erősítőt, amelyet a vásárlás után vissza kellett alakítani eredeti formájára, kezdve az egészet a huzalozással (4. ábra).

Ugyanekkor a neten a különböző HIFI-fórumokon mindig felteszik a kérdést, hogy érdemes-e a QUAD-erősítővel foglalkozni, használt példányait megvásárolni stb. A nagyszámú megépített erősítő, a számtalan QUAD-hívő léte azt bizonyítja, hogy bizonyára igen, noha létezik egy elutasítóan vélekedő ellentábor is. Egy biztos, hogy amennyiben egy ilyesféle kategóriájú/teljesítményű erősítőre vágyik valaki, a QUAD-erősítő megépítése nem okvetlenül kötelező, de mind a befektetendő anyagiakat/munkát, mind pedig az érte kapott minőséget illetően igen jó választás. És ahogy az egyik fórumon egy csetelő méltatta az erősítőt: „beforrasztod az alkatrészeket a panelba, és kész”, amivel arra utalt, hogy a *kellően gondos utánépítés* során nem tapasztalhatók az egyéb erősítők építése közben fellépő vég nélküli macerák, kínlódások, bemérési, beállítási gondok.

Mielőtt azonban az áramkörök tárgyalásába kezdenénk, szükséges ismertetni az előzményeket, azt a nemzetközi elektronikai közeget, amelyben létrejött a QUAD 405 erősítő, különös tekintettel az akusztika ide vonatkozó részére, eredményeire vagy éppen azok hiányára. Hasonlóképp néhány pillantást vetünk általánosságban is egy erősítő torzítási viszonyaira, különösen a végfokozatra, annak sajátos problémáira.

QUAD 405 krónika (405-1, 405-2)

A QUAD 405 típusú, 2×100 W névleges teljesítményű, félvezetős HIFI vég-erősítő az *Acoustical Manufacturing Co. Ltd. (QUAD)*, Huntingdon, Cambridgeshire székhelyű, brit cég terméke. A céget 1936-ban alapította *Peter Walker* (1916–2003) Londonban. A cég átélte a II. világháborút, majd a fővárost ért német bombatámadások miatt kiköltözött vidékre, Huntingdonba. Sok évtizednyi sikeres működés után a cég megszűnt, pontosabban 1997-ben összeolvadt a *Wharfedale, Audiolab, Leak, Mission* és más vállalatokkal, megalakítva az *International Audio Group (IAG) Ltd.* elnevezésű új céget.

Az igazi bestsellernek számító 405-ös erősítő gyártása 1976-ban kezdődött, és majd' húsz éven keresztül (1993-ig) töretlenül folytatódott, mintegy 160 000 példányt értékesítve olyan erős HIFI-piacokon, mint Anglia, Franciaország és Japán. Ez a tény a HIFI világában remek teljesítmény! A terméken több apró átmunkálás után az 59 000-es gyártási szám idején hajtot-



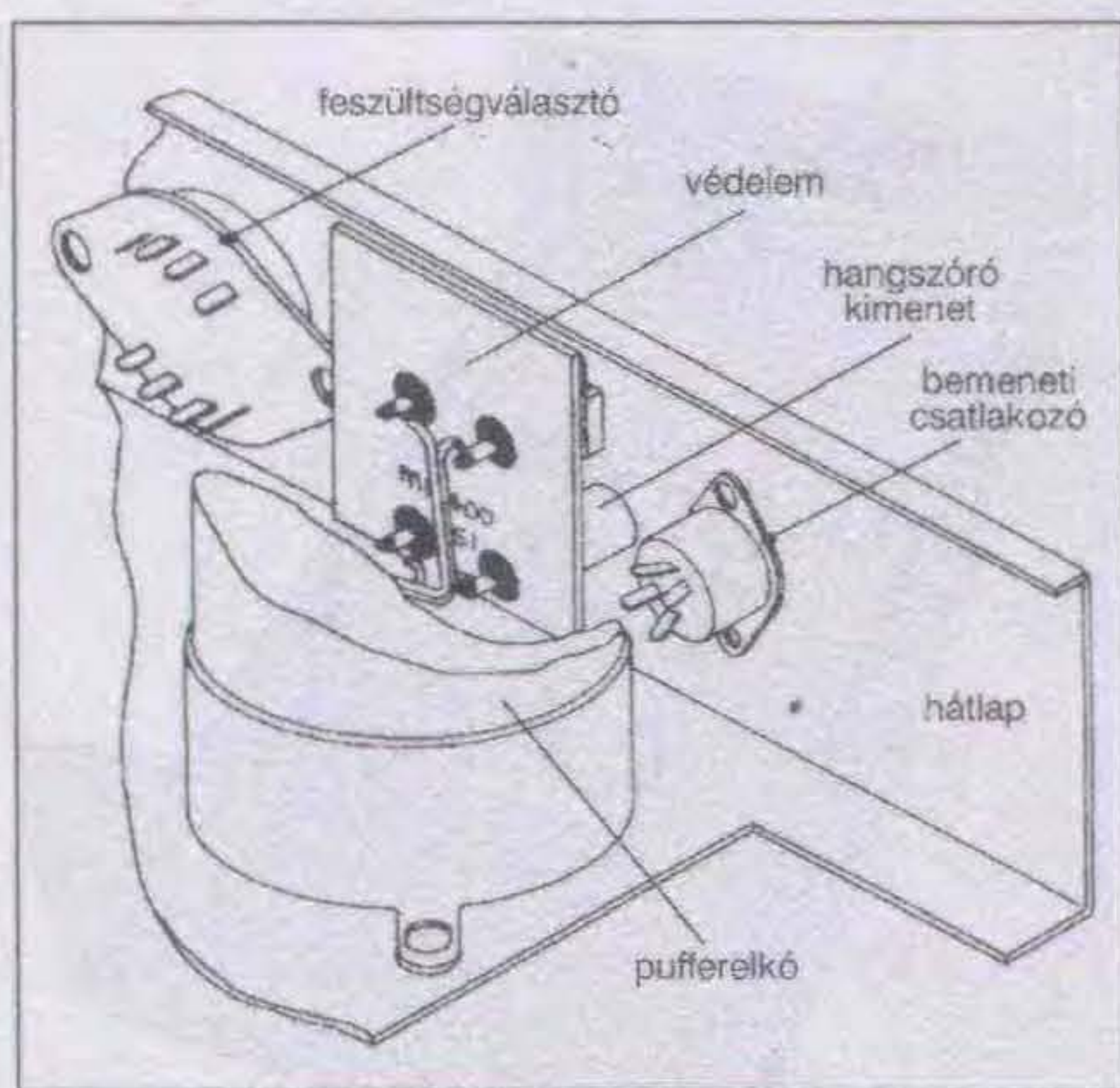
4. ábra. A QUAD 405-1 erősítő példás belső elrendezése (QUAD)

tak végre egy kissé nagyobb módosítást, majd 1981-ben, a 65 000-es gyártási számmal az erősítőt új védőáramkörrel látták el. Ezen utóbbi módosítás után az erősítő a 405-2 típusszámot kapta (3. ábra), megkülönböztetésül a korábbi, a továbbiakban most már 405-1 típuszámmal jelzett változatoktól. A módosítások alapjaiban nem érintették a működést, s a kapcsolási rajz és az alkatrészekészlet is minimális mértékben változott.

A gyári QUAD 405-1 típusú erősítő fontosabb jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

A műszaki paraméterekből látható, hogy a tulajdonságai igen kedvezőek, mindazonáltal aligha igazolják azt a lelkesedést, amellyel a QUAD 405-hívők beszélnek az erősítőről. Ilyen vagy hasonló műszaki paraméterekkel rendelkező erősítőféleséget számos cég hozott forgalomba azelőtt is, azóta is, akkor tehát hol is van a sokat hangoztatott különbség? Az erősítő valójában nagyon kedvező tulajdonságai elsősorban a *meghallgatás során* derülnek ki, és ez a titok nyitja. (Az a tény pedig, hogy a műszaki paraméterek szerinti értékelés, valamint a meghallgatás során nyert minősítés általában nincs kelő összhangban, ma már közhely. Erre még visszatérünk.)

Szerte a világon sokan fogtak hozzá részben az eredeti erősítő módosításához, feltuningolásához, részben pedig az árusított kitek alapján az utánépítéséhez, avagy saját ötletek alapján a teljes áttervezéséhez. Mivel számos egyéni ötlet beszivárgott a rendre egymást követő – apró lépésekben módosított – gyári konstrukcióba, szériákba is, először a gyári módosításokat kell átte-



5. ábra. A QUAD 405-1 erősítőben a kimeneti védelmet ellátó, utólagosan beiktatott diak-triak áramkört előbb a hátlapon helyezték el, majd az erősítőnyákra került. A 405-2 esetén a védelem minőségileg megújult (QUAD)

kintünk, majd pedig a legjobban sikerült egyéni ötletekkel ismerkedünk meg.

Az egyes kiadások között leginkább a nyomtatott áramköri lap és a kapcsolási rajz egymást követő generációi alapján lehet a változásokat követni, a QUAD cég eredeti, szervizkönyvi információi alapján:

Őspéldány. A nyák típuszáma M 12368 iss5, a kapcsolási rajz típusjele M 12333 iss2.

1. kiadás. A nyák típuszáma M 12368 iss6, a rajzolat módosult, a kapcsolási rajz nem változott, maradt az M 12333 iss2.

2. kiadás. A nyák típuszáma M 12368 iss7, a rajzolat módosult, a vezetősávok keskenyebbek lettek, és alkatrészértékek is módosultak. A kapcsolási rajz is változott, típusjele M 12333 iss3.

3/a. kiadás. A nyák típuszáma M 12368 iss9, a 9000-es szériaszám után már „háromtekercses” a kapcsolás, elektromos alkatrészek is változtak, a vezetősávok szélessége pedig tovább csökkent. Minden további típust, illetve a szervizbe visszakerült régebbi erősítőket is tirisztoros védőáramkörrel láttak el. A védelem alkatrészeit tartalmazó, a hátlap belső felére erősített kis nyomtatott áramkör (Clamp Circuit, 5. ábra) típuszáma M 12400. A kapcsolási rajz módosult, típusjele M 12333 iss4.

3/b. kiadás. A 29 000-es szériaszám után néhány alkatrész értéke megváltozott, és az ICI magasabb fe-

szültségről üzemel. A kapcsolási rajz típusjele M 12333 iss5.

4. kiadás. A nyák típuszáma M 12368 iss10, rajzolata megegyezik a 9-es változatéval, kivéve a teljesítménytranzisztorok alatti helyeket, amelyet a szériagyártás szempontjai miatt kellett megváltoztatni. Egyéb változás nem történt.

5. kiadás. A nyák típuszáma M 12565 iss3, névlegesen az 59 001-es szériaszámtól, noha már az 57 301–57 600 közötti szériaszámú gépeket is ezzel a nyákkal szerelték. Az eddig külön panelt képező védőáramkör (Clamp Circuit) rákerült az erősítő nyákjára. A kapcsolási rajz típusjele M 12333 iss6.

6. kiadás. Úgynevezett 405-2 típusú nyák, a 62 501-es szériaszámtól. A nyák típuszáma M 12565 iss5. Az erősítő új kapcsolástechnikájú, pincinyke, vastagréteg technológiájú védőáramköri panel-párt kapott, amely leváltotta a korábbi kéttranzisztoros védőáramkört és lehetővé tette az erősítőben rejlő teljesítmény jobb és biztonságos kiaknázását. Az első 405-2 erősítő kapcsolási rajzának típusjele M 12333 iss7.

1983 májusában a 66 700-as szériaszámtól kezdve néhány új, stabilitásjavító alkatrész került be a kapcsolásba, a nyák típuszáma M 12565 iss6, a kapcsolási rajz típusjele M 12333 iss8.

1983 júliusában a 67950-es szériaszámtól megváltoztatták a kimeneti csatlakozók típusát, egyéb változtatás nem történt.

1984 augusztusában néhány villamos alkatrész megváltozott, az új nyák

típuszáma M 12565 iss7, a kapcsolási rajz típusjele M 12333 iss9.

1985 decemberétől, a 83 000-es szériaszámtól megszüntették a hálózati feszültségválasztót, helyette a trafón alkalmazott átkötésekkel lehet a mindenkori hálózati feszültség értékét beállítani.

1986 februárjától megváltozott a bemeneti csatlakozó típusa, valamint a jelföldet és a sasszit kis értékű ellenállással választották el egymástól, a földhurokból adódó hálózati brumm csökkentése érdekében. A nyomtatott áramkör nem változott, a kapcsolási rajz típusjele M 12333 iss10.

Több gyári változtatásról, átmunkálásról már nincs tudomásunk. Hozzá kell tennünk, hogy a módosítások egy része annyira egyértelmű, szinte alapkövetelmény szintű, ezerszer alkalmazott fogás még talán a kezdő amatőrök számára is, hogy az ember nem érti, miért is nem így hozták forgalomba a legelső szériadarabokat is.

A fontosabb lépéseket tartalmazó kapcsolási rajzokat ismertetni fogjuk.

Hallás – érzékelés – mérés

A múlt század elektronikai szempontból tekintett fejlődésére visszatekintve, különös figyelemmel az elektroakusztikára, egyfajta jogos elégedetlenség tölti el az embert. Amíg a II. világháború előtt, alatt és közvetlenül utána jól körülhatárolható fejlődési fokozatokkal, jelentős eredményekkel találkozhatunk, addig – nagyjából a hatvanas éveket tekintve mérföldkönek – a kezdeti időszak után megtorpanást észlel-

1. táblázat. A QUAD 405-1 erősítő fontosabb jellemzői

Névleges kimeneti teljesítmény 1. A mindenkori kivethető max. teljesítmény függ a terhelés értékétől. 2. Belső limiterrel a kimeneti teljesítmény 2×50 W-ra korlátozható.	2×100 W
Javasolt terhelőimpedancia	4–16 Ω
Torzítás szinuszejnél, bármely teljesítményszinten, max. 100 W-ig	
100 Hz-nél k_{tot}	max. 0,01%
1 kHz-nél k_{tot}	max. 0,01%
10 kHz-nél k_{tot}	max. 0,05%
A frekvenciamenet esése	
20 Hz-nél	-1 dB
20 kHz-nél	-0,5 dB
50 kHz-nél	-3 dB
Érzékenység (8 Ω terhelésen, 100 W-nál)	0,5 V _{eff}
Slew-rate	0,1 V/ms

hetünk. Az a lendület, ami a harmincas, negyvenes, de még az ötvenes években is jellemezte az elektroakusztikát, a hatvanas évek táján kifulladás látszott, és az azóta elért eredményekre a „vajúdtak a hegyek és szültek egy egeret” a legjellemzőbb méltatás. Ez a megtorpanás jól megfigyelhető volt már jó negyedszázada is, amikor az először foglalkoztunk a QUAD 405 erősítővel. A szerző már akkor is hangot adott elégedetlenségének, és most is csak ezt teheti.

Az elektroncsöves korszak látható vége körüli, kissé labilis, de izgalmas, új helyzet, a tranzistorok megjelenése és rohamos térhódítása mintha elterelte volna a szakma érdeklődését a fontos, alapvető elektroakusztikai problémákról. Főleg kezdetben a szakmának számos területen éppen eléggé nagy gondot jelenthetett – pláne az akkori – félvezetőkkel elérni az egy-két évtizeddel korábbi elektroncsöves technikával könnyedén realizálható eredményeket, nem utolsósorban a megszokott megbízhatóságot. Nem volt ismeretlen a korai, germániumos, nagy bonyolultságú készülékeknel, például a számítógépeknél a *fél óra hasznos munkaidő – három nap hibakeresés és javítás üzemállapot*. Ez megtorpanást, néha visszalépést is jelentett, nem csekély traumát okozva a legtöbb munkatársnak, résztvevőnek, és közben a legfontosabbról feledkezett el szinte mindenki: az igazi minőségről. A minőségi problémákat végül csak a szilícium alapú félvezetőkkel sikerült megoldani.

Amíg a csöves korszakban senki nem kérdőjelezte meg az akkori hangfrekvenciás erősítőknél sem a villamos méréssel, sem pedig a meghallgatás útján nyert minősítést, pontosabban, összhangot véltek felfedezni a két jellemző között, addig a félvezetős erősítők esetében egyre több kétség merült fel a két minősítési, értékelési módszer összevethetőségét illetően.

Az idő haladtával a meghallgatásos alapon minősítő hangja egyre erőteljesebb, magabiztosabb lett, míg a szigorú, villamos szakmai szempontok szerinti, műszeres mérésekre támaszkodók hangja utóbb egyre halkabbá vált. Bebizonyosodott néhány egyszerű tény alapján, hogy a mérések körül nincs minden rendben, sőt, semmi sincs rendben. Nem ritkán fordul elő ugyanis, hogy két különböző típusú, gyártmányú, építésű HIFI erősítőt, nem is a legrosszabbak közül, méréses alapon hiába találunk szinte teljesen azonos torzításúnak. Villamos szempontból ugyan-

is egyáltalán nincs semmiféle magyarázat arra, hogy a meghallgatás alapján a két, a mérések során azonosnak ítélt erősítő között kisebb-nagyobb, néha tetemes és bosszantó hangzásbeli különbséget észlelünk.

További ellentmondást találunk néha egy-egy, a maga kategóriájában nem is különösebben kiemelkedő minőségű, műszeresen gyengének minősített erősítő hangzása és a mért torzítási adat között, a hangzás javára.

Gyakorta ennek az ellenkezője is előfordul, vagyis egyes, valóban nagyon kis százalékos torzítású erősítőket hangzásuk, meghallgatási minőségük alapján a zsűri az „indultak még” kategóriába sorolja.

Arra pedig végképp nem sikerült elfogadható magyarázatot kapni, hogy a közismerten eléggé nagy torzítású hangszórók, hangsugárzók miképpen alkalmasak arra, hogy segítségükkel az 1–2 nagyságrenddel kisebb torzítású erősítők hangját minősítsük, hangzásuk finomságait kiértékeljük, ami utóvégre is mérés-technikai lehetetlenség. Gondoljunk arra, hogy a mélysugárzók esetében már közepes teljesítménynél sem ritka a 20%-os harmonikustorzítás, de egy átlagos keskeny-, vagy szélessávú hangszóró is könnyedén lehet 1...5% torzítású, miközben a vizsgált, minősítendő erősítő harmonikustorzítása ugyanott 0,01%.

Tények a hallásról

Egyre több alkalommal kerül szóba az a megfigyelés, hogy fülünk jóval tökéletesebb, mint a mérőműszerek. Voltaképp nem is konkrétan a fülünk, hanem a hallásunk, azaz annak teljes, összetett rendszere, a *fülkagyló*, a *dobhártya* és az *idegsejtek*, a közöttük levő bonyolult *biológiai interfész*, továbbá a hallott információkat a maga komplexitásában feldolgozó *idegrendszerünk*. A dobhártyánk által érzékelt hang csupán bemeneti jelként fogható fel, amelyet az agyunk dolgoz fel. Ugyanekkor nem szabad, nem lehet csupán a fülre redukálni az érzékelést, hiszen számos olyan hangesemény fordul elő már a hétköznapi életben is, nem is említve a rendkívüli helyzeteket, ahol voltaképp teljes testünkkel érzékeljük a hangeseményt. A legmélyebb hangok, a szubsonikus jelenségek, például tomboló szélvihar, mennydörgés, a tenger hullámzása, robbanás, kis fordulaton járó robbanómotor stb. hangjának észlelése során a mély hangkomponenseket el-

sődlegesen üreges belső szerveink (pl. hasfal, gyomor, tüdő stb.) együttrezgése által érzékeljük.

Számos tapasztalati tény és célzott megfigyelés utal arra, hogy agyunk működése, szerepe a hallásban sokkal nagyobb, mint azt korábban gondoltuk volna. Ha például egy asztal körüli beszélgetés résztvevői vagyunk, még jelentős hangzavar, egymás beszédébe való belekiabálás, veszekedés, buli stb. esetén is képesek vagyunk egy meghatározott személyre, annak szavaira koncentrálni, amely képességünk jelentősen csökken ugyanezen beszélgetés mikrofonos, sokcsatornás közvetítése során. Kétségtelen tény, hogy egy többcsatornás, nem manipulált átvitel esetén a kiválasztott személyre figyelés minősége jelentősen romlik, különösen akkor, ha a hang már valamiféle elektronikus manipulációt szenved el (pl. veszteséges átviteli tömörítések).

Érdekes és figyelemre méltó megfigyelés az agy képessége a szelektív koncentrációra és az elemzésre. Miközben jól tudjuk, hogy az erősebb hangok képesek elfedni a kisebb amplitúdójú hangokat (ezt használják fel a Dolby-féleségek, az mp3 tömörítés stb.), nehéz elektroakusztikai magyarázatot találni arra, hogy a jelentős utcai zaj mellett alvó édesanya miért riad fel a szomszéd szobában pihenő csecsemője sírására. „Hivatalosan”, az adott rendkívül rossz jel-zaj viszony és az ebből adódó, mérésekkel is igazolható hangelfedés értelmében a sírás érzékelése voltaképp akusztikai lehetetlenség, viszont közismert, tapasztalati tény.

Egyre több megfigyelés utal arra, hogy a fül által érzékelt, majd az agy által feldolgozott hanginformáció jóval több és komplexebb, mint amelyet mai elméleti felkészültségünkkel *tárgyalni*, elektronikai eszközeinkkel *észlelni* és *mérni* tudunk. A fizikai átvitel során továbbított hangfrekvenciás jelben olyan komponensek, módoszatok vannak, lehetnek, amelyekre eddig nem gondoltunk, amelyekre nem terjedtek ki a kutatások.

A szigorúan vett villamos szakma (főleg a nem HIFI-s beállítottságúak táborában) általában megelégszik a frekvenciaátvitel és a harmonikustorzítás minősítő adataival, és ezzel a minősítő vizsgálatok – szerintük – be is vannak fejezve. A legjobb példa a szakmai szűklátókörűségre a DIN ó-HIFI-szabvány, amelynek több sarkalatos pontja, előírása már a születése pillanatában is nevetséges volt.

Egyszerű példával mutathatunk rá az elmélet és a gyakorlat között tátongó szakadéokra és hozhatjuk zavarba az akusztikát tisztán elméleti oldalról megközelítőket. A neves karmesterek jelentős része idős korban is sikeresen munkálkodik és vezényel zenekarokat, a hallgatóság legnagyobb meglepedésére, amikor pedig a tisztán akusztikai megközelítés, a hallásvizsgálat alapján erre egy képzeletbeli munkaalkalmassági vizsgán – ha lenne ilyen – „nem menne át”, úgymond, működési engedélyt már nem kapna. Szerencsére nem akusztikusok és fülorvosok minősítik a világhírű karmestereket.

Különös és meglepő megfigyelés, hogy az eredeti hanginformáció, ami semmiképpen nem azonos a hangfrekvenciás jellel, a várhatónál jóval kisebb mértékben függ az átviteli lánc műszeresen mért paramétereitől, villamos szempontok szerinti minősítésétől. Így fordulhat az elő, hogy a villamos szempontból egyforma, de különböző konstrukciójú két erősítő közül az egyik *az eredeti hanginformáció* nagyobb hányadát juttatja el hozzánk, mint a másik, noha a mérések szerint a két erősítő között a jelenleg szokásos villamos mérések szempontból számottevő különbség nincsen. További megerősítő tapasztalat, hogy a ma már csupán a korabeli 78/perc fordulatú hanglemezeken hozzáférhető zenei anyagok és CD-re történő gyári átíratuk között különbséget vélünk felfedezni – több minőségi mutatóban is – a régi lakklemez javára! Mindezt annak ellenére, hogy az átírás során a régi, használt lakklemez fizikai sérüléseiből eredő zajokat kiszűrték, a torzításokat a lehetőségek szerint csökkentették, a jelet szinte „kivasalták”, és mégis, a zenerajongók szerint a lakklemez kellemesebb hallgatni. Az átírás során a kellő szakértelem és a legnagyobb gondosság ellenére is elveszett valami, amiről ma még aligha tudjuk, micsoda. Ellentmondást nem tűrő véleményeket, kinyilatkoztatásokat természetesen sokszor hallhatunk, de egzakt magyarázattal még aligha találkozunk.

Nagyon hasonlít ez a felemás helyzet a fizika Einstein előtti, dogmatikus állapotára: a fény márpedig mindig egyenes vonalban terjed, az idő mindig, mindenütt abszolút stb. és punctum, a vitának helye nincs! Manapság az elektronikai szakemberek egyik, technokrata része mondja ki a punctumot a hangfrekvenciás jelről és egyebekről. Számos tényező mellett talán ez is volt az oka annak, hogy néhány évtizede

szinte leállt az elektroakusztikai alapkutatás, a minőségi fejlesztés, és a hangsúly áttevődött a piaci igények alsó határon történő kielégítésére. Csak nagyon kevés példát találunk arra nézve, hogy HIFI-erősítőket lehet új gondolatokból, ötletekből kiindulva, hosszas fejtorés és kísérletezés, alapos munka során kifejleszteni. Az egyik ilyen iskolapélda a QUAD 405 típusú erősítő.

A „tuti” HIFI-kapcsolás

Napjainkban a jó hangminőségű HIFI-erősítők megszületésének folyamata – műszaki szemmel tekintve – siralmasnak, akár botrányosnak is mondható. Erre találhatunk példát akár a Rádiótechnika hasábjain is. A tipikus történet a következő. A tiszteletre méltó, nagy tapasztalatú belföldi/külföldi konstruktor/szerző elmélyült elméleti megfontolások után kialakít valamely – műszaki szempontból bárki által aligha támadható – elvi álláspontot. Ezek után akár saját kútfőből, akár pedig valamely megbecsült előd tervezőmunkáját alapul véve, továbbfejlesztve megszületik egy – remélhetőleg kiváló – áramkörüi kapcsolás. A megépítés után, a meghallgatás során azonban a nemzedékek mérnöki, elektronikai/elektroakusztikai tapasztalatait ötvöző kapcsolással szemben támasztott elvárások sajnos nem igazolódnak. Ez meglepő, mi több, kifejezetten bosszantó. Újabb fejlesztési lépések, próbálgatások, módosítások után végül kialakul egy olyan kapcsolástechnika, amely nem annyira az elméleti megfontolások és a különféle torzításmérések, sokkal inkább a próbálgatások és a meghallgatási tapasztalatok során sokkal jobbnak bizonyul, mint a legelső erősítő. Miután már az elsőre kialakított kapcsolás is – elméleti szempontból – kiválónak tűnt, kissé zavaró, hogy azt miért kellett így vagy úgy módosítani, néha már-már szinte találomra beépíteni/felváltani az egyik nagyszerű ötletet a másik után. Amitől persze az erősítő vagy jobb lett, vagy nem. Végül kiderül, hogy a torzításmérések és hasonlóknak meglehetősen mellékes szerepet játszanak, s az erősítőket igenis – ha tetszik, ha nem – meg kell hallgatni, mert ez a minősítés egyedüli, valóban megbízható módja. Ilyenkor a mérnök bosszankodva és csüggedten ül a halom vázlata, próbaáramköre, műszere előtt. Tanácstalan, mert érzi, hogy itt valami jelentős információs probléma van, bizonyára valamit nem tudunk, nem úgy tudunk, valamire még

nem figyeltünk fel, valamit még nem kutattunk ki, nem tártunk fel, legfeljebb csak meddő vitát folytatunk róla. És biztosan nem a műszer aurája a hibás, vízér sem húzódik a munkaasztal alatt, ördögösség sincs a dologban, csak manapság az elektroakusztikában jószzerivel még ott tartunk, mint a fizika Einstein előtt.

Szerencsés kezűnek mondható az a tervező, aki nagyon kevés lépésben találja meg az utat a jó mérési jellemzőkkel rendelkező és ugyanakkor kiváló meghallgatási tulajdonságokat mutató erősítőhöz. Ezekre az erősítőkre az a jellemző, hogy harmonikus- és intermodulációs torzításuk ugyan általában 0,1% alatti, de semmiképpen nem extrém jó érték, és egyébként is ez nem is túlzottan nagy jelentőségű mérési adat. Más erősítők hasonló torzítási értékei viszont hiába jobbak akár egy-két nagyságrenddel is, a meghallgatásos minősítés alapján gyakran sokkal rosszabbnak is bizonyulhatnak.

Jelen pillanatban csak nehezen körvonalazható, ökölszabályszerű ismereteink vannak a jó minőségű erősítő megépítéséhez. Ezen javallatok betartása azonban nem jelent sokkal jobb és precízebb tanácsot annál, mint pl. az, hogy télen öltözzünk melegebben, mint nyáron, és ha esik az eső, álljunk az eresz alá. Ökölszabály, hogy általában jó hatással van a félvezetős erősítő minőségére, ha az áramkörök kialakítása minél inkább szimmetrikus, komplementer-szimmetrikus, felhasználva a pnp- npn félvezetők által adott lehetőségeket is.

Általában ajánlható, hogy az erősítő ne tartalmazzon a szükségesnél gyorsabb, sokkal gyorsabb félvezetőket, de lassabbakat sem (...). Általában nem vezet jó eredményre a tranzisztortemető típusú, ezer alkatrészből álló kapcsolás. Nem javasolható a teljes erősítő magában foglalt, erős negatív visszacsatolás. Célszerű a végfokozat félvezetőit nem a legkihegyezettebb munkapontban dolgoztatni, olyan extra áramterhelés mellett, ahol a csúcsáramok tartományában azok bétája már minimális (pl. 3...5...10). Az „AB”-osztályú végfokozat nyugalmi áramát nem célszerű nagyon csekély értékre beállítani. Amennyiben az egyáltalán szükséges, célszerű modern, kistorzítású integrált hangfrekvenciás vagy műveleti erősítőket alkalmazni, noha ezek sem mentesek a különféle másodlagos, váratlan torzítási effektusoktól (mint pl. a TL070-es család).

Még napokig sorolhatnánk a kiválónál kiválóbb ötleteket, csodaszereket, azonban a jó HIFI-erősítő nem, vagy nem csupán ezektől, vagy néha éppen ezek ellenére lesz jó hangzású. Ha ugyanis pontosan meg tudnánk mondani, hogy mitől is lesz ténylegesen jobb, akkor mindenki azt a bizonyos erősítőt építené meg, és a számos jó tanács helyett csak egyetlen egy tuti-kapcsolásra lenne csak szükség...

A hallásvizsgálatról

Gond van a hallás mechanizmusának eddigi ismereteivel is. Valahogy különös, dézsavú érzése támad az embernek akkor, amikor belegondol a hallásvizsgálatok szokásos menetébe. Ezek szerint vegyünk egy tiszta szinuszos hangjelet és... no, de az erősítők esetében is itt bukott meg az elektroakusztika legelőször! A szinuszos hangjel természetidegen, a valóságban önmagában szinte soha nem fordul elő. Akár a természet hangjaira gondolunk, akár a hangszerek megszólaltatása során keletkezett zenei hangokra, akár pedig valamely eszköz, szerkezet, gép, jármű stb. által keltett hangokra, zajokra, zörejekre, ezek soha nem szinuszosak, hanem kivétel nélkül – speciális, nemsinuszos jelalakot eredményező – sajátos jelkeverékek. Ezek a hangok mindig számos frekvenciakomponensből állnak. Tehát a fülünk „hivatalos” akusztikai vizsgálata valami olyan steril, álságos, nem jellemző hanganyaggal történik, amelyre a kapott válasz, a mérési eredmény is éppen ugyanilyen álságos. Ha tehát szemellenzős módon egy ál-méréssel megállapítjuk, hogy az emberek nagy tömegére nézve – statisztikailag – a fül hallástartományának frekvenciahatára felfelé legfeljebb 20 kHz-ig terjed, egyes ritka kivételektől eltekintve, akkor csak egyet állíthatunk biztosan. Azt ugyanis, hogy az emberek zömének halláshatára egy képtelen, a valóságban soha elő nem forduló, nem létező esetre, azaz a szinuszos jelre nézve mintegy 20 kHz. Ugyanakkor azonban már léteznek objektív vizsgálati eredmények, amelyek arra utalnak, hogy ezen a halláshatáron felüli frekvenciatartományban is igenis van észlelés, különösen akkor, ha nem egy steril, laboratóriumi szinuszzel, hanem jelkeveréssel végzik a vizsgálatot. Arról, hogy a jelkeverékes mérési módszer mennyivel életszerűbb, talán senkit sem kell meggyőzni. Japán kutatók mérései szerint – amennyiben van a szokásos hallási tartományban is hang-

jel – az észlelés messze 20 kHz fölé terjedhet! [1]

Nyilván nem a szokásos, eddig ismert módon halljuk a nagyfrekvenciás komponenseket, de az emberi agy vizsgálatai arra mutattak, hogy észlelés igenis van, mert megváltoznak az agyhullámok és megváltozik az agyi vérkeringés állapota is. Ultrahangokat is tartalmazó hangesemények például agyi alfhullámokat generálnak, amelyre pillanatnyilag még nincs korrekt magyarázat. (Érdekes megfigyelés ugyanakkor, hogy az észlelési állapot kialakulásához egy átmeneti, rövidebb-hosszabb időre van szükség.)

Tekintsük ezt a megfigyelést annak az ismeretnek a fényében, hogy pl. a cintányér frekvenciaspektruma 100 kHz-nél is szélesebb, és a hangenergia 40 százaléka a 20 kHz fölötti tartományra esik! És talán nem véletlen, hogy pl. a cintányér hangjának a valószínű visszaadása egy hangrendszerben az egyik – bár korántsem az egyetlen – kritikus pont. A szerzőnek néhány évtizede volt alkalma egy jazzkoncerten *Kovács Gyula*, felejthetetlen ütősünk boszorkányos és nem minden humor nélküli művészetében közvetlen közlő gyönyörködni. Az ott hallottak, a művész által a különféle dobokon, cintányérokon stb. bemutatott varázslatai a szerző számára – a zenei élményen túl – elektroakusztikai eszközökkel korrekten aligha visszaadható, akusztikai etalont képeznek.

Mi több, az emberi hang, a szép beszéd, a szép énekhang élethű visszaadása sem tartozik a legegyszerűbb, problémamentes dolgok közé. Miért? Például azért is, mert mérésekkel megállapították, hogy a sziszegő mássalhangzók sáv szélessége akár 40 kHz is lehet! De lehet a probléma ennél bonyolultabb is. Éppen ezért oly zavaró, ha a kedvenc énekesnőnk bármely nyelven énekelve is tud selypíteni, viszont „selypegőhangjainak” kiszűrhetetlen, felhangokban igen dús energiataralmával gyakorta sem a technika, sem a hangmérnök nem képes mit kezdeni. Így kedvencünk beszédhibája a torzítások miatt egy-egy felvételen szinte jobban hallható, mint a valóságban.

Ajánlott irodalom:

[1] Jákó Péter: Digitális hangtechnika. Kossuth Kiadó, 2005.

És a CD/DVD?

Említhetnénk a vajúrást az ezüstkorong, a CD/DVD jelhordozó körül is,

amely esetében a konstruktőrök és a gyártók az évek során számos csodaszereket vetettek be a hangminőség javítására. A digitalizált hangfelvétel ugyan a papírforma szerint úgyszólván abszolút tökéletes, mégis, a valóságban még mindig sokat kell azért dolgozni, hogy a régi lakklemez minőségét egy vadonatúj CD valamennyire is utolérje. Pedig a tervezés során mindent bedobtak, ami a számítástechnikától tellett, csak hát mind a felvétel, mind pedig a lejátszás során megjelentek olyan, elsőre figyelembe nem vett vagy tudatosan elhanyagolt, de előre azért titkon sejtethető, „rázós” problémák, amitől a CD mégsem lett annyira kiváló, mint ahogyan azt gondolták és reklámozták. A digitális jel ugyanis mégsem annyira kristálytisza és pusztán „digitális”, előkerültek az olyasféle hibák, amelyek pl. akár primitív szarvashibának is tekinthetők. Így például semmi köze magának a digitális technikának ahhoz, hogy egy CD-lejátszóban gondoltak-e arra vagy sem, hogy a tápegységet egyik-másik áramkör (pl. a szervo) váltakozó terhelése „megrángatja”, s a tápfeszültség időszakos vagy ismétlődő megváltozása, hullámzása azután a digitális jelfeldolgozás kisebb, nagyobb hibájában fog megmutatkozni. A gyors jelek oszcilloszkópos mérés-technikájából már ismert jelenség, hogy valamely, a gyors jelben levő, azt szennyező zavarjel, idegenjel (pl. brumm, zaj) a fel- és lefutó él vagy akár az egyszerű szinuszjel vizsgálatát is gyakorta megnehezíti, nem ritkán lehetlenné teszi a dzsitter, vagyis a függőleges élek bizonytalansága, vízszintes többszöröződése, rángatózása, elmosódása következtében. Nem kell túlságosan elrugaszkodott képzelőerő ahhoz, hogy az ilyesféle, mind a gyári műsoros lemez előállításánál, mind pedig a lemez használata során bekövetkező, alapvető elektronikai problémák hangminőségre gyakorolt hatását kedvezőtlenül ítéljük meg. Elgondolni is rossz, hogy mi van akkor, ha a például a dzsitter a digitális jelfeldolgozó egység órajelében is jelen van, a stúdióban vagy az otthoni lejátszóban.

Olvasóink közül bizonyára többen is hallottak már berregést, zúgást, zakatolást a CD-lejátszó belsejéből. A szerző neves cég műsoros lemezének a meghallgatási kísérlete során azt tapasztalta, hogy egy asztali CD/DVD-lejátszó használata során a készülék zúgva-zakatolva – mint egy traktor – kimozdult, elmászott a helyéről, és

képtelen volt a a CD lejátszására. A kiválóan „fényes”, közép kategóriásnak árusított asztali lejátszó tervezési/gyártási hibában szenvedett. Ugyanezt a lemezt egy tízéves, gagyinak kikiáltott lejátszóba áthelyezve a lejátszás halkán és teljes sikerrel elvégezhető volt. Ilyen zúgás, kerregés egyébként a számítógépekben alkalmazott CD/DVD-olvasók-nál sem ritka jelenség, és egészen a lemez szétszakadásáig, darabokra töréséig fokozódhat.

És akkor még nem is esett szó a CD gyári előállítás és otthoni lejátszása során szerephez jutó különféle analóg áramkörü részek minőségéről, speciális problémáiról, különös tekintettel a felső sávhatárra. Ez a CD-lejátszó áramköreiben ugyan – a szinuszos jelre nézve – elvileg lehet akár 20 kHz is, de magán a CD-n és az áramkörökben, ezek széles frekvenciatartományában aztán persze minden egyéb jel megtalálható, csak éppen szinuszos jel nem (talán a kimenetől eltekintve). Viszont a hangfrekvenciás kimenőjelre nézve semmi garancia nincs a bonyolult digitális eljárás közbenső fő- és melléktermékei, ebben az értelemben zavarójelei valóban hatásos visszatartására, valóban hatásos kiszűrésére. A mégis beépített zavaroszűrők amennyit segítenek a zavarjel visszatartásában, kb. annyit rontanak a fázishibák és a futási idők problémái terén. A felhasználók és a hallgatóság pedig csak reménykedhet abban, hogy belátható időn belül az elektroakusztika tudománya is lép egyet előre a közel fél évszázados majdnem-stagnálásból, és közelebb kerülünk az akusztikai, elektroakusztikai valósághoz.

Miért kellett mindezeket a QUAD-erősítő tárgyalása során előrebocsátanunk? Azért, mert a fiatalnak éppen nem mondható, harminc évesnél is idősebb QUAD 405 esetében igen jó összhangot találunk a korrekt elektronikai mérések szerinti jó minősítés, valamint a meghallgatási tesztek szerinti akusztikai értékelés között, tehát a tervezők úgymond igencsak beletrafáltak, valóban nagyon sikeres munkát végeztek.

Nem állítjuk, hogy nincs jobb, netán sokkal jobb HIFI-erősítő a világon, de az ár-érték viszony ennél az erősítőnél kimagaslóan jó, és ezt az évtizedek óta a – világszerte tartó – népszerűsége is bizonyítja.

A végfokozatról

Ismeretes, hogy a különféle villamos jelek tulajdonságai megváltoznak vala-

mely elektronikus áramkörtörténő áthaladás során. A megváltozások egy része lehet előre tervezett (ezért vezetjük át az áramkörtörténő), a változások másik része pedig nem kívánatos mellékhatás, melléktermék.

Az erősítők alapvető feladata a jel valamely tulajdonságának méretezett megváltoztatása úgy, hogy a kimenőjel – egy kiválasztott fontos jellemzőtől eltekintve – az eredeti jel pontos másolata legyen. A fontos, kiválasztott jellemző többnyire a feszültség nagysága vagy az áramterhelhetőség mértéke, vagy mindkettő, minden egyéb alapvető tulajdonság szabatos megtartása mellett. Első közelítésben a jel alakjának minőségi megváltozása érdekel minket, azaz amennyiben a kimeneti jel alakja, formája eltér a bemenetétől, torzításról beszélünk.

Egy tipikus HIFI-erősítőt szemügyre véve megfigyelhetjük, hogy az áramkör lényegében két funkcionális részre bontható. Az áramkör – a jelút szempontjából – első felében csupán egyfajta egyszerű jelkezelés folyik. Itt általában a bemeneti jel nagyságát kell megnövelni, illeszteni akkorára és úgy, hogy az az erősítő második felének tekinthető teljesítményfokozat ellátására alkalmas legyen. Az első áramkörü részek többnyire állandó munkaponti áramon járatott, vagyis „A” osztályú (nagy mértékben lineáris működésű) fokozatokat tartalmaznak, és ezek általában kis feszültség- és teljesítményszinteken dolgoznak. Gondos tervezés esetén az egyes fokozatok minimális mértékben felelősek az erősítő torzításáért.

Az erősítő kimeneti fokozatai viszont jelentős áram- és feszültség szinteken dolgoznak, ráadásul üzemi okokból többnyire „AB” munkaponti osztályban. Jellemzője ennek a működésnek az igen csekély, néha közel zérus nyugalmi munkaponti áram, amely kivezélés közben azonnal és rohamosan, jelentős mértékben megnövekszik. Ez azt jelenti, hogy a félvezetők pillanatról pillanatra változó feszültség- és áramviszonyok között, azaz jelentősen ingadozó pillanatnyi teljesítményszinten dolgoznak. Tekintettel a szokásos kimeneti terhelésre, a hangsugárzóra, a kimeneti fokozat működését további problémákkal terheli a hangsugárzó váltószűrőjének frekvenciafüggő fázistolása. Mindennek az a végeredménye, hogy az erősítő kimeneti fokozata az előzetes elképzelésekhez képest – terhelési szempontból – alapvetően másképp működik, működ-

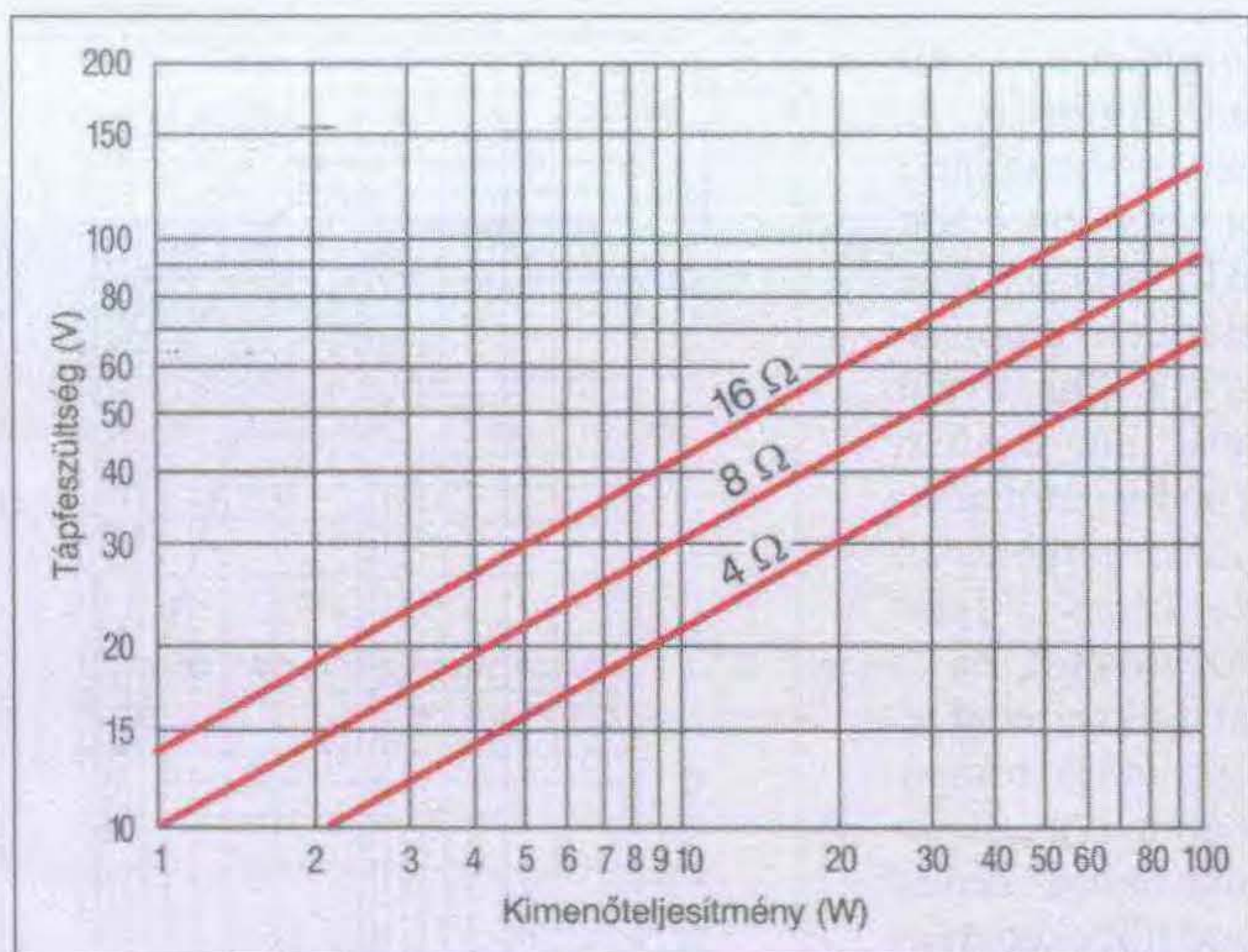
het, és szinte minden zavaró hatás végeredménye az, hogy a végfokozat garantáltan, jól hallhatóan torzít. Szerencsétlen esetben, például hibás méretezés és/vagy megfelelő védelem nélkül akár tönkre is mehet (l. később).

Első közelítésben elmondhatjuk tehát, hogy a HIFI-erősítő torzítását döntő mértékben tudjuk csökkenteni, ha a végfokozat áramkörének a nemlineáris viselkedését vagy annak hatását sikerül valamely módszerrel javítani. Azért kell a végfokozattal ezúttal kiemelten és körültekintően foglalkoznunk, mert a QUAD 405 sikeres vagy kevésbé sikeres hazai utánépítésének ez az egyik sarkalatos pontját képezi.

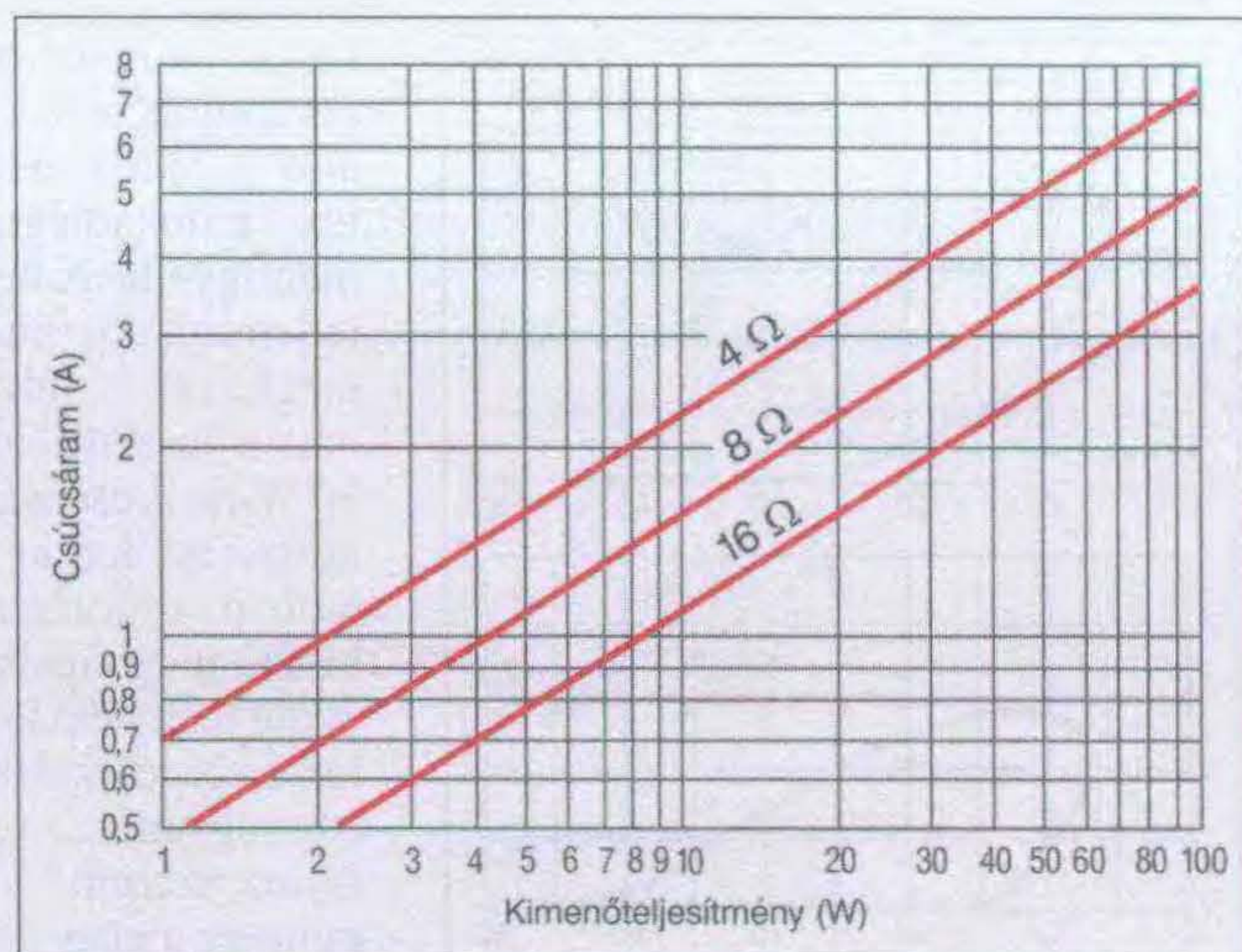
A QUAD 405-ös erősítő kimeneti teljesítményét a korábbi években az utánépítők számos okból túlzottan nagyra találták. Ennek több oka is volt, részben a szemlélet is, de komoly, akkoriban szinte leküzdhetetlen akadályt jelentett a megfelelő nagyfeszültségű és nagy teljesítményű félvezetők és egyéb alkatrészek (pl. pufferek) beszerzése. Így hát a legtöbb utánépítő az itthon beszerezhető félvezetőkre és egyéb alkatrészekre alapozva megpróbálta az erősítőt mintegy megszelídíteni, ami néha sikerült, néha azonban nem. Egyébként is, a hosszú évek tapasztalata azt mutatja, hogy az amatőr gyakorlatban bármely HIFI végfok sohasem jó úgy, ahogyan azt a forrásmunkában a mű szerzője, netán a gyári készülő konstruktor megalkotta, leírta. Vagy túl nagyok, vagy túl kicsinek találtak a kimeneti teljesítmény, netán éppen nem állt rendelkezésre az előírt végtranzistor-pár, más a saját hangszórók névleges impedanciája stb., míg végül is az amatőr úgy dönt, hogy más feszültség- és teljesítményszinten építi meg és üzemelteti HIFI-erősítőjét, például a QUAD 405 erősítőt.

Sajnálatos, hogy a legtöbb ilyen esetben az átméretezés gondolomra, becsléses alapon történik, a „remélhetőleg jó lesz” alapon. Vizsgáljuk meg röviden, hogy mely szempontokat kell figyelembe vennünk egy végfok méretezésénél, hogy legalább az első bekapcsolás utáni – a rossz méretezésből következő – villanást, füstöt, anyagi kárt elkerülhessük. A méretezés ugyanis nem is olyan egyszerű, mint azt a következőkben látni fogjuk.

Több kiindulási vagy sarokpontunk is lehet. Az egyik nagyon fontos elem a megvásárolható, a rendelkezésre álló, a beépíthető hálózati transzformátor névleges teljesítménye. Ez az a tervezési



6. ábra. Összefüggés egy tranzistoros HIFI-erősítő terhelőimpedanciája, megkívánt kimeneti teljesítménye és a szükséges teljes tápfeszültség között



7. ábra. Összefüggés egy tranzistoros HIFI-erősítő terhelőimpedanciája, megkívánt kimeneti teljesítménye és a fellépő kollektorcsúcsáram között

tétel, amelyre gyakorta a legkisebb figyelem jut, így alultervezés esetén maga az erősítőkapsolás soha nem fogja az elvárt hangfrekvenciás teljesítményt leadni. Abból indulhatunk ki, hogy egy átlagos HIFI-erősítő (végfok + kiszolgáló áramkörök + egyenirányító) határfoka teljes kivezérélnél el sem éri, vagy alig haladja meg az 50–60%-ot. Ez más szóval azt jelenti, hogy egy 40 W névleges teljesítményű hálózati trafó esetén aligha számíthatunk 2×10^4 W-nál nagyobb átlagteljesítményre, amely egy-egy kivezérélni csúcsban, a pufferek töltésének pillanatnyi kimerüléséig – szerencsés esetben, néha – elérheti a 2×15 W-ot. Egy-egy áramfogyasztási csúcs pedig jelentős feszültségcsökkenést eredményezhet a puffereken, miáltal az erősítő a teljesítménycsúcsokban gyakorta fuldogni is kezd. A másik véglet a túlságosan nagyra sikeredett transzformátor esete (egy barátunktól kaptuk, illet sikerült beszerezniük stb.), és a trafóról nyerhető, egyenirányítás utáni feszültség túlzottan nagy, legalább is a félvezetőink, a megépített erősítőnk feszültségtűrése számára.

A megkívánt kimeneti teljesítmény mellett a tervezés másik fontos tényezője a terhelőimpedancia. Az évtizedek során a hangszórók, hangszugárzók névleges impedanciája – részben az erősítőtervezés, az aktív elemek jóvoltából, részben a hangszórók sűrűn változó gyártástechnológiája következtében – széles tartományban szórt. A gyakorlatban legsűrűbben a 8 Ω-os családdal találkozhatunk, de manapság is gyakoriak a 4 Ω-os típusok, és már ritkábbak a

régebben divatos, 16 Ω körüli névleges impedanciájú típusok. Ez azt jelenti, hogy egészen más konstrukcióra és tápfeszültségrendszerre van szükségünk akkor, ha 4 Ω-os és más, ha 8 Ω-os vagy 16 Ω-os hangszugárzónk van. A tervezés, átépítés megkönnyítésére a 6. ábra szerinti diagram nyújt segítséget, amelyből leolvasható, hogy amennyiben 8 Ω-os (16 Ω-os) hangszugárzóink vannak, a hálózati táp pufferekőink, egyenirányítójának kiválasztásával, beszerzésével, a végtranzisztorok és egyéb beépítendő félvezetők névleges U_{CE} feszültségtűrésevel lehetnek gondok. Ha viszont 4 Ω-os hangszugárzóink vannak, a tápfeszültség nagysága várhatóan sem a tápegységben, sem a félvezetők feszültségtűrésénél nem okoz gondot, viszont a teljes rendszer meglehetősen nagy áramterhelhetősége, a nyomtatott áramkörök, csatlakozások és a vezetékezés kivitelezése okozhat sajátos problémákat. Mindenesetre, a diagram támpontot ad a félvezetők, elsősorban a végtranzisztorok megkívánt feszültségtűrésére.

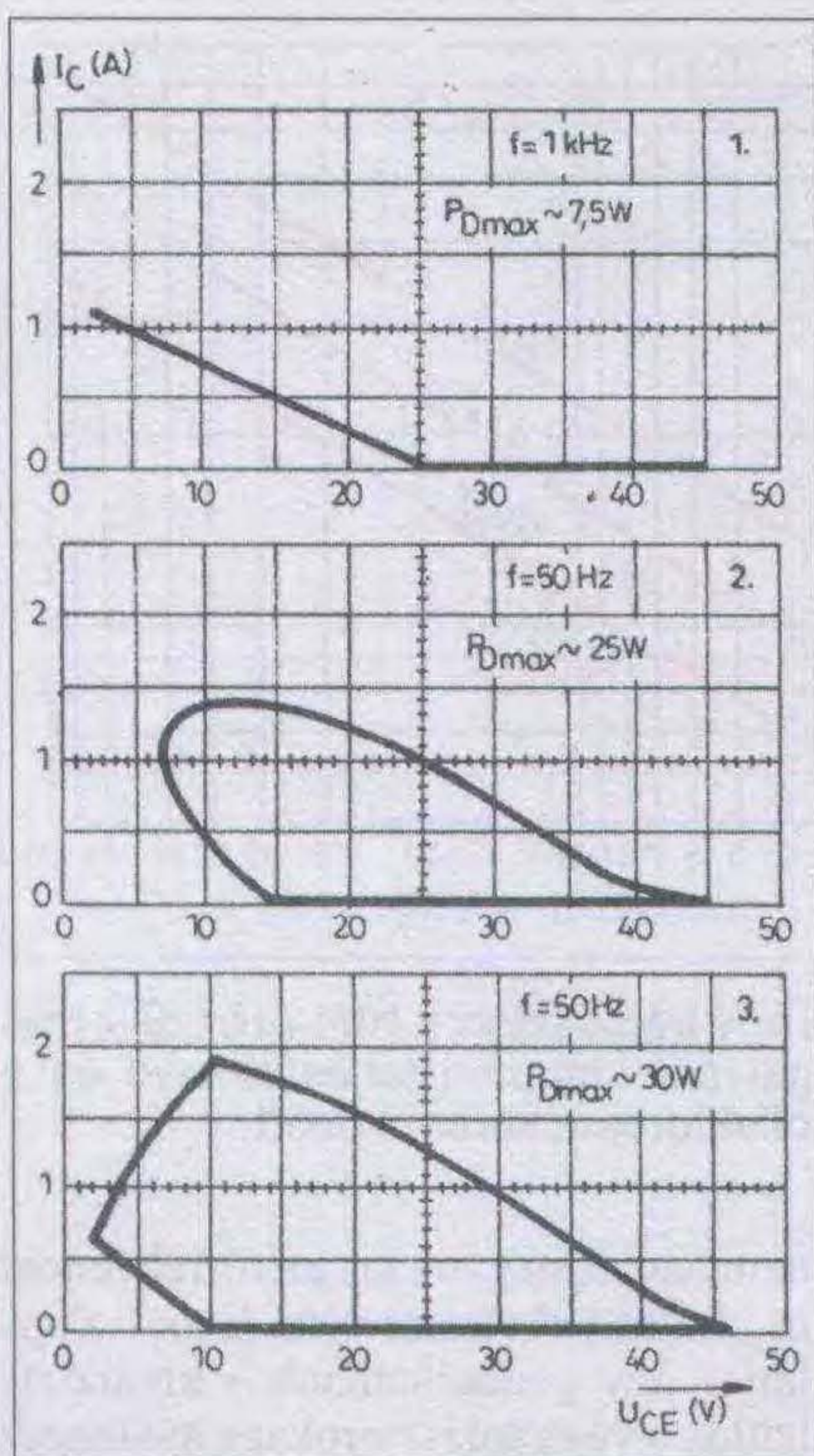
A végtranzisztorok esetében azonban a probléma sokkal összetettebb. Ugyanis itt számos olyan körülményt kell figyelembe venni, ami a viszonylag könnyen számolható egyenáramú viselkedésből nem következtethető ki. Az egyenáramú viselkedést csak mint első – és sajnos nagyon silány – közelítést vehetjük figyelembe. A 7. ábra a félvezetős erősítő terhelőimpedanciája, megkívánt kimeneti teljesítménye és a fellépő kollektorcsúcsáram közötti összefüggést mutatja, a valóságban soha

nem létező, nagyon kis mérőfrekvencia és ohmos terhelés esetére. Ennek alapján – úgy gondolhatnánk – kiválaszthatjuk a végtranzisztorokat a megengedett maximális kollektoráram-tűrés szerint.

Sajnálatos, hogy amit a diagramból látszólag kiolvastunk, a rideg napi valósággal köszönő viszonyban sincsen, ugyanis a HIFI-erősítő csak egy esetleges műterhelés (gyakran pl. pákabetét...), netán – hanggenerátor híján – a hálózati kisfrekvenciás, 50 Hz-es mérőfeszültségű vizsgálat során viselkedik közelítőleg a diagram szerint. Az ilyesféle mérésnek azonban a valósághoz túl sok köze nincsen, és ha a fenti diagram szerint választjuk meg a végfokba beépítendő félvezetőink tulajdonságait, az utóbb várhatóan igen költséges multság lesz. Vizsgáljuk meg, hogy miért!

A 8. ábra a „B” osztályban üzemeltetett tranzisztor kollektorának áramfüggését, I_C-U_{CE} munkagörbéjét mutatja három vezérlési esetre. A legfelső – mondhatni, alsótagozatos tankönyvi színvonalú – 1. diagram a tisztán ohmos, azaz ellenállásterhelésre (például „pákás” műterhelésre) mutatja a törésponttal rendelkező működési tartományt. Ez a gyakorlatban szinte soha nem létező működési tartomány esete.

A középső, 2. jelű diagram *elliptikus alakú hiszterézissel* rendelkező munkagörbéje azt az esetet mutatja, amikor a végfokozatot kapacitív terheléssel látjuk el, vagyis szokás szerint egy váltószűrőn keresztül csatlakoztatjuk a hangszugárzót a végfokozathoz, és a mérést pl. azon a frekvencián végeztük



8. ábra. Egy HIFI-erősítő egyik végtranzisztorjának munkagörbéi: 1. ohmos terhelésnél és teljes kivezérélnél, 2. kapacitív terhelésnél és teljes kivezérélnél, 3. kapacitív terhelés és túlvezérlés esetén

zük, ahol a terhelés főleg kapacitív jellegű. Belátható, hogy ez az állapot már sokkal realisabb, mint a felső diagramhoz tartozó. Csak az a bökkenő, hogy a munkagörbe munkaterületté változott, amelyet üzem közben a félvezetőnek be kell járnia, ami nem csekély többlet-energiába kerül. (Ez olyasféle, rokon jelenség, mint a vas felmágnesezésénél a hiszterézis, és az ebből következő, a vas melegekedéseként észlelhető veszteség.) Ezen felül mintegy 40%-kal megnövekedett a tranzisztor csúcsárama is. Amíg a felső diagramnál megállapítható volt, hogy a félvezető az adott beállításban hozzávetőleg legfeljebb 7,5 W-ot disszipált, a középső diagramnál – ugyanezen félvezetőnél – a disszipáció már megnövekedett mintegy 25 W-ra! Ez a változás attól keletkezett, hogy a műterhelésként nálunk éppen jól bevált pákabetétet most – hiedelmünk szerint – azonos terhelést jelentő hangsugárzóra cseréltük. A változás enyhén szólva meglepő, azaz előfordulhat, hogy a nem jól megválasztott végtranzisztorok izzadni, füstölni kezdenek.

Még nagyobb a baj, ha „buli van”, és szokás szerint a végfokot – a felfo-

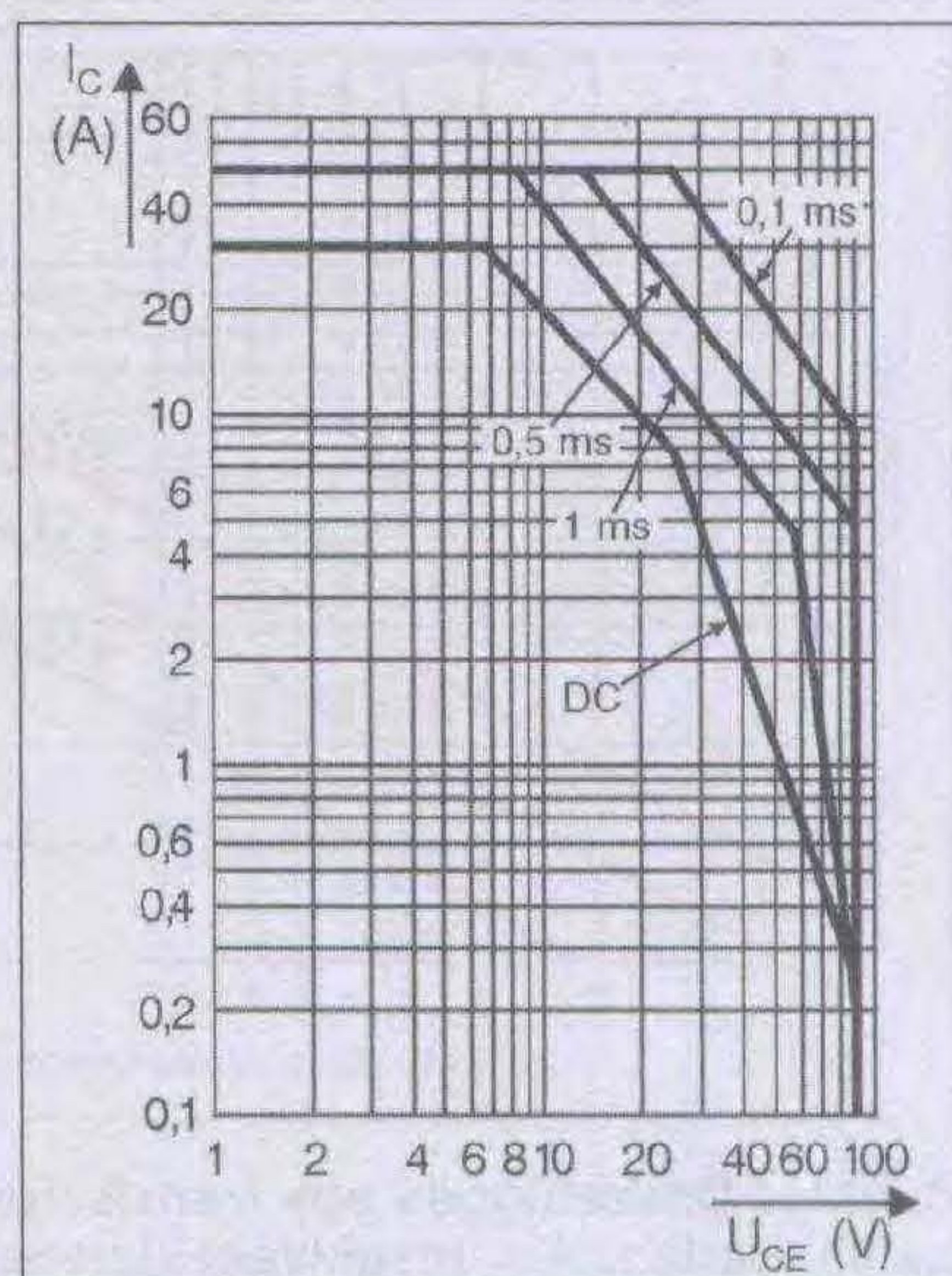
kozott hangulatnak megfelelően – túlvezéreljük, a szomszédok örömeire. Az alsó, 3. jelű diagram ezt az üzemállapotot, munkadiagramot mutatja, ahol megfigyelhető, hogy a töréses görbével jellemezhető munkaterület alaposan meghízott, a félvezetőn pedig tovább nőtt a disszipáció, most már mintegy 30 W-ra. A csúcsáram pedig majdnem a kétszerese lett az ohmikus terheléshez tartozó csúcsáramhoz képest. Tehát kissé „megbőgetve” az erősítőt, ha az eddig még nem is ment tönkre, most jelentős lépéseket tettünk ennek irányában, ugyanis az egyenáramú, a „papírforma szerinti” számításokhoz képest mintegy a négyszeresére növekedett az a disszipáció, amelyet el kell(ene) viselnie a végtranzisztoroknak.

A legtöbb teljesítményeszköz katalógusadatai között szerepel a 9. ábra szerintihez hasonló diagram, amely az adott félvezető egyenáramú és impulzusüzemhez tartozó munkaterületét, maximális terhelhetőségét tartalmazza. A diagramok legfontosabb tanulsága az, hogy a legnagyobb üzembiztonságot akkor kapjuk, ha a félvezetőt az egyenáramú üzemmódhoz tartozó, az ábrán a DC-vel jelzett görbe alatti területen üzemeltetjük. Sajnálatos, hogy a legkisebb területet lefedő munkaterületről csak μ s, ms időtartamokra léphetünk ki, különben a félvezető „jó eséllyel” meghibásodhat.

Összevetve ezt a 8. ábra legalsó görbéjével, belátható, hogy a túlvezérelt esetekben könnyen tévedhet a félvezető a meg nem engedett pillanatnyi disszipációjú területekre, és máris megtaláltuk az okát a misztikusnak tűnő végtranzisztor-meghibásodásoknak.

Sajnálatos, hogy számos QUAD 405 utánépítés során – a változatos és gyakorta teljesen alkalmatlan félvezetőpark folytán – sok végtranzisztor-meghibásodás fordult elő, amiért is semmiképpen nem a kapcsolás volt a bűnös.

A QUAD 405-ös erősítő végfok tranzisztorai esetében – a saját erősítőben – a névleges U_{CE} feszültségtűrés megállapítása és a katalógusadat kezelése, a félvezető helyes kiválasztása általában nem okozott gondot az utánépítés során, mert az adat eléggé szemléletes. Sok baj volt viszont az áramterhelhetőséggel. Miután az eredeti kapcsolás jelentős nagyságú tápfeszültséggel üzemel, továbbá akkoriban viszonylag könnyen beszerezhető volt egy alkalmas U_{CE} feszültségű teljesítménytranzisztor típus, sokan ezt építették be. Ez a félvezető azonban az első

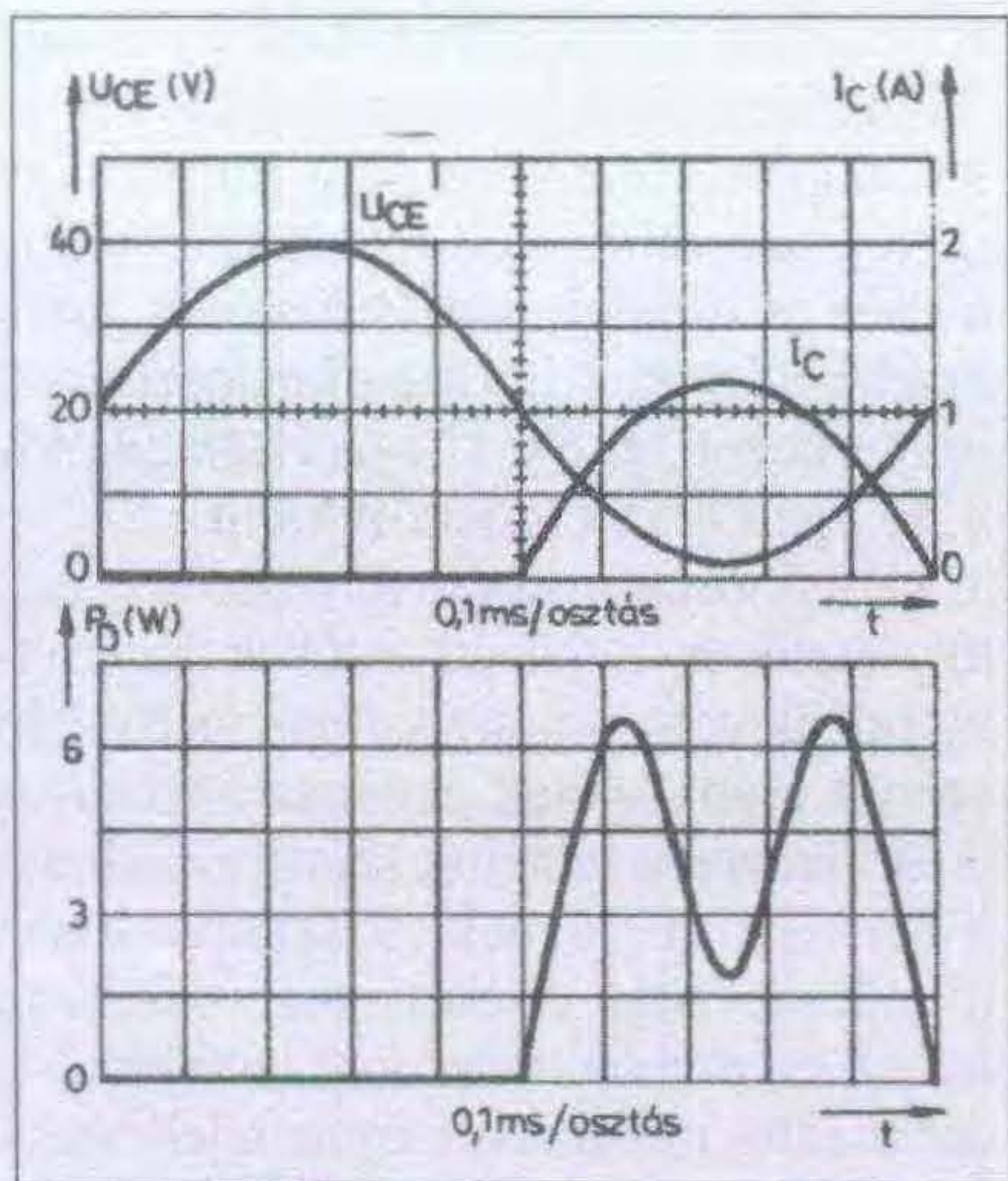


9. ábra. Egy teljesítménytranzisztor teljes munkaterülete egyenáramú- és impulzusüzemben, a félvezető-katalógus szerint

terhelési próbák legelején megadta magát, mivel a böhöm nagy fémtok ellenére is kisáramú, kis teljesítményű típus volt. Kérdés, mit kell figyelembe venni a végfok áramterhelhetőségének megválasztásánál, a félvezető beszerzésénél?

A szemlélet is és a napi tapasztalat is azt mutatta, hogy elsősorban az áramnövekmény az, ami miatt felléphetnek problémák. Célzerű a nagy megengedhető kollektoráramú tranzisztortípusok alkalmazása. Ugyanekkor gondot okozhat a nagy pillanatnyi csúcsteljesítmények fellépése is, amelyre az első pillanatban talán nem is gondolnánk. Figyeljük meg a 10. ábrán, hogy a kis nyugalmi áramú „AB” vagy tiszta „B” osztályú üzem (pl. QUAD 405) következtében, normál kivezérélnél, egyszerű szinuszos jelnél és ohmos terhelés esetén is csupán az egyik félperiódusban, ekkor viszont kétszer lép fel disszipációs maximum, parabolára hasonlító, 6–6,5 W körüli teljesítménycsúcsokkal. Amennyiben a végfokozatot túlvezéreljük úgy, hogy a kiemeneti jel már jelentős határolódást szenved (11. ábra), a helyzet kevésbé változik, marad a félperiódusonkénti két teljesítménycsúcs, csak az alakja kissé módosul.

A végfok tranzisztorai viszont – számos, még főiskolai szakdolgozatokban is rendszeresen előforduló, téves elképzeléssel ellentétben – nem a legnagyobb pillanatnyi áramterhelésű vagy a legnagyobb pillanatnyi U_{CE} fe-



10. ábra. Egy HIFI-erősítő egyik végtranzisztorának kollektorfeszültség- és kollektoráram-jelalakjai szinuszos, teljes kivezérés esetén, valamint a pillanatnyi disszipáció (ohmos terhelésnél)

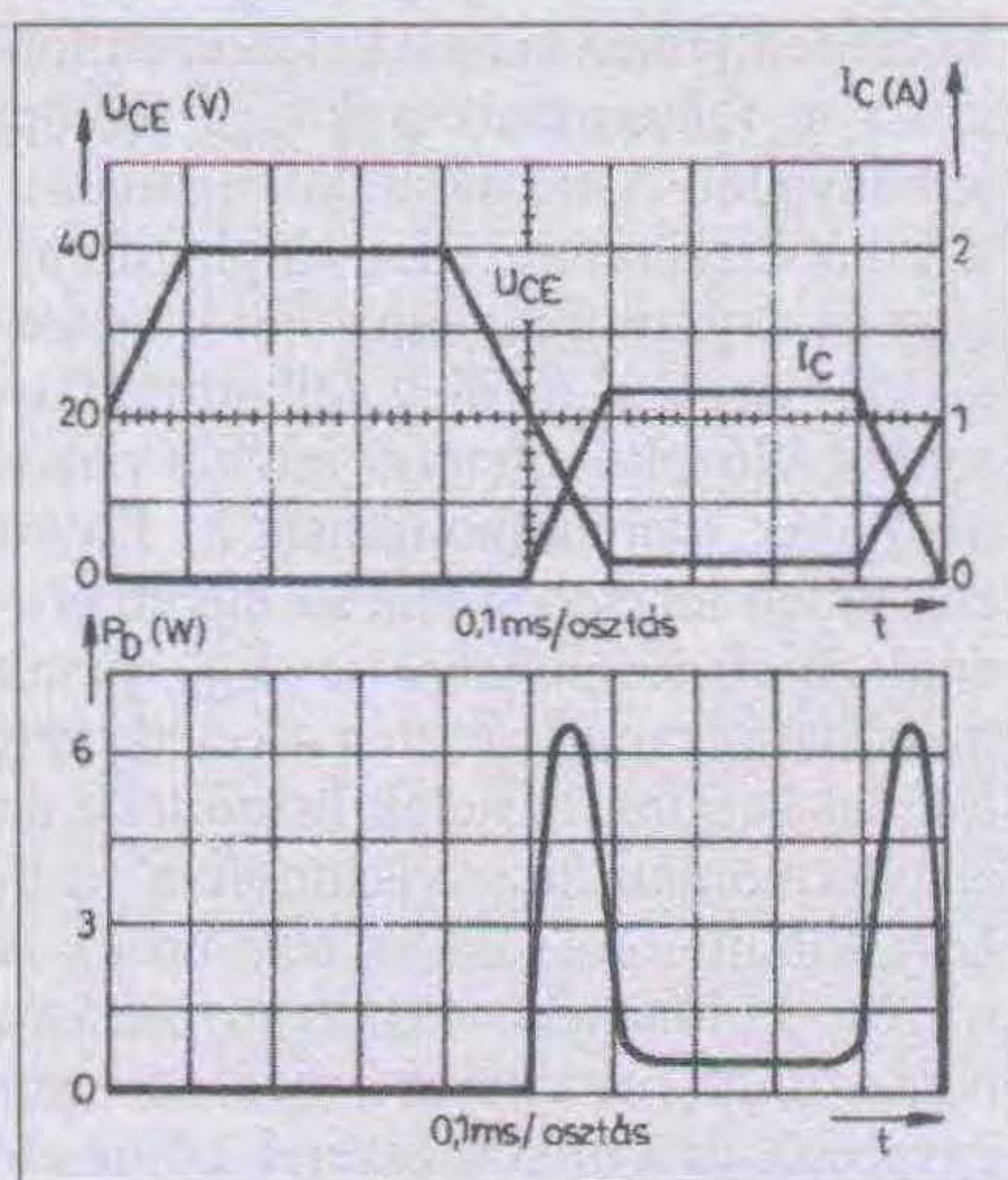
szűltségű munkapontban vannak teljesítményre igénybe véve, mert mindkét szélső helyzet egyúttal a másik paraméterre nézve minimális értékkel jár. Ha pl. a végtranzisztoron jelentős (maximális) pillanatnyi áram folyik keresztül, a hozzá tartozó U_{CE} érték éppen akkor minimális (a tranzisztor alaposan „nyitva”, közel leültetett állapotban van), a szorzat kis teljesítményértéket eredményez. Hasonlóképpen, a nagy pillanatnyi U_{CE} érték akkor lép fel, amikor a félvezető szinthe (vagy ténylegesen) le van zárva, tehát disszipációja ismét minimális (megfigyelhető a 10., illetve a 11. ábrán).

Abban a pillanatnyi vezérlési állapotban ugyanis, amikor valamelyik végtranzisztoron nagyjából valamely közepes U_{CE} feszültség van jelen és nagyjából valamely közepes áram folyik keresztül azon, a két érték szorzata igen nagy (akár a megengedhető maximálishoz közeli) értékű is lehet. Ez okozza a 10. és a 11. ábrán látható két teljesítménycsúcsot, amely már ohmos terhelésnél is jelentős lehet. A gyakorlatban viszont a végfokozat többnyire hangsugárzóra dolgozik, amelynek – mint terhelőimpedanciának – a fázisviszonyai a pillanatnyi frekvenciától függően erősen változóak és igencsak zavarosak lehetnek. Ha például feltesszük, hogy a hangsugárzó + a hangváltó valamely frekvencián erősen kapacitív jellegű terhelést jelent, akkor az előbbi diagramhoz tartozó, ellenütemű, „B” üzemmódú HIFI-végfokunk egyik tranzisztorán a 12. ábra szerinti

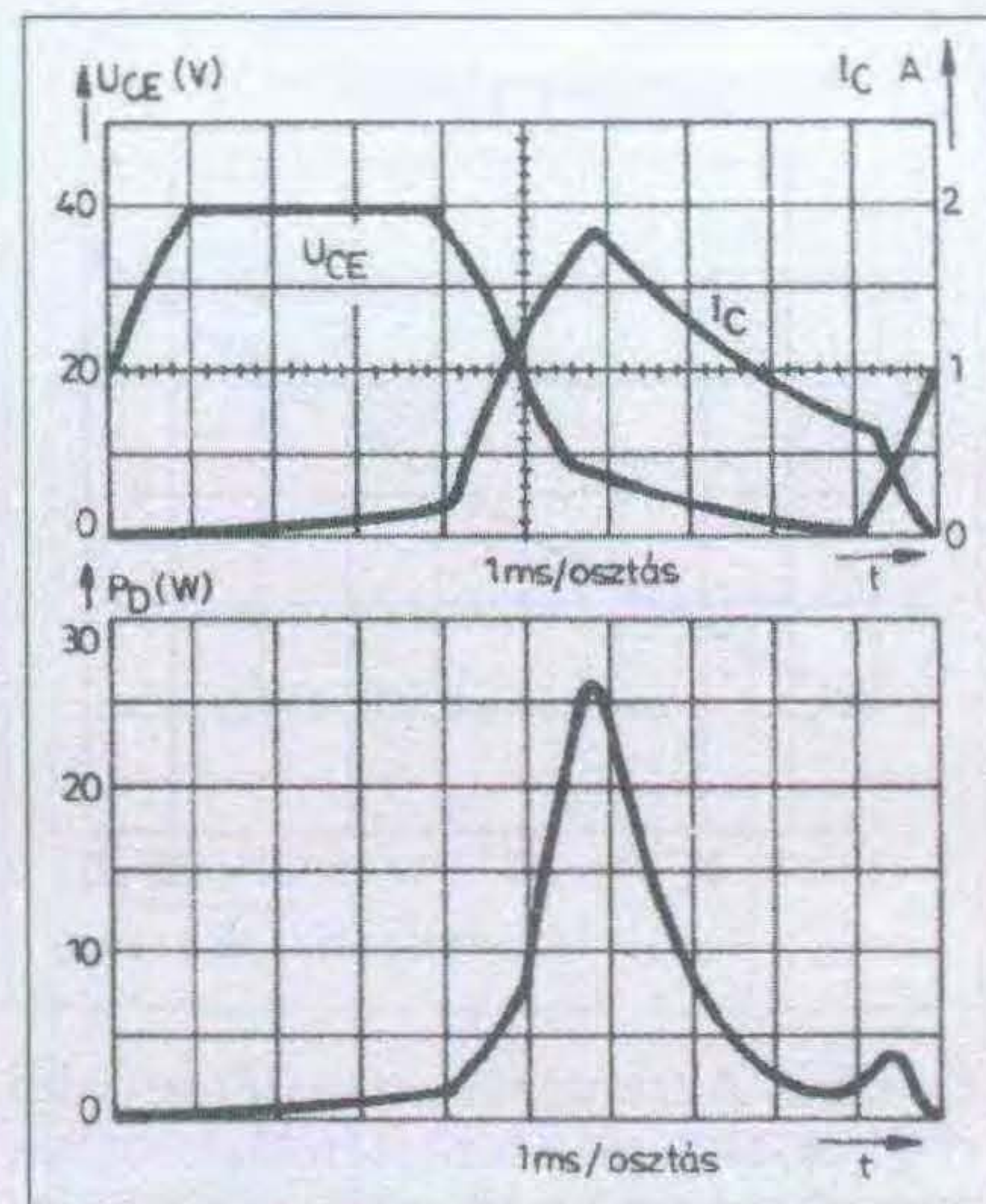
jelalakot tapasztalhatjuk, ismét szinuszos jel esetén. (Erősen induktív terhelés esetén is – eltekintve a fázistolás irányától – a viszonyok hasonlóak.)

Gondoljuk meg, hogy ugyanarról a végfokozatról van szó! Több dolog is figyelemre méltó az ábrán. Először is megfigyelhető, hogy a mérsékelt túlvezérelt végfok áramának a jelalakja – az előbbi jelalakokhoz képest – torz, messze nem szinuszos, továbbá fázisban eltolt a feszültségjelhez képest, a kapacitív terhelés folytán. Ugyanekkor az alsó diagram jól mutatja, hogy a túlvezérlés és a fázistolás következtében a pillanatnyi teljesítményt, disszipációt ábrázoló görbe jelalakja erősen eltér a 10. vagy a 11. ábrán megfigyelhető, kétcsúcsú jelalaktól. Itt most egy igen jelentős, 25–26 W körüli első teljesítménycsúcs keletkezett, és a második csúcs ehhez képest úgyszólván jelentéktelen. Tehát csupán abból a körülményből, hogy a végfokozat nem tisztán ohmos terhelésre dolgozik, esztünkben mintegy négyszeres pillanatnyi többleteljesítmény lépett fel a végfokozat tranzisztorain, amivel minden körülmények között számolnunk kell!

Az ábrákon az egyszerű szemléltethetőség kedvéért szinuszos jelre és kapacitív terhelésre vonatkozó vizsgálatok, mérések eredményét mutattuk be. A mindennapi életben a végfokozat természetesen igen összetett frekvenciaspektrumú és nagyságú vezérlőjelet kap, terhelése is igen komplex, és ennek megfelelően a pillanatnyi kivezérési helyzetek és disszipációk is állan-



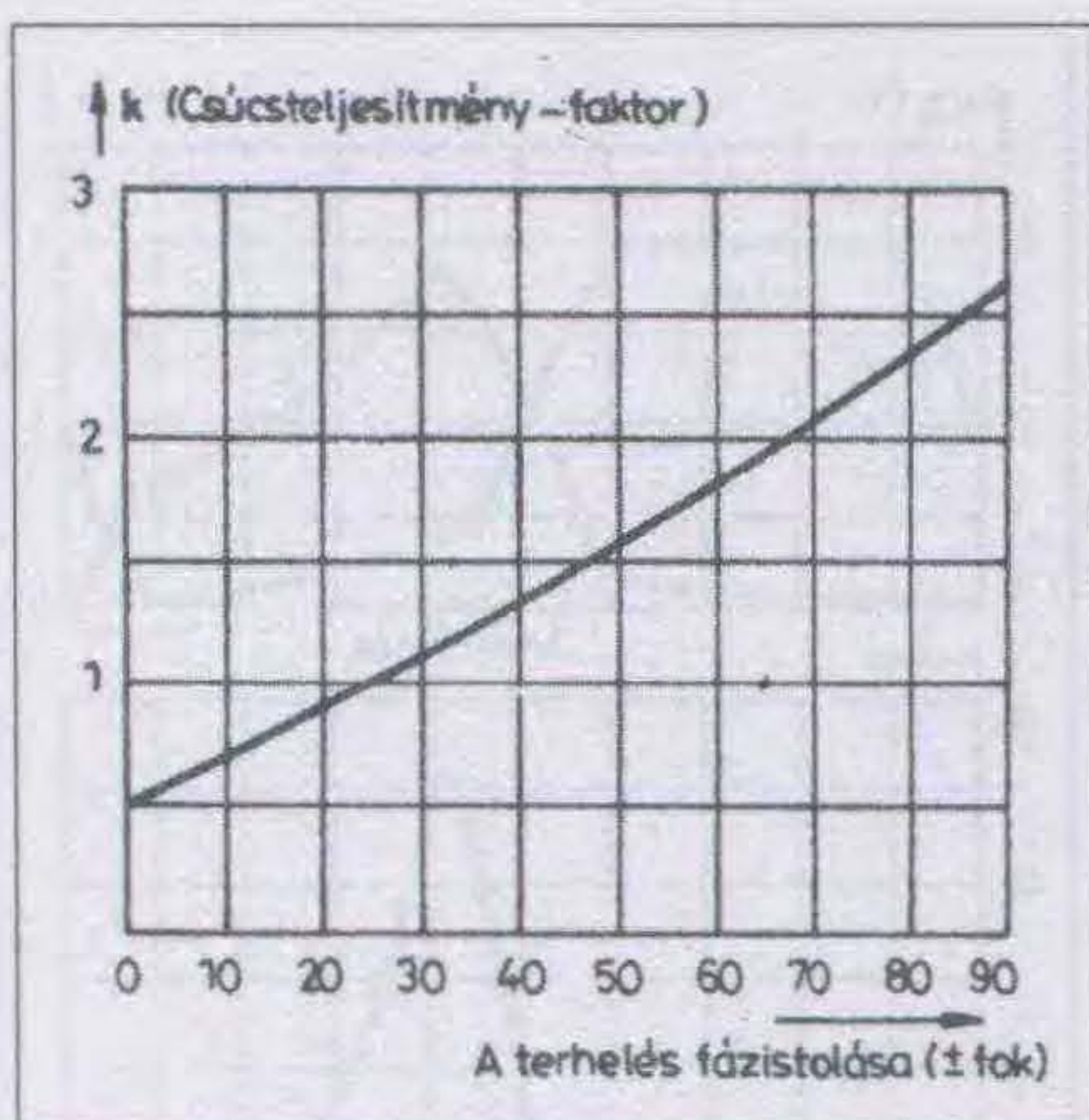
11. ábra. Egy HIFI-erősítő egyik végtranzisztorának kollektorfeszültség- és kollektoráram-jelalakjai szinuszos jellel történő túlvezérlés esetén, valamint a pillanatnyi disszipáció (ohmos terhelésnél)



12. ábra. Egy HIFI-erősítő egyik végtranzisztorának kollektorfeszültség- és kollektoráram-jelalakjai szinuszos jellel történő túlvezérlésnél, kapacitív terhelésnél, valamint a pillanatnyi disszipáció

dóan változnak. Ha arra törekszünk, hogy végfokozatunk tranzisztorai hosszú életűek legyenek, akkor a statikus, katalógusbeli adatok helyett – az iskolás számítások mellőzésével – valamely *kellő biztonsággal becsült, tapasztalati többleteljesítményre* kell félvezetőinket terveznünk, pontosabban úgy kell megválasztanunk a típusát, hogy kellő biztonsággal legyen képes ennek a pillanatnyi többleteljesítménynek az elviselésére, a kívánt teljesítmény leadására. Tekintettel arra, hogy a terhelés fázistolásának jelentős szerepe van a többletdisszipáció kialakulásában, abból a feltételezésből kell kiindulnunk, hogy a terhelés tipikusan mindig ilyen jellegű. Kérdés ugyanakkor, hogy mekkorára becsüljük a (kapacitív vagy induktív) fázistolást, és ennek tükrében mekkora többleteljesítményt vegyünk figyelembe?

Számos vizsgálat és statisztika azt támasztja alá, hogy elegendő biztonsággal méretezhetjük végfokozatunkat akkor, ha a terhelés fázistolását mintegy $\pm 60^\circ$ -ra becsüljük. Ez az érték 1,8-es szorzóval veszi figyelembe a fázistolás okozta pillanatnyi csúcsteljesítmény-többletet. Ez ugyan ökölszabály, de a tapasztalatok azt mutatják, hogy az így figyelembe vett biztonsági teljesítménytöbblet a gyakorlati életben hosszú távon is megfelelő. Így a tápfeszültségből és a hangsugárzóimpedanciából egyszerűen számítható a felhasználni kívánt végtranzisztor minimális disszipációja:



13. ábra. A tranzistoros HIFI-erősítő végfokozatánál a terhelés fázistolása miatt figyelembe veendő csúcsteljesítmény-faktor, különböző fázistolások esetén

$$P_{d \min} = 1,8 \frac{U_t^2}{8 R_t}$$

ahol $P_{d \min}$ a katalógusban kereshető érték, amely a kiválasztott félvezetőnél legalább ekkora vagy nagyobb legyen, U_t a teljes (\pm) végfok-tápfeszültség, R_t pedig a hangsugárzó névleges impedanciája.

A 13. ábra diagramja segít bennünket abban, hogy egy erősítő méretezésekor vagy egy kapcsolás átdolgozása során kellő biztonsággal a diagram segítségével választhassunk félvezetőt a végfok számára.

Egyszerű számpéldával lehet a méretezést szemléltetni. Tervezzünk egy 30 W kimenőteljesítményű erősítőt 8 Ω -os terhelésre. (Építsük át a QUAD 405-ös erősítőt 30 W névleges teljesítményűre!) A 6. ábra alapján megállapítható, hogy ehhez legalább 52 V-os (azaz 2×26 V-os) tápfeszültség szükséges. Ha most figyelembe vesszük, hogy egyrészt az erősítő végtranzisztorainak az emitterellenállásain és magukon a tranzisztorokon kb. 3–4 V esik, továbbá a tápfeszültség a teljes kivezrlésnél kissé lecsökken, célszerű kb. 60 V-os (2×30 V-os) terheletlen tápfeszültséget választani.

Milyen disszipációjú tranzisztort válasszunk? A 7. ábráról leolvasható, hogy a kollektoráram ohmos terhelésnél legalább 2,75 A lesz csúcsban, míg kapacitív terhelésnél közel ennek a kétszerese is előfordulhat. Így az optimális/maximális biztonságra tervezve, az előbbi képlet alapján 100 wattos tranzisztorokat kell alkalmaznunk, legalább 5–6 A körüli csúcsárammal.

Fentiek alapján az Olvasó ellenőrizheti erősítőjét, hogy a biztonságos működés feltételeit milyen mértékben teljesíti a megépített berendezés, illetve új erősítőt tervezhet igen nagy biztonsággal. Sajnos, a tapasztalatok szerint igen sok végfokozat megy tönkre amatöreink készülékeiben az alulméretezett végtranzisztorok miatt. Mivel a félvezető cégek a tranzisztorok határait statisztikai módszerekkel állapítják meg, az alulméretezett végtranzisztor-páros várhatóan sokkal könnyebben, hamarabb hibásodik meg, mint egy jól vagy túlméretezett. Itt az olcsóbb megoldás hosszú távon igen drága lehet!

Torzításmérések

Amikor a szakember azzal a ténnyel találja magát szembe, hogy egy lineáris áramkör kimenetén a jel alakja eltért a bemenetre csatlakoztatott jeltől, akkor azonnal arra kíváncsi, hogy a jelenségnek, vagyis a jel eltorzulásának mi az oka és mekkora a mértéke. A gyakorlatban csak ez az a két tényező, amiben végül aligha sikerült egyezsége jutni a HIFI-erősítők világában, különösen akkor, ha a torzítás mértéke csekély. Ugyanis a mérések során csekély értékűnek minősített torzítás mérőszámjai és a meghallgatási tapasztalatok között szinte áthidalhatatlan szakadék tátong. Tekintsük át a mérési módszereket és vessük össze a meghallgatási tapasztalatokkal.

A harmonikustorzítás mérési elve azon alapul, hogy egy szinuszos jelet az erősítőre bocsátva megmérjük a kimeneten – valamely teljesítményszinten – az eredeti jelhez képest keletkezett torzítást, a felharmonikusokat, a többlet jelhányadot. A mérőáramkör a kimeneti jeltől kiszűri az eredeti alapharmonikus és egyszerű matematikai módszerekkel összegzi a főleg felharmonikusokból álló többletet és értékét viszonyítja az alapharmonikushoz. Egyes esetekben lehetőség van az egyéb eredetű zajok kiszűrésére is. Egy jónak mondható áramkör esetén a keletkezett többlet-harmonikusjelek összértéke az alapharmonikushoz viszonyítva csekély, többnyire az 1%-ot sem éri el. A mérés különösebb szabványosításra nem szorult, mert maga a módszer igen egyszerű, és a mérőműszerek zöme alkalmas a 20 Hz...20 kHz-es frekvenciatartományban történő mérésekre.

A csöves korszakban az erősítők jellegzetességeiből következően a mért érték igen jó összhangot mutatott a meghallgatási tapasztalatokkal, és ha

egy erősítő torzítását például 0,5%-nak találtuk a mérések során, a meghallgatás alapján többnyire elég jónak vagy igen jónak minősítettünk. Ritka volt az a csöves erősítő, amelyik ennél jóval kisebb értékű harmonikustorzítással rendelkezett, és a 0,1%-os érték már kiváló, igen drága erősítőre utalt.

Különösen a korai félvezetős erősítők esetében a jelzett értékek semmitmondóak voltak, pontosabban mérőszám szerint hiába voltak azonosak a csöves erősítőkével, a hangjuk szinte tűrhetetlenül rossz volt. Tovább csökkentve a harmonikustorzítás értékét, akár 0,01%-ra is, az eredmény nem volt arányban a csökkentés mértékével, és nem jellemezte megbízhatóan a félvezetős erősítőt.

Az intermodulációs torzítás mérési elve azon alapul, hogy az erősítőre két szinuszos mérőjelet vezetnek, és a két mérőjel okozta modulációs jeltöbbletet vizsgálják. Már maga a mérési módszer is többféle lehet. Az egyik eljárás szerint a két mérőjel egymáshoz közeli két jelfrekvenciával történik ($\Delta f = 100$ Hz), míg a másik módszer szerint a két jel frekvenciája egymástól lényegesen különböző. Belátható, hogy bár a két frekvenciát és amplitúdóviszonyaikat tetszés szerint választhatjuk meg, erősítőket összehasonlítani csakis szabványosított mérések alapján lehet.

Kezdetben, sok tétovázás után, a több országban is bevezetett szabvány szerint a két mérőjel frekvenciája viszonyának 1 : 4-et határozták meg, ahol a kisebb frekvenciájú jel amplitúdója négyszerese a másikénak. Ezzel a jelkeveréssel kell az erősítőt a névleges teljesítményre kivezérelni. A keletkező új jelek a magasabb frekvenciájú hang köré csoportosulnak, mivel az alacsonyabb frekvenciájú jel mintegy modulálja a magasabb frekvenciáját.

A későbbiekben a régi DIN 45 500 szabvány $f_1 = 250$ Hz, illetve $f_2 = 8$ kHz frekvenciájú jelet írt elő, amelyek amplitúdóviszonya 4:1. Ez azt jelenti, hogy a 8 kHz-es jel köré meglehetősen nagy sávzélességű két oldalsáv csatlakozik; ennek amplitúdóját viszonyítják azután az eredeti jelhez.

Elmondható, hogy az az erősítő kelt kedvező benyomást, amelynek intermodulációs torzítása kisebb 1%-nál. Ez viszont csak úgy érhető el, hogy félvezetős erősítőben figyelembe vesszük a tranzisztorok sajátosságait és megfelelő kapcsolástechnikával törekszünk ezen torzításfajta kis értéken való tartására. A QUAD 405 típusú erősítő kedvezően csekély értékű intermodulációs

torzitással rendelkeznek. Sajnos, ezen torzítás szabványos mérése amatőr eszközökkel meglehetősen problematikus, leginkább célműszerrel lehetséges.

Világszerte megoldatlan – egységes elvi alap hiányában – a *tranzienst* intermodulációs torzítás specifikálása és mérése. Ezen torzításfajta keletkezése különösen a jelentős – a teljes erősítőláncrea kialakított – negatív visszacsatolást tartalmazó erősítőkben gyakori, és gyors vagy nagyamplitúdójú jelnél roppant kellemetlen. A jelenség nagyon érdekesen jön létre. Ha a HIFI-erősítő jelentős belső (visszacsatolt) erősítéssel rendelkezik és elegendően nagy a nyílthurkú frekvenciame-net sáv szélessége (tehát látszólag igen jó erősítőről van szó!), gyors és nagyamplitúdójú jellel történő vezérlésnél a visszacsatoló hurokban igen nagy túllövést tartalmazó jel halad a kimenetről a bemenet felé. Ez a jel a szokásos visszacsatolt jelamplitúdóhoz képest akár százszoros is lehet, ami azután durva túlvezérlést eredményezhet, ha az erősítő nem rendelkezik elegendő kivezérlési tartalékkal. Ez a túllövés általában vágást szenved és így egyes pillanatokban az intermodulációs torzítás eléri a 100%-ot is! A jelenségre – a tapasztalatok szerint – a fül roppant érzékeny. Hasonló jelenség zajlik le akkor, ha a negatív visszacsatoló hurok külön DC- és külön AC-ágot tartalmaz. Az első hiba többnyire kiküszöbölhető azzal, hogy a végfokozat sáv szélességét nagyobbra állítjuk be, mint az őt meghajtóét, míg a második esetben a megoldás a közös AC–DC visszacsatoló hurok alkalmazása.

A keresztezési torzítás az erősítők „AB”-, illetve „B”-osztályú működéséből következik. Az amatőrök előtt meglehetősen közismert a csökkentési mód is: elegendően nagy nyugalmi emitteráramot kell választani. Elsősorban kis hangerőnél okoz kellemetlen hanghatást. Szinuszos jellel történő méréskor kiderül, hogy a tranzisztorok lassúsága miatt 10 vagy 20 kHz-en sokkal nagyobb nyugalmi áram szükséges a torzítás eltüntetéséhez, mint 1 kHz-en! (A tapasztalatok szerint TIP és BD tranzisztoroknál az 1 kHz-en mért értéknek mintegy két-háromszorosa szükséges 20 kHz-en!) A QUAD 405 erősítő sem mentes a keresztezési torzítástól, noha értéke eléggé kicsi. A gyártó észlelte a kapcsolatos panaszokat és egy adott szériától kezdve egyszerű megoldást talált a keresztezési torzítás csökkentésére. A módosítás bármely, már meg-

vő (gyári vagy utánépített QUAD 405) erősítőben utólag egyszerűen és filléreért végrehajtható.

Másodlagos keresztezési torzítás jön létre a végtranzisztorok bázisában tárolt töltés állapotváltozása miatt. Gyors jelnél minden állapotváltozás jelentős időkésséssel jön létre, így rövid torzítási csúcsok keletkeznek a keresztezési pont közelében. Ezt a torzítást mérsékelni megfelelő kapcsolástechnikával, továbbá elegendően gyors eszközökkel lehet. Sajnos, az amatőrök által leggyakrabban alkalmazott (korabeli hazai) végtranzisztoraink (2N3055, BD-sor, TIP-sor) kissé lassúak. Ráadásul a közkedvelt 2N3055 típusú tranzisztor f_T -je a gyártótól és az alkalmazott félvezető technológiától függően több nagyságrenden belül is változhatott, a kHz-es tartománytól a MHz-es tartományig. Kívánatos lenne az utánépített QUAD 405 erősítő végfokozatában a 10–15 MHz-es f_T -jű eszközök használata; ilyen típusok az első „QUAD-roham” esetén még nem, csupán az utóbbi években váltak beszerezhetőkké. Ugyanekkor viszont a saját tapasztalatok is azt mutatták, és a QUAD cég is egy szervizajánlásában arra figyelmeztet, hogy a túl gyors félvezetők instabillá, gerjedékennyé teszik a kapcsolást, tehát az előbbi értékek egyúttal felső határt is képeznek!

Mindezek után ténylegesen felvetődik a kérdés: hogyan is tovább? Milyen módszerekkel lehet azt elérni, hogy erősítőnk a meghallgatásos vizsgálatok minősítése szerint is szép hangzású legyen, miközben intermodulációs és különféle egyéb torzításai a mérések szerint is elhanyagolhatók legyenek, továbbá a két minősítési eljárás között valamiféle összhang is legyen?! Több év kutatásai során végül is némiképp közelebb kerültünk a megoldáshoz anélkül, hogy a problémára valóban korrekt választ kaptunk volna. Szerencsére fény derült néhány célszerű módszerre, amelynek egyik konkrét megvalósítása például a QUAD 405 típusú erősítő is.

Legfontosabb szempontként azt kell megjegyezni, hogy egy olyan erősítő, melynek a torzítása negatív visszacsatolás nélkül tetemes (5–10%), továbbá számos, nagyerősítésű fokozatból épül fel, tranzisztorai lassúak, az eredőben rossz, nagytorzítású erősítőt képvisel, bármennyire is megnöveljük azután a negatív visszacsatolás mértékét. Ekkor ugyanis a műszeresen mért harmonikustorzítás jelentősen lecsök-

ken(het), de az intermodulációs torzítás mértéke szinte alig javul, a tranziens-torzítások pedig még meg is növekedhetnek.

Korszerű tervezésű, valóban kiváló torzítású az az erősítő, melynek fokozatai önmagukban is igen kis torzításúak (ehhez általában egy fokozaton belüli negatív visszacsatolás szükséges!), a végfokozat elvileg is és gyakorlatilag is szimmetrikus (tehát lehetőleg nem kvázikomplementer!), és a végfokozat minél közelebb van az „A” osztályú üzemeléshez, de legalább is a nyugalmi árama bőségesen elegendő. De más út is vezethet a kis torzítás eléréséhez, amelyre éppen a QUAD 405 mutat példát.

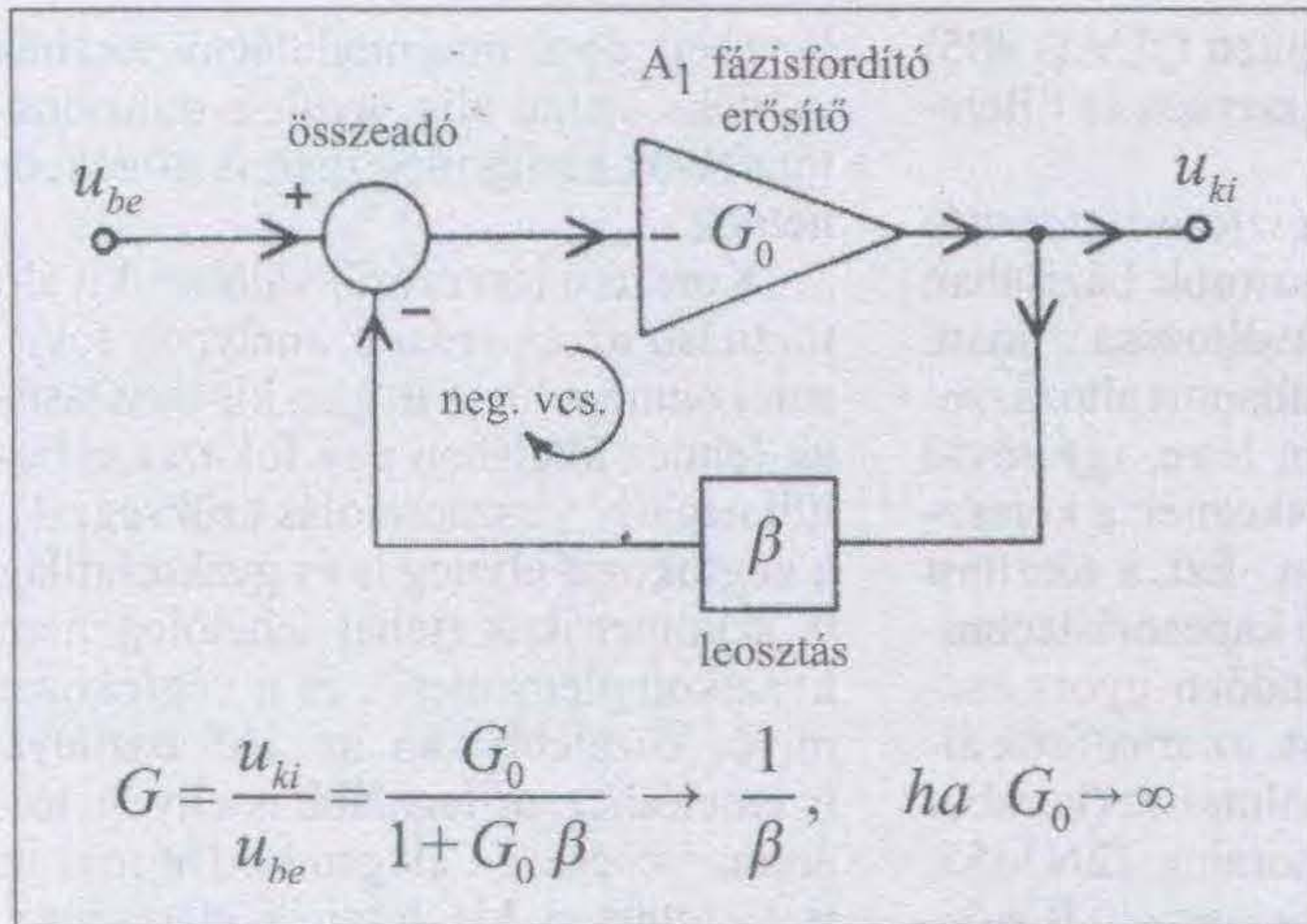
Vizsgáljuk meg, milyen lehetséges út vagy utak vezethetnek a kis torzítású erősítők létrehozásához!

A negatív visszacsatolás

Már több mint 80 éve ismerjük a torzítás csökkentések egyik lehetséges és általában bevált módját, a negatív visszacsatolást. Az eljárást *Harold S. Black* (USA) szabadalmaztatta 1937-ben, noha már egy évtizeddel korábban tett az eljárás alkalmazására célzást. A 14. ábra alapján tekintsük át ezt a látszólag nagyon egyszerű megoldást, amely a gyakorlatban mégis számos probléma forrása, különösen a HIFI-erősítőkben.

Amennyiben a rendelkezésünkre áll egy fázisfordító erősítő (A_1), amelynek erősítése visszacsatolás nélkül G_0 , akkor a tulajdonságok javítása céljából elláthatjuk azt egy negatív visszacsatoló hálózattal. A negatív visszacsatoló hálózat feszültségosztóból, továbbá jelösszegzőből áll. A feszültségosztó osztásviszonya legyen β . A negatív visszacsatolást úgy kivitelezzük, hogy a feszültségosztó által a kimenetről visszavezetett, leosztott kimenőjelet a bemeneten egy összeadóra (jelösszegzőre) vezetjük, amely nagyságra és polaritásra nézve összegzi a bemeneti és a visszacsatolt jelet. Mivel a visszacsatolt jel a fázisfordító erősítő folytán ellentétes fázisú a bemeneti jellel, értelemszerűen kivonás jön létre, és a bemeneti, valamint a visszacsatolt jel különbsége vezérli az erősítő bemenetét. A végeredményt tekintve azt kapjuk, hogy a visszacsatolt erősítő torzítása az $(1 + G\beta)$ faktor szerint csökken.

Azt gondolnánk, hogy jelentős visszacsatolatlan (azaz nagy G_0 nyílthurkú) erősítést, továbbá szoros negatív visszacsatolást választva érjük el a



14. ábra. A negatív visszacsatolásos torzításcsökkentés elvi működése (G az eredő erősítés, értéke közelítőleg $1/\beta$, ha a nyílthurkú erősítés eléggé nagy)

célunkat, azaz így egyre kisebb torzítású erősítőt kapunk. A gyakorlatban ez sajnálatos módon nem lehetséges. Az erősítők frekvenciamenete korántsem frekvenciafüggetlen, a magasabb frekvenciák felé jelentősen csökken az erősítés és egyúttal fázistolás is fellép a bemeneti és a kimeneti jel között. Ennek a fő oka az, hogy valóságos (főleg a félvezetős) erősítők aktív elemei több, kevesebb belső RC-elemet tartalmaznak, amelyek a magasabb frekvenciákon jelentős fázis- és időkéstést okoznak az áthaladó jel számára. Amikor tehát a visszacsatoló hálózaton keresztül visszavezetjük a (leosztott) kimeneti jelet a bemenetre, akkor a jel egyes frekvenciakomponensei az eredeti vezérlőjelhez képest, a frekvenciától függően, kisebb-nagyobb fázis- és időkéstést szenvednek, és a bemeneten, a jelösszegzőben, időben össze nem hason-

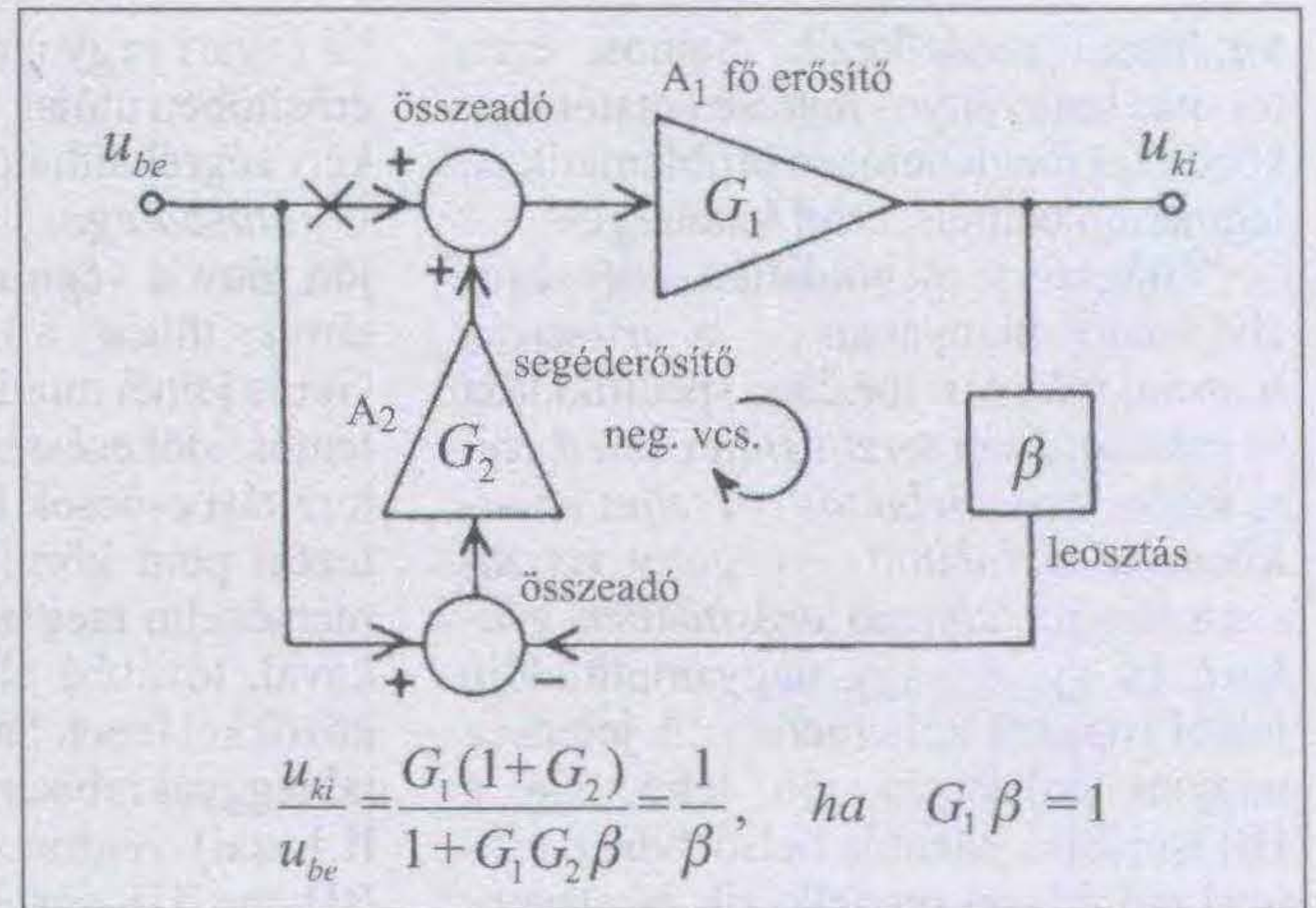
lítható jeleket hasonlítunk össze egymással. Ez a gyakorlatban jelentős hibákhoz, jelalaktorzításhoz vezet, amelyek a mértéke annál súlyosabb, minél több és minél nagyobb értékű késleltető RC-tag van az erősítőben (pl. bonyolult, soktranzisztoros erősítő, IC), és minél erőteljesebb a negatív visszacsatolás. Sőt, minden erősítőnél meghatározható egy olyan negatív visszacsatolási érték, ahol a fázistolás valamely frekvencián a kimeneten már megközelelti vagy el is éri a 180° -ot, és a fázistolás/időkéstés miatt a begerjedés valószínűsége már nagyon nagy, illetve az erősítő ténylegesen be is gerjed.

A fentiekből az következik, hogy a minimálisnál erőteljesebb negatív visszacsatolás a legtöbb gyakorlati esetben inkább növeli az erősítő torzítását, mintsem csökkenti azt, és hozzájárul a hibás jelalakításhoz, impulzus-torzi-

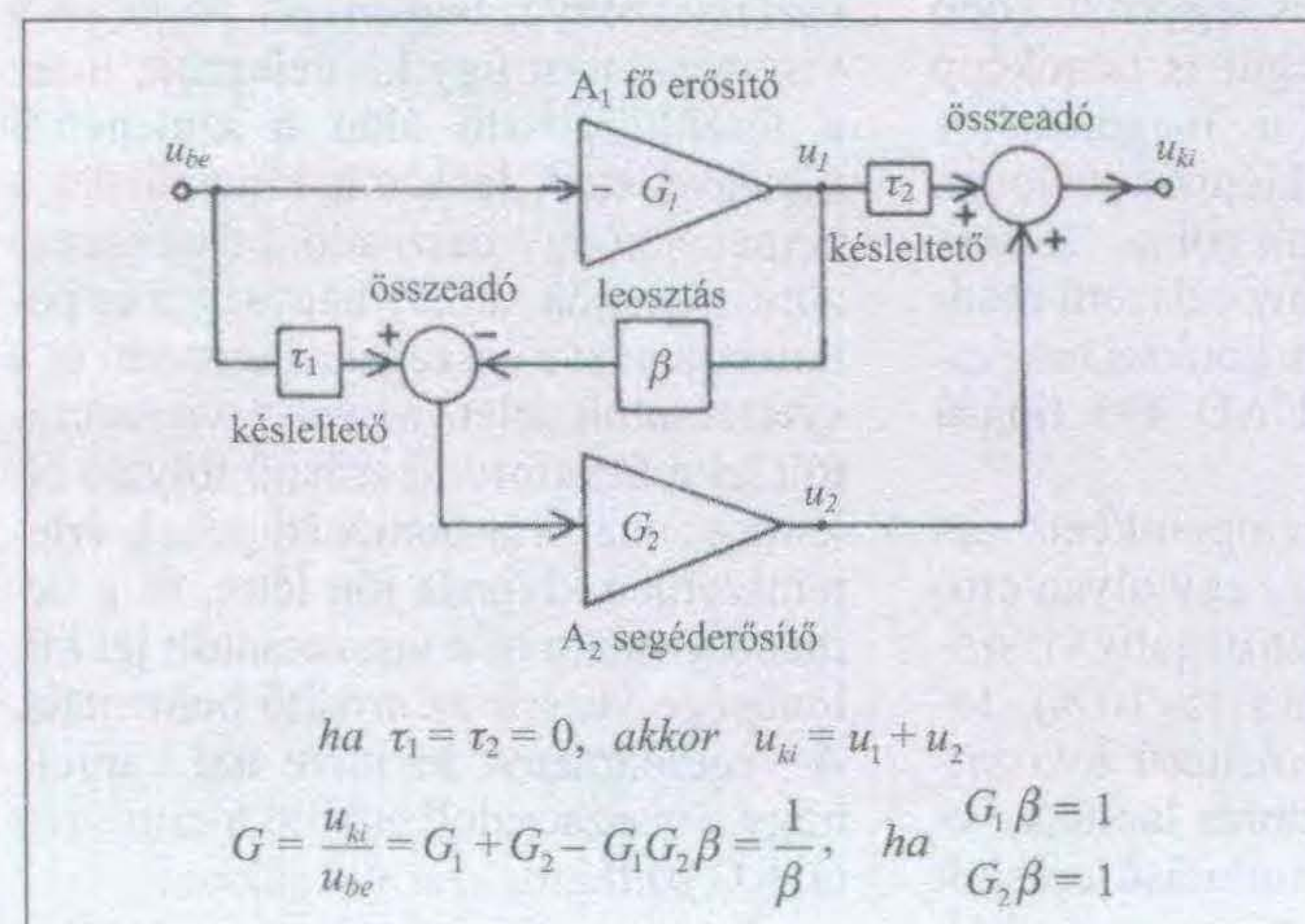
táshoz. A fentiek értelmében viszont belátható, hogy amennyiben valahogy sikerül elkerülnünk a jelentősebb fázistolást, akkor a mérsékelt negatív visszacsatolás alkalmas a torzítás csökkentésére. Az egyetlen fokozaton belül alkalmazott negatív visszacsatolás rendelkezik a legkisebb fázishibával, így ezt a módszert sikeresen alkalmazhatjuk a torzítás csökkentésére.

Hiba-előreccsatolás (error feedforward)

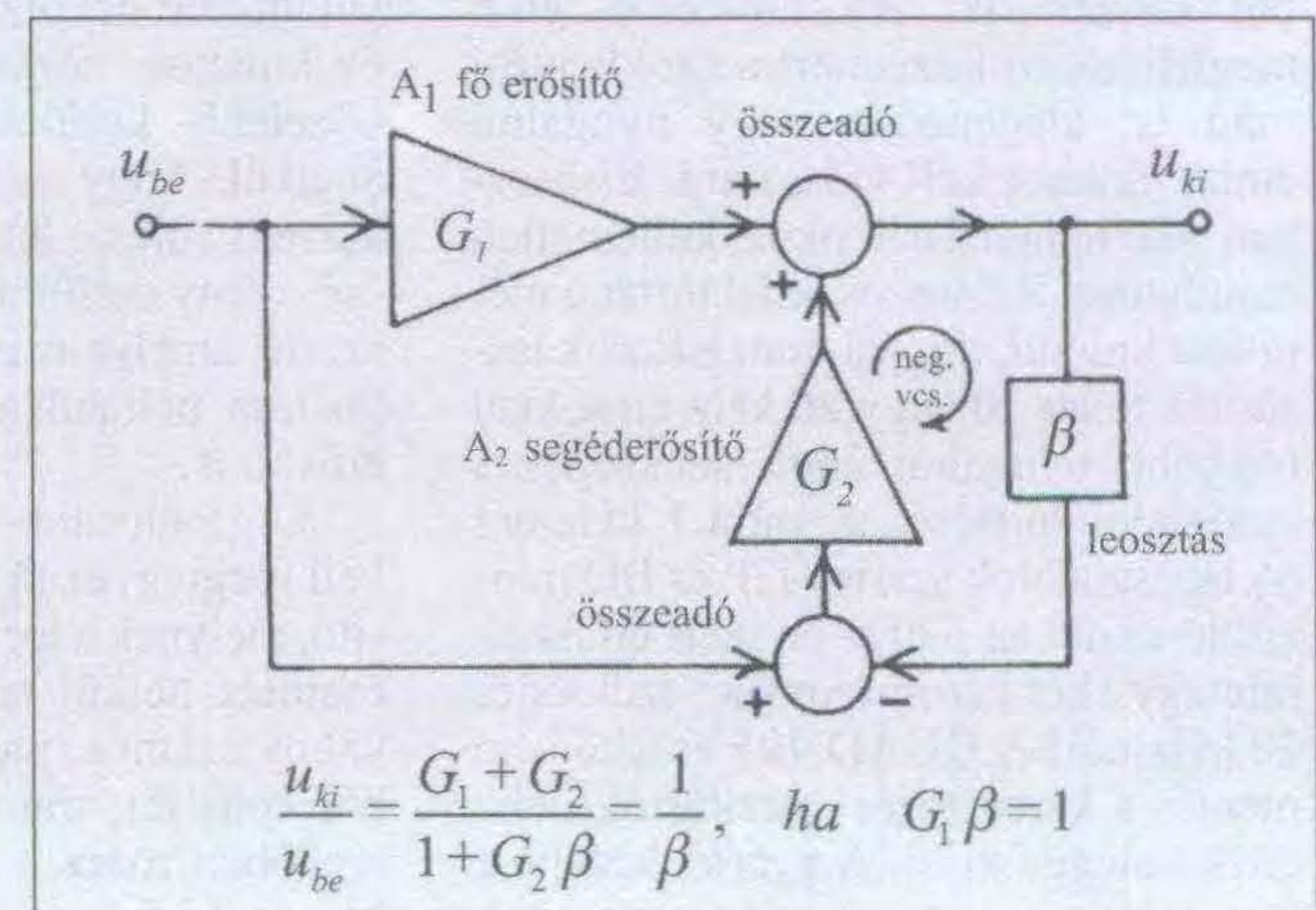
A torzítás csökkentésének másik lehetséges módját szintén Harold S. Black használta először 1923 körül, majd 1928-ban szabadalmi oltalmat kért rá. A hiba-előreccsatolás (error feedforward) ötlete nagyon egyszerű, könnyen érthető, ám a tényleges és célszerű áramkörti megvalósítás mégsem túl



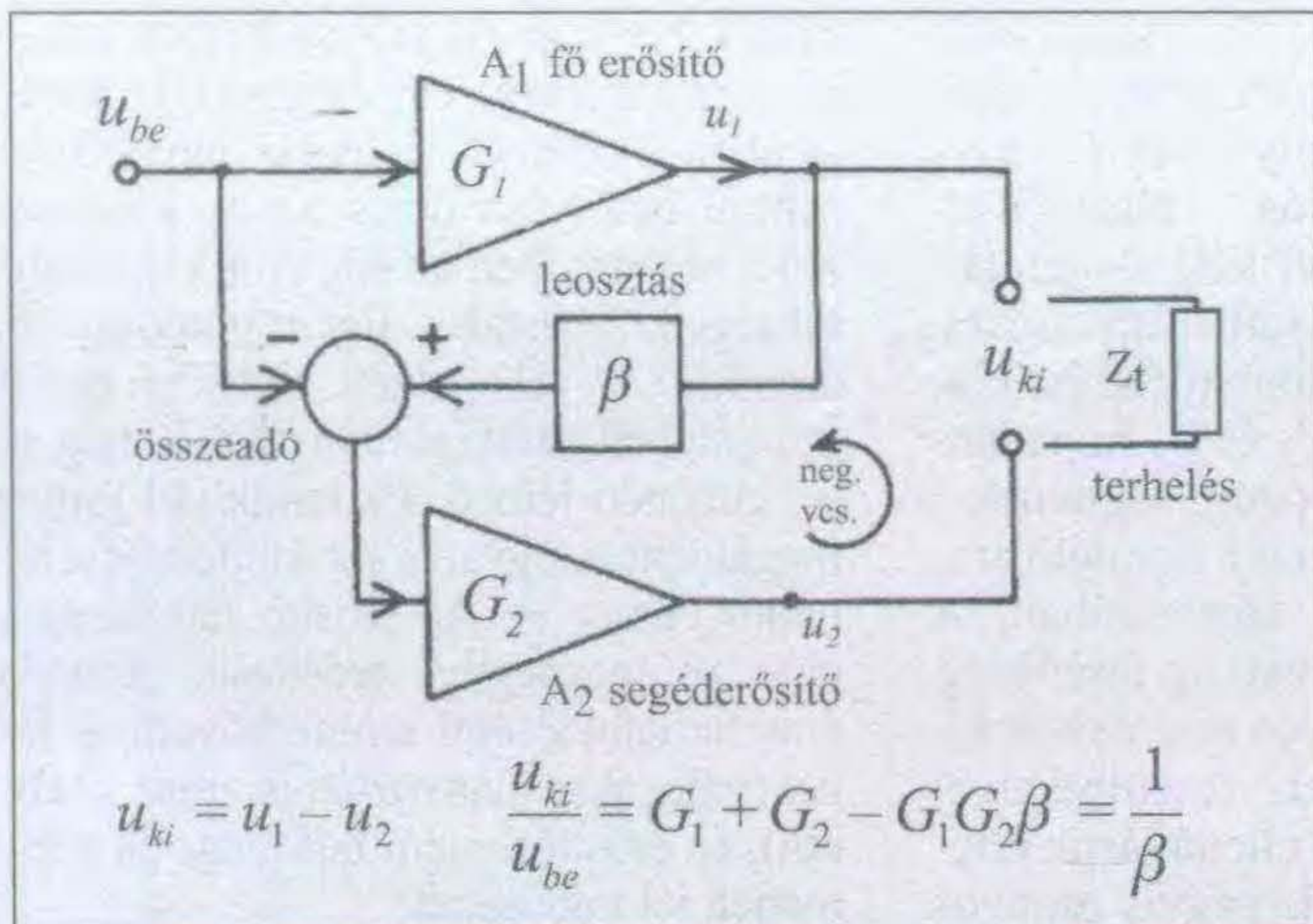
16. ábra. Hibajel előreccsatolás a bemenetre segéderősítővel és negatív visszacsatolás (az erősítés ebben az elrendezésben is megegyezik a leosztással, $1/\beta$, ha $G_2 \rightarrow \infty$)



15. ábra. Az A_1 erősítő torzításának csökkentése hiba-előreccsatolással és A_2 segéderősítővel (a G erősítés ekkor is kb. megegyezik a leosztással, $1/\beta$ -val)



17. ábra. Hibajel-előreccsatolás a kimenetre segéderősítővel, amelyben negatív visszacsatolást alkalmazunk (az erősítés $1/\beta$, ha $G_2 \rightarrow \infty$)



18. ábra. A terhelés csatlakoztatása a fő- és a segéderősítő közé (az eredő erősítés ebben az esetben is kb. megegyezik a leosztással, $1/\beta$)

könnyű. Tegyük fel, hogy van egy erősítőnk, amelynek a torzítását csökkenteni kívánjuk. Ha sikerül az eredeti, torzítatlan vezérlőjelet, valamint a kimeneti, torz jelet összehasonlítva, egy ügyes kivonási művelettel csakis magát a torzítási komponenszt leválasztani, majd utóbb ellentétes polaritással a kimeneti jelhez hozzáadni, akkor a kimeneten, a terhelésen megtörténik a két jel kivonódása egymásból. Ennek eredménye természetesen zérus, és a terhelést így valójában torzításmentes jel vezérli. Belátható, hogy az eljárás alapötlete nem tartalmaz olyan természetű hibaforrást, mint a negatív visszacsatolós módszer, az erősítő eredeti tulajdonságait az eljárás során semmi nem befolyásolja. Így tehát az elérhető minőség elvi okokból is jobb lesz, mint a negatív visszacsatolás estében.

Az eljárás alapötletének vázlata a 15. ábrán látható. A fő erősítő A_1 , feszültségerősítése G_1 , míg a hibakompenzáló A_2 segéderősítő feszültségerősítése G_2 . A kimenetről visszavezetett jel leosztása β . A két erősítő belsejében létrejövő frekvenciafüggő időkésettetést a τ_1 és τ_2 külső késleltető tagokkal vehetjük figyelembe. Amennyiben a két késleltető tag értéke, valamint az erősítőkben létrejövő frekvenciafüggő késleltetés értéke zérus, a kimeneten a két erősítő kimenőfeszültségének polaritáshelyes, egyszerű összege jelenik meg, azaz $u_{ki} = u_1 + u_2$. A hibakompenzálás tökéletes, ha $G_1 \beta = 1$ és $G_2 \beta = 1$. A teljes rendszer erősítése azonos a korábban tárgyalt negatív visszacsatolós erősítőével, azaz $G = 1/\beta$.

Már az első pillanatban is belátható, hogy sem a főerősítő, sem pedig a hibakompenzáló erősítő frekvencia-, vagy

fázishibája nem okoz a teljes erősítő működésére nézve instabilitást, összevetve ezt a negatív visszacsatolós erősítő alapvető stabilitási problémájával. Ez a helyzet mindenképpen fennáll, akár alkalmazunk korrekciós időkésettető tagokat, akár nem. Sőt, ezen tagok jelenléte vagy eltávolítása, netán hibás értéke mindössze a kivonási művelet pontosságát, így a

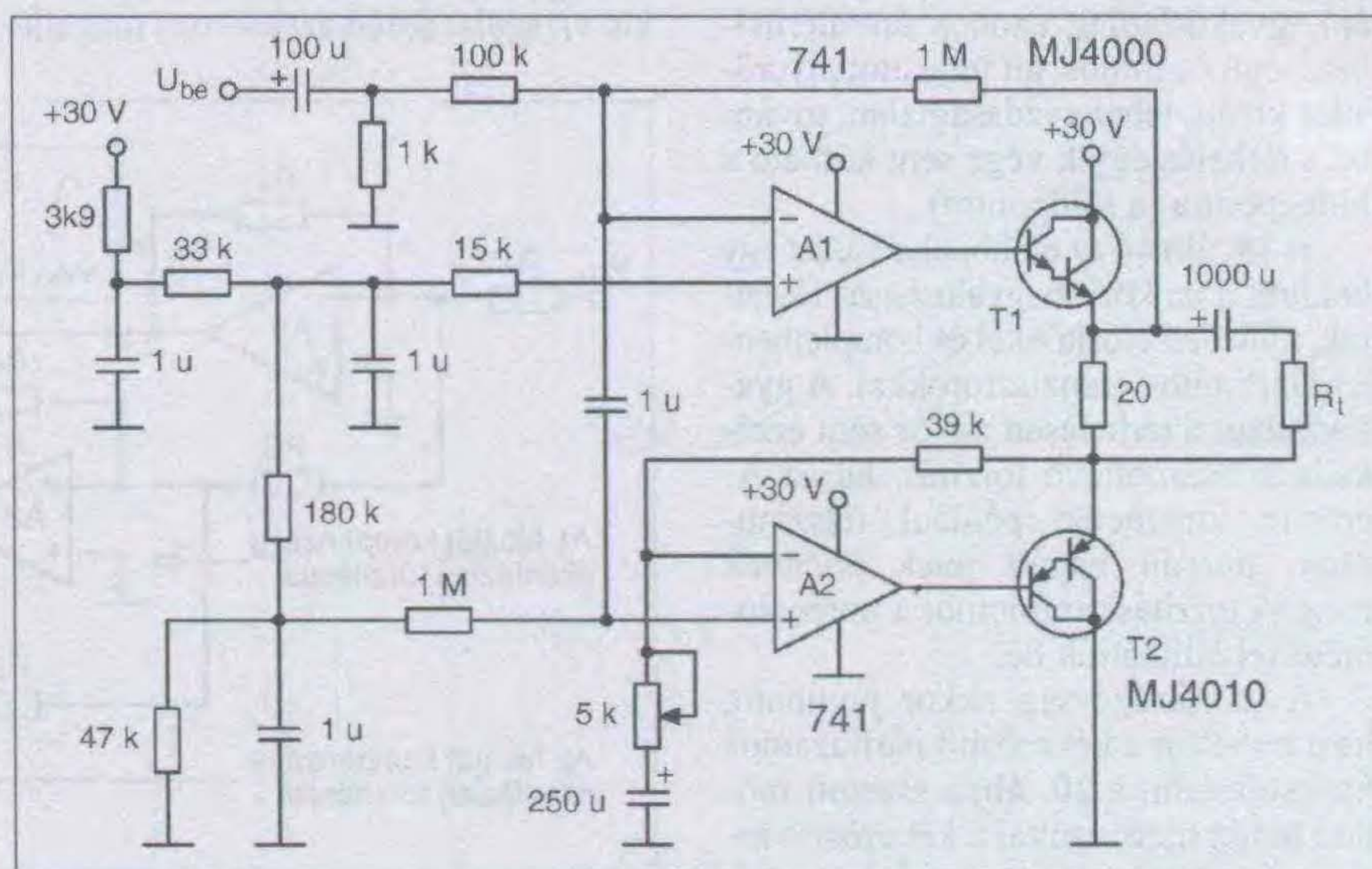
kimeneti torzításának a nagyságát befolyásolja, de az erősítő stabilitásába semmiképp nem szól bele. Miután a torzítatlan kimeneti jel az A_1 erősítő torzított kimeneti jeléből és az ebből kiemelt (és fázisfordított) torzítási komponensből jön egyszerű kivonással létre, belátható, hogy az A_2 erősítő elfogadhatóan csekély torzítása esetén a kivonási művelettel elvileg közel zérus torzítású erősítőhöz jutunk. Elmondhatjuk, hogy H. Black majd' évszázados ötlete a torzítás csökkentésére egyenesen zseniális volt. A kimeneti torzítást az időkésettetési hiba, valamint a kompezáló erősítő torzítása befolyásolja, és ebben a tekintetben mindkét hatás már a szemlélet alapján is kifejezetten másodrendűnek, némi

közelítéssel elhanyagolható mértékűnek tekinthető, ügyes gyakorlati áramköri konstrukcióval pedig ténylegesen közel zérusnak vehető.

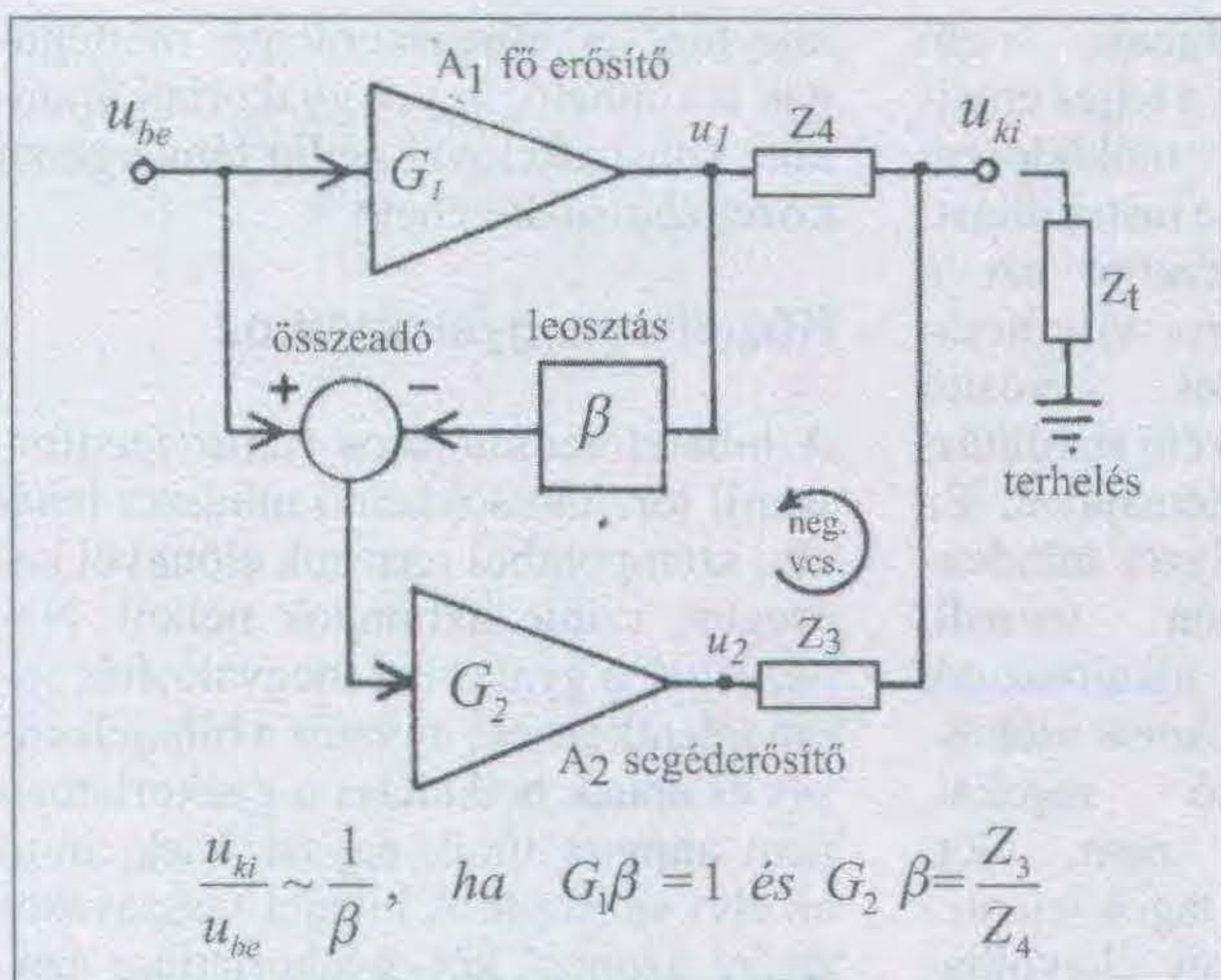
Közelítve a gyakorlathoz

A hiba-előreccatolós (error feedforward) torzításcsökkentő módszer tehát elvi szempontból igen sok előnnyel kecsegtet, szinte hátrányok nélkül. Nehézségek a gyakorlati megvalósítás során jelentkeznek, ugyanis a hibajelképzés és annak beiktatása a gyakorlatban nem annyira tűnik egyszerűnek, mint az elvi vázlaton. A hibajel visszavezetésére azonnal két, gyakorlatilag azonos eredményt hozó, de áramkörileg alapvetően különböző megoldás is kínálkozik. A 16. ábrán azt a módozatot láthatjuk, amikor a hibajelet a főerősítő bemenetére vezetjük vissza, ami egyúttal azt is jelenti, hogy az összegzés miatt a bemeneti jelet nem közvetlenül a főerősítőre kell csatlakoztatni (ez a jelösszegző el is hagyható), hanem a hibajelerősítő előtti jelösszegzőre. Lehetőség van negatív visszacsatolás alkalmazására is. Ez a megoldás azonban a gyakorlati esetekre nézve nem tűnt szerencsésnek. A másik lehetőség választása során a hibajelet a kimeneten, a kimeneti jellel összegezzük. Ezt az elvi megoldást mutatja a 17. ábra.

A gyakorlat számára ez utóbbi sokkal jobban használható elrendezés, a segéderősítő számára alkalmazhatunk negatív visszacsatolást anélkül, hogy a fő erősítő üzemvitelébe beavatkoznánk. Ugyanekkor adódik egy gyakor-



19. ábra. A 18. ábra szerinti erősítő a gyakorlatban: hiba-előreccatolós HIFI-erősítő, lebegő terheléssel



20. ábra. A terhelésre párhuzamosan csatlakozó fő- és segéderősítővel földelt terhelést is meghajthatunk

lati probléma, amelyre megoldást kell találnunk, ugyanis a szokásos hangfrekvenciás teljesítményerősítők esetében jelentős kimeneti áramterhelhetőségről kell gondoskodnunk. Felvetődik tehát az a kérdés, hogy hová is csatlakoztathatjuk magát a terhelést. A 18. ábrán az egyik lehetséges, ám a gyakorlat szempontjából kevésbé használható megoldást láthatjuk, amikor is a terhelést a két erősítő közé iktatjuk be. Amíg tehát az A₁ fő erősítő a torzításokkal terhelt jellel táplálja a terhelést a felső csatlakozási ponton, az A₂ segéderősítő pedig a terhelés alsó csatlakozási pontjánál a fordított polaritású hibajellel táplálja azt. A terhelésen történik a hibajel kivonódása a torzított jelből. Sajnálatos, hogy a megoldás lényegében két darab, kis kimeneti impedanciájú, gyakorlatilag azonos áramterhelhetőségű és minőségű teljesítményerősítőt kíván, tehát gazdaságtalan, továbbá a terhelés egyik vége sem köthető a hidegpontra (a földpontra).

A 19. ábrán az előbbi elvi vázlat egy konkrét áramköri megvalósítását láthatjuk, műveleti erősítőkkel és komplementer Darlington-tranzisztorokkal. A gyakorlatban a terhelésen akkor sem érzékelhető számottevő torzítás, ha az A₁ erősítő kimenetén például félszínűszok, durván vágott jelek jelennek meg. A torzításminimumot a potencióméterrel állíthatjuk be.

A gazdaságosság akkor javítható, ha a terhelést a két erősítő párhuzamos kapcsolásban, a 20. ábra szerinti módon hajtja meg, ezáltal a két erősítő kimeneti terhelhetőségének, névleges teljesítményének nem szükséges azonosnak lennie, hiszen az A₂ erősítőnek csu-

pán a torzítással arányos mértékű – tehát csekély értékű – korrekciós részteljesítményt kell szolgáltatnia a terhelés számára. Az áramkörbe beiktatott Z₃ és Z₄ impedanciák pedig segítenek a kimeneti áramok arányos elosztásában. A kimeneti u_{ki} feszültség arányos az erősítők kimeneti feszültségével és az ellenállások értékével, vagyis arányos (Z₃ u₁ + Z₄ u₂) értékével. A tökéletes hibakompensáció, torzításmentesség feltétele pedig a G₂ · β = 1. A

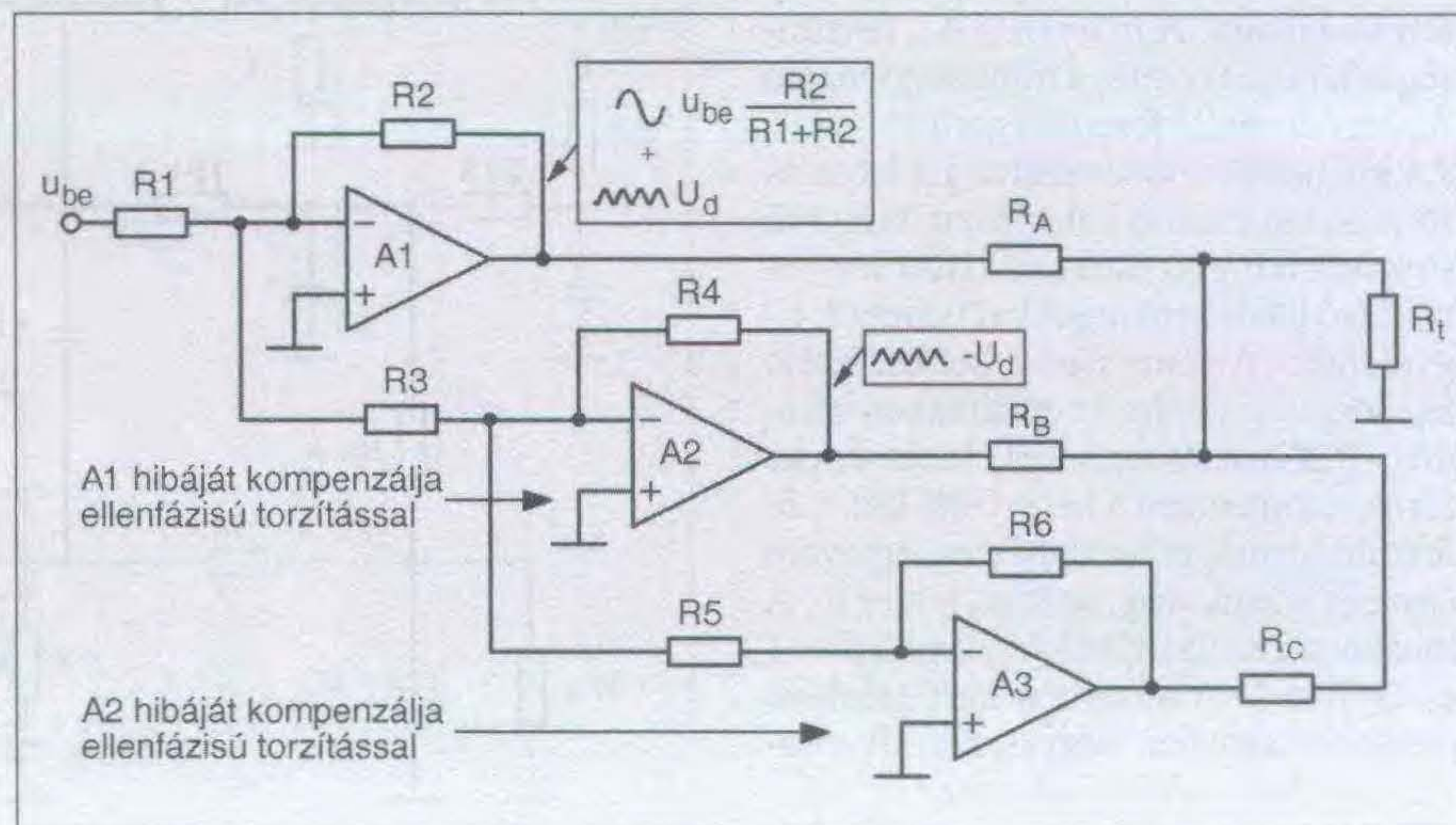
20. ábra szerinti kapcsolás képezi alapját a QUAD 405 erősítő elvi működésének, természetesen jóegynéhány kiegészítéssel, a gyakorlathoz való igazítással.

A 21. ábrán a 20. ábra szerinti kapcsolás továbbfejlesztett változata látható, amelyben a hibajel-erősítő torzítását egy további, másodlagos hibajel-erősítővel mérsékeljük. A három erősítő párhuzamosan dolgozik a terhelésre, és belátható, hogy a helyes erősítések, amplitúdók számítása, majd beállítása, stabil értéken tartása nem könnyű feladat, ugyanekkor a várható eredmény nincs arányban a ráfordításokkal.

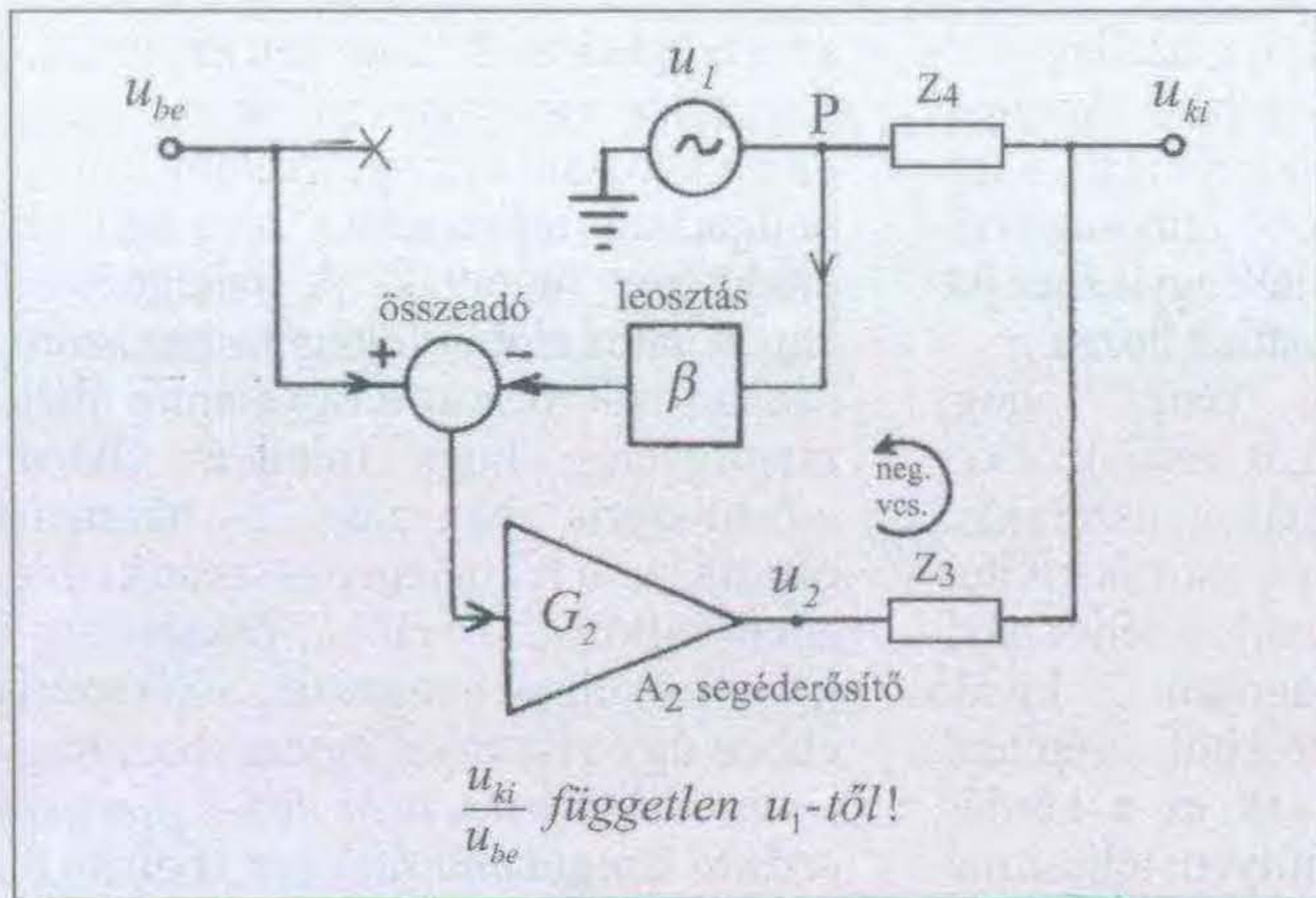
A 22. ábrán a QUAD-erősítő elvi fejlesztésének nagyon fontos, korai állomását láthatjuk, a 20. ábra kissé módosított kapcsolásaként. Itt a matematikai vizsgálat során azt sikerült megáll-

pítani, hogy az A₁ erősítő helyett önkényesen beiktatott, tetszőleges U₁ jelforrás saját u₁ kimeneti jelének úgyszólván semmi befolyása nincs az u_{ki} kimeneti jelre, amennyiben az áramkör kiegyenlítetttsége kifogástalan. Egész pontosan, az áramkör P-vel jelzett hibaérzékelési pontján beiktatott jel nem jelenik meg az u_{ki} kimeneti jelben. Ez rendkívül fontos megállapítás, ugyanis azt a felfedezést tehetjük, hogy az A₁ erősítő tetszőleges, akár pl. egységnyi erősítésű, jelentős áramterhelhetőségű emitterkövető is lehet (vagy akár hiányozhat is, mint az ábrán), és erősítése nem befolyásolja a kimeneti jel minőségét.

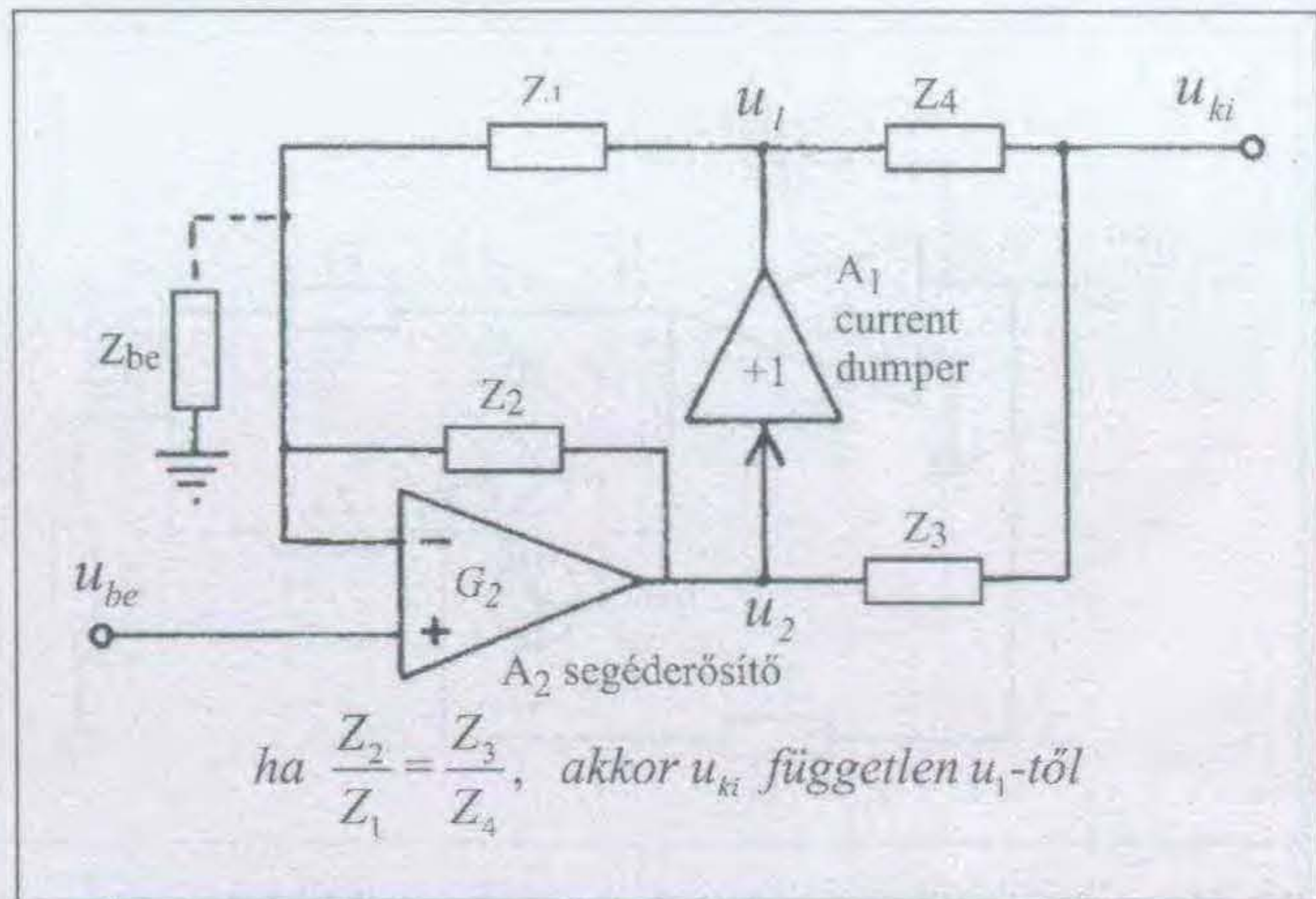
A 23. ábrán egy további felfedezést tehetünk. Ha tehát az A₁ erősítő minősége, torzítása egyrésztől mellékes, másrésztől biztosítania kell a jelentős teljesítményű kimeneti jelet, akkor kell találnunk egy alkalmas pontot az A₁ erősítő meghajtására, de az ott észlelhető jel minősége (torzítása) az előbbieket értelmében eléggé másodlagos lehet. Erre mutat példát a 23. ábra, ahol is látható, hogy az A₁ erősítő bemenete az A₂ erősítő kimenetére csatlakozik és az áramkörben pedig már felszöklik egy hídkapcsolás kialakításának a lehetősége. Ettől a pillanattól viszont az A₁ erősítőt az angol szakirodalom „current dumper” fokozatnak nevezi, szerepe a jelentős kimeneti áramterhelhetőség (az áramdömping, áram-rásegítés) biztosítása. Ugyanekkor az is látható, hogy az A₁ current dumper fokozat a negatív visszacsatolás és a hiba-előreccsatolás összetett, bonyolult áramköri pozíciójába került, némiképp megnehezítve a stabil működési helyzet kialakítását.



21. ábra. Párhuzamos üzemű, hiba-előreccsatolásos erősítő egy fő- és két segéderősítővel, földelt terhelőimpedanciával



22. ábra. A hiba-előrecsatolásos erősítő bemenetét felvágva és a P pontra tetszőleges u_1 jelet csatlakoztatva, az u_1 nem jelenik meg a kimeneti jelben



24. ábra. Hídkapcsolású hiba-előrecsatolásos erősítő, negatív visszacsatolással és a belsejében a current dumper erősítővel

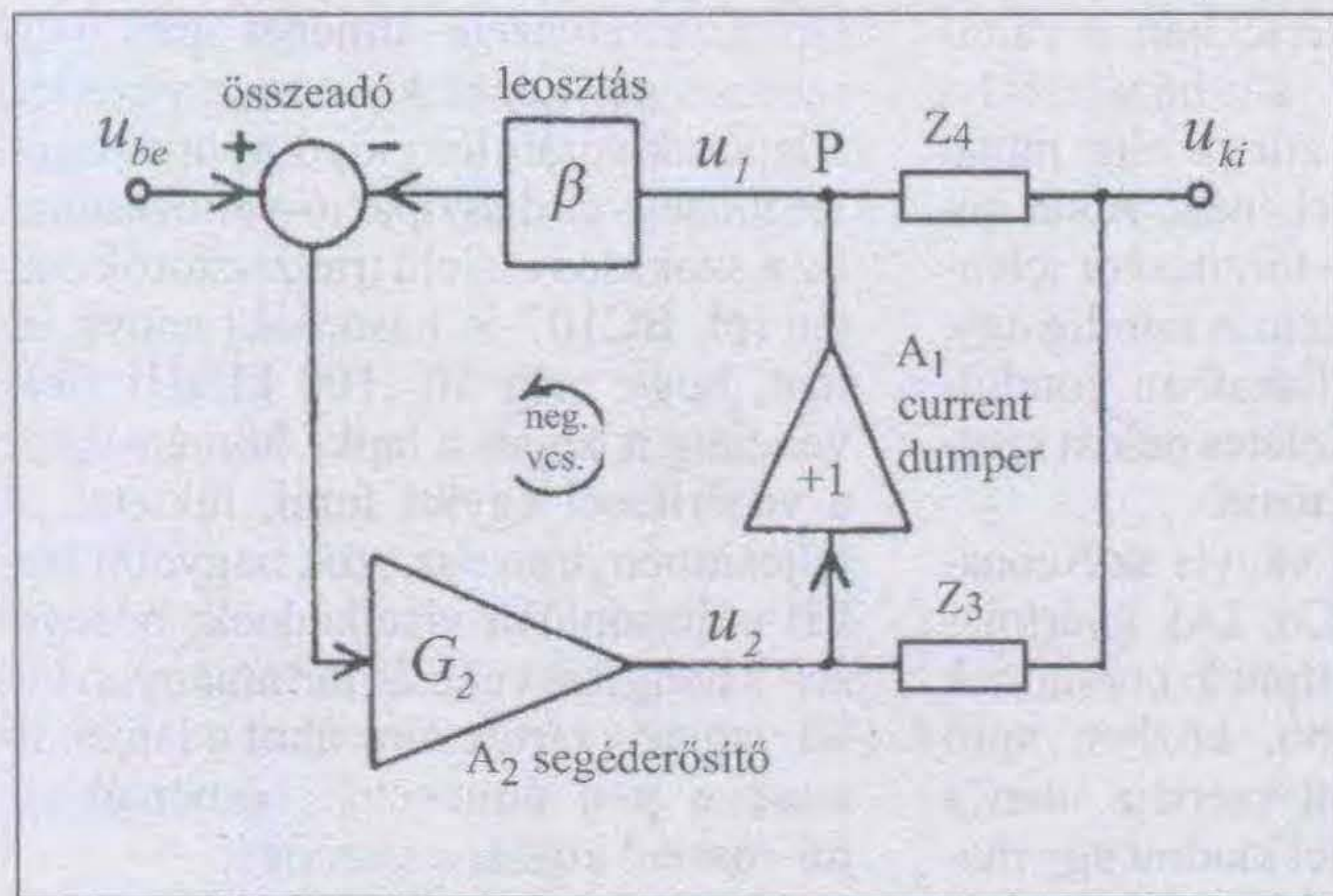
A 24. ábrán egy újabb lépéssel jutottunk közelebb a végső megoldáshoz, amennyiben az elvi rajzban benne rejtőzködő hídkapcsolást kifejtettük, és a négy komponensből álló, passzív híd kiegyenlített állapotra terveztük. Belátható, hogy a kiegyenlített állapot akkor áll fenn, ha a $Z_1 \dots Z_4$ impedanciákra fennáll a $Z_2 / Z_1 = Z_3 / Z_4$ feltétel. Másrészt ebből az a szenzációs végeredmény következik, hogy a kapcsolás kimeneti torzítását a current dumper torzítása nem, úgyszólván csakis a hídegyensúly határozza meg!

A 25. ábra elrendezése teljesíti azt a gyakorlati feltételt, hogy a teljesítményerősítő kimeneti impedanciája lehetőleg zérus legyen. Ennek érdekében a nagyáramú fokozat (A_1 current dumper) kimenetén található Z_4 impedanciát kis értékű induktivitásnak választottuk, ezáltal viszont úgy kapunk kellően kiegyenlített hídkapcsolást, ha a Z_2 impedancia kapacitív lesz. Kedvező, hogy

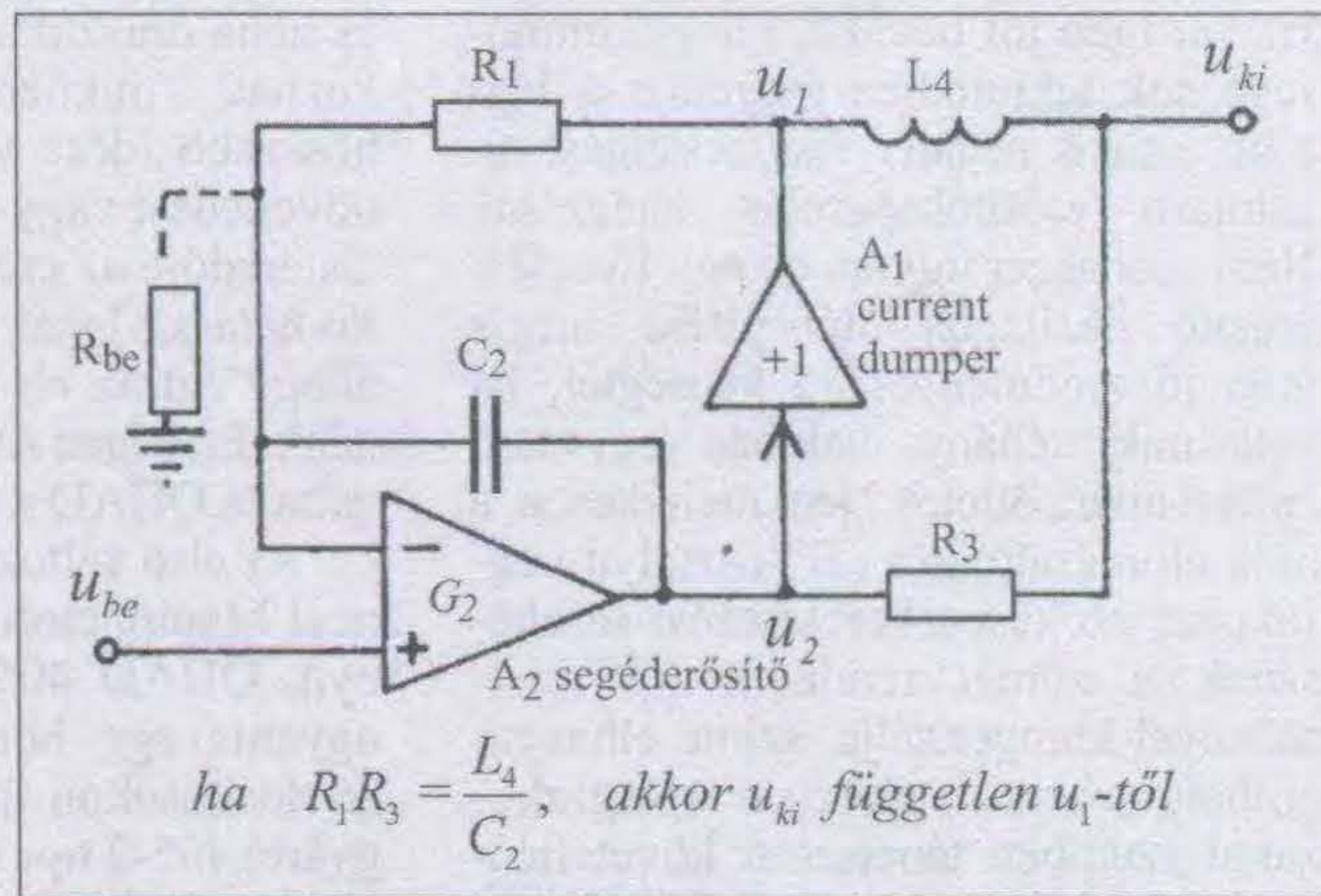
Z_4 hangfrekvencián olyan, mintha ott sem lenne, nem növeli meg az erősítő kimeneti impedanciáját. Az elvi elrendezés egyre inkább kezd hasonlítani a QUAD 405 erősítő konkrét kapcsolási vázlatát a 26. ábra mutatja a leglényegesebb, az eddigiekben megismert áramköri elemekkel. Felismerhető a hídkapcsolás négy, most már értékkel is ellátott eleme, továbbá a current dumper fokozatot alakító, nagyáramú, komplementer tranzisztorpáros. Nincs akadálya annak sem, hogy a rajztól eltérően a bemeneti jelet az A_2 erősítő neminvertáló bemenetére vezessük. Amennyiben tehát az A_2 erősítése igen nagy, továbbá a $Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4$ feltétel fennáll, azaz a híd kiegyenlített, a kimeneti jel *elvileg torzítatlan*. Az erősítő kimeneti impedanciája pedig $Z_{ki} = Z_3$ parallel Z_4 .

Egy ilyen R-L-C híd esetében – alkalmas meghajtás mellett – a híd ki-

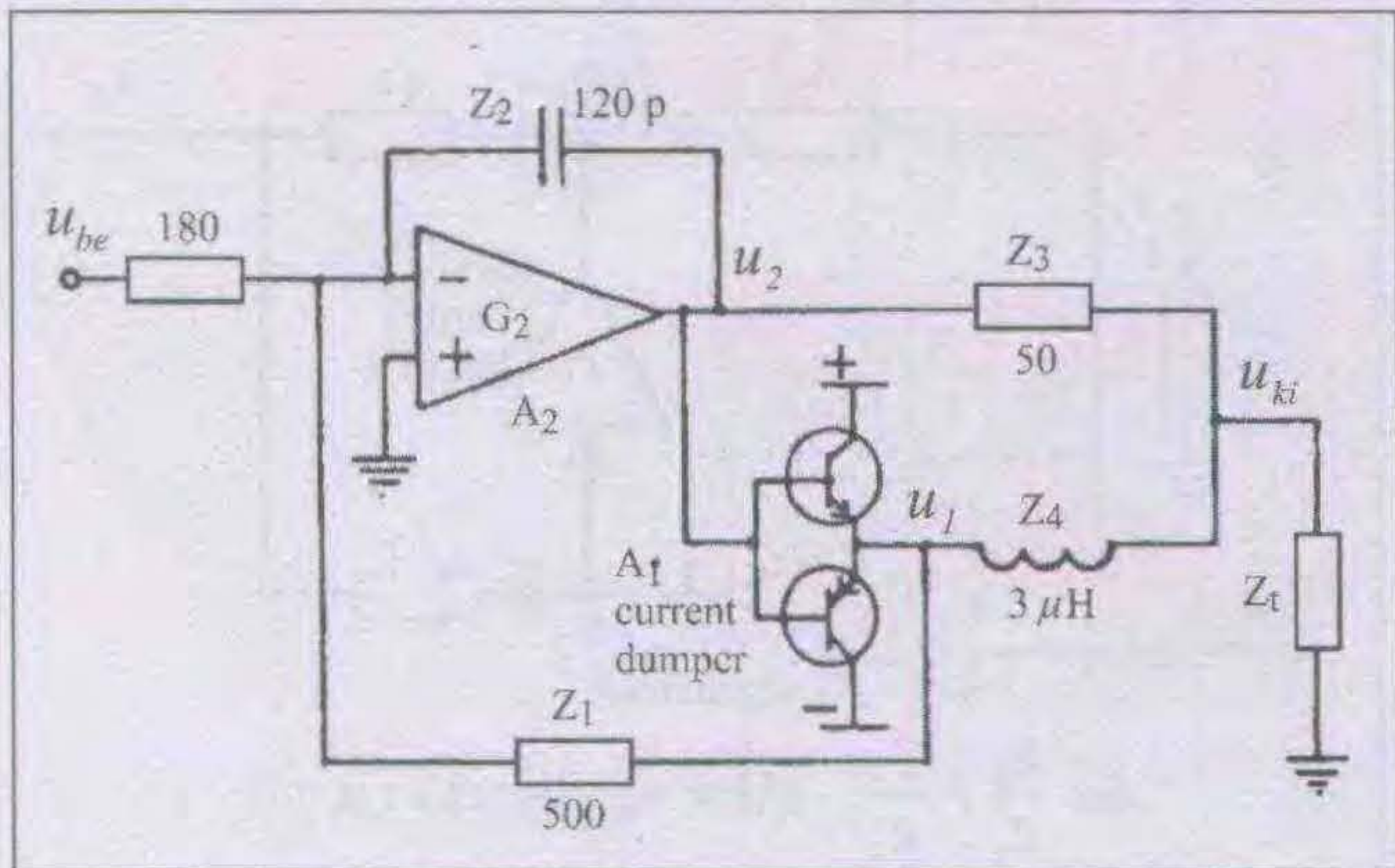
egyenlítetttségét kellően széles frekvenciatartományban akkor lehet elérni, ha az A_2 erősítő sáv szélessége jelentős. Ez az érték a QUAD 405 esetében 100 MHz körül van. Ugyanakkor ez arra is fényt vet, hogy az alkalmazott alkatrészekon kívül egy ilyen sáv szélességű fokozat *nyomatási elrendezésével*, továbbá a nyomtatott áramköri lemez anyagával szemben is meghatározott kívánalmak támaszthatók. Ezek hatásáról végső soron csakis a meghallgatás után mondhatunk véleményt. Nem lehet a véletlennek tulajdonítani azt, hogy a QUAD cég a gyári módosítások során igen hamar, *több lépésben csökkentette a nyomtatott huzalozás szélességét*. Vegyük figyelembe azt a tényt is, hogy a QUAD-erősítő egyes fokozatainak tetemes (100 MHz!) sáv szélessége folytán nem biztos, hogy éppenséggel az az üvegszálalás nyomtatott áramköri lemez, amelyet sikerült beszereznünk, szintén rendelkezik legalább ekkora



23. ábra. A P pontra csatlakozó current dumper erősítő tulajdonságai másodrendűek



25. ábra. A híd elemei alkalmas R-C-L elemekké alakítva és a hidágak helyes (ellen-) fázisban meghajtva



26. ábra. A QUAD 405 erősítő alapötlete a híddal, a current dumper fokozattal és negatív visszacsatolással

sávszélességgel, kellően csekély nagyfrekvenciás veszteséggel. Az ipari gyakorlat arra mutat, hogy az üvegszálak nyáklemek között igen jelentős – arányos – minőségi eltérések vannak. Az utánépítők az egyes házilag tervek alapján otthon készített vagy a neten beszerezett, változatos eredetű, kereskedelmi áramkörökkel is természetesen eltérő eredményre jutottak. Ez kihatással volt az erősítők hangjára is. Ugyanakkor gyakorlati mérések során az is kiderült, hogy a híd tényleges, igen pontos kiegyenlítettége koránt sincs olyan jelentős hatással az erősítő hangzására, mint azt feltételezni lehetett volna.

A hiba-előreccsatolás elvének használata valamely erősítőben olyan hatásokat eredményez, ami a negatív visszacsatoláshoz szokott szemlélet szerint szokatlannak tűnhet, és ahhoz képest némiképp más hozzáállást kíván.

Ugyanakkor, amint ez a QUAD 405 esetében fényesen beigazolódtott, a hiba-előreccsatolás – mint torzításcsökkentési elv – a gyakorlatban, elsősorban a meghallgatási tesztek tanulságai szerint igen jól beválik, hangzásminősége sok tekintetben megelőzi a legtöbb, csakis negatív visszacsatolást alkalmazó erősítőkapsolás hangzását. Nem csodaszer ugyan, de egy ilyesféle erősítő házilag utánépítése mégis igen jó eredményekkel kecsegtet, ha betartunk néhány, valóban egyszerű építési elvet, ötletet. Nem mellékesen, a hiba-előreccsatolás a „B”-osztályú végfokozat szokásos keresztelési torzításának a zömét rendkívül jó eredménnyel kompenzálja, szinte elhanyagolhatóvá teszi, miközben a végfokozattal szemben támasztott követelmények amatőr kivitel esetén is jól teljesíthetők. Kellő odafigyelés, gondos felépítés esetén, de különösebb erőfeszítés nél-

kül, a házilagos kivitelben könnyen megépíthető, a legjobb minőségű erősítők egyikéhez juthatunk hozzá.

Tény, hogy más eszközökkel, más módszerekkel (pl. csöves kivitelben) is lehet házilagosan kiváló erősítőt építeni, csak az a kérdés, milyen teljesítményt és milyen áron. A QUAD 405 erősítő után-

építése a jó döntések közül az egyik legjobb, leggazdaságosabb választás.

A végfokozat problémái

Amikor egy konkrét, megépített erősítőnek a gyakorlatban tanúsított viselkedését vizsgáljuk, nagyon hamar elérkezünk egy közismert problémacsomaghoz. A szokásos „AB”-osztályú erősítők végfokozataiban alkalmazott félvezetők többnyire kis nyugalmi árammal dolgoznak, a kedvező hatásfok és a túlzottan nagy nyugalmi áramfelvételtől következő melegedés elkerülésére. A műsorjellel történő kivezrlés során viszont két hatás is megfigyelhető.

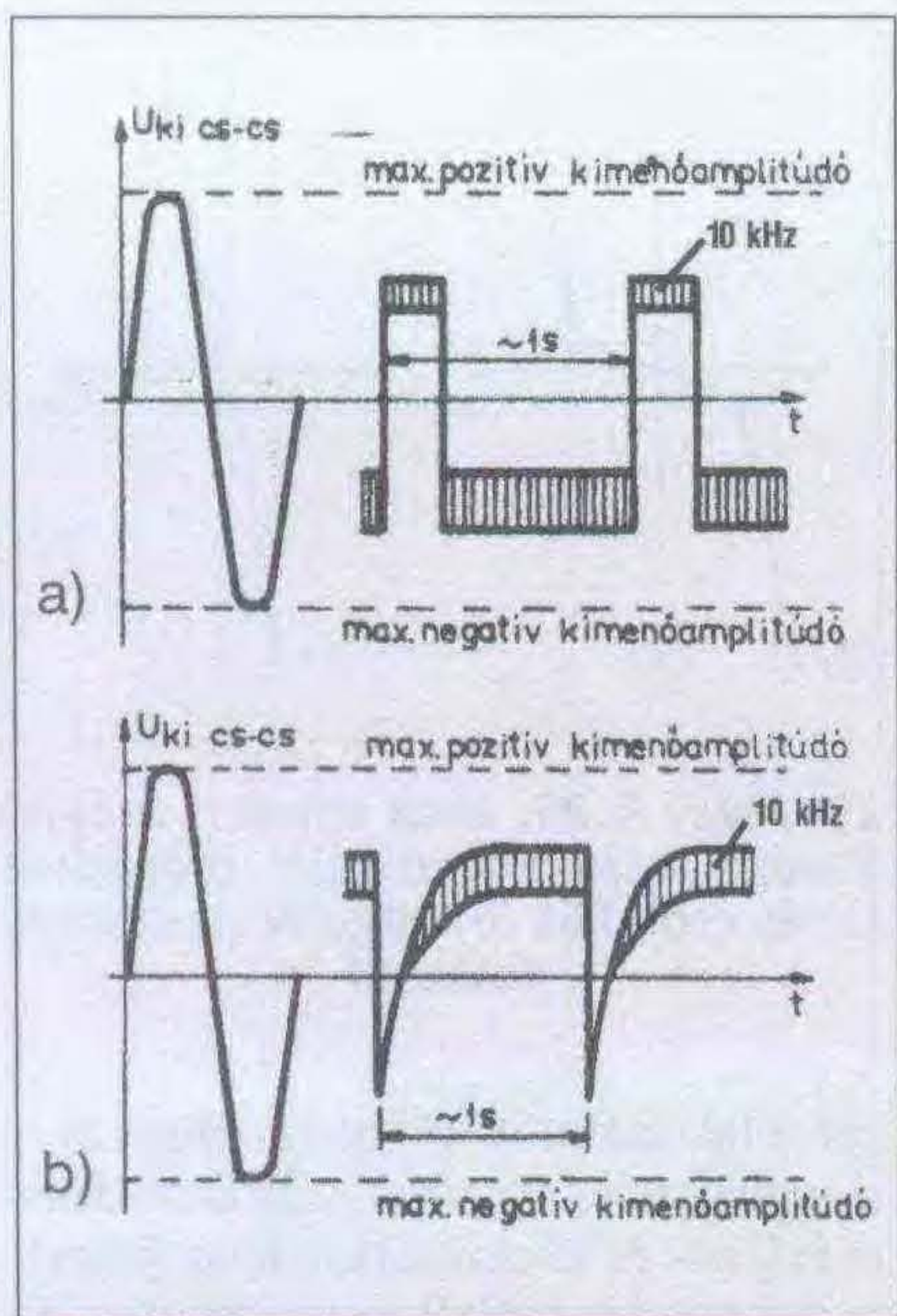
Egyrészt a huzamosabb ideig tartó használat során az egész erősítő és így a végfokozat átlagos hőmérséklete idővel megemelkedik, akár van mesterséges (pl. ventilátoros) hűtése a készüléknek, akár pedig nincs, azaz hűtőfelülete csak az egyszerű, természetes szellőzés útján hűl. Másrészt viszont a műsorjel gyors váltakozásai során a félvezetők átmeneteinek a hőmérséklete gyorsan és néha drasztikus mértékben is változhat, miközben a hőmérséklet hosszabb időre vett átlaga alig mutat növekedést vagy csökkenést. A két hatás eredője az erősítő torzítására jelentős hatással lehet, és nem is mindig úgy, ahogy azt az első pillanatban gondolnánk. Erre igen szemléletes példát szolgáltat a QUAD 405 erősítő.

Az első változatú, vagyis az Acoustical Manufacturing Co. Ltd. gyártmányú, QUAD 405-1 típusú erősítőnek ugyanis egy hosszabb, közben apró módosításokon átesett szériája után a gyártó 405-2 típusjellel kiadott egy második változatot, amely az első széria módosításai mellett újabbakat is tartalmazott. Mindösszesen a módosítások

az eredeti erősítő működési elvét, sőt, a kapcsolási rajz alapvető felépítését is alig változtatták meg, viszont a meghallgatások tapasztalatai igen kedvező eredményt mutattak. A melegedéssel kapcsolatos előbbi fejtegetéshez szorosan tartozik még az a figyelemre méltó megfigyelés, hogy mindkét QUAD erősítőséria hangzása a használat okozta lassú felmelegedés során kedvezően változik. Továbbá, összevetve a két erősítőtípus hangzását, a két széria ebben úgy viszonyul egymáshoz, hogy a második szériás, azaz 405-2 típusjelű erősítő hangja már hidegen is olyan jó, mint a 405-1 típusú, első szériás erősítő melegen. Azt, hogy ezt melyik gyári módosítás eredményezte és miért, tárgyalni fogjuk. Öröndetes, hogy valamennyi gyári módosítás akár a korai gyártású eredeti gyári gépeken, akár a korábban házilagosan megépített erősítőkön is könnyen, mérsékelt költségek mellett végrehajthatók. A meghallgatások alapján az a széles körben elterjedt vélemény alakult ki, hogy ez a bizonyos módosítás – mindössze egy dióda beépítése! – olyan hatásos volt, hogy az erősítő egy minőségi kategóriát lépett előre!

Szenteljünk néhány gondolatot az „AB”-, „B”-osztályú végfokozat termikus viselkedésének részleteire! Ismeretes, hogy a félvezetők üzem közben jelentősen melegsznek és ugyanakkor a paramétereik a hőmérséklettől is függenek. Azt azonban már igen kevesen veszik figyelembe, hogy a paraméterek milyen gyorsan és milyen durván változhatnak a hőmérséklet függvényében! Sajnálatos, hogy a hőmérsékletváltozás számos tranzienssel jellemezhető már a legegyszerűbb esetben is. A tokozás tömegétől és átlaghőmérsékletétől alig függően a kicsiny félvezető lapka, a félvezető átmenet igen nagy sebességgel képes követni a vezérlési állapotok során létrejövő gyors áram-, feszültség- és disszipáció-változásokat. Ez a szokásos kisjelű tranzisztorok esetén (pl. BC107 és hasonló) annyit jelent, hogy még 50...100 kHz(!) frekvenciáig is képes a lapka hőmérséklete a vezérléssel együtt futni, lüktetni. A teljesítménytranzisztorok nagyobb lapkái is hasonlóan viselkednek; bőségesen a hangfrekvenciás tartományon belül van az a tartomány, ahol a lapka, illetve a p-n átmenetek hőmérséklete jól-rosszul követi a vezérlést.

A szokásos mérőjeleknél, így a szinuszeles torzításmérésnél a teljes HIFI-erősítő félvezető lapka együttesé-



27. ábra. Termikus hiba folytán a nagyon lassú jeltől is lefulladás erősítő: a) az elvárt kimeneti jel, b) lefulladás a termikus hiba folytán

nek hőmérséklete viszonylag jól, kisebb-nagyobb fáziskéséssel követi a szinuszjelet, és jól mérhető, de nem túl jelentős torzítást okoz a hangfrekvenciás sáv középső tartományában. Abban a pillanatban azonban, mikor a vezérlőjelben *szintugrás* (burst) lép fel, vagy jelentős *aszimmetria* tapasztalható, a termikus problémák miatt igen jelentős munkaponteltolódás lép fel, és az előbbinél sokkal nagyobb mértékű torzítást tapasztalunk. Ennek kimérése azonban meglehetősen bonyolult műszerpark (mérőrendszer, tranziens-torzítás analízátor) birtokában lehetséges.

A műsorjel azonban a legritkább esetben hasonlít valamilyen szabályos, generátor által előállított jelhez, sokkal inkább zaj jellegű. Így a félvezető lapkák pillanatnyi hőmérséklete is statisztikusan, előre meg nem határozható módon változik üzem közben. Motiválja a helyzetet még az is, hogy a félvezetők adatai ezen kívül még áram- és feszültségfüggőek is. Felléphetnek (és fel is lépnek) olyan üzemállapotok, ahol a rövid idejű hőmérsékleti tranziensekből a szokásosnál ravaszabb mérési eljárásokkal is nehezen kimutatható, de jellemző és jelentős torzítások léphetnek fel, amelyek „kitűnően” hallhatók is. Alacsonyabb frekvenciákon főleg a teljesítmény-eszközök hőtranziensei zavaróak, magasabb frekvenciákon a kisjelű tranzisztorok, integrált áramkörök tulajdonságai dominálóak.

Ezek a jelenségek nem tévesztendő össze a különböző RC-elemek okozta tranziensekkel, ilyen alkatrészeket nem tartalmazó DC-erősítőkben is ugyanígy előáll a termikus tranziensek okozta torzítás! Arra, hogy nem slew-rate problémával állunk szemben az utal, hogy akár az infrahang-tartományban is találkozhatunk a hőmérsékleti tranziensek okozta problémával.

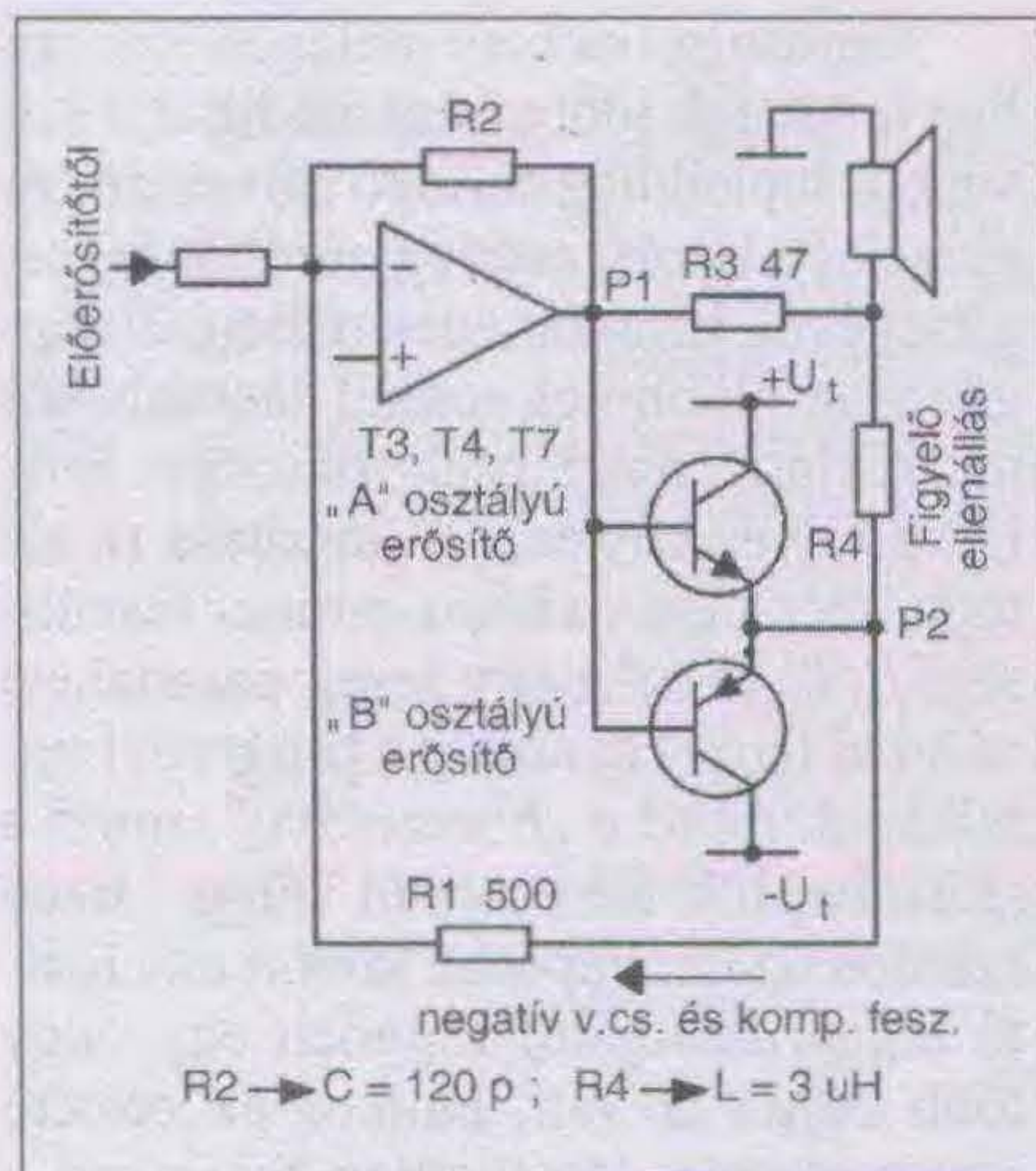
Egy méréssorozat során megvizsgáltunk egy nagyon egyszerű, mondhatni primitív felépítésű, félvezetős hangfrekvenciás végerősítőt, amely érdekes hangjáról volt elhíresülve. A $k_{tot} = 0,2\%$ és $k_{IM} = 0,2\%$ torzítású, 5Ω -on 15 W kimenőteljesítményre képes, DC-csatolású erősítő jellegzetes tranziens viselkedése látható a 27. ábrán, aszimmetrikus vezérlés és megfelelő alakú jelkeverék esetén. Az 1 Hz körüli ismétlődési frekvenciájú, tehát rendkívül lassúnak mondható, $1\text{--}2 \text{ ms}$ fel- és lefutással rendelkező, erősen aszimmetrikus négy-szögjel és a hozzáadott 10% -nyi amplitúdójú 10 kHz -es szinuszjel együttes viselkedése jóval a teljes kivezérlés elérése előtt kimutatja az erősítő gyengéit. A felső diagram az elvárható (a remélt, a bemeneti jelformával egyező) kimeneti jelformát mutatja, míg az alsó diagram a szomorú valóságot. Az aszimmetrikus melegedés a 10 kHz -es komponens átvitelében jelentős hibát okoz. A negatív polaritású, viszonylag rövid időtartamú tüskékre szuperponált 10 kHz -es jel a nagy impulzusok alatt és utána egy ideig át sem haladt az erősítőn, az erősítő lefulladás! A kapcsolatban nem volt található semmiféle beépített, belső energiatároló elem (pl. elkó), amely a tranziens hibát okozhatta volna. A jelenség egyedül a jellegzetes termikus viselkedésnek volt tulajdonítható, a slew-rate probléma pedig az alkalmazott igen kis frekvencián szóba sem jöhetett.

Egyszerű, 1 kHz -es, szimmetrikus négy-szögjellel elvégzett vizsgálat során az erősítő – a gyatra hangminőség ellenére – ugyanekkor úgyszólván kifogástalan viselkedést mutatott, az előbbi hibára semmi nem utalt, tehát csak alkalmas jelkeveréssel lehet ilyesféle hibát felderíteni. Erre azért érdemes odafigyelnünk, mert az egyszerű négy-szögjeles mérésnek számtalan híve van, és a képernyőn látott szép formájú, szinte hibátlan négy-szögjel kielégítő minőségéből – a további, gondosabb mérések mellőzésével – sokan túlságosan is gyorsan messzemenő következtetéseket vonnak le.

A műsorjel okozta melegedés azonban hosszabb időre átlagolódik is a félvezető lapkákhoz tartozó hővezető tömegek (tokozás, esetleg hűtőborda) segítségével. Ez a tömegek méretétől függően az előbbinél sokkal lassabb hőmérsékleti tranziensek okozója lesz, így a félvezetős erősítő torzítása (a réteghőmérséklet, a bázis-emitter feszültség, β , f_T és még egy sereg paraméter) változó tényező, amely a programdinamikának mind a „hosszútávú”, mind a „közelmúlt” történetétől függ. Ezen számos üzemállapotok között az erősítő konstrukciójától függően egy vagy több olyan is van, amikor az erősítő egyes részein átmenetileg felszakad a negatív visszacsatoló hurok a szélsőséges üzem mód (lezárás, leültetődés, slew-rate-hiba) miatt. A hőmérsékleti hatások természetesen szoros kölcsönhatásban vannak a tisztán elektromos tranziensekkel, paraméterekkel, a nagyfrekvenciás kis- és nagyjelű működéssel, így a helyzet rendkívüli bonyolultságú. Egy öt-tíz tranzisztoros HIFI-erősítő teljes és korrekt matematikai vizsgálata komolyabb számítógép nélkül elképzelhetetlen, de ekkor még csak a diagnózist állítottuk fel, a hibás működés még fennáll, a negatív visszacsatolás fokozása pedig az előbbieket miatt alig javít a viszonyokon.

A QUAD 405-1 és 405-2 típusú erősítők egyik jellegzetes üzemeltetési tapasztalata, hogy a lassú termikus változások hatása nem kedvezőtlen; főleg a 405-1 típusú erősítők hangzása kellemesebb felmelegedett állapotban, mint hidegen. A jelenség magyarázata a következő. Az üzemelés során a current dumper fokozat idővel felmelegszik és ennek arányában csökken a tranzisztorok U_{EB} nyitófeszültsége, akár egészen kis értékre is, amitől a melegedés tovább fokozódik. Az eredetileg kialakuló és a keresztelési torzítást okozó holtzóna így fokozatosan jelentősen lecsökken, az „A” osztályú végfokozat pedig egyre hamarabb tudja kiküszöbölni ezt a torzítást. A melegedés azonban a 405-1 végfokozatában hőmegfűtáshoz vezethet, és ezt sikerült kiküszöbölni a 405-2 végfokozatában, a holtzóna csökkentésével és stabilizálásával, mindössze egy további dióda beépítése árán, amely egyszerű és olcsó megoldást olvasóink figyelmébe ajánlunk!

Az erősítő tervezése során a részletes előzetes vizsgálatok azt mutatták, hogy a legszűkebb keresztmetszet általában a nagyáramú, nagyteljesítményű („AB” és „B”) fokozatokban lép fel, vi-



28. ábra. A QUAD 405-ös erősítő elvi működésének magyarázatához

szont az „A” osztályú, nagy feszültségjelű, de kisáramú, kis teljesítményű fokozatok többnyire elegendően kis torzításúra építhetők. (Egyértelműen a nagy áramokkal van probléma.)

A QUAD 405 típusú erősítő elvi működése

A QUAD-erősítő tervezői a 28. ábra szerinti tömbvázlat egyszerű áramköréből indultak ki. Vizsgáljuk meg a kapcsolat elvi működését az előzőekhez képest némileg eltérő, a gyakorlathoz már jóval közelebbi szempontok alapján!

A csekély negatív visszacsatolással üzemelő, kistorzítású „A” osztályú fokozat képes a teljes kimeneti amplitúdó előállítására, de igen csekély áramterhelhetőség mellett. A „B” osztályú (current dumper) fokozat szolgáltatja a szükséges áram túlnyomó hányadát a terhelés számára. Mivel a „B” osztály következtében (de akár a szokásos „AB” osztály esetén is egyes vezérlési pillanatokban; ld. korábban!) a dumper-fokozat a nullátmenet közelében le van zárva, az erősítő jellegzetes tört átviteli karakterisztikával rendelkezik, így kellemetlen, igen jól hallható keresztvezési torzítást produkál. A viszonyokon csak látszólag segít a negatív visszacsatolás, amint ez a 29. ábrán megfigyelhető.

A feladat tehát adott volt: a dumper fokozat működését külön kellett választani és pillanatról pillanatra figyelni kellett a teljesítményerősítő torzítását. Mivel a torzítás a kimenőáramban is jelentkezik, a 28. ábra szerint beiktatott ellenállás a dumper kimeneti áramát figyeli. Az itt nyert figyelőjelet vissza lehet vezetni az „A” osztályú

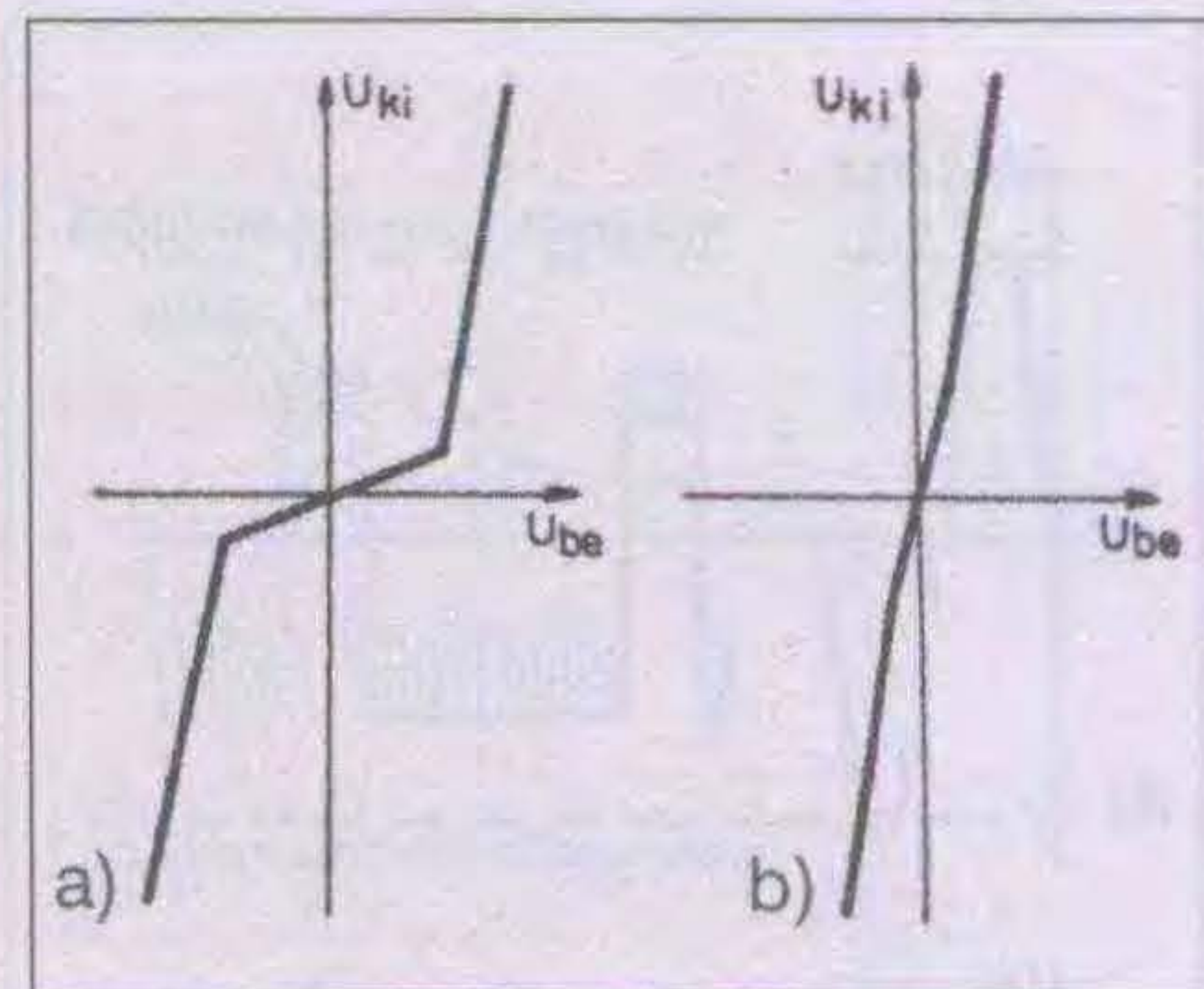
erősítő megfelelő bemenőpontjára, ahol alkalmas módon felhasználható.

Ha az ábrán R_1 – R_2 – R_3 – R_4 ellenállások elhelyezkedését megfigyeljük, láthatjuk, hogy hidkapcsolással állunk szemben, ahol a keresztágban helyezkedik el a current dumper-fokozat. Ha a híd elemeit jól választottuk meg, a híd a hangfrekvenciás sávban kiegyenlítettnek tekinthető.

Ha a híd kiegyenlített, akkor következésképp a P_1 és P_2 pontokon azonos jel jelenik meg. Ha a P_1 ponton a jel torzítása igen kicsiny (vagy zérus), a P_2 ponton is kicsi. Az R_1 – R_4 -en keresztül a bemenetre visszavezetett ellenszatólós feszültség (enyhe negatív visszacsatolás) az „A” osztályú üzemmód és a jó minőségű „A” osztályú erősítő következtében a szokásos módon az egész erősítő tulajdonságait hatásosan javítja.

A current dumper-fokozat azonban a vezérlőjelhez képest eltérő áramot szolgáltat, ha a kimeneten terhelés is van. Ekkor az R_4 figyelőellenálláson egy további hibafeszültség keletkezik, ami a hídgyensúly felborulásához vezet. A hibafeszültség az „A” osztályú erősítő bemenetére kerül és ott vezérlőjelként jelentkezik, majd megjelenik felerősítve a P_1 ponton, illetve a terhelésen is. Azonban ez a P_1 ponton megjelenő jel torz; torzítása alakhűen, de éppen ellenfázisban van azzal a torz jellel, ami a current dumper-fokozat hibájából keletkezett. A current dumper-fokozat a torz vezérlőjel hatására részben saját torzításának kompenzálására kényszerül (amíg erre képes), továbbá a szélsőséges esetekben (a nullátmenet közelében) lezár. Ekkor a kimenetre csupán az „A” osztályú fokozat szállít áramot. Ha a híd elemeit jól választottuk meg, a híd minden üzemállapotot jól érzékel, minden vezérlési állapotban, a tetszőleges eredetű tranziensek alatt is az erősítőt kis torzítású kimenőjel előállítására kényszeríti. A végső tulajdonságokat az „A” osztályú erősítő torzítása és a híd kiegyenlítetlensége befolyásolja.

Néhány feltételnek azonban teljesülnie kell. Ilyen feltétel az, hogy a műsorjel váltakozása során „A” osztályú erősítő és a „B” osztályú dumper fokozat közötti átkapcsolásnak, pontosabban a dumper fokozat ki- és bekapcsolásának kellő sebességgel kell megtörténnie. Részleteiben tekintve, arról kell gondoskodni, hogy amikor a pillanatnyi kimeneti teljesítményszükséglet meghaladja azt az igen kis értéket, amelyet az „A” osztályú erősítő képes szolgáltatni és szükség van a dumper foko-

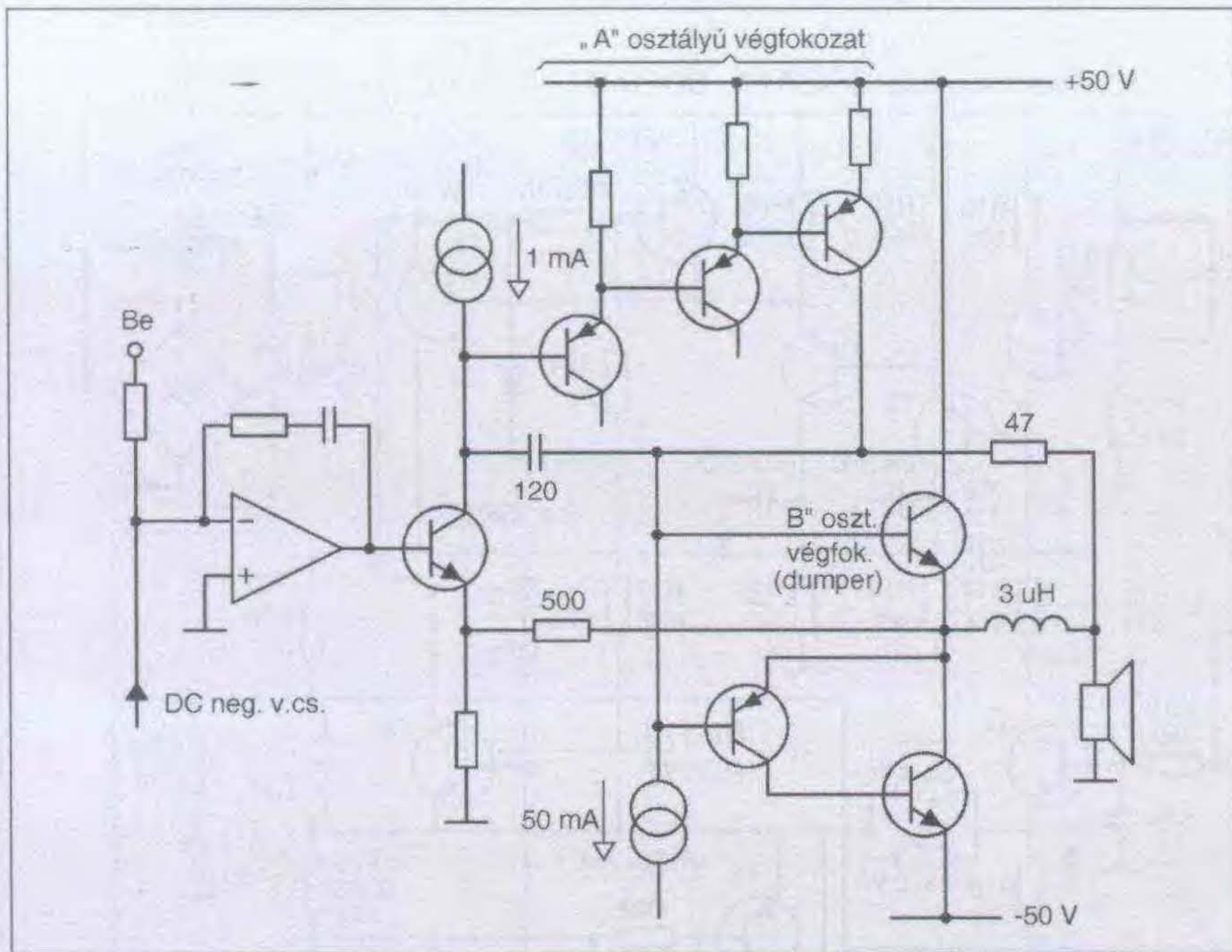


29. ábra. A 26. ábra szerinti erősítő átviteli karakterisztikája mérsékelt (a) és erőteljes (b) negatív visszacsatolással

zat által szállított többletáramra, ez a rásegítés teljesen simán, minden látható jel, be- és kikapcsolási, azaz keresztvezési torzítás nélkül történjek meg. Ez csak úgy érhető el, ha a műsorjelhez képest a dumper fokozat is és az „A” osztályú fokozat is kellően gyors ahhoz az átkapcsoláshoz, amely ennél a műveletnél szükséges. Hiba mindenképpen fellép a dumper fokozat kezelésénél, viszont az „A” osztályú erősítőnek eléggé gyorsnak kell ahhoz lennie, hogy a feed-forward technika segítségével a hibát nagyon kis értékre redukálja. Ez azt jelenti, hogy a kapcsolat meghatározott részeinek igen nagy sebességű működésére van szükség, hogy például ebből túlvezérlés, jelkésés, slew-rate hiba ne keletkezzék. Ugyanekkor viszont gondoskodni is kell arról, hogy nagy értékű, túl gyors vezérlőjel ne okozzon slew-rate hibát.

Elvileg hasonló kis torzítású erősítő készíthető szoros negatív visszacsatolás alkalmazásával is, de ez csak a hagyományos mérési módszerek szerint tűnik célravezetőnek, a meghallgatási tapasztalatok viszont nem igazolják az ilyesféle konstrukció célszerűségét.

Megfelelő, korszerű, ügyes mérési metódus szerint vagy meghallgatásos alapon vizsgálva az ilyen erősítőt, jól hallhatjuk a lefulladásokat, a zavaros hangképet, a rossz tranziens viselkedést. A visszacsatolás szorosabbá tétele ezen túlmenően súlyos (egyedileg megoldandó) fáziskompenzálási problémákat vet fel, ami kellő műszerezettség mellett is komoly nehézségeket okozhat. A QUAD-erősítő lényeges előnye tehát a csekély negatív visszacsatolással és az ugyanekkor mellette alkalmazott hiba-előreccatolással elérhető kis torzítás és jó tranziens viselkedés, tekintet nélkül a tranziensek eredetére.



30. ábra. A QUAD 405-ös „current dumping” típusú HIFI-erősítő egyszerűsített kapcsolása a negatív visszacsatolt „A” osztályú végfokozattal és a „B” osztályú current dumper-fokozattal, a gyári gépkönyv alapján (QUAD)

Az erősítő gyakorlati megvalósításánál további szempontokat is figyelembe kellett venni. A teljesítményerősítőktől megkövetelik, hogy a szóba jöhető hangfrekvenciákon kimeneti impedanciájuk minél kisebb legyen, továbbá a negatív visszacsatolás körébe bevont erősítőrész (az „A” osztályú erősítő) frekvenciamenete stabilitási okokból egyenletesen eső jellegű legyen, lehetőleg több dekádon keresztül, mindössze egy időállandóval. Ez utóbbi követelményt jól elégíti ki a gyakorlatban az, ha az „A” osztályú erősítőt (gyors) integrátorra képezzük ki (ld. a 28. ábrát): az R_2 ellenállást $C = 120$ pF-os kondenzátorra cseréljük. A híd váltakozó feszültségű szempontból kiegyenlített marad akkor, ha $R_3 = 47 \Omega$ és $R_1 = 500 \Omega$ hídelemek mellett R_4 -et $L = 3 \mu\text{H}$ induktivitásra cseréljük (azaz $R_1 \cdot R_3 \cdot C = L$).

Vizsgáljuk meg most azt a határesetet, mikor a current dumper fokozat jelentős árammal vezet (belsőellenállása ekkor első közelítésben elhanyagolható). Az erősítő kimeneti ellenállása ebben az esetben R_3 paralel L . A másik szélsőséges vezérlési esetben a current-dumper fokozat le van zárva. Ekkor – ha jól választottuk meg a híd elemeit, tehát a híd kiegyenlített – a kimeneti impedancia változatlanul R_3 paralel L .

Viszont: „bármilyen erősítőrendszernek, amely torzításmentes üresjá-

rati kimenő feszültséggel rendelkezik, továbbá kimeneti impedanciája független a terheléstől, torzításmentesnek kell lennie.” (P. J. Baxandall: Current Dumping Audio Amplifier.)

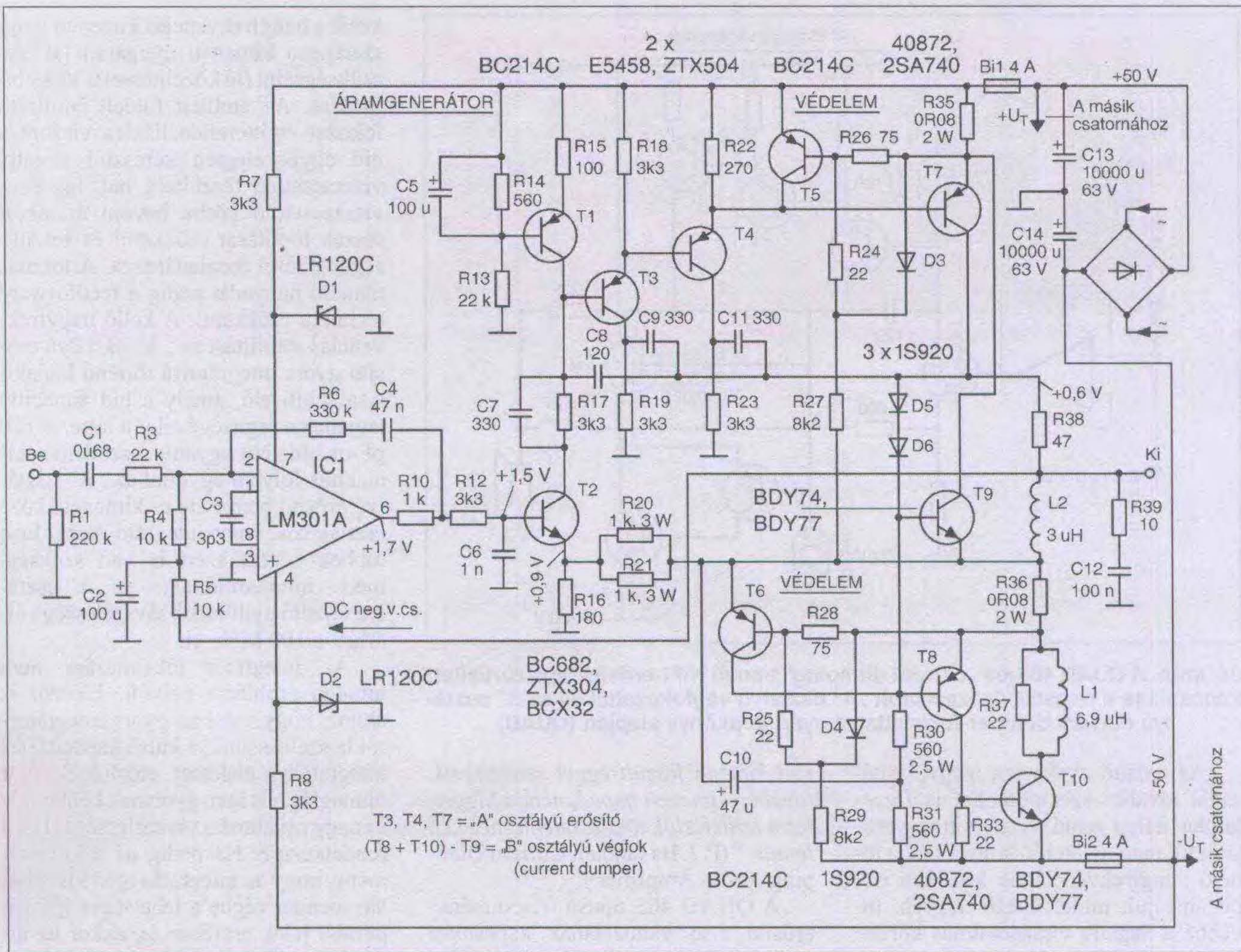
A QUAD 405 típusú teljesítményerősítő első változatának kapcsolási rajzán azonban jóval több áramkört találunk az eddig ismertettekhez képest. Ezek az áramkörü részek azonban nem tartoznak szorosan a current dumping technikához, viszont az erősítő fontos részeit képezik.

Az erősítő vázlatos működését a QUAD-gépkönyv tömbvázlata alapján kezdjük (30. ábra). A kapcsolás négy fő részből áll. A bemeneten negatív visszacsatolással ellátott, integrált műveleti erősítő feszültségerősítő fokozat található, amely működését illetően nem része a current dumper – feedforward technikának. A műveleti erősítő egy többfunkciós, földelt emitteres fokozaton keresztül hajtja meg a korábbiakban tárgyalt hídáramkört. A hídáramkör keresztágában foglal helyet a current dumper fokozat, míg a kimenetet, illetve a current dumpert az „A” osztályú erősítő hajtja meg. A teljes erősítő kimeneti egyenpotenciálú stabilitását a kimenetről a műveleti erősítő bemenetére csatlakozó, gyakorlatilag egyenfeszültségű negatív visszacsatolás biztosítja. Ez a negatív visszacsatolás semmiféle befolyással nem rendel-

kezik a hangfrekvenciás kimeneti jelre, szerepe a kimeneti nyugalmi DC feszültség szint (jó közelítéssel 0 V) stabilizálása. Az említett földelt emitteres fokozat emitterellenállására viszont a híd egyik elemén keresztül negatív visszacsatoló feszültség hat, így ez a visszacsatoló körbe bevont áramkörü részek torzítását csökkenti és feszültségerősítését meghatározza. A torzítás maradó hányadát pedig a feedforward technika csökkenti. A kellő nagyfrekvenciás stabilitást az „A” osztályú erősítő gyors integrátorra történő kialakítása segíti elő, amely a híd kapacitív tagjának a segítségével jön létre. A 120 pF-os hídelem ugyanis a szellemes kialakítás folytán egyúttal az „A” osztályú erősítő bemenete és kimenete közé csatlakozik, mint integráló elem. Erre többek között azért is van szükség, mert – mint említettük – az „A” osztályú erősítő nyílthurkú sávzélessége elérheti a 100 MHz-et.

Az integrátor alkalmazása nem minden probléma nélküli. Először is ahhoz, hogy valóban gyors integrátorról beszélhessünk, a külső kapacitással integrátorra alakított erősítőnek már önmagában is igen gyorsnak kell lennie és nagy nyílthurkú sávzélességgel kell rendelkeznie. Ha pedig az a követelmény, hogy az integrálás igen kis hibával menjen végbe a lehetséges legszaporább jelek esetében is, akkor az integrátor sebességének is jóval nagyobbak kell lennie, mint a bemenetre érkező jelhomloknak, különben az integrálás, illetve a bemeneti jel kis torzítású lekövetése csorbát szenved. Az integrátor ebben az esetben állandó időkézésben szenved, elméletileg egyenes átviteli karakterisztikája eltorzul, más szóval slew-rate problémával küzd. Így a bemeneti jelét sebességkorlátozó elem kell keresztülvezetni ahhoz, hogy maga az integrálás az üzemi tartományban kellően kis torzítású legyen. Erre a célra szolgál az R_{12} - C_6 felülvágó szűrő, amely a hangfrekvenciás sáv feletti frekvenciák számára leosztást képez és korlátozza a továbbhaladó jel slew-rate-jét (31. ábra). Az így maradó, nem csekély jelmeredekséghez képest kell esetünkben értelmezni a „gyors integrátor” fogalmát, és ekkor már nem annyira meglepő az „A” osztályú erősítő 100 MHz-es sávzélessége.

A T_2 jelű, földelt emitteres npn tranzisztor fő munkaellenállása a T_1 jelű pnp tranzisztorral kivitelezett egyszerű, 1 mA-es áramgenerátor, amely széles amplitúdótartományban kedvezően li-



31. ábra. A QUAD 405-ös erősítő "DRG No. M12333 iss2" szerinti legelső változata, amelyből – mint számunkra felesleges áramköri részletet – eltávolítottuk a QUAD ESL elektrosztatikus hangszugárzók számára szükséges, teljesítménycsökkentő feszültséglimiter két ellenállását. A diak-triak védőáramkört az erősítő kezdetben még nem tartalmazta

néaris viselkedést tesz lehetővé T_2 számára.

Az „A” osztályú erősítő három aktív elemből áll. Két, egymás után kapcsolt (Darlington) pnp emitterkövető (T_3 – T_4) hatja meg a T_7 nagyjelű, mintegy 50 mA-es nyugalmi áramú, pnp fokozatot, amely alkalmas a teljes, közel tápfeszültségnyi kimeneti feszültségamplitúdó előállítására, nagyon kis torzítás mellett. A kimenetre a hídáramkör R_{38} jelű, 47 Ω -os tagján keresztül csatlakozik.

Ugyanekkor a T_7 kollektorából történik a kvázikomplementer current dumper fokozat meghajtása is, amely két, azonos típusú, áramban, feszültségben, teljesítményben és sebességben nagy gonddal kiválasztott (T_9 – T_{10} jelű) teljesítménytranszisztor. Az alsó, T_{10} jelű npn tranzisztort T_8 alakítja a vezérlés számára – látszólag – pnp tranzisztorrá.

Sokakban vetődött fel a kvázikomplementer kapcsolás átalakítása valódi komplementerré, de nem egyszerű feladat minden szempontból alkalmas párokat találni. A current dumper fokozat a hídáramkör L_2 jelű, 3 μ H értékű induktivitásán keresztül hajtja meg a terhelést (a kimenetre csatlakozó hangszugárzót).

A QUAD 405-ös erősítő M 12333 iss2 kapcsolási változata a 31. ábrán látható. Ez a kapcsolás tekinthető az erősítő első szériás, a 8999-es szériaszámmal bezárólag gyártott változatának (405-1), amelyhez kezdetben az M 12368 iss5, később az M 12368 iss6 szériaszámú nyomtatott áramköri panel tartozott. Miután ez a kapcsolási rajz vált legelőször nyilvánossá, a honosítás, a saját nyomtatott áramköri panelek tervezése is ezen a nyomon indult. Azonban bármelyik korábbi nyák és kapcsolás kisebb-nagyobb munkával

átalakítható akár a legutolsó, QUAD 405-2 változatra is!

Az erősítő bemenetén négyérintkezős DIN csatlakozó található. Ez számos felhasználónak nem felelt meg, így volt, aki lecserélte két darab RCA hüvelyre. Volt, aki megvásárolta a neten kínált DIN–2×RCA kábeles átalakítót. Sokan lecserélték a rugós/pillanatszorító hangszórócsatlakozót is megbízhatóbb, csavaros rögzítésűre. Ezekhez a kedvelt módosításokhoz (is) a neten különféle átalakító-, felújítókészletek szerezhetők be (32. ábra).

A bemenetről a jel különféle szerepet betöltő RC-tagokon keresztül jut az IC1 LM301A típusú, meglehetősen régi konstrukciójú (kifutott gyártású) műveleti erősítőre. Szerepe a kellő feszültségerősítés, a szabatos bemeneti impedancia, a teljesítménykorlátozási lehetőség biztosítására, továbbá a teljes erősítő kimeneti driftjének, ofszetjének



32. ábra. Felújítókészlet a régebbi QUAD 405-ös erősítőkhöz: az elfáradt pufferek pótlására (C13, C14), a kiszáradt kis elkók pótlására (C2, C5, C10), NE5534 az IC1 műveleti erősítő cseréjéhez, az új IC tápfeszültséglábai hidegítéséhez (100 nF, C15, C16), az IC megemelt tápfeszültségéhez 15 V-os Z-diódák (LR150C, D1, D2), T10 esetleges lassítására C19 1 nF kerámiakondenzátor, aranyozott bemeneti RCA-csatlakozók a régi DIN csatlakozó kiváltására, csavaros kivitelű hangszórócsatlakozók a régi, rugós típus kiváltására. Számos hasonló összeállítás szerezhető be a neten!

minimalizálására a bemeneten. A múzeumi IC-típus cseréjére – a szériagyártás egy későbbi időszakában – már a QUAD cégnél is sor került, de az IC-csere évtizedek óta az erősítő egyik népszerű házilagos módosítása.

Az IC₁ negatív visszacsatolással (R₆–C₄) és kompenzációval (C₃) van ellátva. A fokozat feszültségerősítését a bemenet felől az R₃–R₆ ellenállások viszonya határozza meg, amely közelítőleg 15-szörös (+23 dB) erősítést eredményez a közepes frekvenciákon. A negatív visszacsatolás C₄ (továbbá C₁, R₃, R₆, R₄) következtében 13 Hz-es törésponti frekvenciájú, 12 dB/oktáv meredekségű aluláteresztő áramkörre alakítja IC₁-et. A negatív visszacsatolás így 1 Hz alatt már teljesen hatástalan és DC-n az IC₁ feszültségerősítése teljes mértékben érvényre jut. Ezen a ponton három, igen fontos dologra kell Olvasóink figyelmét felhívunk.

Egyrészt ezen negatív visszacsatolás mértékével igen egyszerűen állítható be a QUAD 405 erősítő eredő érzékenysége, ami azért is lényeges, mert az értéke a felhasználók jelentős részének szintén nem felelt meg. Ugyanis a névleges érzékenység a 405-ös végfokhoz ajánlott QUAD 44-es előerősítőhöz jól, más hétköznapi HIFI-termékhez már kevésbé alkalmasan illeszkedett,

túl nagyknak bizonyult. Számos modifikáció arról szólt, hogy a műveleti erősítő érzékenységét hogyan sikerült alkalmas módon lecsökkenteni.

Másrészről nagyon fontos, hogy a QUAD 405 erősítő kimenőpontjáról az R₅–R₄ útvonalon 100%-os negatív visszacsatolás ellenőrzi a kimeneti nyugalmi DC-szint értékét. Miután így a komplett erősítő egyenfeszültségű szempontból egységnyi erősítésű, a kimenőpont (a hangszórókapcsokon) megjelenő ofszet megegyezik a műveleti erősítő bemeneti ofszethibájával: max. 7 mV (azaz U_{ki} nyugalmi = 0 V ± 7 mV). Az erősítő elmászása, vagy módosítás (IC-csere) esetén kellő figyelmet kell szentelni az eredeti, illetve az új IC ofszet-jellemzőinek, mert a hiba 1:1-ben jelentkezik a kimeneten.

Harmadrészt, a kapcsolás felépítése és a QUAD-nyakok gyakorlati kivitele olyan, hogy nagyon könnyű az IC₁ helyettesítése különféle, akár bipoláris, akár pedig FET bemenetű műveleti erősítőfélékkel.

A műveleti erősítő az első időkben, a rajzon is látható módon, ±12 V tápfeszültségről üzemelt, amelyet a „nagy”, ±50 V-os tápfeszültségről nyernek két egyszerű, Z-diódás stabilizátor útján. Már most meg kell jegyeznünk, hogy az LM301A nyugalmi áramfelvétele a

tápfeszültségről eléggé csekély, mintegy 2 mA, ha viszont az IC-t egy modernebb és nagyobb (5–8 mA) fogyasztású műveleti erősítővel helyettesítjük, gond lehet a kis stabilizátorok üzemével. A Z-dióda árama ugyanis elfogyhat, az újabb típusú IC elszívja. IC-csere esetén tehát a tápellátást végig kell gondolni. Ez első lépésben többnyire azt jelenti, hogy a Z-dióda előfeszítő ellenállását lényegesen csökkenteni kell.

Az eredeti gyári kapcsolásban az IC₁ kimenetén egy feszültséghatároló áramköri részlet (két további ellenállás is) található. Az R₁₁ dugaszolható ellenállást beiktatva az IC és így a teljes erősítő maximális kimeneti feszültsége határolódik, ezáltal a QUAD 405 alkalmas lesz a cég veterán ESL57 típusú elektrosztatikus hangszóróinak túlvezérlés nélküli meghajtására. A két ellenállást a 31. ábráról – mint számunkra zavaró, idejétmúlt és felesleges részletet – elhagytuk. Ezt a védelmet ugyanis csak az LM301A típusú, ma már kifutott, korszerűtlen és gyakorlatilag beszerezhetetlen IC-hez tervezték, más, modernebb IC-vel nem működik! Maga a védelem nem szerves része a current dumper elven működő erősítőnek, így minden további probléma, minőségromlás nélkül elhagyható.

Annak érdekében, hogy az „A” osztályú erősítőben ne jöhessenek létre valamely túl gyors bemeneti jel hatására tranziens jellegű torzítások, valamilyen QUAD 405 típusú erősítőben a slew-rate értékét a műveleti erősítő kimenetén található R₁₂–C₆ (3,3 kΩ és 1 nF) integráló tag korlátozza.

A kapcsolás középső részén helyezkedik el maga az „A” osztályú, kiváló linearitású erősítőfokozat: T₂ földelt emitteres erősítőből a jel a T₃ és T₄ darlington kapcsolású emitterkövetőkön halad tovább az „A” osztályú végfokozatot képező T₇ teljesítménytranszistorig. Ennek kollektorában jelenik meg a tápfeszültségnyi amplitúdójú, igen kis torzítású kimenő feszültség. A linearitást a tápfeszültség utánhúzója is javítja C₁₀ 47 μF-os kondenzátor útján. Kis kivezérlésnél a fokozat terhelését csupán R₃₈ = 47 Ω, a híd egyik eleme képviseli. Ez olyan nagy érték, hogy mellette alig jön számításba a vele soros hangszóróterhelés pontos értéke.

Az „A”-osztályú erősítő feszültségerősítését és nagyfrekvenciás viselkedését részben a híd elemei határozzák meg. A C₈ kondenzátorral gyors integrátort alakítottak ki az „A”-osztályú erősítőből, de ez az alkatelem egyúttal a

híd része is. A híd-következő eleme az R_{38} ; a dumper-fokozat kimenőáramának figyelését az $L_2 = 3 \mu\text{H} \pm 5\%$ induktivitás, a híd harmadik eleme végzi. A híd negyedik eleme az R_{20} – R_{21} paralel eredője, amely egyúttal az R_{16} segítségével – negatív visszacsatolás útján – beállítja az „A”-osztályú erősítő feszültségerősítését ($A' = 2,5$), elősegítve ezáltal az igen jó linearitású működést.

Ugyanezen az úton jut a negatív kompenzációt végrehajtó feszültség-elem az „A”-osztályú erősítőbe, a current dumper-fokozat működése közben az L_2 elemen létrejövő járulékos feszültségesés következtében. Ez a hibajel végigfut az „A”-osztályú erősítőn és megjelenik a kimeneten is, azonos amplitúdóval, de éppen ellenkező fázisban, mint az L_2 tagon keletkező hibajel. A kimeneten, vagyis a terhelésen a két feszültségkomponens kivonódik egymásból. Így mind az R_{38} , mind az L_2 irányából érkező jel (áram, feszültség) erősen torzított, de pontosan egyformán és ellenkező előjellel: egymásnak tükörképei. Miután végső soron a hangszórón jön létre a két hibajel kivonódása egymásból, a híd csekély kiegyenlítetlensége is még mindig kitűnő, torzítatlan (nagyon kis torzítású) kimenőjelet eredményez. A működést az „A”-osztályú erősítő hibája, a híd kiegyenlítetlensége, továbbá a current dumping technikától teljesen független IC_1 LM301A műveleti erősítő torzítása befolyásolja, illetve a maradék torzításért ezek az elemek felelősek. Az áramkör konstruktőrei szerint a szabadalmazott és az előzőekben bemutatott feed-forward – current dumping megoldás kb. 26 dB torzításcsökkenést eredményez, „úgyszólván ingyen”.

Az „A”-osztályú erősítő megfelelő nagyfrekvenciás fázismenetéről a C_8 integráló kondenzátoron túlmenően a C_7 – R_{17} komplexum (lépcső a frekvenciamenetben), továbbá C_9 és C_{11} gondoskodik. A dumper-fokozat bekapcsolása közben létrejövő többlet-fázistolás hatását kompenzálja ki L_1 – R_{37} komplexum, amely eredőben kisjóságú induktivitást képvisel.

A current dumper kvázikomplemeter fokozat T_8 – T_9 – T_{10} tranzisztorokkal van kiképezve. A „B”-osztályú beállítás következtében T_8 – T_9 báziskörében nem találjuk a korábbiakban talán megszokott, de egyébként csak az „AB”-osztályú üzemre jellemző feszültségforrást (diódákat, tranzisztort stb.). A T_9 – T_{10} végtranzisztorok nyugalmi árama így zérus, és a végfokozat jelentős, szobahőmérsékleten, közvet-

lenül a bekapcsolás után kb. 1,2...1,5 V holtzónával rendelkezik a nullátmenet környezetében! Ez az adott kapcsolástechnika mellett ugyan megengedhető megoldás, de az adódó holtzóna minden különleges technikai fogás ellenére és rendkívül csekély mértékben ugyan, de a nagyon jó fülű hallgatóság számára hallható. Ugyanekkor, mint már említettük, lehetőség van a hiba kiküszöbölésére. Az üzemszerű használat során azonban a tranzisztorok melegszenek, így bázis-emitter feszültségük csökken, akár 0,3 V közelébe is. Ez az erősítő hangjára jó hatással van, hiszen így csökken a keresztelési tartomány nagysága, azaz a keresztelési torzítás mértéke. Ez „az erősítő hangja melegen jobb, mint hidegen” tünet magyarázata. A QUAD 405-2 (és a 606-os) erősítő kapcsolásban található új dióda, a D_{13} alkalmazása ezt a holtzónát, a keresztelési tartományt a nyugalmi állapotú feszültségek kis módosításával 1,2 V-ról 0,5 V-ra csökkenti és stabilizálja. Ez kettős hatással is jár: egyrészt az „A”-osztályú fokozat hamarabb kezdi meg a hibakompenzálást, mint eddig, továbbá javul a „B”-osztályú fokozat hőmérsékleti stabilitása. Így persze teljeséggel érthető – a laikusok számára misztikusnak tűnő – sokat hangoztatott vélemény is, hogy „a 405-2 erősítő hangja már hidegen is olyan jó, mint a 405-1 hangja melegen”.

A végfokozat épségéről a pozitív és a negatív ágban elhelyezkedő egy-egy védőáramkör gondoskodik. A kimeneti áram ellenőrzését egy-egy 0,08 Ω értékű figyelőellenállás (R_{35} és R_{36}) végzi, mindkettő a kollektorkörben helyezkedik el és a beiktatásuk így szinte közömbös a végtranzisztorok működésre. A túlvezérlés/zárlat következtében az ellenállásokon eső pillanatnyi túlfeszültség T_5 vagy a T_6 tranzisztort leültetésbe viszi, ennek következtében a végtranzisztorok közül az érintett oldali példány árama határolódik.

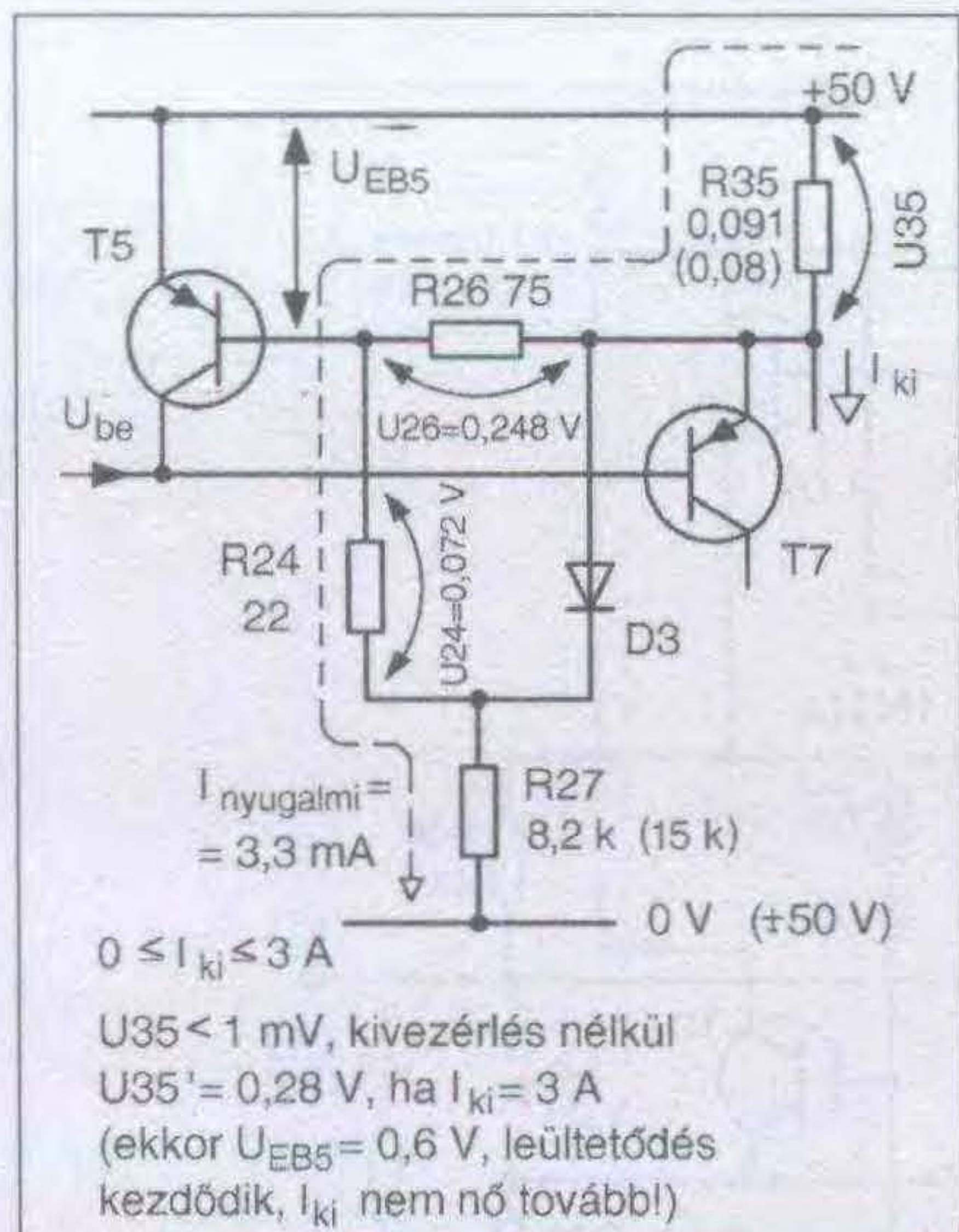
A felső (T_5 -öt tartalmazó) védelem működése a következő (33. ábra). Nyugalmi helyzetben (vezérlés és terhelés nélkül) a T_5 tranzisztor le van zárva, ugyanis U_{BE} feszültsége még éppen nem elegendő a számottevő kollektoráram kialakulásához. Az R_{35} – R_{26} – R_{24} – R_{27} ellenállásokon átfolyó áram 0,2...0,3 V nyitófeszültséget eredményez. Vezérlés közben, a terhelésen átfolyó áram következtében, számottevő feszültségesés keletkezik az R_{35} ellenálláson. Az U_{EB} feszültség megnövekszik és T_5 egy adott nyitófeszültség fe-

lett leültetődhet, rövidre zárva T_7 bázis-emitter vezérlőfeszültségét. Kis kivezéréseknél, de nagy terhelőáramoknál (rövidzár a hangszóróvezetékben), kb. 3–4,5 A terhelésnél lép működésbe a rövidzárvédelem.

Abban az esetben, amikor a terhelésen egyúttal jelentős feszültségamplitúdó is felléphet (normál kivezérési, de túlterhelést eredményező állapot, pl. túl alacsony impedanciájú a hangszóró), az R_{27} ellenállás alsó végén jelentkező nagy negatív feszültségcsúcs hozzáadódik a nyugalmi (zérus) értékhez és csúcsamplitúdójú kivezéréskor már 2–2,2 A körül létrejöhet a határolás. A kedvező határoló karakterisztika kialakulását a D_3 – D_4 diódák segítik elő. Az áramhatárolás pontos értékét a félvezetők nyitófeszültsége és a hőmérséklet is jelentősen befolyásolja.

A kimeneti védelem a T_6 – T_8 esetében is hasonlóan működik. Ahhoz azonban, hogy a működés teljesen zavartalan legyen, a D_5 – D_6 diódák egy kis nyugalmi potenciálettolást hajtanak végre a végfokozat belsejében. Ennek eredményeképp csak a T_9 – T_{10} működik tiszta „B”-osztályban, mert T_7 kollektoráramának kb. 1/5-része az R_{38} – L_2 – R_{36} – T_8 – R_{33} útvonalon folyik át a negatív tápfeszültségvezeték felé, így a T_8 tranzisztor „A”-osztályban dolgozik.

Az áramkör a fentiek értelmében tehát nem csupán a terhelőáramot figyeli, hanem a pillanatnyi kimeneti feszültséget is, és végeredményképpen – a korábban már tárgyalt – biztonságos üzemieltetési zónában (Safe Operating Area = SOA-ban) igyekszik tartani a végfokozatot. A dolog azért sem annyira egyszerű, mert azt senki nem tudja meggátolni, hogy az erősítőre akár 2 Ω -os hangszórócsoportot ne csatlakoztasson bárki, és az erősítőnek ekkor is biztonságosan működnie kell. A beépített védelem által adódó teljesítményhatárolást mutatja a 34. ábra, ahol megfigyelhető, hogy az erősítőből a legnagyobb teljesítményt mintegy 5...6 Ω -os terhelés mellett tudjuk kicsikarni, ami akár 130 W is lehet. Az is megfigyelhető, hogy amennyiben beiktatjuk a QUAD elektrosztatikus hangszórók védelme céljából az R_{11} pozíciójelű, 1,8 k Ω -os ellenállást, a kivehető váltófeszültség legfeljebb 20 V_{eff} lesz, míg a legnagyobb kimeneti teljesítmény a 2/3-ára, felére csökken. Egyébként a hazai amatőrviszonylatban, háziagos kivitelű erősítőnél aligha van értelme a veterán ESL-hangszórók védelmét egyáltalán kialakítani.



33. ábra. A SOA-védelem működésének magyarázatához. A gyártás közben egyes értékek megváltoztak!

A QUAD 405-ös erősítők tápegysége olyan egyszerű, amilyen csak lehet. A hatalmas hálózati transzformátor szekundere kellő teljesítményű hűdegyenirányítóra dolgozik, amely alkalmas kapcsolással ± 50 V-os egyenfeszültséget állít elő. A két puffereklő tekintélyes méretű és kapacitású: $10\,000\ \mu\text{F}$, 63 V-os típus. Mivel a sztereó kivitelű erősítő mindkét oldala erről a tápfeszültségről üzemel, nagyobb kivezérélnél a két erősítő tápegységen keresztüli áthallása, egymás megrángatása aligha kerülhető el.

Utánépítések

Az erősítő kifejezetten kisigényű/helyettesíthető félvezetőkészlete, egyszerű felépítése és az ezzel szembeállítható, élénk nemzetközi (nyugati!) visszhangot kiváltó, kitűnő adatok indokolták a QUAD 405 bemutatását – kerek harminc éve – a Rádiótechnika 1980-as évkönyvében. A bemutatást követően pedig megkezdődött az erősítő (35. ábra) és a nyák (36. és 37. ábra) honosított változatának a kidolgozása.

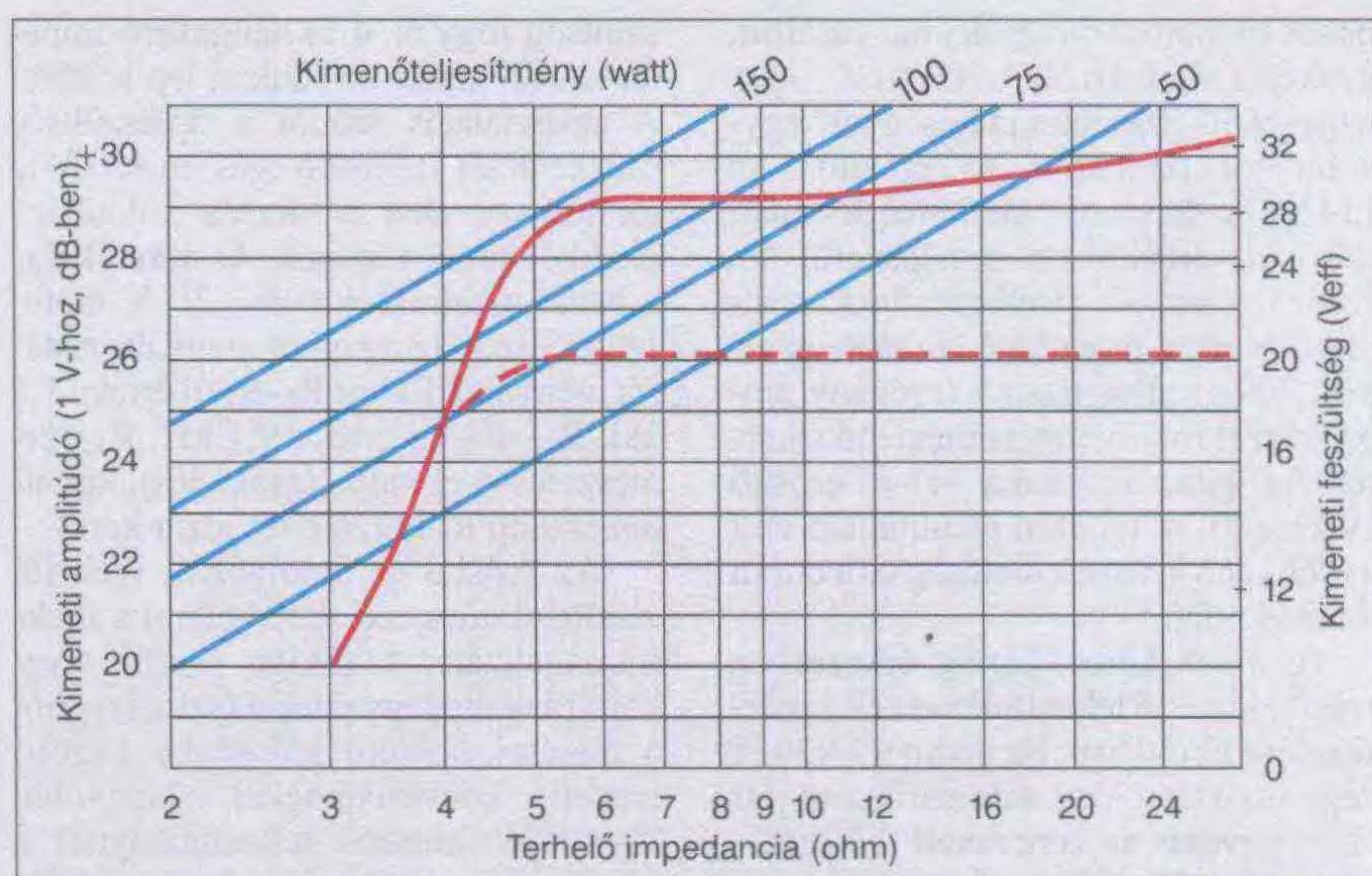
A hazai bemutatás az akkori nevetéses és bosszantó viszonyok, a tiltások, a nagyon vékonyan csordogáló nyugati információk idején meglehetősen frissnek tűnt (a cikk kézírata 1979 tavaszán íródott). Ennek tükrében nem is különösebben meglepő és véletlen, hogy ugyanebben az időben (más és más szerzőtől) különféle ismertetések, tesztek jelentek meg erről az erősítőről, pl. a HIFI Magazinban is. A szovjet Ragyio c. folyóiratban pedig szovjet

félvezetőkire alapozott átépítést ismerettek. Mindezek felfokozott hazai érdeklődést eredményeztek, és a szerző az olvasók kérésének megfelelően kidolgozta az erősítő honosított, „szegény ember vízzel főz” változatát, valamint első nyomtatott áramköri elrendezését. Az Olvasók a mintapéldány tapasztalatai alapján és a kéréseknek megfelelően másolatban megküldött nyomtatási/beültetési terv alapján igen sok példányban utánépítették ezt a változatot. A hazai, szűkös alkatrészkeszletből történő megvalósítás során bebizonyosodott, hogy úgyszólván teljesen problémamentesen utánépíthető az erősítő, néhány egyszerűen teljesíthető feltétel betartása mellett.

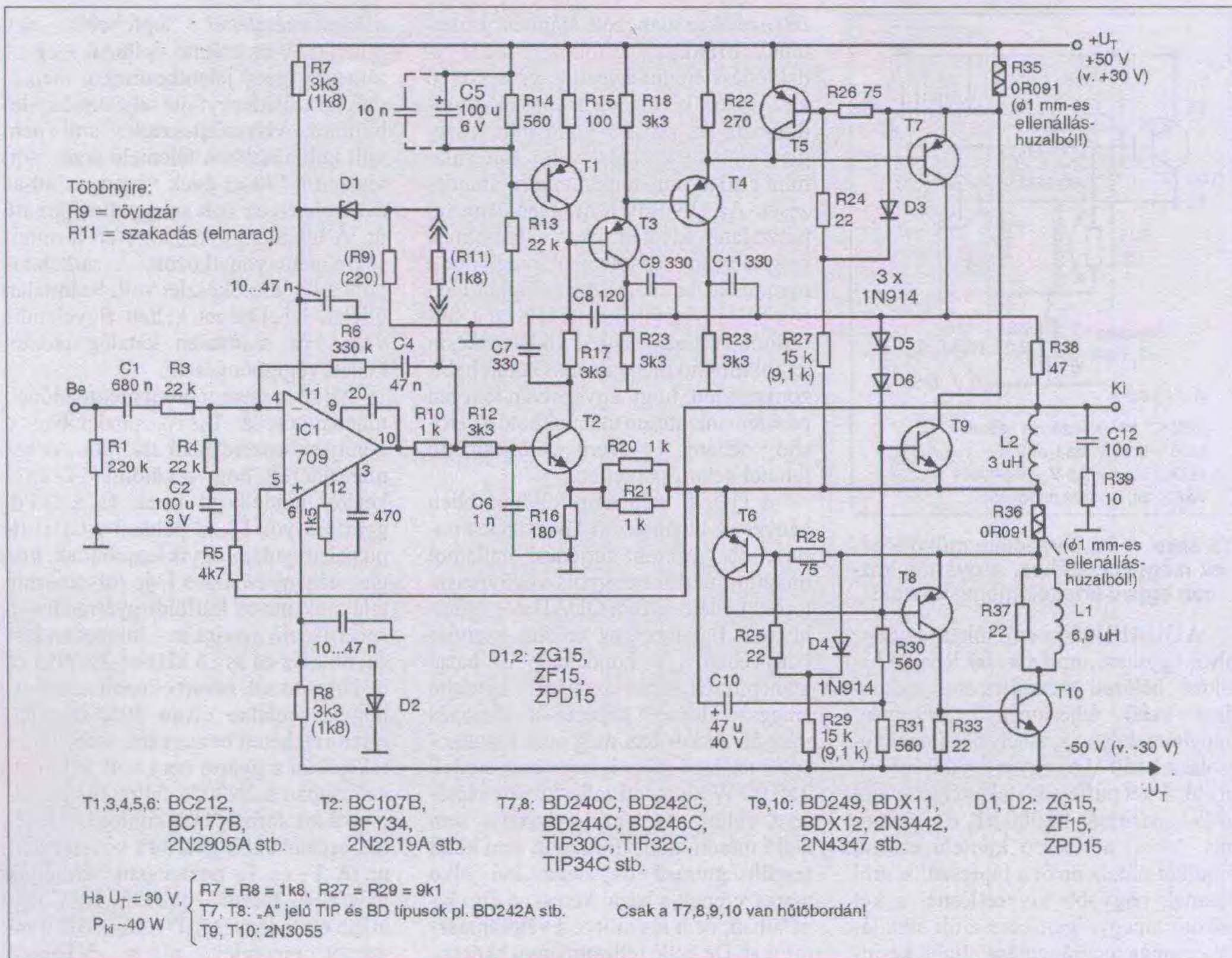
A QUAD 405 nem különösebben kényes az alkalmazott félvezetők típusára, de gyakran gerjedési hajlamot mutatott túlságosan gyors végtranzisztorok mellett. Erre a QUAD cég is felhívja a figyelmet az erősítő szervizkönyvében. A honosítás, a hazai utánépítések során az erősítő egyfajta „megszelidítése” képezte a főcsapás irányát. Akkoriban még nem mutatkozott számottevő igény az eredeti 2×100 W kimeneti teljesítmény elérésére, ehhez – néhány évtizede – sem kellő méretű transzformátor, sem kellő feszültségtűrésű és kapacitású elkő nem szerepelt a hazai kereskedelmi kínálatban, nem is említve a végtranzisztorokat. De kellő teljesítményű hangszárgázó sem sűrűn fordult elő a korabeli boltokban. A történet igen hamar kezdett arról szólni, hogy az akkori hazai

alkatrészkeszlettel legfeljebb egy $30\text{--}40$ W-os erősítő építhető meg. A tömeges igény jelentkezésekor megindult az erősítő egyfajta teljesítmény-lebutítása, visszafejlesztése, ami nem volt különösebben felemelő érzés, sőt; viszont a '70-es évek végén, a '80-as évek elején ez volt az egyetlen járható út. A lebutítás természetesen a minőségre nem vonatkozott. A sarkalatos pont a félvezetőkészlet volt. Számtalan ötletet, lehetőséget kellett figyelembe venni, és számtalan katalógusadatot kellett végigböngészni.

Minden szempontból megfelelőnek mutatkozott a T_9 – T_{10} pozícióban a könnyen beszerezhető 2N3055. Az hamar kiderült, hogy a különféle f_T értékekkel rendelkező hazai és külföldi gyártmányok közül például a hazai típus bizonyult az egyik legjobbnak, magas, néhány MHz-es f_T -je folytán, míg találtunk neves külföldi gyártónál – a specifikáció szerint is – hihetetlen lassú, 50 kHz-es és 16 kHz-es 2N3055-öt is! Nagyon sok zavart okozott az a tény, hogy számtalan olyan 3055-ös tranzisztort lehetett beszerezni, amelynek a tokozásán a gyártó nem volt feltüntetve, csupán a 2N3055 felirat, és legfeljebb a tok formájából, kiviteléből lehetett esetenként a gyártóra következtetni. A T_7 és T_8 pozícióban bármelyik megfelelő feszültségbírású (U_{CE0} legalább 60 V legyen!) TIP vagy BD tranzisztor megfelelt, pl. a BD240A, BD242A stb. vagy a TIP30A, TIP32A stb. A többi pozícióban sem volt kényes az erősítő, a BC107B és a BC177B tí-



34. ábra. A SOA-védelem által korlátozott legnagyobb kimeneti teljesítmény különböző terhelőimpedanciáknál limiter nélkül (folytonos vonal) és ESL-limiterrel (szaggatott vonal) (QUAD)



35. ábra. A „kéttekerces” QUAD 405-ös erősítő *iss2* szériaszámú kapcsolási rajzának honosított változata. Az ESL-limiter beépítése általában teljesen felesleges, ekkor az R11 elhagyható, az R9 helyére pedig rövidzár kerül

pusok mellett az Olvasók által vásárolt, gyakorta balkézről beszerzett, igen nagyszámú kipróbált „féleséggel” egyaránt jól működött az erősítő. Az LM301A beszerezhetlensége miatt műveleti erősítőként a népszerű, ám szenzációsan jó viselkedésűnek semmiképp nem mondható, inkább siralmas 709-et alkalmaztuk (szegény ember vízzel főz...), mégis meglepő sikerrel. Az igencsak lomha 741-es erősítő 10 kHz fölött teljesen alkalmatlan volt a csökkenő kivezérelhetőség és a durva torzítás miatt.

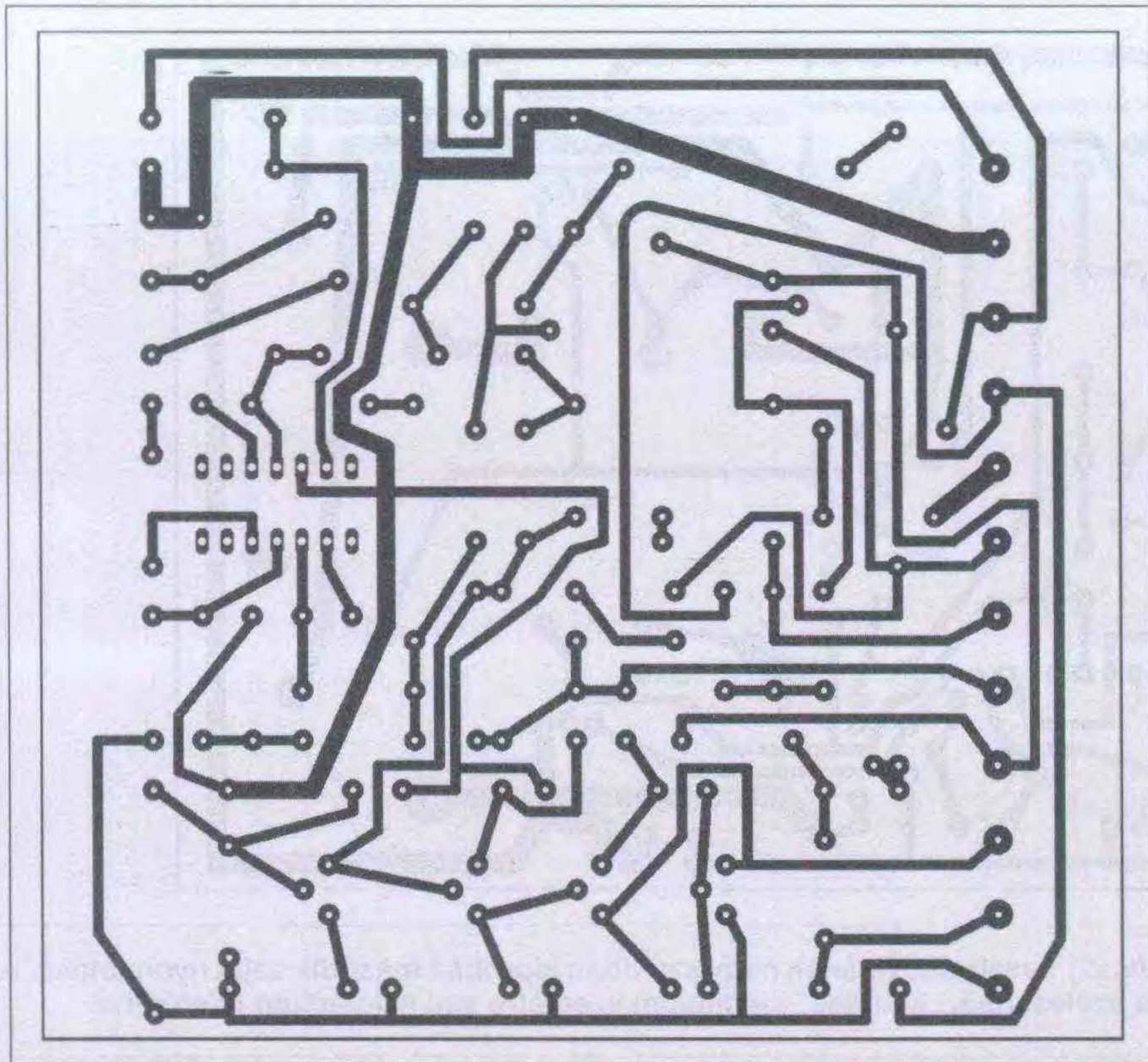
Igen sok kérdés, kérdés érkezett az erősítő kimenő teljesítményének a mérésével kapcsolatban. Ez pedig a 2N3055 végtranzisztorokkal automatikusan jött létre, ugyanis az ismertett félvezetőkészlet feszültségbírása legfeljebb csak $\pm 30\text{ V}$ tápfeszültség alkalmazását teszi lehetővé. Ekkor a legnagyobb kimenő teljesítmény kb. 40 W. ($8\ \Omega$ -nál a tápfe-

szültség fogy el, $4\ \Omega$ hangszóró-impedanciánál pedig a védelem lép közbe.) A tapasztalatok szerint a tápfeszültség csökkentését az erősítő egészen $\pm 25\text{ V}$ -ig jól tűri, ez alatt a torzítás különböző okokból hirtelen megnő. Az átmunkálás a hazai alkatrészekre és $\pm 30\text{ V}$ tápfeszültségre néhány elem megváltoztatását igényelte. Ekkor R_7 – R_8 új értéke $1,8\text{ k}\Omega$, R_{27} – R_{29} új értéke $9,1\text{ k}\Omega$, R_{11} természetesen elmarad (szakadás), következésképp R_9 helyére rövidzár kerül.

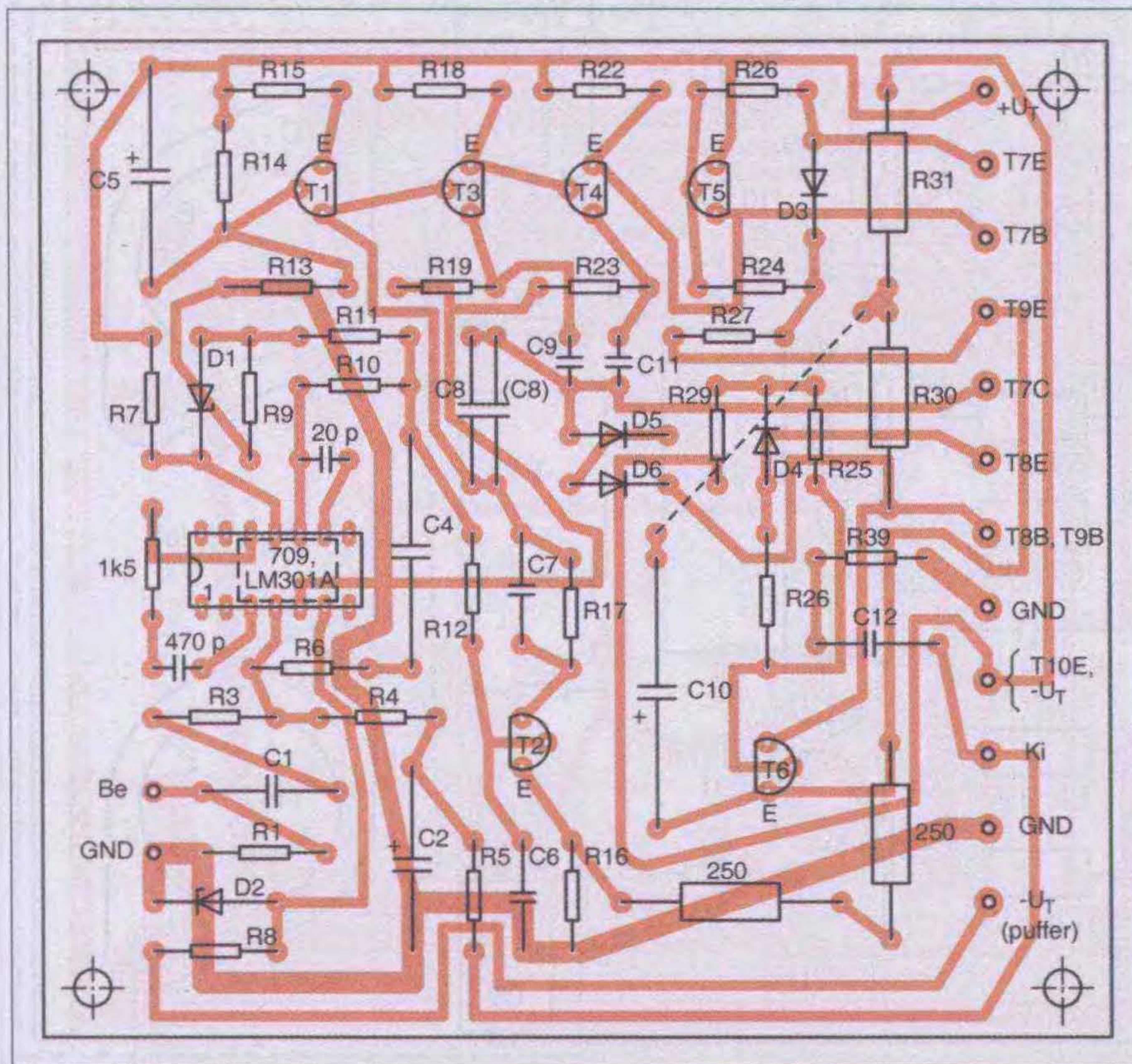
Az erősítő az átdolgozást igen jól viselte el, műszaki paraméterei a spektrumanalizátor tanúsága szerint gyakorlatilag megegyeztek a (szívességből a mérések idejére kölcsönbe kapott) eredeti konstrukcióéval. Nagyobb, 30–40 W kimenő teljesítménynél a 15–20 kHz-es tartományban torzítása kissé megnőtt (ezért minden bizonnyal a veterán 709-es erősítő – enyhén szólva is szegényes – nagyjelű működése

volt a felelős). Üresjáratban, tápfeszültségnyi kimenőamplitúdóval a generátor torzításához képest mintegy 3–6 dB növekményt adott a második és harmadik harmonikus értékében. A rendelkezésünkre álló hanggenerátor torzítása 20 Hz-en $k_{tot} = 0,021\%$, 1 kHz-en $k_{tot} = 0,024\%$, 20 kHz-en $k_{tot} = 0,024\%$ volt, túlnyomó részben második, csekély részben harmadik harmonikus torzítással, a többi komponens teljesen elhanyagolható volt. Az alkalmazott profi hanggenerátor az itthon akkoriban elérhető legjobb minőségűek közé tartozott.

Ezek a torzításértékek a spektrumanalizátoron -75 – -80 dB körüli komponenseket eredményeztek, amelyeket a honosított QUAD-erősítő -70 – -75 dB -re rontott (üresjárási mérési helyzetben). A harmonikustorzítás-mérőt az erősítő közelébe sem engedték, mért értékeinek a korábbi tapasztalatok



36. ábra. A QUAD 405 erősítő első (saját) univerzális nyomtatott áramköri rajza



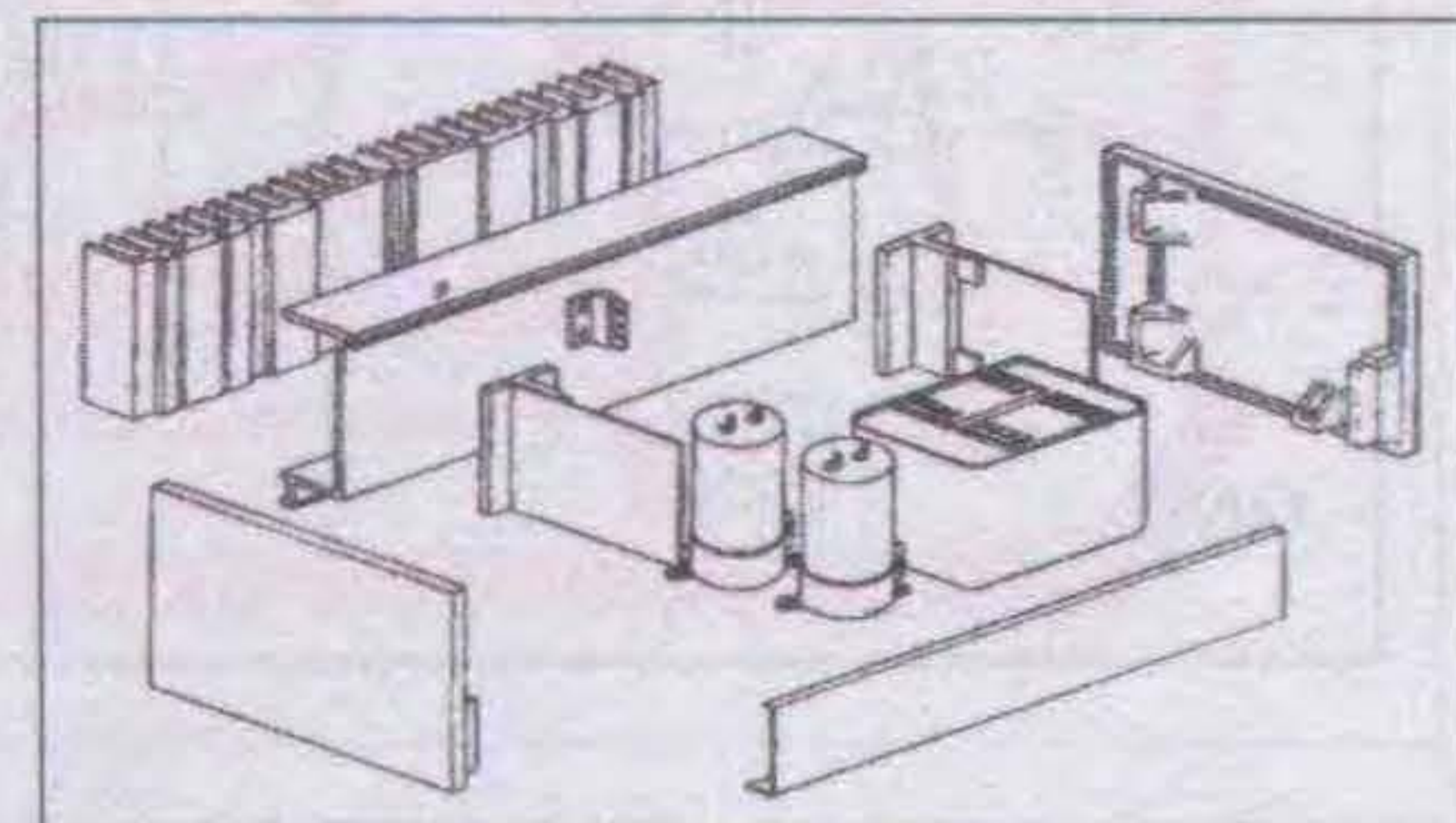
37. ábra. A QUAD 405 erősítő első (saját) univerzális nyomtatott áramkörének beültetési rajza. R20-R21 párhuzamosított 1 k ellenállások helyett 2 db soros 250 ohmos ellenállást használtunk. Próbapanelnek is javasoljuk, foglalatokkal. Amely alkatrész nem szerepel a nyákon, azt a hűtőbordára telepítettük

alapján már nemigen hittünk, nem tartottuk minősítő jellemzőnek.

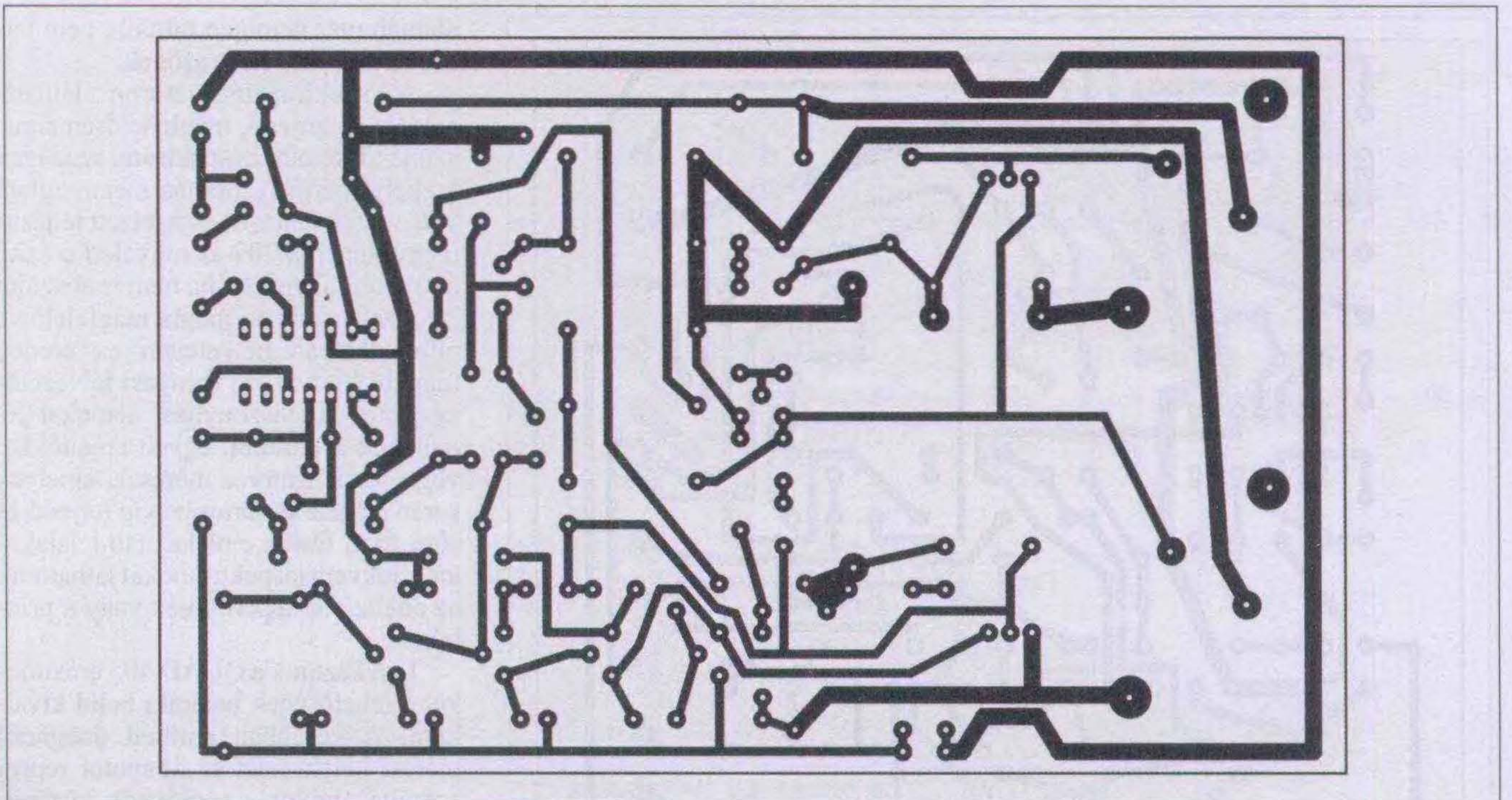
A spektrumanalizátoron látható, 1 MHz-ig terjedő, meglehetősen sima, szinte tüskementes spektrum, azaz igen csekély mértékű torzítás megnyugtató volt. Azt mutatta, hogy a jelzett teljesítményszinten a 709-es műveleti erősítő és a többi félvezető, ha nem is abszolút kifogástalanul, de mégis megfelelően, elfogadhatóan helyettesíti az eredeti (egyébként nem túl igényes) félvezetőkészletet. Jó viszonyítási alapokat jelentettek a korábbi, egyéb erősítőkkel végzett analízatoros mérések, amelyek során a MHz-es tartományig terjedő és sűrű fogú fésűre emlékeztető jelalakokat, frekvenciaspektrumokat láthattunk az analízator képernyőjén vagy a printeken.

Igyekeztünk a QUAD 405 erősítőt a lehetőségek határain belül kiváltni. A korábban említett üresjáratú mérési helyzet azt az állapotot reprezentálta, mikor az erősítőt közepes vagy nagy impedanciájú HIFI-fejhallgatóval használjuk. Leterhelve a kimenetet 5 Ω -os műterheléssel, a torzítás kissé megnövekedett. A jelkomponensek értékei $-68...-73$ dB között szórtak (k_2 és k_3), és megjelentek a magasabb harmonikusok is (k_4 és k_5) kb. $-80...-90$ dB körüli szinten. Az erősítő lényeges romlása következett be 15...20 kHz között, ugyanis itt valamennyi komponens jelentős mértékben megnőtt, a torzítást a jelkomponensek matematikai összegzésével 20 kHz-en $k_{tot} = 0,1\%$ -ra becsültük. Arra persze semmiképp nem számítottunk, hogy utánépítésünk jobb lesz, mint a gyári kivitel, és az akkori lehetőségekhez (pl. a primitív 709-es műveleti erősítő stb.) viszonyítva az eredményekkel elégedettek voltunk.

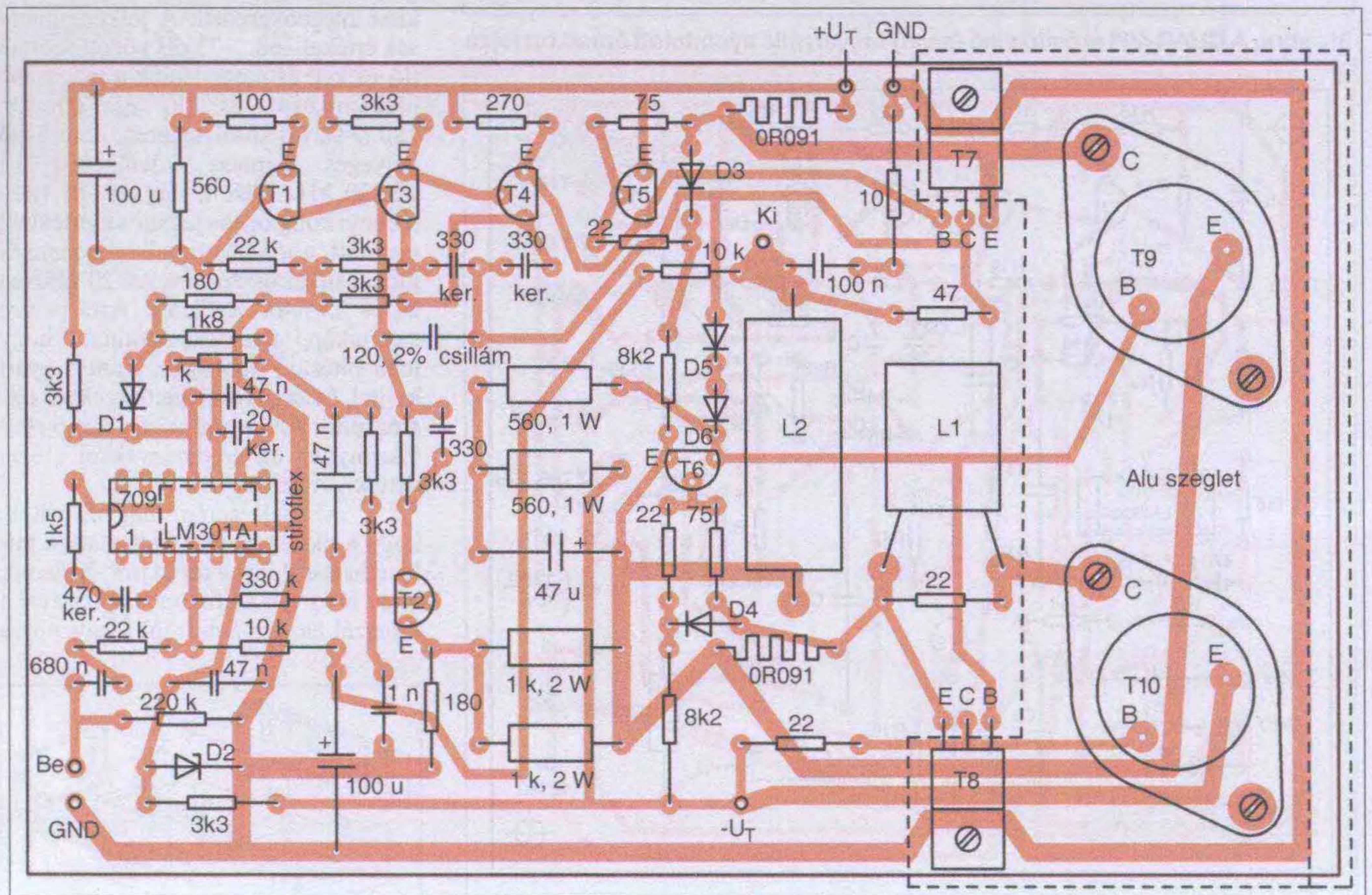
A mérések során megvizsgáltuk, hogy a híd elemeinek változtatása milyen hatással van a torzításra. Kiderült, hogy mód van L_2 finomhangolásával a szörszál hasogatására: jól kiegyenlítve



38. ábra. A QUAD 405-ös erősítő egyszerűsített mechanikai felépítése. Robbantott rajz (QUAD)



39. ábra. A „kétkercses” QUAD-erősítő (iss2) hazai változatának nagy számban kipróbált második saját nyomtatása. A T7..T10 egy 50×50×5 mm-es, nyák szélességű, „kétfüles” alumínium szegletre van szigetelten felerősítve



40. ábra. A „kétkercses” QUAD-erősítő hazai változatának beültetési rajza. Az elrendezés a félvezető-változtatásra nem kényes. A nyák alkalmas a legtöbb régebbi vagy modernebb, 741-lábkompatibilis műveleti erősítő befogadására (LM301A, TL071, NE5534 stb.), mindenkor a megfelelő frekvenciakompenzáció mellett. A beültetési rajz a 709-es erősítőhöz szükséges frekvenciakompenzációt tartalmazza



Csőves és tranzisztoros hangerősítők

JOHN LINSLEY HOOD

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

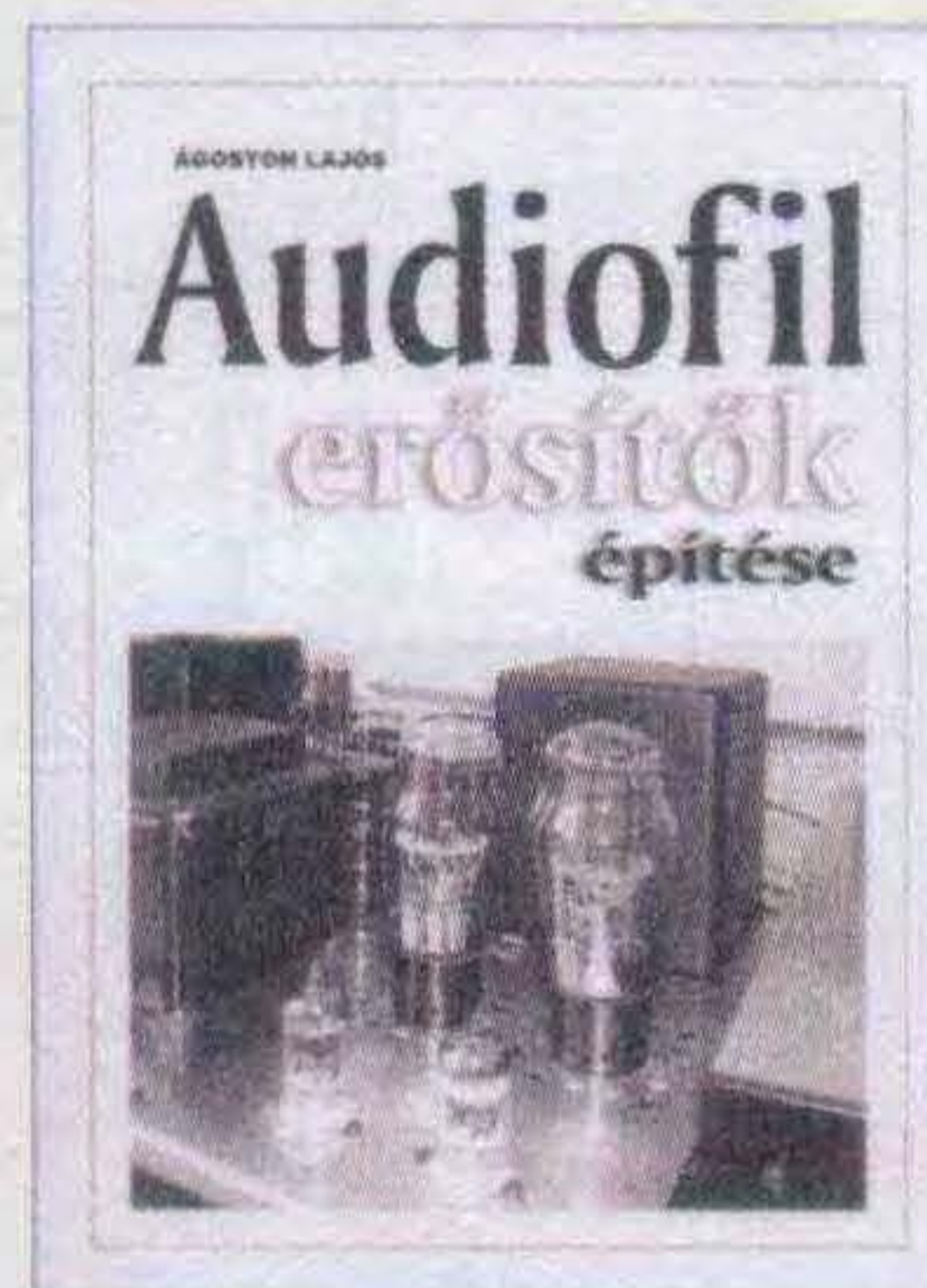
Ára: 3950 Ft (+ postaköltség).

Audiofil erősítők építése

ÁGOSTON LAJOS

könyvében a külföldi szakirodalmakból ismert, jól bevált és általa is utánépített, együtemű és ellenütemű, csöves, illetve tranzisztoros hangerősítők építési leírásait adja közre. „Ez a könyv az otthoni zenehallgatás szerelmesei közül azoknak szól, akik a zenehallgatás egyik legfontosabb láncszemét, a hangerősítő berendezést, maguk szeretnék elkészíteni. Egy szépen szóló berendezésen zenét hallgatni nagy öröm és tökéletes szellemi felfrissülés.” – írja a szerző a sajátos hangvétellel íródott kötetének bevezetőjében. A könyvhöz **CD-melléklet** is tartozik. A 228 oldalas, B5 méretű könyv postai utánvétellel is megrendelhető a **HAM-bazártól**.

Ára: 4490 Ft (+ postaköltség).



Mikroelektronikai szenzorok és alkalmazástechnikájuk

SZENTIDAI 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

SZENTIDAI KLÁRA – MÉSZÁROS SÁNDOR

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

Ára: 2950 Ft (+ postaköltség)



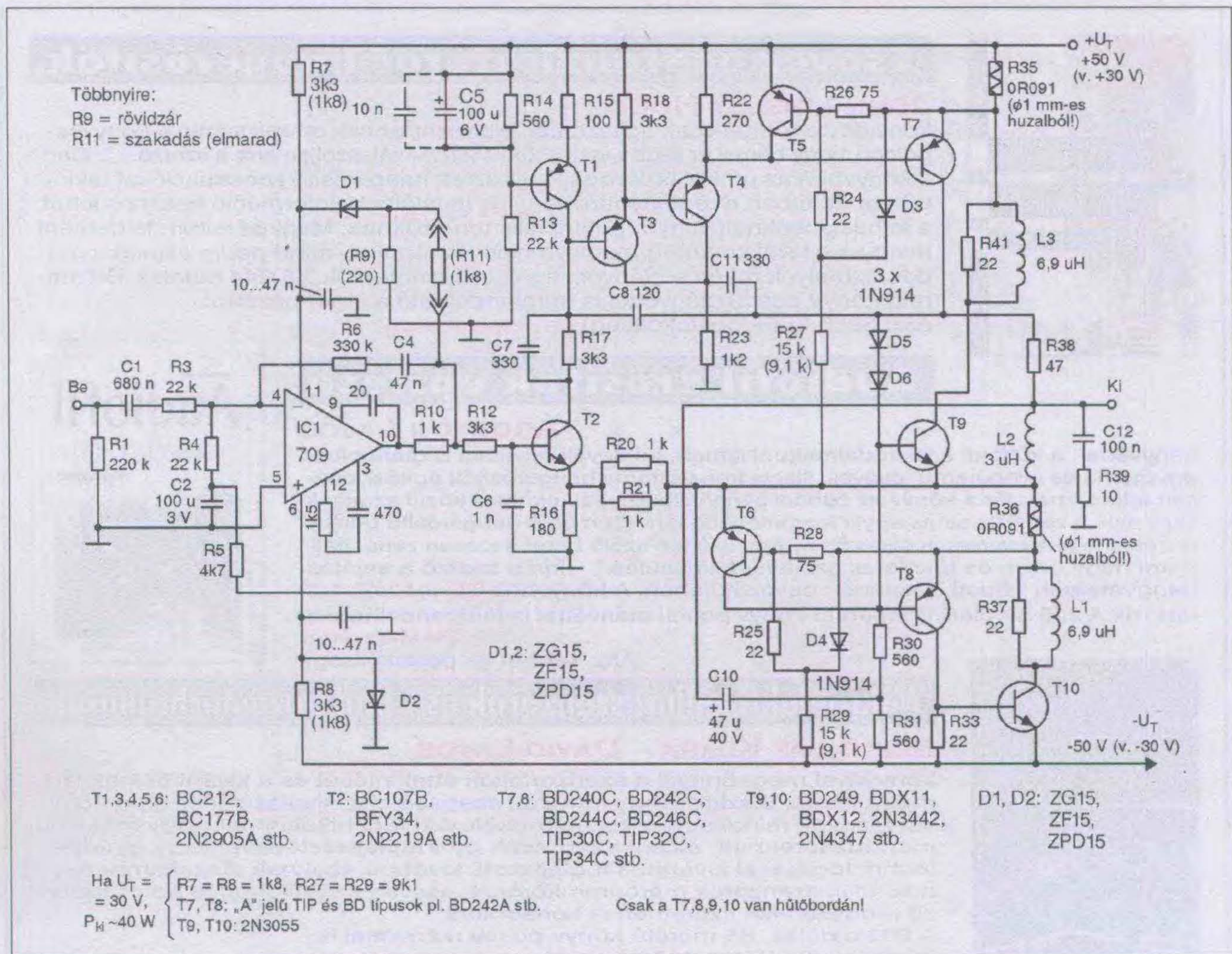
Mikrohullámú technika

S. R. PENNOCK – P. R. SHEPHERD

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

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

Ára: 4250 Ft (+ postaköltség)



41. ábra. A „háromtekerces” QUAD 405-ös erősítő *iss4* szériaszámú kapcsolási rajzának honosított változata. Az ESL-limiter beépítése általában teljesen felesleges, ekkor R11 elhagyható, R9 helyére pedig rövidzár kerül

(vas-, vagy rézmaggal) a hidat, 3...4 dB-lel csökken a torzítás a sáv felső végén, az egyes komponensekre vonatkoztatva. Ez egyúttal meggyőzött bennünket arról – a tervezők és a kapcsolás elemzői által is több helyen említett – tényről, hogy a híd kiegyenlítettége csupán másodlagosan, csekély mértékben befolyásolja a torzítás nagyságát. Nincs különösebb értelme a híd elemeit nagy pontosságú, igen költséges alkatrészekből felépíteni, mert csekély az érdemi hozadék. A minőség javításának nem ez a helyes útja, módja.

A QUAD-erősítő honosítása során az érdeklődő Olvasókkal sikerült fokozatosan *kitűnő kölcsönös munkakapcsolatot* kialakítani. Az első nyomtatott áramköri terv alapján igen nagy számban utánaépített erősítő úgyszólván minden esetben azt hozta, ami elvárható volt. Az Olvasók által kipróbált számos félvezető-szett megmutatta, hogy

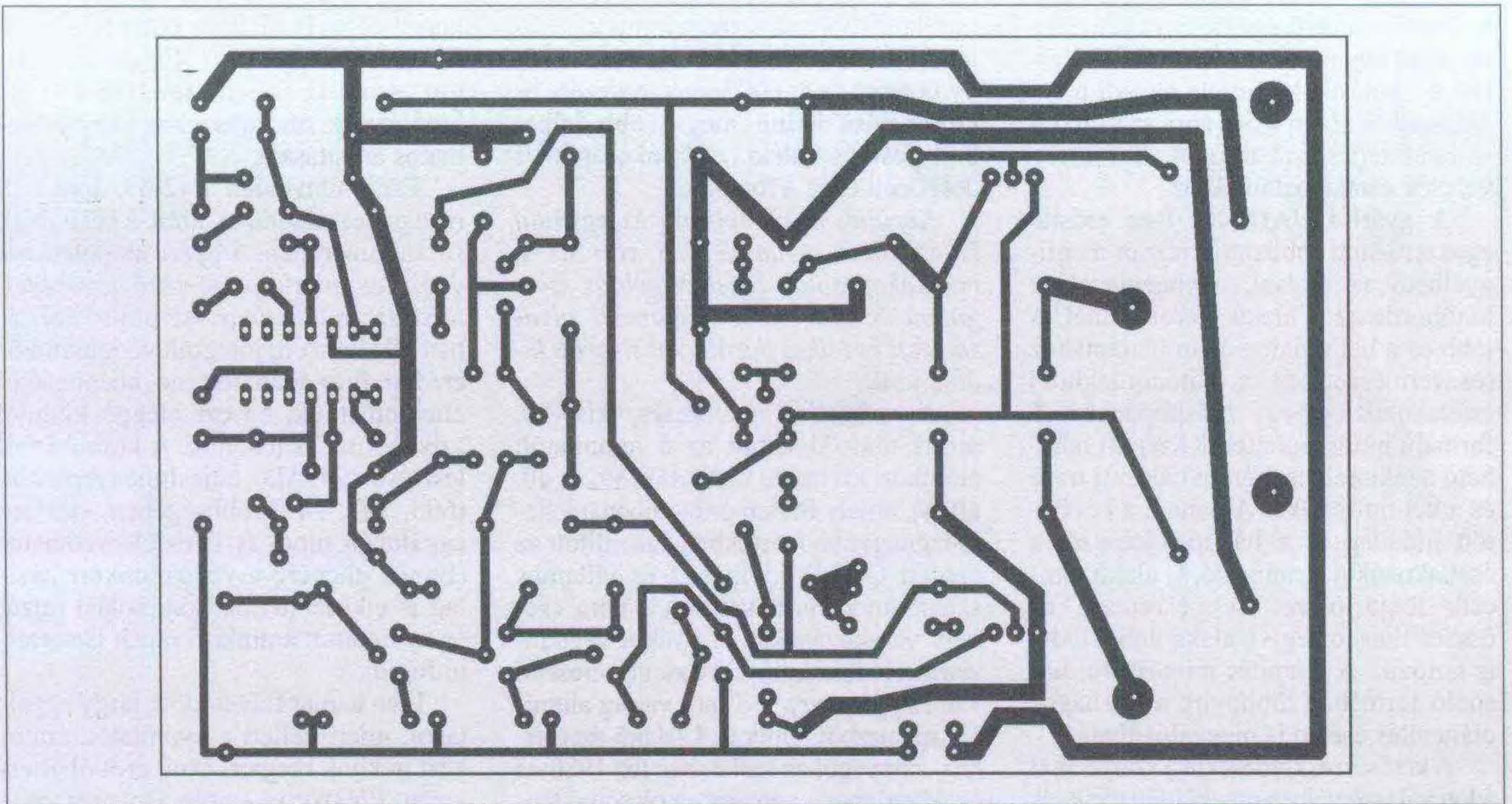
ez az erősítő erre nem különösebben kényes. Esetenként a T_1 áramgenerátor bizonyult gerjedékenynek, de ez elhárítható volt a C_5 -tel paralel kötött 10...100 nF-os kerámia kondenzátorral.

A nyák-terv a munkálatok során több fordulóban módosult. Az első, teljesen univerzális, lényegében próbapanel szintű kivitel a 36. ábra, a hozzá tartozó beültetési rajzot a 37. ábra mutatja. *Amely alkatrész nem szerepel a nyomtatott áramkörön, azt a hűtőfelületre erősítettük.* Ez a nyomtatott áramkör teljes szabadságot ad a hűtőfelülethez való csatlakozás mikéntjére, sőt, a végleges erősítő tényleges megépítése előtti próbapanelként is bevált, mi is erre használtuk. Kipróbálhatjuk rajta az összes, a későbbiek során bemutatandó továbbfejlesztést, a gyári és az amatőr módosításokat, megkímélve a végleges panelt a számos átforrasztgatástól. Célszerű az IC-hez (a tranzisztorokhoz is)

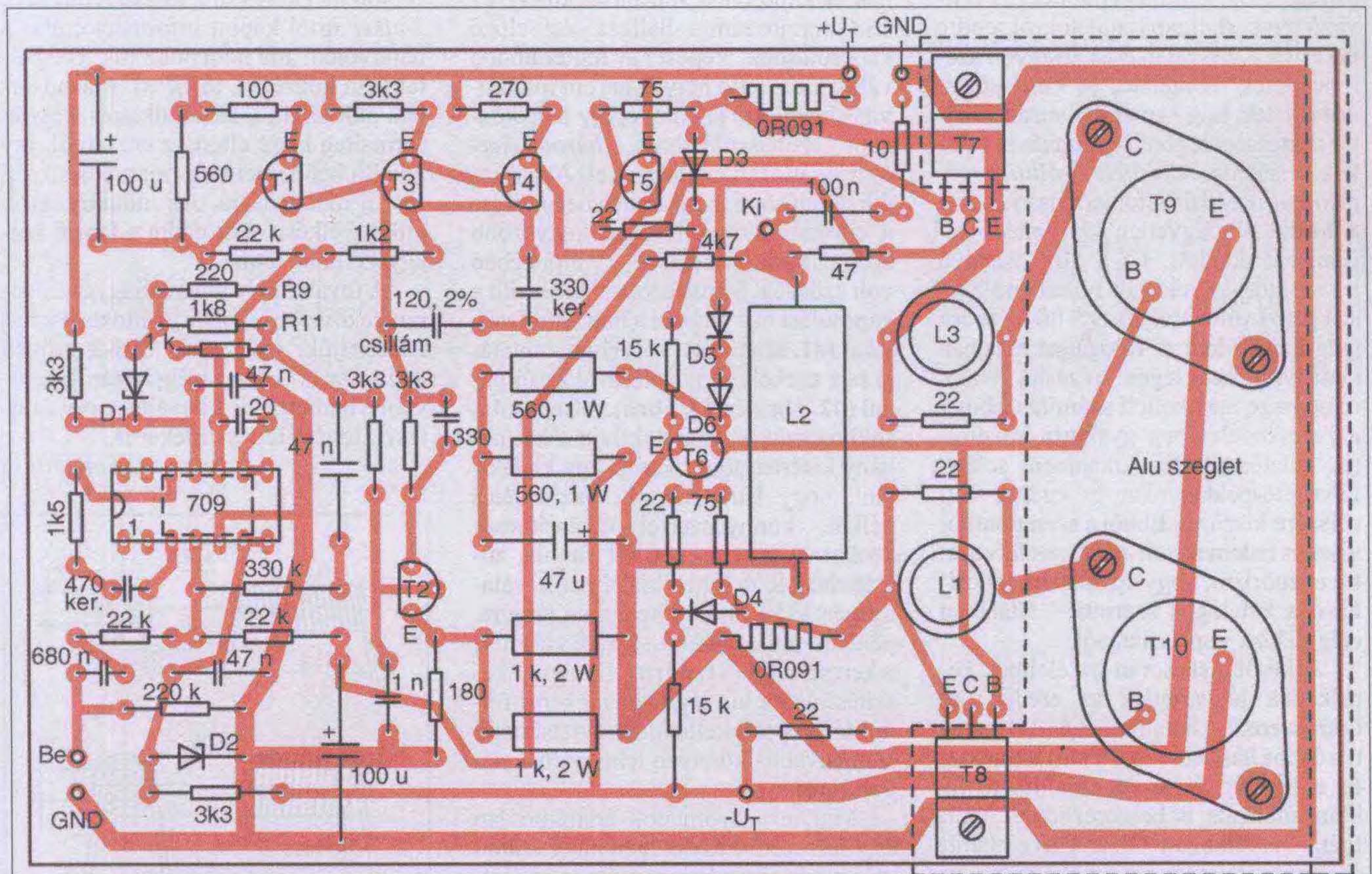
foglalatot beépíteni, ez megkönnyíti a kísérletezést a különféle műveleti erősítőkkal, egyéb félvezetőkkel.

A gyári QUAD 405 erősítő előlapja szinte teljes egészében maga a (kétrészes) bordázott hűtőfelület (38. ábra), amit itthon nem tudunk reprodukálni a rendelkezésre álló hűtőborda-félgyártmányokkal. A robbantott rajzon megfigyelhető, hogy az egybeszerelt jobb és bal oldali hűtőfelülethez egy nagyjából U keresztmetszetű összefogó idomon keresztül egy-egy, házilagosan nehezen kivitelezhető, alakos/lépcsős, T formájú alumíniumszeglet útján csatlakoznak az eredeti nyákok és a 2×4 darab teljesítménytranzisztor.

Ennek a nagy méretű, speciális hűtőfelületnek/szerelőidomnak a hazai helyettesítése kezdetben egyáltalán nem volt járható út. Így az első panel tervezése során arra kellett gondolni, hogy minden utánépítő a maga sajátos



42. ábra. A „háromtekerces” QUAD 405-ös erősítő (iss4) hazai változatának nyomtatott áramköri lapja. A T7...T10 egy 50×50×5 mm-es, nyak szélességű, „kétfüles” alumínium szegletre van szigetelten felerősítve



43. ábra. A háromtekerces QUAD-erősítő hazai változatának beültetési rajza. Az elrendezés a félvezető-változtatásra nem kényes. A nyak alkalmas a legtöbb régebbi vagy modernebb, 741-lábkompatibilis műveleti erősítő befogadására (LM301A, TL071, NE5534 stb.), mindenkor a megfelelő frekvenciakompenzáció mellett. A beültetési rajz a 709-es erősítőhöz szükséges frekvenciakompenzációt tartalmazza

beszerzési lehetőségei szerint kényszerül majd megoldani a félvezetők felerősítését, hűtését, különféle egyedi megoldásokkal. Ezért a 36. ábra szerinti első nyák teljes szabadságot adott a félvezetők csatlakoztatásához.

A gyári QUAD 405-1-es erősítő egyszerűsített robbantott rajzán megfigyelhető az előlapi, egybeépített két hűtőborda az U alakú szerelősínnel. A jobb és a bal oldalon a sín hátlapjához (és természetesen a hűtőbordákhoz) csatlakozik egy-egy erősítőpanel a T formájú hűtőszeglettel. Középponttal található a tekintélyes méretű hálózati trafó és a két pufferek. A dobozt a két öntött oldallap és a hátlapot képező, a csatlakozókat tartalmazó, U alakú fémcsík fogja össze. Természetesen az összeállításhoz egy L alakú dobozfedél is tartozik. A felépítés mintaszerű, hasonló formában többnyire a házilagos utánépítés esetén is megvalósítható.

A kérésekre, kérdésekre a szerző által adott válaszlevélben megküldött nyák- és beültetési-rajz (36. és 37. ábra) útján a hazai viszonyokra átdolgozott QUAD 405 erősítő széles körben ismertté vált, és nagyon sokan megépítették. A kedvező gyakorlati tapasztalatokról rendre érkeztek a visszajelzések. Nagyon szerencsésnek mondható, és erről sokan értesítettek, hogy amennyiben az erősítőt tisztességes, gondos munkával valaki elkészítette, bármiféle beállítás, módosítás nélkül automatikusan „hozta a formáját”. Egyetlen számottevő tapasztalat adódott: ha a „B” osztályú tranzisztorpárt sikerült hozzávetőlegesen párba válogatni, az erősítő torzítása még kisebb lett. A válogatást azonban nem volt szükséges túlzásba vinni, mindössze arra kellett számítani, hogy a kereskedelemben gyakorta árusítottak amatőr célokra „majdnem selejt” félvezető-példányokat és ezeket volt célszerű kiszűrni. Ebből a szempontból viszont érdemes volt az összes félvezetőt ellenőrizni, hogy egyáltalán, teljesítik-e a katalógus szerinti – általában eléggé laza – specifikációt.

A későbbiek során az élelmes kereskedők legyártattak az eredeti, az összeszerelve hatalmas QUAD-hűtőbordához hasonló (öntött alu) terméket, és a házilag nehezen előállítható T-idom utánzata is beszerezhetővé vált. Igény mutatkozott tehát a nyomtatott áramkör átalakítására ezekhez az új szerelvényekhez.

Miután az eredeti erősítő nyomtatott áramköri lapja és a T-idom szerves egységet képeznek, egymáshoz geo-

metriai és villamos szempontból jól illeszkednek, a konstrukciót átvéve, új nyomtatott áramköri lapok tervezése és kipróbálása indult meg. Több lelkes budapesti és vidéki „olvasói csapat” is dolgozott ezen a munkán.

Közülük is kiemelkedő és egyúttal kölcsönösen gyümölcsöző volt az a munkakapcsolat, amelyet példás szorgalmú Szabó János budapesti olvasónkkal és lelkes barátaival sikerült kialakítani.

A számtalan áttervezés, kísérlet, próba után kialakult az a nyomtatott áramköri kivitel és beültetés (39. és 40. ábra), amely fizikai értelemben a lehető legnagyobb mértékben hasonlít az eredeti QUAD kivitelhez és villamos szempontból is beváltotta a nem csekély várakozásokat. A nyák a végtranzistorok felerősítő csavarjain keresztül van rögzítve egy 4–5 mm vastag alumíniumlemezből hajlított, L-alakú szeglethez, ami végül az időközben (az 1980-as években) már – nem éppen olcsón – árusított hűtőbordához csatlakozik.

A munkálatok közben sikerült hozzájutni a QUAD 405 újabb változatának a kapcsolási rajzához, amely az *iss4* verziószámra hallgat. Az előző kapcsoláshoz képest a legfeltűnőbb változást a kettő helyett három induktívitás beépítése jelentette, így a hétköznapi szóhasználatban „háromtekerces” változatként terjedt el. A harmadik, kis jóságú induktívitás beépítésére a current dumper-fokozat kedvezőbb átkapcsolási viselkedése érdekében volt szükség. Szinte azonnal elkészült a kapcsolási rajz alapján a honosított változat (41. ábra) és a korábbi nyomtatási rajz csekély módosításával az új panel (42. ábra és 43. ábra). A kapcsolásokhoz szükséges induktívitasokat néhány kísérlet után sikerült úgy kialakítani, hogy bárki otthon, méricskélés nélkül, könnyűszerrel elkészíthesse azokat. A tekercseket $\varnothing 1$ mm-es zománchuzalból lehet kialakítani, valamilyen $\varnothing 10$ mm-es hengeres tárgyra, például egy csigafúró szárára való feltekercseléssel (44. ábra). Gondos elkészítés után a két légmagos tekercs önhordó és éppen kellő induktívitásértékű lesz, továbbá könnyen lehúzható a csigafúróról.

Miután a nyomtatott áramköri lap és a félvezető-készlet igen nagy számú utánépítés során bebizonyította az életképességét, hihetetlen mértékben meglendült a házilagos erősítőgyártás országszerte és a külhoni magyar amatőrök között is. A kereslet láttán a hazai

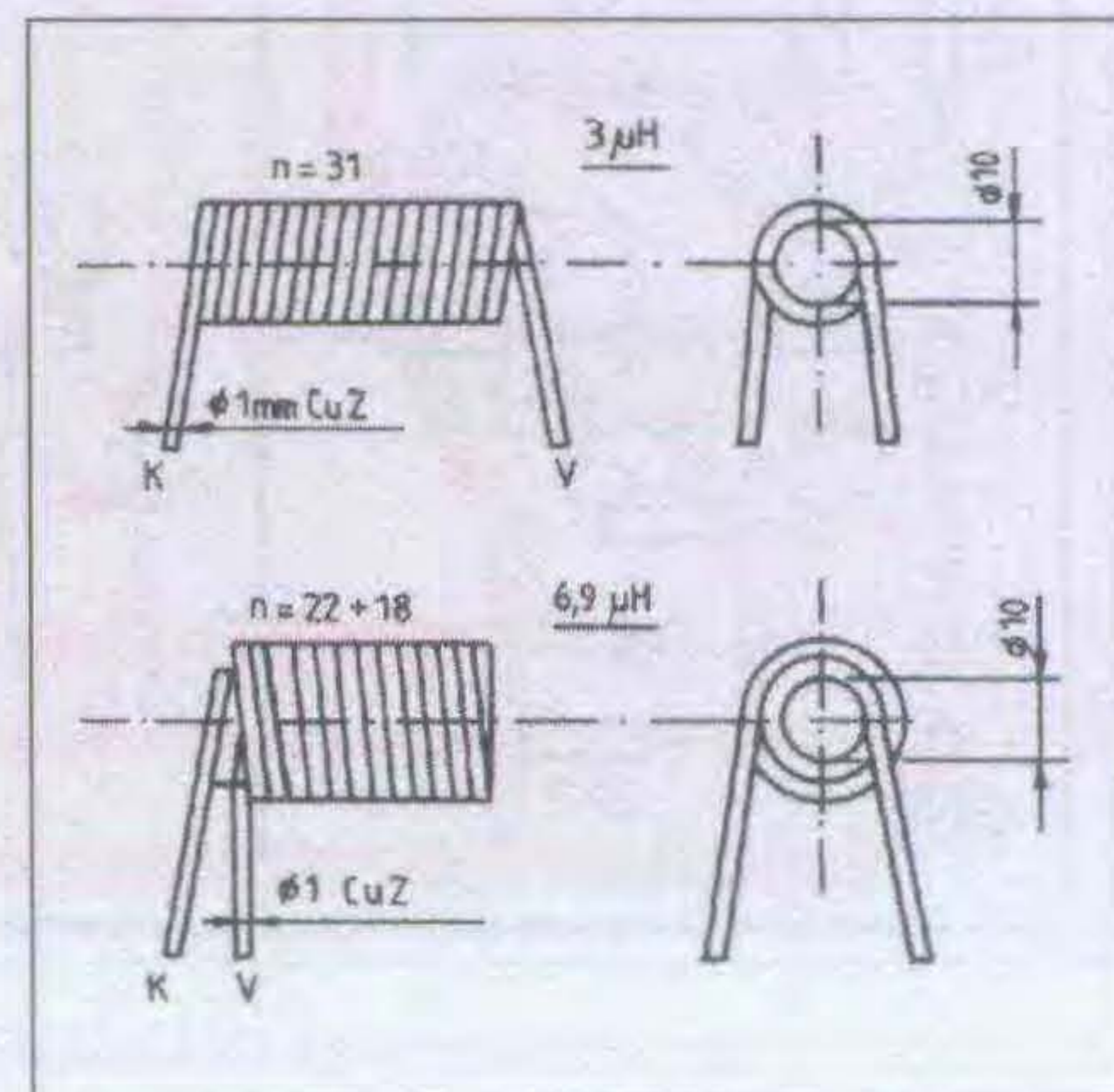
kereskedők is ráálltak különféle, saját tervezésű és gyártású, 405-ös nyomtatott áramkörök, alkatrészkész-kitek, hűtőbordák stb. időszakos vagy folyamatos árusítására.

Ezen túlmenően a 42-43. ábra szerinti panel minden további, a későbbiek során ismerttetendő gyári módosításra, 405-2-es erősítővé történő továbbfejlesztésre is alkalmas. Az utolsó szériában alkalmazott, integrált védőáramkör eredeti formában történő beépítésétől eltekinthetünk, és ezt eléggé könnyű szívvel meg is tehetjük. A későbbi fejlesztésű QUAD teljesítményerősítők (606, 707, 909) többségében például egyáltalán nincs is ilyesféle védelem! (Ennek ellenére a védőáramkört házilag is elkészíthetjük, kapcsolási rajzát és nyomtatott áramköri rajzát ismertetni fogjuk.)

Igen hamar felvetődött, hogy egyáltalán, miért kellett a nyomtatott áramkört nekünk megtervezni, erőből áttervezni. Először is – noha ismeretesek – az eredeti QUAD-nyákok közlésének jogi akadályai voltak, vannak, és emiatt a QUAD cég sem közölte, közli azokat (külön megkeresésre, közvetlenül R. J. Walker úrtól kapott információ; éles a határvonal: ami nem publikus, a cég által nem közzétett, az *tilos*). Másodsorban akkoriban a hazai alkatrészkészlet formailag kissé eltért az eredetitől, így a kellő beültethetőség miatt is szükség volt a módosításra. Az induktívitasok otthoni elkészítését pedig a lehető legegyszerűbbé tettük.

A továbbiakban a szériagyártás során bekövetkezett gyári változtatásokat ismertetjük, egészen a 405-2 erősítő gyártásának befejezéséig bezárólag, továbbá bemutatjuk a bevált amatőr ötleteket, továbbfejlesztéseket is.

(Folytatjuk)



44. ábra. A QUAD 405-ös erősítő házi gyártású, légmagos tekercsei

Elektroncsöves gitár- és mikrofonerősítő, torzítóval és tremolóval

Plachtovics György, plachtovics.gyorgy@gmail.com

Az alábbi cikkben egy „klasszikus”, teljesen elektroncsöves gitárerősítő leírását közlöm. Az erősítő gitár- és mikrofoncsatornát tartalmaz. A hangszínszabályozás csatornánként lehetséges, a jól ismert elektroncsöves Baxandall-kapcsolással. A gitár- és mikrofoncsatorna egy háromállású kapcsolóval a következő üzemmódokat teszi lehetővé:

1. gitárerősítő,
2. gitárerősítő tremolóval,
3. gitárerősítő torzítóval.

A gitár- és mikrofonerősítő jele a keverőfokozatra jut. Ennek kimenőfeszültsége hajt meg egy kisebb vagy nagyobb teljesítményű végerősítőt.

Az erősítő tömbvázlatát az **1. ábra** szemlélteti, míg a műszaki adatokat a **táblázat** tartalmazza. Az egyes áramköri egységeket ennek figyelembevételével tárgyalom. Az erősítő több alkatrésze a *HAM bazárban* megvásárolható. (Lásd a *legfrissebb* „Rádiótechnika” újságban, ill. a www.radiovilag.hu honlapon. – A szerk.)

A mikrofoncsatorna

A kapcsolási rajza a **2. ábrán** látható. A bemeneti fokozatban alkalmazott EF86-os elektroncső kimondottan kis-szintű előerősítés céljára lett kifejlesztve. Alacsony zajú, nagy erősítésű pen-

tóda. Speciális felépítésénél fogva a mikrofonra érzéketlen. Lényegesebb adatai:

EF86

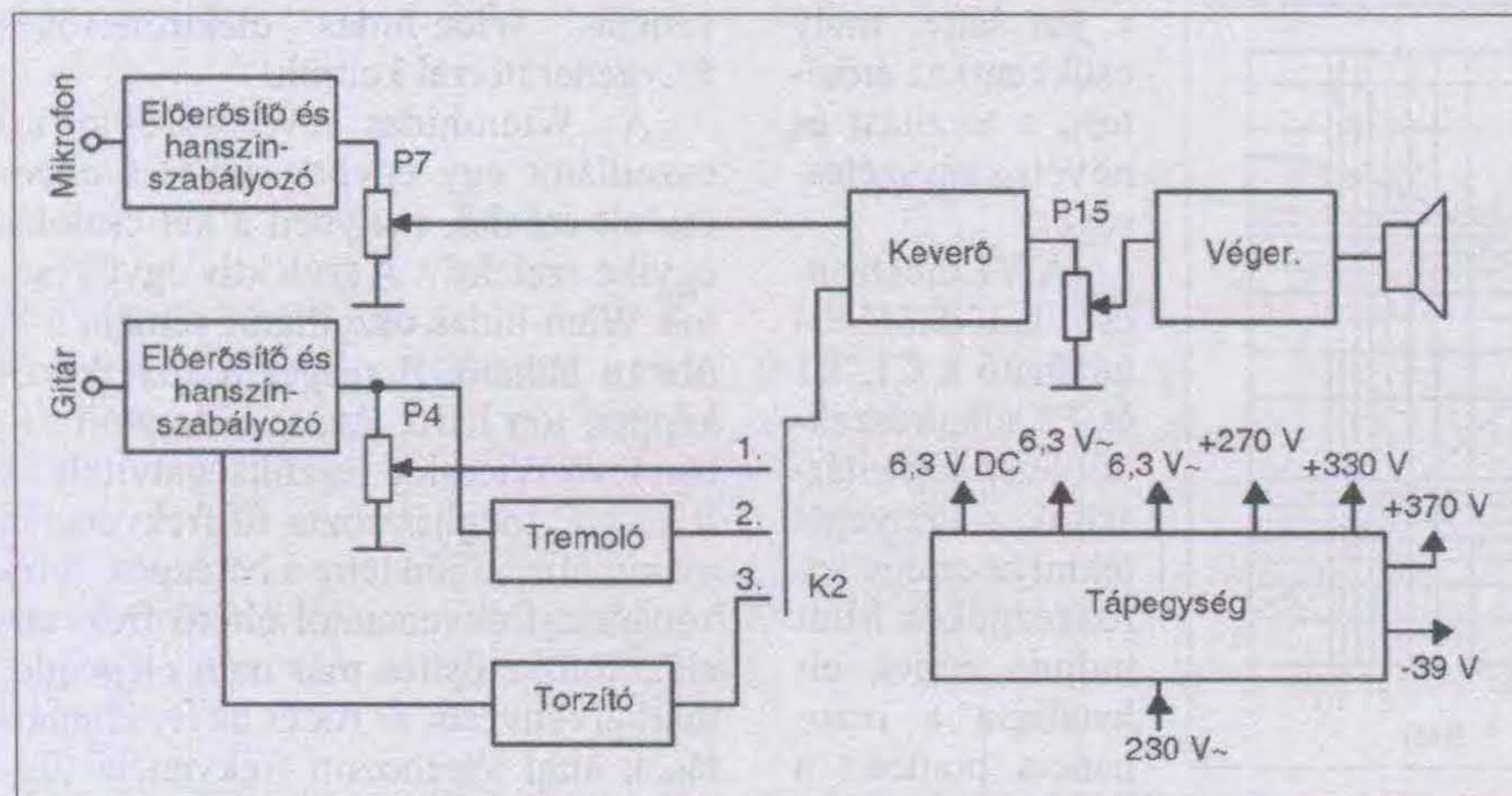
$U_f = 6,3 \text{ V}$; $I_f = 0,2 \text{ A}$;
 $U_a = 250 \text{ V}$; $I_a = 3 \text{ mA}$; $I_{g2} = 0,55 \text{ mA}$;
 $S = 2 \text{ mA/V}$.

Az elektroncső 9 csapos, novál foglalatú. Ezzel teljesen egyezik az EF40 jelű rimlock foglalatú elektroncső. A nyugat-európai csőgyárak által készített EF804 és EF804S elektromosan egyezik az EF86-tal. Szintén novál foglalatú. Az eltérés az EF86-hoz képest, hogy a 6-os és 7-es elektróda kivezetését felcserélte a gyártó cég. (Az EF86-nál a 6-os láb az anód, az árnyékolása a 7-es láb.)

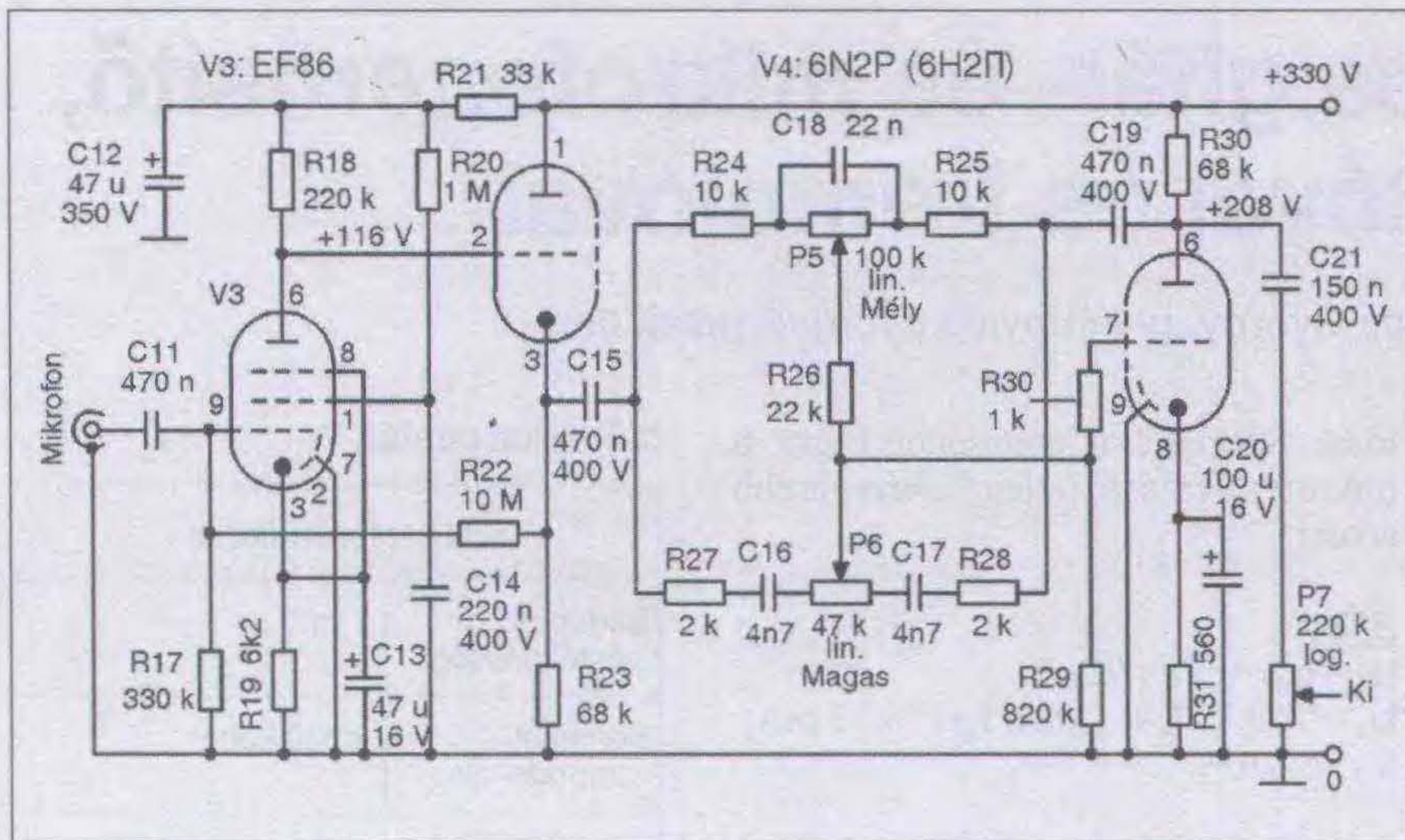
A dinamikus mikrofon jele a C11 csatolókapacitáson keresztül a V3 vezérlőrácsára jut. E pentóda rácselőfeszültségét az R17, R22 osztó, valamint az R19 katódelenállás állítja be. A V3 anódjához galvanikusan kapcsolódik a V4 kettős trióda első (A) csőfelének rácsa. Ez utóbbi katódkövető (katód follower) kapcsolásban üzemel. Nagy bemenő impedanciája nem terheli a V3 cső anódkörét, így annak erősítése maximális lehet. A katódkövető alacsony kimenő impedanciája pedig kedvező a hangszínszabályozó meghajtása szempontjából. A V4A cső katódköréhez

Műszaki adatok

Mikrofoncsatorna	
Bemeneti érzékenység	1 mV
Bemeneti impedancia	<330 kohm
Hangszínszabályozás	magas, 20 kHz-nél: +13,4 dB... -20 dB, mély, 20 Hz-nél +17,6 dB... -16,5 dB
Jel-zaj viszony	-57 dB (A magas és mély hangszín középállásban.)
Gitár- és mikrofoncsatorna	
Bemeneti érzékenység	40 mV
Bemeneti impedancia	<330 kohm
Hangszínszabályozás	magas, 20 kHz-nél +13,4 dB... -20 dB, mély, 20 kHz-nél +17,6 dB... -16,5 dB
Tremoló	
Moduláló frekvencia (P8)	1,8...10 Hz
Modulációs mélység (P10)	0...80%
Torzió	
A P13-as potenciométer szélső helyzeténél 4 mV, ill. 50 mV bemenő jel felett négyszögösít	
Gitárszűrő	
Kiemelés 6 kHz-en	max. 20 dB (1 kHz-hez képest, P1-gyel állítható)
Végerősítő	
Kimenőteljesítmény (2×6P3SZ)	25 W ($Z_h = 8 \text{ ohm}$, $f = 1 \text{ kHz}$, $K < 2\%$)
Kimenőteljesítmény (2×PL509)	120 W ($Z_h = 8 \text{ ohm}$, $f = 1 \text{ kHz}$, $K < 2\%$)



1. ábra. A hangszererősítő tömbvázlata



2. ábra. A mikrofonerősítő és hangszínszabályozó kapcsolási rajza

kapcsolódik az R22 ellenállás. Ezen keresztül erőteljes AC és DC visszacsatolás valósul meg. A fokozat erősítése kb. 20 dB.

A V4A elektroncső katódjáról a jel a C15 kondenzátoron át hangszínszabályozó hálózatra kerül. Az áramkör a jól ismert Baxandall-kapcsolás. A szabályozószervek a P5 (mély) és a P6 (magas) potenciométerek, melyeknek ellenállás-karakterisztikája lineáris. A szabályozási tartomány széles, az átviteli görbe maximális emelés és vágás állásban a 3. ábrán látható. A V4B trióda rácsfeszültségét az R31 katódeellenállás állítja be. A C20 katódkondenzátor a katódeellenálláson fellépő váltóáramú negatív visszacsatolást szünteti meg. Ezzel jelentősen növekszik a fokozat erősítése. A hangfrekvenciás jel a C21 kondenzátoron át a P7 logaritmikus karakterisztikájú potenciométerre jut. Ezzel szabályozzuk a keverőfoko-

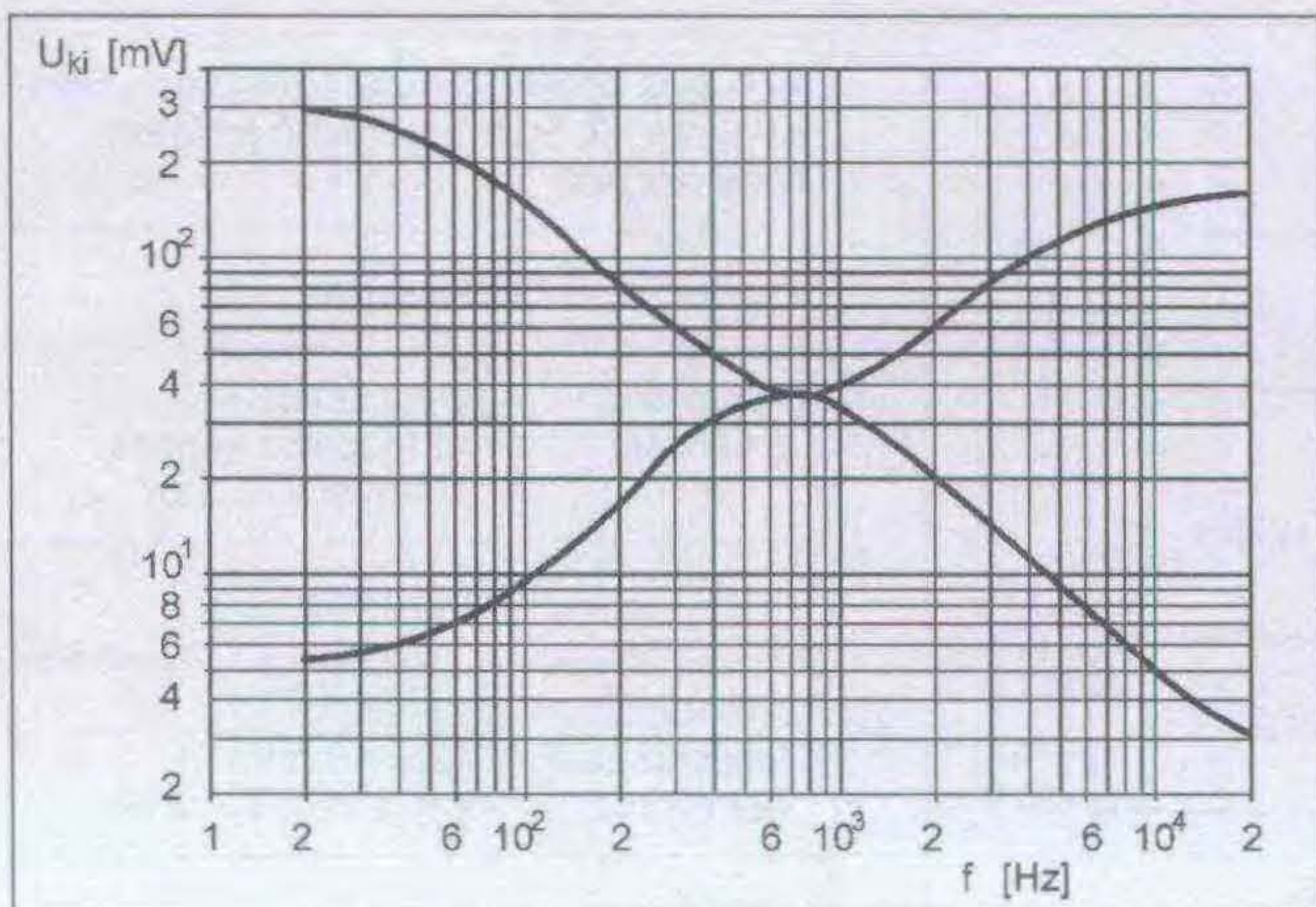
zatra jutó hangfrekvenciás jel nagyságát. (A P7-et a keverőfokozatnál is ábrázoltuk, a könnyebb érthetőség kedvéért. Természetesen csak 1 db van belőle! – A szerk.)

A gitárcsatorna

Kapcsolási rajza a 4. ábrán látható. A kapcsolás gyakorlatilag megegyezik a mikrofonerősítőével. A különbség a V1, illetve a V3 elektroncső beállításában van. A mikrofonerősítőnél nagyobb az anód- és a segédrács-ellenállás értéke, továbbá az R19 katódeellenállást „átblokkoltuk” a C13 elektrolit kondenzátorral. Ezzel növeltük a pentóda erősítését.

A gitárhangszedőről lényegesen nagyobb feszültséget kapunk, mint a dinamikus mikrofonról, ezért a V1 elektroncső erősítése kisebb. Az átblokkolatlan R3 katódeellenálláson negatív áramvisszacsatolás jön létre, mely csökkenti az erősítést, a torzítást és növeli a sávszélességet.

A V1 elektroncső katódkörében található a C1, L1 és P1 alkatrészekből felépített gitárszűrő. Lényegét tekintve ez egy soros rezgőkör. Mint tudjuk, ennek ellenállása a rezonancia pontban a legkisebb. A fázisvismagra ké-



3. ábra. A hangszínszabályozó frekvenciamenete maximális emelés és vágás állásban

szített L1 induktivitást a C1 kondenzátorral 6 kHz-re hangoltam. A szűrő működése a következő. Amikor zárjuk a K1 kapcsolót akkor a C1, L1 és P1 komplexum párhuzamosan kapcsolódik az R3 katódeellenállással. A rezonancia-frekvencián legkisebb a gitárszűrő impedanciája; itt az R3 ellenállást sőtölve megnő az erősítés, mert csökken a negatív visszacsatolás. A kiemelés mértéke a P1 potenciométer ellenállásának nagyságától függ.

Az 5. ábrán látható a gitárszűrő hatása a frekvenciamenetre. Szóló játékánál a K1 kapcsolót zárva, a gitárból a jellegzetes „üveghangot” tudjuk kicsi-holni. A C1 kondenzátor értékének változtatásával a kiemelés frekvenciája változtatható.

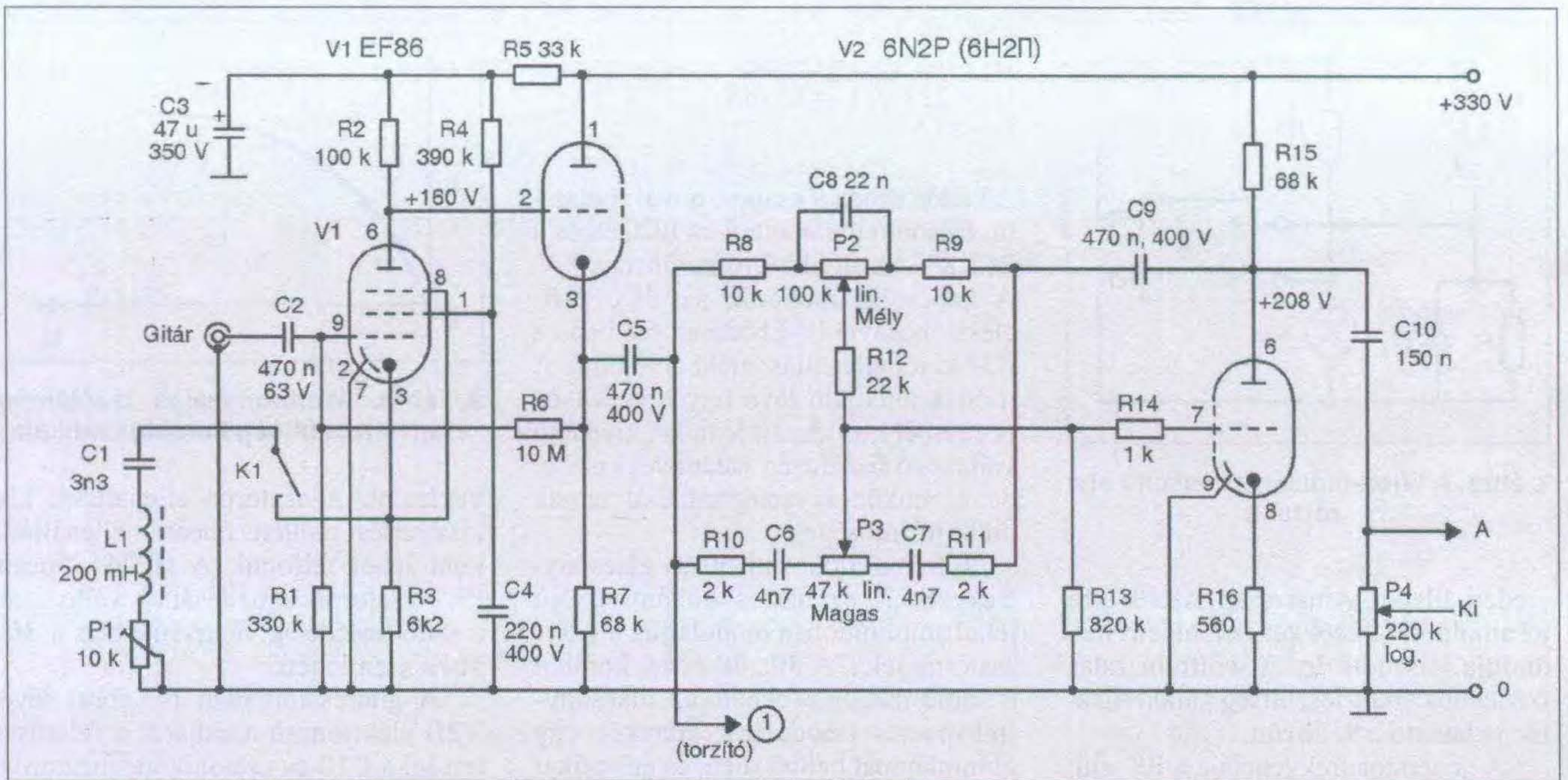
További eltérés a mikrofon csatornához képest, hogy hiányzik a V2B csőfél R16-os katódeellenállásával párhuzamos elektrolit kondenzátor. A gitárhangszedőről kb. 20-szor nagyobb jel jön le, mint a mikrofonról, tehát nincs szükség nagy erősítésre. Az R16 ellenállás sarkain negatív áramvisszacsatolás jön létre mely, csökkenti az erősítést és a fokozat torzítását.

A felerősített és a hangszínszabályozóval módosított hangfrekvenciás jel a C10 csatoló kondenzátoron át a P4 logaritmikus hangerőszabályozó potenciométerre jut. Ennek csúszkája a K2 kapcsoló (ld. a tömbvázlaton) 1-es szegmenséhez van kötve. (A P4-et a keverőfokozatnál is ábrázoltuk, a könnyebb érthetőség kedvéért. Természetesen csak 1 db van belőle! – A szerk.)

A tremoló

A kapcsolási rajzát a 6. ábra mutatja. A tremoló amplitúdómodulációt hoz létre. A moduláló jelet egy alacsonyfrekvenciás Wien-hidas elektroncsöves RC-generátorral keltjük.

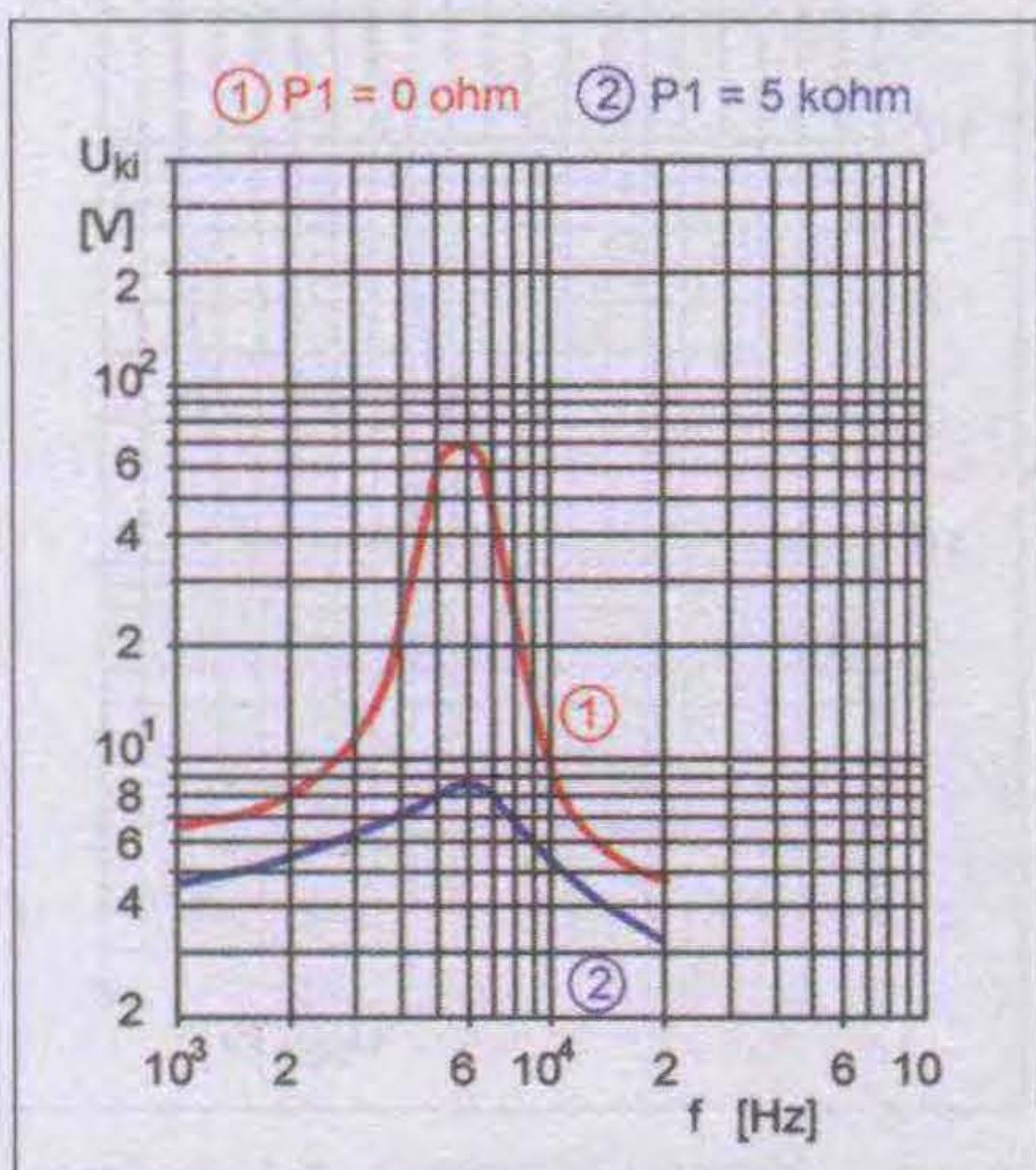
A Wien-hidas (Wien-Robinson) oszcillátor egy együttcsatolt és ellenszatolt erősítő, melyben a két csatolás egyike szelektív. A szelektív együttcsatolt Wien-hidas oszcillátor sémája a 7. ábrán látható. A rezgés a következőképpen jön létre. Az együttcsatolt ágba levő Wien-híd feszültségátvitele az R és a C meghatározta f0 frekvencián maximális, itt jön létre a berezgés. A rezonancia-frekvenciától eltérő frekvenciákon az erősítés már nem elegendő, mert érvényesül az Rx és az Ry ellenállások által létrehozott frekvencia független negatív visszacsatolás. Az oszcilláció csak akkor jön létre, ha az



4. ábra. A gitárerősítő és hangszínszabályozó kapcsolási rajza

együttcsatolás nagyobb az ellencsatolásnál. A Wien-híd RC-tagjainak feszültségosztása rezonancia esetén 3:1 arányú. Az ellencsatolt erősítőnek ezért ennél nagyobb erősítéssel kell rendelkeznie, hogy a rezgés létre jöjjön. A 8. ábrán az erősítés, ill. a fázisforgatás frekvenciamenetét láthatjuk.

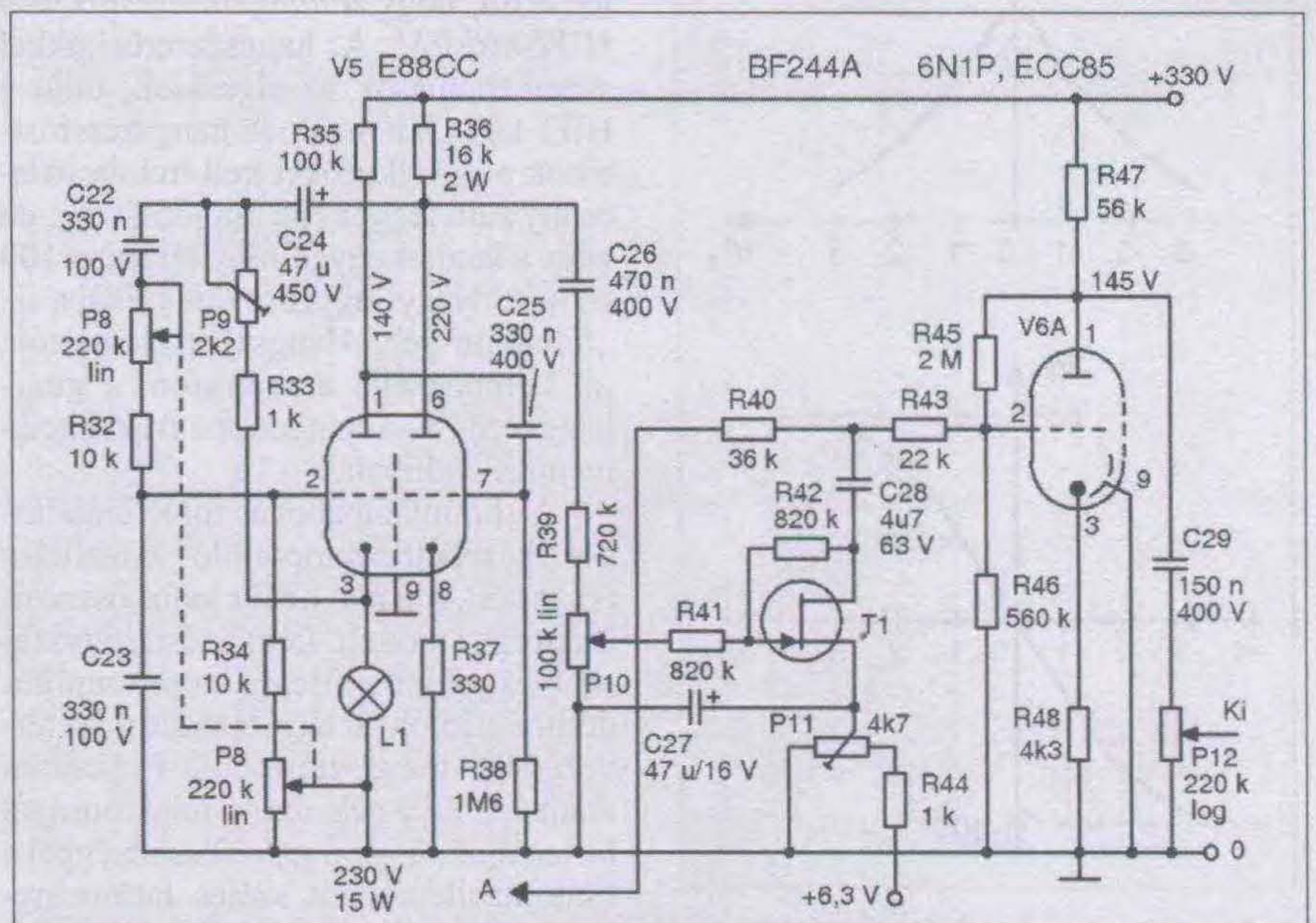
A Wien-hidas oszcillátor erősítője kétfokozatú, ezzel lehet ugyanis létrehozni a 360°-os fázistolást. A generátor erősítője meg kell feleljen a következőknek: – az erősítő bemenő impedanciájának nagyobbak kell lennie, mint a Wien-híd alsó tagjának az impedanciája; – a kimeneten az alacsony impedancia a kedvező; – az erősítő szélessávú és minimális fázistorzítású legyen.



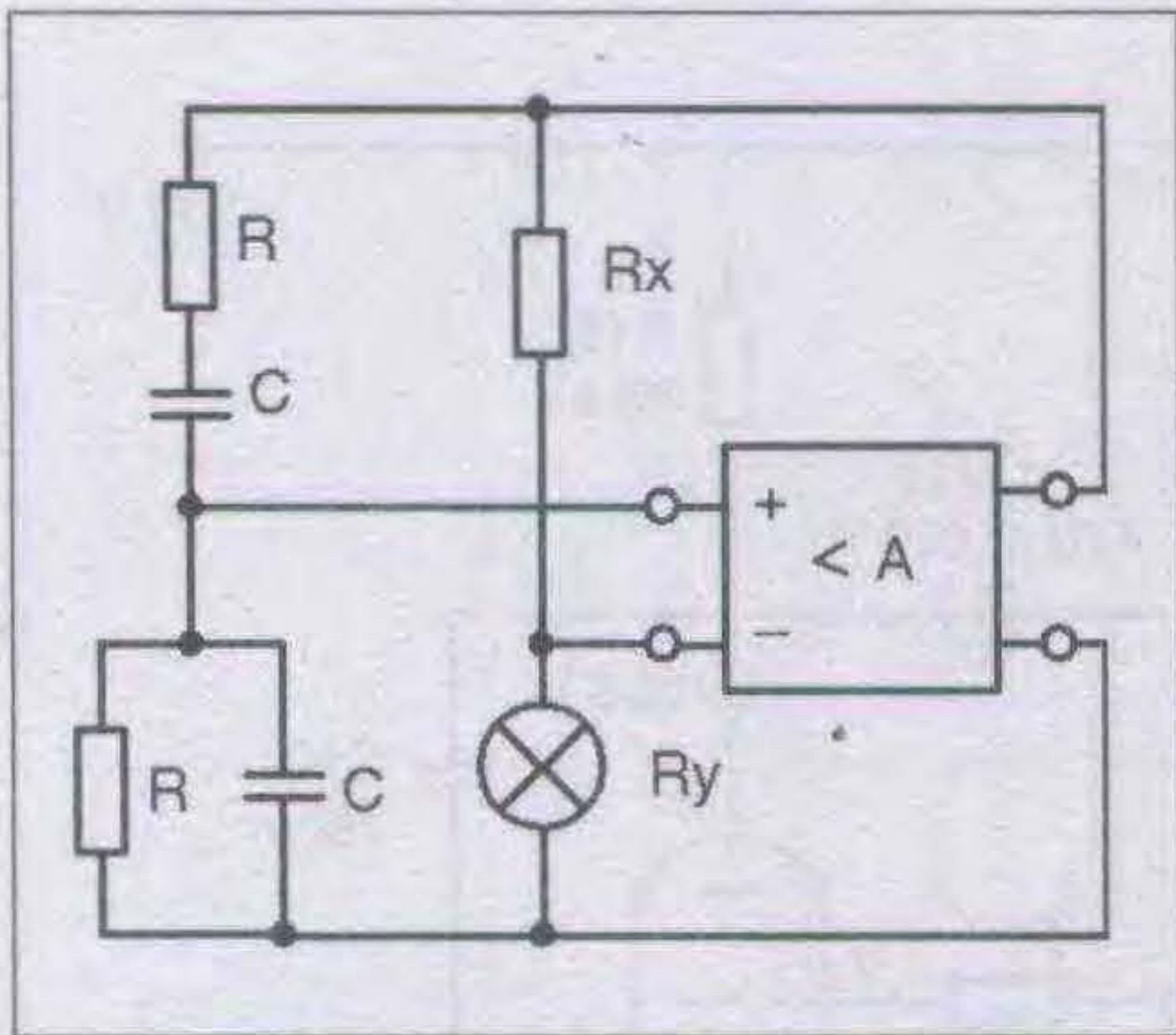
5. ábra. A gitárszűrő frekvenciamenete

Az amplitúdó stabilizálását feszültségfüggő ellencsatolással oldjuk meg. A feszültségfüggő ellencsatolást izzólámpa vagy termisztor segítségével valósíthatjuk meg. A mintapéldányban az izzólámpás limitert alkalmaztam. Az izzólámpa 230 V-os, 15 W-os. (Ezt használják a hűtőgépek belső világítására. Kétféle foglalattal készül. Az egyik az E14, a másik a bajonett, míg a másik B15.) Az izzólámpát az R_y ellenállás helyére kapcsoljuk. Az amplitúdó

stabilizálására az izzólámpa ellenállásának nonlinearis változását használjuk ki. Tételezzük fel, hogy valamilyen okból megnövekszik az oszcillációs feszültség. Az R_x ellenálláson át nagyobb feszültség jut az R_y ellenállás helyén lévő izzólámpára. A nagyobb feszültség nagyobb áramot hajt át a lámpán, mely jobban felizzik, ellenállása megnövekszik. A megnövekedett ellenállás miatt nagyobb lesz az ellencsatolás, az erősítés csökken, beáll az



6. ábra. A tremoló kapcsolási rajza

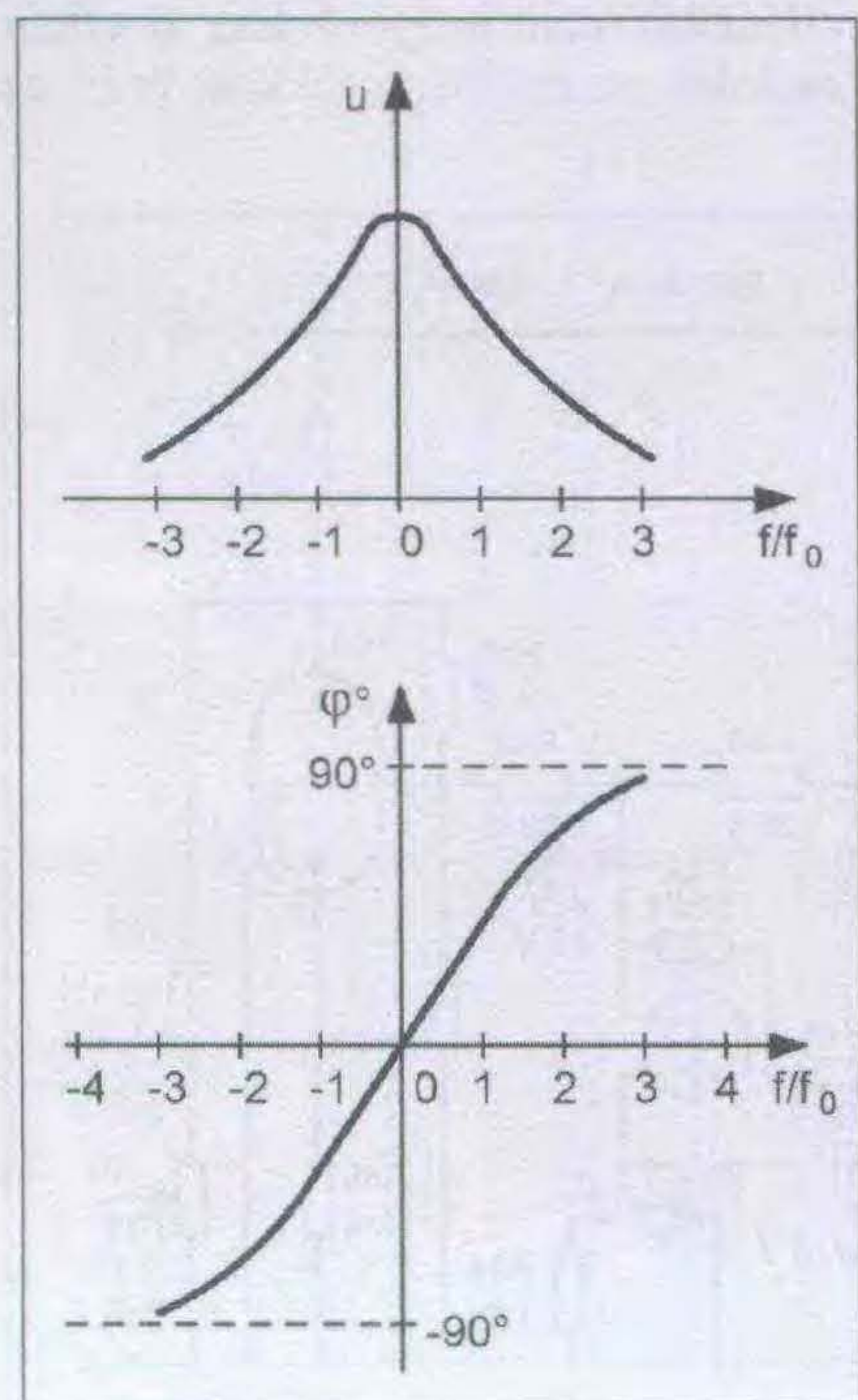


7. ábra. A Wien-hidas rezgékeltő elvi rajza

eredeti állapot. Amikor az oszcillációs jel amplitúdója csökken, a fent leírt fordítottja játszódik le. A wolframszál izzólámpa áram-feszültség karakterisztikája látható a 9. ábrán.

A generátor frekvenciája a P8 jelű, 2 x 220 kohmos, lineáris karakterisztikájú potencióméterrel változtatható 1,8...10 Hz között. A Wien-hidas oszcillátor kimenő amplitúdója, jelalaktorzítása a P9 jelű trimmer-potencióméterrel állítható be. Ezzel a potencióméterrel a negatív visszacsatolás értékét optimalizálhatjuk.

A Wien-hidas oszcillátorban az E88CC hosszú élettartalmú ipari csövet alkalmaztam. Az elektroncső néhány lényegesebb adata:



8. ábra. A Wien-híd frekvencia- és fázismenete

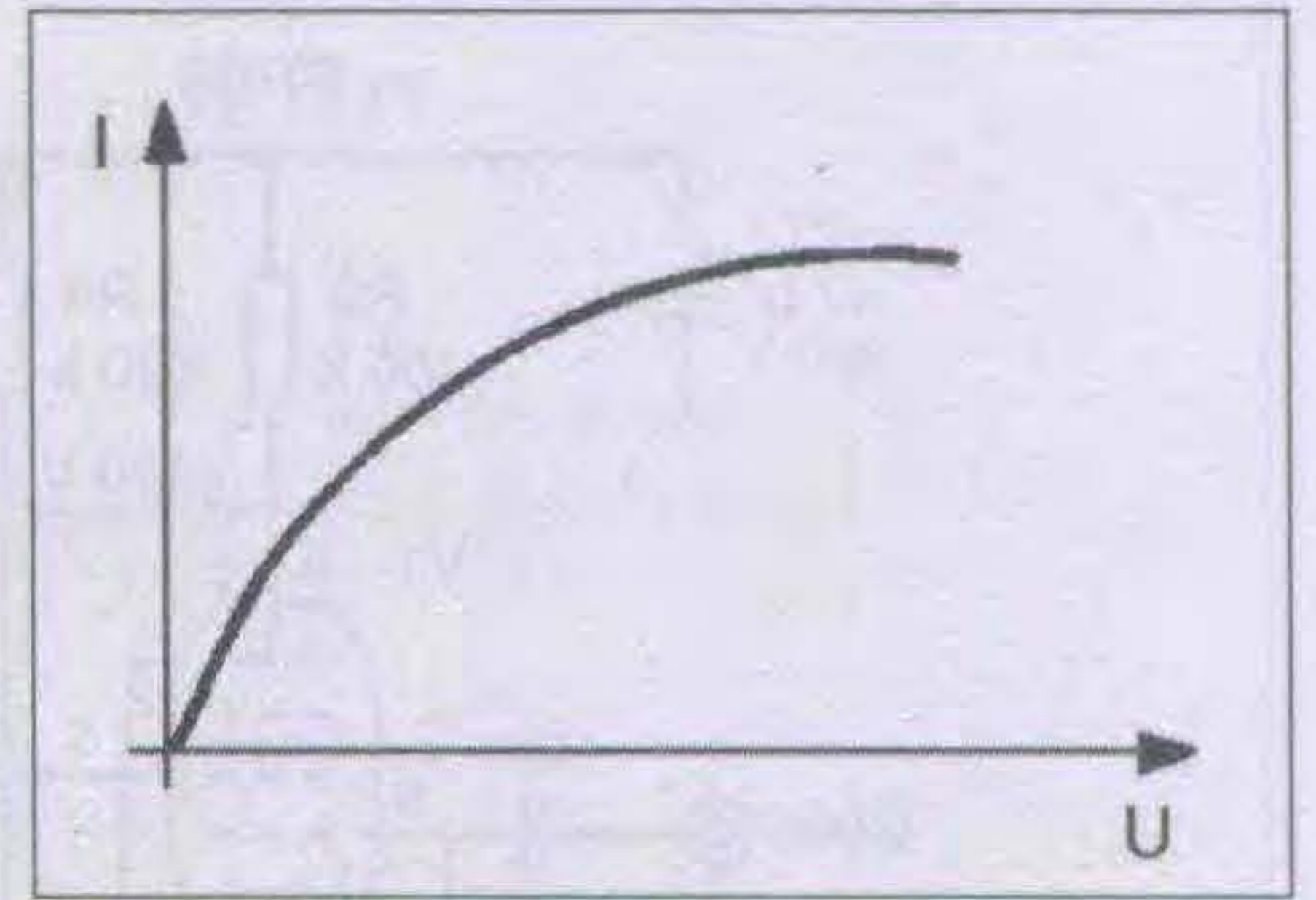
E88CC

$U_f = 6,3 \text{ V}; I_f = 0,3 \text{ A};$
 $U_a = 220 \text{ V}; I_a = 15 \text{ mA};$
 $S = 12,5 \text{ mA/V}; \mu = 33.$

A kettős trióda 9 csapos, novál foglalható. Hasonló paraméterű az ECC88 és a PCC88. Az utóbbi fűtőfeszültsége 7 V. A kapcsolás működik az ECC85-ös elektroncsővel is. Ebben az esetben az R37 katódelállás értéke 390 ohm. A triódák anódjain lévő egyenfeszültség is eltérhet kb. 15...20 V-tal. A kivehető váltakozó feszültség valamivel kisebb, de a működés szempontjából ennek nincs jelentősége.

A tremolófokozatban egy alacsonyfrekvenciás szinuszos hullámformájú jellel amplitúdóban moduláljuk a gitárcsatorna jelét. A 30...40 évvel korábbi tremoló-megoldásokban az alacsonyfrekvenciás (moduláló) áramkör egy glimmlámpát hajtott meg, és ez optikai csatolásban volt egy fotóellenállással. A fotóellenállást passzív módon az osztó felső tagjaként, vagy a negatív visszacsatoló körben használták. Ezt az áramköri megoldást alkalmazta a FENDER a „Tremolux-Amp AA763”, a „Twin Reverb-Amp AB763”, valamint a „Bandmaster-Amp AB763” erősítőiben. Valamivel jobb műszakilag az AMPEG cég „Model G12” erősítője. A felsorolt erősítőket jellemzi a primitív felépítésű moduláló generátor. Frekvencia-átfogásuk kicsi, torzításuk nagy, a kijövő jel hullámformája csak hasonlít a szinuszgörbéhez. Mégis a hangzásuk jó volt! – Itt szeretném megjegyezni, hogy a hangszererősítő nem HIFI-erősítő! A hangszererősítőkkel szemben mások az elvárások, mint a HIFI-készülékekénél. A hangszererősítőnek a következőket kell tudnia: Alacsony zajú legyen (ne búgjon 50 Hz-en vagy a kétutas egyenirányítás miatt 100 Hz-en). Nagy legyen a dinamikája, ne „fulladjon le”. Hangszínszabályozója jól kompenzálja a mikrofon, a gitárhangszedő és a hangdoboz frekvenciafenetének hibáit.

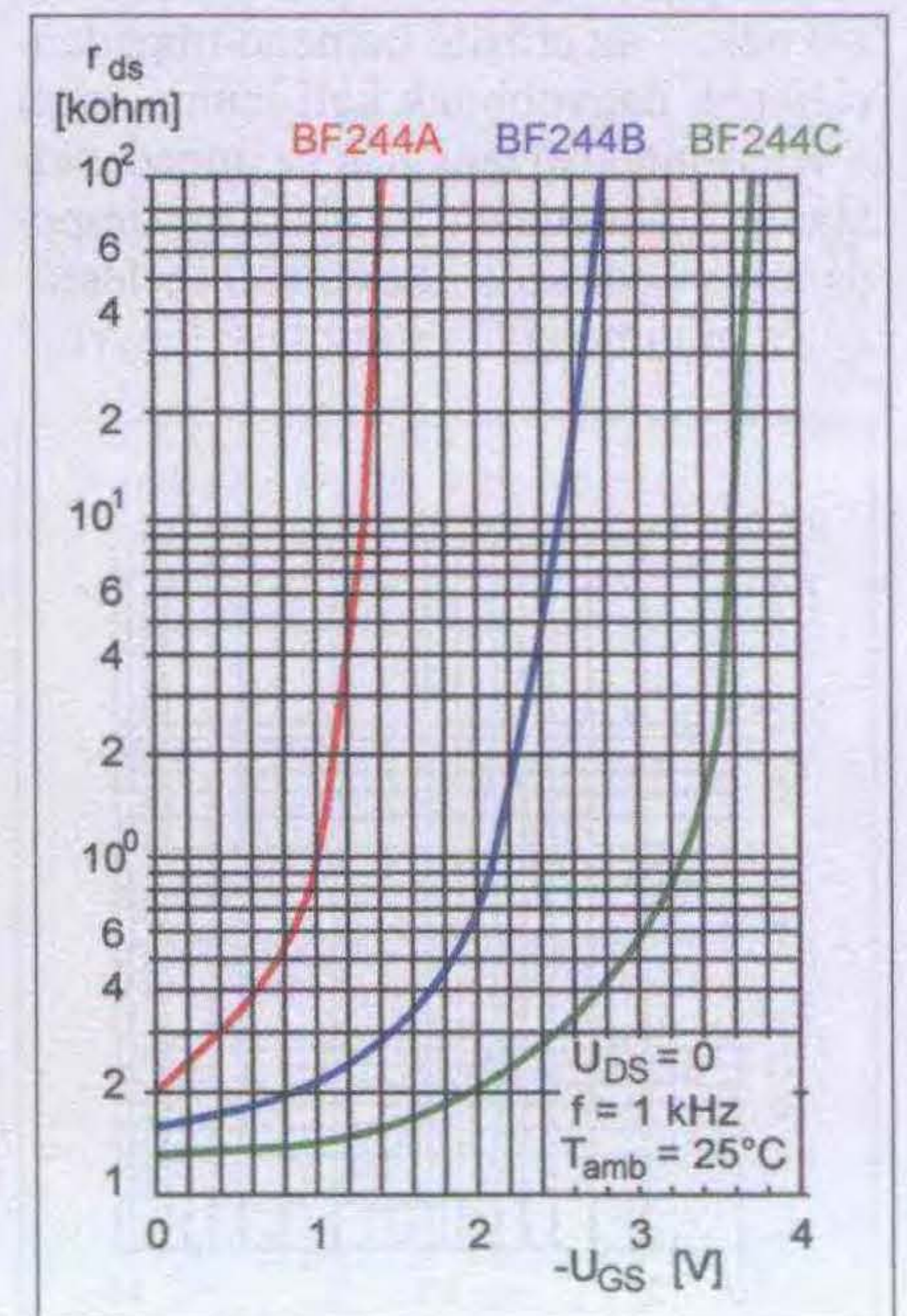
A glimmlámpából és fotóellenállásból készített optocsatoló linearitása rossz volt. Ma már nehéz lenne összeállítani ezt a modult. Lényegesen egyszerűbb és jobb minőségű, ha az amplitúdomodulációhoz egy N-csatornás tervezérlésű tranzisztort, FET-t alkalmazunk. A FET-nek azt a tulajdonságát használjuk, hogy a gate-feszültséggel a csatornaellenállását széles tartományban, néhány tíz ohmtól néhány száz kilohmig lehet – teljesítmény nélkül –



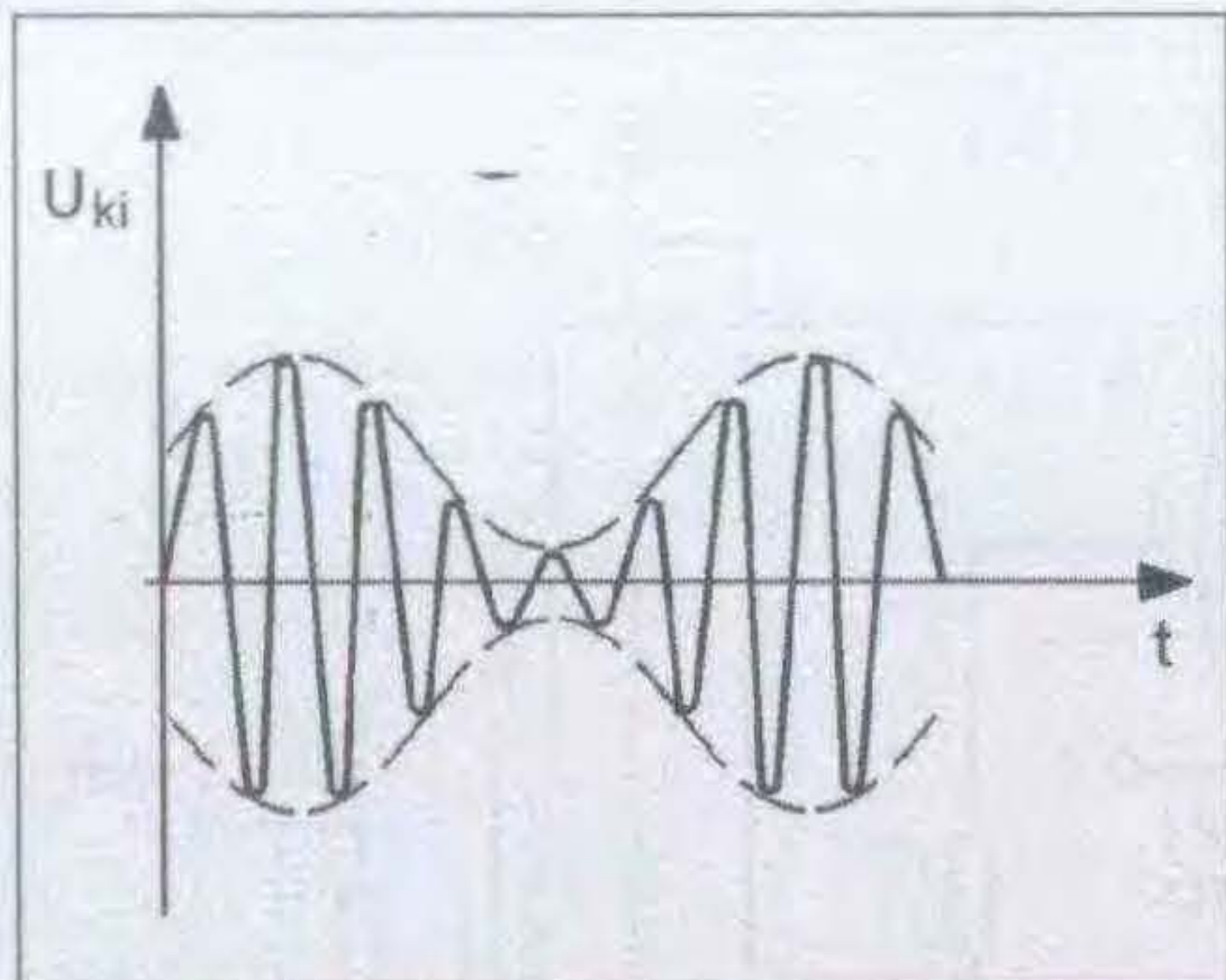
9. ábra. Wolframszál izzólámpa áram – feszültség karakterisztikája

vezérelni. A csatorna ellenállását kis kivezérlés mellett lineáris ellenállásként lehet felfogni. A BF244 típusú FET csatornaellenállásának változását a gate-feszültség függvényében a 10. ábra szemlélteti.

A gitárcsatornában (4. ábra) levő V2B elektroncső anódjáról a felerősített jel a C10-es csatolókapacitáron át a P4 potencióméterre jut. Ennek felső, A-val jelzett pontja kapcsolódik a tremoló R40-es ellenállásához. Az R40, a T11 és az R43 ellenállások lényegében egy T-osztót valósítanak meg. A két fix ellenállás osztáspontjába kapcsolódik a T1 FET drainje, a C28 kondenzátoron keresztül. A amplitúdó befolyásolás úgy jön létre, hogy nagyobb jelnél a FET jobban nyit, a csatornaellenállása kisebb lesz, így a V6A trióda rácsára kevesebb hangfrekvenciás feszültség jut. A T1 FET gate-je és drainje között található az



10. ábra. A BF244 FET csatornaellenállás karakterisztikája



11. ábra. Az amplitúdómodulált jel képe

R42-es ellenállás, amely az R41-sal párhuzamos feszültség visszacsatolást valósít meg. Ezzel a negatív visszacsatolással közel lineáris lesz a vezérlőfeszültség hatására létrejövő csatornaellenállás-változás. A T1 FET munkapontját a P11 trimmer-potenciométerrel állítjuk be. Az amplitúdómoduláció mélységét a P10 potenciométerrel szabályozhatjuk. A modulált hangfrekvenciás jel képe a 11. ábrán látható.

Az R43, a T-osztó utolsó tagja, a V6A trióda rácsához kapcsolódik. Ez a triódarész alapszint visszaállítást végez, a T-osztón lévő jelcsökkentést kompenzálja. A triódás erősítőfokozat több negatív visszacsatolást alkalmaz. Az R45 ellenálláson át feszültség-visszacsatolás jön létre, mely csökkenti az erősítést, a torzítást és javítja a frekvencia-menetet. A trióda munkapontját az R48 jelű katódenállás állítja be. Az ellenállás sarkain negatív áramvisszacsatolás jön létre, melynek hatása egyezik a fentiekben már leírtakkal.

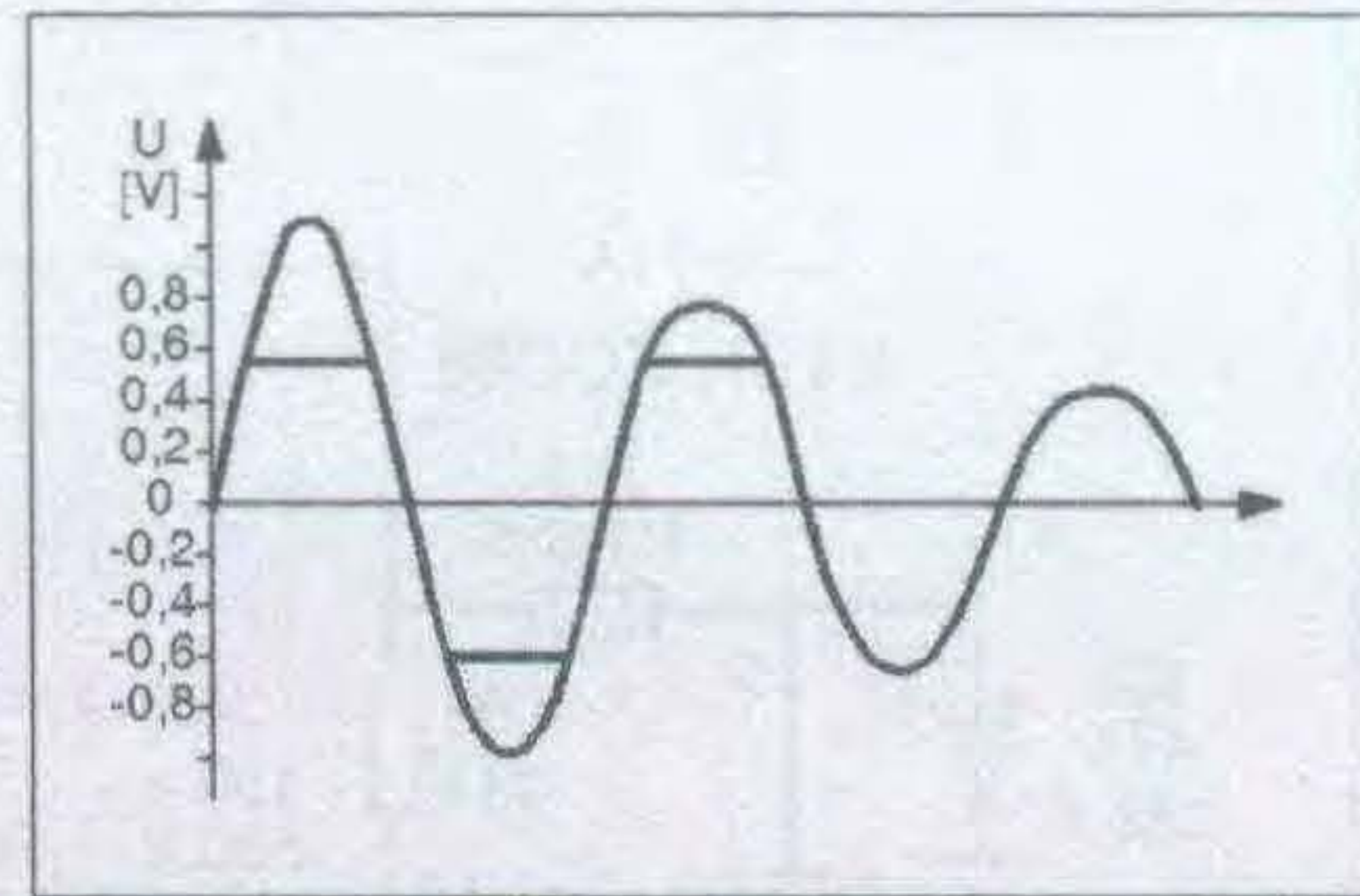
A modulált hangfrekvenciás jel a C29 kondenzátoron át, galvanikus leválasztással, a P12-es potenciométerre jut. Ezzel szabályozható a keverőfokozatra jutó gitárcsatornájel nagysága. (A P12-t a keverőfokozatnál is ábrázoltuk, a könnyebb érthetőség kedvéért. Természetesen csak 1 db van belőle! – A szerk.)

A torzító

Kapcsolási rajza a 12. ábrán látható.

A jellegzetes, „érdes” kimeneti hang úgy jön létre, hogy valamelyik erősítőfokozatot vagy fokozatokat erősen túlvezérlik. Ennek eredménye a hangfrekvenciás jelek csúcsainak levágása, a jel négyszögesítése lesz. Az évtizedek folyamán többféle áramköri megoldás született. Korszerű, jól bevált kapcsolás a Marsall cég JCM-900-as elektroncsöves torzítója. Lényege a következő. Vágásra, négyszögesítésre zener-, illetve szokványos szilíciumdiódákat alkalmaznak. Az elektroncsöveket erősítésre, míg a zener- és szilíciumdiódákat vágásra használják. A torzítót a fentiek figyelembevételével építettem meg.

A gitárcsatorna előerősítőjének 1-gyel jelzett kimeneti pontjáról (4. ábra) a hangfrekvenciás jel az R50, P13 és R49 osztóra kerül. A P13 potenciométerrel a torzítás mértéke szabályozható. A potenciométer két szélső helyzetében 4 mV, ill. 50 mV-os bemenőjelnél kezd négyszögesíteni a torzító. Kis amplitúdónál trapéz-, míg nagy amplitúdónál négyszögjel keletkezik.



13. ábra. Négyszögesített jel a torzító diódáinak sarkain

A P13 potenciométer csúszkájáról a jel a V6 B triódára kerül. Ez tovább erősíti a rácsára jutó jelet. Az anódjáról a C30 kondenzátoron át kicsatolt jel az R53 ellenálláson keresztül a D1 és a D2 szilíciumdiódára jut. Ez az antiparalel kapcsolt diódapáros ± 600 mV-ra vágja a hangfrekvenciás feszültséget (13. ábra). A diódákon lévő feszültség a P14 potenciométerre jut, mely a torzított jel nagyságát szabályozza. A potenciométer csúszkájáról a leosztott jel a K2 kapcsoló 3-as szegmensére kerül.

A keverőfokozat

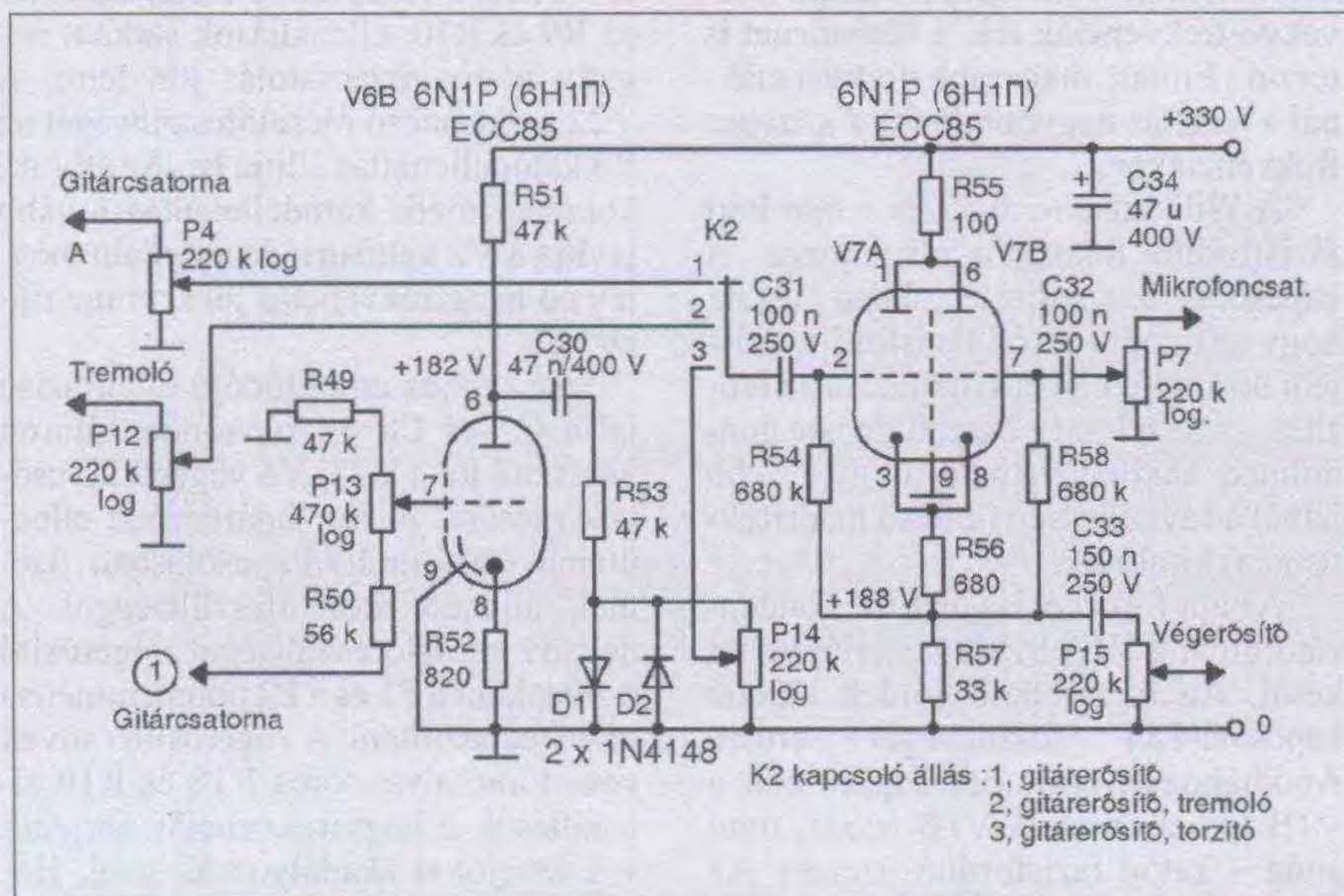
Kapcsolási rajza a 12. ábrán látható. A mikrofon- és a gitárcsatorna jeleinek összegzését végzi.

A mikrofoncsatorna kimenetén lévő P7-es potenciométer csúszkájáról a jel a V7B jelű trióda rácsára kerül a C32 csatoló-kondenzátoron keresztül. A gitárcsatorna jele a K2 kapcsoló gyűjtő-sínjéről a C31 kondenzátoron át a V7A trióda rácsára jut. A V7 kettős trióda katódkövető kapcsolásban üzemel. A két csatorna jelének összegzése az összekötött katódokon jön létre. A triódák munkapontját az R56 katódenállás állítja be. Az összegzett jel kicsatolása az R57 ellenállásról a C33 kondenzátoron át történik, galvanikus leválasztás mellett. A kondenzátor a P15 potenciométerre csatolja a hangfrekvenciás jelet. A potenciométer csúszkája a végerősítő bemenetére kapcsolódik. Ezzel lehet szabályozni a hangszórókra jutó teljesítményt.

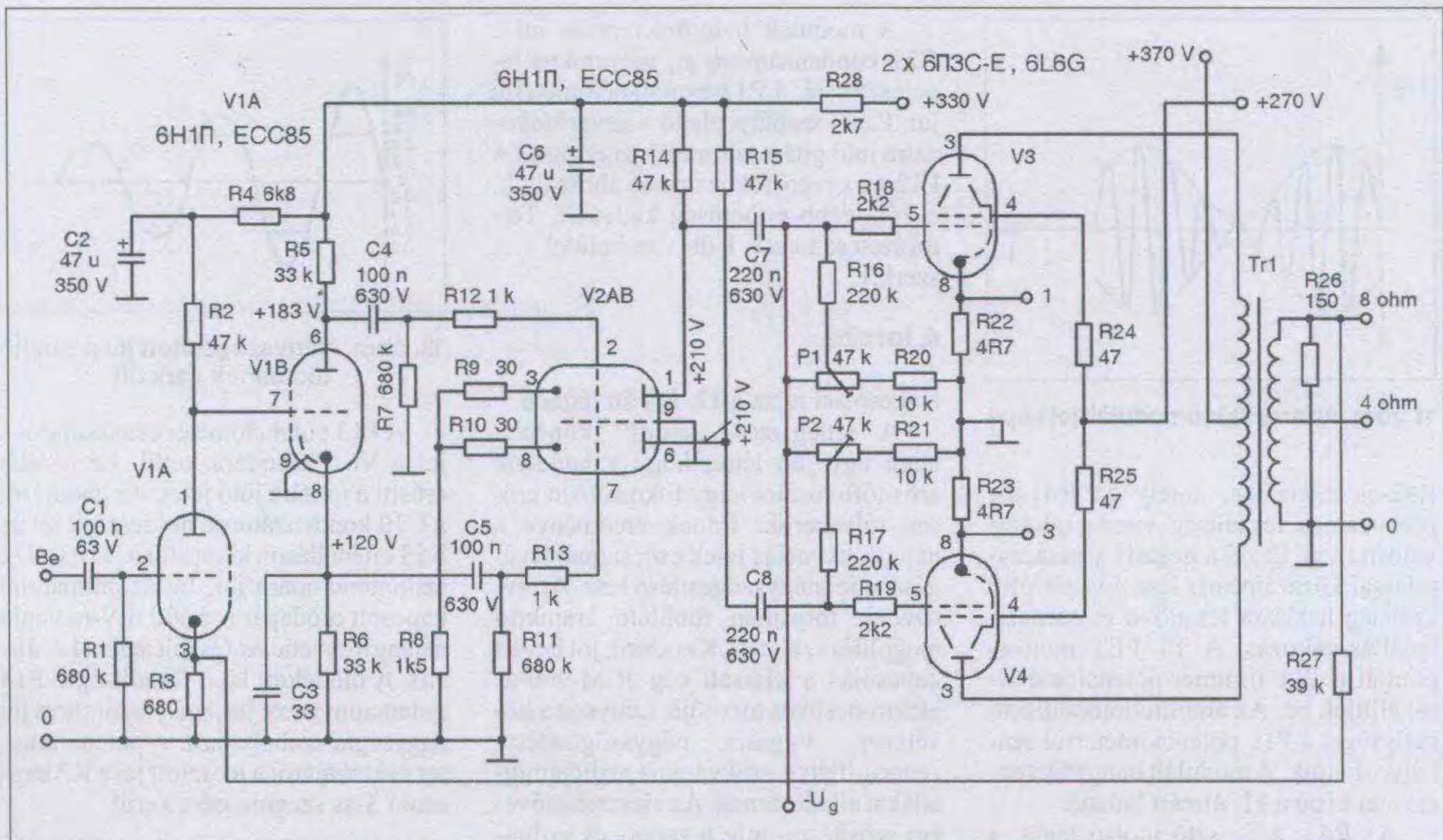
A 25 W-os végerősítő

A végerősítő mindössze négy elektroncsövet tartalmaz. Kapcsolási rajzát a 14. ábrán láthatjuk. (Figyelem! Az alkatrészek pozíciószámítását újratekintem.)

Akik járatosak az elektroncsöves hangerősítők világában, rögtön felismerik a klasszikus Williamson-kapcsolást.



12. ábra. A torzító- és keverőfokozat kapcsolási rajza



14. ábra. A 25 W-os végerősítő kapcsolási rajza

lást. Az ellenütemű (push-pull) kapcsolásnak két kritikus része van. Az egyik a fázisfordító fokozat, a másik a kimenő transzformátor. A fázisfordító fokozattal szembeni követelmények:

1. Amplitúdó-szimmetria az egész átviteli sávban.
2. A kimenő impedancia szimmetriája.
3. Alacsony torzítás a végcsövek által kívánt maximális vezérlőfeszültségig.
4. Fázistolás-mentesség, illetve kis fázistolás.

Többféle fázisfordító kapcsolás létezik. Az ismertebbek az anód – katód, valamint a földelt rácsú fázisfordítók.

A kommersz kapcsolásokban az anód – katód fázisfordítót alkalmazták. Az EAG (később BEAG) erősítőiben is ezt az áramkört találhatjuk. Előnye egyszerűségében rejlik. A trióda rácsára adott hangfrekvenciás feszültség hatására a csövön átfolyó áram ennek ütemében változik. Az anód-, illetve a katódkörben azonos értékű munkaellenállások vannak. Sarkaikon azonos amplitúdójú, de fázisban 180° -kal eltolts jel keletkezik. A fázisfordító bemenő impedanciája kellően nagy, jól kivezérelhető, erősítése kb. 0,9 -szeres, torzítása alacsony. A fázisfordító hátránya

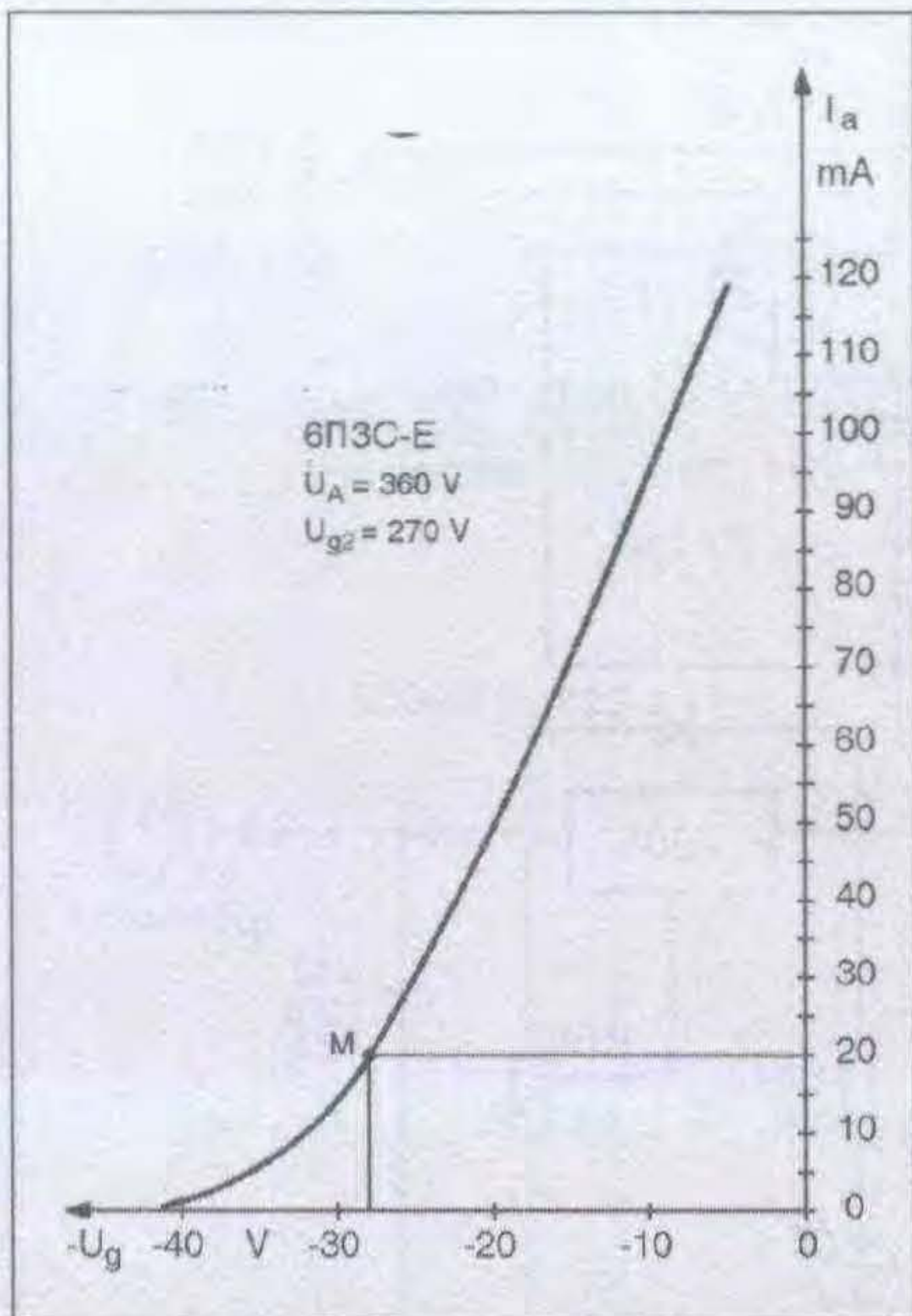
a kimenő impedanciák aszimmetriája. Az anódköri impedancia lényegesen nagyobb, mint a katódköri. A fázisfordító fokozatot a végerősítő csövek bemenete terheli. (rácslevezető-ellenállás szórt és bemeneti kapacitás stb.). Ennek hatására anódoldalon csökken a jelszint a magasabb frekvenciákon. Tehát romlik a frekvenciamenet, míg az alacsony impedanciás jól terhelhető, katódoldalon változatlan marad. Növekvő frekvenciák felé a fázismenet is torzul. Emiatt magasabb frekvenciáknál a torzítás nagyobb, mint a közepes frekvenciákon.

A Williamson-erősítő is a fent leírt fázisfordító fokozatot alkalmazza. A kapcsolás zsenialitása abban rejlik, hogy az anód – katód fázisfordítót kisjelű üzemmódban használja. Ha az erősítés – sávzélesség összefüggésre gondolunk, akkor belátható, hogy kisebb jelnél a sávzélesség (a felső határfrekvencia) kitolódik.

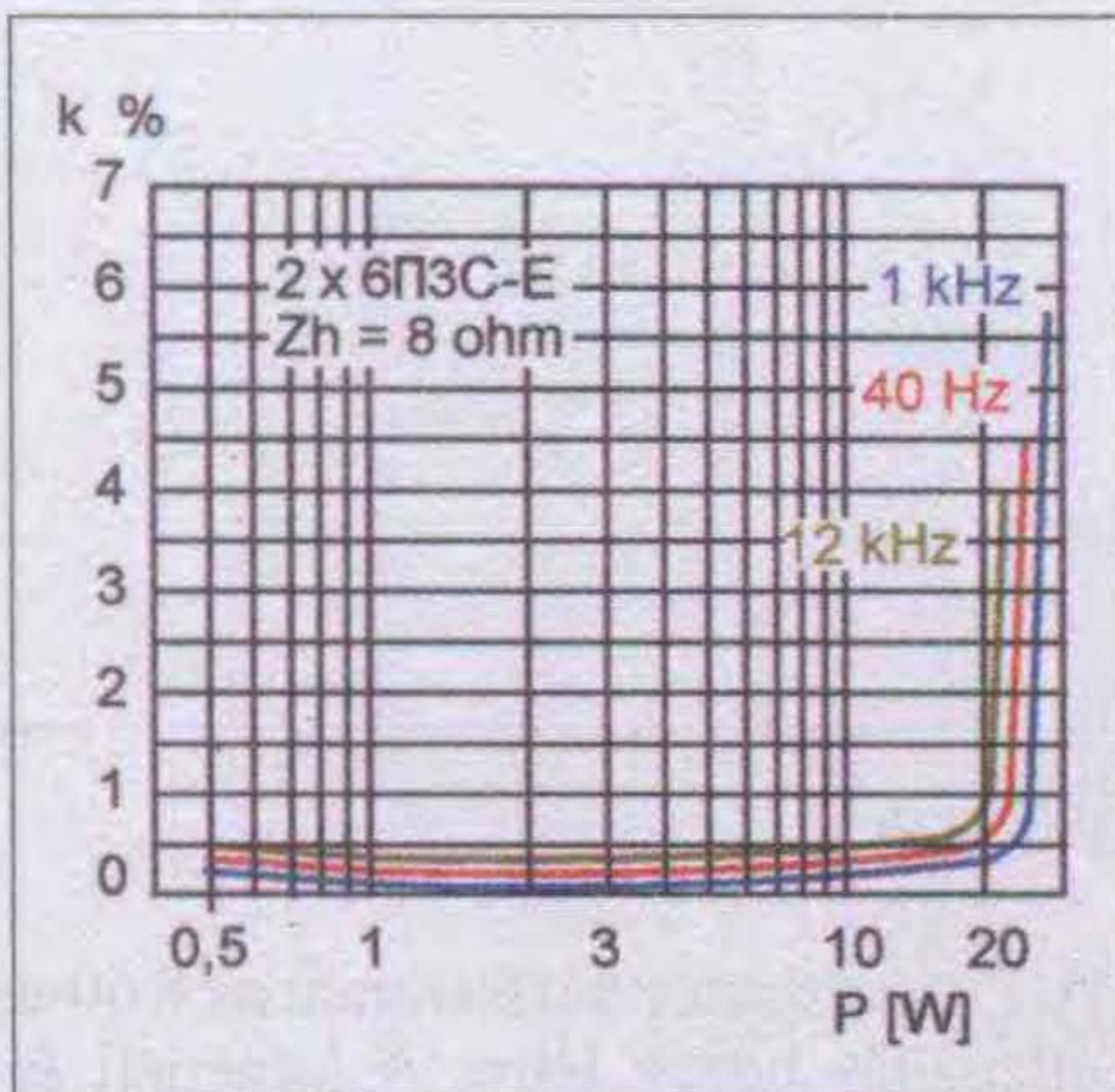
A hangfrekvenciás jel a C1 kondenzátoron át a V1A trióda vezérlőrácsára kerül. Az elektroncső földelt katódú kapcsolásban feszültséget erősít. Anódjához galvanikusan kapcsolódik a V1B trióda rácsa. A V1B trióda, mint anód – katód fázisfordító üzemel. Az anódon megjelenő hangfrekvenciás feszültség a C4 kondenzátoron és a rács-

köri R12 ellenálláson át a V2A trióda rácsára jut. Az anódon levő jel 180° -os fázistolással jelenik meg a cső katódján ébredő jelhez képest. A katódköri jel a C5 kondenzátoron és a vele soros R13 ellenálláson keresztül a V2B trióda rácsára kerül. A V2AB trióda feladata a további feszültségerősítés. Az R12 és R13 soros „stop” ellenállások a vadrezgések kialakulását akadályozzák meg. A V2 kettőstrióda katódjaiban található az R9 és R10, ellenállások sarkain negatív áramvisszacsatolás jön létre. A V22 elektroncső rácselőfeszültségét az R8 katódelőellenállás állítja be. Az átblokkolatlan közös katódelőellenállás tovább javítja a V2 kettőstrióda anódjain megjelenő hangfrekvenciás jel szimmetriáját.

Az azonos amplitúdójú ellenfázisú jel a C7 és C8 csatoló kondenzátoron keresztül jut a V3, V4 végerősítő csövek rácsára. A két sugártetróda ellenütemű (push-pull) kapcsolásban üzemel, állandó rácselőfeszültséggel. A negatív rácselőfeszültséget végerősítő csövenként a P1 és a P2 potenciométerrel lehet beállítani. A végerősítő csövek vezérlőrácsaival soros R18 és R19 ellenállások a nagyfrekvenciás gerjedések létrejöttét akadályozzák meg. Hasonló célt szolgál a segédrácsokkal soros R24 és R25 is. A katódkörben levő



15. ábra. A 6П3СЗ-Е anód-rács karakterisztikája



16. ábra. A 25 W-os erősítő torzítása a teljesítmény függvényében

R22 és R23 ellenállások sarkain mérhetjük a végerősítő csöveken átfolyó áramot. Ez az áram a segéd-rács- és az anódáram összege.

A végerősítő csövek AB-osztályú beállításban üzemelnek. Ennél a beállításnál a nyugalmi áram kicsi, a munkapont a rácseleőfeszültség – anódáram görbe alján található. Ezt szemlélteti a 15. ábra. Az M munkapontban a nyugalmi, azaz a vezérlés nélküli anódáram 20 mA. A katódellenálláson többet mérünk, mert ehhez az értékhez hozzáadódik a segéd-rácsáram is, mely ebben az esetben kb. 1 mA.

Az AB-osztályú beállításnak két változata van. Az AB1-nél a munkapont a lineáris szakaszon van, az AB2 beállításnál a nyugalmi anódáram alacsonyabb, a munkapont a görbült szakaszon helyezkedik el. Ezt hívják „beszéd-zene” beállításnak is. Előnyei: A dinamikai csúcsok kisebb torzítása, kisebb anódterhelés, alacsony zümm-(brumm-) szint. Hátránya, hogy a jelalaktorzítás 0,5...1 W között emelkedik, majd csökken. Ez a végerősítő csövek karakterisztikáinak különbségéből adódik.

A torzítás, jól felépített erősítő esetén, nem éri el az 1%-ot. Hangszererősítő esetén ennek semmi jelentősége nincs. A V3 és V4 sugártetródák anódkörében található a Tr1 kimenő transzformátor. Elkészítése egyszerűbb (kevesebb az osztás), de még így is jó a frekvenciaátvittele. A kimenő transzformátor szekunder tekerése 4 és 8 ohmos kimenetű.

A 8 ohmos kivezetéssel párhuzamos R26-os ellenállás megvédi a kimenő transzformátort az átütéstől, ha például nagy hangerőnél leszakad a hangszóróvezeték. A 8 ohmos kimenetről az R27 ellenálláson át negatív visszacsatolást hozunk létre. Ennek nagysága -14dB.

A végerősítő csövek 370 V-os anód-, és 270 V-os segéd-rácsfeszültséggel működnek. A csövek 20 mA-es nyugalmi anódárama teljes kivezér-

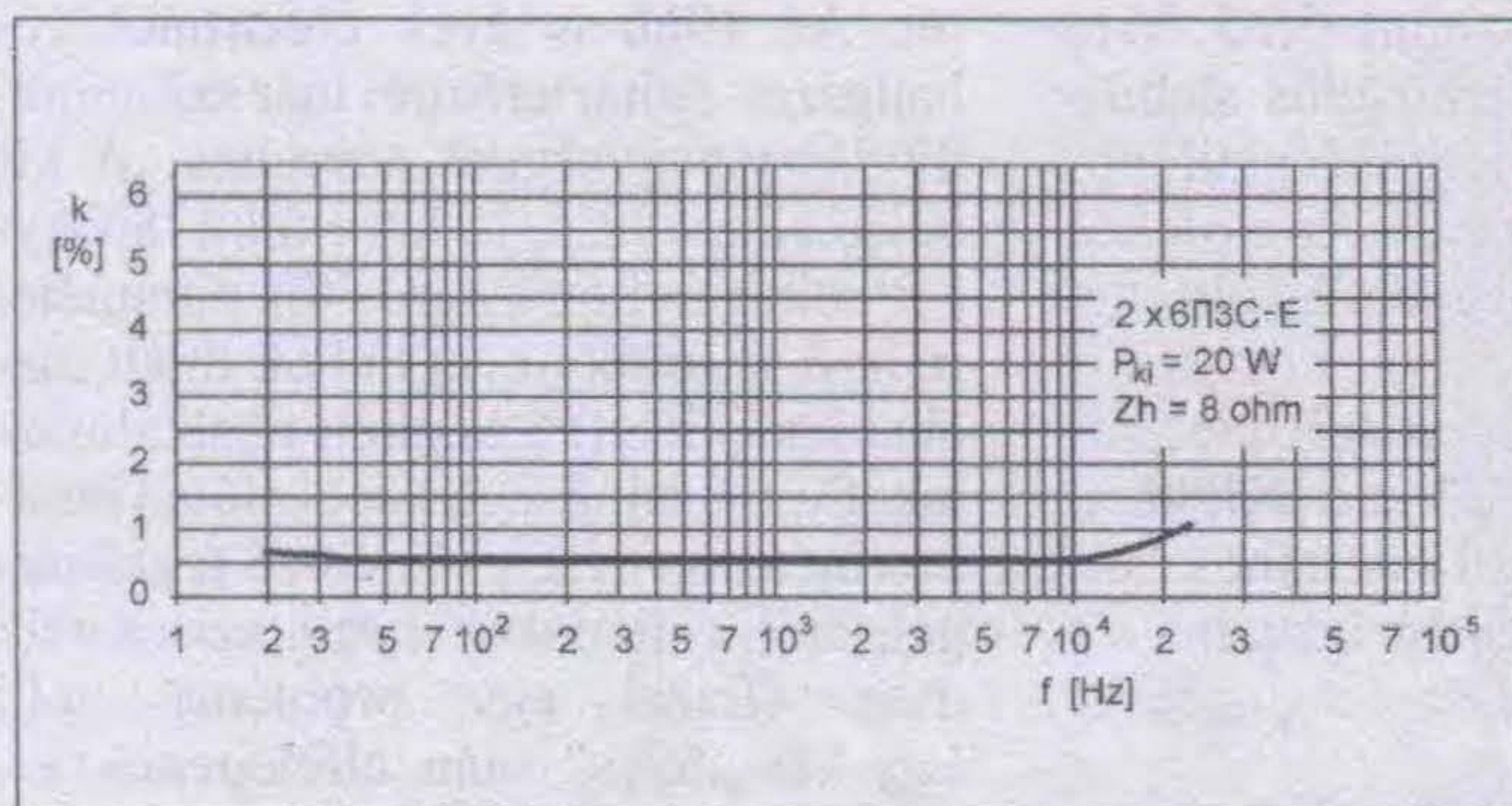
lél kb. 63 mA-re megy fel. A segéd-rácsáram nyugalmi értéke kb. 1 mA, ami teljes kivezérnél 4 mA-re emelkedik.

Különböző méréseket végeztem a 25 W-os végerősítőn. A hanggenerátort a C1 kondenzátoron át a V1A trióda vezérlő-rácsához kapcsoltam és a Tr1 kimenő transzformátor 8 ohmos kimenetét műterheléssel zártam le. Itt mértem, hangfrekvenciás voltmérővel, oszcilloszkóppal és harmonikus-torzítás-mérővel.

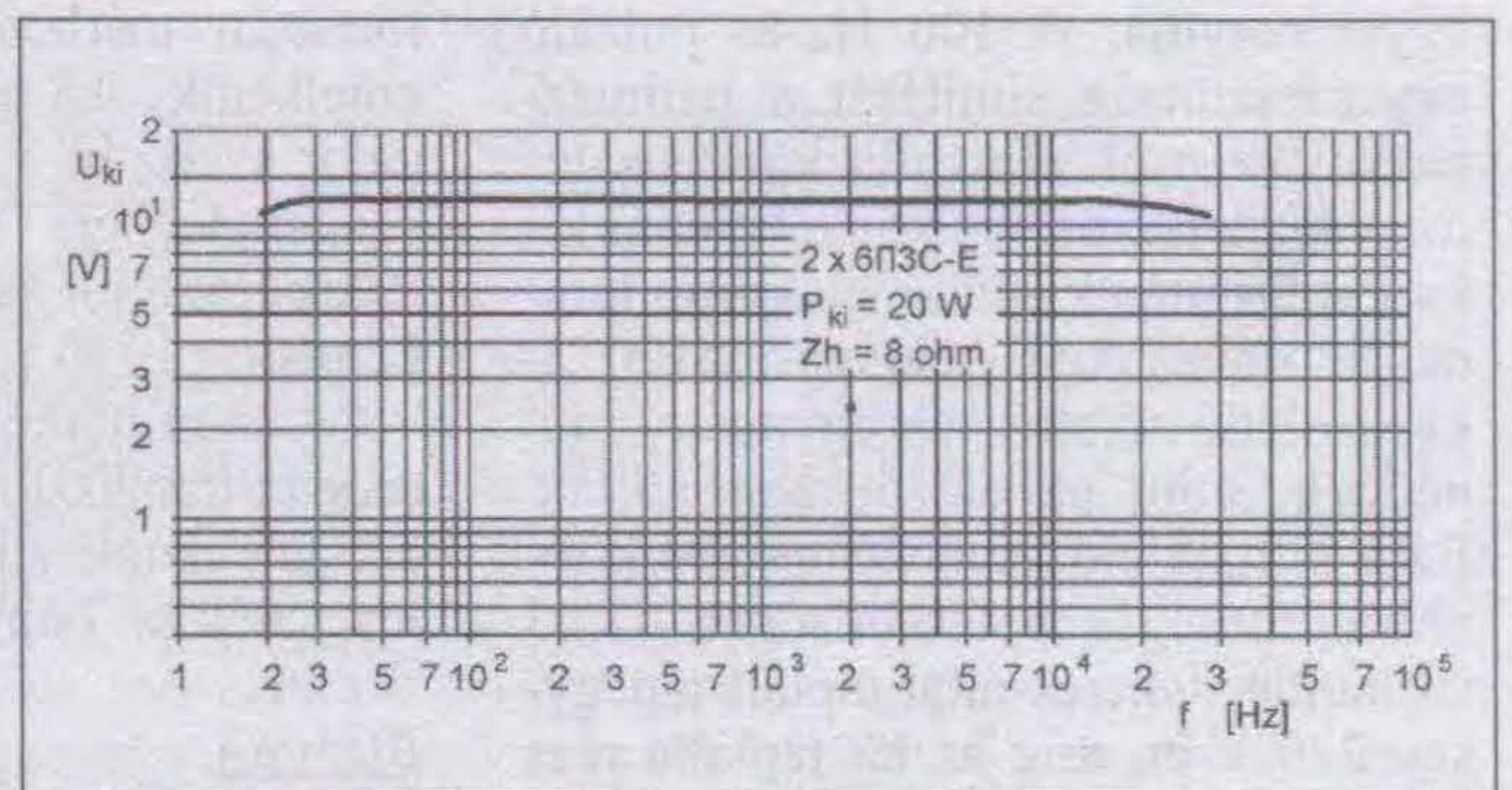
Először a jelalaktorzítást mértem meg különböző frekvenciákon. A mérést 40 Hz, 1 kHz és 12 kHz-es frekvenciákon végeztem, a görbék a 16. ábrán láthatók. A 12 kHz-es frekvencián legnagyobb a torzítás. A DIN 4550 norma (HIFI ajánlás) szerint ez 22 W kimenő teljesítménynél jön létre. Az erősítő „vastagon” megfelel a hangszererősítőkkel szemben támasztott követelményeknek. Ez egyébként az egyszerűbb osztású kimenő transzformátor átviteli tulajdonságaiból adódik.

A 17. ábrán levő görbe a hangerősítő torzítását mutatja be. 20 W kimenő teljesítménynél a frekvencia függvényében. Megvizsgáltam a végerősítő frekvenciamenetét, a kimenő teljesítmény itt is 20 W. A 20 Hz-es alsó határfrekvencián alig volt szintesés. Ez a jó érték a kimenő transzformátor nagy primer-indukciójának, valamint a csatoló kondenzátorok időállandójának köszönhető.

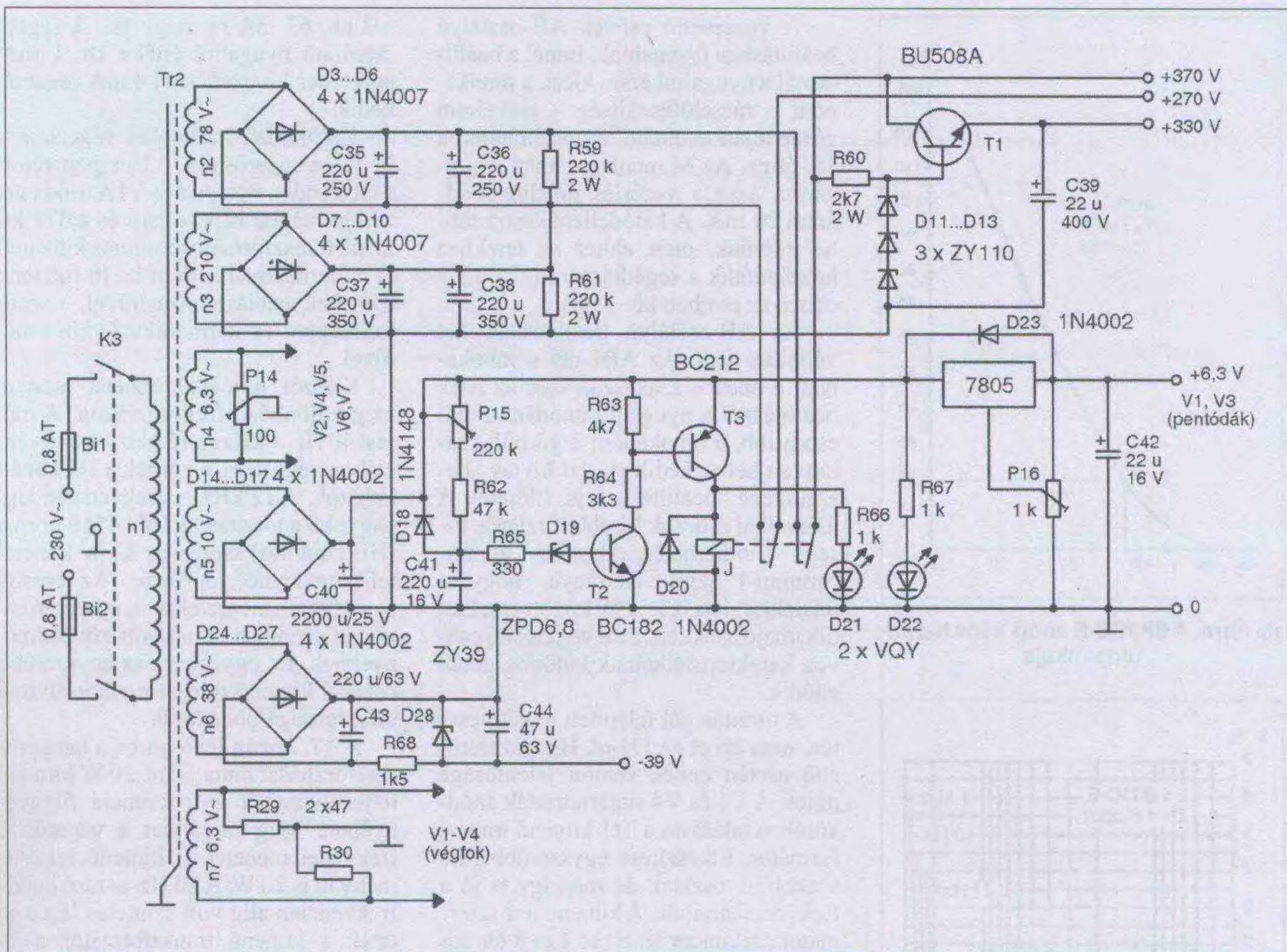
Az oszcilloszkóp képernyőjén 20 kHz-ig a hullámforma szinuszos, majd torzulni kezd, egyre jobban háromszög jellegű lesz. Kiseb kimenő teljesítménynél a fent leírt jelenség 30...40 kHz-nél következik be. A szintesés a szaporább frekvenciáknál mérhető, de itt sem jelentős, 30 kHz-nél mindössze 1,6 dB. A frekvenciamenet rajza a 18. ábrán található.



17. ábra. A 25 W-os erősítő torzítása a frekvencia függvényében



18. ábra. A 25 W-os erősítő frekvenciamenete



19. ábra. A 25 W-os erősítő tápegységének kapcsolási rajza

Tápegység a 25 W-os változathoz

A kisebb kimenő teljesítményű, a 25 W-os komplett hangszererősítő tápegységének kapcsolási rajzát a **19. ábra** mutatja.

A hálózati feszültség a lomha kioldású Bi1 és Bi2 betétten keresztül a K3 kapcsolón át a Tr2 transzformátor n1 primer tekercsére jut. Az n2 tekercs feszültségét a D3...D6 Graetz-híd egyenirányítja. A 100 Hz-es pulzáló egyenfeszültség simítását a párhuzamosan kapcsolt elektrolit kondenzátorok végzik (C36). Az R59 ellenállás kikapcsolás után kisüti az elektrolit kondenzátorokat. Az n3 tekercs és a hozzákapcsolódó alkatrészek ugyanúgy működnek, mint az előzőekben leírtak. Ezek állítják elő az elektroncsövek részére szükséges tápfeszültséget. Az n3 szekunder tekercs által táplált tápegység 270 V-ot, míg az n2 táplálta rész 100 V-ot ad le. A két tápegység sorba van kapcsolva, így jön létre a végerősítő csövek részére szükséges 370 V-os

anód- és a 270V-os segédrácsfeszültség.

Az előerősítők, hangszínszabályozók, a tremoló-, torzító- és a keverőfokozat 330 V-os tápfeszültséggel működik. Ezt a feszültséget egy emitterkövetős stabilizátorral állítjuk elő a 370 V-os tápból. Mint tudjuk, a tápegységek zajszintje (brummja) terhelésfüggő.

Teljes kivezrlésnél a tápegység kimenetén mérhető brumm 3...5 V-ra emelkedik. Az emitterkövetős stabilizátor a kb. 40 V-os feszültségkülönbséggel „levágja” ezt a zajt. Az előfokozatok része jól szűrt egyenfeszültséget biztosít.

Az emitterkövetős stabilizátor át-eresztő tranzisztora a T1 jelű BU508A, ezt televíziók sorvégfokozatához fejlesztették ki. Lényegesebb adatai:

BU508A

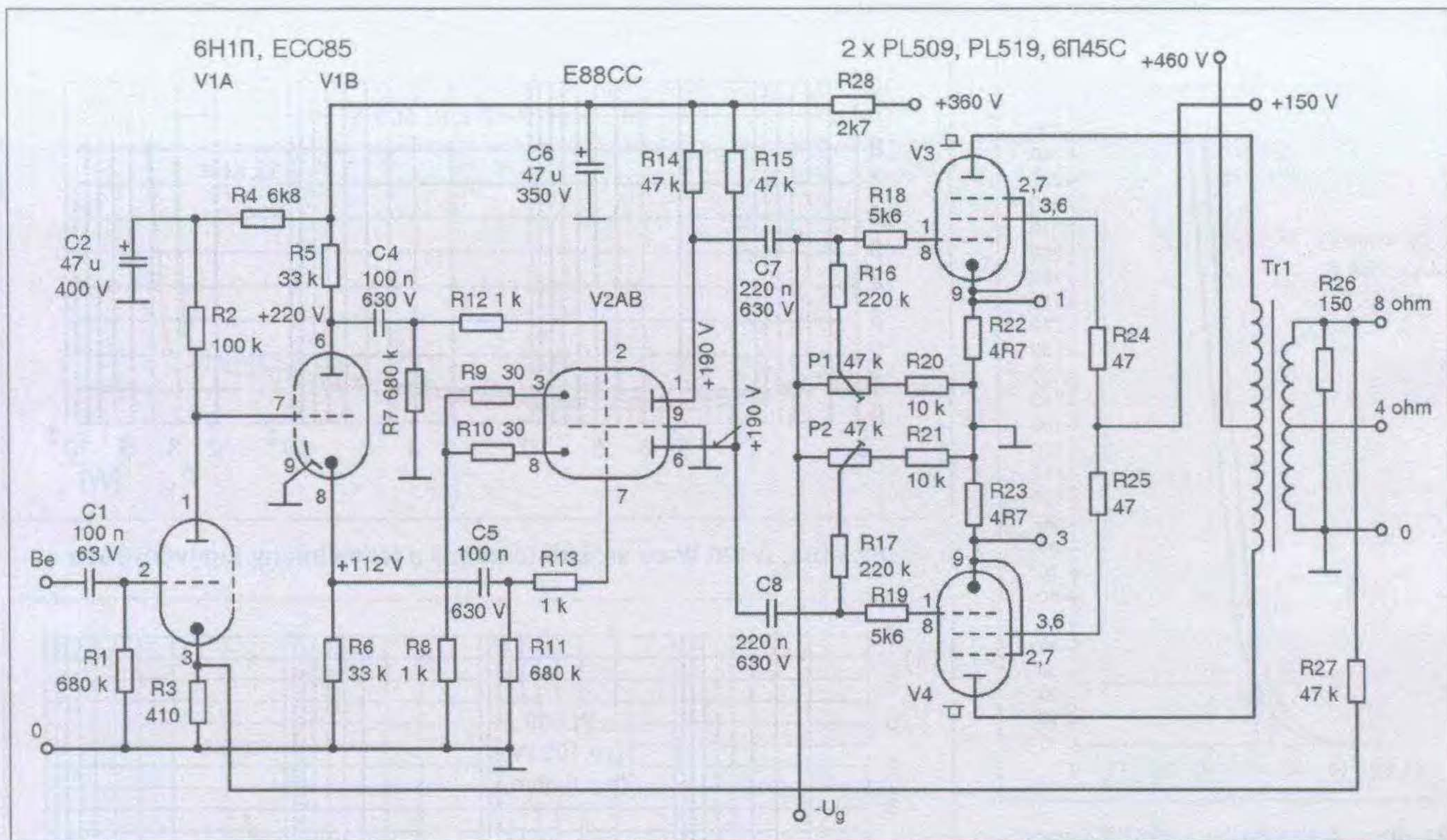
$U_{CE0} = 700 \text{ V}$; $I_C = 8 \text{ A}$;

$P_{\text{tot}} = 125 \text{ W}$; $h_{FE} = 13$

Tokozás: SOT93

A T1 tranzisztor bázisáramát az R60-as ellenállás hozza létre. A kimeneti feszültség a D11...D13 diódák zener-feszültségének összege. Nincs különösebb jelentősége a kimenőfeszültség 10...20 V-os eltérésének.

Előző cikkeimben többször leírtam, hogy az elektroncsövek élettartama többszörösére növekszik, ha a tápfeszültséget akkor kapcsoljuk be, amikor a katód már felvette üzemi hőmérsékletét. Az 1960-as évek elektroncsöves hangszer- (gitar)erősítői már szilíciumdiódás tápegységgel készültek. A kis belső ellenállású, jó hatásfokú tápegység sokat javított az erősítők paraméterein. A gyártók anyagi okok miatt mechanikus (kézi) késleltetést alkalmaztak. Egy jó minőségű kapcsolóval rendszerint a tápegység váltakozó feszültségét, ami a diódákra megy, szakították meg. (Ezzel egy probléma volt: Egy-két „feles” után elfelejtették kikapcsolni... A következő bekapcsolásnál így aztán nem működött a késleltetés.) Az idősebb korosztály emlékezik,



20. ábra. A 120 W-os végerősítő kapcsolási rajza

hogya a '60-as évek végén kezdődtek a problémák a végerősítő csövekkel. Az EL84, ECL82, ECL86-os csövek tiszavirág életűek voltak. Erről nem a TUNGSRAM (Egyesült Izzó) tehetett. Ebben az időben kezdtek alkalmazni a „száraz” egyenirányítókat. Az alumínium házba préselt Graetz-hidak villám gyorsan elterjedtek. A Siemens, Soral, később a Konverta gyártotta azokat. Amikor az MM gyártmányú szűrő elektrolit kondenzátor zárlatos lett, jellegzetes rothadt káposzta szag töltötte be szobát, jelezve, hogy a szelén híd tönkre ment, – amennyiben nem kapcsoltuk ki idejében a berendezést. Következő láncszem a hálózati transzformátor volt, mely rendszerint leégett. Az elektroncsövek korai pusztulását a hirtelen megjelenő tápfeszültség okozta.

A fentiek figyelembevételével az erősítőkben az automatikus késleltető áramkört alkalmazom.

Az n4-es tekercs 6,3 V-os feszültséget ad le, az előerősítő, a hangszínszabályozó, tremoló, torzító és a keverőfokozat csövei részére. A P14 trimmer-potenciométerrel a zajminimumot lehet beállítani. Az n5-ös tekercs váltakozó feszültségét a D14...D17 diódákból álló Graetz-híd egyenirányítja. A 100 Hz-es pulzáló egyenfeszültség szűrését a C40-es elektrolit kondenzátor végzi. A

késleltető áramkört a korábbi cikkeimben már ismertetett komplementer kapcsolás végzi. A késleltetési időt a P15-ös trimmer-potenciométerrel állíthatjuk. Amikor a J jelfogó meghúz, megjelenik a három tápfeszültség, a 270 V, a 330 V és a 370 V. A tápfeszültség megjelenését a D21-es LED fénye jelzi. A másik, a D22-es LED az erősítő bekapcsolásánál bocsát ki fényt.

A mikrofon- és gitárcsatorna EF86-os csövei (V1 és V3) az alacsony zaj érdekében egyenfeszültségről vannak fűtve. A 6,3 V-os egyenfeszültséget a 7805-ös feszültség stabilizátorral állítjuk elő, oly módon, hogy a „talpát”, a földpontjának a feszültségét felemeljük a P16-os trimmer-potenciométerrel.

A végerősítő csövek állandó (fix) rácselőfeszültséggel üzemelnek. Ezt állítja elő az n6 tekercshez kapcsolódó D24...D27 Graetz-híd, valamint a C43-as szűrőkondenzátor. A kimenő feszültséget a ZY39 típusú Z-dióda állítja be 39 V-ra. A legtöbb fix előfeszültségű végerősítőnél nem alkalmaznak zener diódás stabilizálást. Ennek oka a takarékoság. Vegyünk egy példát. A hálózati feszültség 10%-kal csökken. Ez érvényes a szekunder oldalra is, tehát minden feszültség csökken 10%-kal. A rácselőfeszültség 10%-os változása jelentősen növeli

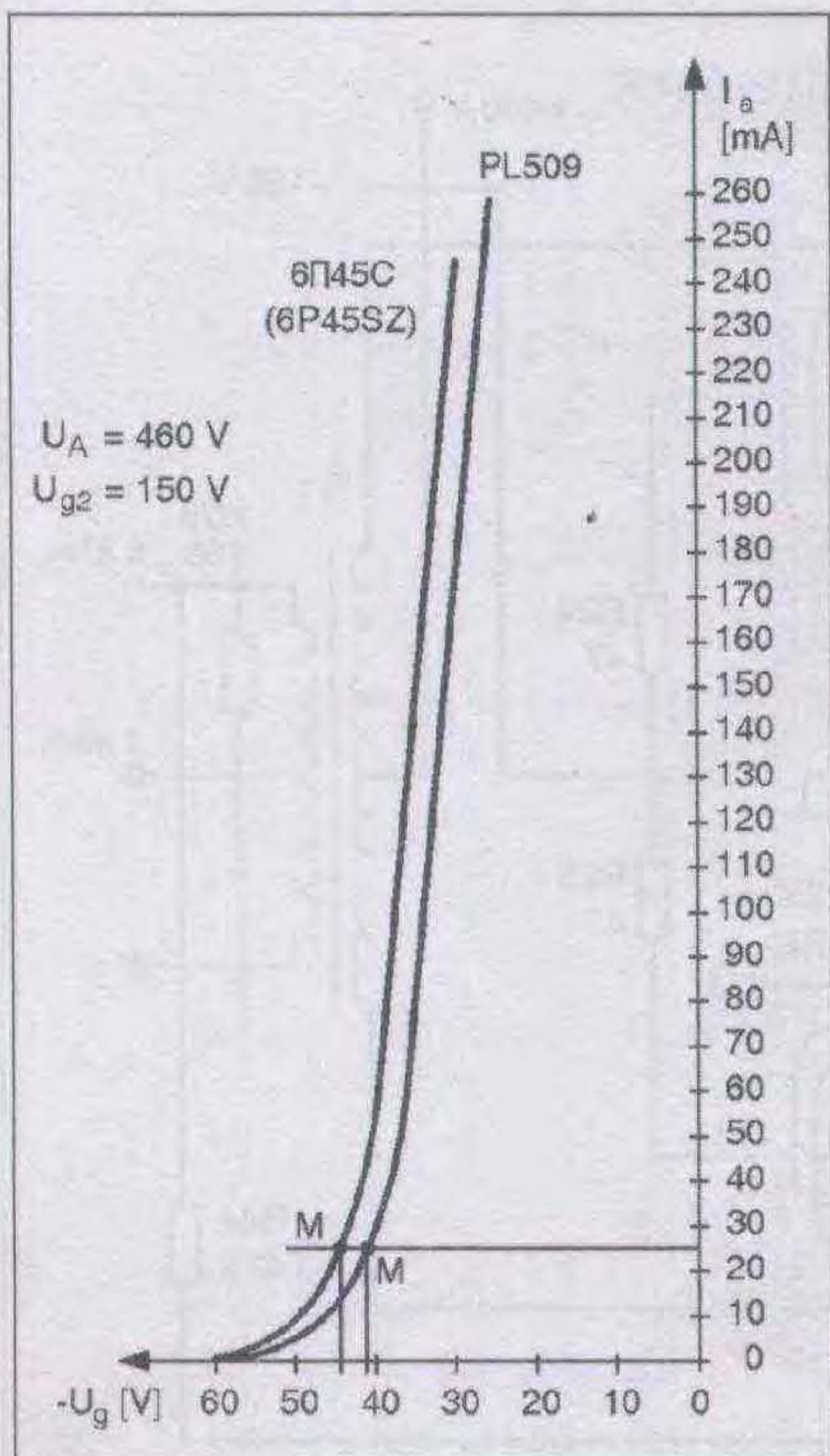
a végerősítő csövek nyugalmi anód- és segédrácsáramát. A tápfeszültség, anódfeszültség csökkenése nem okoz különösebb problémát. A feszültség-erősítő fokozatoknál az automatikus (katódelőfeszültség) munkapont-beállítás egy bizonyos szintig kompenzálja a tápfeszültség változását. A teljesítményfokozatnál a problémát a rácselőfeszültség megváltozása okozza. Minél nagyobb a végerősítő elektroncső meredeksége, annál nagyobb az anódáram-változás. Gondoljunk csak a meredekség, az S definíciójára: 1 V rácselőfeszültség-változás hány milliamperes anódáram-változást hoz létre?!

Az n7-es tekercs a végerősítő fűtőfeszültségét állítja elő.

A 120 W-os végerősítő

A nagyteljesítményű végerősítő kapcsolási rajza a 20. ábrán látható. Ez kapcsolástechnikailag megegyezik a 14. ábra szerinti 25 W-os végerősítővel. Az RC-elemek pozíciószáma azonos, viszont értékük eltérő. A 120 W-os erősítőben a V2 elektroncső E88CC típusú.

A V3 és V4 végerősítőcső PL509 típusú. Ezt az elektroncsövet színes televíziók sorvégfokozatához fejlesztették ki. Lényegesebb adatai:



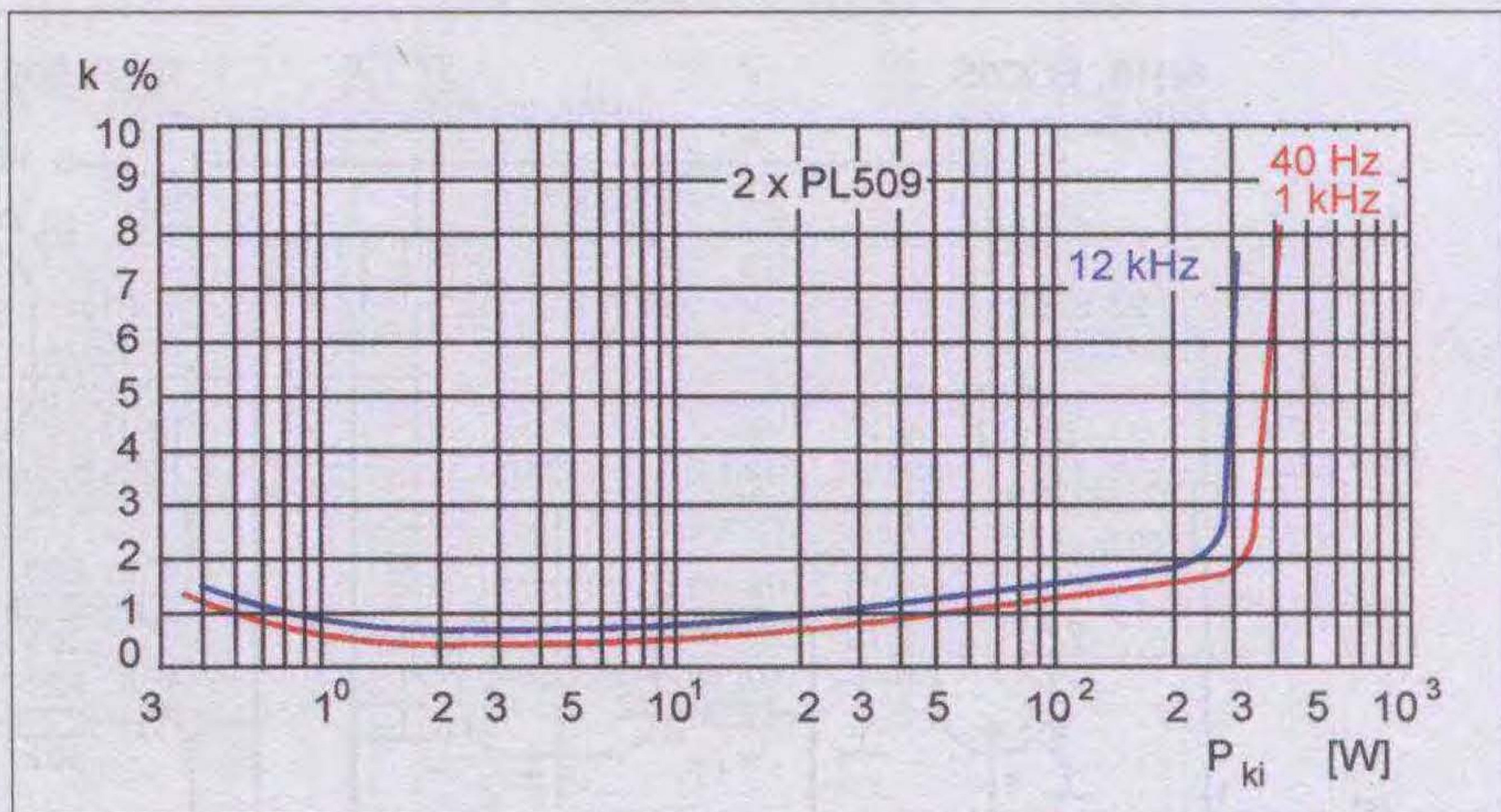
21. ábra. A PL509 és a 6P45SZ anód-rács karakterisztikája

PL509

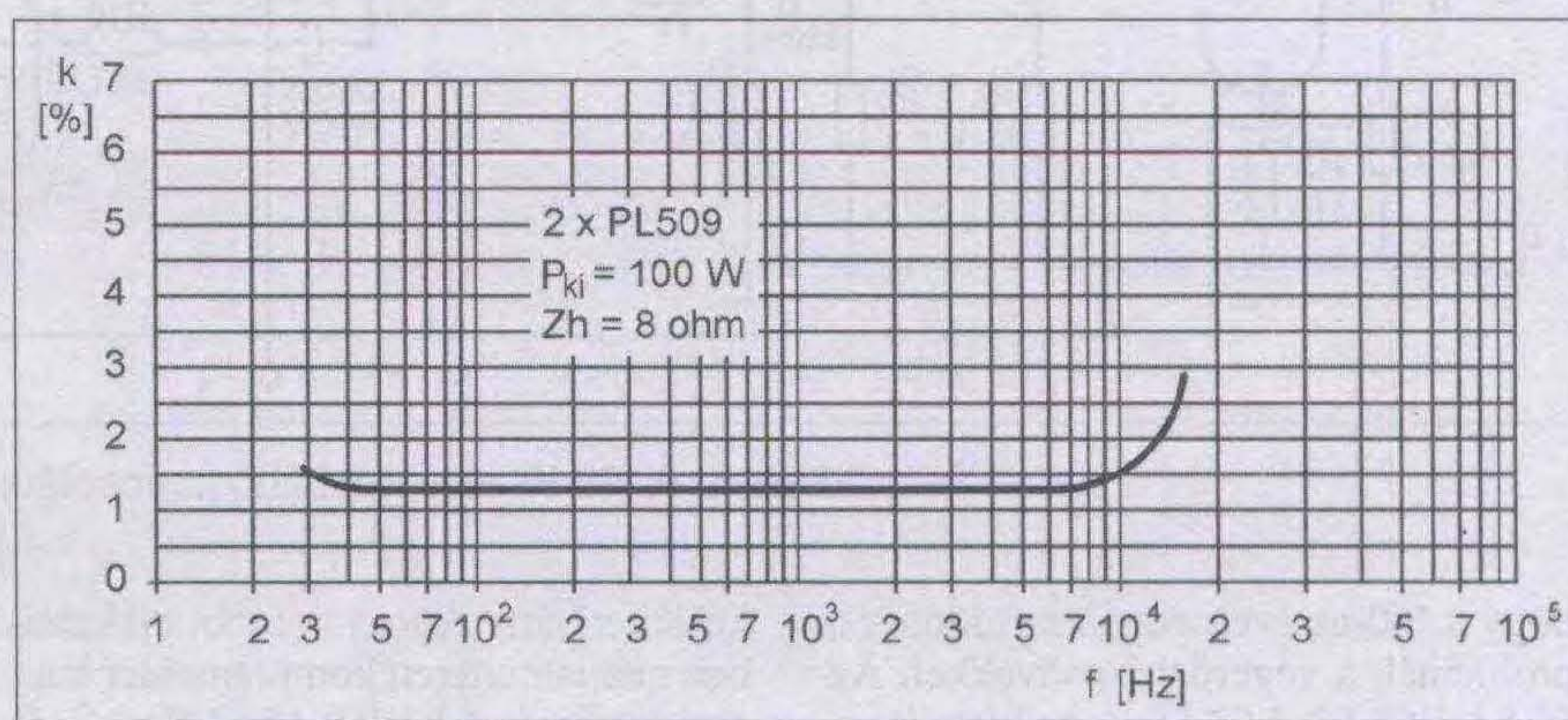
$U_f = 40 \text{ V}; I_f = 0,3 \text{ A};$
 $U_a = 700 \text{ V}; U_{g2} = 275 \text{ V};$
 $N_a = 30 \text{ W}; N_{g2} = 7 \text{ W};$
 $I_{Kmax} = 500 \text{ mA};$
 $S = 20...25 \text{ mA/V}$

Az elektroncső 9 csapos, magnóvál foglalatú. Az azonos bekötésű PL519-es elektroncső anód-disszipációja nagyobb, 40 W. A többi adata megegyezik a fentiekkel. Mind két csőnek létezik 6,3 V-os fűtőfeszültségű változata is. Ezek az EL509, illetve az EL519. Ezeket a nyugat-európai elektroncsőgyárak készítették (Siemens, Telefunken, Valvo, Philips, az angol Mullard). Teljesen megegyeztek „P” jelzésű társaikkal, az eltérés a fűtőfeszültségben (6,3 V) és a fűtőáramban (2 A) van.

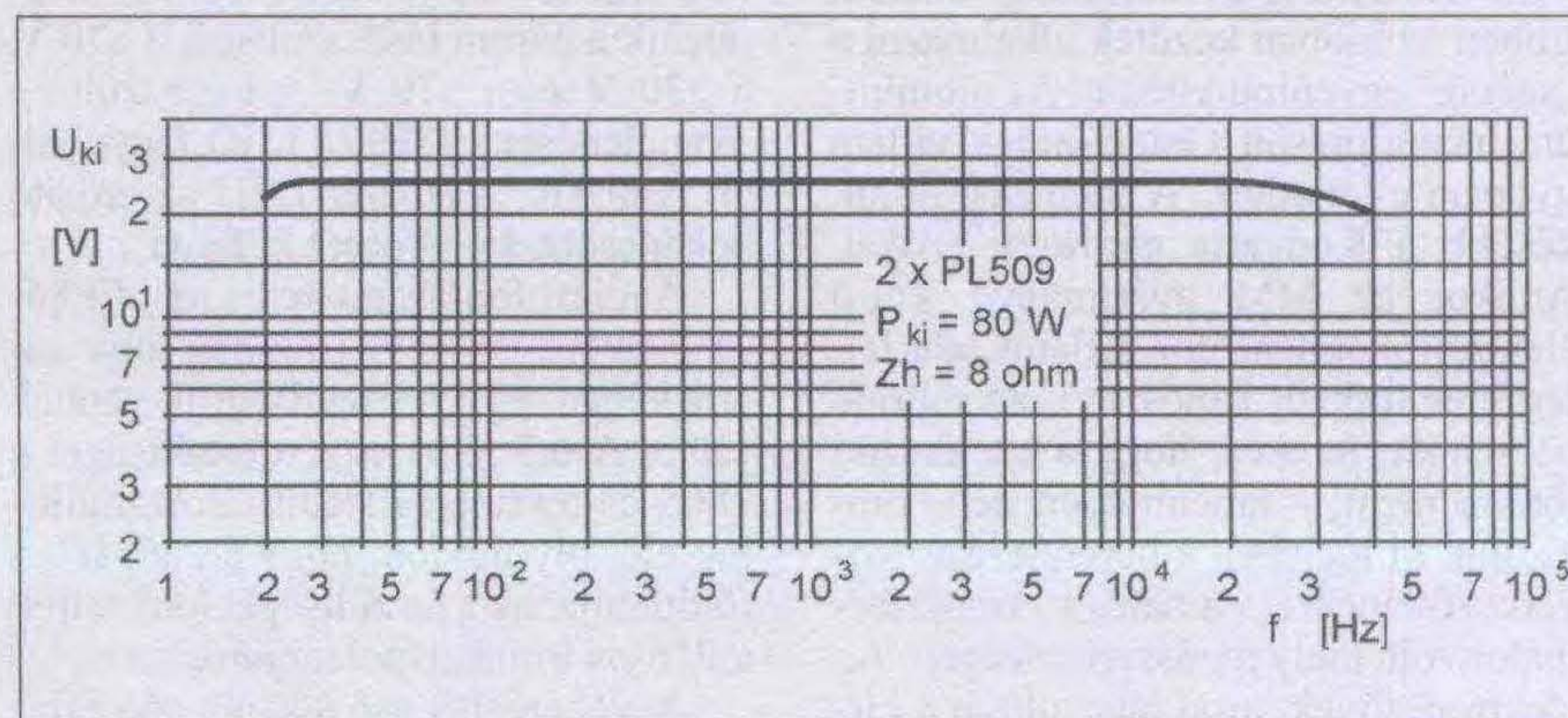
Az orosz színes televíziók sorvégfokozatában használták a 6Π45C (6P45SZ) jelű csövet. Az internetről leltöltött adatlap szerint sugártetróda. Ez azért érdekes, mert egy régebbi adatlap szerint végerősítő pentóda. Az igazság az, hogy ezek a csőgyártás végső szakaszában születtek. A konstruktőrök ekkor már mindent tudtak. Valkó Iván Péter „Elektroncsövek és félvezetők” c. könyvében megemlíti, hogy speciális elektróda anódlemez kialakítással ezek a csövek átmenetet képeznek a sugártetróda és a végerősítő pentóda között.



22. ábra. A 120 W-os erősítő torzítása a teljesítmény függvényében



23. ábra. A 120 W-os erősítő torzítása a frekvencia függvényében

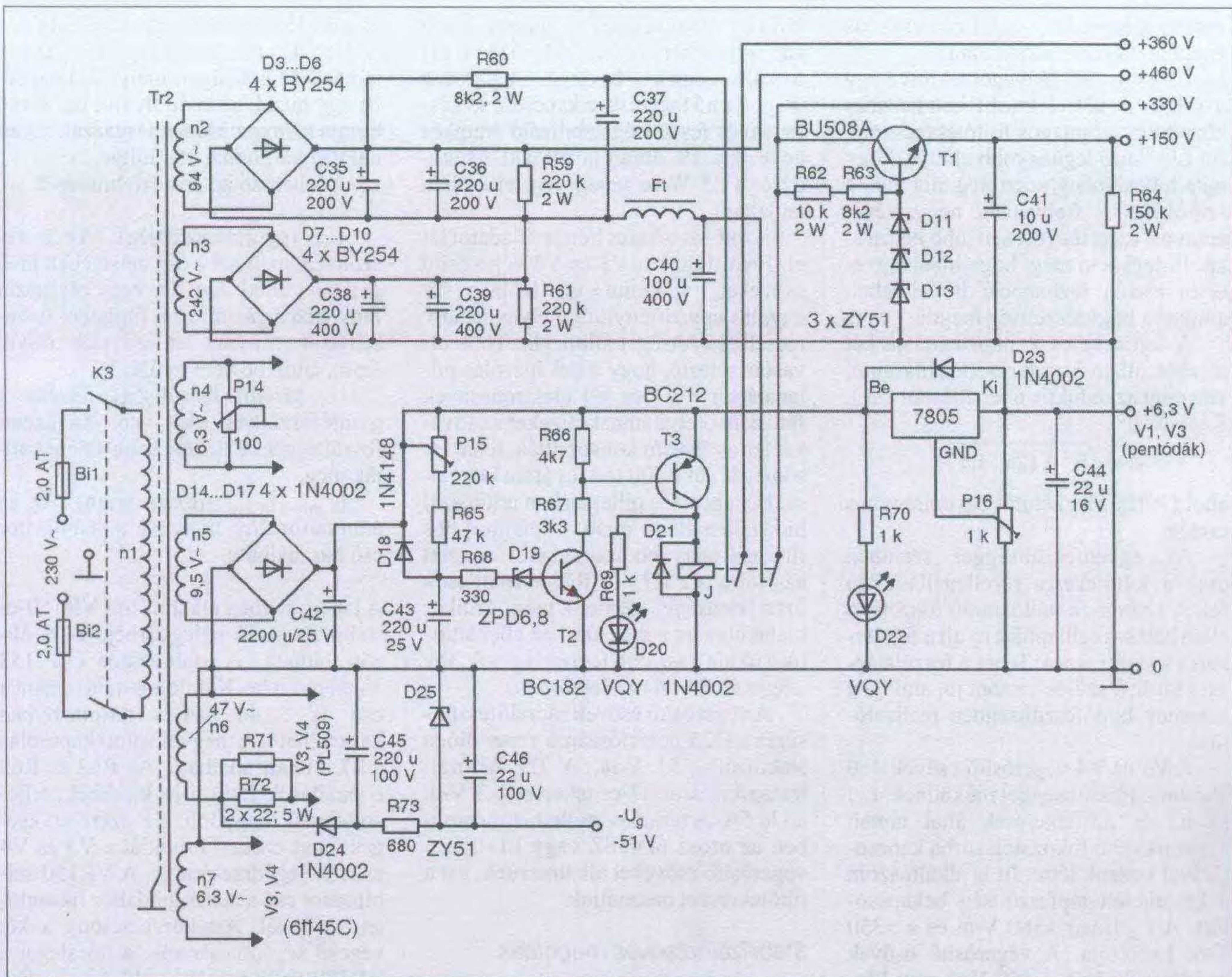


24. ábra A 120 W-os erősítő frekvenciamenete

A 6P45SZ az EL519-hez hasonlít. Az üvegballonjának átmérője nagyobb, a cső „kövérebb”. A fűtőárama is nagyobb: 2,5A.

A fent felsorolt csövek bármelyikével kiválóan működik a 120 W-os végerősítő. Amikor végerősítő csövet választunk, arra gondoljunk, miből van több darabunk (tartalék). Az erősítő hálózati transzformátorán megtalálható az EL csőhöz szükséges fűtőtekercs is,

így használat során átállhatunk a másik típusra is. A 120 W-os végerősítő csövei nagyobb meghajtó feszültséget igényelnek. Emiatt a V2 elektroncső típusa E88CC-re változik. A tápfeszültség is magasabb. Az R8 katódelállás értéke 1 kohmra csökken. Nem kell beépíteni a C3 jelű kondenzátort. A kisebb teljesítményű (2x6Π3CE) végerősítőnél közepes teljesítménynél a szinusz görbe alján nagyfrekvenciás



25. ábra. A 120 W-os erősítő tápegységének kapcsolási rajza

gerjedést (pamacs) láthatunk. A PL509-es csövek bemeneti kapacitása nagyobb. Az R18 és R19 ellenállásokkal ezek egy integrálotagot képeznek, melyek hatásosan csillapítják a vadrezgéseket.

A kimenő transzformátor 8 ohmos kivezetéséről negatív visszacsatolást hozunk létre a V1A trióda katódjában, az R27 ellenálláson keresztül. A visszacsatolás mértéke -16dB.

Felvettem a PL509 és a 6P45SZ statikus rácselektrodaanódáram karakterisztikáját, mely a 21. ábrán látható. A munkaponti beállítás itt is AB2- (beszéd-zene) osztályú. A nyugalmi anódáram 25 mA. Ez teljes kivezélésnél kb. 220 mA-re megy fel. A nyugalmi segédáram 1 mA, mely teljes kivezélésnél 6,5 mA lehet. A végerősítő csövek munkapontját a P1 és P2 trimmer-potencióméterrel állíthatjuk be az ajánlott értékre.

A meghajtófokozat 360 V-ról jár, a végerősítő csövek segédáramai 150 V-ot kapnak, míg anódfeszültségük 460 V-os.

Természetesen ezt a végerősítőt is végigmértem különböző szempontok szerint. A mérési módszer azonos a 25 W-os végerősítőnél leírtakkal. Eltérés a C1 kondenzátorra adott feszültség nagyságában van. A különbség lényegtelen. A 120 W-os (8 ohmon) kimenő teljesítményhez a végerősítő C1 kondenzátorára kb. 300 mV-os jelet kell adnunk 1 kHz-es frekvencián.

A jelalaktorzítást, a teljesítmény függvényében, 40 Hz, 1 kHz és 12 kHz-es frekvenciákon a 22. ábrán, míg a 23. ábrán a torzítást, a frekvencia függvényében, $P_{ki} = 100$ W-nál láthatjuk. Felvettem az erősítő frekvenciamenetét $P_{ki} = 80$ W-nál, az alsó 20 Hz-es határfrekvencián alig mérhető a szintesítés. Az átvitel végig lineáris, 20 kHz után kezdődik a szintesítés. A -2dB-es

pontot 40 kHz-nél éri el a végerősítő. Hasonlóan a 25 W-os végerősítőhöz 20 kHz frekvenciáig a hullámforma szinuszos. Ezután kezd torzulni, hegyesedni. A mérési eredményét a 24. ábrán találhatjuk.

Tápegység a 120 W-os változathoz

Elvi kapcsolási rajza a 25. ábrán látható, a megoldás hasonlít a 25 W-os erősítő tápegységére.

A 120 W-os erősítő többféle tápfeszültséget igényel, mint a 25 W-os. Az előerősítők, hangszínszabályozók, a tremoló, torzító és a keverő 330 V-os tápfeszültségről működnek. Az alacsony zaj érdekében ebben az ágba fojtótekerceses szűrést alkalmaztam.

A tápegységekben kétféle szűrést használnak. Az RC-szűrő, mely olcsó, egyszerű, de rajta aránylag nagy feszültségesés jön létre, ami teljesítmény

veszteséget eredményez. Ezért csak kis áramnál célszerű alkalmazni.

Az LC-szűrő lényegét tekintve egy π -szűrő. A két elektrolit kondenzátor között egy vasmagos fojtótekercs van. Az LC-szűrő legnagyobb előnye, hogy rajta teljesítmény veszteség alig van, a szűrőhatás a frekvencia négyzetével arányos, ezért lényegesen jobb hatásfokú. Itt jegyzem meg, hogy hibás méretezés esetén rezonancia is felléphet, amikor a bűgófeszültség megnő.

A fojtótekercs Z impedanciája két részből áll, a huzal rézellenállásából, valamint az induktív ellenállásból (X_L). Képletben:

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi f L)^2},$$

ahol $f = 100$ Hz, kétutas egyenirányítás esetén.

Az egyenfeszültséggel szemben csak a fojtótekercs rézellenállása lép fel. A brumm, a váltóáramú összetevő ellen hatásos csillapítást nyújt a fojtótekercs induktivitása. Tehát a feszültségcsökkenés kicsi, a szűrés viszont jó, ami igen alacsony bűgófeszültségben realizálódik.

A V3 és V4 végerősítő csövek 460 V-os anódfeszültséggel működnek. Ezt az n2 és n3 tekercsek által táplált egyenirányító fokozatok sorba kapcsolásával hozzuk létre. Itt is alkalmazom a késleltetett tápfeszültség bekapcsolást. A J jelfogó +360 V-ot és a +330 V-ot kapcsolja. A végerősítő csövek anódfeszültségét, a 460 V-ot nem késleltettem. Kihasználtam ezeknek a végerősítő csöveknek azt a tulajdonságát, hogy nulla segédrácsfeszültségnél nem folyik anódáram, a cső lezár. A végerősítő csövek segédrácsfeszültségét stabilizáltam a T1 jelű emitterkövetős fokozattal. A tranzisztor bázisáramát az R62 és R63 ellenállások állítják be. A

kimenő feszültséget, a három sorba kapcsolt zener dióda (D11, D12, D13) feszültségeinek összege határozza meg. Az n5 tekercshez kapcsolódó késleltető és feszültségstabilizáló áramkör egyezik a 19. ábrán láthatóval. Működését a 25 W-os tápegység leírásában taglaltam.

Az n6-os tekercs kettős feladatot lát el. Erről fűtjük a V3 és V4 végerősítő csöveket, valamint ez táplálja az egyutas egyenirányítót, mely a negatív rácselőfeszültséget állítja elő. Több olvasóm jelezte, hogy a bekapcsolás pillanatában a V3 és V4 elektroncsövek fűtőszálai felvillannak. Ezeket a csöveket soros fűtésre konstruálták, tehát elsődleges cél a 300 mA-es áram betartása. Bekapcsolás pillanatában a fűtőszál hidegellenállása miatt a párhuzamos fűtésnél nagyobb áram alakul ki, mint az előírt. Az R71 és R72 ellenállások ezt a jelenséget szüntetik meg. Amikor kialakulna az áramcsúcs, az ellenállások sarkain nagyobb feszültség esik, így „lágyan” fűt fel az elektroncső.

A végerősítő csövek rácselőfeszültségét a D25 pozíciószámú zener dióda stabilizálja. 51 V-ra. A Tr2 hálózati transzformátor n7-es tekercse 6,3 V-ot ad le 5A-es terhelés mellett. Amennyiben az orosz 6P45SZ vagy EL-típusú végerősítő csöveket alkalmazunk, ezt a fűtőtekercset használjuk.

Stabilizátorcsöves megoldás

A végerősítő csövek segédrácsának feszültségét egy VR150 típusú gáztöltésű csővel is stabilizálhatjuk. A '80-as években BEAG által gyártott erősítőben ezt a megoldást választották. Feltételezem, hogy fiatalabb olvasóim nem ismerik ezt a valamikor oly népszerű stabilizáló eszközt. Az ioncsöves stabi-

lizátor lényegében egy kételektródás ködfénylámpa. A katód egy 15...20 mm átmérőjű fémhenger, melynek közepébe egy huzal, az anód nyúlik be. A cső burája kisnyomású nemesgázzal, neonnal vagy argonnal van töltve.

A jellemző adatok értelmezése:

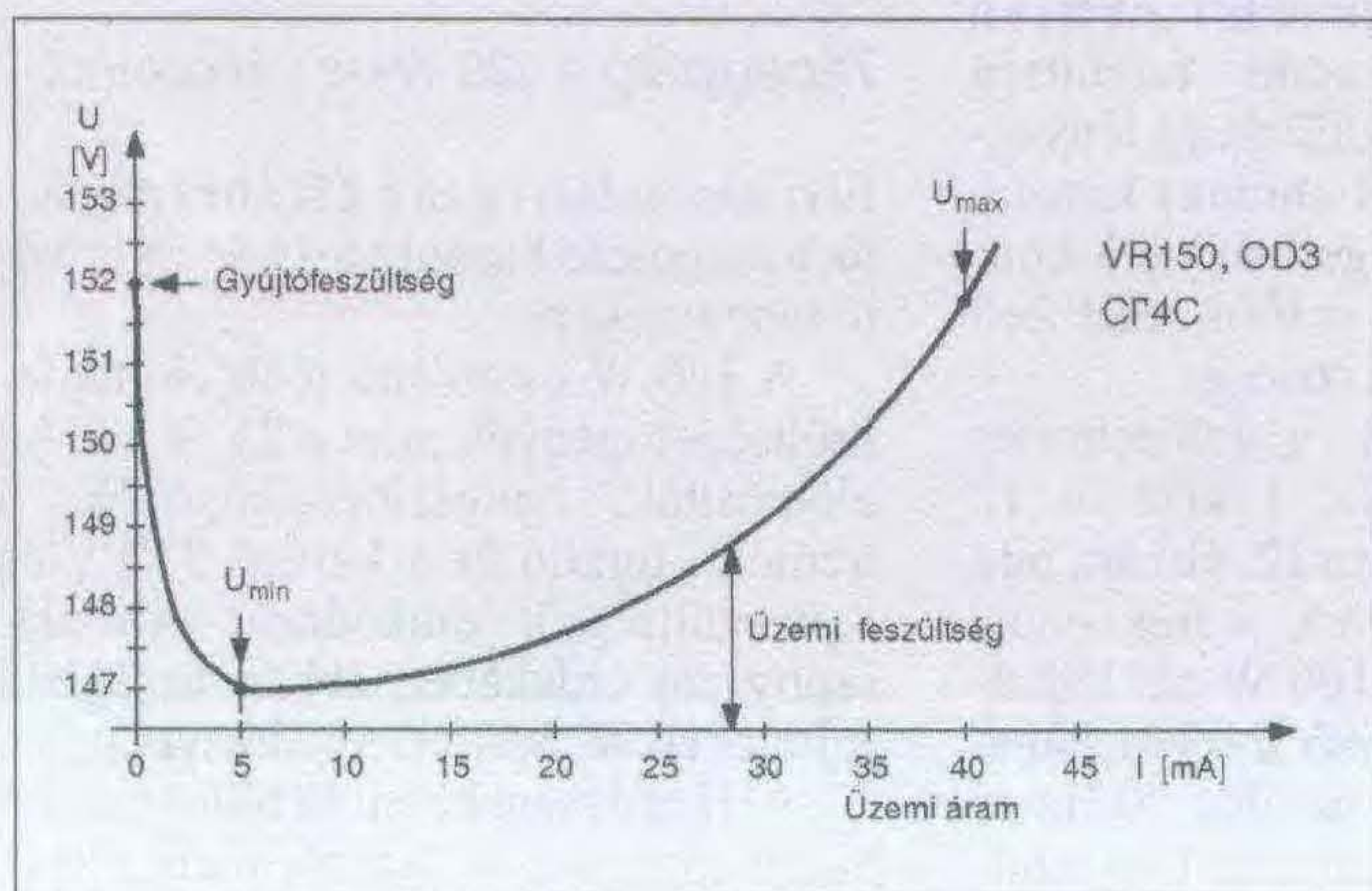
U_{gy} (gyújtófeszültség): Az a feszültség, melynél a cső belsejében lévő gáz begyullad. Ezt lila vagy rózsaszín fény jelzi a gáztöltéstől függően. A stabilizátor csővön addig nem folyik áram, amíg be nem gyújtott

$U_{ü}$ (üzemi feszültség): Értéke a gyújtófeszültség alatt van. Az üzemi feszültséget az üzemi áram felénél adják meg.

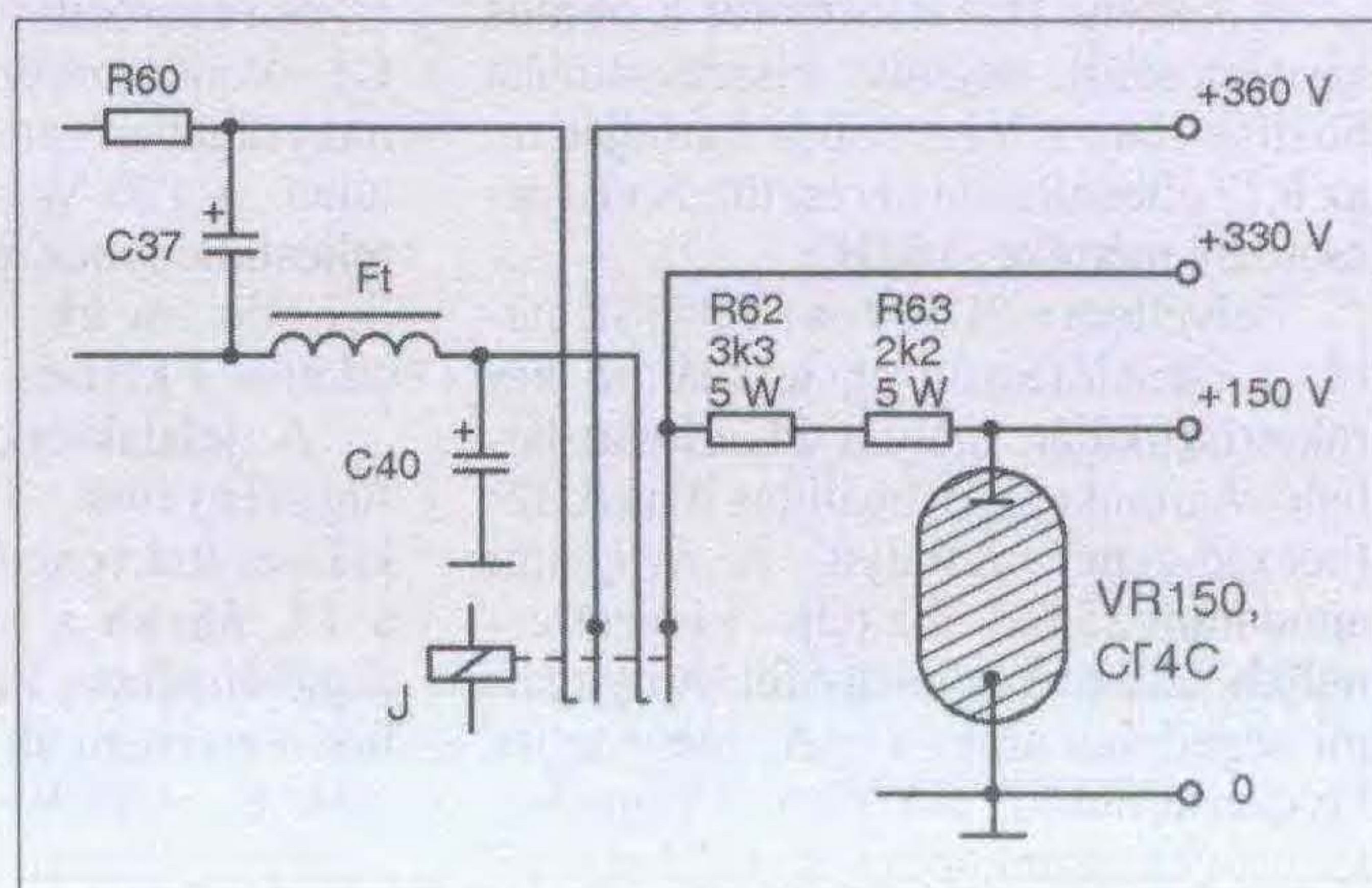
$I_{ü \min} \dots I_{ü \max}$ (üzemi áram): Az az áramtartomány, melyben a stabilizátor cső használható.

A tápegységben alkalmazott VR150-es stabilizátor cső jelleggörbéje a 26. ábrán látható. A stabilizátor cső 152 V-nál gyújt be. Katalógus adat szerint a cső az 5...40 mA-es tartományban használható. A megvalósított kapcsolás a 27. ábrán található. Az R62 és R63 ellenállások értékei itt kisebbek, teljesítményük nagyobb. Ez azért szükséges, mert ezeken folyik át a V3 és V4 csövek segédrácsárama. A VR150 stabilizátor cső a zener diódához hasonlóan stabilizál. Amikor alacsony a két végcső segédrácsárama, a felesleget a VR150 veszi fel. Nagyobb kivezérlésnél a segédrácsok nagyobb áramot fogyasztanak, ekkor kevesebb jut a stabilizátor csőre. E két állapot között alig változik a segédrács feszültség.

A következőt kell még megjegyezni a stabilizátor csövekről. Élettartamuk véges. A katalógusok erről hallgatnak, egy-két helyen találtam csak halvány



26. ábra. A VR150 stabilizátor cső karakterisztikája



27. ábra. A VR150 stabilizátor cső alkalmazása

utalást. Ha ezeket összegzem, akkor 1000 és 2000 óra között van üzemidejük. Régebbi tapasztalataim szerint ez jelentősen függ attól, hogy melyik cég gyártotta a csövet. – Ehhez csak egy adalék. Műhelyemben a kapcsolótáblán a három fázis jelenlétét három darab ERG gyártmányú (Bundes Republic Deutschland) glimm fénye jelzi, idestova 35 éve. A magyar és szovjetgyártású glimmlámpák 2-3 év alatt „beégnek”. Fényük lecsökken, villognak, műszaki szlenggel: vakliznak. Az üvegburán ezüstös, fémszínű kicsapódást látunk. A hiba oka a rossz gázösszetétel.

A stabilizátorcsövek úgy öregednek, hogy gyújtófeszültségük egyre feljebb megy. Amikor a cső begyújt, majd a terhelés (hangerő) változásakor villog, akkor megérett a cserére. A tápegység fóliarajza olyan, hogy a félvezetős vagy a stabilizátor csöves verzió is megépíthető.

Teljesítménymérő

Feladata a hangszórókra jutó teljesítmény indikálása. Az 1. ábrán lévő tömbvázlaton ez az egység nem szerepel, mert e nélkül is kiválóan működik az erősítő. Kapcsolási rajzát a **28. ábra** tartalmazza. A teljesítmény kijelzése hagyományos, mutatós, Deprez-műszerrel történik. A műszer skáláját teljesítményben (W-ban) kalibráltam.

A hangszórók kapcsain megjelenő feszültség az R1 ellenálláson át a D1...D4 Graetz-hídra jut. A hangerővel arányos egyenfeszültséget a Deprez-műszer méri, beállítása a soros P1 trimmer-potenciométerrel történik. A műszer a pillanatnyi teljesítményt mutatja. A kapcsolat érdekessége a D5 zener diódával létrehozott korrekció. A

soros dióda eltolja a M műszer nulla (kezdeti) pontját. Ezzel elérhető, hogy a teljesítményben, W-ban kalibrált skála közel egyenletes osztású legyen.

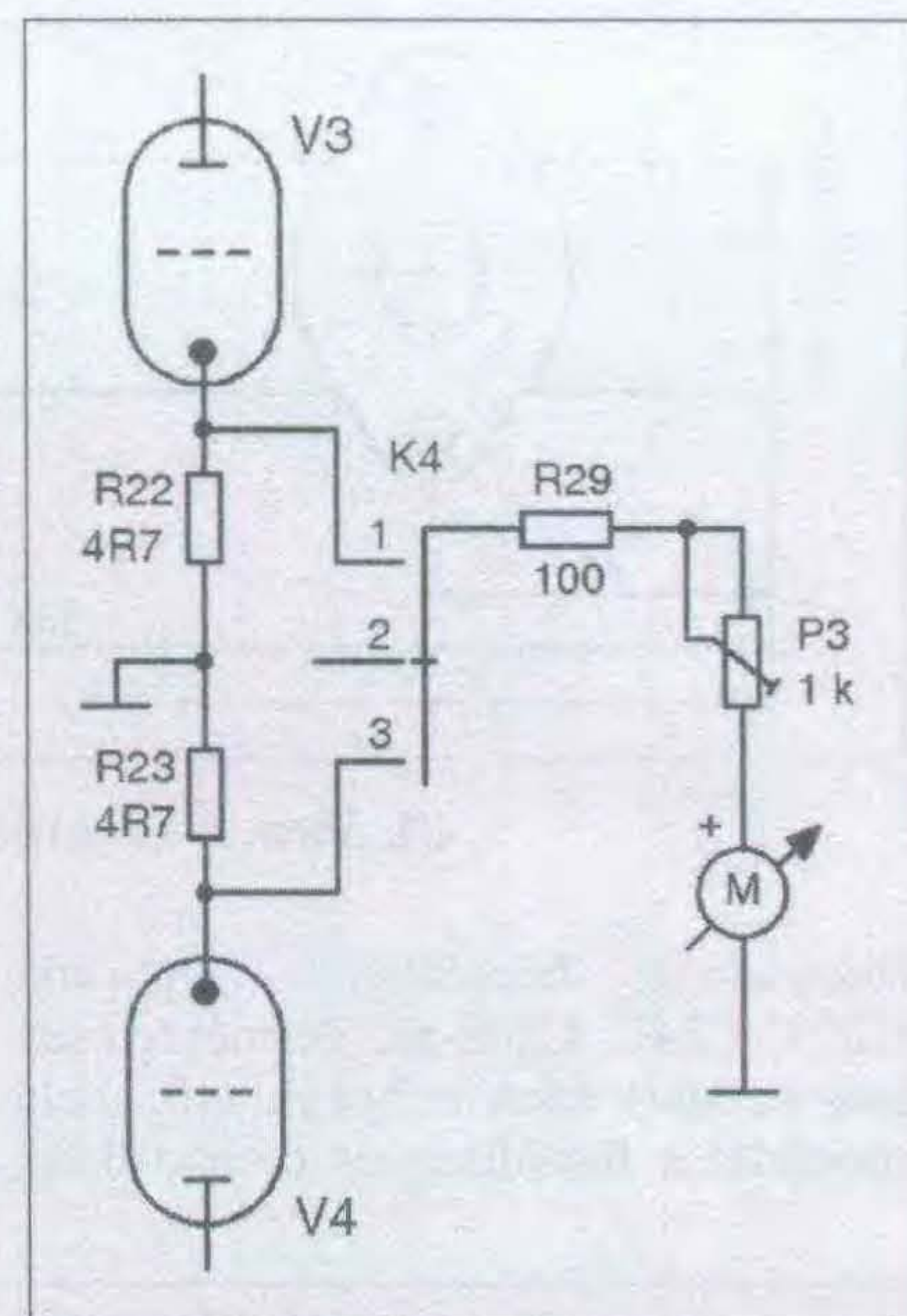
A mintapéldányban egy műanyag-házazas műszert alkalmaztam, melyen 10-es lineáris osztás volt. Ebben az áramkörben a teljesítmény skála a következő képen nézett ki: 5 W = 2°, 10 W = 4°, 20 W = 8°, 25 W = 9° és 30 W = 10°. Hasonlóan jó linearitást produkált a 120 W-os erősítő teljesítmény-kijelzője is. A végkitérést a P1 trimmer-potenciométerrel állítjuk be. A 120 W-os kijelzőnél a Deprez-műszerrel egy sőtellenállást kapcsolunk párhuzamosan, értéke a 100...120 µA-es végkitérésű műszer esetén 820 ohm.

Munkapont-ellenőrző műszer

A párba válogatott V3 és V4 végcsövekkel előfordulhat, hogy több óras üzem után „szétcsúsznak”. Elektromos paramétereik nem egyformán változnak. Megváltozik a nyugalmi áram, az növeli a végfok torzítását. A BEAG erősítőiben (APX 100) alkalmazta azt a megoldást, hogy a végerősítőcsövek katódkörében elhelyezett 1%-os mérőellenálláson feszültséget mért. Egy háromállású kapcsolóval felváltva mérhettünk a végerősítőcsövek katód-mérőellenállásán. Ez alkalmas volt arra, hogy nyugalmi katódáram szimmetriáját ellenőrizzük. A fent leírt áramkör kapcsolási rajza a **29. ábrán** látható. A végerősítő nyomtatási rajzán ezek az alkatrészek megtalálhatók.

Megépítés, elkészítés

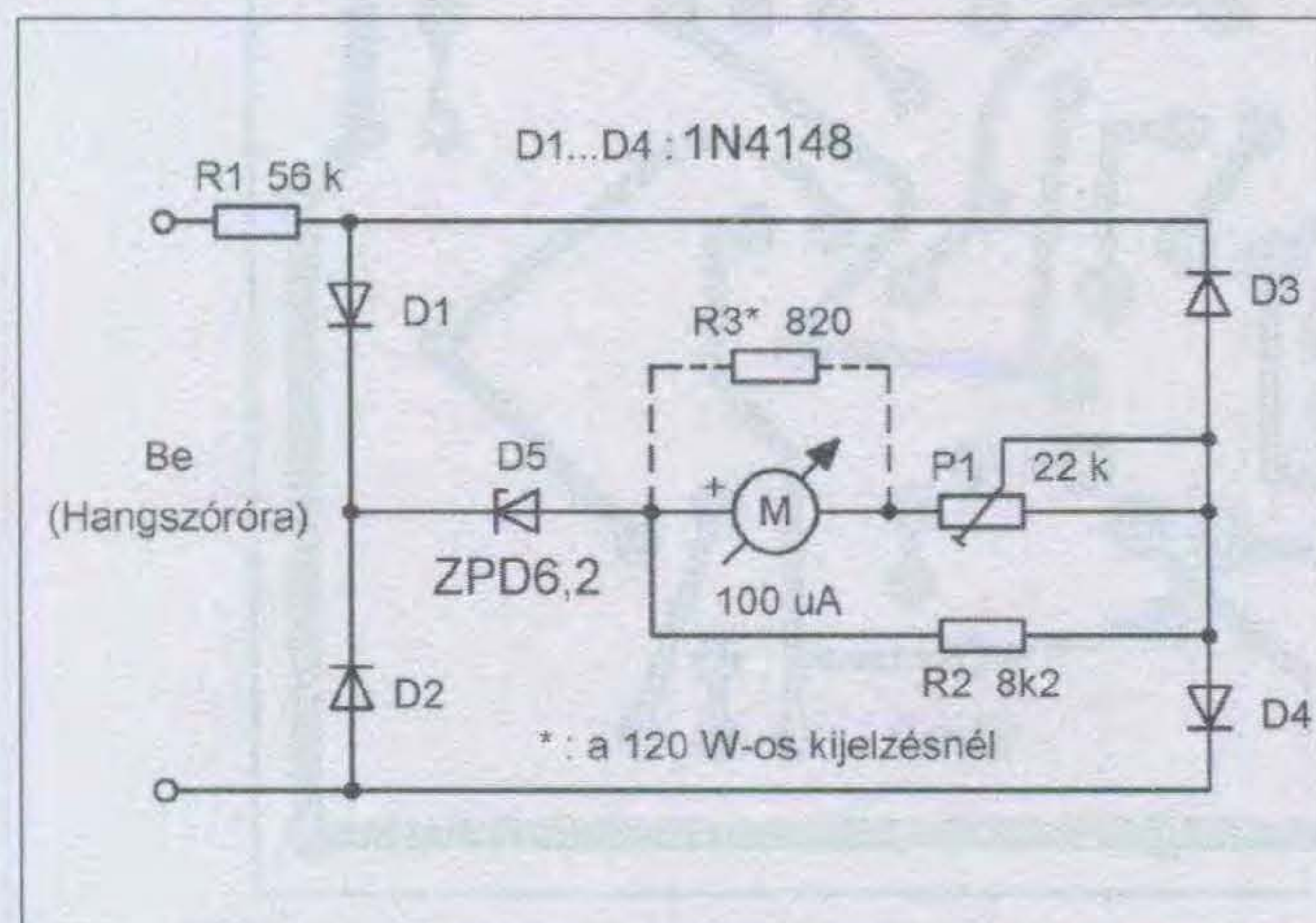
Az alkatrészek beszerzésével kezdjük a munkát. (A főbb alkatrészek, a csövek



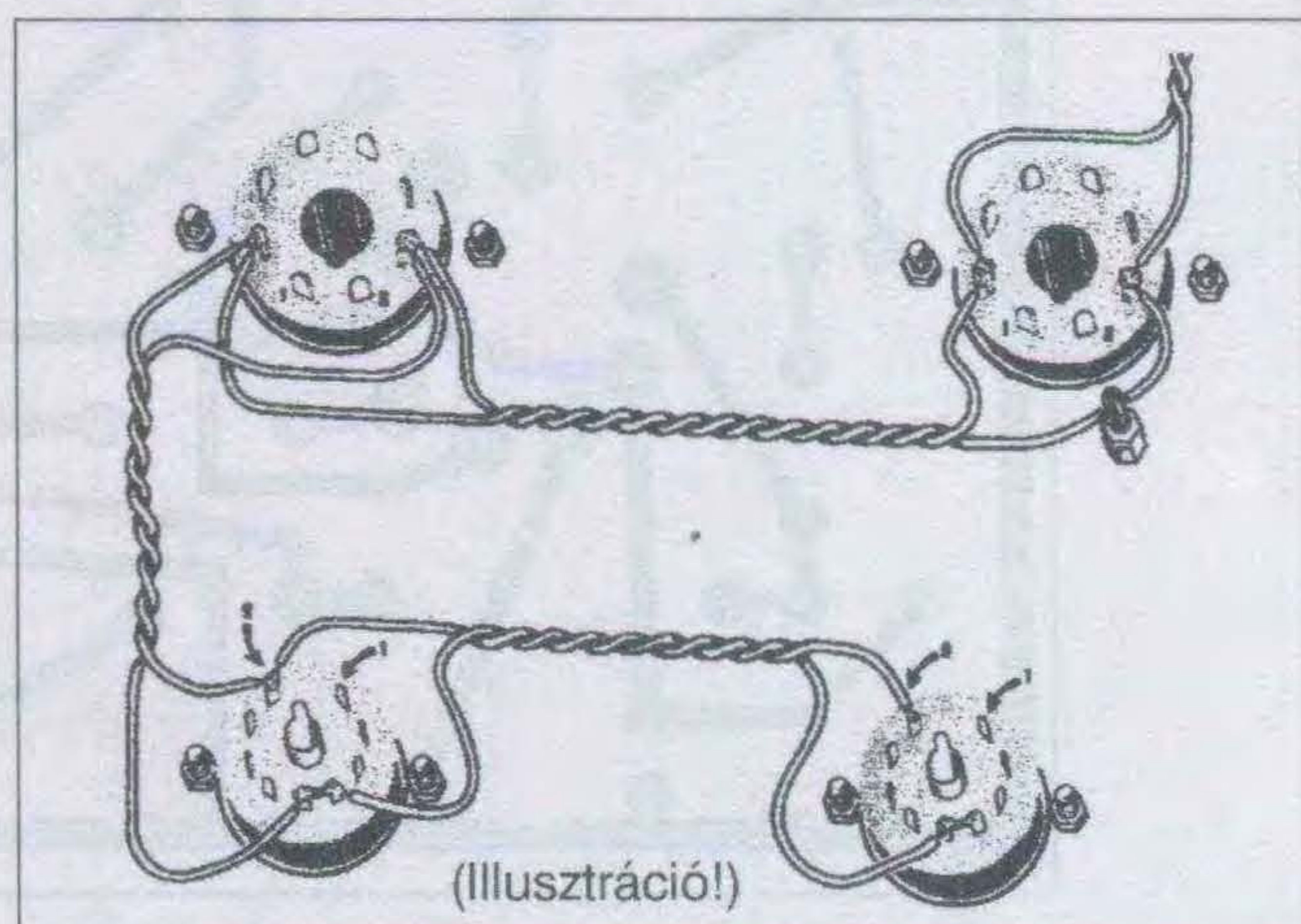
29. ábra. A munkapont-ellenőrző kapcsolási rajza

és foglalataik a HAM-bazárban megvásárolhatók.)

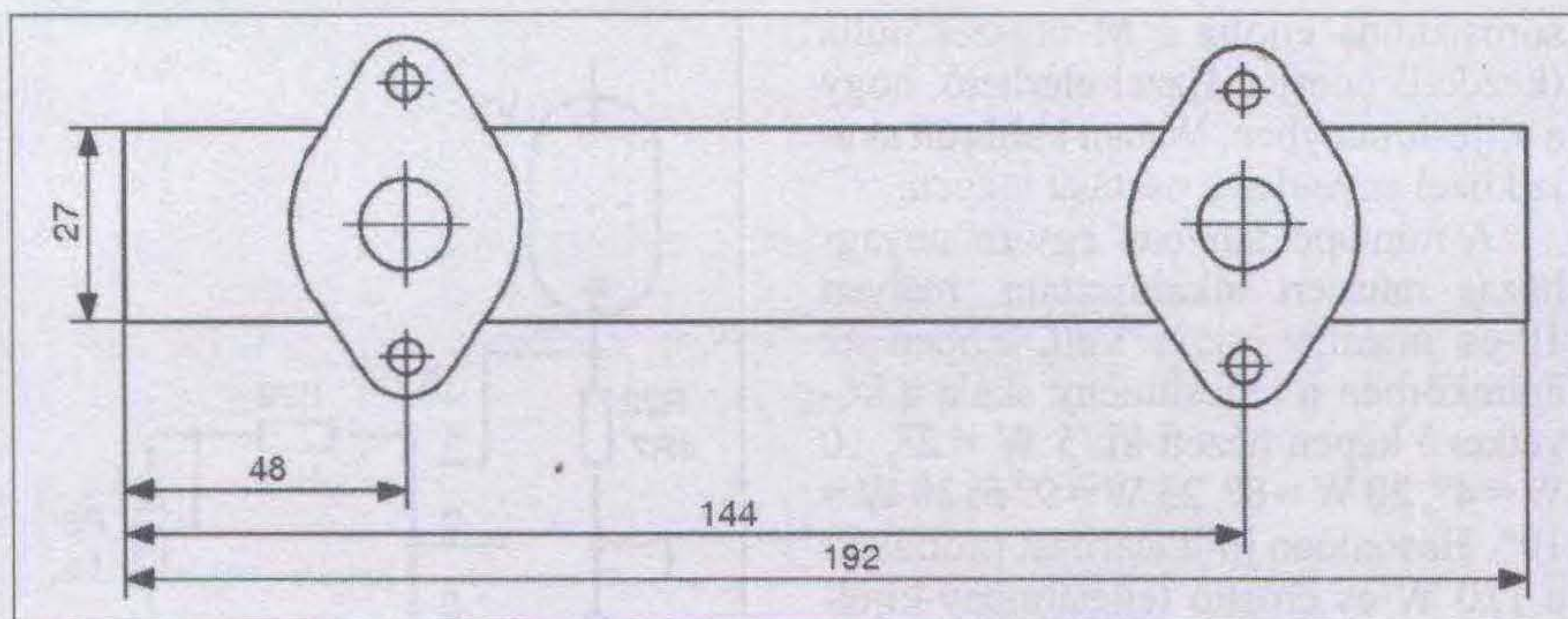
Az ellenállások a újabb szinkódos, 0,6 W-os vagy a régebbi gyártású 0,5 W-os REMIX R510, illetve a szovjet MLT típusúak lehetnek. A nyomtatt panaleken a lábkiosztás olyan, hogy bármely típus beépíthető. A kapcsolási rajzon jelöltem a nagyobb, 2 vagy 5 W-os terhelhetőségű ellenállásokat. A csatolókondenzátorok üzemi feszültsége szerepel a kapacitásérték mellett. Ahol nincs megadva, oda 60...63 V-os már megfelel. Hangfrekvenciás célra fémezett poliészter dielektrikumú kondenzátort használjunk. Ajánlott típusok: WIMA MKP4, WIMA MKS4, a Siemens MKH vagy MKT, ezek német gyártmányok. A régebbi REMIX gyárt-



28. ábra. A teljesítménymérő kapcsolási rajza



30. ábra. A csövek fűtéseinek huzalozási rajza



31. ábra. A végerősítő csövek szerelése

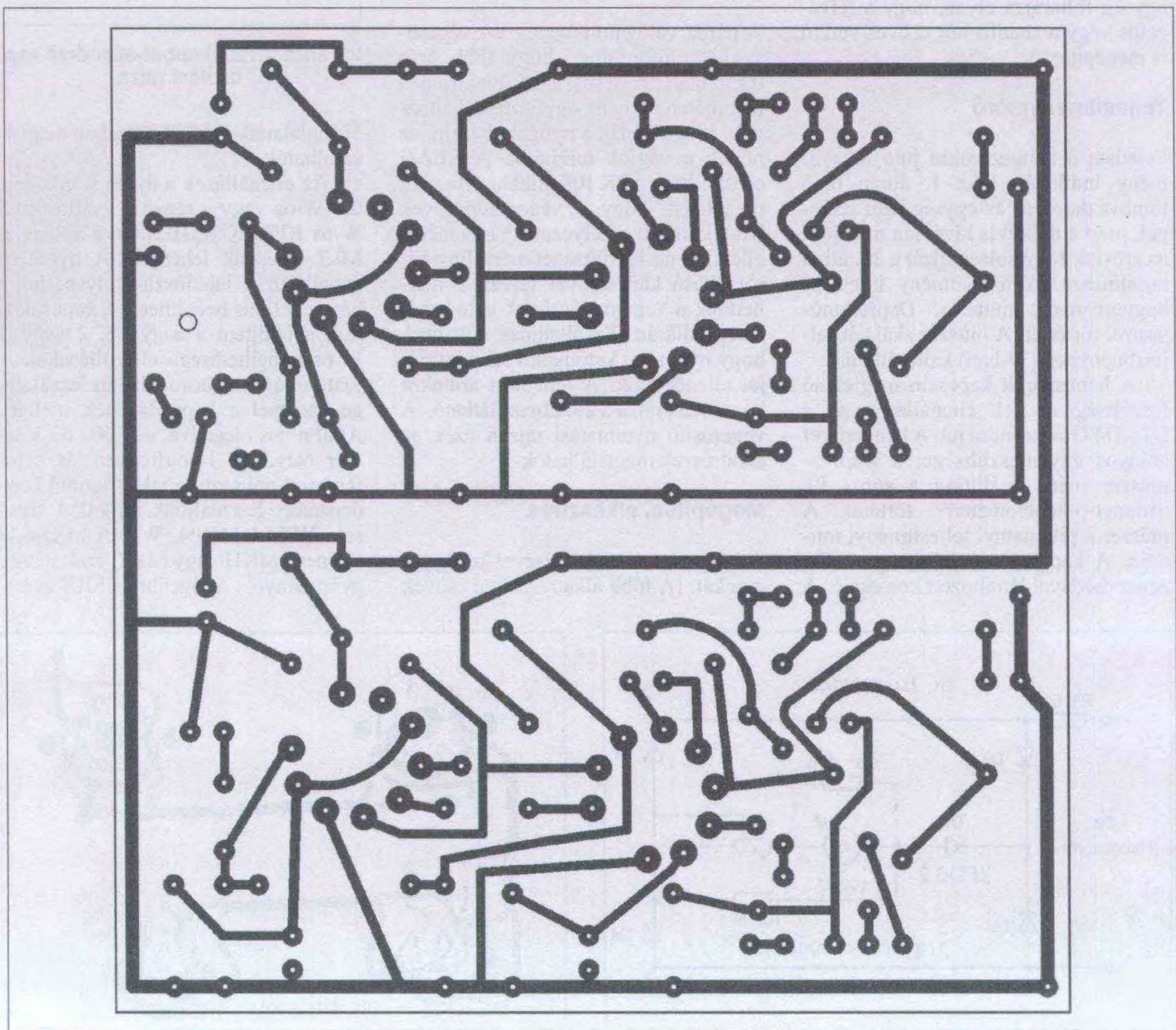
mányok is beépíthetők. Típusaik: C223, C243, C248-as. Természetesen más (ázsiai) típus is beépíthető, mely megfelel a feszültség és dielektrikum

előírásoknak. A novál csövek foglalatjaihoz a fűtőfeszültséget két szál, összesodort, tömör rézvezetékekkel visszük, a nyomtatott áramköri lap fóliás

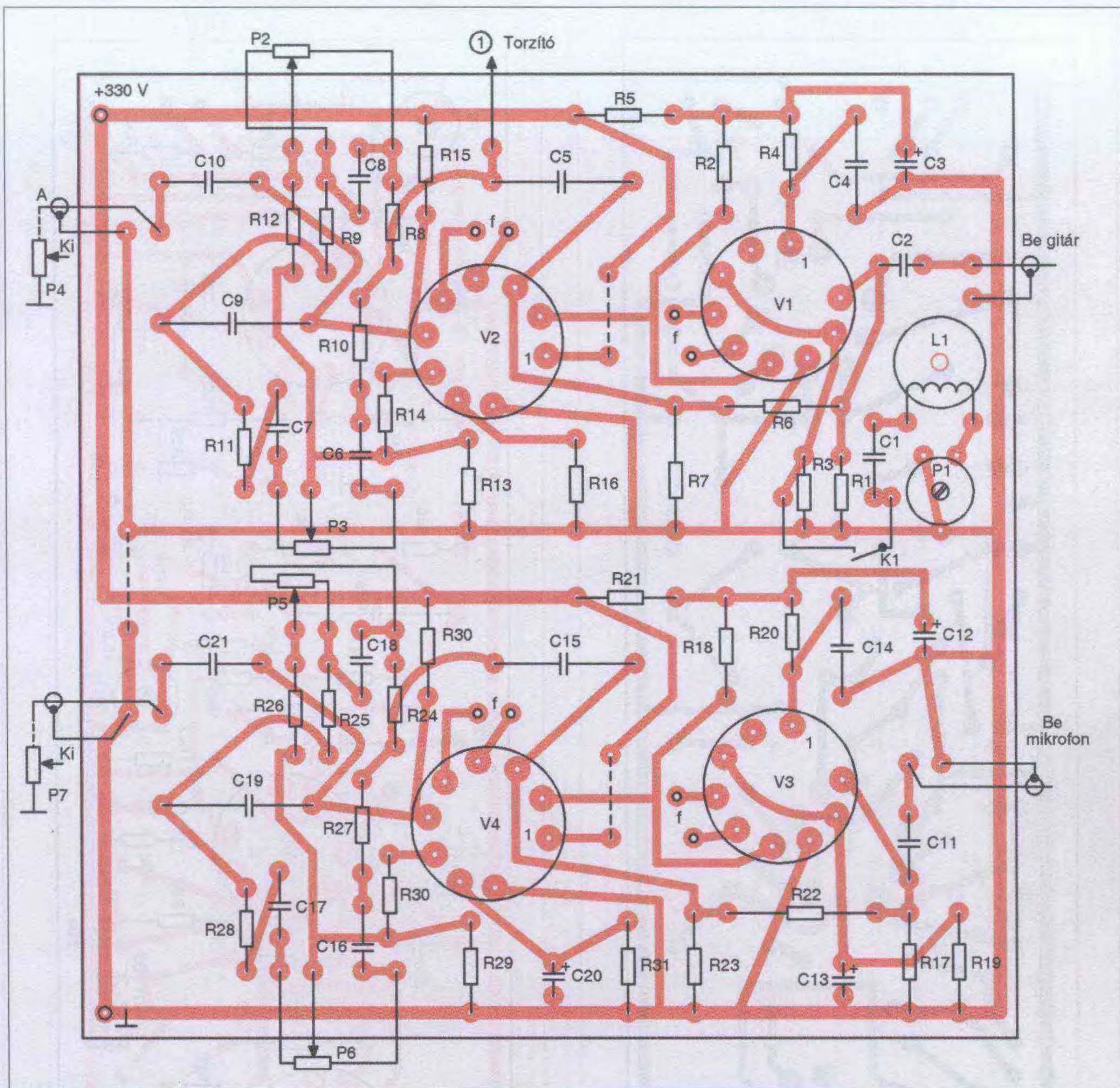
oldalán. Az összesodort vezeték mágneses szórása kisebb, mint a párhuzamos vezetéké. A javasolt huzalozási rajz a 30. ábrán található.

A V3 és V4 végerősítő csövek a fém alaplemezen (saszin) találhatóak, a nyomtatott áramköri laphoz rövid huzalkötésekkel csatlakoznak. A két végerősítőcső nagy mennyiségű hőt termel. Ezért az erősítőt olyan dobozba kell szerelni, ahol biztosítva van a jó levegőáramlás.

A BEAG APX 100-as erősítőjében a konstruktőrök szellemes megoldást alkalmaztak. A fém saszin egy téglalap formájú kivágást készítettek. Erre szerelték a csőfoglatokat. A levegő így szabadon áramolhatott a két végerősítő cső körül (31. ábra).



32. ábra. A mikrofon- és a gitár csatorna nyomtatási rajza



33. ábra. A mikrofon- és a gitárcsatorna alkatrész-beültetési rajza

Az egyes áramköri egységek elkészítését a tömbvázlat sorrendjében tárgyalom.

Mikrofon- és gitárcsatorna

A két fokozat egy nyomtatott áramkörtáblán van elhelyezve. A 32. ábrán a főábrán, míg a 33. ábrán az alkatrész-beültetési rajz található.

A P2, P3, P5 és P6 hangszínszabályozó potenciométerek lineáris karakterisztikájúak, amit általában egy A betűvel vagy a lin szöveggel jeleznek a potin (100 kA, 100 k lin).

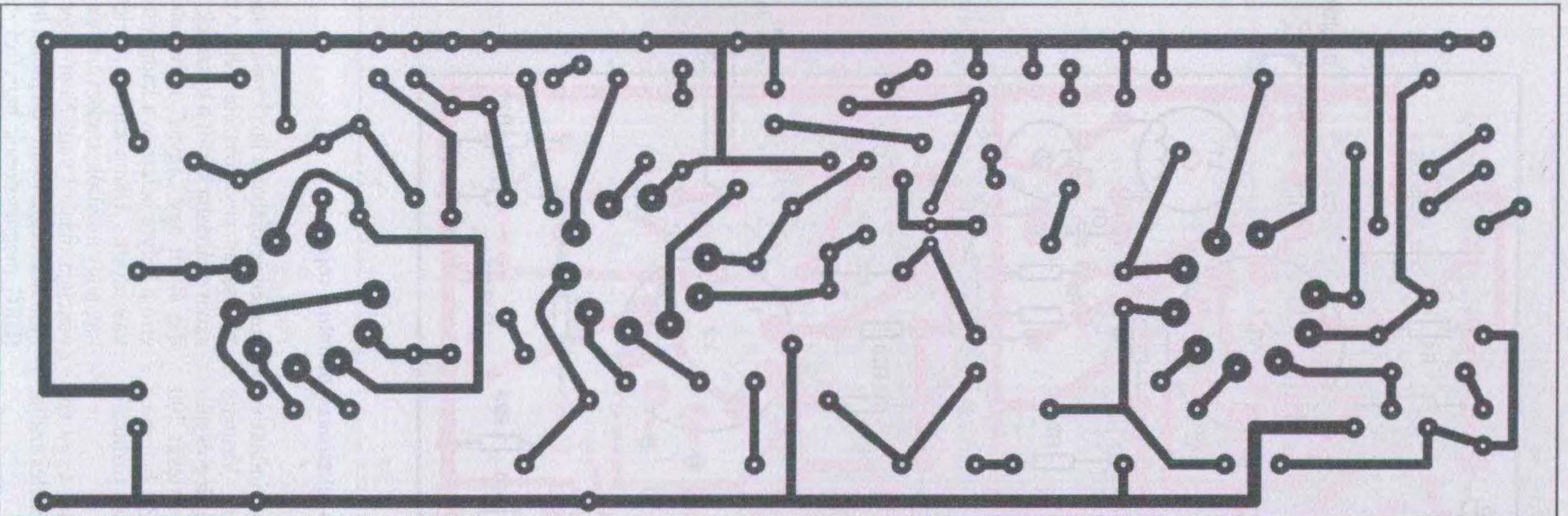
A gitárszűrőben levő L1 induktivitás adatai a következők. Vasmag: $\varnothing 14 \times 8$ mm, $A_L = 2100$. Ez légrés nélküli mag. Az induktivitás értéke: 200 mH, mely 500 menet, $\varnothing 0,1$ mm-es CuZ-ből, azaz zománcozott rézhuzalból.

A fazékvasmagot sárga-, vagy vörösréz, vagy alumínium menetes szállal szorítjuk össze.

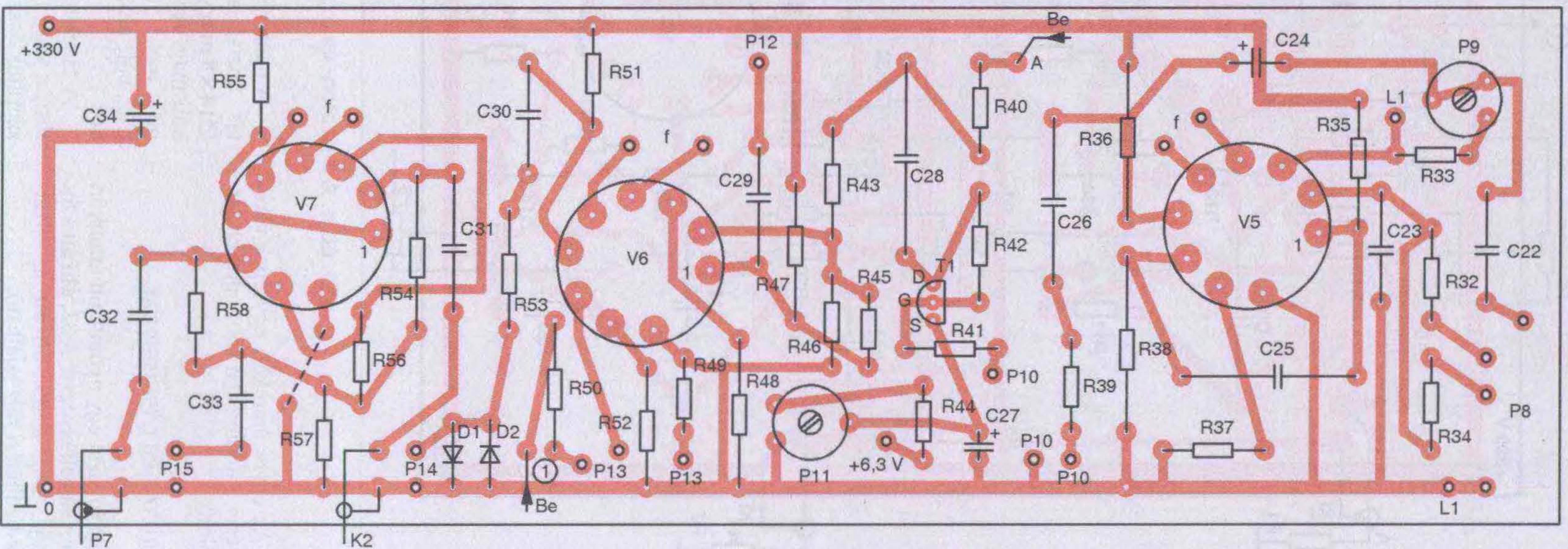
Lényeges, hogy nem lehet mágnesezhető anyag, mert ez megváltoztatja a tekercs induktivitását! – Huszonöt évig dolgoztam egy jónevű cég gyártmányfejlesztésén. Előírtuk a készülékek do-

kumentációjában a fazékvasat összehúzó csavar anyagösszetételét. Amikor aztán gyártásba került a készülék, mindig akadt egy „agyas” művezető, aki erre a helyre betette a kadmiumozott vascsavart... Utána kaptuk a telefonokat, hogy a szűrők, transzverterek frekvenciája máshol van! Nem vígasz, de több más cégnél sem volt jobb a helyzet (BRG magnetofonok hangfrekvenciás szívókörei).

A szívókör menetszállára, mely összehúzza a vasmagot, tegyünk egy rugalmas gumilemez alátétet. Ezzel elkerülhetjük a vasmag kettétörését.



34. ábra. A tremoló, torzító és keverő főlíarajza



35. ábra. A tremoló-, torzító- és a keverőfokozat alkatrész-beültetési rajza

1. táblázat. A 25 W-os erősítő hálózati trafója, EI-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menet-szám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	730	Ø0,55 mm Mz	Soroként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A n1 tekercsen három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés, majd egy sor Ø0,2 mm-es tekercselő huzal, egyik oldalt kivezetve (árnyékolás). Újabb három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés. Következik az n2 tekercs, soroként 0,06 mm-es szigeteléssel. Az n2 és n3 tekercsek között két réteg 0,1 mm-es prespán. Az n3 tekercs sorai között 0,06 mm-es szigetelés. Az n3 és n4 között két réteg 0,1 mm-es prespán. A többi tekercs között 1 réteg 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. Vasmag: EI 106/45, A = 15,8 cm ²
Szekunder	n2	260	Ø0,35 mm Mz	
	n3	720	Ø0,4 mm Mz	
	n4	22	Ø1,2 mm Mz	
	n5	35	Ø0,5 mm Mz	
	n6	133	Ø0,2 mm Mz	
	n7	22	Ø1,4 mm Mz	

2. táblázat. A 25 W-os erősítő hálózati trafója, M-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menet-szám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	550	Ø0,06 mm Mz	Soroként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A n1 tekercsen három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés, majd egy sor Ø0,2 mm-es tekercselő huzal, egyik oldalt kivezetve (árnyékolás). Újabb három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés. Következik az n2 tekercs, soroként 0,06 mm-es szigeteléssel. Az n2 és n3 tekercsek között két réteg 0,1 mm-es prespán. Az n3 tekercs sorai között 0,06 mm-es szigetelés. Az n3 és n4 között két réteg 0,1 mm-es prespán. A többi tekercs között 1 réteg 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. Vasmag: M 102/52, A = 18 cm ²
Szekunder	n2	198	Ø0,35 mm Mz	
	n3	540	Ø0,4 mm Mz	
	n4	16	Ø1,2 mm Mz	
	n5	26	Ø0,5 mm Mz	
	n6	100	Ø0,2 mm Mz	
	n7	16	Ø1,4 mm Mz	

3. táblázat. A 25 W-os erősítő hálózati trafója, SM-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menet szám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	550	Ø0,55 mm Mz	Soroként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A n1 tekercsen három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés, majd egy sor Ø0,2 mm-es tekercselő huzal, egyik oldalt kivezetve (árnyékolás). Újabb három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés. Következik az n2 tekercs, soroként 0,06 mm-es szigeteléssel. Az n2 és n3 tekercsek között két réteg 0,1 mm-es prespán. Az n3 tekercs sorai között 0,06 mm-es szigetelés. Az n3 és n4 között két réteg 0,1 mm-es prespán. A többi tekercs között 1 réteg 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. Vasmag: SM85/b, hiperszil szalagmag.
Szekunder	n2	196	Ø0,35 mm Mz	
	n3	536	Ø0,4 mm Mz	
	n4	16	Ø1,2 mm Mz	
	n5	26	Ø0,5 mm Mz	
	n6	99	Ø0,22 mm Mz	
	n7	16	Ø1,4 mm Mz	

Tremoló-, torzító- és keverőfokozat

Ez a három áramkör egy nyomtatott áramköri lapra került. A 34. ábrán a főliarajz, míg a 35. ábrán az alkatrészek beültetésének rajza látható.

A V5 kettőstriódával felépített Wien-hidas generátor frekvenciáját a P8 jelű, lineáris karakterisztikájú kettős potenciométerrel állítjuk. A potenciométer lehet körpályás vagy tolópotméter. Az elvárás a minél jobb együttfutás. Sajnos a kereskedelemben jelenleg jó minőségű potenciométert alig-alig találunk. A régi TESLA (cseh-szlovák) és RFT (kelet-német) potenciométerek jó minőségű, hosszú élettart-

tamúak voltak. A potenciométerekre rábélyegezték az együttfutást decibelben. A P8 potenciométer együttfutásától függ a generátor amplitúdó-stabilitása. Rossz esetben a frekvenciát változtatva az amplitúdó jelentősen változik, ilyenkor a P10 jelű potenciométerrel a modulációs mélységet utána kell állítani.

Több potenciométer birtokában együttfutásra válogathatjuk a P8-at. A mérés vázlata a 36. ábrán található. A dupla potenciométert Wheatstone-hídbe kapcsoljuk, és a híd közepébe (potenciométerek csúszkája) DC-műszert kapcsolunk. A hibafeszültség mérésére a digitális multiméter kitűnően megfe-

lel. A híd bementére egyenfeszültséget kapcsolunk, nagysága 3...5 V lehet. A potenciométer csúszkáját a pálya teljes hosszában végigcsavarjuk, és figyeljük a műszeren mutatott értéket. Ez minél kisebb, annál jobb a kettős potenciométer tagjainak ellenállás-együttfutása.

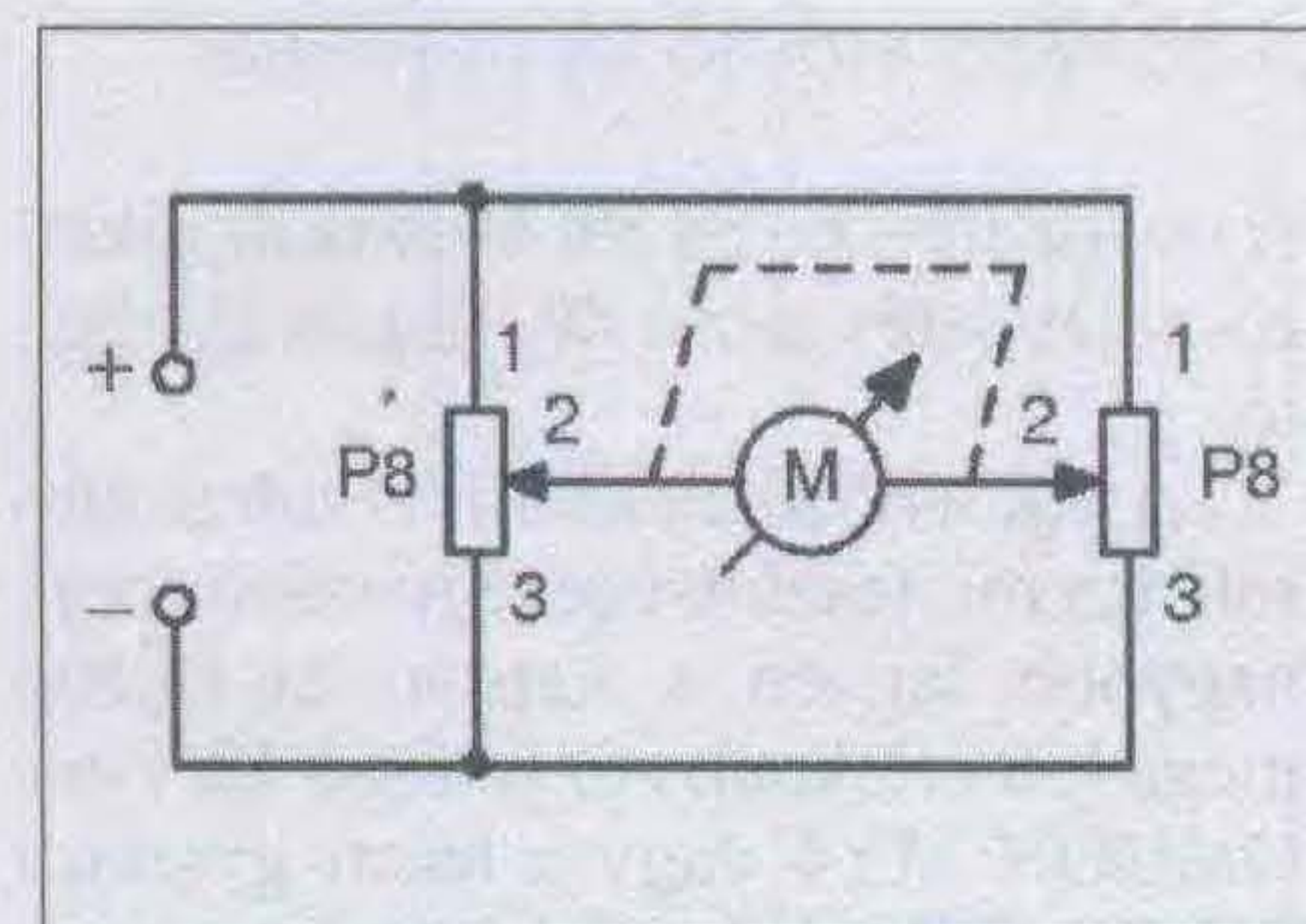
A limiterként alkalmazott L1 jelű, 230 V/15 W-os izzólámpa a panelon kívül van elhelyezve, méretei miatt. Az izzólámpát rövid vezetékkel kötjük a nyák-lemezhez. A lámpát vagy foglaltal szereljük, vagy a huzalvégekhez forrasztjuk. Az izzólámpán csupán néhány milliampere áram folyik, így élettartalma szinte végtelen.

A keverőfokozat (V7A) bemenetéhez kapcsolódik a K2 kapcsoló gyűjtősíne. K2 háromállású, körpályás kapcsoló. Ebből bármilyen típus megfelel, amely jól arettál és megbízható az érintkezője.

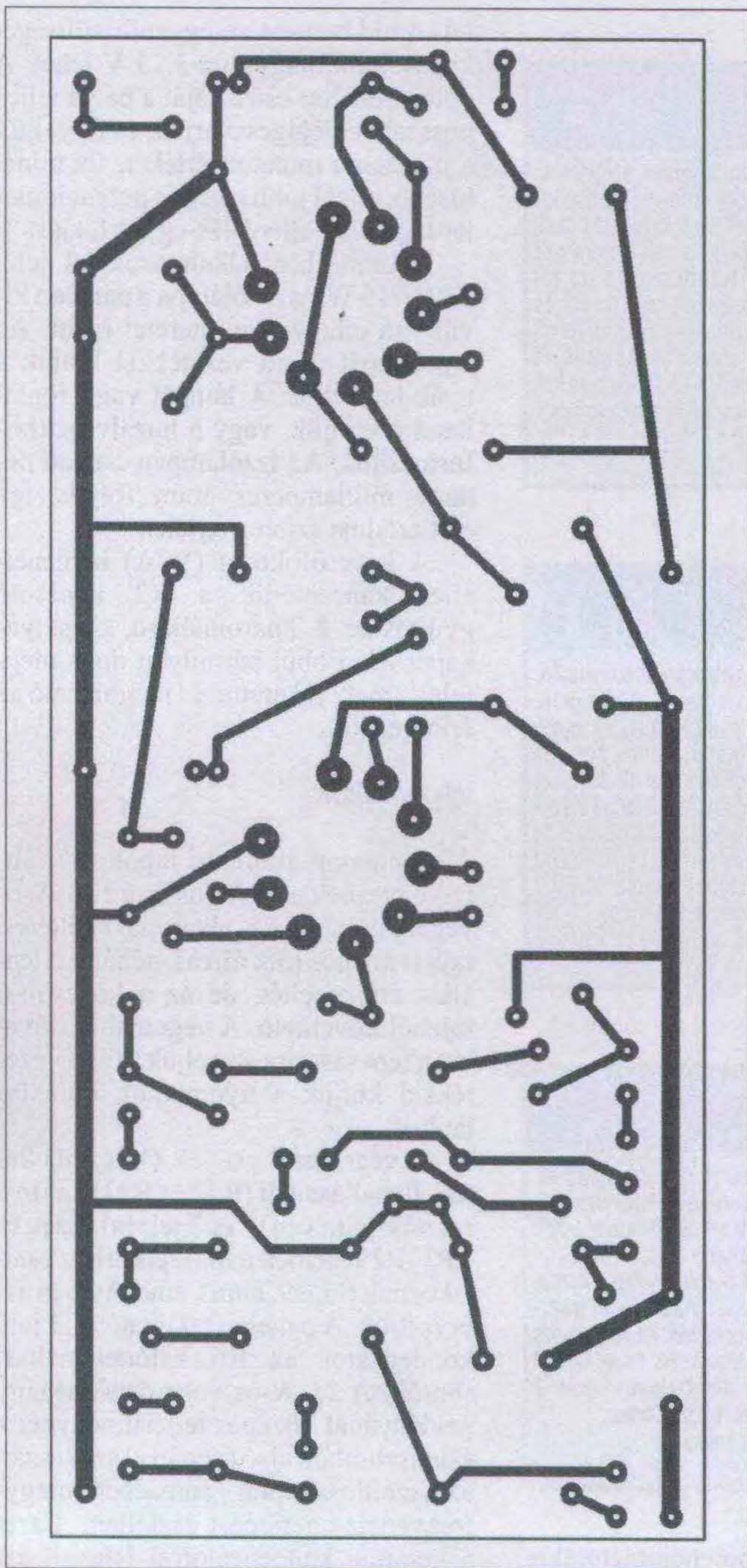
Végerősítők

A nyomtatott áramköri lapok (37. ábra) egyezőek a 25 W-os és a 120 W-os végerősítőnél. Az alkatrész-beültetési rajz is azonos (38. ábra), néhány ellenállás értéke eltér, de az a kapcsolási rajzból követhető. A végerősítő csöveket a fém sasszira szereljük, rövid vezetékkel kötjük a nyomtatott áramköri laphoz.

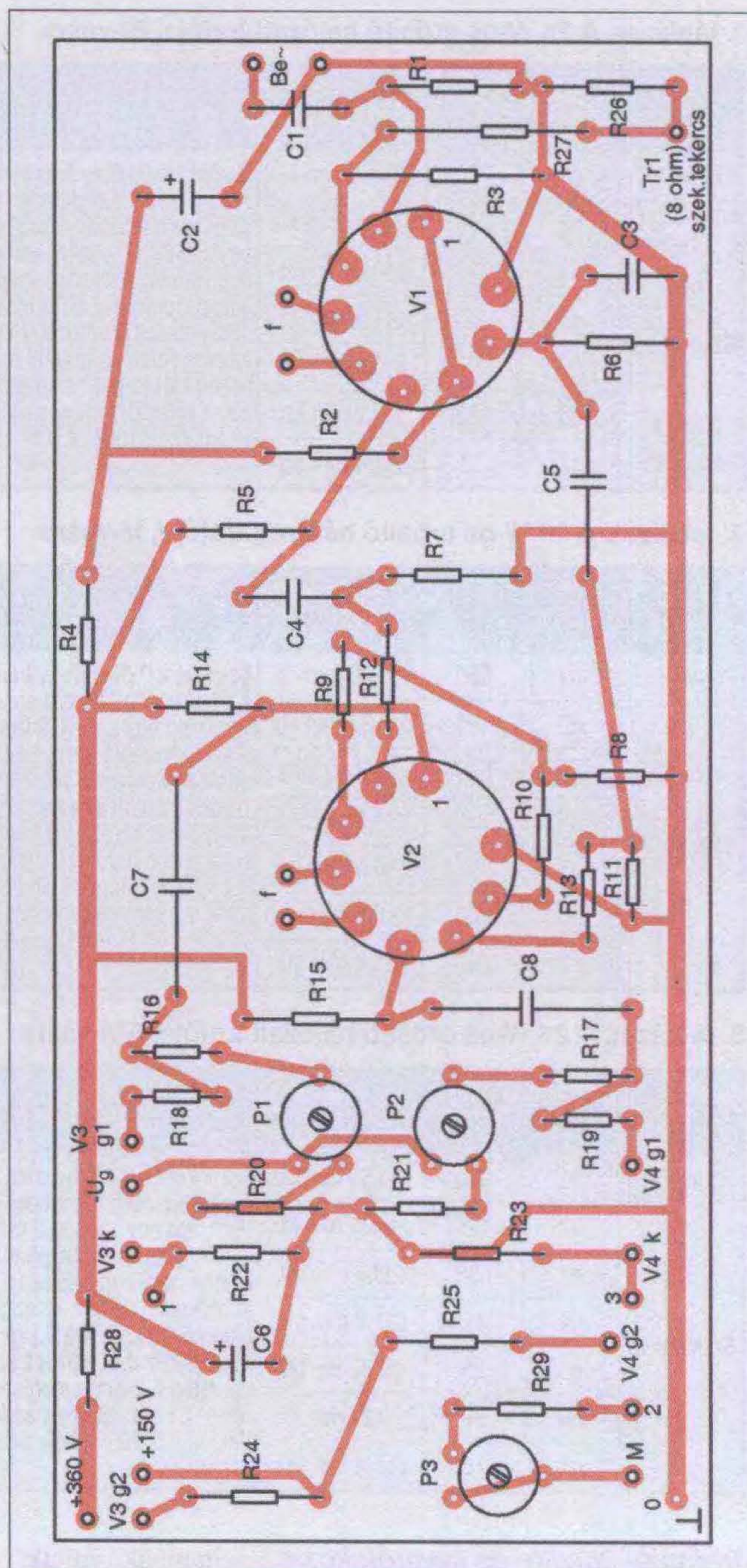
A végerősítő csövek (V3, V4) katódellenállásainál (R22 és R23) két forrasztási pont van (1 és 3 jelzés). Ezek és a P3–R29 elemek a műszerkörhöz csatlakoznak (ld. 29. ábra), amennyiben azt beépítjük. A panelon található C3 jelű kondenzátor az R6 katódellenállást söntöli. A 25 W-os végerősítő néhány példányánál közepes teljesítménynél a szinuszhullám alsó (negatív) szakaszán az oszcilloszkópon „pamacot”, nagyfrekvenciás gerjedést észleltem. Ezzel a kerámia kondenzátorral lehetett ezt megszüntetni. A 120 W-os erősítőnél erre nem volt szükség.



36. ábra. A P8 potenciométer mérési vázlata



37. ábra. A végerősítő(k) nyomtatási rajza



38. ábra. A végerősítő(k) alkatrész-beültetési rajza

A 25 W-os erősítő tápegysége

A nyomtatási rajz a **39. ábrán**, az alkatrész-beültetés rajz a **40. ábrán** található.

A különböző elektrolit kondenzátorok üzemi feszültsége egyezzen vagy nagyobb legyen a kapcsolási rajzon megadott értéknél. A J jelfogó 12 V-os, OMRON MY4 vagy a hazai gyártású RE-CO GPM-4 típusú lehet. Természetesen más típus is megfelel, mely 70...80 mA-es áramra meghúz és szeg-

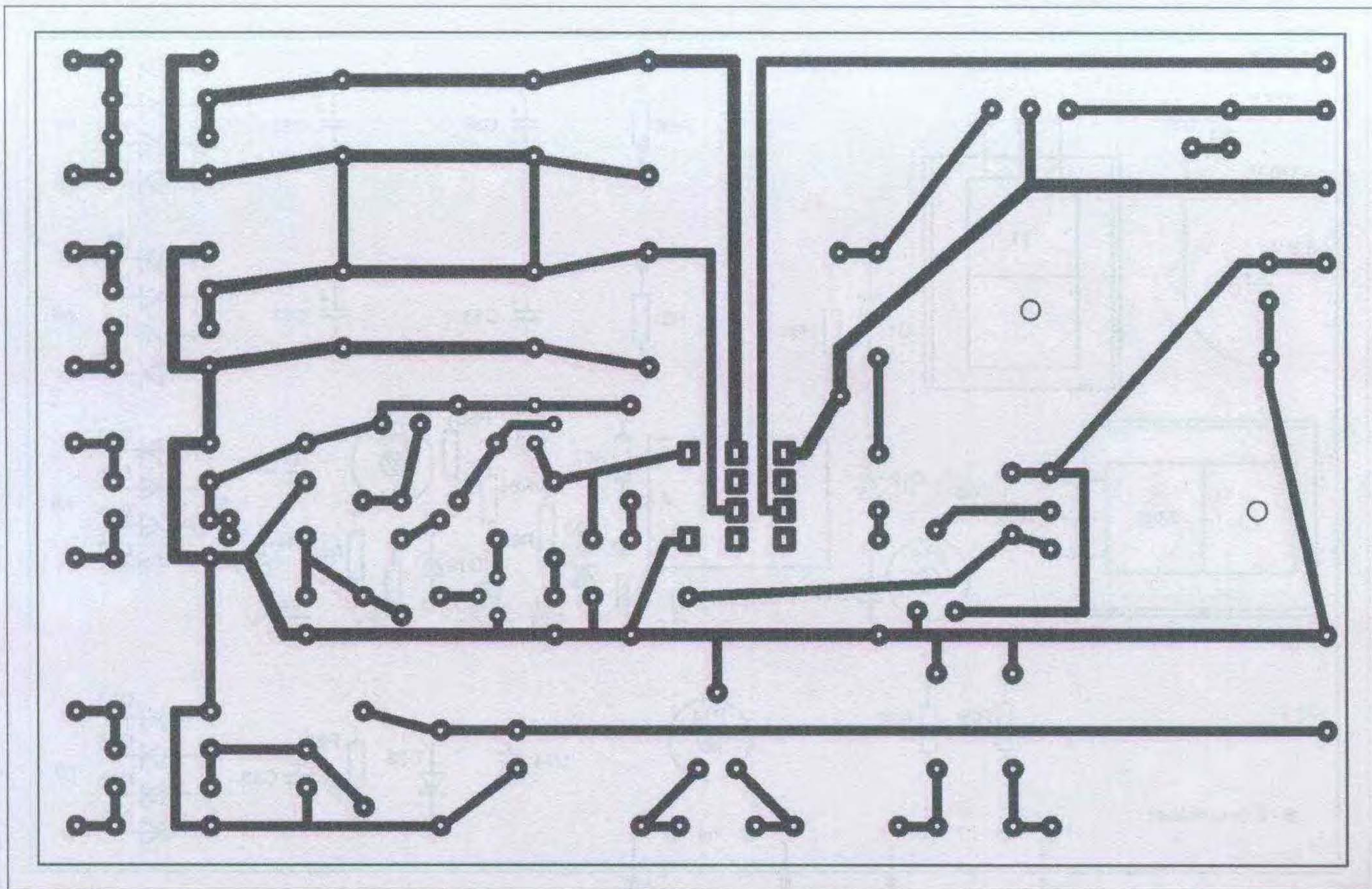
mensei kellő biztonsággal kapcsolják a tápfeszültséget. Olyan jelfogót kell választani, melynek érintkezői nyugalmi helyzetben nagy távolságra vannak egymástól.

A T1 tranzisztor hűtőfelületének rajza a **41. ábrán**, a 7805-ös feszültségstabilizátoré a **42. ábrán** található. A hűtőfelület és a tranzisztor közé szilikonpasztával bekent csillámlemez vagy teflonfóliát helyezünk, a tranziszort rögzítő M3-as csavarra szigetelő alátétet húzunk, így nem kerül kollek-

torpotenciálra a hűtőfelület. A 7805 stabilizátor hűtőfelületénél ugyanígy járunk el.

A C39 és C42 elektrolit kondenzátorok között a szerelési (alkatrész) oldalon egy huzalátkötés található. A másik átkötés a B-B pontok között van.

A Tr2 hálózati transzformátort elkészíthetjük lemezelt magra, EI-, vagy M-formátumúra, valamint a kisebb kubaturájú és súlyú hiperszil szalagmagra. Az **1. táblázat** az EI-, a **2. táb-**



39. ábra. A 25 W-os erősítő tápegységének nyomtatási rajza

lázat az M-mag, míg a 3. táblázat hiperszil szalagmagos kivitel tekercselési adatait tartalmazza.

A 120 W-os tápegysége

A fólia rajz a 43. ábrán, a beültetési rajz a 44. ábrán látható.

A J jelfogó típusa azonos a 25 W-os tápegységben lévővel. Az Ft fojtótekercset a fémvázra szereljük. A fojtótekercs adatai a következők:

Vasmag	EI 64
Pakettvastagság	25 mm
Vasmagkeresztmetszet	5 cm ²
Menetszám	3100
Huzal	Ø0,3 mm CuZ
Vasmag légrés	0,15 mm
Induktivitás	kb. 3,3 H
Rézellenállás	75 ohm

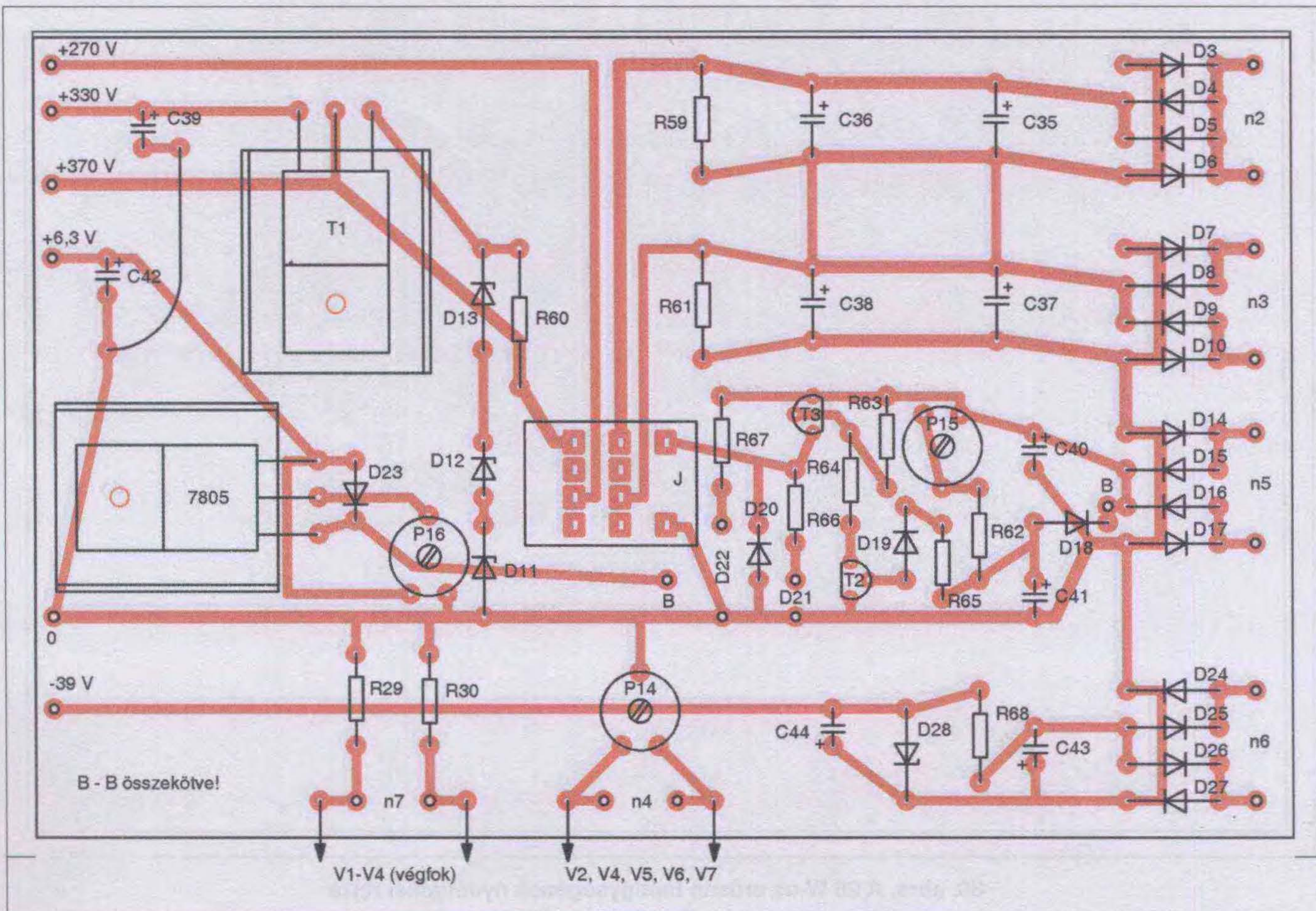
Az újabb gyártású vasmag az EI 66. A hazai fekete-fehér elektroncsöves televíziók hálózati fojtótekercse és képkim

menő transzformátora készült erre a vasra. Bármelyik vasmag megfelel. A képkimenő transzformátor pakettvastagsága nagyobb (30 mm), ezáltal a vasmagkeresztmetszet is nagyobb, $A = 6,6 \text{ cm}^2$. Ha erre a vasmagra tekercseljük a fojtót, induktivitása és az ohmos ellenállása nagyobb lesz. A T1 átteresztő tranzistorra és a 7805 stabilizátorra vonatkozókat a 25 W-os erősítő tápegységénél már leírtam. A stabilizátor bemenő feszültségét az A1 és A2 pontok közötti huzalátkötés biztosítja a nyákon.

A 150 V-os segédrendszer tápfeszültség stabilizálását VR150-es stabilizátorcsővel is megoldhatjuk. A fentebb már vázoltak szerint ekkor változik az R62 és R63 ellenállás értéke, elmarad a D11...D13 zenerlánc, valamint a T1 átteresztő tranzisztor. A stabilizátorcső 8 csapos, oktál foglalatú. A fém hordozólapra, a nyomtatott áramköri lap közelébe szereljük. A hordozólapra 26 mm átmérőjű kivágást készítünk, ebbe csavarozzuk a két M3-as anyacsavarral a csőfoglalatot.

4. táblázat. A 120 W-os erősítő hálózati trafója, EI-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menetszám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	644	Ø0,7 mm Mz	Soranként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A n1 tekercsen három sor 0,1 mm-es prespán-szigetelés, majd egy sor Ø0,2 mm-es tekercselő huzal, egyik oldalt kivezelve (árnyékolás). Ujabb három sor 0,1 mm-es prespán-szigetelés. Következik az n2 tekercs, soranként 0,06 mm-es szigeteléssel. Az n2 és n3 tekercsek között két réteg 0,1 mm-es prespán. Az n3 tekercs sorai között 0,06 mm-es szigetelés. Az n3 és n4 között két réteg 0,1 mm-es prespán. A többi tekercs között 1 réteg 0,1 mm-es prespán-szigetelés szükséges. Vasmag: EI 130/45, $A = 18 \text{ cm}^2$
Szekunder	n2	296	Ø0,5 mm Mz	
	n3	756	Ø0,5 mm Mz	
	n4	19	Ø1,5 mm Mz	
	n5	30	Ø0,5 mm Mz	
	n6	142	Ø0,55 mm Mz	
	n7	19	Ø1,8 mm Mz	



40. ábra. A 25 W-os erősítő tápegységének alkatész-beültetési rajza

5. táblázat. A 120 W-os erősítő hálózati trafója, SM-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menet-szám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n1	390	∅0,07 mm Mz	Soranként 0,06 mm-es transzformátopapír-szigetelés. A n1 tekercsen három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés, majd egy sor ∅0,2 mm-es tekercselő huzal, egyik oldalt kivezelve (árnyékolás). Ujabb három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés. Következik az n2 tekercs, soranként 0,06 mm-es szigeteléssel. Az n2 és n3 tekercsek között két réteg 0,1 mm-es prespán. Az n3 tekercs sorai között 0,06 mm-es szigetelés. Az n3 és n4 között két réteg 0,1 mm-es prespán. A többi tekercs között 1 réteg 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. Vasmag: SM 102/b, hiperszil szalagmag.
Szekunder	n2	180	∅0,5 mm Mz	
	n3	460	∅0,5 mm Mz	
	n4	12	∅1,5 mm Mz	
	n5	18	∅0,5 mm Mz	
	n6	86	∅0,55 mm Mz	
	n7	12	∅1,8 mm Mz	

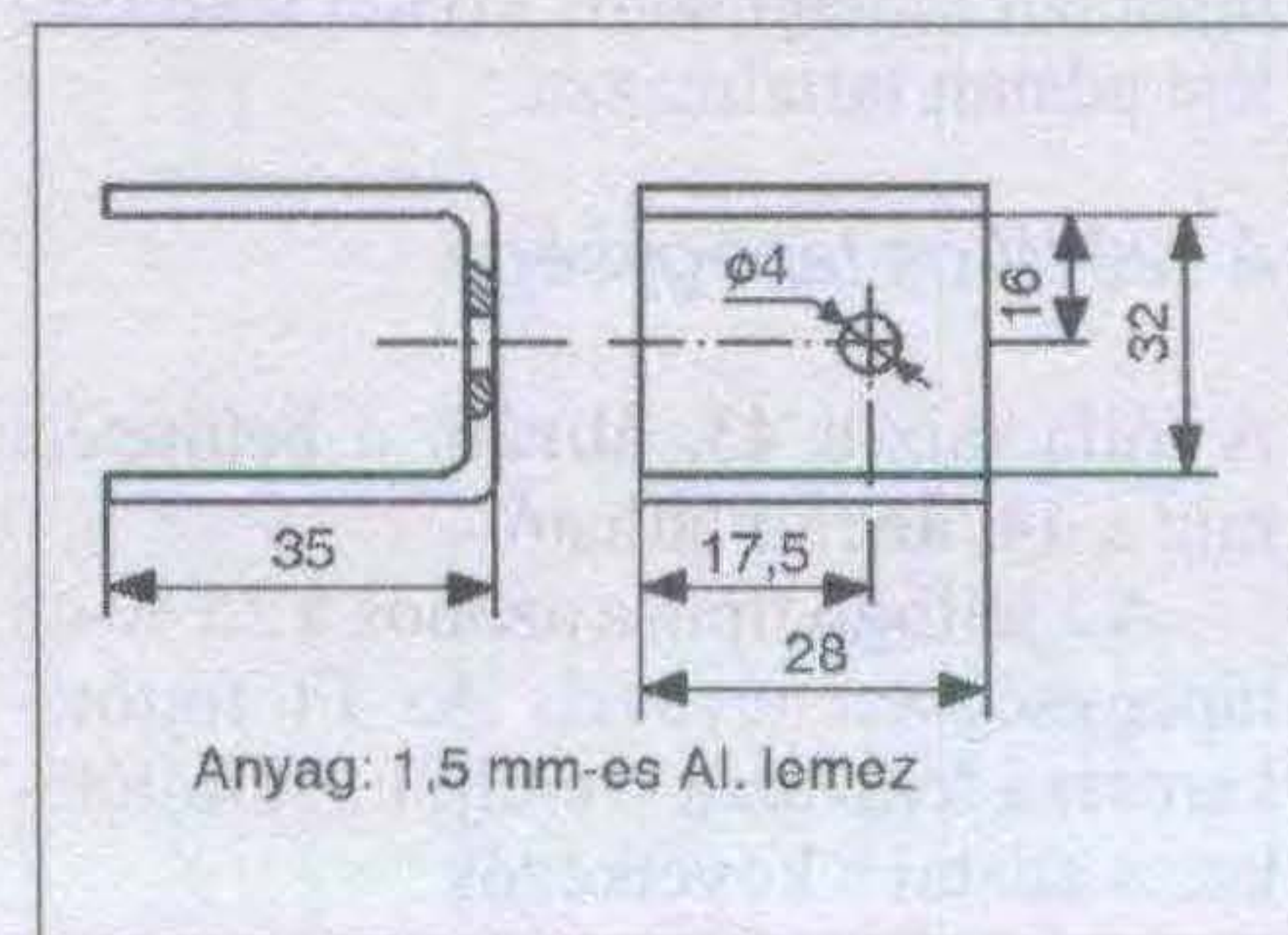
A Tr2 hálózati transzformátor lemezelt példányának adatai a 4. táblázatban, a hiperszil szalag magra készített változaté az 5. táblázatban vannak.

Kimenő transzformátorok

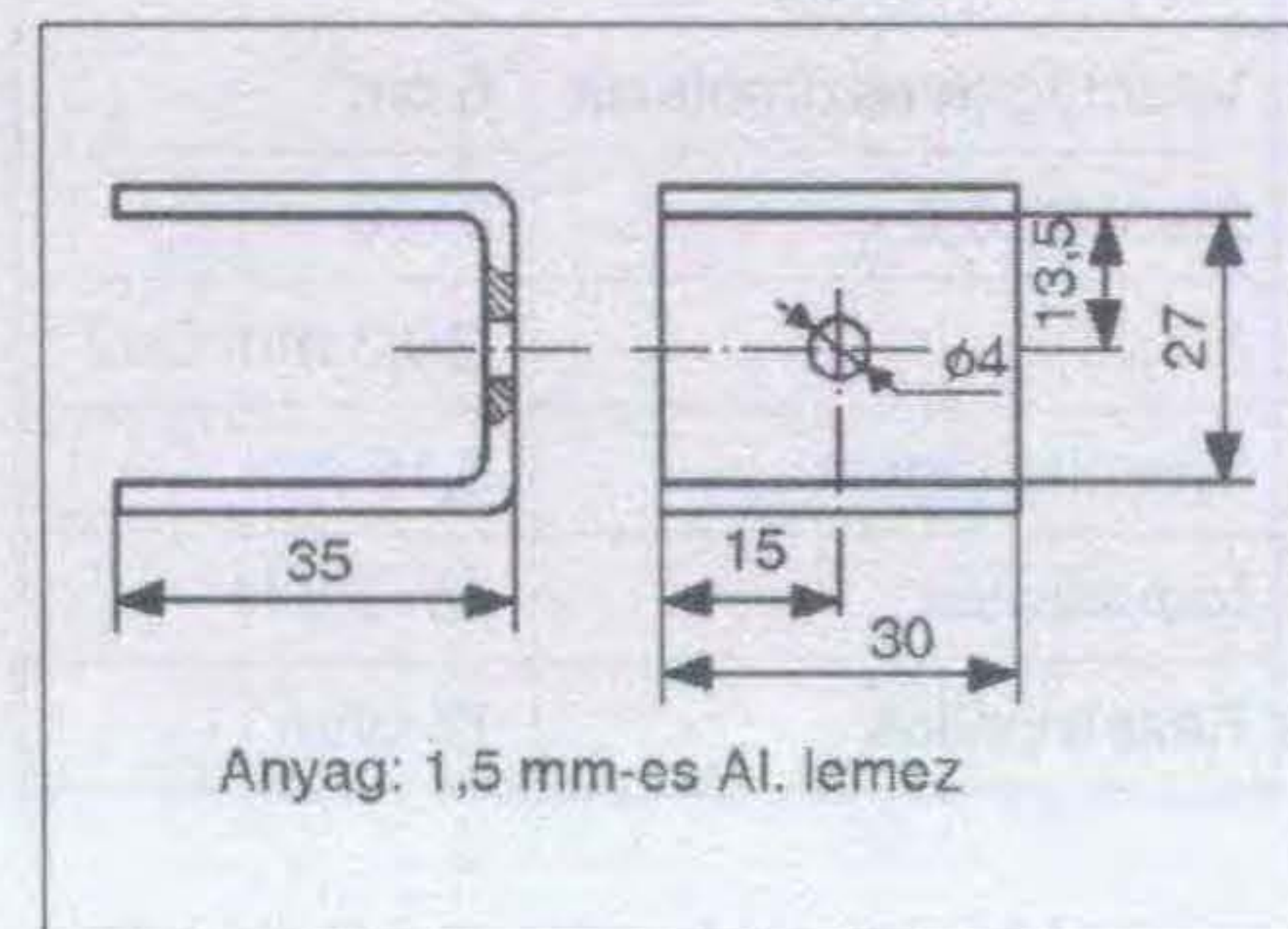
A 25 W-os erősítő (2×6P3SZE) kimenő transzformátora három vastípusra is elkészíthető. Lemezelt magnál EI- és M-formátumúra, valamint hiperszil

szalagmagra. Az EI- és az M-maghoz tartozó adatok a 6. táblázatban, míg a hiperszil szalagmag adatai a 7. táblázatban találhatók. Az optimális illesztő ellenállás $R_{aa} = 6,6$ kohm. A cikkben található mérési eredmények a fotón is látható hiperszil szalagmagos transzformátorral készültek.

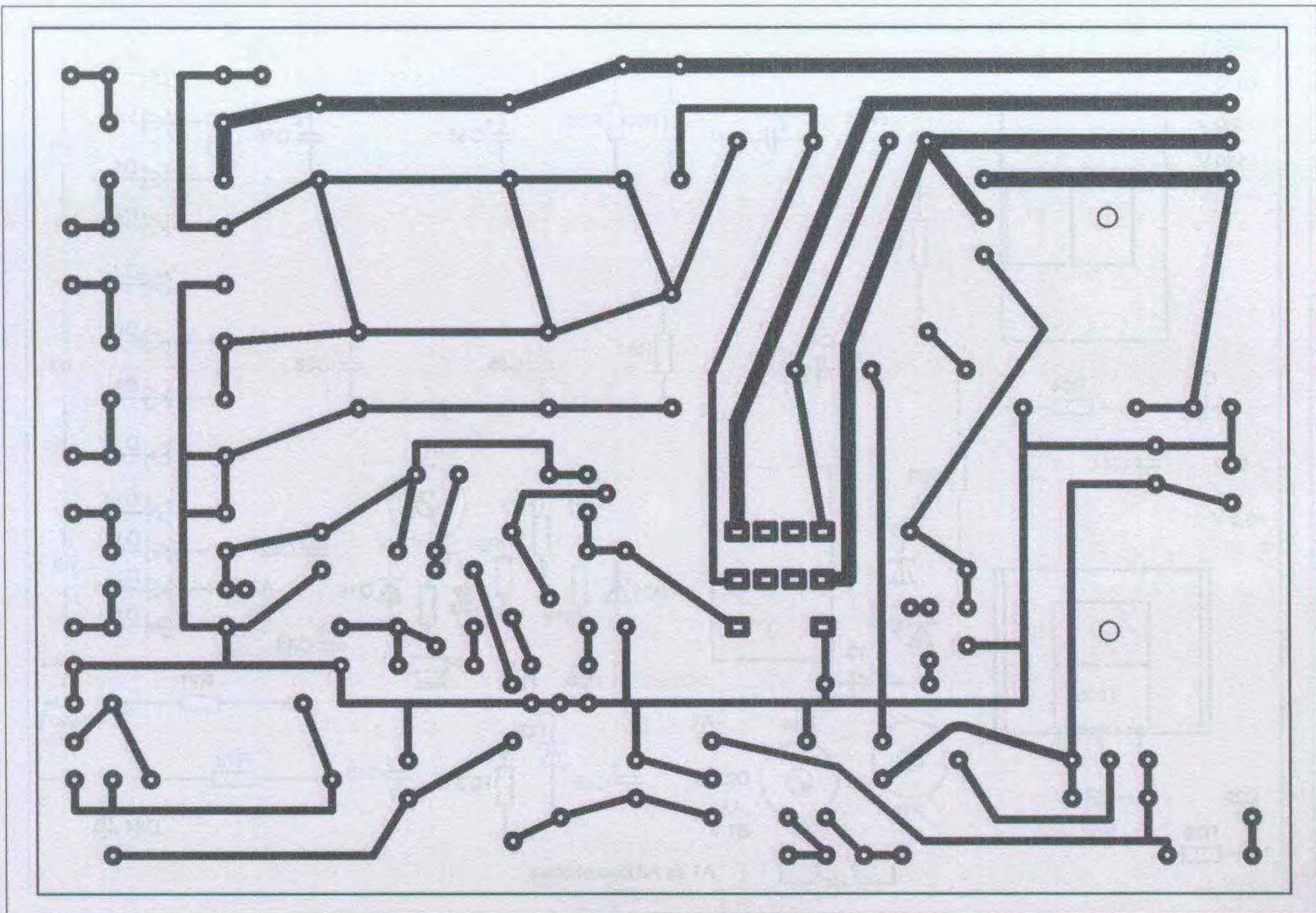
A 45. ábrán láthatjuk a Tr1 kimenő transzformátor tekercselési sorrendjét és tekercseinek kapcsolását. A primer



41. ábra. A tápegység áteresztő tranzistorának hűtőlemeze



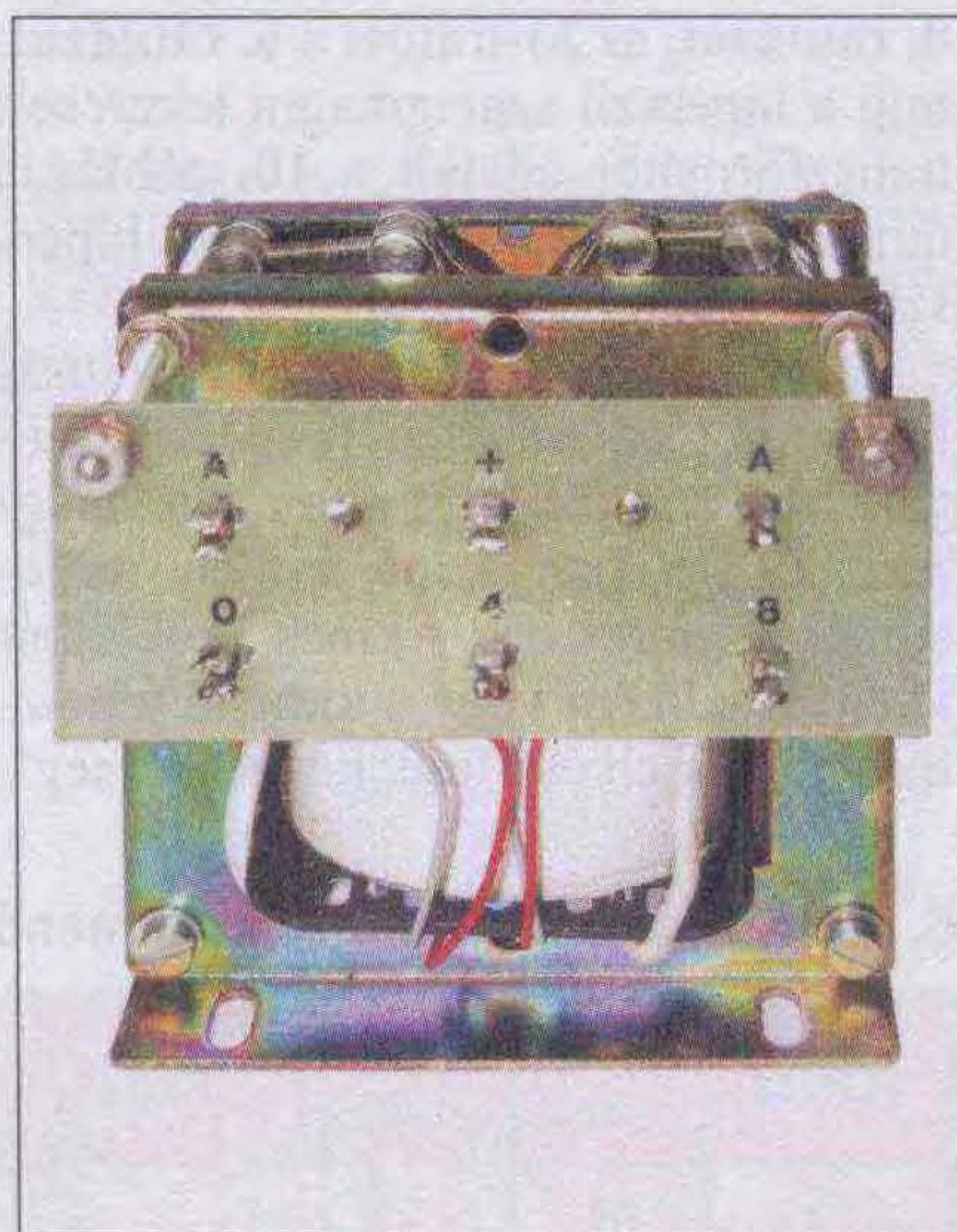
42. ábra. A 7805-ös stabilizátor hűtőlemeze



43. ábra. A 120 W-os erősítő tápegységének nyomtatási rajza

tekeres anódtól – anódig négy részre van osztva. A szekunder tekeres három részből áll, melyeket párhuzamosan kapcsolunk. Ez az osztás hangszererősítő részére bőven elegendő. Az átvitel így is 20 Hz és 20k Hz között jónak mondható. – A „boldog” csöves korszakban javítottam a hazai piacon márkás – kezdő zenekarok számára elérhetetlen árú – hangszererősítőket (Selmer Goliath, Marshall, Fender stb.). Meglepőek voltak az erősítők primitív kimenő transzformátorai. Kis méretű vasmag, vékony huzal (nagy áramsűrűség!) minimális tekeres-osztás. Frekvenciamenetük gyenge volt. A korai gyártású erősítőknél ezért nem alkalmaztak negatív visszacsatolást a szekunder körről, mert frekvenciaátvitelük, fázismenetük rossz volt. A későbbiekben, mikor már jobb minőségű kimenő transzformátorokat készítettek, a negatív visszacsatolás létjogosultságot nyert.

A 120 W-os végerősítő (2×PL509) kimenő transzformátora szintén elkészíthető EI-, M-, vagy hiperszil szalagmagra. Az optimális illesztő ellenállás $R_{aa} = 2 \text{ kohm}$. Az EI-trafó adatait a



T R A F O Kft.

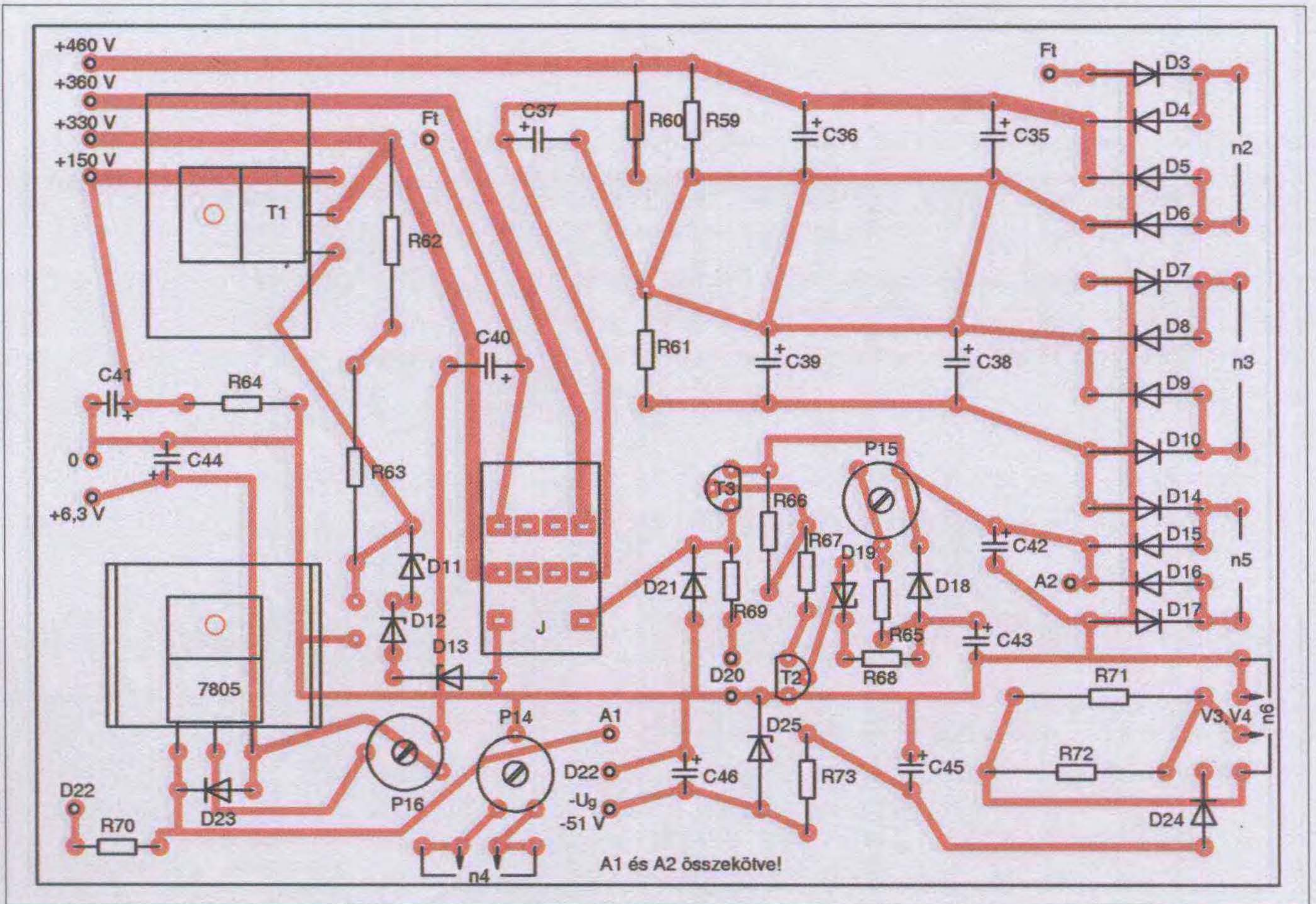
4400 Nyíregyháza,
Derkovits u. 132-136.
Tel./fax: 06-42-422-024
hmtrafo@axelero.hu
www.hmtrafo.hu

Híradásipari

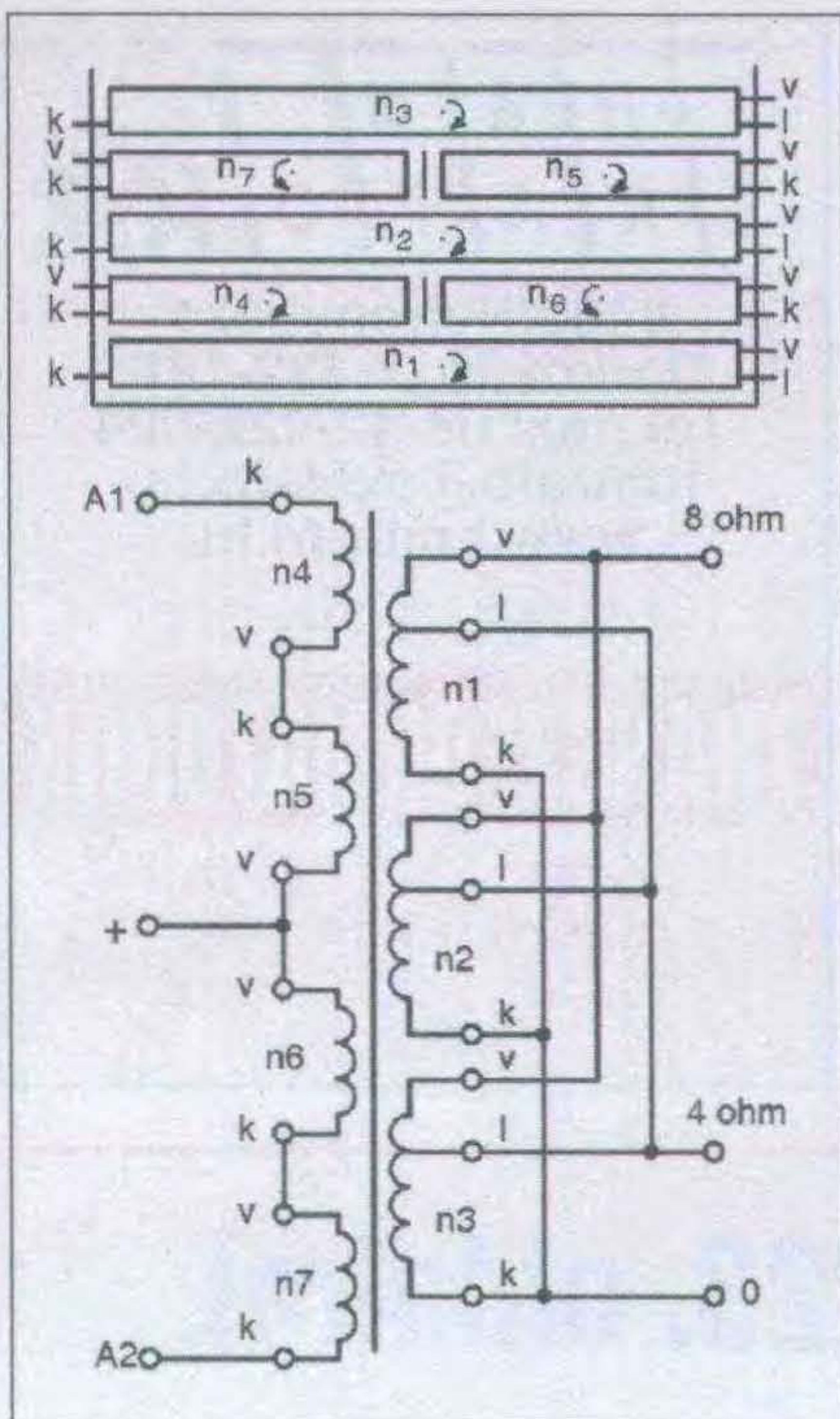
TRANSZFORMÁTOROK

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

Lapozzon a 223. oldalra!
MEGÉRI!



44. ábra. A 120 W-os erősítő tápegységének alkatrész-beültetési rajza



45. ábra. A kimenő transzformátor(ok) tekercselési sorrendje, kapcsolása

8. táblázat, az M-trafóét a 9. táblázat, míg a hiperszil szalagmagra tekercselt transzformátor adatait a 10. táblázat tartalmazza. A méréseket itt is a hiperszil változattal készítettem.

A végerősítő lelke a kimenő transzformátor. Nem véletlen, hogy áruk magas, hiszen ettől függ az erősítő megbízhatósága, hangszíne, kimenő teljesítménye, torzitása. Akinek problémát jelent a hálózati vagy a kimenő transzformátorok elkészítése, keressen meg!

A következőkben néhány hasznos tanácsot adok a transzformátorok elkészítéséhez. A csévetest középvonalaiban egy elválasztó oldallal található. Ezek mérete megegyezik a cséve másik két oldalával, de egyik oldalon fel van hasítva. A kivágott nyílás kb. 10 mm széles. A szekunder tekercs huzaljait ezen tudjuk átvezetni. A tekercselési irányt a pont körüli nyíl jelzi (45. ábra). Az egyes tekercsek kezdet-végeit húzzuk be színes műanyag csőbe. Jelöljük

6. táblázat. A 25 W-os erősítő kimenő trafója, M- és EI-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menet-szám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n4	620	Ø0,22 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. * leágazás ennél a menetszámnál
	n5			
	n6			
	n7			
Szekunder	n1	96 (*66)	Ø0,7 mm Mz	Vasmag: M 85/45, A = 13 cm ² EI 104/40, A = 13 cm ² EI 106/35, A = 12,3 cm ²
	n2			
	n3			

7. táblázat. A 25 W-os erősítő kimenő trafója, SM-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menet-szám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n4	730	Ø0,22 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. * leágazás ennél a menetszámnál Vasmag: SM 85/a, hiperszil szalagmag.
	n5			
	n6			
	n7			
Szekunder	n1	112 (*76)	Ø0,7 mm Mz	
	n2			
	n3			

8. táblázat. A 120 W-os erősítő kimenő trafója, EI-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menet-szám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n4	510	Ø0,4 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. * leágazás ennél a menetszámnál Vasmag: EI 130, A = 18 cm ² , pakettvastagság: 45 mm EI 130 (bővített ablaknyílású), A = 15,7 cm ² , pakettvastagság: 45 mm
	n5			
	n6			
	n7			
Szekunder	n1	141 (*100)	Ø0,7 mm Mz	
	n2		Ø1 mm Mz	
	n3		Ø0,7 mm Mz	

9. táblázat. A 120 W-os erősítő kimenő trafója, M-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menet-szám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n4	485	Ø0,35 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. * leágazás ennél a menetszámnál Vasmag: M 120/52, A = 18 cm ²
	n5			
	n6			
	n7			
Szekunder	n1	133 (*95)	Ø0,8 mm Mz	
	n2			
	n3			

10. táblázat. A 120 W-os erősítő kimenő trafója, SM-vasra

Tekercs	Tekercs jele	Menet-szám	Huzal	Megjegyzés
Primer	n4	360	Ø0,4 mm Mz	Soronként 0,06 mm-es transzformátorpapír-szigetelés. A primer és szekunder tekercsek között három sor 0,1 mm-es prespánszigetelés szükséges. * leágazás ennél a menetszámnál Vasmag: SM 102/b, hiperszil szalagmag.
	n5			
	n6			
	n7			
Szekunder	n1	100 (*70)	Ø1 mm Mz	
	n2			
	n3			

más színnel a kezdeteket, más színnel a végeket.

Elkezdjük a tekercselést az n1 jelű szekunder tekercsel. Miután a csévetest feléhez értünk, a középső elválasztó lap nyílásán vezessük át a huzalt és folytassuk a sort! Az előírt szigetelés felrakása után az n4 primer tekercs következik. Miután ezzel végeztünk, a csévetestet húzzuk le a tekercselőgép tengelyéről és helyezzük vissza fordítva! Következik az n6 jelű primer tekercs. Elkészültével jön a szigetelés, majd visszafordítjuk a csévetestet, következi az n2 szekunder tekercs. A transzformátor többi tekercsrészének felrakását a rajz szerint folytassuk!

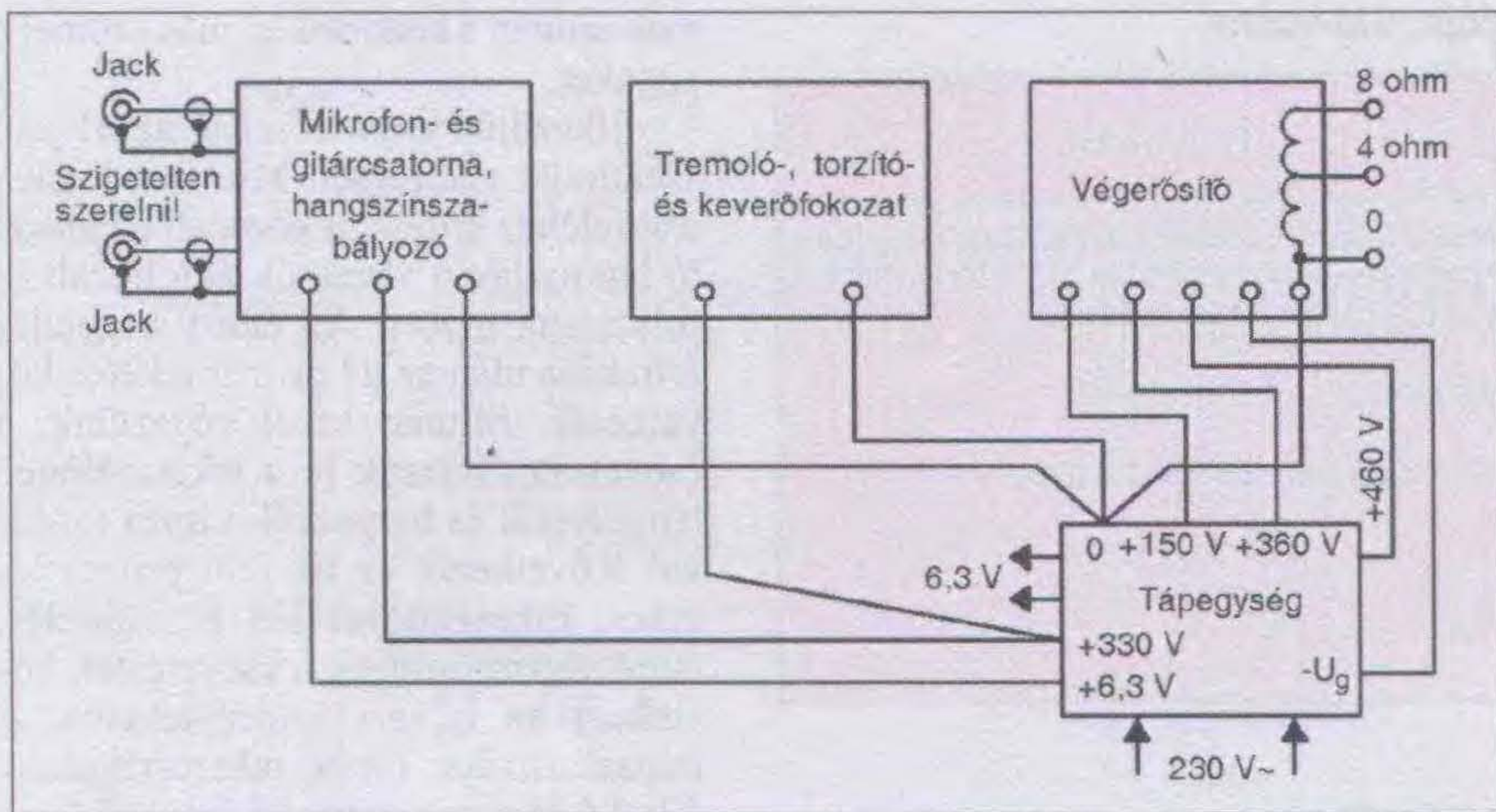
Az EI- és az M-lemezt két oldalról átlapolva helyezzük a csévetestbe. Lég-rés nem szükséges, mert a szembe folyó anódáramok miatt nincs egyenáramú előmágnesezés. Ezért készülnek kisebb vasmagra az ellenütemű erősítők kimenő transzformátorai, mint az A-osztályú Single-Ended típusoké, azonos teljesítmény esetén.

Néhány tanács a szigeteléshez. A szigetelőanyagot oldalanként 1...1,5 mm-rel szélesebbre vágjuk, mint az oldallap és az elválasztó rekesz távolsága. A szigetelőanyag szélét ollóval ebben a mélységben bevagdossuk. A vágások közötti távolság 1,5...2 mm legyen. Ennek a műveletnek az a célja, hogy a szigetelőanyag széle felhajoljon a cséve oldalára, megakadályozva ezzel a széleknél a sorok egymásba csúszását.

Az EI- és M-lemezelt vasmag a vékonyabb 0,3...0,4 mm vastagságú legyen. Ezeknek kisebb az örvényáramú vesztesége. A 4%-os szilícium ötvözetű vas kiválóan megfelel. A HAGY (Híradástechnikai Anyagok Gyára) a '80-as évek elejétől változtatott a vas összetételén. A világosszürke, lágy hajlítású (a szilícium ötvözetű rideg, kagylós törésű) vas jobb mágneses tulajdonságokkal rendelkezik, mint elődje. A mágneses indukció, a B értéke nagyobb lehet. A menetszámok a 4%-os szilíciumos lemezre lettek kiszámolva. Amennyiben az újabb korszerűbb vasra készítjük el a kimenő transzformátort, nagyobb lesz a primer-indukció, jobb lesz a mélyhangátvitel.

Élesztés, bemérés

Tápegység. A munkát a tápegységgel kezdjük. A 25 W-os erősítő tápegységének kapcsolási rajza a 19. ábrán található. (Az alábbiak a 120 W-os erősítő



46. ábra. Az erősítő(k) paneljainak összehuzalozása

tápegységre is értelemszerűen vonatkoznak.)

A 370 V-os kimenetet egy 3 kohmos, minimum 45 W-os huzalellenállással terheljük. Ezt több huzalellenállással vegyes kapcsolásával állítjuk elő vagy izzólámpát alkalmazunk műterhelésnek. Itt arra kell figyelni, hogy az izzólámpák hidegellenállása nagyságrenddel kisebb a melegellenállásnál, tehát a feszültséget 30...60 másodperc után kell mérni. Műterhelésnek 2 db sorba kapcsolt 230 V/40 W-os izzólámpát alkalmazhatunk. Ez valamivel nagyobb terhelő áramot hoz létre, de ennek nincs jelentősége.

A 330 V-os kimenetet 11...12 kohmos huzalellenállással zárjuk le. Az ellenállások javasolt összeállítása: 5,6 kohm + 5,6 kohm, vagy 4,7 kohm + 6,8 kohm, vagy 4,7 k + 4,7 k + 2,2 kohm. Az eredő ellenállás 10 W terhelhetőségű legyen, az egyes tagok az ellenállásuk arányában melegszenek. A 270 V-os kimenetet üresen mérjük, mert a V3 és V4 sugártetrdák maximális segédáramára 10 mA alatt marad.

Az n7 jelű szekunder tekercsre egy 6 V/18 W-os (gépkocsi) izzólámpát kapcsolunk. Ezek helyettesítik a végerősítő elektroncsöveinek (V1...V4) fűtőkörét. Zárjuk a K3-as kapcsolást. A P15 trimmer-potencióméterrel 30...40 s késleltetési időt állítunk be. A J jelfogó meghúzását a D22 LED fénye jelzi. A 7805-ös stabilizátor kimenete és a föld közé 15 ohm/5 W-os huzalellenállást forrasztunk be. Sarkain DC feszültséget mérünk. Az előírt 6,3 V-ot a P16 potencióméterrel állítjuk be. Feszültséget mérünk a 370 V-os kimeneten, a műterhelés sarkain. Névleges hálózati feszültségnél a megengedett eltérés -35 V.

A 330 V-os táp kimenőfeszültsége a három dióda zenerfeszültségének összege. A kimenőfeszültséget a diódák cseréjével változtathatjuk. Amennyiben a 370 V-os tápfeszültség alacsony, például 340 V, célszerű a 330 V-ot is csökkenteni. A szempont a következő: A T1 áteresztő tranzisztoron legalább 25...30 V maradjon. Ezzel biztosítható, hogy az egyenfeszültség, sima, brummentes legyen.

A 270 V a sugártetrdák segédáramfeszültségét adja, a megengedett eltérés -27 V. Következő lépés a negatív rácselelfeszültség ellenőrzése. A jelölt kimeneten 39 V-ot kell mérnünk. A kimenőfeszültség értéke a D28 dióda zenerfeszültségétől függ. A megengedett eltérés ± 5 V.

A fűtőfeszültségeknél az eltérés a névleges értéktől $\pm 5\%$ lehet. Ez a 6,3 V-ra vonatkoztatva 6...6,6 V közötti sáv, névleges 230 V-os hálózati feszültség esetén. Ebben a tartományban leghosszabb az elektroncsövek üzemideje. Természetesen ennél nagyobb fűtőfeszültség eltérésnél is működnek a csövek, de néhány paraméterük változik. Az aláfűtött elektroncsövek meredeksége például jelentősen csökken.

Kössük össze a panelokat a tápegységgel a 46. ábra szerint.

Mikrofon- és gitárcsatorna. Először a kapcsolási rajzon megadott DC szinteket ellenőrizzük. A megengedett eltérés $\pm 15\%$. Az elektroncsöves erősítők előnye a nagy tápfeszültség. Az anódon néhány voltos hangfrekvenciás jel van, miközben az anódfeszültség 150...200 V. Könnyen belátható, hogy a kapcsolási rajzon megadott értékhez képest 20...30%-os eltérés nem okoz problémát.

A különbségek az elektroncsövek paramétereinek szórásából adódnak. Nagyobb eltérés esetén cseréljük az elektroncsövet, ha ez sem segít, ellenőrizzük a beépített katód- és anódelállások értékét.

A gitárszűrő beállítására a következőt javaslom. A hangszínszabályozó potenciómétereket középső állásba csavarjuk. Ekkor elvileg az átvitel lineáris.

Bekapcsoljuk a K1 kapcsolót. A gitár húrjait pengetve a P1 potencióméterrel beállítjuk a kiemelés nagyságát. Sajnos a hangzás a gitárhangszedő frekvenciamentétől függ. Amennyiben a kiemelés frekvenciájával van gond, a C1 kondenzátor értékén változtassunk értelemszerűen. Amennyiben a hangszínszabályozó RC-elemei, beleértve a potenciómétereket is, $\pm 5\%$ -on belül vannak, megfelelnek a 3. ábrán látható átviteli görbének.

A tremoló precíz beméréséhez oszcilloszkóp szükséges. AC feszültséget mérünk a C26, R39 elemek közös pontja és a föld között. A P8 duál potenciómétert középpólásban helyezzük. A minimális jelalaktorzítást a P9-es trimmerpotencióméterrel állítjuk be. Ekkor a kimenőfeszültség értéke kb. 7 V. Amennyiben jó az együttfutás a P8 kettes potencióméternél, a kimenőfeszültség alig változik a sávon belül.

A T1 FET-tel megépített amplitúdómodulátor beállítása a következő. A P10 potencióméter csúszkáját a földpontra csavarjuk. A gitárcsatorna bemenetére hanggenerátorból 30 mV-os 1 kHz-es jelet adunk. A gitárszűrő K1 kapcsolója nyitva, a hangszínszabályozó potencióméterek középső állásban vannak. Hangfrekvenciás feszültséget mérünk a P12 potencióméteren. A csúszka a felcsavart, felső helyzetben van. Ezen a ponton 300...350 mV-ot kell mérnünk. Ezt a feszültséget a P11 potencióméterrel állítjuk be.

A torzító- és a keverőfokozatnál csak a kapcsolási rajzon levő DC-szinteket kell ellenőrizni. Amennyiben lényeges eltérés van, csőcsere, majd a katód- és anódelállások értékének ellenőrzése következik.

Az előzőekben már leírtam, hogy a 6N1P és a hozzá hasonló ECC85 közötti különbség néhány tíz voltos DC anódfeszültség változást okoz. Ennek nincs jelentősége.

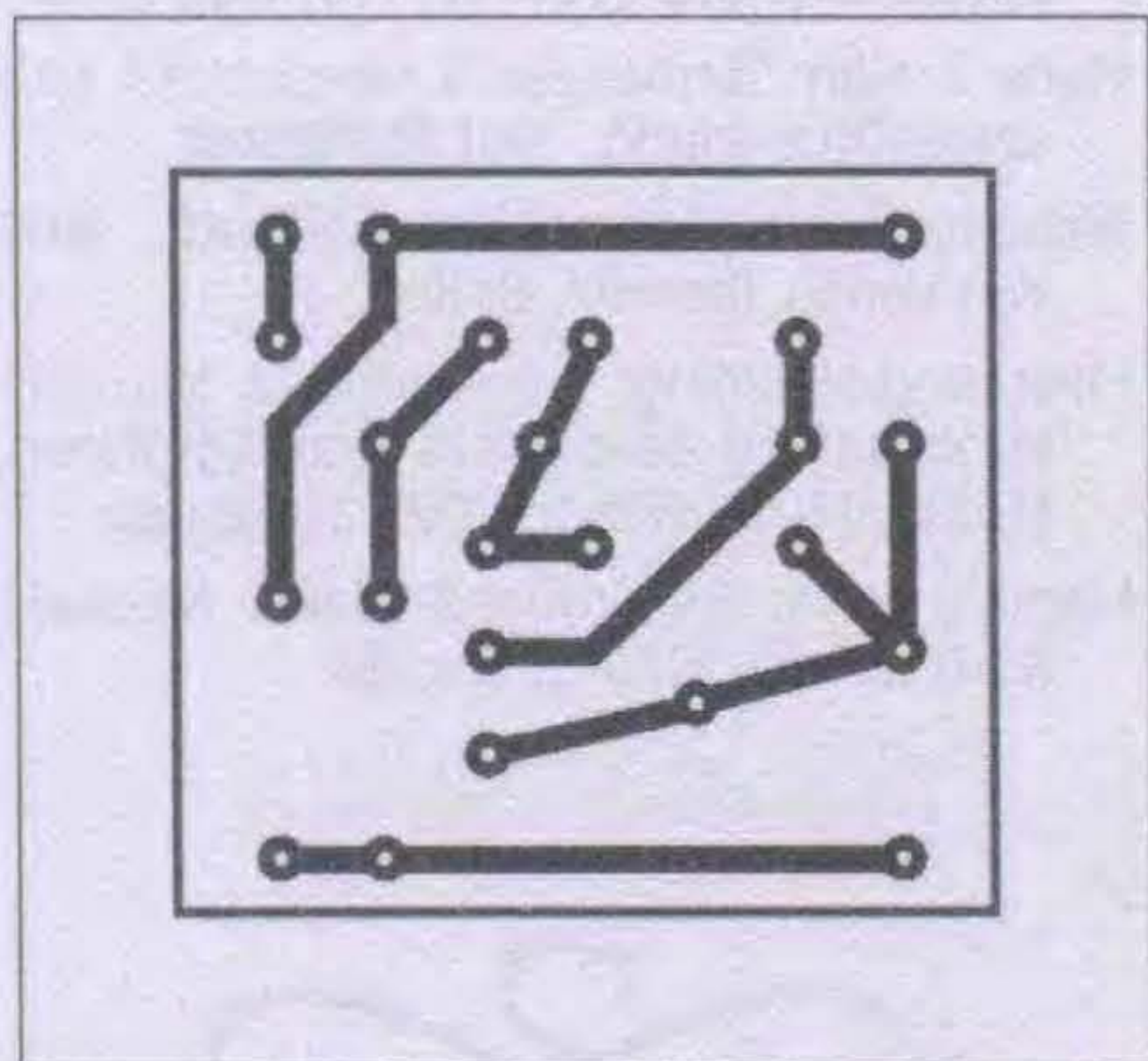
Végerősítő. Részletesen a 25 W-os típusú tárgyalom, a leírtak értelemszerűen alkalmazhatók a 120 W-os verzióra is.

Vezérlés nélkül ellenőrizzük a fázisfordító (V1) és a meghajtó (V2) elektroncső kapcsolási rajzon megadott DC-értékeit. Nagyobb eltérés esetén cseréljük elektroncsövet, ha ez sem vezet célra, ellenőrizzük a beépített ellenállások értékeit. Nem véletlenül írom ezt többször le! Rossz világítással (nem megfelelő színhőmérsékletű fénycső vagy kompakt izzó) a színek ellenállás csíkjainak színét elnézhetjük. Ezzel gyakorlatilag működésképtelenné tehetjük az erősítőt. Huzallellenállásokból állítsuk össze a hangszóró helyére kötendő műterhelést. A 8 ohm 40 W-os műterhelés néhány ajánlott összeállítása: 4 db 33 ohm 10 W-os huzal és 1 db 330 ohm 2 W-os ellenállás párhuzamos kapcsolása. A következő ellenálláscsoport terhelhetősége csak 30 W, de ha nem mérünk percekig a maximális kimenő teljesítményen, akkor ez is elegendő. Az összeállítás: 5 db 47 ohm 5 W és 1 db 56 ohm 5 W-os huzallellenállás párhuzamosan kapcsolva.

A P1 és P2 potenciométereket -28V-ra állítjuk. A J jelfogó meghúzása után 2...3 perccel mérjük a V3 és V4 sugártetródák katódáramát az R22, illetve az R23-as ellenállások sarkain, mint feszültségesést, melynek nagysága 98...100 mV. Ezt az értéket a P1 és a P2 potenciométerek utánállításával pontosítjuk.

Amennyiben a J jelfogó meghúzása után kattogó hang jön a Tr1 kimenő transzformátorból, cseréljük meg a V3 és V4 elektroncsövek anódkivezetéseit. Lecsavart hangerőnél ellenőrizzük a végerősítő csöveinek egyenfeszültségeit. A megengedett eltérés $\pm 15\%$. Ennél nagyobb értéknél cseréljük elektroncsövet, ellenőrizzük a katód- és anódkivezetések értékeit.

A 120 W-os végerősítő bemérése azonos a fentiekben leírtakkal. A V3 és



47. ábra. A teljesítménymérő nyomtatási rajza

V4 végerősítőcsövek rácseleffeszültségét először nagyobbra állítjuk 1...2 V-tal, mint az üzemi érték. A PL509-nél -44 V, míg az orosz 6P45SZ cső esetén -48 V-ot mérünk a P1 és P2 potenciométerek csúszkáján.

A Tr1 kimenő transzformátor 8 ohmos tekercsét egy 150 W-os terhelhetőségű huzallellenállással zárjuk le. Ezt elég nehéz összeállítani, mert nagy terhelhetőségű huzallellenállást nehezen lehet beszerezni. A terhelést vegyes kapcsolással tudjuk összerakni. Egy példa: 5 db 47 ohm/20 W és 1 db 56 ohm/20 W-os ellenállás párhuzamos kapcsolása. A végcsövek vezérlés nélküli nyugalmi áramát az R22 és R23 ellenállások sarkain mérjük, értéke 192 mV ($I = U/R$).

A 120 W-os erősítő V3, V4 elektroncsöveinek anódkivezetése a bura tetején van. A HAM-bazárban jó minőségű, kerámia csatlakozó, ún. anódsapka kapható.

Figyelem! Itt szeretném ismételtlen felhívni a figyelmet az elektroncsöves erősítővel kapcsolatos óvó rendszabályokra. A tápfeszültségek 150 és 460 V között vannak. Mindegyik jól terhelhető, fokozott óvatossággal mérjük, mert HALÁLOS áramütést kaphatunk egy rossz mozdulatunkért cserébe. Ezt főleg azoknak ajánlom figyelmébe, akik még nem építettek csöves áramköröket. A félvezetős berendezésekben feszültség alatt is nyugodtan matathatunk, nem kapunk áramütést. A csöves erősítőknél ez már nem áll fenn!

Teljesítménymérő. A nyomtatott paneljének fóliarajza a 47. ábrán, az alkatrészek beültetési rajza az 48. ábrán található.

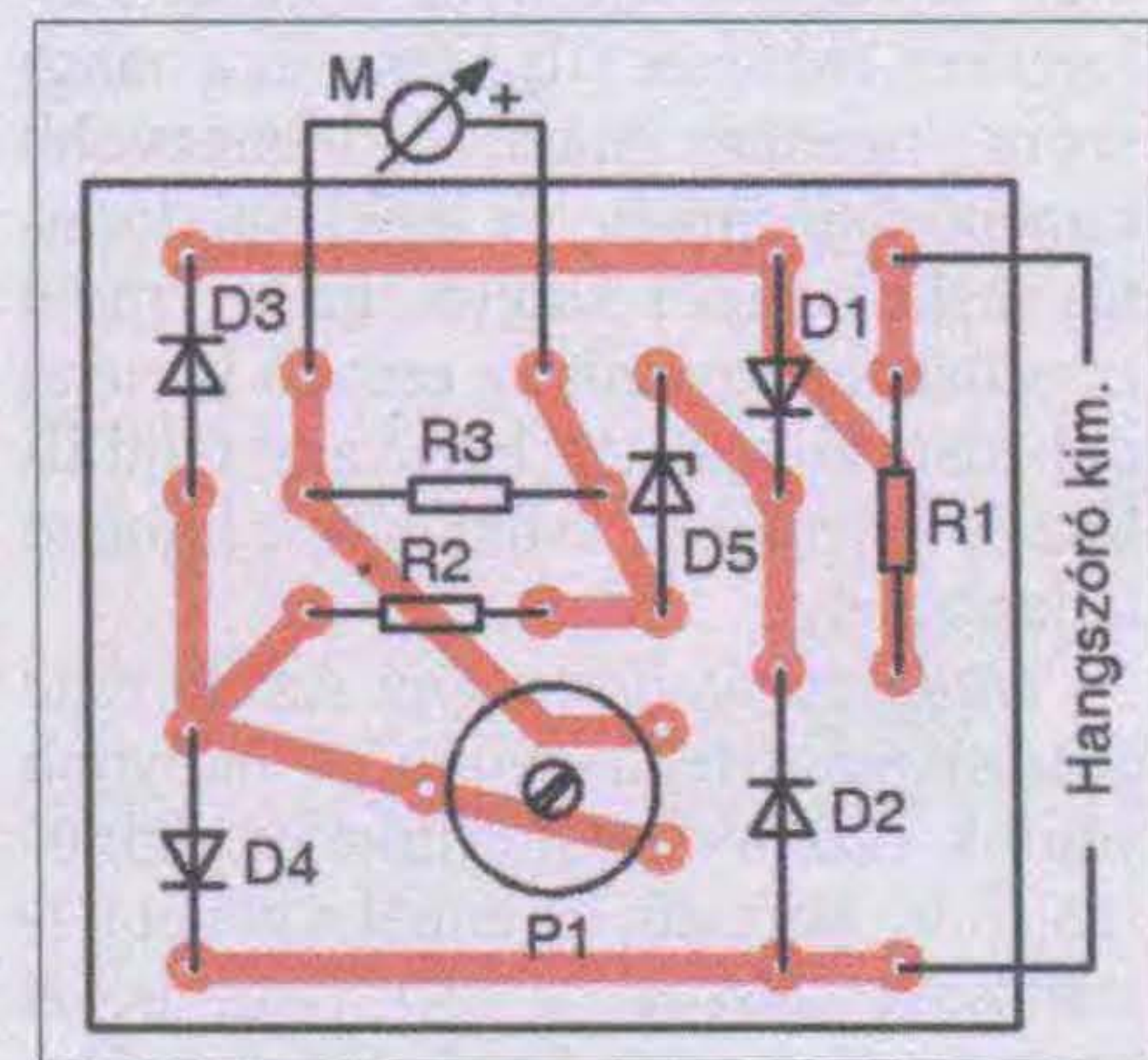
A teljesítménymérő skálájának elkészítéséhez a hálózati transzformátorokról nyert váltakozó feszültséget használjuk fel. Több transzformátor szekunder tekercsének fázishelyes sorbakapcsolásával előállítjuk a 36...40 V közötti feszültséget. Erre a feszültségre 4,7 kohmos, 1 W terhelhetőségű potenciométert kapcsolunk. A potenciométer egyik vége és a csúszka közé kötjük a teljesítménymérő áramkört. Eldöntjük, hogy milyen értékeket óhajtunk kijelteni. Az $U = \sqrt{P \times R}$ képlet alapján kiszámoljuk a teljesítményhez tartozó feszültséget. Ezt beállítjuk a potenciométerrel és jelöljük az M műszeren. A potenciométeren beállított feszültséget digitális kézi műszerrel mérjük, AC állásban. Mindkét végerősítő kimenő telje-

sítménye szinuszos üzemre van megadva. A zenei (csúcs) teljesítmény ennél nagyobb. Javasolom, hogy a 25 W-os erősítő műszerének végkitérése 30 W, míg a 120 W-os erősítőé 150 W legyen. A kalibrálás a következő képen történik. A 4,7 kohmos potenciométerrel beállítjuk a 15,5 V-ot, mely 30 W kimenő teljesítménynek felel meg 8 ohmos terhelésen. A 4,7 kohmos potenciométerrel a következő feszültségértékeket állítjuk be: 14,1 V - 25 W, 12,6 V - 20 W, 8,9 V - 10 W, ezeket jelöljük a műszer-skálán.

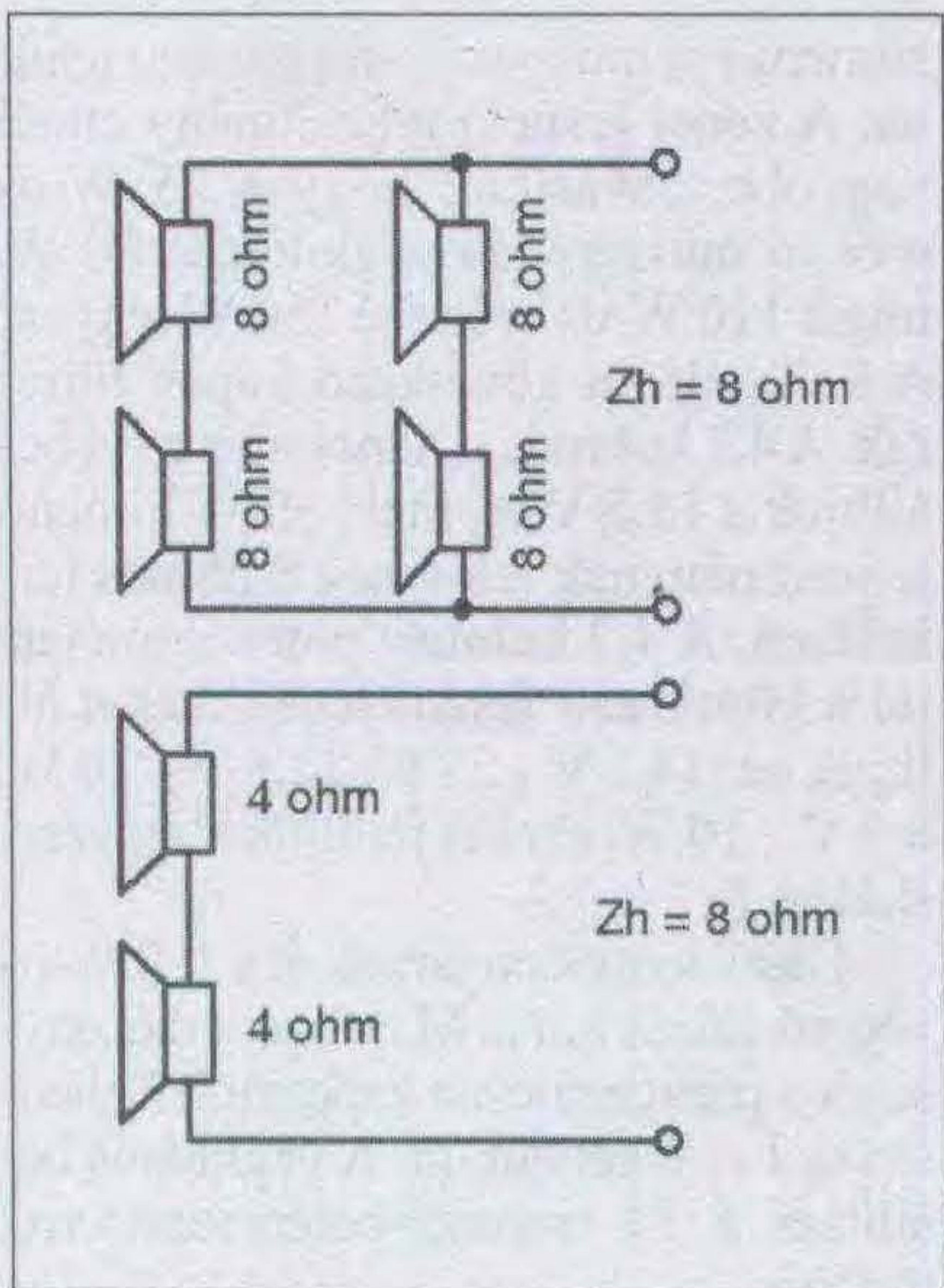
Hasonló módon járunk el a 120 W-os végerősítőnél is. Az M műszer érzékenységet a párhuzamosan kapcsolt R3 ellenállással csökkentjük le. A végkitérés beállítása a P1 trimmer-potenciométerrel történik.

Munkapont-ellenőrző műszer. A mérési séma a 29. ábrán látható. Lényegében az R22, illetve az R23 ellenállás sarkain lévő feszültséget mérjük. A mintapéldányban külföldi, plasztikházazs kivérlés jelző műszert alkalmaztam. Ezek olcsók, könnyen szétszedhetők. Többfelét is megvizsgáltam. Ami megfelel a teljesítmény kijelzőbe és a munkapont-ellenőrzőbe, annak adatai a következők: $I = 100...120 \mu A$, $U = 140...180 mV$. Ezek az értékek végkitérésre vannak megadva. A hazai GANZ MŰSZER által gyártott különböző tokozású műszerek érzéketlenek ($350...400 \mu A$), céljainknak nem felelnek meg.

A következő skálabeosztást javasolom. A nyugalmi értéket a skála közepére vesszük fel. Ezen kívül jelöljük a -10 és +10%-os értéket is. A 25 W-os erősítőnél a következő feszültségértékeket kell jelölnünk. -10% = 90 mV, 0 = 100 mV, +10% = 110 mV. A 120 W-os erősítőnél -10% = 170 mV, 0 = 190 mV,



48. ábra. A teljesítménymérő alkatrész-beültetési rajza



49. ábra. Hangszórók vegyes kapcsolása

+10% = 200 mV. Ezek a 4,7 ohmos katódelállásokra vonatkoznak. A kalibrálást a P3 trimmer-potenciométerrel végezzük.

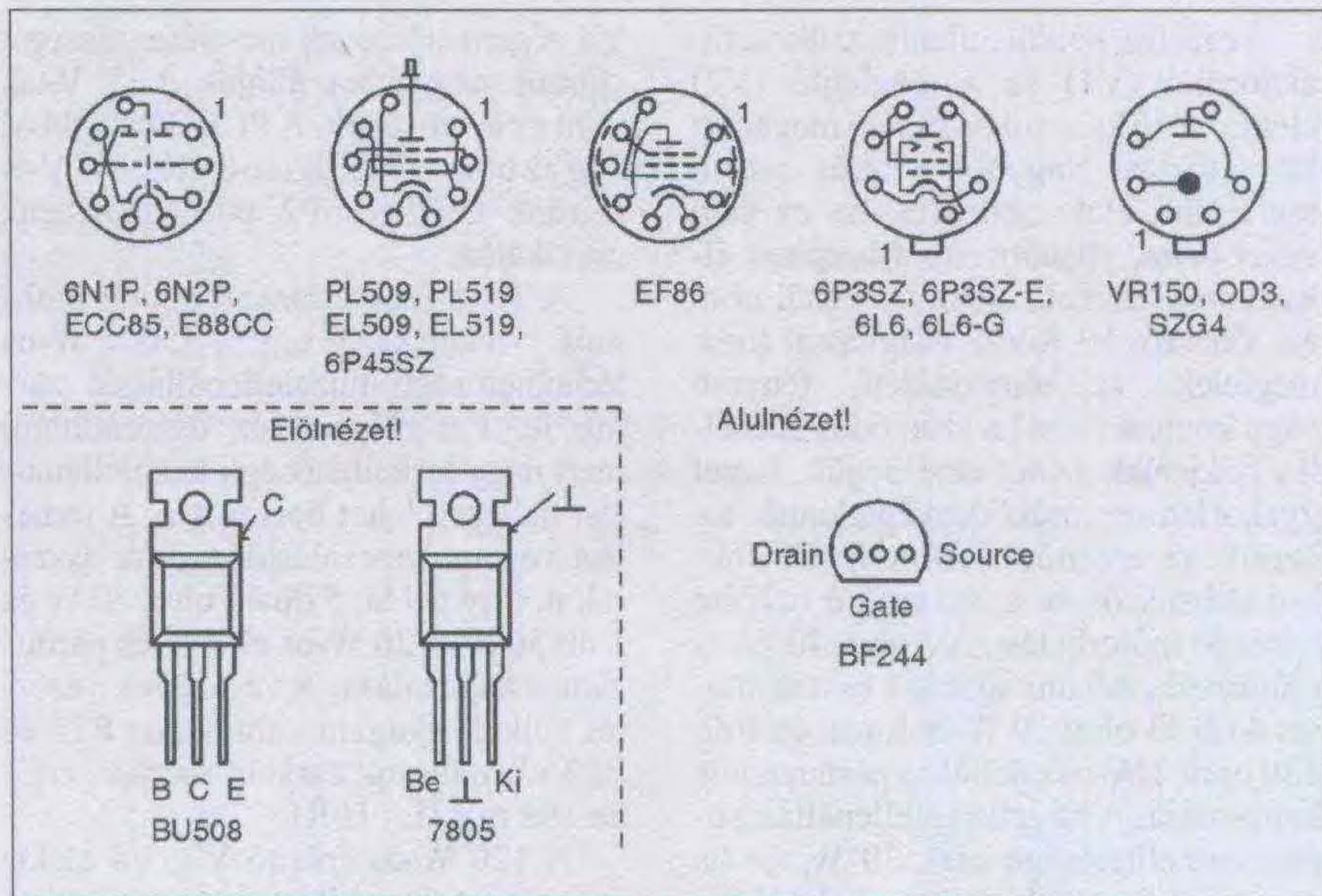
Végezetül néhány hasznos tanács. Az erősítőt fémházba építsük be, mely föld potenciálon van. A dobozon alul, fölül, oldalt készítsünk szellőző nyílásokat.

A „Rádiótechnika” 2003/11. és 12., 2004/1., 2. és 3. számaiban cikksorozatomban jelent meg „Praktikák hangerősítők építéséhez” címmel. Ezek a lapok a HAM-bazárban megvásárolhatók. Az erősítőépítéshez adok hasznos gyakorlati tanácsokat, ezekben a cikkekben.

A hangdobozok, a „ládák” elkészítésével, méreteivel nem foglalkozom. Amit célszerű figyelembe venni az a következő:

Illesztés. Az erősítőknek 4 és 8 ohmos kimenete van. A kimenő transzformátor lényegében egy impedanciaváltó, mely a végerősítőcsövek optimális illesztő ellenállását (R_{aa}) teszi át a hangszóró impedanciájára. A legnagyobb kimenő teljesítményt a legkisebb torzítás mellett akkor kapjuk, ha a terhelő impedancia egyezik az erősítő kimenő impedanciájával. Az alul vagy felül illesztés jelentősen csökkenti a kimenő teljesítményt.

Hangszóróteljesítmény. Az élő zene dinamikája a legnagyobb. A nagyobb végfok 120 W-os teljesítménye szinuszos jelre értendő, de ennél a zenei teljesítmény elérheti a 150 W-ot is. A hangszórókat tehát úgy kell összeválogatni, hogy ennek (a 150 W-nak) legalább a másfél, kétszereséig terhelhető-



50. ábra. Elektroncsövek és félvezetők bekötése

ek legyenek! Az 49. ábrán látható két módszer a hangszórók kapcsolásaira. Lehetőleg azonos gyártású hangszórókat kapcsoljunk fázishelyesen össze! Az egy dobozban levő hangszórók mind egyforma irányban mozogjanak! Ezt legegyszerűbben egy 1,5 V-os elemmel ellenőrizhetjük, amit ráérintünk a hangdoboz kapcsaira, és megfigyeljük a hangszórómembránok elmozdulását.

Az ázsiai gyártású hangszórók mágnesein mesébe illő teljesítmények vannak feltüntetve. A 16 cm-es kosár-átmérőjű hangszórókon 40 W, néha 80 W-os felirat díszeleg. Ez semmilyen kategóriába nem fér bele... Ha utána számolunk, olyan nagy áramsűrűség jön ki, hogy a hangszóró lengőtekerccsén található kb. 0,2 mm átmérőjű huzal elégne, sőt az el is ég. Ezen az sem segít, hogy a lengőtekerccset nyitott alumínium hüvelyre tekercselik. A „Praktikák hangerősítők építéséhez” utolsó számában (RT 2004/3.) a hangszórók vegyes kapcsolásaira több példát mutatok be.

Köszegről Horváth Ferenc levelében arról írt, hogy rengeteg a leégett lengőtekerccsű hangszóró, melyek a helytelen használat miatt mennek tönkre. A felhasználók komolyan veszik a „noname” gyártók hangszóróira írt brutális nagyságú PMPO teljesítményeket (Peak Music Power Output). Itt hívom fel olvasóim figyelmét, ezek a teljesítményadatok nem folyamatos, hanem impulzus teljesítmények. Vagyis csak néhány millisecundum ideig viselik el a hangszórók ezeket a rájuk írt teljesít-

ményeket. Fent említett levélírónk hangszórókat javít, bőséges tapasztalattal rendelkezik ezen a téren.

Igyekeztem úgy megírni a cikket, hogy az erősítők ezek alapján megépíthetők legyenek. Az utánépítést segíti az 50. ábra is, melyen megadtam a felhasznált aktív elemek bekötését. Ha valaki elakad, keressen meg elektronikus levélben, és amennyiben tudok, segítek.

Sikeres készülékepítést és muzsikálást kívánok!

Irodalom

- Dr. Barta István: Rádiókészülékek és erősítők. Tankönyv Kiadó, 1963 Budapest.
- Kádár Géza: Rádióvétel technikai ismeretek. Műszaki Könyvkiadó, 1963 Budapest.
- Tarnay Kálmán: Elektroncsövek alkalmazása. BME Villamosmérnöki Kar, 1957 Budapest.
- Scultéty László: Elektroncsöves és tranzistoros áramkörök. K.G.M., 1961 Budapest.
- Vajda Zoltán: Természethű hangátvitel. Műszaki Könyvkiadó, 1961 Budapest.
- Wilhelm Beier: Röhren Taschenbuch. 1965 Veb Verlag Technik, Berlin.
- Hillebrand-Heierling: Térvezérlésű tranzistorok analóg és digitális áramkörökben. Műszaki Könyvkiadó, 1975 Budapest.
- Magyar Béla: Elektroncső-atlasz. Műszaki Könyvkiadó. 1978 Budapest.



Grafikus LCD-k

Vörös Tamás tanár, adlerson@freemail.hu

A fejlesztések, építgetések során az emberben előbb-utóbb felmerül az a jogos igény, hogy az elkészített eszköz ne csak működjön, hanem képes legyen a külvilággal történő egyszerű kommunikációra is. Itt elsősorban – legyen szó akár analóg vagy digitális áramkörrel – az adatbevitelre és a kimeneti információk megjelenítésére kell gondolni. Jelen írásban elsősorban az adatok megjelenítésének grafikus módjai kapnak szerepet. Szó lesz a HD44780 alapú alfanumerikus kijelzők grafikai lehetőségeinek kihasználásáról, bemutatunk egy 128×64-es és egy 320×240-es monokrom grafikus LCD-t, alkalmazási példákkal, PC-s és PIC mikrovezérlős környezetben.

A megjelenítés legalapvetőbb eszköze manapság a LED. Egy lépcsővel feljebb találjuk a LED-ekből összeépített, általában hexadecimális adatok kijelzésére szolgáló eszközöket, közismertebb nevükön a „nyolcas kijelzőket”. Bár kétségtelen, hogy a mutatott érték még sötétben is jól látható, az igazi áttörést a kijelzésteknikában az LCD, vagyis a folyadékkristályos kijelző megjelenése hozta meg. Ezzel az eszközzel viszony-

lag egyszerűen lehet különféle karakteres és grafikus információt megjeleníteni. A háttérvilágítás integrálása óta még sötétben is kiválóan olvasható róluk az információ.

Az alfanumerikus kijelzők grafikai lehetőségei

Az elmúlt évek írásait végiglapozgatva elmondhatjuk, hogy a HD44780 vezérlővel ellátott alfanumerikus LCD-k egyeduralkodóvá váltak az épített készülékekben. Elméleti jellegű leírásokat és konkrét épített eszközismertetéseket is találunk szép számban. Egyszerű kezelhetősége vonzóvá teszi a mikrovezérlős alkalmazásokban. A legkülönbözőbb méretekben kapható, létezik egysoros 16 karakterestől a 4 soros, soronként 40 karakteresig jóhéhány kivitel. A tapasztalatok szerint a 2×16-os a legelterjedtebb. Mivel belső karaktermemóriával rendelkezik és ez sajnos ROM jellegű, így vásárlásnál érdemes nagyon odafigyelni, mivel többféle karakterkészlettel gyártják! Így esetleg egy olcsóbb példány japán karakterekkel már nem is olyan olcsó... Az adatlapot végigböngészve azért a

helyzet nem annyira rossz, mint első látásra azt gondolnánk. Az esetek döntő többségében kétféle karaktertartalommal találkozhatunk ezekben az LCD-kben. Az egyik az A00 ROM kódot viseli, ebben található a már említett japán készlet, amint azt az 1. ábra mutatja. Megtaláljuk ugyan az angol abc elemeit is, de kétségtelen, hogy egy igényes, magyar nyelvet használó készülék építésekor ez a választás előnytelen. Nem így az A02-es változat, amelyben a görög és cirill készleten kívül még a különféle ékezetes betűk is fellelhetők. A vásárláskor azonban az esetek egy részében – főleg az interneten – nem tudhatjuk előre, hogy melyik készlettel kapjuk az áhított kijelzőt. Máskor előadódhat olyan helyzet, amikor saját karaktert szeretnénk kijelezni. Szerencsére erre a gyártó is gondolt és néhány karakternyi helyet RAM típusú memóriahelynek készített. Ezekre a helyekre tervezhetünk saját jelet, karaktert, viszont a RAM jellegéből adódóan a tápfeszültség kikapcsolása után a modul elfelejti a bevitt információt. Minden bekapcsoláskor újra kell programozni, de ez mikrovezérlős környezetben csak egy szubrutin meg-

1. táblázat

Utasítás	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Leírás
Képernyőtörlés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	LCD törlése, kurzor a 0,0 koordinátájú pontba kerül
Kurzor visszaállítás	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x	Kurzor a 0,0 koordinátájú pontba kerül
Kijelző beállítás	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	I/D: kurzor mozgás iránya (1-növekvő, 0-csökkenő) S: kijelző léptetés
Kijelző üzemmód	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	D: Be (1), ill. kikapcsolás (0) C: kurzor be (1), ill. kikapcsolás (0) B: villogó kurzor (1)
Kurzor és kijelző léptetés	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	x	x	S/C: kijelző léptetés, kurzor mozgás R/L: jobbra-balra
Működési mód	0	0	0	0	1	DL	N	F	x	x	DL: 4 (0) ill. 8 bites (1) átvitel N: kijelző sorainak száma (2 sor (1), 1 sor (0)) F: betűméret 5 x 8 (0), 5 x 10 (1)
CGRAM címbeállítás	0	0	0	1	Karakter generátor RAM címzése					Karakter generátor RAM címzése	
DDRAM címbeállítás	0	0	1	Kijelző RAM címzése					Kijelző RAM címzése		
Állapot lekérdezés	0	1	BF	CGRAM vagy DDRAM cím					BF: állapot lekérdezése (szabad, foglalt) CGRAM, DDRAM: címszámláló állapota		
Írás	1	0	Írandó adat								Adat írása a CGRAM-ba vagy a DDRAM-ba
Olvásás	1	1	Olvasható adat								Adat olvasása a CGRAM-ból vagy a DDRAM-ból

	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
x00x0000	(0)		0	1	A	Q	a	q								
x00x0001	(2)	!	1	A	Q	a	q									
x00x0010	(3)	"	2	B	R	b	r									
x00x0011	(4)	#	3	C	S	c	s									
x00x0100	(5)	\$	4	D	T	d	t									
x00x0101	(6)	%	5	E	U	e	u									
x00x0110	(7)	&	6	F	V	f	v									
x00x0111	(8)	'	7	G	W	g	w									
x00x1000	(1)	(	8	H	X	h	x									
x00x1001	(2)	)	9	I	Y	i	y									
x00x1010	(3)	*	:	J	Z	j	z									
x00x1011	(4)	+	;	K	C	k	{									
x00x1100	(5)	,	<	L	\	l	|									
x00x1101	(6)	-	=	M	]m	}										
x00x1110	(7)	.	>	N	^n	~										
x00x1111	(8)	/	?	O	_o	o	€									

A00 ROM kód

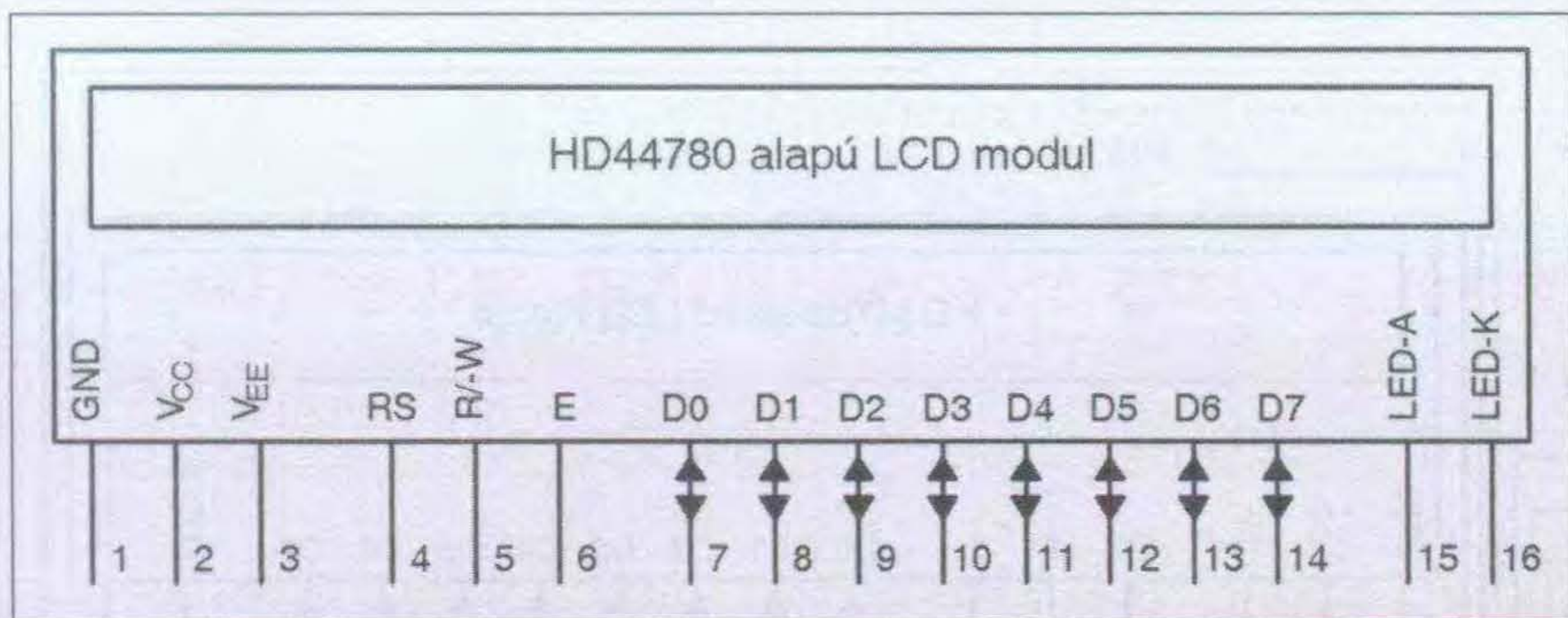
	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
x00x0000	(1)		0	1	A	Q	a	q	Б	α	||	°	À	Θ	À	À
x00x0001	(2)	◀	!	1	A	Q	a	q	Ä	∂	i	±	Ä	Ñ	ä	ñ
x00x0010	(3)	“	"	2	B	R	b	r	Ж	Γ	φ	²	Ä	Ö	ä	ö
x00x0011	(4)	”	#	3	C	S	c	s	З	π	£	³	Ä	Ó	ä	ó
x00x0100	(5)	▲	\$	4	D	T	d	t	H	Σ	x	℞	Ä	Ö	ä	ö
x00x0101	(6)	▼	%	5	E	U	e	u	Й	σ	¥	℥	Ä	Ö	ä	ö
x00x0110	(7)	●	&	6	F	V	f	v	J	J	!	9	Ä	Ö	ä	ö
x00x0111	(8)	◆	'	7	G	W	g	w	Π	τ	§	·	Ä	Ö	ä	ö
x00x1000	(1)	↑	(	8	H	X	h	x	У	†	ω	é	Ä	Ö	ä	ö
x00x1001	(2)	↓	)	9	I	Y	i	y	U	θ	1	é	Ä	Ö	ä	ö
x00x1010	(3)	→	*	:	J	Z	j	z	4	Ω	∞	é	Ä	Ö	ä	ö
x00x1011	(4)	←	+	;	K	C	k	{	Ш	δ	∞	é	Ä	Ö	ä	ö
x00x1100	(5)	↙	,	<	L	\	l	|	Щ	∞	℥	é	Ä	Ö	ä	ö
x00x1101	(6)	↘	-	=	M	]m	}	Ъ	φ	§	é	Ä	Ö	ä	ö	
x00x1110	(7)	▲	.	>	N	^n	~	Ы	ε	∞	é	Ä	Ö	ä	ö	
x00x1111	(8)	▼	/	?	O	_o	o	€	Э	∞	‘	é	Ä	Ö	ä	ö

A02 ROM kód

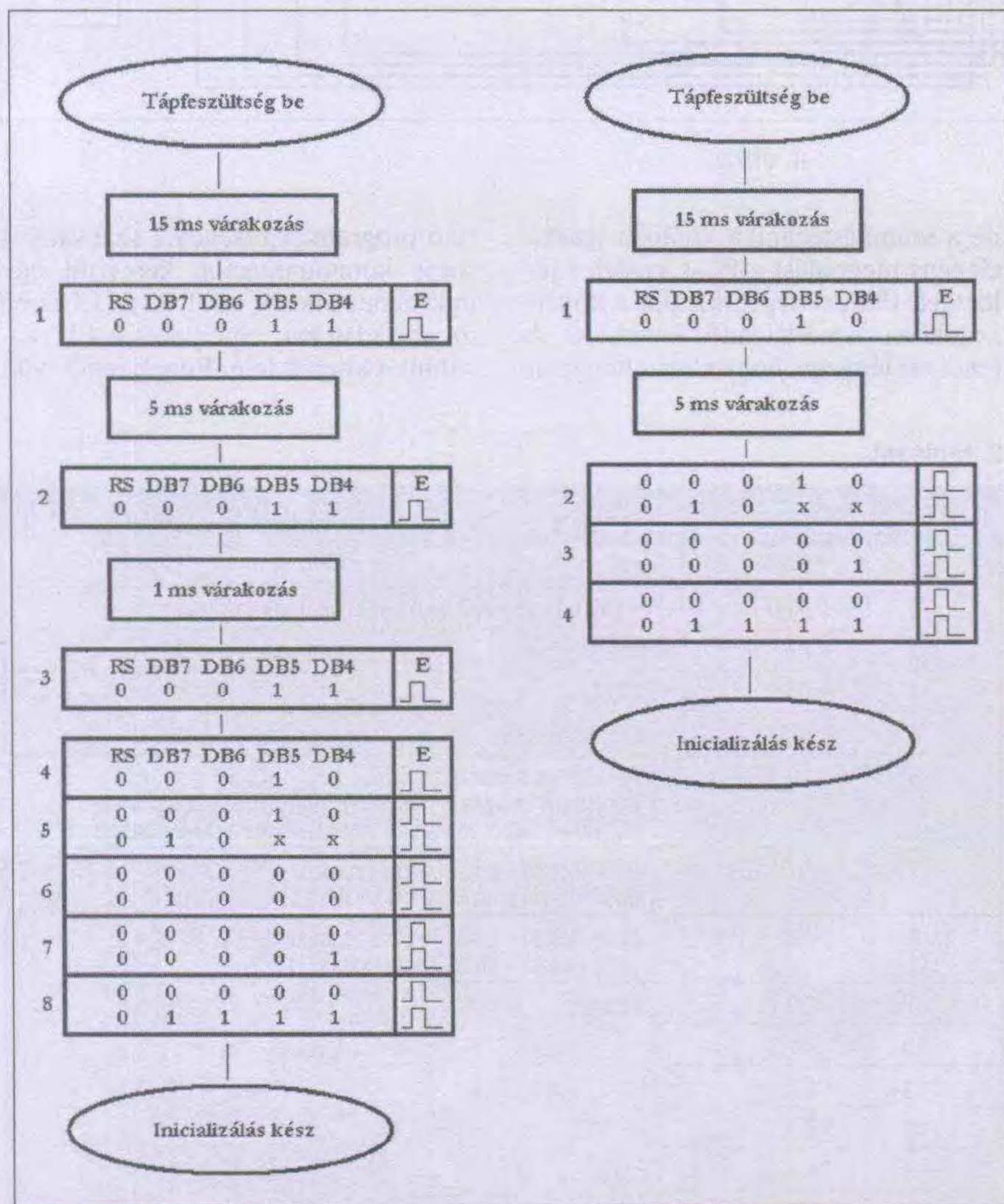
1. ábra

hívását jelenti az LCD inicializálása-
kor.

A következőkben röviden tekintsük
át, milyen módon lehet egyáltalán kijel-
zést előhozni a HD44780 alapú
LCD-ből. A 2. ábrán egy ilyen modul
lábkiosztását láthatjuk. A kivezetéseket
rendeltetésük szerint csoportosíthatjuk.
Az első három láb a tápellátást
biztosítja. Az integrált vezérlőre legfel-
jebb +5 V-ot érdemes kapcsolni a he-
lyes működés érdekében. Az adatlap
értelmében az IC kellően „zöld”, azaz
még 2,7 V-ról is elindul. A Vee kiveze-
tésre kell a kontrasztot beállító feszült-
séget kapcsolni, amely 0 ... Vcc tarto-
mányból választható. Az első kísérle-
tekhez néhány kohmos potmétert érde-
mes használni. Ha esetleg az LCD-n
nem látunk kijelzést a megfelelő vezér-
lés ellenére sem, akkor először ezt a fe-
szültséget változtassuk, mert lehet,
hogy az adat ott van a kijelzőn, csak a
helytelen kontrasztbeállítás miatt nem
látjuk. A következő csoportba a vezér-
lőlábak tartoznak. Az RS segítségével
választhatjuk ki, hogy adatot vagy uta-
sítást szeretnénk-e éppen küldeni a mo-
dulnak. Ha RS logikai 0-n van, akkor
az adatporton beküldött információt
utasításként, ha 1-es szinten, akkor pe-
dig adatként kezeli az LCD vezérlője
IC-je. Az R/W lábon az adatáramlás
irányát választhatjuk ki, mégpedig 0
szint esetén információt fogad a modul
(pl. egy mikrovezérlőtől), 1-es szintnél
pedig küld. A legegyszerűbb felhaszná-
lási mód esetén – amikor csak írunk az
LCD-re, az adatolvasást pedig nem
vesszük igénybe – ezt a lábat nyugod-
tan GND-re kapcsolhatjuk. Igaz, így el-
esünk a STATUS regiszter olvasásától
is, viszont az utasítások végrehajtási
idejét mindig rendben kivárva erre
nincs is szükség. Az E, mint enable láb-
ra adott legalább 300 ns hosszú
tápfeszültségimpulzus „viszi be” a
megfelelően beállított információt az
LCD-be. A D0 ... D7 csoport jelöli azt a
portot, amelyen keresztül az utasítások
és az adatok kódjai ténylegesen beke-
rülnek az IC-be. Mivel a port kétirányú,
ezért nagyon fontos, hogy pontosan
tisztában legyünk az adatáramlás pilla-
natnyi irányával. Ha egy kimenetté
konfigurált portra (R/W láb 1 szint)
még adatot küldünk kívülről, akkor a
port jó eséllyel meghibásodik. Többek
között ezért is érdemes először csak be-
menetnek használni az adatportot (R/W
láb 0 szint). A modul utolsó két kiveze-
tése a háttérvilágítás LED-jeihez en-
ged hozzáférést. A LED-K lábat



2. ábra



3. ábra

GND-re a LED-A lábat pedig néhány-szor 10 ohmon keresztül +5 V-ra kapcsolva a háttérvilágításnak megfelelően üzemelni kell.

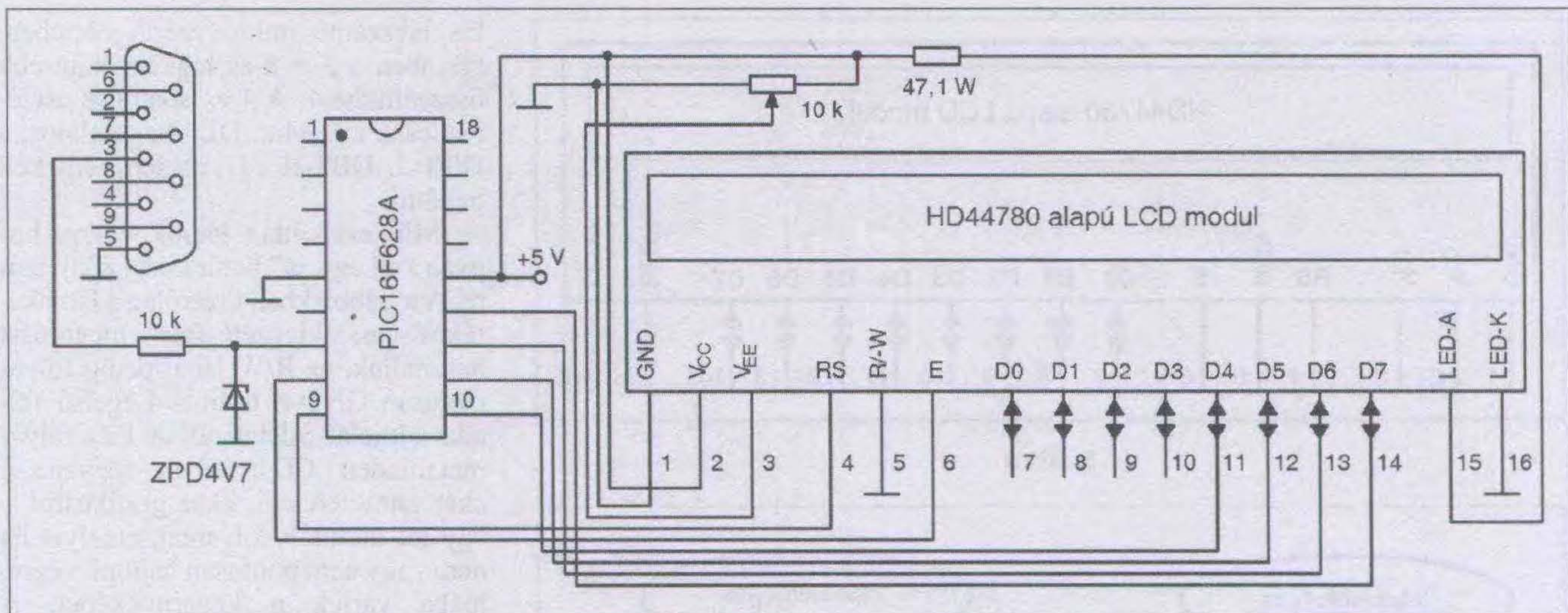
A modul utasításkészlete az **1. táblázatban** található. Az utasítások önmagukért beszélnek, emellett nagyon fontos kiemelni, hogy a HD44780 képes a 4 és 8 adatbites kommunikációra

is. Az utasítások és adatok kódjai ugyan 8 bitesek, de ezeket lehetséges két részletben is beküldeni az LCD-be. Először a felső félbájtot, majd az alsót, természetesen egy-egy E impulzussal nyugtázva. Így a legszűkebb esetben 2 vezérlő és 4 adatvezetéken, azaz összesen 6 lábón megvalósítható a kommunikáció. Ez nem elhanyagolható egy

kis lábszámú mikrovezérlő esetében, szemben a 3 + 8-as legkényelmesebb összeállítással. A 4-es adatbusz esetében csak a DB4 ... DB7 használatos, a DB0 ... DB3-at egyszerűen nem kell bekötni.

Mindezek után lássuk végre, hogyan kell egy „a” betűt kiírni a kijelzőre. A továbbiakban kizárólag a lábtakarékos, ún. „kivezetésfree” megoldást használjuk, az R/W lábat pedig folyamatosan GND-n tartjuk. Legelső feladat a kijelző inicializálása. Ez a folyamat minden LCD esetében – legyen szó akár karakteresről, akár grafikusról – egy jól definiált folyamat, amelyet ha nem vagy nem pontosan hajtunk végre, hiába várjuk a képernyőképet. A HD44780-nál az inicializálás a **3. ábra** szerint történhet. Az adatlap szerint az ábra bal oldalán lévő folyamatot kell végigkövetni. A tápfeszültség bekapcsolása után várni kell legalább 15 ms-ot, majd egymás után háromszor kiadni a 0011 utasításkódot. A negyedik utasítás csak félbájtos, viszont erre már rá lehet ismerni. Ez ugyanis a „működési mód” utasítás első félbájta. Ha ezt az utasítást a megfelelő beállítással csak félig adjuk ki, akkor a kijelző 4 bites üzemmódba megy át. Ha ebben a félbájtban a DB4-et 1-re változtatnánk, akkor az IC várná a következő nibble-t és 8 bites módba menne. Az ötödik utasítás ismét a működési mód beállítását szolgálja, itt viszont már az alsó nibble is szerepet kap. Itt lehet ugyanis a HD tudtára adni, hogy kétsoros kijelzőt (DB7 = 1) és 5×8-as karaktermintákat (DB6 = 0) szeretnénk használni a továbbiakban. Ezután a hatodik parancs keretében egy kijelző kikapcsolása következik, a hetedik pedig egy képernyőtörlést végez. Az inicializálás utolsó utasítása bekapcsolja a kijelzőt (DB6 = 1), bekapcsolja a kurzort (DB5 = 1) és még villogatja is (DB4 = 1). Ezzel az LCD üzemkés, a továbbiakban már lehet vele adatokat kiírni. A **3. ábra** jobb oldalán egy jóval rövidebb bekapcsolási procedúra folyamatábráját láthatjuk.

Tapasztalataim szerint ez is teljesen megfelel a célnak, ugyanazt a végeredményt produkálja, mint az előző. A gyári ajánlás oka valószínűleg az, hogy a bekapcsolást követően nem tudható előre, hogy a vezérlő éppen 4 bites vagy 8 bites állapotban van-e. Ezért az első néhány utasítással biztosan 8 bites módba állítjuk, majd csak ezután alkalmazzuk a 4 bites beállítást. Létezik egy nagyon egyszerű módja annak, hogy



4. ábra



5. ábra

megyőzödjünk róla, az LCD értelmezte-e az első utasítást. A tápfeszültség rákapcsolása után megfelelő kontrasztbeállítás mellett halványan látszani kell a „tele karaktereknek”, azaz minden pont bekapcsolt állapotban van. Amikor beküldjük a működési mód parancs első felét, a kijelzőnek teljesen üressé kell válnia.

A bekapcsolási fázis megismerése után írjunk ki egy „a” betűt a kijelzőre. Ehhez nem kell mást tenni, csupán visszakeresni az 1. ábra alapján az „a” betű „ascii” kódját. Ez a kód a 0110 0001 bináris alakban. Ezután az inicializált LCD RS lábát logikai 1-es szintre kapcsolni (ez jelenti az adatbevitelt), majd két ütemben bevinni az „a” betű kódját. Először a 0110, majd egy E impulzus, utána pedig a 0001 és persze egy E impulzus. Ekkor a kijelzőn megjelenik a kívánt „a” betű, utána egy villogó kurzorral. Vegyük észre, hogy a kurzor magától lépett egyet, azaz a következő adat, amit beviszünk RS = 1 mellett, az már a második helyre fog kerülni és így tovább.

Az LCD vezérlését természetesen meg lehet oldani egyszerű eszközökkel is, mint pl. kapcsolók, nyomógombok,

de a számítástechnika korában igazán elegáns megoldást a PC-s vezérlés jelenthet. Ehhez megépíthetjük a következőkben ismertetendő áramkört. A rendszer lényege, hogy a számítógépen

futó program segítségével szabványos soros kommunikáción keresztül egy mikrokontrollerbe küldjük az LCD-be írandó adatokat, amelyeket a PIC továbbít a kijelző felé. Ennek rendkívüli

2. táblázat

Kivezetés	Jelölés	Funkció
1	Vss	GND
2	Vdd	Tápellátás a vezérlő logika számára (+3,3 V)
3	n.c.	Nincs bekötve
4	/RES	RESET
5	/CS1	Chip kiválasztás
6	AO_RS	Adat/utasítás kiválasztás AO_RS=H (magas logikai szint), adatküldés a D0-D7 buszra AO_RS=L (alacsony szint), utasításküldés a D0-D7 buszra
7	/WR_RW	8080 illesztő – L szintre írás impulzus 6800 illesztő – olvasás/írás kiválasztás
8	/RD_E	8080 illesztő – L szintre olvasás impulzus 6800 illesztő – olvasás/írás indítás
9	D0	Adatbusz
10	D1	
11	D2	
12	D3	
13	D4	
14	D5	Adatbusz/ soros órajel bemenet
15	D6 (SCLK)	
16	D7 (DIN)	Adatbusz/ soros adat bemenet
17	C86	Illesztő típus kiválasztás H szint – 6800 típusú illesztő L szint – 8080 típusú illesztő
18	P/S	Soros/párhuzamos adatfolyam kiválasztás H szint – párhuzamos adat L szint – soros adat
19	LED+	Háttérvilágítás +5V
20	LED-	Háttérvilágítás GND

```

unit Unit1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants,
  Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, PDJRotoLabel, ExtCtrls, ComCtrls,
  VaClasses, VaComm;
type
  TForm1 = class(TForm)
    GroupBox1: TGroupBox;
    Button1: TButton;
    CheckBox1: TCheckBox;
    CheckBox2: TCheckBox;
    CheckBox3: TCheckBox;
    CheckBox4: TCheckBox;
    CheckBox5: TCheckBox;
    CheckBox6: TCheckBox;
    CheckBox7: TCheckBox;
    CheckBox8: TCheckBox;
    CheckBox9: TCheckBox;
    CheckBox10: TCheckBox;
    CheckBox11: TCheckBox;
    PDJRotoLabel1: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel2: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel3: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel4: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel5: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel6: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel7: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel8: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel9: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel10: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel11: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel12: TPDJRotoLabel;
    Bevel1: TBevel;
    StatusBar1: TStatusBar;
    VaComm1: TVaComm;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form1: TForm1;
  adat: byte;
implementation
{$R *.dfm}
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  adat:=0;
  //*****
  if checkbox1.Checked then adat:=adat+1; //RS jel
  if checkbox7.Checked then adat:=adat+16; //DB4
  if checkbox8.Checked then adat:=adat+32; //DB5
  if checkbox9.Checked then adat:=adat+64; //DB6
  if checkbox10.Checked then adat:=adat+128; //DB7
  //*****
  vacomml.WriteText(chr(adat));
end;
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  vacomml.Open;
end;
end.

```

6. ábra

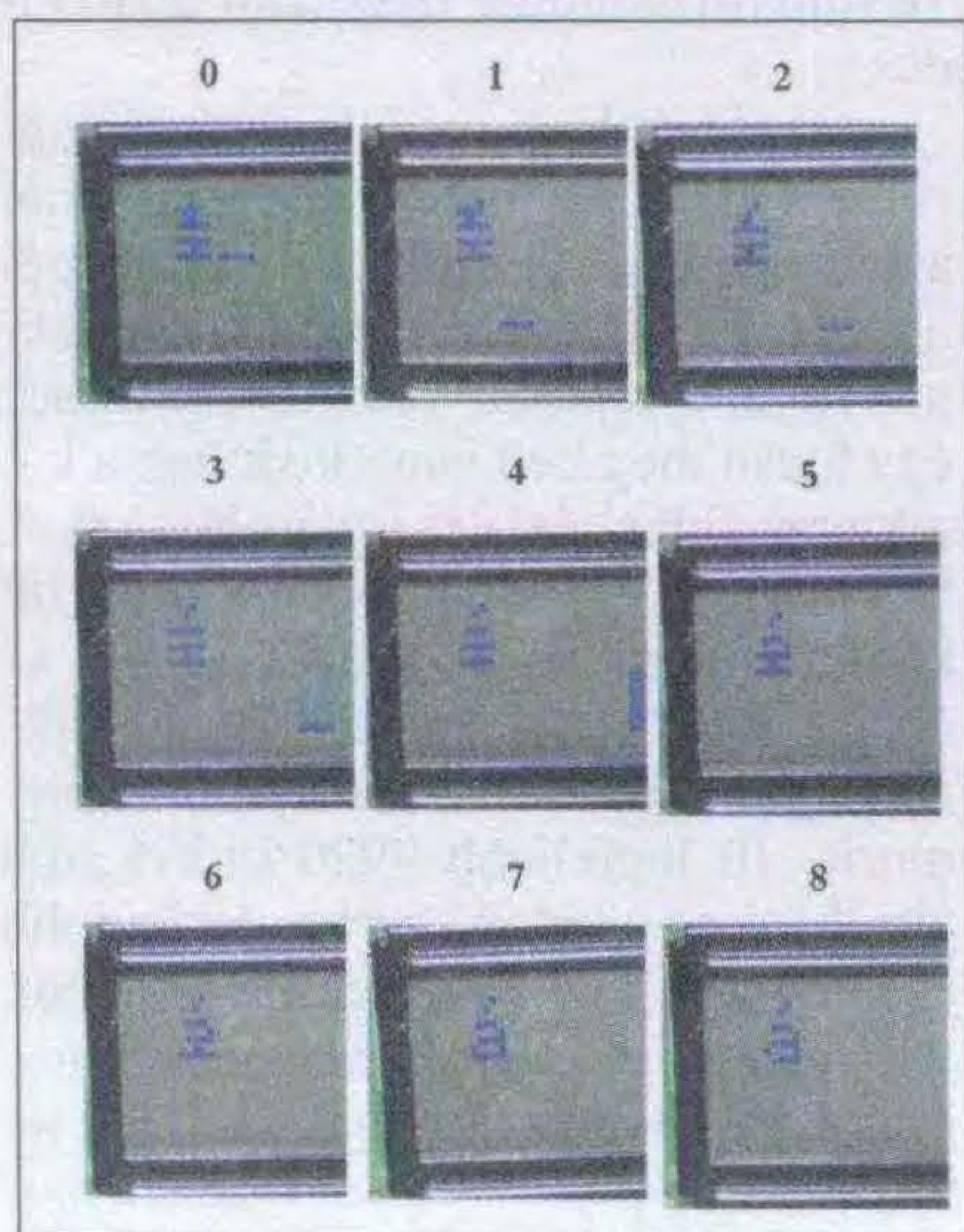
előnye, hogy csak az adatot kell kiküldeni, az E lábat a mikrovezérlő automatikusan kezeli. Ezzel egyrészt az időzí-tési problémákat lehet egyszerűen ki-küszöbölni, másrészt pedig a tényleges adatra figyelhetünk, mert nem kell min-den bevitelnél az E lábra beíró impul-zust küldeni. Ezzel a megoldással akár a Windows részeként fellelhető Hyper Terminal-lal is írhatunk az LCD-re. A konkrét kapcsolás a **4. ábrán** látható. Az egyszerű és olcsó utánépíthetőség kedvéért a PIC a belső 4 MHz-es osz-cillátorával üzemel (a 9600 baud 8N1 elfogadhatóan kis hibával működik en-nél az órajelnél), a portillesztő pedig csak egy Z-diódás „stabilizátor”. A Z-dióda záróirányban kb +5 V-ra korlá-tozza a soros port +7 ... 10 V-os kime-neti feszültségét, nyitóirányban pedig a negatív jelszintet viszi GND közelébe. A rendszer Windows-os részének kép-ernyőképe az **5. ábrán** található. A ke-zelése nagyon egyszerű, a megfelelő jelölőnégyzetek aktiválása után az „Adatküldés” gomb megnyomásával a soros porton keresztül a PIC megkapja az adatot, amelyet a megfelelő lábakon keresztül egy E impulzus segítségével beír az LCD modulba. Az EN és az RW szándékosan tiltottak, mivel az E jelet a PIC generálja automatikusan, az R/W láb pedig folyamatosan GND-re van kapcsolva. A 4 bites kommunikáció mi-att a DB0 ... DB3 is tiltott, így a felhasz-nálónak kell két félbájtra bontani az in-formációt. A PC-s szoftver forráskódja a **6. ábrán** látható. A program Borland Delphi6-ban íródott, a leglényegesebb részt a két csillagozott sor közötti sorok tartalmazzák. Ez a pár utasítás annak jelenthet információt, aki a Hyper Terminal-t szeretné használni adatkül-désre.

Az előzőekben vázolt rendszer ug-ródeszkeként tekinthető az igazi – már a bevezetőben is említett – csemegé-hez, azaz a következőkben saját karak-tert fogunk rajzolni az LCD-re. Ehhez egy kicsit meg kell ismerkednünk a ka-rakterek felépítésével és tárolásával. A HD44780 a gyárilag beprogramozott karaktermintákat a CGROM-ban, az ún. karakter generátor ROM-ban tárol-ja. Ez nevéhez híven csak olvasható me-mória. Itt legfeljebb 9920 bitnyi adat tárolható az adatlap szerint, ez legjobb esetben 240 féle karaktermintát jelent. Az írható adatszélesség viszont 8 bites, azaz 256 féle minta megkülönbözteté-sére lenne képes. A maradék „ascii” kó-dok (16 db) már a változtatható karak-terek elérését teszik lehetővé. Míg a kí-

Karakter kód (DDRAM adat)								CGRAM cím					Karakterminta (CGRAM adat)												
7	6	5	4	3	2	1	0	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0				
0 0 0 0 * 0 0 0								0 0 0					0	0	0	* * *					0	0	0	1	0
													0	0	1	↑					0	0	1	0	0
													0	1	0	|					0	0	0	0	0
													0	1	1	|					0	1	1	1	0
													1	0	0	|					0	0	0	0	1
													1	0	1	|					0	1	1	1	1
													1	1	0	|					1	0	0	0	1
0 0 0 0 * 0 0 1								0 0 1					0	0	0	* * *					0	0	0	1	0
													0	0	1	↑					0	0	1	0	0
													0	1	0	|					0	0	0	0	0
													0	1	1	|					0	1	1	1	0
													1	0	0	|					1	0	0	0	1
													1	0	1	|					1	1	1	1	1
													1	1	0	|					1	0	0	0	0
0 0 0 0 * 1 1 1								1 1 1					0	0	0	* * *									
													0	0	1	↑									
													1	0	0	|									
													1	0	1	|									
													1	1	0	|									
													1	1	1	|									

7. ábra

vülről elérés (címezés) szempontjából nincs különbség a kétféle karakterminta-típus között, a HD belvilágába tekintve észrevehető, hogy ezek a változtatható minták a CGRAM-ban, azaz egy írható-olvasható memóriában kaptak helyet. Itt már érezhető, hogy sajnos



8. ábra

minden bekapcsolásnál újra kell programozni az egységet az általunk rajzolt mintákkal. A minták elhelyezésére sajnos csak 64 bájtt áll rendelkezésre, így legfeljebb 8 különböző minta programozható be. Ha a cél az ékezetes karakterek megjelenítése, akkor a 8 hely több, mint elegendőnek bizonyul (á, é, í, ó, ő, ú, ű), mivel az „ö” és az „ü” már amúgy is szerepel a CGROM-ban. Ha nem 5×8-as, hanem 5×10-es karakterméretben gondolkozunk, akkor bizony csak 4 rajzolt minta bevitelére van lehetőség.

A továbbiakban megnézzük, hogyan lehet eltárolni és előhívni egy tetszőleges mintát. Már az 1. ábrán látható volt, hogy az első oszlop szabadon maradt. Az 1, 2 ... 8 számok jelzik a programozható minták helyét, azaz hivatkozási kódjukat a használat során. A 0000 0000 helyen ugyanaz a minta tartózkodik, mint a 0000 1000 helyen. Először is a minta papíron vagy számítógépen történő megrajzolásával kell kezdenünk a dolgot. Ehhez és a programozáshoz nyújt segítséget a 7. ábra. Nézzük meg először az „á” betű bevitelét.

A *-gal jelölt helyekre a 0 vagy 1 bármelyikét írhatjuk, a működésre nincs hatással. Értelemszerűen érdemes ezeket a helyeket 0-val feltölteni. A minta beírásához egyszerre három dolgot kell észben tartanunk. Az ábrából is látszik, hogy a DDRAM adat, a CGRAM cím és a CGRAM adat egyszerre határozza meg a minta helyét és hivatkozását is. Ahhoz, hogy a 0000 0000 címen legyen elérhető az „á” betű a következőket kell tenni: először is inicializálni kell a kijelzőt a bekapcsolás után a már megismert módon. Fontos megjegyezni, hogy a programozás menetét – ha az megfelelően lassan történik – láthatóvá is lehet tenni a kijelzőn. Ehhez a 3. ábra bármelyik folyamatát kell csupán végrehajtani. Ezek végén ugyanis az utolsó utasítás keretében bekapcsoljuk a kijelzést az LCD-n. Amennyiben az utolsó inicializáló parancs elé tesszük be a mintaprogramozó folyamatot, az lefut ugyan, de nem lesz követhető a kijelzőn. Állítsuk be először a DDRAM adatot. Ehhez az RS lábat 1-es szintre kell kapcsolni, majd kétszer a 0000 sorozatot kiküldeni a 4 bites adatbuszra (természetesen E impulzusok kíséretében). A kijelzőn meg kell jelennie egy felismerhetetlen karaktermintának, ami abból adódik, hogy a RAM induláskor általában véletlenszerű adatállapotokat vesz fel. Ezután a CGRAM cím beírása következik, ezért először az RS lábat állítsuk vissza 0-ra. Küldjük ki a 0100 0000 sorozatot, amely megcímzi az „á” betű legfelső sorát. Majd a CGRAM adat következik, így az RS-t ismételten 1-re kell vinni. A 7. ábra szerint az „á” betű felső sorát a 0000 0010 adatsor definiálja. Ennek kiküldése után már a kijelzőn látnunk kell a módosult adatot. Szerencsére a címszámláló ilyenkor automatikusan lép egyet, így nem kell újra CGRAM címet beállítani, csupán a második sorban elhelyezkedő CGRAM adatot kell kiküldeniünk RS = 1 mellett. Ez a sor a 0000 0100. Ezzel az ékezetnek már tisztán kell látszania a kijelzőn, ahogyan azt a 8. ábra mutatja is. A sorok adatait egymás után kiküldve fokozatosan kirajzolódik a kívánt jel. Ha készen vagyunk a beprogramozással, akkor jöhet egy képernyőtörlés RS = 0 mellett (0000 0001). Ezzel készen áll a minta a használatra. Ekkor a kurzor a 0;0 pozícióban áll. Ezek után már csak használnunk kell az új karaktert. Az RS lábat 1-re állítva címezzük meg a 0000 0000-t. Ekkor a kijelző kezdő pozíciójába kirajzolódik az „á” betű. Innentől kezdve a tápfeszültség kikapcsolásáig a

```

device 16f628

dim temp,msb,lsb as byte

symbol ce=portb.2
symbol rs=portb.3

cmcon=7
trisb=%00000011
low rs
low ce

`program indul
`-----

kezd:
  gosub lcd_inicializalas
  gosub karaktertanitas
  gosub kepernyotorles
  gosub uj_karakter_kiiras
end

`-----
`-----szubrutinok-----
`-----

lcd_inicializalas:
  delayms 15
  low rs
  portb=portb & 15
  high portb.5
  high ce
  low ce
  delayms 5
  temp=%00101000 `müködési mód
  gosub parancskiir
  temp=%00000001 `képernyötörlés
  gosub parancskiir
  temp=%00001111 `kijelző üzemmód
  gosub parancskiir
return

`-----
karaktertanitas:
  temp=%00000000 `az új karakter CGRAM poz.
  gosub adatkiir
  temp=%01000000 `CGRAM cím
  gosub parancskiir

  temp=%00000010 `""á" betű legfelső sora
  gosub adatkiir
  temp=%00000100
  gosub adatkiir
  temp=%00000000
  gosub adatkiir
  temp=%00001110
  gosub adatkiir
  temp=%00000001
  gosub adatkiir
  temp=%00001111 `""á" betű legalsó sora
  gosub adatkiir
return

`-----
uj_karakter_kiiras:
  temp=%00000000 `a karakter CGRAM pozíciója
  gosub adatkiir
return

`-----
adatkiir:
  high rs
  msb=temp & 240
  lsb=16*(temp & 15)

  portb=portb & 15
  portb=portb | msb
  high ce
  low ce

  portb=portb & 15
  portb=portb | lsb
  high ce
  low ce
return

`-----
parancskiir:
  low rs
  msb=temp & 240
  lsb=16*(temp & 15)

  portb=portb & 15
  portb=portb | msb
  high ce
  low ce

  portb=portb & 15
  portb=portb | lsb
  high ce
  low ce
return

```

9. ábra

CGRAM megtartja a bevitt kódot. Végezetül nézzünk meg egy komplett PIC programot, amely tartalmazza a képernyő inicializálását, az „á” betű beprogramozását és kiíratását. A program a NightPic V8.1-es verziójával készült basic nyelven, amint az a 9. ábrán látható is. A forráskód gyakorlatilag önmagáért beszél így csak néhány dolgot szükséges kiemelni. A főprogram a

„kezd” címkével indul és egyszer fut le. Ha a „karaktertanitas” címkével jelzett szubrutinban késleltetéseket (delayms 500) helyezünk el minden egyes adatkiíró sor után, akkor elemeiből is láthatjuk felépülni az „á” betűt. A már megépített 4. ábra szerinti kapcsolással teljes egészében kompatibilis a program, csak egyszerűen a portb.1-et nem használjuk fel. A program természetesen

alkalmas az LCD-hez tartozó utasítások kipróbálására is, így felhasználható tetszőleges karaktersorozat kiírására, vagy éppen mind a nyolc programozható karakterhely feltöltésére is.

Grafikus LCD-k

A következőkben két grafikus kijelzőt mutatunk be. Mindkettő monokróm ki-



10. ábra

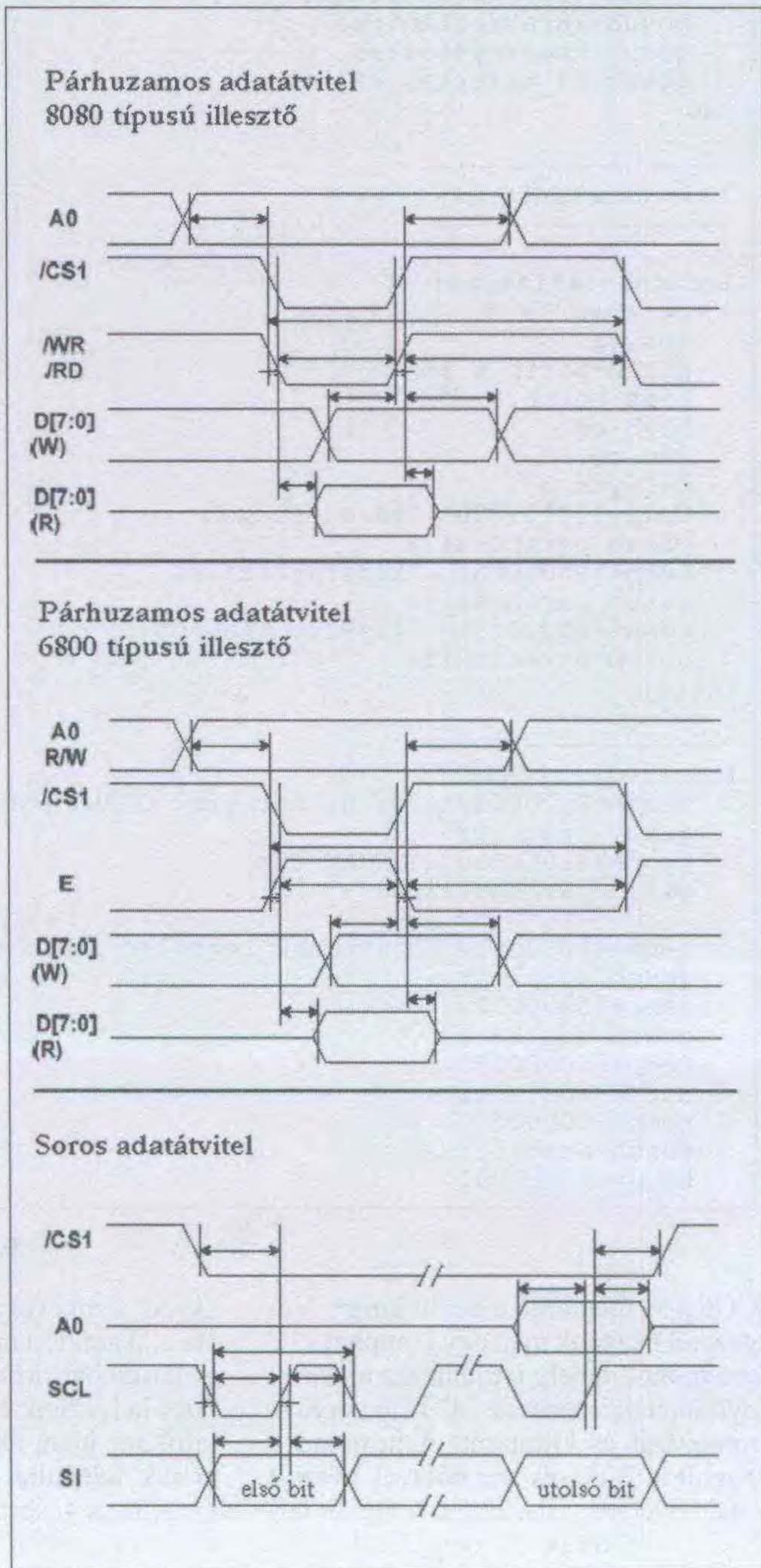
vitelű, azaz a bekapcsolt pont sötét, a kikapcsolt pedig háttérszínű. A fehér háttérvilágítás aktiválásával bármelyikük tetszetős megjelenítő eleme lehet saját fejlesztésű készüléknek. A választás azért esett e két modulra, mert az egyik, a 128×64 képpontos a kategória mondhatni legkisebbike, a másik, a 320×240 léppontos pedig egy igazi sokfunkciós típus.

128×64 képpontos LCD (ES13BB0)

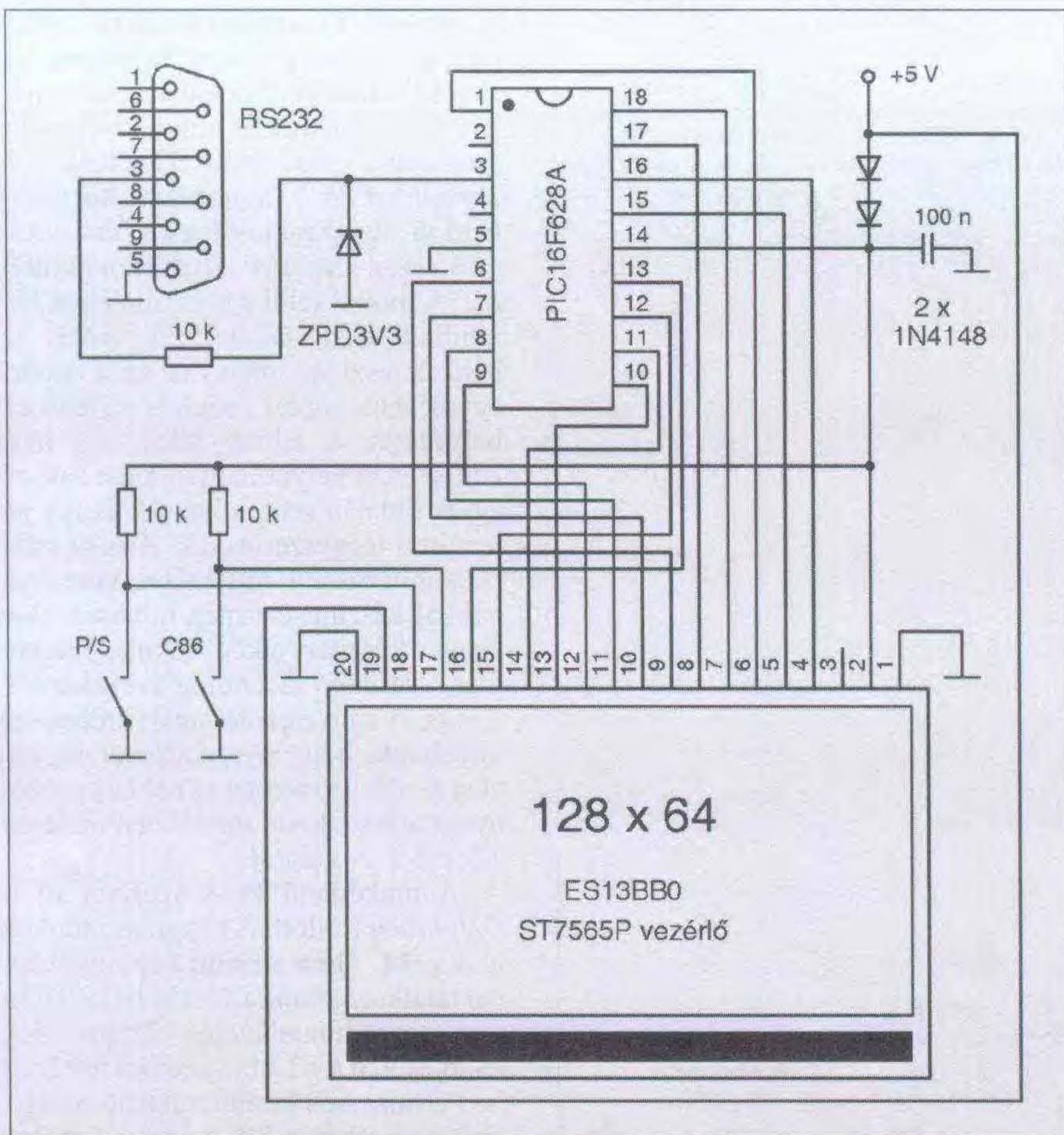
A kereskedelemben ES13BB0-ként szerezhető be az a 128×64-es kijelző, amelynek működését a következőkben ismertetjük az Olvasóknak. Működése, üzemeltetése rendkívül egyszerű – , de legalábbis nem bonyolultabb, mint a karaktereseké –, így a grafikus kijelzőkkel való ismerkedés első állomásaként tökéletesen megfelelő. Vele kapcsolatban egyetlen apróságot kell csak megszokni az 5 V-os logikán nevelkedett fejlesztőnek, hogy a modul illesztő része 3,3 V-ról üzemel. A háttérvilágítás adatlap által ajánlott feszültsége a megszokott 5 V. Valamilyen módon tehát a modullal kommunikáló mikrovezérlőt is 3,3 V-ról kell járatni. Vagy mindenhol nyitott kollektoros vezérléseket (kimenetek) kell alkalmazni az 5 V-os oldalról nézve és a 3,3 V-os oldalról felhúzni egy-egy ellenállással. Szerencsére a PIC mikrovezérlők jelentős része kifogástalanul üzemel 3,3 V-ról is, így a probléma könnyen kiküszöbölhető. A modul kontrasztja csak belülről, speciális utasításokon keresztül állítható, így elmarad a karakteresnél már megszokott potenciométer. Ez jó is, meg nem is. Jó, mert a kontrasztot szoftveresen változtatgatva árnyalt megjelenítési módokat lehet létrehozni, hátrányos, mert csak néhány megfelelő utasítás sikeres bevitele után lehetséges egyáltalán „életet lehelni” a kijelzőbe.

A kijelző fényképe és egy lehetséges rajzjele a 10. ábrán látható. Senkit ne riasszon vissza a 20 kivezetés, mert a lábak jól rendezhetők adott funkciók köré. A kivezetések értelmezése a 2. táblázatban látható. A 20 pólusú csatlakozósor mindkét végén a GND foglal helyet, mellettük pedig a 2-es lábbon a modul tápellátása, a 19-esen pedig a háttérvilágítás +5 V-ja kapott helyet. Most érdemes felhívni a figyelmet az esetleges fordított bekötés elkerülésére, mert a 3,3 V-ra tervezett logika nehezen „szokik hozzá” az 5 V-hoz... A modulvezérlő rendelkezik hardveres RESET bemenettel, ami kívülről vezérelhetővé teszi az újraindítást. A sorban következő 14 láb kicsit riasztónak tűnhet, viszont meglehetősen sokoldalúvá teszi a külvilággal történő kommunikációt. A modulvezérlő ST7565P jelű IC-t háromféle módon is meg

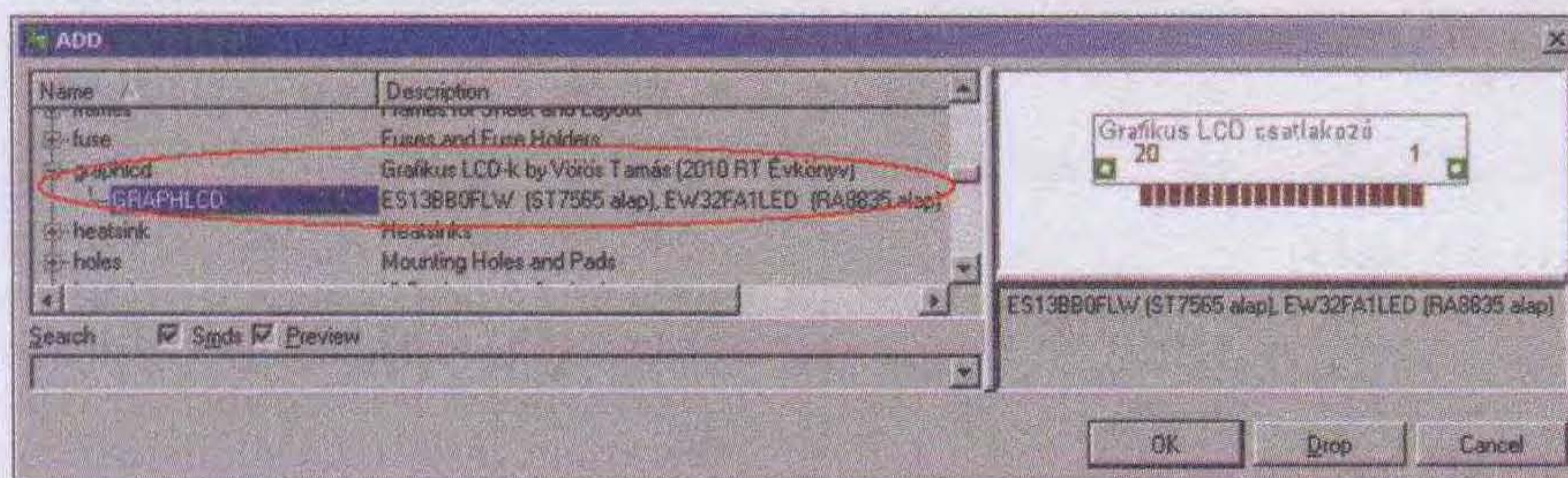
lehet szólaltatni. Képes kezelni kétféle párhuzamos és egyféle soros kommunikációt. A három üzemmód között a 17 és a 18-as kivezetésekre kapcsolt logikai szintekkel tudunk váltani. Ha a 18-as lábba magas szintet (H) adunk, akkor a vezérlő a D0 ... D7 adatbuszon keresztül várja és adja az adatokat. Alacsony (L) szintre kapcsolással az adatáramláshoz mindössze egy adat (16-os) és egy órajellábra (15-ös) van szükség. Párhuzamos üzemmódban a 17-es láb dönt a használandó vezérlés típusáról. A soros-párhuzamos üzemmódok lehetőségeit



11. ábra



12. ábra



13. ábra



14. ábra

adnak a feladathoz leginkább megfelelő adatfolyam kiválasztására. Egy gyors képváltásokkal megtüzdelt animáció megjelenítésére inkább javasolt a párhuzamos módok valamelyike – igaz így legalább 18 lábú mikrovezérlővel érdemes a modult meghajtani -, míg egyszerű karakteres kijelzés meg némi grafika

mellett a soros adatátvitel már a legkisebb PIC-ek segítségével is megoldható. Ne felejtsük el azonban, hogy a teljes képernyő újrarajzolásához 1 kbájtnyi adatot kell a modulba juttatni! Azt előtte valahonnan ki kell olvasni vagy ki kell számolni, így soros adatátvitellel a szokványos 4 MHz-es belső órajel mellett bi-

zony darabos mozgást kaphatunk. Párhuzamos módban már könnyen elérhető a 10 kép is másodpercenként.

Miután eldöntöttük, hogy milyen üzemmódban szeretnénk üzemeltetni a modult, a 11. ábra nyújthat segítséget a kommunikáció folyamatának megértésében.

Ehhez a kijelzőhöz is elkészült egy ún. tanulóalkalmazás. A PC-ről szabványos soros porton (9600 baud 8N1) kiküldjük a kívánt utasításokat, egy PIC ezt fogadja és továbbítja a modul felé. A 12. ábra kapcsolási rajzán látszik, hogy az összes üzemmód kipróbálására lehetőséget ad. A PIC16F628A fogadja a PC-ből jövő adatokat. A már megismert C86 és a P/S kivezetések manuális beállításával be kell állítani az alkalmazandó átviteltípust, majd küldeni az adatokat. A kisebb tápfeszültség előállítását két szilícium dióda soros kapcsolásával történik. Mivel a mintapéldány a PC USB portjáról kapta a tápfeszültséget, az 5 V-ból levonva a két dióda kb 2 x 0,7 V-os nyitófeszültségét 10%-os pontosságon belül előállíthatjuk a 3,3 V-ot a modul számára. A háttérvilágítás közvetlenül az USB port +5 V-járól üzemel. A 100 nF-os tápszűrést a gép felől érkező esetleges zavarok elnyomása érdekében javasolt beépíteni, de a tapasztalatok szerint az esetek jó részében el is hagyható. Mivel ezt a kapcsolást a későbbiekben még használni fogjuk, az adatbusz bithelyesen megfelel a PIC „B” portjának, a különféle vezérlő jelek pedig az „A” porton kaptak helyet. A PIC itt is a belső 4 MHz-es oszcillátort használja, így a megmaradt két kivezetést más célra lehet használni.

A HD alapú karakteres moduloknál nem volt probléma a nyomtatott áramkör megtervezése, mert a kijelző lábai illeszkedtek a megfelelő SIL (single in line) komponensekhez. A grafikus kijelzőknél a nagy kivezetésszám miatt már sok helyen SM, azaz felületszerelt kivitelű csatlakozósorral találkozhatunk. Ennek a nyákra integrálása, főleg a furatszerelt technológiához szokott fejlesztő számára, nehézségekbe ütközhet. A megoldás érdekében elkészült egy csatlakozósáv minta, amelynek alkalmazásával a sokak által közkedvelt EAGLE program (www.cadsoft.de) nyáktervező részével már egyszerűen kezelhetők a grafikus modulok. Mivel mindkét, a cikkben ismertetett grafikus kijelző csatlakozósávjának mérete és lábszáma megegyezik – *Figyelem!* A lábkiosztásuk NEM! –, így a pattern értelemszerűen mindkettőhöz használha-

```

unit Unit1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics,
  Controls, Forms, Dialogs, StdCtrls, PDJRotoLabel,
  VaClasses, VaComm;
type
  TForm1 = class(TForm)
    RadioButton1: TRadioButton;
    RadioButton2: TRadioButton;
    GroupBox1: TGroupBox;
    GroupBox2: TGroupBox;
    CheckBox1: TCheckBox;
    CheckBox2: TCheckBox;
    CheckBox3: TCheckBox;
    CheckBox4: TCheckBox;
    CheckBox5: TCheckBox;
    CheckBox6: TCheckBox;
    CheckBox7: TCheckBox;
    CheckBox8: TCheckBox;
    CheckBox9: TCheckBox;
    PDJRotoLabel1: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel2: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel3: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel4: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel5: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel6: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel7: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel8: TPDJRotoLabel;
    PDJRotoLabel9: TPDJRotoLabel;
    GroupBox3: TGroupBox;
    Button1: TButton;
    VaComm1: TVaComm;
    GroupBox4: TGroupBox;
    RadioButton3: TRadioButton;
    RadioButton4: TRadioButton;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form1: TForm1;
  data1,data2:byte;
implementation
{$R *.dfm}
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  data1:=0; // utasításbájt
  data2:=0; // adatbájt
  //*****
  if radiobutton1.Checked then data1:=data1+128; // Soros/párhuzamos mód
  if checkbox1.Checked then data1:=data1+32; // A0 RS jel
  if radiobutton4.Checked then data1:=data1+64; // 8080, 6800 illesztő
  if checkbox2.Checked then data2:=data2+128; // DB7
  if checkbox3.Checked then data2:=data2+64; // DB6
  if checkbox4.Checked then data2:=data2+32; // DB5
  if checkbox5.Checked then data2:=data2+16; // DB4
  if checkbox6.Checked then data2:=data2+8; // DB3
  if checkbox7.Checked then data2:=data2+4; // DB2
  if checkbox8.Checked then data2:=data2+2; // DB1
  if checkbox9.Checked then data2:=data2+1; // DB0
  //*****
  vacomm1.WriteText(chr(data1)+chr(data2)); //adatküldése (9600,8N1)
end;
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  vacomm1.Open; //soros port megnyitása
end;
end.

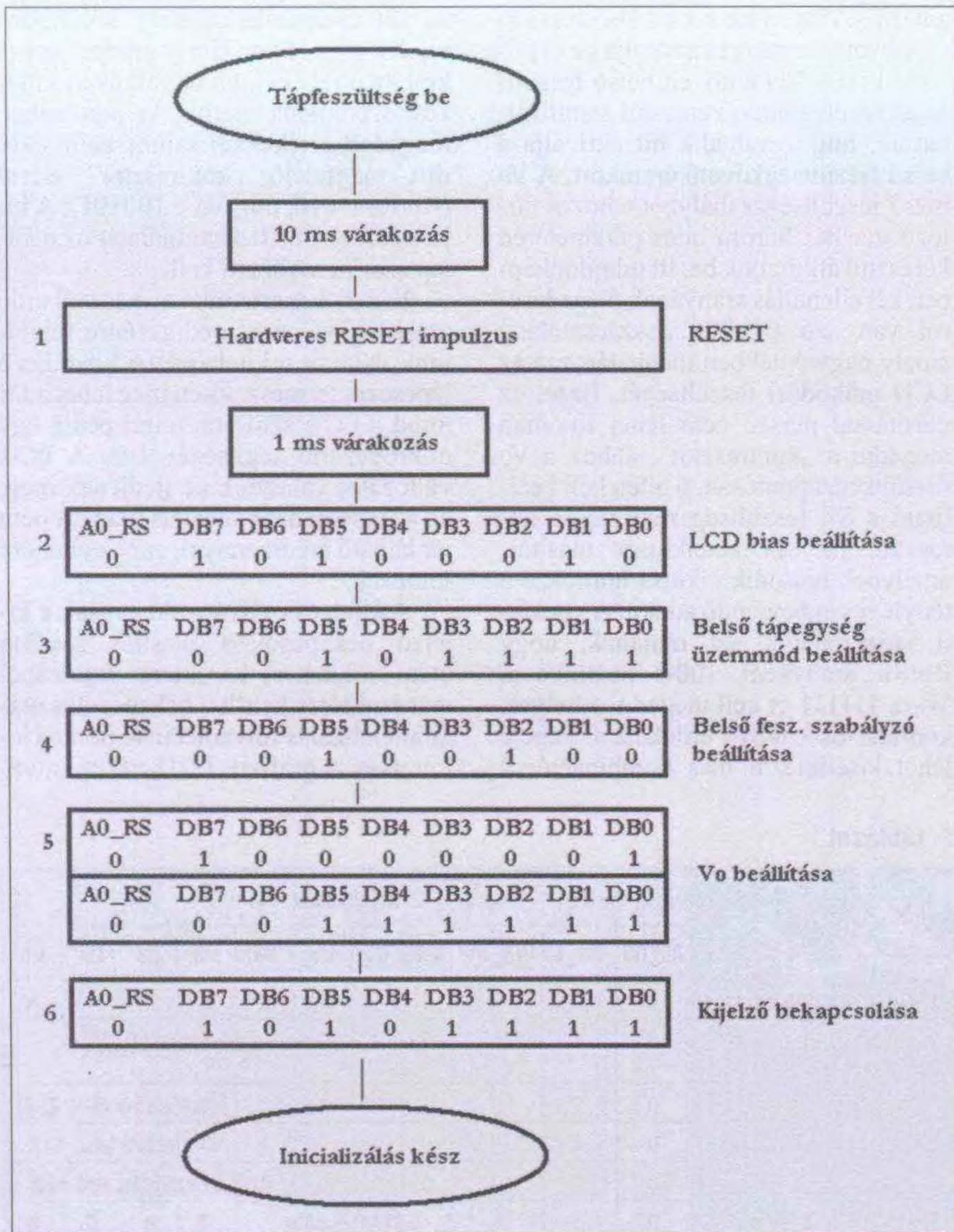
```

15. ábra

tó. Amint a **13. ábrán** látszik is, a programba új alkatrészként behívható. A „gyári” csatlakozósávon találunk még két rögzítőelemet is, amit itt egy-egy szögletes „via”-ként kezelünk. A „*graphlcd.lbr*” ingyenesen hozzáférhető a [www.radiovilag.hu honlapcimen](http://www.radiovilag.hu/honlapcimen), ezen évkönyv tartalomjegyzékénél. A modul felől nézve általában flexibilis nyákkal találkozunk, amely lehetővé teszi az alapnyák és a modul egymáshoz képest szögben történő elhelyezését is. Ebből kifolyólag nem kell szabad helyet hagyni a csatlakozó egyik oldalán sem, a huzalozás így jelentősen leegyszerűsödik. A saját mintaalkalmazás 24 mil széles vezetősávokkal készült, ezt még hibamentesen el lehet készíteni a közkedvelt „műnyomás – vasalós” technológiával akár otthon is. A sűrű rajzolat miatt különösen ügyeljünk, hogy nyomtatáskor legyen elég festék a tonerben és néhány próbanyomtatással kellő mértékben melegítsük elő a nyomtatót.

A működtető PC-s szoftver itt is *Delphiben* íródott. A program indulása után a **14. ábra** szerinti képernyőképpel találkozhatunk. Először be kell állítani a kommunikációs üzemmódot, majd ezután a **12. ábra** szerinti hardvert is. Párhuzamos kommunikáció megjelenése esetében a P/S kapcsolót nyitott állásba, 8080 típusú illesztőnél pedig a C86-ot zárt állásba kell helyezni. Ezzel biztosíthatjuk, hogy a hardveren kiválasztott és a szoftveren megjelölt típusok egybeessenek. A program kezelésével kapcsolatban csupán annyit kell megjegyezni, hogy utasításkód küldése esetén az A0_RS lábat (pipát) GND-re kell kapcsolni (a jelölőnégyzetet üresen hagyni), adatküldéskor pedig magas logikai szintre húzni (bejelölni). Ha idáig eljutottunk, innen már könnyen megy majd az első képpont bekapcsolása. A továbblépéshez meg kell ismerkedni az LCD utasításkészletével. Azok kedvéért, akik esetleg más sorosport kezelő alkalmazással szeretnék kipróbálni az LCD-t, a **15. ábra** keretében megtudhatják a PIC-nek kiküldendő adatok szerkezetét. A kommunikáció egy vezérlőbájt és egy adatbájt átküldésére korlátozódik. A vezérlőbájton keresztül kell megadni a használandó PIC-LCD adatfolyamtípust (soros/párhuzamos, azon belül 6800 vagy 8080), és azt hogy adatot, vagy utasítást fogunk-e továbbítani a második bájt elhelyezett információval.

A teljes utasításkészlet a **3. táblázatban** kapott helyet. A továbbiakban a



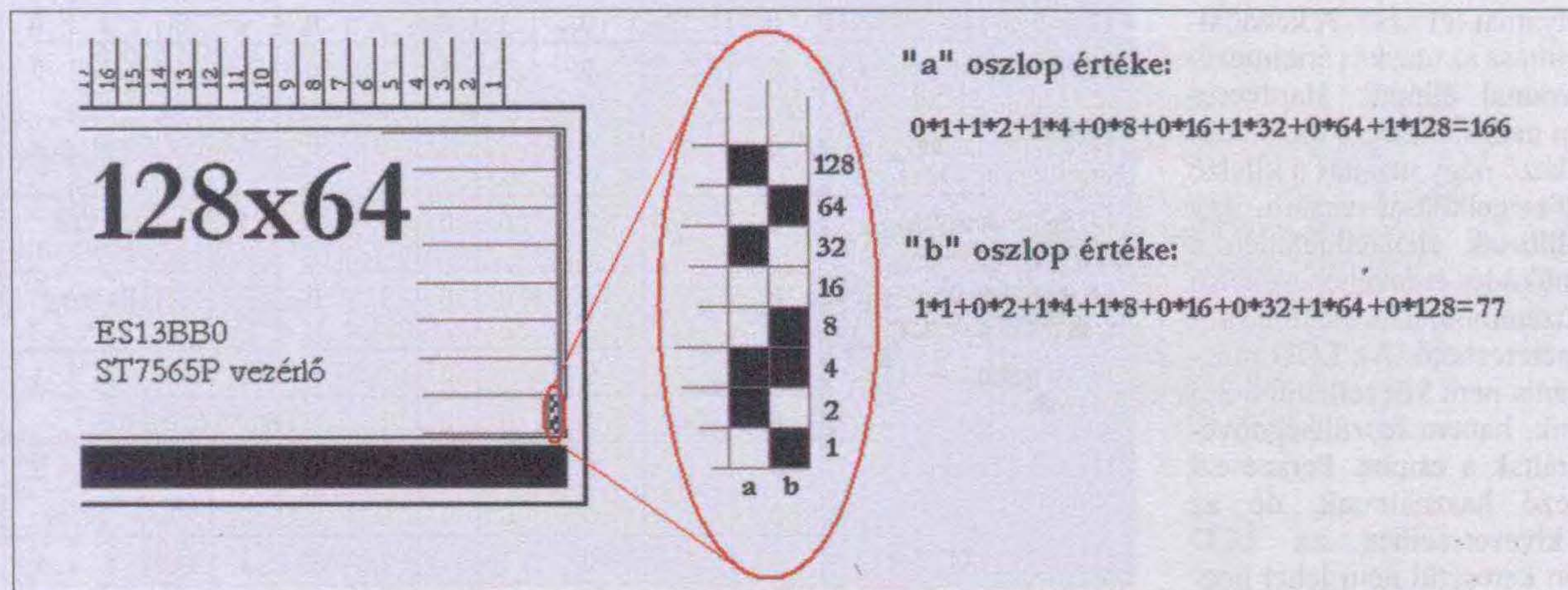
16. ábra

8080 típusú párhuzamos illesztőt használjuk. Soros illesztő esetén értelem-szerűen az RD_E és a WR_RW lábakra kapcsolandó jelek elmaradnak. A kijel-

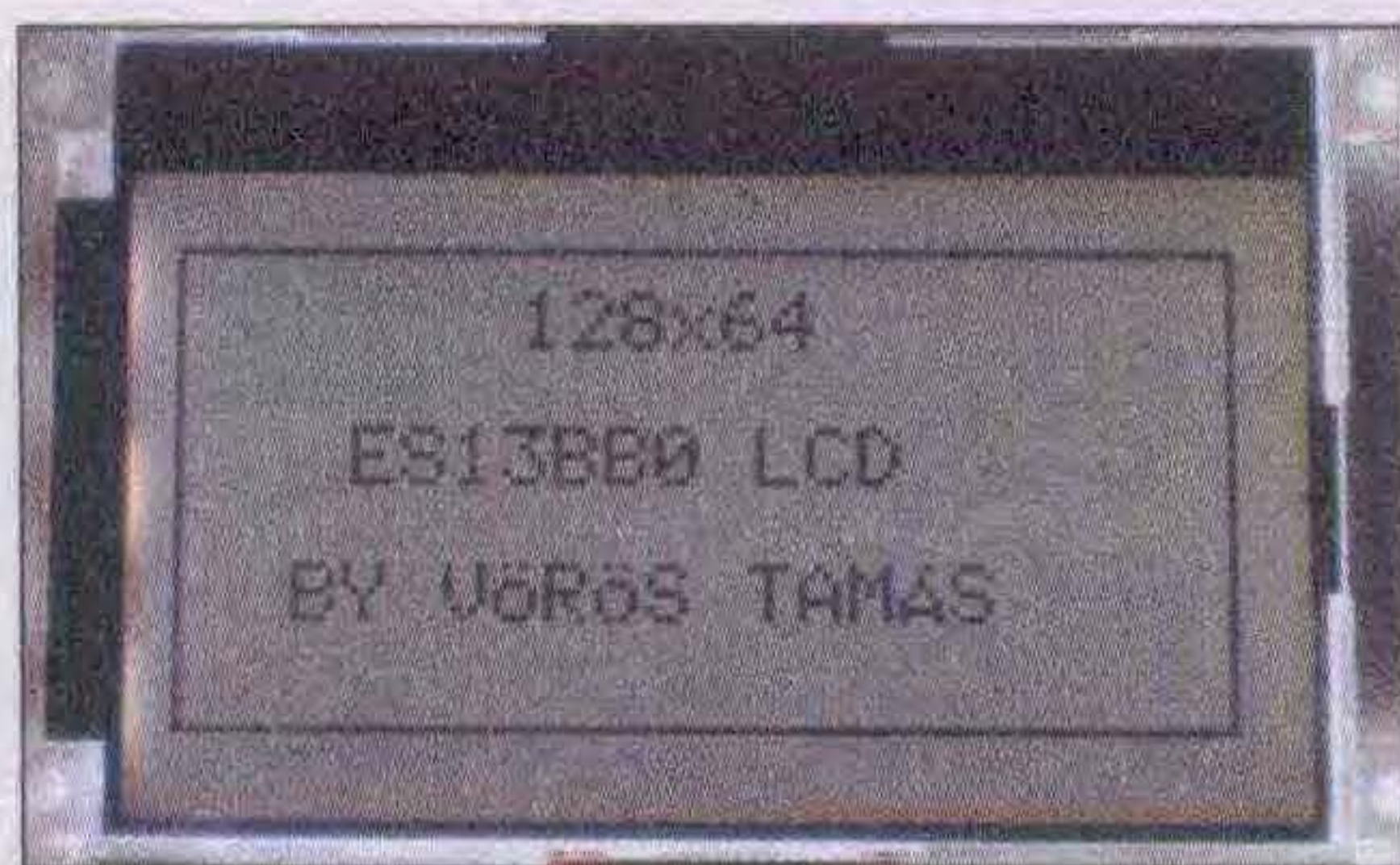
ző be- és kikapcsolása az első utasítással történik. Az „A” paraméter 0 értéke esetén a parancs kikapcsolja, 1-nél pedig bekapcsolja a kijelzést. Ezt az utasí-

tást használhatjuk akkor is, ha menet közben el kellene tüntetni egy bizonyos időre a kijelzőn lévő adatokat. Ekkor a memóriában bent marad az adat, viszont nem látható. Ezt grafikák gyors váltásánál érdemes használni, amíg betöltjük az új adatot a memóriába, addig kikapcsoljuk a kijelzőt, elkerülve az átúszás jelenségét, ami néha igen zavaró lehet (főként lassabb kommunikációs sebesség mellett). Az LCD memóriafelépítése olyan, hogy az oszlopokra egyesével hivatkozhatunk, de a sorokra nem. Azaz nagyon fontos megérteni, hogy vízszintesen csak ún. memórialapot címezhetünk meg, amely 8 kijelzősor egybefogását jelenti. A lapcím beállítása utasításnak ezek szerint csak 8 féle, azaz 3 bites paramétert kellene fogadnia, ehelyett 4 biten 9 féle (0...8) paramétert adhatunk meg. Ez annak köszönhető, hogy a kijelző „nettó” mérete ugyan valóban 128×64 kijelzhető pont, de a mögötte álló memórialap mérete 132×65 pont adatát képes befogadni. A 64-et már csak 4 biten lehet megjeleníteni.

A 64-től felfelé lévő sorokat ugyan „bevihetjük” az ST7565P-be, de azok megjelenítése nem lehetséges. Hasonlóképpen az oszlopcím beállításánál is elegendő lenne 7 bit, viszont a 128 ... 131 bevitele már 8 bitet kíván. Figyeljük meg, hogy a teljes oszlopcím bevitele két utasítást igényel, első körben az alsó 4 bitet, másodjára pedig a felső 4 bitet vigyük be az IC-be. Bár kétségtelen, hogy csak memórialapoként címezhetünk, de a kijelző kezdősorát pontosan beállíthatjuk. Ez azt jelenti, hogy függőlegesen fel- és lefele is sor pontossággal eltolható a memória és a kijelző hozzárendelési szabálya. Ha pl. lefelé tolunk 10 sorral, akkor az 54-es sor lesz a kezdő (64-10, persze 0. sorral kezdve). A képernyő felső 10 sorában



17. ábra



19. ábra

értelemszerűen megjelenik az eredeti mozdíthatlan memóriaterület 10 sora. A STATUS olvasása egyszerű alkalmazásoknál nem szükséges, ha kivárjuk az utasítások lefutásának idejét. Az ADC kiválasztása adhatja meg a szegmens meghajtás irányát, röviden ez ad lehetőséget a kijelző vízszintes tükrözésére. Az „A” paraméter 0 értéke jelzi a normális irányt, 1-es pedig a fordítottat. Vegyük azonban továbbra is figyelembe, hogy tükrözés esetén nem a 0 és a 127 cserél helyet, hanem a 0 és a 131, az 1 és a 130 és így tovább. A kijelző mód beállítása segítségével lehetséges a sötét és világos pontok invertálása a memória átírása nélkül. Olyan hatást kelt, mintha egy-egy invertert kapcsolunk volna minden képpont elé. A 0 paraméter jelzi a normál módot, 1 pedig az invertáltat. Fontos tudni, hogy a memóriaterület érintetlen marad a parancs bármennyiszeri kiadását követően is. Hasonlóképpen a kijelző összes pontjának ki- és bekapcsolását eszközlő utasítás sem változtatja a memória állapotát, azaz nem lehet sajnos ilyen módon törölni a képernyőt, még a kijelző be- és kikapcsolása parancs kombinálásával sem. A RESET utasítás kiadásával az alapvető beállítások alaphelyzetbe kerülnek, úgymint kezdősor, lappím, oszlopcím és a kijelző feszültségellátásával kapcsolatos regiszterek. A kijelzőmemóriában tárolt adatokra nincs befolyással a folyamat lefutása. A kezdőállapotok beállítása az utasítás értelmezése után azonnal elindul. Hardveres RESET után nem szükséges használni.

A következő négy utasítás a kijelző belső feszültségellátását vezérli, így helyes beállításuk elengedhetetlen a megfelelő működés érdekében. A belső tápegység üzemmódjának beállítása 3 bittel paraméterezhető. Az LCD meghajtása ugyanis nem közvetlenül a 3,3 V-ról történik, hanem feszültségnövelőt is integráltak a csipbe. Persze ezt nem kötelező használnunk, de az ST7565P kivezetéseihez az LCD illesztősávon keresztül nem lehet hoz-

záférni. A második bit a belső feszültségnövelő áramkört kapcsolja be (1) illetve ki (0). Ezt a növelt belső feszültséget az első biten keresztül stabilizálhatjuk, míg a nulladik bit aktiválja a belső feszültségkövető áramkört. A V_o belső feszültségszabályzót a hozzá tartozó utasítás három bites paraméterén keresztül állíthatjuk be. Itt tulajdonképpen két ellenállás arányának megadásáról van szó (R_b/R_a visszacsatolás), amely nagyléptékben meghatározza az LCD működési feszültségét. Ezzel az utasítással persze nem lehet finoman megadni a „kontrasztot”, ahhoz a V_o feszültséget pontosan, 6 biten kell beállítani a V_o feszültség regiszteren keresztül. Ez egy kétciklusos utasítás, amelynek második ciklusa hordozza a ténylegesen beviendő adatot. A kísérleti tapasztalatok azt mutatták, hogy R_b/R_a arányként 100-t beállítva a V_o -ra 11111-et kell megadni a helyes, kontrasztos kijelzés érdekében. Persze lehet kísérletezni más kombinációval

is, sőt elképzelhető, hogy különböző kijelzők esetében kicsit módosítani is kell az értékeket, ha ugyanolyan kijelzést szeretnénk elérni. Az adatlapban megadott értékekkel sajnos nem sikerült megfelelő „kontrasztot” elérni ($R_b/R_a = 010$, míg $V_o = 100101$). A kijelző teszt utasítás használatát az adatlap szerint mellőzni kell.

Ezzel ismertettük a használandó utasításokat, most pedig végre rajzoljunk valamit a kijelzőre! A következő lépéseket természetesen meg lehet adni mind a PC-s szoftver, mind pedig egy mikrovezérlő segítségével is. A PC-s változatot választók ne ijedjenek meg, ha az első néhány utasítás kiadása nem jár látható eredménnyel, ennek ellenére fontosak.

A kijelzés nyilvánvalóan csak a kijelző bekapcsolása utasítás kiadása után várható. A karakteres kijelzőnél már említésre került a bekapcsolás utáni inicializálás folyamatának pontos lefuttatása. A grafikus LCD-nél ez hatvá-

3. táblázat

Utasítás	Utasításkód										
	A0_RS	RD_E	WR_RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1. Kijelző be/kikapcsolása	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	A
2. Kijelző kezdő sor beállítása	0	1	0	0	1	Kezdősor címe (0-63)					
3. Lappím beállítása	0	1	0	1	0	1	1	Memória lap címe (0-8)			
4. Oszlopcím beállítása	0	1	0	0	0	0	1	Oszlopcím felső 4 bit			
	0	1	0	0	0	0	0	Oszlopcím alsó 4 bit			
5. STATUS olvasása	0	0	1	STATUS bitek				0	0	0	0
6. Kijelző adat írása	1	1	0	Beírandó adat							
7. Kijelző adat olvasása	1	0	1	Olvasott adat							
8. ACD kiválasztása	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	A
9. Kijelző mód	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	A
10. Kijelző összes pontjának be/kikapcsolása	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	A
11. LCD bias beállítása	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	A
12. Reset (kijelző szoftveres újraindítása)	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
13. COM kimenetek vezérlésének iránya	0	1	0	1	1	0	0	A	x	x	x
14. Belső tápegység üzemmód beállítása	0	1	0	0	0	1	0	1	Üzemmód		
15. V_o belső feszültségszabályozó beállítása	0	1	0	0	0	1	0	0	R_b/R_a arány		
16. V_o feszültség beállítása	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	0	1	0	0	0	Feszültség érték					
17. Booster arány beállítása	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	Arány		
18. Kijelző teszt	0	1	0	1	1	1	1	x	x	x	x

nyozottan jelentkezik, mert több a beállítási lehetőség. A kijelző alapvető működéséhez a **16. ábrán** látható utasítás-sorozatot kell feltétlenül kiadni. A tápfeszültség bekapcsolása után várakozni kell addig, amíg a feszültség el nem éri a névleges érték kb. 90%-át. Ekkor biztosítható csak a belső áramkörök megfelelő működése. Ez ideális esetben néhány milliszekundum szokott lenni, de főleg a bekapcsolást követően még 100 ms nagyságrendű időket sem vesz észre az ember. Érdemes tehát legalább a jelölt 10 ms értéket alkalmazni. Ezután ki kell adni egy hardveres RESET impulzust a 4-es kivezetésre. Ez egyszerűen abból áll, hogy a lábat néhány milliszekundumos intervallumra lehúzzuk GND-re. A láb elengedését követően még legalább 1 ms-ot kell várni a RESET folyamat hibamentes lefutására. Eljutottunk oda, hogy üzemkészs a modul. Innentől lehet utasításokkal eljárni. Alapállapotban a kijelzés kikapcsolt állapotban van, így bármit is küldünk az ST7565P-nek, az eredményt nem észleljük a kijelzőn. Először a belső tápellátás áramköreit kell helyesen konfigurálni, majd ezután következhet csak a kijelzés bekapcsolása. Ezzel a sorrenddel elkerülhető a néhány alkalmazási területen zavarólag ható bekapcsolás utáni rövid ideig tartó kijelzővillogás, hamis kijelzés stb... Az ábra szerinti sorrend szerint az LCD_bias utasítás után következik a tápegység üzemmód rögzítése. A 3. táblázat szerinti információkat végignévezve látható, hogy itt most 111-gyel paraméterezünk. Ezzel bekapcsolódik a belső feszültségnövelő egység, a feszültségstabilizátor és a feszültségkövető egység is. Ezt követően két kritikus utasítás jön, ettől függ, hogy a továbbiakban látunk-e egyáltalán valamit a kijelzőn vagy sem. Az Rb/Ra arány és a Vo beállítása itt történik. Ha mindezzel készen vagyunk, jöhet a kijelzés bekapcsolása. Ekkor bizony egy kicsit meglepődhetünk, mert a képernyőn hatalmas összevisszaságot fogunk látni. Ez egyszerűen azért van, mert a bekapcsolást követően a RAM típusú memóriák véletlenszerű állapotokat vesznek fel, ez alól nem kivétel a kijelző RAM sem. No, persze gyorsan segíthetünk a problémán, a kijelző RAM adatait ki kell nullázni. Az inicializálás közben kiadott parancsokat persze az üzemi folyamatban is lehet változtatni, így pl. halványítani a kijelzést. Sőt, ha a RESET utáni első utasítás a kijelző bekapcsolása, akkor már az elején kikí-

sérletezhetjük a megfelelő Rb/Ra arányt és Vo értéket. Egyszerű gyakorlatias tanácsként érdemes észben tartani, ha a kijelzés közben szeretnénk az egyszer helyesen beállított kontraszt értéktől felfelé és lefelé egyaránt eltérni, akkor az Rb/Ra-t úgy válasszuk meg, hogy az alapkijelzés az 100000 Vo érték közelében legyen. Ekkor ugyanis az ellenállásarányt kezdetben beállítva már csak a Vo regisztert kell változtatnunk. Egy érték pedig könnyebben kézben tartható, mint kettő.

Az inicializálás után következik a képernyőtörlés és az adatkiírás. Ennek a folyamatnak a pontosításához meg kell érteni a kijelző RAM adatszerkezetét. A bevitt grafikai vagy szöveges adat ugyanis a kijelző belső memóriájába kerül előbb, csak utána a kijelzőre. Ezért lehet többek között adatvesztés nélkül ki-be kapcsolgatni vagy tükrözni a kijelzést. A modulba küldhető adatszó hossza 8 bit, így egyszerre 8 képpont állapotát tudjuk vezérelni. Egy képponthoz rendelni egy egész bájtot (ekkor lehetne ugyanis pontonként vezérelni a kijelzést) mérhetetlenül pazarló és lassú megoldást jelentene. A kijelzőre kiírásakor figyelembe kell venni, hogy a RAM virtuálisan lapokra és oszlopokra van felosztva. Azért csak virtuálisan, mert szerkezetileg ez egy $132 \times 65 = 8580$ bites, azaz kb. 1073 bájtos adatterületet jelent, viszont a lap- és az oszlopcímzésekkel megfelelően strukturálható. Összességében 9 db lap (0...8) és 132 db oszlop (0...131) definiálható az adatterületen. A 0. címezhető lap tehát ennek értelmében 132 bájtnyi adatot tárolhat és segítségével egy 132×8 -as téglalap címezhető meg. A következő lap ismét ekkora területet lát el, így általa a 8. sortól a 15.-ig kezelhetjük a kijelzést. És így tovább egészen a 8. címezhető lapig. Ez számszerűleg már a kilencedik, mert nulláról indultunk. Ezen a lapon csak a 132×4 méretű adatterület hordoz információt.

A tapasztalatok szerint természetesen címezhető a többi terület is, de értelmetlen, mert megjeleníteni az oda irányított adatot már nem lehet. A vezérlőben sajnos nincsen automatikus léptetés a lapok között, így ha végére érünk egy lapnak, akkor a következőt egy utasítás keretében címezni kell. Az egymás után következő oszlopcímeket viszont nem kell folyamatosan beállítgatni, mert oszlopcímleptetést integráltak az ST-be. Ne feledjük azonban, hogy a RAM területből mindig csak a

128×64 képpont méretű adathalmaz jelenik meg.

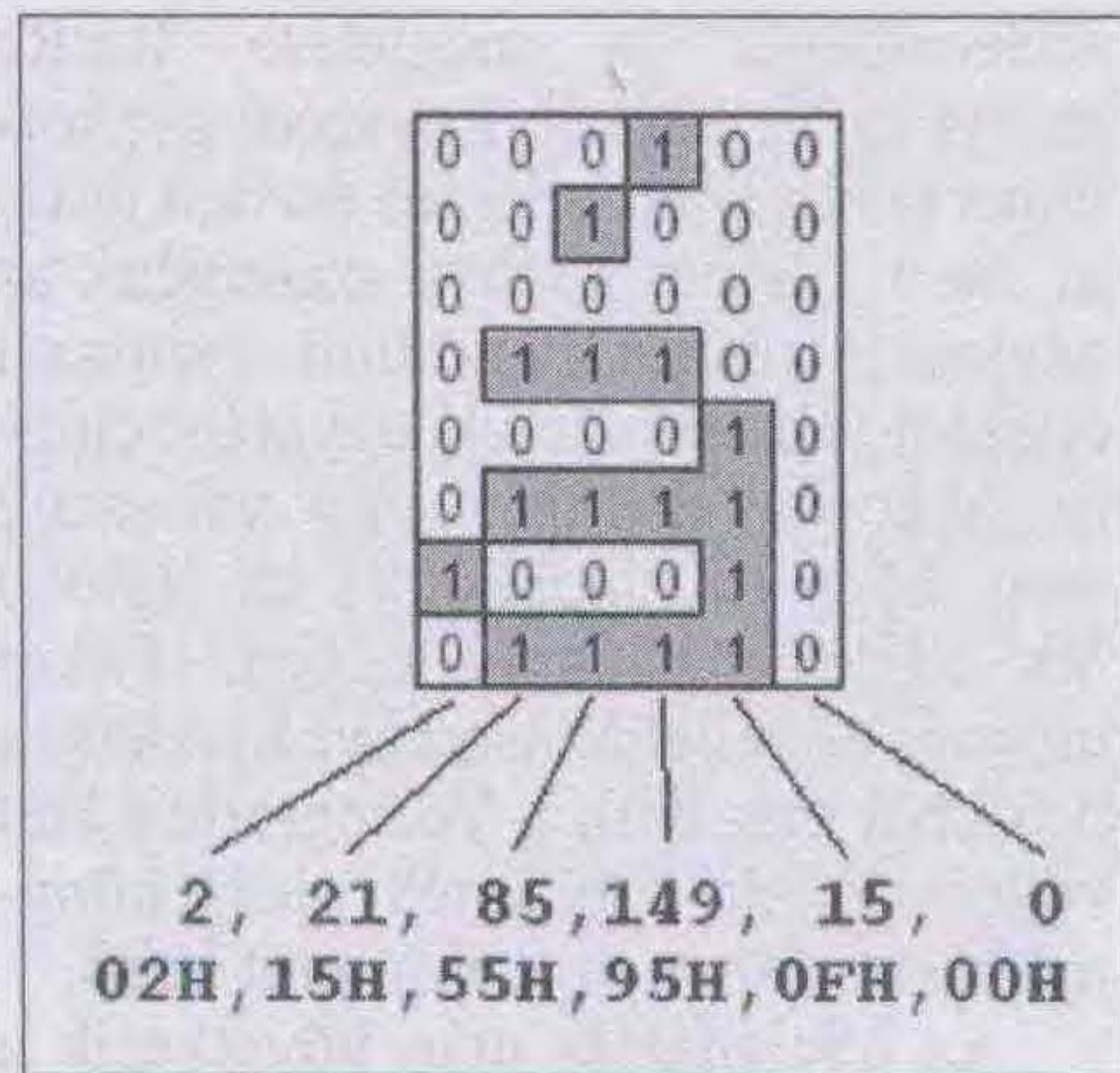
Az egyes memórialapok oszlopainak kezeléséhez nyújt segítséget a **17. ábra**. Arról már volt szó, hogy 8 képpont adatát kell egyszerre elküldeni. Az ábra „a” oszlopában látható mintázat 166-os decimális értékkel bír, mivel a helyiértékek számozása a bináris számrendszerben az oszlopok alsó részéről indul. Az első képpont az 1, felette pedig mindegyik az előző kétszerese. A 0 jelzi a képpont kikapcsolt állapotát (háttérszín), az 1 pedig az aktív, azaz sötét állapotot. Ha a 14. ábra szerinti programmal vezéreljük a kijelzést, akkor az ablakot képzeletben 90E-kal az óramutató járásával megegyező irányban elfordítva az aktuális oszlop bitjeit már jelölhetjük is. Persze a kijelző RAM-ba történő adatküldésnél vigyázzunk az A0_RS kipipált állapotban tartására!

A képernyőtörlés folyamata a fentiek ismeretében már igen egyszerűen megoldható. Ha általánosan használható rutint szeretnénk készíteni, ami nemcsak bekapcsoláskor, hanem a későbbiekben is helyesen működik, akkor először az oszlop- és lapcímeket egyaránt 0-ra kell állítani. A képernyőtörlés futtatásakor ugyanis nem biztos, hogy a „virtuális kurzor” éppen alaphelyzetben van. Figyeljünk arra, hogy az oszlopcím két utasítás állítja be. Egy ciklus keretében ezután elkezdhetjük megtölteni az első lapot csupa 0-val egymás után 132-szer kiküldve a 3. táblázat szerinti kijelző adat írási utasítást. Ha ez készen van, jöhet az újabb lap- és oszlopcím beállítása. Ekkor az oszlopcím 0-ra a lapcím pedig 1-gyel növelve, jelen esetben 1-re állítjuk. Újabb ciklus, és így tovább. Ha „szép” programkódot szeretnénk, akkor két egymásba ágyazott ciklus segítségével kezeljük a dolgot. A külső változtatja a lapcímeket, a belső pedig az oszlopcímeket vagy ízlés szerint fordítva J.

Ha teljes kijelzőnyi grafikát kell megjeleníteni, akkor a folyamat teljesen hasonlóan megy végbe, mint a képernyőtörlés, csak nem nullákkal, hanem a kijelzendő adat bájtjaival kell a RAM-cellákat feltölteni. Az adattárolását vagy külső memóriában kell megoldani, vagy a mikrovezérlőben. Mivel kb. 1 kbájtnyi információról van szó, vegyük figyelembe, hogy már egy 16F628A esetében is csak 2-3 kép tárolható a programkód mellett. Ha számít a sebesség, akkor érdemes valamilyen 27C vagy 28C-típusú párhuzamos

elérésű, bájtszervezésű memóriában elhelyezni a kívánt képeket. Egy 27C256-ban akár 32 db képet is rögzíthetünk, ha 128×64-es méretben gondolkozunk. Az (E)EPROM kimenet engedélyező lábát okosan használva a 628-as „B” portjára közvetlenül köthető párhuzamosan az LCD és a külső memória. Persze ez esetben a PIC triszb regiszterét is elég sűrűn kell használni, mert utasításküldés esetén a „B” port kimenetként funkcionál, az (E)EPROM kimenetet az összeakadás elkerülése érdekében mindeközben tiltani kell. Adatküldéskor pedig pont a memória kimenete aktív, a PIC „B” portja pihen.

A továbbiakban egy teljes mikrovezérlős programot ismertetünk, amelynek eredményeképp a kijelzőre kerül egy teljes grafika. A program forráskódja a **18. ábrán** látható, a kimeneti képernyőkép pedig a **19. ábrán** kapott helyet. A program egy 16F628A-ra lett elkészítve, de kis változtatással gyakorlatilag bármelyik 18 láb feletti PIC megfelel a célnak. A tényleges grafika a PIC programmemóriájában kapott helyet, felfalva rengeteg értékes helyet. Mivel maga a programkód viszonylag rövid (mondhatni csak regiszterek értékeinek állítgatásából áll), így jól megférnek egymás mellett az adatok és a PIC utasításai. Az adatsorok után következnek a programkódot átláthatóvá tevő megfeleltetések (symbol) a PIC kivezetései és az LCD vezérlőlábak között. A CMCON=7-et a 16F628 igényli, mivel alaphelyzetben az „A” port analóg bemenetként van definiálva. Ezt kell digitális üzemmódra állítani a beépített komparátorok teljes kikapcsolásával. Majd a triszb regiszter nullázása következik, így a „B” port a továbbiakban kimenetként funkcionál. Az LCD helyes működése érdekében a hardveres RESET előtt a vezérlő lábakat magas logikai szintre kell húzni. Ez történik a következő 5 sorban, majd indul a főprogram. Az egyes kódrészletek szubrutinként történő hívása átlátható kódot eredményez, így a főprogram látszólag igen rövid. Először hardveres RESET történik, majd 1 s várakozás, aztán jön az LCD inicializálása. Ekkor 1 másodpercig láthatóvá válik az összevisszaság, ami a kijelző RAM véletlenszerű beállításából ered. A képernyőtörlést a rajzolás követi. Az elhelyezett 1 s-os késleltetések segítségével képet kaphatunk egy kép kirajzolásának időtartamáról 4 MHz-es belső oszcillátor használata esetén. Ha 20



20. ábra

MHz-re növeljük az órajelet, akkor a kirajzolás igen gyorsan végbemegy, így a képváltások észrevehetetlenül kicsi ideig fognak tartani. Az ismertetett rutinok természetesen saját fejlesztésű kódokban is felhasználhatóak. A kis részletek mindegyikét a „temp” bájtszélességű változón keresztül kell paraméterezni a 3. táblázat szerinti D7 ... D0 adatbájttal. Az oszlopcím megadást is egyszerre paraméterezzük, a szubrutin „magától” elvégzi a két utasításra bontást. A kód kulcsa a legalul elhelyezkedő két szubrutin, amely az adatok és az utasítások illesztését végzi az LCD felé. Ezek alapvetően határozzák meg a kommunikáció sebességét, mivel igen sokszor kerülnek hívásra. A könnyebb érthetőség kedvéért lettek csak ilyen hosszúak. Mivel a vezérlő kivezetések az „A” porton kaptak helyet, így gépi kódból közelítve még két utasításnyi időt lefaraghatunk a következőképpen: a wcmd részletben az első négy utasítást a porta=129-cel helyettesítve látszólag 3, de valójában csak 2 gépi kódú utasítást nyerünk, ez 2 us időt jelent LCD utasításonként. Egyenként ez nem jelent sok időt, de sok kicsi sokra megy alapon már összességében jó néhány milliszekundumot spórolhatunk meg.

Ha nemcsak grafikát, hanem karakteres információt is szeretnénk megjeleníteni, akkor bizony számolgatni kell még egy kicsit. Már az elején láttuk, hogy ez a kijelző a legalapabbak egyike, nincs karakteres üzemmódja. Ez azt jelenti, hogy az esetleges karaktermintákat a programozónak kell megrajzolni és eltárolnia. Nézzük meg ezt a folyamatot egy kicsit részletesebben.

A HD44780-as kijelzőnél már megismerkedhetett az Olvasó a karakterminta készítésével (lásd: Rádiótechnika évkönyve 2005, 129. old.). Bátran kijelenthetjük, hogy itt annál egy kicsit

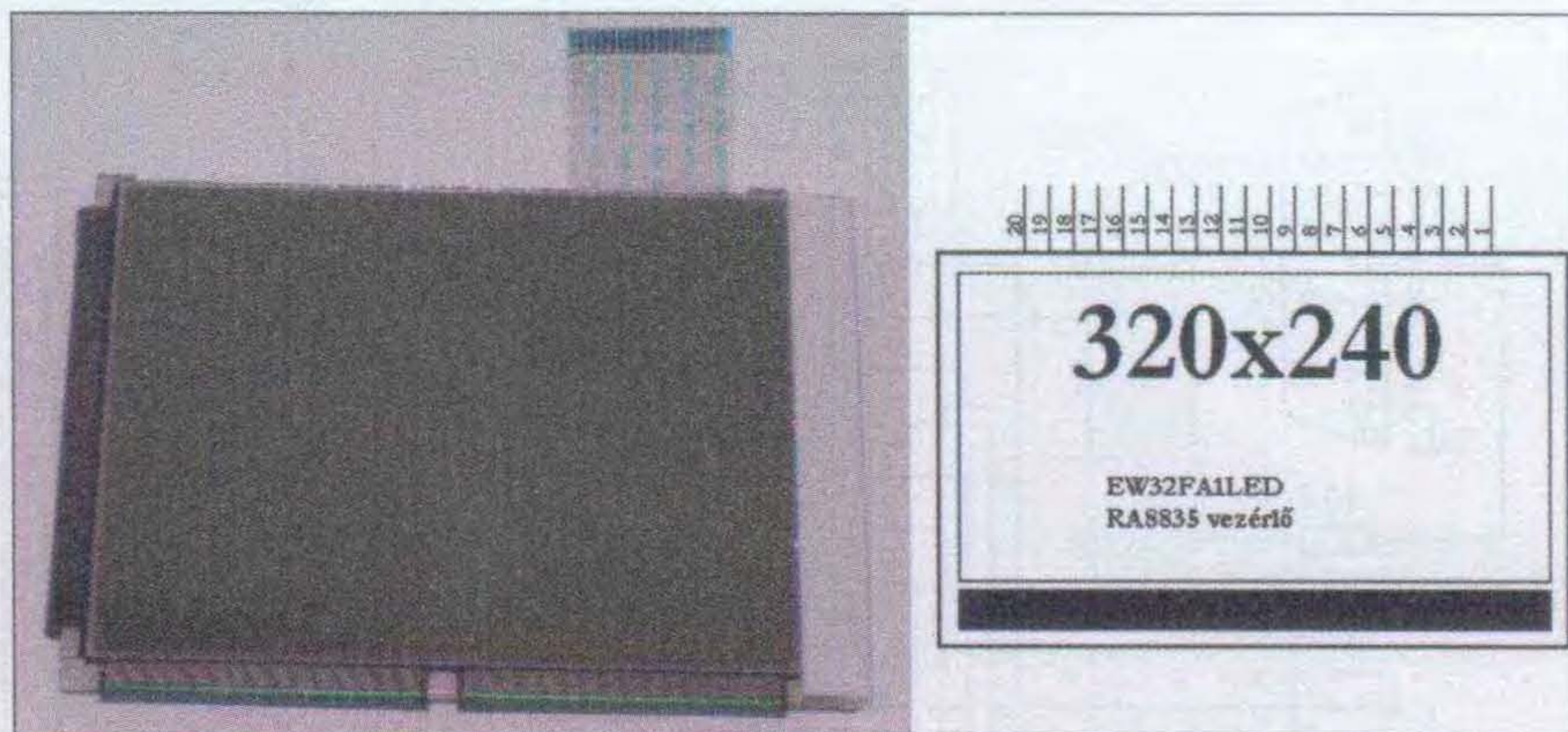
memóriatakarékosabb megoldást is lehet alkalmazni. A HD-nél vízszintesen bontottuk az 5×8-as mintát, így 3 bit mindig feleslegesen kihasználatlan maradt. Mivel az ST7565P-nek úgyszólván függőlegesen kell megadni a RAM-ba írandó adatokat, kézenfekvőnek tűnik, hogy az 5×8-at 5 bájton adjuk meg a 8 helyett. Persze a betűket nem írhatjuk egymás „nyakára”, ezért egy oszlop szünetet legalább hagyjunk közöttük. Ezzel a módszerrel egy karakter 6×8 bitet, azaz 6 bájtot foglal el a térelválasztó szünetet is beleértve. A karakterminták elkészítéséhez segítségül hívjuk az 1. ábrát. Onnan a használatos jeleket kirajzolva egyszerűen meghatározható a kívánt 6 bájtszám. Példaképp lássuk a HD-nél már megrajzolt „á” betűt. A betű kódolása a **20. ábrán** látható. Oszloponként az alsó sor jelenti a 0. bitet, felfelé haladva a legfelső pedig a 7.-et. Az első oszlop adata 2, mert $0*1+1*2+0*4+0*8+0*16+0*32+0*64+0*128 = 2$. A többi oszlop is hasonlóan számítható. A már lekódolt karaktermintákat érdemes a már látott módon karakterkóddal is ellátni, így a rájuk hivatkozások egyszerű szubrutinokkal megejthetők. Ha a karakterkódok megegyeznek a HD44780 kódjaival, akkor a már alfanumerikus LCD-re megírt alkalmazások játszani könnyedséggel tehetőek át grafikusra. A fent vázolt módszerrel soronként $128/6 = 21$ jel rajzolható ki, és 8 sor áll rendelkezésre. Persze ne felejtjük el, hogy soronként is illik hagyni szünetet, így – egy-egy sor kihagyással – $4*21$, azaz 84 karakteres szöveget írhatunk a kijelzőre. Ez már első ránézésre is több, mint előnyös, a szokásos 2*16-os HD-s kijelzőkkel szemben. Nem utolsósorban érdemes még meggondolni, hogy viszonylag rövid programokkal akár szabványos menürendszereket, inverz karaktereket és grafikonmagyarázatokat is előállíthatunk.

320×240 képpontos LCD (EW32FA1LED)

A következőkben egy nagyobbacska grafikus LCD-t mutatunk be. Ennek típusjele: EW32FA1LED. A 320×240 képpontos, tekintélyt parancsoló kijelzőterületével inkább a nagyobb alkalmazások ideális megjelenítőeszköze. Nemcsak méretében, hanem tudásában is messze felülmúlja az előbbi 128×64-est. Ez többek között az integrált RA8835 típusú IC-nek köszönhető, amely a kijelző képpontjait vezérli. A

modul fényképe és rajzjele a **21. ábrán** látható. Ez az LCD is 20 kivezetésű csatlakozóval rendelkezik, hasonlóan kisebb testvérehez. A lábkiosztás viszont egyes helyeken jelentősen eltér tőle, így nem válthatók ki egymással egyszerűen nyák csere nélkül. A kivezetések számozása és funkciói a **4. táblázatban** találhatóak. Azonnal szembe tűnő a +5 V-os tápellátás igénye, így nem kell feszültségstabilizátorokkal vagy diódákkal előállítani a 3,3 V-ot. A háttérvilágítás LED-jei is 5 V-ról üzemelnek, így legalább a jelszintekkel nincs több probléma. Áramfelvétele rendkívül alacsony, a háttérvilágítás nélkül a vezérlő IC csupán 3,5 mA áramot vesz fel. Üzemképes 3,3 V-ról is (a háttér ekkor is 5 V-ot kér). A kontrasztbeállítás külső ellenállás segítségével történik, hasonlóan a HD alapú karakteres kijelzőkhöz. A különbség csupán annyi, hogy itt nem feszültségosztó, hanem csak egy ellenállás adja a beállítási lehetőséget. Az ellenállás egyik lába a csatlakozósor 17-es pólusára, a másik pedig a GND-re kapcsolandó. A tapasztalatok szerint egy 10 kohmos trimmerpotméter ideiglenes beforrasztásával meg lehet találni a megfelelő értéket. Persze utána a trimmer kiváltható a beállítotthoz legközelebb eső szabványos értékkel. A mintapéldányban 7,86 kohm adott megfelelő kijelzést. Az adatbuszt kettővel odébb, a 7-es és a 14-es lábak között találjuk, ezzel a kompatibilitás utolsó szalmaszálát is elfújta a szél.

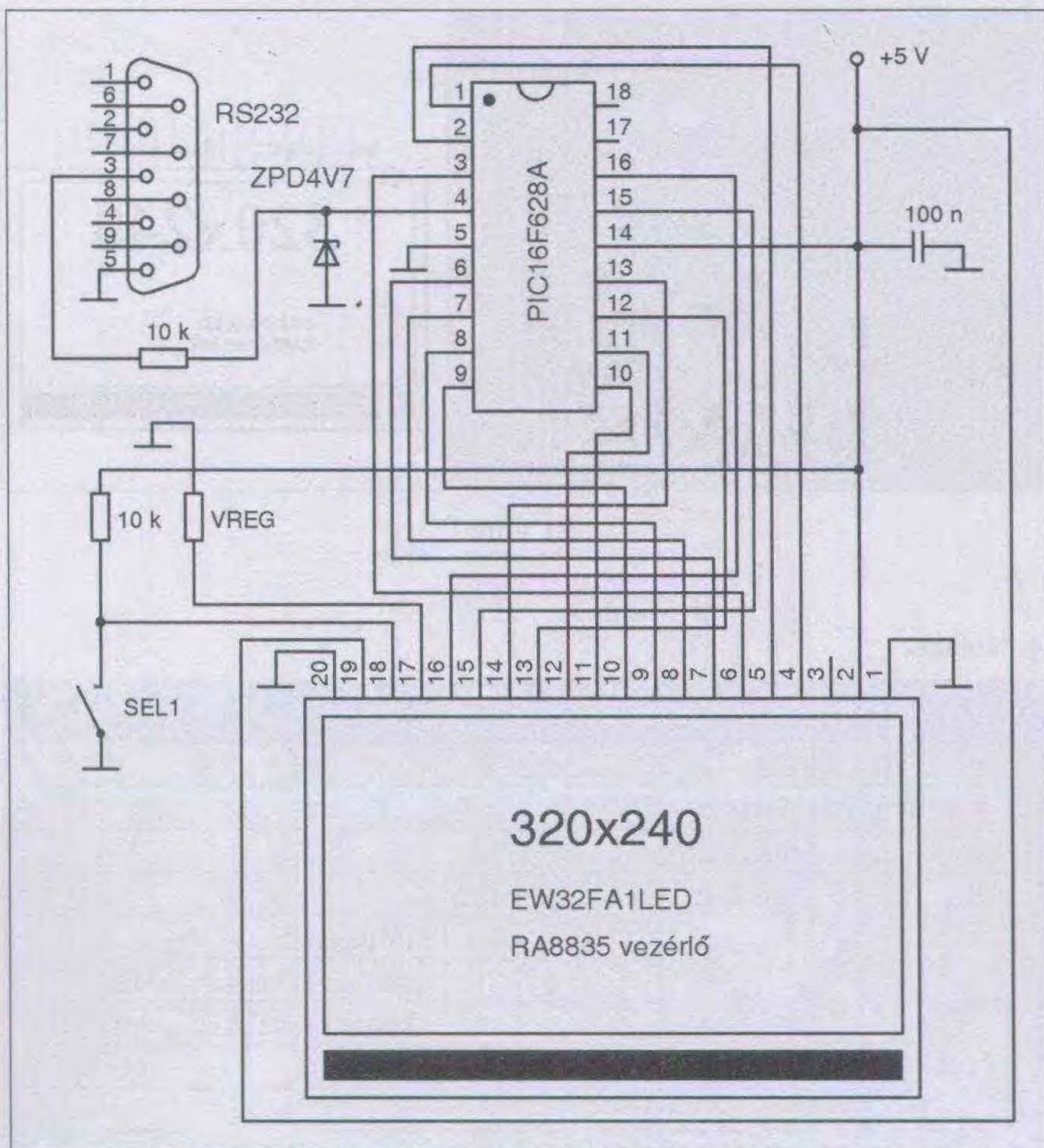
Az integrált vezérlő „megszólaltatására” kétféle üzemmód alkalmas. A már korábban megismert 8080-as és 6800-as párhuzamos módok valamilyen. A soros üzemmódot itt hiába keressük, melynek oka rendkívül egyszerű: már a kisebb kijelzőt is sok időbe telik megtölteni soros adattal, hát még a majdnem tízszer akkora adatméretűt ($320 \times 240 / 8 = 9,6$ kbájt, szemben a $128 \times 64 / 8 = 1$ kbájttal). Egyébiránt az RA8835-ös IC a 640×256 -os LCD méretet is támogatja, így könnyen belátható, hogy a párhuzamos kommunikáció az egyetlen gyors és használható mód az adatátvitelre. A kétféle használható illesztő szerencsére pontosan megegyezik a már megismertekkel, így a programozás ezen részénél némi előnnyel indulhatunk. A megfelelő üzemmódot a SEL1 kivezetésre kapcsolt logikai szinttel lehet kijelölni. Magas szint (+5 V) esetén 6800 típusú, alacsony szintnél (GND) pedig 8080 típusú az adatátvitel. A kísérletek során



21. ábra

4. táblázat

Kivezetés	Jelölés	Funkció			
1	Vss	GND			
2	Vdd	Tápellátás (+5 V)			
3	n.c.	Nincs bekötve			
4	A0	8080 illesztő			
		A0	RD	WR	
		0	0	1	STATUS olvasás
		1	0	1	Kijelző adat és kurzorcím olvasás
		0	1	0	Kijelző adat és utasításparaméter írás
		1	1	0	Utasítás írás
		6800 illesztő			
		A0	RW	E	
0	0	1	STATUS olvasás		
1	0	1	Kijelző adat és kurzorcím olvasás		
0	1	1	Kijelző adat és utasításparaméter írás		
1	1	1	Utasítás írás		
5	WR_RW	8080 illesztő – L szintre írás impulzus 6800 illesztő – olvasás/írás kiválasztás			
6	RD_E	8080 illesztő – L szintre olvasás impulzus 6800 illesztő – művelet indítás			
7	D0	Adatbusz			
8	D1				
9	D2				
10	D3				
11	D4				
12	D5				
13	D6				
14	D7				
15	/CS	Chip kiválasztás			
16	/RST	Hardveres RESET			
17	VREG	Kontraszt beállítás GND-re kapcsolódó ellenállással			
18	SEL1	Illesztő típus kiválasztás H szint – 6800 típusú illesztő L szint – 8080 típusú illesztő			
19	VLED	Háttérvilágítás +5 V			
20	VLSS	Háttérvilágítás GND			



22. ábra

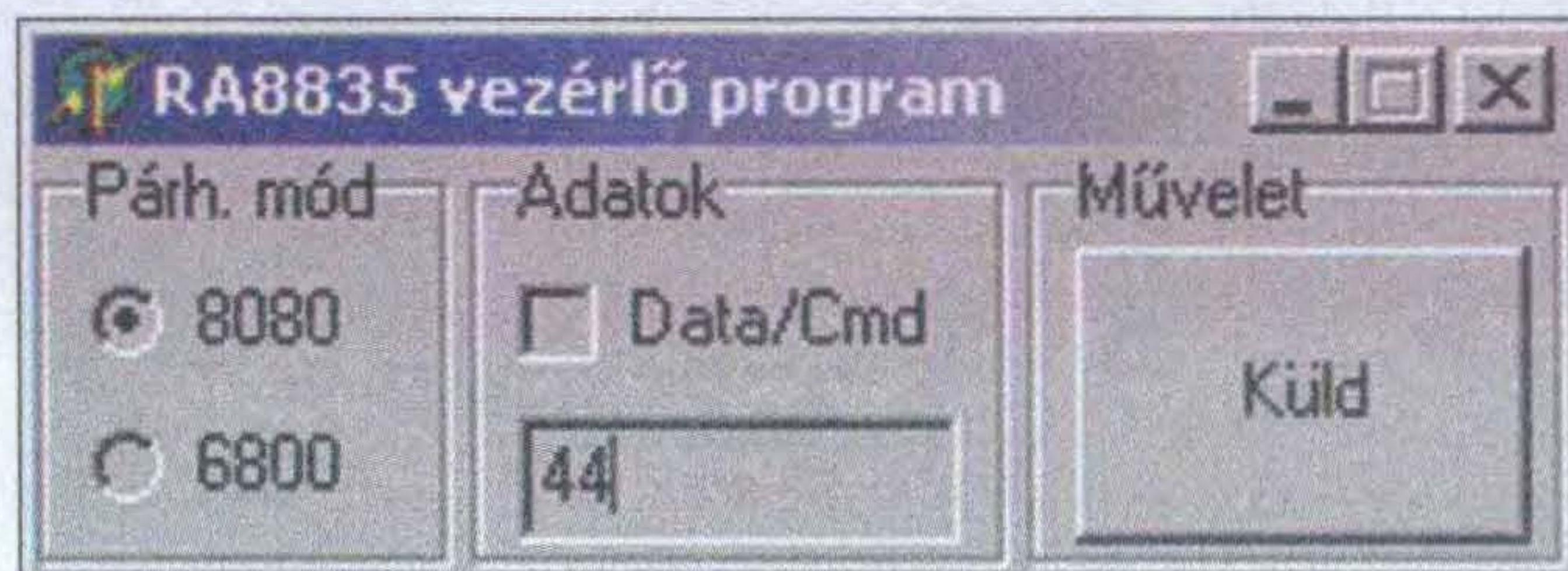
ismét a 8080-ast fogjuk használni (érdemes felidézni a 11. ábra legfelső részén látottakat), így a SEL1 kivezetést GND-re kell majd kapcsolni. A 8080-as illesztő vezérlőlábai ugyanúgy jelölhetők, mint előbb, azaz találunk A0, WR_RW, RD_E és CS lábakat. A hardveres RESET itt is aktív GND-s, azaz alacsony szintre húzással kiváltható az IC újraindítása. Az utasítás-készlet kipróbálásához segítségül hívjuk a 22. ábra kapcsolását. A PC-s programtól itt is szabványos RS232-n keresztül érkeznek az adatok 9600 baud 8N1-es kapcsolattal. A későbbi fejlesztésekkel történő kompatibilitás miatt a PIC teljes „B” portját az adatbusz foglalja el, míg a vezérlőlábak itt is az „A” porton kaptak helyet. PC-s oldalon az adatok megnövekedett száma miatt már nem bináris, hanem hexadecimális formában visszük be az információt. Az utasítás/adat kiválasztó jelölőnégyzet természetesen itt sem hagyható el. A PC-s program egyetlen ablakának képe a 23. ábrán látható.

Az RA8835 utasításkészlete szerkezetileg teljesen eltér az eddig látottakétól. A HD44780 és az ST7565P utasításaiban közös volt az, hogy az utasításkódban szerepelt sok esetben a paraméterezés is. Gondoljunk itt elsősorban a kijelző üzemmódok és a különféle memóriacímek beállításaira. Ez az RA8835-nél a következő gondolatmenet szerint történik: A parancsok immár nincsenek egyedi kódokkal ellátva, hanem csoportosan használandóak. Azaz vannak például rendszervezrlő, kijelzővezrlő, rajzolás és memóriavezrlő utasításcsoportok. Minden egyes parancs rendelkezik egyedi kóddal (ez

eddig nem újdonság), viszont a kód kiadása önmagában nem állít be semmit sem, hanem az utána következő paraméterbájtokban adhatók meg a különféle beállítások. Ez első ránézésre bonyolultabb, mint az előző változat, de jóval szervezettebb, és nem utolsó sorban kevesebb utasítást igényel. Az 5. táblázatban összefoglaljuk a használható parancsokat és fontosabb tulajdonságaikat. Látható, hogy pl. a SYSTEM SET utasítás kódja a 40H, viszont 8 kiegészítőbájtot igényel a paraméterezés, amelyeket adatként kell már megadni. Csupán két utasítás nem igényel paraméterezést, a SLEEP_IN és a CSRDIR. Az MWRITE és az MREAD után szándékosan nincs jelölve a paraméterszám, mert bármennyi lehet, ugyanis ezek töltik fel, illetve olvassák ki a kijelző RAM-ot. Egy parancs bevitele a PC-s program segítségével tehát úgy történik, hogy először az A0 jelöletlen marad, miközben beírjuk a parancs hexa kódját, majd a „Küld” gombra kattintunk, ezután az A0-at bejelöljük, és egymás után következhetnek a paraméterbájtok, persze mindegyik után „Küld” gombbal.

Az RA8835 lehetőséget ad három különböző kijelzőréteg használatára. Ez azért rendkívül kellemes, mert külön rétegen ábrázolható pl. egy gyors mozgás, néhány karakteres információ és logo-szerű statikus grafika. Ráadásul a különféle rétegek kijelzése egymással kombinálható, a képpontok a rétegeken egymással logikai kapcsolatba hozhatók (OR, AND, XOR), így az egyik rétegre rajzolt információ a másik réteg(ek) adatainak megváltoztatása nélkül is befolyásolhatja a képernyőképet. A vezrlő rendelkezik két csak grafikus módban üzemelő és egy grafikus/karakteres üzemmód valamelyikére beállítható réteggel. A rétegek többféle módon kombinálhatók, azaz lehetséges mindhárom réteg grafikus üzemmódja, ezek között AND, OR és XOR kapcsolat képpontonként. Az adatlap szerint az AND és az OR kapcsolat jól használható animációk, 3D-s grafikák megjelenítésénél. A rétegek másik

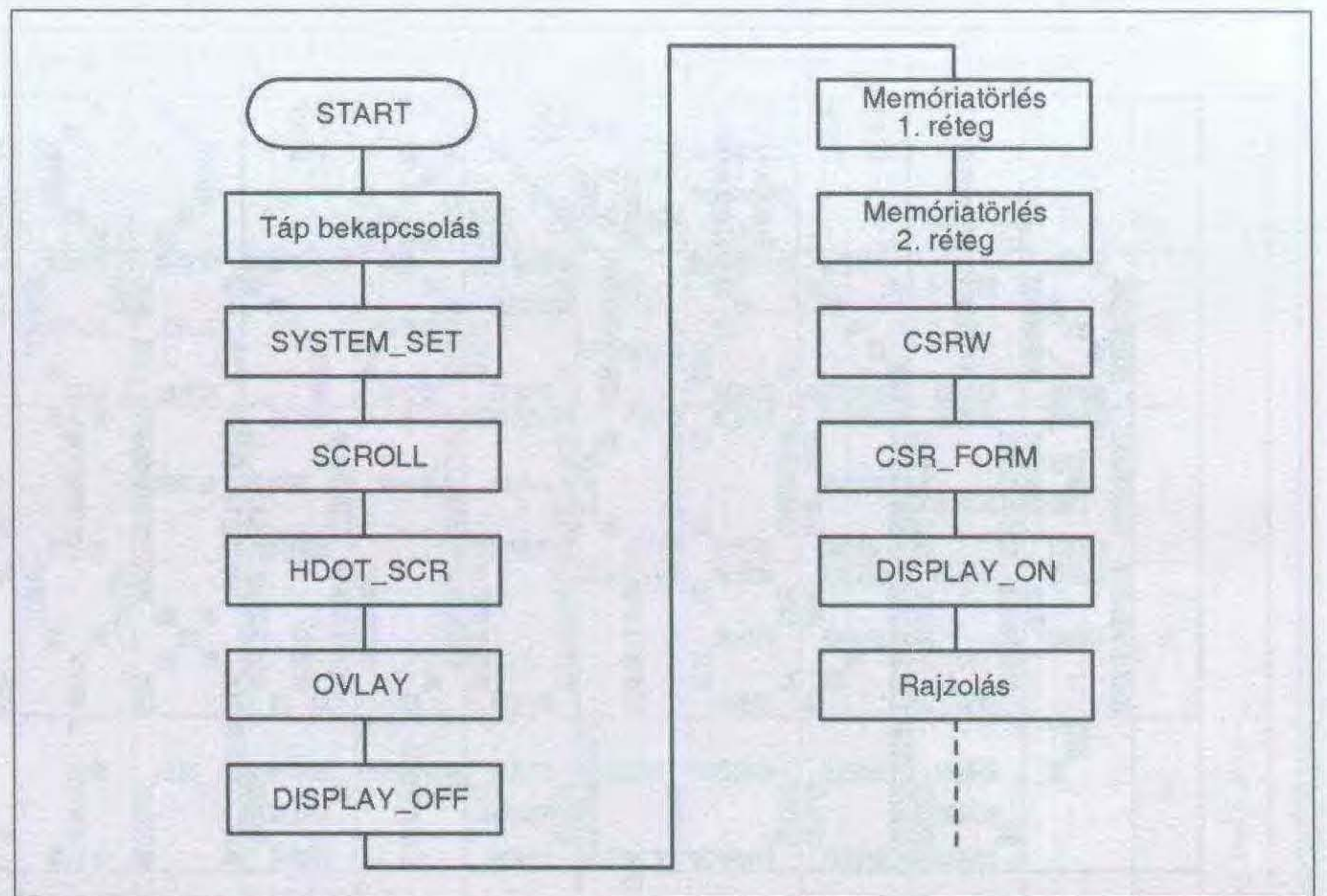
23. ábra



kombinációja a karakteres és grafikus mód vegyítése. Ekkor sajnos a harmadik (grafikus) réteget nem használhatjuk, de a kettő közötti XOR kapcsolat segítségével invertált karaktereket, menüket, villogó területeket hozhatunk létre. Az elv önmagáért beszél: A karakteres rétegre felírjuk a szövegeket, az XOR kapcsolatba hozott grafikus rétegen pedig ott jelenítünk meg teli téglalapot, ahol inverz karaktert szeretnénk látni. A menüpontokon történő továbblépéskor csak a grafikus réteg téglalapját kell újrarajzolni, az pedig a kis felület miatt nagyon gyorsan megejthető.

A továbbiakban az utasítást C, a paraméterbájtokat P1, P2, ... fogják jelölni. A SYSTEM_SET utasításhoz tartozó P1-en a karakteres rétegen megjeleníthető betűmagasságot, a külső vagy belső CGROM kiválasztását, illetve a többpaneles üzemmódot állíthatjuk be. A P2 és a P3 a karakterek által elfoglalt hely magasságát és szélességét adják meg. A P4-gyel jelezhetjük az egy sorban maximálisan elhelyezhető karakterek számát, és így tovább.

A DISPLAY_ON utasítás az 59H kóddal érhető el. Az egyetlen paraméterbajt segítségével érhető el a karakteres réteg kurzor villogásának sebessége, üzemmódja. A képernyő kikapcsolása az 58H-val érhető el. A CSRFORM segítségével a kurzor magasságának és szélességének méretét definiálhatjuk. Legfeljebb 16x16-os kurzor adható meg. A CSRDIR keretében megadhatjuk a kurzormozgás irányát. Definiálható jobbra-balra és fel-le irány is, illetve ezek kombinációja két bit segítségével



24. ábra

vel. Az OVLAY utasítás ad lehetőséget az egyes rétegek közötti logikai kapcsolat beállítására. Látható tehát, hogy ez a fajta paraméterezés sokkal átláthatóbbá teszi a beállításokat, mint a tisztán utasítás alapú megoldás.

Az inicializálás, mint már láttuk, itt is kulcsfontosságú a működés szempontjából. Mivel nagyon sok a beállítási lehetőség, ezt a folyamatot a 24. ábra alapján kell elvégezni.

A felsoroltak közül elengedhetetlen a SYSTEM_SET, a SCROLL, a CSRFORM, a HDOT_SCR és az OVLAY. Persze, hogy látszódjék is valami, a DISPLAY_ON kell, hogy kö-

vesse mindezeket. A háromféle üzemmóddhoz különféle inicializálási folyamat tartozik, így most mindegyikre mutatunk egy-egy példát.

Kezdjük a karakteres és grafikus kombinációval. Ekkor a grafikus réteg alul, a karakteres pedig fizikailag felette helyezkedik el. A SYSTEM_SET (C=40H) utasítást a következő hexa értékekkel kell paraméterezni: P1=30H, P2=87H, P3=07H, P4=27H, P5=2FH, P6=C7H, P7=28H, P8=00H. A SCROLL (C=44H) parancs 10 bájttal: P1=00H, P2=00H, P3=C8H, P4=E8H, P5=03H, P6=C8H, P7=xH, P8=xH, P9=xH, P10=xH. A CSRFORM

5. táblázat

Osztály	Utasítás	Vezérlő kód (bináris)											Hex	Utasításparaméter hossza (bájt)
		RD	WR	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
Rendszer vezérlés	SYSTEM_SET	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	40	8
	SLEEP_IN	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	53	0
Kijelző vezérlés	DISPLAY_on/off	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	D	58, 59	1
	SCROLL	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	44	10
	CSRFORM	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	5D	2
	CGRAM address	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	5C	2
	CSRDIR	1	0	1	0	1	0	0	1	1	D	D	4C, 4F	0
	HDOT_SCR	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	5A	1
	OVLAY	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	5B	1
Rajzolás vezérlés	CSRW	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	46	2
	CSRR	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	47	2
Memória vezérlés	MWRITE	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	42	-
	MREAD	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	43	-

		Karakter kód alsó négy bit															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Karakter kód felső négy bit	2																
	3																
	4																
	5																
	6																
	7																
	A																
	B																
	C																
	D																
	1																

26. ábra

(C=5DH) két bájta: P1=04H, P2=86H. Ezután a HDOT_SCR (C=5AH) P1=00H, végül az ÖVLAY (C=5BH) P1=00H. A sort a kijelző bekapcsolása zárja a C=59H utasítás P1=16H paraméterrel. Ezekkel a beállításokkal a karakteres kijelző a 0000H címen kezdődik, míg a grafikus réteg kezdőcíme: 03E8H. Ezekre a címekre mozgatva a kurzort már írhatjuk is a kijelzőre a kívánt adatokat.

A két grafikus réteg kompozíciójához szükséges inicializáló paraméterek a következők: a SYSTEM_SET (C=40H) utasítást a következő hexa értékekkel kell paraméterezni: P1=30H,

P2=87H, P3=07H, P4=27H, P5=2FH, P6=C7H, P7=28H, P8=00H. A SCROLL (C=44H) parancs 10 bájta: P1=00H, P2=00H, P3=C8H, P4=40H, P5=1FH, P6=C8H, P7=xH, P8=xH, P9=xH, P10=xH. A CSRFORM (C=5DH) két bájta: P1=07H, P2=87H. Ezután a HDOT_SCR (C=5AH) P1=00H, végül az ÖVLAY (C=5BH) P1=0CH.

Természetesen ezután is kijelző bekapcsolása parancs.

A három grafikus réteg használatához szükséges inicializáló paraméterek a következők: a SYSTEM_SET (C=40H) utasítást a következő hexa ér-

tékekkel kell paraméterezni: P1=30H, P2=87H, P3=07H, P4=27H, P5=2FH, P6=C7H, P7=28H, P8=00H. A SCROLL (C=44H) parancs 10 bájta: P1=00H, P2=00H, P3=C8H, P4=40H, P5=1FH, P6=C8H, P7=80H, P8=3EH, P9=xH, P10=xH. A CSRFORM (C=5DH) két bájta: P1=07H, P2=87H. Ezután a HDOT_SCR (C=5AH) P1=00H, végül az ÖVLAY (C=5BH) P1=1CH. Itt sem maradhat el a kijelző bekapcsolása.

Amennyiben sikerült beüzemelni a kívánt üzemmódot, már mindenhol hexadecimális értékeket látunk a szemünk előtt és elgémberedtek ujjaink a

sok kattintgatástól... – nem szabad kihagyni a mikrovezérlős környezetben történő próbálgatást sem!

Ahogy azt az előző két kijelzőtípusnál már „szokássá vált”, itt is elkészültek a basic nyelvű rutinok a PIC16F628A-hoz. A **25. ábrán** található kód inkább indulási segítségnek ajánlható, mintsem kész programnak. A sokféle üzemmód miatt inkább az egyes vezérlőrutinok gyűjteményét adjuk közre, amelyekbe mindenki a saját ízlése és a feladat által megkívánt P1 ... P10 paramétereket helyettesítheti be a megfelelő helyekre. A programot végignévezve egy-egy részlet ismerősnek tűnhet a kisebbik LCD PIC programjából. A futtatás itt is a portok kezdőállapotba helyezésével indul, majd alkalmazunk egy hardveres RESET impulzust. Bár az adatlap szerint erre nincs szükség az inicializáláshoz, ártani biztosan nem árthat alapon bekerült a kódba. Az egyes utasítások esetében a fent említett P-jelű paraméterek megadásával lehet a kiegészítő bájtokat bevinni a modulba. Arra persze figyelni kell, hogy mielőtt kiadjuk a kívánt utasítást, a P paraméterek értékei már helyesek

legyenek. Mindig csak a megfelelő P-értékeket töltsük fel tartalommal, így átláthatóbb lesz a programunk. Természetesen itt is igaz, hogy a PIC-ek jelentős részére átírható a program, az esetleges típusspecifikus beállításokra azért figyeljünk oda!

Végezetül még egy apróság. Az RA8835-ös IC is rendelkezik a HD-nál megismert CGRAM kiegészítéssel. Ez ott annyit jelentett, hogy felhasználói karaktereket lehetett definiálni, szám szerint 8-at. Jelen esetben a helyzet annyival jobb, hogy a rendelkezésre álló szabad memóriaterületre (F000H ... FFFFH) 64 db felhasználói karaktert definiálhatunk, ha a belső CGROM-ot is használjuk. Ha nem, akkor 256-ra bővül a szabad karakterek száma. Természetesen 8 x 8-as és 8 x 16-os karaktermintákat is rajzolhatunk, így látható, hogy sokkal gazdagabbak a lehetőségek, mint a karakteres kijelző esetében voltak. A belső CGROM gyárilag beállított karaktereinek mintája a **26. ábrán** látható. A nagyszerű a dologban az, hogy van kapcsolat az 1. ábrán látható számozás és a mostani között. A lényeges karakterek kódjai gyakorlatilag

megegyeznek. Ez kellemes abból a szempontból, hogy a HD-hez megírt mikrovezérlős forráskódokban lévő szövegeket szinte egy az egyben átmásolhatjuk a grafikus alkalmazáshoz, nem kell a karakterkódokat újra kikeresni és beírni a megfelelő helyekre.

Az előbb leírtakon túl minden komolyan érdeklődőnek ajánlott olvasmány az interneten is elérhető RA8835-ös IC adatlapja. Sajnos több rövidebb változat is fellelhető, az igazán használható leírás kb. 700 kb-aj nagyságú pdf dokumentum. A 320 x 240-es kijelző tudásának teljes ismertetése meghaladta volna e cikk kereteit, így ezen kis kedvesináló után a pontos működési és konfigurációs beállításokat érdemes ott is átolvasni.

Reméljük, hogy jó néhány Kedves Olvasó felbátorodik e cikk nyomán és kipróbálja saját fejlesztésű készülékeiben, alkalmazásaiban az LCD-k adta grafikus lehetőségeket.

A bemutatott alfanumerikus és grafikus kijelzők a *ChipCAD Kft.* (www.chipcad.hu) kínálatában a cikk írásakor elérhetőek voltak.

ELEKTRONIKAI MŰSZEREK	RÁDIÓFREKVENCIÁS ESZKÖZÖK ISM SÁVRA	CCTV ESZKÖZÖK
<p>SPEKTRUMANALIZÁTOROK</p>  <p>FREKVENCIA BŐVÍTŐK NAGYFREKVENCIÁS CSILLAPÍTÓK OSZCILLOSKÓPOK, MÉRŐFEJEK FUNKCIÓGENERÁTOROK DDS FUNKCIÓGENERÁTOROK LABORTÁPEGYSÉGEK ASZTALI ÉS KÉZI FREKVENCIAMÉRŐK RF JELSZINTMÉRŐK ASZTALI DIGITÁLIS MULTIMÉTER</p> <hr/> <p>NAGYFREKVENCIÁS CSATLAKOZÓK, ADAPTEREK, SZERELT KÁBELEK</p> 	<p>434 MHz és 868 MHz</p>  <ul style="list-style-type: none"> - adó és vevő modulok - távirányítók és kompakt vevők kettő, négy és hat csatornával - fix és ugrókódos rendszerek <hr/> <p>2,4GHz és 5,8GHz</p> <ul style="list-style-type: none"> - adó és vevő modulok - AV és adat átvitelre - kompakt készülékek - körsugárzó és irányított antennák 	<p>KAMERÁK</p> <ul style="list-style-type: none"> - ipari, dóm, endoszkóp és tolatókamerák - nagyfelbontású cső és mikrokamerák - nagyteljesítményű IR kamerák - videó és USB kamera mikroszkóp - ajtó kitekintő kamerák  <p>OBJEKTÍVEK</p> <ul style="list-style-type: none"> - C/CS, M12, M9 és pinhole  <p>TFT LCD MONITOROK, MODULOK</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1,8"-10,4"-ig - AV és VGA bemenet - érintőképernyővel is - fémházas, ipari célra  <p>VIDÉÓJEL FELDOLGOZÓ ESZKÖZÖK</p> <ul style="list-style-type: none"> - SD kártyás mini DVR - CV,SV/VGA átalakító - VGA/vidéo átalakító - PC-Videó jelkeverő - képosztó, léptető 
<p>PROFITECH ELEKTRONIKA | 1112 Budapest, Péterhegyi út 40. | Tel./fax: 310-3092, 310-1685 | H-P: 8.00-16.00 | WWW.PROFITECH.HU</p>		

Rendszeresen vásárló kereskedőknek, telepítőknél, gyártóknak engedély! Az árak az áfa-t nem tartalmazzák! Futárszolgáltatással, utánvétellel is szállítunk. profitech@t-online.hu

Muzeális vevőkészülékek szakszerű restaurálása (12.)

Rádióesztétika 3. rész

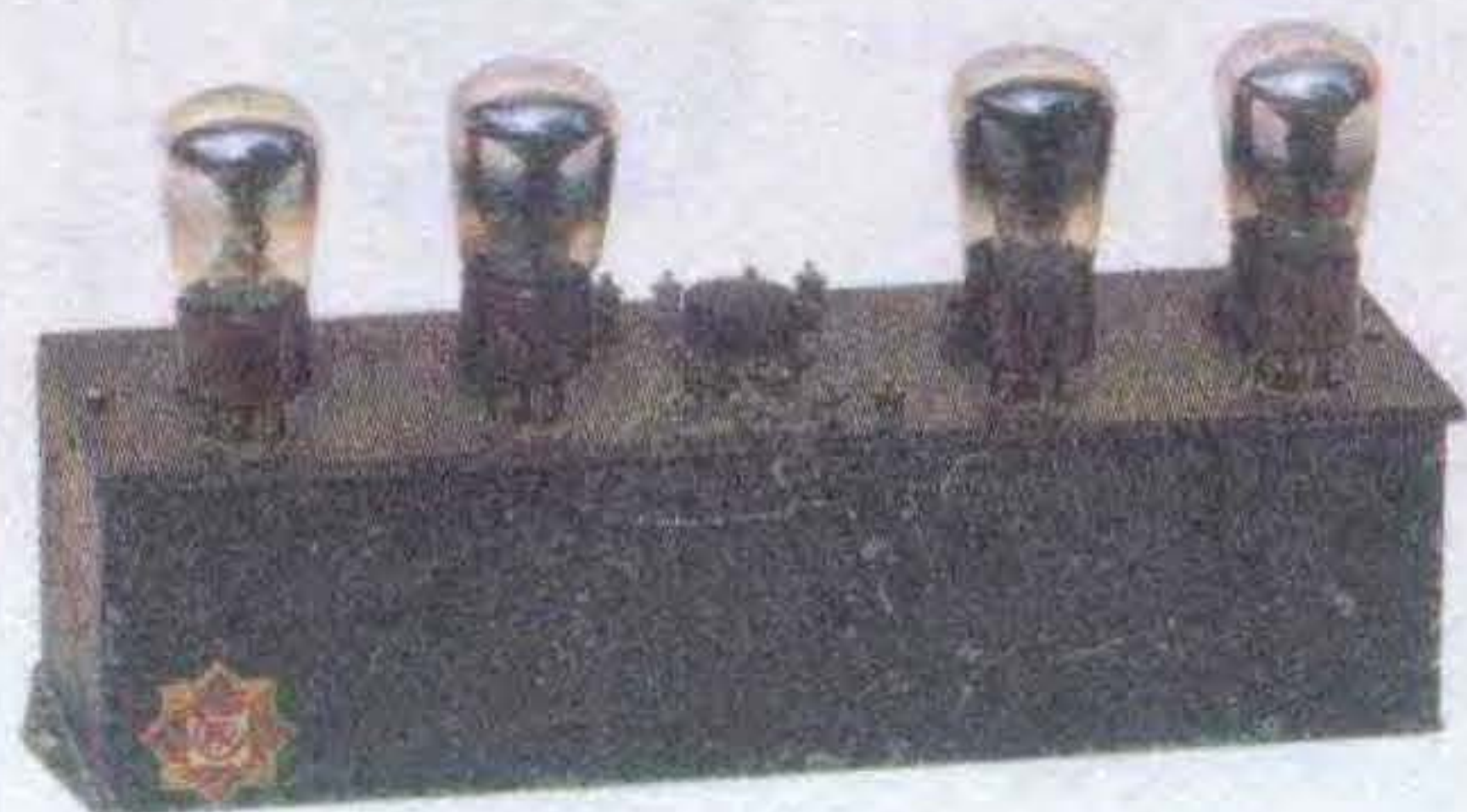
Simoncsics László okl. villamosmérnök (simoncsics.laszlo@t-online.hu)

Aki megszerette és keresi a vevőkészülékeket, mindig talál új, érdekes példányokat a rádiómúzeumokban, a börzéken, a használtcikk piacokon, a gyűjtőket tömörítő egyesületek lapjaiban vagy az interneten. A leggyorsabban a virtuális múzeumok állománya gyarapodik, hiszen itt nem lép fel helyhiány, mint a valóságos múzeumokban. Sokan a monitor képernyőjénél többre becsülik a papíralapú olvasást és a képek nézegetését. Az ő kedvükért – az eddigiekhez hasonlóan – folytatjuk azoknak a készülékeknek a bemutatását, amelyek az eddigi cikkekből kimaradtak, illetve képeit a hazai gyűjtők vagy a társszervezetek hozzájárulásával közölhetjük.

Bevezetés

Ígértük, hogy folytatjuk a detektoros készülékek és a hangszórók bemutatását, de ezek mellett kisebb kitérőt teszünk az elektronikus műszerek területére, mert ezek külső kialakítása – egyes időszakokban – hasonlított a vevőkészülékekére. Ugyanebben a sorozatban volt már szó a műszerekről és a mérésekről, de ebben a részben csak a dizájnnal foglalkozunk, persze csak módjával, hogy ne rövidítsük meg azokat, akik inkább a rádiókat kedvelik. Természetesen találkozunk további magyar és külföldi vevőkészülékekkel, főleg kisebb, kevésbé ismert hazai műhelyek gyártmányival és zeneszerekenyekkel is. A különleges kialakításúakat főleg a külföldi készülékek között keressük.

Köszönet illeti a hazai gyűjtők mellett a német *Funkgeschichte*, az osztrák *Radiobote*, az olasz *La Scala Parlante*



1. kép. TRT KF erősítő (Eperjesi Gyula gyűjtése)



2. kép. TRT Hexadon (Kóger László gyűjtése)

és *Antique Radio Magazine* lapok kiadóit, hogy hozzájárultak a képek közléséhez.

Régiségek

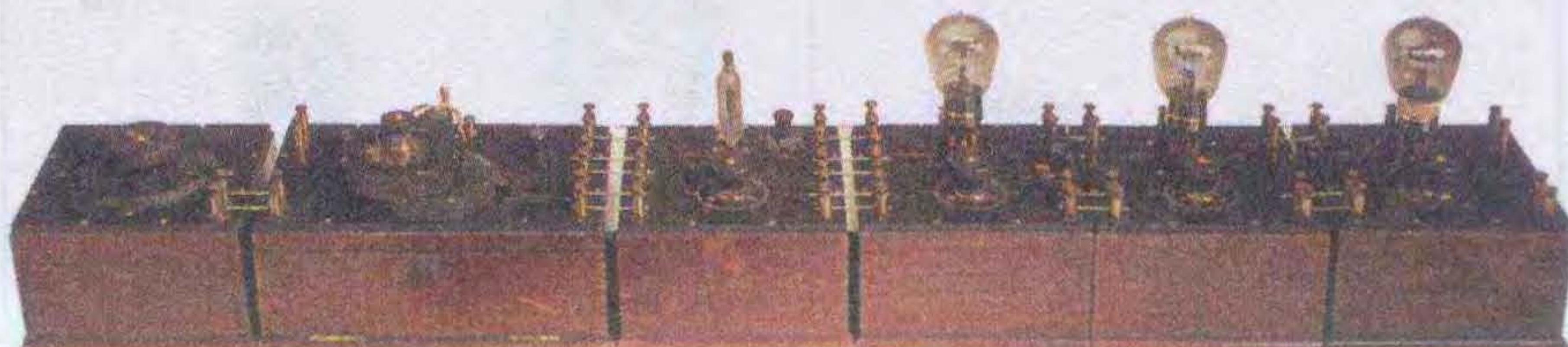
Mindig nagy örömet okoz, ha felbukkan egy igazi, ritka régiség a húszas évekből, sokszor az azonosítása is nehézséget okoz. Ekkor megindul a lelet képek terjesztése levelezőlistákon és internetes portálokon, azzal a kérdéssel: ki ismeri fel? Nem egy esetben hosszú idő telik el, mire valaki egy régi kereskedelmi prospektusban, az MRU (Magyar Rádió Újság) vagy a (Magyar) Rádió Amatőr egyik korai kiadványában talál valami hasonló eszközt. Kezdjük egy hazai ritkaság bemutatásával!

Nálunk csak az első világháború alatt indult a rádiótelegráfia, főleg külföldről vásárolt eszközök felhasználásával. A szórakoztató műsorszórás kezdeti időszakából se túl sok emlék maradt meg, mivel a hazai vállalkozók csak később ismerték fel a rádiózásban rejlő üzleti lehetőséget, a húszas évek elejéről főleg import berendezések és alkatrészek maradtak fenn. Ezért olyan becses minden hazai roncs és alkatrész, amely még fellelhető ebből az időből.

A Telefongyár a Telefunken céggel a rádiógyártás megindításakor fontos licencszerződést kötött. Ebből az időből származó négycsöves KF erősítő egységet sikerült vásárolnia gyűjtőtársunknak az internetes piacon (1. kép). A Telefongyár prospektusa [1] „Vitax” tetraformer néven négylámpás közep-rezgésszámú erősítőként mutatja be. Érdekessége, hogy a készüléken belül külön fémdobozban helyezkedik el, és az egyes (triódás!) fokozatok is egymástól el vannak árnyékolva. 3 darab KF erősítőt és egy audion demodulátor fokozatot tartalmaz. A rezgőkörök gyárilag be voltak hangolva, és a rezonanciafrekvenciát (hullámhosszt!) a hangolókapacitátorokat lezáró négy pecsétviaszba belenyomták: 4000 m, ami megfelel 75 kHz-nek. A triódás fokozatok gerjedékenysége miatt kellett a frekvenciát ilyen alacsonyra választani.

Ez a modul – többek között – a TRT Hexadon készülékének volt KF erősítője. A 2. képen a Hexadon ládarádió paneljét mutatjuk be, restaurálás előtt, amely ezzel az egységgel vált teljessé. A készülék előlapja feketére festett alumíniumlemez, a két nagyméretű forgatógomb és a fűtőfeszültségek ellenőrzésére szolgáló műszer érdekes küllemet ad ennek a ládarádióknak, amelyet ebben az időben már építőkészletben (kitben) is árult a Telefongyár az amatőrök részére, teljes kapcsolási, huzalozási rajzzal és építési leírással.

Minden ország gyűjtői a saját nemzetük feltalálóinak, kutatóinak és műhelyeinek termékeit őrzik, becsülik meg leginkább, restaurálják a legszorgalmasabban. Az olaszok büszkesége *Guglielmo Marconi*, akit a drótnélküli telegráfia feltalálójának tekintünk, egyúttal jó üzletember is volt, így



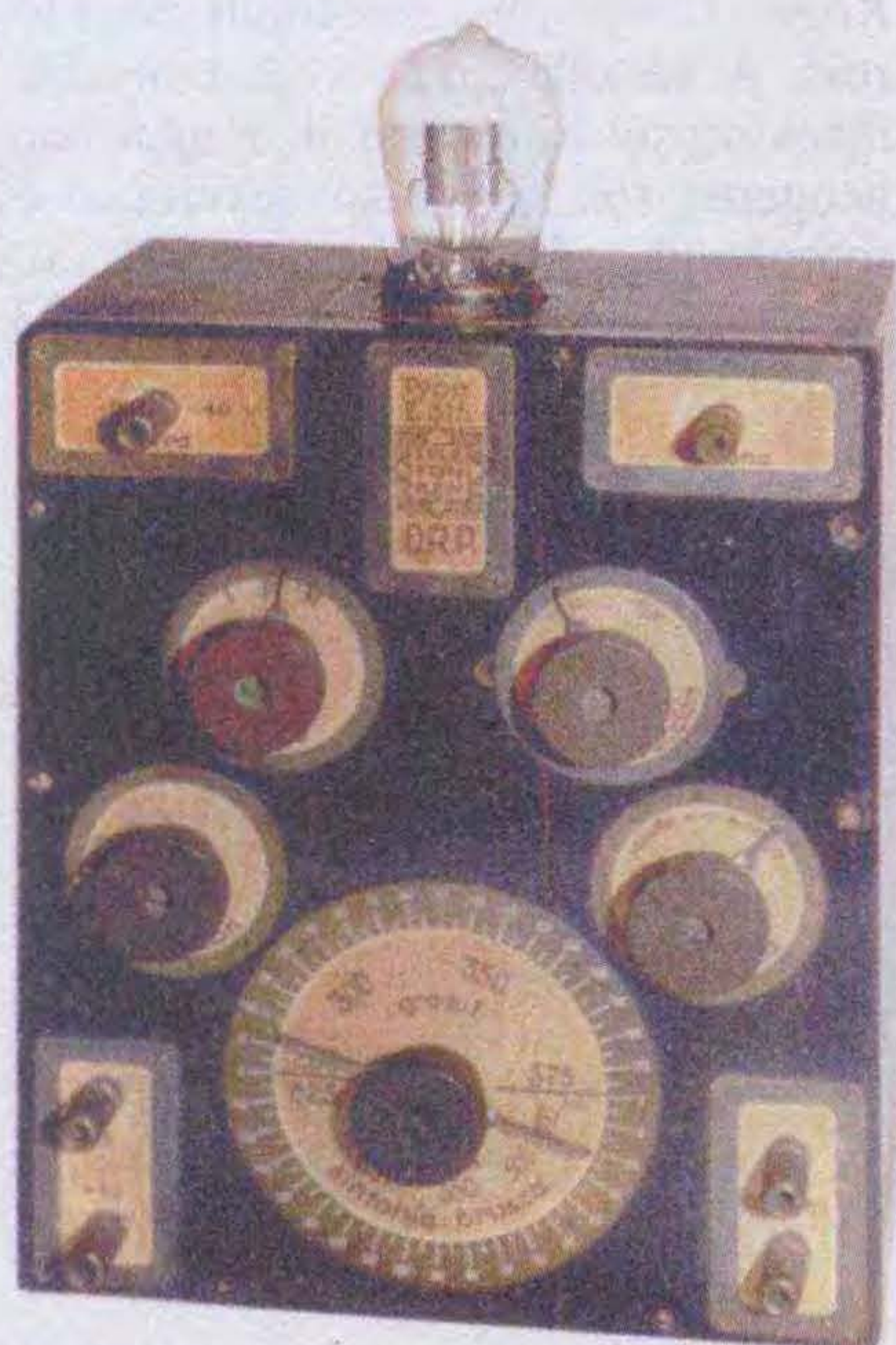
3. kép. Marconi Scientific Unit System [2]



4. kép. Marconiphone V2 (Rózsa Károly gyűjtése)

MARCONI (Italia) mellett Angliában (*The Marconiphone Co. Ltd.*) és Kanadában (*The Marconi Wireless Telegraph Co. of Canada*) is létesített vállalatot. Ezeknek a cégeknek a gyártmányait a gyűjtők megőrizték a rádiózás kezdeti időszakából is.

A sorozat egyik előző részében (RT ÉK 2008) bemutattuk a francia Brunet cég *blokk-rádióját* 1922-ből, amely a ma már rendkívül ritkán fellelhető moduláris felépítésű volt. De volt ilyen készüléke az angoloknak is – ugyancsak 1922-ben – a *The Marconi Scientific*



5. kép. Telefunken E. 315 [6]

Instrument Co. cég gyártmánya. Laptársunknak köszönhetően be tudjuk mutatni ezt a készüléket is (3. kép), csak ezt nem blokk-rádióknak, hanem „tudományos egység összeállításnak” nevezik [2]. A vásárló fokozatosan bővíthette a rádióját, igényeinek és anyagi lehetőségének megfelelően. Az egyes modulok: változtatható kondenzátor, visszacsatolt tuner, nagyfrekvenciás erősítő, detektor, jelerősítő, fejhallgató transzformátor. Egy ilyen készülék ma olyan nagy érték, amelynek az árát meg sem lehet becsülni. Az kétségtelen, hogy egy ilyen, a látható műszaki megoldások szellemében létrehozott külsőcsöves készülék inkább hasonlított egy kísérleti műszer összeállításához, mint egy vevőkészülékhez. Képzeltjük, hogy milyen nehéz volt a kezelése.

Ha már Marconi által alapított vagy az ő nevét viselő üzemekről esett szó, gyűjtőtársunknak, *Rózsa Károlynak* még néhány éve sikerült az egyik budapesti használtcikk piacon egy *Marconiphone V2* típusú készüléket vennie, kissé hiányos és romos állapotban. Olasz laptársunk katalógusa [3] 1923-ra teszi a készülék gyártási évét. A 4. képen mutatjuk be tagtársunk által, olasz segítséggel, restaurált vevőt. A készülék telepes, kétcsöves reflex vevő, amelynek a kezelése meglehetősen nehézkes volt. Forgókondenzátort nem tartalmazott, ezért csak a tekercsek mellé – menetes rúd segítségével – betolható fémlamezsek segítségével lehetett a helyi adóra behangolni. Nálunk ezeket a rádiókat valamikor 1926-ban árulták, amikor már teljesen elavultak voltak [4]. A készülék egyszerű kialakítású, nyitható tetejű fadobozban van elhelyezve. A „lámpák” előtt lévő két kerek ablakon keresztül lehetett a katódok izgatását figyelni.

A németek joggal büszkék az 1903-ban az *AEG* és a *Siemens & Halske* által alapított *Telefunken* cégre és a létrehozókra. Marconi kísérleteinek sikere után *Adolf Slaby* professzor és asszisztense gróf *Georg von Arco* folytatták a munkát, és *Karl Ferdinand Braun*, valamint *Max Wien* találmányainak felhasználásával megalkották a szikratávíró, ún. *Telefunken rendszerét*, amellyel már óriási távolságokat hidaltak át [5].

A húszas évek elején az 5. képen látható egycsőves, *E 315* típusú audion készüléket az amatőrök részére (*Telefunken* „E” jelzéssel) úgy kínálták, hogy a „visszacsatolás segítségével mind a telefónia, mind a telegráfia adó-



6. kép. Siemens modernizált Rfe 1 [7]

kat lehet fogni a detektoros vevőknél százszor nagyobb hangerővel” [6].

Hasonló kialakítású, de modernebb a *Siemens 1928-as háromcsöves* készüléke (6. kép). A barna fadoboz előtt egy jégvirág mintázatú trolit előlapot látunk, amely egyben az alkatrészek szerelőlapja. Hangolása a nálunk is ismert mikrodiál segítségével, a visszacsatolás beállítása kapacitív úton történik. A felirat szerint a készülék *modernizált Rfe 1* (1923-as egycsőves audion) [7].

Még korábbi a 7. képen látható, Svájcban 1916–18-ban tengeralattjárók számára épített, az Olasz Királyi Tengerhajózás számára szállított hétlámás *sommeregibili* vevőkészülék. Kár, hogy laptársunk nem közölt további információkat a készülékről [8].

Zárjuk le ebben a részben a régiségekről szóló fejezetet két amatőr építésű készülék bemutatásával. Az egyik annyira egyedi dizájn, hogy aligha ta-



7. kép. Sommergebili (tengeralattjáró) vevő [8]



8. kép. Oltár formájú amatőr vevő [9]

lálkozhatunk hasonlóval. A 8. képen bemutatott oltár formájú készüléket márványlapokra építették Forest abbé részére, 1922-ben. A hatlámpás vevő felépítése: két nagyfrekvencia erősítő, egy demodulátor, három hangfrekvenciás erősítő [9].

A másik amatőr készülék legalább hazai gyűjtő tulajdonában van, egy amerikai amatőr által a húszas évek közepén előállított, ötlámpás neutrodyn vevőről van szó. Tipikus nagyméretű ládarádió (9. kép), amelynél a három hangolt tekercs egymásra hatását a tekercsek egymástól való távolságának növelésével lehetett csökkenteni. Az előlapon baloldalt a három rezgőkört hangoló mikrodiál, a jobboldalon a három fűtőáramot beállító huzalpotméter helyezkedik el.

Detektorosok

Az előző évkönyvben láthattuk a *Mata-dor* nevű építőjáték segítségével elkészíthető tolokás detektoros készüléket. Laptársunk jóvoltából azóta kiderült, hogy nem csak egyféle detektoros készüléket, hanem még egycsöves vevőt is lehetett ezeknek a kiegészítő Mata-dor egységeknek a felhasználásával építeni. A 10. képen látható, hogy a fapálcikák, tárcsák és a mellékelt pamutszigetelésű huzal felhasználásával milyen tökéletes, lapos kosárfenek teker-



9. kép. Amerikai neutrodyn (Kóger László gyűjtése)



10. kép. MATADOR detektoros (variométeres hangolású) [10]

cseket lehetett készíteni, ezekből *variométert* kialakítani [10].

Érdeemes visszatérnünk még a hazai „márkás” detektorosokhoz, ezeket néhány éve miniatűr képeken bemutattuk (RT ÉK 2006), de a képek mérete nem tette lehetővé a kialakítás értékelését. Ezek között is igazi ritkaság az *Ericsson* gyár által készített *tolókás készülék* (11. kép). A cég a hazai rádiózás megindulása után hozott ki néhány készüléket, azután maradt az eredeti profiljánál, a telefonok gyártásánál. A készülék alja és teteje papírbakelit, vékony oldala pedig fából készült. A tetején lévő résen kiálló golyó segítségével lehetett hangolni, mivel az hozzáér a készülékben lévő lapos tekercs egy-egy menetéhez. A két lapot összetartó csőszegecsek egyben csatlakozásul is szolgáltak [11].

Ide kívánczik a nemrég felbukkant *Ericsson* egycsöves erősítő, amelyet a 12. képen mutatunk be. A konstrukció érdekessége, hogy a csőfoglatba van beépítve az „izzító ellenállás”, az alatta lévő csőbe a hangfrekvenciás transzformátor („nidertrafó”). A detektoros rádió kimenetét, a fejhallgatót, a fűtő és anódtelepet a készülék talapzatán lévő csavarokhoz lehet csatlakoztatni. A rendkívül ritka készülék csőrészén látható az *Ericsson* embléma és olvasható az *Ericsson Budapest* felirat.

Hasonlóan ritka, egyszerű szerkezetű és lapos az amerikai *Radiola* cég által gyártott *Zsebdetektoros* (13. kép). A készülék felső lapja bőrbevonatú sár-



11. kép. Ericsson tolokás detektoros (Kóger László gyűjtése)



12. kép. Ericsson egycsöves erősítő (Kóger László gyűjtése)

garéz-, az alja kartonlemez. A hangolás, hasonlóan az *Ericsson* készülékhez, a lapos tekercs meneteivel érintkező lemezke segítségével történik. A készülék feliratai valószínűsítik az európai gyártást (T: Telephon P: Phones helyett) [12]. A bemutatott kis készülékek értékét ritkaságuk, régiségük és különleges kialakításuk adja.

A *Ferro Stella* márkanév a korabeli szaksajtóban reklámozott forgókondenzátorokról és nidertrafókról ismert, de magáról a cégről vajmi keveset tudunk. *Barta és Társa* cég forgalmazta az alkatrészeket és a 14. képen látható, *Kóger László* által restaurált detektorost. A készülék már a „komolyabb” detektorosok közé tartozik, fémházban, hengeres, sok leágazásos tekercessel és forgókondenzátoros hangolással. Az eredeti festés olajzöld jégvirág lakk volt [13].



13. kép. Radiola „zsebdetektoros” [12]



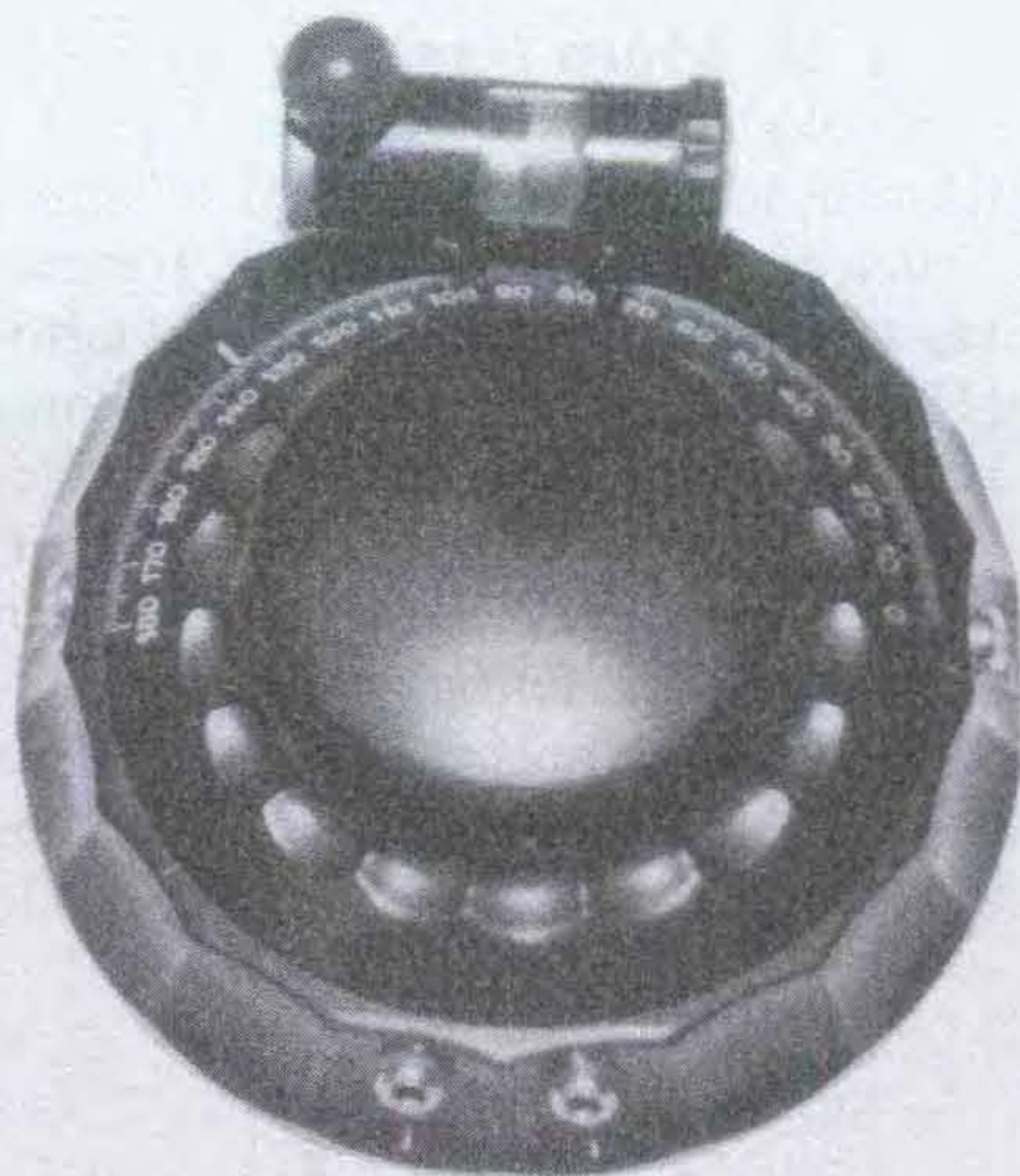
14. kép. Ferro Stella detektoros (Kőrösi Imre gyűjtése)

Laptársunk külön cikket szentelt a *Marconi detektoros* készülékeknek [14], hét Angliában és Olaszországban gyártott készüléket ismertetett az 1922-től 1926-ig terjedő időszakból. A **15. képen** az időszak végén Angliában gyártott a *Crystal Set* jelzésű modellt mutatjuk be. A készülék külső tekercses, külön forgókondenzátorral hangozható az antennakör és a rezgőkör.

Befejezésül egy érdekes hasonlóságot mutatunk be a *Telefongyár Champion* és a *Chiapo Felice* torinói cég *Radioperfecta* nevű készüléke között. Mind a két detektoros fekete bakelitház. A TRT készüléke 1926 decemberében, az olasz hasonmásról csak az tudjuk, hogy a húszas évek végén jelent meg. Mindkét készülék külalakját a forgatógomb és a fekete színű bakelitház összhangja határozza meg. A *Champion* forgatógombja a 2626 számot viseli és 5 mm furattal készült, mert a forgókondenzátornak 5 mm-es tengelye van, és 180 fokos skálával van ellátva [15]. A *Radioperfecta* forgatógombjára a 180-as fokbeosztás mellett



15. kép. Marconi Crystal Set [14]

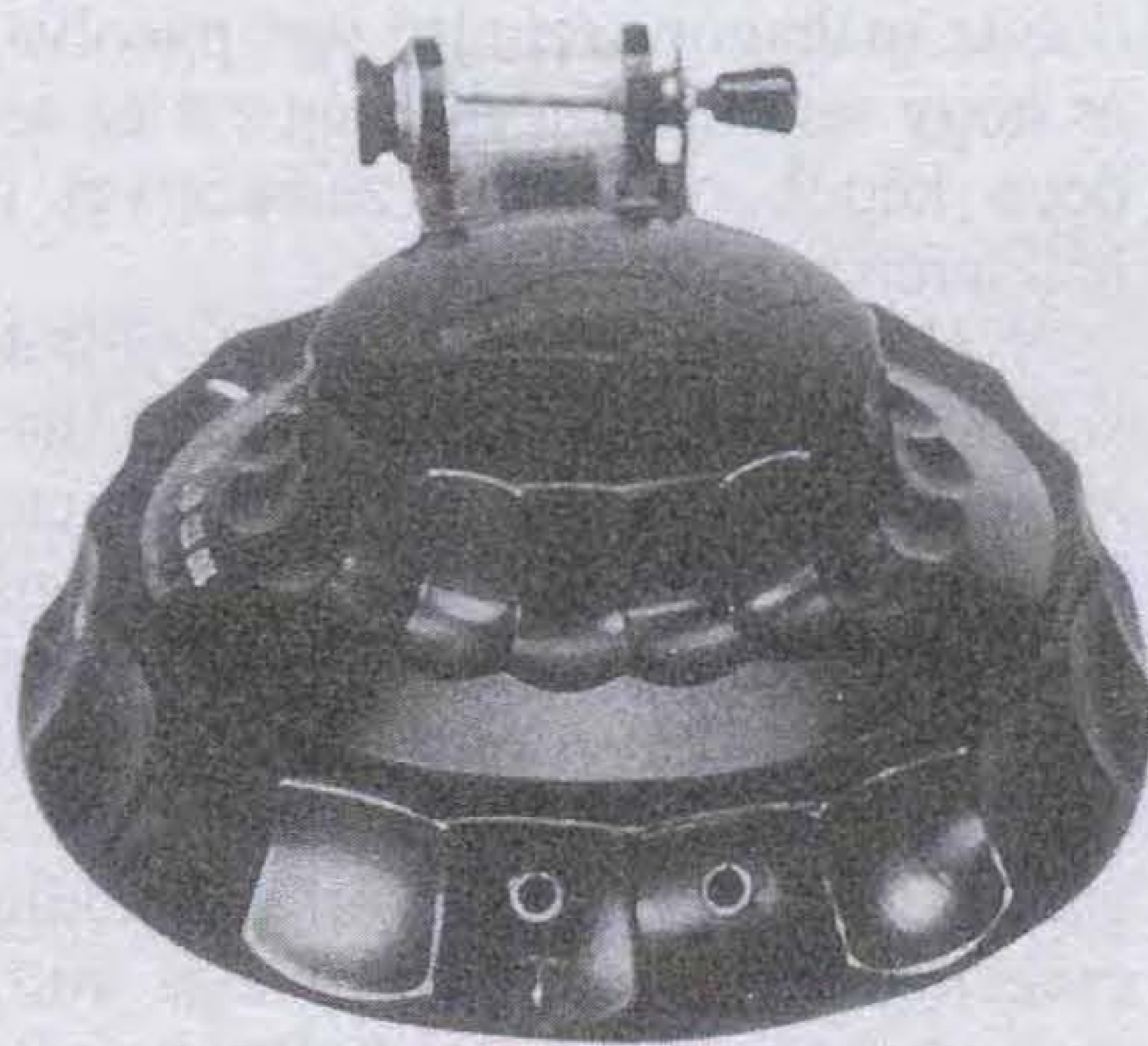


16. kép. TRT Champion (Kóger László gyűjtése)

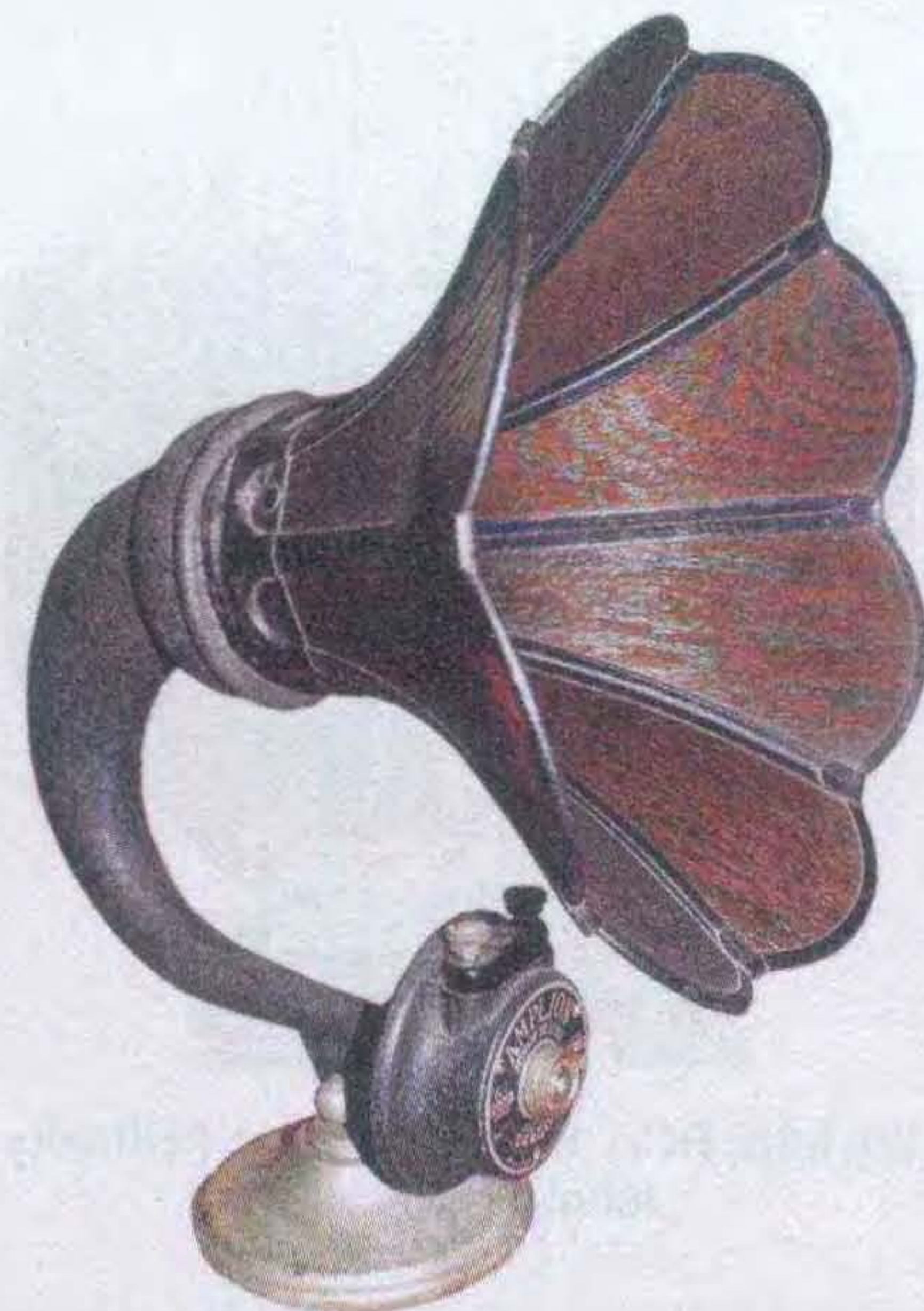
a készülék nevét nyomták [16]. Másban megegyezik a két készülék. A könnyebb összehasonlítás kedvéért a TRT készülékét (**16. kép**) is fekete-fehér képen mutatjuk be, mivel az olasz készülék képe is csak monokróm változatban volt hozzáférhető (**17. kép**). Elképzelhető, hogy a formatervező mindkét cégnek eladta tervét? Valamelyik gyár „koppintotta” a tetszetős formát, vagy a Telefongyár a gyártmány kifutásával eladta a forma használati jogát? Ezeket a kérdéseket ma már nehéz eldönteni.

Hangszórók

Ígéretünknek megfelelően folytatjuk – gyűjtőtársaink jóvoltából – az érdekesebb kinézetű külső hangszórók bemutatását. A legkorábbi, 1923-as az *Amplion* gyár *Dragon* (sárkány) hangszórója. Ennek több változata volt, az előző részben a *Dragon Koncert* tölcseres hangszórót tudtuk mutatni. A **18. ké-**



17. kép. Chiapo Felice Radioperfecta detektoros [16]



18. kép. Amplion Dragon Standard hangszóró (Biliczky István gyűjtése)

pen az 1923-as *Dragon Standard* változat látható, amelynek típuszáma *AR 19*. Ezen hangszórók érdekessége, hogy a tölcser tölgyfából készült.

Egy évvel későbbi a **19. képen** bemutatott *Radiola* hangszóró, amelyet a Puskás Tivadar Távközlési Technikumban rendezett börzén sikerült lenycevégre kapnom. Ez már kónusz hangszóró, bakelit dobozban.

Igen érdekes a *Radio Corporation of America* 103-as modellje 1928-ból, amelynél a hangszóró előtt lévő szövet (kézi/gépi?) hímzése biztosítja a díszítést. A **20. képen** látható hangszóró még kiegyenlített mágneses, négypólusú rendszerű volt.



19. kép. Radiola kónusz hangszóró



20. kép. RCA 103 hangszóró (Biliczky István gyűjtése)

A negyedik az *Ericsson Telephones Ltd.* 1933-as, igen érdekes dobozban elhelyezett permanens mágnesű *mozgó tekerces* vagyis dinamikus hangszórója (21. kép).

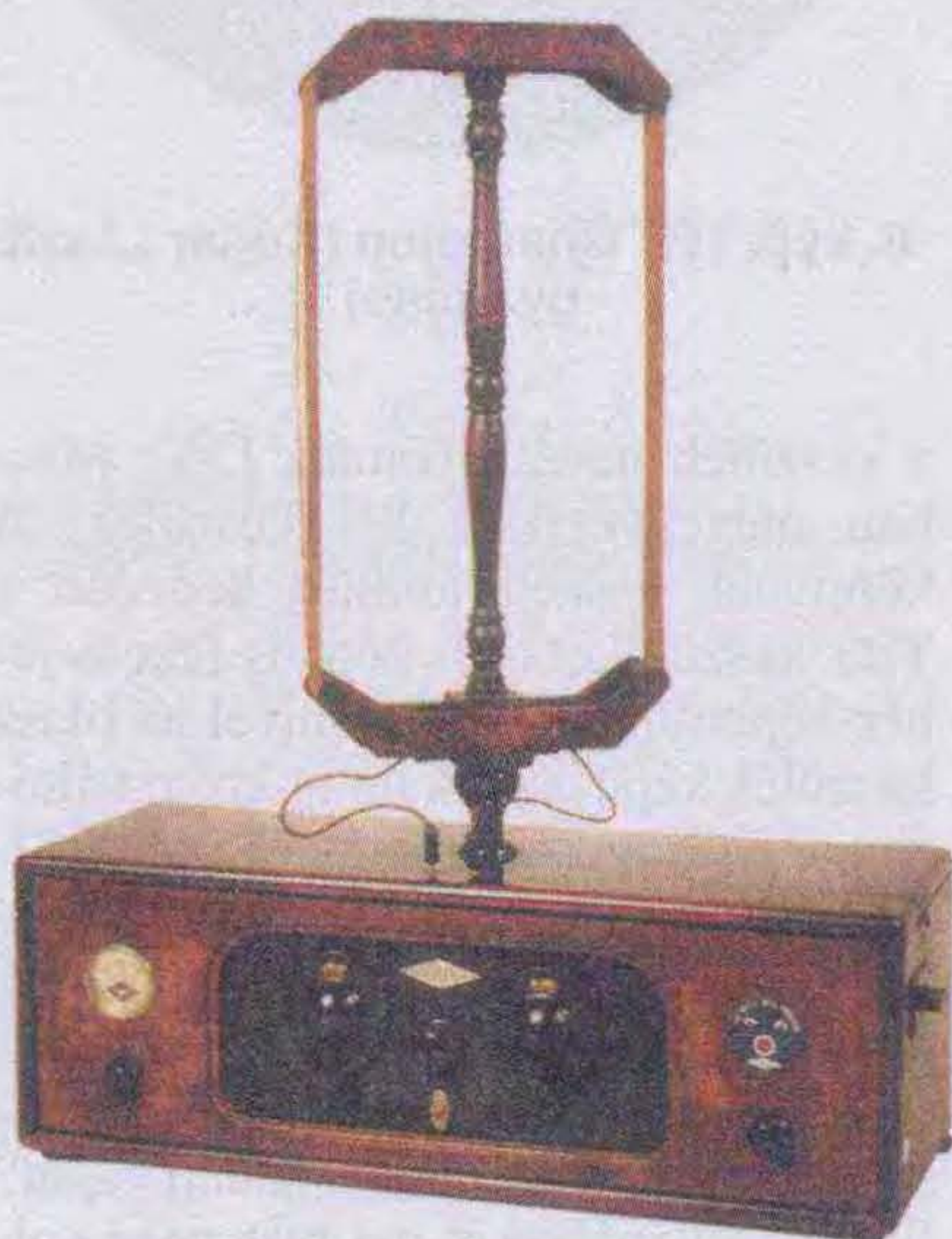
Különleges formák

A tömeggyártás időszakát kivéve a vevőkészülékek mindig a „magas árfekvésű” kategóriába tartoztak. Ezért a cégek állandóan eladási nehézségekkel küszködtek. Ebből a gyárak két módon igyekeztek kitörni. A kispénzű vevőknek egyszerű, olcsó készülékeket kínáltak, a tehetősebb vevőket különleges formákkal, meglepő dizájnnal próbálták megnyerni. A gyűjtők számára ebből a kategóriából megmaradt készülékek az igazán értékesek. A hazai vásárlók között valószínűleg kevés nagypénzű volt, a gyárak ilyen különleges kialakításút ritkán gyártottak, ezért minden rendszer nélkül, ötletszerűen a külföldi kínálatból válogattunk.



21. kép. Ericsson Telefonfabrik hangszórója (Biliczky István gyűjtése)

A 22. képen bemutatott készülék kapcsolódik az „olasz Champion” detektorshoz. Ezt is a torinói *Chiappo Felice* cég gyártotta 1929-ben. Hétsöves telepes superkészülék, ezért tartozéka a forgatható keretantenna. A korabeli ládarádiók többségétől eltérő ízléses formában készült. Még a szimmetriára is ügyeltek. A középső fémtáblán a *Radioperfecta* felirat olvasható, a baloldalon látható műszerrel ellentétes oldalon a „kedves hangja” feliratú embléma helyezkedik el [17].



22. kép. Chiappo Felice Radioperfecta hétsöves [17]

Viszonylag kis osztrák cég volt *Heinz Josefovsky* rádiólaboratóriuma, amely *JOSADYN* márkanevvel gyártotta készülékeit. A húszas évek végén, a harmincas évek elején készült az egyenáramú hálózatra csatlakoztatható, *JOSADYN 03* jelzésű háromlángos helyi vevő (23. kép). A készülék különlegessége az előlapon, az ellipszis alakú kivágásban látható figura. Az egész doboz mahagóni színűre van pácolva, és hogy semmi ne törje meg ezt az art deco képet, minden kezelőszervet a hátlapra szereltek [18].

Nálunk sokkal ismertebb a gyűjtők kedvence: a *Philips 2531* típusú, a hazai piacon *Mestermű* néven értékesített, váltóáramú import készülék. A Philips rádiók katalógusa 1930-ra teszi a megjelenését. Az importkorlátozás miatt 1932-ben kezdte meg a Philips Magyarországon a rádiógyártást, addig csak kereskedelmi kirendeltsége volt, ezek a készülékek vagy a holland anyavállalattól, vagy a német, esetleg a francia leányvállalatoktól érkeztek [19].



23. kép. JOSADYN 03 [18]

Volt telepes (2532) és egyenáramú hálózati (2533) változata is azonos bakelit dobozban. A 2531-es 3 + 1 csöves, külső hangszórós, egyenes rendszerű vevő, ahol még külön kellett hangolni a bemenőköri és az anódköri rezgőkört. A Philips formatervezői egy szimmetrikus bakelitdobozba helyezték a készüléket, és az árnyékolást egy belső fémdobozzal oldották meg. A 24. képen a 2003 típusszámú Philips hangszóróval együtt látható. A készülék és a hangszóró bakelit tölcseré hasonló színezésű. Figyeljük meg a két forgóhoz tartozó számskála között elhelyezkedő Philips címet!



24. kép. Philips 2531 „Mestermű” (Eperjesi Gyula gyűjtése)



25. kép. MENDE Super-Selektiv [20]

A német *MENDE* cég érdekes váltóáramú hálózati készülékét mutatjuk be a 25. képen. Ebben az időszakban még nem volt bizonyított a superkészülékek fölénye az egyenes rendszerűekkel szemben. A *Super-Selektiv* név ellenére öthangoltkörös egyenes készüléket gyártottak 1932-ben, bakelitházban, 6 + 1 csővel, az akkor még szokatlan állomásnév-skálával, körbefutó, nagyítóval ellátott állomásmutatóval és vele együtt mozgó skálaizzókkal. Ha tekintetbe vesszük az ötrészes forgókondenzátort, a sok árnyékolt tekercest, akkor megértjük, hogy gazdaságossági szempontból hamarosan kiszorították a super készülékek az ilyen bonyolult felépítésű egyenes rendszerűeket [20]. A készüléknek különleges formát ad a két előreugró oldalrész, a kétrészes (KH-HH) állomásnév-skála és a teljesen szimmetrikus elrendezés.

A harmincas években jött divatba az a függőleges elrendezés, hogy a készülék alá helyezték el a rendszerint nagyméretű hangszórót. Több esetben saját lábakon állt a berendezés, ezzel is



26. kép. S.I.A.R. 3 + 1 csöves [21]

kiegészítve a lakás bútorzatát. A konstruktőrök rájöttek, hogy érdemes nagyméretű hangszórókat alkalmazni, ezáltal javul a hatásfok és a hangszórók sugárzása az alacsony tartományban. Egyes készülékekre gramofont is szereltek, ezeket nevezzük zeneszekrényeknek.

Az egyik legkorábbi, 1931-es, a torinoi *Societa Italiana Apparecchi Radio (S.I.A.R.)* 3 + 1 csöves váltóáramú hálózati készüléke [21]. A hangszóró 36 cm átmérőjű kosárral bír, de még mágneses rendszerű, Blaupunkt gyártmányú. Kár, hogy az eredeti képről a szekrény teteje lemaradt (26. kép). A szekrény saját lábain áll, és különösen érdekes a hangszóróselyem előtt elhelyezett díszítés.



27. kép. Philips 532A [22]

Hasonlóan az előbbi készülékhez, saját lábain áll az olasz *Philips 532A* típuszámú vevője. Felépítése: előkörös, októdás keverővel, diódás demodulátorral, sávszélesség szabályozással, műszeres hangolászjelzővel, hangfrekvenciás elő- és végerősítővel ellátva. 1935-ben még európai (5 és 7 csapos) csöveket, de már gerjesztett dinamikus hangszórót alkalmaztak (27. kép). A formatervezők annyira ragaszkodtak a szimmetrikus elrendezéshez, hogy még a függőleges állomásnév-skálát is kettéosztották [22].

Ennek a csoportnak a csúcskészülékét láthatjuk a 28. képen. A *Zenith* céget 1918-ban alapították *Chicago Radio Laboratory* néven. A *Zenith* név az egyik alapító amatőr hívójeléből a



28. kép. Zenith 11S474 [23]

9ZN-ből származik. A készülék modellszáma *11S474* a következő információkat tartalmazza: 11: a csövek száma, S: a 110 V AC táplálást, 4: az 1940-es építési évszámot jelenti, az utolsó két számjegy a konzol rádiókra vonatkozó sorszám. A készülék kialakítása lenyűgöző, hogy a nagypénzű vevők a kísértésnek ne tudjanak ellenállni. Soroljuk csak fel, hogy mi mindent tud ez a „csodakészülék”! A jó hangminőséget egy 12”-os gerjesztett dinamikus hangszóró biztosítja, amit egy triódás fázisfordítót követő ellenütemű végfok hajt meg. A skálától balra lévő nyomógombok hangregiszterként, a jobboldaliak előre programozott állomások kiválasztására szolgálnak. A hangszóró mellett van elhelyezve egy beépített „wavemagnet” elnevezésű, forgatható keretantenna [23].

Visszatérve a különleges formákhoz, a német *Seibt (Dr. Georg Seibt, Fabrik für elektrische und mechanische Apparate, Berlin)* váltóáramú, 3 + 1 csöves egyenes vevőjét láthatjuk a



29. kép. Seibt „gyóntatószék” [24]



30. kép. Phonola 547 [25]

29. képen. A készülék hivatalos neve *326 W Sanssouci*, a gúnyneve *gyóntatószék* volt jellegzetes alakja miatt. A formatervezőket a *szimmetrián belüli aszimmetria* elve vezérelte. A rádió már „A” sorozatú (4 V-os fűtésű) kosaras foglalatú csövekből épült fel, és a fejlesztők gerjesztett dinamikus hangszórót alkalmaztak [24].

A legkülönlegesebb formájú készüléket láthatjuk a 30. képen. Mint egy nagyméretű nyomógombos telefon, úgy fest az 1939-es PHONOLA 547 készülék fekete bakelit háza. Maga a doboz egy 4 + 1 csöves, rövid- és középhullámú, váltóáramú szupert rejt [25].

Itt megszakítjuk egy rövid kitérő erejéig a vevőkészülékek bemutatását.

Elektronikus műszerek

Ennek a fejezetnek a műszeresztétika címet is adhatnánk, mert az elektronikus műszerek külső kialakításával kí-



31. kép. G. M. R. hullámmérő [27]

vánunk foglalkozni. Nem is hinnénk, hogy ezen a területen is voltak divatirányzatok, és egyes időszakokban a műszerek nagyon hasonlítottak a vevőkészülékekre, és viszont.

Ebben a sorozatban az olvasó már találkozhatott az amatőrök által használt saját építésű és gyári műszerek leírásával (RT ÉK 2007).

Magyarországon az elektronikus műszerek nagyipari fejlesztése csak a második világháború alatt indult meg, amikor az Orionban titokban kezdték másolni az amerikai műszereket [26]. A háború előtt a nagyobb rádiógyárak saját gyártású és import műszereket alkalmaztak, az amatőrök a saját építésű, egyszerű eszközökkel voltak kénytelenek beérni. Egy 1931-es EKA árjegyzék *Cambridge-műszerek* címszó alatt kínál néhány precíz, de nagyon drága műszert.



32. kép. Csővoltmérő és R-C mérő-híd (Asztalos Károly készüléke)

A külföldi irodalomban böngészve találhatunk a húszas évek elejéről is néhány elektronikus műszert. Az egyik legkorábbi a 31. képen bemutatott 1922-es, francia *G. M. R. gyártmányú hullámmérő* [27].

Egy tipikus *amatőrműszer* látható a háború előtti/alatti időszakból a 32. fotón. A műszerház hasonlít a pultformájú rádiókra, ez az alak a csővoltmérő alaplajjának leolvasását és a R-C mérőhíd varázsszemének megfigyelését könnyítette meg.

Ezen időszak legismertebb hazai elektronikus műszereket gyártó cége *Zelenka László* laboratóriuma volt. A tulajdonos életéről és tevékenységéről az RT ÉK 2002-ben olvashatunk, ill. arról nemrég könyv is jelent meg [28]. A korszerű konstrukció mellett a Zelenka Labor műszerei külsőleg a legmodernebb kialakításúak voltak. Fényképpel is illusztrált reklámjait a *Horváth István* által szerkesztett *Rádió Compass*



33. kép. Zelenka Labor Zenith 1-B szignál (Sik Béla gyűjtése)

1940-41 és 1941-42 évi kiadásában találjuk. A *Zenith „1-B”* típusú szignálgenerátort szürke és fekete előlappal is gyártották. Ez utóbbit tudjuk bemutatni a 33. képen, a felvétel *Sik Béla* gyűjtő-társunk kiállításán készült. (Érdekes a műszer nevének egybeesése a 28. képen látható amerikai készülékével.) Az említett könyvben található vázlat szerint ebben a műszerben a „Horthy néprádió” csövei kerültek felhasználásra, a VCL11 és a VY2.

A továbbiakban bemutatásra kerülő műszerek már a háború utáni időszak termékei. Tréfásan mondhatjuk, hogy a műszerek előlapjának volt *fekete korszaka* és *szürke korszaka*. Ez a két korszak időben nem vált szét teljesen egymástól.

Az Orion által fejlesztett és gyártott műszereknél dominált a fekete előlap, mint az a *hangfrekvenciás csővoltmérőről* (34. kép) és már az EMG korban gyártott *szignálról* (35. kép) készült kép is bizonyítja. Ezeknek a műszereknek a kapcsolási rajzai és leírásai már megtalálhatók az első összefoglaló műben, amely az ötvenes évek hazai és keleti relációjú műszereit tartalmazza [29]. Ez az 1953-as kiadású könyv a



34. kép. Orion AF csővoltmérő (a szerző gyűjtése)



35. kép. Orion-EMG szignál (a szerző gyűjtése)

műszerek EMG-ben készült, többnyire szürke változatát mutatja be.

Az ötvenes évek elején az amatőrök és a kisiparosok továbbra sem jutottak hozzá a „termelőeszközöknek” számító elektronikus műszerekhez. Maradt továbbra is a házilagos előállítás. A 36. képen Asztalos Károly rádiójavító kisiparos által készített AM szignált mutatjuk be, amely szintén fekete dobozban van.

Az EMG szürke korszakából a nagyfrekvenciás csővoltmérőt (37. kép) és az Oripons nevű, R-C mérőhidat mutatjuk be (38. kép). Érdekesség, hogy Magyar Béla említett könyvében az Oripons és Sipos Gyula cikkében a „libaféjes” csővoltmérő fekete változata látható.

A külföldi gyárak közül két kiemelkedő műszergyártót kell megemlítenünk. Az egyik, nálunk is ismert cég, a német Rohde & Schwarz. Az elektroncsöves korszakban gyártott stabil, pontos, szép kivitelű műszerei még a mai napig is használható eszközök.

Amikor a használtcikk piacon megpillantottam a 39. képen bemutatott univerzális szignálgenerátort, annyira megtetszett, hogy nem tudtam a kísér-



36. kép. Kisipari AM szignál (Asztalos Károly készüléke)



37. kép. EMG „libaféjes” csővoltmérő (a szerző gyűjtése)

tésnek ellenállni. Annak ellenére, hogy a MIKI leltárfelelősei elcsúfították az előlapot, a leltári számot minden vállalatnál is intézetnél a leghetlenebb helyekre pingálták, az összkép nagyon megnyerő. A generátor mind hang-, mind nagyfrekvenciás generátorként használható, de a gondos elrendezés következtében a használathoz nem kell a gépkönyvet bújni, annyira egyértelműek a feliratok.

A másik, nálunk kevésbé ismert műszergyártó cég a HEATHKIT, Edward Bayard Heath alapította 1926-ban Chicagóban. A cég a második világháború előtt repülőgépekkel és alkatrészekkel foglalkozott, 1947-től gyártott oszcilloszkópokat és csővoltmérőket és más elektronikus műszereket, kit formában is. Ebben az időben az amatőrök és vevőkészülékeket barkácsolók már



38. kép. Oripons mérőhid (a szerző gyűjtése)



39. kép. Rohde & Schwarz univerzális szignál (a szerző gyűjtése)

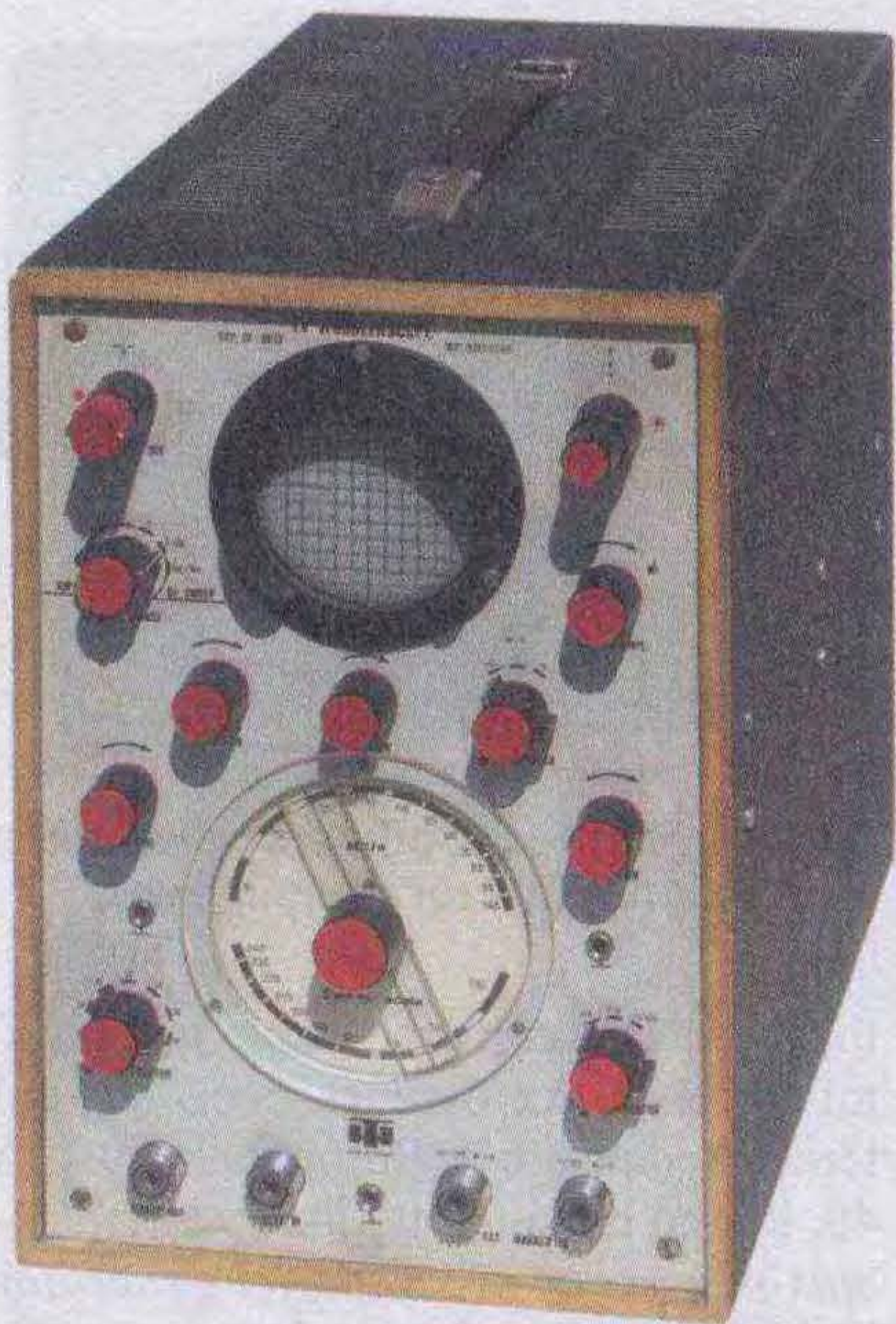
meg tudták venni a viszonylag olcsó műszereket. Az ötvenes évek elejétől terjeszkedett a cég Európában [30]. A 40. képen bemutatott alacsonyfrekvenciás négyszög- és szinuszel generátor kialakítása jellemző a cég formatervezőinek munkájára: tökéletes szimmetria.

A hazai műszergyártásban is bekövetkezett a színes korszak, ebből az időszakból két műszert tudunk bemutatni, a HT (Híradástechnika Szövetkezet) TV Wobblerscope-ját (41. kép) és az EMG 1575 típusszámú karakterisztika rajzolóját (42. kép). Az előbbi berendezés előlapján megfigyelhető a szimmetrikus elrendezés, és mindkettőn a színes lezáró sapkájú és piros forgatógombok használata. Ez utóbbi, főleg a kétgombos kezelőszervek esetében megkönnyítette a funkció feliratozását.

Végül a 43. képen mutatunk a húszas évek elejéről egy olyan vevőkészüléket, amelyik nagyon hasonlít egy elektronikus műszerre. A teleses táplálású rádiók időszakából nagyon sok közül választhattuk ki az RCA AR-800 típusszámú, Radiola II nevű vevőjét. Ez a fejhallgató, kétlámpás hordozható vevő nem külsőcsöves, lecsukható fadóbozban helyezkedik el, a kinyitható fedél alatt három forgatógomb van nagyméretű skálával [31].



40. kép. HEATHKIT generátor (a szerző gyűjtése)



41. kép. HT TV Wobblerscope (a szerző gyűjtése)

„Nagymama órája” és egyéb érdekességek

Az a törekvés, hogy a vevőkészülék külalakja illeszkedjék a lakás többi berendezéséhez, arra sarkallta a fejlesztőket, hogy a rádiót különféle bútorokba, képekbe, zenélő- és ékszerdobozokba „rejtsek”. Az állóóra nagyon alkalmas berendezési tárgy volt arra, hogy abban vevőkészüléket lehessen elhelyezni. Legfelül volt az óraszerkezet, amelynek számlapja még stílusban követte a korábbi ingaórákét, annak ellenére, hogy többnyire már elektromos meghajtást alkalmaztak. A óra alatt, az inga helyén találjuk a készüléket, a kezelőszervek, hogy beleolvadjanak a bútor összképébe, nem hivalkodóak. A hangszóró helyezkedett el legalul.



42. kép. EMG 1575 karakterisztika rajzoló (a szerző gyűjtése)

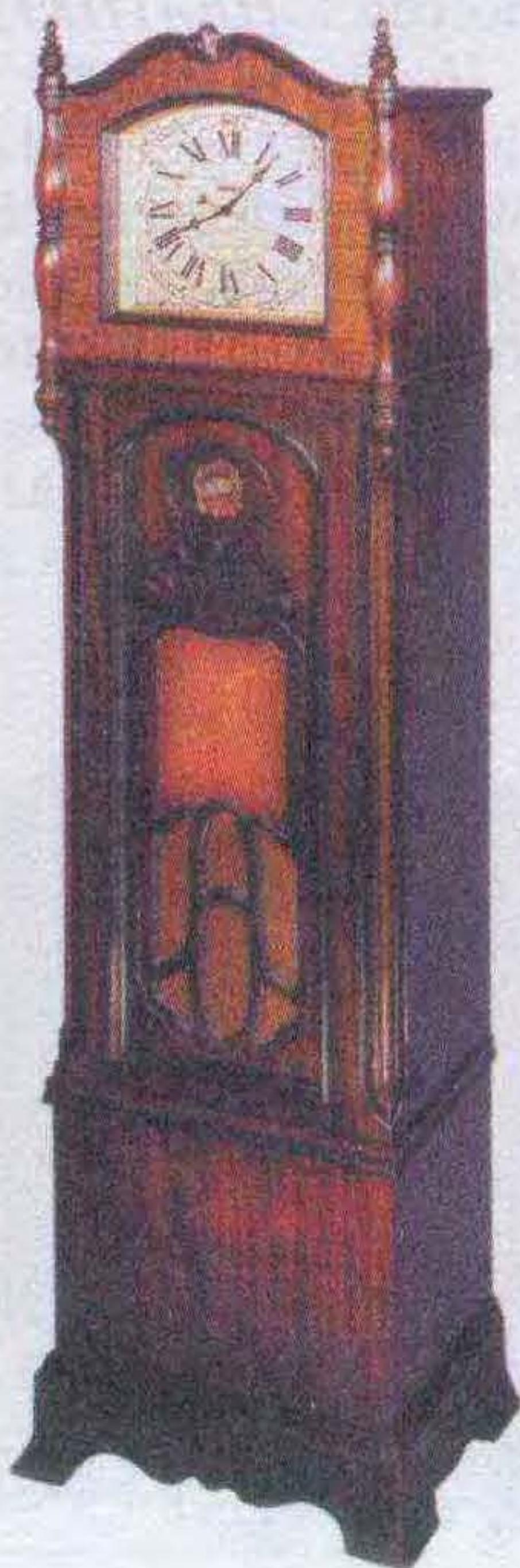


43. kép. RCA AR-800, Radiola II [31]

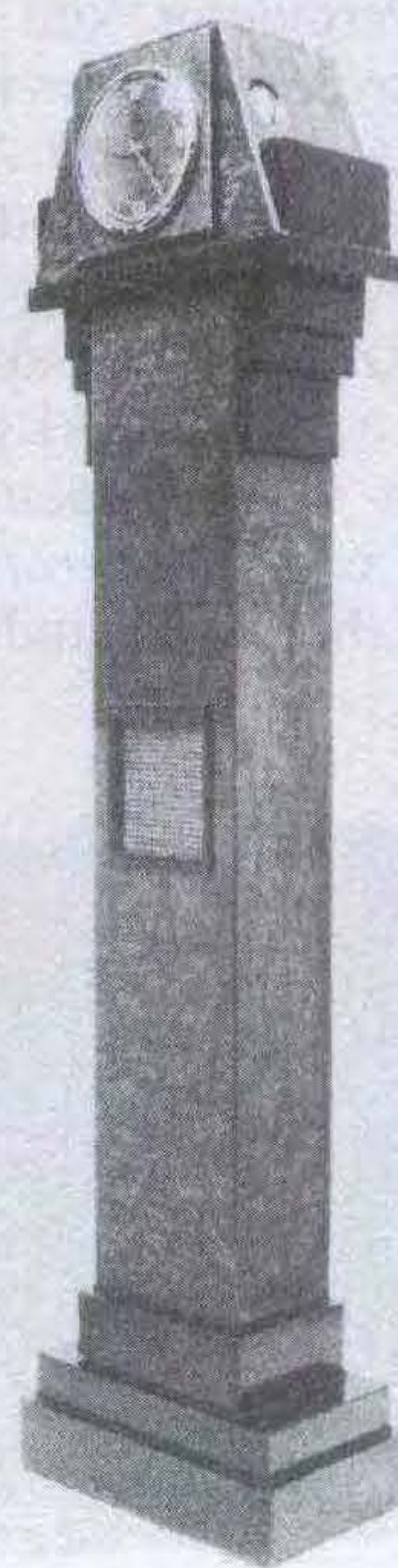
A 44. képen látható CROSLEY gyártmányú 125 Playtime Junior rádió a harmincas évek elején készült, váltóáramú superkészülék. Az óra számlapján még római számokat alkalmaztak, a forgókondenzátor számskálás, a kis ablak így nem zavarja az összképet. A hangszóróselyem előtti díszítés stílusban azonos az egész szekrény kialakításával [32]. A másik állóóra már későbbi és a kialakítása is sokkal modernebb (45. kép). 1938-ban gyártotta a British Tempovox Ltd. A leírás szerint ezt kis, modern házak számára gyártották, amelyekben takarékoskodni kellett a helyvel. A vevőkészülék össze van épít-

ve az órával, a hangszórót a tartóoszlop közepén helyezték el [33]. A folytatásban még mutatunk be néhányat a különleges, bútorokba rejtett rádiók közül.

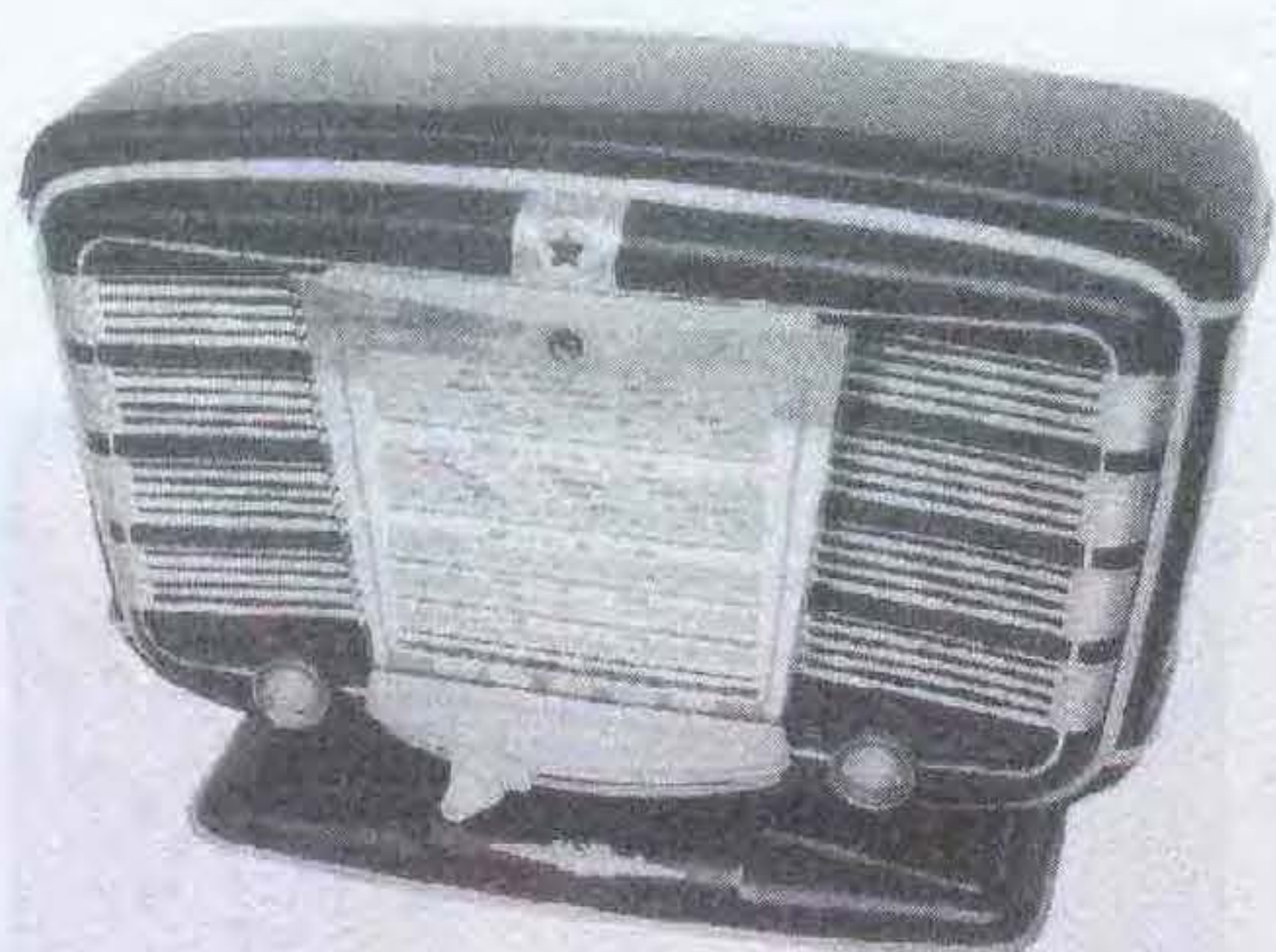
Ha már a detektoros készülékeknél bemutattunk két hasonló kialakítású rádiót, találhatunk hasonlóságot a nagyobb vevőknél is. Az előző részben láthatta az olvasó a szovjet Zvezda 54 típusú készülék színes képét. Ennek fekete-fehér változatát mutatjuk most a 46. képen, mert az olasz készülékek katalógusából átvett kép [3], Allocchio Bacchini 557 típusszámú vevője (47. kép) csak monokrom változatban állt rendelkezésünkre [34].



44. kép. CROSLEY Playtime Junior [32]



45. kép. British Tempovox Ltd állóóra [33]



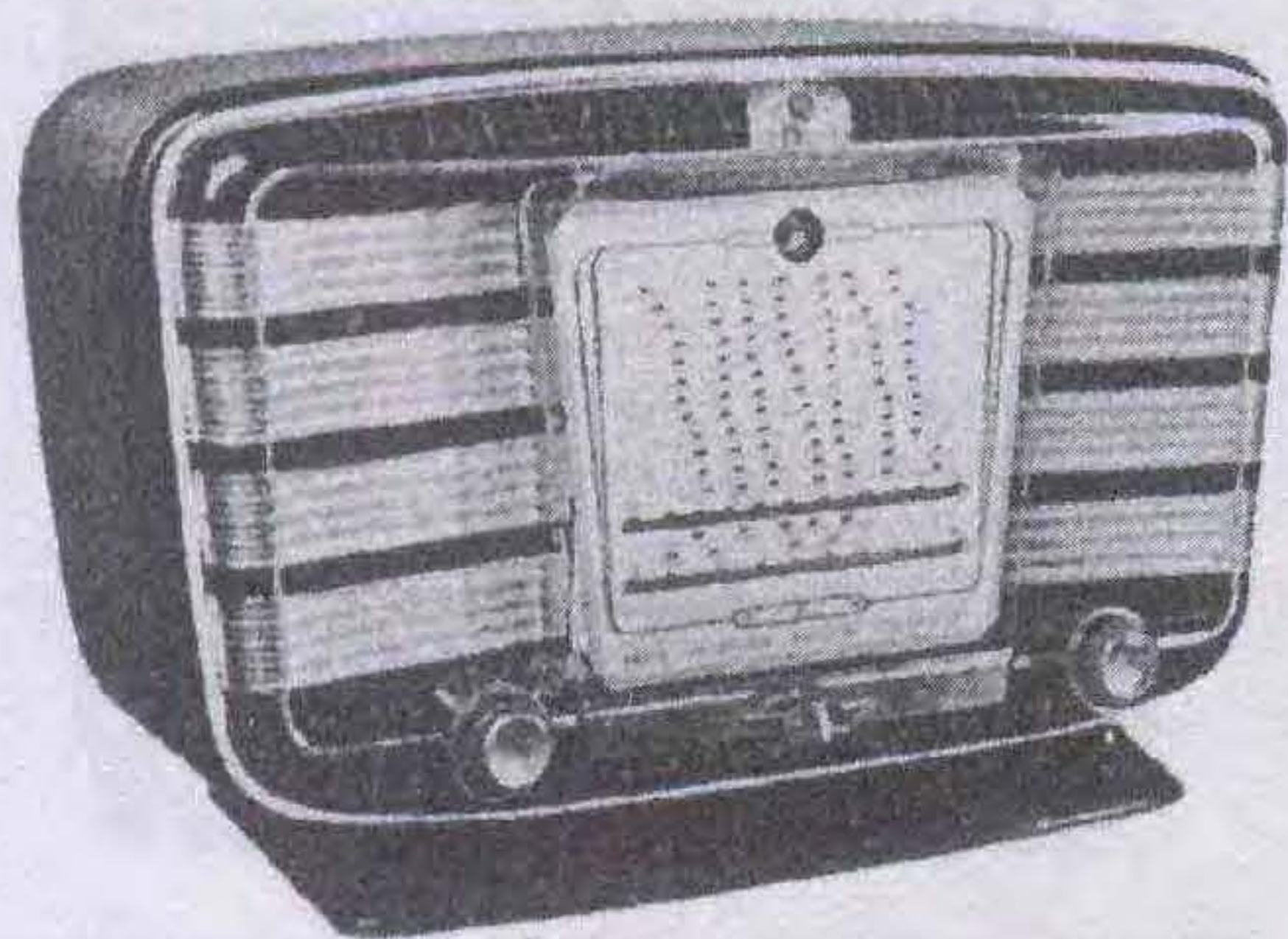
46. kép. Zvezda 54 (Kóger László gyűjtése)

Háborús készülékek

A második világháborúhoz kötődő, nem katonai berendezéseknek két kategóriája volt. Az első a hadifogolytáborokban és koncentrációs táborokban titokban eszkábált készülékek, amelyekből többnyire csak emlékezetből utánépített vevők maradtak meg. A második a kimondottan katonák szórakoztatására gyártott polgári vevőkészülékek csoportja, ezekből akkor maradt meg példány, ha a katonának volt lehetősége magával vinni és megőrizni.

A 48. képen bemutatott készüléket a német megszállás alatt, 1942-ben gyártotta a rigai VEF, (amit akkor AEG Ostlandwerk G.m.b.H.-nak hívtak) a német hadsereg katonái számára [35]. Lettorszában kereskedelmi forgalomba nem hozták, ez a Tungstram D21-es csövekkel felépített telespesz superkészülék is Ausztriából került elő. A formatervezés tökéletes, az ember lelke örül, ha egy ilyen ritka és szép készüléket lát. Figyeljük meg a kör alakú és egyéb görbe díszítőelemek csatlakozását, ezekkel a „virágszirmos” forgatógombok és a hangszóróvásznon összhangját! A háború vége felé a formatervezőknek már nem sok lehetőségük volt képességeik bemutatására.

A másik készülék Amerikából került elő. Az ajándékozó szerint ameri-



47. kép. Allocchio Bacchini 557 [3]



48. kép. Vefsuper B417 (Vári József gyűjtése)

kai katonák számára gyártották (49. kép). A csövek, a hangszóró és a két felső gomb felirata alapján (VOLUME, SELECTOR) azt hittük, hogy az USA-ban készült, de a hullámváltó, középső gombnál talált P. O. és G. O. felirat nem illett bele a képbe, francia rövidítésre utalt (PETIT ONDE és GRANDE ONDE). Az ORADIO levelezőlista tagjai segítségével sikerült találni az interneten egy belga gyártót, amelyik azonos típusjelzésű, soros fűtésű (6A7, 78, 77, 43, 25Z5) csövek felhasználásával gyártott 1936-tól hasonló felépítésű készüléket. Amennyiben ez a gyártó készítette az amerikai katonák számára ezt a vevőt, magyarázatot kapunk a hullámváltó feliratára. Bárminnyire egyszerű szerkezetű a vevő, még skálája sincs, az asztalosmunka nagyszerű. A középső gomb fölött kialakított kiálló, oszlopszerű díszítés szolgál a hangszóróvásznon védelmére, ez a díszítés folytatódik a készülék felső lapján.

Kisebb hazai rádiógyártók

A nagyobb rádiógyárak (Telefongyár, Philips, Orion, Standard, Telefunken, EKA, Siemens) mellett volt néhány kisebb műhely, amelyekről nem szabad elfeledkeznünk. Némelyikük ismert régi prospektusaikról: SRT (Süss Nán-



49. kép. Belga háborús készülék (a szerző gyűjtése)



50. kép. ECHO 442V (a szerző gyűjtése)

dor), Astra, BAPO (Barta és Társa), Martovox (Márton Pál), Reich Rádió, Rikert Rádió, Belgráder Rádió stb. [36]. Néhányan, mint *Vörös Rezső* a korabeli Rádiótechnikákban közölték konstrukcióik leírásait, kapcsolási rajzait. Az Ericssont azért nem soroljuk a kisebb gyártók közé, mert bár kevés hazai vevőkészüléke volt, amellet elég nagy gyára.

A kisebb műhelyek vevőkészülékei közül olyan kevés maradt fenn, hogy a *Magyar rádió-vevőkészülékek katalógusa* című CD a legtöbbször azt közli, hogy „erről a rádióról megbízható ábrázolást nem találtunk”. *Vörös Rezső*, mint a legtöbb kisebb műhely tulajdonosa az amatőrök részére teljes alkatrész készletet (kitet) árusított. Ezeket, ha az építő nem tüntette fel a típuszámot, fel lehet ismerni (eredetileg) vajsínűre festett paneljeiről, négyszögletes árnyékolású KF trafóiról, különleges rácssapkáiról és a „gyárilag behangolt” tekercskészletről. A továbbiakban két olyan ECHO készüléket mutatunk be, amelyeket nagyméretű dobozokba építettek be. A készülékházak gondos asztalosmunka eredményei. A *Vörös Rezsőtől* beszerzett készülék tu-



51. kép. ECHO 443V zeneszekrény (Jebudánszki István gyűjtése)



52. kép. ARCOFAR T 1000 [37]

lajdonosa valószínűleg így akarta a jó hangminőséget biztosítani.

Az *ECHO 442V* luxus szuper leírása a Rádió Compassban jelent meg, az építő amatőr nagyméretű dobozt készített hozzá és egy gerjesztett dinamikus nagy Orion hangszórót épített bele (50. kép). A sok kezelőszervnek (állomásválasztó, hullámváltó, sávzélesség-szabályzó, hangerő- és hang-



53. kép. Philips 2811 zeneszekrény [38]

színszabályzó) is jutott így hely. A skála fölött a választott hullámsávot és gramofonállást jelző lámpa gyullad ki. Két oldalt a bekapcsolást jelző izzó és a varázsszem található. A gondosan megválasztott forma következtében a rendkívül nagy méret ellenére sem tűnik a doboz ormótlannak.

Az előbbi testvérét, az *ECHO 443V* készüléket építették be egy műbútorasztalos által készített zeneszekrénybe (51. kép). Ez a Vörös zeneszekrénynek nevezett szerkezet csak négy forgatógombos, de nagyméretű állomásnév-skálája és hangszórója van a készülék alatt elhelyezve. Jobboldalt, felül, redőnnyel lecsukható lemezjátszó, alatta lemezek tárolására alkalmas rekeszek. A következő részben még mutatunk kisebb műhelyekben készült vevőket, főleg olyanokat, amelyek nem közismertek a gyűjtők körében.

Zeneszekrények

Az előző készülék bemutatásával már rá is tértünk következő témánkra: a zeneszekrényekre. A Telefunken *ARCOFAR T 1000* még egy rádió-lemezjátszó összeállítás 1930-ból (52. kép). Korabeli szokás szerint sok mindent neveztek el a Telefunken egyik alapítója, Arco gróf tiszteletére (Arcolette rádiót, Arcophon ívmembrános hangszórót, Arconit kristálydetektort stb.) [37].

Hasonló korú a *Philips 2811* típusjelzésű zeneszekrénye (53. kép). Még európai csapos csövekkel készült. A dinamikus hangszóró gerjesztésére külön tápegységet építettek be, a lemezjátszónak és a vevőkészüléknek külön hangerőszabályzója volt. A hangszóró a gramofon alatt, a vevő az alaplapon foglalt helyet [38].

Hogy az olaszok se maradjanak ki, nézzük a *Phonola 568* típusjelzésű, saját lábain álló zeneszekrényét. Ez már piros, körmös csövekkel készült (1938.). Érdekessége, hogy minden hullámsávnak külön skálája van, az olasz adókat külön skálán tüntették fel, ezért néz ki a vevő előlapja úgy, mint egy autó műszerfala (54. kép) [39].

Zárjuk a zeneszekrények bemutatását a magyar ipar egyik büszkeségével, a *Philips 939* koncertszekrényvel. Nagy szenzáció volt ezelőtt hetven évvel ez a motoros hangolású zenegép. Nagyon kis szériában gyártották, ezért kevés példány maradt meg, igazi ritkaság. Az egyetlen működőképes példányt, amelyet Kóger László restaurált, a gyűjtők lapja mutatta be [40]. Nagyon



54. kép. Phonola 568 zeneszekrény [39]

elegáns, álló alakú szekrény, diófurnérozással. Különlegessége a lebillenthető és a szekrénybe tolható intarziás takaró, amely kis asztallapként is szolgálhat. A beépített vevő típuszáma Philips 81V, a lemezjátszóé Philiphon de luxe 1939. A lemeztárok két oldalt billenthetők ki (55. kép).

Remélem, hogy kis bemutatóm, amelyet folytatni tervezek, megelégedéssel tölti el a készülékek és műszerek kedvelőit.



55. kép. Philips 939 zeneszekrény (Csizmadia Zsolt gyűjtése)

Irodalom:

1. Rádió készülékek, tartozékok, alkatrészek (Telefongyár R. T. 1926. 3. kiadás)
2. Antonio Maida: Ricevitore MARCONI mod. „Unit System” e „Studio” (Antique Radio Magazine No 86)
3. Guida Pratica Antique Radio (Mosé Edizione kiadása 1999.)
4. Fehér Miklós Gépgyár Rt. Reklámja (Magyar Rádió Amatőr 1926. december)
5. H. Günther: A rádió diadalútja (Pallas kiadás 1924.)
6. Winfried Müller: Telefunken E. 315 – ein Telefunken „E”? (Funkgeschichte Nr. 154)
7. Werner Bösterling: Vom Siemens-Audion Rfe 1 zum Dreiröhren-Empfänger (Funkgeschichte Nr. 179)
8. Címlapkép: Ricevitore per sommergibili (Carlo Pria gyűjtése) (La Scala Parlante 2007. november)
9. Camel Belhancéne: TSF Antique (Mosé Edizioni kiadványa 2001.)
10. Erwin Macho: MATADOR – Detektorapparate (Radiobote 2009. január-február)
11. Kóger László: Egy igazi ritkaság az Ericsson detektoros készülék (Nosztalgia Rádió Hírújság 1998. október)
12. Erwin Macho: RADIOLA Pocket-Detektorapparat (Radiobote 2007. január-február)
13. Kóger László: Ferro Stella Szupeselect (Nosztalgia Rádió Hírújság 2009. március – április)
14. Gallery: Marconi Crystal Radio Set (Antique Radio Magazine No 86)
15. Kóger László: A Telefongyár detektoros készülékei: Champion (Nosztalgia Rádió Hírújság 2003. augusztus)
16. Fabio Courmoz, Alessandro Battocchio: La Radio a Galena (Mosé Edizioni kiadványa 2002.)
17. Címlapkép: Chiappo Felice Radioperfecta (La Scala Parlante 2003. január)
18. Thomas Lebeth: JOSADYN 03 (Radiobote 2006. május-június)
19. Mauro Riello: PHILIPS mod. 2531 (La Scala Parlante 2008. november)
20. Adatlap: MENDE Super-Selektiv (1932) (Funkgeschichte Nr. 156)
21. Roberto Cecchi: S.I.A.R. 4 valvole 1931. (La Scala Parlante 2003. november)
22. Radioricevitore Philips mod. 532 A (La Scala Parlante 2007. január)
23. Uwe Bischoff: Restaurierung eines Zenith Modell 11S474 (Funkgeschichte Nr. 172)
24. Adatlap: Seibt 326 W (1935) (Funkgeschichte Nr. 152)
25. Katalógus: PHONOLA – MODELLO 547 (A.I.R.E. 1997. február)
26. Sipos Gyula: Az EMG története (RT ÉK 1992)
27. Camel Belhancéne: TSF Antique, Hétérodyne „G.M.R” 1922. (Mosé Edizioni kiadványa 2001.)
28. Dr. Falus László: Zelenka László, a rádiótechnika úttörője ... (Hírközlési Múzeumi Alapítvány, Mackensen Kft. 2008.)
29. Magyar Béla: Elektronikus mérőkészülékek a híradástechnikában (Nehézipari Kiadó 1953.)
30. Henning Brandes: Die HEATHKIT-Story (Funkgeschichte Nr. 136)
31. Francesco Ginepra: RCA mod. AR-800, Radiola II (Antique Radio Magazine No 88)
32. Robert Lozier: CROSSLEY RADIO mod. 125 Playtime Junior (Antique Radio Magazine No 88)
33. Jonathan Hill: The Cat's Whisker, 50 Years of Wireless Design (Universal Books Ltd. London 1978.)
34. Allocchio Bacchini 557 (Guida Pratica Antique Radio Mosé Edizioni kiadása 1999.)
35. Vári József: Vefsuper B417 (Nosztalgia Rádió Hírújság 2008. november-december)
36. Selyem Tóth Sándor: Rádiógyárak, rádiógyártás Magyarországon (Rádiók könyve, Ajtósi Dürer Kiadó 2003.)
37. Michael Roggisch: 100 Jahre Telefunken (Funkgeschichte Nr. 149)
38. Katalógus: Philips Musikschrank 2811 (Funkgeschichte Nr. 153)
39. Roberto Cecchi: PHONOLA mod. 568 (La Scala Parlante 2004. november)
40. Kóger László: Philips Koncertszekrény 939 (Nosztalgia Rádió Hírújság 2009. március-április)



GLOBAL FOCUS KFT.

1119 Budapest, Etele út 59-61.

Kézi PC-s oszcilloszkóp
oszcilloszkóp
+ spektrum analizátor
+ 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

Technikatörténet – évszámokban

dr. Fábrián Tibor okl. villamosmérnök

10 éve történt

– A 2000. évi fizikai Nobel-díjat a modern információtechnikát megalapozó eszközök: a heteroátmenetes lézerdíoda, a gyors GaAs tranzisztor és az integrált áramkör (chip) kifejlesztéséért a fehérorosz *Zsoresz I. ALFJOROV* (Zhores I. Alferov; *1930) és a német származású amerikai *Herbert KROEMER* (*1928) fizikus valamint *Jack St. Clair KILBY* (1923–2005) amerikai villamosmérnök kapta.

– Kémiai Nobel-díjjal jutalmazták *Alan J. HEEGER* (*1936) amerikai, *Alan G. MacDIARMID* (1927–2007) új-zélandi származású amerikai, valamint *Hideki SHIRAKAWA* (*1936) japán tudóst az elektromosan vezető polimerek (pl. polianilin) kifejlesztéséért.

– A *Windows2000 (Win2k)* hivatalosan február 17-én, a *Windows Millennium Edition (Windows Me)* pedig szeptember 14-én debütált. A programok különböző verzióihoz már egy évvel korábban hozzá lehetett jutni. A Microsoft 2000–2003 között négy javítócsomagot is kiadott a *Win2k* hiányosságainak „befoltozására”.

– Az év elején indította meg a Westel és a Pannon GSM magyar nyelvű WAP (Wireless Application Protocol) szolgáltatását. Ezzel az internetes tartalmak a mobiltelefonon keresztül is elérhetővé váltak. November-



1. ábra. A PlayStation2 [<http://i3.iofferphoto.com/>]



2. ábra. Az „e-papír” prototípusa (kb. 160 cm², néhány száz pixel; a pixelek meghajtása mátrixba kapcsolt műanyag tranzisztorokkal) [www.eink.com/pr26.html]

től kezdve mindkét szolgáltató hálózata az 1800 MHz-es sávval bővült.

– Május elsejétől kezdve az *m1* műsorát a gerincadók NICAM-sztereó rendszerben sugározzák, így a program az ország 60–70%-án már sztereó hanggal vehető.

– Az év során jelent meg a Sony PlayStation2 játékkonzol. (1. ábra)

– Az egyesült államokbeli New Brunswickban július 26-án elhunyt *John Wilder TUKEY* (*1915) amerikai matematikus. Ő használta elsőként a *bit* (Binary digit) kifejezést, társszerzője volt a gyors Fourier-transzformációs (FFT) algoritmusnak.

– Szeptemberben indult meg hazánkban az UPC Direct műholdas digitális műsorsugárzás.

– Az év során több új processzort fejlesztettek ki. Ezek közül néhány: Intel *Pentium IV*, AMD *Thunderbird*, Sun *UltraSparc III*, IBM *Alpha 21264A*. A P4 csipen létrehozott tranzisztorok (jórészt FET-ek) száma meghaladta a 40 milliót, a vezetékvezetés csík-szélessége 0,18 mikrométer volt. Az 1,4 GHz-es változat kb. 650 dollárba, az 1,5 GHz-es pedig 820 dollárba került.

– Párizsban november 17-én meghalt *Louis Eugene Félix NÉEL* (*1904) francia fizikus. Az 1970. évi Nobel-díjat a mágnesség területén végzett vizsgálataiért és felfedezéseiért kapta.

– Novemberben az amerikai E-Ink Corporation és Lucent Technologies bemutatta az elektronikus papírt (EPD, Electronic Paper Display). A valódi pa-

pír érzetét keltő „e-papír” speciális többrétegű műanyag fólia, amely szendvicsszerkezetbe ágyazottan képpontokat tud eltérő fényvisszaveréssel megjeleníteni. Az írószerkezet a szöveget elektromos képpé alakítja az átlátszó folyadékba szuszpendált festékszemeszék elektrosztatikus polarizálásával: ugyanis a szemeszék egyik oldala sötét, a másik világos. (2. ábra)

– Novemberben a Seagate Technology bejelentette a világ első, 100 GiB-nél nagyobb merevlemez tárolóját, a 180 GiB-os *Barracuda 180*-at. A percnként 7200-at forgó „vincsit” audio-videó alkalmazásokhoz fejlesztették ki.

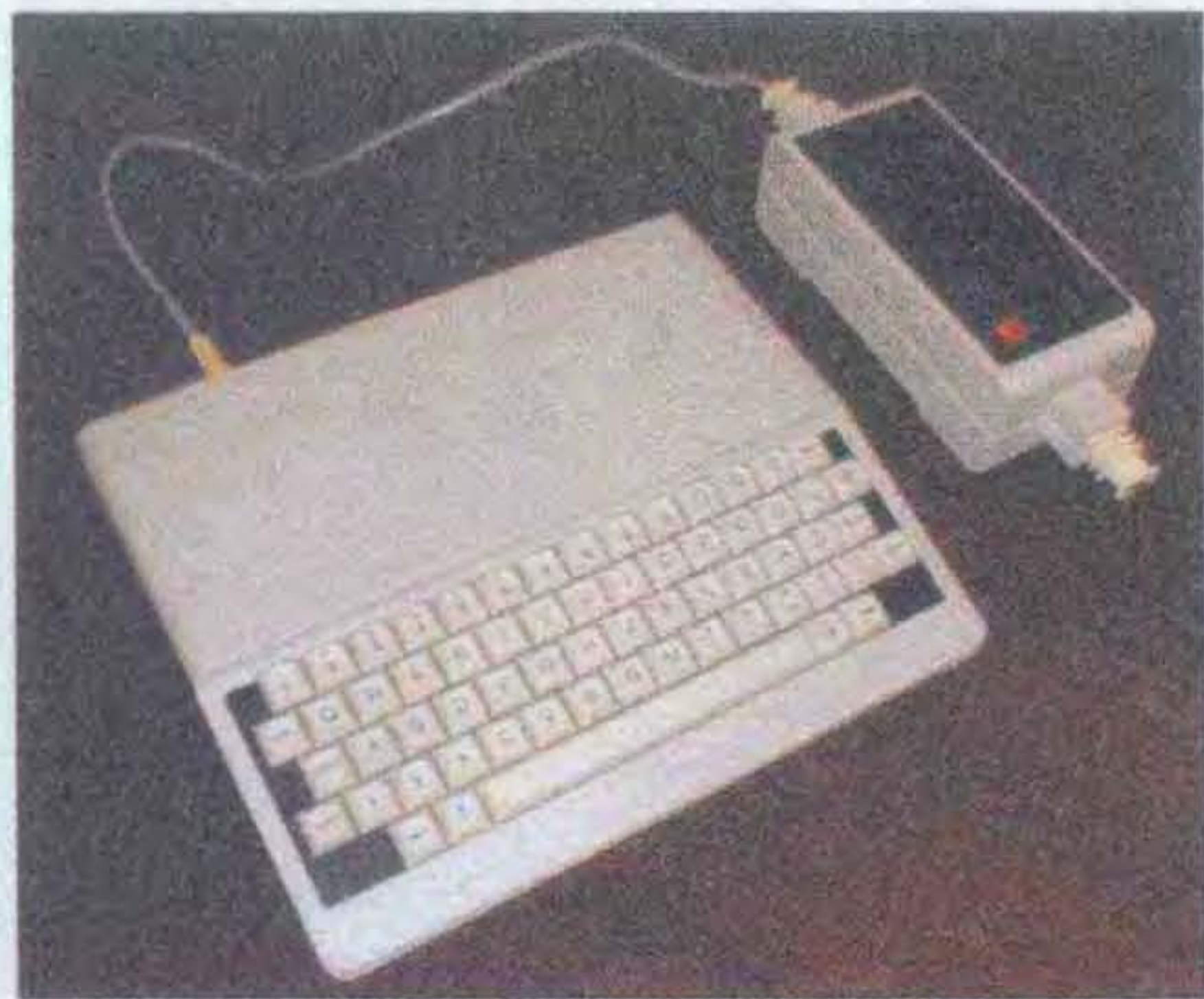
– Novemberben jelent meg a Sharp a világ első kamerás–110 ezer pixeles CCD képbontójú–mobiltelefonjával, a *J-SH04* típusal. A mobil mérete 17×39×127 mm, tömege 74 g. Folyadékkristályos kijelzője 12 soros, 65536 színű; memóriája még csak 200 KiB volt. (3. ábra)

25 éve történt

– Az 1985. évi fizikai Nobel-díjat a kvantum Hall-effektus felfedezéséért



3. ábra. Sharp J-SH04, a világ első kamerás mobiltelefonja [<http://eng.mobiset.ru/catalog/mobile/>]



4. ábra. A *Primo* és tápegysége [http://primo.homeserver.hu/html/]

Klaus von KLITZING (*1943) német fizikus kapta.

– Március 15-én jegyezték be a világ első domain-nevét, a *symbolic.com*-ot. 1985-ben ezen felül még további 5 címet (.edu, .gov, .uk) regisztráltak. (Az első magyar .hu cím regisztrálására csak 1991-ben került sor...)

– 1985-ben Állami-díjban részesült – többek között – SIMONYI Károly „*A fizika kultúrtörténete*” című művéért, TARJÁN Imre kristályfizikai és biofizikai eredményeiért. A díj átadásakor külön hangsúlyozták nevezettek oktatói és tudományos szervezői munkásságát.

– Tavasszal az egykori Múzeumkörúti Keravillban megkezdtek az első Kelet-Európában előállított mikroszámítógép, a Microkey Kft. gyártmányú *Primo* árusítását. Az U880 vagy Z80 processzoros, fóliás billentyűzetű gép ára a RAM-tól függően 11,5...20 ezer forint, a tápegység 4600 forint volt. Monitorként valamilyen hordozható fekete-fehér tévé, program- és adattárolóként kazettás magnetofon szolgált. (4. ábra)

– A májusi Budapesti Nemzetközi Vásáron a Műszertechnika Kisszövetkezet XT-kompatibilis számítógépet mutatott be MXT néven. A gép ára majdnem 1 millió forint volt!

– Európa „nyugati felén” megindulnak a cellás analóg rádiótelefon hálózatok. Az Egyesült Királyságban és Írországban a TACS-900 (Total Access Communications System, 900 MHz) rendszerrel a Vodafon szolgáltat. Franciaországban az RC2000 (*Radio Com 2000*, 200/400 MHz), az NSZK-ban és Ausztriában az NMT-re alapozott C450, Olaszországban az RTMS (Radio Telephone Mobile System, 450 MHz), Hollandiában és Belgiumban pedig az NMT-450 (Nordic Mobile

Telephone, 450 MHz) rendszer működik.

– Júniusban a moszkvai számítógép vásáron bemutatkozott a *Tetris*. A számítógépes játék első változatát Alekszej Pazsitnov mérnök-programozó készítette a Szovjetunió Tudományos Akadémiája Számítógép Központjának „Elektronika-60” típusú számítógépére. Az IBM PC-re a programot – miután megkapta a forráskódot – V. Geraszimov írta át.

– Július 7-én Palo Altóban meghalt PÓLYA György (George Polya, *1887) magyar származású amerikai matematikus, a heurisztika tudományának megalapozója. *A gondolkodás iskolája* és *A problémamegoldás iskolája* c. könyvei több kiadást is megértek.

– November 20-án a Microsoft megkezdte a *Windows 1.0* programcsomag forgalmazását száz dolláros áron. A csomag többek között a Calendar, a Cardfile, a Notepad, a Terminal, a Calculator, a Clock, a Control Panel, a PIF Editor, a Clipboard, a RAMDrive, a Windows Write, a Windows Paint programot tartalmazta. Működéséhez mindössze 320 KiB memóriára volt szükség...

– Az egyesült államokbeli Xilinx cég forgalomba hozta az FPGA-t (Field Programmable Gate Arrays). Az XC2000 sorozatból elsőként az XC2064 típusú logikai cella-hálózat



5. ábra. A *Stratopen Birome*. A brit légierő (RAF) pilótái számára készített golyóstoll hirdetése a *Leoplán* argentin újság 1945. évi számában (Birome = Bíró László és Meyne János nevéből képzett márkanév) [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/]



6. ábra. Az egykori Intervízió monosztrófia [www.postamuseum.hu]

készült el 2 mikrométeres technológiával. A felhasználó által programozható CMOS cella-hálózatban 800 logikai kapu volt, a konfigurációs információt a csipen levő SRAM-ban tárolták. Az első áramkörök 55 dollárba kerültek.

– November 24-én Buenos Airesben elhunyt BÍRÓ László József (Ladislao José Biro, *1899) újságíró, a golyóstoll – az angolszász országokban *biroopen*, a franciáknál *biron* – feltalálóját (5. ábra). E mellett még számtalan találmánya volt. Ezek közül a nevét viselő *birolit*-ot, az infravörös besugárzással készített bakelit-féleséget említjük. Életről, találmányairól részletesen ír *Csendes forradalom – a golyóstoll regénye* c. önéletrajzi művében (Európa Könyvkiadó; Budapest, 1975.)

50 éve történt

– Az 1960. évi fizikai Nobel-díjat Donald A. GLASER (*1926) amerikai fizikus kapta a szubatomi részecskék megfigyelésére alkalmas buborékkamra felfedezéséért. A kémiai Nobel-díj nyertese Willard F. LIBBY (1908–1980) amerikai vegyész. A Libby által kidolgozott ¹⁴C-izotópos (radiokarbon) kormeghatározási módszer 300–20 000 éves leletek korának megállapítását teszi lehetővé kb. ±100 év bizonytalansággal.

– Január elsejével megindult Budapesten, majd Pécsen az URH-FM kísérleti műsor (a későbbi III. program) sugárzása szovjet 2 kW-os adókkal 66,37, ill. 68,69 MHz-en. Budapesten ebben az időben még működött a CCIR sávú kísérleti adó is 89,2 MHz-en.

– A Nemzetközi Rádió és Televízió Szervezet (OIRT) Tanácsának január végén tartott budapesti ülésén – magyar javaslatra – határoztak egy, a televíziós műsorcsere koordináló szervezet létrehozásáról. Májusban Csehszlovákia, Lengyelország, Magyarország és az egykori NDK megalakította – Prága



Az első nyomtatott húzószálú, szuper konstrukciójú televízió készülék. „Csupakép” kivétel, vagyis a kép az egész előlapot elfoglalja. A 190-os altérű, legmodernebb, 53 cm méretű képső, különleges legos készülék szerkesztési írtje lehetővé. A hénylmesebb kezelési céljából az a készülék különböző autómotikus szolgálatokkal rendelkezik a képbállítás és hangolás tekintetében. A készülék 12 csatornás, tehát a Magyarországon használatos összes csatornát be vannak építve. A készülék az ország bármely adóállomásának vételi körzetében kifogástalanul használható.

A beépített 5 db hangszóró egészen kivételes hangminőséget biztosít. A készülék távvezérlés és póthangszóró használatára is alkalmas.

Csatornaszám: 12 CRT
Csatornaváltás: átváltóval
Csövek száma: 18+képső+9 db germinálumdióda +szelvényirányító
Érzékenység: jobb, mint 50 mikrovolt
Hangteljesítmény: 1,8 W
Hangszórók: 1 db permanens dinamikus oval, 2 db kondenzátor hangszóró
Kezelőgombok: előlapon a/ul, oldalt és hátlapon
Hálózati feszültség: 220 V váltóáram
Ára: 7500 Ft

7. ábra. A „csupakép” AT611 korabeli szórólapja

központtal – az *Intervíziót*. A szervezet, megalakulását követően, azonnal megkezdte tárgyalásait az Eurovízióval az augusztusi római olimpia közvetítéseinek átvételéről. (6. ábra)

– Február 20-án ünnepélyesen felavatták az O11. csatornán sugárzó szentesi 20/5 kW-os tévé-nagyadót. Az adóberendezést a francia CSF cég készítette. Augusztus 20-án az Elektromechanikai Vállalat (EMV) által gyártott kékesi 4/0,8 kW-os adót adták át (O8. csatorna). Ugyanekkor avatták fel a tokaji Kopasz-hegyen a Posta Rádióműszaki Hivatal 1/0,25 kW-os adóját, mely az O4. csatornán sugárzott. Ebben az évben vezették be az ötnapos adás-hetet (a szünnap hétfőn és pénteken volt).

– Az ORION megkezdte az AT611 (Budapest) televízió sorozatgyártását. Ennél használtak először nyomtatott áramkört és 110°-os eltérítésű, 53 cm-es képcsövet. A vevő mérete és tömege – annak ellenére, hogy három hangszórót építettek be – a korábbi típusokhoz képest 20...25%-kal csökkent: nem volt szükség a súlyos fakávrára. A tévét 7500 Ft-ért (egy kezdő mérnök több mint fél évi fizetéséért) lehetett – többnyire „pult alól”, kellő kenőpénz ellenében – megvásárolni. (7. ábra)

– Március 4-én Budapesten elhunyt ZELEŃKA László (*1902) gépészmérnök. Az amatőrök körében

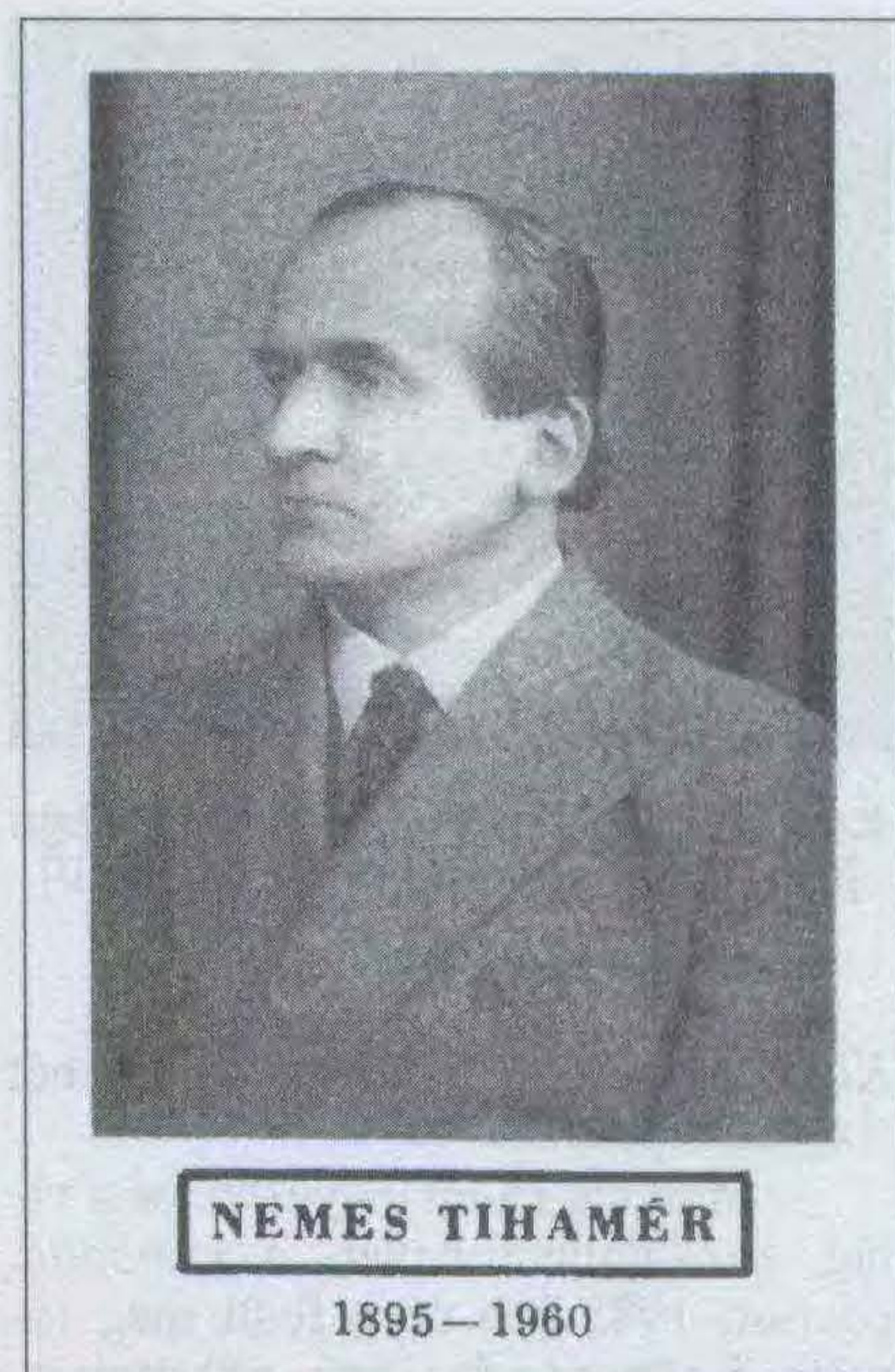
közismert volt cikkei, a műszaki egyetemen tartott előadásai és az általa alapított ZL Rádiólaboratórium tevékenysége alapján. Róla magáról és tevékenységéről részletes cikket írt dr. Falus László a *Rádiótechnika Évkönyve 2002. 4...13. oldalán*.

– Március 30-án Budapesten meghalt NEMES Tihamér (*1895) gépészmérnök. Igazi polihisztor volt: foglalkozott pl. elektromos hangszerekkel, távbeszélő-készülékekkel, logikai gépekkel, beszédírógéppel, járógéppel, fényelektromos vezérléssel. Már 1934-ben, a Kossuth Lajos utcai rádió-kiállításon saját tervezésű és építésű, Nipkow-tárcsás bontású, neonsöves megjelenítőjű „filmkövetítőt” mutatott be. Korábbi munkáinak tapasztalatait felhasználva 1947 májusában a Közlekedési Kiállításon elektronikus futópontos (flying spot) filmbontóval jelentkezett. Ő tervezte és készítette el 1953-ban a Posta Kísérleti Állomáson az ekkor induló magyar tévé 625 soros futópontos filmkövetítőjét. Az 1950-es évek elejétől kezdve a *kibernetika* első hazai művelői közé tartozott. (8. ábra)

– Április elsején felbocsátották az első meteorológiai műholdat, a TIROS-1-et. Augusztus 12-én állították kb. 1600 km magasságú pályára a 30 m átmérőjű ECHO-1 passzív távközlési műholdat. A ballont a meteorizápor és a hőmérsékletingadozás annyira deformálta, hogy jelátvitel csak 1961 májusáig volt lehetséges. Október negyediken indult az első aktív távközlési műhold, a Courier 1B, mely egyenlítői pályán mozgott, pályamagassága 925...1200 km között váltakozott. A tranzistoros, 1,8...1,9 GHz sávon dolgozó adó-vevőket 19 ezer napcelláról és több NiCd akkuról táplálták. A 4 telefon- és 20 telex-csatorna jelét átmenetileg mágnesszalagon tárolták. Az utolsó jelet a műholdról 1960. október 22-én vették.

– Április 24-én Berlinben elhunyt Max Theodor Felix von LAUE (*1879) Nobel-díjas német fizikus, a röntgensugarak kristályrácsokon létrejövő diffrakciójának felfedezője, a szupravezetés elméletének továbbfejlesztője.

– Május 23-án meghalt Georges CLAUDE (*1870) francia mérnök, vegyész, a neongázzal töltött kisülőső feltalálója. Az első 15 lm/W fényhatásfokú neonsövet – egy Cinzano reklámmot – 1910. december 11-én csodálhatták meg a látogatók a párizsi Grand Hotelben tartott bemutatón. A vörös fényű



8. ábra. Nemes Tihamér arcképe posztumusz könyvének, a *Kibernetikai gépek-nek* (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1962.) az 5. oldaláról

cső diadalútját csak mintegy 15 évvel később kezdte meg az Egyesült Államokban.

– Júniusban a pittsburghi félvezetőeszközök kutatói konferenciáján a Bell Laboratories munkatársai: Martin M. ATALLA és Dawon KAHNG bejelentik az első MOSFET előállítását.

– A Bell Laboratóriumban Ali JAVAN, William R. BENNETT és Donald R. HERIOTT elkészítik az első folytonos működésű He-Ne lézert, mely 1152,3 nm-es hullámhosszon, az infravörös tartományban dolgozik.

– Júniusban a Hughes Research Laboratory-nál Theodore H. MAIMAN kísérleti célra megépíti az első szilárdtest (rubin) lézert, mely kisülősőves gerjesztés hatására a látható tartományban, 694,3 nm-en sugároz.

– Július 21-én jött létre az első holdreflexiók kétirányú amatőr rádióösszeköttetés az 1296 MHz-es sávban W6HB (San Carlos, Calif.) és W1BU (Medfield, Mass.) között. Bár a két állomás egymástól légvonalban kb. 4320 km-re volt, az áthidalt távolság 768 ezer km-t tett ki. Mindkét adó 400 W kimenőteljesítménnyel és parabolaantennával dolgozott.

– Az Egyesült Izzó (Tungsram) germánium pnp tranzistor-családot hozott forgalomba: a színüveg tokos OC1070, 1071, 1075 és a fémtokos OC1072, 1076, 1077 típusokat.

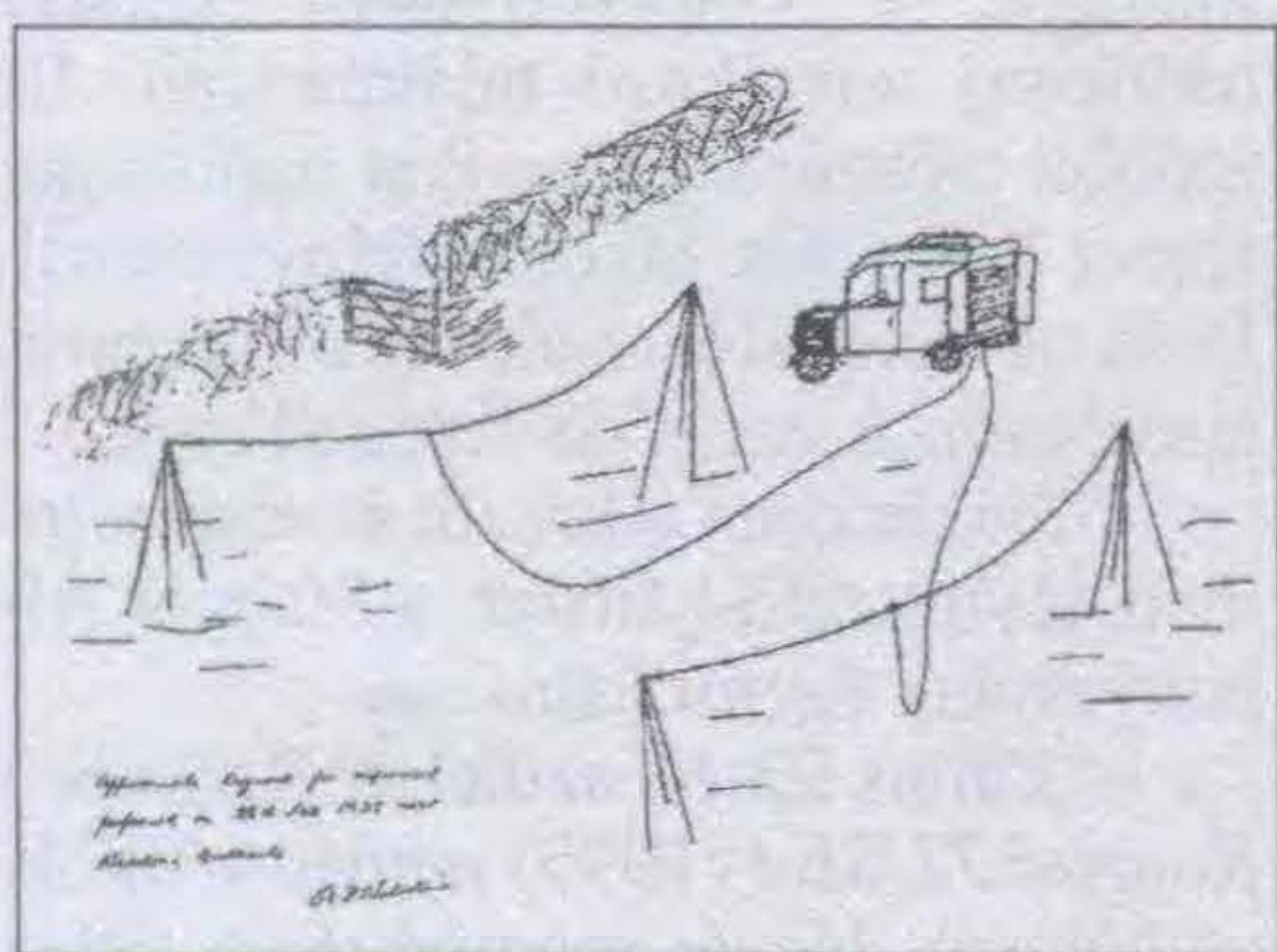
– Októberben, a párizsi XI. Általános Súly- és Mértékügyi Értekezleten elfogadták a Nemzetközi Mértékegységrendszert (SI, *Système International d'Unités*). Hat alapegységet határoztak meg: m, kg, s, A, K, cd (méter-kilogramm-szekundum-ampér-kelvin-kandela), ehhez csak 1971-ben jött hozzá a mol és a két kiegészítő egység, a rad és sr. A métert a kripton 86-os izotópjának vákuumban mért sugárzási hullámhossza alapján definiálták. Ez a méter meghatározás 1983-ig volt érvényben.

75 éve történt

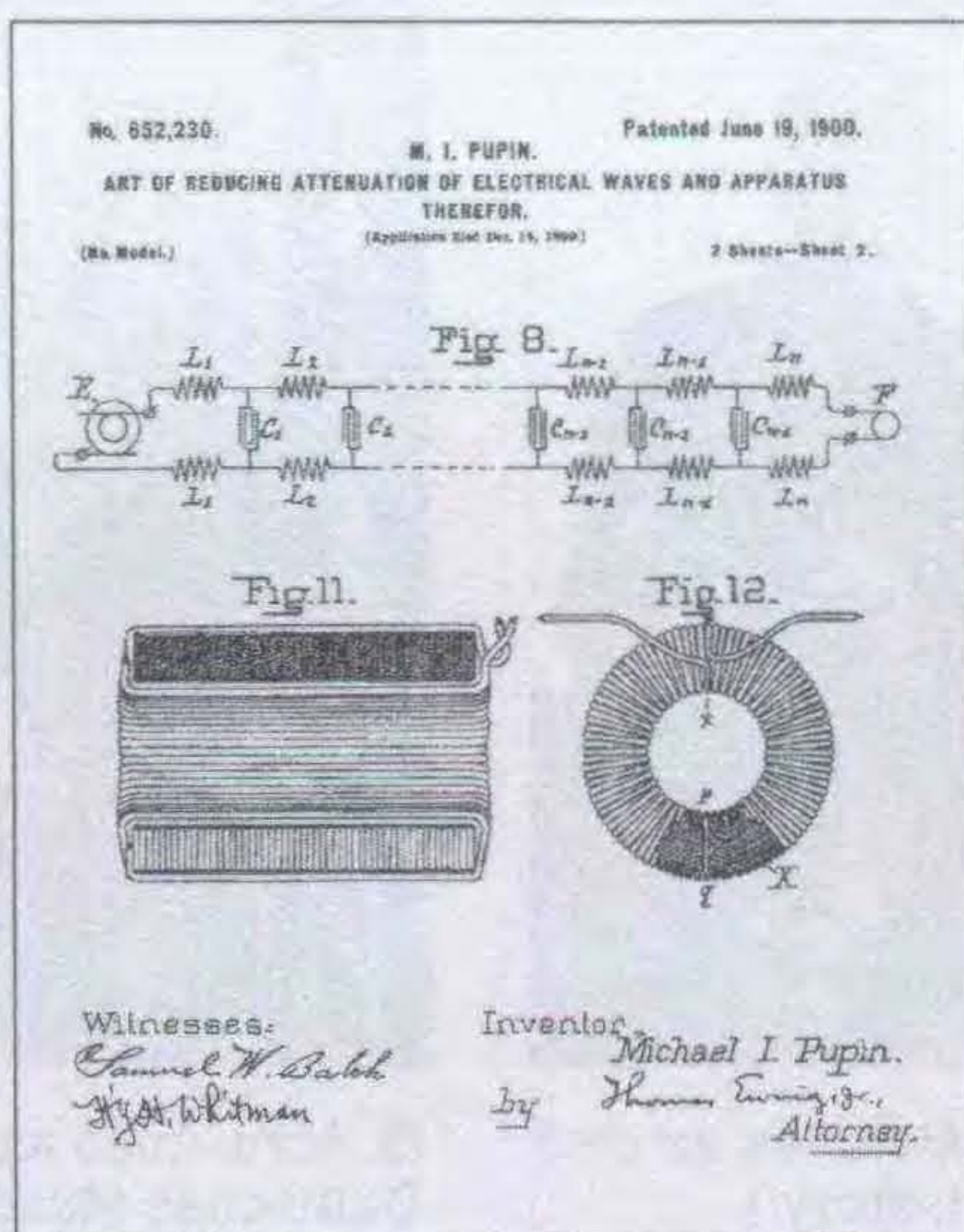
– Az 1935. évi fizikai Nobel-díjat *Sir James CHADWICK* (1891–1974) angol fizikus kapta a neutron felfedezéséért. A kémiai Nobel-díj nyertese az új radioaktív elemeket szintetizáló francia atomfizikus házaspár: *Frédéric* (1900–1958) és *Irène JOLIOT-CURIE* (1897–1956).

– A február huszonhatodik „Davenporty-kísérlet” az angol radar-hálózat („Chain Home”) kialakításának kezdőnapja. E napon tartotta első sikeres bemutatóját Davenporty közelében a Légügyi Minisztérium képviselői előtt *Robert A. WATSON-WATT* és asszisztense, *Arnold WILKINS*. A Wattson-Watt vezetésével fejlesztett *RDF* (*Radio Direction Finding*) berendezés segítségével egy bombázórepülődetektáltak a BBC Davenportyben lévő 49 m-es RH adója segítségével. A mintegy 2 km magasan közeledő gépet kb. 13 km-ről – mintegy öt perccel a felbukkanása előtt – észlelték az egyik közeli falu legelőjén, tehergépkocsin telepített vevő oszcilloszkópján. (9. ábra)

– Március 6-án Budán, a Mészáros utcai MÁV épületben megnyitották a Magyar Műszaki Múzeumot. A múzeum megteremtésében elévülhetetlen ér-



9. ábra. *Wilkins* rajza a kísérleti vevőről [http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_radar alapján]



10. ábra. A „Pupin-tekercs” és a távkábel egyik helyettesítő képe Pupin amerikai szabadalmából

demeket szerzett első igazgatója, *Lósy-Schmidt Ede*, aki maga végezte a gyűjtést, a szervezést, a támogatók felkutatását. (A témáról a *Rádiótechnika Évkönyve 1993-as kötetében* összefoglaló írás jelent meg *Deres István* és *Kozma Gyula* tollából. A szerk.) A múzeumi gyűjteményt 1939-ben elraktározták, majd anyagát 1940-ben Kassára szállították és az – néhány visszaküldött tárgy kivételével – ott is maradt.

– Március 12-én New Yorkban meghalt *Mihailo (Michael) Idvorsky PUPIN* (*1858), az egykori Osztrák-Magyar Monarchia területén élő szerb szülőktől származó amerikai fizikus, feltaláló. A távolsági telefonvonalakon nélkülözhetetlen, azok feltöltődését megakadályozó vasmagos „Pupin-tekerceket”, „Pupin-csévéket” a New York-i Columbia Egyetem villamosmérnöki karának oktatójaként találta fel és szabadalmaztatta. Az első európai pupinozott DM-sodrású távkábel Anglia és Franciaország között fektették le 1910 májusában. (10. ábra)

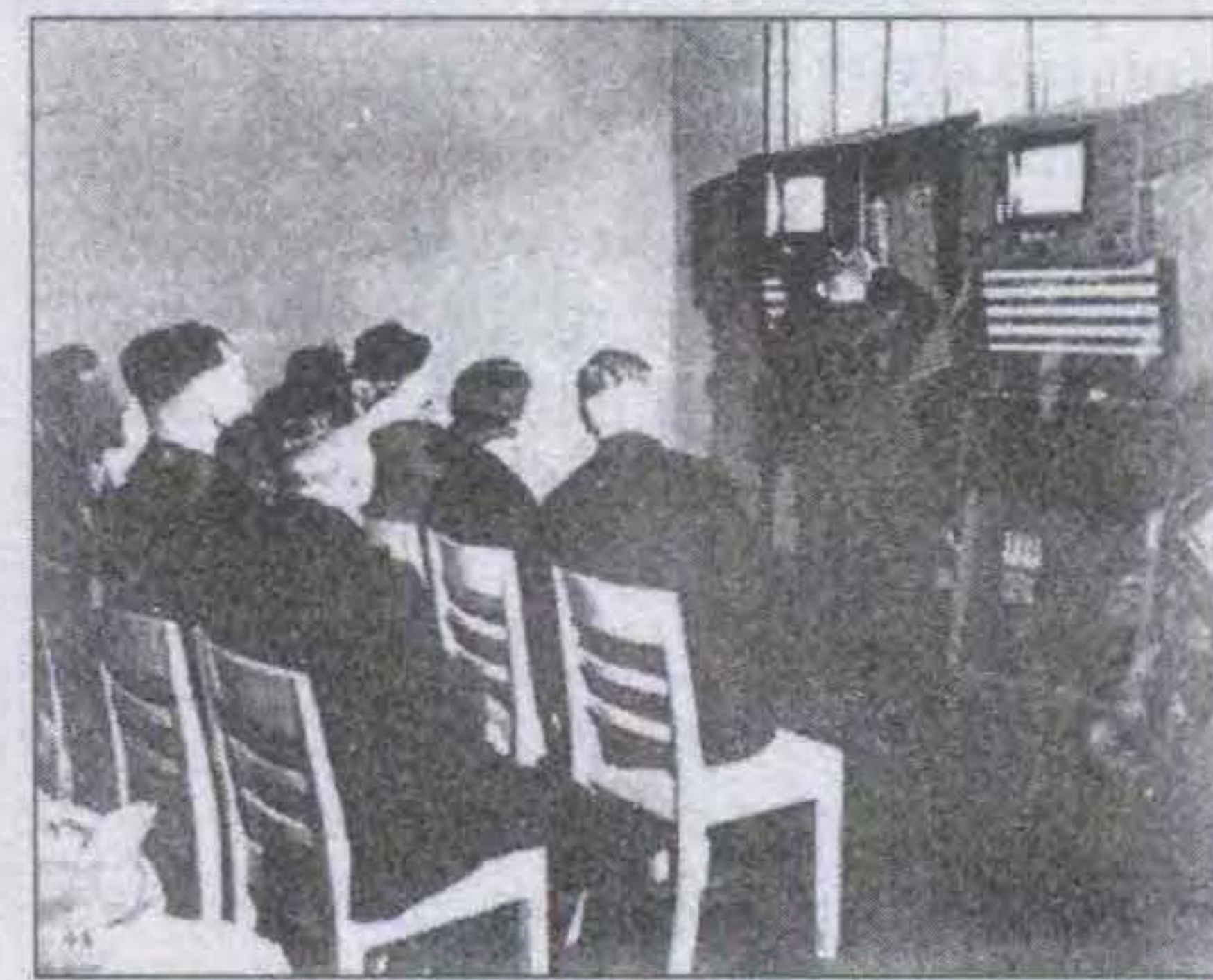
– Március 22-én kezdődött meg a német televízió műsorának rendszeres kísérleti sugárzása Berlin-Witzlebenből, két Telefunken gyártmányú 14 kW-os URH adóval. Az egyik a 180 soros elektronikus bontású AM képet sugározta 44,3 MHz-en, a másik pedig az AM hangot 1 MHz-cel „lejjebb”. 1935 áprilisától az érdeklődők heti három alkalommal ingyen nézhették a hangosfilm-részletekből, művészeket bemutató filmekből, filmhíradóból álló másfél órás esti „élő” műsort. A Német Biro-

dalmi Posta (DRP) a saját tulajdonú képcsöves vagy vetítős tévékészülékeivel ún. „tévészobákat”: 30–40 férőhelyes *Fernsehstube*-kat üzemeltetett. (A tévékészülékek 2500 birodalmi márka körüli ára az átlagpolgár számára megfizethetetlen volt.) (11. ábra)

– Április 25-én történt a világot körbejáró első telefonbeszélgetés New Yorkban: az amerikai telefontársaság elnöke beszélt a távolsági vonalak vezetőjével. Mindketten ugyanazon épületben tartózkodtak, hangjuk mégis kb. 37 ezer km-nyi utat járt be vezetéken és vezeték nélkül, New York, London, Amszterdam, Jáva, San Francisco, New York útvonalon.

– Április 26-án Párizsban megkezdődött a Nipkow-tárcsás, 180 soros bontású képek adása a Posta és Távközlési Minisztérium épületében elhelyezett klimatizált (!) stúdióból. A képet az Eiffel-torony déli lábánál lévő 37,5 MHz-es, 500 W-os (novembertől 2,5 kW-os) adóhoz vitték. A torony tetjén lévő antennákat az adóval 330 m hosszú tápvonal kötötte össze. Még ebben az évben a Radio-Lyon is megkezdte a képek sugárzását hetenként néhány alkalommal a 215 m-es hosszuhullámon. A kép 30 soros bontású volt, másodpercenként 4, ill. 16 2/3 képet sugároztak (ez lett volna az első SSTV?).

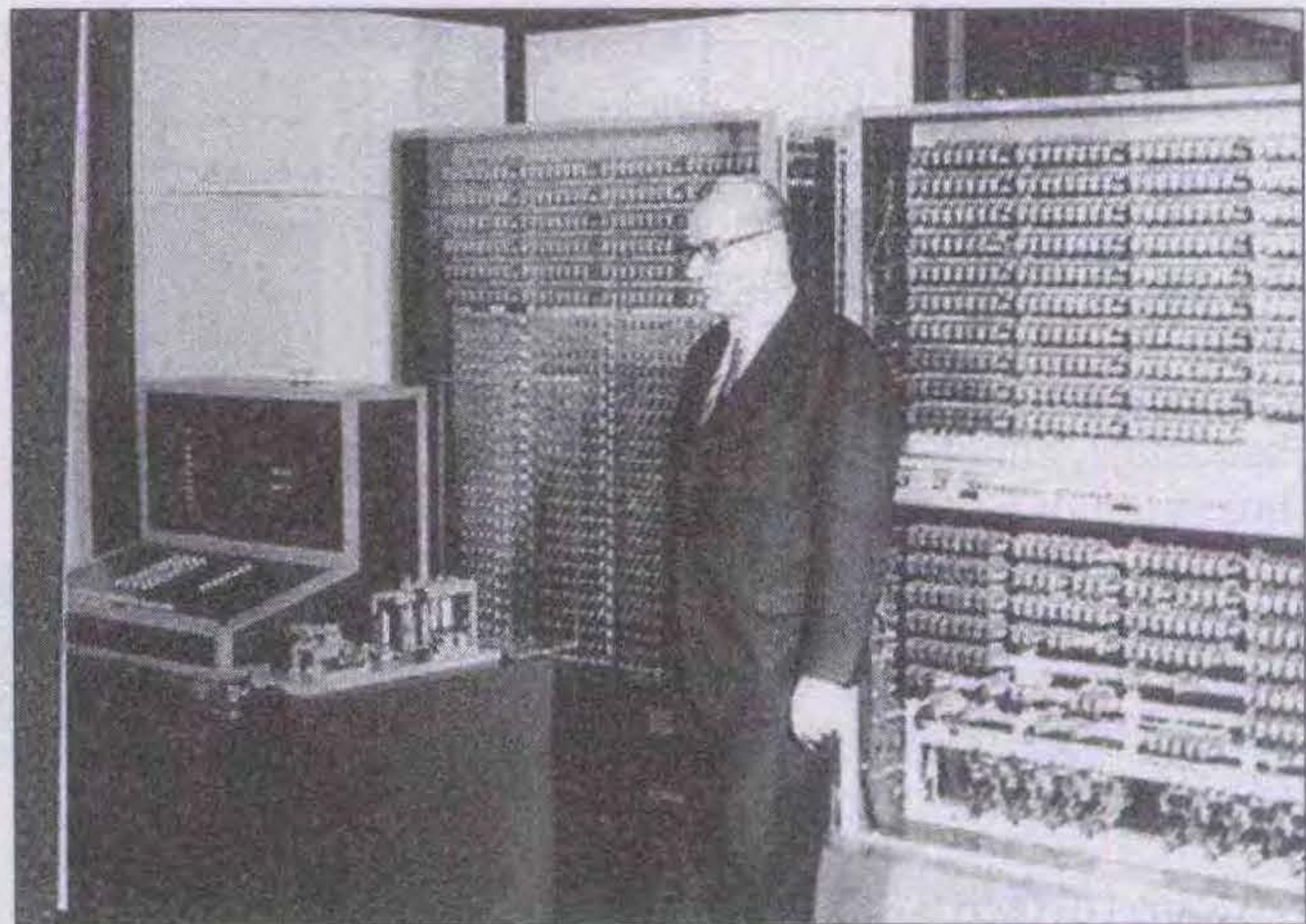
– Az 1935. augusztusi berlini rádiókiállításon mutatták be a nyilvánosságnak az első használható mágnesszalagos hangrögzítő berendezést, az *Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft* (AEG) és a *Badische Anilin und Soda Fabrik* (BASF) együttműködésével készült *Magnetophon KI*-et és a hozzávaló orsós szalagot. A fejlesztéskor még „Ferroton” néven futó készülék három „dobozból”: mechanikából, erősítóből és hangszóróból állt. Az első magneto-



11. ábra. Egy berlini *Fernsehstube* 1935-ben [www.kbitext.de/fernseh.htm]



12. ábra. Pflumer, a magnószalag feltalálója, és az első magnetofon [www.gfu.de/Pages/history/]



13. ábra. Zuse az 1969-ben utánépített Z3-mal a müncheni Deutsches Museumban [http://web.axelero.hu/eszucs7/]

fonokhoz–melyeket a rádióstúdiókban használtak a műsorok előkészítésénél, az élő adások közötti szünetek kitöltésakor – a BASF 50 db 1000 m-es tekercset biztosított. A 30 cm átmérőjű orsón lévő kb. 55 mikrométer vastag, cellulózalapú vasoxidos szalag mintegy 20 perces felvételt tett lehetővé. (12. ábra)

– Edwin H. Armstrong az IRE (Institute of Radio Engineers) ülésén bemutatta a szélessávú frekvenciamodulációs (WBFM) eljárást a 30-40 MHz-es sávban, s az ehhez kidolgozott indirekt modulátoros („Armstrong-modulátoros”) kapcsolást. Ekkor még Armstrong elsődleges célja az új eljárással a légköri zavarok kiküszöbölése volt.

– Oskar Heil német villamosmérnök – a mikrohullámú sebességmodulációs oszcillátor-cső, az „ős-klisztron” társfeltalálója, a hangsugárzóknak (tweeterekben) alkalmazott „légsebesség-transzformátor” (Air Velocity Transformer) kidolgozója – ebben az évben kapott francia, belga, brit szabadalmat tervezérlésű tranzisztor ötletére. Leírása szerint vékony félvezető réteg (pl. réz-oxid, tellúr) áramvezető csatornájának vezetőképességét a félvezető felületén kialakított vezérlőelektródával, azaz elektrosztatikus térrel kívánta vezérelni. Ötlet szinten maradt elképzelését csak évtizedekkel később valósították meg.

– December elsején hangzik el a Magyar Rádióban a „Szívküldi” első adása. A Mézeskalács c. operett egyik dalára utaló „Szívküldi” rádiós kívánságműsor volt. Egy bizonyos összeg ellenében – az 1930-as évek közepén 5 pengőért – nótákat, dalokat lehetett egy adott névre, címre és időpontra rendel-

ni (levélben), s azt az élő adásban elhúztatni, elénekeltetni. A nótákat a rendelés sorrendjében tűzték műsorra. Külön értesítették a megrendelőt, valamint azt a személyt, akinek a nóta szólt, hogy mikor lesz az adás. (Ehhez hasonló a mai „Önök kérték” tévé-műsor.)

100 éve történt

– Az ez évi fizikai Nobel-díjat „a gázok és folyadékok állapotegyenletével kapcsolatos munkájáért” Johannes Diderik VAN DER WAALS (1837–1923) holland fizikus kapta.

– Február 10-én Londonban született William Bradford SHOCKLEY (†1989), Nobel-díjas amerikai fizikus, a germánium tús tranzisztor egyik feltalálója, a zárórteges tervezérlésű tranzisztor és a négyrétegű dióda elméletének kidolgozója. A pn átmenet feszültség- és áramviszonyainak elméleti leírását is tartalmazó 1948. június 26-i találmányi bejelentésében (Circuit Element Utilizing Semiconductive Material) elsőként javasolta félvezető rétegstruktúrák – azaz integrált áramkörök – kialakítását.

– Február 23-án elhunyt Amos Emerson DOLBEAR (*1837) amerikai professzor. Bár számtalan találmánya volt a távközlés szinte minden területén (pl. „beszélő távíró”, drótmentes indukciós távíró, elektrosztatikus telefon), nevét mégis az 1897-es *The Cricket as a Thermometer* (A tücsök mint hőmérő) c. cikke tette ismertté. Leírta, hogy a tücsök ciripelésének ritmusa és a külső hőmérséklet között egzakt összefüggés van, s ez a következőképpen fejezhető ki: $T = 50 + (n - 40)/4$, ahol T a hőmérséklet (°F), n a percen-

kénti ciripelésszám. A képlet mint Dolbear-törvény vált ismertté.

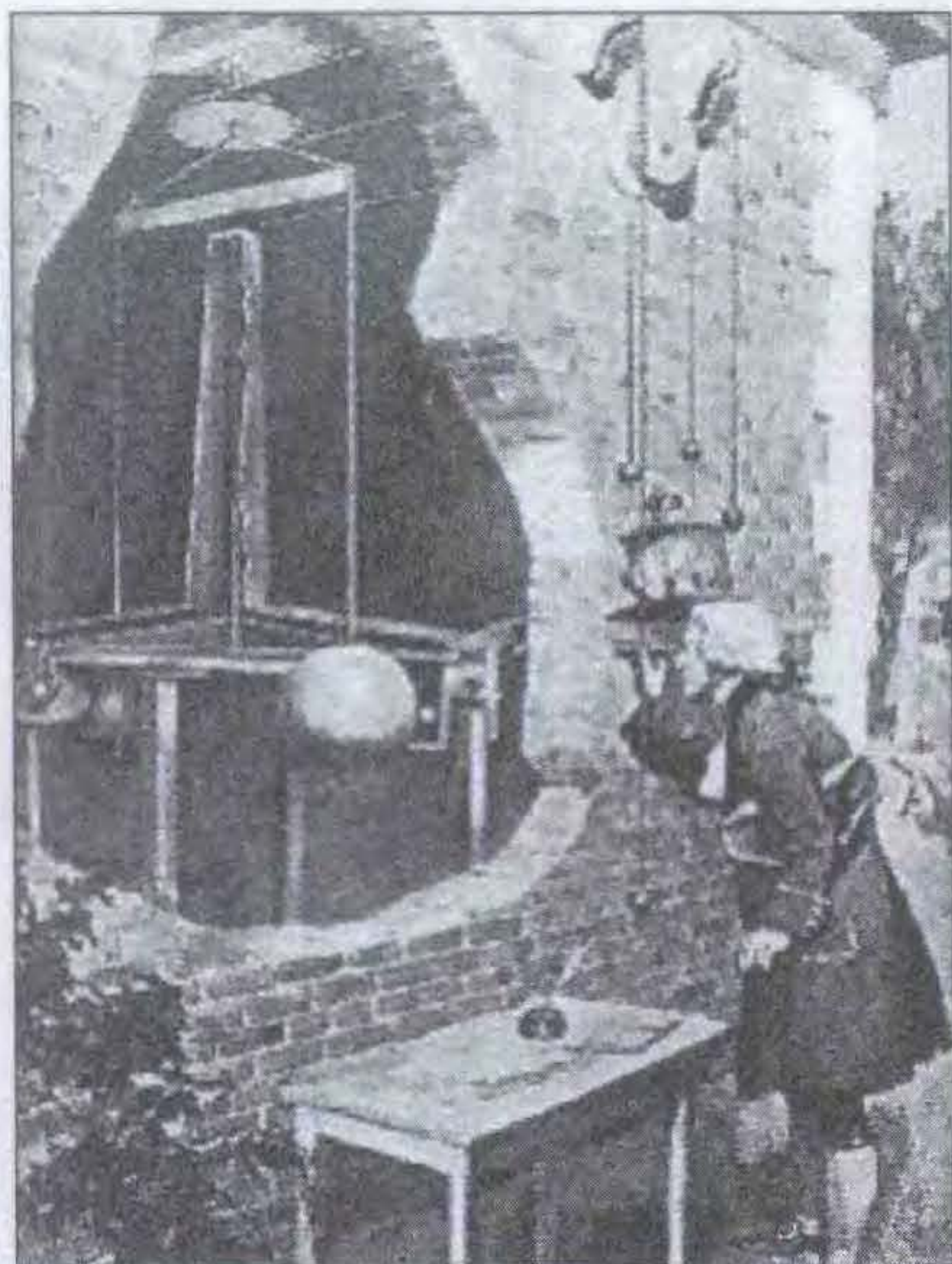
– Március 27-én az Iowa állambeli Des Moines helységben született John Robinson PIERCE (†2002) amerikai villamosmérnök, az elektrosztatikus fókuszálású elektronsokszorozó, a nagyáramú elektronágyú („Pierce-ágyú”) megalkotója, a tranzisztor „keresztapja”. A Bell Laboratóriumban haladóhullámú csövek, impulzusmodulációs eljárások fejlesztésén dolgozott, ő volt a *Telstar I* aktív távközlési műhold kommunikációs rendszerének tervezője. Mintegy 20 sci-fit írt J. J. Coupling álnév alatt.

– Párizsban az Eiffel-toronyban felszerelt rádióadó segítségével megkezdik a pontos idő és időjárás-jelentés sugárzását a hajók számára. Az adó fontos szerepet játszott a hajók pozíciójának meghatározásában.

– Március 30-án született New Yorkban Albert ROSE (†1990) amerikai fizikus. 1937–38-ban jelentette be a lassú elektronsugaras letapogatású képbontócsőre, az ortikonra, majd 1942-ben ennek továbbfejlesztett változatára, a szuperortikonra (image orthicon) vonatkozó találmányait. Ez utóbbit először az amerikai haditengerészet használta rakéták irányításánál. Rose társfeltalálója volt a katódsugaras tárolócsőnek és a CdS fotocellának.

– Hazánkban elkészül az első automata távbeszélő-hálózat: a Magyar Államvasutak üzemi hálózata.

– Június 22-én született Berlinben Konrad ZUSE (†1995) német mérnök, vállalkozó. Nevét számítógépei tették ismertté, bár már 1933-ban áruházi pénzváltó automatát, „zöld hullámot” biztosító közlekedési irányítórendszert



14. ábra. Cavendish „laboratóriumában”, a gravitációs állandó mérése közben [www.geocities.com/neveyaakov/electro_science/]

is épített. Szülei házában megtervezte és megépítette az első bináris, szabadon programozható mechanikus számoló-automatát, a Z1-et (1936-8). A Z2 ugyan mechanikus tárolású, de már jelfogós aritmetikájú volt (1939-40). A világ első jól működő, programvezérlésű, kettes számrendszerben dolgozó elektromechanikus számítógépe, a Z3, 1941-ben készült el (13. ábra). Tárolóegysége 1400...1600, aritmetikai egysége 400...600 reléből állt, a programot lyukasztott mozifilm hordozta. A világháború alatt épített és a háború pusztításától megmenekített Z4 jelfogós gépét a zürichi Műszaki Egyetemen helyezte üzembe 1950-ben. Ez volt akkoriban a kontinens egyetlen számítógépe.

200 éve történt

– Január 23-án Münchenben meghalt *Johann Wilhelm RITTER* (*1776) német autodidakta fizikus, kémikus. Felállította a fémek galvánpotenciál-sorát, megállapította, hogy a fémek galvanikus hatékonyság szerinti sorozata egybeesik a hidrogéntől kiinduló kémiai affinitási sorozattal. Herschel és Scheele megfigyelései alapján felfedezte az ultraibolya sugárzást. 1802-ben definiálta az áramerősséget és eljutott a ma Ohm-törvényként ismert összefüggés kimondásához. A törvényszerűséget – mivel csak árammal alig terhelhető Volta-oszlop állt rendelkezésre – nem tudta mérésekkel ellenőrizni.

– Február 16-án a York grófsági Riponban született *William FARDELY* (†1869) angol származású német autodidakta mérnök. 1844-ben mutatós vasúti távirót szerkesztett, melyet előbb a Wiesbaden és Mainz közötti 9 km-es szakaszon, később a „Taunusbahn” teljes hosszán (Frankfurt/Main–Grävenwiesbach) alkalmaztak. Az egyvezetékes, föld-visszavezetéses távirónál a választótárcsán lévő betűsor megfelelő betűjére kellett a mutatót állítani, és a vevőoldalon az áramimpulzusok vétele után az elektromágneses vevőkészülék mutatója a táviratozni kívánt betűre állt.

– Február 24-én Londonban elhunyt *Henry CAVENDISH* (*1731) angol természettudós. 1766-ban elsőként különítette el a hidrogént és írta le tulajdonságait. Felfedezte a víz összetételét, kísérleti úton bizonyította, hogy hidrogén és oxigén keverékéből villamos szikra hatására víz keletkezik. Feltalálta a torziós mérleget, melynek segítségével eljutott a „két pontszerű töltés közötti erőhatás a közöttük lévő távolság négyzetének reciprokával arányos” törvény (a későbbi Coulomb-törvény) felismeréshez. Bevezette a vezető „elektromozottsági foka” (degree of electrification) fogalmát, melyet ma elektromos potenciálnak mondunk. Torziós mérlegével megmérte a gravitációs állandót, meghatározta a Föld sűrűségét. Munkáit – halála után majd 80 évvel később – J. C. Maxwell hozta nyilvánosságra. (14. ábra)

– Augusztus 20-án a Bács vármegyei Kiskéren született *GRUBY Dávid* (†1898) magyar származású francia orvos, a mikroszkópos fényképezés feltalálója. A hazai szakirodalomban *A kóros elváltozások mikroszkópos megfigyelései* (1840) c. latin nyelvű könyve volt az első, magyar szerzőtől származó mikroszkópos technikával foglalkozó mű. Saját szerkesztésű mikroszkópjával először neki sikerült mikrofontókat készítenie. Hagyatékában mintegy 15 ezer mikroszkópos készítményt, fényképlisét találtak.

300 éve történt

– Szeptember 22-én Lipcsében született *Georg Matthias BOSE* (†1761) német fizikus. Elsősorban az elektrosztatikával kapcsolatos kísérletei révén vált ismertté. Az 1744-ben megjelent *Tentamina electrica* című könyvében a környezetétől elszigetelt emberi test elektromozásáról írt. Egy időben a tár-



15. ábra. Römer portréja [www.runde-taarn.dk/dansk/observatorium/]

sasági élet szenzációja volt a Bose-féle „elektromos csók”, amikor is a vendégségbe érkező személyeket egy csinos hölgy nem akármilyen csókkal üdvözölte. A háttérben egy Bose által készített üveggolyós, kézzel dörzsölt influenza-gép működött. A töltéseket finom csíkokra vágott fémlemezek segítségével „elszívták” és selyemzsinórra függesztett bádogcsövön összegyűjtve vezették a szigetelőn álló hölgyhöz. A csók hatása „megrázó” volt.

– Szeptember 19-én Koppenhágában meghalt *Olaf RÖMER* (Ole Rømer, Olaus Roemer) dán csillagász (*1644) (15. ábra). 1676-ban egy francia szakfolyóiratban elsőként írta le, hogy a fény véges terjedési sebességű. Számításait a Jupiter-holdak keringési idejében mutatkozó szabálytalanságokra: a holdfogyatkozások idejének késésére alapozta. Elődei, pl. Porta, Kepler, Descartes még azt tanították, hogy a fény végtelenül gyorsan terjed.

– 1710 körül a német származású, de Párizsban élő *Jakob Christoph Le BLON* (1667–1741) festő és rézmetsző feltalálta a háromszín-nyomást: kék, sárga és vörös festékekkel bekent nyomólemezeket alkalmazott. 1732 után fekete festékes lemezzel négyszín-nyomatokat is készített.

(E visszatekintés az 1992-es évkönyvünkben megkezdett, azonos című „sorozat” folytatásának is tekinthető. A szövegben *-gal a születési, †-tel a halálozási évet jelöltük. A szerk.)

Szilíciumdetektoros sugárzásmérő műszer

Simoncsics László

okl. villamosmérnök,

simoncsics.laszlo@t-online.hu

Ha a szilíciumdetektorokat összehasonlítjuk a fémfalú gázionizációs detektorokkal, akkor a következő hátrányokat tapasztaljuk: kis érzékenység, a zaj hőfokfüggése, az érzékenység függése a gammasugárzás energiájától. Az [1]-ben megvizsgáltuk ezeknek a hátrányos tulajdonságoknak az okait, a [2]-ben az előbbinél célszerűbb kapcsolástechnikájú, érzékenyebb indikátort mutatunk be. A következőkben egy olyan nukleáris műszer építési leírását közöljük, amelynél részben kompenzáltuk a jelzett hátrányokat.

Bevezetés

A rendszerváltás előtt jelentős nukleáris műszerfejlesztés és -gyártás volt Magyarországon. A teljesség igénye nélkül a következő felsorolás bemutatja a fontosabb fejlesztő- és gyártóhelyeket: EMG, Gamma Művek, Mecseki Ércbányászati Vállalat (Uránbánya), VILATI, KFKI, Videoton Fejlesztési Intézet, MIKI (Műszeripari Kutatóintézet), ATOMKI (Debrecen), különböző egyetemi tanszékek és kutatóhelyek stb. [3]. A rendszerváltással ezeket – a Gamma kivételével, amely most GAMMA Műszaki Zrt. néven tevékenykedik – felszámolták. Így megszűnt az addigi detektor-, műszergyártás és képzés, a szakemberek szétszóródtak, külföldre mentek dolgozni, nukleáris elektronika témakörével foglalkozó szakkönyveket a könyvkiadók nem adtak ki. Hatalmas űr keletkezett ezen a területen. Ez az oka, hogy annyi sületlenség hangzik el a médiában az atomenergia alkalmazásával és a különféle elektromágneses sugárzások ártalmasságával kapcsolatban. A szak-

emberek ritkán kapnak fórumot, hogy kifejthessék álláspontjukat ezekben a kérdésekben.

Egyetlen mérőberendezés használata elé nem gördítenek az előírások annyi akadályt, mint a radioaktív sugárzásmérők elé, pedig lehetővé kellene tenni, hogy bárki, aki igényli, megkötöttség nélkül mérhessen. Nem kell ahhoz szakembernek lenni, érteni a berendezés felépítéséhez, hiszen az óra szerkezetével sem kell tisztában lennie annak, aki leolvassa a pontos időt.

Bárki, aki mérni akar, legyen hivatalos szerv, zöld szervezet, magánszemély, kénytelen drága importberendezést vásárolni, amelyik OMH típusvizsgálaton és rendszeres időszakos kalibráción esett át.

Az előző évkönyvben ismertetett szilíciumdetektoros sugárzásérzékelővel kapcsolatos érdeklődés jogositott fel, hogy folytassuk ezt a témát egy olyan, analóg kijelzővel ellátott műszer ismertetésével, amelynek megnövelt érzékenysége, kompenzált energiafüggése van, anélkül, hogy a zaj és ezáltal az alsó energiaküszöb megnövekednék. Az előbb ismertetett okok miatt a műszer kijelzése cps, vagyis másodper-

cenkénti impulzusszám, így elkerülhető a drága hitelesítési procedúra, viszont hatósági mérésekre nem alkalmas. Amennyiben a felhasználó ismeri a háttérnél mutatott cps értéket, a különböző okokból megnőtt impulzusszámot is tudja értékelni.

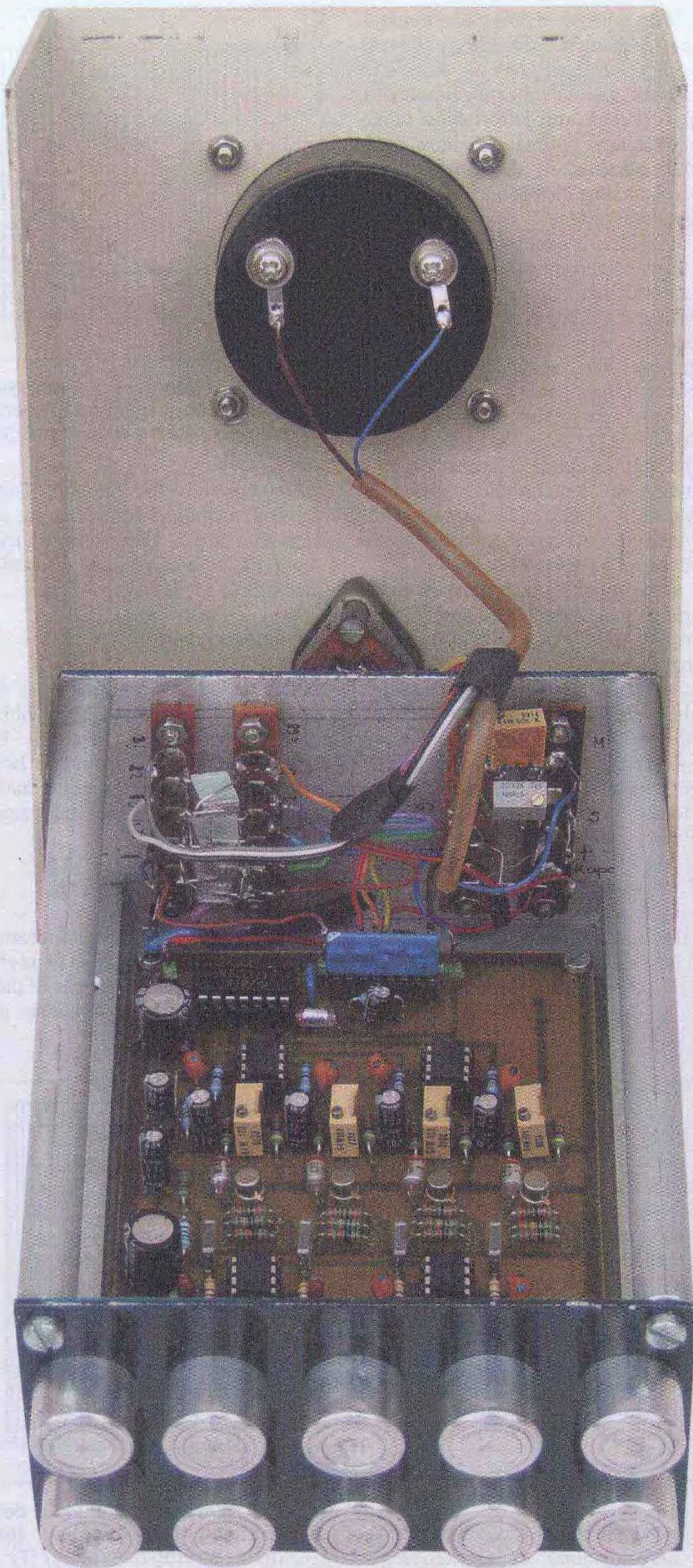
Rövid elmélet

Ebben a fejezetben – a képletek lehetőség szerinti mellőzésével – kibővítjük az [1]-ben az izotóptechnikai és mérés-technikai alapfogalmak tárgykörében közölt ismereteket azokkal a fogalmakkal, amelyek a műszer működésének megértéséhez szükségesek. Mivel műszerünket főleg gammasugárzás mérésére használjuk, a továbbiakban csak ezzel a témakörrel foglalkozunk, bár nagyenergiájú β -részecskék (^{90}Sr – ^{90}Y) szintén érzékelhetők.

Érzékenység és energiafüggés

A sugárzás és az anyag kölcsönhatása során a gamma vagy röntgen foton energiáját részben vagy teljesen leadja a detektor érzékeny tartományában. Mivel a gammasugárzás nagy áthatoló-





képességű, a fotonok nagyon kis hányada lép kölcsönhatásba a szilícium lapkában kialakított intrinsic réteggel (a ^{137}Cs energiájánál a kvantumhatásfok 1% alatt van; [4]). A kölcsönhatás valószínűsége függ a sugárzás energiájától a detektor anyagának rendszámától és vastagságától.

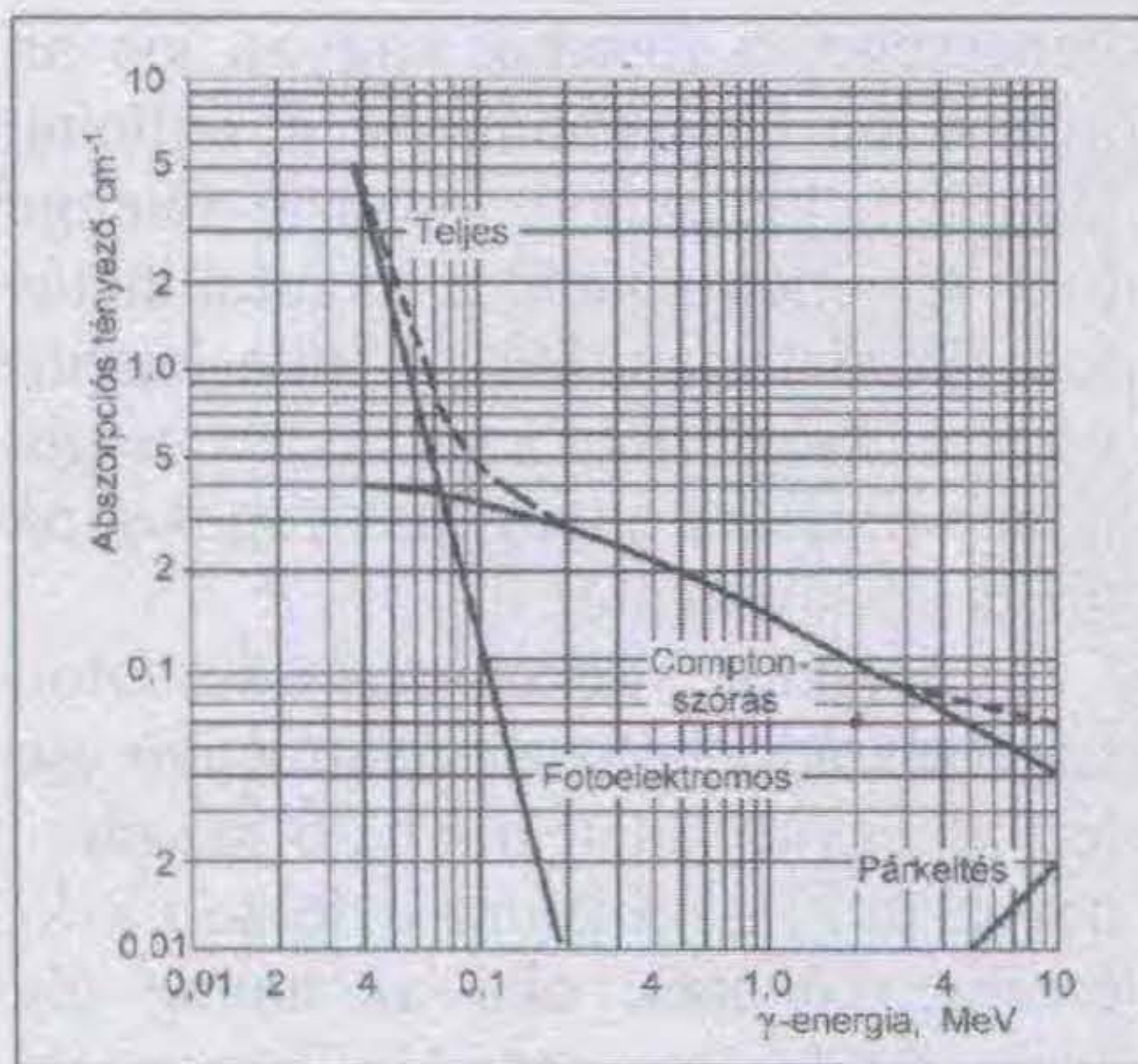
A detektor érzékenységnek a foton-sugárzás adott dózisteljesítménye esetén időegység alatt mérhető jelszámot nevezzük. A szilícium detektorok kis érzékenységének oka az anyag alacsony rendszáma, ezen kívül a mért jelszám erősen függ a diszkriminációs szinttől, mert annak növelésével sok kis amplitúdójú jelet vágunk le. Ezért az érzékenység megadásánál nem csak a gammaforrás milyenségét (a legtöbbször ^{137}Cs), hanem a diszkriminációs szintet is meg kell adnunk keV-ban (energia egységben). A felhasznált detektor érzékenysége 5...8 cps, 10 μSv dózisteljesítmény, 50 keV-os diszkriminációs szint mellett, ^{137}Cs forrással mérve. Amennyiben a küszöbértéket 100 keV-ra növeljük, az érzékenység az előbbi érték felére-harmadára csökken. Összehasonlításként: hasonló körülmények között egy közepes méretű GM-cső, a Philips ZP 1200 jelzésű 30 cps, a Bitt Technology által gyártott, NPDG 02 típusú nagyméretű proporcionális számláló 300 cps érzékenységű.

Az érzékenység a szilíciumdetektor méretével együtt növelhető lenne, de a visszaram emelkedése miatt ez az út nem járható, mert a zajszint is emelkedik, így a diszkriminációs szintet is növelni kell, ami viszont impulzusszám csökkenést okoz.

Az érzékenység energiafüggésével kapcsolatban vizsgálták a gammasugárzás abszorpcióját szilíciumban az előző részben ismertetett háromféle kölcsönhatás szerint (1. ábra). A fotoelektromos kölcsönhatás (emlékeztetőül: teljes energiaátadás) 100 keV energia alatt dominál, ez fölött a Compton szórás (részleges energiaátadás) a mérvadó. A párkeltés olyan nagy energiáknál lép fel, hogy nem kell ezzel a jelenséggel számolnunk [5].

Ennek ismeretében már felrajzolható az érzékenység elméleti energiafüggése (2. ábra), amelyet méréssel is ellenőrizhetünk, alacsony energiákon megfelelően szűrőzött röntgen berendezéssel, magasabb energiákon monoenergetikus gamma-forrásokkal [6].

Az energiamenetben tapasztalható „bemélyedés” abból adódik, hogy a foto kölcsönhatás valószínűsége 100 keV

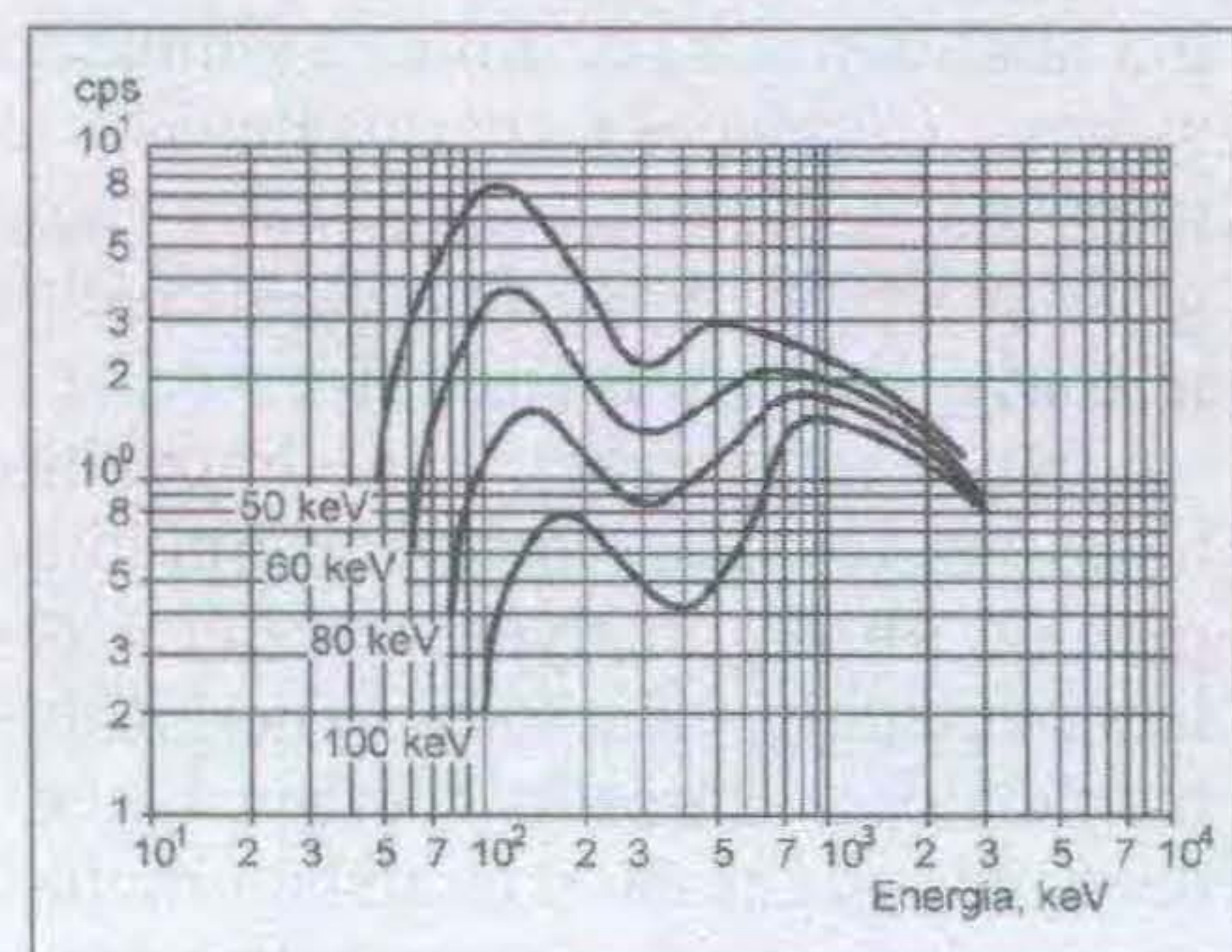


1. ábra. A gamma-kölcsönhatás módja és valószínűsége Si detektorok esetén [5]

feletti tartományban már jelentősen esik, de a Compton szórásé még alacsony. Az energia függvényében ennek helye és „mélysége” a diszkriminációs szinttel változik. A különleges energiamenet az oka, hogy a GM-csőveknél szokásos energiaszűrőket, amelyek alacsony energiánál csökkentik az érzékenységet, a szilícium detektoroknál önmagukban nem alkalmazhatjuk.

A detektor visszárama és a zaj

A detektor zaját annak kapacitása és visszárama szabja meg. A zajszintet nem határozhatjuk meg a jelformáló elektronikától függetlenül, mert annak optimuma van a jelformálási időállandó függvényében. A 3. ábrán látható görbék mutatják, hogy kisebb kapacitású és nagyobb visszáramú detektorokhoz rövidebb, míg nagyobb kapacitású és kisebb visszáramú detektorokhoz hosszabb jelformálási időállandót kell választani. A nem hűtött detektoroknál pedig figyelembe kell vennünk, hogy magasabb környezeti hőmérsékleten a visszáram növekszik. Nagyobb mennyiségű S-1 típusú detektor visszáramának



2. ábra. A szilíciumdetektorok érzékenységének energiafüggése (paraméter a diszkriminációs szint) [6]

80 V-on történő mérése azt mutatja, hogy 25 °C-on a szórásközép 200 nA-re, 50 °C-on 2 μA-re esik. Ennek figyelembe vételével megállapítható, hogy 0,1 μs körüli jelformálási időállandó lenne az optimális. Sajnos, az általunk alkalmazott detektorfeszültségen és analóg elektronikával ez nem valósítható meg.

A zajfeszültséget az analóg elektronika kimenetén megadhatjuk mV-ban, de ez csak akkor mond valamit, ha ismerjük a jelfeldolgozó elektronika erősítését. Ezért praktikus, ha a zajfeszültséget energiaegységben: keV-ban adjuk meg. Ehhez lemérjük egy alacsony, de ismert energiájú sugárforrás (pl. ⁵⁷Co, $E = 122$ keV) által keltett jelek nagyságát, és ebből határozzuk meg a legnagyobb zajamplitúdó mértékét keV-ban. A diszkriminációs szint értékét energia egységben szintén ezzel a módszerrel határozzuk meg.

A zaj meghatározása másik módszerének megértéséhez valamelyest ismernünk kell a gamma-spektroszkópia alapjait (ennek leírása meghaladná ennek a cikknek a terjedelmét). Fogadjuk el, hogy spektrometriai méréseknél az adott sugárforrás foto-kölcsönhatásából származó csúcs felénél mért szélességét, az ún. félértékszélességet (angol rövidítése: FWHM) határozzák meg szintén energiaegységben, mert a fotocsúcs kiszélesedését a zaj okozza. A 3. ábrán a zaj értékét ezen a módon adjuk meg. A kétféle zajérték egymásba átszámítható (mindkét egység keV-ban értendő):

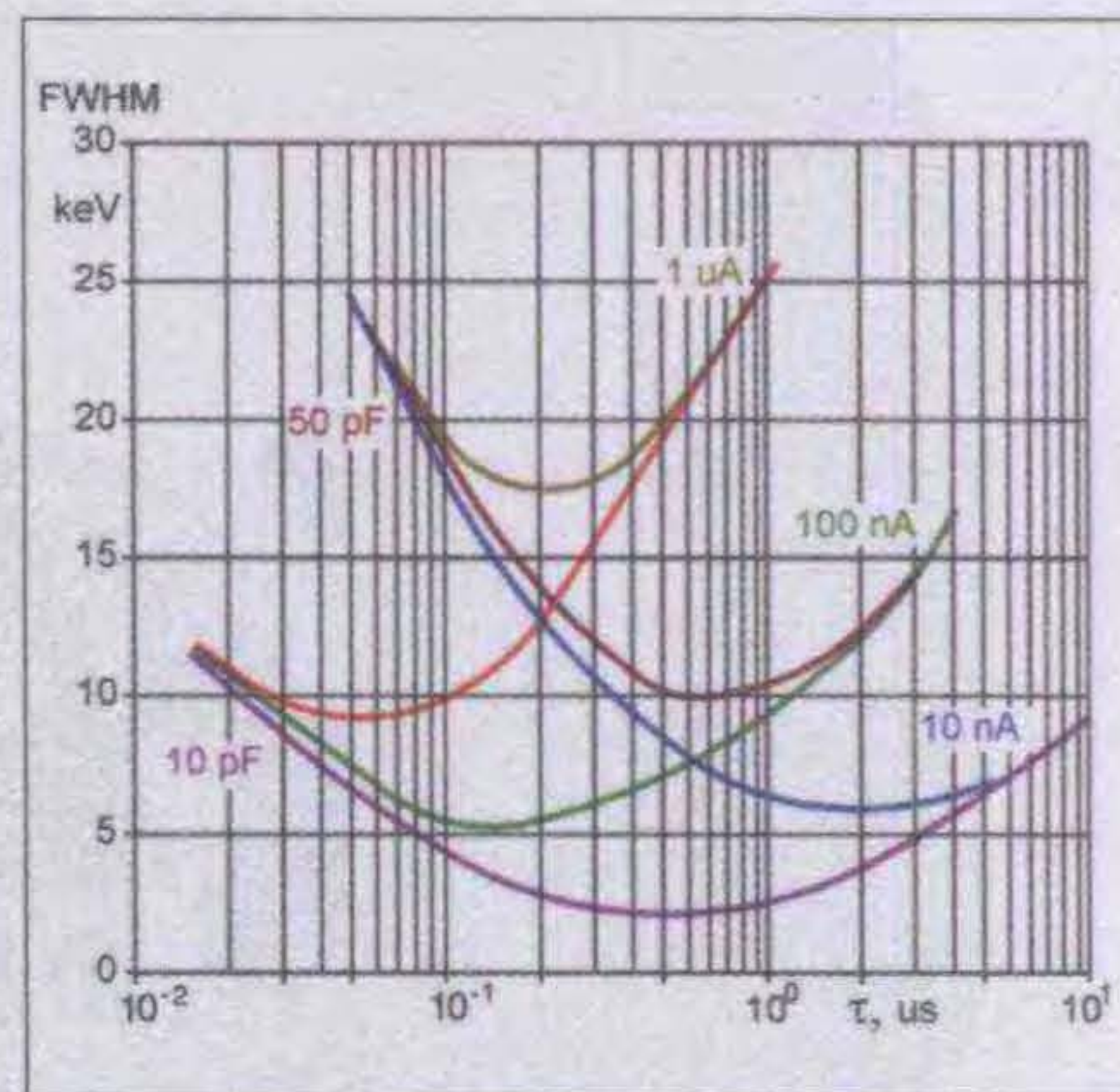
$$U_z = 3,5 \cdot \text{FWHM.}$$

Töltéskigyűjtési idő

Még egy adatra van szükségünk a jelfeldolgozó elektronika tervezéséhez. A 4. ábrán közölt diagram segítségével meghatározhatjuk, hogy az adott detektorfeszültség és érzékeny rétegvastagság mellett mennyi időbe telik a keletkezett töltéshordozók kigyűjtése. Az „i” réteg vastagsága 0,6 mm, a zárófeszültség 12 V. Ebből adódik, hogy a töltéskigyűjtési idő szobahőmérsékleten 0,6 μs. A töltésvesztés elkerülése érdekében ennél csak nagyobb jelformálási időállandót célszerű alkalmaznunk.

A feladat megoldása

A következő feladatokat kell egyidejűleg megoldanunk: az érzékenységet



3. ábra. Detektorzaj a jelformálási időállandó függvényében (paraméter a kapacitás és a visszáram) [5]

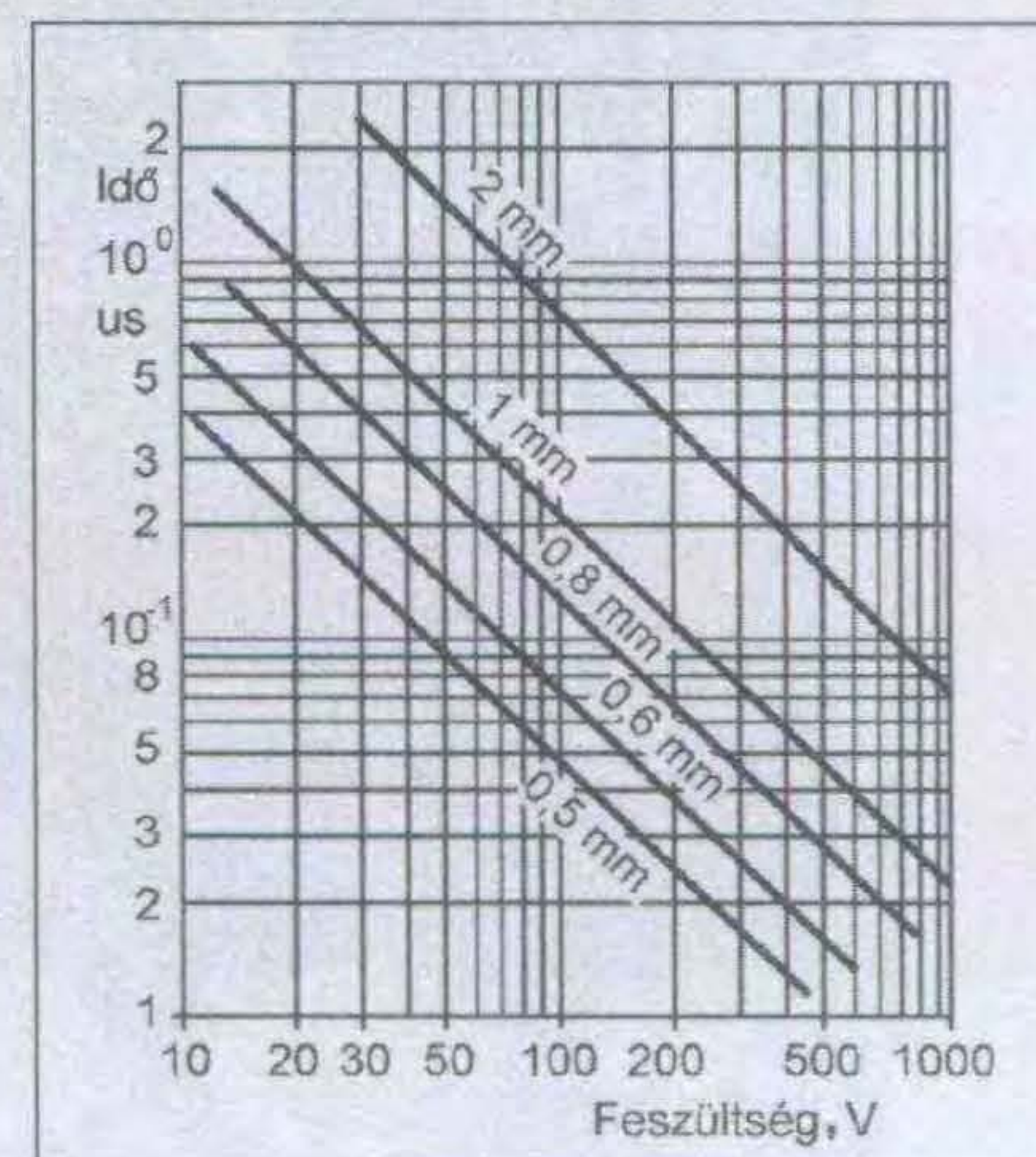
szeretnénk növelni, anélkül, hogy a zajszint megnövekednék, és az érzékenységnek a 2. ábra szerinti energiafüggését kellene javítani elfogadható mértékűre.

Az érzékenység növelése

Önként adódik a lehetőség: az érzékenységet úgy növeljük, hogy több detektort kössünk párhuzamosan. Ez a megoldás azzal a hátránnyal jár, hogy a detektor kapacitások összeadódnak, a zajfeszültségek pedig négyzetesen adódnak össze:

$$U_z^2 = U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2$$

Ugyanezt a képletet kell alkalmaznunk, amennyiben a detektor zaját és az erősítő saját zaját adjuk össze, bár ez utóbbi a detektor zaja mellett általában elhanyagolható.



4. ábra. Töltéskigyűjtési idő a detektorfeszültség függvényében (paraméter a rétegvastagság) [7]

A megoldás: akkor nem növekszik a zajszint, ha az egyes detektorokhoz külön jelfeldolgozó elektronikákat illesztünk és az impulzusokat csak a diszkriminátor fokozat után összegezzük. (Ilyen elven működik a [2] szerinti indikátor is.)

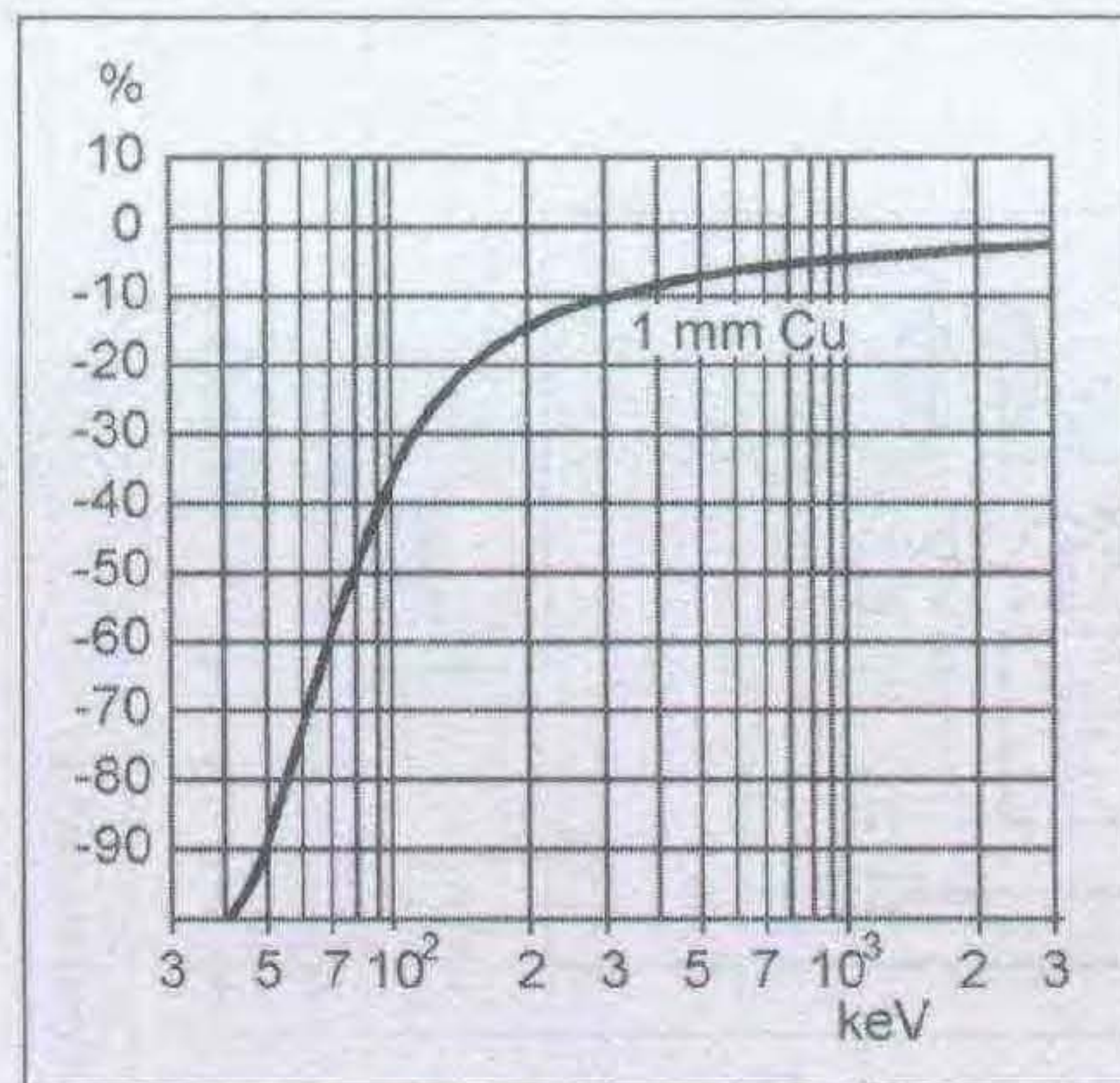
Természetesen ebben az esetben nem alkalmazhatjuk a nukleáris mérés-technikában általában használatos, diszkrét elemekből összeállított kiszajú előerősítőt és jelformáló fokozatot, hanem meg kell elégednünk az erre a célra éppen megfelelő műveleti erősítővel. A választható jelformálási időállandót nem a zaj optimalizálása, hanem a műveleti erősítő jelfelfutási sebessége (slew rate) szabja meg.

A jelösszegzést praktikusán egy négyes feszültségkomparátor IC-vel végezhetjük. Így négy csatornát alakíthatunk ki, amelyek töltésérzékeny előerősítőt, főerősítőt és jelformáló fokozatot tartalmaznak. Ebben az esetben négy detektorral (ha eltekintünk az energiamenet javításától), a műszerünk érzékenysége a korábban leírt feltételek mellett 20–30 cps értékre növelhető.

Az energiamenet javítása

Ha ránézünk a 2. ábrára, láthatjuk, hogy az energiamenetet a diszkriminációs szint beállításával jelentősen tudjuk módosítani. Az alacsony diszkriminációs szintnél fellépő erős kiemelés mechanikai energiaszűrővel csökkenthető. Az 5. ábra 1 mm vastag réz relatív abszorpcióját mutatja az energia függvényében. Ilyen „sapkával” a legalacsonyabb diszkriminációs szintre beállított detektort látjuk el. Magasabb diszkriminációs szint esetén eltekinthetünk az energiaszűrő használatától.

Mivel több detektorunk van, és a négy csatornában tetszés szerint állítjuk be a küszöbértéket, próbáljuk meg az egyes csatornában alkalmazott detektorok számát és a diszkriminációs szinteket úgy megválasztani, hogy a gamma-műszereknél szokásos energiatartományon belül kiegyenlített energiamenetet kapjunk. Megtehetjük ezt 6 db detektorral, de még jobb, ha 10 detektort építünk be. Azért lehet több detektort alkalmaznunk, mert az alsó csatornában a diszkriminációs szintet olyan magas értékre választjuk, hogy a zajfeszültség nem haladja ezt meg még akkor sem, ha négy detektort párhuzamosan kapcsolunk. A pontos beállítási értékeket a műszer beméréséről szóló részben közöljük.



5. ábra. 1 mm vastag réz relatív γ -abszorpciója az energia függvényében [8]

A mért érték kijelzése

Az [1]-ben ismertetett akusztikus indikátor hangjelzéseinek számolása (háttérnél átlagosan 5 jelzés/min) meglehetősen nehézkes, ezért műszerünknel a mért érték könnyebb kiértékelését kívántuk megoldani. Különösen fontos ez magasabb dózisteljesítmények mérése esetén.

Mint korábban említettük, a mért értékek kijelzését cps-ben (impulzus/másodperc) kívánjuk megoldani. A háttér értékétől célszerű mérni, ez még több detektor alkalmazása esetén is 0,5–1 impulzust jelent másodpercenként. Ilyen alacsony jelszám mellett olyan nagy a statisztikus ingadozás, hogy csak analóg impulzusszám-átlagmérő, analóg ratemeter jöhet számításba. Ebben az esetben a szemünk kiegyenlíti az ingadozást és meg tudjuk becsülni a mutatott érték átlagát. A legkisebb méréshatár 10 cps, ezt egy méréshatárváltó kapcsoló 100, 1000 cps értékig bővíti ki.

Tápellátás

A hordozhatóság követelménye miatt mindenképpen akkumulátoros táplálást célszerű választani, mivel sokféle kapacitású, 12 V feszültségű akkumulátor kapható, és az autó szivargyújtójáról is üzemeltethető a műszer. Ez a tény korlátozza a felhasználható integrált áramkörök választékát.

A műszer felépítése

A 6. ábrán látható kapcsolási rajz nem olyan komplikált, mint ahogy az első ránézésre tűnik. A műszer négy azonos felépítésű csatornából áll. Az első két

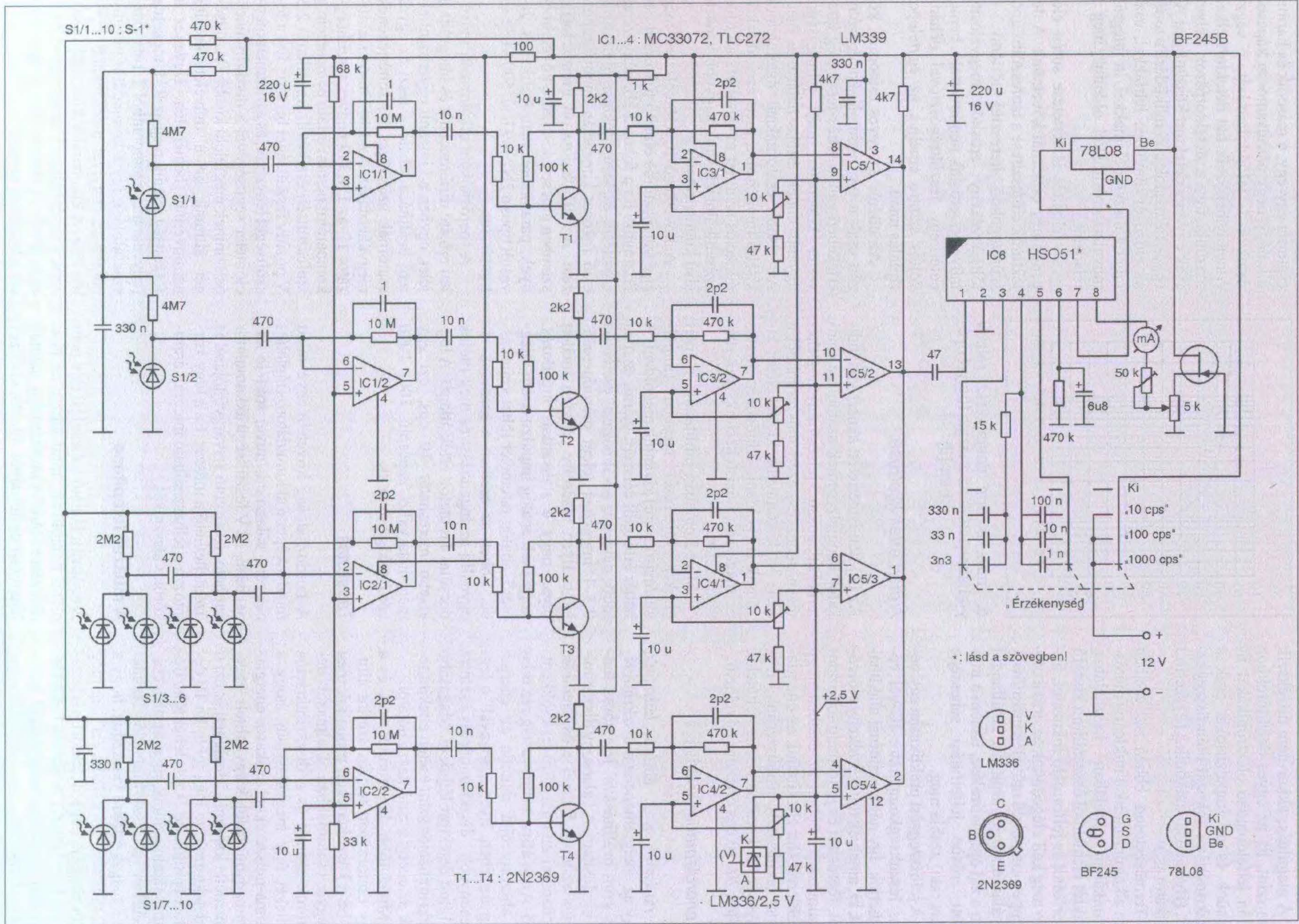
csatorna egy-egy, a második és harmadik négy-négy párhuzamosan kapcsolt detektor jelfeldolgozását végzi. Amennyiben csak hat detektort alkalmazunk, úgy a detektorpárok helyett csak egy-egy detektort kössünk be! Az egyes fokozatok elvi működése azonos az előző évkönyvben leírtakkal, csak míg ott diszkrét elemekkel, itt integrált műveleti erősítővel oldottuk meg a feladatot.

A felépítés ismertetése során elegendő egy csatornát követnünk. A detektorok előfeszítése a tápfeszültségből szűrőtagokon keresztül történik. A töltésérzékeny erősítőt megvalósító műveleti erősítő neminvertáló bemenetét egy feszültségosztóval néhány voltos szintre emeljük az egytelepes táplálás miatt.

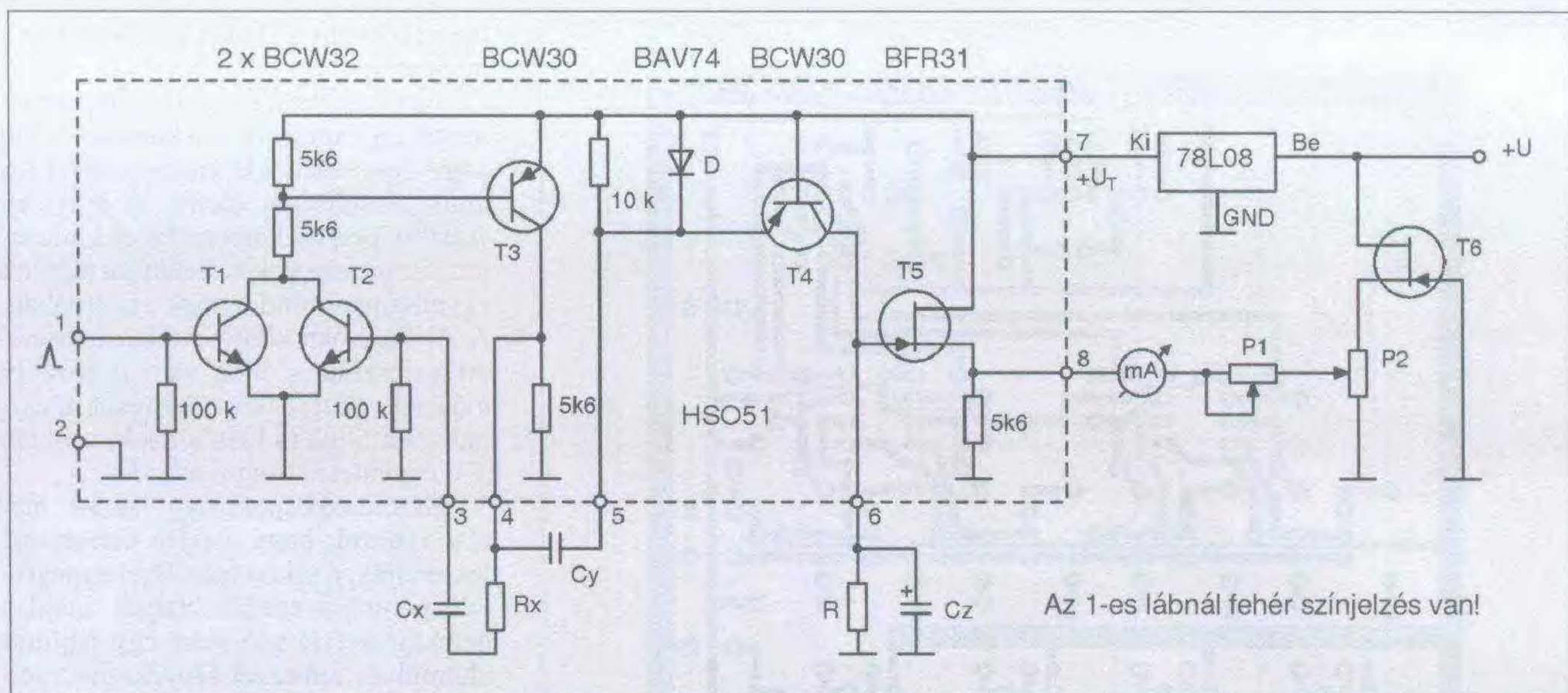
Az eltérés az egyes csatornák között csak a visszacsatoló kondenzátor értékében van, a töltés-feszültség konverter kimenetén mért jel nagyságot ugyanis ennek értéke határozza meg. Az alsóbb csatornáknál megfelelnek kisebb impulzusok, mert ezek diszkriminációs szintjeit magasabbra állítjuk, ezért alkalmazhatunk nagyobb kapacitású kondenzátorokat.

A következő IC elé célszerű még egy tranzisztoros erősítő fokozatot beiktatnunk. Ez a fokozat kb. négyszeres erősítésű, és kismértékben rövidíti az első fokozat kimenetén kapott impulzust. Az itt alkalmazott tranzisztorral szemben nincsenek szigorú követelmények, paraméterei nem kritikusak. Javasolt típus a 2N2369 jelű, 500 MHz-es tranzisztor.

A főerősítőként alkalmazott műveleti erősítő differenciálja és integrálja a jelet, egyben a kimeneti egyenszint eltérő beállítása lehetővé teszi az egyes csatornák szükséges küszöbértékének megválasztását. Az LM336-os stabilizátor IC az LM339 négyes feszültségkomparátor neminvertáló bemenetein a tápfeszültség értékétől függetlenül 2,5 V pozitív feszültséget biztosít. Ezt a feszültséget leosztjuk, és a trimmerpotencióméter segítségével a diszkriminációs szintnek megfelelő kisebb feszültséget állítunk be a műveleti erősítő neminvertáló bemenetén. Ugyanez a feszültség jelenik meg az IC kimenetén (egyenáramú szempontból 1:1-es visszacsatolás), így a komparátor negatív bemenete ennyivel alacsonyabb szinten lesz. A komparátor kimenetén csak azok a jelek váltanak ki negatív impulzust, amelyek amplitúdója meghaladja ezt a beállított szintet.



6. ábra. A műszer kapcsolási rajza



7. ábra. Monostabil multivibrátor és ratemeter

Analóg ratemeter

A következő (közös) fokozat kevésbé ismert, ezért működését és a REMIX gyártmányú, HSO51 típusjelzésű, hibrid integrált áramkör felépítését részletesebben ismertetjük. A vastagréteg áramköröket a felületszerelt technológia elterjedése előtt széles körben alkalmazták olyan felhasználási területeken, ahol az igényelt darabszám nem érte el azt a mennyiséget, hogy a félvezető alapú áramkörök gyártása és fejlesztése kifizetődő lett volna. Az összekötéseket és az ellenállásokat speciális pasztákból, több lépésben, szitanyomással vitték fel a kerámia hordozóra, majd beégették. A tranzisztorok és a diódák kivitele azonos volt a felületszerelt áramköröknél alkalmazottakkal. A kondenzátorokat többnyire kívülről csatlakoztatták.

A 7. ábrán látható áramkör egy háromtranzisztoros monostabil multivibrátorból és egy impulzusszám-átlagmérőt megvalósító tranzisztorból áll, amelynek a kimenetéhez egy jFET csatlakozik forráskövető kapcsolásban.

Nyugalmi helyzetben a monostabil mindhárom tranzisztora zárva van. A bemenetre adott rövid, 0,6 V-nál nagyobb impulzus kinyitja T₁ tranzisztort, ezáltal kinyit mindhárom tranzisztort. Ez az állapot mindaddig fennáll, amíg C_x kondenzátor R_x ellenálláson keresztül fel nem töltődik közel tápfeszültségre. Ekkor a T₂ bázisfeszültsége 0,6 V alá csökken, a monostabil alap helyzetbe billen. A kimeneti impulzus

hossza C_x értékének megválasztásával széles tartományban állítható be.

A T₄ tranzisztor földelt bázisú kapcsolásban dolgozik, és a D dióda gondoskodik róla, hogy az emitterfeszültség ne tudjon 0,6 V-nál jobban a pozitív tápfeszültség alá menni. A monostabil minden egyes átbillenése C_y · U_T töltésmennyiséget „pumpál” T₄ emitterébe. Ugyanez a töltés megjelenik a kollektoroldalon (báziskapcsolás) és tölti a C_z kondenzátort. A kondenzátort csak az R ellenállás süti ki, mert a kollektor-bázis dióda zárva van, a jFET-nek pedig igen nagy a bemenő-ellenállása. Ezért hívják ezt „pumpakapcsolásnak”, mert a monostabil visszabiltenése nem tudja kisütni a kondenzátort, emitteroldalról azt csak „felpumpálni” lehet. C_x értékét, vagyis a monostabil billenési idejét úgy kell megválasztani, hogy kellő idő legyen C_y teljes töltésének átviteléhez.

Amennyiben az impulzusok folyamatosan érkeznek, a C_z kondenzátoron addig nő a feszültség, amíg beérkező töltésmennyiség és az R ellenálláson elfolyó kisütőáram egyensúlyba nem kerül. Az egyensúlyi feszültség értéke számítható:

$$U = f \cdot R \cdot U_T \cdot C_y,$$

ahol f a frekvencia vagy cps.

Az R értékét úgy kell megválasztanunk, hogy a méréshatárhoz tartozó jel számnál se haladja meg az U a tápfeszültség felét. A műszer mutatójának kellemetlen mozgását úgy tudjuk elke-

rülni, hogy R · C_z időállandóját néhány másodpercesre választjuk. A T₅ és a T₆ tranzisztor a 100 μA érzékenységu alaplámpával egy FET voltmérőt alkot, amelynél P₂ trimmer a kinullázásra, P₁ trimmer a méréshatár beállítására szolgál.

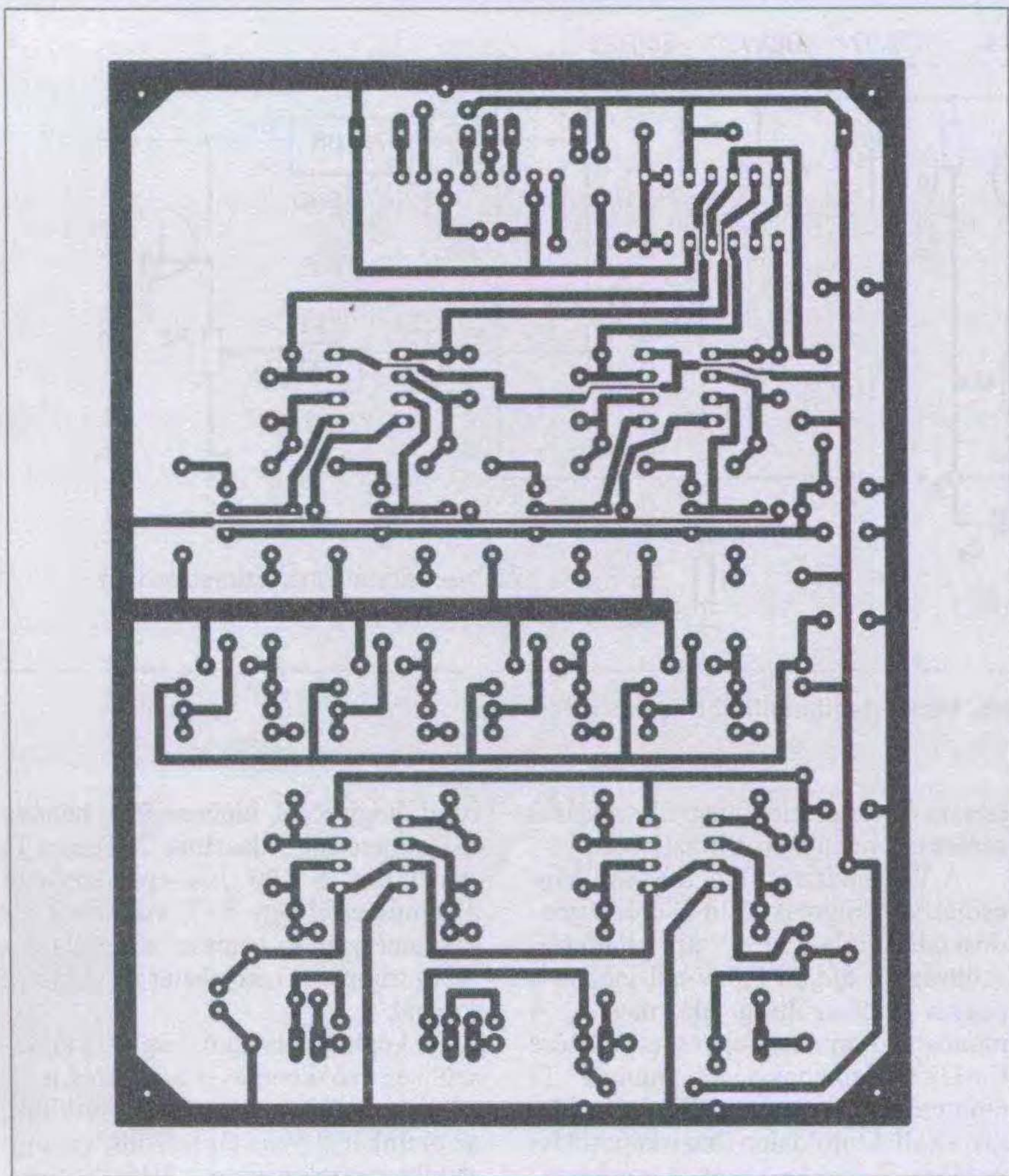
A képletből látható, hogy U_T tápfeszültség csökkenésével a kijelzés is lineárisan csökken. Hogy ezt elkerüljük, az áramkör 8 V-os tápfeszültségét egy stabilizátor token keresztül biztosítjuk.

Amennyiben a méréshatár váltáshoz 3×4 állású tárcsás kapcsolót (yaxley-t) alkalmazunk, akkor az egyik kapcsolósávot felhasználhatjuk a tápfeszültség kapcsolására.

A műszer elkészítése

A detektorok és néhány méréshatár-váltóhoz tartozó alkatrész kivételével minden egy 90×120 mm-es, egyoldalon fóliázott nyáklemezre van szerelve. A forrasztási oldal rajzát a 8. ábra, az alkatrészek beültetést a 9. ábra mutatja. A beültetett, ill. a készülékdobozba szerelt panel fényképeken tanulmányozható. A kettős műveleti erősítőként a következő típust ajánljuk: MC33072. A mintakészülékben még kipróbáltam a Texas TLC272 típust, mert a paramétereik hasonlóak, (IC foglalatokat alkalmaztam, így könnyű volt a műveleti erősítőket cserélni); kisebb áramfelvétel mellett kisebb jeleket kaptam.

A kettős erősítők alkalmazásának az az előnye, hogy két-két csatorna elő-



8. ábra. A műszer nyomtatási rajza

erősítője és főerősítője közös IC-tokba kerül. Az alkatrészek pontossága nem kritikus a töltésérzékeny előerősítők visszacsatoló kondenzátorainak kivételével, de ezek szórásának az erősítésre gyakorolt hatását a küszöbérték beállító trimerekkel lehet korrigálni.

A mintakészüléket egy alumíniumdobozba építettük, amelynek főbb méretei $65 \times 115 \times 160$ mm. A nyák az alaplapra, az S1 detektorok a frontoldalra, a műszer és a méréshatárváltó kapcsoló (ún. „óragyári yaxley”) a felső lemezre vannak rögzítve. Azt a néhány alkatrészt, amelyeket nem forrasztottunk a nyákra, a műszer hátoldalán lévő forrlécekre szerelhetjük. Az S1 típusú, Si pin sugárzásérzékelő detektor, ill. a HSO51 hibridtok a *HAM-bazárban* kapható. Hasonlóképpen a lineáris skálájú alpműszer is, amely 100 mikroamper érzékenységgű és BP-670 típusjelzésű. A 100-as skálaosztás megfelelő a 10, 100, 1000 cps méréshatárhoz.

Élesztés és bemérés

Az élesztéshez és beméréshez jó, ha rendelkezésünkre áll egy jó utánvilágítású analóg, de még inkább egy tárolós, vagy egy digitális szkóp és egy impulzusgenerátor, amellyel meredek felfutású és lassú lefutású háromszögjelet tudunk kiadni (pl. EMG 1158, TR-0361) és egy ^{137}Cs sugárforrás. *A sugárforrásokkal kapcsolatban feltétlenül tartsuk be a cikk végén olvasható rendszabályokat!* Természetesen más jelformával is lehet a vizsgálatot végezni, de akkor nem az ábrán látható kimeneti jel nagyságokat kapjuk.

Bekapcsolás után a nyugalmi áramfelvételt ellenőrizzük egy 12 V-os DC tápegység segítségével (kb. 28 mA). A felső dobozrész eltávolítása esetén a műszerre menő egyik vezetékét leválasztjuk, hogy elkerüljük az alpműszer károsodását, mert az árnyékolás megbontásával a zavaróimpulzusok

még 1000 cps állásban is túlvezérlik a ratemetert.

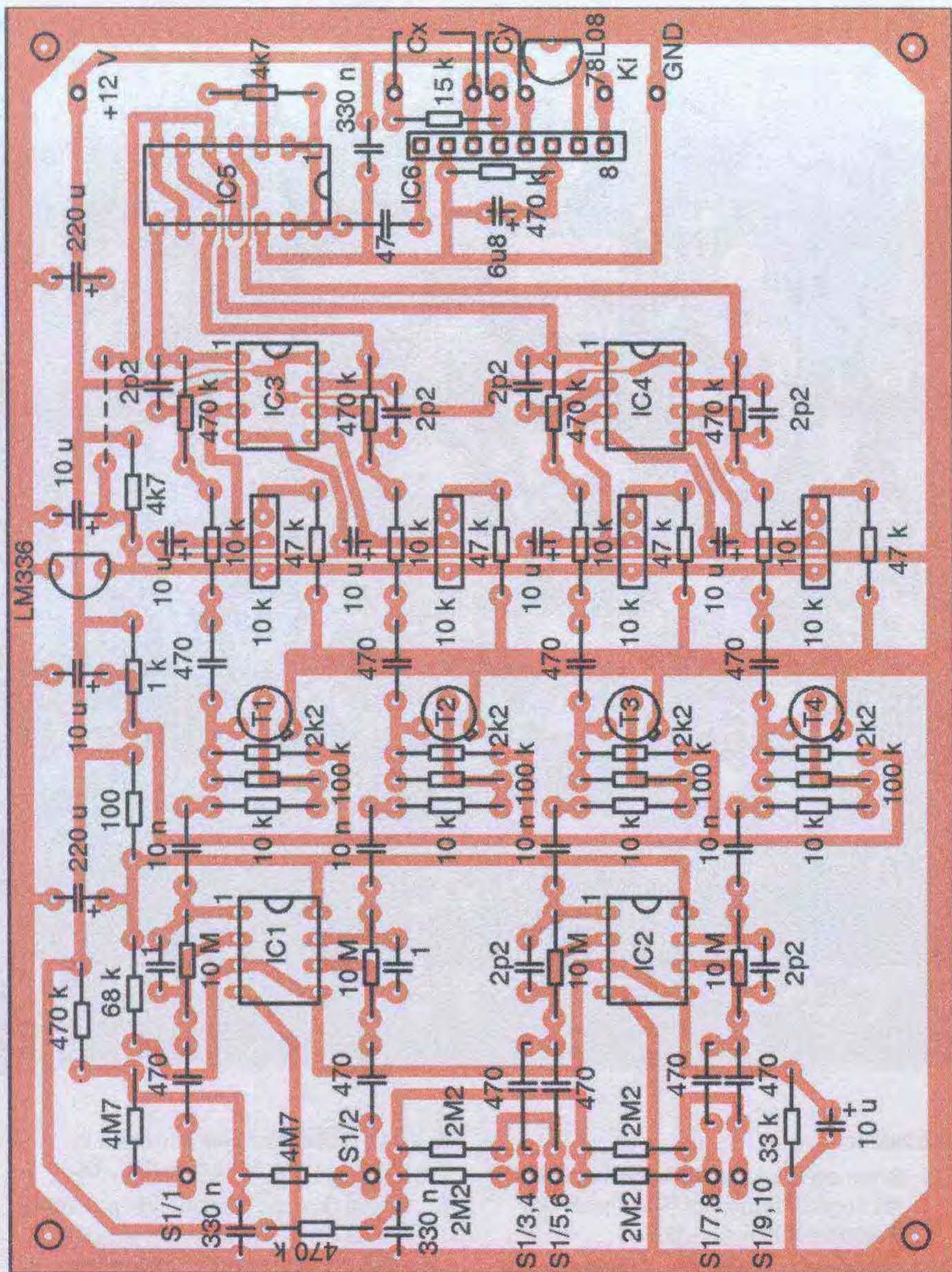
Az ellenőrzést egyenfeszültség-méréssel folytatjuk. A detektorokon csak nagy bemenőellenállású műszerrel tudunk feszültséget mérni. A műveleti erősítők pozitív bemenetén és kimenetén, a tranzisztorok kollektorán mérünk egyenszintet mind a négy csatornában. Ahol kiugróan eltérő értéket mérünk, ott valószínűleg hiba van. A további mérések előtt a küszöbértéket maximumra állítjuk (a főerősítők kimenetén 2 V egyenfeszültség mérhető).

Oszilloszkóppal úgy tudunk mérést végezni, hogy a felső dobozrész leszereljük, a szkóp mérőfejét a megfelelő pontokra csatlakoztatjuk, majd a detektorok felé eső részt egy hajlított alumínium lemezzel árnyékoljuk. Jelforrásunk első lépésben a detektorok zaja. Két-két csatorna kimenetén kb. azonos zajfeszültséget kell mérnünk a 0 szint és csúcs között. A felső két csatornában kb. 100 mV-ot, az alsóbb csatornában, ahol négy detektor van párhuzamosan kapcsolva, és kétszer nagyobb az előerősítő visszacsatoló kapacitása, kb. 150 mV-ot. A ritkán beérkező jelekre ellenőrizhetjük a ratemeter működését. 1000 cps méréshatár állásban az 5 k Ω -os trimmerrel előbb kinulázzuk a műszert, majd 10 cps állásban a soros potmétert úgy állítjuk be, hogy az egyes jelek 5 skálaosztással vigyék feljebb a mutatót.

Ennél pontosabban csak az említett impulzusgenerátorral tudjuk beállítani a ratemetert, egyben ellenőrizhetjük a fokozatok után a jel nagyságot és a jelformát. A generátor kimenetével sorba kötünk egy 1 M Ω -os ellenállást és 1 pF-os kondenzátort, így csatlakozunk a bemenetekre, majd felhelyezzük az árnyékoló lemezt. Az egyes fokozatok kimenetén az oszcilloszkóppal mérhető jelek alakját és nagyságát a **10. ábrán** mutatjuk be. A negatív bemeneti jel gyors felfutású és 0,6 ms lefutású, amplitúdója 1 V. Ezzel modellezzük a detektorban keletkezett töltést és annak kiürülését.

A *ki1* jelet az előerősítő kimenetén, a *ki2*-t a tranzisztor kollektorán, a *ki3* jelet a főerősítő kimenetén mérhetjük a két felső csatornában. Az alsó csatornáknál kb. fele nagyságú, de azonos formájú jeleket kell kapnunk.

Ugyancsak impulzusgenerátorral és oszcilloszkóppal ellenőrizhetjük a monostabil multivibrátor helyes működését, a hibrid IC 4-es pontján 1000 cps méréshatár állásban 0,22 ms, 100



9. ábra. A műszer alkatrész-beültetési rajza

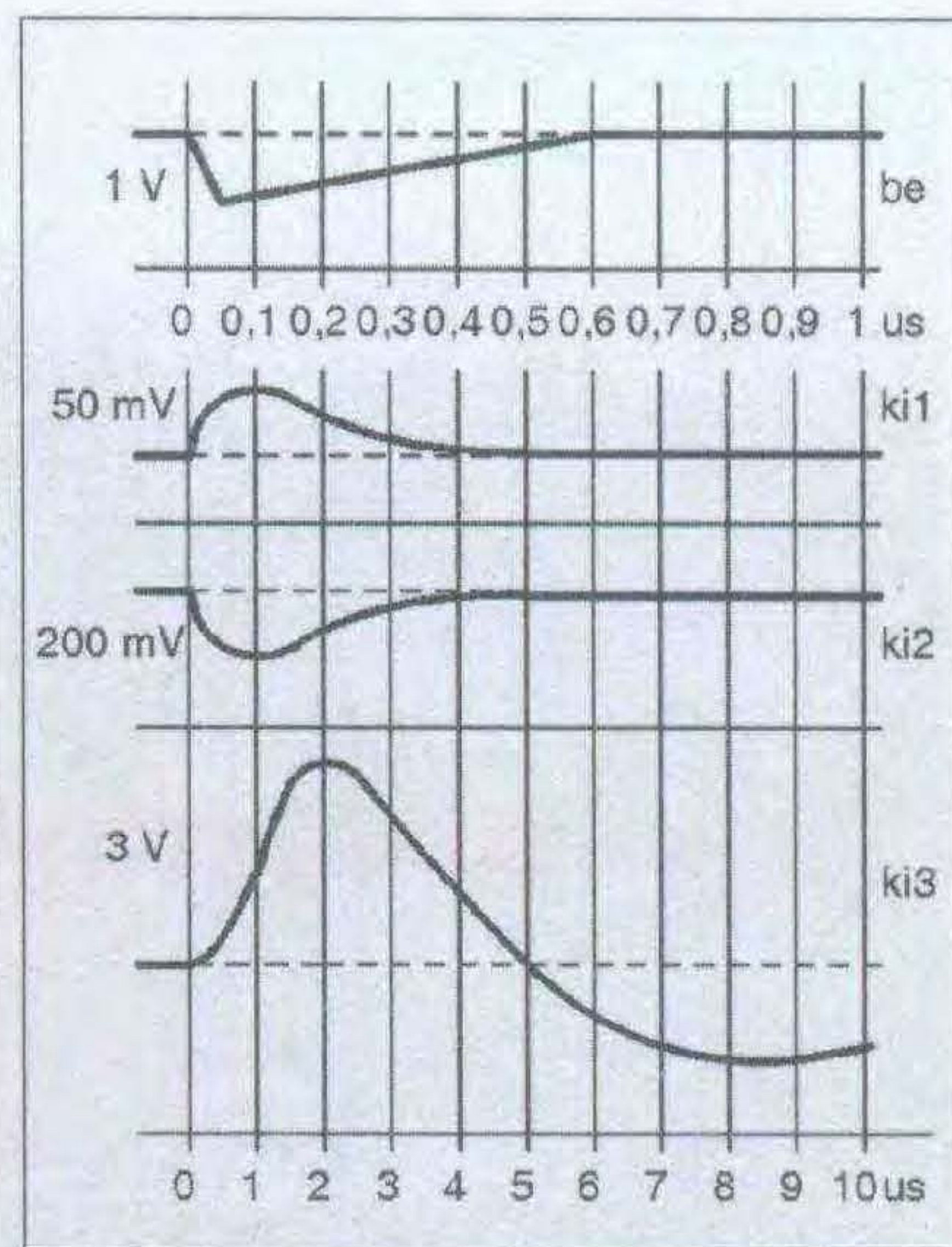
cps-nél 2,2 ms, 10 cps-nél 22 ms hosszúságú impulzusokat kell mérnünk.

A legkényesebb művelet a küszöbértékek beállítása a négy csatornában; ezeket mindenképpen a zajszint fölé kell beállítanunk. Hogy kiegyenlített energiamenetet kapjunk, a tapasztalatok szerint a következő értékekre álljunk: 60 keV, 120 keV, 300 keV, 300 keV. Akinek van lehetősége, sugárforrással határozza meg a mV/keV értéket mind a négy csatornához. De nem kell ehhez ragaszkodniuk azoknak, akik mindenben követték a mintakészülék leírását. Az első két csatornában 2 mV/keV, a két alsó csatornában 1,2 mV/keV értéket mérhetünk. Ennek megfelelően 120, 240, 360, 360 mV értékeket kell

beállítanunk a trimmerek segítségével, ehhez csak egyszerű multiméterre van szükségünk.

Amennyiben helyesen jártunk el, a háttérnél a kijelzés 0 és 1 cps között ingadozik, 10 $\mu\text{Sv/h}$ dózisteljesítmény mellett kb. 25 cps-t mérhetünk.

Amennyiben nem törekszünk a kiegyenlített energiamenet beállítására, hanem a legnagyobb érzékenységet szeretnénk elérni, a következő beállítást végezhetjük: minden csatornában a küszöbérték csökkentésével megkeresjük a zajhatárt, majd a diszkriminációs szintet ez fölött állítjuk be. Ebben az esetben a háttérnél a kijelzés 2 cps körül ingadozik, ^{137}Cs -mal mérve 10 $\mu\text{Sv/h}$ dózisteljesítménynél 60...70 cps-t kapunk. Látható, hogy az energiamenet



10. ábra. Az egyes fokozatok kimene-tén mérhető jelek

nem kiegyenlített, mert a háttér (amely részben a környezetben található aktív elemekből, részben a kozmikus sugárzásból származik) inkább alacsony energiájú komponenseket tartalmaz. A háttér spektruma és intenzitása nem meghatározott, helytől és magasságtól változik.

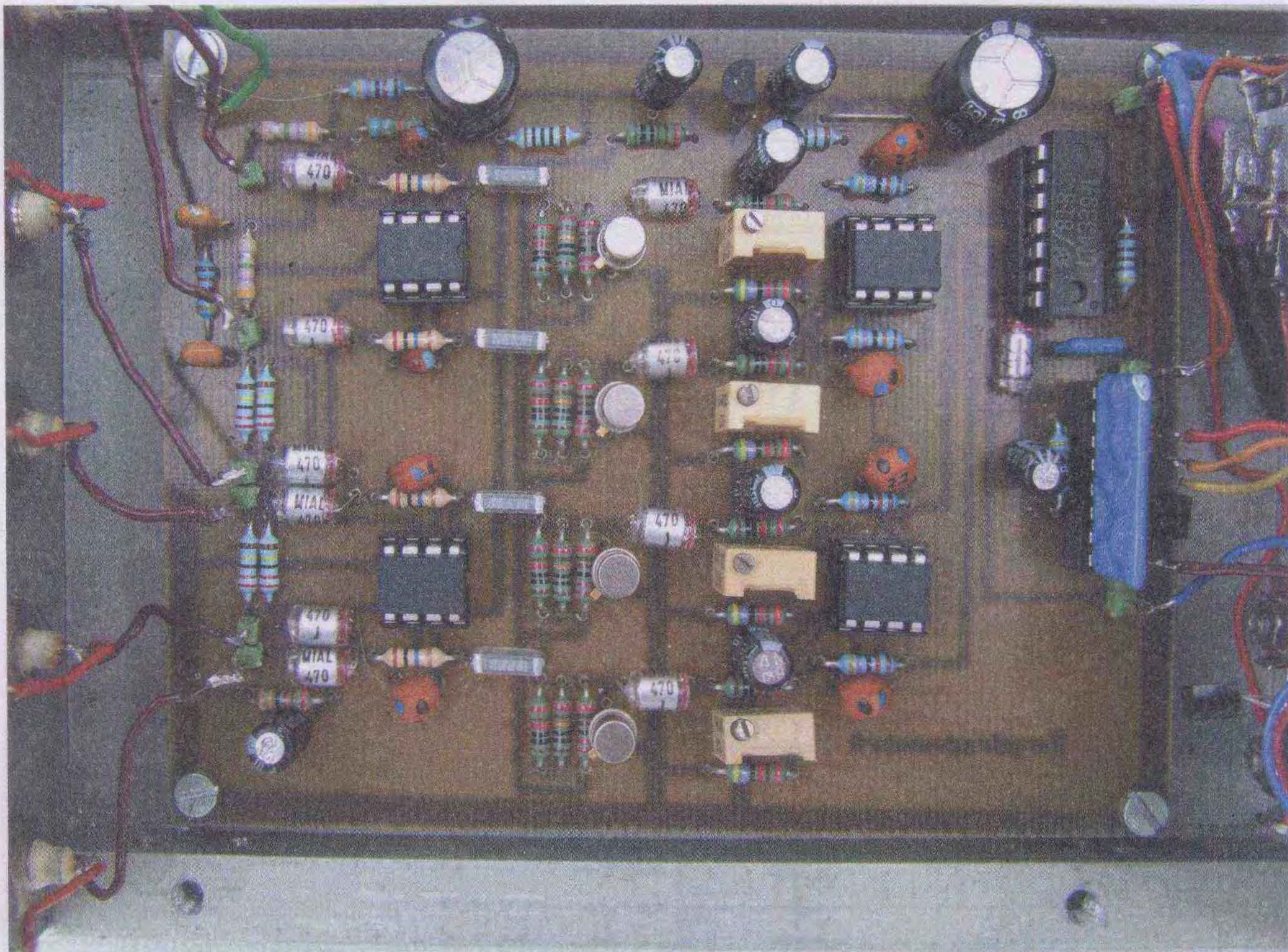
Figyeljünk arra, hogy ennél a beállításnál a hőmérséklet emelkedése esetén a zaj növekedése meghaladhatja a küszöbértéket!

A műszer használata

Mindig gondoljunk arra, hogy a műszer erős elektromágneses zavarokra érzékeny! Amennyiben hálózati tápegységről üzemeltetjük, a hálózathoz érkező, gépkocsiban a járó motor mellett a tápvezetéken keresztül érkező zavarok az alacsony méréshatárban kitérést okozhatnak.

Mérés közben a műszert, de főleg a detektorokat ne ütögezzük, mert ez is magasabb kijelzést eredményez! A detektorokat ne melegítsük, ne tegyük ki közvetlen napsugárzásnak, mérés előtt mindig ellenőrizzük, hogy a megszo-kott háttérértéket mutatja-e, és csak azután kezdjük meg a mérendő objektum ellenőrzését! Ha van rá lehetőségünk, a műszerünk által mutatott értéket hasonlítsuk össze egy hitelesített műszerrel!

Túl nagy pontosságot ne reméljünk: a nukleáris mérés technikában: 5...10% eltérés még elfogadható, az energiafüg-gésben pedig $\pm 20...30\%$ is megengedett.



Rendszabályok sugárforrással való munka során [9]

1. A méréseket lehetőleg hatóságilag ellenőrzött izotóplaboratóriumban, képzett laborvezető ellenőrzése mellett végezzük!

2. Csak kis aktivitású, zárt sugárforrással, a lehető legrövidebb ideig dolgozzunk, a forrást ne kézzel, csak csipesszel fogjuk meg!

3. A forrásokat tartsuk megfelelő ólomkonténerben és elzárva!

Irodalom:

1. Simoncsics László: Félvezető detektoros sugárzásindikátor (Rádiótechnika Évkönyve 2009., 124–132. o.)
2. Simoncsics László: A sugárzásindikátor érzékenységének növelése (Rádiótechnika 2009/4. 203., 204. o.)
3. Erdős – Pintér – Solymosi: Magyar ABV védelmi technikai almanach (Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem 2003.)
4. Simoncsics László: Proporciónális számlálócsöves mérőszonda (Műszaki doktori értekezés, 1992.)
5. Deme Sándor: Félvezető detektorok magsugárzás mérésére (MK, 1968.)
6. Pátkai György: Szilícium n-i-p detektorok alkalmazhatóságának vizsgálata (MTA Izotóp Intézete. Kutatási jelentés, 1981.)
7. Edward Woo: Si(Li) detektor adatlap (Kevex Corporation, 1968.)
8. Lengyel – Jász: Izotóplaboratóriumi zsebkönyv (MK, 1966.)
9. Kollektíva: Alapfokú sugárvédelmi ismeretek (A Paksi Atomerőmű Rt. kiadása, 1992.)

1 *Segítsen*
% Ön is!

Reményi István
Rádióamatőr Alapítvány

18226429-1-43

Az alapítványt támogatja a

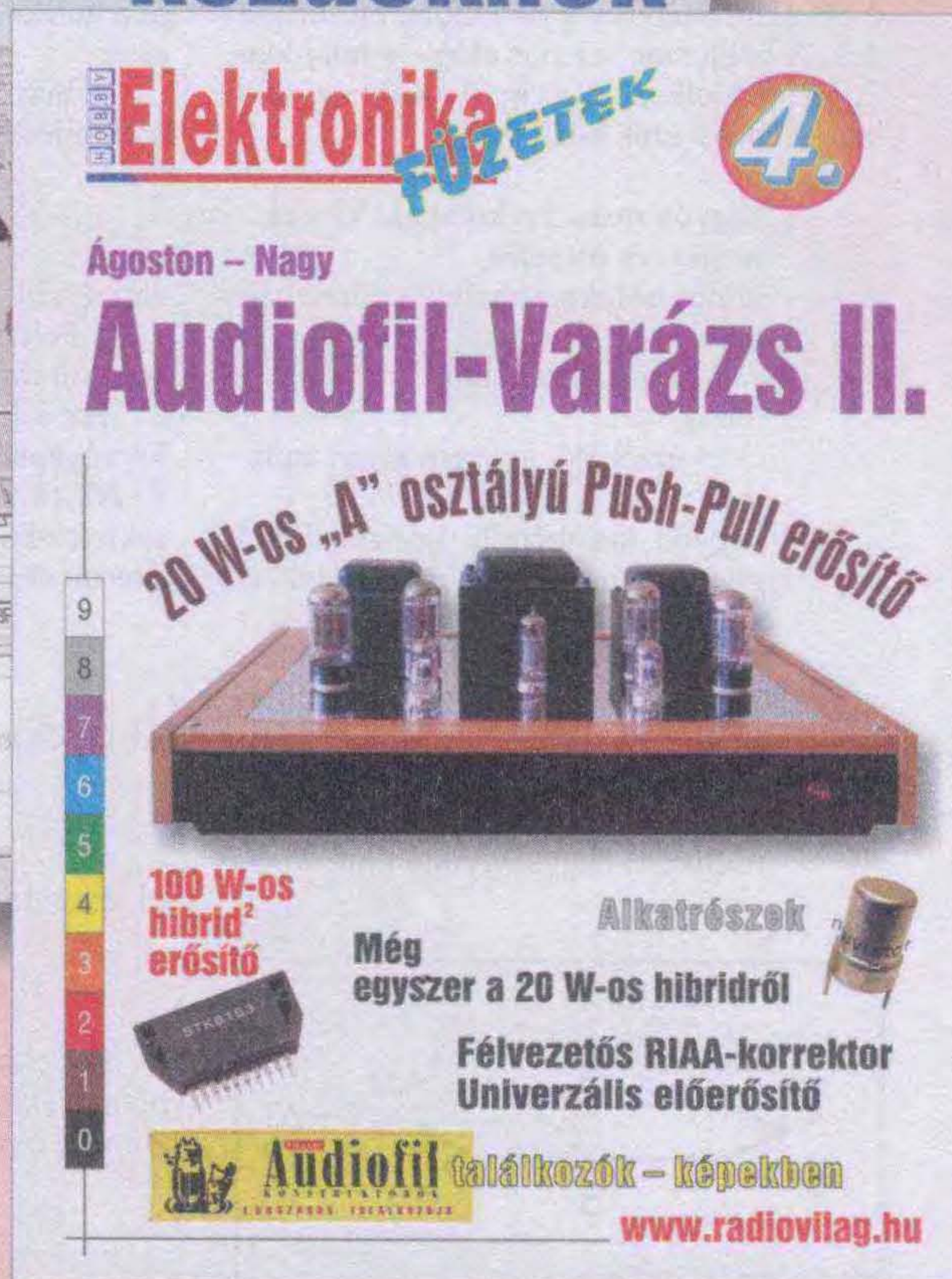
RÁDIÓTECHNIKA

Elektronika
FÜZETEK

MÁR

A HE-füzetek kizárólag csak a szerkesztőségnél kaphatók!

ELFELNTEK



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.

Tel./fax: 239-4932, 239-4933 1374 Budapest, Pf. 603 hambazar@radiovilag.hu

(Postán is elküldjük, kb. 400 Ft postaköltséggel.)

A hőelem, hőmérsékletmérés hőelemekkel

Pálinkás Tibor gépészmérnök, tpalinkas@radiovilag.hu – König Imre villamosmérnök, im_re@freemail.hu

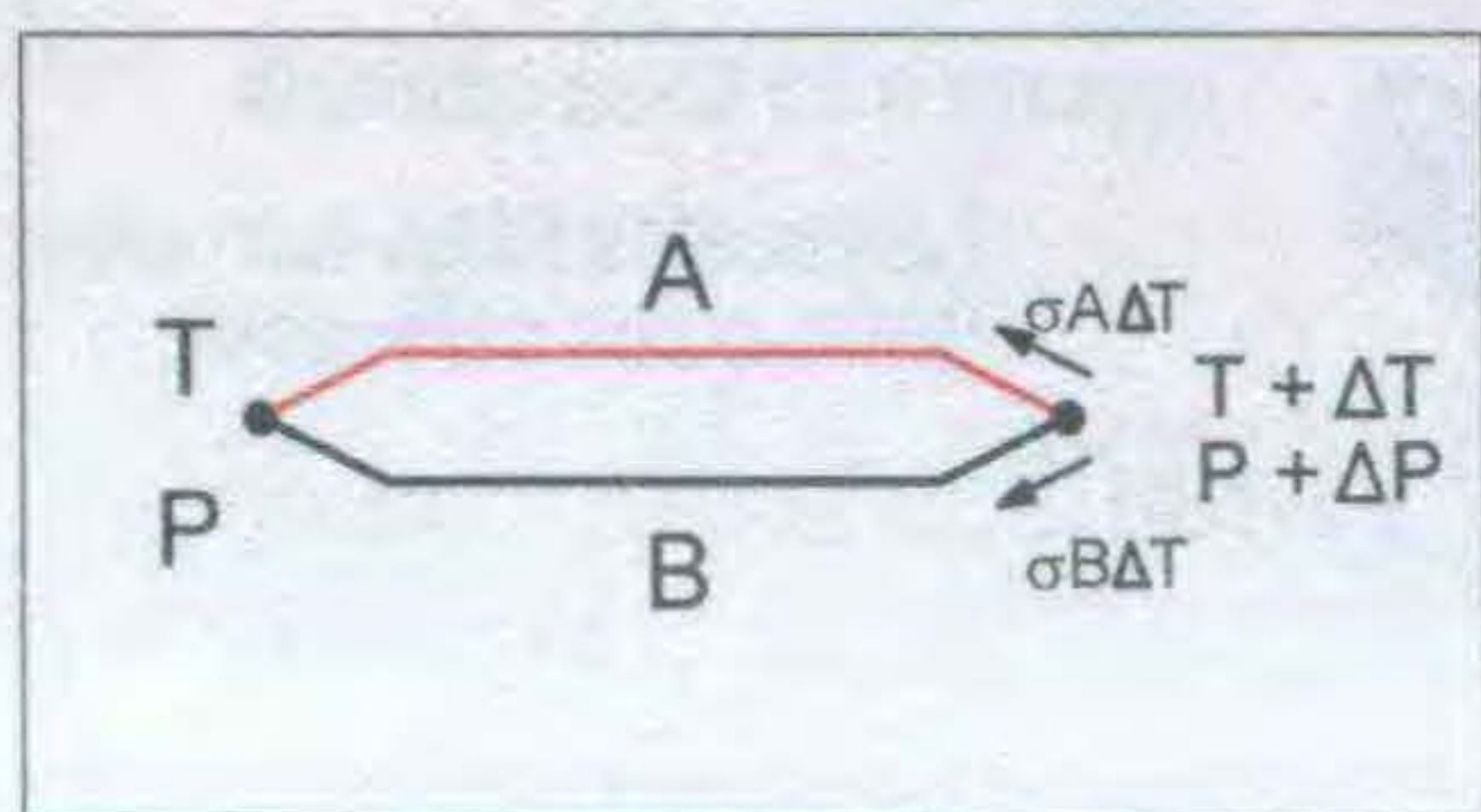
A szerkesztőségbe érkező kérdésekből és az interneten fellelhető fórumokból kiolvasható, tájékozatlansággal vegyülő érdeklődés arra sarkallt, hogy megkíséreljünk a témát minél átfogóbb módon összefoglalni. Az irodalomkutatás során összegyűjtött hatalmas anyagból, tekintettel a terjedelmi korlátokra, szelektálnunk kellett. Bár rövid elméleti bevezető és egy kis történeti áttekintés után a hőelemes mérés technika gyakorlati kérdéseivel foglalkozunk, ebben az írásban nem kívántunk konkrét, nyákrajzokkal kiegészített építési leírásokat közzétenni. Bizunk abban, hogy a téma iránt érdeklődő olvasóink már rendelkeznek annyi gyakorlattal és tapasztalattal, hogy a közzé tett számos, viszonylag egyszerű kapcsolás közül az őket éppen érdeklők megvalósítása, azok adaptálása az aktuális feladataikhoz nem okoz majd problémát.

A hőelemeket – az angol nyelvű szakirodalomban Thermocouple – az iparban leginkább a +300 és 3000 °C közötti hőmérséklet-tartományban használják, de speciális laboratóriumi mérésekhez készülnek ennél alacsonyabb, ill. magasabb hőmérsékletre is. Egyéb felhasználásokban – például a szervizekben, ill. a hobbisták körében – a 0 °C alatti mérések gyakrabban előfordulnak. A hőelemek számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek az ipari alkalmazásokban. Néhány ezek közül:

- nagyon masszív, kompakt kivitel,
- rezgés- és ütésálló,
- széles hőfoktartományban használható,
- egyszerűen gyártható,
- olcsó,
- aktív érzékelő, így nem kíván táplálást,
- nagyon kis méretű, így rendkívül gyors válaszidejű konstrukciók is kialakíthatók.

Néhány hátrányát is meg kell említenünk:

- hidegpont-referenciát igényel,
- alacsony szintű (mikrovolt...tíz millivolt) nagyságrendű kimenőjel,



1. ábra

- a szálaikat alkotó fémek, fémötvözetek jellemzőinek viszonylag nagy a szórása és rossz az időbeni stabilitása,
- a mérőkörben könnyen kialakulhatnak parazita hőelemek.

1. A hőelemek elmélete, röviden

A következő rövid elméleti fejtegetést az [1] alapján állítottuk össze.

Ha két különböző, fémből, fémötvözetből készült A és B vezető végződéseit galvanikus kapcsolatba hozzuk (1. ábra), és a két csatlakozópont hőmérséklete egymástól különbözik, akkor a hurokban áram folyik. A termoáram egy csatlakozópontban az időegység alatt elnyelt Q hőmennyiség és egy, a vezetők anyagától függő P_{AB} állandóval fejezhető ki:

$$I = Q/P_{AB}$$

A jelenség megfordítható: ha a hurokban külső áramforrás árama folyik, akkor az egyik forrasztási pont felmelegszik, a másik lehűl (Peltier-hatás). Ez a jelenség az áram hatására egyébként is fellépő melegedéstől, a Joule-hőtől független, és nem befolyásolja a hurkot alkotó vezetők hővezető-képessége.

A hurok által időegységenként felhasznált teljesítmény:

$$UI = (P_2 - P_1)I,$$

ahol P_1 , ill. P_2 a két csatlakozópontra vonatkozó Peltier-állandó, amelyek természetesen volt dimenziójúak.

Ha a hurkot reverzibilis körfolyamatú hőerőgéppnek tekintjük, amely a T , ill. $T + \Delta T$ (a továbbiakban T_1 , ill. T_2) hőmérsékletek között dolgozik, akkor érvényes rá a termodinamika második főtétele:

$$\sum Q/T = 0.$$

Az (1) és a (2) felhasználásával:

$$P_2/T_2 - P_1/T_1 = 0,$$

ill. átrendezés után:

$$(P_2 - P_1)/P_1 = (T_2 - T_1)/T_1.$$

Az előzőekből következik a hőelemek hőmérsékletmérésre való alkalmasságát bizonyító összefüggés:

$$U = P_2 - P_1 = P_1(T_2 - T_1)/T_1,$$

azaz a termofeszültség (más kifejezésekkel: hőelektromos, hő-elektromotoros v. termo-

elektromos erő) a két csatlakozópont hőmérséklet-különbségével arányos.

A fenti megállapítás csak egy másik jelenség, a szintén megfordítható Thomson-effektus figyelembe vételével érvényes: ha egy vezetőben I áram folyik, és a vezető mentén a hőmérséklet változik (a hőmérsékleti gradiens $\partial T/\partial x$), akkor a vezetőben időegységenként $\sigma I(\partial T/\partial x)$ hőmennyiség keletkezik. A σ a Thomson-állandó, amely a hőmérséklettől független, és csak a vezető anyagára jellemző.

Az 1. ábra szerinti körre a következő összefüggés érvényes:

$$\Delta U = P + \Delta T - P + \sigma A \Delta T - \sigma B T.$$

Ebből határátmenettel:

$$dU/dT = dP/dT(\sigma A - \sigma B).$$

A további, ismét csak a termodinamika második főtételeire alapozott levezetést nem részletezve, végül a következő, a hőelemek alkalmazása szempontjából alapvető összefüggéshez jutunk:

$$U = \int_{T_1}^{T_2} \frac{P}{T} dt$$

Vagyis teljesen közömbös, hogy milyen úton jutunk el T_1 -től T_2 értékéig, a csatlakozási pontokban jelentkező termofeszültségek algebrai adódnak össze!

2. Történeti áttekintés

Tegyük most egy kis technikátörténeti kitérőt, a [2] alapján! 1770 április 9-én született Thomas Johann Seebeck (Tallinban, az Orosz Birodalom akkori fennhatósága alatt álló Észtországban; 2. ábra). Berlinben és a Göttingeni Egyetemen tanult orvostudományt. 1802-ben szerezte meg orvosi diplo-



2. ábra



3. ábra

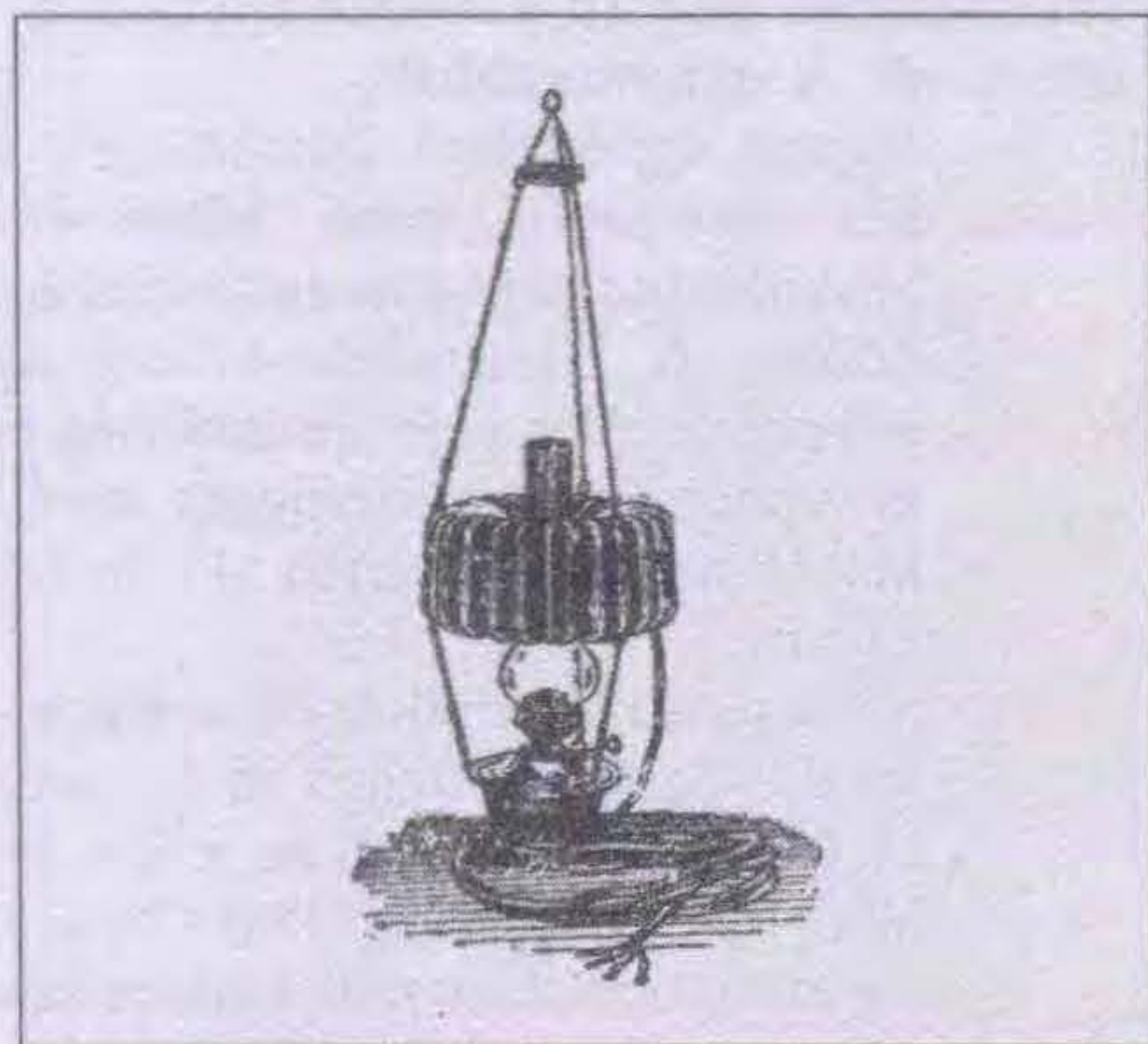
máját Göttingenben, a kutatás kedvéért azonban lemondott az orvosi pályáról. 1814-ben a berlini akadémia tagja lett. 1816-ban neki ítelték az akadémia az évi díját a mechanikai feszültség alá helyezett üvegben észlelhető polarizáció tanulmányozásáért.

Számos fém mágnesezhetőségét vizsgálva fedezte fel a vörös izzásra hevített, mágnesezett vas szokásostól eltérő viselkedését, valamint egyéb mágnesezhetőségi vizsgálatokat is végzett, amelyek a ma már hiszterézisként ismert jelenség felismeréséhez vezettek. Különböző fém párokkal és vezetőkkel végzett kísérletei nyomán derült ki, hogy a vezető anyagok termoelektromos sorba rendezhetők.

Kimutatta például, hogy ha egy réz- és egy bizmutszalagból összeállított, zárt áramkör egyik csatlakozási helyét felmelegítik, az áramkörben mindaddig áram folyik, amíg a két csatlakozási pont hőmérsékletkülönbsége fennáll. A jelenség minden, eltérő anyagból összeállított fém pár esetében fellép. Seebeck eredeti kísérleti összeállításában már akkor is mérhető áram keletkezett, amikor az egyik csatlakozási helyet egyszerűen kézzel fogva melegítették.

Az egyik, nagyon egyszerű kísérleti berendezését a 3. ábrán mutatjuk be. (Akkoriban még nem digitális műszerekkel mérték például a vezetőkben folyó áramot. Az áram kimutatásának legáltalánosabb eszköze a vezető mágneses tere által kitérített hagyományos iránytű volt.)

Seebeck legjelentősebb felfedezésének ma a termoelektromos effektust tartják,



4. ábra

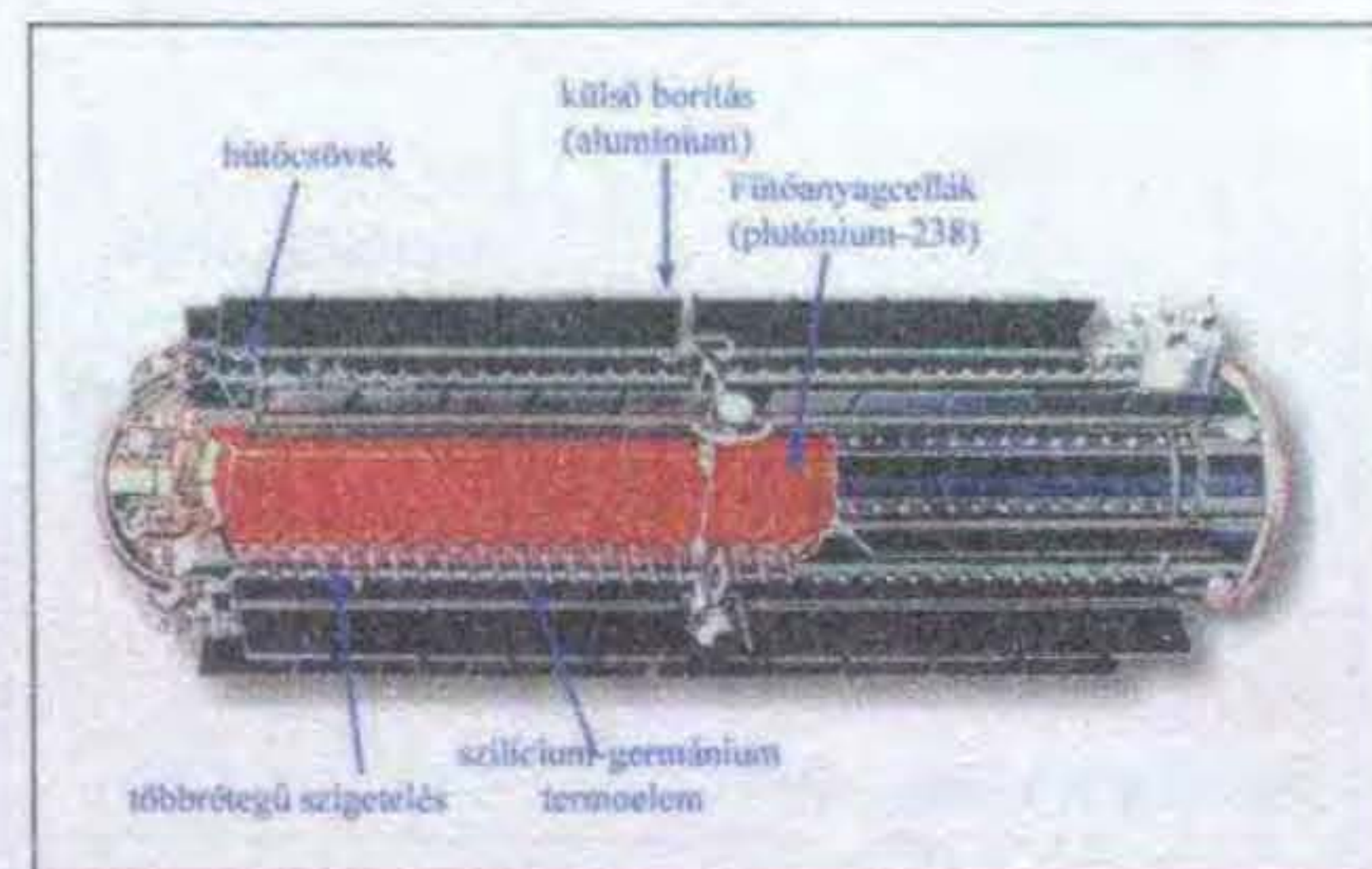
amit még Peltier és Thomson (lord Kelvin) előtt ismert fel „véletlenül”, de kvantitatíve nem elemzett. A jelenségek összességét ezért összefoglalóan Seebeck-effektusnak, a hőelemek $mV/^\circ C$ -ban kifejezett érzékenységet pedig Seebeck-együtthatónak nevezik. A tudós Berlinben halt meg, 1831-ben.

Bár nem tartozik közvetlenül a hőmérsékletmérés tárgyához, de megjegyezzük, hogy a Seebeck-hatás elektromos energia előállítására is alkalmas, igaz, fémalapú hőelemekkel csak nagyon alacsony hatásfokkal. Már 1831-ben az elektrolízis-kísérletek során áramforrásként olyan készüléket használtak, melyben az áramot platina-vas termoelemek segítségével állították elő. A termoelemet használta Georg Simon Ohm (1787–1854) német fizikus, matematikus is a róla elnevezett törvényhez vezető, rendkívül pontos mérésekhez. Ohmnak Pogendorff német fizikus javasolta a bizmut-réz termoelemet az ingadozó feszültségű, árammal alig terhelhető ezüst-cink elektródájú Volta-oszlop helyett ([3]). Akkoriban több, itt nem említett tudós kísérletezett termoelemekkel, a legkülönbélebb kutatási témák mellékágaként.

A 4. ábrán láthatunk egy, az 1950-es években gyártott, petróleumlámpa melegével működtetett „hőtelepet”, amit telepes csövekkel felépített kis műsorvevők táplálására használtak. A TEGK-2-2 típusú, vas-konstantán párokból összeállított kettős áramforrás képes volt szolgáltatni mind az 1 V körüli fűtőfeszültséget, mind a 90 V-os anódfeszültséget. Ezt később továbbfejlesztették (TEGK-3, vibrátoros feszültségátalakítóval; [4]), de az ilyen egyszerű energiaforrások hatásfoka így is alig haladta meg a 0,5%-ot.

Modernebb alkalmazásként említhetjük egyes, a Naptól nagy távolságra kerülő mesterséges égitestek energiaellátásának „nukleáris” áramforrását: a számos hőelemből összeállított kompakt telepet radioaktív izotóp folyamatos bomlása során felszabaduló hő melegíti. Az ilyen rendszerek alapját Gábor Dénes egyik, nálunk kevésbé ismert szabadalma képezi. A legmegfelelőbb izotópnak a mesterségesen előállítható plutónium-238 bizonyult. A hőelemekből álló telepet – más néven termooszlopot – nem fémek v. fémötvözetek alkotják, hanem az azoknál nagyságrenddel nagyobb termofeszültséget produkáló félvezető-párosítások. Ilyen generátorokat használtak például a Pioneer-10, Pioneer-11, Voyager-1, Voyager-2, Galileo, Ulysses és Cassini űrszondában, amelyeknél a naptelepeken alapuló energiaellátás nem jöhetett szóba (5. ábra). Az ilyen, félvezető hőelemekből álló termoelektromos generátorok hatásfoka, teljesítménytől függően, akár a 30%-ot is elérheti!

Legújabbban „civil” alkalmazásra szánt, újfajta, olcsó termoelektromos áramforrások kifejlesztésén fáradoznak. Például a Kaliforniai (Berkeley) Egyetem kutatói fém nanorészecskék között elhelyezett szerves anyagból álló struktúrákkal kísérleteznek.



5. ábra

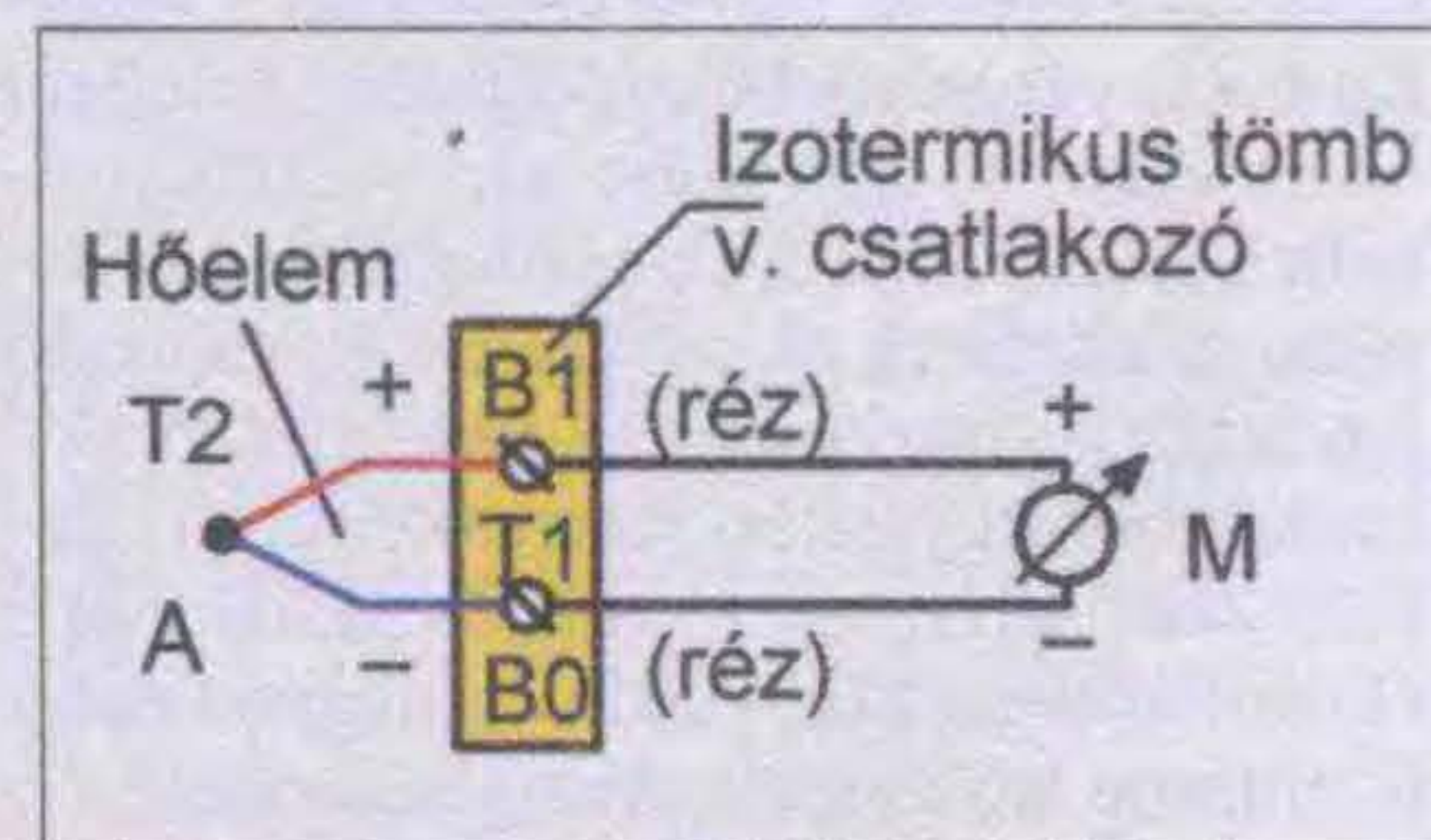
Van a nem mérésre szolgáló hőelemeknek egy mindannyiunk által ismert, de legalábbis sokunk otthonában megtalálható változata, a gázberendezések biztonsági mágnesszelepe. Ennél a lángba egy „lángőr” hőelem nyúlik be, amelynek árama a szelepet nyitva tartó mágneskerccsen folyik át. Ha a láng valamilyen okból kialszik, akkor a kis hőtehetetlenségű hőelem pár másodperc alatt lehűl, a gerjesztőáram megszűnik, és a szelep elzárja a kiáramló gáz útját. Ez a példa azért is tanulságos, mert rámutat arra, hogy a Seebeck-effektus független az áramkörbe kötött vezetők alakjától, méretétől.

A cikk fő irányvonalát képező, hőmérséklet-mérésre szolgáló hőelemek praktikus okokból általában vékony huzalból készülnek. A szelepet működtető hőelemnek az egyik vezetője viszont maga az eszköz merevségét is biztosító vékony, hő- és korrózióálló cső, amelynek tengelyvonalaiban, többnyire felfűzött kerámiagyönggyökben halad a csőétől különböző ötvözetből készült huzal. A huzal és a cső ez utóbbi kiálló, lángba nyúló végénél van összehegesztve; ez biztosítja a hőelem hermetikus lezárását is.

A cikk további fejezeteiben kizárólag a hőelemes hőmérsékletméréssel foglalkozunk.

3. A hőelem és a vezetők termoelektromos sora

A hőelem tehát végső soron két különböző anyagú, egymással egy ponton galvanikus kapcsolatba hozott (általában összeforrasztott vagy összehegesztett) huzal, amelynek forrasztási pontja, ill. az elvezetések csatlakozási pontja közötti hőfokkülönbséggel arányos, a huzalpár anyagaitól függő feszültség keletkezik. (A szakirodalomban – függetlenül a vezetékvégek egyesítésének



6. ábra

1. táblázat

Anyag	Termofeszültség 100 °C-ra vonatköztatva, mV
Bizmut (kristálytani teng. párh.)	-7,7
Bizmut (kristálytani teng. meről.)	-5,2
Konstantán	-3,47...-3,04
Kobalt	-1,99...-1,52
Nikkel	-1,48
Alumel	-1,29
Kálium	-0,94
Palládium	-0,57
Nátrium	-0,21
Platina	0
Higany	-0,07...+0,04
Grafit	+0,22
Szén	+0,25...+0,30
Tantál	+0,34...+0,51
Ón	+0,40...+0,44
Ólom	+0,41...+0,44
Magnézium	+0,40...+0,43
Alumínium	+0,37...+0,41
Wolfrám	+1,12
Ródiium	+0,65
Ezüst	+0,74
Horgany (cink)	+0,60...+0,69
Réz	+0,76
Manganin	+0,57...+0,82
Platina-ródiium	+0,643
Iridium	+0,65...+0,68
Arany	+0,78
Kadmium	+0,85...+0,92
Molibdén	+1,45
Vas	+1,89
Nikkelkróm	+2,20
Chromel	+2,81
Antimon	+4,70...+4,86
Szilícium	+44,8
Tellúr, tellúr-szulfid	kb. +50

tényleges technológiájától – a hőmérsékletet letapintó pontot általában *forrasztási pontnak* nevezik. Egyes esetekben – leginkább kényszerűségből, ideiglenes jelleggel – a hőlempár egyesítése a két vezeték végének összesodrásával, esetleg más mechanikai módszerrel, pl. csavaros kötéssel való egymáshoz rögzítésével is történhet. A leggyakoribb egyesítési technológia a keményforrasztás, a láng- ill. különböző ellenálláshegesztés, esetleg a nagyon nagy nyomáson létrehozott „hideghegesztés”.

Mivel az elméleti bevezető két csatlakozási pontban találkozó két vezetékből ál-

ló zárt hurkot tárgyal, azt gondoljuk, hogy a kiemelten szedett definíció némi magyarázatra szorul. Nyilvánvaló ui., hogy az 1. ábra egyszerű huzalhurka csak demonstrációs célra alkalmas, ahogyan pl. a 3. ábra szerinti eszköznél is látható. A valóságban a hurkot meg kell szakítani, és oda vagy egy árammérőt kell beiktatni, vagy a két új kötéspontra egy feszültségmérőhöz kell csatlakoztatni. Ha kézbe veszünk egy „igazi” hőelemet, azt látjuk, hogy annak két *szála* vagy *ága* van, amelyek a forrasztási ponttól a huzalok végéig értelmezendők. Ezek csatlakoznak valamilyen módon a jelkábelhez, ami lecsupaszított, néha bevonatolt részben, vagy valamilyen csatlakozóban végződik.

A hőelemes mérőkörök alapkapcsolását a 6. ábrán szemléltetjük. A két ág a mérendő objektum hőmérsékletét letapogató A pontban van tehát egyesítve. Az ágak másik vége a B0, ill. B1 csatlakozópontot tartalmazó, elvileg szigorúan homogén hőmérsékletű csatlakozóhelyen kerül galvanikus kapcsolatba az M mérőműszerrel. Ezen ketős csatlakozóhely megnevezése – a fizikai kivitelétől függően – *izotermikus tömb (blokk)*, vagy *izotermikus csatlakozó*. Ez nevezzük a rendszer *hidegpontjának*, akkor is, ha esetleg a T1 mérendő hőmérséklet alacsonyabb, mint az izotermikus csatlakozópár T2 hőmérséklete.

Az előzőekben említettük, hogy mérőműszerként akár árammérőt, akár feszültségmérőt használhatunk. Néhány évtizede még az árammérő (általában Deprez-jellegű mérőmű) alkalmazása volt az általános az elektronikát nem tartalmazó hőmérsékletmérőkben és ipari hőmérsékletszabályozókban. Utóbbiak jellegzetes képviselői voltak az ún. ejtőkengyeles állásos szabályozók, amelyekben a mérőmű mutatójának helyzetét szinkronmotorral működtetett mechanika tapogatta le ciklikusan. A rendszer a mutató helyzetétől függően pl. nagyáramú higanykapcsolókat működtetett. A hurokáram mérésén alapuló műszerekben lényeges volt a névleges, a skálán is feltüntetett hurokellenállás (pl. 20 ohm) minél pontosabb betartása. A hurokellenállás gyakorlatilag a hőelem és a műszer kapcsai közötti legnagyobb vezetékellenállást, végül is a „táv hőmérséklet” távolsági korlátját jelentette. Amennyiben a tényleges vezetékellenállás ennél kisebb volt, úgy az egyik műszerkapocs és a mérővezeték végpontja közé egy külső, nagyon pontosan kalibrált manganin *vonalkiegyenlítő* ellenállást iktattak be, kiegészítendő a hurokellenállást a névleges értékre. Az így áthidalható távolság nem nemesfém hőelemek esetén legfeljebb 40...50 m, PtRh-Pt hőelemeknél 400 m volt.

A *kitéréses* műszerekkel elérhető, rendszerint 1,5%-os hibahatárnál nagyobb pontosságú hőelemes mérések kijelző műszerével a szervomotoros kompenzátorok, ill. kijelző/regisztráló műszerével a nagy bemenőellenállású, méretükkel és súlyukkal (és tegyük hozzá: az árukkal) tekintélyt paran-

csoló *kompenzográfok* (szervorendszerű feszültségmérő/vonalíró műszerek) szolgáltak. Ezek pontossági osztálya általában 0,5. Néhány kritikus területen, pl. erőművek, vas- és acélművek vezénylőtermeiben ezeket ma is megtaláljuk, a legkorszerűbb számítógépes mérésadatgyűjtő rendszerek mellett.

Minden más területen, ahol hőelemek a hőmérsékletérzékelők, a hozzájuk illesztett műszer szinte kivétel nélkül nagy bemenőellenállású elektronikai rendszer, a legtöbb esetben digitális kijelzéssel. A konkrét kapcsolásokat tárgyaló fejezetekben mi is csak ilyenekkel foglalkozunk.

A hőelemet alkotó huzalok közül a pozitív az az ág, amelyik a vonatkoztatási alapul szolgáló fémmel, a *tiszta platinával*, ugyanazon a hőmérsékleten magasabb, ill. negatív az, amelyik alacsonyabb termofeszültséget szolgáltat. Ez alapján felállítható a fémek, fémötvetek és egyéb vezető, valamint félvezető anyagok *termoelektromos sora*. Így összeállított táblázatot több szakirodalmi forrásban találhatunk. A 6. ábra kapcsolásában a platinaág csatlakozzon a B0 referenciapontra, a másik ág pedig a B1-re! Ha az A pont T2 hőmérséklete 100 fokkal magasabb a B izotermikus pontpárénál, akkor néhány vezető anyagot az A-B1 közé iktatva az 1. táblázat szerinti termofeszültségeket mérhetjük (az adatokat több forrásból gyűjtöttük össze).

Természetesen nem lehet felhasználni minden, a táblázatban feltüntetett, ill. az ott nem is szereplő egyéb fémeket és számtalan ötvözetet a hőelemekben. Előnyösnek látszik olyan fém párokból összeállítani az érzékelőt, amelyek ugyanazon hőfokkülönbség hatására minél nagyobb termofeszültséget produkálnak. Az 1. táblázat választékából a tellur-bizmut párosítás tűnik ebből a szempontból a legüdvözítőbbnek, hiszen közel 58 mV-ot eredményezne 100 °C hőfokkülönbség mellett! Csakhogy a tellur nehezen állítható elő reprodukálható tisztaságban, kedvezőtlenek a mechanikai tulajdonságai, a bizmut pedig alacsony olvadáspontú és könnyen oxidálódik. Ráadásul az ilyen hőelem hőmérséklet-termofeszültség jelleggörbéje alaposan eltérne a lineáristól. Nyilvánvaló, hogy a hőmérsékletmérésre szolgáló hőelemekkel, és azok alapanyagaival szemben szigorú követelményeket támasztunk. A legfontosabbak:

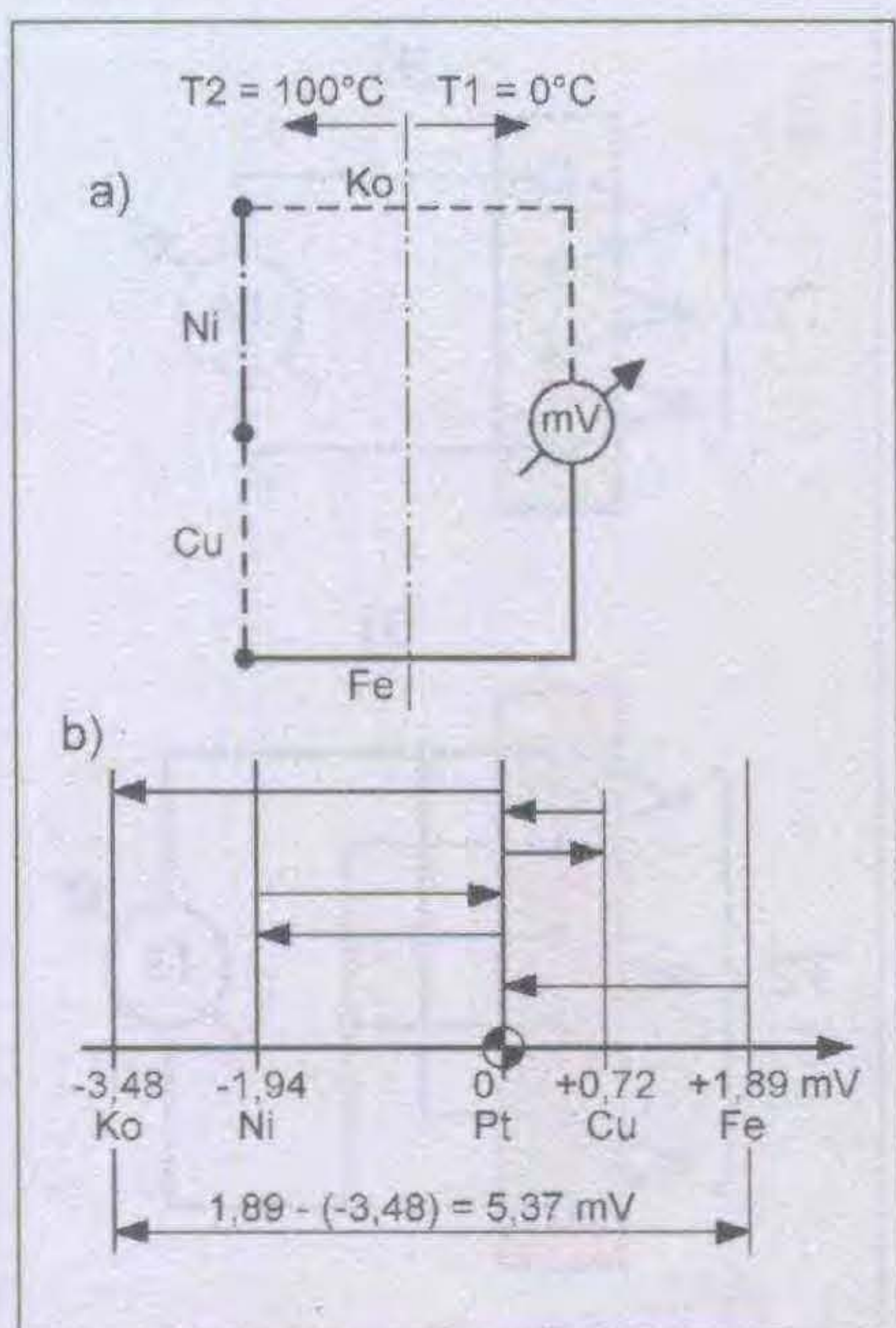
- legyen egyértelmű összefüggés a két forrasztási pont hőmérséklet-különbsége és a termofeszültség között. A hőmérséklet-különbség növekedésekor a termofeszültség is növekedjen; az összefüggés minél kisebb mértékben térjen el a lineáristól;
- a hőmérséklet-különbség – termofeszültség összefüggés jó hosszúidejű stabilitással legyen jellemezhető, és legyen jól reprodukálható,
- a gyártási szórás is szűk határok között legyen tartható, hogy az azonos típusú hőelemek csereszabatosak

legyenek. (Azaz pl. egy K típusú hőelemhez tervezett hőmérséklet-kijelző bármely gyártó bármilyen felépítésű, típusjelű, de megegyező pontossági osztályú, K típusúnak deklarált hőelemével a megadott tűrésen belül jelezze ki a mért pont hőmérsékletét.);

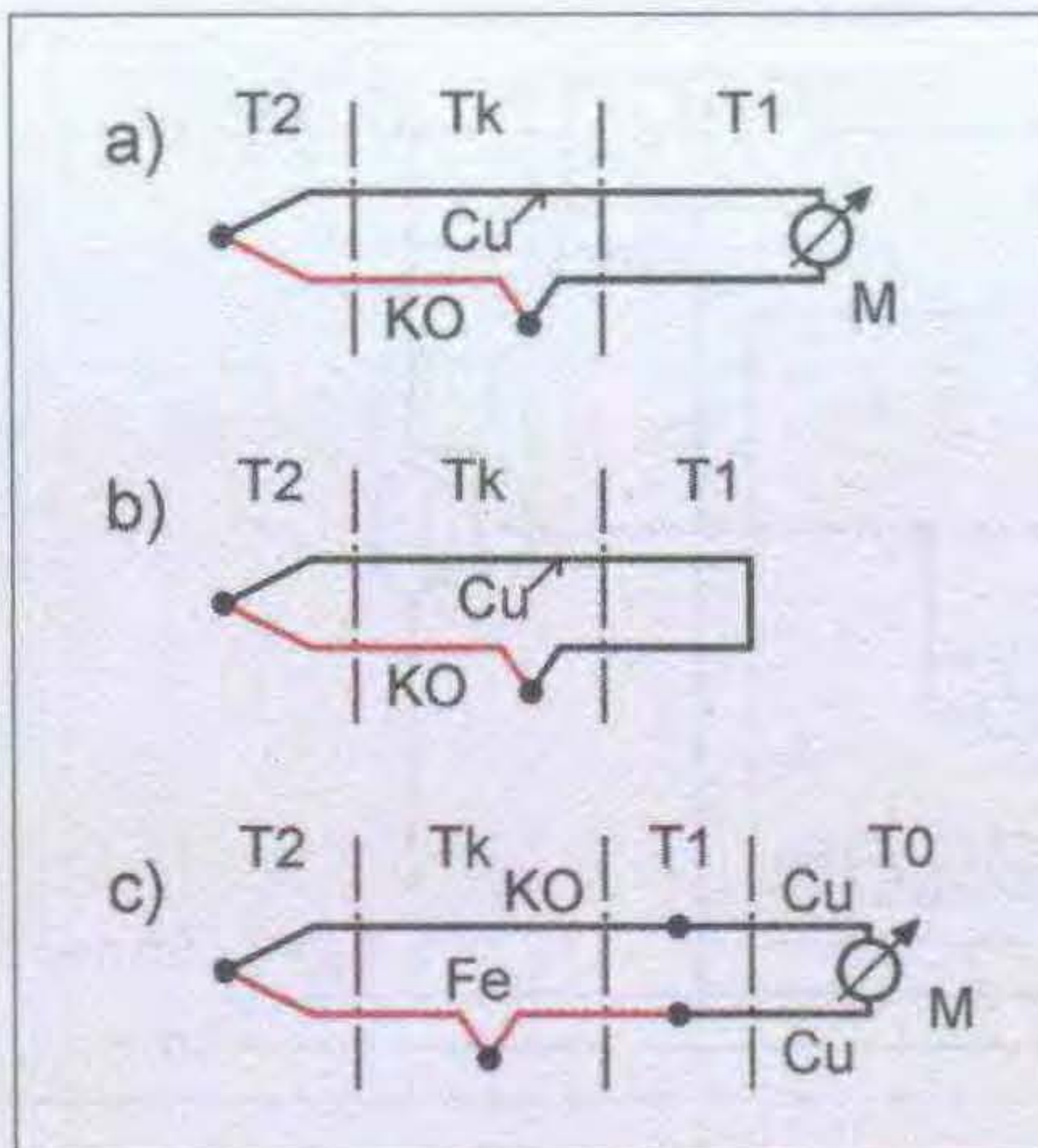
- a hőelemet alkotó anyagok álljanak ellen az adott típusra megengedett hőmérsékleti igénybevételnek, legyen korrózióálló és ne párologjon lényeges mértékben;
- az általános célú, ipari hőelemeket alkotó anyagok legyenek olcsók és könnyen alakíthatók;
- a mérőjelet ne befolyásolják olyan külső hatások, mint például az erős mágneses terek. (A korábban előszeretettel alkalmazott réz-konstantán hőelemek ebből a szempontból különösen érzékenyek.) Neutronsugárzásnak kitett térben pedig nem használhatók a ródiót tartalmazó ötvözetek.

4. Összetett mérőkörök

A hőelem két fémágának anyagán kívül a mérőkörben egyéb fémek, esetleg más vezető anyagok is szerepelnek. Az alábbiakban a szintén az [1]-ből származó szemléletes példákon keresztül vizsgáljuk meg az összetett mérőköröket! A **7.a ábra** Fe-Ko (vas-konstantán) hőelemen alapuló mérőkörre réz és nikkel szakaszt is tartalmaz. A **7.b ábrán** szemléletesen, a platinahuzalhoz viszonyított termofeszültségeket „feszültségegyenesre” felvive ábrázoljuk a viszonyokat. Ha az egyes hőelemek forrasztási pontjára a nyilak szerint előjelhelyesen összegezzük a feszültségeket, akkor akkora potenciálkülönbséget kapunk eredményül,



7. ábra



8. ábra

mintha a Fe és a Ko huzalt közvetlenül forrasztottuk volna össze!

Megállapíthatjuk, hogy a mérés befolyásolása nélkül bárhol beiktathatunk a hurokba további vezető anyagot akkor, ha biztosított, hogy annak végpontjai azonos hőmérsékleten legyenek. Ez a feltétel a 6. ábra szerinti „elemi” mérőkörnél akkor is teljesül, ha a mérőműszer mikroampermérő, mert itt a harmadikként szereplő fém, a réz (a mérőmű tekercsét is beleértve), az izotermikus kapcsolatot hidalja át. Éppen ezért lehetséges a hőelemek forrasztási pontjának tényleges lágyforrasztása (ha a két ág anyaga és a felső hőmérsékletet ez lehetővé teszi), ill. a rézzel vagy ezüsttel végzett keményforrasztás.

Ezt a tényt használják ki egyes speciális mérési feladatoknál is, amelyeknél a hőelem két ágát nem egyetlen pontban egyesítik. Saját gyakorlatunkban egyszer esztergakés-be-tétlapkák forgácsolólélenek hőmérsékletét kellett mérni, minél közelebb az élhez, a lapkák szilárdságának csökkentése, mechanikai tulajdonságainak megváltoztatása nélkül. A legegyszerűbb megoldásnak az bizonyult, hogy az élhez közeli két ponton kondenzátoros hegesztéssel rögzítettük a hőelem pár huzalait. A harmadik anyag ez esetben maga a keményfém lapka volt.

A **8. ábrán** további két összeállítást láthatunk. A **8.a ábra** mérőkörre csak kétféle fémből áll. A hőelem „mérő” forrasztási pontja T2 mérendő hőmérsékleten, a másik az állandónak tekinthető Tk közbenső hőmérsékleten van. A T1 hőmérsékletű műszer a T2 és a Tk hőmérséklet különbségével arányos feszültséget mutat. Mivel a műszernek az áramkörbe iktatott elemei is rézből készültek, a hurok a **8.b ábra** szerint egyszerűsíthető, ami végső soron megfelel a 6. ábra elemi mérőhurkának.

A **8.c ábrán** Fe-Ko hőelemhez csatlakozik a műszer rézvezetéke. A mérendő hőmérséklet most is a T2, az izotermikus tömb hőmérséklete a T1. A Tk hőmérsékletű térben a mérő hőelemmel szembe kapcsolódik egy Fe-Ko hőelem, amin ébredő termofeszültség levonódik a mérő hőeleméből, így

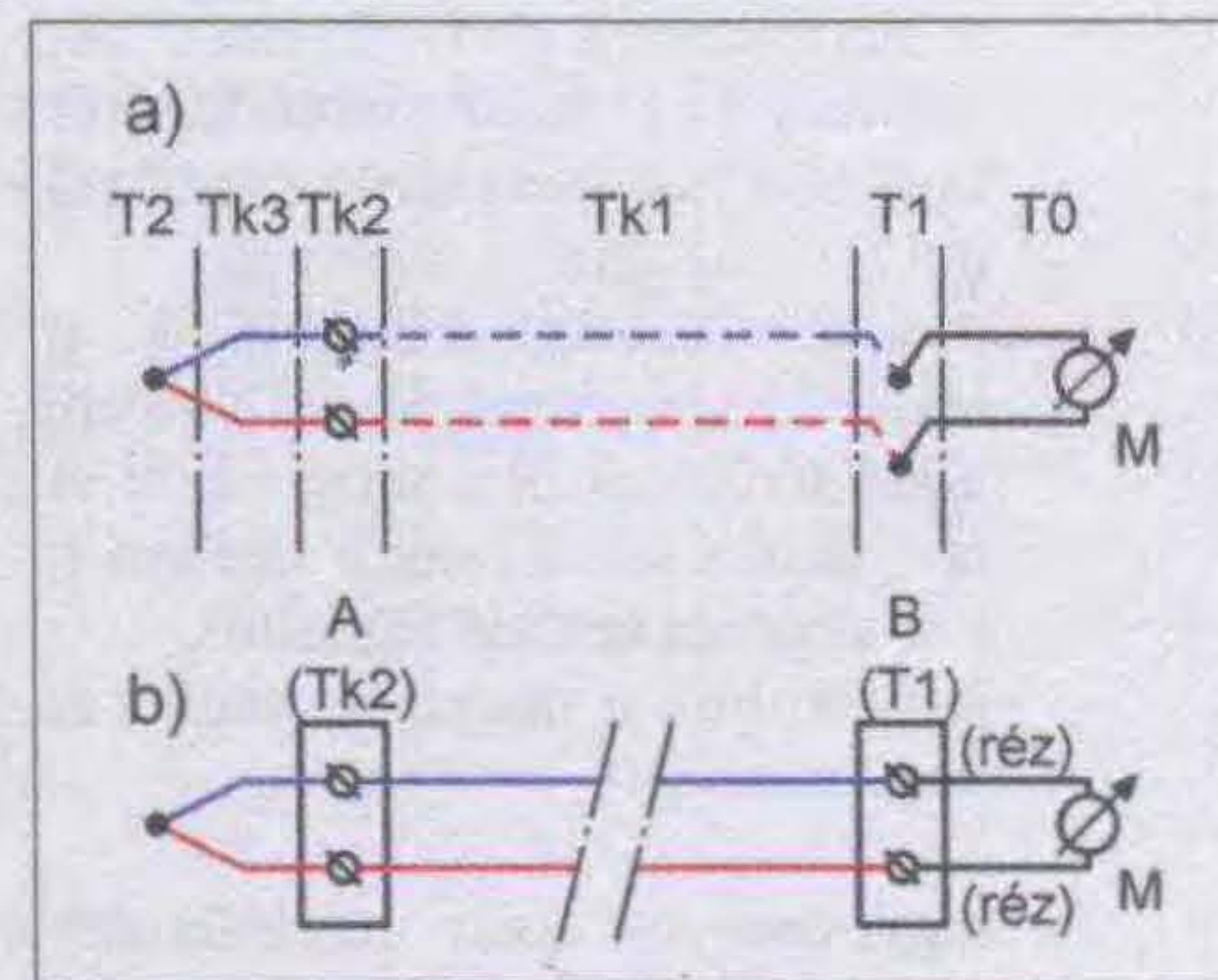
a műszer ennek megfelelően alacsonyabb hőmérsékletet mutat. A T0 tér hőmérséklete a mérési eredményt nem befolyásolja (ld. a 6. ábrával kapcsolatban leírtakat). Végső soron a műszer a minket érdeklő T2-T1 hőmérsékletet jelzi.

5. Kiegyenlítő (kompenzáló) vezeték

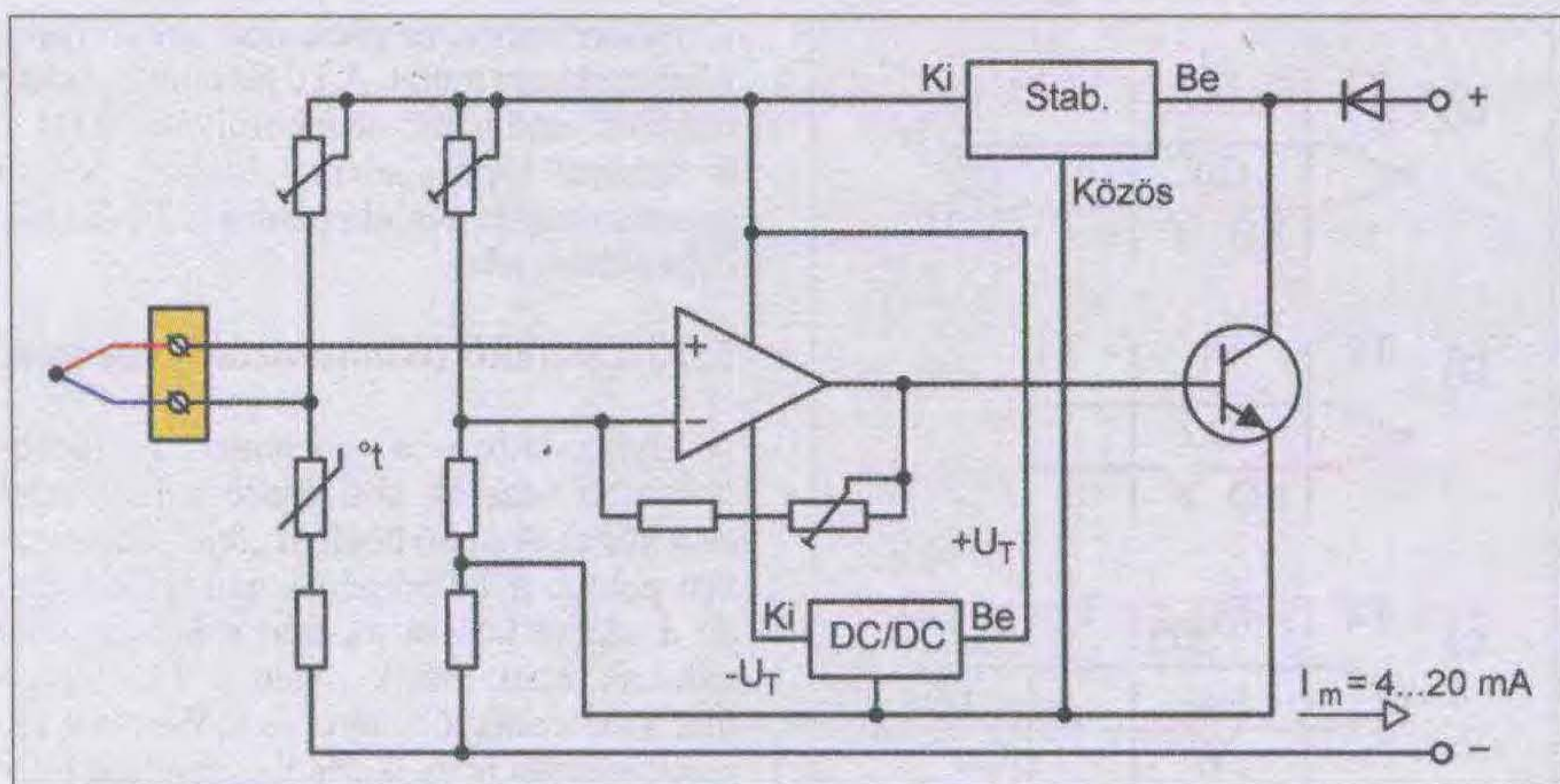
A gyakorlatban a hőelemet rövidebb-hosszabb vezeték köti össze a műszerrel (**9.a ábra**). A mérő hőelem „feje” a forrasztási ponttal a T2 hőmérsékletű térben van, de a szálak hossza mentén a hőmérséklet változik: azok másik végén, a Tk3 térben már a mérendőétől eltérő, és időben és a vezeték mentén is gyakorlatilag rendszertelenül változó hőmérséklet uralkodik, tehát az elméleti bevezetőben a gradienssel kapcsolatba leírtak vonatkoznak rá. Ha a hőelem talppontja és a T1 izotermikus tömb közé olyan – például „közönséges” réz – vezeték párt iktatnánk be, amelynek erei a hőelem száraival újabb hőelemeket képeznének, akkor a hőmérsékletmérés korrekt, kézben tartható módon nem volna elvégezhető.

Viszont ha ez a vezeték ún. kiegyenlítő (kompenzáló) vezeték, amelynek anyagai azonosak a hőelem szálainak anyagával, akkor a Tk2 kötési helyeken nem léphet fel járulékos termofeszültség: a műszer az elvárt T2 – T1 hőmérsékletkülönbségből adódó feszültséget méri. Ezzel a trükkkel a vezeték mentén fellépő egyéb hőmérsékletgradiensből származó hibák is kiküszöbölhetők, feltéve, ha a vezetők anyaga kellően homogén. (Az inhomogenitás inkább csak 400 °C felett szokott igazi problémát jelenteni, de a vezeték igen ritkán kerül ilyen magas hőmérsékletű közegbe.)

A szabványos hőelem-párokhoz ma már folyóméterre megvásárolhatók a speciális kettős szigeteléssel (pl. különleges üvegszövetrel) ellátott érpárok, megfelelő keresztmetszet-választékkal. A mérési gyakorlatban nem ritka, hogy a hőelem forrasztási pontját magának a kiegyenlítő vezetéknek a megcsupaszított végénél képezzük ki, például a szálak kondenzátoros összehegesztésével. Így különösen kis tömegű, ezzel kis tehetetlenségű, a hőmérsékletváltozásokra gyorsan reagáló, ráadásul olcsó hőfokérzékelő nyerhető, főleg kísérleti célokra.



9. ábra



10. ábra

Vannak esetek, amikor a kiegyenlítő vezeték anyagpárja nem azonos a mérő hőelem szálainak anyagával. Például nem lenne gazdaságos egy nemesfémekből összeállított hőelemhez ugyanilyen drága huzalanyagból készült, esetleg többször tíz méternyi kompenzálóvezetékkel illeszteni! Ilyenkor keresni kell olyan anyagpárokat, amelyek Seebeck-állandója azonos, vagy legalább nagyon közel esik a hőelem ágaiéhoz. A gyártók kínálatában ilyenek is bőven találhatóak.

A kiegyenlítő vezeték szigetelőanyaga nem lehet nedvszívó, el kell viselnie a környezet magas hőmérsékletét, miközben nem léphet fel az erek között 10 Mohmnál kisebb átvezetési ellenállás, 250 V/50 Hz-es feszültséggel mérve. Az alacsony környezeti hőmérséklettartományban (-10...+70 °C) egyszerű PVC szigetelés is alkalmas, de pl. 200 °C-ra már impregnált üvegszövet vagy szilikongumi szükséges.

A kiegyenlítő vezeték (jelvezeték) telepítésére a következő általános szabályok vonatkoznak:

- lehetőleg ne legyen párhuzamosan fektetve erősáramú vezetékkel,
- a jelvezeték és az erősáramú vezeték távolsága minél nagyobb legyen,
- a jelvezeték a lehető legrövidebb legyen,
- egy mérőkör jelvezetékei szorosan egymás mellett haladjanak,
- a mérővezeték erei legyenek megsodorva. (Ez, ill. az előbbi feltétel a korszerű kompenzációs vezetékeknel automatikusan teljesül),
- a mérővezeték árnyékoljuk, pl. acélcsőbe húzással. Ezzel a mechanikai sérülésektől is megvédjük. Az árnyékolócsövet csak a hőelem felőli végénél szabad földelni!,
- árnyékoljuk a nagyfrekvenciás zavarforrásokat!

A hagyományos ipari rendszereknél adottak a többnyire szabványos védőburkolatukkal együtt beépített hőelemek (ld.: 14.

fejezet), a mérőhelytől kisebb-nagyobb távolságban telepített mérőegység, és a kettőt összekötő kompenzáló vezeték. A kompenzáló vezeték mindkét végénél egy-egy izotermikus tömbbe (csatlakozóba) van bekötve (9.b ábra). Az A csatlakozó a mérőfej házában, a B az elektronikai egységen, vagy annak dobozában van. A további kapcsolási rajzokban ettől eltekintünk: az egyszerűség kedvéért a hőelemet közvetlenül a B-be bekötve ábrázoljuk.

Az A csatlakozópár ténylegesen kimarad a hagyományos rendszerekből, ha a már említett „minimál konstrukcióval” van dolgunk, azaz a hőelemet a kompenzációs vezeték végéből alakították ki.

Az elektronika fejlődésével ma már gyakori, hogy a hőelemhez közvetlenül illeszkedő, kisméretű mérőjel-kondicionáló áramkör annak közvetlen közelében, esetleg a mérőszonda erre a célra kialakított, szükség szerint hőszigetelt tokrészében helyezkedik el.

A kalibrált mérőjel-átalakító kimeneti jelét valamilyen hagyományos réz jelvezetékkel továbbítják a jelfeldolgozó/kijelző készülékhez. Ekkor a B izotermikus tömbre nincs szükség. Példaképpen a 10. ábrán bemutatjuk egy kétvezetékes, élönnullás ipari áramhurokba iktatható kompakt hőmérséklet-jelátalakító egyszerűsített kapcsolási vázlatát.

6. Csoportos hőelemek

Egyes esetekben szükség lehet a hőelemes mérés érzékenységének jelentős növelésére. Semmi akadálya nincs annak, hogy több azonos típusú hőelemet sorba kapcsolva, a termofeszültséget megsokszorozzuk, azaz n db hőelemből álló teleppel az egyetlen hőelem előállította termofeszültség n-szeresét nyerjük (11.a ábra). Ha az egyes hőelemek melegpontjainak hőmérséklete eltérő, akkor eredőként a mért értékek számtani közepét kapjuk. (Persze, csak akkor igaz ez, ha a maximális hőfokeltérést átfogó tartományban a hőelemek hőmérséklet-feszültség jelleggörbéje lineárisnak tekinthető.)

A soros „hőtelepek” egyik modern kiviteli formája a vékonyréteg áramkörök technológiájával készül: üveg, vagy üveggel bevont kerámia hordozóra gőzölögtetik fel a kétféle fém. Az ilyen eszköz akár több száz „forrasztási pontpárt” is tartalmazhat. Egyes össz-sugárásmérő pirométerekben ez képezi a sugárzásdetektort.

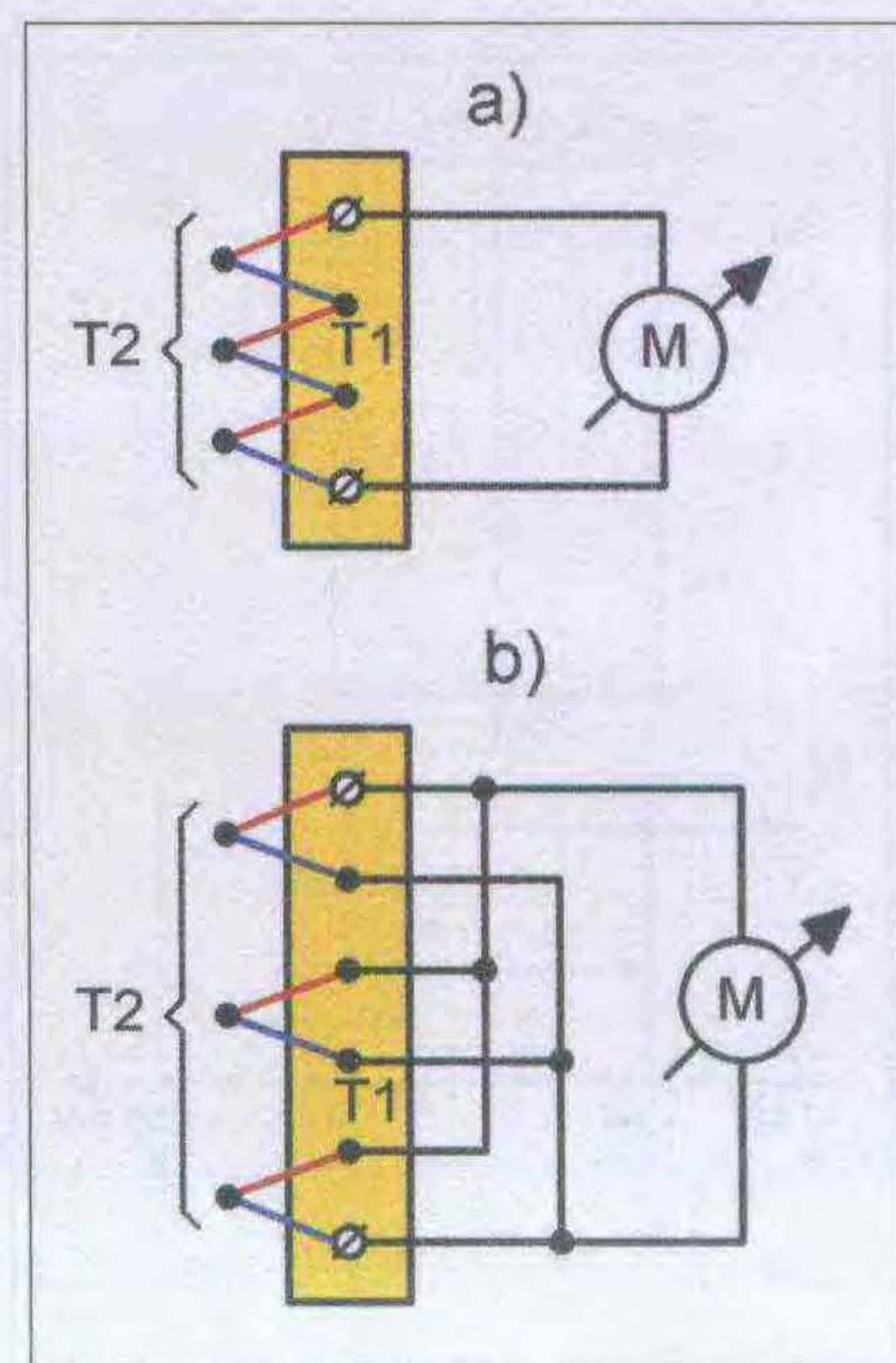
A másik önként adódó csoportképzés a hőelemek párhuzamos kapcsolása (11.b ábra).

Erre akkor kerül sor, ha az egyetlen hőelemhez illeszkedő mérőegység adott, így a termofeszültség nem többszörözhető, viszont a feladat egy nagyobb felület vagy térrész átlaghőmérsékletének mérése. Ebben az esetben nem csak a hőelemek típusának kell azonosnak lenniük, de a villamos ellenállásuknak is!

7. A hőelemek és kompenzáló vezeték jelölése

A hőmérsékletmérésre alkalmas számos fém és fémötvözet igen sokféle, gyakorlatban is használható hőelem összeállítását teszi lehetővé. Elsősorban kutatási célra és néhány egészen speciális feladathoz a felhasználók manapság is készítenek egyedi anyagpárosítású, és egyedileg kalibrált termoelemeket.

A hőelemes mérés több évtizedes gyakorlata alatt kialakultak azon bevált, jól meghatározott körülmények között használható szálanyagok és ezek párosításai, amelyeknek összetevőit, tulajdonságait és ezek tűrését szabványosították. Ma a világon rengeteg gyártó állít elő nagy tisztaságú, homogén alapanyagú tiszta fémből, ill. szabványos ötvözetből készült huzalokat, kompenzáló vezetékeket, ill. komplett, szabványos tokozású hőelemet. Még töb-



11. ábra

2. táblázat

Típus	Pozitív szál anyaga	Negatív szál anyaga	Mérés-tartomány, °C	Seebeck-állandó, $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (hőzávetőleges érték, 0 °C-nál)	Megjegyzés
B	70% Pt – 30% Rh	94% Pt – 6% Rh	0...1820*		Nagyon stabil; szűk tűréssel gyártható. 1200 °C felett az Rh szublimál, ezért csak rövid ideig használható. Oxidáló vagy inert atm.
C	95% W – 5% Re	74% W – 26% Re	0...2320		Vákuumban, hidrogénben és inertgáz-közegben használható. A szálak törékenyek! 400 °C alatt nem praktikus.
D	97% W – 3% Re	75% W – 25% Re	0...2320		Mint a C típus.
E	90% Ni – 10% Cr (Chromel))	55% Cu – 45% Ni (Konstantán)	-270...1000* (0...200)	59	Főleg 0 °C alatti tartományban haszn., oxidáló vagy inert atmoszférában. Vákuumban, kéntartalmú környezetben nem javasolt.
F	97% W – 3% Re	75% W – 25% Re			Mint a D típus. Ma már nem használatos.
G	100% W	74% W – 26% Re	0...2600		Ma már nem használatos.
J	100% Fe	55% Cu – 45% Ni (Konstantán)	-210...1200*	50	Oxidáló, redukáló és inert atmoszférában is haszn. Alacsony hőmérsékletre nem javasolt.
K	90% Ni – 10% Cr (Chromel);	96% Ni – 2% Mn – 2% Al (Alumel); 95% Ni – 2% Mn – 2% Al – 1% Si;	-270...1372*	41	Általános felhasználásra. Pontos, a korrózióknak jól ellenáll. A szálak törékenyek. Hermetikusan zárt tokba nem szabad beépíteni!
L	100% Fe	55% Cu – 45% Ni (Konstantán)	-200...900		Oxigéntől, nedvességtől, kénvegyületektől elzárva igen hosszú élettartamú. Nagypontosságú mérésekhez nem alkalmas.
M	100% Ni	82% Ni – 18% Mo	-200...100		Ma már nem használatos.
N	84,5% Ni – 14% Cr – 1,5% Si (Nicrosil)	95,4% Ni – 4,5% Si – 0,1% Mg (Nisil)	-270...1300*	39 (900 °C-nál)	A K típushoz hasonló: pontos, korrózióálló.
P	(Platinel I)	(Platinel II)	0...1395		Oxidáló vagy inert atm., mint a B típus.
R	87% Pt – 13% Rh	100% Pt	-50...1768*	11 (600 °C-nál)	Oxidáló vagy inert atm. A Pt-Rh gyakran a külső (hajlítható) borítás.
S	90% Pt – 10% Rh	100% Pt	-50...1768*	10 (600 °C-nál)	Mint a R típus.
T	100% Cu	55% Cu – 45% Ni (Konstantán)	-270...400*	39	Oxidáló, redukáló v. inert atmoszférában haszn., de a savtartalmú gázokat nem tűri. A villamos ellenállása alig függ a hőmérséklettől.
U	100% Cu	55% Cu – 45% Ni (Konstantán)	-200...600		Mint a T típus. Ma már nem használatos.

*: Részletes karakterisztika-adatok a NIST-portálon (lásd: 12. fejezet), ill. hőfoktáblázatok a Műszeroldalon

ben foglalkoznak a szabványos hőelemekhez illeszthető analóg és digitális kijelzőegységek, jelkondicionáló áramkörök, digitális kimenetű modulok, kártyák gyártásával; a választék már ezen a területen is szinte áttekinthetetlen.

Korábban mind az egyedi, mind a szabványos huzalpárokat azok vegyjelével jelölték. Amennyiben egy-egy bevált fémötvezetést alkalmaztak, annak az eredeti kifejlesztője/gyártója által adott fantázianevét szerepeltették a típusjelben (Alumel, Chromel; Hoskins Mfg.; C(K)onstantán; Wilbur B. Driver Co.; stb.). Nagyon elterjedt típus például a NiCr-Ni összeállítás. A jelölés első eleme (itt ötvözet) a pozitív szál anyagára utal, a kötőjelet követő második elem pedig a negatívra.

Ez a jelölésmód az egyedi hőelemekre ma is érvényes, azonban a széles körben használt, szabványosított típusokat ma már egyezményesen az ábécé nagybetűivel jelölik (IEC 584 v. IEC 60584, DIN 60584;

DIN 43710, DIN 43713). Így például a NiCr-Ni helyett egyszerűen K típusú hőelemről beszélünk. Azért emeltük ki éppen ezt a széles választékból, mert nemcsak hogy az egyik legelterjedtebb típus, de az amatőrök is ezzel találkoznak leggyakrabban. Mindazon alacsony és közepes árkategóriájú DMM, amelyekhez hőmérőszonda csatlakoztatható, K típusú hőelemet igényel! A vonatkozó irodalom is ezt a típust javasolja általános felhasználásra, többnyire olyanképpen, „hogy ha nincs valami nyomós indok más hőelem alkalmazására, akkor a K típusút válasszuk.”

A továbbiakban a legtöbb konkrét áramköri példánk erre a huzalpárosításra vonatkozik majd. Egyes gyártók fokozott pontosságú hőelem-sorozatokat is gyártanak, amelyeket a betűjel megkettőzésével különböztetnek meg a sztenderd sorozatoktól (pl. KK). A hőelemek szabványos pontossági osztályba sorolásáról a 13. fejezetben még szót ejtünk.

A K típusú hőelemnek van még egy sajátossága: a jelölés többféle anyagpárosítást takar, amelyek Seebeck-állandója és karakterisztikája gyakorlatilag megegyezik. A NiCr-Ni megjelölés főleg Európában járatos, az amerikai kontinensen K típusú hőelemet a Kromel-Alumel (más gyártók megnevezésével Chromel-Alumel) megjelöléssel illetik. Az „Alumel” ötvözet-elnevezés is legalább kétféle összetételre vonatkozik, de az „NiCr” elnevezés sem egyértelmű. Mindezt kiolvasható a 2. táblázatból, amelyben megpróbáltuk tömören összefoglalni a szabványos hőelemek jellegzetességeit. Bár a táblázat összeállításánál eredetileg a teljességre törekedtünk, végül nem sikerült minden cellát kitöltenünk...

A kompenzáló vezetékek típusa többnyire megegyezik a hőelemekével. Hogy azonosítani lehessen a típust, és ne cseréljük fel szereléskor az ereket, a belső érszigetelések színjelölésűek; az azonosítás a

3. táblázat

A hőelem típusa	A köpeny és a pozitív szál színe (IEC 60584-3)	A pozitív szál színe (ANSI NC96.1)
B	Szürke	Szürke
E	Ibolya	Ibolya
J	Fekete	Fehér
K	Zöld	Sárga
N	Rózsaszín	Narancs
R	Narancs	Fekete
S	Narancs	Fekete
U	Narancs	-
T	Barna	Kék

pozitív szál szigetelése alapján történik. A 3. táblázat néhány fontosabb típus IEC, ill. ANSI szabványú színekódját tartalmazza. Az IEC kódolásokat követő gyártók termékeinél a negatív szál belső szigetelése színezetlen (fehér), a külső szigetelés színe pedig megegyezik a pozitív száléval. Az ANSI MC96.1-nek megfelelő kábel köpenye barna, a negatív szál szigetelése piros. Ettől nemcsak hogy a DIN EN60584-1 tér el, de sajnos több gyártó (angol, amerikai, francia, japán, kínai, német) merőben más színekódot (is) használ.

A szabvány szerint a kompenzáló vezetékeket betűjellel is ellátják. A legegyszerűbb esetben a betűjel megegyezik a hőelem betűjével, amennyiben a vezetők anyagösszetétele azonos a hőelemével (pl. K).

A hőelem betűjele után írt „X” esetén (pl. KX) a vezetékek anyaga szintén megegyezik a hőelemével, de a szigetelőanyag nem viseli el a teljes méréstartomány hőmérsékletét. Ez fordul elő a leggyakrabban.

A „CA” vagy „CB” kiegészítő jel (pl. SCA, SCB) azt jelzi, hogy a kompenzáló vezeték ereinek anyaga eltér a hőelemétől, de a termikus jellemzői nagyon közel állnak

azéhoz. A „CA” 0...100 °C míg a „CB” 0...150 °C környezeti hőmérsékleten üzemelhet.

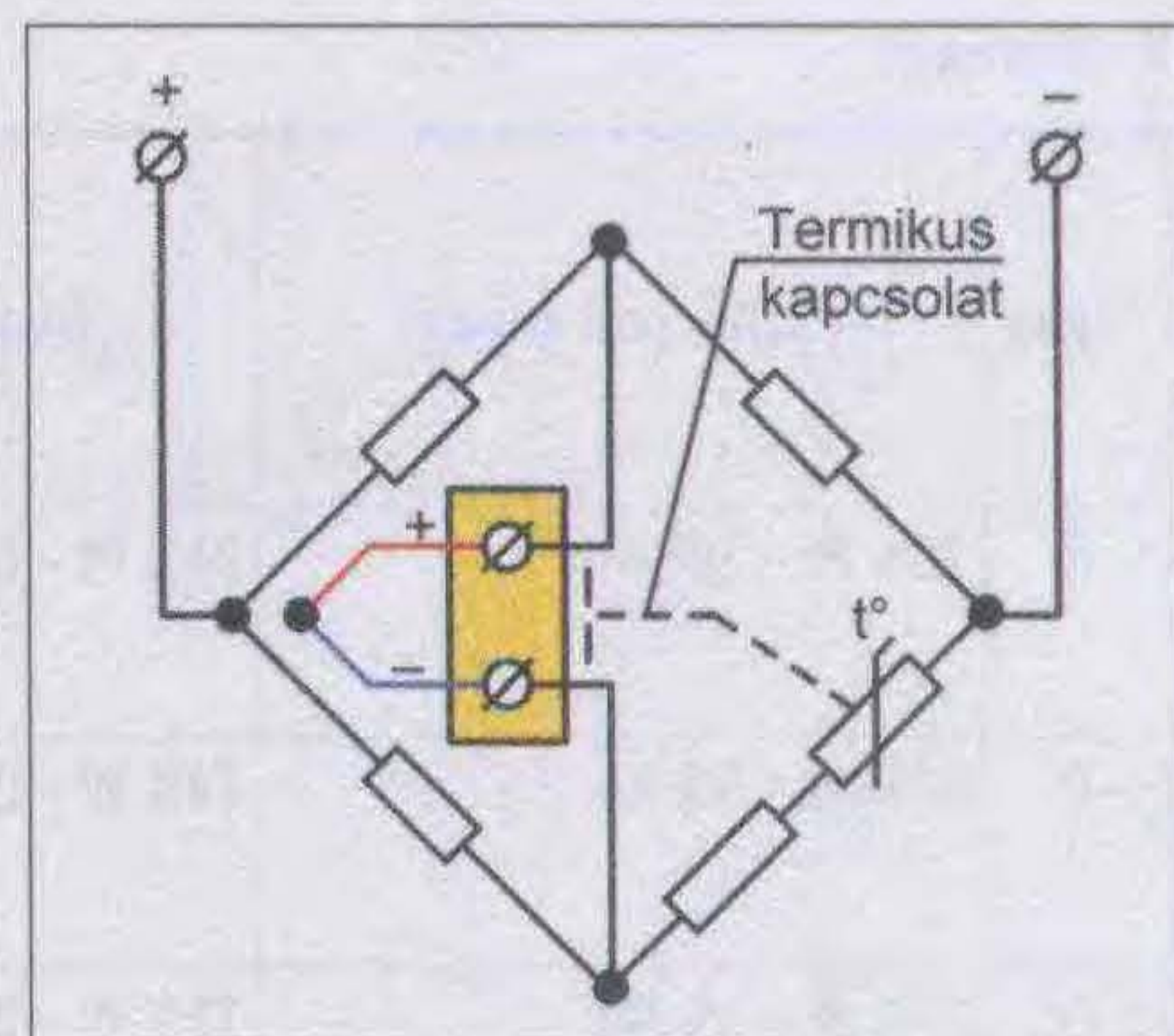
A megkettőzött betűjelről már szóltunk (pl. KK, TT stb.). Ezt a szabvány nem tartalmazza.

8. Nullpont-kompenzáció

A termoelemes mérés lényege a hőmérsékletkülönbség-mérés: a termofeszültség a mérendő pont és hidegpont (azaz a vonatkoztatási pont) hőmérsékletkülönbségével arányos. Amennyiben a hidegpontot 0 °C-on tartjuk, akkor a termofeszültség a mérendő pont Celsius-skála szerinti hőmérsékletét jellemzi. A műszereink azonban nem az olvadó jég hőmérsékletén, hanem a környezeti hőmérsékleten (pl. szobahőmérsékleten) vannak, így a hidegpont szerinti kompenzációt valamilyen módon meg kell oldani. Ez alól csak az a néhány, általában magas hőmérsékletű ipari folyamat mérési feladata lehet kivétel, ahol vagy nem számít néhány száz fős eltérés, vagy több ponton mérünk többszörös mérővel, és csak a mért pontok hőfokkülönbségei érdekesek. Ilyen például néhány kohászati alkalmazás, vagy ha a jelkondicionáló áramkör olyan klimatizált laborban van telepítve, ahol a környezeti hőmérséklet változása elhanyagolható. Ezen kívül ismert néhány olyan anyagpárosítás (pl. Ni-NiFe), amelyeknél 100...200 °C-ig nem is áll elő mértekadó termofeszültség, így sem nullpont-kompenzációra, sem kiegyenlítő vezetékre nem szorulnak.

A hidegpont-kompenzáció módszerei:

- olvadó jég,
- mechanikai módszer,
- segédhőelem,
- hídmódszer,
- elektronikai módszerek
- szabályozott hőmérsékletű fém-tömb, mint hidegpont,
- külön hőmérsékletérzékelő csatorna jelét feldolgozó szoftver.



13. ábra

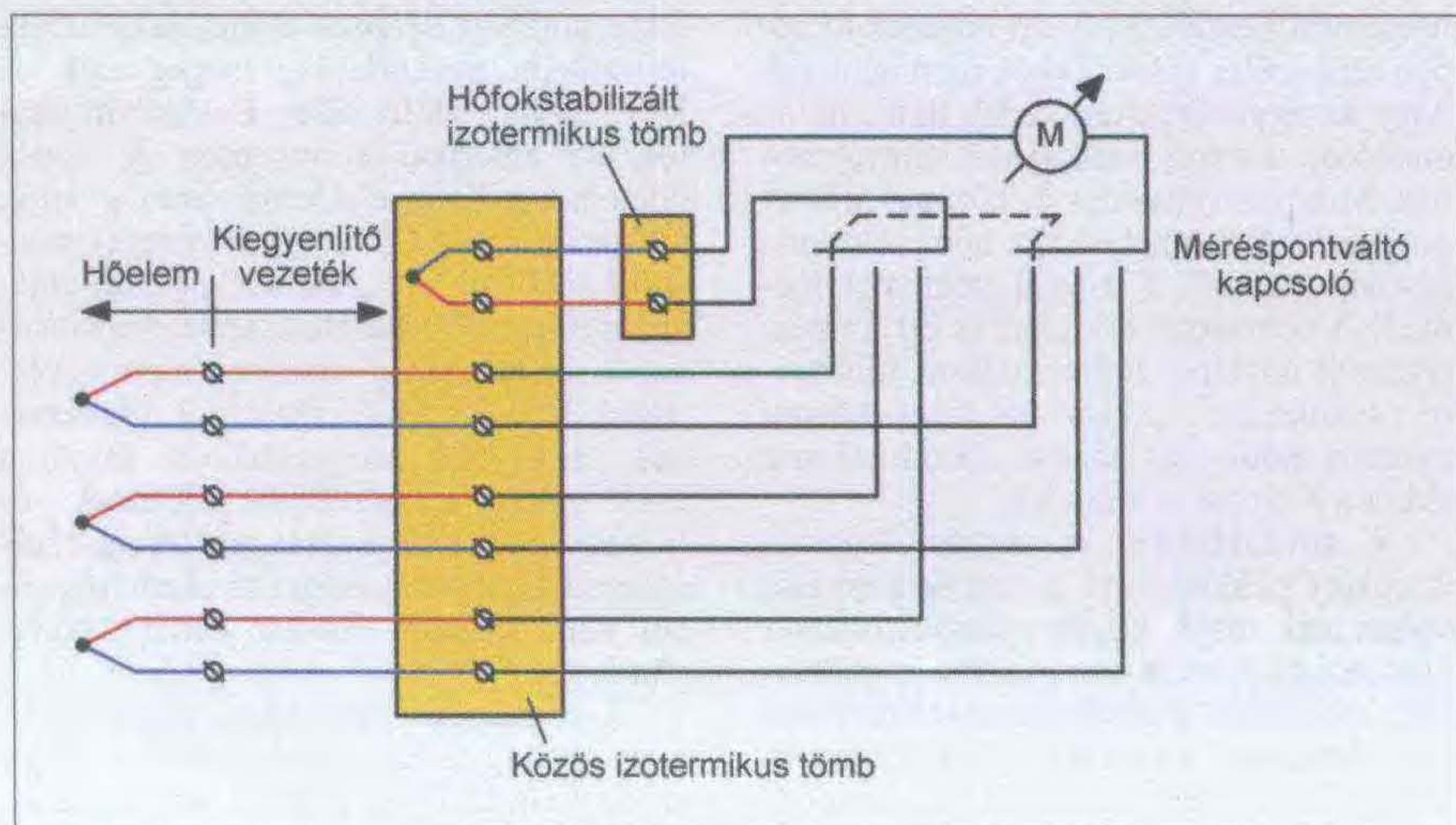
A hidegpont *olvadó jégbe* helyezése az önként adódó legősibb, mind laboratóriumban, mind ipari méréseknél alkalmazott módszer. Az olvadó jeget Dewar-palackban (népiesen termoszbán) helyezték el. Kényes, körülményes, állandó felügyeletet igényelt, ráadásul nagy méretű volt. Ma már nem használatos.

A *mechanikai módszerek* lényege, hogy a környezeti hőmérséklet (ami ez esetben a mutató mérő belső terében elhelyezett izotermikus tömb hőmérsékletével azonos) egy kettősfémet tartalmazó mechanika által befolyással van a mutató nullponti helyzetére. Ma már ezt sem alkalmazzák.

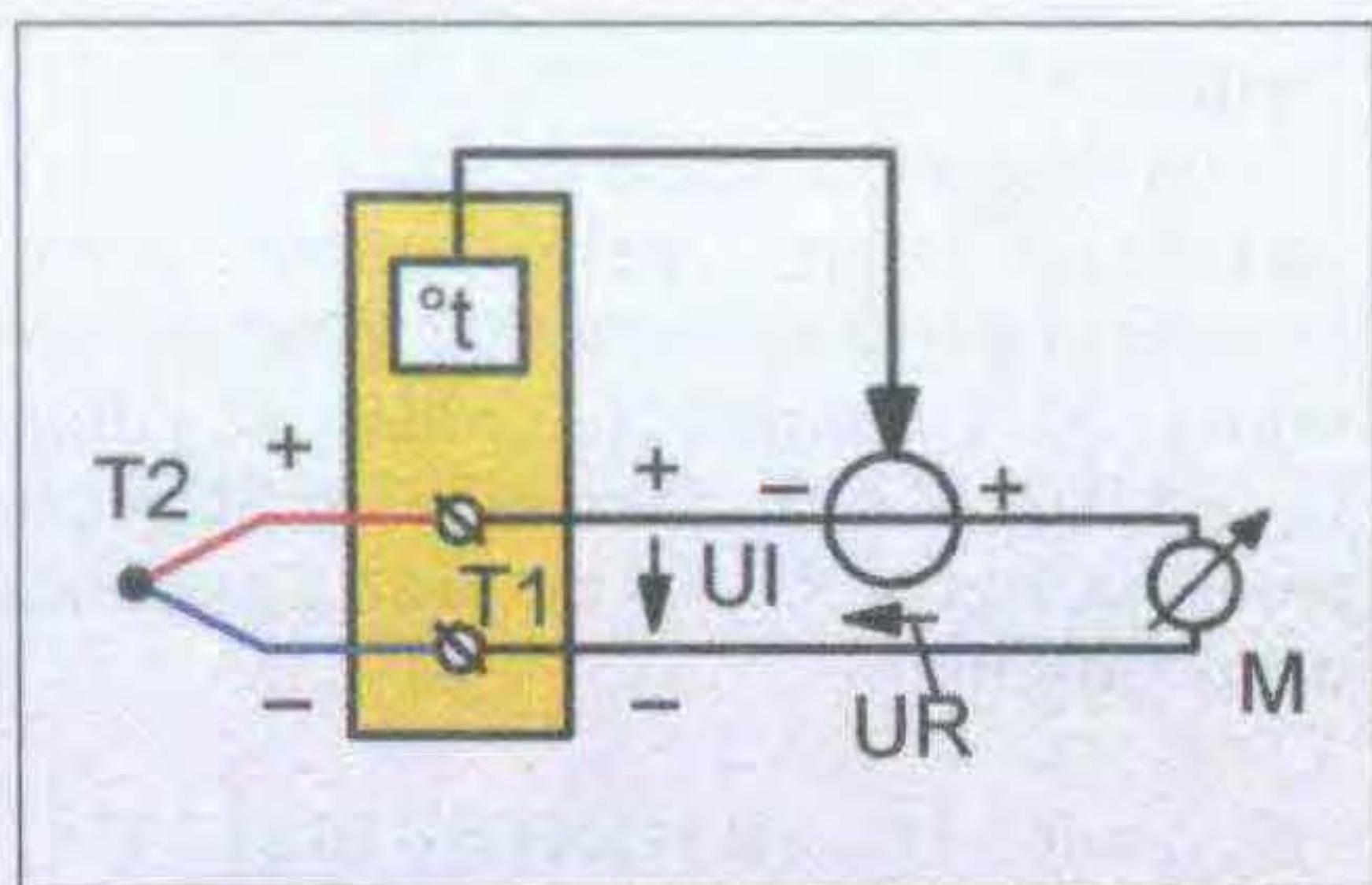
A *segédhőelemes* módszerre a 12. ábra mutat be egy hárommérőhelyes, mérőpontváltó-kapcsolós vázlatot. Természetesen mind a három hőelem és a segédhőelem is azonos típusú. A segédhőelem izotermikus tömbjének hőmérsékletét kezdetben valamilyen egyszerű állásos hőfokszabályozóval stabilizálták, amelynek érzékelője pl. higanykontakt-hőmérő volt. A modernebb rendszerekben előszeretettel alkalmazzák a Peltier-telepes szabályozást, amivel egyaránt lehet fűteni, vagy hűteni is az összehasonlító helyet. Így akár a fagyponthőmérséklete is nagy pontossággal biztosítható.

Bármilyen kompenzációs módszert választunk is, a mérőpontváltó kapcsolónak (vagy az ezt a feladatot betöltő, a mérőhelyek számával azonos számú jelfogónak) mindig kétáramkörösnek kell lennie! Ezt a szabályt azért kell betartani, mert ha a mérőkörök egyik ágát közösen nének, akkor az érzékelők vagy a jelkábelek szigetelésének romlásából adódó sönt a többi mérőkörben is meghamisítaná a mérést!

A *hídmódszer* lényege, hogy a hőelemet és a vele sorba kötött mérőműszert egy Wheatstone-híd egyik átlójában helyezik el, a másik hídátlót egyenfeszültséggel táplálják (13. ábra). A híd egy hőmérsékletfüggő ellenállást is tartalmaz, ami az összehasonlító pontokkal áll termikus kapcsolatban. Amennyiben ez pozitív hőfokfüggésű ellenállás, akkor gyakran „rézellenállást”, azaz megfelelően méretezett, zománchuzalból készült bifiláris tekercset helyeztek el itt. A külső feszültségforrásból származó áram így az izotermikus tömb hőmérsékletének a függvénye. A hidat úgy



12. ábra



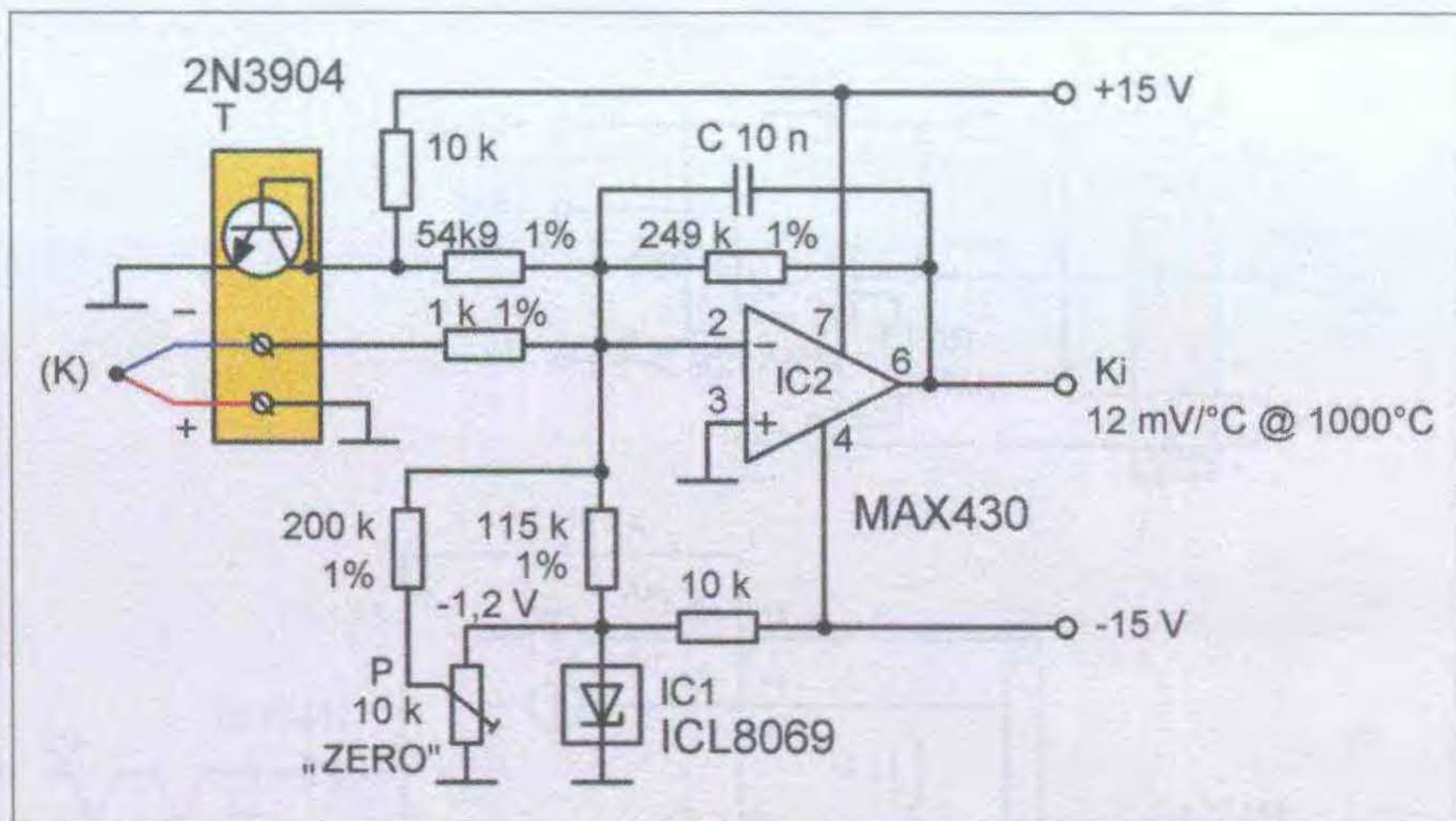
14. ábra

méretezik, hogy az áram változása éppen kiegyenlítse a külső hőmérséklet okozta nullponteltolódást. A hídrendszer sok elektronikai kompenzációs módszernek is az alapja!

Mára ez elektronikai módszerek terjedtek el a legáltalánosabban. Ez a terület rendkívül szerteágazó; a következő fejezetben megkíséreljük némileg rendszerezni, és konkrét kapcsolási példákon keresztül illusztrálni.

A hidegpont hőmérsékletének szabályozása (termosztálása) elvileg korrekt, de bonyolultsága miatt ritkán használatos. Többek között csoportos hőmérő-rendszereknél alkalmazzák, például a fentebb leírt segédhőelemes kompenzációval együttesen; lásd: ott. Ha a hidegpont fűtött, akkor a gyárilag beállított hőmérséklete általában $50 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

A szoftveres kompenzáció lényege, hogy a mikroprocesszoros mérő- és adatfeldolgozó rendszer (célműszer, vagy akár számítógép) egy külön A/D átalakítót tartalmaz, amely az izotermikus tömbben elhelyezett hőmérséklet-átalakító jelét digitalizálja. A szoftver ennek alapján aritmetikai módszerrel kompenzálja a szintén bedigitalizált hőelem-jelkondicionáló erősítő(k) mérőjeleit. Rendkívüli előnye ennek a megoldásnak, hogy a legkülönbözőbb hőelem-típusokhoz igen könnyen adaptálható, nagyon rugalmas és nagyon pontos lehet. A szoftver egy másik modulja a hőelemek linearitáshibáját is kiegyenlítheti. (A linearitáshibáról a 12. fejezetben szót ejtünk.) A korszerű, mikroprocesszoros v. mikrokontrolleres vezérlésű gyári műszerek, műszer-



16. ábra

rendszerek többségébe szoftveres kompenzációt építenek be.

9. Példák jelkondicionáló erősítőkre

A jelkondicionáló erősítő elsődleges feladata a hőelem kis (néhány mikrovoltos...néhányszor tíz millivoltos) jelét szabatos módon felerősíteni úgy, hogy a kimenőjel a kijelző műszer vagy a jelfeldolgozó rendszer számára adott átviteli tényező szerint kalibrált feszültség vagy áram legyen. Például egy $40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ Seebeck-állandójú K típusú hőelemmel szeretnénk mérni a $0 \dots 100 \text{ }^\circ\text{C}$ hőfoktartományban. A hőelem hőmérséklet/kimenőfeszültség karakterisztikáját tekintjük lineárisnak! A jelkondicionáló erősítő kimenetére egy 200 mV alapérzékenységű DVM-modult szeretnénk kapcsolni, azaz a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérséklethez 100 mV-os kimenőjel tartozik; a felbontás $1 \text{ }^\circ\text{C}$. A hőelem maximális kapocsfeszültség-változása az izotermikus csatlakozón: $\Delta U_k = 40 \times 100 = 4000 \mu\text{V} = 4 \text{ mV}$. Az egyenfeszültségű erősítőnek tehát $A_u = 100/4 = 25$ feszültségerősítéssel kell rendelkeznie. Ez gyakorlatilag bármilyen, ma kapható OPA-val könnyedén kivitelezhető. Természetesen célszerű minél alacsonyabb fe-

szültségdriftű OPA-t választani. Az átlagosnál precízebb mérési feladatokhoz egyszerű műveleti erősítő helyett „chopperstabilizált” (helyesebben: auto-zero) OPA vagy műszererősítő (Instrumentation Amplifier) képezi a jelkondicionáló áramkör alapját. A továbbiakban mindegyikre látunk majd példákat.

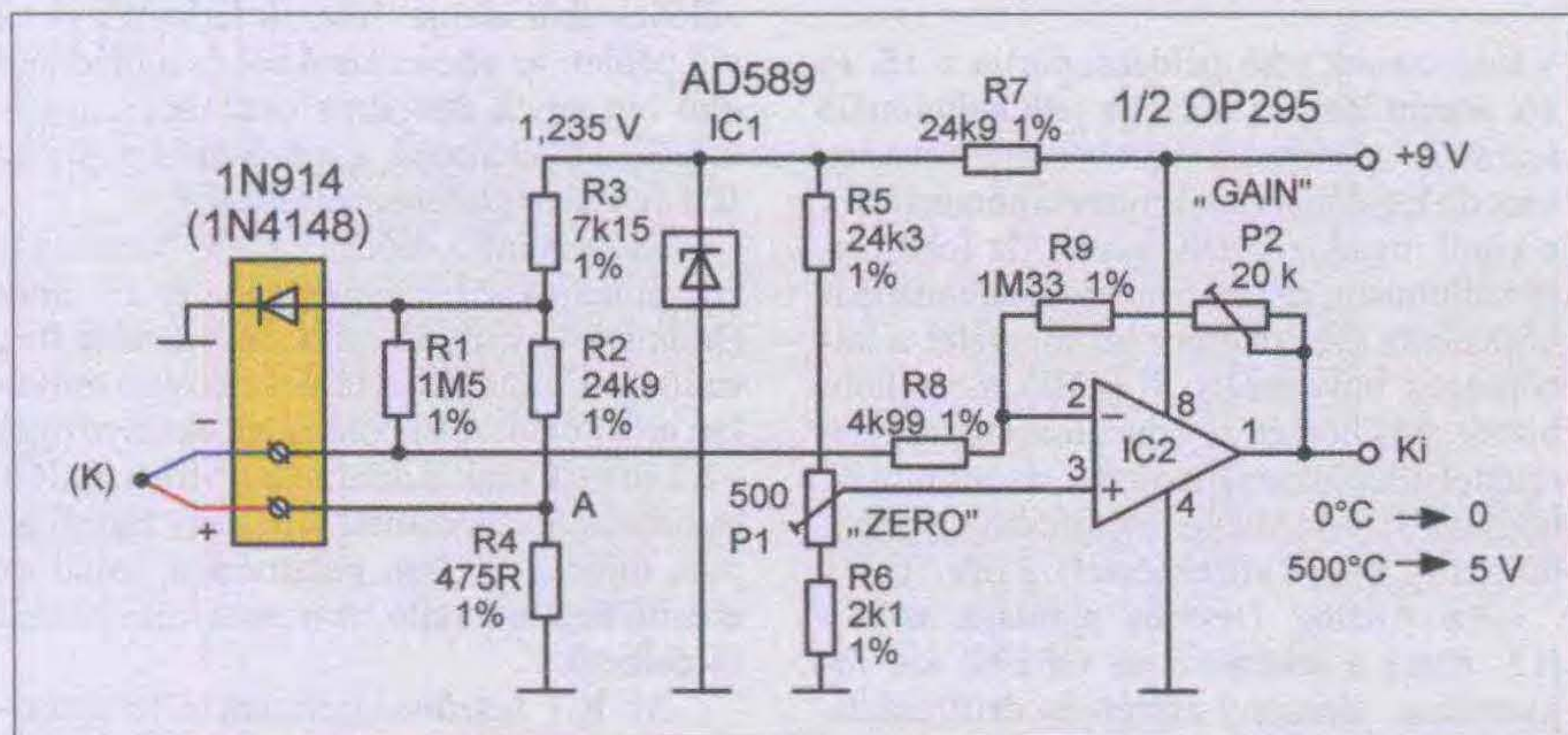
A kalibrált erősítésen kívül gyakran a jelkondicionáló egységben kell megvalósítani a nullpont-kompenzációt, azaz a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ és az izotermikus tömb v. csatlakozó éppen aktuális hőmérsékletének különbsége alapján számított nullponteltolást. A könnyebb megértést számpéldával illusztráljuk.

Tételezzük fel, hogy egy $S = 40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ Seebeck-állandójú hőelemmel mérünk a 6. ábra szerinti elemi mérőkörben. A hőelem $T_2 = +100 \text{ }^\circ\text{C}$ -os térben van. Az izotermikus pont hőmérséklete legyen a mérőszoba környezeti hőmérsékletén: $T_1 = +25 \text{ }^\circ\text{C}$. Az izotermikus csatlakozón a definíció szerint e két hőmérséklet különbségével arányos feszültség mérhető: $U_I = S \times (T_2 - T_1) = 40 \times (100 - 25) = 3000 \mu\text{V}$. Az izotermikus tömbre fel van szerelve egy tetszőleges típusú, kis méréstartományú hőfokérzékelő, amely a jelátalakító áramkörével egy hőmérsékletfüggő feszültséggenerátor-kétpólust alkot. Ez a hőmérsékletmérő kör úgy van kalibrálva, hogy a kétpólus feszültsége $U_R = T_1 \times 40 \mu\text{V} = 1000 \mu\text{V}$ legyen. A feszültségforrást kapcsoljuk sorba az izotermikus tömb utáni műszerrel, vagy jelkondicionáló áramkör bemenetével úgy, hogy a feszültségeik előjelhelyesen adjanak össze (14. ábra):

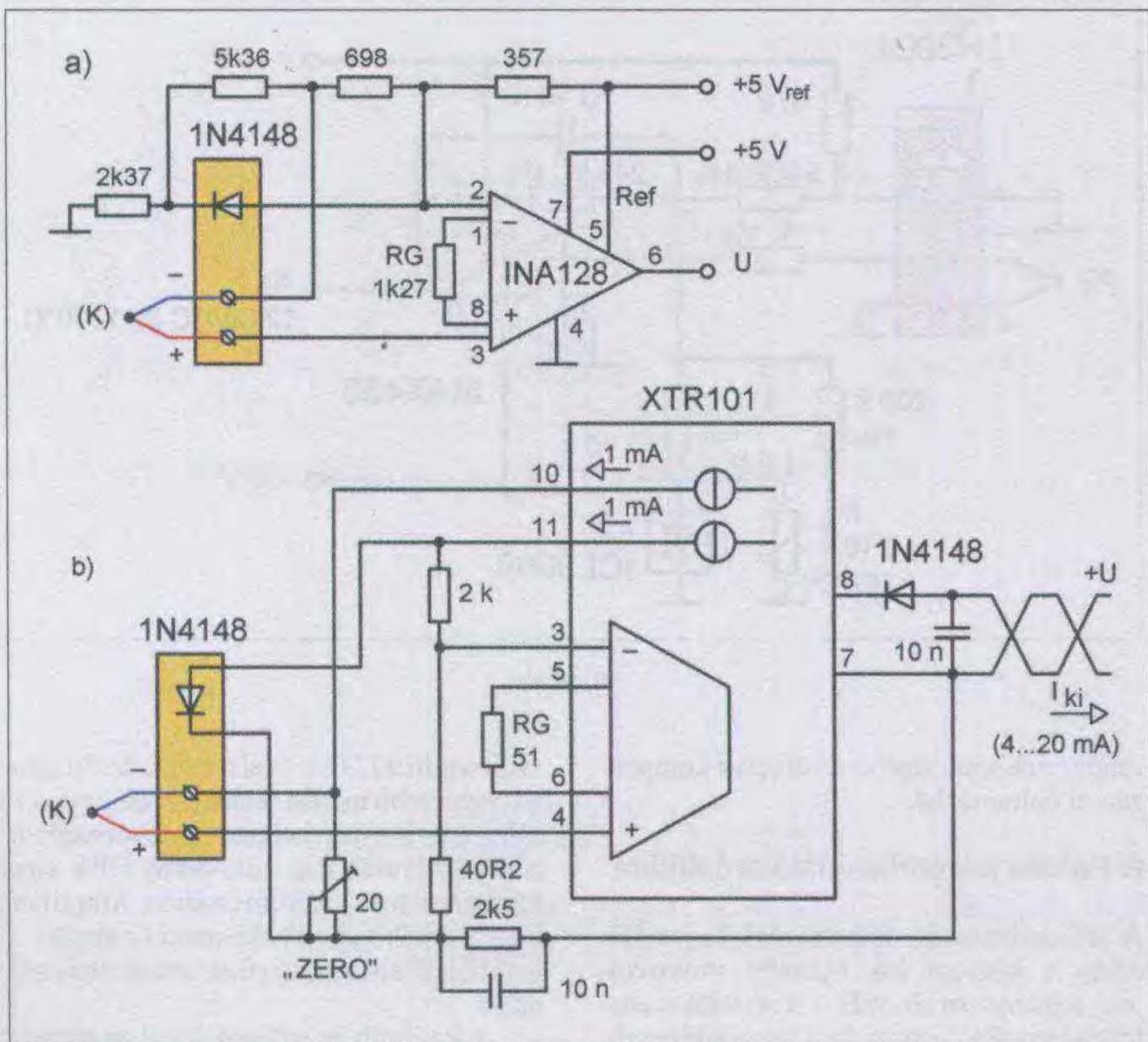
$$U_M = U_I + U_R.$$

A műszer a két feszültség összegét, $U_M = 4000 \mu\text{V}$ -ot mér, aminek megfelelően a helyes $100 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot jelzi ki.

A nullpont-kompenzációt nemcsak a mérőkörben, hanem a mérőerősítő kimenetén is elvégezhetjük. Csatlakozzon a hidegpontokhoz egy olyan DC erősítő, amelynek kimenete $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ -ra van kalibrálva! A



15. ábra



17. ábra

75 °C-os hőmérsékletkülönbséghez +750 mV kimenőfeszültség tartozik. Ha a fenti, ezúttal a jelkondicionáló erősítő kimenetével megfelelő polaritással sorba kapcsolt feszültséggenerátor is 10 mV/°C-ra van beállítva, akkor az izotermikus tömb 25 °C-os hőmérséklete azon 250 mV-ot eredményez. A kimeneti jelfeszültség: $U_M = 750 + 250 = 1000$ mV lesz. Végző soron mindkét módszer eredménye:

$$U_M = A \cdot S (T_2 - T_1),$$

ahol A a műszerállandó, ill. a DC erősítő feszültségerősítése

Ugyancsak a jelkondicionáló áramkörben kell lehetővé tenni a tényleges nullpont beállításához szükséges állandó értékű szinteltolást (azaz a mérőrendszer kinullázását) is, hiszen az izotermikus tömb hőmérsékletét érzékelő áramköri részlet jelfeszültsége általában 0 °C-on $\neq 0$, sőt, a DC erősítőnek is lehet offsetfeszültsége.

Az említett feladatok együttes megoldására számtalan áramköri variáció született. Jelen cikkben nem vállalkozhatunk még csak arra sem, hogy az összes lényeges áramkörtípust bemutassuk. Meg kell elégednünk annak a legjellemzőbb néhány példának a taglalásával, amelyek a közismert, élvonalbeli félvezetőgyártók adatlapjain, alkalmazási segédleteiben megtalálhatók, és amatőr körülmények között sem okoz túlságosan nagy gondot a megvalósításuk.

Ebben a fejezetben számos olyan kapcsolási rajz szerepel, amelyen olvasóink számára ismeretlen integrált áramkör(ök) is van(nak). A szöveges részben is megemlítünk ilyen „egzotikus” IC-eket, modulokat. Annak azonban nem láttuk értelmét, hogy az irodalomjegyzékben feltüntessük mindegyikük dokumentációjának, adatlapjának a forrását, mert ez károsan befolyásolta volna cikkünk terjedelmét!

Az összes ilyen eszköz adatlapja, sőt sok esetben alkalmazási segédlete az interneten könnyen fellelhető, ha pl a Google keresőgépbe bevisszük az IC vagy modul típusjelét és a *datasheet* szót.

9.1. Diódás nullpont-kompenzáció

Válogatásunk első példacsoportja a **15. és 16. ábrán** látható. Mivel a jelkondicionáló áramkör többnyire szobahőmérsékleten van, de legalábbis a környezeti hőmérséklet e körül ingadozik néhány száz fokos intervallumban, az izotermikus csatlakozópár hőfokának érzékelésére jól megfelel a közös univverzális Si jeldióda. A hobbiisták más hőmérési feladatokra is előszeretettel alkalmazzák a diódát, és jól tudják, hogy az Si p-n átmenet nyitófeszültségének hőfokfüggése jó közelítéssel -2 mV/°C.

Az Analog Devices ajánlása szerint (15. ábra) a jelerősítő az OP295, kis fogyasztású, alacsony offset- és driftfeszültségű, egyetlen tápfeszültségről üzemelő „rail-to-rail” műveleti erősítő. A kapcsolat

áramfelvétele kb. 0,5 mA, így akár egy 9 V-os teleppel is működtethető. Az egyenfeszültségű szintek értelmezéséhez feltételezzük, hogy az izotermikus tömb hőmérséklete 20 °C, amikor is a diódán, mondjuk, $U_{D20} = 0,65$ V esik, azaz ennyi az anód potenciálja. Ezt az R2, R4 osztó az A pont számára leosztja:

$$U_{A20} = R_4 \cdot U_{D20} / (R_2 + R_4) \cong 0,01217 \text{ V} = 170 \mu\text{V}.$$

Tételezzük fel, hogy az izotermikus tömb, és ezzel együtt a dióda réteghőmérséklete egy fokkal emelkedik, azaz a rajta eső feszültség 2 mV-tal csökken: $U_{D21} = 0,648$ V. A fenti összefüggés alapján ekkor az A pont feszültsége 130 μ V-ra csökken. A különbség kb. 40 μ V – névlegesen 40,7 μ V – ami a K típusú hőelemek Seebeck-állandójára megadott tartományba esik. (Mint említettük, ez a hőelemtípus többféle ötvözetpárosításból is összeállítható. A forrásanyagokat tanulmányozva a Seebeck-állandóra 39 és 43 μ V/°C közötti értékeket találtuk.)

A jelkondicionáló áramkörtől megköveteljük, hogy a kimeneti feszültsége fokként 10 mV-ot változzon. Ebben a kapcsolatban a hőelem negatív csatlakozópontja kapcsolódik az erősítő bemenetéhez, így azt $-A_u = 250$ körüli erősítésre kell beállítani. A konkrét értékekkel a 4,99 kohm bemenőellenállású invertáló erősítő feszültségerősítése a $-A_u = (R_9 + P_2) / R_8$ összefüggéssel számolható, az átviteli tényező kalibrálása a P2 trimmerrel történik.

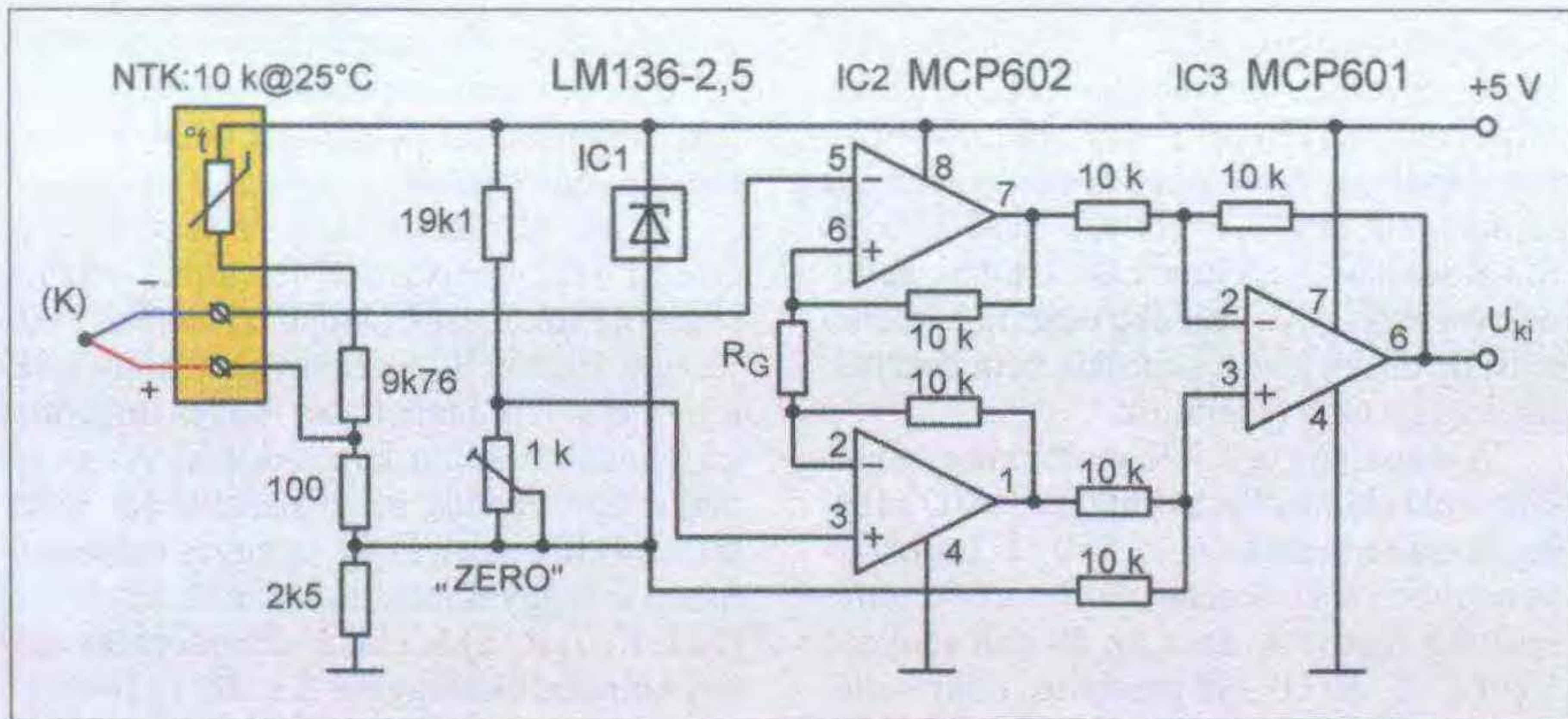
Az izotermikus csatlakozó pozitív pontja „el van emelve” a földtől. Hogy a jelkondicionáló áramkör kimenőszintje 0 °C-os térben levő hőelem esetén 0 legyen, az OPA neminvertáló bemenetét is pozitív potenciálra kell emelni. Erre szolgál az R5, P1, R6 osztó, amelyben a P2 többfordulatú trimmerrel a nullpont finoman beállítható.

Az R1 a többi ellenállást nagyságrendekkel meghaladó értékével nem változtatja meg lényegesen a viszonyokat, viszont *mérőkörszakadás* esetén az erősítő bemenetét pozitív potenciálra kényszeríti, így annak kimeneti szintje 0 lesz.

A *hidmódszer* rövid bemutatásánál említettük, hogy az sok elektronikai kompenzálóáramkör alapja. Íme, itt láthattuk rá az élő példát: az ellenállásokból és a diódából álló híd egyik átlójához csatlakozik a jelerősítő a hőelemmel, a másik átlót pedig az IC1 feszültségreferencia táplálja!

Esetenként a diódát egy Si tranzisztor BE átmenetével helyettesítik. A 16. ábra (Maxim) egy ilyen változatot szemléltet, ezúttal szimmetrikus tápfeszültségű műveleti erősítővel. A BE-dióda hőfoktényezőjét $-2,2$ mV/°C-nak deklarálták. Mivel az IC1 referenciaforrás ezúttal a negatív tápágban van, mind a hőelem pozitív ága, mind az erősítő neminvertáló bemenete közvetlenül földelhető.

Az IC1 feszültségreferencia feszültségéből osztják le a BE átmenet nyitófeszültségéből adódó szinteltolást kompenzáló fe-



18. ábra

szültséget. A nullpont a trimmerrel jusztrórozható.

A MAX430 egy ún. chopperstabilizált (valójában integrált automatikus ofszet-kompenzációval rendelkező) OPA. Az invertáló erősítő $-A_u = 249$ -re van fixen beállítva, tehát itt is nagyjából a fenti Seebeck-állandóval számoltak.

A 17.a ábrán olyan kapcsolást szemléltetünk, amelyben a jelerősítő szerepét egy műszererősítő tölti be (Burr-Brown). A műszererősítő lényeges paraméterei (CMRR, nullpontstabilitás) előnyösebbek, mint az „egyszerű” OPA-é. A rendszer átviteli tényezőjét az R_G ellenállás állítja be. Az INA128 esetén $A_u = 1 + (49,4 \text{ kohm}/R_G)$; esetünkben kb. 40-szeres.

A 17.b ábra áramköre egy különleges tokon, a Burr-Brown XTR101 típusú, precíziós, alacsony driftű, kétvezetékes ipari áramhurokba iktatható jelkondicionálón alapul, amelynek jelerősítője egy „két-OPA-s” műszererősítő.

Ez az IC hőellenállás (RTD), vagy egyéb, ellenállásváltozáson alapuló átalakító fogadására is alkalmas, de most természetesen a K típusú hőelem illesztését mutatjuk be.

Ha a kimeneti áramtartomány $\Delta I_{ki} = 16 \text{ mA} = 0,016 \text{ A}$, a bemeneti feszültségtartomány – példának okáért $0 \dots 500 \text{ }^\circ\text{C}$ hőfoktartományt és $40 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ Seebeck-állandót feltételezve – $\Delta U_{be} = 20 \text{ mV} = 0,02 \text{ V}$, akkor

$$R_G = 40 / (\Delta I_{ki} / \Delta U_{be} - 0,016) = 40 / (0,016 / 0,02 - 0,016) = 51 \text{ ohm.}$$

Az R_G ellenállás egy trimmerpotmétert tartalmazó taggal is helyettesíthető, amivel a jelkondicionáló kalibrálhatóvá válik.

9.2. Termisztoros és egyéb hőfokfüggő ellenállással történő nullpont-kompenzáció

A szakirodalomban fellelhető kapcsolási rajzok majdnem mindegyikében a kommersz digitális hőmérsékletmérők érzékelőjeként elterjedt, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -on 10 kohm os NTC gyöngytermisztor szerepel. Első példánkban (18. ábra; Microchip) egy műveleti erősítőkől és precíziós ellenállásokból egyedileg összeállított műszererősítő képezi a mérőerősítőt. A feltüntetett Microchip gyártmányú típusok $2,7 \dots 5,5 \text{ V}$ közötti,

szimpla tápfeszültségről üzemelő rail-to-rail be- és kimenetű tokok. A bemeneti ofszetfeszültségük jellemzően $0,7 \text{ mV}$, az ofszetfeszültség driftje $2,5 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Hasonló jellemzőkkel bíró OPA-akat minden ezzel foglalkozó gyártó választékában találhatunk. Az átviteli tényező az R_G ellenállással állítható be, az alábbi összefüggéssel számolva:

$$R_G = 20 \text{ kohm} / (A_u - 1).$$

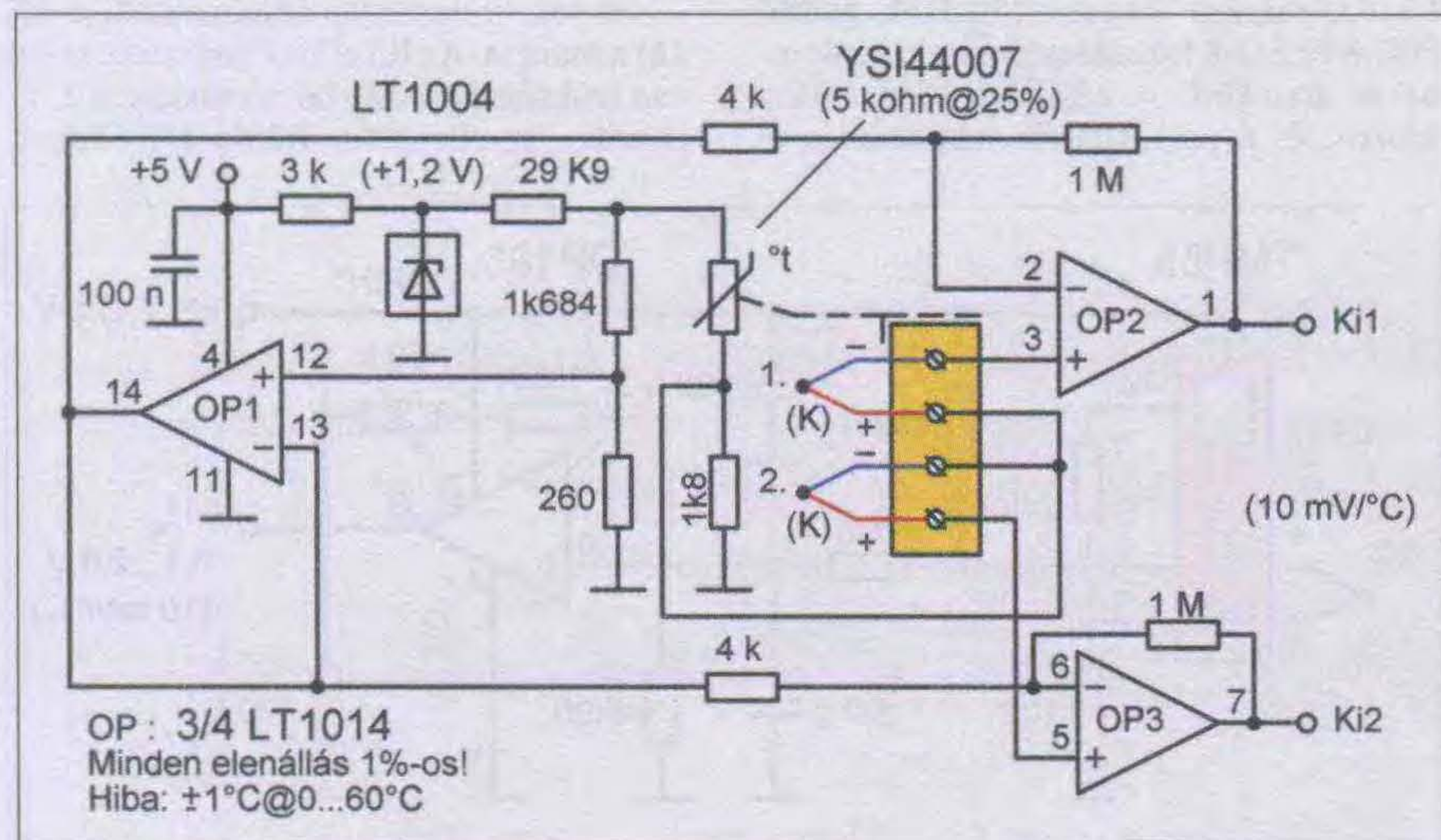
Ha maradunk az $S = 40 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ Seebeck-állandónál és a $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ átviteli tényezőnél, akkor a szükséges erősítés $10\,000/40 = 250$. A fenti képletbe behelyettesítve $R_G = 80,3 \text{ ohm}$ adódik.

A 19. ábra kétsatornás jelkondicionálót szemléltet (Linear Technology). A két hőelem egy közös izotermikus tömb kapocspárjaira csatlakozik. A kompenzáló NTK termisztor precíziós gyártmány, ami egy Wheatstone-híd eleme. A 0 kimenetet beállító vonatkoztatási feszültség az OP1 kimenetén áll elő. Az izotermikus tömb negatív kapcsaira vezetjük a híd kompenzáló feszültségét, ami $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -on megegyezik az OP1 neminvertáló bemenetének szintjével. Az LT1014 precíziós négyes műveleti erősítő, igen kedvező ofszet- és driftadatokkal.

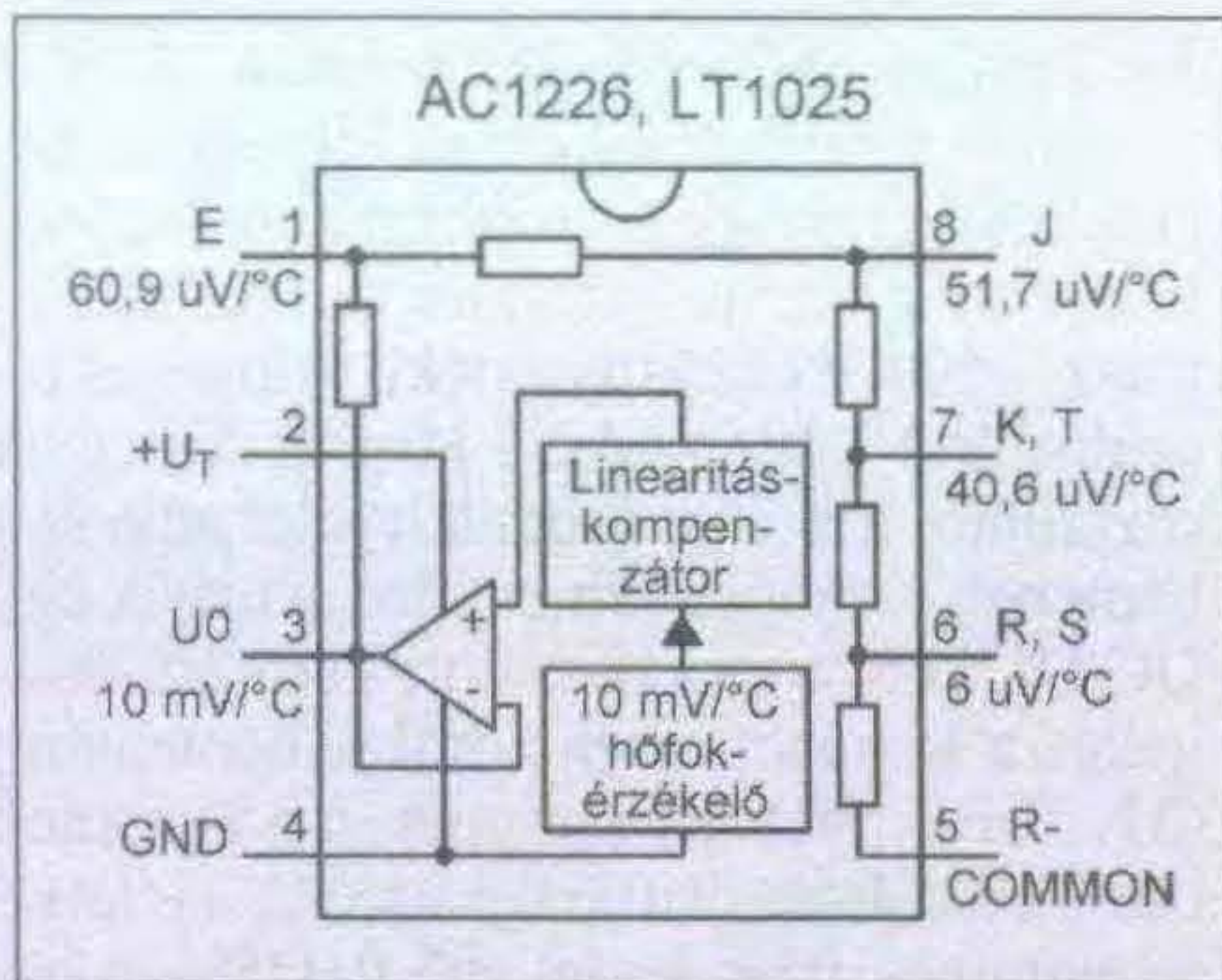
Megemlítjük, hogy PTC termisztorral, ill. az ahhoz hasonlóan viselkedő, de lineárisabb karakterisztikával jellemezhető, terjedési ellenálláson alapuló Si hőfokérzékelőkkel is kialakítanak nullpont-kompenzáló áramköröket. Néhány, hőelemes mérőrendszerekkel foglalkozó gyártó megemlíti adatlapjaiban, műszerismertetőiben, hogy a hidegpont-kompenzáció pl. KTY81-gyel történik. A nagyon precíz műszerekben platina hőfokérzékelővel (RTD-vel) mérik az izotermikus tömb hőmérsékletét. Sajnos, a tényleges kapcsolási rajzokat nem publikálják, bár az érzékelők adatainak ismeretében és az eddigiek alapján megtervezhetők a kompenzáló-áramkörök.

9.3. Nullpont-kompenzáció integrált hőfokérzékelőkkel

Minden komoly félvezetőgyártó kínálatában többféle, kalibrált, hőmérsékletmérésre alkalmas integrált áramkör szerepel. Ezeket előszeretettel ajánlják erre a feladatra is. A következő három ábrán a National Semiconductor adatlapjairól származó kapcsolási példák szerepelnek. Mindegyik kapcsolat alapja az LM335 precíziós, kelvinben kalibrált, Z-diódaként viselkedő hőmérsékletérzékelő kétpólus, amelynek alapérzékenysége $10 \text{ mV}/\text{K}$. Az IC-t a következő tokozással hozzák forgalomba: TO-92 (LM335Z), SO-8 (LM335M), SO-46 (LM335H). A kalibrálása a kivezetéseihez csatlakoztatott 10 kohm os trimmerrel javasolt. Az áramkörök feszültségreferencia-forrása az LM329B, névlegesen $6,9 \text{ V}$ -os, $15 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ stabilitású IC. Ezt TO-92 (LM329BZ) és TO-46 (LM329BH) stílusban tokozzák.



19. ábra



24. ábra

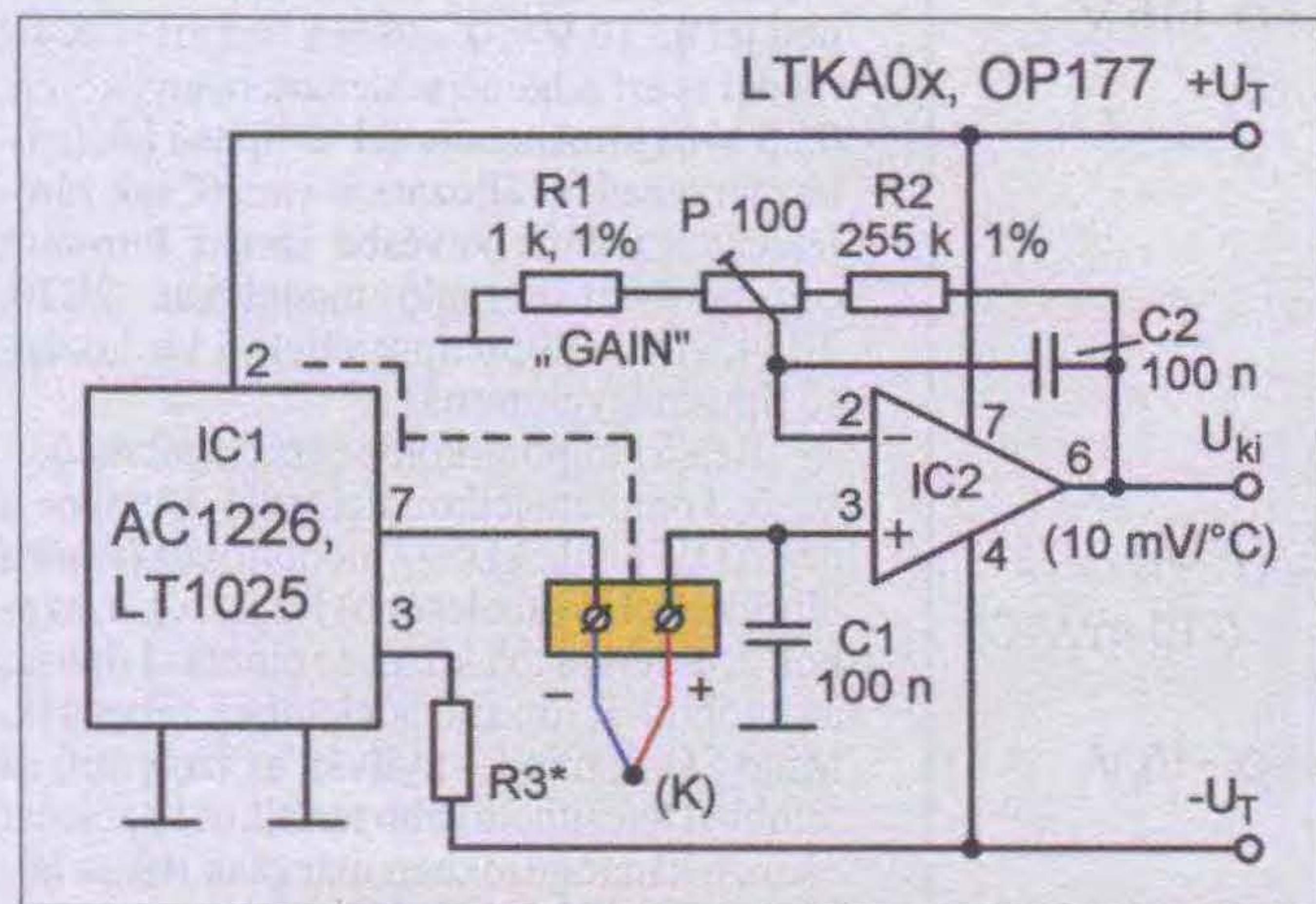
Az R2 a kívánt kimeneti érzékenység függvényében választandó meg. A kompenzáló IC előnye szembevetendő: a kompenzációs választékában szereplő típusok közül bármelyiket használhatjuk a jelerősítő kalibrációjának megváltoztatása nélkül, csupán az izotermikus tömb negatív elvezetését az ennek megfelelő lábhoz kell csatlakoztatni!

Az IC2 különlegesen kis offsetfeszültségű és driftű, bipoláris (az ábrán ilyeneket tüntettünk fel), vagy ún. „chopperstabilizált” típus (pl. LTC1050, LTC1052) lehet.

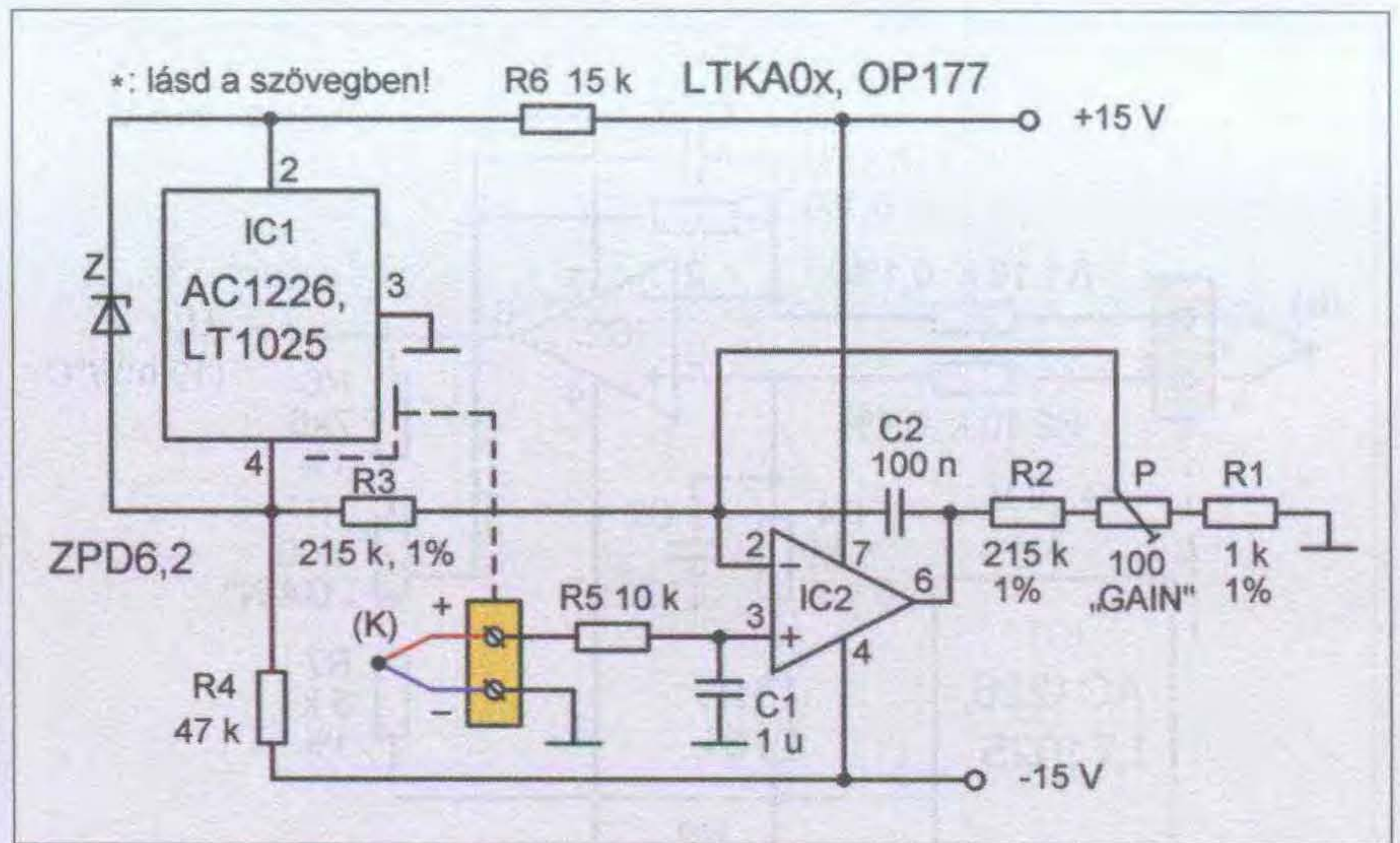
A 26. ábra egy földelt termoelemhez tervezett áramkört mutat be. Itt az IC1 ellenálláshálózatát nem használjuk, a kompenzációt külső ellenállásokkal „hangoljuk be”.

Ugyanígy, külső Seebeck-állandót beállító hálózattal rendelkezik a 27. ábra kapcsolása. Ebben az áramkörben a műveleti erősítő szimmetrikus bemenetű differenciaerősítőként üzemel. A megoldás akkor előnyös, ha a termoelemre valamilyen egyenpotenciál vagy jelentős zajfeszültség (pl. brumm) kerülhet. Az OPA ennél, ill. a következő ábra példájánál is az előbbi a fent említett szempontok szerint választandó.

Az eddigi példánk mindegyikében a kompenzáció a mérőkörbe avatkozott be. Ez azonban nem törvényszerű, hiszen akár az erősítő kimenőjele is eltolható, amint az a 28. ábrán látható. Mivel mind az erősítő, mind a kompenzáló IC kimenőfeszültségének hőfokfüggése 10 mV/°C, ez az áramkör semmi pótlólagos passzív elemet nem igényel!



25. ábra



26. ábra

A kompenzáló áramkört az erősítő negatív visszacsatoló hálózatába is beiktathatjuk. Ha ezt a 29. ábra szerint tesszük, akkor a teljes egészében elmarad a szokásos visszacsatoló ellenálláshálózat. Ez a példa rávilágít arra is, hogy értelme van a GND és a „R-COMMON” különválasztásának.

A 30. ábra érdekes módszert vázol fel, ami kifejezetten műszererősítővel valósítható meg. Az LTC2053 a Linear Technology különleges, „repülőkonduktív” bemeneti leválasztású műszererősítője, „zero drift” belső OPA-kkal. A kompenzáció a más alkalmazásokban általában a GND-re kötött REF pont szinteltolásával történik, azaz kapcsolásunk a jelerősítő kimenetéhez hozzáadott kompenzáló feszültség esetét illusztrálja.

9.5. Nullpont-kompenzáció nélküli jelkondicionáló

Amatőr célra, ha a környezeti hőmérséklet változása elhanyagolható, a hőelemekkel való kísérletezés kezdeti lépéseikhez alkalmas lehet a 31. ábrán bemutatott áramkör, amit A/D-bemenet vezérlésére terveztek.

A P1 potenciométerrel az IC1 fokozat erősítése viszonylag széles tartományban ($Au_1 = 16...21$) beállítható, így többféle hőelemmel is kísérletezhetünk. Az R1 esetleges mérőkör-szakadás esetén az IC1 neminvertáló bemenetének potenciálját a két Z-dióda által megszabott, kb. +5,3 V-ra emeli, így az áramkör jelkimenete a pozitív tápfeszültség közelébe „akad ki”. Az R2, C1, R3,

C2 kéttárolós integráló tag az 50 Hz-es zavarójelet („brumot”) csillapítja.

Az IC2 erősítése: $Au_2 = 7,8$. Erre a helyre lehetőleg 0 körüli offsetfeszültségre válogatott példányt tegyünk!

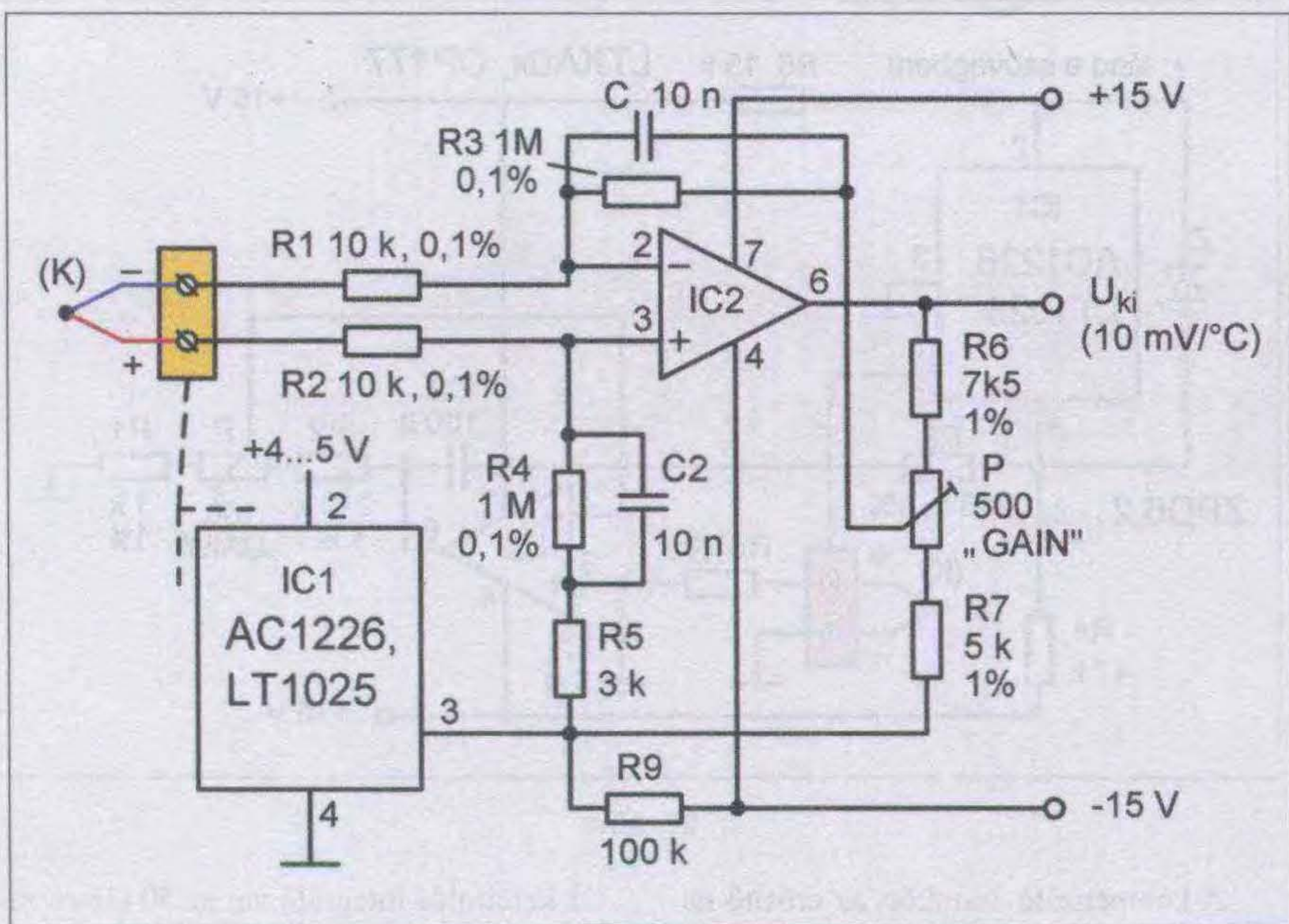
Az összerősítés $Au = Au_1 \cdot Au_2 \approx 125...164$. A határok az R7 cseréjével módosíthatók. Ha K típusú hőelemet csatlakoztatunk az izotermikus tömbhöz (ami akár egyszerű, kételemes nyák-sorkapocs is lehet), és 4 mV/100 °C jelfeszültséggel számolunk a bemeneten, akkor 25 °C-os környezeti hőmérséklet (ez egyben a sorkapocs hőmérséklete) mellett, 0 °C-os térbe helyezve a hőelemet, a bemeneten -1 mV jelentkezik. (Ez az az eset, amikor a „hidegpont” a melegebb pont...) A P2-vel az IC1 offsetfeszültségét elállítva a kimenetet ki-nullázzuk; ez a művelet helyettesíti az automatikus nullpont-kompenzációt.

Az érzékelőt 100 °C-os térbe áthelyezve, a jelkondicionáló kimenetén a visszacsatoló hálózatok megadott elemértékei mellett +500...656 mV-os feszültség jelentkezik.

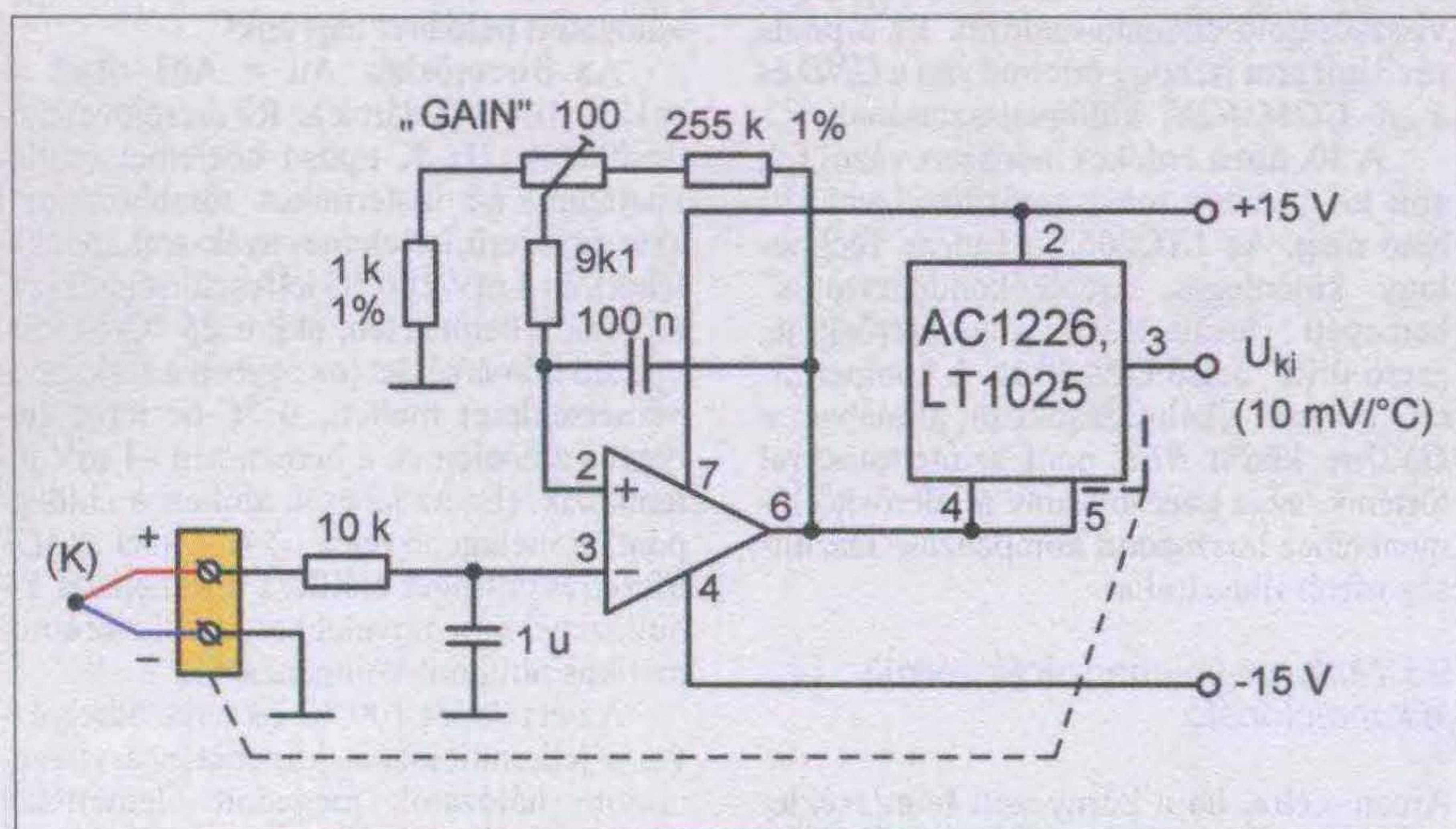
10. Jelkondicionáló cél-integrált áramkörök

Az előbbi költségkímélő amatőrkonstrukció után lássuk a másik végletet! A hőelemes műszerek gyártóinak nyilván az lenne a legkényelmesebb, ha nem kellene számos alkatrészből, precíziós ellenállásokkal teletűzdelt, nehézkesen beállítható jelkondicionáló áramköröket építeniük; mindezt megkapnák készen. Nem kell feltételes módon fogalmaznunk: néhány IC-gyártó termék választékában ilyenek is találhatóak, csak győzzük megfizetni! Ebben a fejezetben a terjedelmi korlátok miatt a kiragadott néhány jellegzetes példa részletezését mellőzzük.

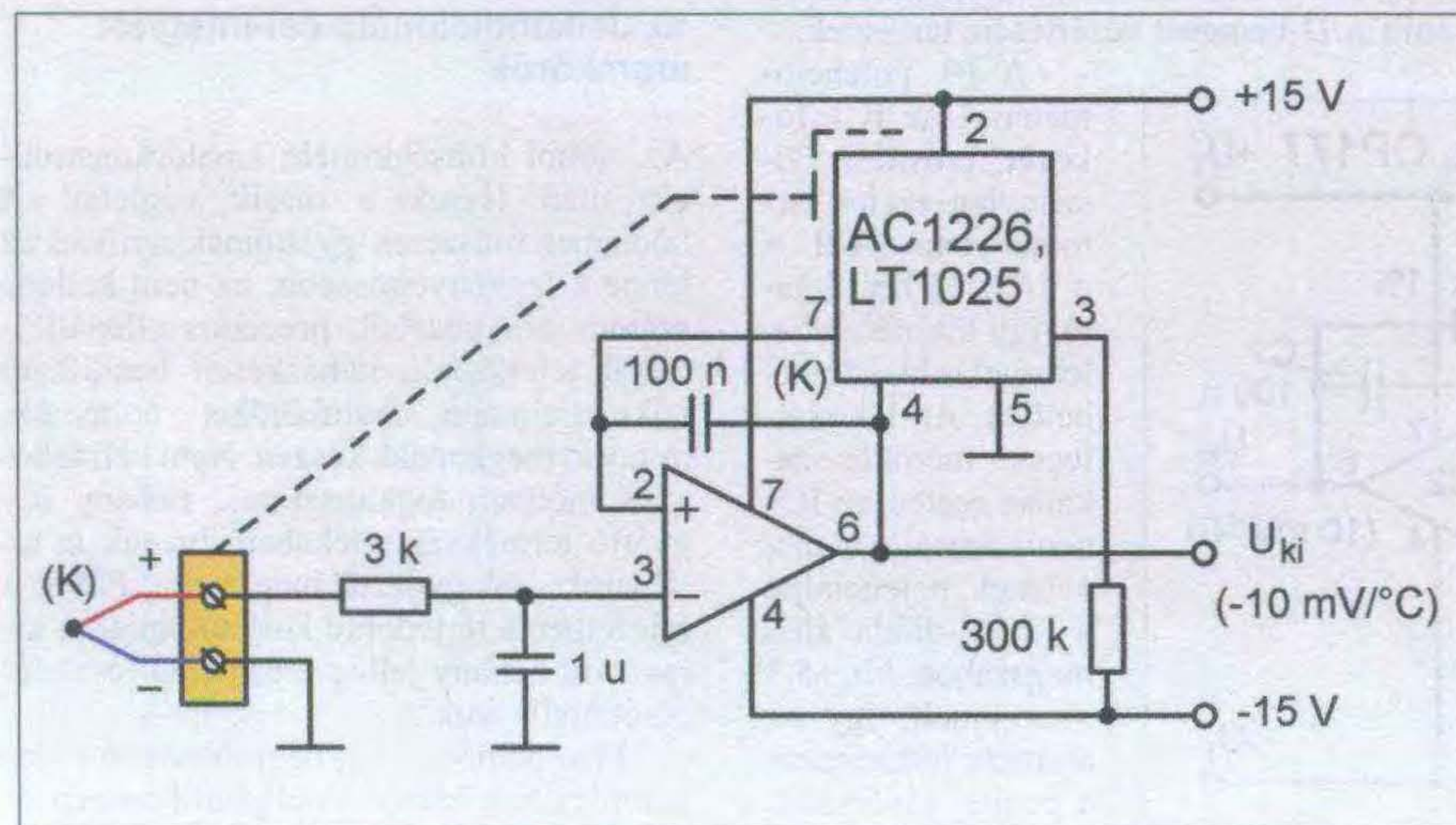
Első példánk még nem tükrözi a teljes komplexitást, hiszen a nullpont-kompenzációt külön kell megoldani, célszerűen az előzőekben ismertetett kompenzáló IC-vel.



27. ábra



28. ábra



29. ábra

Az Analog Devices 1B51 típusú, $25,4 \times 50,8 \times 9$ mm-es tokozású hibridáramkör érdekessége, hogy transzformátorokkal valósítja meg a teljes galvanikus elválasztást (max. 1500 V effektív értékű szinuszos feszültségre) a két szekció között. Az egyik oszcillátor a vivőre modulált jelet adja át a bemeneti részből a kimenetire, a másik egy DC/DC konverter részeként, a tápfeszültségeket a kimeneti szekcióról a bemenetire (32. ábra). Néhány paraméter: a bemeneti ofsztetfeszültség driftje $0,1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$, a jelátvitel nonlinearitása legfeljebb 0,025%, a beépített aluláteresztő szűrő törésponti frekvenciája 3 Hz. A tokot sokcsatornás ipari mérőrendszerekhez javasolják, különösen földelt hőelemekhez (lásd: később).

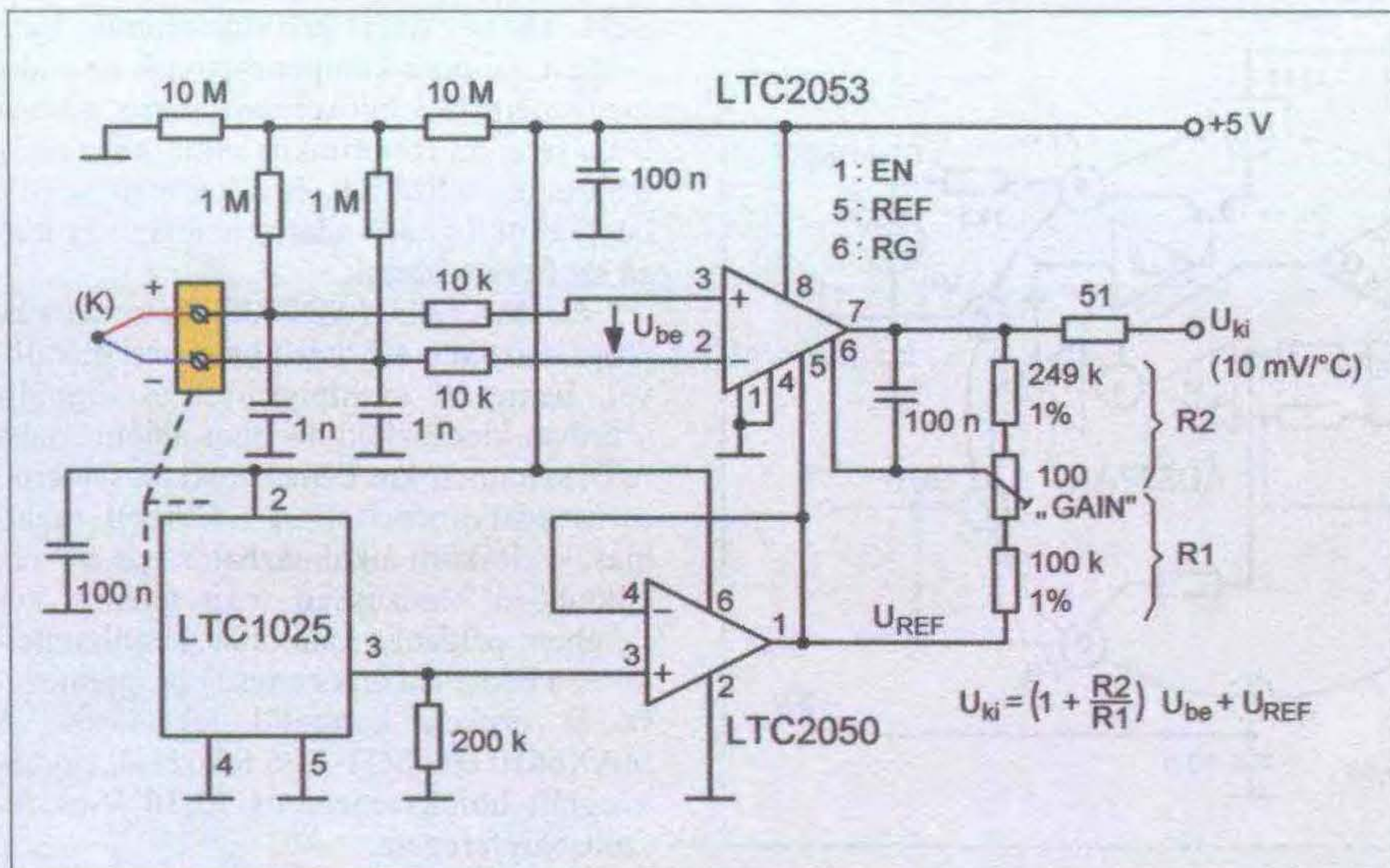
A nullpont-kompenzációt az ábra alapján egy AC1226-tal célszerű megvalósítani, bár a korábban ismertetett legtöbb módszer is bevethető lenne. A bemeneti erősítő ofsztetfeszültsége tipikusan $25 \mu\text{V}$. A kompenzációt szükség esetén külső elemekkel lehet megoldani, amihez feszültségreferencia-tokot is fel kell használni.

Itt csak megemlítjük az Analog Devices 7B47-xxxx modulcsaládját. Szintén transzformátorokkal elválasztott „szigetelt” modulok belső nullpont-kompenzálással, +24 V tápfeszültség-igénnyel, amelyeket kifejezetten ipari alkalmazásokra szántak. A család egyes tagjait a gyakran előforduló hőelemekhez (J, K, T, E, R, S, B, N) kompenzálták és kalibrálták. A kimenet választhatóan +1...5 V v. 0...10 V. A K típusú hőelemekhez a 7B47-K-03-1, -K03-2, -K04-1, -K04-2 alkalmas. Ezek a 0...600 °C-os hőfoktartományban adják a névleges kimenőfeszültség-tartományt, 0,08...0,15% pontossággal, a belső karakterisztika-linearizálásnak köszönhetően. A többi paraméterük is kiváló.

Hasonló, de szerényebb képességű család a 7B37. Linearizáló áramkört nem tartalmaznak, viszont 10 féle, K típusú hőelemhez illeszthető változatát kínálják, amelyek átfogják a $-100...+1200$ °C közötti méréstartományt.

A 3B37 modulcsalád -K-02 tagja egyben képes átfogni a $-100...+1350$ °C-os hőfoktartományt, miközben a kalibrált kimeneti jel 0...10 V v. 0...20 mA. Az 5B37-K-02 modul is ezt a hőmérséklettartományt kezeli, 0...5 V-os kimenőjellel. C típusú hőelemhez tervezett alváltozata is van. (Csak zárójelben: a nálunk kevésbé ismert Intronics cég is gyárt hasonló modulokat, 2B50, 2B54, 2N55, 2B56 típusjellel. A két középső típus négycsatornás.)

Belső nullpont-kompenzációval rendelkező, komplett jelkondicionáló áramkör a cég AD596, ill. AD597 monolitikus (tehát a hibrideknél jóval olcsóbb) IC-je. A két, azonos struktúrájú tok közül az előbbit J típusú, az utóbbit K típusú hőelemhez tervezték. Mind SO-8, mind – nyilván az izotermikus tömbbel létesíthető jobb termikus kapcsolat okán, a katalógusokban már csak ritkán látható – TO-100 kerek fémtokozással gyártják. Az AD597 fémtokozású változatával



30. ábra

illusztráljuk az alap-alkalmazást (33. ábra). Bár ezek az IC-k +5...36 V szimpla tápfeszültségről is működtethetők, ha a 3. lábra kötött opcionális nullpontbeállító hálózatot is illeszteni szeretnénk, akkor célszerű szimmetrikusan, pl. ±15 V-tal táplálni.

A -ALM láb nyitott kollektoros kimenet, amely mérőkör-zakadás esetén aktiválódik; az SO-8 tokozású (AR kiegészítő jelzésű) IC-ken nincs kivezetve. Megjegyezzük, hogy az adatlap az AD596/597 javasolt nyák-topológiáját és egy komplett, triak-kapcsolós, digitális hőfokjelzővel is felszerelt hőfokszabályozó vázlatos kapcsolását is közzé teszi.

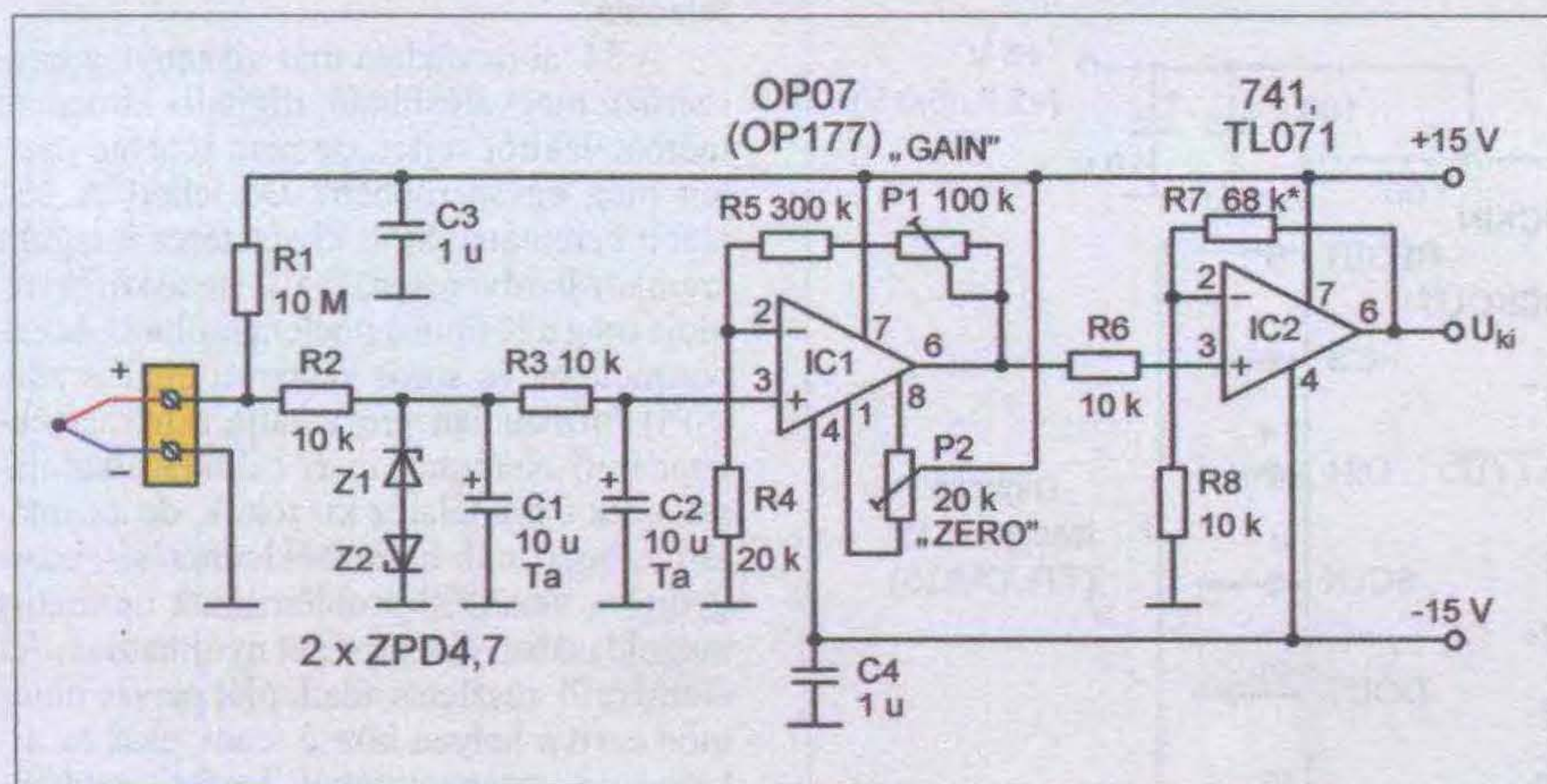
Az AD594/595 pár hasonló képességekkel rendelkezik; a tokozásuk a hagyományos DIL-14.

A következő példaként a Maxim csodálatos „nyolclábúit” hozzuk fel, de ezek megérdemelnek egy külön fejezetet.

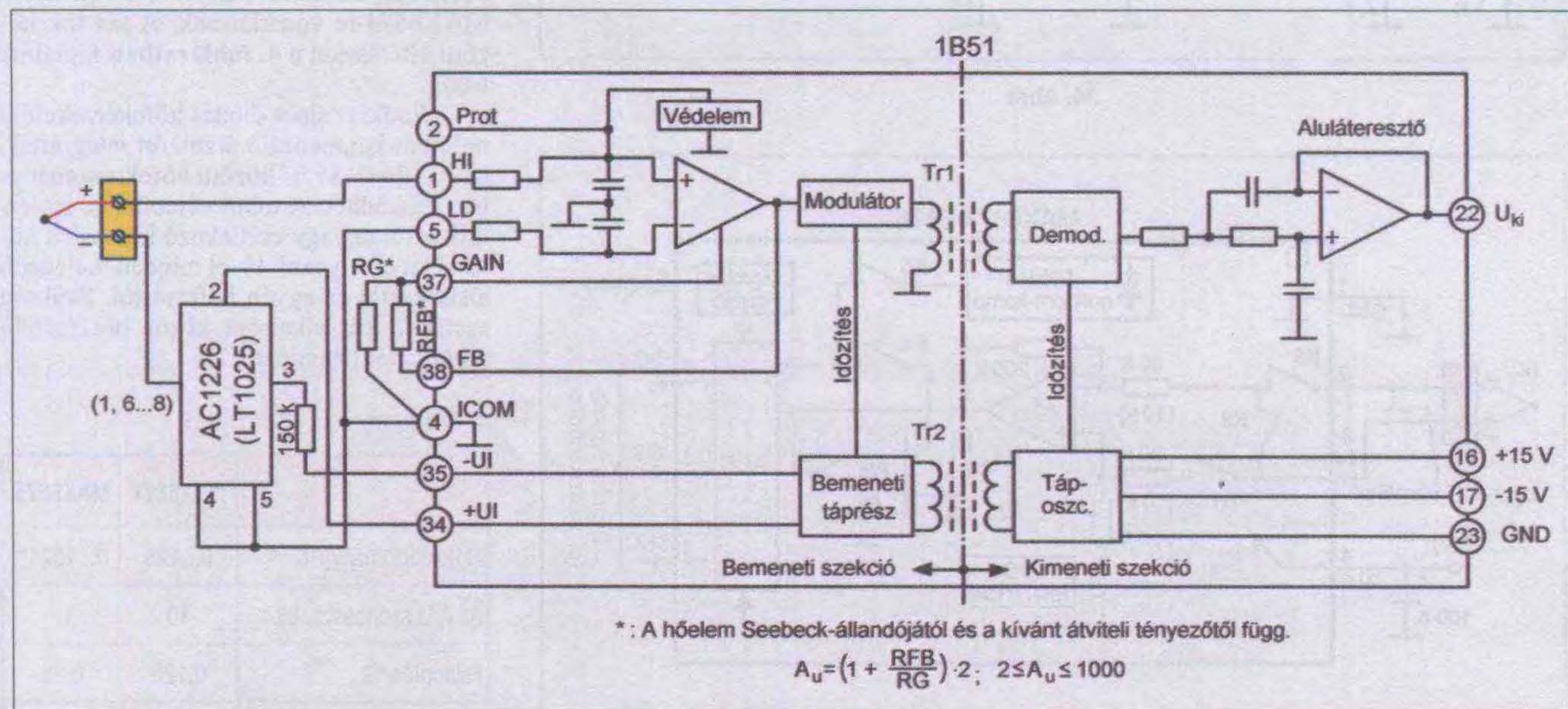
11. Digitális kimenetű jelkondicionálók

Ma már az analóg jelkondicionáló áramkörök kimeneti jelét az esetek jelentős részében digitális mérő-/adatgyűjtő-/vezérlőrendszerhez kell illeszteni. A szokásos eljárás valamilyen analóg/digitál átalakító beiktatása „interfészként” a két rendszer közé. A számtalan elképzelhető áramköri konstrukciónak még csak a rövid összefoglalására sem merünk vállalkozni. Végül is bármelyik, a nullpont-kompenzálás módszereiről szóló fejezetben található jelkondicionáló kimenete illeszthető A/D-hez; erre egy-két helyen utaltunk is. Az erősítőláncban valahol szerepelnie kell egy nagy időállandójú RC integrálótagnak (ún. antialiasing-szűrőnek); amelyik kapcsolásban nincs, ott a kimenet és az A/D bemenete közé pótlólag iktassuk be!

Az A/D illesztésére csupán egyetlen kapcsolást mutatunk be illusztrációképpen,



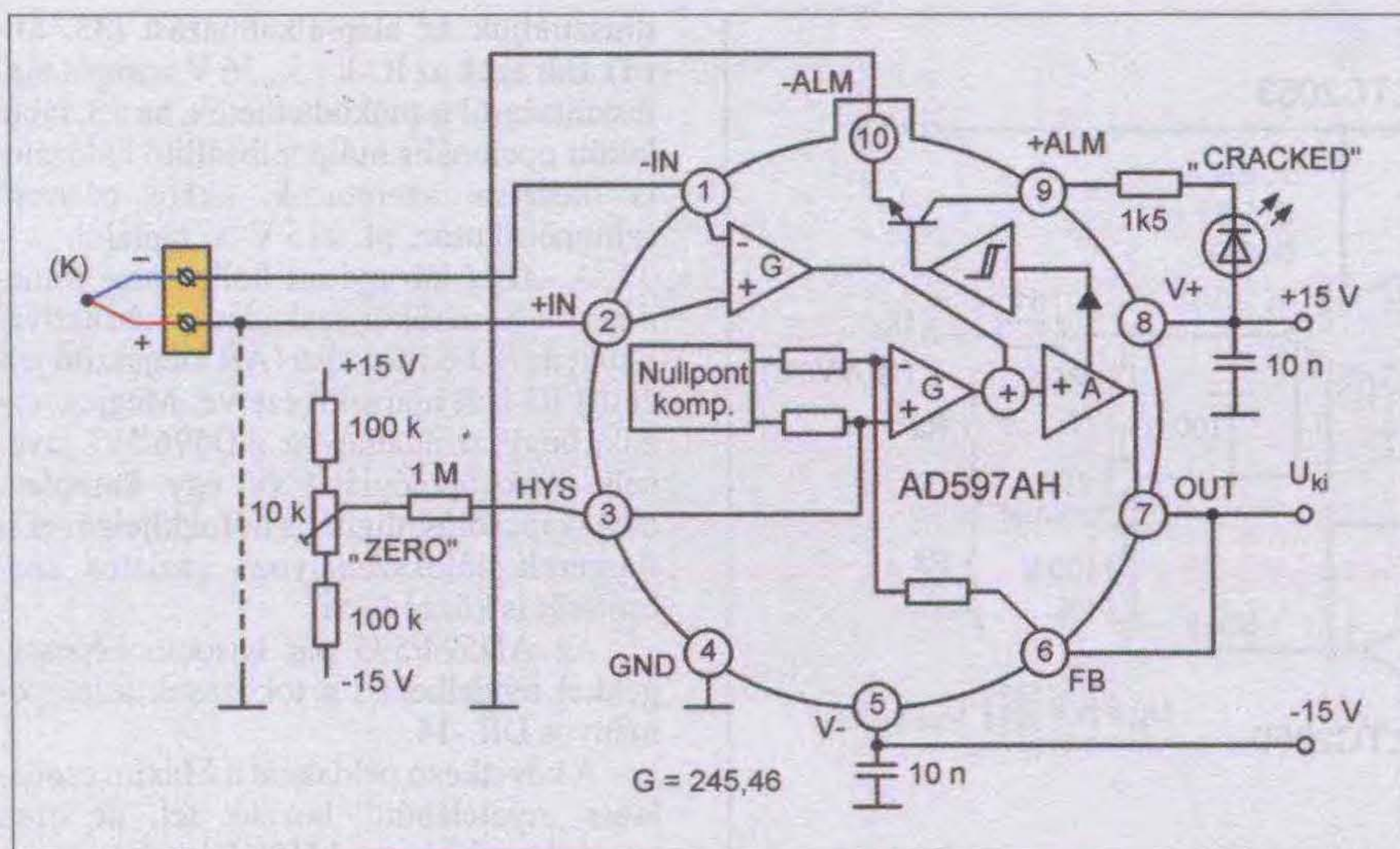
31. ábra



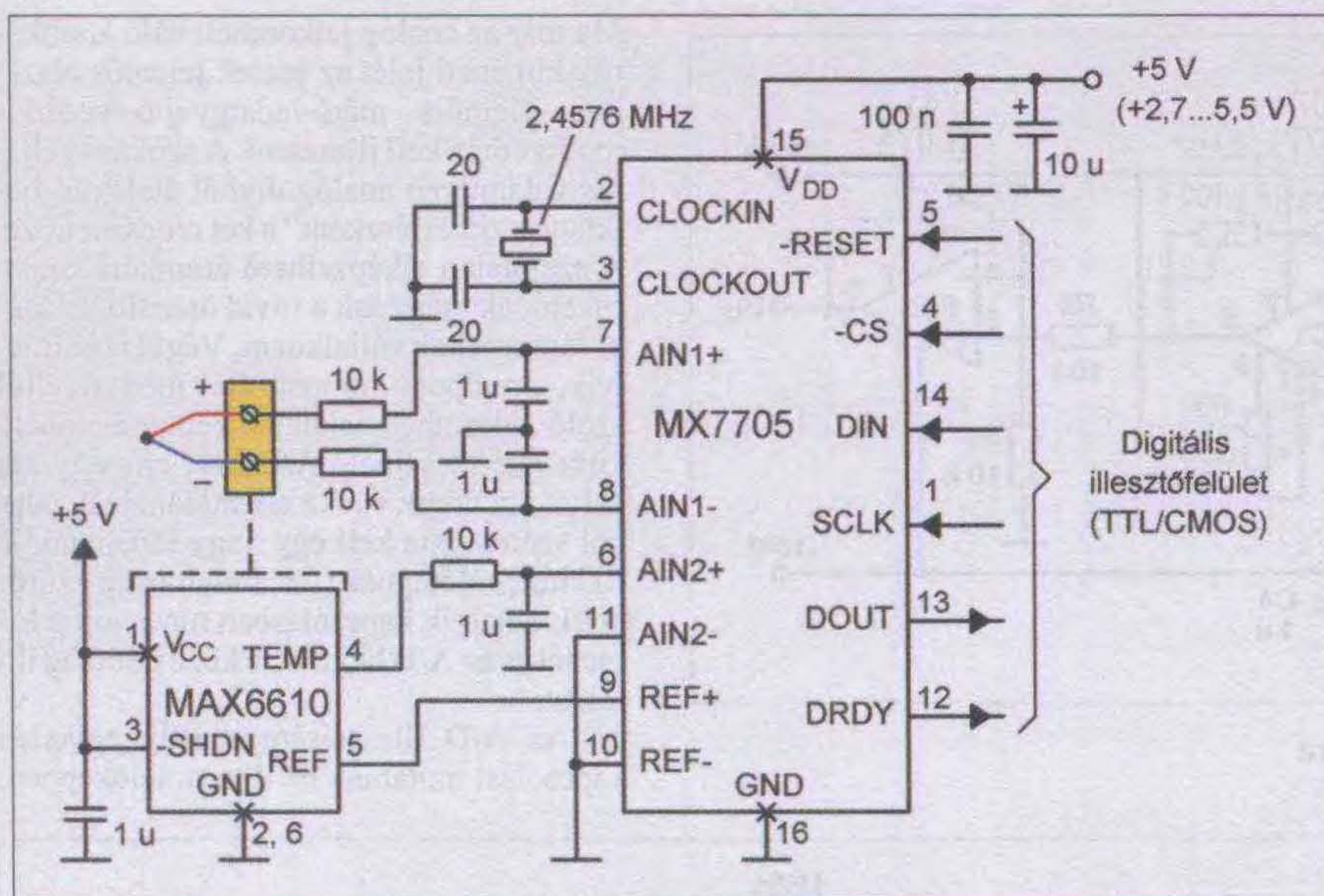
*: A hőelem Seebeck-állandójától és a kívánt átviteli tényezőtől függ.

$$A_u = \left(1 + \frac{R_{FB}}{R_G}\right) \cdot 2; \quad 2 \leq A_u \leq 1000$$

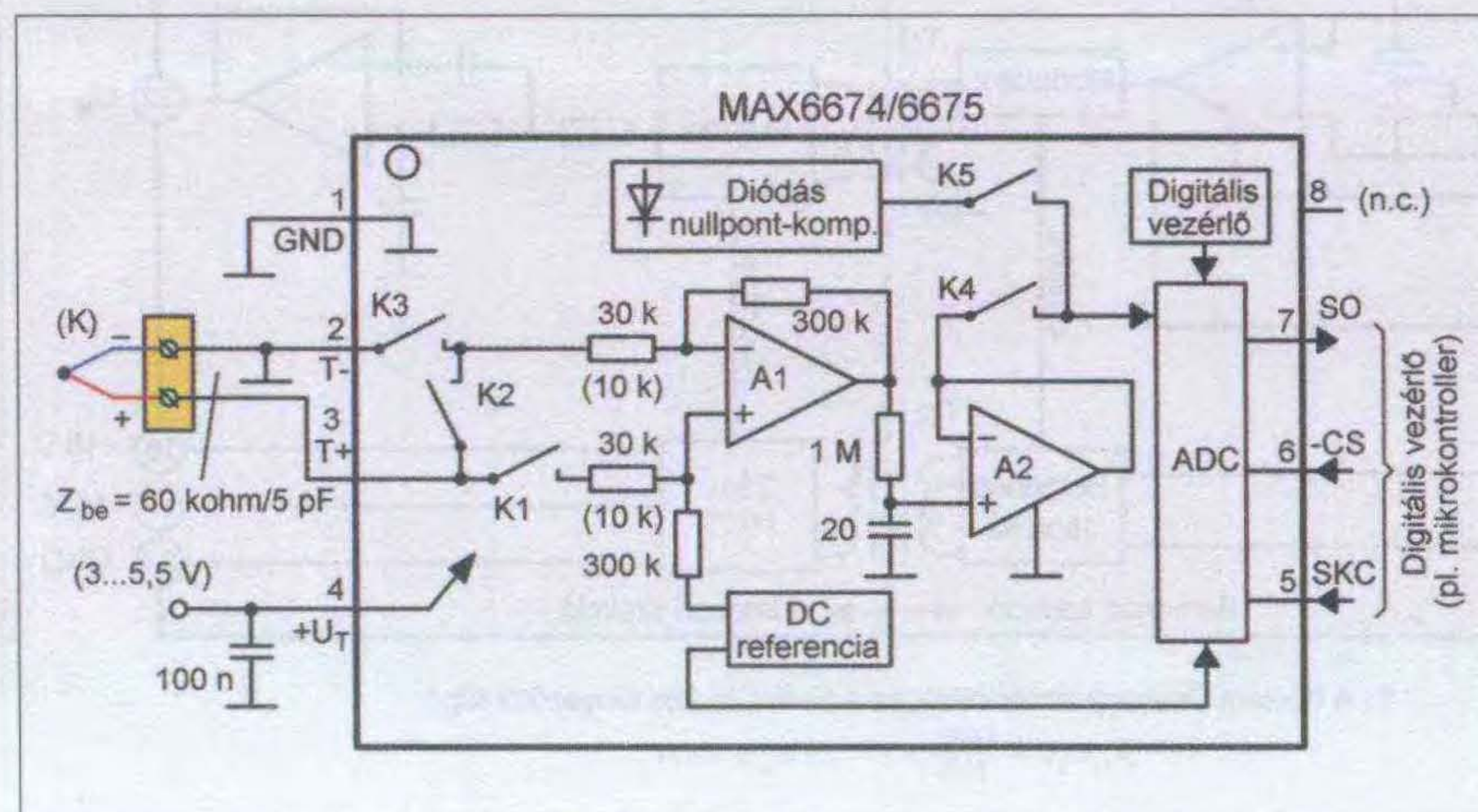
32. ábra



33. ábra



34. ábra



35. ábra

a 34. ábrán. Azért ezt választottuk, mert példa a nullpont-kompenzációnak az eddig megismertektől gyökeresen eltérő megvalósítására: az izotermikus tömb hőmérsékletét is digitalizáljuk, és a kompenzációt a beolvasott digitális adatok alapján egy külső szoftverre bizzuk.

Az MX7705 (AD7705) kétcsatornás, programozható erősítésű bemeneti erősítővel, bemeneti multiplexerrel és digitális szűrővel kiegészített 16 bites szigma/delta A/D, szimmetrikus bemenetekkel, szinkron soros adatkimenettel. A rendkívül rugalmas, széleskörű alkalmazhatóságát a 7 db, különböző hosszúságú regiszterének köszönheti: például a kalibrálás, a nullponttolás, a bemeneti érzékenység programozása is ezeken keresztül lehetséges. A MAX6610 egy SOT-23/6 tokozású, egybeintegrált hőfokszenzor és +2,56 V-os feszültségreferencia.

Sok egyéb mellett a nullpont-kompenzáció és a hőmérséklet kiszámítása is a 7705-öt felügyelő rendszeren futó program feladata.

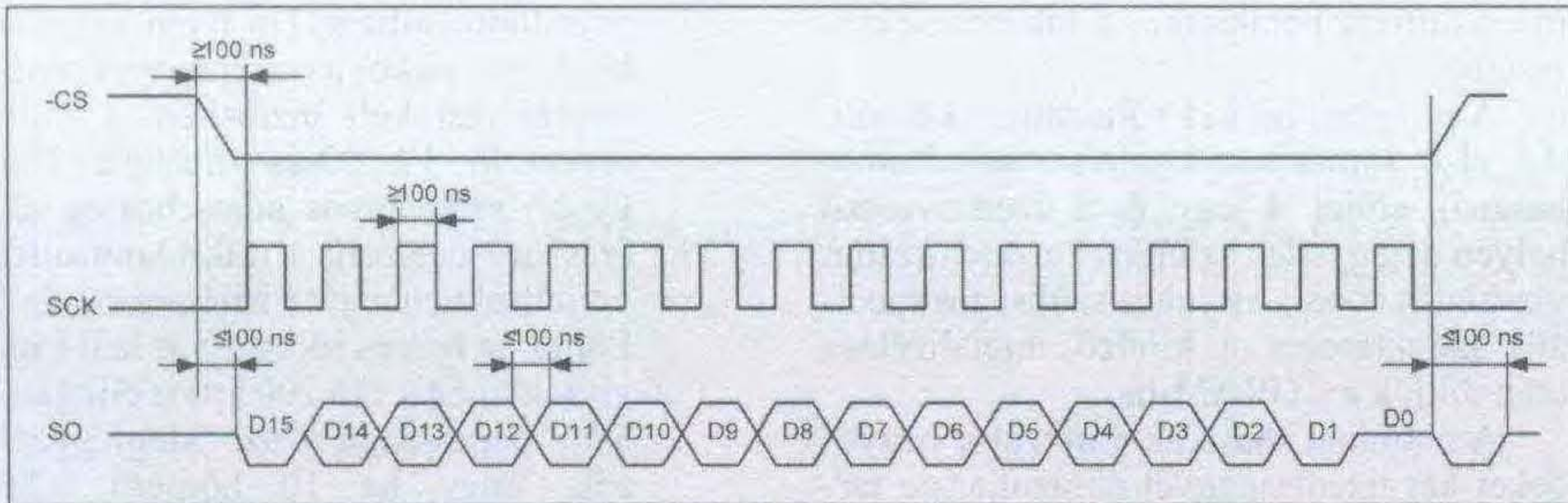
A 34. ábra vázolata már viszonylag egyszerűen megvalósítható, digitális kimenetű mérőátalakítót sejtet, de nem lehetne esetleg még egyszerűbben? De lehet! A két, alább bemutatandó, 8 kivezetésű integrált áramkör hardveresen, „saját hatáskörében” oldja meg a K típusú hőelem nullpont-kompenzációját, és soros szinkron bináris adat (SPI) formájában prezentálja a hőmérsékletadatot! Nemcsak ipari célokra alkalmasak ezek a csodálatos kis tokok, de az amatőrök, hobbisták hőmérsékletmérési-, adatgyűjtési, vezérlési problémáinak optimális megoldásában is segítséget nyújthatnak. Az áramkörök részletes adatlapját persze nincs mód ezen a helyen közzé tenni, csak az alkalmazás szempontjából legfontosabbaknak ítélt adatokat közöljük.

Az SO-8 tokozású csipek tömbvázlata a 35. ábrán látható. A zárójelbe tett értékek a MAX6674-re vonatkoznak. A két tok közötti eltéréseket a 4. táblázatban foglaltuk össze.

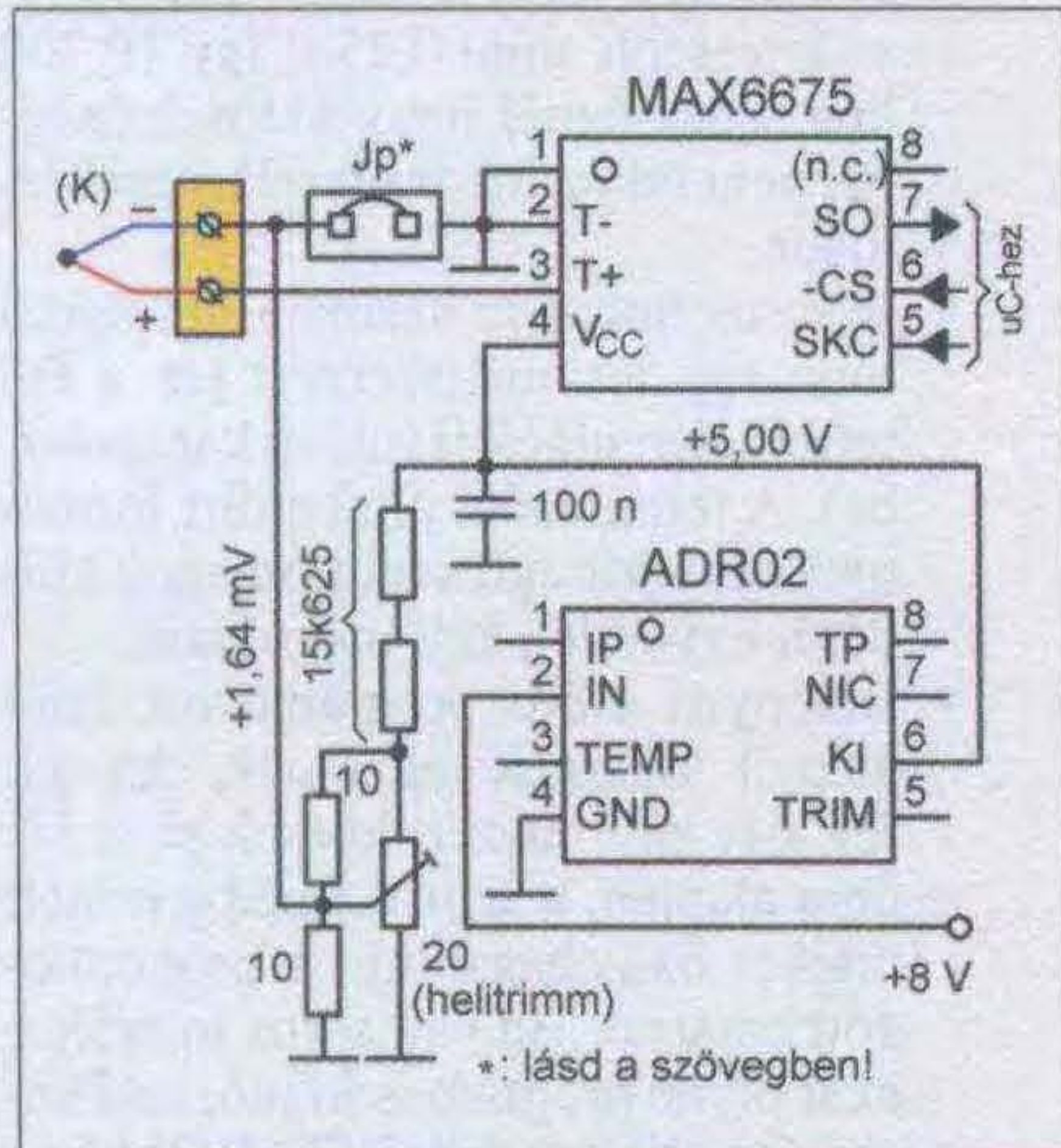
Mindkét csipre diódás hőfokérzékelő nullpont-kompenzáló áramkört integráltak, ami a -20...+85 °C közötti hőfoktartományban működhet. A tokot célszerű az izotermikus tömb vagy csatlakozó közvetlen közelében elhelyezni, távol minden melegedő alkatrésztől és egyéb hőforrástól. Szükség esetén a két alkatrész közös hőszigetelő burkolattal látandó el.

4. táblázat

	MAX6674	MAX6675
Hőfoktartomány, °C	0...125	0...1024*
Az A/D szóhossza, bit	10	12
Felbontás, °C	0,125	0,25
Nullpontkomp. hibája, °C	±2	±3



36. ábra



37. ábra

Mivel a kísérleteket a MAX6675-tel végeztük, a következőkben leírtak erre a típusra vonatkoznak. A BiCMOS technológiával készült csipre 6720 tranzisztort integráltak. A K típusú hőelemre nézve a gyártó az $S = 41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ meredekségű közelítést alkalmazta.

A soros átvitel ütemezési és időzítési diagramját a 36. ábra mutatja. A csip aktiválása a $-\text{CS}$ vonal L-re húzásával kezdeményezhető. Ez után legalább 100 ns-t kivárva, az SCK bemenetre 16 db H szintű órajelimpulzust kell kiküldeni. Az adatbitek beolvasása az SO vonalon történik, az órajelek lefutó élénél. Először a D15-öt olvassuk be, ami normális esetben L, azaz nulla. A tiszta bináris kódolású hőmérsékletadatot a D14...D3 tartalmazza, MSB...LSB sorrendben. A D2 a mérőkörszakadás jelzőbitje; normális esetben L. A D1 szintén L, majd az utolsó órajel hatására a kimenet nagyimpedanciás állapotba kerül (D0).

Egy mérési feladatban felvetődött a méréstartomány -40°C -ig történő kiterjesztése. Ezt úgy oldottuk meg, hogy a hőelem negatív kivezetésének potenciálját $40 \times 41 = 1640 \mu\text{V}$ -ra emeltük (37. ábra). Az eltolás a Jp jumper levételével v. megszakításával történik. Ennek igen kis átmeneti ellenállásúnak kell lennie; célszerű önáthidalásos fóliaszigetekként kiképezni. A kívánt feszültségeltolás a helitrimmel állítható be úgy, hogy a hőelemet olvadó jégbe helyezve, a kiolvasott hőmérséklet $+40^\circ\text{C}$ legyen.

$0,25$ fok (ennyi a MAX6675 eredeti felbontása) felbontású decimális számmá alakítjuk, majd kijelezzük. Egy jumper felhelyezésével kijelzés előtt 40-et levonhatunk a mért értékből. HD44780 kompatibilis LCD-modult használunk kijelzőnek, igény szerinti kivitelben. (A szokásos 1-től 4 soros, soronként 8, 16 vagy 20 karakteres alfanumerikus LCD-egységek általában ilyenek).

11.3. A megoldás

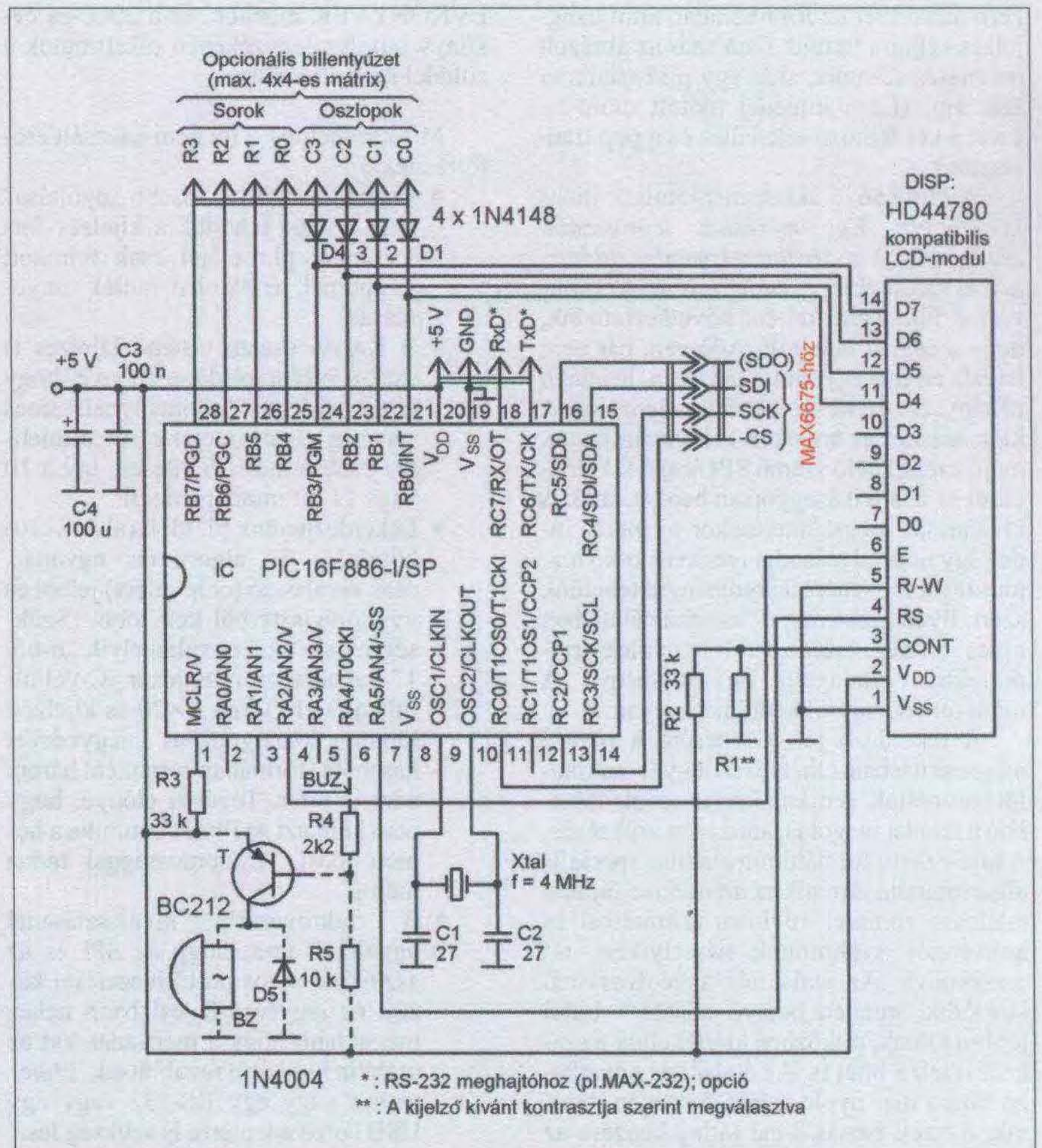
Az alapvető tervezési szempont az alapfeladat (mérés és a mért eredmény kijelzése az előírt pontossággal) megoldása lenne minimális költség mellett. Sajnos, mindenkinek más a drága. Ha valamiből egy, vagy néhány példányt kívánunk készíteni, a fejlesztés és az egyedi kivitelezés költsége dominál akkor is, ha nem is valljuk be, mondván, hogy a saját munkánkat ingyen adtuk hozzá. Még rosszabb a helyzet, ha egyetlen projekthez kell beszerezni a fejlesztőeszközöket. Tömeggyártásnál már komolyan előjönnek olyan tényezők, mint a lehető legkisebb felületű és legolcsóbb kivitelű nyák, a legolcsóbb alkatrészek, azokból is a legkevesebb, a minimális élőmunka, stb. Ezért aztán mi, lusta fejlesztők, a saját szempont-

11.1. A demonstrációs feladat

Mérés egyetlen hőelemmel, és az eredmény kijelzése Celsius skálán, $0,25^\circ\text{C}$ felbontással. Értéktartomány $0\dots1023$ vagy $-40\dots+983^\circ\text{C}$, jumperrel választható. A mérés ciklusideje 2 s.

11.2. A feladat kibontása (hardver megkötések)

A hőelem feszültségét MAX6675 céláramkörrel digitalizáljuk. Mint szabványos SPI perifériát kezeljük az egyetlen MAX6675-öt egy mikrovezérlővel. A beolvasott eredményt



38. ábra

jaink szerinti költségoptimalizálást alkalmaztunk: egy korábban más célra használt struktúrához illesztettük a hőmérő áramkört, így felhasználhattunk néhány kész programmodult. Szerencsére az így kissé túlméretezett mikrovezérlő (PIC16F886) sem drága, csak „gusztustalanul nagy” a maga 28 lábával. A rendszerben levő tartalékok viszont sokféle célra használhatók!

A 38. ábra szerinti kapcsolásban a mikrovezérlő SPI master perifériája szabványos módon kapcsolódik a hőmérő SPI slave áramköréhez. A kijelzőt, bár bőven van szabad láb a mikrovezérlőn, 4 bites üzemmódban használjuk. A 4 MHz-es órajel előállítására akár kvarcot, akár kerámia-rezonátort alkalmazhatunk. (Ha utóbbi 3 lábú, akkor a C1 és C2 nem építendő be, viszont a rezonátor középső lábát földre kell kötni.) Ha nem gondolnánk a soros opcióra – amire itt csak az *RxD*, a *TxD*, +5 V és a *GND* csatlakozófelület utal –, a belső oszcillátor is megtenné. Szintén opció a billentyűzet-csatlakozófelület, amihez pl. egy szokványos, 4 soros/3 oszlopos telefonbillentyűzet illeszthető. (A *C3* vonal ilyenkor üresen marad. Egyébként az adott kapcsolás 16 gombos billentyűzetet tud fogadni.) A hivatkozott program a billentyűzetkezelő modult nem tartalmazza! Szintén nem vezérli a szoftver az *RA4* vonalat, amit hangjelzés céljaira tartunk fenn akár az ábrázolt mágneses zümmer, akár egy piezozümmer számára. (Ez a kimenet nyitott drain-es, ezért a két felhúzó-ellenállás és a pnp tranzistor.)

A MAX6675 akkor mér, amikor nincs kiválasztva. Egy méréshez legrosszabb esetben 0,22 s kiválasztásmentes időtartamra van szüksége; eddig tart az A/D konverzió. Ebből arra kellene következtetnünk, hogy a csipen integráló A/D van, bár nem létezik az erre egyértelműen utaló, legalább néhányszor 10 nF-os külső kondenzátor! A kiolvasáshoz az áramkört ki kell választani, majd a megfelelő számú SPI órajel kiküldésével az adat villámgyorsan beolvasható. A kiválasztás megszüntetésekor új mérés indul. Így negyed másodpercenként kellő biztonsággal friss mérési eredményre tehetünk szert. Ilyen „sebességre” azonban általában nincs szükség, ezért a szoftver nyolcas csoportokban kiátlagolja az eredményt. A módszernek zajcsökkentő hatása van.

A lekérdező jel időzítésére a *timer2* megszakításban elhelyezett egyik számlálót használjuk. A másik két (*timeout*) számláló a feladat megoldásához nem szükséges. A kijelzhető formátumra alakítás speciális algoritmussal történik az *arco16.inc* fájlban található zömmel 16 bites aritmetikai és konverziós szubrutinok némelyikére támaszkodva. Az átalakítás a beolvasásnál kezdődik: minden bejövő adatot 3 bittel jobbra tolunk, miközben kiértékeljük a szakadást jelző bitet is. Az átalakítás következő fázisa már nyolc mérés összegén történik. Részei: osztás 8-cal (átlag képzése az összegből), osztás 4-gyel (az egész és a tört fokok szétválasztása), az egészek konverzió-

ója, a törtész karaktereinek kikeresése táblázatból.

A program ui. két változatban készült. Az első tömörített kijelzési formátumot használ: előjel, 4 jegy, és a tizedesvessző helyén a negyedek számával azonos számú vízszintes vonal. Az ehhez szükséges speciális karaktereket a kijelző inicializálása után töltjük a *CGRAM*-ba.

A publikált második változat a negyedeket két tizedesjeggyel ábrázolja, de tartalmazza a tömörített kijelzéshez tartozó összes sort, így a kvázigrafikus karaktereket és a negyedek számával címezhető kiválasztó táblázatukat is. A fordításból kizárt sorok megjegyzései alapján a kijelzési mód egyszerűen megváltoztatható. Az szubrutincsomag (*LCD611.inc*) legfeljebb 4×20 karakteres kijelzőt kezel. Ehhez igazodnak a főprogramban található báziscím-definíciók is.

A program aktuális változata 2×16-os LCD kijelzőt feltételez, de változatlan formában használható a nagyobbakkal is. A kijelző két sorából a felsőt a program azonosítására illetve hibaüzenet küldésére használjuk, az eredmény az alsó sorba kerül.

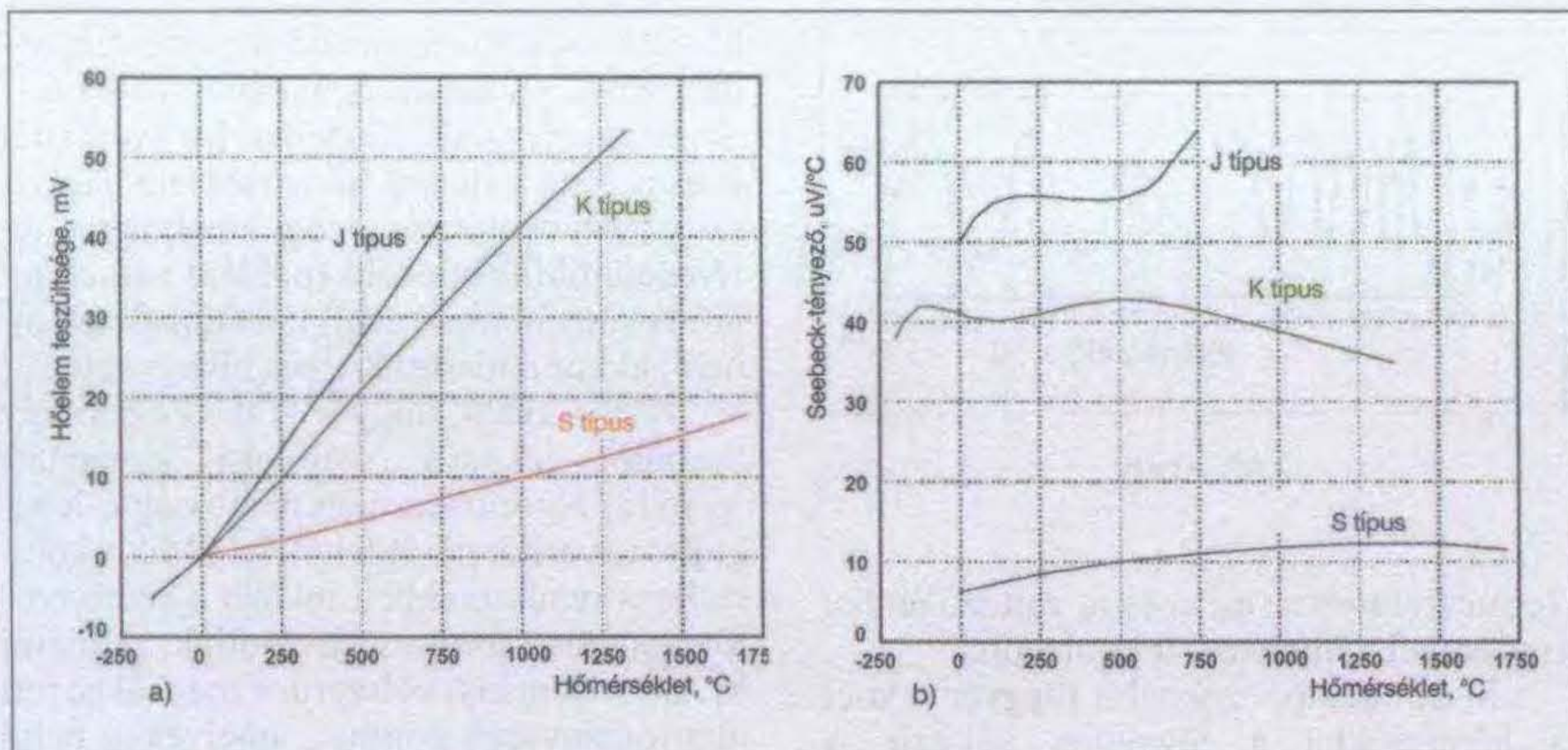
Az említett programok letölthetők a www.radiovilag.hu honlapról: A LAPJAINK gombra kattintunk, ott belépünk az ÉVKÖNYVEK menübe, és a 2010-es évkönyv tartalomjegyzékében rákattintunk a zölddel kiemelt tételre.

Mit kezdhetünk a fel nem használt erőforrásokkal?

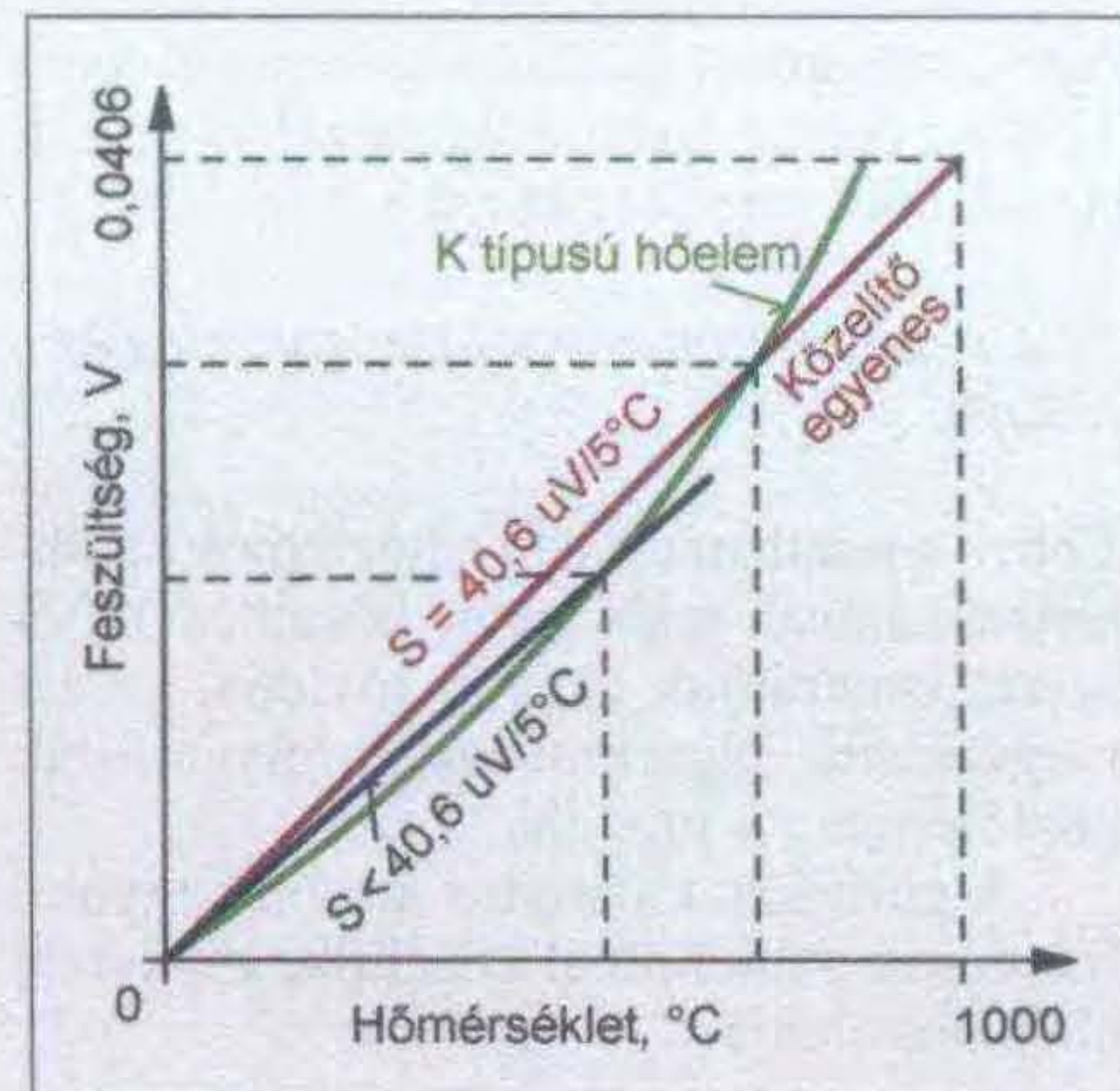
- Csupán a szoftver kisebb „nyújtása” árán szebbé tehetjük a kijelzés formátumát, pl.: előjel csak felrakott jumperrel; értéktelen nullák elnyomása.
- A Kelvin skálán történő kijelzés is csak szoftver kérdése. Előnye, hogy eltolt mérési tartománynál sincs szükség negatív előjelre. Az aritmetikai szubrutinok 16 bitesek, így a 10 vagy 11 bit mindegy nekik.
- Lekérdezhetünk pl. több (akár 8–10) hőmérőt. Az algoritmus ugyanaz, csak kiválasztó (chip select) jelből és gyűjtőregiszterből kell több. (Szükség esetén ezeket valamelyik „n-ből 1” dekóder/demultiplexer IC-vel állíthatjuk elő.) Egy 4×20-as kijelzőn tömör (kvázigrafikus negyedeket használó) formában soronként három adat is elfér. További előnye, hogy nem kelti azt az illúziót, mintha a hőmérő 0,01 °C pontossággal tudna mérni...
- A mikrovezérlő kiválasztásánál ügyeltünk arra, hogy az SPI és az aszinkron soros port kivezetései között ne legyen átfedés! Nem nehéz megoldani, hogy a mért adatokat az utóbbin keresztül továbbítsuk. Ehhez persze vagy egy RS-232 vagy egy USB soros adapterre is szükség lesz. 19,2 kbps sebességig a hiba nem nagyobb 0,22%-nál. Ehhez adódik az

oszcillátor hibája. Ha ilyen szándékunk van, akkor a panel tervezésénél hozzáférést kell biztosítani a mikrovezérlő 17...20-as lábához. Nagyobb szabványos adatsebesség eléréséhez célszerű a mikrokontroller órajelfrekvenciáját 6 MHz-re emelni. Ehhez az összes időzítést át kell írni, viszont még a 115 200 bps is elfogadható pontosságú lesz. Megjegyezzük, hogy ha 10 hőmérő 0,25 s-onként egyenként 10 bájtos adatot küld, az még mindig befér 4800 bps-be úgy, hogy az utolsó adat késése kevesebb, mint 0,25 s. Így 19 200 bps sebességnél nagy valószínűséggel nem ütközünk puffereleési problémába.

- A soros interfész számára kidolgoztunk egy terminálszervert (ez a PC terminálemulációjával lép kapcsolatba). A felhasználó által előírt formátumú és sűrűségű adatsomogok küldését egyedileg kell megoldani.
- Bizonyos előre programozott értékeknél riasztást adhatunk, ha pl. *RA4*-re egy buzzert kötünk pl. a 38. ábra alapján, a szoftver pedig a mért értéket összehasonlítja a programozott határral. Ha van soros interfész, akár olyan program is írható, ami onnan fogadja és a belső EEPROM-ban tárolja a riasztási szinteket. Ez a riasztás azonban nem biztonsági funkció!
- Egy potenciométer beolvasott állását használhatjuk a fix 40 fokos eltolás helyett. Esetleg ugyanígy (potenciométerrel) állíthatjuk be a riasztási szintet is.
- Az áramkört SPI real time órával és SPI flash-sel vagy EEPROM-mal bővítve a mért értékeket naplózhatjuk is. Ez a funkció persze csak a soros interfésszel vagy legalább a billentyűzettel együtt használható értelmesen. A külső elemeket a három SPI vezetékre csatlakoztatjuk, és eszközönként egy kiválasztó jelre is szükség van. Egyszerre legfeljebb egy külső SPI eszközt választunk ki, így ha sok eszközünk van, bátran használhatunk itt is egy 3-ról 8-ra dekódert, pl. az *RA* három szabad vonalával vezérelve.
- Az eddigiek mind a mérés és az adatgyűjtés körébe tartoztak. De ha már ott van a mikrokontroller, a hőmérséklet szabályozására is többféle lehetőség nyílik. Ha az összes bővítést használjuk, akár napi, heti, vagy még hosszabb távú programot készíthetünk. Rövidebb (legfeljebb néhány óra) időtartamú hőprofil kialakításához a külső óra és valószínűleg a külső flash sem szükséges. Ilyenkor indítási lehetőséget kell, és bizonyos esetekben gyors leállítási lehetőséget illik biztosítani (bár a fűtés/hűtés biztonsági leállítását jobb kivenni a



39. ábra



40. ábra

mikrovezérlő hatásköréből, annál is inkább, mivel a mikrovezérlő gyártója nem vállal felelősséget a biztonságorientált rendszerben történő alkalmazhatóságért).

12. Karakterisztika, linearizálás

Mint ahogy semelyik analóg érzékelő átviteli karakterisztikája nem lineáris, úgy a hőelemeké sem! A hőmérséklet/termofeszültség görbe függ a hőelemet alkotó fémek tisztaságától, homogenitásától és kristályszerkezetétől. Abban az esetben, ha a szálak ötvözetekből állnak, fontos az ötvözők arányának pontossága és egyenletes eloszlása. Ebből a szempontból a nagyobb huzalátmérők az előnyösebbek. Sok olyan mérési feladat van viszont, ahol a hőfokérzékelő kis tehetetlensége, vagy kis hőelvezető-képessége a követelmény; ezeket csak vékony huzalpárokka lehet teljesíteni. Komolyabb pontossági igény esetén jobb minőségű, drága huzalpárból kell a hőelemet elkészíteni, ill. fokozott pontosságút kell beszerezni, mert a szabványos karakterisztika csak így garantálható.

Egy jelkondicionáló áramkör hőmérséklet-kimenőfeszültség karakterisztikáját mutatja a 39.a ábra, három kiragadott típusra. A 39.b ábra ugyanezen hőelemek hőmérséklet-S jelleggörbéit mutatja, azaz az előző görbék első deriváltfüggvényét ábrázolja (Analog Devices). Látható, hogy a teljes méréstartományokon belül jelentős – például a J típusnál kb. $14 \mu\text{V}$ -os – eltérés tapasztalható a Seebeck-állandót tekintve! Talán ezért adnak meg a különböző források ugyanazon hőelemre eltérő S-t: nem minden adat 0°C környezetre vonatkozik, bár néha ezt nem hangsúlyozzák. Az is látszik, hogy a K típusú hőelem karakterisztikája „gírbegurba” ugyan, de az ingadozásai viszonylag kicsik, és a méréstartománya jócskán átnyúlik a negatív irányba is, az abszolút nulla közelébe. Többek között ezért javasolja szinte minden szakirodalom első-sorban ennek a típusnak az alkalmazását.

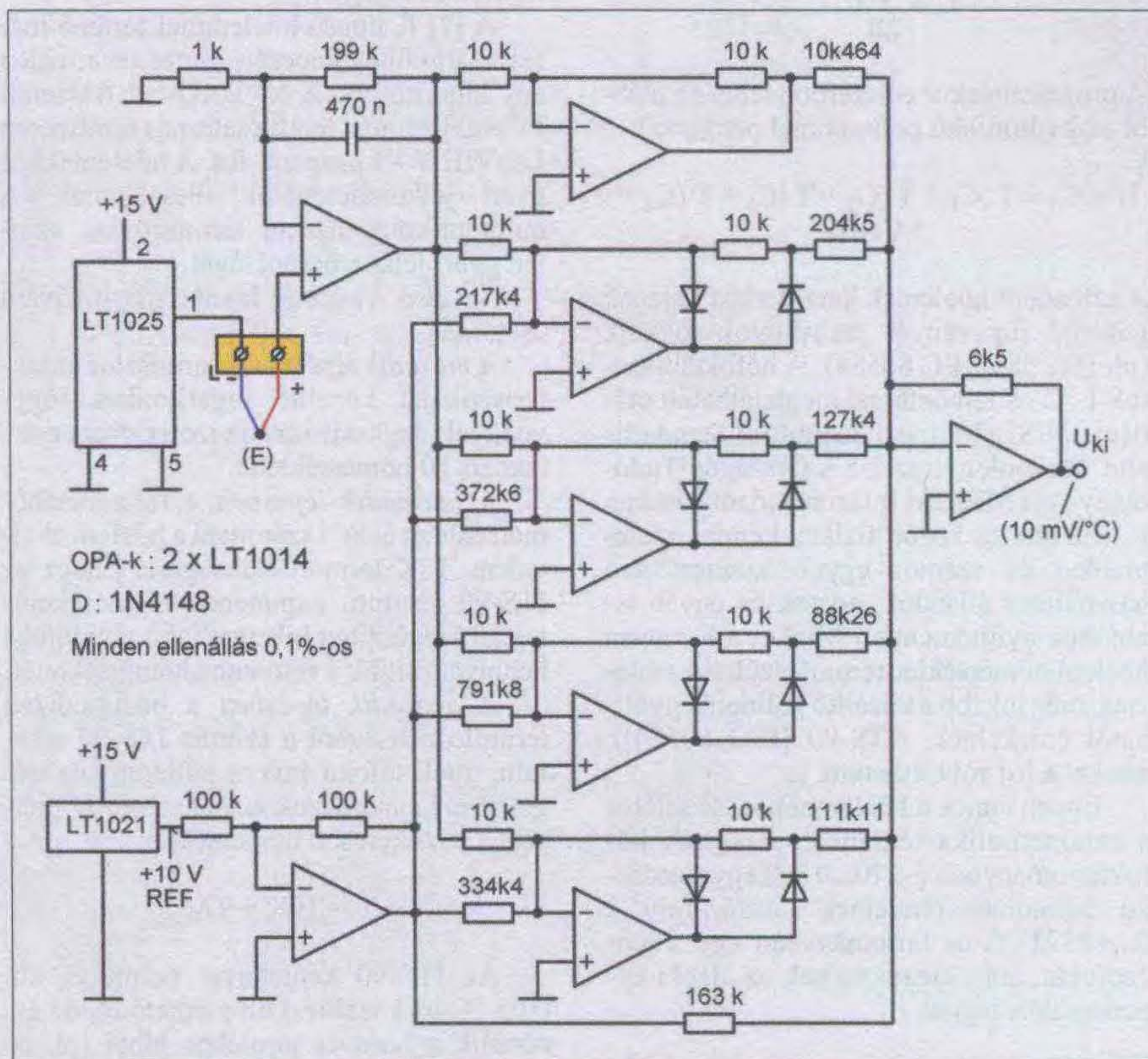
A nonlinearitások miatt a lineáris jelkondicionáló áramkörök kimenőjele csak akkor alkalmas közvetlenül mérésre vagy

további feldolgozásra, ha vagy nem lényegesek az érzékelők nonlinearitásából adódó néhány fokok eltérések, vagy a mért hőfoktartomány olyan szűk, hogy az átviteli tényezőnek a „lokális Seebeck-állandónak” megfelelő beállításával a linearitáshiba a megengedett tartományban marad. Ezt jól szemlélteti a 40. ábra, amin egy K típusú hőelem hőmérséklet-kimenőfeszültség jelleggörbéjének a pozitív hőfoktartomány $0...1000^\circ\text{C}$ -os szegmensét mutatja. Az ábra nem arányos; a linearitástól való eltérést alaposan „eltúlozza”. Ha ragaszkodunk ahhoz, hogy az ebben a tartományban a legjobban közelítő egyenes (pirossal jelöltük) is átmenjen az origón, akkor az kb. 700°C -nál metszi a jelleggörbét, azaz ezen két

hőmérséklet környezetében kapjuk a legpontosabb értékeket. Az egyenes meredeksége ez esetben $S = 40,6 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Szűkebb hőfoktartományban jobb közelítésű, de kisebb meredekségű (kiseb Seebeck-állandót reprezentáló) egyenest (fekete) rajzolhatunk az ábrára.

12.1. Hardveres linearitáskompenzálás

A gyártók kínálatában találunk belső linearitáskompenzálású hibridáramköröket, modulokat (a 10. fejezetben megemlítettünk néhányat), de a görbeközelítés áramkörü megvalósítását nem publikálják. A Linear Technology [5] alkalmazási segédlete bemutat egy öt műveleti erősítővel és



41. ábra

egy összegzővel működő diódás törtvonalas közelítésen alapuló linearizálót, igaz, E típusú hőelemre (41. ábra).

12.2. A szoftveres linearitáskompensálás alapjai

Ebben a pontban csupán a hőelemek karakterisztikájának szabványos közelítési módszerét ismertetjük nagyon röviden, az ezt megvalósító algoritmusok, programlisták közlésére nincs módunk.

A görbéket többnyire kisebb-nagyobb fokszámú polinommal közelítik, amelynek általános alakja:

$$U = C_0 + C_1 T^1 + C_2 T^2 + C_3 T^3 + \dots + C_n T^n,$$

ahol U a termofeszültség, T a hőmérséklet-különbség, $C_0 \dots C_n$ pedig együtthatók. Nyilván minél nagyobb a polinom fokszáma, annál pontosabb a közelítés.

Ha csak szűk hőmérséklettartományban mérünk, akkor akár a másodfokú függvénnyel is $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ hibahatáron belül maradhatunk. Arra azonban felhívjuk a figyelmet, hogy az együtthatók a polinom fokszámától függően változnak! Azaz ha rendelkezésünkre áll például egy kilencedfokú polinom együtthatóit tartalmazó táblázat, de csak harmadfokú függvénnyel akarunk közelíteni, akkor ehhez nem használhatjuk fel a táblázatban szereplő $C_0 \dots C_3$ értékeket! A polinomok egyszerűsített formátumban is felírhatók:

$$U = \sum_{i=0}^n C_i T^i.$$

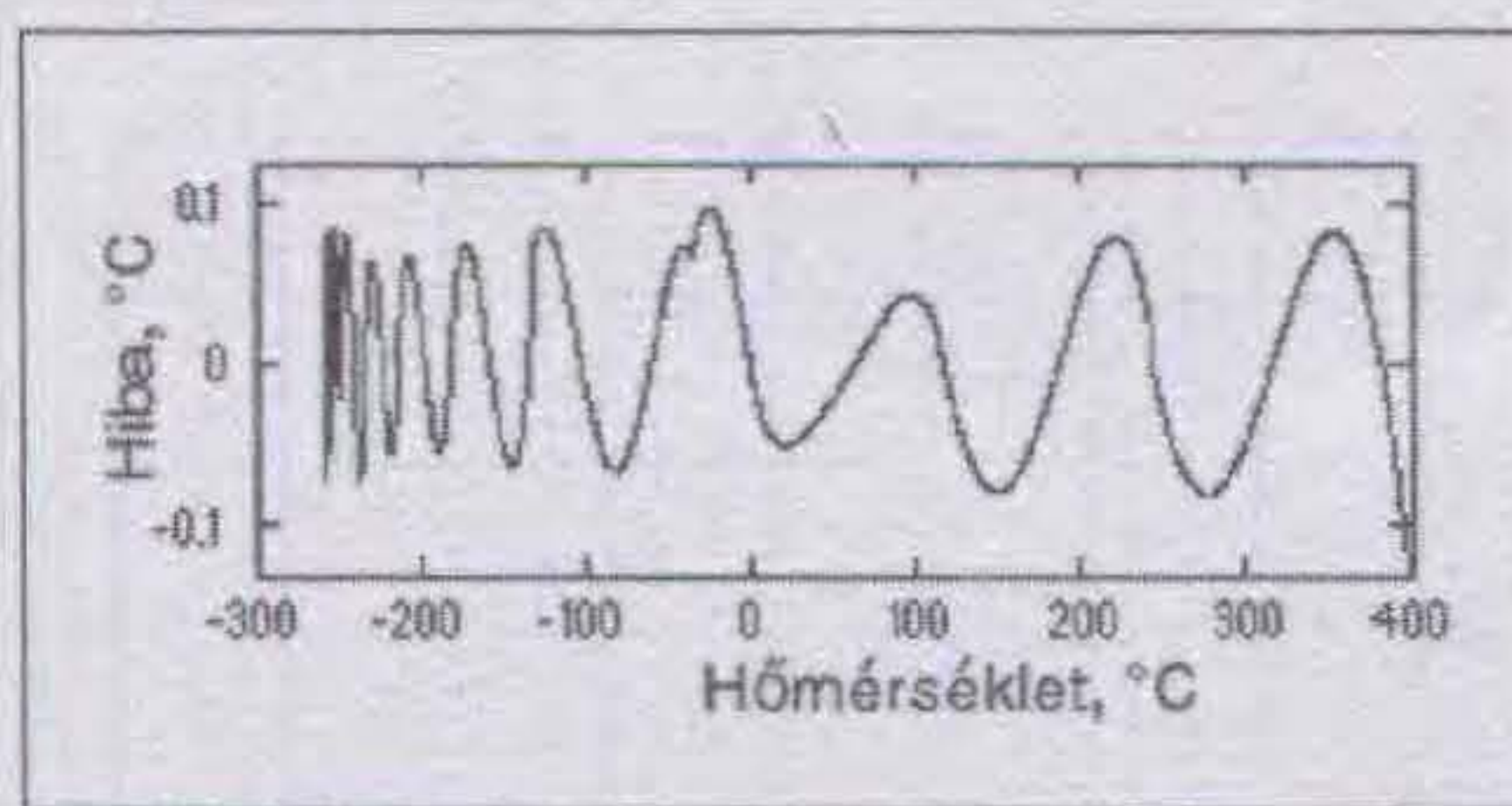
A programíráskor célszerűbb lehet az alábbi alak (ötödfokú polinommal példázva):

$$U = C_0 + T(C_1 + T(C_2 + T(C_3 + T(C_4 + C_5))))).$$

A sztenderd hőelemek karakterisztikájának közelítő függvényét szabványok rögzítik (pl. IEC 584, IEC 60584). A hőfoktáblázatok $1 \text{ }^\circ\text{C}$ -os felbontással megtalálhatók például a NIST (National Institute of Standards and Technology; az USA Országos Tudományos és Műszaki Intézete) adatbázisában is. (Ez többek között fizikai, kémiai, matematikai és számos egyéb szakterületen használatos állandók, adatok és egyéb ismeretek gyűjteménye.) Minket a K típusú hőelem hőmérséklet-termofeszültség táblázata, még inkább a közelítő polinom együtthatói érdekelnek, (ITS-90 [IEC 60584]), amiket a [6]-ról tölthetünk le.

Éppen ennek a hőelemnek kissé sajátos a karakterisztika-közelítése: a negatív hőfoktartományban ($-270 \dots 0 \text{ }^\circ\text{C}$) egy tizedfokú polinomot rendelnek hozzá, míg a $0 \dots +1372 \text{ }^\circ\text{C}$ -os tartományban egy kilencedfokút, amit kiegészítenek az alábbi exponenciális taggal:

$$\dots + a_0 e^{a_1 (t - a_2)^2}$$



42. ábra

Természetesen az a_0 , a_1 és a_2 változó értéke is szerepel a hivatkozott honlapon.

Mint látható, ezeknél a függvényeknél a hőmérséklet a független változó, a termofeszültség pedig a függő. A vonatkoztatási hőmérséklet mindig $0 \text{ }^\circ\text{C}$. A számításokhoz szükség van az inverz függvények együtthatóira is, hiszen a termofeszültséget mérjük, és ebből kell meghatározni a hőmérséklet legvalószínűbb értékét.

A NIST adatai között ezeket is megtaláljuk táblázatos formában, ezúttal három tartományra ($-200 \dots 0$; $0 \dots +500$; $+500 \dots +1372 \text{ }^\circ\text{C}$).

A szoftveres kompenzáció a nullpont-kompensálást is magában foglalja. Ez kétcsatornás hardvert feltételez: az egyik a termofeszültséget, a másikon a hidegpont hőmérsékletérzékelőjéhez tartozó jelkondicionáló áramkör kimeneti feszültségét digitalizáljuk. Utóbbit sok alkalmazásban (ha pl. alig változó környezeti hőmérsékletű laboratóriumi mérőrendszerrel van szó) nem szükséges olyan gyakran elvégezni, mint a termofeszültséget.

A [7] K típusú hőelemmel történő mérés-adatgyűjtés kapcsán mutat be röviden egy algoritmust. A NI DAQ-kal felszerelt PC-vel üzemeltetett 8 csatornás rendszeren LabVIEW VI program fut. A hőelemekhez gyári jelkondicionálók illeszkednek. A nullpont-kompensáció termisztoros, szintén gyári jelkondicionálóval.

Az első lépésben kiválasztja a kívánt csatornát.

A második lépésben a termisztor karakterisztikáját közelítő logaritmikus függvénnyel meghatározza az izotermikus csatlakozó T_0 hőmérsékletét.

A harmadik lépésben a referenciahőmérsékletet át kell számítani a hőelem ekvivalens T_0K termofeszültségére. Ehhez az ITS-90 szerinti, exponenciális korrekciós taggal kiegészített kilencedfokú polinomba behelyettesítjük a referenciahőmérsékletet.

A negyedik lépésben a bedigitalizált termofeszültségből a szintén ITS-90 ajánlotta nyolcadfokú inverz polinom segítségével meghatározzuk a melegpont hőmérsékletét. A keresett hőmérséklet:

$$T = T_0K + T_M.$$

Az ITS-90 képleteivel számolva kb. $0,05 \text{ }^\circ\text{C}$ -os közelítési hiba érhető el, de ezt növelik a hardver járulékos hibái (pl. az erősítők és A/D-k instabilitása, nonlinearitása, a referenciaérzékelő hibái), ill. a

hőelem és a kompenzáló vezeték anyagösszetétele pontatlanságból adódó hibája.

Megjegyezzük, hogy más hardverhátter esetén, ha a nullpont hőmérséklete nagyon szűk tartományban mozog, amelyben a referencia-hőfokérzékelő (például szilíciumdióda vagy hőmérő csip) lineárisnak tekinthető, akkor a második lépés elhagyható.

Nyilvánvaló, hogy a fenti (és bármely hasonló, jelentős számítási kapacitást igénylő) algoritmus nagy pontosságú, lebegőpontos aritmetikát feltételez. Mikrokontrolleres rendszerekben inkább a szoftveres töréspontos közelítést javasoljuk. A mérni kívánt tartományt célszerűen megválasztott altartományokra bontjuk, amelyekben belül az egyszerűség kedvéért lineáris közelítést alkalmazunk. A töréspontok adatait táblázatban tárolhatjuk. A CAPGO a [8]-ban töréspontos közelítő algoritmust mutat be, T típusú hőelemre, Pt-100 hőellenállásos hidegpont-kompensációval. A feladatot hat lépésre bontja, és az algoritmusokat pszeudo-kódokkal illusztrálja. A platina hőfokérzékelő karakterisztikáját másodfokú polinomokkal közelíti. A hőelem karakterisztikájának törtvonalas közelítést nem lineáris, hanem harmadfokú görbeszakaszokkal oldja meg. Az eredő hiba a $-270 \dots +400 \text{ }^\circ\text{C}$ -os tartományban $\pm 0,1\%$. A jellegzetes, periodikus hibagörbét a 42. ábrán láthatjuk.

13. Hőelemek pontossági osztályai

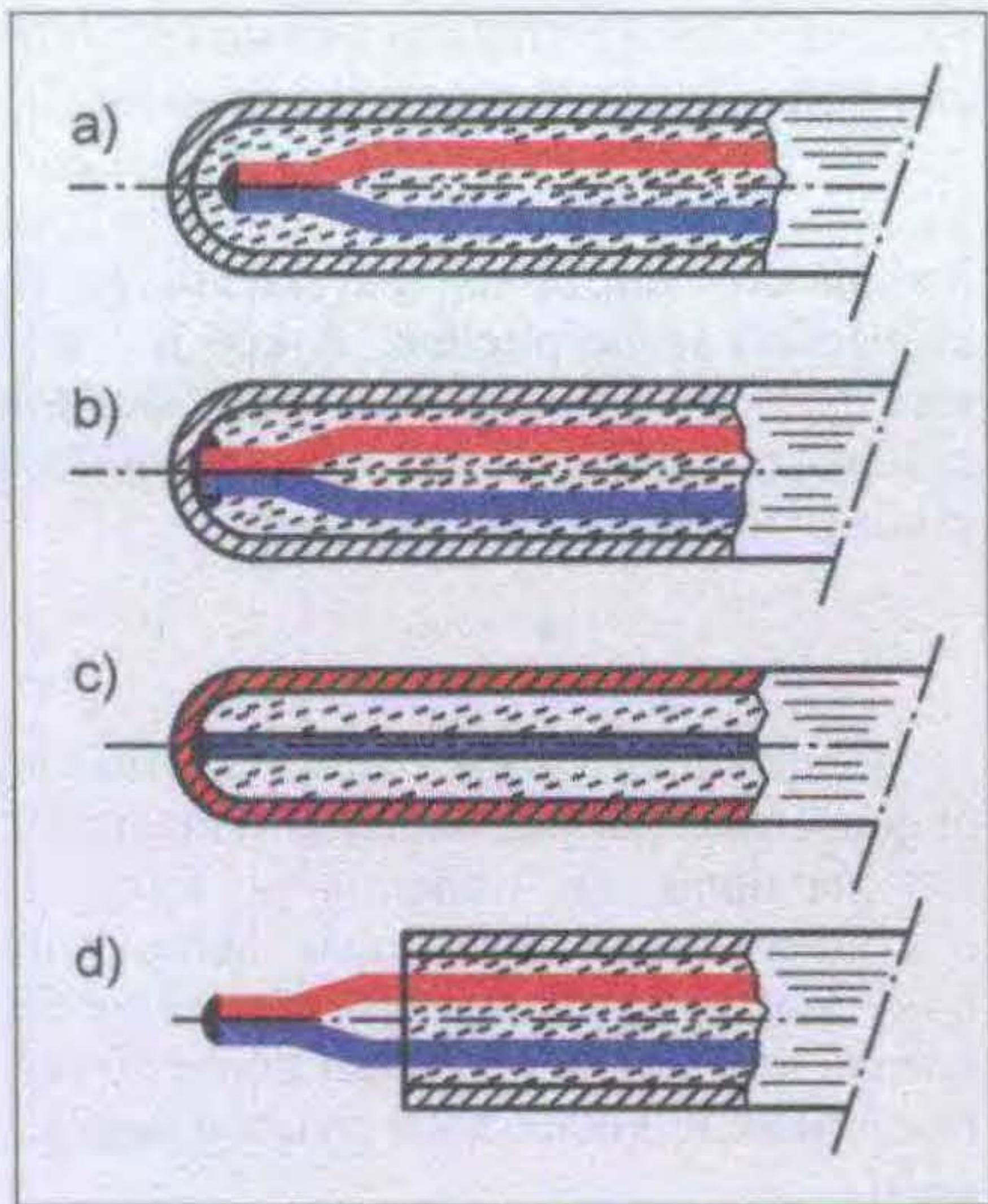
A hőelemek pontossági osztályba sorolásáról az (MSZ) EN 60584-2 (korábban: IEC 584-1) rendelkezik. Három pontossági osztályt definiálnak, megadván a határeltéréseket. A határeltérés vagy egy fix, $^\circ\text{C}$ -ban megadott adat, vagy egy hőmérséklettől függő szorzószám. A mindenkor nagyobb értéket kell figyelembe venni. A határeltérések a tényleges karakterisztikának az előző fejezetben említett, szabványos közelítő függvényekhez képesti megengedett eltéréseit jelentik.

Az 1. osztályba sorolt hőelemek adatai a $-40 \dots +1000 \text{ }^\circ\text{C}$, a 2. osztályúaké a $-40 \dots +1200 \text{ }^\circ\text{C}$, a 3. osztályúaké a $-200 \dots +40,1 \text{ }^\circ\text{C}$ méréstartományban érvényesek.

Példaképpen a K típusú (NiCr-Ni) hőelemre így adják meg a maximális eltéréseket:

1. o.: $\pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ vagy $\pm 0,004 \cdot |t|$,
2. o.: $\pm 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ vagy $\pm 0,0075 \cdot |t|$,
3. o.: $\pm 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$; ($-167 \dots +40 \text{ }^\circ\text{C}$)
vagy $\pm 0,015 \cdot |t|$; ($-200 \dots -167,1 \text{ }^\circ\text{C}$).

Léteznek ennél szigorúbb tűrésű típusok (pl. R, S, T) is. Mindent összevetve kijelenthetjük, hogy $0,05 \text{ }^\circ\text{C}$ -os hibájú görbéközéltés ide vagy oda, széles hőfoktartományban jó, ha a mérési hiba $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ -on belül marad! (Egyedileg kalibrált műszer-összeállításokra a gyártók néhány tized fokos mérési hibát garantálnak.) Komolyabb pontossági és stabilitási igények kielégítésére – ha a mérendő hőmérséklettartomány is lehetővé teszi – inkább a PTC jellegű platina hőfokér-



43. ábra

zékkel ellenállást és egy hozzá illesztett jelkondicionálót kell használni. Ez azonban egy másik cikk témája lehet.

A [9] a hőelemes méréseknél előforduló hibaokokat foglalja röviden össze.

14. A hőelemek gyakorlati kivitele

Az egyedi, laboratóriumi célra, kísérleti mérésekhez készített hőelemekről már tettünk említést. Olyan sok lehetséges kiviteli forma képzelhető el, hogy meg sem kíséreljük a rendszerezésüket. A laboratóriumi célra gyártott kereskedelmi típusokkal is majdnem hasonló a helyzet: nézzünk csak körül a neten! Léteznek például nyúlásmérőbéllyeghez hasonló, felragasztható fólia-hőelemek, de egészen exkluzív kivitelűekkel (pl. gyémántbevonatúval) is találkozhatunk: [10].

Az ipari mérés technika, automatika számára szabványos, szükség esetén az igen zord környezeti feltételeket is elviselő, robusztus tokozású gyártmányok állnak rendelkezésre. Az iparban a négy leggyakrabban alkalmazott típus a *J*, a *K*, a *T* és az *E*. Bár a 2. táblázatban szerepelnek a felső hőfokhatárok, ezeknél a típusoknál – eltekintve az olvadáspontuktól – valójában a fémszálak átmérője a korlátozó tényező. Nemesfém-ötvözeteknél az egyes összetevők szublimációja korlátozhatja a felső mérés határt. Minél vastagabbak a huzalok, an-



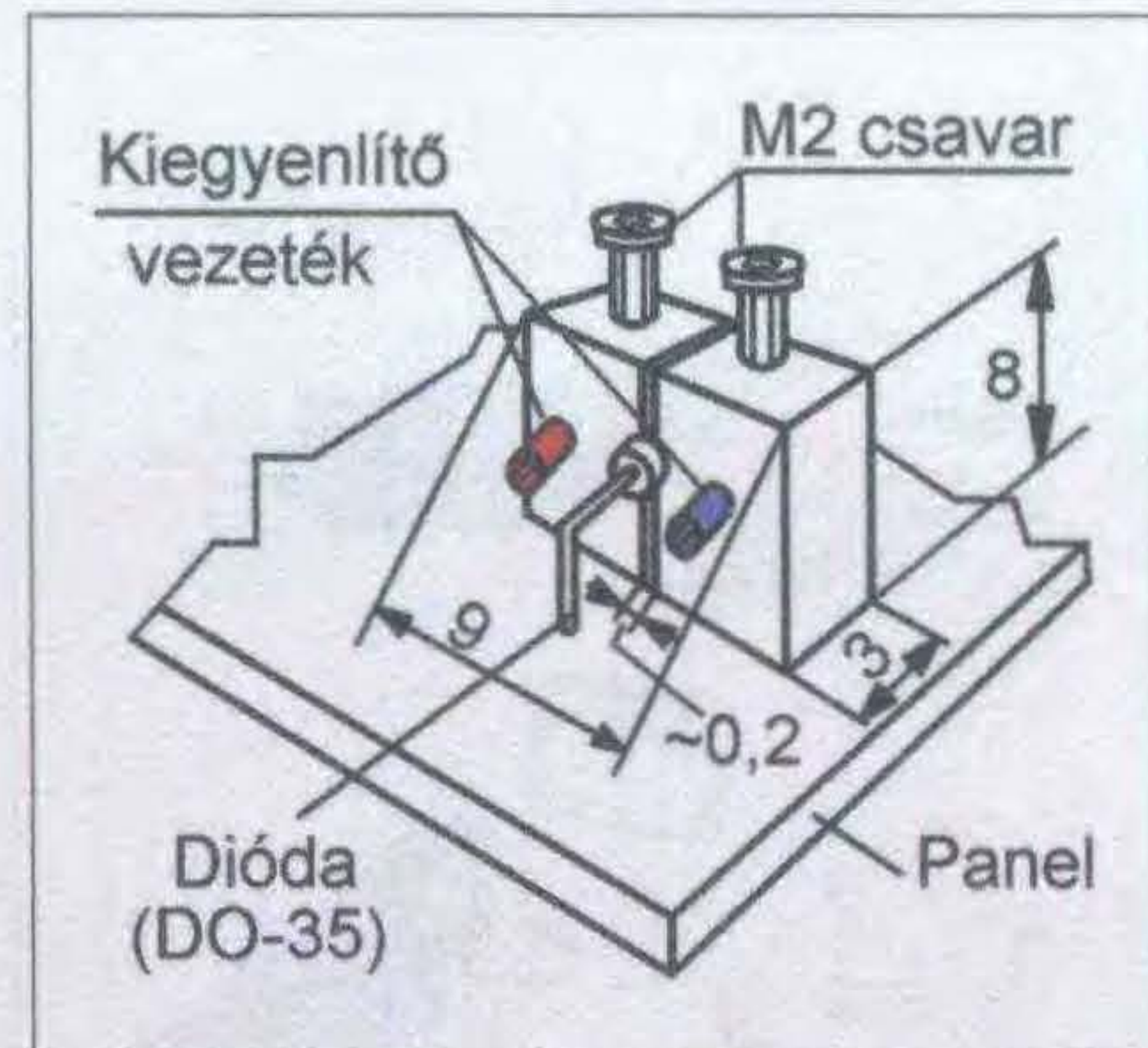
44. ábra

nál magasabb lehet a mérendő hőmérséklet, de annál nagyobb a hőelem tehetetlensége is. A vastag huzalnak további előnye, hogy homogénebb a kristályszerkezete, így a jellemzőinek kisebb szórásával számolhatunk.

A vastagabb falú, ellenálló tokozás is a növeli *válaszidőt*. (Válaszidőnek nevezzük azt az időtartamot, amely a hőmérséklet ugrásszerű megváltozása esetén a hőfokváltozás 63,2%-ának érzékeléséhez szükséges, meghatározott körülmények között.) A tokozás jó minőségű, a mérési tér felől hermetikusan zárt korrózióálló acél cső (pl. 304, 310, 316, 321 SS [Stainless Steel] v. Inconel 600 anyagminőségű). Ezek a burkolatok jól ellenállnak a hidrogén közegnek, az oxidáló atmoszférának és az inert gázoknak, sőt, vákuumban is használhatók. Különleges környezeti feltételek elviselésére két-, sőt háromrétegű burkolatokat is gyártanak. Léteznek hajlítható hüvelybe tokozott hőelemek is.

A fémtokozású zárt hőelemek alapvetően kétféle kivitelben készülnek: földetlen (43.a ábra), ill. földelt (43.b ábra). Az ábrán a szálakat párhuzamosan összeforrasztva ábrázoltuk. Azonban azok anyagától, az összeerősítés technológiájától függően több más formájú forrasztási pont is létezik (pl. összeecsavart, keresztben összehegesztett, tompán illesztett stb.; némelyik szimmetrikus vagy a keményebb huzal irányába „elhúzott” változatban is).

A csőszerű szondát (hüvelyt vagy köpenyt) általában magnézium-oxid tölti ki, amely magas hőmérsékleten is kitűnő villamos szigetelő, miközben a hővezető képessége viszonylag jó. A földetlen típus esetén a drót és a köpeny között 500 V-os feszültséggel mérve a szivárgási ellenállás nem lehet kisebb 1,5 Mohmnál. A földelt változat reakcióideje – a tok és a forrasztási pont fémes kapcsolata miatt – természetesen rövidebb. A földelt hőelemek nyugvó és áramló korrozív gázok, folyadékok és nagy nyomású közegek hőmérsékletének mérésére alkalmasak, míg a földetlen kialakítású hőelemeket olyan korrozív közegek esetén alkalmazzuk, melyeknél nem csak a szálak fizikai védelme fontos, hanem az érzékelő villamos szigetelése is. Egyes esetekben a földelt szondák egyik „szála” maga a védőcső is lehet, ha az anyaga ellenálló a mérendő közeggel szemben (43.c ábra). Ez a konstrukció nagyon hasonlít a 2. fejezetben említett lángőr hőeleméhez. Földelt



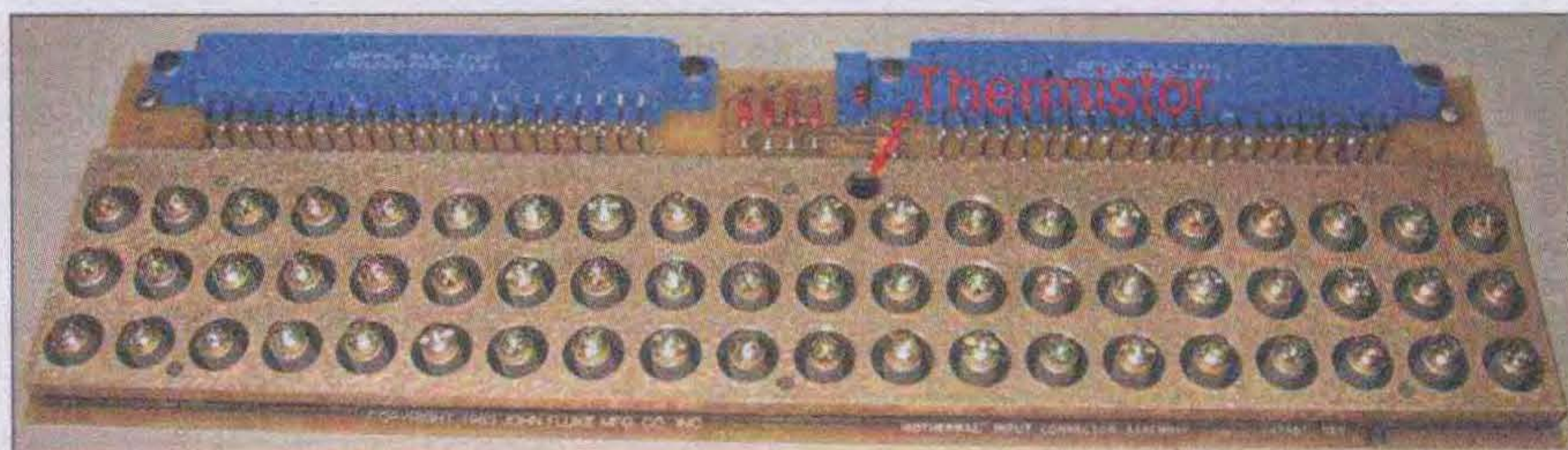
45. ábra

szondához csak szimmetrikus bemenetű, vagy galvanikusan leválasztott jelkondicionálót illeszthetünk!

A szabadon álló szondák (43.d ábra) esetén a forrasztási pont kiáll a védőburkolatból. Ezzel a konstrukcióval érhető el a legjobb válaszidő (reakcióidő), de az alkalmazhatósága igen behatárolt: csak nem korrodáló, nem túlnyomásos közegben alkalmas mérésre.

A 44. ábrán egy jellegzetes, ipari, fémtokozású, földetlen hőelemet láthatunk, szétszerelt állapotban is. Maga a forrasztási pont a zárt, pálcaszerű védőburkolat végéhez közel helyezkedik el. A védőcső hossza (ezzel a hőelem benyúlása) szabványos méretsből választható; 2 m-nél hosszabbak is léteznek! A védőcsőben a huzalpár kétlyukú kerámia szigetelőcsővekbe van befűzve. Pontosabb mérésekre négylyukú szigetelőcsövet javasolnak, hogy két, egymástól független hőelemet lehessen elhelyezni a védőcsőben. Gyakori a két, párhuzamosan futó egyfuratos kerámiaszigetelés is. A szigetelőcső anyaga sem közömbös: a különböző hőelemekhez más és más kerámiaösszetételt írnak elő, hogy magas hőmérsékleten se lépjen vegyi reakcióba a fémszálak anyagával. A védőcső másik végén levő szerelvény a kiegyenlítő vezeték számára tömszelencével ellátott, tömítetten szerelt fedelű csatlakozódoboz, belül izotermikus, csavarszorítású csatlakozópárral. A hőelemek – nemegyszer sárgarézbe esztergált – menetes rögzítőhüvellyel erősíthetők fel a mérőhelyre. Ezeket a meneteket is szabványos sorozatból választják.

Bár ezt a jellegzetes kialakítást „ipari-ként” aposztrofáltuk, a komolyabb minősé-



46. ábra



47. ábra

gü otthoni gázkazánokban, sütő- vagy égőtökemencékben is megtalálható.

15. Izotermikus tömb, izotermikus csatlakozó

Az izotermikus tömb feladata az előzőek alapján nyilvánvaló: a kompenzáló vezeték, ill. a műszer vagy a mérőjel-kondicionáló áramkör két közös csatlakozópontjának szigorúan azonos hőmérsékleten tartása azért, hogy a réz- vagy egyéb anyagú vezeték ne alkothassanak járulékos hőelem(ke)t a mérőkör többi elemével, így ne befolyásolhassák a mérés eredményét. Az izotermikus tömbök konstrukciója rendkívül változatos és gyakran egyedi, így csak néhány, szinte véletlenszerűen kiragadott megoldásról teszünk említést.

A legegyszerűbb a jó minőségű, csavarszorítású sorkapocs. Ezt érdemes műanyag védőburkolat alatt elhelyezni úgy, hogy

közvetlen légáramlás vagy sugárzó hő ne érhesse. Az izotermikus tömbnek jó termikus kapcsolatban kell lennie a hőmérséklet ellenőrző eszközzel. Környezeti hatásoktól jól árnyékolt sorkapocs esetén elegendő, ha a hőfokérzékelő annak közvetlen közelében, lehetőleg a két szorító között található.

A 45. ábrán egy saját fejlesztésű, két-pólusú, csavarszorítású izotermikus tömböt mutatunk be. A két, ezüstözött sárgarézről készült, négyszög keresztmetszetű szorító a belőlük kinyúló csapnál fogva van a nyákba forrasztva. A tömbök távolsága kb. 0,2 mm. A nyákkal párhuzamosan mindkét tömböcske egymás felé néző oldalába egy-egy félhenger alakú bemunkálás van: ide illesztjük be a hőmérsékletet érzékelő diódát. A rés többi részét csillám szigetelőlemezek töltik ki, mindkét oldalukon szilikonszírral bevonva. A panelbe ültetés előtt a diódát is becsírozzuk.

A 46. ábra egy érdekes megoldást mutat, sokmérőhelyes hőfok-adatgyűjtő rendszer hőelemeinek csatlakoztatására [11]. A nyákba beültetett számos csavarszorítású huzalcsatlakozót egy vastag, kifurkált alumíniumlemez veszi körül, amelynek a hőterhetlensége nagy, a hőmérséklete egyenletesnek tekinthető. A hőmérsékletét egy külön furatába erősített fémházas termisztor érzékeli.

A hőelemek csatlakoztatására kidolgoztak és szabványosítottak többféle két-pólusú, bevonatolt érintkezőjű, izotermikus csatlakozópárt. A két érintkezőpár kialakítása eltérő, így a fordított polaritású csatlakoztatás kizárt. Az érintkezőpárok azonos hőmérsékletét azok kis távolsága, és a csatlakozópár elemeinek jó hőszigetelő képességű műanyag burkolata igyekszik biztosítani. Az érintkezők anyaga általában megegyezik a hőelemet, ill. a kompenzáló vezeték alkotó anyagpáréval. A csatlakozóház színe is a 3. táblázat szerinti.

Példának okáért a K típusú hőelem jelét fogadni képes DMM-ek nagy része is ilyen-nel van felszerelve, az IEC előírása szerint

zöld, az ANSI szerint sárga csatlakozóházzal. Sztenderd (hengeres), ill. miniatűr (lapos) érintkezőcsapos változatokra mutat példát a 47. ábra. A hengeres csatlakozó bemutatott változatába zavarászűrű ferritcsövecskét is beépítettek. A kép bal alsó sarkában egy jellegzetes, az ipari hőmérők csatlakozóházába szerelhető, négy-pólusú csatlakozószerelvény látható.

* * *

Írásunkat itt berekesztjük, bár mint az elején érzékeltettük, ennek a témakörnek (is) hatalmas az irodalma – főleg az interneten. Nem marad más hátra, mint hogy köszönetet mondjunk dr. Fábrián Tibornak a 3. fejezet megírását könnyítő forrásmunkák felkutatásában nyújtott segítségéért.

Irodalom:

1. Hargittay Emil: A hőmérséklet mérése (Műszaki Könyvkiadó, 1980)
2. <http://ekh.kando.hu/downloads/termoelem/>
3. Katona Ábris: Termovillamos generátorok. Korszerű technológiák, 17. (1989) 5. 23-28. o.
4. Arkadij Szergejevics Bernstejn: Termoelektricseszkie generatorü. Goszenergoizdat, Moszkva-Leningrad, 1956. (Masszovaja radiobiblioteka, vü.p. 252.)
5. Lim Williams: Thermocouple Measurement (Linear Technology, AN28; <http://www.linear.com/pc/downloadDocument.do?id=4121>)
6. http://srdata.nist.gov/its90/download/type_k.tab
7. http://www.mae.wmich.edu/faculty/Ghantasa/ME335/Temperature_Sensors_experiment.htm
8. <http://www.capgo.com/Resources/Temperature/Thermocouple/Compensation.html>
9. <http://www.isabellenhuetten.de/uploads/media/Fehlermoeglichkeiten.pdf>
10. <http://www.chm.bris.ac.uk/pt/diamond/pdf/drm8-956.pdf>
11. <http://vbn.aau.dk/fbspretrieve/16197033/>

KEDVEZMÉNNYEL » A MAGYAR RÁDIÓZÁS HŐSKORA « c. könyvsorozat köteteit ajánljuk

Érsek János (HA2MP)

Rövidhullámú amatőr rádiózás

A kezdetektől 1944-ig

280 oldal, 1990 Ft

Stefanik Pál (HA5BT)

A magyar rövidhullámú amatőr rádiózás története 1945-1955

242 oldal, 1990 Ft

Wlassits Nándor (HA8QC)

Rövidhullámok 1924-1934 Magyar rádióamatőr történet

224 oldal, 1990 Ft

Molnár György

Molnár János élete

* 70 év a Sándor utcában

122 oldal, 1990 Ft

A könyvekről bővebben honlapunkon olvashat:

www.radiovilag.hu

Sugár Gusztáv

Megszólal a rádió

300 oldal, 1990 Ft

Sugár Gusztáv

A néprádiótól a műholdas televízióig

300 oldal, 1990 Ft

Legszebb
ajándék
a könyv!

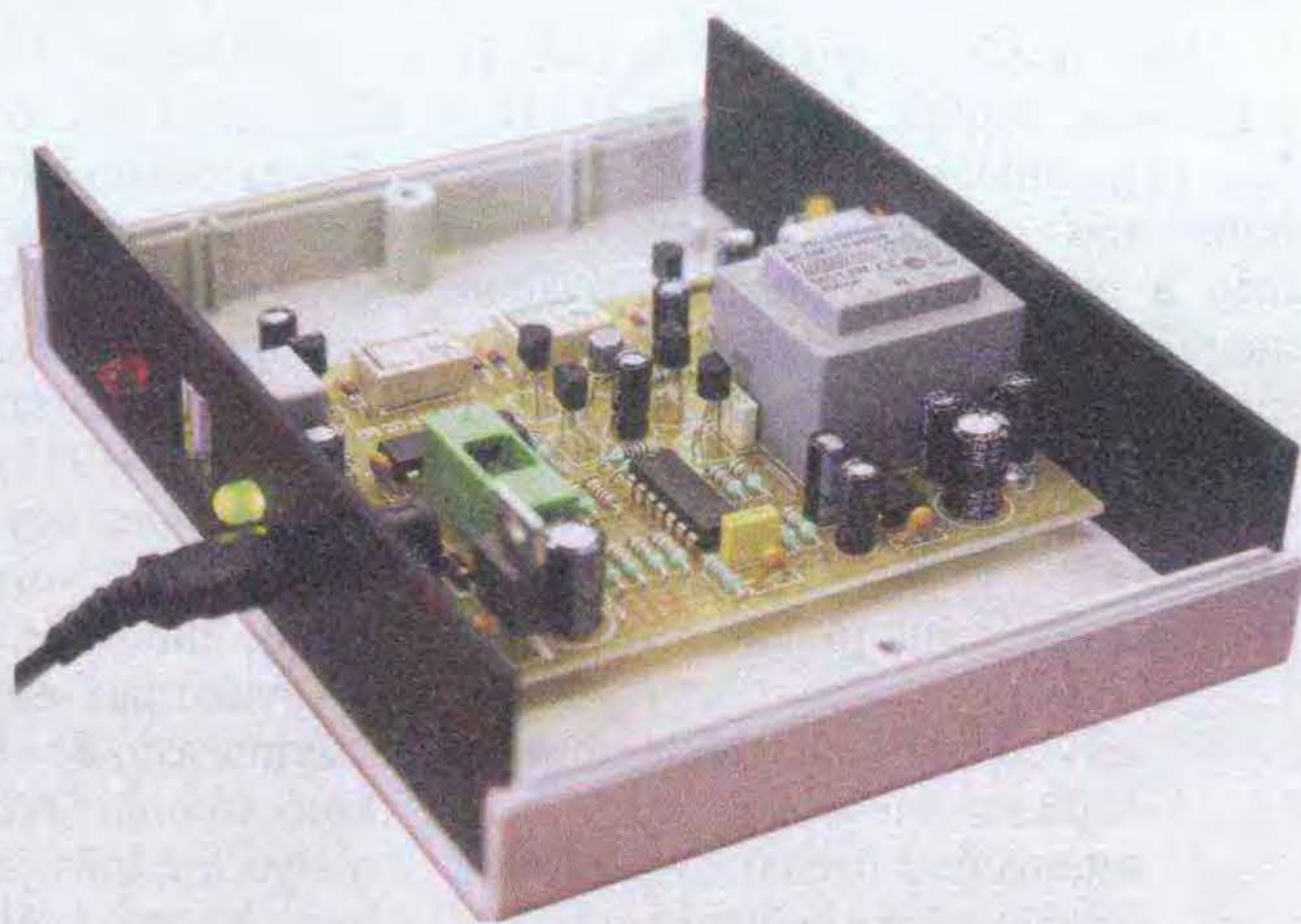


A könyvek megvásárolhatók, postai utánvétellel (csomagolás+postaköltség felszámításával) megrendelhetők a szerkesztőségénél. Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. 130. ☎ Budapest, Pf. 603. H-1374 ☎ 239-4932, 239-4933 ☎ hambazar@radiovilag.hu

Vezetékes telefon megújult szerepben

Kétállomásos kapcsolóközpont

Nagymáté Csaba, Diószegi Gyula
villamosmérnökök, divelex@freemail.hu



„Sic transit gloria mundi”, azaz: „így múlik el a világ dicsősége”, tartja a sokszor idézett régi latin mondás. Technikailag is globalizálódó világunkban az elektronika, a híradástechnika, műszertechnika fejlődési szakaszainak szélesebb spektrumát megélő szakember és/vagy felhasználó bizony szomorúan érzi és veszi tudomásul idézetünk jelenkori aktualitását.

Naponta hallunk híreket egy-egy korszak emblematikus technológiájának, készülékcsaládjának alkalmazásból való végleges kivonásáról, gyártásuk megszüntetéséről. Nem tesz boldogabbá bennünket, ha tudjuk, ez pl. a törvény erejénél fogva történik (ld.: digitális tévére való átállás), vagy egyszerűen a technikai fejlődést mozgató gazdasági kényszer következménye a megismert és megszokott technikák elmúlása.

Emlékezzünk, hogy az első megrendítő hír a Morse-jelek hivatalos alkalmazásának beszüntetéséről szólt, s kéziratunk készítésekor már a VHS videórendszer gyártásának befejezéséről olvashattunk, s nemsokára búcsúunk az analóg televíziótól is. Az informatika, számítástechnika sikertörténetét nem sorolnánk ebbe a kategóriába, hiszen annak megszületésekor már „génjeiben” (azaz bitjeiben) kódolva volt az állandó – szinte a szakember számára is követhetetlen – megújulás, amit már-már várnak a felhasználók. Kevés kivételt képeznek az egymás mellett létező (régie és új) rendszerek, amelyek folyamatos fejlődés árán és éles piaci harc mellett töltenek be közel azonos alapfunkciót. Ebbe a körbe tartozik a vezetékes és vezeték nélküli (GSM) telefonálás. A továbbiakban ezzel az együttélési jelenséggel foglalkozunk.

Amikor ma már 100 magyar lakosra 110 mobiltelefon jut (forrás: *Rádiótechnika* 2009/5), a nevében is megújuló vezetékes szolgáltató (az egykori MATÁV) egyelőre tartja hadállásait. Ez utóbbinak titka nyilván történelmi előzményeiben is rejlik. A szerzők gyerekkori, máig megfejthetetlen dilemmája volt, hogy piacvezető gyártói kapacitásunk ellenére (Mechanikai Művek, BHG) miért kellett 15...25 évet(!) várni egy telefon-fővonalra? A válasz ideológiai vetületét persze ma már tudjuk, de a dolog valahol mégis nonszensz.

Aztán sokat változott a világ. Vezetékes telefonra már „napokon belül” szert tehetünk, s ha már van, a régi beidegződés ugye (miszerint milyen nagy kincs is ez) egyelőre életben tartja a rendszert. Persze ehhez a szolgáltatók színvonalának folyamatos javulása, biztonsága is hozzájárul. A „kommunikációs köldökzsinór” végén lógó végberendezésünk természetesen sokat változott a valaha világszínvonalú számtárcsás CB 667-es (gyártó MM) elhalása óta. A numerikus billentyűzetű készülékek különböző generációi követik egymást, a digitális technika minél magasabb fokú alkalmazásait minél olcsóbban beléjük integrálva. De mit is lehet kezdeni az alapfeladatra (tudniillik felhívok valakit és beszélek vele) még bőven alkalmas készülékekkel?

A szerzők javaslatukkal mindenképpen szeretnék elkerülni az általuk „Junoszty szindrómának” nevezett jelenséget. Emlékezzünk, a színes televíziók térhódításával az országban levő hatalmas példányszámú fekete-fehér Junoszty televíziók a „Jó az még másodkészléknek, vagy a hétvégi telekre” felkiáltással reneszánszukat élték, még akkor is, mikor hangnormaváltás miatt (OIRT/CCIR) utólagos átalakítá-

suk vált szükségessé. Aztán szép lassan lomtanitási kupacok alján végezték valamennyien.

Újfajta megközelítésű felhasználási ötleteinkkel rést kívánunk ütni az értelmetlenség pajzsán. Olyan élethelyzeteket kerestünk, ahol a vezetékes telefon nem a „jó lesz még egyszer valamire” szerepét tölti be, hanem megújulva hasznosan látja el alapfeladatát. Vidéken, városban a társadalom – úgy tűnik nem megállítható – elöregedésével egyre több időskorú ember lakik egymás szomszédságában, közelében és sem anyagi helyzetük, sem „technikai frissességük” nem teszi lehetővé pl. GSM telefon használatát. Ebben az esetben életmentő lehet egy pont-pont közötti összeköttetést megvalósító saját (s ennél fogva ingyenes) telefonos összeköttetés a közelben lakó szülővel, szomszédal stb.

Sok olyan helyzet is adódhat, ahol szükséges lehet kapcsolatteremtés embertársukkal, de nincs villamos hálózat, ami egy telefonközpontot működtetne, így egy telepről (is) üzemelő ingyenes hálózat szintén jól jönne. Ilyen szituáció lehet pl. gazdasági épületek között, szőlőhegyen az egyes borospincék között stb.

A példákat tovább sorolhatnánk, de ezek egy valamiben közösek. Nevezetesen: az összeköttetésnek nem lehet feltétele bonyolult technika kezelése, az üzemvitel legyen a fővonalis telefonáláshoz hasonlatos és automatikus. További feltétel, hogy valamennyi a nyilvános vezetékes hálózaton működő végberendezés felhasználható legyen. Az előzőek szellemében és okán mutatunk be néhány – egy-két alaptípusra visszavezethető – kétállomásos elektronikus kapcsolóközpontot, amelyek segítségével a vezetékes telefon ismét főszereplővé léphet elő.

Házi telefonközponttal lapunk is több ízben foglalkozott (lásd pl.: [1], [2], [3]), amely közlemények mind-mind más szemszögből közelítették meg a problémát. Léteznek továbbá megvásárolható, a nyilvános hálózatra rácsatlakozó házi központok is, de a példánkbeli idős emberek problémájára jelen közleményünk ad ideális megoldást.

Berendezéseink fő jellemzői:

- kétvezetékes hálózat, legfeljebb 1000 m-es távolság;
- automatikus üzemű központ, tárcsázni, számot beütni nem kell;
- hálózatról, fali dugasztápról vagy telepről üzemeltethető;
- könnyen elkészíthető, speciális alkatrészt nem igényel.

A konkrét konstrukciók bemutatása előtt egy rövid történeti és elméleti kitérőt teszünk a telefónia világába. Tesszük ezt egyrészt azért, hogy a kapcsolások tárgyalásakor használt szakki-fejezések ne legyenek minden előzmény nélküliek, másrészt annak az el- képesztő – még a vezetékes „szakem- berek” részéről is tapasztalható – tájé- kozatlanság okán, ami már-már hátrál- tatta az alapvetően nem szakos szerzők áttekintő felkészülését cikkük írásakor.

Történelem – dióhéjban

Ha telefon akkor: „Puskás Tivadar, ta- lán valamilyen Bell” merült ki a leg- több megkérdezett ismerete a történel- mi előzményekről. Jóllehet a témakör áttekintése önálló publikációt igényel- ne, az alábbi, szinte felsorolás jellegű összefoglalónkkal igyekszünk egy kis érdeklődést felkelteni úgy, hogy azt a bizonyos dióhéjat a legkisebbre vá- lasztjuk. A távbeszélő technika fejlődé- se a következő főbb nagy korszakokra osztható:

I. Az alapismeretek kialakulása, a távbeszélő feltalálása (1837–1881).

Az amerikai *Alexander Graham Bell* (1847–1922) 1876-ban szabadal- maztatta a telefont. Ennek ellenére az első telefon megalkotójának személyét nem is olyan könnyű egyértelműsíteni. Szinte minden iparilag fejlett ország sa- játjának tulajdonít egy-egy telefon-fel- találót. Németországban *Philipp Reis* (1834–1874) már 1861 októberében Frankfurt an Main-ban bemutatta ké- szülékét és neki, illetve egy *Huth* nevű feltalálónak (1796) tulajdonítják a „te- lefon” szóhasználat megalkotását.

A telefon, mint kifejezés tekinteté- ben sem tisztázott az elsőség kérdése. Egyes dokumentumok szerint azt elő- szőr *Wheatstone* használta az 1820-as évek elején a hang terjedési sebességé- nek meghatározására végzett kísérlete- inél. Franciaországban *Charles Bour- seul* (1829–1912) mérnök 1854-ben je- lentetett meg egy értekezést a hang to- vábbításának vezetéken történő módjáról, de elméleti fejtegetését nem követ- te gyakorlati megvalósítás. Az olasz származású, de később Amerikában al- kotó *Antonio Meucci* (1808–1889) sze- mélye különös jelentőségű a történet- ben, hiszen találmányával (1854–55) jóval megelőzte Bellt, de időben nem lévén pénze szabadalmaztatásra, a ké- söbbi szabadalmi vitában a bíróság Bellt állapította meg „győztesnek”. *Meucci* munkásságát csak a XXI. szá- zadban (!) ismerték el: 2002-ben az USA kongresszusa őt nyilvánította a te- lefon feltalálójának. Jelentős továbbá az amerikai *Elisha Gray* (1835–1901) munkássága is a témában.

A telefon önmagában mit sem ér, a készülékeket egymással össze kell köt- ni, ami kapcsoló központon keresztül történhet. A fejlődés ütemére mi sem jellemzőbb, hogy 1877-ben Bostonban (USA) hat (más források szerint öt) bankfiók összekapcsolásával létrejött az első magán telefonközpont. Az 1878-as esztendő is nevezetes volt. New Havenben üzembe helyezték a vi- lág első nyilvános távbeszélő központ- ját, és egy angol-amerikai, bizonyos *Edward David Hughes* (1831–1900) microphone-nak nevezte szénlemez- szénrúd kombinációjú szerkezetét (1878). Ezt a találmányt tökéletesítette *Ader Klemens*.

Európa sem maradt le az „új csoda” adta lehetőség kiaknázásában. *Puskás Tivadar* Párizsban 1879-ben hozta létre a városi telefonközpontot és hálózatot. Mivel feladatai ily módon Párizshoz kötődtek, öccsét, *Ferencet* bízta meg a technika hazai adaptálásával. Ennek előfutáraként 1879-ben Magyarorszá- gon először a Gyöngytyúk utcai laká- sán a második emelet és a földszint kö- zött nyilvános telefon-bemutatót tar- tott. Lépéstartásunkra vet dicső fényt, hogy – *Puskás Ferenc* elsődleges érde- meként – 1881-ben megnyílt az első budapesti telefonközpont, a szintén eb- ben az évben Berlin melletti *Friedrichs- berg*-ben és a *Mülhausen*-ben átadott központokkal egy időben.

II. 1881–1903. Ebben az időszak- ban a távbeszélő készülékeket helyi te-

lepekkel működtették (LB rendszer) Világújdonság volt az USA-beli *Hart- ford*-ban 1889-ben először alkalmazott nyilvános érmés (pénzbedobós) készü- lék.

III. 1903–1922. Általánossá vált a hálózatok központi telepes (CB) táplá- lása.

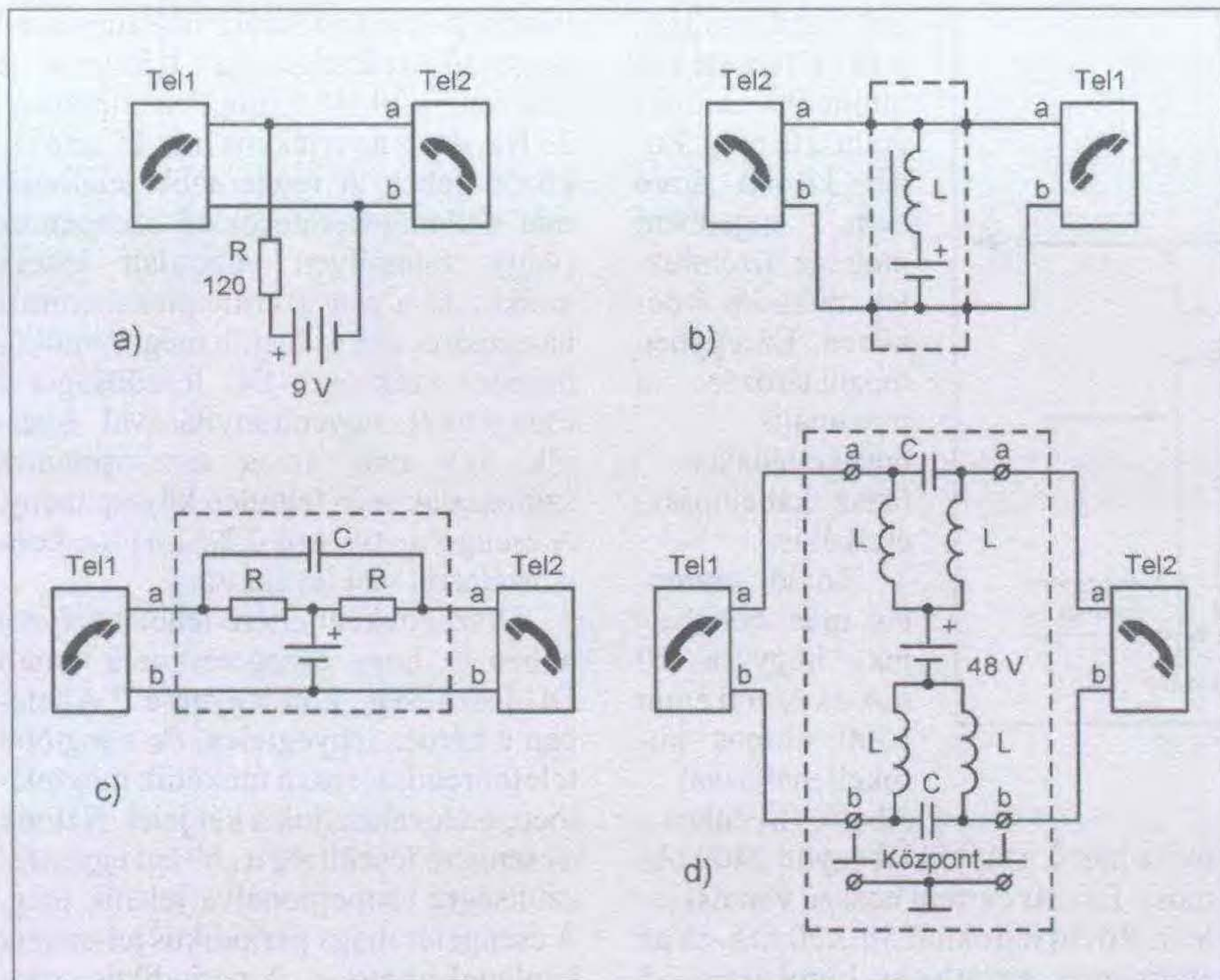
IV. 1922- napjainkig terjedő fejlő- dési időszak főbb állomásait felsorolni is oldalak kellenének, s az egyre mé- lyülő szakmaiság már csak kevés érin- tettnek jelenthet felidézendő emléke- ket. Mind a végberendezések, mind a központok tekintetében a tartalmi, for- mai változásainak csak a felhasználók élvezték, élvezik előnyeiket. Csak – az önkényesen – kiragadott mérföldköve- ket említenénk. 1928. december 13-án a Váci utca 6. szám előtt felállították Budapest első nyilvános telefonfülké- jét. 1962-ban helyezték üzembe USA- ban az első teljesen elektronikus tele- fonközpontot. 1977-ben (bár ez a dátum is vitatott) *Rudolf Hell* (1901–2002!) fel- találta a távmásoló (telefax) berendezé- sét, amely segítségével telefonvonalon lehetővé vált A4 formátumú szövegek, képek néhány perc alatti átvitele. Példáink sorát lezárando 1979-ben mutat- ták be az első elektronikus, mikropro- cesszoros vezérlésű tárolós telefon ké- szüléket.

Telefontechnikai alapok

Kössünk össze két telefont!

Írásunk ezen fejezetében nem lehet cé- lunk a vezetékes hírközlési szakág még felületes ismertetése sem. Amire a szűkre szabott keretek között vállal- kozhatunk csupán annyi, hogy bemu- tatjuk, hogyan lehet beszédkapcsolatot létesíteni két telefon készülékkel, mi- lyen elemi folyamatok játszódnak le egy kapcsolóközpontban, valamint mi- lyen jelek vannak jelen a vezetékek-érpá- ron. Tesszük ezt azért, hogy bemutas- suk közölt berendezéseinknek – még ha elemi szinten is – milyen műszaki felté- telek mellett kell, hogy működjenek.

A történeti szakaszban utaltunk az ún. CB (Central Battery) működésű há- lózatok egyeduralkodóvá válásáról. Ez azt jelenti, hogy egy központban elhe- lyezett telep az ún. vonaláramkörön ke- resztül táplálja az összekapcsolt készü- lékek mikrofonjait. Ekkor a hallgató in- duktív csatolású és a mikrofon van a vonalhurokban. Az előfizetői végbe- rendezések néhány további sajátossá- gáról pl. a [4]-ben olvashatunk.



1. ábra

A telefonok tehát a vonali érpáron (nevezük „a” és „b” ágnak) kapnak áramot a központból. (Vegyük észre, hogy itt hangzott el először a központ kifejezés, pedig az igazi központ multiprocesszoros vezérlésű áramköri funkcióit meg sem kíséreljük érinteni, de minden valahol innen indult el.)

Némileg előre szaladva a folyamatban az áramnemet tekintve a betáplált áram lehet:

- DC áram, az előbb említett mikrofonáramkör táplálására, továbbá – az itt nem részletezendő – kapcsolási információk számára vezérlő áram gyanánt,
- 25...50 Hz-es váltakozó áram a csengető áramkör működtetéséhez,
- 425 Hz-es hangfrekvenciás áram jelzési funkciókra (pl. tárcsahangként).

Megjegyezzük, hogy az egyenáramú és a hangfrekvenciás táplálás csak a készülék működtetésekor (pl. a kézibeszélőt felemeljük) lép működésbe. A feladatunkat redukáljuk a legegyszerűbbre, ami azt jelenti, hogy alapesetben eltekintünk a csengetés és jelzést adó stb. funkcióktól. Ekkor az a bizonyos központi telep és két párhuzamosan kapcsolt készülék segítségével létrejöhet a beszédkapcsolat.

A fentebb vázolt elrendezés azonban így még nem működőképes. A beszédünk hatására változó mikrofonáram (a beszédjel) a telepen keresztül egyszerűen rövidre záródna. Ezt akadályozza meg a főágba kötött R ellenállás. (1.a ábra). A szabványos vonali DC feszültség helyett (48 V) rövidebb távolságra használhatunk 9...12 V-os telepet is. Minden további eredmény már a felhasznált készülékektől is függ. Példaként említjük meg, hogy az egykori „import” hongkongi nyomógombos fali telefonok kb. 200 ohmos belsőellenállással egy-két óra alatt felemésztik a telep energiáját.

Az előbbi gondolatmenetünkben a legnagyobb baj az ellenállással van. A tápáram és a hangáram elválasztása okán jó nagy értékűre kellene választanunk, de akkor igen csekély tápáram adódna a készüléknek, ami működésképtelenséget is előidézhet, jobb esetben csak igen kis hangerővel számolhatunk. (Az „optimális” ellenállásérték: 120...150 ohm lehet.) A jó megoldás az 1.b ábra szerinti. A teleppel soros L induktivitás kicsi DC ellenállást jelent a telep felé, ugyanakkor – gondos méretezés esetén – nagy impedanciát a HF jel számára, így az nem tud a telepen keresztül felemészteni. Az 1.c ábra már egy újabb (de nem jobb) megoldást mutat ugyanerre a problémára. Végül is, dacára a gyors technikai fejlődés-

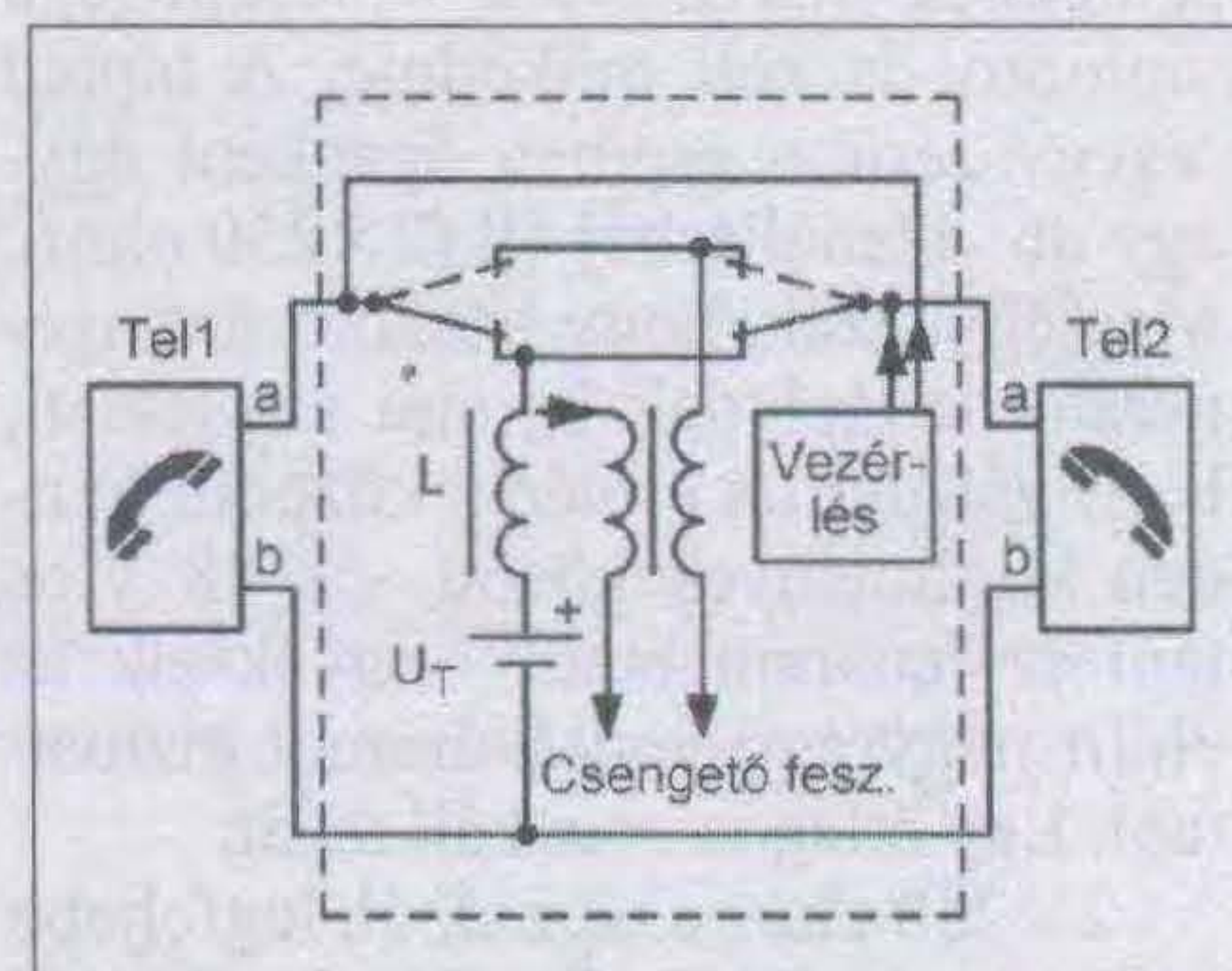
nek, két készülék összekapcsolásának kiforrott módja máig azonos maradt (1.d ábra).

Mint láttuk – ha jót akarunk –, „központunkban” meghatározó szerepe van a nem is oly kis méretű induktivitásnak. E ponton azonban tetten érhető a technikai haladás az induktivitás-szimulátor (ami egy műkapcsolás, egyfajta elektronikus induktivitás, és *girátornak* nevezik) alkalmazásával, amely a méretek jelentős csökkentését tette lehetővé. Jelentőségére való tekintettel a girátort külön szakaszban mutatjuk be.

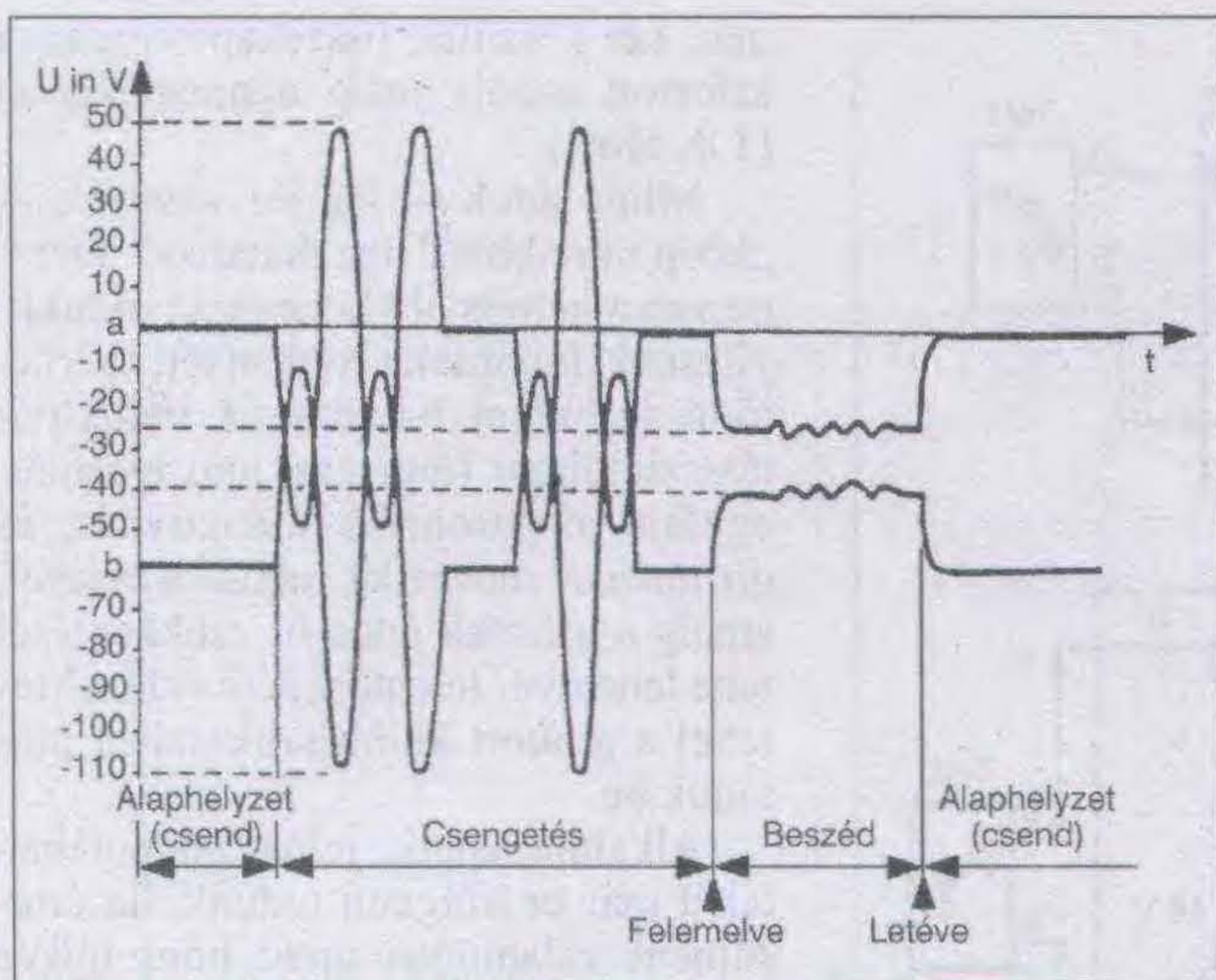
Alkalmazásunk jelen állapotában tehát már beszélgetni tudunk, ha értesülnénk valahogyan arról, hogy mikor is kell a kagylót felemelni! Erre szolgál a *csengető áramkör*, amikor is a központnak a vonalra csengető jelet kell küldenie jelzést adva a hívott félnek arra, hogy készülékével egyenáramúlag is kapcsolódjon a vonalra. Ebben a pillanatban a központnak így már elemi kapcsolási funkciót is el kell látnia és „joggal” nevezhetjük kapcsoló központnak. Az eset egyszerűsített vázlatát a 2. ábra mutatja. Annak bemutatása, hogy az elemi kapcsoló központ miként válik telefonközponttá, nem tárgya jelen közleményünknek, e tekintetben a hivatkozott és egyéb más (pl. internetes) irodalomra utalunk.

Jelek, fogalmak, szabványok

Az előző fejezetben már utaltunk az összekapcsolási folyamat főbb jellemzőire. A következő néhány megállapításunkkal részletezzük ezeket egyrészt a tájékoztatás okán, másrészt azt is láttatni kívánjuk, hogy megépítendő berendezéseinkben hol és miért térhetünk el az „igazi” fővonalai hálózat paramétereitől. A kezdeti (és még a későbbiek is) elektromechanikai telefonkészülékek korszakában az alkalmazott (és akkor még betartandó) szabványok szigorú



2. ábra



3. ábra

tűrésekkel határolták be a villamos üzemviteli paramétereket. Az elektronikus készülékek térhódításával a hurokban „keringő” jelek rugalmasabb határok között változhatnak, hiszen a modern áramkörök kevésbé érzékenyek az effajta ingadozásra, mint pl. egy jelfogó.

Az előző szakasz gondolatát folytatva, egy régi elektromechanikai végberendezés esetén a DC feszültség és a HF elválasztására kb. $2 \mu\text{F}$ -os kondenzátor és 5 H-s (!) fojtótekerics volt használatos mindkét ágba bekötve (1. d. ábra). Az előfizetői vonalat a központi telepről egy ún. tápáramkörön (táphídon) keresztül táplálják. A telepfeszültség $48 \text{ V} \pm 10\%$ és a pozitív pólusán földelt (szabvány: MTS I.-7-D921130). Normál esetben a vonal polaritása így: „a” ág pozitív (föld), „b” ág negatív (telep). A tápfeszültség értéke azonban országonként változhat. Így pl. Angliában 50 V, míg a németeknél 60 V. (Ezért is okozhatott csalódást a már említett „magánimportú” hongkongi készülékek többsége).

Az újabb előírások szerint egy készüléknek már $24 \dots 60 \text{ V}$ feszültségű táphídról is kell működnie. A táphíd legegyszerűbb esetben áganként egy-egy db. ellenállásból áll ($2 \times 250 \text{ ohm}$). Megjegyezzük, hogy léteznek áramgenerátoros táphidak is, ami azt jelenti, hogy zárt hurok esetén a központ minden körülmények között – a 48 V-os tápfesz. határain belül – igyekszik az előírt nagyságú vonali áramot biztosítani. Egy átlagos vonal áll tehát:

$2 \times 250 \text{ ohm}$ os táphídból, legfeljebb 1000 ohmos hurokellenállású vonalból és kb. 400 ohmos készülékből. A névle-

teljes hurok a táphíddal együtt 2400 ohmos). Ez már extrém hosszú vonalat jelent. Rövid huroknál $50 \dots 70 \text{ mA}$ -es az áram, míg az átlagos hurokáram 35 mA. (Megjegyezzük, hogy ha nincs szükség tárcsázásra, akkor a készülék még üzemképes $8 \dots 12 \text{ mA}$ -es hurokáramnál is). Modern készülék bejövő hívás fogadására alkalmas állapotban (azaz alaphelyzetben) legfeljebb $5 \mu\text{A}$ áramot vesz fel 48 V kapocsfeszültség mellett.

A vonali DC áramnál ellentmondásosabb a helyzet a csengetésnél. Itt már frekvencia-, amplitúdó- és jelalak-kérdések merülnek fel, és ezek értékei akár telefontársaságonként változhatnak. Így a készülékeknek elég széles intervallumban megadott paraméterek mellett kell üzemelniük. Újra visszaidézzük a régi elektromechanikai csengetőműves készülékeket, ahol a csengetés $80 \dots 110 \text{ V}$ effektív feszültségű, $16 \frac{2}{3} \text{ Hz}$ (!) frekvenciájú szinuszzel történt. (A későbbiekre nézve fontos megállapításunk, hogy ezek a készülékek csengetnek 50 Hz-es frekvenciával is, de a mechanikai csengő utánállításra szorulhat.) A már hivatkozott szabvány már úgy fogalmaz, hogy a csengető feszültség $25 \text{ Hz} \pm 5\%$ frekvenciájú, 10% -nál kisebb torzítású szinuszos feszültség. Amplitúdója legyen legalább 60 V, $2,2 \text{ kohm} + 3 \mu\text{F}$ (soros RC) terhelésnél a telefonközpont vonali rendezőjén mérve. Ez utóbbi soros RC tag 3 db párhuzamosan kötött készülék csengetőkörét szimulálja. Tehát 1 db csengetőáramkör $6,6 \text{ kohm} + 1 \mu\text{F}$ -ként veendő számításba.

Az elektronikus készülékek további fejlődésével ma már csak egyvalami

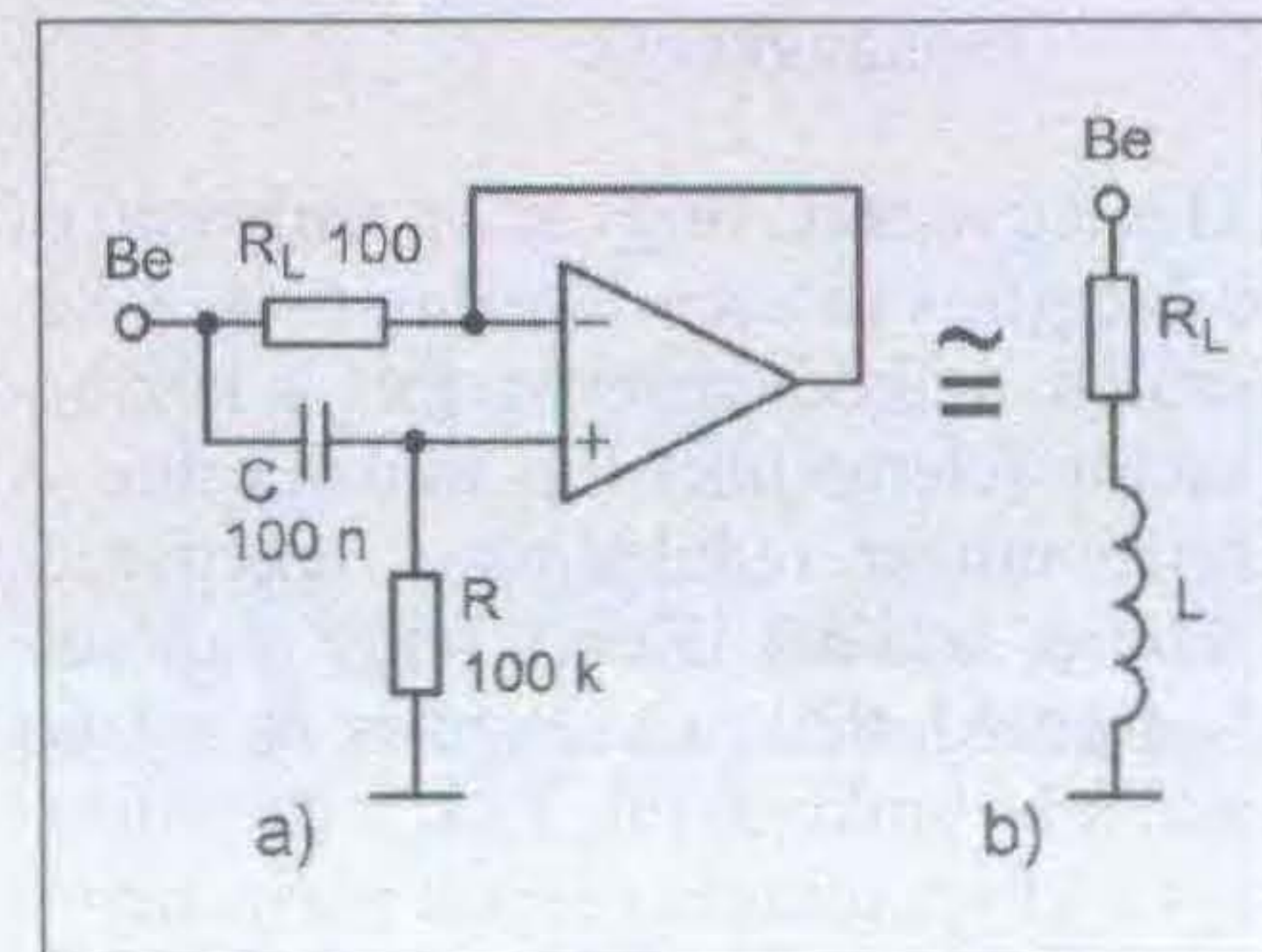
ges tápfeszültség (-48 V) esetén a minimális hurokáram 20 mA. Ennél kisebb áram nem engedhető meg az üzembiztos működés érdekében. Ez egyben meghatározza a maximális hurokellenállás (azaz kábelhossz) értékét is.

Rövid számolás után beláthatjuk, hogy a 20 mA-es üzemi áram 1500 ohmos hurokellenállásnál áll elő. (Ilyenkor a

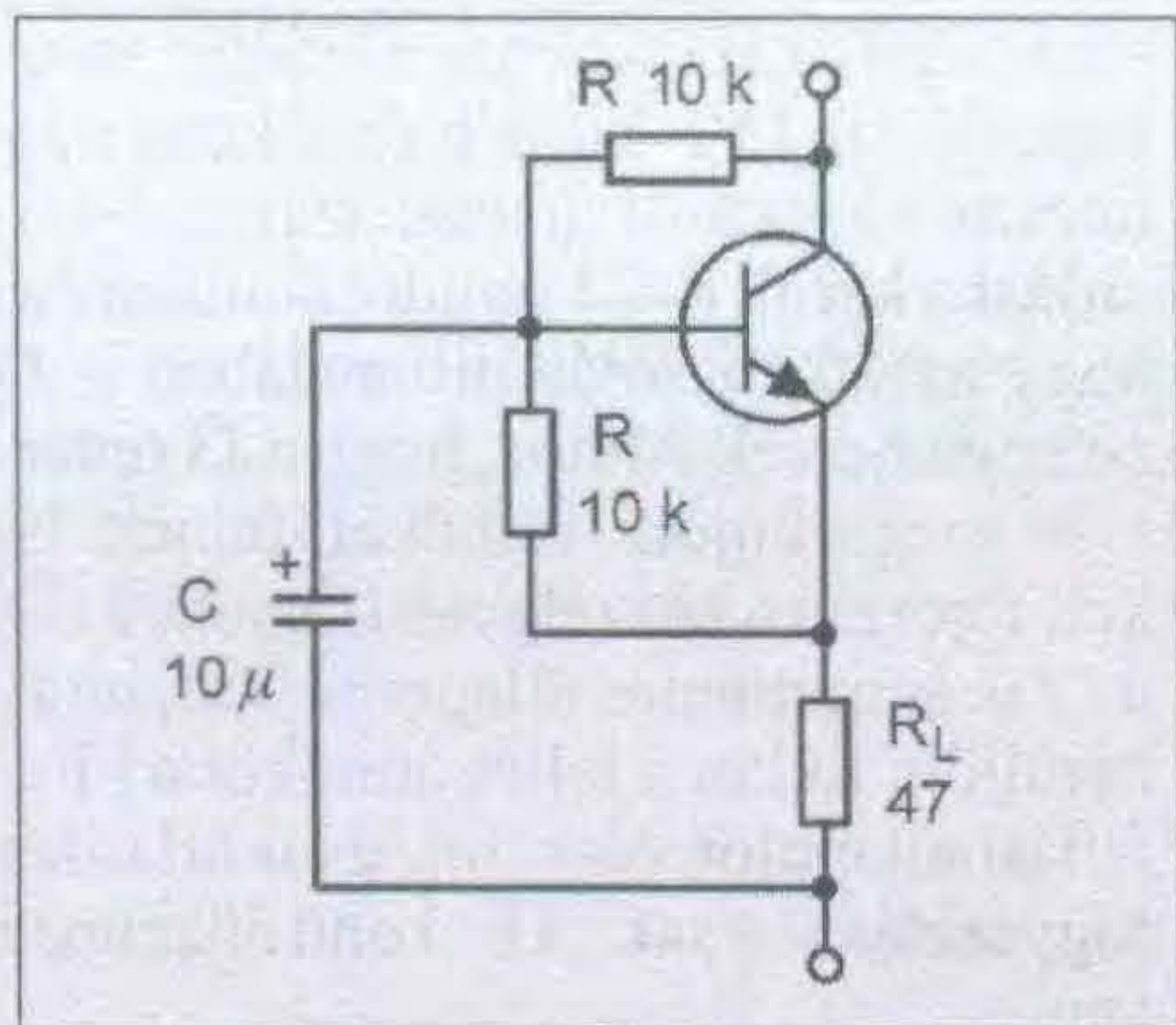
közös a csengetésnél: a váltóáramú csengetőfeszültség. Az USA-ban a frekvencia 20 Hz, Európában tipikusan 25 Hz, de ez az érték ma már $15 \dots 68 \text{ Hz}$ között lehet. A modernebb telefonok már dallamgenerátorokkal csengetnek (vagy valamilyen vobbulált jellel), amikor is a rendszerint piezokerámia hangszórót egy IC hajtja meg. A működéséhez szükséges DC feszültséget a csengetőjel egyenirányításával nyerjük. Így már az a torzításmentes szinuszalak sem feltétlen követelmény. A csengő a vonalról $0,2 \dots 2 \mu\text{F}$ -os kondenzátorral van leválasztva.

Országanként eltérő lehet a helyzet abban is, hogy csengetéskor a vonali DC feszültség „kint legyen-e”? Általában a kérdés lényegtelen, de a legtöbb telefonrendszer nem működik megfelelően, ha leválasztjuk a két jelet. Nálunk a csengető feszültség a „b” ági egyenfeszültségre szuperponálva jelenik meg. A csengetés maga periodikus jel-szünet képlettel írható le. A periodikus csengetés során a „jel” időtartama 1250 ms, míg a „szünet” ideje 3750 ms. Ugyanez az USA-ban pl. 2 s jel/4 s szünet arányban jelentkeznek. Angliában 4 s jel és 2 s szünet a használatos arány. Még tágabb határokat látunk az effektív érték tekintetében, amely az általánosan minimumnak tekintett 40 V-tól 150 V határig terjedhet, mindig egy adott terhelés mellett.

Az előbbieken egy soros RC-taggal modelleztük egy készülék csengetési terhelését. Az újabb szakirodalmakban ezt külön fogalomként REN-nek (*Ringer Equivalent Number*) nevezik. A REN szám arra adat, hogy hány telefonkészülék csatlakoztatható ugyan arra a vonalra, amíg még a csengetés megfelelő lesz. Tipikus érték a 3–5 REN terhelés. (A dolog kicsit hasonlatos a TTL kapuk egységterhelés fogalmához.) Így pl. az USA-ban a minimális effektív csengető feszültség $40 \text{ V}/5 \text{ REN}$ -ként definiált.



4. ábra



5. ábra

Végezetül álljon itt egy analóg távbeszélő készülékre kiírt tender műszaki részének ideillő szakasza:

„A hívásjelző biztonságosan működjék, ha a 25-50 Hz frekvenciájú csengető feszültség szintje 30–120 V_{eff}, időtartama ≥ 400 ms. A hívásjelző nem működhet, ha a csengető feszültség kisebb, mint 15 V”.

Az eddig elmondottakat egy lehetséges esetre a 3. ábra szemlélteti.

A girátor

Amint a korábbiakban már szó esett róla, a telefontechnikában alkalmazott induktivitás értéke néhány henry (lásd 1.b illetve 1.d ábra). Ez a nagy induktivitással rendelkező, drága, térfogatigényes és súlyos tekercs kiváltható egy RC elemekkel illetve félvezetővel felépített, kis térfogatú, olcsó áramkörrel, amely szimulált induktivitásként működik: ez a girátor. Elsőként egy műveleti erősítővel felépített, majd egy általunk is alkalmazott tranzisztoros girátort mutatunk be.

A 4.b ábra egy induktivitás egyszerűsített helyettesítőképét mutatja, ahol R_L a tekercs egyenáramú ellenállása, azaz a huzal ellenállása. A tekercs impedanciája

$$Z = R_L + j\omega L. \quad (1)$$

Ezzel ekvivalens áramkört ábrázol a 4.a ábra. Amennyiben az $R \geq 100 R_L$ feltétel teljesül, a bemeneti impedancia a következő közelítő képlettel írható le:

$$Z_{bc} = R_L + j\omega R_L RC. \quad (2)$$

Összevetve az (1) egyenlettel, látható, hogy itt az L-t a Vs/A dimenzióval rendelkező R_L R C szorzat adja, azaz

$$L = R_L RC. \quad (3)$$

Az egyes áramköri elemek értékét behelyettesítve és a szorzást elvégezve az eredmény 1 H lesz; ennyi a 4.a ábrán látható áramkör által szimulált induktivitás értéke.

A soros veszteségi ellenállást R_L értékének megválasztásával állíthatjuk be. A minimálisan ajánlott érték 100 Ω; ezt a műveleti erősítő határadatai limitálják. Emiatt a girátor által szimulált induktivitás jósági tényezője (Q-ja) nem túlságosan jó, ez azonban a hangfrekvenciás áramkörökben való alkalmazását nem akadályozza. Az áramkör hátrányaként említhető még, hogy nem földfüggetlen. Természetesen girátorral nem helyettesíthető minden esetben az induktivitás, mivel nem rendelkezik annak valamennyi tulajdonságával.

A következő, RC-elemekből és bipoláris tranzisztorból felépített girátort az 5. ábrán láthatjuk. Ez már egy földfüggetlen kétpólus, így a telefontechnikában is alkalmazható. A szimulált induktivitás értékét itt is a (3) képlettel számíthatjuk ki. Az ábrán feltüntetett ellenállásértékek esetén a C megválasztásával állíthatjuk be a kívánt „önindukciós tényezőt”.

C = 2 μF esetén ez 1 H, tehát ez a girátor egy 5 H-s induktivitást szimulál. Fontos, hogy a tranzisztor váltakozóáramú áramerősítési tényezője (h_{21e}) nagy legyen, ezért sok esetben Darlingtonpárt alkalmaznak. A tekercs ellenállásának itt is az R_L felel meg. Az ismeretendő kapcsolásokban ilyen, tranzisztorral felépített girátort használunk.

A konstrukciók

Immár felvértezve a szükséges tudással, építsünk kapcsolóközpontot! A „nagy testvérnél” is a telefonközpontok először jelfogós berendezések voltak, majd az ún. kvázi-elektronikus társaik következtek, míg eljutottunk a tulajdonképpen számítógép „lelkű” berendezésekig. Egy kicsit sántító párhuzammal alapfunkciós kapcsolóközpontunkkal is fejlődési fokozatokat szeretnénk megmutatni. Igyekszünk többféle technológiai adottsághoz (szakértelemhez), valamint élethelyzethez egy-egy készüléktípust ajánlani.

Ha megtetszik egy kapcsolat, akkor az építeni szándékozó vagy elmegy alkatrészt vásárolni, vagy felhasználja a fiókjában ott lapuló, jobb sorsra érdemes alkatrészeit. A gond akkor van, ha a kapcsolat nem használja azokat a bizonyos lapuló alkatrészeket. Úgy gondoltuk, hogy mindkét szituációra meg-

próbálunk változatot készíteni, s az eredmény egy QUICKPHONE névre keresztelt készülékcsalád lett.

Mielőtt a konkrét kapcsolások ismertetésére rátérnénk, értelmezzük a központban lejátszódó kapcsolási folyamatokat, mert e tekintetben is lehetségesek eltérések az alapfunkció sérülése nélkül. A beszédkapcsolat létrejöttének – kapcsolóközpontunk esetére vonatkoztatott – öt fázisállapotát különböztetjük meg. A központ kapcsolási állapotát LED (lámpa) jelzi.

1. Mindkét „kagyló” letéve, a központ áramkörei alap (nyugalmi) állapotban vannak.

2. A hívó fél felemeli a kézibeszélőt, és ekkor a központ a hívott fél készülékére csengető jelet küld, ugyanakkor a hívó fél hallgatójában csengetési visszhang hallható. A csengetés folyamatosan tart, míg a hívó fél a kagylót felemelve tartja.

3. A hívott fél is felveszi a kagylót, a csengető jel kikapcsol, a központ a két készüléket egyenáramúlag összeköti, a beszédforgalom megkezdődhet.

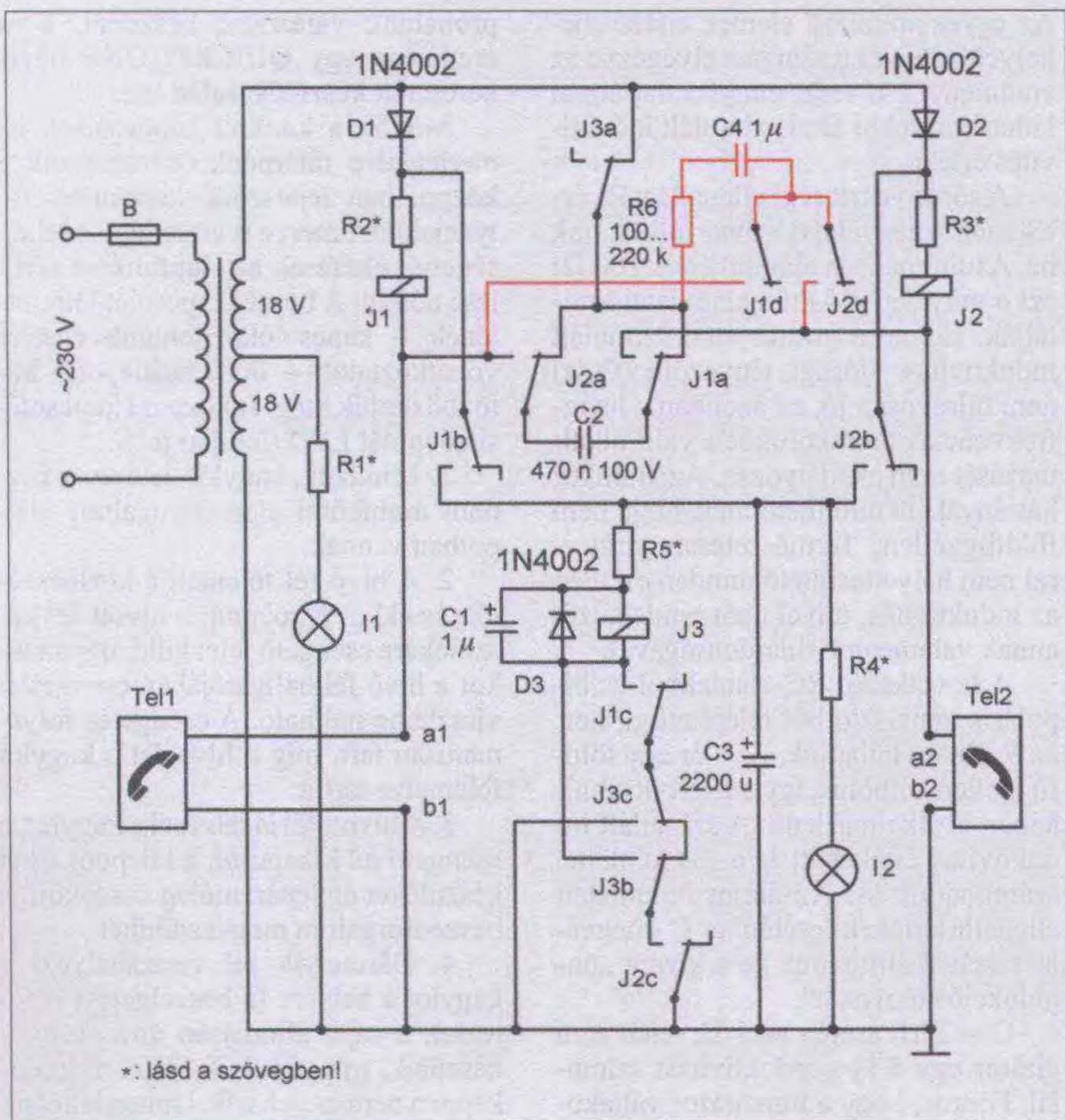
4. Bármelyik fél visszahelyezi a kagylót a helyére (a beszélgetést befejezte), a saját állomásán újra cseng a készülék, míg a másik fél is hasonlóképpen nem cselekszik. (Innen lehet pl. tudni, hogy a kagylót félretették, vagy rosszul lett valaki stb.)

5. Mindkét fél alapállapotba hozza készülékét, azok ismét „standby” állapotba kerülnek.

Kapcsolóközpont elektronika nélkül

Elsőként egy olyan megoldást mutatunk be – az [5] némi átdolgozása nyomán – ahol nincs szükség elektronikai szakképzettségre, a berendezés elemi elektrotechnikai ismeretekkel rendelkező érdeklődők számára is elkészíthető. A központ használható mind a régi elektromechanikai csengetőműves, mind a korszerűbb telefonokkal, tárcsázni nem szükséges.

Működését a 6. ábrán látható elvi rajz alapján kövessük végig! A központ tápellátását a 2 × 18 V-os szekunder feszültségű hálózati transzformátor biztosítja. Ennek középmegecsapolásához R1, L1 bekapcsolási indikátor csatlakozik. A rajzon szereplő I1, I2 lámpa tipikusan régi ún. telefonizzó lehet, de a „haladóbb” utánépítők használhatnak LED-eket ugyanerre a célra. (Megjegyezzük, hogy ennél az áramkörnél jó néhány alkatrésznek nem adtunk konkrét értéket, ami elősegíti a már említett



6. ábra

inkurrens anyagok felhasználhatóságát, de szükség esetén méretezésükről szót ejtünk.)

A Tr teljes szekunder feszültsége (36 V) a D1, D2 diódán, valamint az R2, R3 ellenálláson keresztül a J1 és a J2 jelfogó tekercsére kerül. Ezekkel sorba kapcsolódik a két telefonkészülék. Alaphelyzetben a behúzó tekercsek árammentesek, a jelfogóérintkezők a rajzon ábrázolt (alap) helyzetben vannak.

A Tel1 felemelésekor a J1 meghúz, és a 36 V-os váltakozó feszültség a J3/a, J2/a, J1/a érintkezőn és a C2 kondenzátoron keresztül a Tel2 készülékre jut, az folyamatosan csengetni kezd. Ezzel egyidőben a J1b érintkezőjén keresztül az I2 is feszültséget kap és jelzi, hogy a központon keresztül beszélgetést kezdeményeztek. Négymorzés relé alkalmazásával lehetőségünk van ún. csengetési visszhang beállítására is. Ezt rajzunkon a J1/d és J2/d érintkező, valamint az R6, C4 alkatelem biztosítja. (Az opcionális jellegre való tekintettel ezt a jelutatót piros színnel rajzoltuk). Há-

rommorzés esetben ez a szolgáltatás ilyen egyszerű eszközökkel nem megvalósítható.

A Tel2 csengetése addig tart, míg Tel1 felemelt állapotban van, vagy míg Tel2-t is fel nem veszik. Ez utóbbi felemelésekor J2 is meghúz és az áramkör állapota alapvetően megváltozik. Egyrészt a már meghúzott állapotú J1/c és a most meghúzott J2/c érintkezőn keresztül a J3 is meghúz és a csengető feszültség a J3/a-n lekapcsolódik. Másrészt a J1/a és a J2/a a C2-n keresztül összekapcsolja a két készülék melegpontját. Így felépül a 1.c. ábra szerinti beszédkapcsolat.

A relék tekercselési ellenállása, valamint a velük soros ellenállások (R2, R3) képezik a beszédáramkörök munkaellenállásait. A J1/b és/vagy J2/b a C3 puffereklő bekapcsolásával hálózati szűrést végez, megakadályozandó a beszélgetés alatti erős brumm jelenlétét.

Beszélgetés közben tehát három jelfogó van meghúzott állapotban, és annak befejezésekor a J3-nak van fontos szerepe. Vegyük észre, hogy meghúzá-

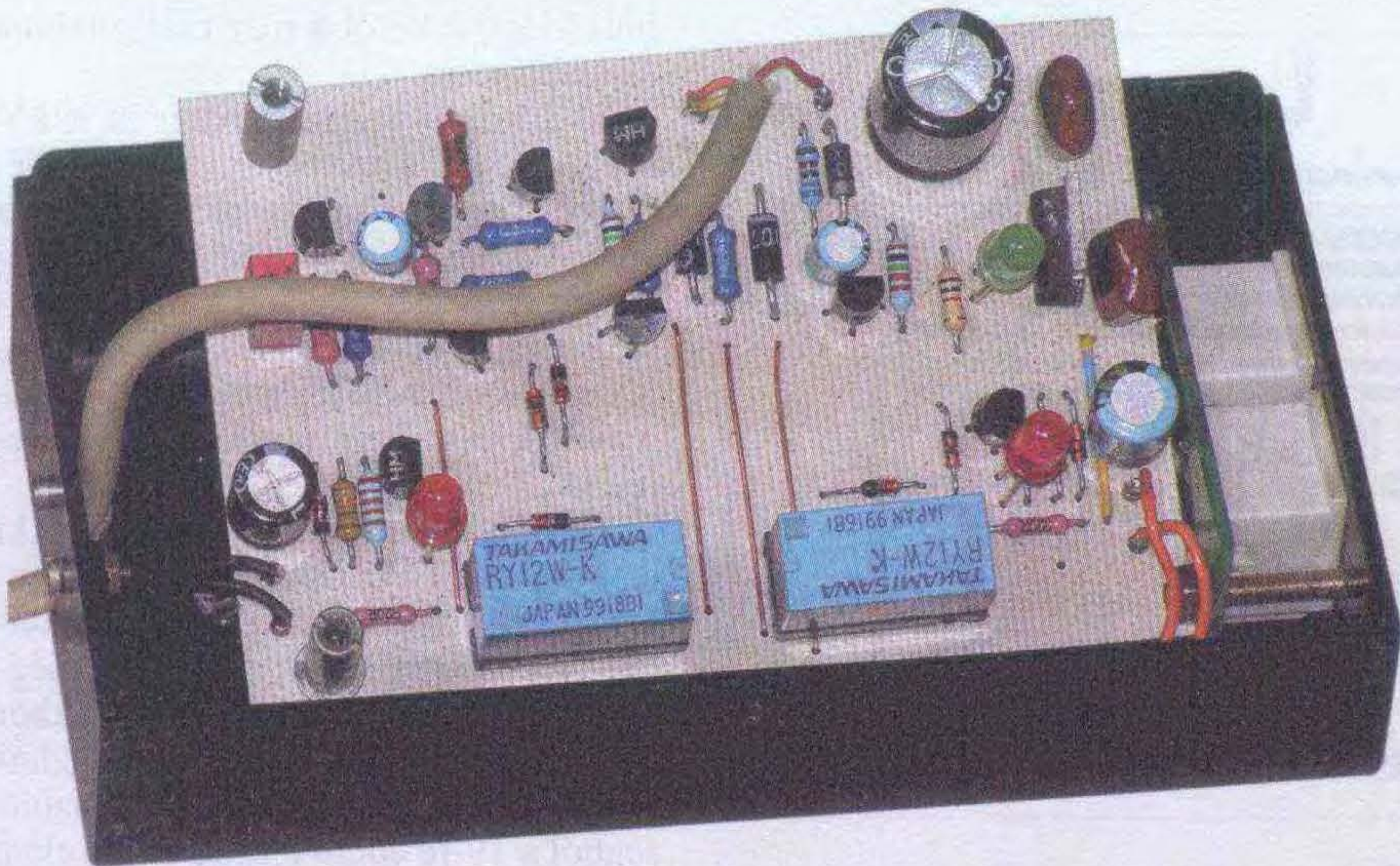
sának pillanatában az eleddig soros kapcsolású J3/c és J3/b érintkező párhuzamos kapcsolású lesz, azaz a J3 öntartásba kerül. A C1 gondoskodik arról, hogy az átkapcsolás pillanatában a J3 ne engedjen el. Ahhoz, hogy a J3 öntartása megszűnjön, mindkét félnek be kell fejeznie a beszélgetést, azaz a J1 és a J2 is árammentes állapotba kell, hogy kerüljön. Ekkor a teljes áramkör a kiindulási állapotot veszi fel, gyakorlatilag fogyasztása csak I1 kontrolizzónak van.

Gyakorlati kivitelezését tekintve – mivel tág teret adtunk a kallódó alkatrészek hasznosításának – lehetséges ezt klasszikus huzalozással, vagy akár nyákon is elkészíteni. Az előbbi megfontolásból nem adtunk értéket sok ellenállásnak, ugyanis pl. az R2, R3, R5 értéket mindenki a rendelkezésre álló relékhez kell, hogy méretezze. A kapcsolásba beépíthető bármilyen 12...36 V meghúzó feszültségre készült három- ill. négymorzés jelfogó. A relék névleges feszültségének és tekercselési ellenállásának, valamint a tápfeszültség ismeretében az Ohm-törvény segítségével az említett elemek értékei és teljesítményük meghatározhatóak. Ugyanez elmondható az R1, és az R4 esetére is, amennyiben erre szükség van (48 V-os telefonizáló használatakor nincs rájuk szükség).

A transzformátor tekintetében is tehetünk engedményeket. Azt láttuk, hogy legalább 25 V-os csengetőfeszültségre van szükség (bár erről a régi készülékek nemigen szólnak meg), így a 2×15 V-os feszültség még alkalmas. Nagyobb feszültségek irányába tágabb határok között mozoghatnánk (kb. 150 V-ig), de az ellenállások és elkók méretét nagymértékben növelné. Természetesen csak biztonsági transzformátort alkalmazunk, illetve készítsünk, amit kettős szigeteléssel szerelünk! Az elkészült berendezésünk különösebb beállítást nem igényel, de az érintkezők elkötése a legváltozatosabb tüneteket produkálhatja, így a jelutakat célszerű még bekapcsolás előtt, pl. ohmmérővel végigkövetni.

A Quickphone -1

Az előző szakaszban ismertetett konstrukciót egészében látva észrevehetjük annak előnyeit, hátrányait. Előnyének mondható áramköri puritánsága, amely ugyanakkor hátránya is: gondoljunk csak a relé kontaktusok szövevényes összekapcsolására!



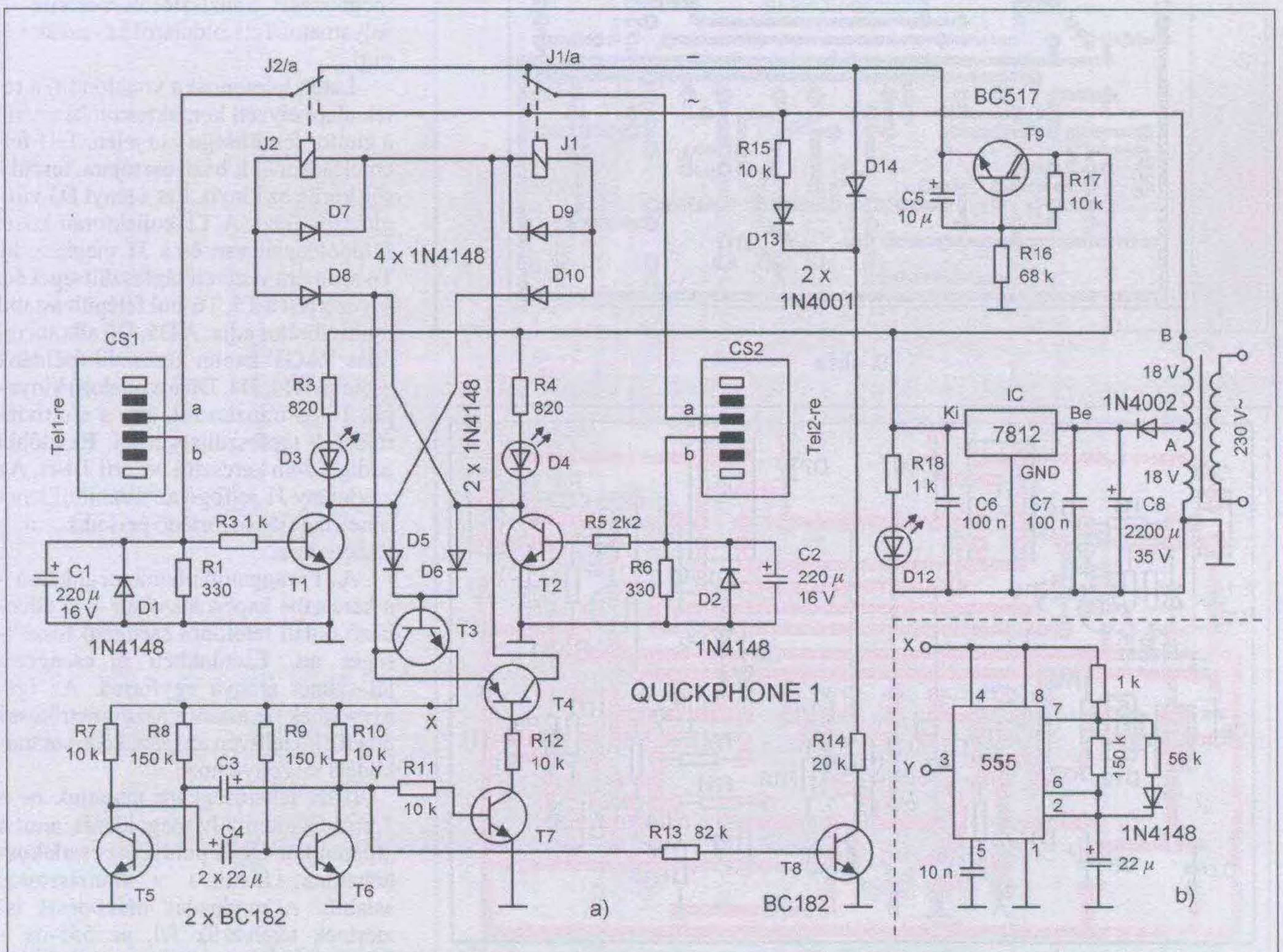
Ugyanakkor a már megfogalmazott öt működési fázisállapot közül a csengetés folyamatosan szól, ami eltér az általános szolgáltatástól (a csengetési

jel-szünet arányt több országra nézve is részleteztük). Komfortosabb központ készítéséhez az elektronikát hívjuk segítségül. A fejezetcímben ol-

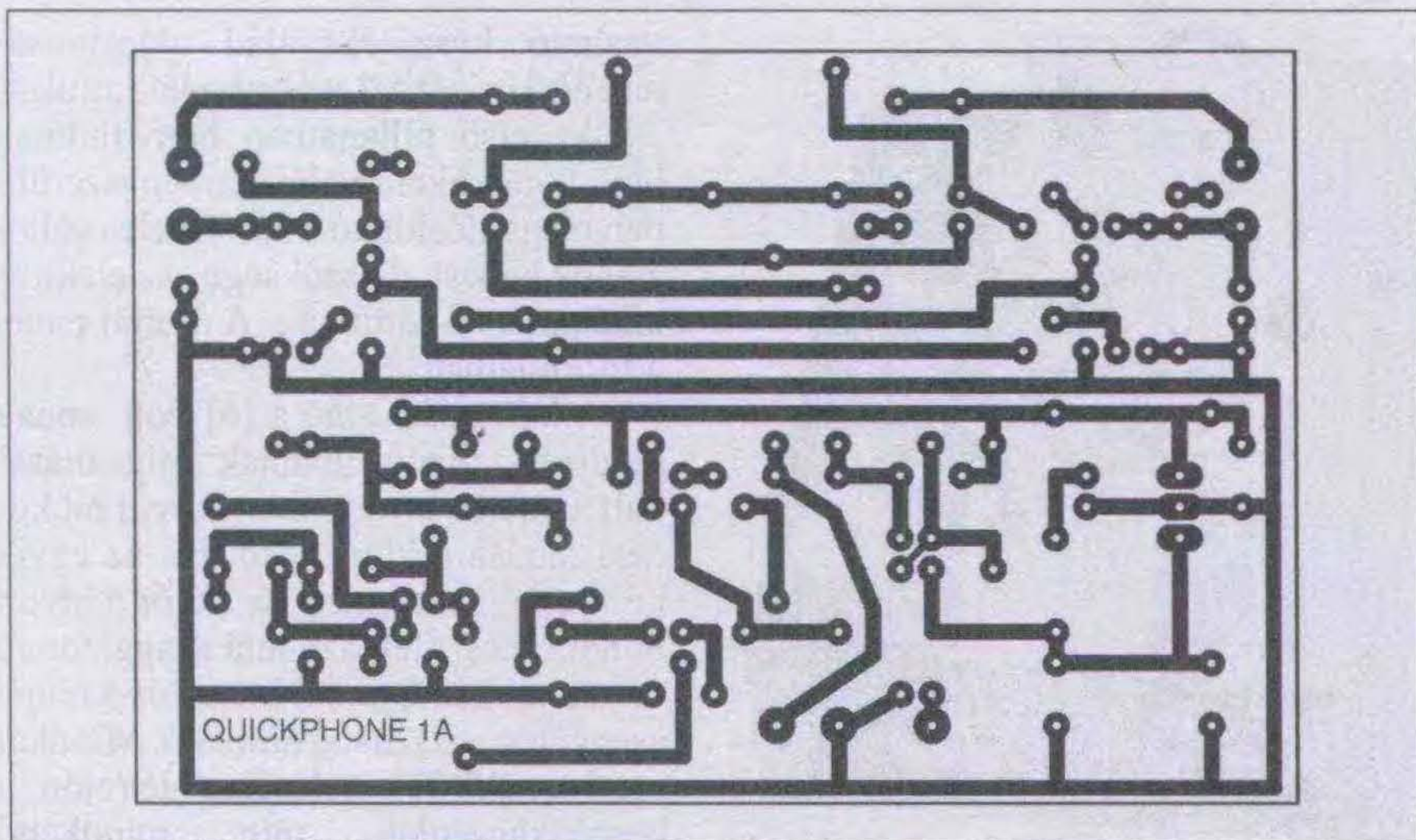
vasható készülékcsalád alaptípusának elvi rajzát a 7.a ábrán láthatjuk.

Az első pillanatban bonyolultnak ható konstrukció valójában egyszerűbben megvalósítható a háromrelés változathoz képest, de szükséges az elektronikában való jártasság. A szerelt panel a fotón látható.

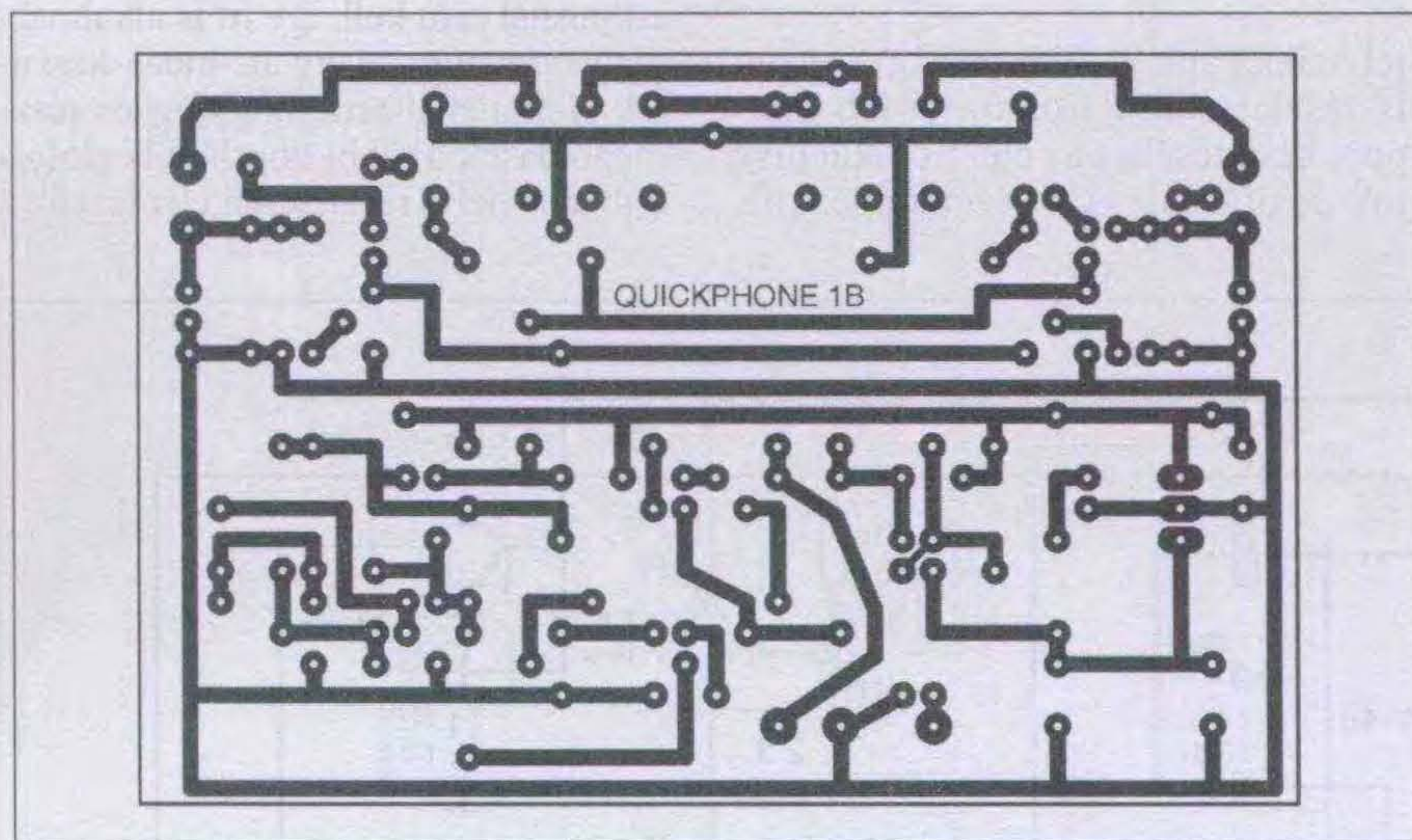
A kiindulási alap a [6] volt, annak módosításaival (hibáinak kiigazításával) született az áramkör. Rövid működési leírása a következő. Ha az egyik kézibeszélőt felemeljük, akkor a hívott félnél a készülék azonnal szaggatottan csengetni kezd, miközben a hívó félnél csengetési visszhang hallható. Mindkét kézibeszélő felemelésekor létrejön a beszédkapcsolat, míg mindkettő visszarakása után az áramkör alaphelyzetbe kerül. Tárcsázni (számot beütni) e típusnál sem kell, így itt is alkalmazható tasztatúra- vagy IC-hibás készülék. Tekintettel arra, hogy egyes rész megoldások a többi típusban is előfordulnak, ehelyt részletesen elemezzük a



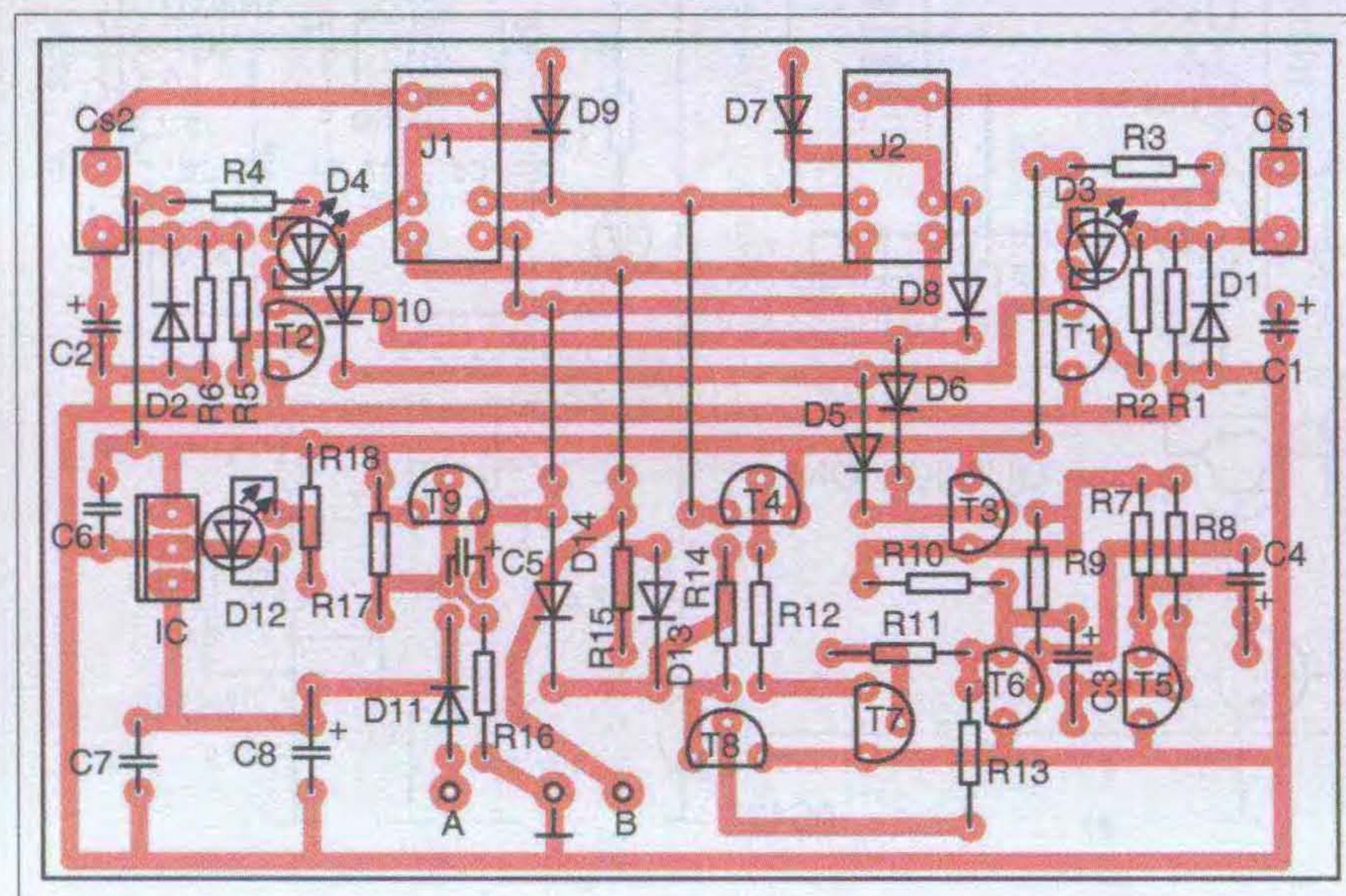
7. ábra



8. ábra



9. ábra



10. ábra

működést, s később már csak utalunk az alaptípusra.

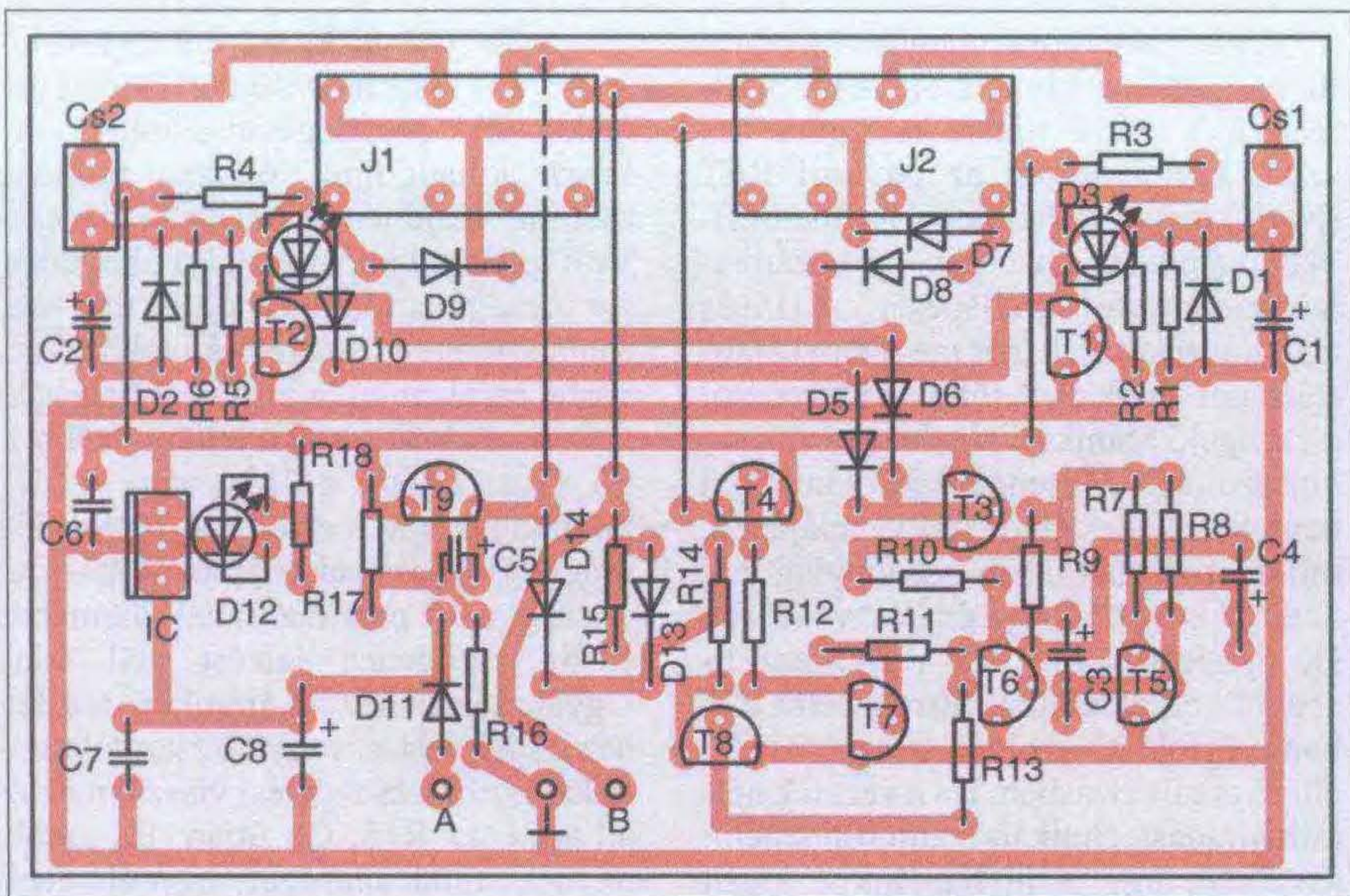
A hálózati transzformátor itt is középmegecsapolásos típus, de lehet lényegesen eltérő tekercselésű is a rajz adataitól, különös tekintettel a csengetési feszültségértékeknél elmondottakra. Ennek értelmében pl. a 15 + 60 V-os tekercselésű trafó is megfelel T8 nagyobb feszültségű típusra történő cseréjével.

A „kisfeszültségű” rész szolgálja ki az IC-vel 12 V-ra stabilizált táprészt. Nagyobb távolság (nagyobb hurokellenállás) esetén ezt az értéket is megemelhetjük akár 18...20 V-ig, de akkor már néhány alkatrész értékén változtatni kell. Ebből a működtető DC feszültségből a T9-re épülő girátor állítja elő a vonali feszültséget. (Ez így 1–2 V-os esést jelent a DC feszültségből.) Az összeköttetés alapelvét tekintve tehát – ami talán első ránézésre nem látszik – az 1.b. ábra szerinti. A kapcsolat „lelke” – lévén kvázielektronikus a központunk – a J1 és a J2 jelfogó, amelyek meghúzását tranzisztorok vezérik. A folyamatot Tel1 oldaláról kövessük végig!

Letett telefonnál a vonalon (a) a relék alaphelyzeti kontaktusain keresztül a girátor feszültsége van jelen. Tel1 felemelésekor T1 bázisosztójára feszültség kerül, az kinyit. Ezt a tényt D3 világítása is jelzi. A T1 kollektorán közel földpotenciál van és a J1 meghúz, ha T4 számára vezérelt tápfeszültséget ad. A vezérlést a T5, T6-ból felépült astabil multivibrátor adja. A D5, D6 alkotta diódás VAGY kapun keresztül (példánk esetében R4, D4, D6 útvonalon) kinyitjuk T3-as tranzisztort, ami a multivibrátornak tápfeszültséget ad. Ez utóbbi pedig T7-en keresztül vezérli T4-et. Az eredmény J1 jelfogó az astabil billenésének ütemében történő periodikus működése lesz.

A J1 szaggatott ütemű meghúzása – a keresztbe kapcsolás okán – az ellenkező oldali telefonra csengető feszültséget ad. Esetünkben a csengetés jel-szünet aránya egyforma. Az igényesebbek az astabil aszimmetrikussá tehetik közelítvén az igazi központ működési viszonyaihoz.

(Elvi lehetőségként mutatjuk be a 7.b ábra alternatív megoldását, amit a „főáramkör” X, Y pontjához csatlakoztathatunk, kiváltva a tranzisztoros astabilt. A módosítás működését ismertnek tételezzük fel, az 555-ös – szintén astabil beállítású – időzítővel megvalósított jel-szünet arány jól meg-



11. ábra

közelíti a szabványban előírt értékeket.)

Járulékos szolgáltatást valósít meg csengetéskor T8. Szintén az astabil vezérlésének hatására e tranzisztor vezetések az R15, D13, D14 elemeken keresztül a csengető feszültség és a vonali feszültség összekötődik és létrejön a hívó fél oldali csengetési visszhang. A hívott fél (Tel2) kagylójának felemelésekor a VAGY kapu nem kap nyitó feszültséget, a multivibrátor leáll, mindkét jelfogó elenged és a nyugalmi érintkezőiken keresztül a két készülék egyenáramúlag összekapcsolódik. A működést magyarázó levezetésünk az „ellenkező oldalról” indulva is azonos. A D8 és D10 dióda a D3, D4 LED-eknek a jelfogótekerceken egyébként átfolyó áram miatti világítását akadályozza meg.

Gyakorlati kivitelezését illetően – tekintve az egymorzés relé alkalmazását – az egyoldalas nyomtatott áramkörös kivitel mellett döntöttünk. A már hivatkozott keresztbekapcsolások miatt is néhány alkatrészoldali átkötést kellett használni, de ezek száma az elviselhetőség határán belül maradt. Gondoltunk az esetleges beszerzési nehézségekre (vagy éppen a házi raktárunkban levő alkatrészek sokféleségére), évkönyvünkben példátlan módon ugyanarra az áramkörre kétféle dokumentációt adunk közre. A QUICKPHONE-1A változatú központunk nyáktervét a 8. ábrán látjuk. Ebbe a nyákba a Takamisawa SY-12W-K típusú jelfogót terveztük. Változatlan méretek mellett a QUICKPHONE-1B típus nyomtatási

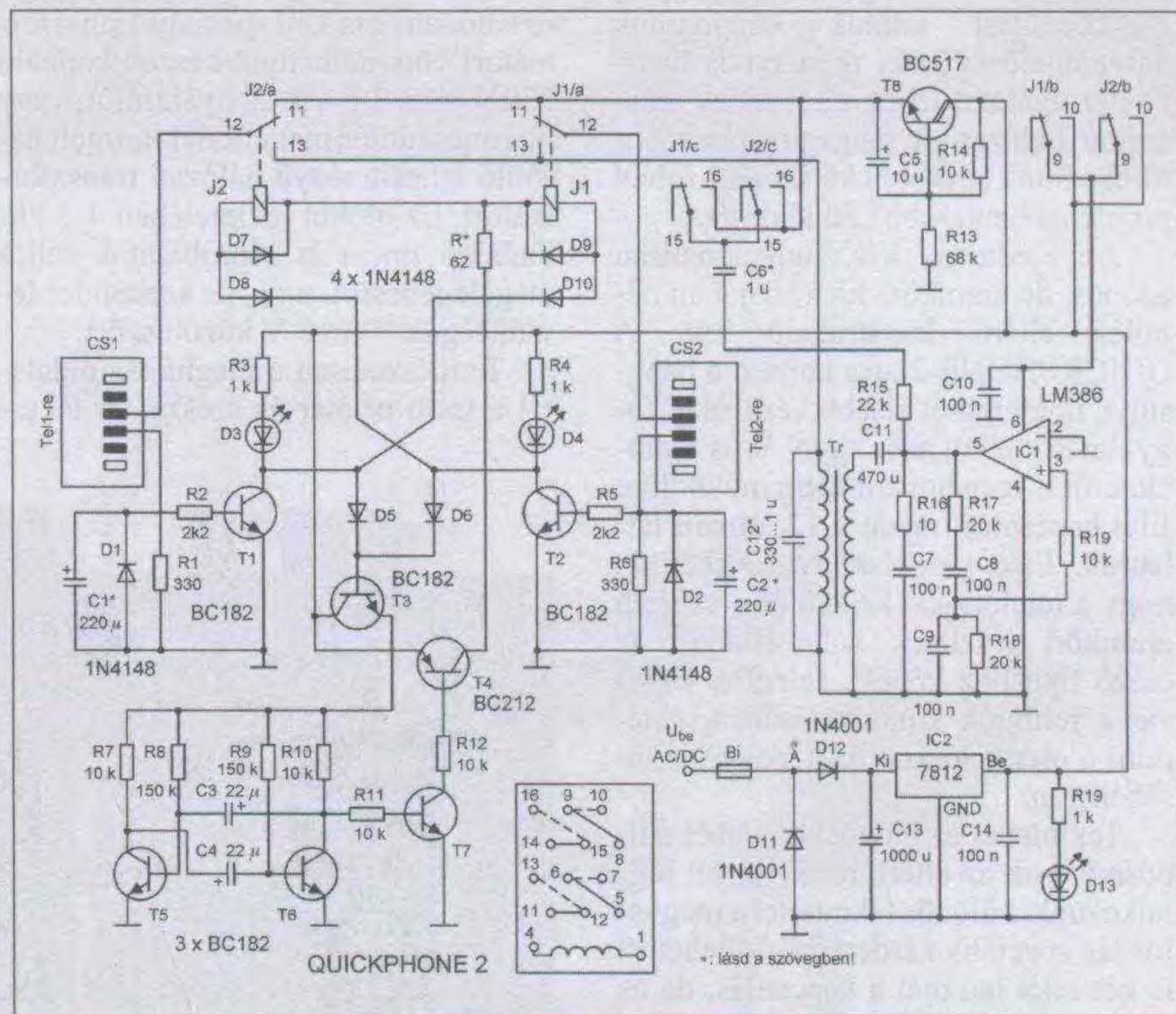
rajza a 9. ábrán látható. Ennél a Takamisawa RY-12W-K típusú kétmorzés jelfogót használtuk természetesen úgy, hogy az egyik kontaktus csoport üresen maradt.

A nyákterveknek megfelelő beültetési rajzokat a 10., 11. ábrán láthatjuk. Az áramkör elkészítésekor a szokásos beültetési szabályokat kövessük. Mindenképpen az átkötésekkel célszerű kezdeni és a relékkel befejezni. Megje-

gyezzük, hogy az RY-12W-K típusú jelfogó DIL tokozású, így azok foglalatba helyezhetők. Elmondhatjuk, hogy gondos szerelés mellett az áramkör bekapcsolás után minden beállítás nélkül üzemkés. A tapasztalat azonban azt is mondatja velünk, hogy még a feszültségre helyezés előtt célszerű átnézni a fólia mintázatot (zárlat), a forrasztásokat, a polaritással rendelkező alkatrészek helyes irányú ültetését stb. Például egy fordított állású dióda áramköri helyétől függően elképesztően változatos hibajelenséget produkálhat.

Bekapcsolás után feszültségmérővel ellenőrizzük először a 12 V-os DC feszültséget, majd a girátor szolgáltatott vonali feszültséget. A vezérlő multivibrátor működése szintén egy (lehetőleg analóg) multiméterrel vizsgálható. Ennél az alaptípusnál a CS1 és CS2 csatlakozók egy-egy forrtüskét jelentenek, a telefonokat ide közvetítő telefon csatlakozó aljzaton keresztül kell bekötni. (Ez utóbbi alkatelmről a későbbi típusoknál bővebben szólunk) A telefonokhoz kapcsolt központunk ezek után a definiált működési sémának megfelelően fog üzemelni, amit az állapotjelző LED-ek is mutatnak.

Végezetül egy megfontolás, ami elvezetett egy újabb típus megalkotásához: ez pedig a transzformátor kérdése. A rajzon látható 2×18 V-os készen



12. ábra

kapható trafók üresjárási feszültsége – teljesítménytől függően – $2 \times 25 \dots 27$ V is lehet, ami aztán puffereelve jóval 30 V fölé mehet, túllépve a stabilizátor IC bemeneti feszültségtartományát. Amennyiben nincs módunk saját trafó kivitelezésére, úgy gondosan mérlegeljük (és mérjük) a hozott anyag ebbéli tulajdonságát. Mintakészülékeinkben használtunk pl. $12 + 40$ V-os saját kivitelezésű lemezelt trafót és $13,5 + 35$ V-os nyáktrafót is. Tekintettel a hálózati üzemre, központunk dobozolásánál – ami igen fantáziadús kivitelezést is jelenthet – ügyeljünk az érintésvédelmi előírások betartására!

A Quickphone- 2

Az előző típusnál a transzformátort tartottuk a „legproblémásabb” alkatrésznek. Mivel az áramkör egyik legfontosabb szerepét töltötte be, a fentebb említett megfontolások sokak kedvét (és lehetőségét) elveheti az utánépítéstől. A legjobb megoldás az lenne, ha ezzel a kérdéssel egyáltalán nem kellene foglalkozni, azaz pl. a tápellátást – a mai viszonyok között korszerűnek mondható és olcsón megvásárolható – egy ún. dugasztápról biztosítanánk. A dugasztápok jelentős része DC feszültséget szolgáltat, így ennek alkalmazhatósága egyúttal akkumulátoros táplálást is jelenthet. Ezzel a gondolattal egy új megközelítést adtunk központunk használhatóságának, mert ott is hasznos szolgáltatást tehet, ahol nincs erősáramú hálózat. A megvalósítás során törekedtünk ez utóbbi körülmény minél problémamentesebb „áthidalására”.

Az eredmény két, funkcionálisan azonos, de áramköri filozófiájában némileg eltérő konstrukció lett. A QUICKPHONE-2 arra helyezi a hangsúlyt, hogy minél kisebb készletű fogyasztás mellett akár egy 9 V-os rádióelemről is igen hosszú ideig működjön. Elvi kapcsolási rajzát a **12. ábrán** láthatjuk. Első ránézésre észrevehetjük, hogy a telefonokat kezelő és a vezérlő áramköri részletek változatlanok az előző típushoz képest. Jelentős változás a jelfogók kihasználásában, valamint a csengető áramkör megvalósításában van.

Tekintettel az előzőekre, ennél a típusnál csak az eltérő részletekkel foglalkozunk, különös tekintettel a megvalósítás speciális kérdéseire. Jóllehet itt is két relét használ a kapcsolás, de ez esetben a jelfogók legalább hárommorzós típusúak kell legyenek.

A közreadott dokumentáció a négymorzós, nyákos kivitelű Siemens gyártmányú V23154 típusú jelfogóra készült. Ezt gyártotta az egykori RFT (NDK) is, így vélhetőleg sok amatőr fiókban (miként a szerzőnél is) számtalan példány várja „fellelépését”. A J1/a és a J2/a érintkezők a már megismert alapfeladatot látják el. A többiek szerepéről a csengető áramköri részlet tárgyalásakor szólnunk. A csengető jel – mint azt bemutattuk – mind frekvenciájában, mind amplitúdójában viszonylag tág határok között mozgó értéket vehet fel. De mindezt most $9 \dots 12$ V DC feszültségből kell előállítani. Erre a célra IC1 hangvégfok-IC szolgál, a szokásostól eltérő alkalmazásban. Ha a vezeték nélküli híradástechnikából kölcsönöznénk fogalmat, úgy is hívhatnánk – kicsit sántító hasonlással – áramköri elrendezésünket, hogy „önrezgő végerősítő”. Egy olyan Wien-hidas teljesítményoszillátorról van szó, ahol kihagytuk az amplitúdóstabilizáló elemeket, így szinuszjel helyett egy táptól tápig „járó” négyszögjelet kapunk, amelynek frekvenciája a rajzon szereplő adatokkal kb. 40 Hz.

Az IC1 kimenetén megjelenő 10 V körüli amplitúdójú négyszögjelet a Tr transzformátorra csatoljuk. Mielőtt felhördülne az olvasó – miszerint azt ígértük, hogy nem kell trafókérdéssel foglalkozni – elmondjuk, hogy erre a helyre valóban nem kell speciális transzformátor! Használhatunk készen kapható $230/9$ V-os $1,5$ VA-es nyáktrafót, vagy pl. roncs rádiós magnóból kitermelt hasonló teljesítményű hálózati transzformátort. Ez utóbbi tekintetében 4-5 különböző típust is kipróbáltunk teljes megelégedéssel, ugyanis szekunder feszültségük $10 \dots 13$ V között szórt.

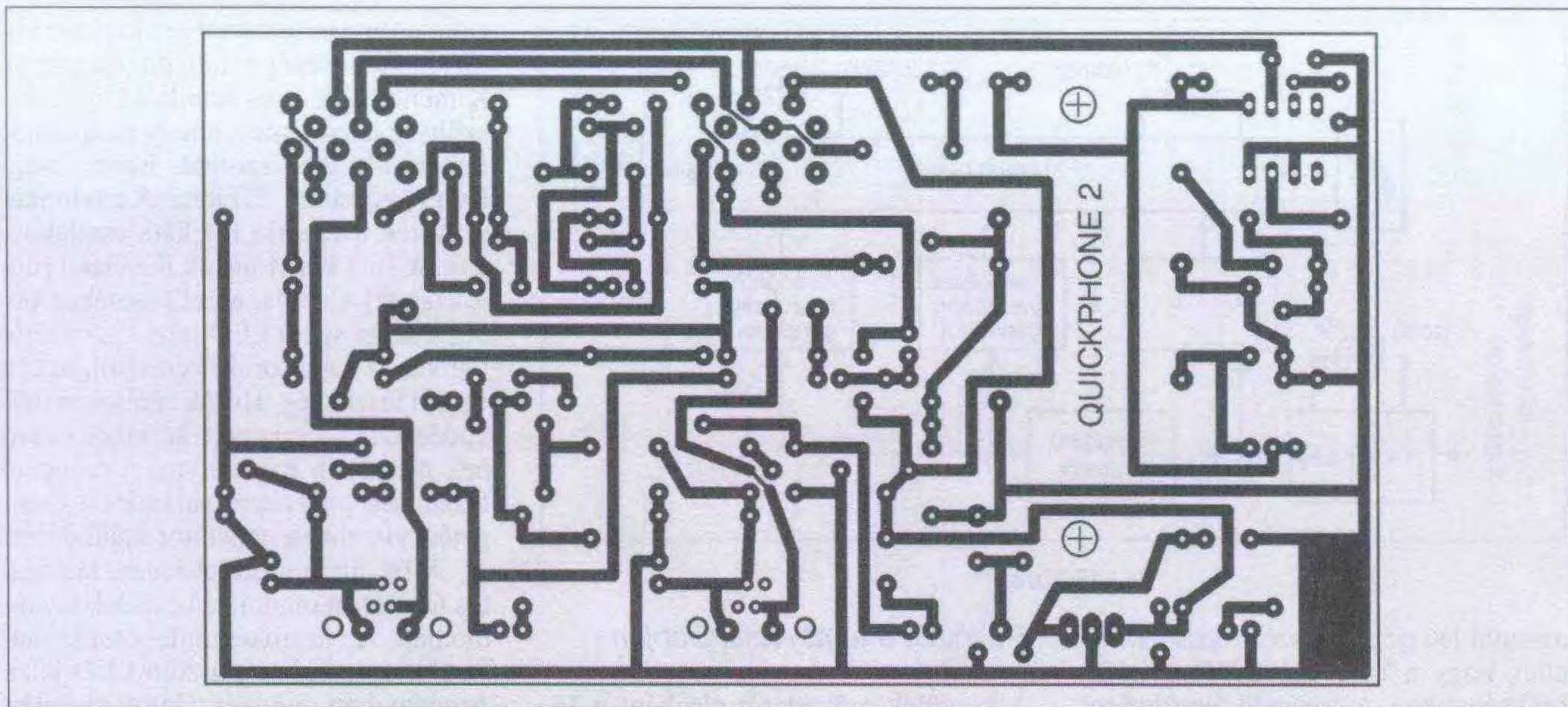
Természetesen a meghajtás oldaláról a trafó primer és szekunder teker-

csei felcserélődnek. Az így kapott kb. $100 \dots 150$ V-os nagyságú négyszög jelalakot C12 segítségével alapharmonikusra „kihangeljük” és némi türelemmel már majdnem szinusznak elfogadható jelalakot kapunk. A korábbiakban azt is megállapítottuk, hogy a mai telefonkészülékek csengető áramkörei kevésbé érzékenyek a jelalak tisztaságra, szépen szólnak ezzel a jellel is. Önrezgő végerősítőnk a J1/b, vagy a J2/b kontaktusain keresztül kap tápfeszültséget, így az csak akkor működik – a relé szaggatott meghúzásának ütemében – ha csengetési jelzést kell adni. Ugyancsak ehhez az áramköri részlethez kötjük a J1/c, vagy J2/c kontaktusain keresztül a csengetési visszhang előállítását, az R15, C6 útján. Ez utóbbi elemek módosításával egyéni érzékenységünknek megfelelő „visszhang” állítható be.

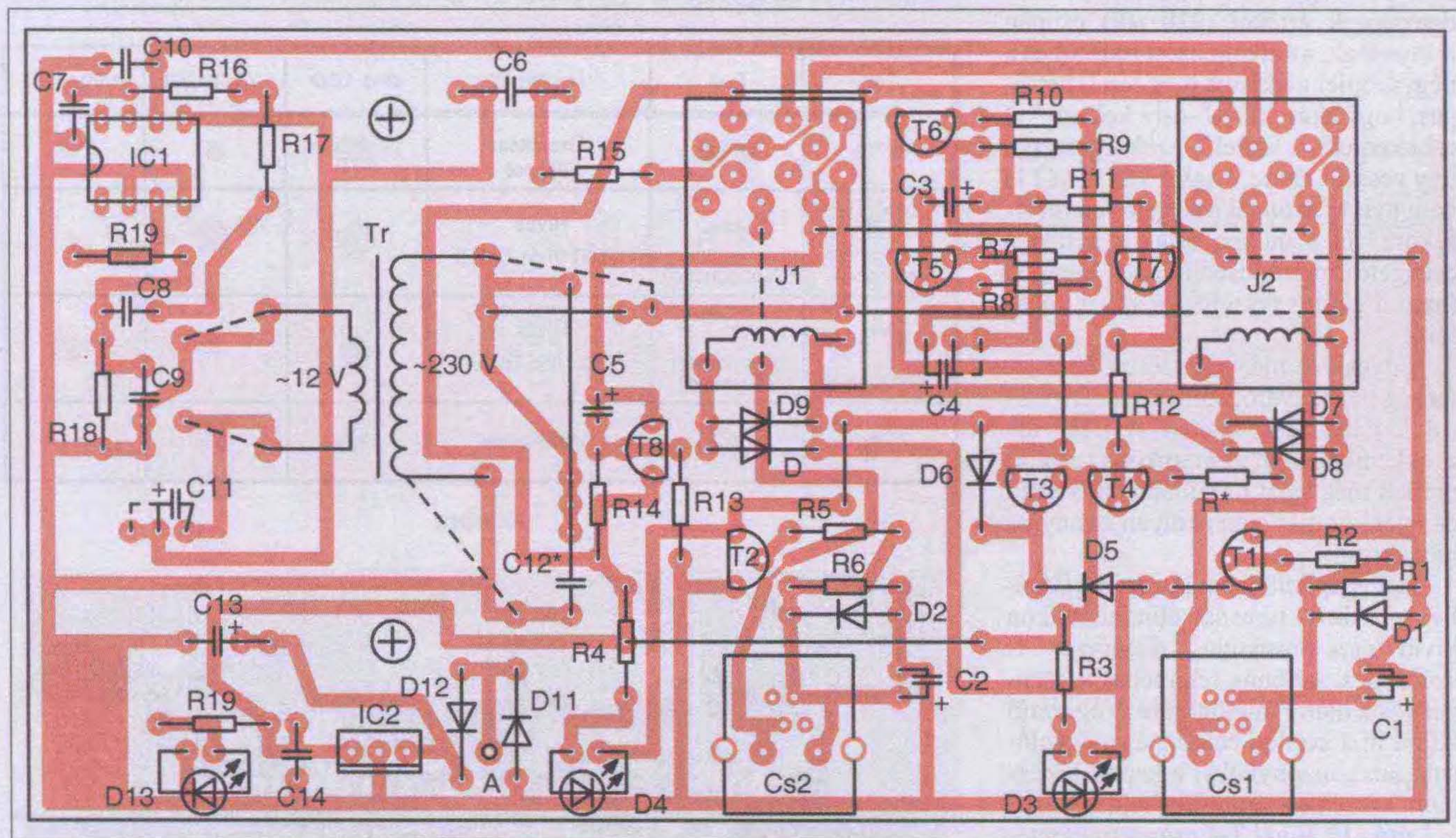
A berendezés tápegység része annyiban univerzális megoldású, hogy AC/DC dugasztápról, illetve akkumulátorról egyaránt üzemeltethető a megfelelő alkatrészek elhagyásával. Teljes kiépítésben (12. ábra) egy-két alkatrész fölöslegesnek – mi több – károsnak tűnhet. AC dugasztápnál nincs szükség D11-re, (amely polarizációs védelmül szolgál) DC dugasztápnál D12-re, akkumulátoros üzemnél D12-re, IC2-re.

A gyakorlati kivitelezéshez a **13. ábra** nyákterve és a **14. ábra** beültetési rajza, továbbá az alábbi **foto** ad segítséget. A fóliamintázat PNP vasalásos technológiával készült; kézi rajzolás esetén ügyeljünk a hibátlan vonalvezetésre és kötésekre! Az egyoldalas nyák most 10 huzaláthidalást tartalmaz, amit a kétoldalásra való áttérés előtti felső határnak tekintettünk. Saját helyzetünket azzal is nehezítettük, hogy valamennyi csatlakozó és kijelző alkatelemet egy oldalélre terveztük, ami elő-





13. ábra



14. ábra

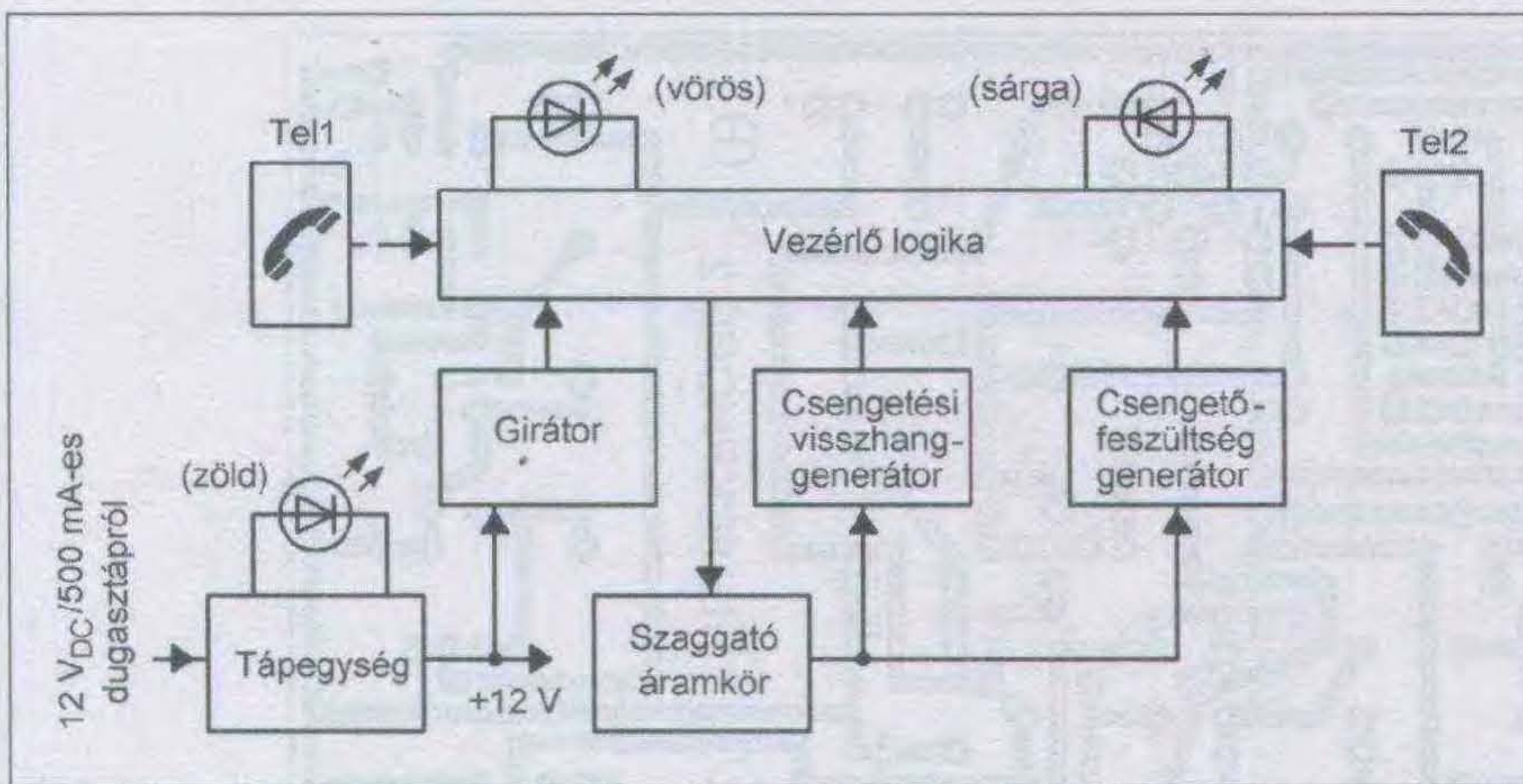
nyös „megjelenést” biztosít áramkörünknek. Itt először használtunk nyákba ültethető 850-E64 típusú telefoncsatlakozót. (Kézi rajzolásnál arra is ügyeljünk, hogy ennek kivezetései sajnos nem az inches rászterre esnek.)

További sajátossága a dokumentációnak, hogy a már említett kitermelt transzformátor mellett beültethető a 230/9 V-os 1,8 VA-s nyáktrafó is. Iga-

zodván a régebbi alkatrészek méreteihez, néhány kondenzátornak többféle méretet vettünk figyelembe, ezek jól látszanak a beültetési rajzon is. A „kihangoló” C12-s kondenzátor 275 V/AC, vagy min. 400 V/DC feszültségű legyen, így ennek szélsőségesen hosszú helyet is hagytunk a nyákterven. A rendelkezésre álló jelfogóink már 6 V-nál üzembiztosan meghúztak,

41 mA-es áram mellett. A meghúzó áram 9 V-nál 60 mA, míg 12 V-nál 82 mA, ennél fogva R* feladata az alkalmazott tápfeszültséghez igazodó optimális reléáram beállítása. Amennyiben 9 V-ról üzemelünk, R* helyén rövidzár is lehet, míg 12 V-nál 62 ohm a megfelelő érték.

Mint mondtuk, csengetéskor a hívott fél kagylójának felemelésekor



15. ábra

azonnal létrejön a beszédkapcsolat azáltal, hogy a T2 (vagy a T1) nyitófeszültséget kap. A csengető feszültséget a D2 (vagy a D1) dióda egyenirányítja és a C2 (vagy a C1) pufferelemmel. A kondenzátorok értékei ($220 \mu\text{F}$) csupán irányadóak, az alkalmazott trafótól és a négyzetjellel alakjától függően lehetséges, hogy akár $100 \mu\text{F}$ -osra kell azokat csökkenteni. Ennek szükségességét úgy vesszük észre, hogy a T2 (ill. a T1) nem nyit ki azonnal a kagyló felemelésekor, hanem akkor, amikor a relé a csengetési periódusban éppen elenged (azaz a girátor feszültsége van a vonalon).

Egyes vélemények szerint ez a jelenség nem zavaró, sőt! A kondenzátorok értékét nem szabad $100 \mu\text{F}$ alá csökkenteni, mert az áramkör az astabil mellett még saját oszcillációba is kezd és ilyenkor már nem is olyan könnyű a hibakeresés!

A megépített központ bevizsgálásához az előző típusnál elmondottakon kívül oszcilloszkópos ellenőrzés is szükséges, különös tekintettel a csengető oszcillátor működésére. Végezetül álljon itt a kezdeti célkitűzés megvalósulásának bizonyítéka: a kapcsolóközpont készenléti áramfelvétele 9 V -nál $1\text{--}2 \text{ mA}$, 12 V -nál $3\text{--}4 \text{ mA}$, természetesen nem számolva a tápjelző LED fogyasztásával.

A Quickphone-3

Az ismertető készülék a Puskás Tivadar Távközlési Technikumban (Budapest) 2009. február 14-én megrendezett Nosztalgia Készüléképítő Verseny építési feladatául szolgált (fotó).

(A versenyt méltató cikk a Rádiótechnika 2009. májusi számában olvasható.)

Működés a tömbvázlat alapján

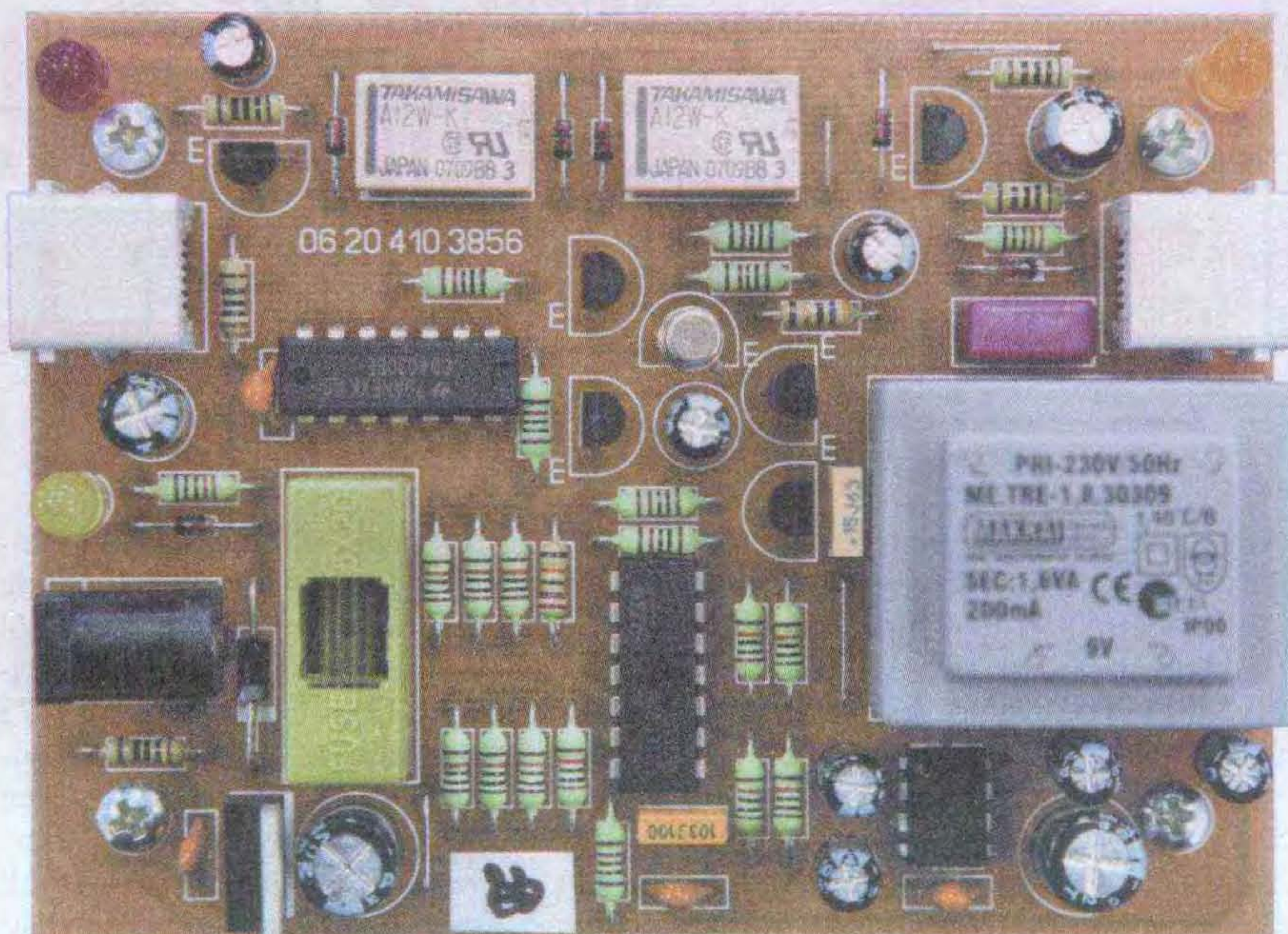
A készülék működését elsőként a 15. ábrán látható tömbvázlat alapján tekintjük át. A tápegység 12 V -os stabili-

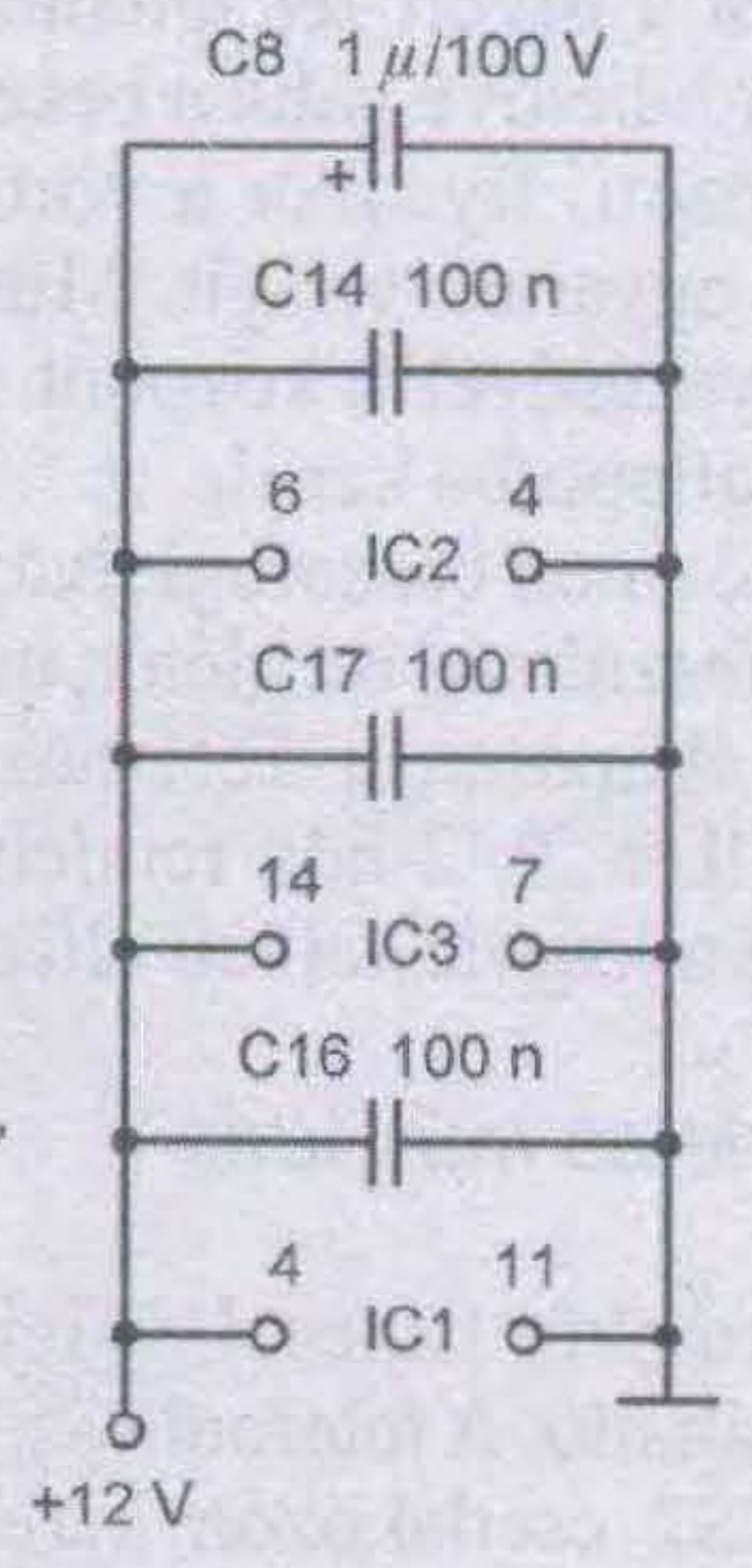
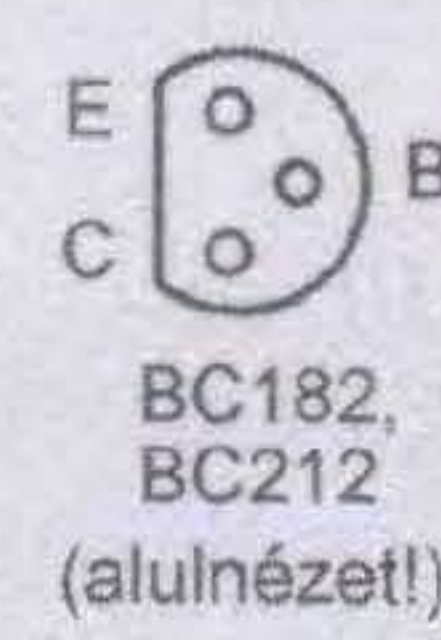
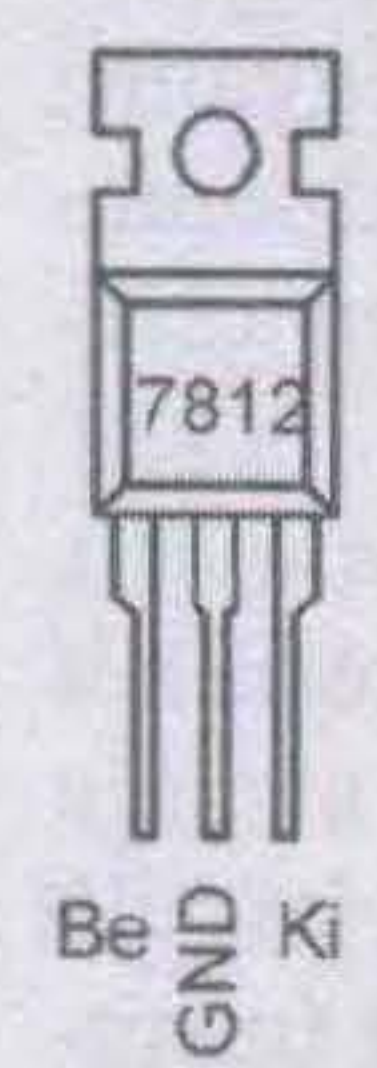
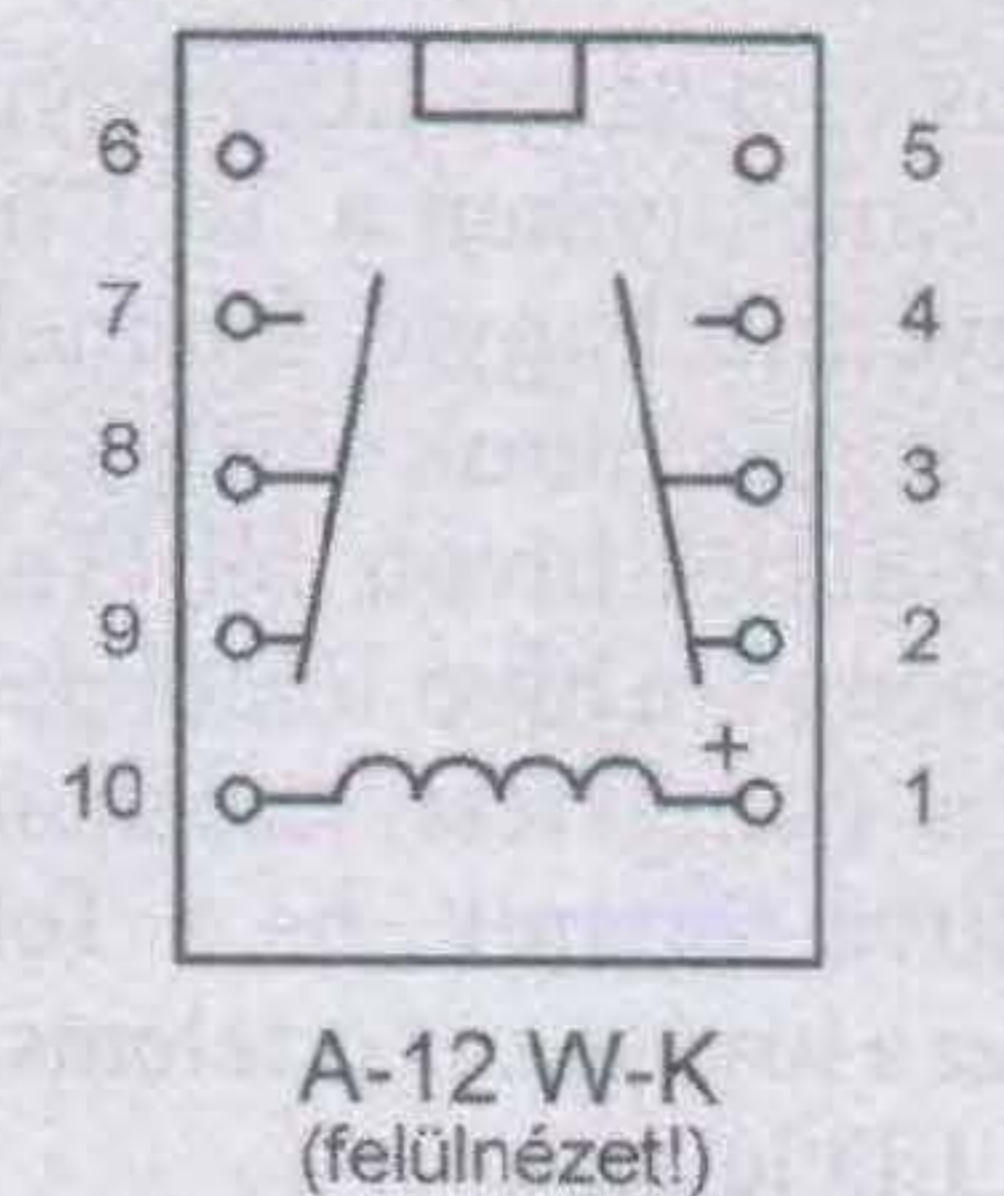
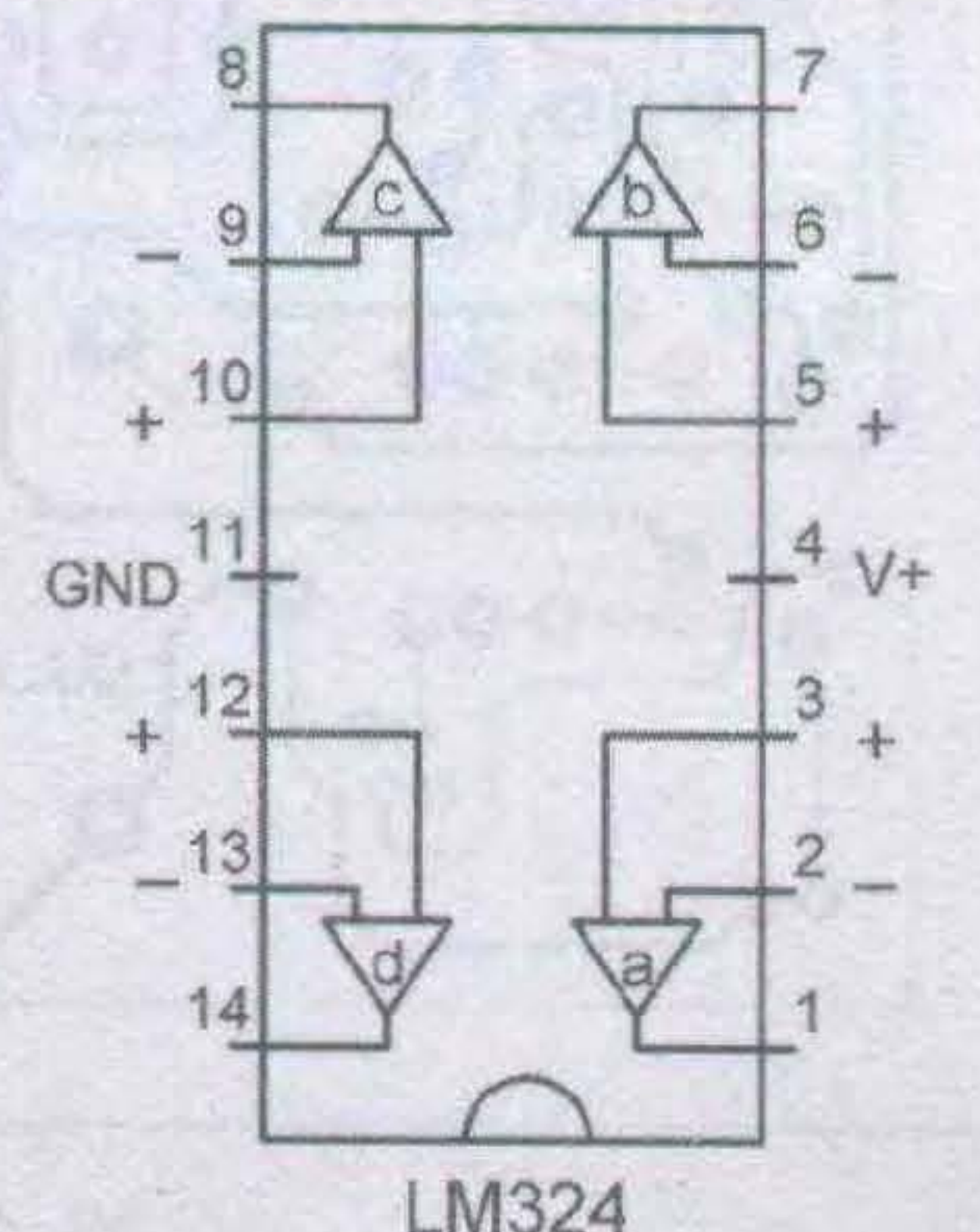
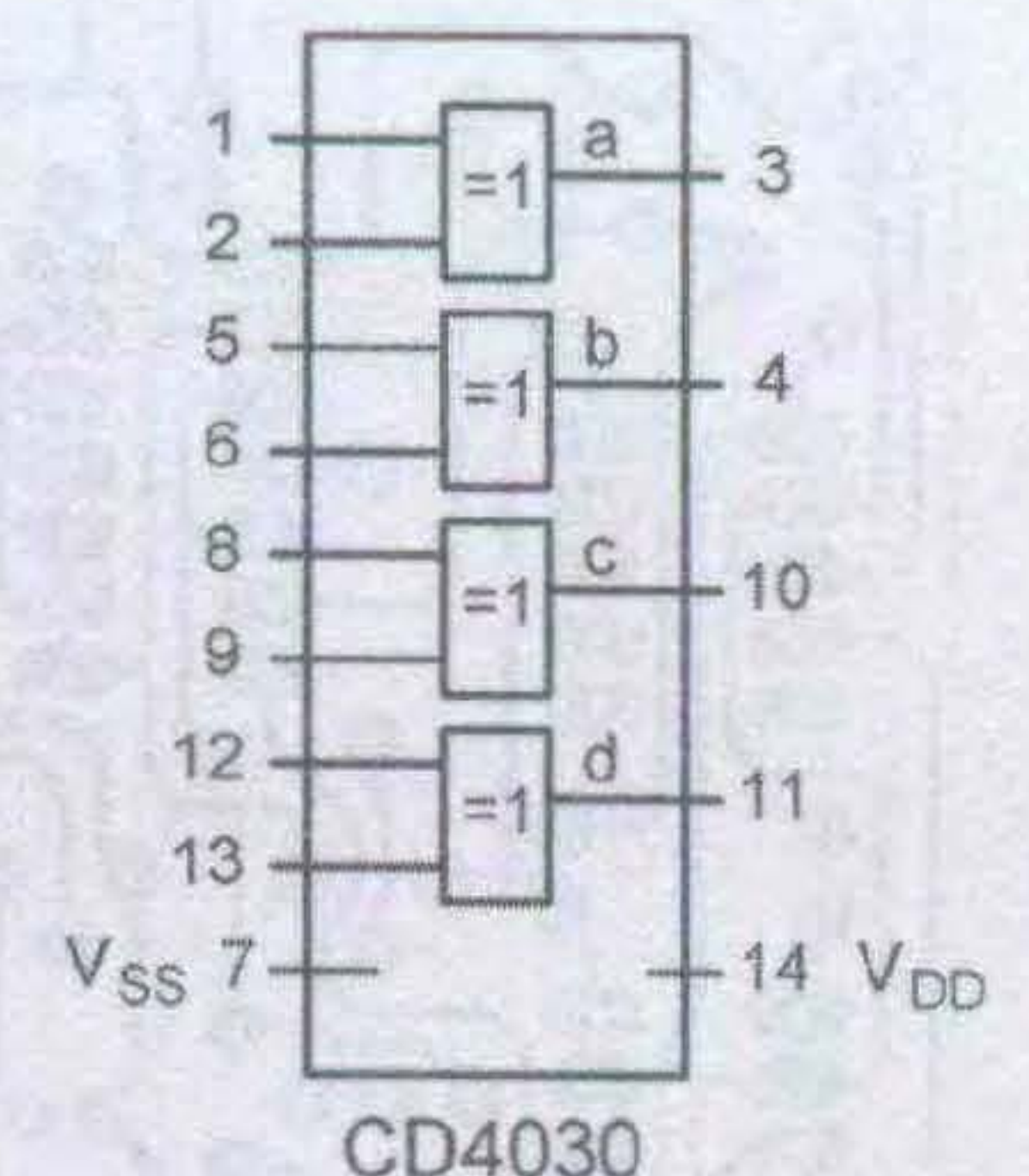
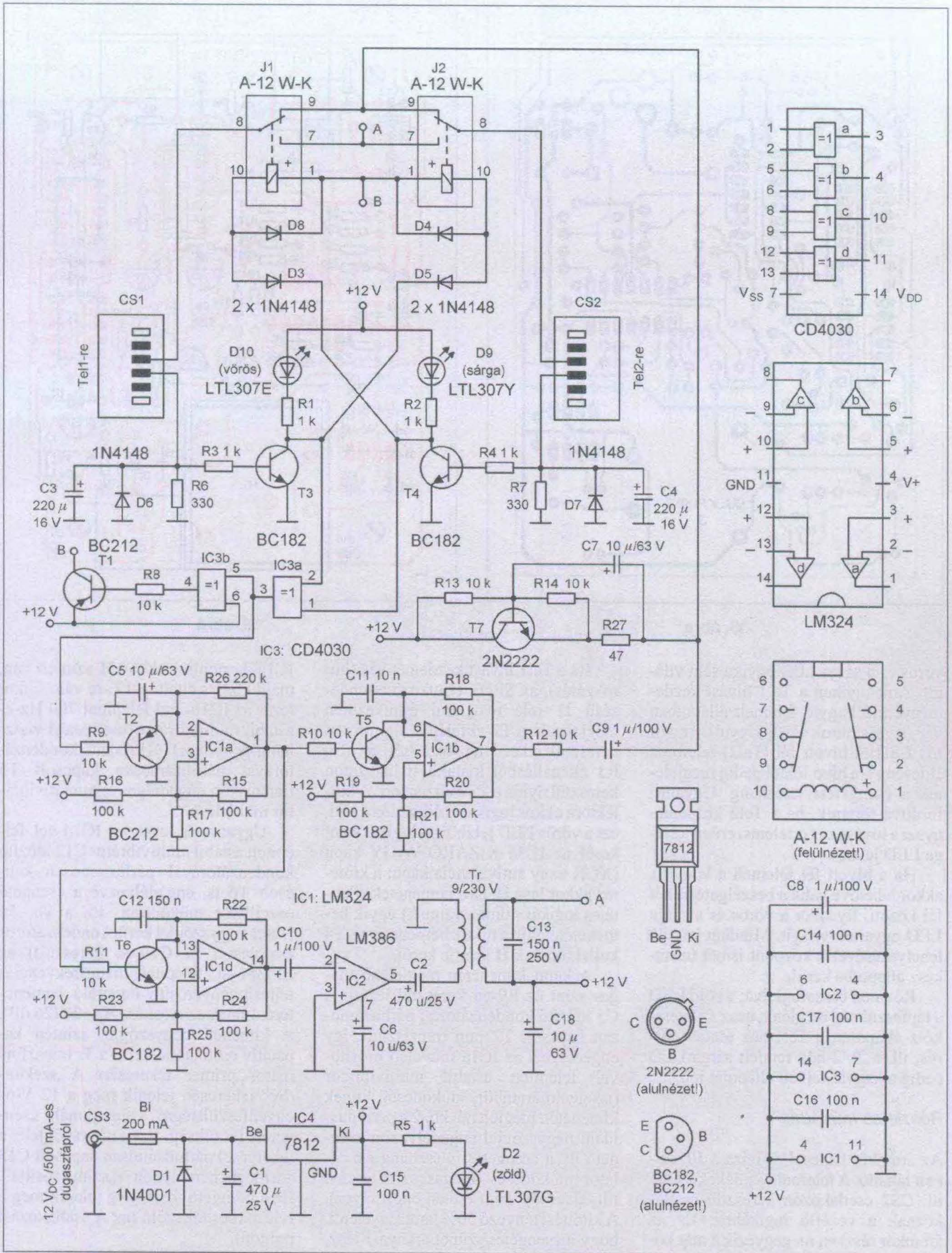
zátlan egyenfeszültséget kap az 500 mA terhelhetőségű fali dugasztápból. Kimenetén 12 V -os stabilizált egyenfeszültség jelenik meg, amely az áramkör tápfeszültségéül szolgál. Ennek meglétét zöld színű LED jelzi. A telefonkészülékek a vezérlő logikára csatlakoznak. A Tel1 kagylójának felvételét (hurokzárás) a vörös, a Tel2 esetében pedig a sárga színű LED jelzi. A vezérlő logikához a girátoron keresztül jut el a vonali feszültség. Hurok zárásakor működésbe lép a szaggató áramkör és ennek ütemében engedélyezi a csengető feszültség generátor, valamint a csengetési visszhang generátor működését.

A 16. ábra szemléletesen, táblázatos formában mutatja a készülék üzemmódjait. Az üzemkész állapotot (a tápfeszültség meglétét) a zöld LED jelzi. Amennyiben mindkét telefon alapállapotban van (a kagylók lehelyezett állapotban, azaz a hurok nyitott), akkor a

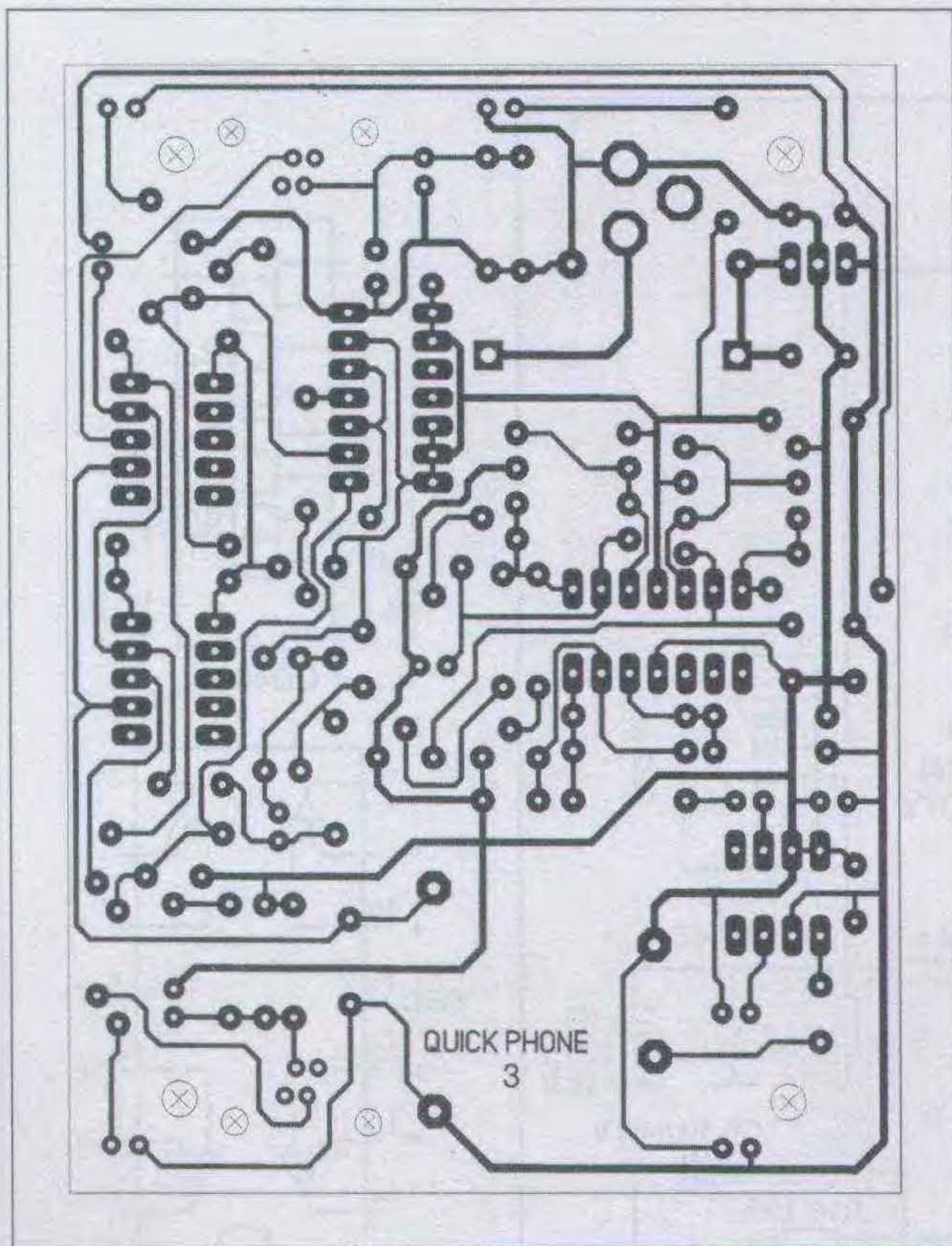
Tel1	Tel2	Üzemmód	zöld LED	vörös LED	sárga LED
		Üzemkész állapot			
 (Csengetési visszhang)	 (Csengőhang)	Hívás (Tel1 hívja Tel2-t)			
 (Csengőhang)	 (Csengetési visszhang)	Hívás (Tel2 hívja Tel1-et)			
		Beszélgetés			

16. ábra

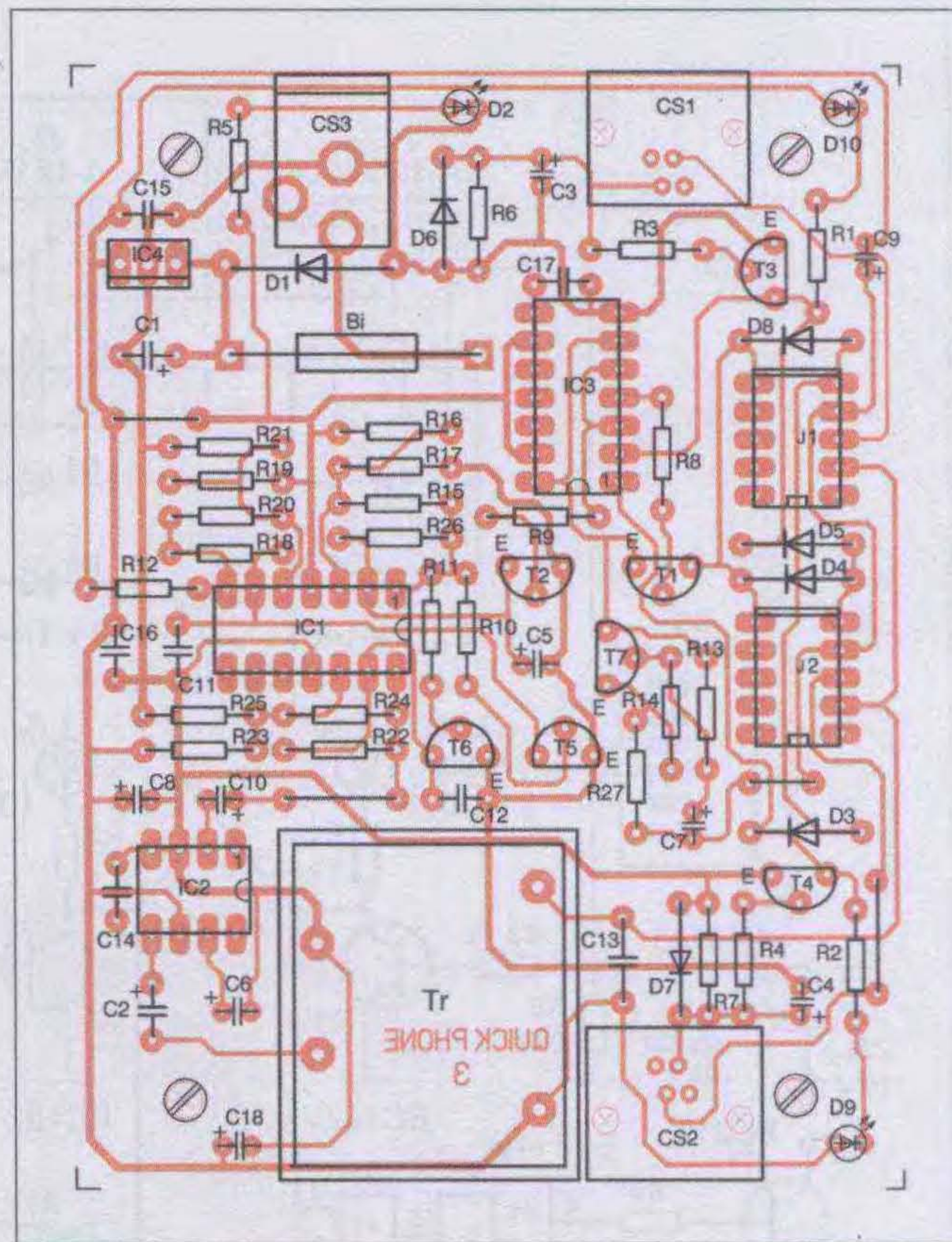




17. ábra



18. ábra



19. ábra

vörös és a sárga LED egyike sem világít. Amennyiben a Tel1 hívást kezdeményez (a kagyló felemelt állapotban van, azaz a hurok zárt), kigyullad a vörös LED; a hívott fél (Tel2) telefonja „kicseng”, a hívó félnél pedig megjelenik a csengetési visszhang. Ugyanez fordítva történik, ha a Tel2 kezdeményezi a hívást, ezt értelemszerűen a sárga LED jelez.

Ha a hívott fél felemeli a kagylót, akkor lehetővé válik a beszélgetés a két fél között. Ilyenkor a vörös és a sárga LED egyaránt világít. Mindkét kagyló lehelyezésével a központ ismét üzemszerű állapotba kerül.

Röviden összefoglalva: a zöld LED a tápfeszültség meglétét, azaz az üzemszerű állapotot, a Tel1-hez rendelt vörös, ill. a Tel2-höz rendelt sárga LED pedig a kagyló felvett állapotát jelzi.

Részletes működés

Az áramkör kapcsolási rajza a 17. ábrán látható. A telefonkészülékek a CS1 ill. CS2 csatlakozón keresztül csatlakoznak a vezérlő logikához. Ez az áramkör részben megegyezik a már korábban ismertetett kapcsolóközpontok hasonló áramkörével.

Ha a Tel1 hívást kezdeményez (hurokzárás), az SPDT érintkező elrendezésű J1 relé nyugalmi érintkezőjén megjelenő, a T7-el felépített girátoron keresztül érkező tápfeszültség az R6, R3 ellenállásból kialakított hálózaton keresztül nyitja a T3 tranzisztort. A kollektora ekkor logikai L állapotba kerül, ezt a vörös LED jelzi. Ez a logikai szint kerül az IC3a KIZÁRÓ-VAGY kapu (XOR vagy antivalencia kapu: a kimenet akkor lesz H, ha a bemenetek ellentétes logikai szinten vannak) egyik bemenetére, míg a másik bemenetére a T4 kollektorának H szintje kerül.

A kapu kimenetén megjelenő magas szint az R9-en keresztül lezárja a C5 időzítő kondenzátorral párhuzamosan kapcsolt T2 pnp tranzisztort, így engedélyezi az IC1a műveleti erősítővel felépített astabil multivibrátor (szaggató áramkör) működését. Ennek kimenetén megjelenő kb. 2 s periódusidejű négyszögjel engedélyezi a csengető ill. a csengetési visszhang oszcillátor működését (magas szint esetén tilt, alacsony szint esetén engedélyez). A kitöltési tényező 50%, ami azt jelenti, hogy a csengetés/szünet aránya 1 lesz, azaz a két idő azonos. A folyamat szünettel indul, az oszcillátor kimenete (az

IC1a 1. pontja) ekkor H szinten van, majd kb. 1 s elteltével L-re vált. Ekkor lezár az IC1b-vel felépített 700 Hz-es astabil multivibrátor (csengetési visszhang-generátor) C11 időzítő kondenzátorával párhuzamosan kapcsolt T5 tranzisztor, engedélyezve a multivibrátor működését.

Ugyancsak lezár az IC1d-vel felépített astabil multivibrátor C12 időzítő kondenzátorával párhuzamosan kapcsolt T6 is, engedélyezve a csengető oszcillátor működését. Ez a kb. 50 Hz-es négyszögjel kerül kondenzátoros csatolással (a C10-en keresztül) az LM386-al felépített hangfrekvenciás teljesítményerősítő invertáló bemenetére. Ennek az erősítése $A_v = 20$ (26 dB). A kimeneti négyszögjel szintén kapacitív csatolással kerül a Tr transzformátor „primer” tekercsére. A „szekunder” tekercsen jelenik meg a 12 V-os egyenfeszültségre szuperponált csengetési feszültség. Ezt a négyszögjelet a tekercsel párhuzamosan kapcsolt C13 – a megismert módon – „szinuszosítja”. Ez a csengető feszültség jelenik meg a relé záróérintkezőin (az A csatlakozási ponton).

A csengetési visszhang-generátor jele a sorosan kapcsolt R12 és C9-en

keresztül a relék nyugalmi érintkezőire kerül.

Emlékeztetőül: a működés ismertetését azzal kezdtük, hogy a Tel1 kagylóját felemeltük, ezáltal kinyitott a T3. Ez indította el az astabil multivibrátorok működését, így létrejött a csengető feszültség, ill. a csengetési visszhang. Itt vehetjük észre az eltérő áramköri filozófiát az előző változathoz képest, ugyanis ebben az esetben nem a jelfogók végzik a csengetőjel szaggatását, így azok élettartamnövekedésével számolhatunk. Most láthatjuk, hogy a csengetési visszhang oszcillátor jele a J1 nyugalmi érintkezőjén a hívó fél telefonjára (Tel1-re) jut. Ugyanakkor a T3 nyitása következtében meghúzza a J2, így az A ponton levő csengetőfeszültség a Tel2-re kerül. Amennyiben a hívott fél fogadja a hívást, a T4 kinyit, kollektorán L szint lesz, így a kizáró-vagy kapu mindkét bemenete azonos szintűvé válik, tehát a kimenete L-re vált. Ezzel letiltja a szaggató áramkör működését, aminek eredményeképpen leáll a csengető- és a csengetési visszhang generátor működése.

Ugyanakkor az inverterként működő IC3b kimenetén megjelenő H szint lezárja a T1-et, megszűnik a relék tápellátása, ezáltal az eddig meghúzott állapotban lévő relé alapállapotba kerül, a két telefon összekapcsolódik, lehetővé válik a beszélgetés.

Amint látható, a vezérlő logika egy teljesen szimmetrikus áramkör, így amennyiben a Tel2 kezdeményez hívást, ugyanez a folyamat játszódik le, csak értelem szerűen a két oldal állapottai felcserélődnek (T4 nyit ki, annak a

kollektora lesz L szinten, a sárga LED világít, a J1 húz meg és így tovább).

A három astabil multivibrátor struktúrája teljesen azonos, csak az időzítő R-C tagok változnak. Az LM324 négy műveleti erősítőjéből hármat használunk. A 230 V-os primerfeszültségű és 9 V szekunderfeszültségű 1,8 VA-es transzformátor itt feszültségnövelőként működik (az eredetileg szekunder, 9 V-os oldal itt a primer oldal).

Figyelem: a csengető feszültség csúcstól csúcsig mért értéke elérheti a 120 V-ot!

A 12 V-os stabilizátor bemenetét fordított polaritású csatlakoztatás esetén a D1 védi.

A nyugalmi áramfelvétel ≤ 25 mA, csengetéskor ≤ 110 mA, beszélgetéskor pedig ≤ 65 mA.

Megépítés

Az áramkör négy átkötést tartalmazó, pozíciónyomattal ellátott 101×75 mm-es egyoldalas ónozott nyomtatott áramköri lemezen nyert elhelyezést. A nyomtatási rajzot a 18. ábra, a beültetési rajzot pedig a 19. ábra mutatja. A nyákba ültethető telefoncsatlakozó típusa: RJ11 6P4C, a DC-tápcsatlakozó 5,5/2,1 mm-es, ennek nyilván a dugasztápon elhelyezett csatlakozó ellenpárjának kell lennie. A jelfogó Takamisawa gyártmányú, 12 V-os DPDT érintkező-elrendezésű, amiből mi csak egyetlen kontaktuspárt használunk.

A transzformátor műgyantával kiöntött, nyákba ültethető 230/9 V-os, 1,8 VA-es teljesítményű. Az alkalmazott

ellenállások 0,6 W terhelhetőségű, 1%-os tűrésű fémréteg-ellenállások.

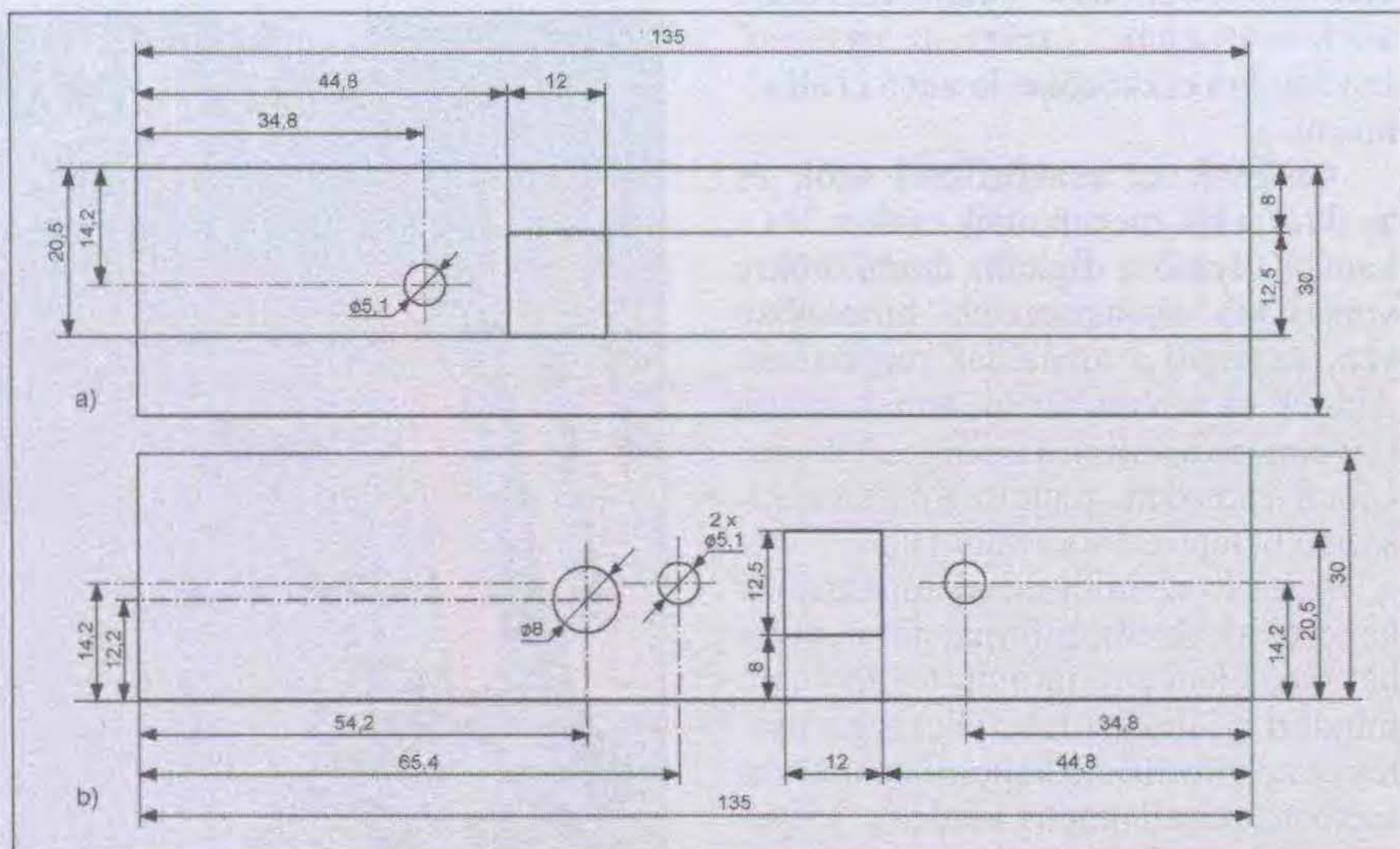
Az áramkör egy 140×110×35 mm-es (szélesség×mélység×magasság) műanyag készülék házban nyert elhelyezést. A két részből álló ház előlapjai eltávolíthatók, így könnyen megmunkálhatók. A nyomtatott áramköri lemez 4 db $\varnothing 2,9 \times 6,5$ -ös lemezcsavarral rögzíthető a készülék ház alsó részéhez. Az előlapok megmunkálási rajza a 20. ábrán látható. A LED-eket 90°-ban meghajlítva kell szerelni és az előlapon levő 5,1 mm-es furatba illeszteni. A beültetést célszerű az átkötések beforrasztásával kezdeni, majd az egyre nagyobb magasságú alkatrészek beültetésével folytatni, legvégül pedig a transzformátort ajánlatos beforrasztani.

A készülék bemérést nem igényel. A 12 V/500 mA-es dugasztáp, valamint a telefonok csatlakoztatását követően üzemképes, és a 16. ábrán látható üzemmód-táblázat szerint kell működnie. Az áthidalható távolság szabványos 4 eres ET-6504-es telefonvezeték esetén kb. 1000 m.

Végül a szerzők köszönetüket fejezik ki dr. Fábrián Tibornak, a történeti fejezet megírásához rendelkezésükre bocsátott információkért.

Irodalom:

1. Kapuiné Wágner Katalin: Házi telefonközpont Rádiótechnika 1988/3, 120. o.
2. Nagymáté Cs. – Reinicz B.: Tízállomásos házi telefonközpont Rádiótechnika 1994/8; 9/380, 429. o.
3. Nagymáté Cs.: Házitelefon-hálózat központ nélkül Rádiótechnika 1993/4, 164. o.
4. Rádiótechnika 1981/11, 539. o.
5. G. Kleine: Low-cost Hausteleson Elektor 1990/2, 64. o.
6. Kapui Gyula: Kézi nyomógombos telefonok 3. Rádiótechnika 1988/11, 535. o.
7. <http://en.wikipedia.org> Gyrator
8. <http://sound.westhost.com> Simulated inductor
9. <http://www.epanorama.net> Gyrator circuit
10. <http://www.rowotel.com> Gyrator DC Characteristic
11. <http://www.tkk.fi> Telephone ringing circuits
12. <http://www.sandman.com> Ring Voltage Technical Bulletin
13. <http://web.ukonline.co.uk> How telephones work
14. <http://www.ling.upenn.edu> Wiring at the network interface device
15. <http://telecom.hellodirect.com> The Basics of Telephone Wiring
16. www.national.com
17. www.mccsemi.com
18. Fujitsu Takamisawa Product Guide



20. ábra

A digitális technika a kezdetektől a digitális IC-ig

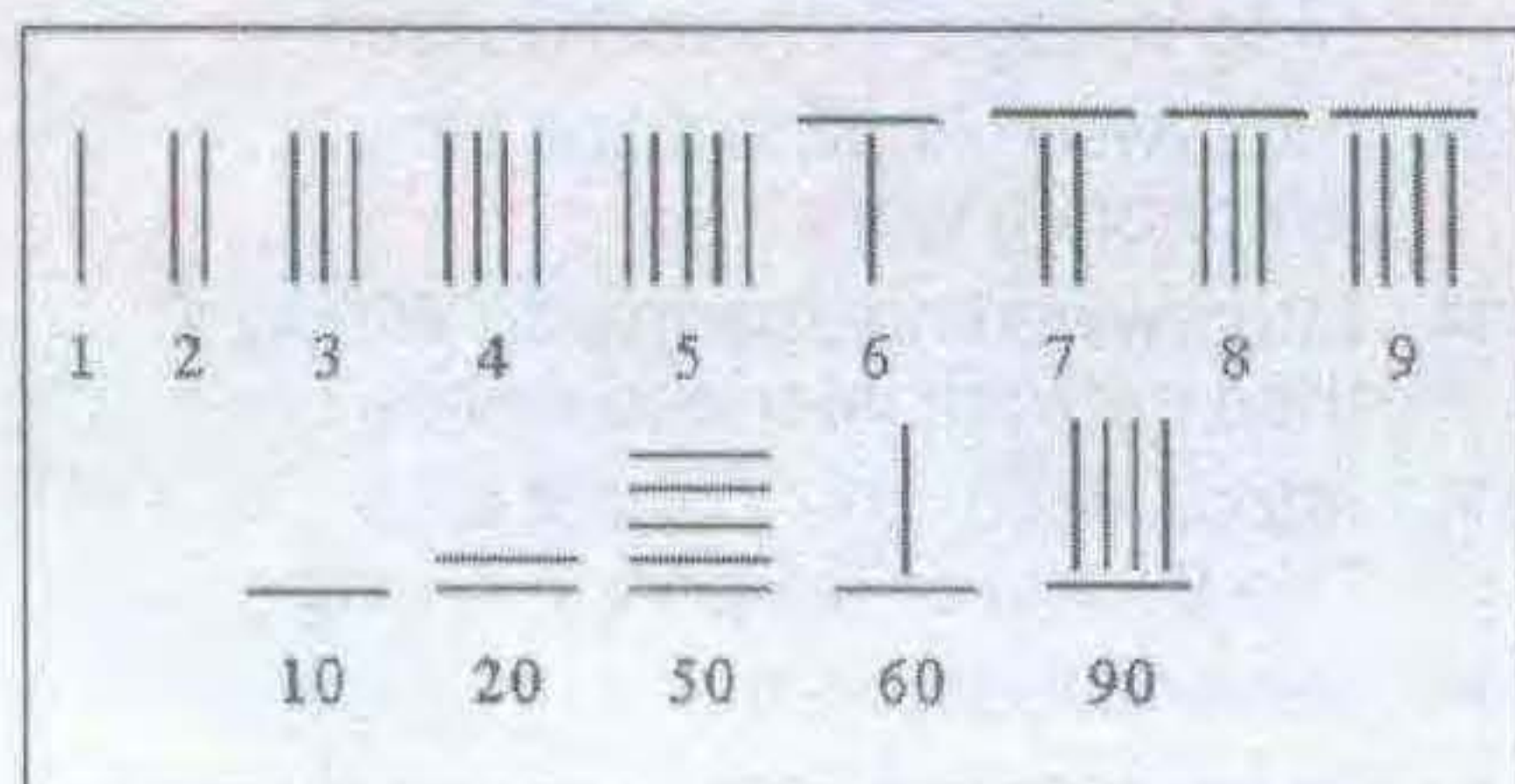
Dr. Madarász László okl. villamosmérnök, KF GAMF Kar, madarasz.laszlo@gamf.kefo.hu

A digitális elektronika szinte naponta hódít el újabb „állásokat”, az analóg megoldások egyre szűkebb területeken használatosak. A digitális áramköröket korunkban digitális IC-kből építik fel. Bár általánosan használt megoldások ezek, mégis viszonylag fiatalok, hiszen pl. a mikroprocesszort 1971-ben találták fel, az első digitális integrált áramkörök is csak 1965-ben jelentek meg!

Visszafelé haladva felfedezhetjük, hogy sokáig, kb. az 1950-es évekig a digitális áramkörök szinte egyetlen alkalmazási területen voltak jelen: a különféle számítógépek, számológépek alkotóelemeiként! Hosszú ideig ez a két történet, a számítógépek és a digitális áramkörök fejlődése teljesen összefonódott.

A digitális áramkörök fogalmát tágabb értelemben fogjuk használni, nem csak a villamos megoldásokat tekintjük át. Látni fogjuk, hogy digitális jeleket feldolgozó készülékek, logikai gépek sokkal hamarabb készültek, mielőtt még az emberiség a villamos áramkörökkel megismerkedett volna. Többnyire időrendi sorrendben vizsgáljuk az eseményeket, de esetenként egy-egy önálló témakört külön tárgyalunk meg, a fő időrendi eseménysortól függetlenül.

A terjedelem korlátozott, ezért elsősorban a fejlődés fő vonulatait szeretnénk felvázolni. Az emberiség sok jelentős alakja feltűnik majd a következő oldalakon, legtöbbjük önállóan is megérdemelne egy-egy ilyen terjedelmű méltatást. Ha a kedves olvasó a cikk olvasása után, esetleg közben leül a számológépe elé és az interneten további adalékokat keres, részletesebben utána



1. ábra



2. ábra

olvas egy-egy feltaláló életútjának, egy-egy technikai eseménynek, eszköznek, akkor értük el igazán a célunkat.

Időben visszafelé haladva a számítógépekre, azok előtt a számológépekre csak egyszerűbb feladatokat lehetett bízni, nem túl régen csak a négy matematikai alapművelet elvégzését, még korábban pedig csak annyit, hogy az éppen fontos számértékeket, eredményeket megőrizzék, tárolják. A legelső digitális feladatok ezek voltak: a számok megjelenítése, megőrzése, tárolása. A digitális technika, a digitális áramkörök fejlődése akkor kezdődik, amikor az ember ezekre az egyszerű feladatokra eszközöket kezdett el alkalmazni.

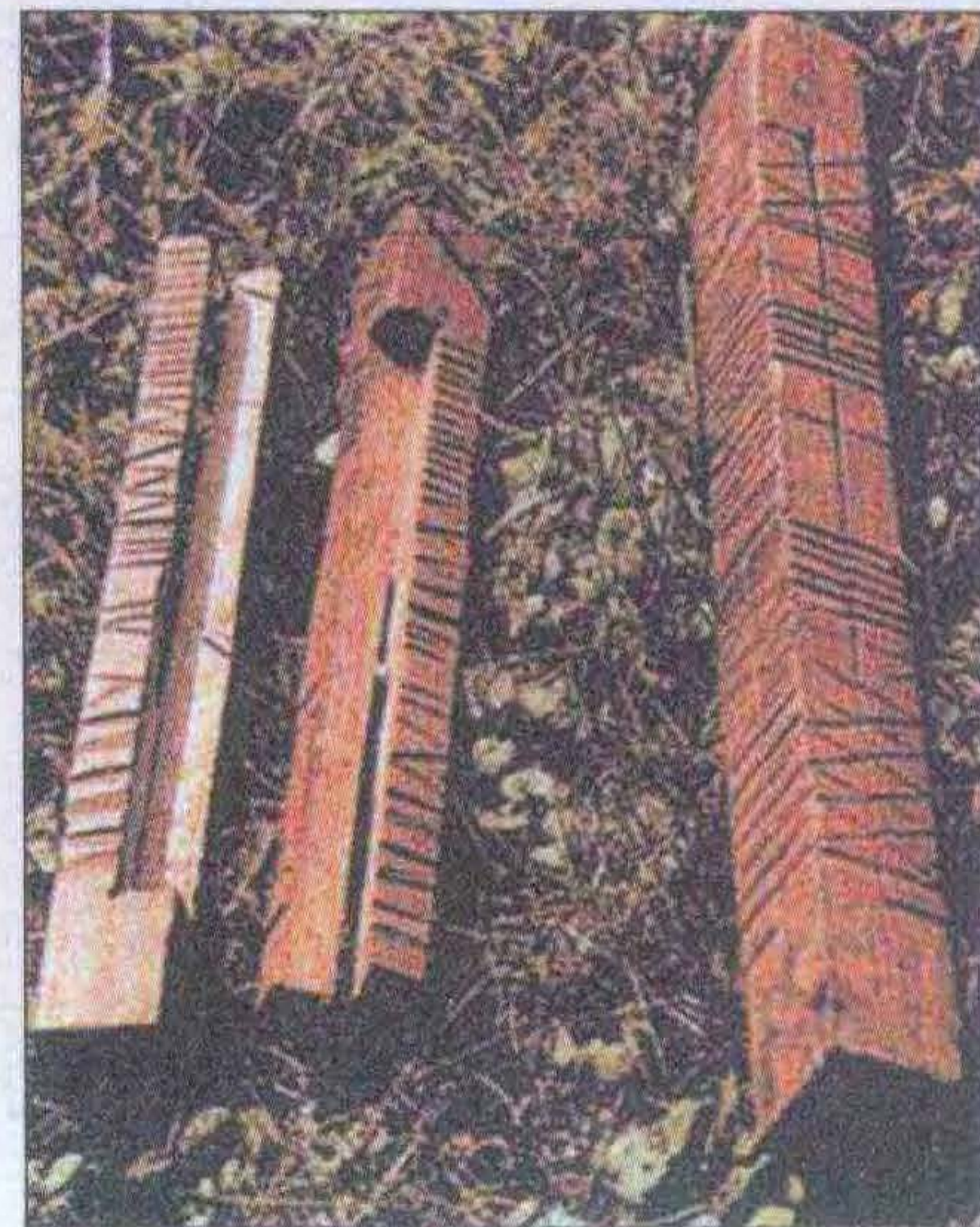
Cikkünk az eszközökről szól, és azokról, akik megalkották ezeket. Ha a kedves olvasó a digitális áramkörökre vonatkozó alapismeretek birtokában van, az segíti a továbbiak megértését. Akinek ez a témakör új, annak szíves figyelmébe ajánljuk a *Hobby Elektronikában* elkezdett, majd a *Rádiótechnikában* befejezett sorozatot [1].

A jelek az információ fogalmához kapcsolódnak. Az információt nem lehet megjeleníteni, tárolni, továbbítani; mindezt a jelekkel tehetjük meg. A jelek és az információ kapcsolata minden esetben megállapodás kérdése: lényegében bármit felhasználhatunk jelként. Tulajdonképpen a különféle számalak-

kok voltak az első digitális jelek. A számolás a kőkorszaki ősembernél jelent meg, kezdetben az egy, a kettő és a sok megkülönböztetésével. A továbbiakban a fejlődés már nem egységes, az elkülönülten élő embercsoportok más-más számrendszerben kezdtek el számolni. A magyarok az őshazában a hatos számrendszert használták, később a hetest, a történelmi időkben pedig már a tízest.

Először a számokat az ujjakkal szemléltették az emberek, később kővecskékkel, pálcikákkal, néhol megfelelő számú bevéséssel rögzítették fágon, csonton, vagy csomókkal egy darab kötelen. Ebből az időből származnak a jellegzetes kínai pálcika-számjegyek (1. ábra). A honfoglaláskori magyarok rovásszámokat használtak. A 2. ábrán láthatók a fontosabb számjegyek és a 2347 számérték ábrázolása is (akárcsak a rovásírásban, a rovásszámok rögzítésekor is jobbról balra dolgoztak őseink). A 3. ábrán néhány fennmaradt rovásfát mutatunk be.

A számjegyek és az egyre nagyobb számértékek használata elvezetett a helyértékes számbábrázoláshoz, ahol ugyanaz a számjegy a pozíciójától függően más-más értéket jelenthet. Európában az indiai eredetű „arab számok”



3. ábra

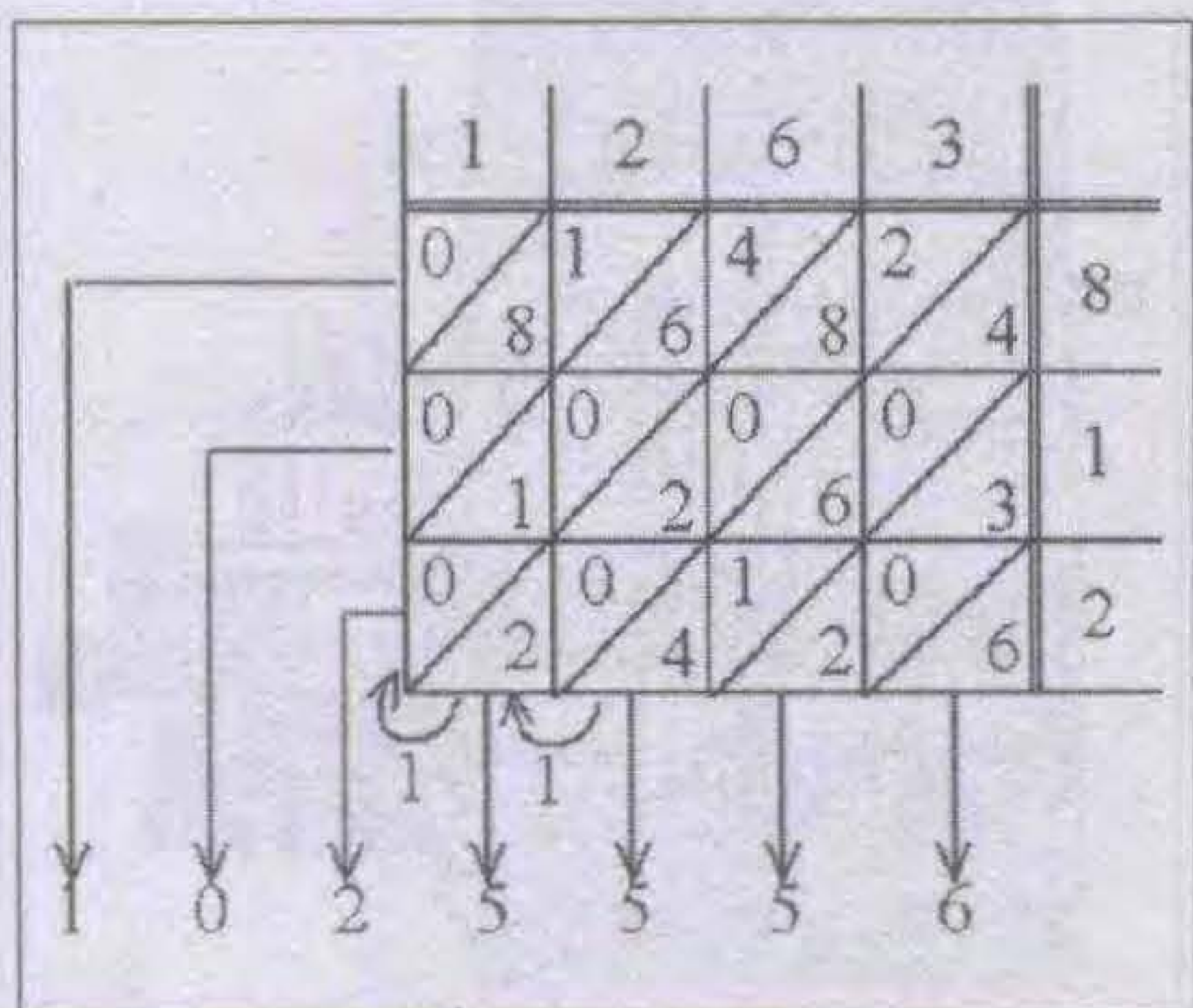


4. ábra

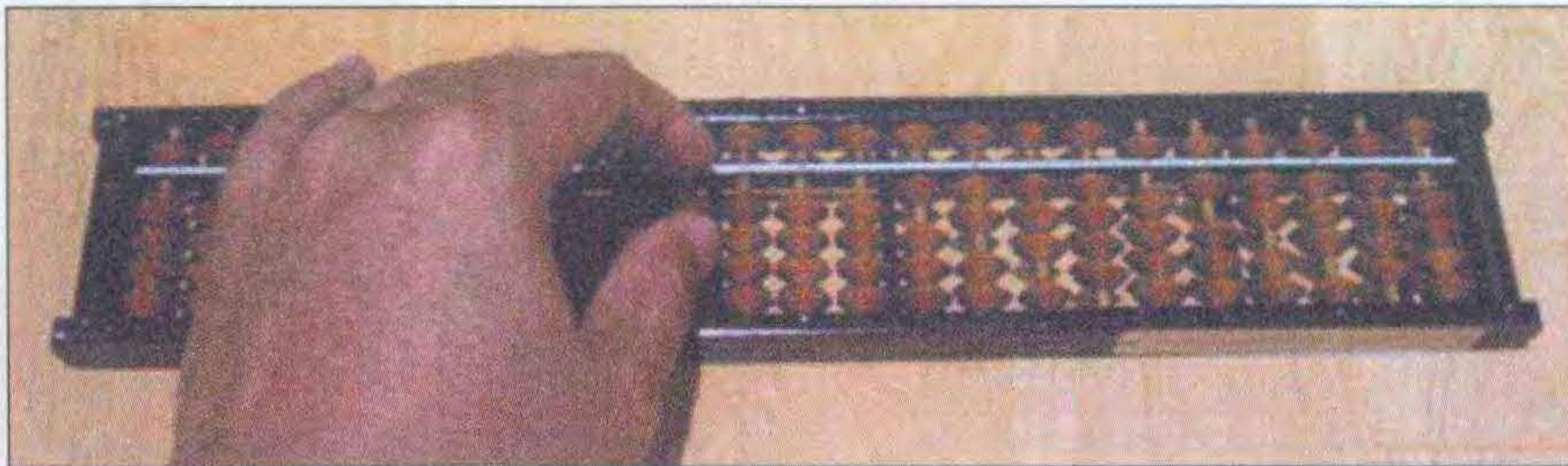
terjedtek el, melyeket a közvetítő arab népekről neveztek el, s 1500 körül elkészülnek az első számítási táblázatok is.

Az első technikai eszközök még magukat a számértékeket igyekeztek megjeleníteni, majd közvetlenül ezeken próbálták meg műveleteket végezni. A digitális technika fejlődése akkor gyorsul fel, amikor általános digitális jeleket alkotnak meg, a kétértékű alapjel, a bit segítségével, és olyan készülékeket, rendszereket fejlesztenek ki, melyek ezeket a jeleket képesek igény szerint kezelni.

George Boole (1815–1864) 1847-ben írta meg a „The Mathematical Analysis of Logic” című könyvét, melyben a kétértékű változókra épülő matematikai rendszerét ismertette. Korábban már Gottfried Leibniz kifejtette a matematika és a logika közötti kapcsolatot, de Boole ennél többet tett: bebizonyította, hogy a logika sokkal inkább matematikai tudományterület, mint filozófiai. 1854-ben már a teljes matematikai rendszert ismertette második könyvében. Ebben a könyvben jelenik meg a kétértékű matematikai változó és a rá épülő három alapművelet, majd a kétértékű logikai függvények rendszere. Boole érdeme, hogy a logika



6. ábra



5. ábra

matematikai formalizációját teljessé tette, a logikai műveleteket betűkkel jelölt változókkal és a közöttük alkalmazott műveleti jelekkel kezelte. Különös módon csak 1943-ban született meg az a doktori dolgozat (Claude Shannon), amelyik a Boole-algebra és az elektromos kapcsolóhálózatok működése közötti analógiát kifejtette. A digitális áramkörök elméletének kialakítása csak ezután vált lehetővé, ettől kezdve lehetett a logikai rendszereket magas szinten tervezni.

De kanyarodjunk vissza az első eredményekhez!

A mechanikai számológépek megjelenéséig

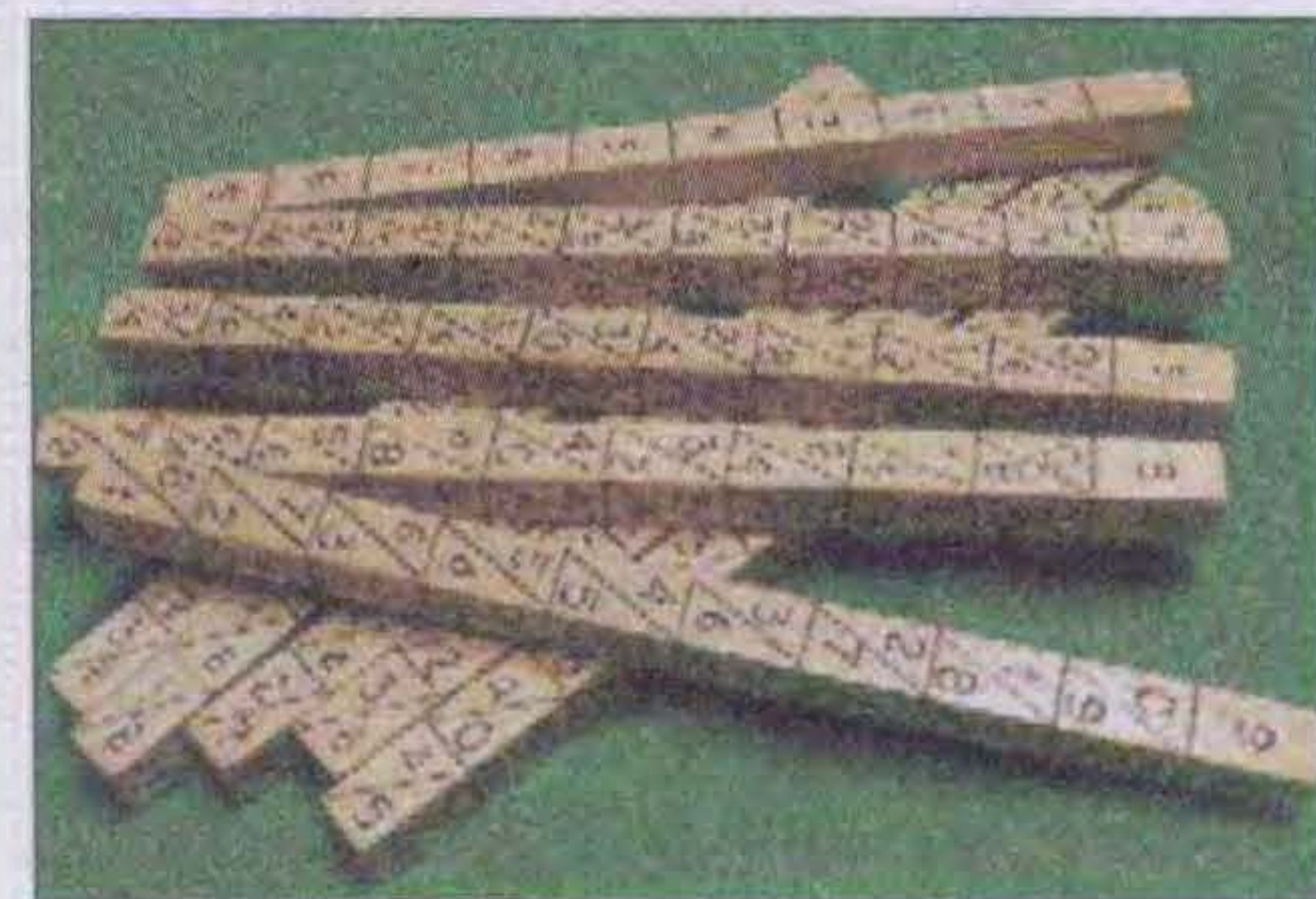
Eleinte a kezük ujjain számoltak az emberek (az ujj latinul digitus, a digitális technika elnevezésének alapja tehát éppen ez a szó), ez magyarázza meg, hogy a tízes számrendszer vált a legelterjedtebbé. Valószínűleg 6000 évvel ezelőtt kezdték az abakuszt alkalmazni. Az első abakusz égetett agyagtáblácska volt, a felszínén bevéssett árkokkal. Az árkokba apró kövecskéket helyeztek, s ezek tologatásával lehetett számokat megjeleníteni és műveleteket végezni. (A kövecske latinul calculus, ebből a szóból ered a számolás, a kalkulálás, majd a számológép, a kalkulátor elnevezése is.) A római abakusz sorai két részre voltak osztva (4. ábra). A japán golyós számológép, a sorobán (5. ábra) még ma is világszerte alkalmazott eszköz, sok iskolában ezen tanítják meg a gyerekeket számolni.

A XIII. század végére, a XIV. század elejére az emberiség az abakuszon végezte az összeadást és a kivonást, a szorzáshoz pedig szorzótáblákat használtak fel. A szorzás sorozatos összeadásként való elvégzése időigényes feladat volt, és közben könnyen előfordult számolási hiba is.

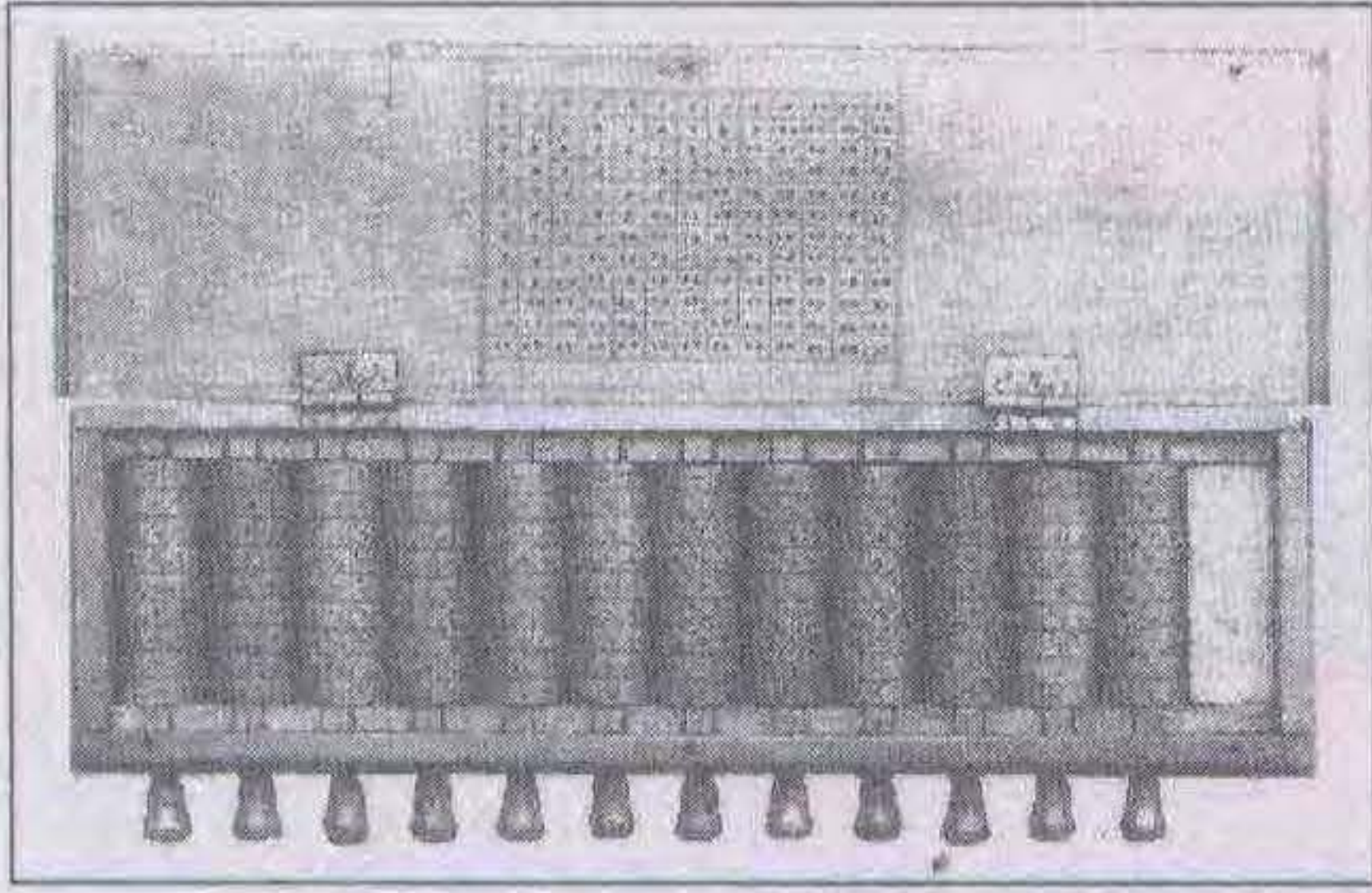
A szorzás hatékonyabb elvégzésére dolgozták ki a rácsos (gelosia) módszert a középkor elején, ami gyorsan el-

terjedt Indiában, Perzsiában, Kínában és az arab országokban, Európában a XIV. század elején tűnt fel, a korai olasz építészetben használt osztott rácsos ablakokról kapta a nevét. A szorzandót vízszintesen, a szorzót függőlegesen kellett felírni, majd a számjegyek által határolt területre rácsosot kellett rajzolni a 6. ábra szerint. A rekeszekbe be kell írni annak a szorzásnak az eredményét, amit a rekesz oszlopa tetején levő számjegy és a rekesz sorának jobb szélén lévő számjegy összeszorozásával kapunk. Ez a szorzat egy vagy kétjegyű, az egyeseket jobbra alulra, a tízeseket (ha vannak) balra felülre kell beírni. A ferde vonalak „csúszdák” alkotnak. Az azonos csúszdán levő számjegyeket (jobbról balra haladva) össze kell adni, az összeg alul „csúszik ki”. Ha az összegnek nem csak egyesek vannak, alulra csak az egyeseket kell felírni, a magasabb helyértékeket a következő „csúszda” összegéhez kell hozzáadni (az ábrán az ilyen átviteleket is bejelöltük). A „kicsúszott” számjegyek összeolvasásával megkapjuk a szorzatot. Az ábrán az 1263-at szoroztuk össze 812-vel, az eredmény 1 025 556.

John Napier (1550–1617) skót tudós, matematikus és filozófus, a logaritmus felfedezője négyszögletes elefántcsont-rudacskákkal, pálcákkal tette egyszerűbbé a gelosia módszer használatát (7. ábra). A rudacskákon felül a számjegy állt, majd lejjebb a gelosia módszerre jellemző kettéosztott reke-



7. ábra



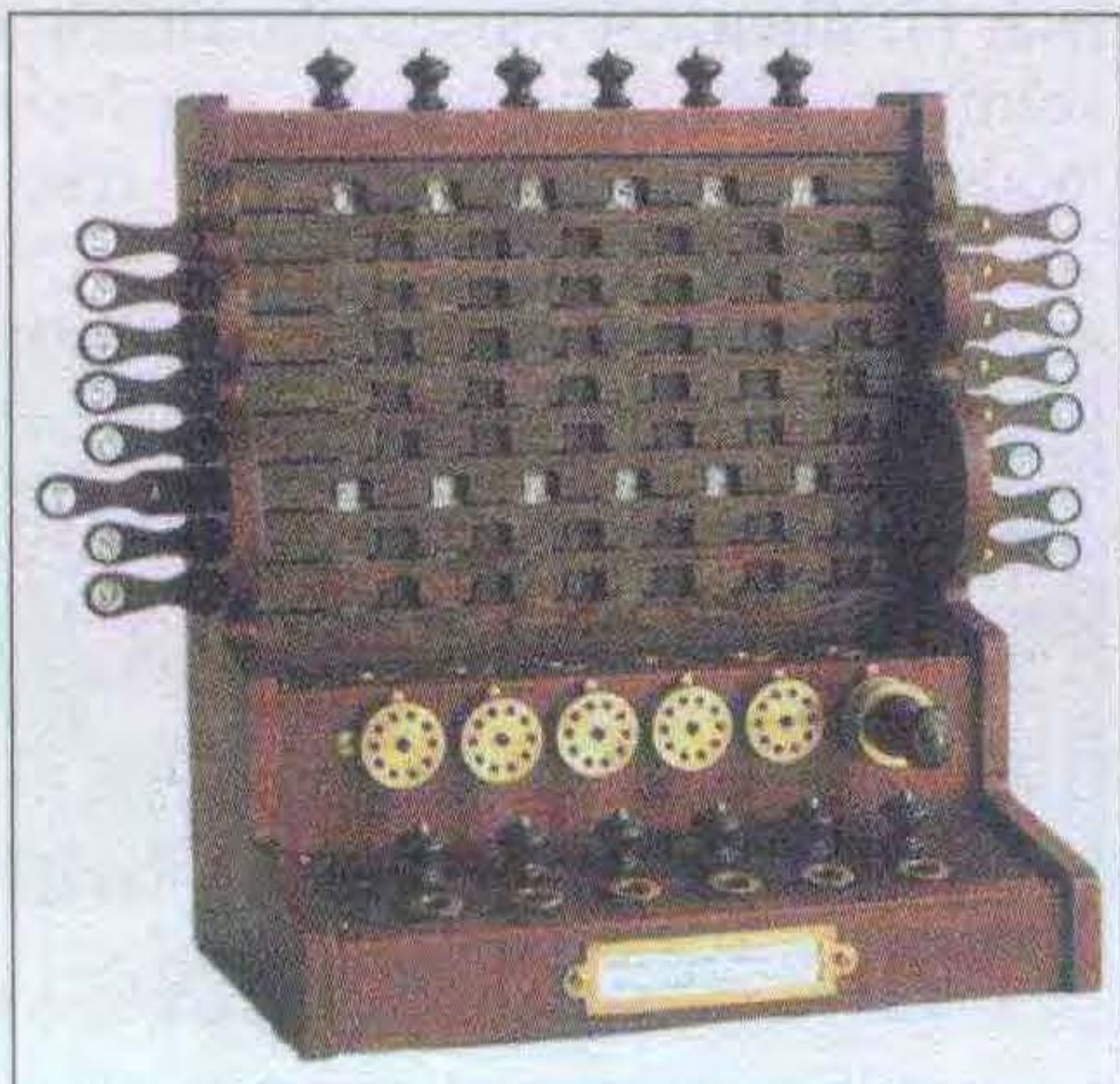
8. ábra

szekben sorra a számjegy egyszerese, kétszerese, háromszorosa stb. Egy-egy részletszorzatot lehetett a segítségükkel kirakni, a végeredményhez azonban ezeket össze kellett adni, mégpedig helyérték-helyesen!

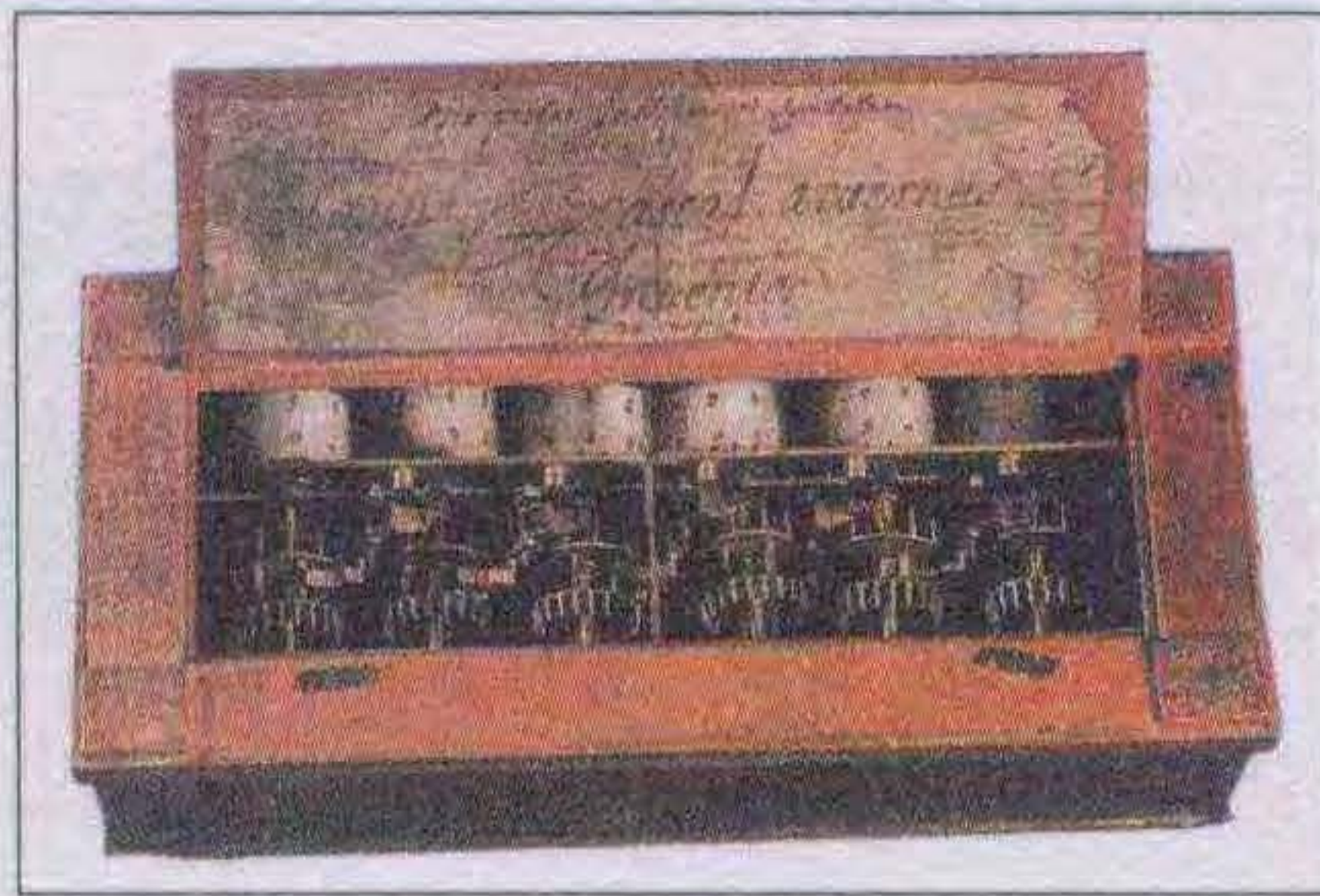
Gaspard Schott (1608–1666) jezsuita szerzetes hengerek palástjára véste fel a Napier-pálcikák mintáit, azaz egy-egy alkotóhoz egy számjegyet és annak többszöröseit. A hengereket egymás melletti tengelyekre fűzte fel (8. ábra), a tengelyekre forgatógombokat szerelt. Az egyes hengereket úgy lehetett elfordítani, hogy a szorzandó számjegyeinek megfelelő henger-alkotók kerültek legfelülre.

Wilhelm Schickard (1592–1635) német csillagász, matematikus és nyelvész Tübingenben, az egyetemen oktatott, s 1623-ban épített egy mechanikai számológépet. Schickard gépe hatjegyű decimális számokkal végezte a műveleteket; az összeadást és a kivonást teljesen automatikusan, a szorzást részben önműködően. A gép eltűnt a harmincéves háborúban, a második példány tűzvészben pusztult el. Schickard feljegyzései alapján 1960-ban rekonstruálták a gépet, és az működik (9. ábra).

A számológép felső részében hat darab henger volt, a palástjukon a Napier-féle számértékekkel (akárcsak



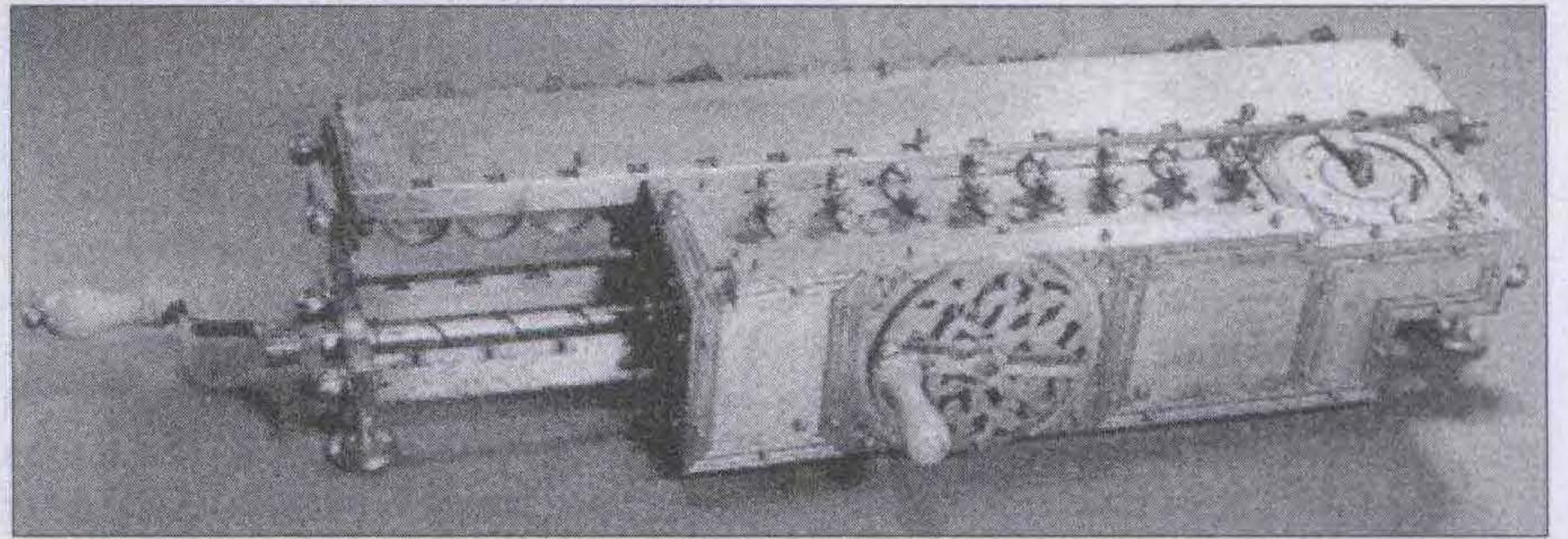
9. ábra



10. ábra

utókor Pascaline néven ismeri, 1647-ben szabadalmaztatta is a feltaláló (10. ábra). A számológép segítségével hatjegyű decimális számokat lehetett összeadni és kivonni.

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) Lipcsében élő német filozófus, matematikus, aki a logika tudományterületén is dolgozott, elismert jogtudós és történész is volt. Tanulmányozta Pascal gépet, és 30 évvel a Pascaline el-



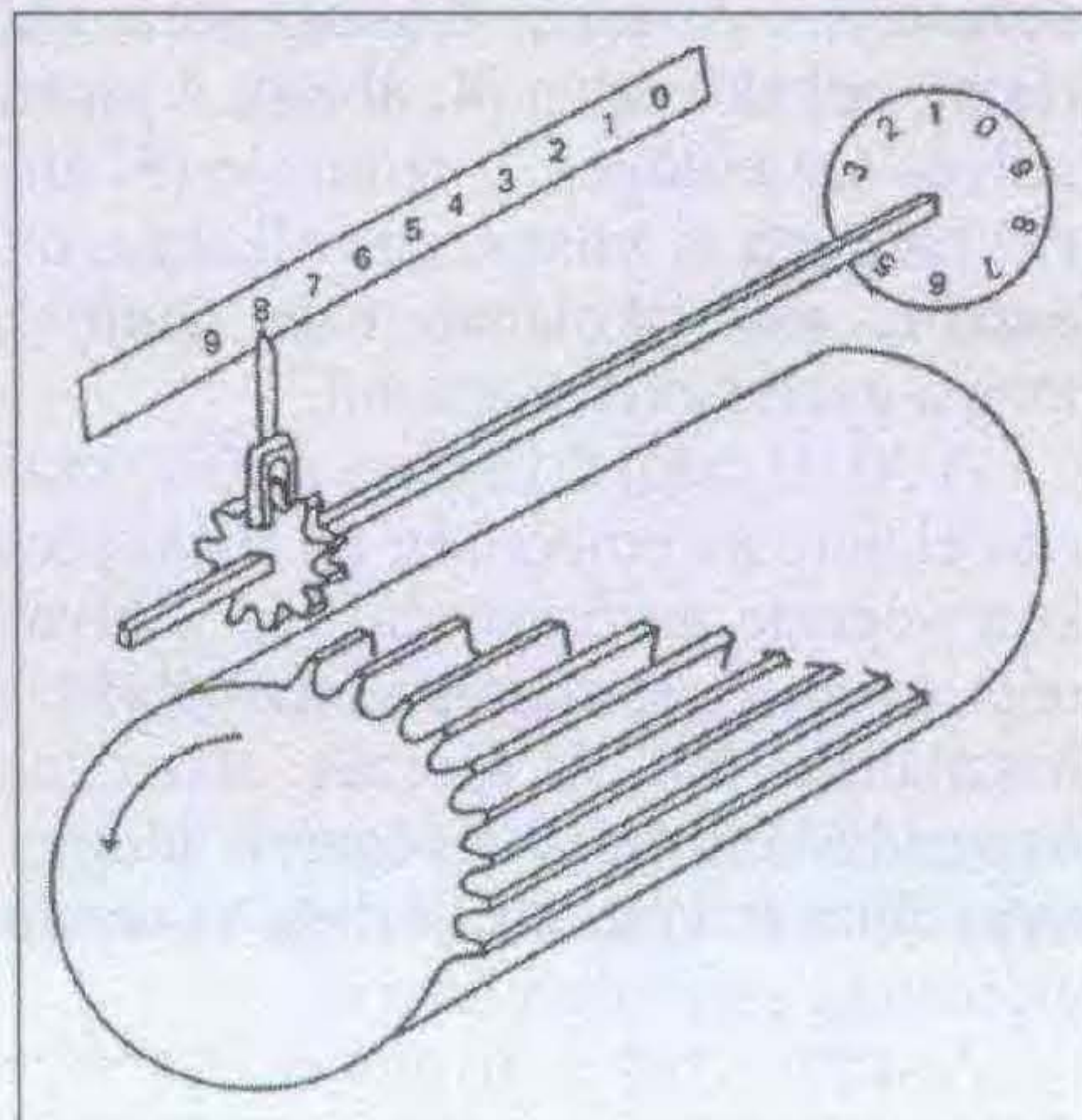
11. ábra

Schott gépében), itt lehetett szorozni. A gép elején, kis ablakokból leolvasható számokat kellett összeadni. Az összeadásokat sem kellett papíron vagy fejben elvégezni, mert a számológép alsó részén fogaskerekekből összeállított összeadómű helyezkedett el. A számológép decimális összeadást végzett, hat helyértéken. Sajnos, ezt a gépet annak idején nem ismerték szélesebb körben, ezért a fogaskerekes összeadóművet többször újra fel kellett találni!

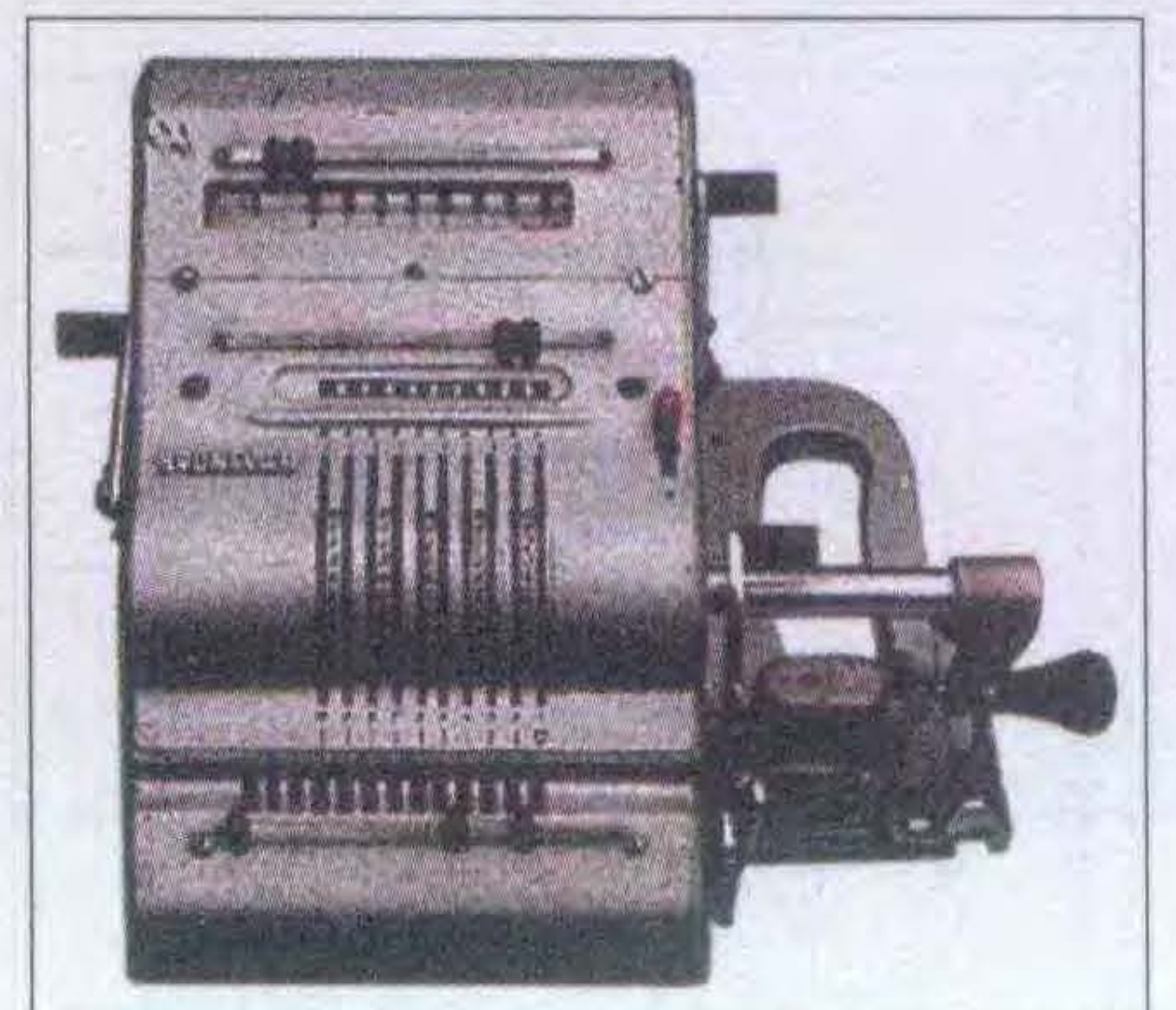
A történet következő szereplője *Blaise Pascal* (1623–1662), francia matematikus és filozófus. Nem ismerte Schickard számológépét, a létezéséről sem tudott. 1642-ben épített egy összeadó és kivonó gépet. A számológépet Arithmo-meternek nevezte el, de az

készítése után (1673-ban) egy továbbfejlesztett számológépet mutatott be (11. ábra). A számológép 8 jegyű decimális számokat kezelt, és mind a négy alapműveletet el tudta végezni! A gép egyik része egy összeadómű, amiről maga Leibniz is elmondta, hogy az tulajdonképpen megegyezik Pascal számológépével. Ez az egység végezte el az összeadásokat és a kivonásokat.

Leibniz gépének a valódi újdonsága az volt, ahogyan a szorzást megoldotta. Olyan bordás tengelyt készített, melyen a bordák különböző hosszúságúak voltak (12. ábra). Ha a fogaskerék az ábrán a bordás tengely bal szélső részéhez van tolva, a henger egy körülfordulása alatt a fogaskerék 9 egységnyit fordul el. Ha a fogaskereket elmozdítjuk jobbra, egy körülfordulás alatt már csak 8, majd 7 stb. egységnyit fog elfordulni,



12. ábra



13. ábra



14. ábra

hiszen kevesebb bordával találkozik! A szorzandót tehát a fogaskerék helyzetével állította be. Ezután annyiszor kellett megforgatni a bordás tengely forgatókarját, amennyi a szorzó volt. Ez a mechanizmus volt az első, amelyik a szorzást egy tengely megfelelő számú körforgatásával oldotta meg.

A bordás tengely három évszázadon át a mechanikai számológépek alapeleme maradt. A 13. ábrán egy modern „tekerős” szorzógépet mutatunk be, az 1960-as évekből. Leibniz az informatika tudományát is sok eredményével gazdagította. Számológépe megalkotását követően hamarosan felismerte és egy tanulmányban igazolta, hogy a bonyolult számolási feladatokat egyszerű lépések sorozatos elvégzésével meg lehet oldani. 1769-ben pedig elsőként írta le tudományos pontossággal és részletességgel a kettes számrendszert.

Ezekben az első mechanikai számológépekben az egyes számolási műveletekre (összeadás, szorzás) különálló műveletvégző egységeket alakítottak ki. Ezen az úton nem lehetett messzire jutni, más módon kellett megközelíteni a számolások gépi megoldását!

Babbage, Hollerith – a lyukasztott adattárolók megjelenése

Ebben a fejezetben tulajdonképpen a lyukkártyáról és a lyukszalagról lesz szó. De ez a két egyszerű adathordozó sokkal nagyobb jelentőségű a digitális áramkörök kialakulása szempontjából, mint hinnénk!

A lyukkártya története a szövőgépek körül kezdődött. A XVIII. század a szövőipar rohamos fejlődését hozta. A minta nélküli, egyszínű szöveteket au-

tomata szövőgépek állították elő, de a mintás szövetek előállításához, pl. a selyemszövetekhez továbbra is szükség volt a szövőmunkásokra. A mintának megfelelően kellett a tartószálak közül egyeseket felemelni, másokat lesüllyeszteni, ezután lehetett átdugni közöttük a színes szálát. Újabb beállítás után újra át lehetett fűzni a színes fonalat. A szálak emelgetésének és süllyesztésének a pontos elvégzése eredményezte az előírt mintát.

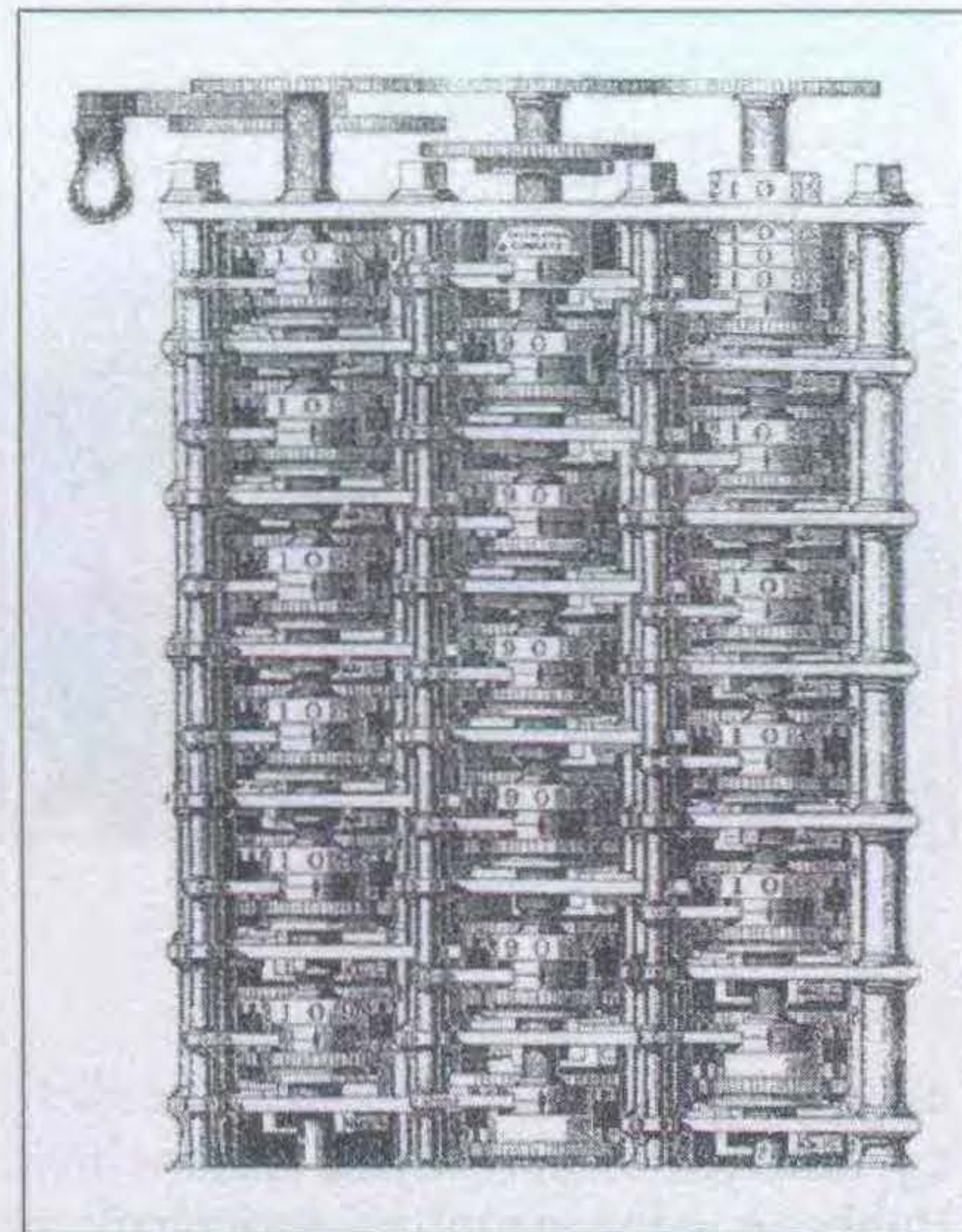
A mintás kelme automatikus szövése a korszak feltalálói számára nagy kihívás volt, sokan keresték a megoldást. Az egyik korai automatában vászonzalagra ragasztott fabütykök mozgatták a szálakat (Brösel, 1610). Basile Bouchan lyuggatott papírszalagot használt fel a szövőgépe vezérlésére (1725), de ez gyorsan tönkrement. Falcon kézzel adagolt lyukkártyákat használt. Jacques de Vaucanson automata mintaszövő gépén (1745) nem kellett kézzel mozgatni a programot hordozó lyukasztott felületet, de azt egy hengeren alakította ki, így csak rövid mintákra lehetett használni.

Joseph-Marie Jacquard (1752–1834) francia feltaláló. Párizsban a világ első műszaki múzeumának munkatársaként restaurált egy Vaucanson-szövőgépet, miközben egyre újabb ötletei támadtak. A bütykös fahenger helyére egy lyuggatott fahengert képzelt el, melyre egymás után rá lehet fektetni a mintának megfelelően kilyuggatott falapokat. Meg is építette a szövőgépet (14. ábra), a szövési programot hordozó vékony falapok (lyukkártyák) hordozták. A lapokat a széleiken kötéllel összefűzték, lánctalphoz hasonlóan. A falapok váltását a kezelő egy lábpedállal tudta elérni.

A szövőszék tetején volt a „kártyaolvasó” készülék és a vezérlőegység. Tulajdonképpen ez egy számjegyvezérlésű gép volt, egy NC berendezés! A 15. ábrán láthatók az összekapcsolt fa-



15. ábra



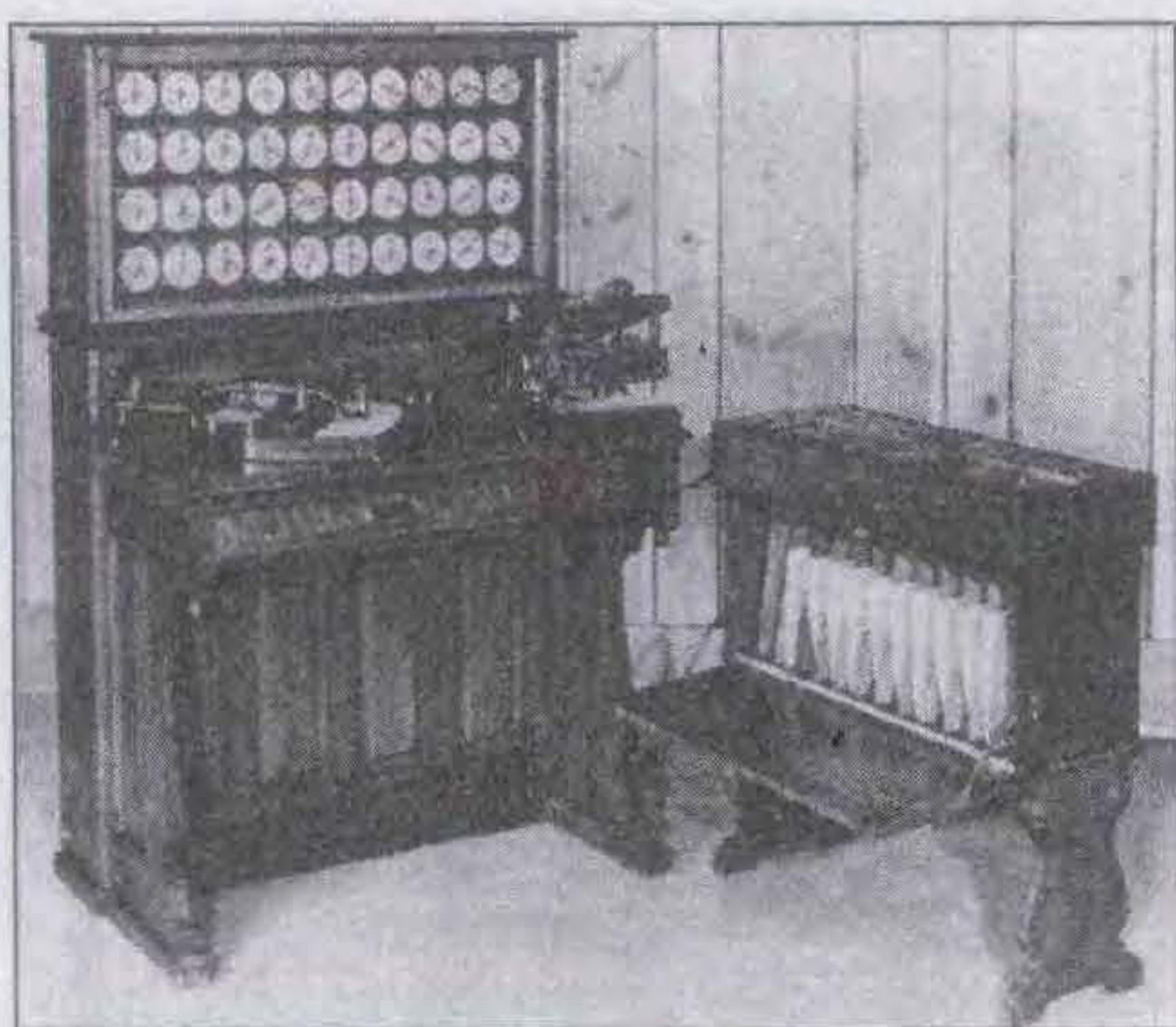
16. ábra

táblák, az első lyukkártyák. A falapokat az elkészítésre váró minta alapján kézzel fűrték ki a megfelelő helyeken. 1801-ben a Párizsi Világkiállításon mutatta be Jacquard az automatikus mintaszövő gépét, és hozzálátott a sorozatgyártáshoz. 1812-ben már 1100 Jacquard-szövőgép készítette a mintás selyemszövetet, halálakor több tízezer gép dolgozott a világon.

Charles Babbage 1791-ben Teignmouth-ban (Anglia) született, s 1871-ben Londonban halt meg. A számítógépek atyjaként tartják számon, analitikus gépe a mai számítógépek első előfutára lehetett volna, ha elkészül... Matematikus és feltaláló volt.

A matematikusok munkájának támogatására Babbage egyetlen lehetőséget látott: a számológépek építését. Ismerte és elfogadta Leibniz nézeteit arról, hogy a magas szintű számítási feladatokat elemi lépések sorozataként meg lehet oldani, s azt is hirdette, hogy ezeket az elemi számolási lépéseket nem embereknek, hanem gépeknek kell elvégezniük; a gép fáradhatatlan és pontos lesz!

1828-tól a Cambridge-i Egyetem professzora, s így alkalma nyílt arra, hogy elképzeléseit a gyakorlatban is megvalósítsa. Az elképzelt számológépet megtervezte és hozzálátott a megépítésükhöz is. Babbage első számítógépe (1820) egy mechanikai elemekből épített cél-számítógép: a differencia gép (Difference Engine, 16. ábra). Célja a polinomok értékének kiszámítása volt, a független változó (x) egymást követő egész értékeire. A gép hatodfokú polinomokhoz készült! A



17. ábra

hatodfokú polinom kifejezésében együttthatók és hatványok szerepelnek, Babbage gépe azonban szorzások és hatványozások helyett csak összeadásokat végzett, ugyanis összeadásokra vezette vissza a polinomok értékeinek kiszámítását. A kisebb x értékhez tartozó függvényértékből összeadásokkal határozta meg a következő függvényértéket, s ezt a módszert gépesítette. Lényegében a differenciahányadosok fogalmát használta fel, erre utalt a gép elnevezése is.

A differenciagépet az egyetem műhelyeiben építették, de az elkészült részegységek nem működtek megfelelően, ezért Babbage újra és újra átervezte azokat, újra megépítették és kipróbálták. Nem tudott beletörődni, hogy olyan korban él, amikor az ötletei még nem kivitelezhetőek! A differenciagép építése végül azért maradt abba, mert időközben a zseniális elme egy új, sokkal nagyobb feladat megoldásába kezdett bele. 1991-ben aztán a számítógép egyszerűsített változatát Londonban megépítették, ami működik. A rekonstruált egység 4000 alkatrészből áll, 3 tonna a tömege, a mérete $3,4 \times 2,1 \times 0,5$ m.

A differenciagépen a bemenő adatokat kézzel kellett beállítani, a kimenő adatokat pontozók nyomólemezebe ütötték, azt nyomdagépbe helyezve ki lehetett nyomtatni! A program azonban rögzített volt.

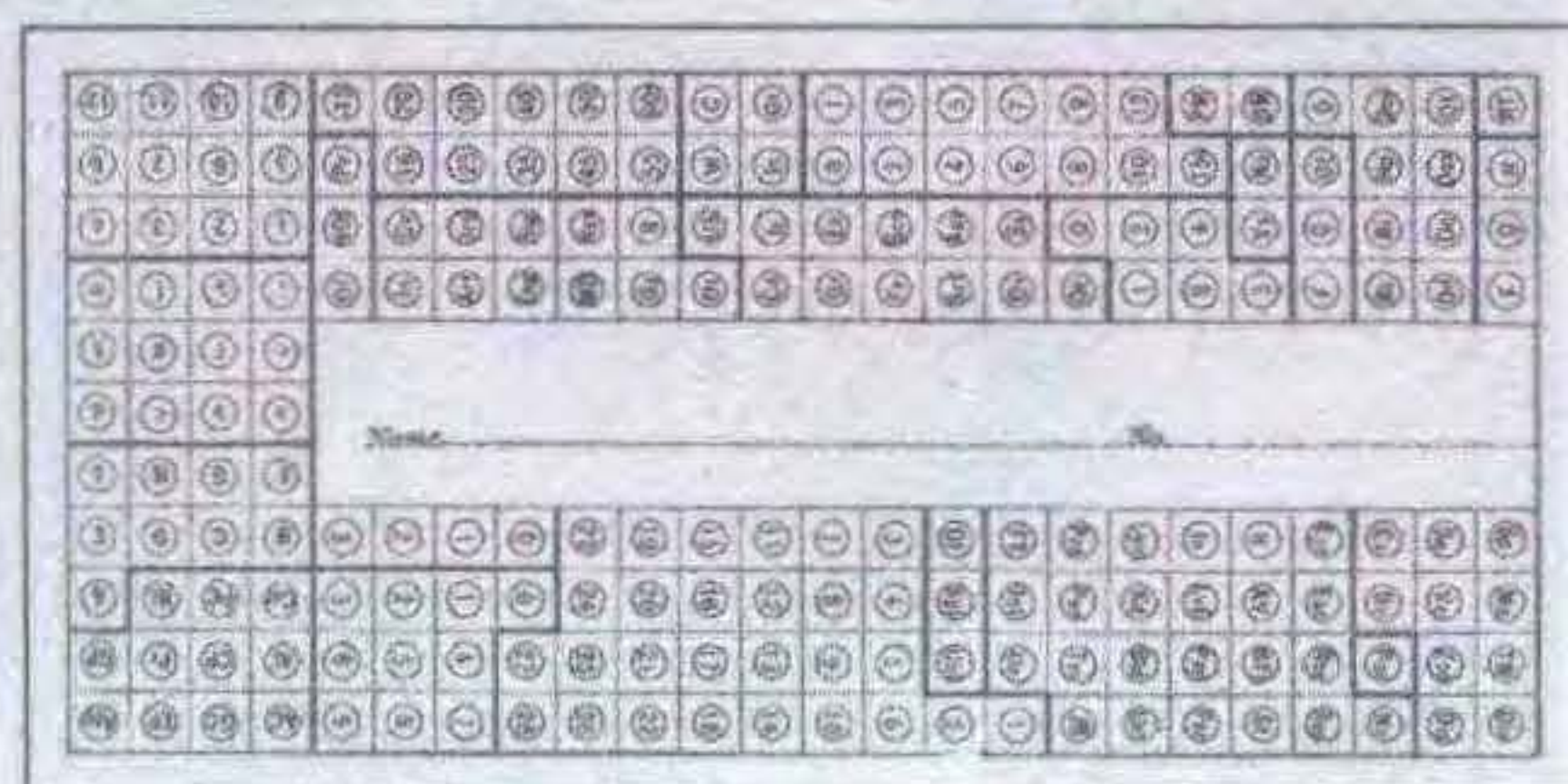
Babbage ezután egy programozható univerzális digitális számítógépet tervezett, aminek az analitikai gép nevet adta (Analytical Engine). A gép tervezése sohasem fejeződött be teljesen, az elkészülő részegységekkel mindig gondok voltak, elakadtak, nem működtek, rendszeresen át kellett azokat tervezni. Az évek teltek, az analitikai gép nem készült el. Babbage azonban nem tántorodott el céljától, élete végéig dolgoz

zott a számítógépen. Kísérleteit halála után fia folytatta.

Babbage állandóan törte a fejét azon, hogyan lehetne megoldani a számítógép programozhatóságát. Jacquard szövőgépe adta számára az ötletet: ahogyan az új és új mintákra a szövőgépet a lyukkártya-sorozattal be lehet programozni, ugyanúgy lehetne a számítógépet is kártyasorozatokkal vezérelni! Csak a szálemelő készülék helyére számológépet (az alpműveleteket őrlő malmot) kell helyezni, aminek a működését a kártyák tartalma vezérli. Az analitikus gép univerzális, programozható: programját egy lyukkártya-sorozaton kellett előkészíteni (operációs kártyák). A bemenő adatokat egy második lyukkártya-sorozaton kellett előkészíteni. Az emberi közreműködés elkerülése érdekében a számítások közbülső eredményeit a gépben kell tárolni, ehhez fogaskerékes regisztereket tervezett Babbage. Minden operációs kártyához a másik sorozatban három kártya tartozott, kettő a változók, konstansok értékét vagy helyét tartalmazta, a harmadik az eredmény helyét jelölte ki a regiszterek között. A műveleteket elvégző számológépet (mill, azaz malmot) 50 jegyű decimális számokkal dolgozott, a tervek szerint az összeadást 1 s, a szorzást 1 min alatt végezte volna el. Feltételes vezérlésátadás is szerepelt a képességei között, az eredmény előjelétől függően választhatott két további út között a programban. A teljes gép alig fért volna el egy futballpályán, öt gőzgép biztosította volna a működéséhez szükséges energiát. Csak a regisztereihez 50 000 fogaskerékre volt szükség (1000 darab 50 jegyű decimális számhoz).

Babbage ötletei, gondolatai közel 100 évvel megelőzték korát. *Aiken*, az USA legelső jelfogós számítógépei egyikének tervezője mondta róla: „Ha Babbage 75 évvel később élt volna, én munkanélküli lennék”.

A történet következő szereplője *Herman Hollerith* (1860–1929) német bevándorló, aki képzett statisztikus volt, s az 1880. évi népszámláláskor az



18. ábra



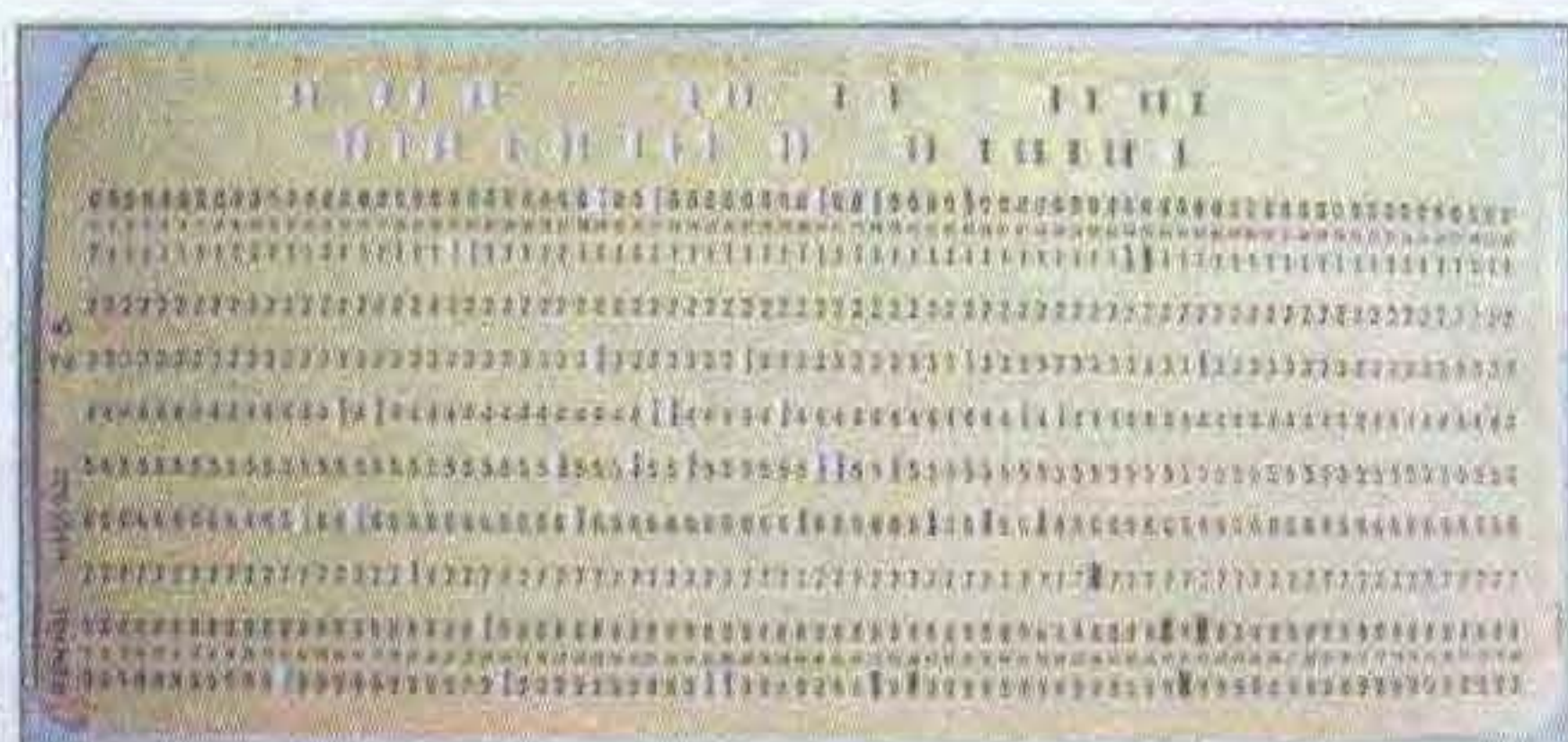
19. ábra

USA Népszámlálási Hivatalában dolgozott. Az 55 millió személy kérdőíveit 550 munkatárs 7 év alatt dolgozta fel. Mire az eredmények rendelkezésre álltak, már el is avultak, hiszen közben minden megváltozott. Nyilvánvalóvá vált, hogy a következő népszámlálás adatainak ilyen kézi feldolgozása reménytelen vállalkozás. A kormányzat pályázatot írt ki a megoldás keresésére, amit Hollerith nyert meg.

John Shaw Billing, egy másik munkatárs vetette fel az ötletet, hogy az adatokat lyukkártyán lehetne rögzíteni. Az ötletből teljes rendszert formált Hollerith, kidolgozta az adatrögzítés formai részét és a feldolgozásra alkalmas gépek terveit. A gépek megépítéséhez hozzá is fogott, a találmányát 1898-ban szabadalmaztatta. Az 1890-es népszámlálás 62 millió kérdőívét lyukkártyákra lyukasztás után Hollerith adatfeldolgozó gépe (17. ábra) segítségével dolgozták fel. Hat hét után a legfontosabb alapadatok már rendelkezésre álltak, rövidesen a teljes feldolgozás lezárult.

Első kísérleteiben lyukszalagot használt Hollerith, de hamar kiderült: célszerűbb a kártya. Egy kérdőív tartalmát egy kártyára lyukasztották (18. ábra). A kártya a pénzjegynyomdában készült, ezért 1 \$ méretű volt. Először egyenként kellett belyukasztatni az adatokat. Próbaképpen maga a feltaláló lyukasztott ki 12 000 kártyát, de ezután egy billentyűzetes lyukasztógépet szerkesztett hozzá (19. ábra).

A feldolgozórendszer három eleme: az érzékelőegység, a számláló és a rendező. Az érzékelő, azaz kártyaolvasó alsó része egy higannyal töltött vasedény, amit egy lyuggatott szigetelőlap fedett. Arra pontosan rá lehetett fektetni a lyukkártyát. Az érzékelő felső része karral mozgatható vaslap volt, amire annyi rugózó tűt szereltek, ahány lyuk a kártyán képezhető volt, és azok-



20. ábra

kal azonos elrendezésben. Ha lehajtották ezt a felső részt, a finom tűk a lyukakon keresztül a higanyba értek. Ahol nem volt lyuk, ott a rugózó tű vége a papírra feltámaszkodott, a rugó összenyomódott, nem érintkezett a higanygal.

A számlálóegység elektromechanikai, decimális számlálókból állt, elforduló mutatók jelezték a tárolt számértéket. Egy érintkezőmezőn vezetékkel lehetett kiválasztani azt a néhány lyukhelyet, amit egy-egy szortírozásnál figyelnie kellett a készüléknek (pl. férfi vagy nő, más esetben a nemzetiség lehetséges értékei stb.), s ha egy kártya vizsgálatakor az áramkör záródott, a megfelelő számláló tartalma nőtt eggyel.

A számláló léptetésén kívül a lyuk miatt záródó áramkör a rendező egységben egy lerakóhely fedelét is felnyitotta. A rendező (vagy lerakó) egység nyitott rekeszébe helyezte a kezelő az érzékelőből kivett lyukkártyát. 24 célás volt a készülék, azaz egy vizsgálati menetben legfeljebb 24 felé lehetett szétválogatni a kártyacsomagot.

A berendezést galvánelemek táplálták. 1890-re Hollerith vezetésével 42 berendezést építettek. Eközben Hollerith arra a következtetésre jutott, hogy óriási üzleti lehetőség van a találmányában. A kártyaválogató (tabellázó) gépet sok különféle statisztikai és gazdasági, sőt ipari területen is felhasználhatónak vélte. 1896-ban céget alapított a válogatógépek gyártására: Tabulating Machine Company. 1924-től a cég neve International Business Machines Corporation – rövidítve *IBM*. Ugye ismerős cégnév? 1929-ig vett részt Hollerith a cég vezetésében, megalapozva a modern lyukkártya-feldolgozást.

A lyukkártya a XX. század második felében, egészen a '80-as évekig a legfontosabb adathordozó és programtároló megoldás volt. A számítógépek programjait, bemenőadatait, a mentett információkat, a kimenőadatokat mind lyukkártyára lyukasztották. Világszerte gyártották az előkészítő és feldolgozó

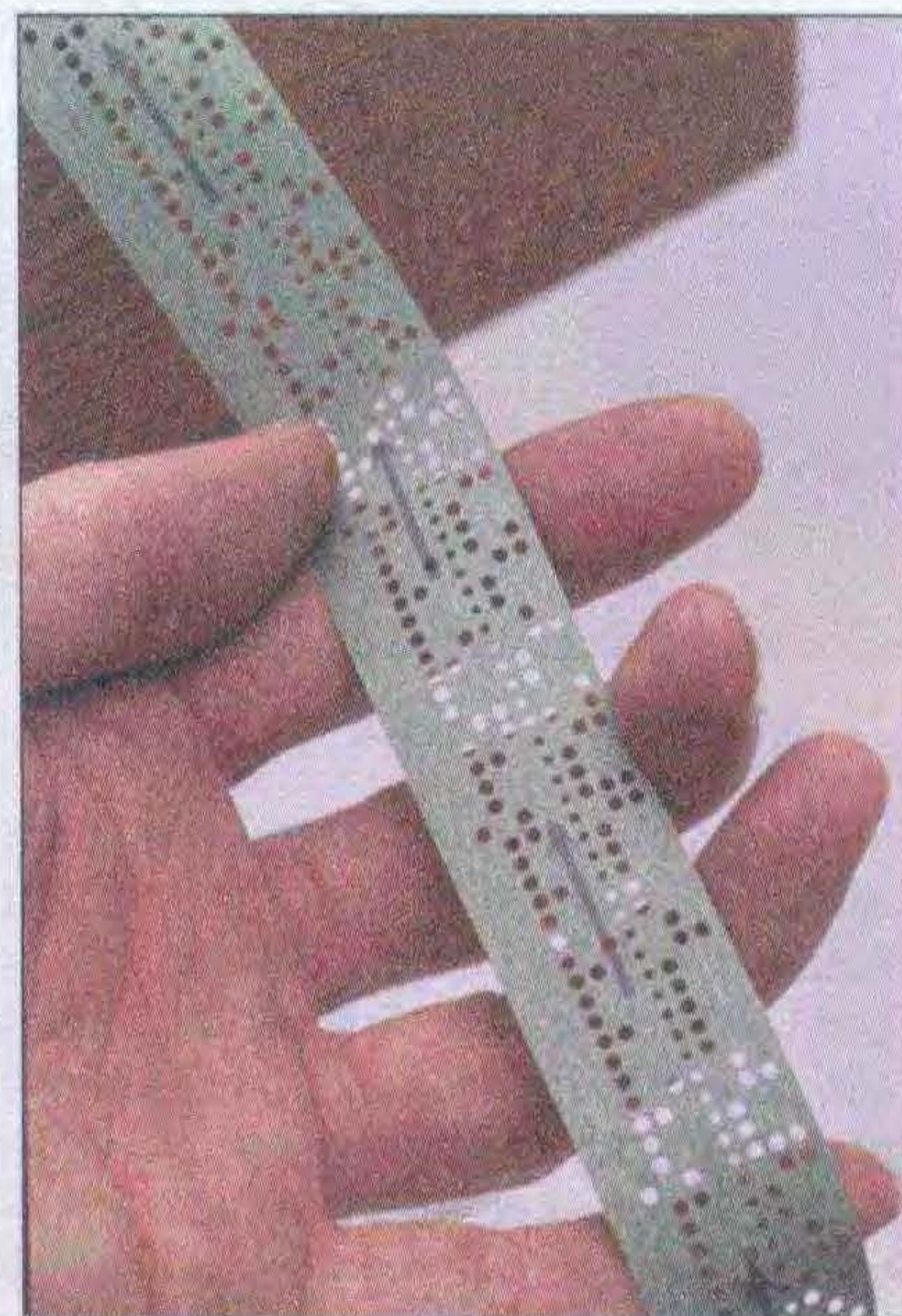
egységeket, de a meghatározó cég mindvégig az IBM maradt. A lyukkártya formája kissé változott közben. Egy ideig a 10 soros, 45 oszlopos kártyákat használták, de végül a 12 soros 80 oszlopos lett a szabványos lyukkártya.

A szabványos IBM kártyán a lyukak már téglalap alakúak (mert ebből több fér el egy sorban). A 82×187 mm méretű kártya bal felső sarka hiányzik (20. ábra). 45°-ban levágták, így a kártyacsomagban a rosszul behelyezett kártyát észre lehet venni. A kártya anyagát is szabadalom védte (ez volt az ún. Hollerith-karton). A 12 sorból az alsó 9 a számjegyek sora, a legelső a 9-é, felette a 8-é stb. Később minden lyukpozícióban a megfelelő karakter előnyomtatva is látható volt, tehát az üres kártyán legalul 80 darab 9-es, felette 80 darab 8-as stb. van. A számjegyeket az oszlopban elhelyezett egyetlen lyukasztás jelzi, a betűket és egyéb jeleket egy vagy több számsorban és egy vagy több zónasorban lévő lyukasztás együttesen. A legújabb lyukasztógépek az oszlop tetejére kinyomtatják azt a karaktert, amit az oszlopba belyukasztottak.

A lyukkártya lehetővé tette az adatsor, a program egy rekordjának kivételét, cseréjét, hiba esetén csak egyetlen kártyát kellett cserélni. A tabulátorok a kártyák rendezésével számos statisztikai feladatot el tudtak végezni. Egy dolgot nem volt szabad: a kártyacsomagot elejteni, szétszórni, mert akkor rendkívül körülményes volt ismét sorba rakni pl. egy több ezer kártyából álló program csomagját...

Tulajdonképpen régebbi adatrögzítési megoldás a lyukszalag, mint a lyukkártya. A legelső mintaszöví automatáknál papírszalaggal is próbálkoztak a mintainformációk tárolásánál, Hollerith első kísérleteit is lyukszalaggal végezte. Érdekes, hogy az említett esetekben a sikert a kártyára való áttérés hozta meg. Hollerith is lyukszalaggal próbálkozott először, de végül a kártya mellett döntött. A lyukszalag akkor előnyös, ha egy adatsorozatot később nem kell módosítani, változatlan formában kell felhasználni. Ezért pl. sok számítógéphez a XX. század második felében a rendszerprogramokat, a fordítóprogramokat lyukszalagon szállították.

Gyakran a számítógép csak egyféle perifériasorral rendelkezett, akkor el kellett döntenie, hogy a jóval drágább lyukkártyás perifériákkal vagy az olcsóbb lyukszalagos eszközökkel ké-



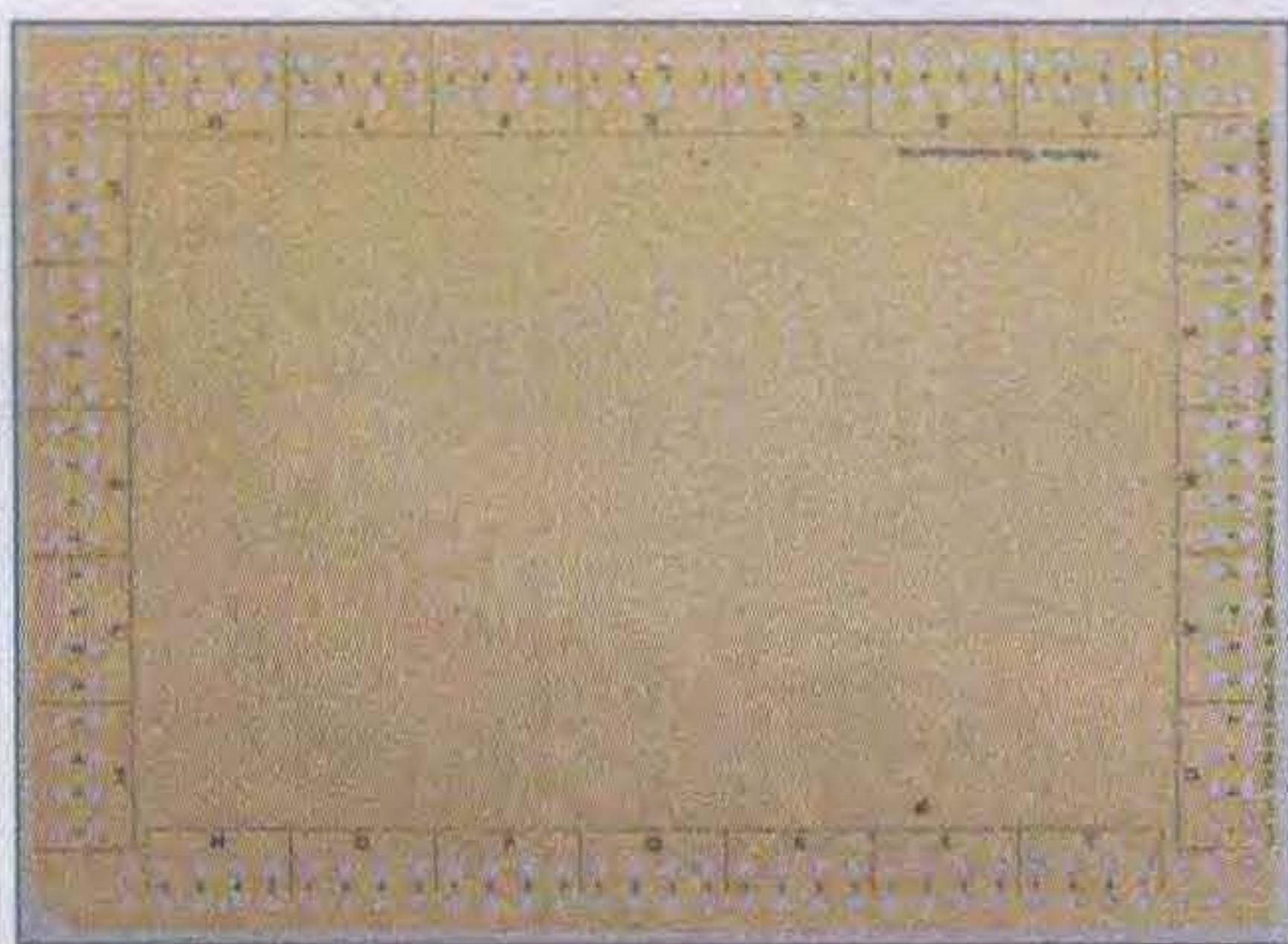
21. ábra

szüljön-e a gép. A lyukszalag egyébként adott adatmennyiséget kisebb helyen tárol, és a szalagok elhelyezése is egyszerűbb.

A lyukkártya az adategységet, a rekord hosszát egyértelműen megkötötte, a lyukkártya méretéből adódott sok vonatkozásban a 80 karakteres hosszúság előírása (pl. az első programnyelvekben a sorhosszúság, az első nyomtatóknál a soronkénti karakterhelyek száma stb.). A lyukszalag nem korlátozza a rekordok hosszát.

A Morse-távírórendszer eredeti formájában adáskor kézi billentyűzést igényelt, vételkor egy keskeny papírszalagra puha grafitceruzával, a fejlettebb változatokban tintába merülő görgővel írta a pontokat és vonalakat. Később kétcsatornás lyukszalagra lehetett rögzíteni a táviratot és az adás így nagy sebességgel, automatikusan történhetett. Amikor a Morse-távírókat felváltották a villamos írógépekkel kialakított géptávírók, azok már ötcsatornás lyukszalagot használtak. Az ASC II kódrendszer elterjedésével együtt jelent meg a nyolccsatornás lyukszalag is (21. ábra).

A lyukközéppontok távolsága mindkét típusnál, minden irányban 2,54 mm (0,1"). A lyukasztás minden esetben kerek. A lyukszalagokon találunk egy további ún. szinkronlyuksort is. Az adatlyukak átmérője 1,7 mm, a szinkronlyukaké 1,2 mm. Az ötcsatornás szalag szélessége 17,4 mm, a nyolccsatornásé 25,4 mm.

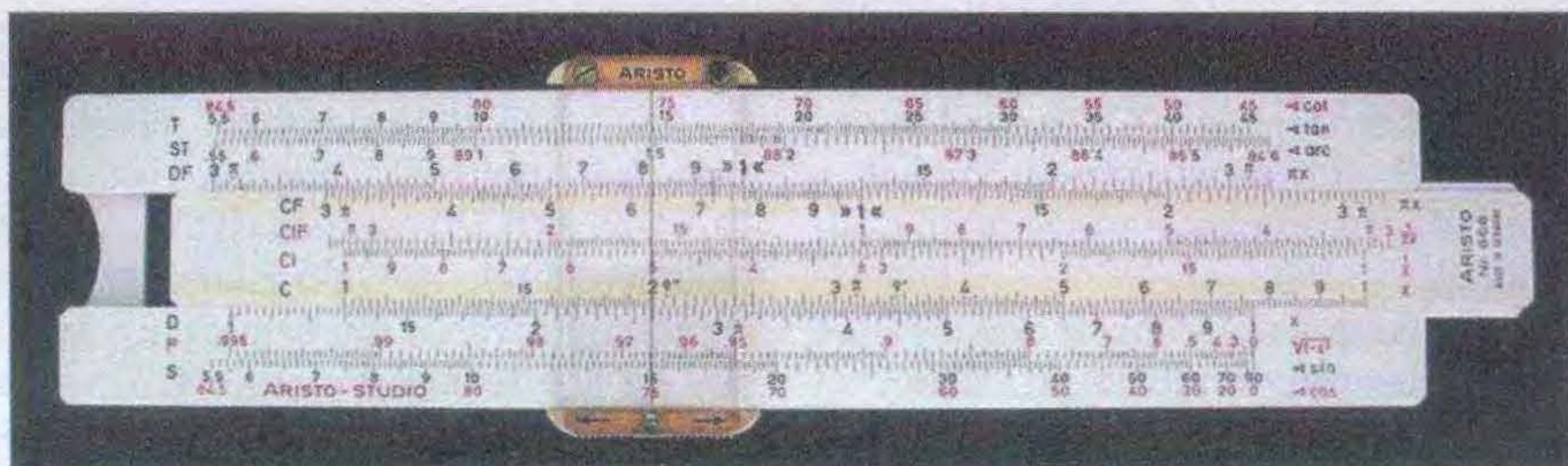


22. ábra

A lyukszalag lyukasztása minden esetben a lyukasztás idejére megállított (tehát szakaszosan továbbított) szalagon karakterenként történik. Az olvasáshoz először mechanikai, majd elektromechanikai, később optikai és pneumatikai olvasókat is készítettek. A leggyorsabbak 2000 karakter/s sebességgel működtek.

Sok érdekes, különleges lyukasztott papírra épülő megoldást dolgoztak ki a lyukkártyás, lyukszalagos világban. A mai sávkódok előtt gyakran ragasztottak a termékekre lyukasztott címkéket, melyeket speciális olvasóval tudtak kezelni. A szalagkártyák normál méretű kartotékok voltak, az egyik szélük azonban lyukszalag-jellegű lyukasztást kapott, így a lap ember és gép által egyaránt olvasható volt. (Különleges olvasót igényelt, mert nem lehetett befűzni abba, csak oldalról a szélét lehetett betolni...).

Nagyon népszerűvé váltak a szegély-lyukkártyák (szél-lyukkártyák). A kartonlap szélén helyezkedtek el a lyukak, gyárilag elkészítve (22. ábra). A kódok rögzítése, a kártya beírása úgy történt, hogy egy speciális kicsípő szerkezettel a papírt a lyuktól indulva a lap éle felé kivágták. A kicsipések után a kartoncsomagból úgy lehetett valamilyen szempont szerint választani, hogy a megfelelő lyukba beszúrtak egy válogató tűt és felemelve a csomagból kihúzták azokat a kartonokat, amelyeknél az adott lyuknál nem volt kicsipés. A kicsipéssel megjelöltek lenn maradtak,



23. ábra

lehetett velük tovább dolgozni. Egymást követő vagy több tűvel történő kiemelésekkel különféle feltételek logikai kapcsolatát is el lehetett érni.

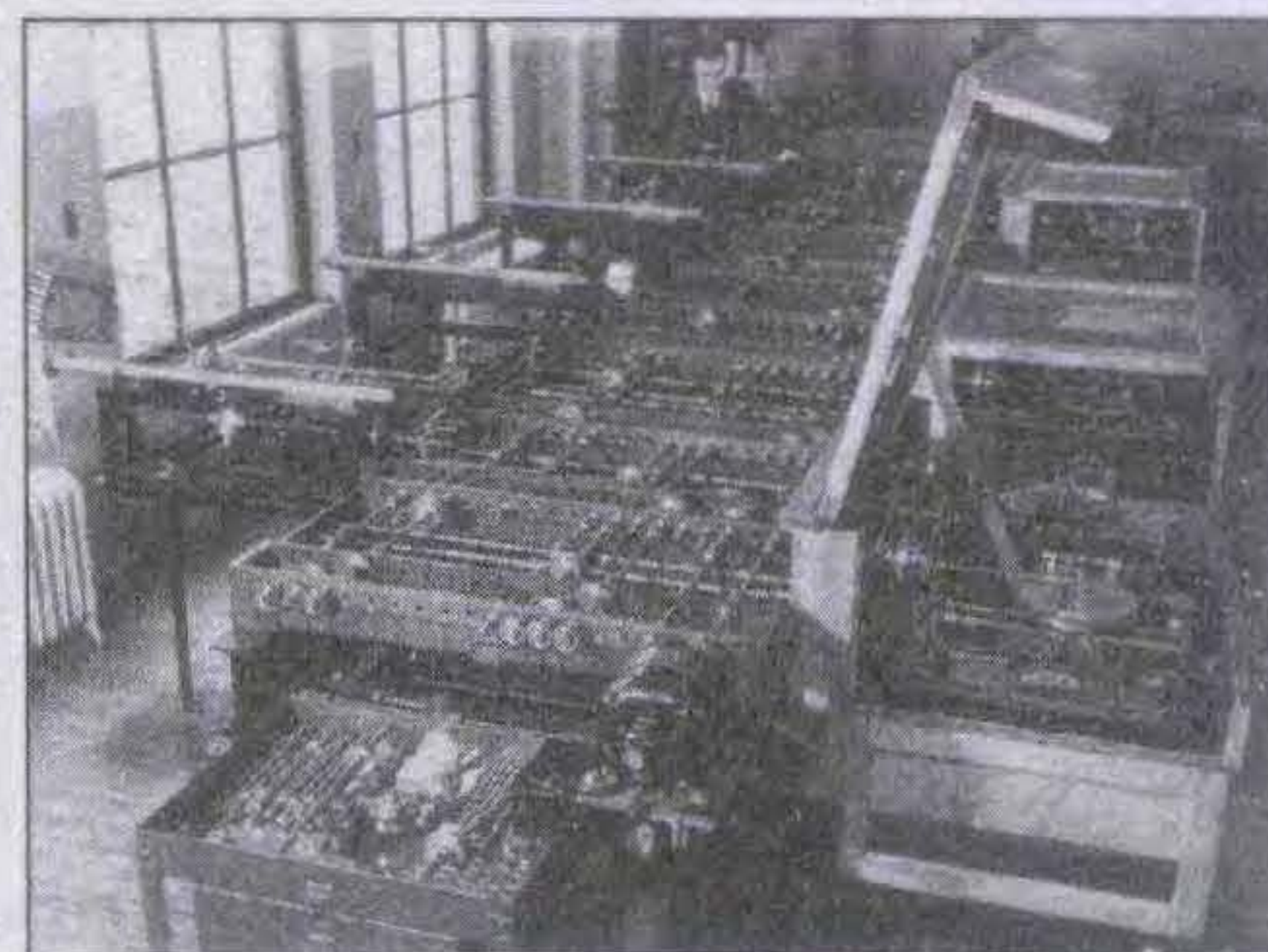
Az irodai gyakorlatban alkalmazott változatokon két sor lyukat készítettek, s így „sekély” és „mély” kivágásokat lehetett készíteni rajtuk. Egy pozícióban így háromféle kódolási lehetőség volt: az eredeti állapot, a sekély kivágás vagy a mély kivágás. A számokhoz, a betűkhöz és egyéb jelekhez szabványos mintázatot rendeltek.

Az első analóg számolóeszközök

Az analóg megoldásokkal csak röviden foglalkozunk, hiszen tárgyunk a digitális áramkörök fejlődése. A számolókat segítő táblázatokkal (szorzótáblák, függvényérték-táblázatok) egy időben már alkalmazták a két, egymás mellett eltolható lécből álló összeadó-szerkezetet is. A táblázatok digitális megoldásnak tekinthetők, az összeadólécc egy analóg számológészülék.

Napier 1594-ben feltalálta a logaritmust, sajátos módon a természetes alapút. Henry Briggs ezen az úton továbbhaladva 1615-ben kidolgozta a tízes alapú logaritmus-számítást. William Oughtred (1574–1664) pedig olyan összeadóléccet készített, melyen a decimális számértékek helyett azok logaritmusértékei szerepeltek, de az eredeti számértékek feltüntetésével (magát ezt a sajátos skálát Edmunder Gunter londoni tanár találta fel 1620-ban (Gunter-skála). Mivel a számok szorzata a logaritmusértékek összege, a hányados pedig a logaritmusok különbsége, ezzel a megoldással egyszerűen és gyorsan lehetett szorozni és osztani. A mai formájú logarléccet (23. ábra), melynél a mozgó nyelv közepén található, 1650-ben a francia Partridge találta fel.

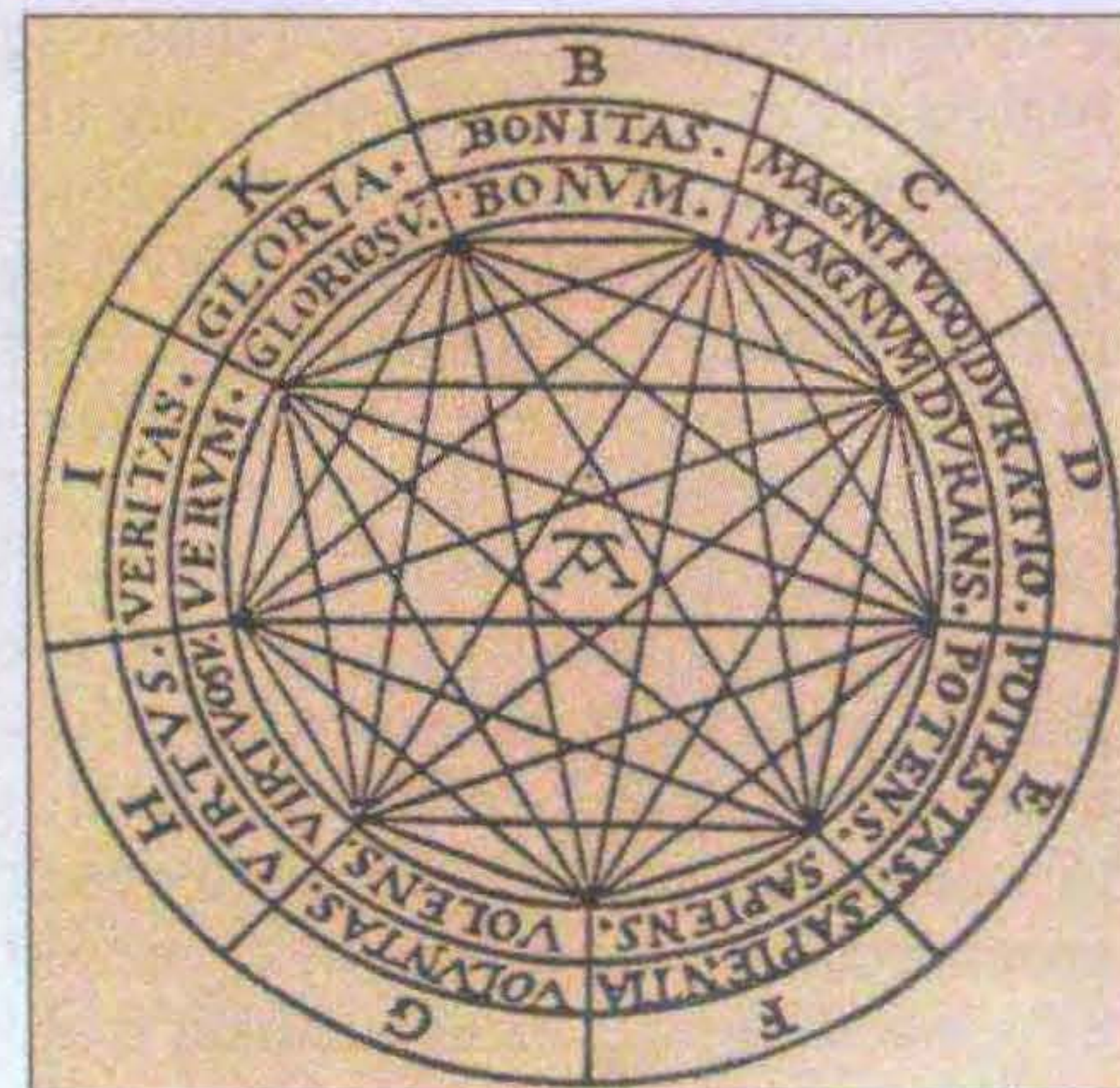
Egyre újabb skálákat dolgoznak ki a logarlécekhez, egy lécre több is felkerült-ilyen esetben segített a leolvasáskor az 1851-ben feltalált csúszó ablak.



24. ábra

A logarléc hihetetlen karriert futott be, 350 éven át a mérnökök státuszszimbólumaként díszelgett a munkaköpeny felső zsebében. Készült fából, fémből, műanyagból egyaránt. A szabványos logarléc 25 cm hosszúságú volt, kellő gyakorlattal 1% pontossággal lehetett számolni vele.

Minden analóg számolóegység szimulációt valósít meg. Ha találtak egy mechanikai rendszert, melynél a bemenet és a kimenet pl. integrális kapcsolatban volt, lehetett mechanikai integráló készüléket építeni, ahogyan ezt meg is tették. Ha egy vízszintes korongot forgatnak és egy függőleges korongot helyeznek el rajta, amelynek a vízszintes korong tengelyétől való távolsága egy változó függvénye, akkor utóbbi tengelyének elfordulása a vízszintes elfordulásának integrált értékével arányos. A mechanikai analóg rendszerekben általános volt a két korongból kialakított integrátorok alkalmazása. (A szerkesztő megjegyzése: ilyen elven működtek pl. a tengeralatjárók útszámlálói. A sebességjeletet egy pitotcső torlónyomásából származtatják. Minél nagyobb volt a sebesség, annál jobban elmozdult a számlálót hajtó dörzstárcsa egy állandó fordulatszámú korong középpontjától, így annál na-



25. ábra

gyobb fordulatszámmal hajtotta az ugrodobos számláló bemenőtengelyét. Ez által képezte a sebesség idő szerinti integrálját, az utat. Egyéb érdekesség az analóg, mechanikai számítógépek történetéből: a 2. világháborúban komoly hírnévre tett szert a Juhász István Gamma-Juhász féle löelemképzője, ami igen bonyolult, kifinomult és hatékony tűzvezető berendezés volt [2].)

1927-ben a MIT (Massachusetts Institute of Technology) kutatói dolgoztak ki egy analóg integrátort, majd Vannevar Bush (1890–1970) vezetésével a Bell Laboratories és az IBM munkatársainak bevonásával egy nagykapacitású mechanikai differenciál-analizátort készített a MIT, az integrátorra építve (Differential Analyzer, Differenciális Analizátor, **24. ábra**). A berendezés kétkorongos integrálóelemekre épült, villanymotorok mozgatták. A differenciálegyenletek megoldására alkalmas szerkezetnek beállították az együtthatóit, a bemenőjelet rákapcsolták, s a készülék kirajzolta a kimeneti függvény alakulásának megfelelő görbét. Az 1930-as évek végéig ez a világ legkomolyabb számolóberendezése!

Az első logikai gépek

Mint láttuk, a digitális áramkörök elődei, a mechanikai megoldások egy szűk terület, az automatikus számolás kiszolgálására készültek. Ugyanakkor az emberi gondolkodás formális szabályait már korán felismerték. (A formális logika alapműveletei megegyeznek a későbbi Boole-algebra alapműveleteivel.) Mivel a gondolkodás eseményeit formalizálni lehetett, sokakban felmerült, hogy a teljes gondolkodási folyamatot is meg lehet valósítani gépekkel. Ez a gondolat szülte az első olyan eszközöket, melyek logikai működések végeztek, logikai függvények értékeit állították elő.

A mechanikai számológépek korszakában a számolás a matematika, a logika pedig a filozófia tudományterülete volt. A logikával foglalkozók közül a szerényebbek a logikai összefüggések szemléltetésére készítettek gépi megoldásokat, a merészebbek azonban már a gépi gondolkodás eszközeit vélték megalkotni...

Ramon Lull (más források szerint Llull) spanyol szerzetes (1235–1315) sokoldalú tevékenységet végzett. Keresztény filozófus, köznyelven ír a teológiáról, filozófiáról, a tudományról,



26. ábra

miközben híres misszionárius, a keleti nyelvek tudósa. A mi szempontunkból azért jelentős Lull munkássága, mert felfedezte, hogy a következtetéseket formalizálni lehet. Geometriai modelleket készített, amelyekkel lehetségessé vált a kiindulási tételek igazságának vagy hamisságának ismeretében a következtetés igazságát vagy hamisságát kimutatni. Két vagy három alaptételből következtették ki ezek az eszközök az új igazságokat, az alaptételek permutációinak előállítása segítségével. Az egyik kedvelt geometriai elrendezése koncentrikus, forgatható körökből állt (**25. ábra**). Ezek a mozgó geometriai elrendezések voltak az első logikai gépek. A logika területén végzett töprengései később olyan zsenikre is hatottak, mint pl. Wilhelm Leibniz!

Mivel Lull célja az isteni kinyilatkozások igazságának bizonyítása volt, bibliai idézetek kerültek a logikai gé-



27. ábra

pekre. A kifejezések minden kombinációját elő lehetett állítani a korongok forgatásával, de ezek közül a kezelőnek (a „művésznek”) kellett a belső sugallatok alapján kiválasztania az igazakat. Lull kortársai nagy részének azonban csak az tűnt fel, hogy a Biblia mondataival, szavaival „játszik”, s bizony keservesen lakolt ezért a látszatért: 1315-ben Tuniszban megkövezték, így lelte halálát.

Még nem dolgozta ki téziseit George Boole, amikor az angol Charles Stanhope (1753–1816), aki politikus és feltaláló volt egy személyben, találmányok sorával lepte meg a világot (feltalálta a mikroszkóp lencserendszert, a kézi sajtógépet, a hangszereket behangoló készüléket). S ő volt az, aki megépítette az első, mai értelemben is logikai műveleteket végző gépet, a fából készült, tenyérszerű méretű Stanhope Demonstrátort (**26. ábra**).

A 100×110×20 mm méretű fadobozban, sárgaréz fedőlappal készült gépecske előlapján egy ablak volt, ott alakult ki a végkövetkeztetés. A készülék kezelőelemeihez számok voltak írva, számokkal megfogalmazható logikai feltételekkel dolgozott. Alkalmas volt az ÉS kapcsolatban lévő események eredő logikai értékének meghatározására is.

William Stanley Jevons (1835–1882) 1864-ben építette meg a XIX. század legismertebb logikai gépét a logikai pianínót. Igen széles látókörű tudós volt, a logika és a politika professzora, aki foglalkozott asztrológiával, természettörténettel, meteorológiával, kémiával is. 1869-ben könyv formájában jelentette meg logikai pianínója leírását, használati útmutatóját. Ez volt az első logikai gép, mellyel sorozatos következtetések eredményeit gyorsabban lehetett meghatározni, mint fejben. Ez a gép egy fejlesztési munka csúcspontja, végeredménye volt, korábban már készített logikai táblázatok, logikai abakuszt, igazságtáblázat-kiértékelő gépet.

A közel 1 m magas gép alsó részén egy klaviatúra található, itt lehetett az igazságtáblázatot a gépbe „bevinni”, az igazságtábla maga a gép előlapján, az ablakocskában volt látható. 4 vagy kevesebb logikai eseményt, változót tudott kezelni a gép (**27. ábra**).

Később a Boole-algebra egyik nagy professzora, Venn is épített logikai gépet, de a legismertebb logikai egység 1881-ben készült el a Princetoni Egyetemen: Allan Marquand (1853–1924)



28. ábra

tervezte. Tulajdonképpen Jevons gépének áttervezett, leegyszerűsített változata. A szerkezetet egyszerűsítette, de úgy, hogy ugyanazokat a feladatokat el tudta látni.

A mechanikai logikai gépek között feltétlenül meg kell említenünk *Nemes Tihamér* (1895–1960, **28. ábra**) készülékét. Nemes Tihamér, aki a televízió hazai bevezetésének úttörő alakja volt, 1917-ben szerezte meg mérnöki oklevelét. A Telefon Hírmondónál, majd a Postakísérleti Állomáson dolgozott, postamérnök és feltaláló volt. Szabadalmaztatott egy „éter-hangszert”, foglalkozott a színes televíziózással, betűolvasó és beszédíró készüléket szerkesztett. 1944-ben járógépet konstruált, 1949-ben kétlépéses sakkfeladványokat megoldó mechanikai készüléket szerkesztett. Később részt vállalt a hazai televíziózás beindításában, feltalálta a filmközvetítő készüléket. Kutatási területei közé tartozott a neuronhálózatok működése, a műállatok, a műöntudat, a műfigyelem, az alkotógépek. Érdeklődése középpontjában a technikai eszközök és az emberi viselkedés kapcsolata állt; a gépekkel igyekezett „emberi feladatokat” megoldani, a logikus gondolkodást szimulálni. Ehhez kutatnia kellett az emberi szervezet működését, elsősorban a gondolkodás folyamatát, az agy működését is.

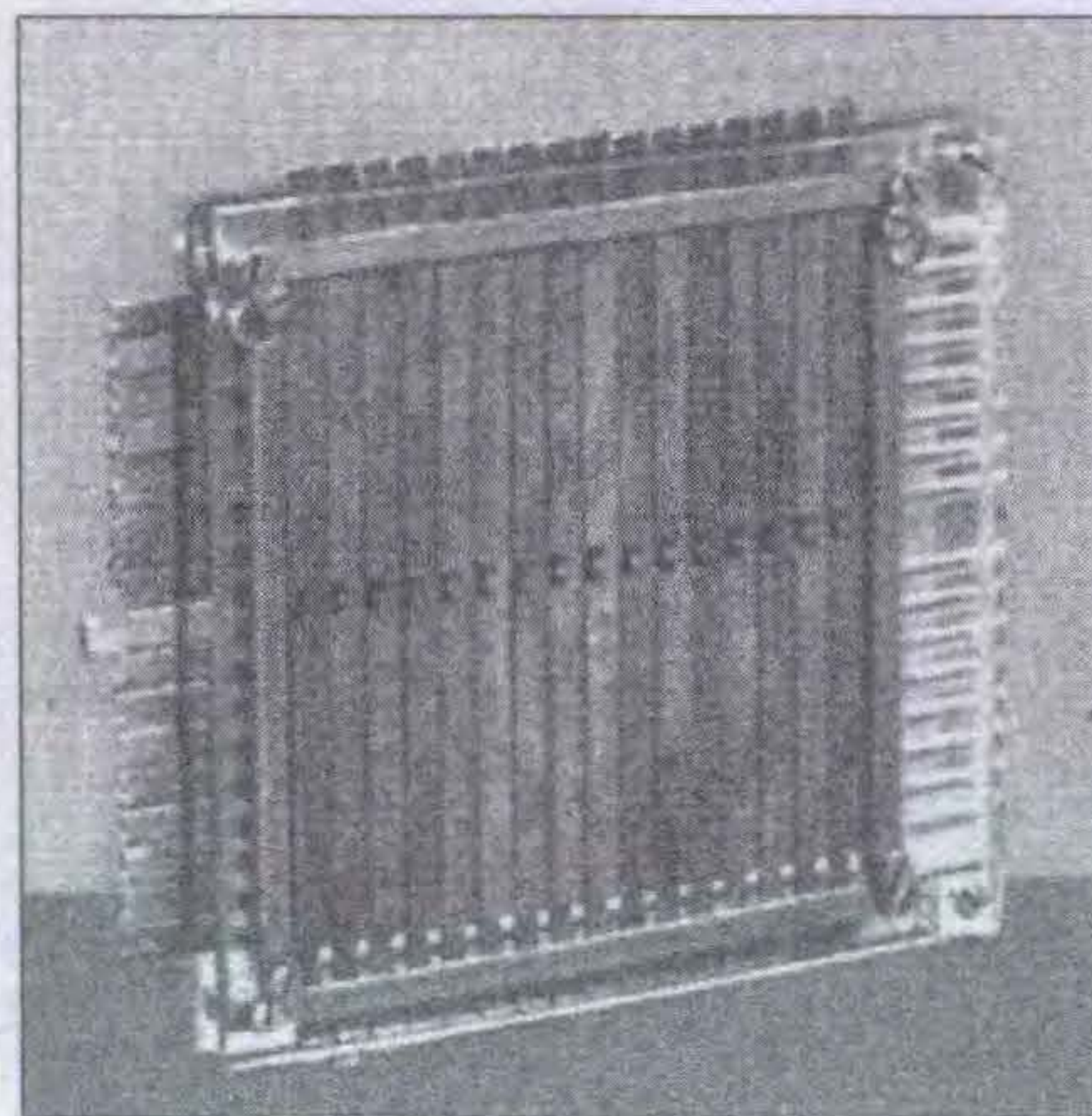
1954-ben elkészített logikai gépe fából volt (**29. ábra**), zsebben is elfért. Logikai függvények értékét lehetett meghatározni a segítségével, a függvény beállítása után a bemenetek ismeretében. Nemes Tihamér a készülék megalkotásakor arra gondolt, hogy nemsokára a számolást segítő logarléc-hoz hasonlóan minden mérnök zsebében ott lesz ez az eszköz is, a logikai feladatok megoldásához.

Nemes Tihamér a kibernetika, az informatika első nagy tudósa volt hazánkban. Könyvet írt a kibernetikai gépekről, amiben külön fejezetben foglalkozott a számítógépekkel – talán először tekintett a számítógépekre úgy, mint logikai gépekre. Amikor az MTA Kibernetikai Kutatócsoportjában az első hazai elektronikai számítógépet, az M3-at építették, szinte naponta megjelent és érdeklődéssel figyelte. Sajnos, az elektronika kora előtt született, ötleteit a rendelkezésére álló eszközökkel nem, vagy csak kezdetlegesen lehetett megvalósítani.

Az első elektromos logikai gépet *Benjamin Burack* építette, a Roosevelt College (Chicago) pszichológia professzora. A készüléket 1936-ban készítette el, fa bőröndbe került, így hordozható volt, telepekről lehetett működtetni. A különféle gondolkodási szabályokat (ma úgy mondanánk: logikai függvényeket) fa lapocskákon alakította ki huzalozással. Az éppen aktuális falapot (függvényt) be kellett helyezni a gépbe, s a bemenetek igaz vagy hamis értékétől függően izzó jelezte a következtetés eredményét. A gépet csak kevesen ismerték, Burack nem publikált ezzel kapcsolatban, csak 1947-ben írt egy ismertetőt róla.

1947-ben a Harvard University két doktorandusza, *William Burkhardt* és *Theodore Kalin* épített egy logikai gépet, ami tulajdonképpen Jevons logikai pianínójának elektromos megfelelője. 12 feltételt tudott kezelni, a feltételek igaz vagy hamis értékét kapcsolókkal lehetett beállítani.

Az elektromos logikai gépekkel kapcsolatban mindenképpen meg kell emlékeznünk *Kalmár László* (**30. ábra**) munkásságáról. 1905. március 27-én született Alsó-Bogát pusztán



29. ábra



30. ábra

(Somogy megye), a család 1914-ben Budapestre költözött. 1922-ben végezte el az I. Kerületi Főgimnáziumot, kitűnő eredménnyel. Tanulmányait a Pázmány Péter Tudományegyetem Bölcsészettudományi Karán, matematika-fizika tanár szakon folytatta, 1927-ben szerzett diplomát, egyúttal megszerezte a doktori címet is. A Vatea elektroncsőgyár kutató fizikusaként kezdi pályáját, majd (még ebben az évben) a Szegedi Tudományegyetem Elméleti Fizika tanszékén tanársegédi állást vállal. 1930-tól adjunktus. 1932-ben magántanár-képesítést szerez. A háború után, 1947-ben ismét egyetemi tanári kinevezést kapott Szegedre, 1949-től az MTA levelező tagja, 1950-ben munkásságát Kossuth-díjjal ismerték el.

Érdeklődési körébe tartozott az elméleti matematika, a fizika, a kibernetika, a matematikai logika. 1950-től érdeklődése középpontjában a számítástudomány, a digitális áramkörök és a számítógép álltak. 1956-ban az egyetemen kibernetikai szemináriumot indított mérnökök és matematikusok számára. Megalapította a Kibernetikai Laboratóriumot, melyet később róla neveztek el, itt készült el a szegedi logikai gép (**31. ábra**).

A szegedi logikai gép egy 10-12 fős csoport munkája, Kalmár László mellett elsősorban technikai jobb keze, *Muszka Dániel* tűnt ki a tervezésben és az építésben. A gép a különböző, egyszerűbb és összetettebb logikai függvények értékeinek a meghatározására volt alkalmas. Huzalozott elektromos gép volt, kapcsolókkal lehetett a megfelelő függvényt és a bemenő értékeket beállítani, izzókkal jelezte a kimeneti értékeket. A Kibernetikai laboratórium másik nemzetközi hírű eredménye a Kati-



31. ábra

ca volt (32. ábra), ami a külseje alapján kapta a nevét.

A Katica orra egy ütközés-érzékelő. Ha valamilyen tárgynak nekimegy a Katica, elfordul, s így ki tudja kerülni. Sípjellel vagy füttyel lehet elindítani, de megtanítható, hogy a hangot és egy fényjelet logikai kapcsolatba hozzon (pl. csak úgy induljon, ha a hangjelzéskor nincs fény, vagy éppen csak akkor indítsa a hang, ha fény is éri). A betanítást ki lehet törölni, a hátán lévő pöttyök tulajdonképpen vezérlő nyomógombok. A Katica elektronikáját miniatűr csövekkel építették meg. A tárolókat kondenzátorokkal kiviteleztek. Az érzékelők, a logikai áramkörök, a működtető jelfogók, a motorok mind be vannak zsúfolva a Katica burkolata alá. A felhasznált építőelemek a katica születésekor a csúcstechnológiát jelentették!

Furcsa, kifordított világ volt ez! Az újabb és újabb technikai eszközök segítségével sorra fejlesztették a számítógépeket, közvetlenül számolási feladatokra, s közben néhány eldugott műhelyben logikai működések megvalósító gépek épültek. Nagyon lassan kezdett kialakulni az az eszme, hogy az általános programozott működésű eszköznek logikai gépnek kell lennie, logikai áramkörökből felépítve, s ezzel cél-

szerű a számolási feladatokat is megoldani, megfelelő program felhasználásával!

Kicsit előreszaladtunk az időben, mert a logikai eszközök fejlesztői több technikai generáció lehetőségeit is kihasználták. A következő témakör sem illeszkedik pontosan a fő időrendi besztásunkba, de olyan önálló terület, amit célszerű külön megvizsgálni.

Pneumatikai logikai elemek

Időről időre foglalkoznak a fejlesztők pneumatikai logikai elemek kialakításával. Milyen előnyei vannak a levegőre épülő logikai rendszereknek?

- Az ipari környezet villamos zavarai nem befolyásolják.
- A különféle sugárzások (röntgen, radioaktív stb.) nem zavarják.
- Szikramentesség igénye esetén is alkalmazhatók.

A villamos működésű logikai elemek előtt röviden tekintsük át ezért a sűrített levegőt használó megoldásokat! A villamos elemekről tudjuk, hogy két alap-

két nyomásérték szerepel, a külső (környezeti) légnyomás és egy tápnyomás (ezek a hálózatok a feszültséglogikás villamos egységek pneumatikus megfelelői). Az ilyen rendszerekben a légköri nyomás a logikai 0, a logikai 1 pedig a tápnyomás, vagy az ahhoz közeli értékek. Az elemek itt nem egyszerű szelepek, hanem műveletvégző egységek, függvényképzők.

Hazai fejlesztésű, nyomásra épülő pneumatikai logika volt a TRIMELOG rendszer. A TRIMELOG elemet az MTA Automatizálási Kutató Intézete fejlesztette ki, és az MMG (Mechanikai Mérőeszközök Gyára) gyártotta.

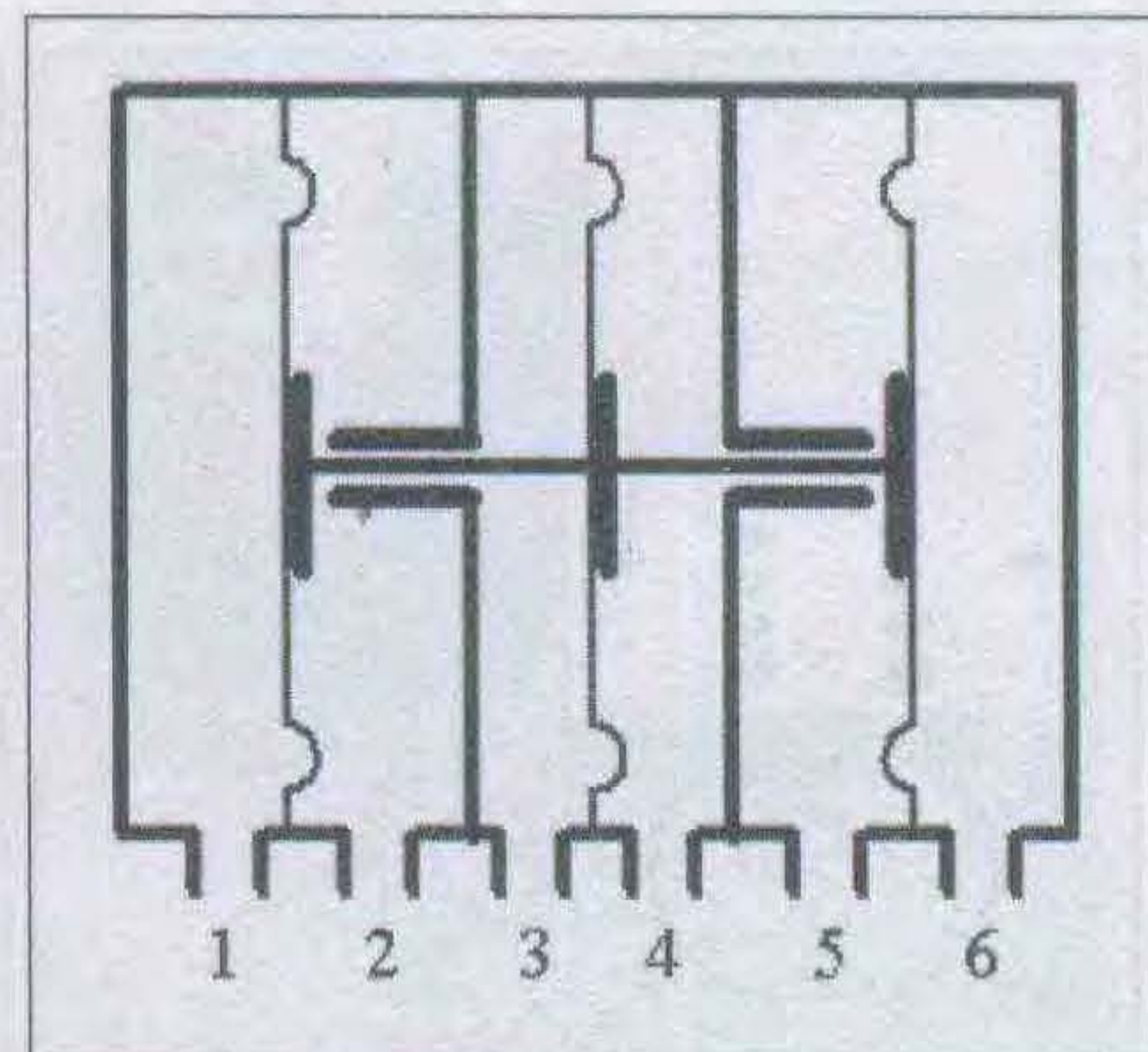
A TRIMELOG logikai hálózatban a logikai 0 a légköri nyomás, a logikai 1 pedig a tápnyomás volt. Az alapelem három membránt tartalmaz, erről kapta a nevét is (hárommembrános logikai elem). A kis szerkezetben két merev fal is van, ezek és a membránok összesen hat kamrát alkotnak. Mindegyik kamrán két-két csatlakozó furat van. A TRIMELOG elem vázlatos felépítését a 33. ábrán láthatjuk.



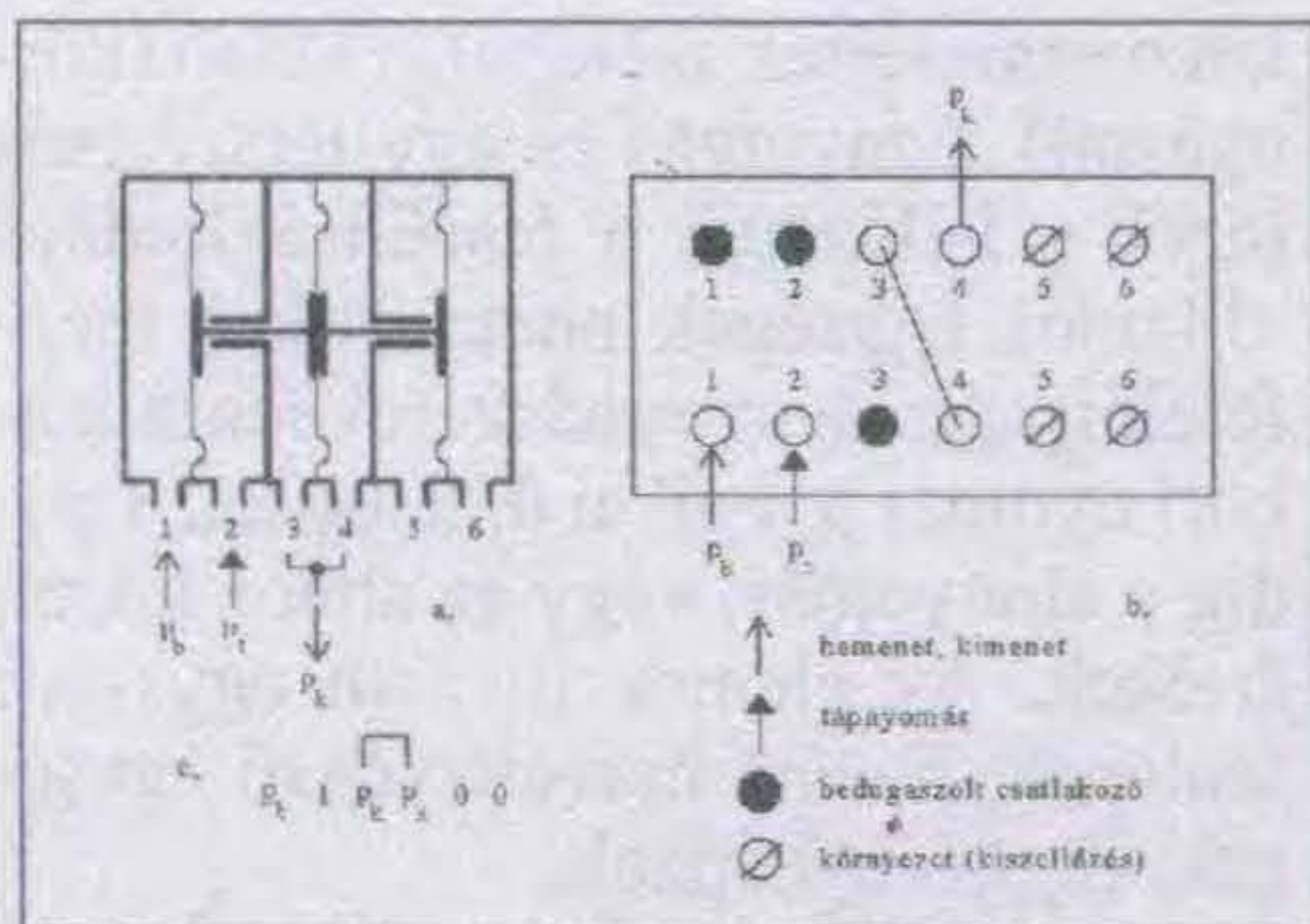
32. ábra

vető hálózatépítési lehetőséget biztosítanak, az áramlogikát és a feszültséglogikát. A pneumatikai elemekkel analóg módon kétféle rendszert lehet kialakítani, az áramló levegővel működőt és a légnyomás-jeleket felhasználót.

Egyszerű szelepek soros és párhuzamos kapcsolásaiból lehet logikai függvényeket építeni, ha az azokon átáramló levegő jelenti a logikai jeleket, ezek az „áramkörök” az áramlogikás kapcsolások analógiái. Ezeknél a megoldásoknál nagyobb jelentőségűek azok, amelyeknél nyomástartományok jelentik a logikai értékeket. Általában



33. ábra



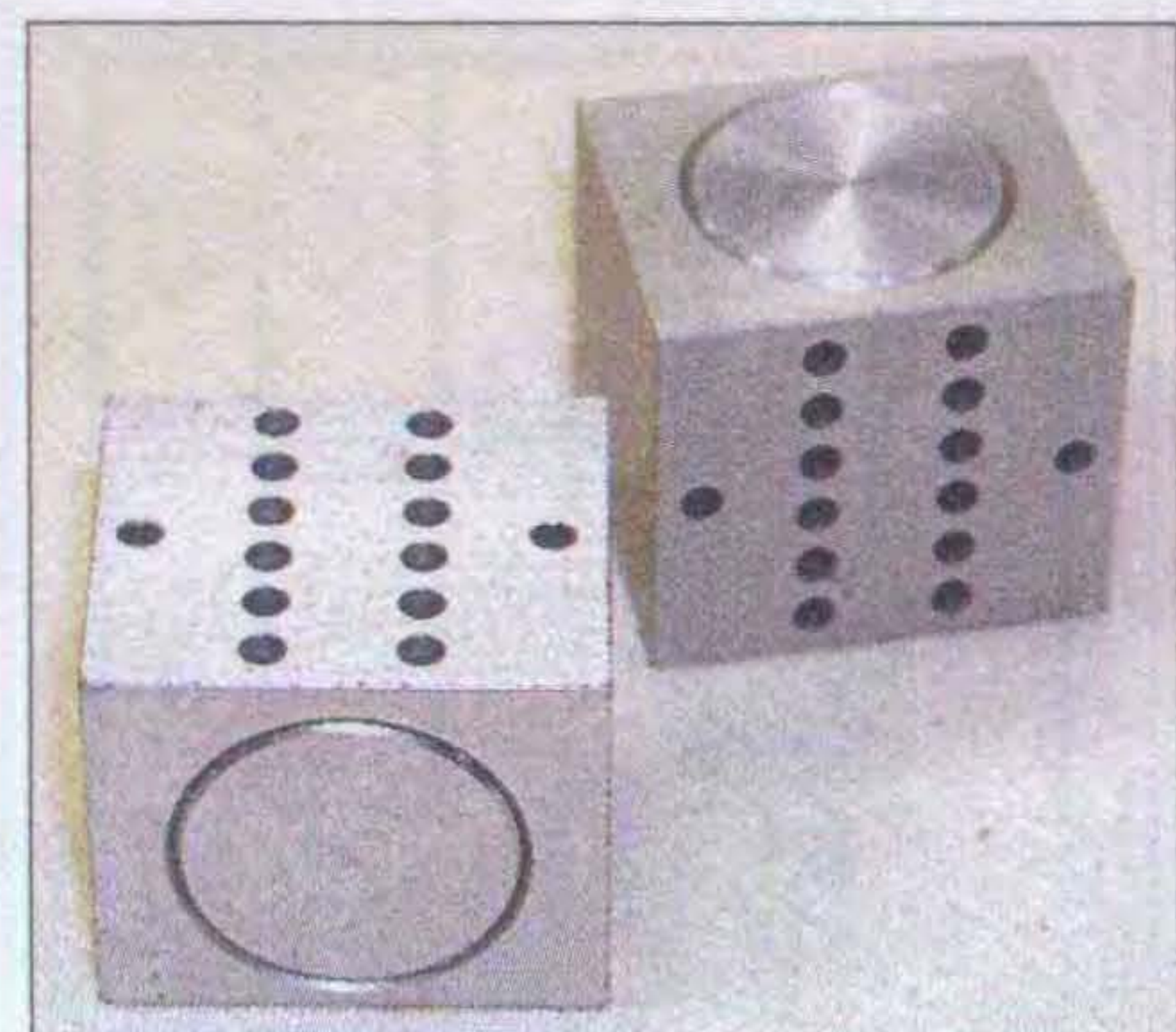
34. ábra

A csatlakozókat a két sorban azonos sorszámúval kezelhették, hiszen a párosok ugyanabba a térbe nyíltak. Mivel az elem teljesen szimmetrikus, mindegy, hogy melyik szélső csatlakozót tekintjük 1 sorszámúnak. Sajátos a belső szerkezet, ugyanis a két membrán össze van kötve, együtt mozog. Ha az egyik zárja a szelepet, a másik nyitja!

Egy TRIMELOG csatlakozóra ráköthető egy jelcsatlakozó (bemenő- vagy kimenőjel), a tápnyomás, szabadon hagyható, összeköthető másik csatlakozónyalással vagy bedugózható. A 34. ábrán egy inverter megvalósítását látjuk példaként. A jelcsatlakozásokat üresfejű nyíl jelöli, a tápnyomást besötétített fejű. A bedugózott csatlakozónyalást sötét kör, a szabadba nyílt pedig áthúzott kör jelzi. Az a részleten látható a működési rajz, a b részleten a bekötés, a c részleten pedig ennek a bekötésnek a „szabványos” leírás módja.

A TRIMELOG elemmel sokféle egy-, két- és háromváltozós logikai függvényt meg lehetett valósítani, így tetszőleges logikai rendszereket ki lehetett alakítani (akár kombinációs, akár sorrendi hálózatokat is). Ez az univerzális pneumatikai logikai alapelem készült alumíniumból (35. ábra) és műanyagból is.

A pneumatikai megoldások már felsorolt előnyei még fokozhatók: ha



35. ábra

mozgó elem nélküli egységeket alakíthatunk ki: nincs kopás, törés, membránszakadás – az elemek örök életűek lesznek! Ez az elképzelés ösztönözte ennek a területnek a kutatóit. Minden iparilag fejlett országban fejlesztettek ki mozgó elem nélküli (fluid) pneumatikai logikai elemcsaládokat.

A 36. ábra a hajdani Csehszlovákiában gyártott Pneulog elemet ábrázolja (a részlet). A kimeneten akkor van nyomás, ha a bemenetek egyikén sincs – ez tehát egy NOR elem! Az ábrán látható a logikai jel is (b részlet), amit az elem ábrázolására a gyártó alkotott meg.

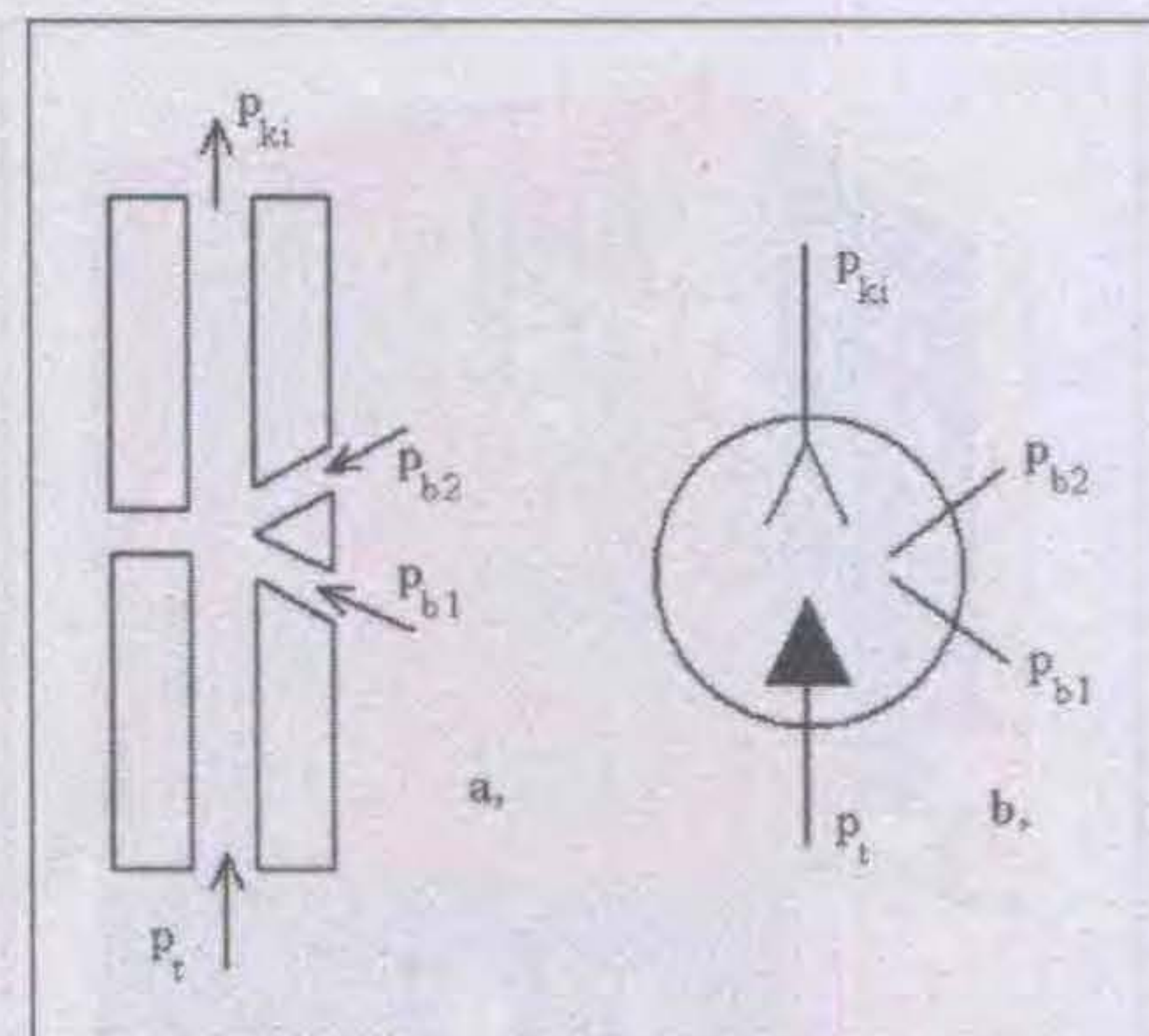
Mint tudjuk, a NOR univerzális logikai kapu, azaz bármilyen logikai függvényt meg lehet vele építeni. Így egyetlen logikai alapelemet elegendő volt gyártani, és bármilyen hálózatot meg lehetett vele építeni.

A mozgó elem nélküli pneumatikai logikák különleges csoportját alkotják a falsugar elemek (IAT, Moszkva, az 1970-es, 80-as években). A kutatók a repülőgép-kísérletek során felfedezték, hogy a légáram a szárnyprofilhoz szinte hozzátapad, és az eredeti irányától is eltérve egy darabon követi a felület görbülését is.

Ha a 37. ábrán látható elrendezésben nincs bemenőjel (p_b), akkor a tápnyomás levegője a kimeneti ponton távozik. Ha a p_b bemenőjel 1 értékű, akkor az itt belépő légáram eltolja a felülettől a tápnyomás levegőjét, és az a p_k kimeneten távozik. Ez tehát egy jelismétlő/inverter tag, a p_b jel a p_k kimeneten ponálva, a kimeneten negálva jelenik meg. Két bemenőjelet két párhuzamos furattal lehet fogadni.

Ilyen megoldással egyszerűen kialakítható ÉS elem és VAGY elem is, a bemenőjelekhez tartozó furatok átmérőjét kell csak megfelelően megválasztani.

Az 1980-as években ezek a kutatások háttérbe szorultak, sok megoldhatatlannak tűnő probléma volt ezekkel az elemekkel, nem voltak elegendően megbízhatóak. Ma ismét hallani róluk –



36. ábra

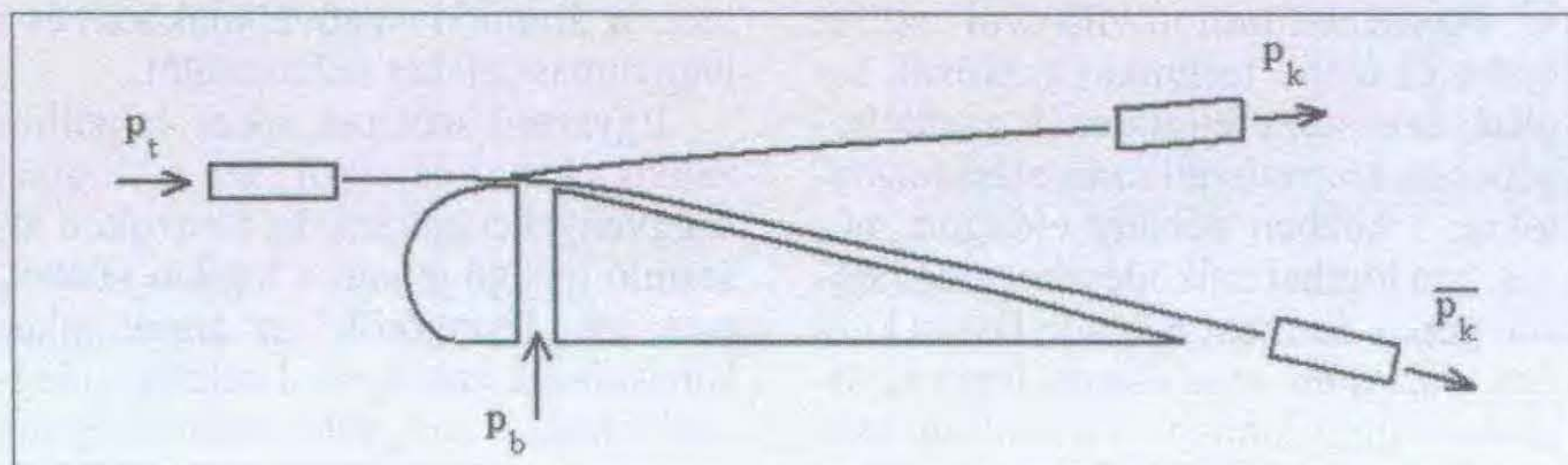
de a lépték megváltozott! MEMS (mikro elektromechanikai rendszer) kivételben készítene fluid logikai részleteket, mikrométeres méretekkel.

(A szerkesztő megjegyzése: amíg egy rakéta áthalad a Van-Allen övezeten, olyan radioaktív sugárzásnak vannak kitéve a rendszerei, ami pl. a felvevő alapú vezérlőegységek működését meghiúsítja. Az USA űrkutatási hordozóeszközeiben máig ilyen fluid „integrált áramkörös” fedélzeti rendszer veszi át erre az időre a rakéta irányítását. A „pneumatikai számítógépet” általában héliummal üzemeltetik.)

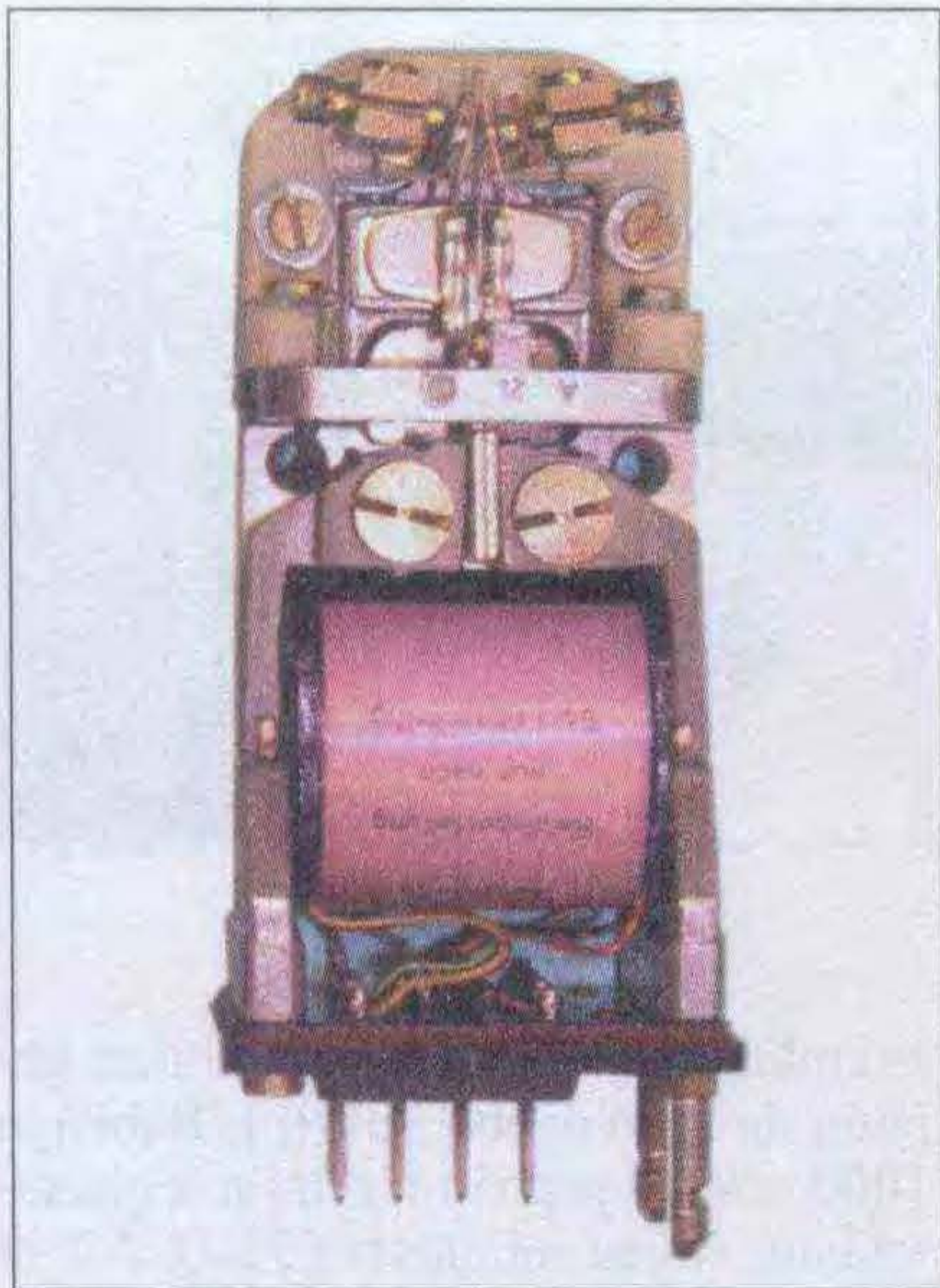
Az elektromechanikus számítógépek kifejlesztése

Az elektromechanikai számítógépek már villamos működésűek, áramköri alapelemük a jelfogó (relé). A jelfogó a telefonrendszerek kialakulása során vált önálló alkatrészé, készültek csavarokkal beköthető, forrasztással csatlakoztatható és foglalatba dugaszolható kivitelűek.

A jelfogókat rendkívül sok változatban gyártják. Eltérőek a működtető feszültség és áram, a felszerelt érintkezők száma és jellege szerint. Általában váltóérintkezők kerülnek a jelfogókra. Készül jelfogó váltakozóáramú működtetésre, de többségük egyenárammal gerjeszhető.



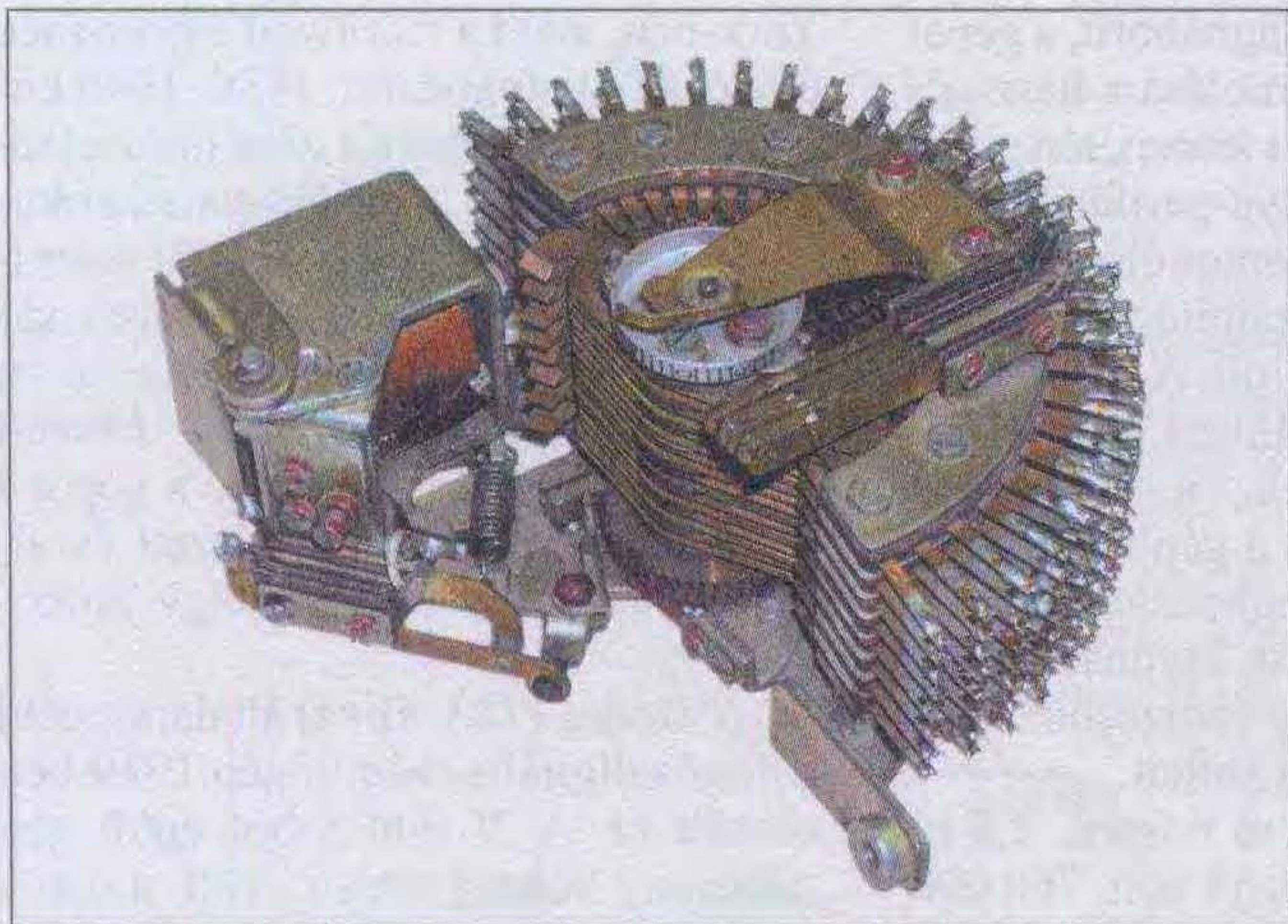
37. ábra



38. ábra

A jelfogó jellegzetesen monostabil elem, az alapállapotát folyamatosan, energia nélkül tartja fenn (ez az elengedett állapota). Meghúzás után, ha az áramot kikapcsolják, ismét elengedett helyzetbe kerül. Készül azonban bistabil jelfogó is, ezt meghúzás után egy második tekercs áramával lehet elengedtetni. A bistabil jelfogó lehet mechanikusan vagy mágnesesen reteszelt jellegű.

Apró üvegcsőbe forrasztott érintkezővel működik a reed-jelfogó. Az üvegcsővecskére kerül a tekercs. Az érintkezők a tekercsbe vezetett áram hatására felmágneseződnek, vonzzák egymást, s így zárnak. A reed-jelfogókat olyan alacsony működtető feszültségre készítik, hogy akár közönséges integrált áramkörök kimeneteiről is működtethetők!



39. ábra

A polarizált jelfogó (38. ábra) három állapotú. Alapállapotban a mozgó érintkezője nem érintkezik az állókkal. A tekercsbe vezetett áram irányától függően vagy a bal oldali, vagy a jobb oldali álló érintkezőhöz ér hozzá. Erre a jelfogóra épült a géptávíró. A géptávírókat összekötő vezetékben nem folyó áram jelszűnetben, a logikai 1-et negatív feszültség, a logikai 0-t pozitív feszültség jelentette, ezekre reagált a polarizált jelfogó. Az áramirányra azért volt érzékeny, mert a mágneskörében egy állandó mágneset helyeztek el.

A telefontechnika egyik különleges eszköze a 39. ábrán látható léptetőjelfogó (léptetőgép, szelektor). Az elektromágnes minden működtetésekor a kefék egy álló érintkezővel elmozdulnak, így az íven mindegyikhez el lehet vezetni azokat. Több ívet is felszereltek egy léptetőgépre. Egy másik különlegesség a számláló jelfogó (40. ábra). Ennél az elektromágnes minden működtetése a mechanikai, ugródobos számláló kilincskerekét eggyel elfordítja. Ilyen jelfogók számolták a hívásokat, mérték a kapcsolási időket az elektromechanikai telefonközpontokban.

A jelfogók azért voltak kellemes építőelemek a számítógépek feltalálói számára, mert egyes részfeladatokat (pl. léptetés, számlálás) a megfelelő jelfogó önállóan el tudta végezni.

A német *Konrad Zuse* (1910–1985) az első digitális elektromos programozható számítógép tervezője és építője. 1934-ben, mérnökhallgatóként kezdte el a szülői ház nappalijában építeni első számítógépét, a Z1-et. A gép a kettes számrendszer alapján működött. A belső regisztereit kétállapotú mechanikai elemekkel valósította meg, 64 darab 22 bites értéket tárolt bennük. Lemezcsí-



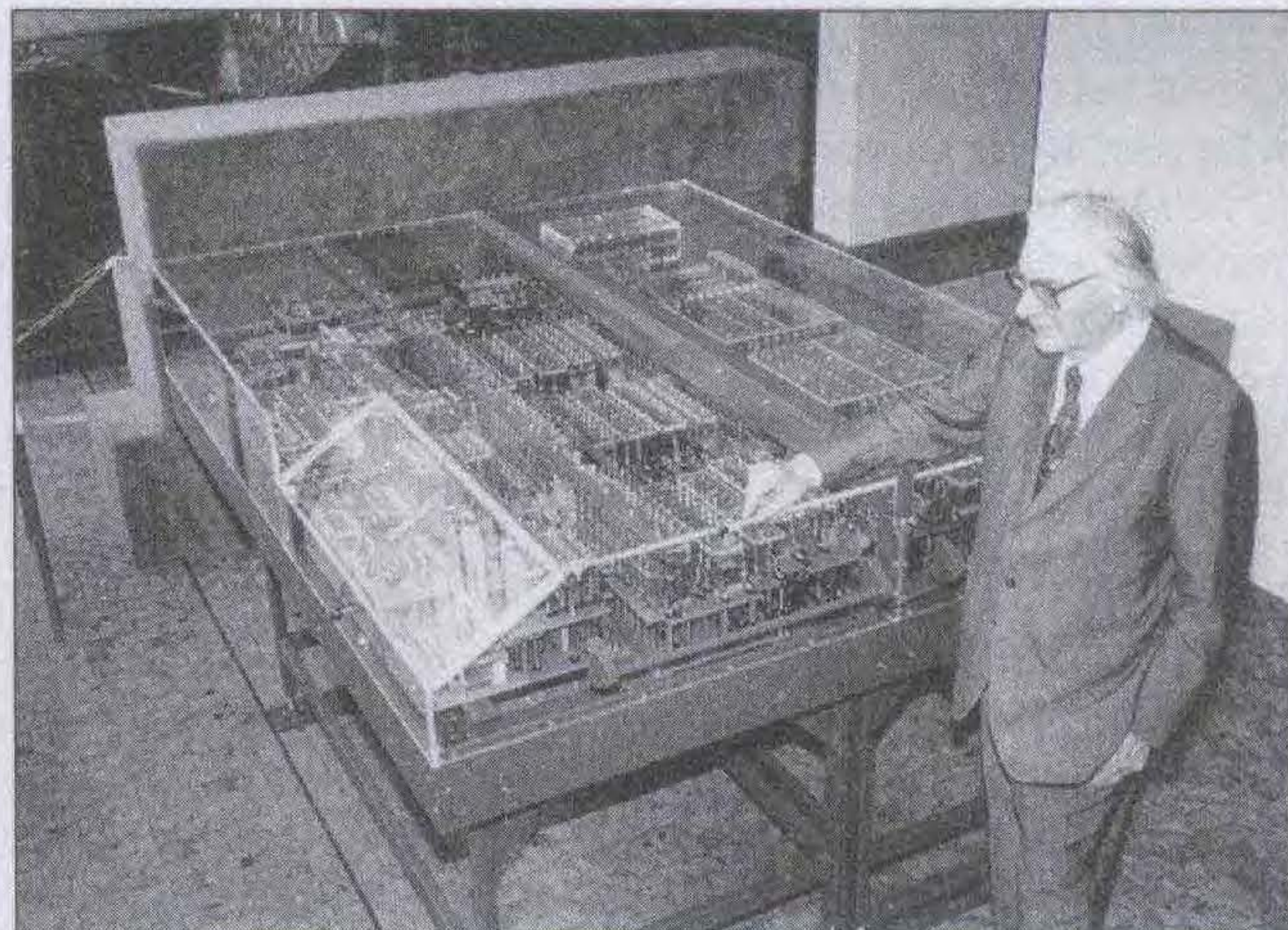
40. ábra

kok mozgatásával oldotta meg a bitek tárolását. A csíkokat lombfűrészszel egyenként vágta ki vaslemezből.

A műveletvégő egység mechanikai volt. A Z1 egyetlen villamos eleme egy motor volt, ami az 1 Hz frekvenciájú órajeleket szolgáltatott. Egy hajtókar segítségével kézzel is lehetett léptetni; a programok betöltésekor és teszteléskor volt hasznos ez a lehetőség. A gép program alapján működött, a program tárolására Zuse filmszalagot használt fel. A celluloid szalagba kézzel lyukasztgatta be a program bitjeinek megfelelő lyukakat.

A gép nem volt megbízható, Zuse nem elégedett meg vele. Újabbat tervezett, most már jelfogós logikai egységekkel. 1936-ban nagy energiával kezdte tanulmányozni a jelfogókat, a villamos kapcsolásokat. Az elektroncsöveket megbízhatatlannak és túl drágának találta.

Zuse első programozható jelfogós számítógépe a Z2 volt. 800 használt, telefonközpontokból származó jelfogót használt fel a megépítéséhez, a regisztere azonban a már bevált mechanikai szerkezet volt. A logikai és az aritmeti-



41. ábra



42. ábra

kai részletek készültek jelfogókkal. Ez a gép 16 bites fixpontos számokkal dolgozott, elsődleges céljának azt tekintette Zuse, hogy bebizonyítsa: lehet jó minőségű jelfogós számítógépet építeni! Bemeneti perifériája billentyűzet volt, kimeneti egysége az égőkből kialakított mátrix. A Z1 és a Z2 elpusztult a háborúban, a Z2-ről még tervrajz vagy fénykép sem maradt fenn. A Z1-et később Zuse feljegyzései alapján rekonstruálták (41. ábra).

Az első két gép kísérleti prototípus volt Zuse szemében. A Z3 tervezésébe 1939-ben kezdett bele. A gép 5 m hosszú, 2 m magas és 80 cm mélységű volt, két jelfogós szekrényből állt, és egy különálló kezelőpult tartozott hozzá. Ez már „piacképes”, teljesen működő, programozható, kettes számrendszerre épülő számítógép volt, minden egysége jelfogókkal volt megtervezve. 22 bites lebegőpontos számokkal dolgozott, jelfogós regisztereiben 64 számot tudott tárolni. A számlálóműben 400 jelfogó dolgozott, a memóriában 1600. A gép órajelének frekvenciája 5,33 Hz volt. A szorzást és az osztást 3 s alatt végezte el.

Zuse kidolgozta a tárolt programú számítógép működési elvét is, de a 64 szavas belső memória még nem tette alkalmassá ilyen működésre a Z3-at.

1940-ben Zuse megalapította számítógépgyártó cégét Berlinben (Zuse Apparatebau). Mérnöki számítások elvégzésére kezdte tervezni a Z4 gépet, melynél ismét visszatért a fémlemez belső memóriához.

Az Amerikai Egyesült Államokban az állam és a nagyvállalat támogatásával nagyarányú fejlesztések kezdődtek az 1930-as évek végén. Minél gyorsabban ki kívánták fejleszteni a programozható digitális számítógépet. A fejlesztési cél a jelfogós számítógép volt. Két jelentős műhely jött létre, az egyiket Aiken vezette a Harvard Egyetem és

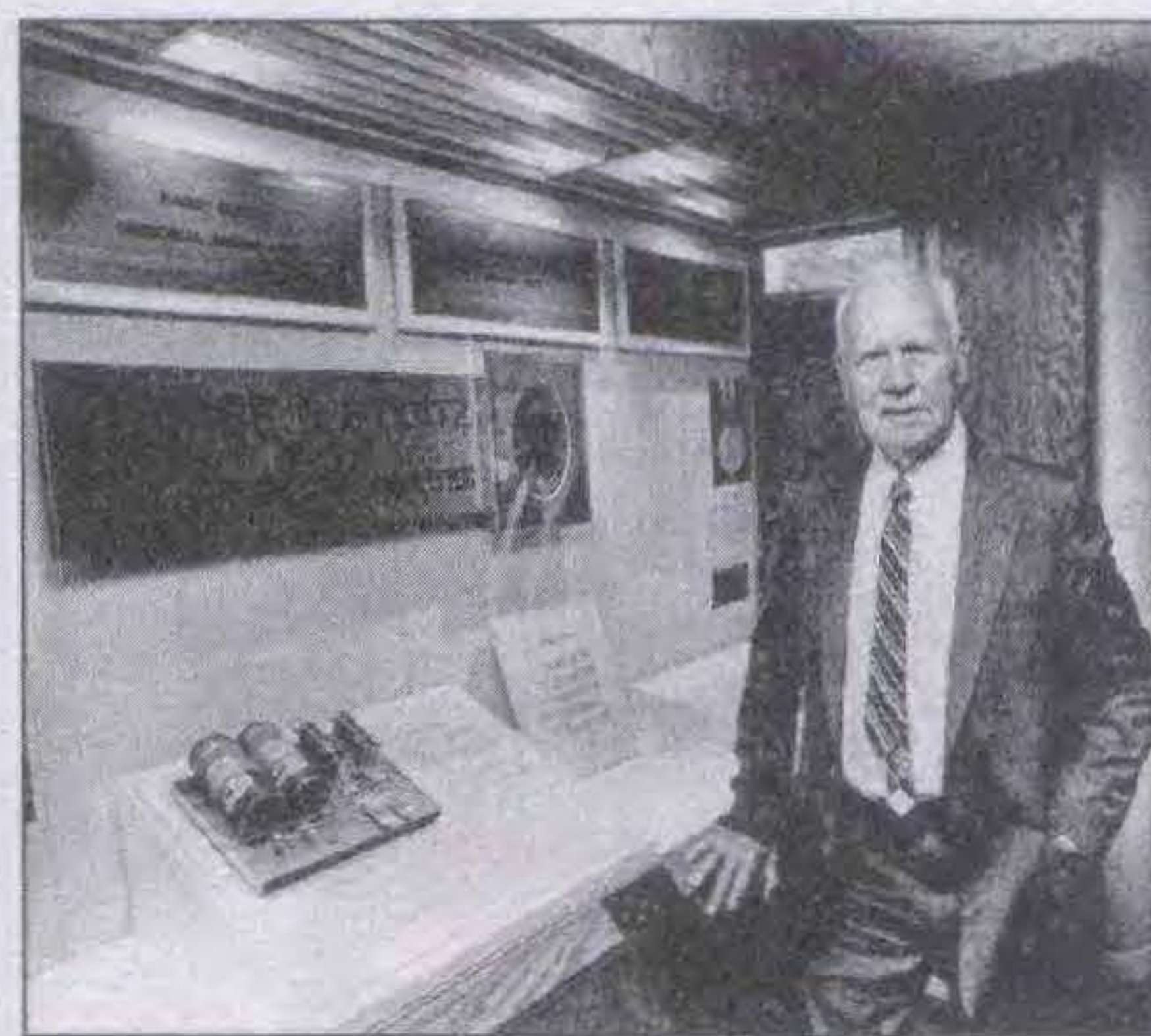
az IBM együttműködésével, a másikat Stibitz irányította a Bellnél.

Ezek a fejlesztések széles nyilvánosságot kaptak, eredményeiket a sajtó is folyamatosan közölte, a megoldásukat szabadalmaztatták a kutatók, nem csoda tehát, hogy elhomályosították az európai próbálkozások hírét.

Howard Hathaway Aiken (1900–1973) 1937-ben a Harvard egyetem hallgatója volt, amikor Proposed Automatic Calculating Machine című dolgozatában kifejtette, hogyan lehetne az IBM lyukkártyakezelő gépeiből Babbage analitikai gépének megfelelő programozható számítógépeket készíteni. Leírta, hogy az IBM gépekhez automatikus vezérlőt és bővített aritmetikát kell készíteni. Az IBM-nek tetszett a dolgozat és végzés után meghívták a céghez Aikent, hogy kezdje el a jelfogós számítógép kifejlesztését. A munkálatok során sok segítséget kapott a Yale-en végzett Grace Murray Hopper-tól (1906–1992), akit később „The Grand Old Lady of Software”, azaz A szoftver nagymamája néven ismertek világszerte. Később ő volt az, aki az egyik „lefagyott” jelfogós gép hibáját keresve az egyik jelfogó érintkezői között egy éjjeli lepkét talált beszorulva, amit be is ragasztott a gépnaplóba. Azóta a „bug” a számítógép program rejtett hibájának neve.

Az IBM-nél Aiken első gépe az ASCC volt (Automatic Sequence Controlled Calculator). A fejlesztés 1939-ben indult, s 1944-ben a gép működött! A programozható jelfogós számítógép fejlesztésére az IBM 5 millió \$-t költött, amikor elkészült, a Harvardnak ajándékozták. Ekkor kapott új nevet: Harvard Mark I (42. ábra). A gép telefon-jelfogókból épült. Eredeti célja telefondíjak számlázása volt, de mivel időközben kitört a világháború, a gépet löelemtáblázatok számolására használták. A bemenetén és a kimenetén szabványos IBM lyukkártya-perifériák működtek. 23 jegyű fixpontos előjeles számokkal dolgozott a számítógép, regisztereiben 72 számot tárolt. A konstansokat kézzel kellett beállítani, vagy lyukkártyáról érkezhettek, a programot lyukszalagról olvasta a gép (a gépzenogorák 24 csatornás papírszalagját használták). Az összeadást, kivonást a gép 0,3 s alatt elvégezte, a szorzáshoz 4–6, az osztáshoz 11–12 s kellett.

A számítógép 15 m hosszú, 2,5 m magas és 5 tonna tömegű volt, 760 000 alkatrészből épült, 800 km vezetékkel, 3304 kétállású kapcsolóval. A felépíté-



43. ábra

se emlékeztetett Babbage analitikus gépére, de szerényebb volt (pl. Babbage 1000 számot próbált tárolni a regiszterekben, Aiken mindössze 72-t). Aiken regiszterei egyébként léptetőjellel feltölthető fogaskerekes számlálók voltak. A számológépe csak a szorzást és osztást végezte, az összeadást és kivonást közvetlenül a regiszteregység megoldotta! Kimeneti perifériái: két elektromos írógép és egy lyukkártya-lyukasztó egység voltak. A számítógép 15 éven át éjjel-nappal működött, először hadászati, majd tudományos számításokat végeztek rajta.

1947-re a csoport megépítette a Mark II-t. Ez 12-szer gyorsabb és 3-szor nagyobb volt, mint a Mark I. Speciálisan ehhez a géphez gyártott jelfogókból épült, 10 jegyű lebegőpontos számokat használt. Az összeadást 0,2 s alatt végezte el, egy szorzás 0,7 s-ig tartott. Az IBM folytatta a jelfogós számítógépek fejlesztését, hamarosan elkészült a Mark III.

George Stibitz (1904–1995) a másik, digitális programozható jelfogós számítógépet építő csoport motorja. 1927-ben szerzett diplomát New York-ban, majd a Cornell Egyetemen érte el a PhD fokozatot. 1930–1940 között a Bell Telephone Laboratories (röviden Bell Labs) mérnök-matematikusa. 1937-ben épített egy asztali számítógépet (Model K), ez egy összeadó gép volt. A gépet felesége nevezte el, mert a konyha asztalán készült (kitchen: konyha...). Bevitte a gépet a munkahelyére, ahol megtetszett és elhatározták, hogy építenek egy komolyabbat.

A Model 1 (43. ábra) általános célú jelfogós digitális számítógép 1939-ben készült el. A 20 000 \$-ból épült gép „alacsony költségvetésű” volt, a cég a hadászati fejlesztésekre fordította a rendelkezésére álló tőke nagyobb ré-



44. ábra

szét. Nem volt programozható, egy géptávíróról közvetlenül lehetett működtetni.

A Model 2 1942-ben készült el, 500 jelfogóból építették meg. Ez már lyukszalagról programot hajtott végre, de szűk feladatkörre lehetett alkalmazni (Relay Interpolator). A Model 3 (The Baby) 1943-ban ballisztikai számításokra készült (Ballistic Computer). Ezek egy-egy megrendelő számára épített célberendezések voltak, akárcsak a Model 4, mely 1944-ben készült el. A Model 4 9000 jelfogóból állt, 50 géptávíró központi egysége volt, 10 tonna tömegű, 90 m² alapterületű. Aritmetikája hétjegyű decimális számokkal működött, 0,3 s alatt adott össze, a szorzáshoz 1 s időre volt szüksége, 4,5 s alatt osztott vagy gyököt vont.

1945-ben épült meg a Model 5, melyből 1946-ban és 1947-ben készítettek egyet-egyet eladásra is. Ez már valódi általános célú, programozható digitális számítógép volt, lebegőpontos számológéppel.

Az amerikai jelfogós gépek lázba hozták az egész világot, sokfelé megkezdődött a fejlesztés. Japánban a Fujitsu járt élen, 1951-ben készült el az ETL Mark I, majd 1955-ben az ETL Mark II. Ausztriában, a Bécsi Műszaki Főiskolán 700 jelfogóból építették meg az URR-1-et. Hollandiában 1948–1951 között készült el az ARRA, Svédországban 1946-tól épül a BARK (Binär Automatic Ralä-Kalkylator), amely 1950-ben kezd működni. Angliában a Londoni Egyetem kutatói terveznek meg egy jelfogós számítógépet, az ARC (Autoamatic Relay Computer) 1947-ben már dolgozik!

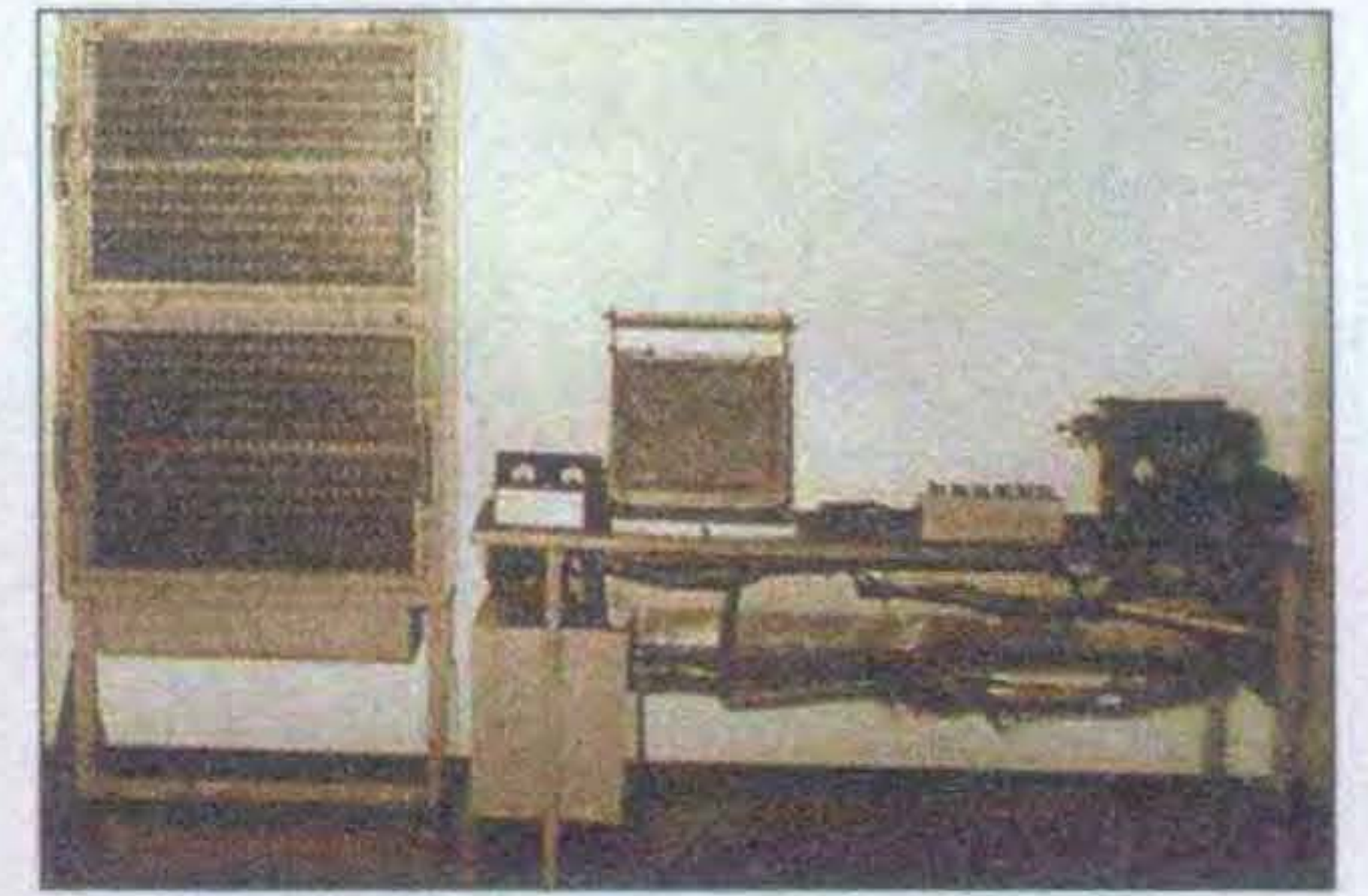
Kozma László (44. ábra) 1902 és 1983 között élt. Már kisgyermekként megtanult angolul. Szép eredménnyel zárta középiskolai éveit, de zsidó származása miatt egyetemre nem vették fel.

Az Egyesült Izzónál helyezkedett el, ez a cég volt a hazai elektronika fellegvára. Itt folyt a telefonközpontok gyártása. Kozma rövidesen szakértőnek számított a gyárban, ezért ösztöndíjjal Brno-ba küldték egyetemre. Európa legszínvonalasabb egyetemén 1930-ban védte meg villamosmérnöki diplomáját. Az Izzó ekkor Antwerpenbe küldte, a Bell Laboratories ottani gyárába, ahonnan a hazai telefonközpont-gyártáshoz az elemeket, alkatrészeket, licenszeket vásárolták. A Bell vezetői a rutinmunkákról rövidesen a fejlesztésre helyezték az ifjú mérnököt, aki jelentős részt vállalt Svájc, Belgium, Hollandia, Olaszország telefonhálózatainak tervezéséből, az új automata telefonközpontok kifejlesztéséből. Rövid idő alatt 25 szabadalmat jegyeztek be a nevére!

1938-ban új feladatot kapott – Bell alkatrészekből számítógépet kellett terveznie. Nem tudta, hogy lényegében hadászati kutatásba vonták be. Megtervezett egy decimális számítógépet, a No. 1-et. A működő kis gépet lassúnak találta, mert 1 s alatt adott össze, de a szorzáshoz 5–10 másodpercre volt szüksége. 11 ívponos léptetőgépeket és telefonjelfogókat használt fel a gépéhez. A második változatban már szorzótáblát helyezett el, így a szorzás időigénye 1 s-ra csökkent. A No. 2. jelfogószekrénye 2 m magas, 1 m széles, 0,5 m mély készülék volt. A gépek építése során 10 új szabadalma született. Találmányai egyike volt a géptávírókkal távolról működtethető számológép. Az egyes munkahelyeken feleslegesnek tartotta a helyi számológépeket, a gyárban ezért egy központi számológépet alakított ki, amihez a munkahelyek géptávírói, mint terminálok, telex-hálózaton keresztül csatlakoztak. Amikor a háború elérte Belgiumot, az igazgató minden eszközt hajóra rakott, elindította Amerikába, de a hajó nem ért oda... Maga az igazgató is távozott.

A gyár új, német vezetése előtt titokban tartották, hogy folytatták a munkát, és építeni kezdték a No. 3-at. 1942-ben azonban úgy döntött Kozma László, hogy hazatér. Itthon munkaszolgálat várta, majd hamarosan koncentrációs táborba hurcolták. Felesége meghalt, ő azonban túlélte a borzalmat.

A háború után, amikor hazatért, a telefonhálózat és a központok újjáépítését kapta feladatul, rövidesen kinevezték a Budapesti Műszaki Egyetemre



45. ábra

tanárnak. Megszervezte és beindította a Villamosmérnöki Kart, 1948-ban Kosuth-díjat kapott.

Ekkor elvállalta az amerikai érdekeltségű, 1928-ban alapított Standard Villamossági Rt. igazgatását. Sajnos, rövidesen koncepció per áldozata lett, 15 év börtönre ítélték. 1949-ben vetették börtönbe, 1954-ben kegyelmet kapott.

Ismét oktathatott az egyetemen, s rövidesen hozzáfog egy saját tervezésű jelfogós, programozható számítógép megépítéséhez. A MESZ 1 (Műszaki Egyetemi Számítógép) crossbar kapcsológépekből és jelfogókból készült, kettes számrendszerben működött. Eredeti célja az volt, hogy az áramkörök technikáját, a számítógép működését szemléltesse, de sokkal több lett, mint egy bemutató eszköz. 1955-ben kezdte tervezni és 1957 elején már nekiláttak a megépítésnek, 1958-ban avatták fel. A MESZ 1 a Műszaki Egyetem első, és évekig egyetlen számítógépe volt!

Egycímes utasításrendszerrel működött, az utasításban 5 bites műveleti kódok és 7 bites címek fértek el. Az adatbevitt egy telefonközpontos billentyűzettel oldotta meg, a belső regiszterek jelfogókkal épültek. 12 számot tudott tárolni a regisztereiben. Lebegőpontos számokkal dolgozott, 8 decimális jegyet (27 jegyű bináris számokat) tudott kezelni.

A programot használt, lemosott röntgenfilmre lyukasztotta (bitenként, kézzel), ezeket egy speciális olvasóegység dolgozta fel. A program lapokból állt, egy lap egy filmen helyezkedett el, 45 utasításból állt (ennyi fért a filmre). A számítógépben 2000 darab azonos típusú jelfogó volt, összesen 10 féle változatban. Így a karbantartás és az esetleges utánpótlás nem okozott gondot. A kimeneten egy átalakított Mercedes írógép működött (a betűkarakok alá egy-egy elektromágnes szerkesztett, azokkal lehetett a betűt a papírra ütni). 60 V-os egyenáramú



46. ábra

táplálást igényelt a gép, fogyasztása 600...800 W volt.

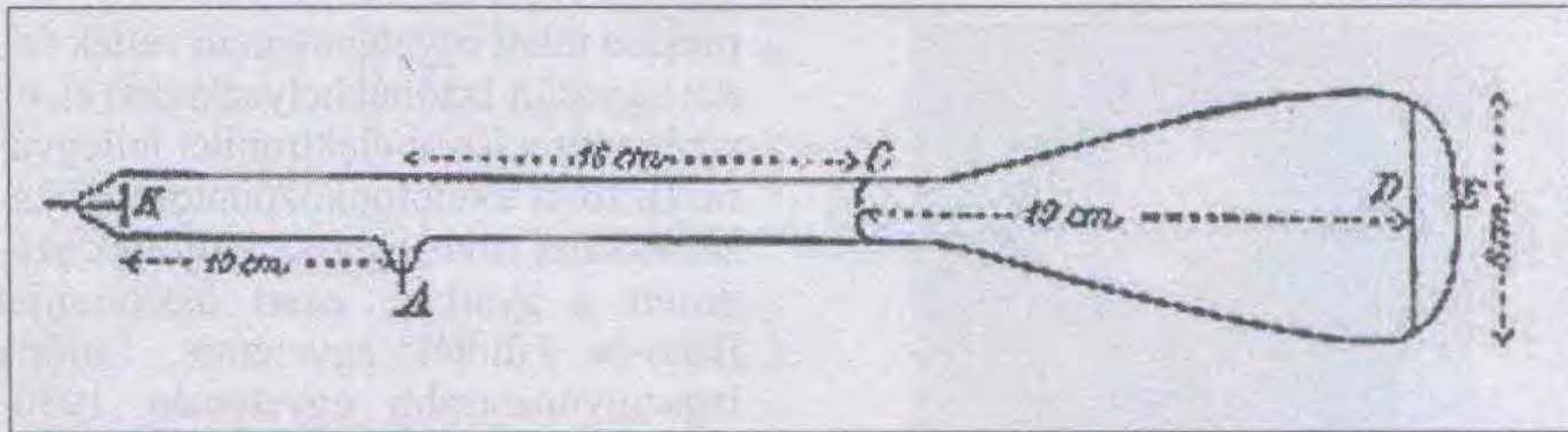
A MESZ 1 (45. ábra) az 1960-as évek végéig működött az egyetemen, azután az Országos Műszaki Múzeumba került. (A szerkesztő megjegyzése: ahol – az ún. Tanulmánytár megnyitása után – végre megtekinthető, sok egyéb kuriózummal együtt.) 1955-ben Kozma László visszakapta a Kossuth-díját, 1960–1963 között a Villamosmérnöki Kar dékánja volt, 1961-től az MTA levelező tagjává, 1976-ban rendes taggá avatták. 1960–1964 között a Nyelvtudományi Intézet részére nyelvstatisztikai elemző gépet épített, egy analizátort, ami lényegében célszámítógép volt (jelfogókkal és csövekkel működött).

Időközben megkezdődött a B1 hazai tervezésű, majd a szovjet tervezésű M3 csöves számítógép építése. Kozma László ellenezte ezt a fejlesztést, mert a csöveket drágáknak, rövid élettartamúaknak és megbízhatatlanoknak tartotta. A jelfogós berendezések iránti bizalmát igazolta, hogy a 20 évre tervezett jelfogós központok 40–50 évig is képesek voltak üzemelni!

Az elektroncsöves digitális számítógépek

Az elektroncsövek évtizedekig nem jelentek meg a digitális készülékekben. Az eseményeket a második világháború gyorsította fel. Az Amerikai Egyesült Államok hadban állt ugyan, de a területén nem folytak harcok. Sőt, Európából egyre érkeztek a jól képzett szakemberek, akik az üldözések, a háború borzalmai elől menekültek. Az amerikai egyetemeken, kutatóhelyeken soha nem látott szellemi kapacitás jött létre.

A háború hatalmas számítási igényeket is jelentett, elsősorban a ballisztika területén.



47. ábra

A nehéztüzérség és a bombázás hatékonysága a löelemtáblázatok minőségétől függött. Egyre több tényezőt igyekeztek figyelembe venni, egyre bonyolultabb volt kiszámítani a táblázatok adatait.

Az amerikai kormány egy új kutatóhelyet szentelt a feladatnak, ez volt a Ballisztikai Kutató Laboratórium (Ballistic Research Laboratory, BRL). A laboratóriumot szabványos IBM kártyakezelő gépekkel szerelték fel, de kaptak egy egyedi gyártású szorzógépet is az IBM-től. Nők százai végeztek az adatok lyukkártyára lyukasztását. *H. H. Goldstine* foglalta össze az időigényeket. Egy tipikus röppálya kiszámításához 750 szorzás szükséges. Ha tízjegyű számok szorzására volt szükség, egy szorzást a dolgozók kézzel 300 s alatt végeztek el, táblázattal, asztali számológéppel 10–15 s alatt. A Harvard Mark I. gépnek 3 s, a Bell Labs Model gépeinek 1 s, a Harvard Mark II. gépnek 0,4 s volt szükséges egy ilyen szorzáshoz. De egy röppálya, mint említettük, kb. 750 ilyen szorzást igényelt. Egy löelemtáblázathoz átlagosan 3000 röppálya tartozott. Az elektromechanikai számítógépekkel ez sok száz órás munka. A hadseregnek tehát a jelfogós gépek nagyon lassúak voltak! Mivel a legkorszerűbb, leggyorsabb kapcsolóelem az elektroncső volt, a sereg ragaszkodott a csöves számítógépek elkészítéséhez.

A hadsereg anyagi támogatása rövidesen eredményre vezetett, elkészültek a csöves gépek, nemsokára a csöves számítógépeket sorozatban gyártó cégek is megjelentek. Idővel aztán kiderült, hogy csendben, esetleg titokban már korábban is készültek csöves számítógépek!

Analóg számítógépeket is építettek csövekkel. Az alapelem, az integrátor igen jó minőségben elkészíthető elektroncsöves kapcsolással, így gyors és pontos számításokat lehetett végezni ezekkel az eszközökkel.

Az elektroncső fejlődésének első szakaszát csak néhány jelentősebb név

és dátum említésével vázoljuk fel. *Thomas Alva Edison* (1847–1930; 46. ábra) 1882-ben egy fém izzószálas égő buráján kialakított egy hosszú oldalágat, abba egy fémlemezt épített be. Kimutatta, hogy pozitív feszültségre kapcsolva a lemezt, negatívra az izzószálat, az izzószál és a lemez között áram tud folyni (ez az ún. Edison-hatás, ami hideg izzószál esetén nem mutatkozott). Ez a kísérleti eszköz volt az első elektroncső. Edison nem tulajdonított különösebb jelentőséget ennek a felfedezésének.

Karl Ferdinand Braun (1850–1918) 1897-ben felfedezte a katódsugárcsövet, az oszcilloszkóp-cső, a tévéképcső és a hagyományos monitorképcső alapját (47. ábra). Megoldotta a foszforeszkáló ernyő, az elektrosztatikus eltérítés és a fókuszálás problémáját is. Németországban 10 év múlva már kísérleti tévéadások kezdődtek.

John Ambrose Fleming (1849–1945; 48. ábra) angol feltaláló a Marconi cégnél dolgozott, és a detektorokat kutatta. 1904-ben tökéletesítette a két-elektrodás elektroncsövet, a diódát, és kimutatta, hogy az alkalmas a nagyfrekvenciás jelek egyenirányítására, azaz a detektor szerepére.

Az elektroncső további sorsa is összefonódott a rádióval. *Lee de Forest* (1873–1961; 49. ábra) amerikai mér-



48. ábra



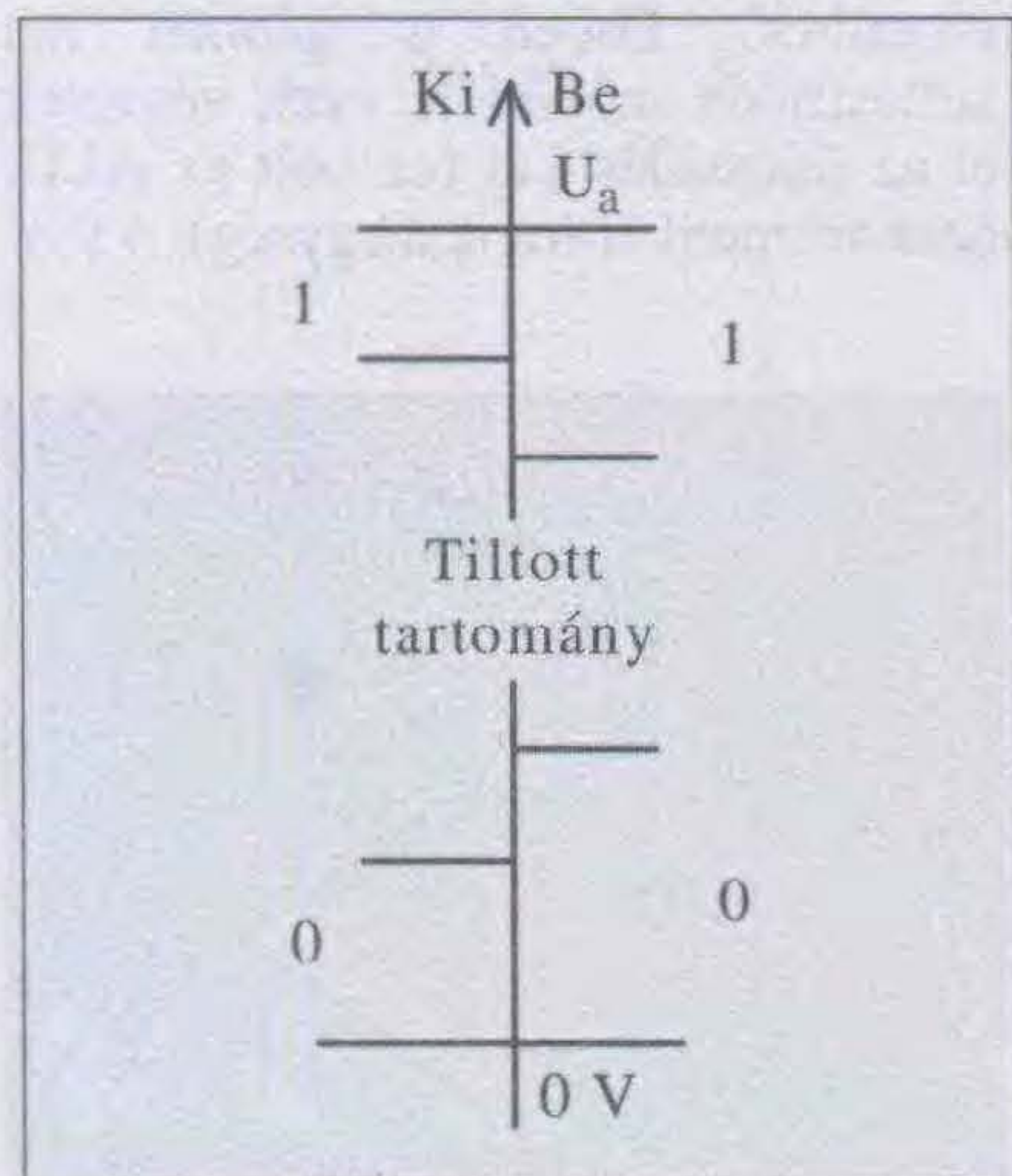
49. ábra

nök és feltaláló 1907-ben a dióda katódja és anódja közé egy harmadik, rácyszerű elektródát helyezett, amire kívülről feszültséget lehetett vezetni. A rácfszültség az anódáramot befolyásolta, vezérelte – így született meg a trióda. Lee de Forest a találmányát audionnak nevezte el.

A triódát az audionos rádióvevőben duplán kihasználták. A katód és a vezérlőrác diódaaként egyenirányította a nagyfrekvenciás jelet. Mivel a demodulált feszültség a vezérlőrácson jelentkezett, közvetlenül az anódáramot is változtatta, azaz a cső fel is erősítette a jeleket.

A trióda karakterisztikájának hibáit további rácokkal lehetett csökkenteni, egyúttal a cső jellemzői is javultak. Rövidesen sok ezer típus jelent meg, melyek különböztek egymástól felépítésükben, méretükben, kivitelükben és karakterisztikaikban.

Az elektromechanikus, jelfogós számítógépek tulajdonképpen fejlesztésük



50. ábra

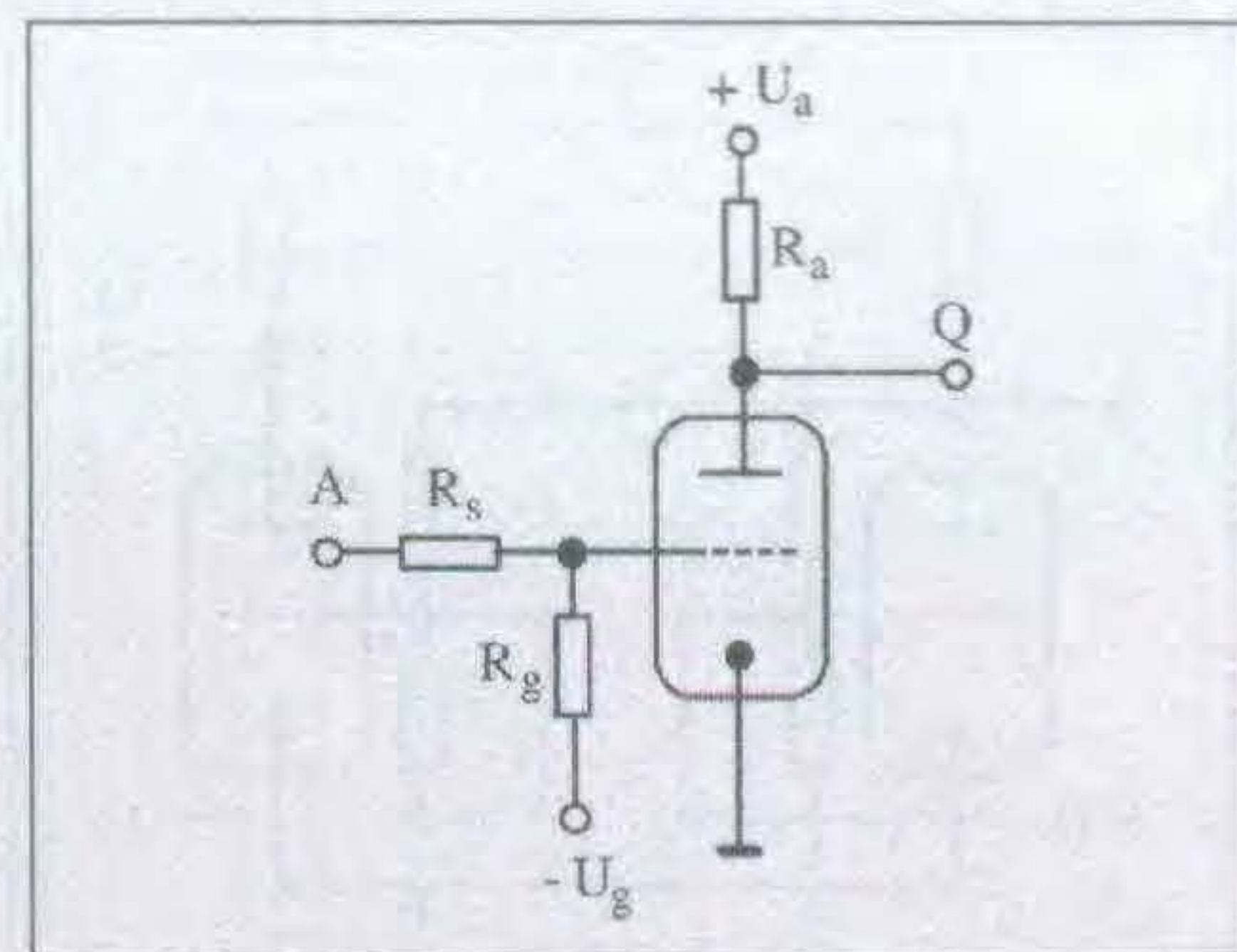
tésükkor már elavultak voltak, hiszen az első példányaik (Z2, Z3, MARK I stb.) építésekor az elektroncső már közel 40 éve ismert volt, 30 éve pedig tömeggyártott alkatrész! A következőkben látjuk majd, hogy a különféle logikai alapegységek mind megépíthetők elektroncsövekkel, a II. világháború végéig mégis váratott magára a csövek ilyen jellegű felhasználása. Mi lehetett ennek az oka?

A jelfogós logikai hálózatok elsősorban a telefon világméretű elterjedése következtében közismertek voltak, a digitális kapcsolások szinte a jelfogós hálózatok természetes alkalmazási területét jelentették. Az elektroncsöveket analóg jelek kezelésére használták, fejlesztésük során is elsősorban a minél tökéletesebb lineáris működésre törekedtek. A csövekkel dolgozó mérnökök nem kísérleteztek a csövek kapcsolózemű felhasználásával.

Egy másik ok, hogy a jelfogók érintkezőin tetszőleges irányú áramot lehet átvezetni, szükség esetén jelentős értékűt is, és a kapcsolt hálózat teljesen független a működtető hálózattól. Csövek esetében a működtető hálózat és a kapcsolt hálózat a közös testpontok miatt galvanikus kapcsolatban van egymással, a csövön átfolyó áram iránya kötött, nagysága pedig erősen korlátozott. Teljesen új áramköri konstrukciókat kellett volna kialakítani, s ezek megalkotásához nem volt megfelelő „kényszer”, egészen a II. világháború végéig. Mint annyi más műszaki területen, itt is a döntő lökést a hadiipar igényei adták. Mielőtt bemutatnánk az első csöves berendezéseket, tekintsük át a csöves digitális áramkörök néhány alaptípusát!

A digitális áramkörökben a cső vezérelt kapcsolóként viselkedik: egyszer szakadást, máskor rövidzárat képvisel az anódja és a katódja között. Az elektroncsövekkel *feszültséglogikás* digitális elemeket lehet kialakítani. A digitális jel két értékét egy-egy viszonylag széles feszültségtartomány képviseli (50. ábra). A feszültséglogika jellegzetessége, hogy a logikai függvényeket műveletvégző áramkörökkel, kapukkal valósítják meg.

Az 51. ábrán invertert láthatunk. Megfelelő ellenállásértékek esetén a fokozat bemenőjele és kimenőjele az ábra szerinti, azaz a logikai egységek egyszerűen egymás után köthetők, ahogyan a logikai függvények kívánják. Ha az *A* ponton a feszültség kb. 0 (logikai 0), akkor a vezérlőrác nagy



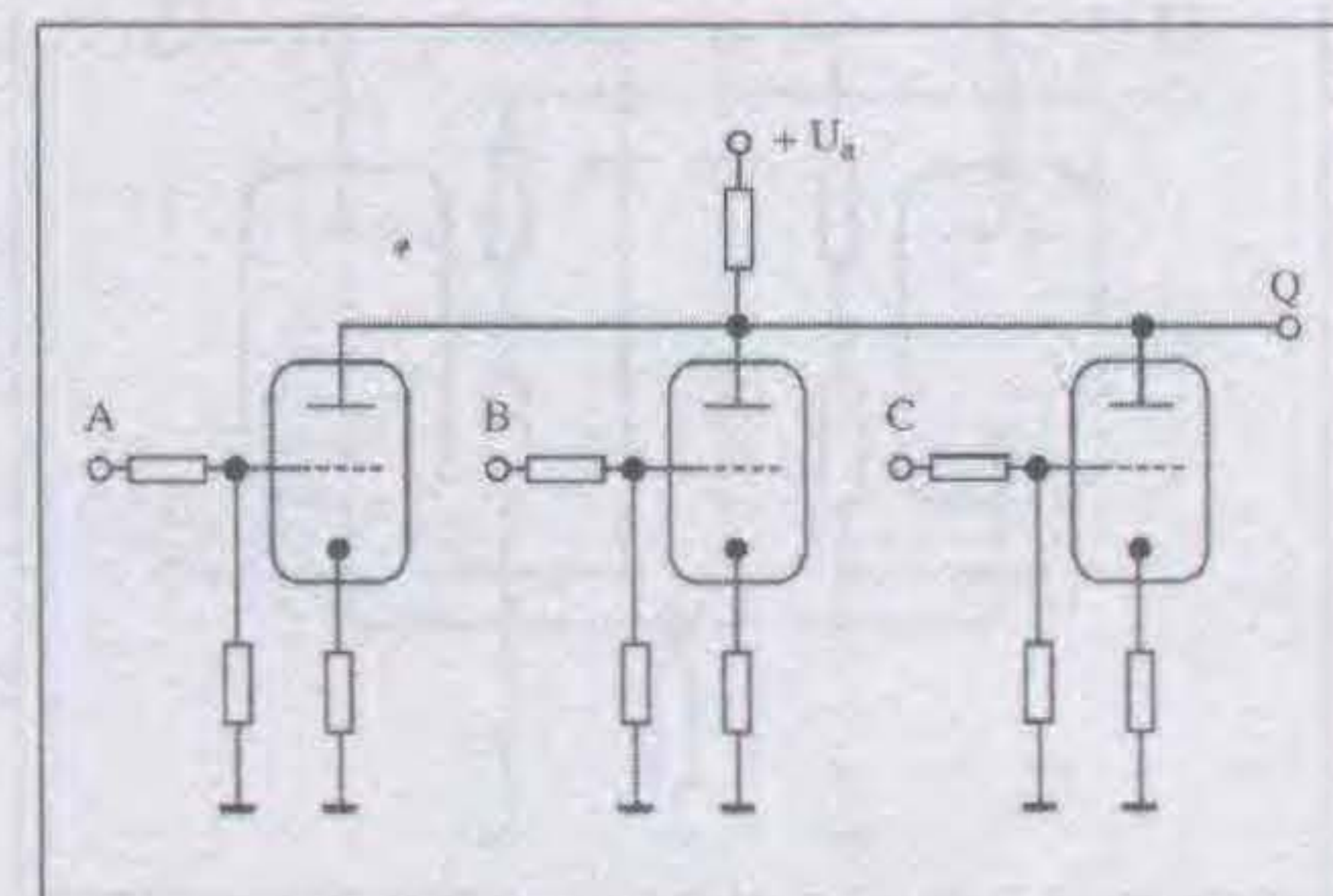
51. ábra

negatív feszültségre kerül, a cső lezár, a *Q* ponton a tápfeszültség jelenik meg (logikai 1). Ha az *A* pontra pozitív feszültséget vezetünk (logikai 1), akkor a rác közel 0 potenciálon lesz, a cső vezet, a kimeneti feszültség is majdnem 0 (logikai 0); megvalósul a negáció.

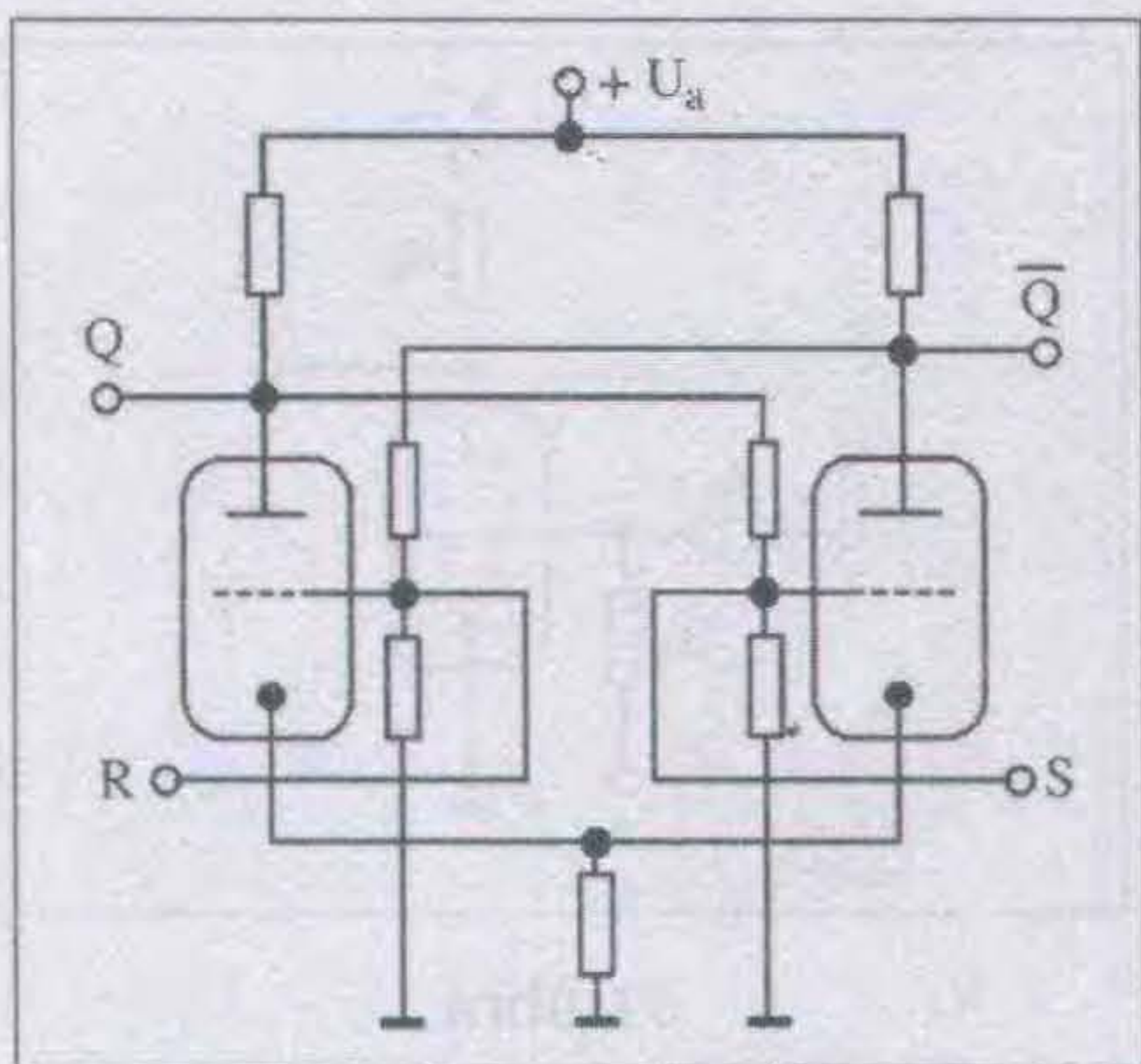
A csövekkel több-bemenetű digitális áramköröket is ki lehet alakítani, melyek különféle logikai függvényeket valósítanak meg. Vizsgáljuk meg pl. az 52. ábrán látható áramkört!

Ha mind a három bemenet (*A*, *B* és *C*) logikai 1, akkor a *Q* kimenet logikai 0, ez nyilvánvaló. Ha mind a három bemeneten logikai 0 áll, a *Q* kimeneten logikai 1 lesz. Ha van a bemenetek között logikai 0 és 1 is, akkor lesz lezárt és lesz működő cső egyaránt. A lezárt cső szakadás, a kimenetet nem befolyásolja, a működő pedig 0-ra kapcsolja azt. A végeredmény tehát az, hogy ez a kapcsolás *három bemenetű NOR kapu*. A NOR pedig univerzális kapu, tehát hasonló kapcsolásokkal minden logikai függvény megépíthető!

Bistabil multivibrátort (BMV-t), azaz egybites tárolót elektroncsövekkel először *W. H. Eckless* és *F. W. Jordan* épített, 1919-ben (53. ábra). Az áramkör tulajdonképpen két inverter: az egyik bemenetére a másik kimenete van kötve, és viszont. Az egyik cső mindig lezárt állapotú, a másik vezet. A lezárt cső rácására egy rövid pozitív impulzust kell vezetni, az bekapcsolja, az



52. ábra



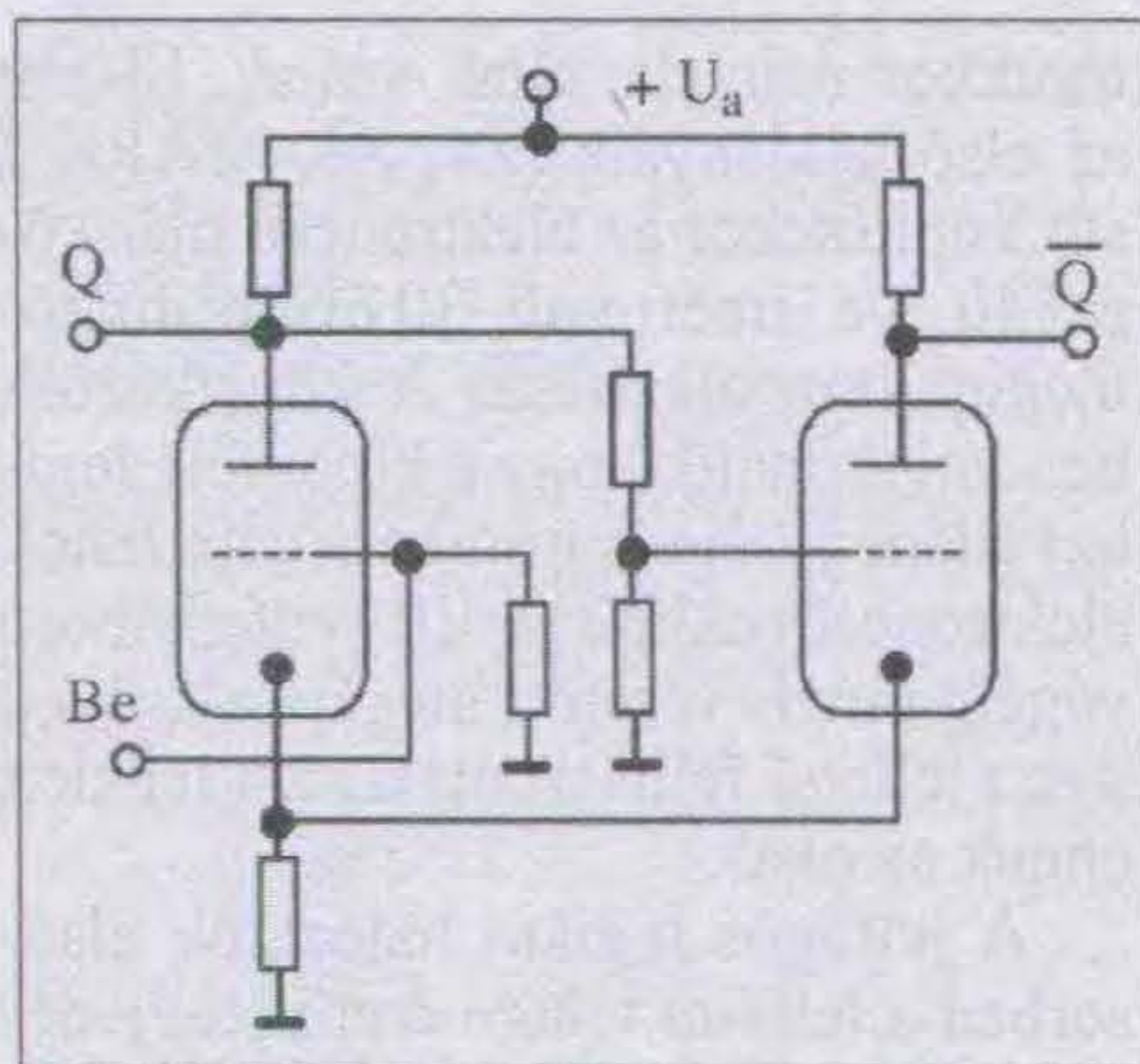
53. ábra

anódfeszültsége hirtelen csökken, ami a másik csövet fogja zárt állapotba vezérelni.

A későbbiekben két bemeneti kondenzátorral egészítették ki ezt a kapcsolást (54. ábra), az így kialakult áramkör volt a dinamikus SR tároló (azért dinamikus, mert nem logikai szintekkel, hanem szintváltásokkal, éllel lehetett működtetni). Mivel elsősorban léptetőregisztereket és számláncokat alakítottak ki ezekből a tárolókból, ez a működési mód nem volt hátrányos! Ha a két bemenetet összekötjük, komplementáló, azaz T jellegű tárolót kapunk. A bemenetek elhagyásával, kondenzátoros belső visszacsatolással RC-oszcillátort is ki lehet alakítani a két csőből.

Az 55. ábrán csöves Schmitt-trigger mutatunk be. Ezzel a hiszterézises fokozattal zajos, esetleg lassú jeleket lehet biztonságosan kezelni. Ezt az áramkört Otto H. Schmitt 1934-ben alkotta meg. A bistabil multivibrátorokból számláncot lehet építeni, annak kimenetét a bemenetére visszavezetve gyűrűs számláncot kapunk.

Helmut Schreyer és Zuse egyszerre végezték főiskolai tanulmányaikat Ber-



55. ábra

linben, a műszaki főiskolán. Jó barátságban voltak, Schreyer sokat segített Zuse-nak a Z1 megépítésében. Közben azonban folyamatosan bizonygatta, hogy elektroncsövekkel kellene számítógépet építeni.

Később elváltak útjaik. Schreyer az elektroncsöves megoldást úgy képzelte el, hogy a jelfogókat egyszerűen modellezi egy csöves áramkörrel, és így elektronikus változatban lehet megépíteni a jelfogós számítógépet. 1938-ban építi első, működő csöves logikai áramköröt, 1940-ben 10 bites összeadó épít csövekkel és glimmlámpákkal. 1941-ben ebből a témából írt doktori dolgozatot. A hadseregtől kért támogatást, amit végül a légierőtől kapott meg. Schreyer az új alkatrészt „tube-relay”-nek azaz relé-csőnek nevezte el. Végül az újszerű, többször áttervezett csövet a Telefunken gyártotta le. Ez lényegében egy kettős cső volt; egy trióda és egy tetróda alkotta, egy összetettebb jelfogós hálózat működését szimulálta (működési frekvenciája 10 kHz volt). A tetróda ÉS-kaput alkotott, a trióda invertert, melynek vezérlőrácsára egy harmadik bemenetet is rá

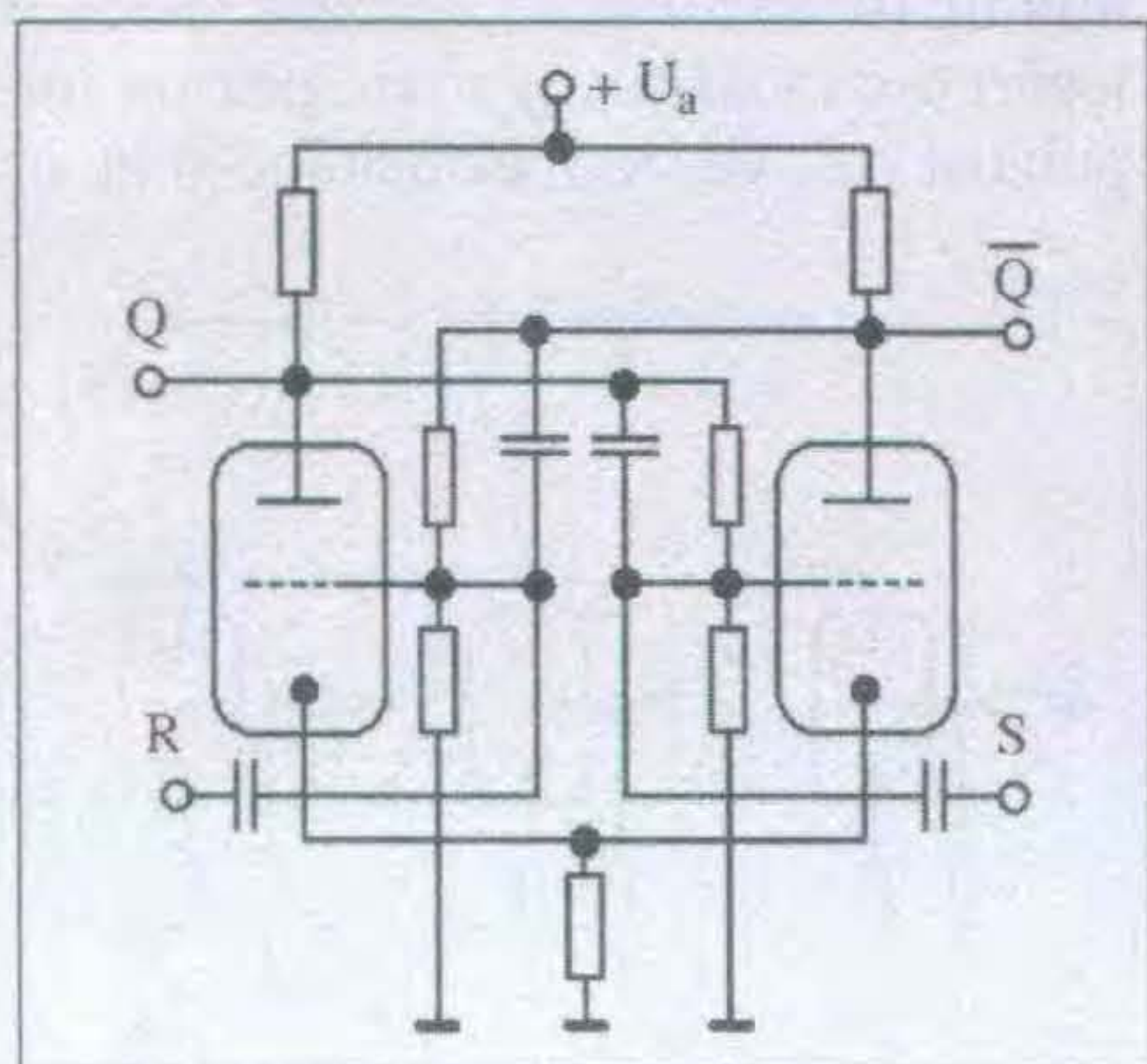


57. ábra

lehetett vezetni, ami az ÉS kapu kimenőjelével VAGY kapcsolatba került, s ez a jel vezérelte az invertert. A csővel végül az összes logikai alapművelet el lehetett végezni. A háború alatt Schreyer más feladatokat kapott, csöves kísérleti áramkörei elpusztultak.

Aki az első elektronikus digitális számítógépet, azaz csöves gépet megtervezte és megépítette: John Vincent Atanasoff (1903–1995; 56. ábra), aki az Iowai Állami Főiskolán tanított. Csak 1973-ban tudta meg a műszaki társadalom, hogy ezen a kis főiskolán 1937 és 1942 között csöves számítógép épült. Atanasoff nem publikálta és nem szabadalmaztatta eredményeit, elsőséget csak idős korában ismerték el. A tanítványai okulására építette a gépet. Munkájában Clifford Berry (1918, 1963; 57. ábra), az egyik tanítványa volt a segítségére.

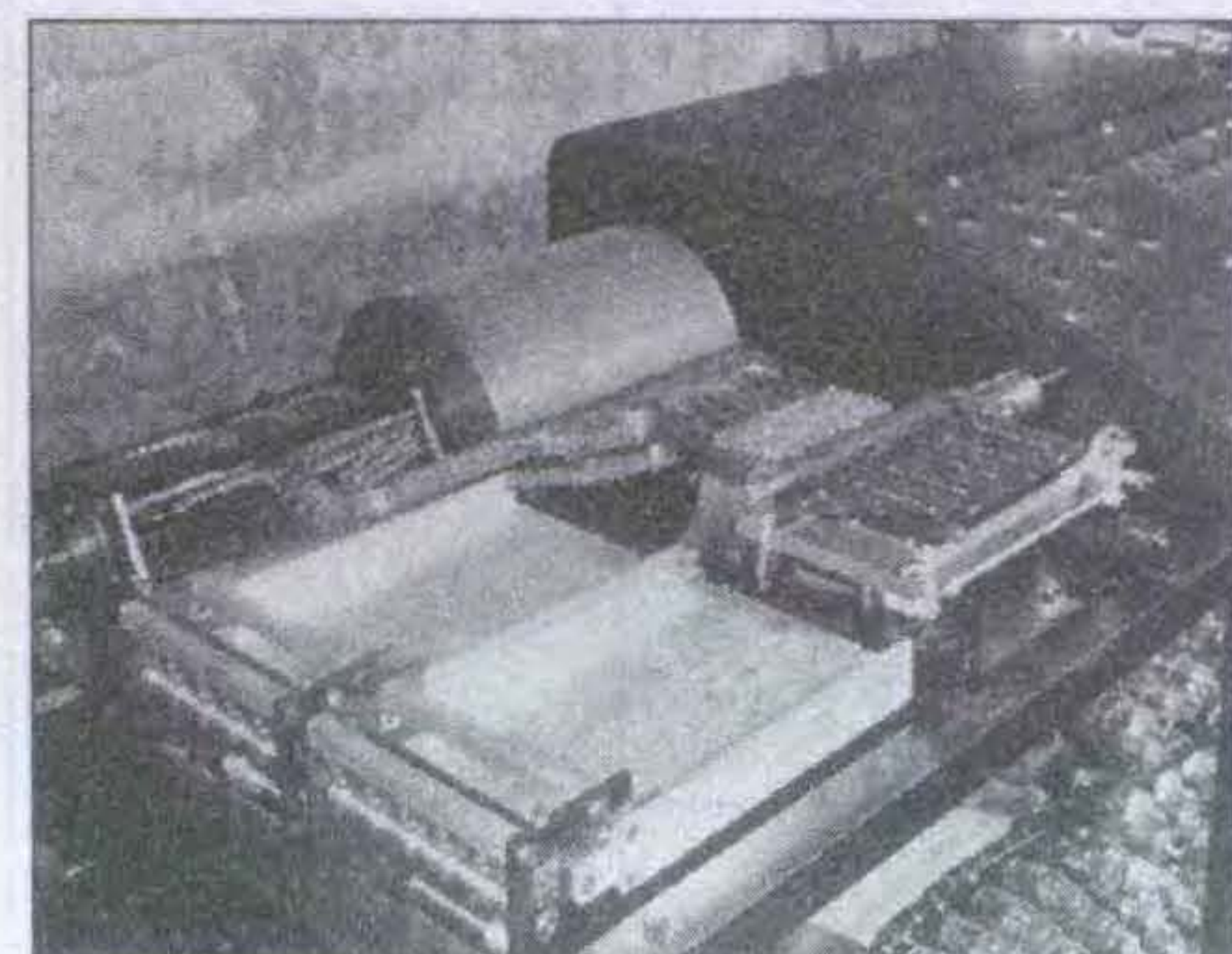
Atanasoff már 1937-ben megfogalmazta, hogy elektronikus digitális eszközökkel, azaz csövekkel kell számítógépet építeni. 1937-ben fogott hozzá a tervezéshez, majd Berryvel az építést is elkezdték. Ebben a gépben hét kettőstrióda működött, ezek végezték el az összeadásokat (ez volt az ALU, azaz aritmetikai-logikai egység). A töb-



54. ábra



56. ábra



58. ábra



59. ábra

bi matematikai alpművelet összeadások sorozatára volt visszavezetve.

A második gép, az Atanasoff-Berry-Computer (ABC) néhány részegysége már 1939-ben működött (pl. az aritmetikai egysége), a teljes gép 1945-re készült el (58. ábra). 300 elektroncső végezte benne az aritmetikai-logikai műveleteket és a vezérlési feladatokat. Eredetileg 25 bites számokra tervezték, de végül 50 bites számokkal működött a gép. A tároló egysége egy zseniális alkotás volt. Összesen 60 darab 50 bites adatot fogadott be, két forgó dobra szerelt kondenzátoraiba. Egy bit – egy kondenzátor. A kondenzátorok egyik kivezetése a dob fémtengelyéhez csatlakozott (testelve volt), a másik kivezetést kefékkel lehetett letapogatni. Egy sorban 50 darab kondenzátor-kivezetés helyezkedett el, ez volt egy szó, és 30 sorban álltak a kondenzátorok: ez 30 tárolt szó dobonként. Egy körülfordulás (1 s) alatt minden adat beírható vagy kiolvasható volt. A kondenzátorok kisülése miatt a tartalmat frissíteni is kellett, ezért egy villanymotor folyamatosan forgatta a tárolót és egy kapcsolás automatikusan frissítette a tartalmat (a világ első DRAM áramköre rajzolódik ki előttünk!).

Lineáris egyenletrendszer megoldására készült a gép, egészen 30 változóig! Az ABC tehát kötött programú célszámítógép volt. A kondenzátoros regiszter az együtthatókat tárolta. Adatbevitelre, adatkivitelre lyukkártyákat használtak.

Amikor elkészült, Atanasoff bemutatta a gépet az IBM-nek, de a cég közölte: őket soha nem fogja érdekelni a csöves számítógép. A gép áramköreinek elkészítése során Atanasoff sok ötletes megoldást gondolt ki. Gépeit ké-

sőbb szétszerelték, kortársai általában nem is ismerték az eredményeit.

Az ABC mégis igen jelentős lépés volt a digitális áramkörök fejlődése szempontjából annak köszönhetően, hogy egy kis, Philadelphia melletti főiskola fizikusa, *John W. Mauchly* meglátogatta 1941-ben Atanasoffot, és két hétig vendégeskedett nála. Ez alatt az idő alatt szinte kizárólag az ABC szerkezetét, felépítését, részegységeit tanulmányozta. Rövid idő múlva Mauchly a Pennsylvanai Egyetem Moore Villamos Intézetében helyezkedett el, ahol a digitális elektronika következő szenzációs eredményét alkotta meg munkatársaival – az ENIAC-ot.

Évekkel később Atanasoff megkísérelte elismertetni elsőségét az elektronikus számítógépek építésében, de sokáig sikertelenül. 1970-ben bírósági végzés mondta ki Atanasoff elsőségét az elektronikus digitális számítógép építésében, de a szakmai közvélemény nem fogadta el ezt a döntést. Végül 1990-ben George Bush elnök elsőként ismerte el állami szinten Atanasoff számítástechnikai tevékenységét, elsőségét az elektronikus számítógép építésében, s az eredményeiért ki is tüntette.

Az ABC kötött programú számítógép volt, a programozhatók közül hosszú időn át az ENIAC-ot tartották a legelsőnek. Míg nem 2000-ben kiderült, hogy jóval hamarabb megépültek Angliában az első programozható elektroncsöves számítógépek! Csak hogy katonai berendezések voltak, és fél évszázadra titkosítottak minden róluk szóló anyagot és híradást...

A második világháború kitörését követően az angol kormány egyre jobban sürgette a logisztikai és a kódfejtő eszközök fejlesztését. E munkálatok vezetője *Alan Turing* (1912–1954; 59. ábra) matematikus volt. Londontól északra, a Bletchley Parkban rejtőzött a kódfejtő központ, itt működtek később a számítógépek is.

A német hadvezetés egy korábbi polgári találmányt, az Enigma kódolót választotta ki a hadsereg rádióüzeneteinek, parancsainak titkosítására. Az Enigma lelke egy Lorenz típusú kódoló gép volt, melynek kódoló tárcsáit több, egymáshoz képest elfordítható körlemez alkotta. A rejtjelző gép egy álvéletlen jelsorozatot generált, amit egy beállítási utasítás, rejtjel-kulcs segítségével állítottak be rajta, és ezzel a jelsorozattal kombinálta az üzenetet. A visszafejtéshez ugyanarra az álvéletlen jelsorozatra volt szükség.



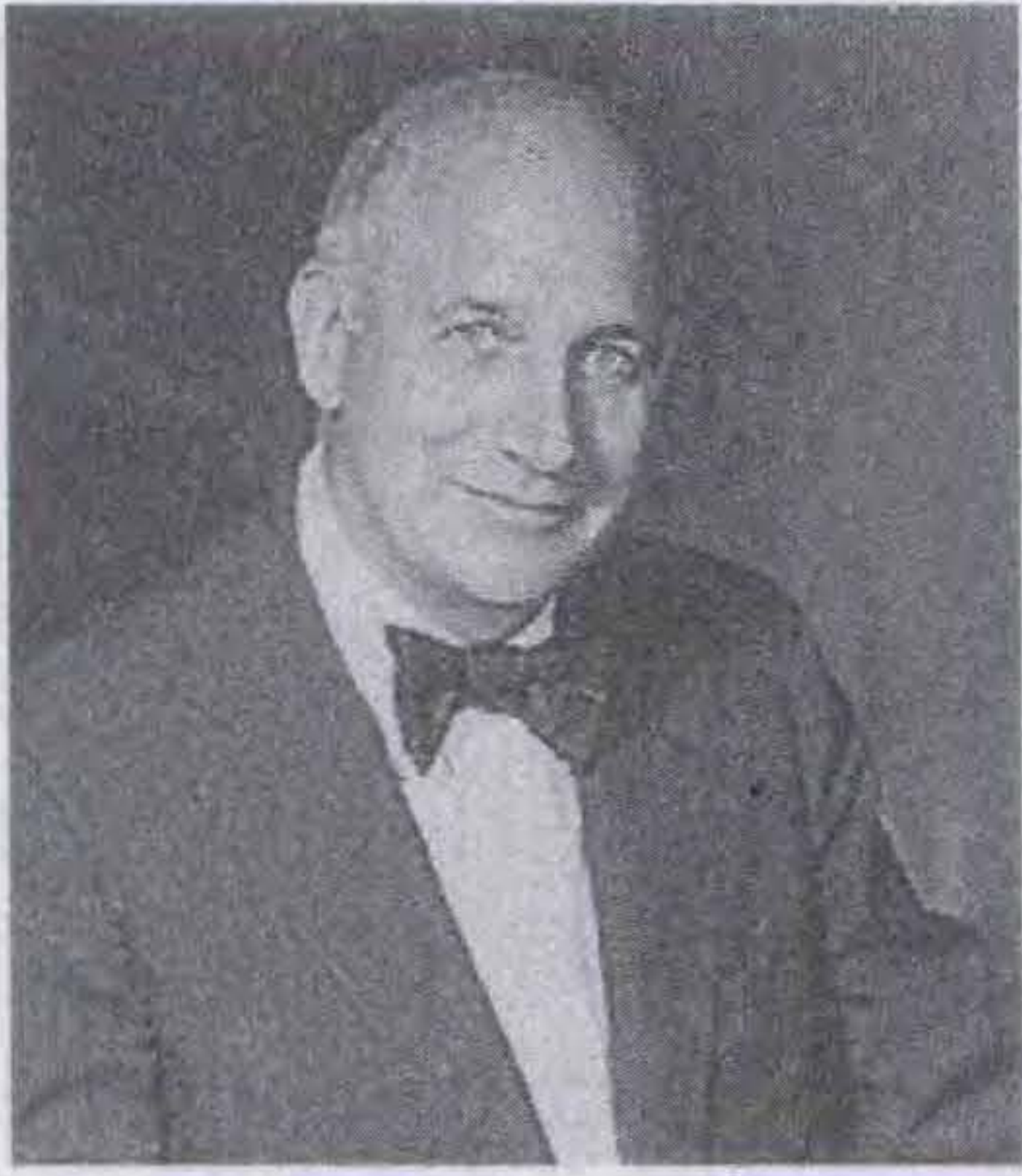
60. ábra

Megfejtetetlennek tartották, mert 1018 féle indulási helyzetbe lehetett beállítani a tárcsákat! Az angolok sok rádióüzenetet elfogtak, lassan megoldották a visszafejtést, de az kézzel rendkívül időigényes volt. Amikor a kódfejtők begyakorolták magukat, már átlag 6 hét alatt megfejtettek egy-egy rádióüzenetet. A gyors eredmény érdekében azonban számítógépre volt szükség.

Először jelfogós számítógépet építettek a kódfejtésre (Robinson), ez 1000 karakter/s sebességgel tudta a lyukszalagra rögzített üzeneteket beolvasni. A működéshez két lyukszalagot kellett folyamatosan párhuzamosan beolvasni, az egyiket a kódolt üzenet, a másikon az álvéletlen jelsorozat volt. A két olvasó szinkronizálása gondot jelentett. Egymás után különféle álvéletlen sorozatokkal olvasták össze az üzenetet, és ha értelmes szavakká állt össze, az azt jelentette, megtalálták a megfelelő álvéletlen sorozatot.

A hatékonyabb működéshez olyan gépre volt szükség, ami maga előállítja az álvéletlen jelsorozatokat, tehát csak egy szalagot kell beolvasnia. A megoldás a Colossus I, a világ első programozható elektronikus számítógépe lett. A kísérleti, nagy sebességű programozható gép fejlesztése 1943-ban kezdődött, és 1944-ben már üzemelt! 1500 elektroncsövből állt, az órajele 5 kHz volt. Fél év múlva elkészült a végleges Colossus Mark 2, ez működött a Bletchley Parkban. Másodpercenként 12,5 millió számítási lépést tudott elvégezni, fotocellás olvasója 5000 karakter/s sebességre volt képes (ez kb. 12 m/s sebesség!). Mivel megfigyelték, hogy az izzólámpákhoz hasonlóan az elektroncsövek is bekapcsoláskor égnek ki leginkább, a számítógépet az üzembeállítástól a háború végéig ki sem kapcsolták!

A gép 2,3 m magas, 5,5 m széles volt, 4 db lyukszalagolvasót működtet-



61. ábra

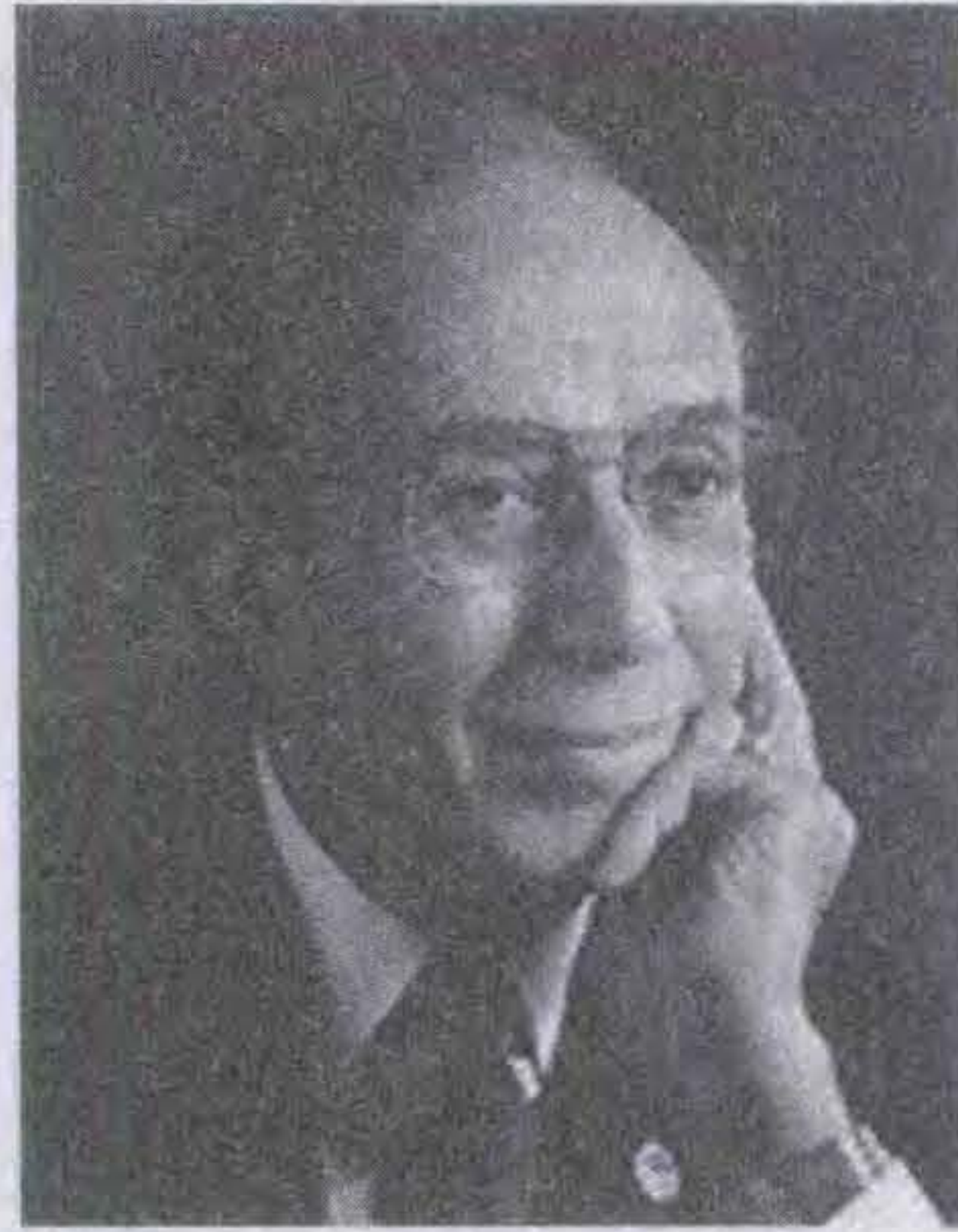
hetett egyszerre, a fogyasztása 5 kW volt. Összesen 10 gép dolgozott a rejtjelzések megfejtésén. A háború végén nyolcat a helyszínen szétszereltek, kettőt ugyan megtartottak, de 1960-ban azokat is szétszedték, a dokumentumokat megsemmisítették. 2000-ben, amikor feloldották a titkosítást, a megmaradt 500 oldalnyi dokumentációt is közzétették. Később egy gépet újraépítettek, az került múzeumba (60. ábra).

A programozás kapcsolókkal és dugaszolható panelekkel volt megoldva. Egy üzenet megfejtését átlag egy óra alatt elvégezte.

A Ballisztikai Kutató Laboratórium, a BRL és a Pennsylvania Egyetem a hadsereg anyagi támogatásával kezdett hozzá egy csövekkel működő, gyors, programozható számítógép készítéséhez. A fejlesztés két kulcsfigurája *John Presper Eckert* (1919–1995; 61. ábra) és *John William Mauchly* (1907–1980; 62. ábra) volt, az egyetemi Moore Intézetből. *Herman Heine Goldstine* (1913–2004; 63. ábra) a hadsereget képviselte. Mauchly az intézet professzora volt, Eckert egy kiemelkedő képességű továbbképzős villamosmérnök-hallgató.



62. ábra



63. ábra

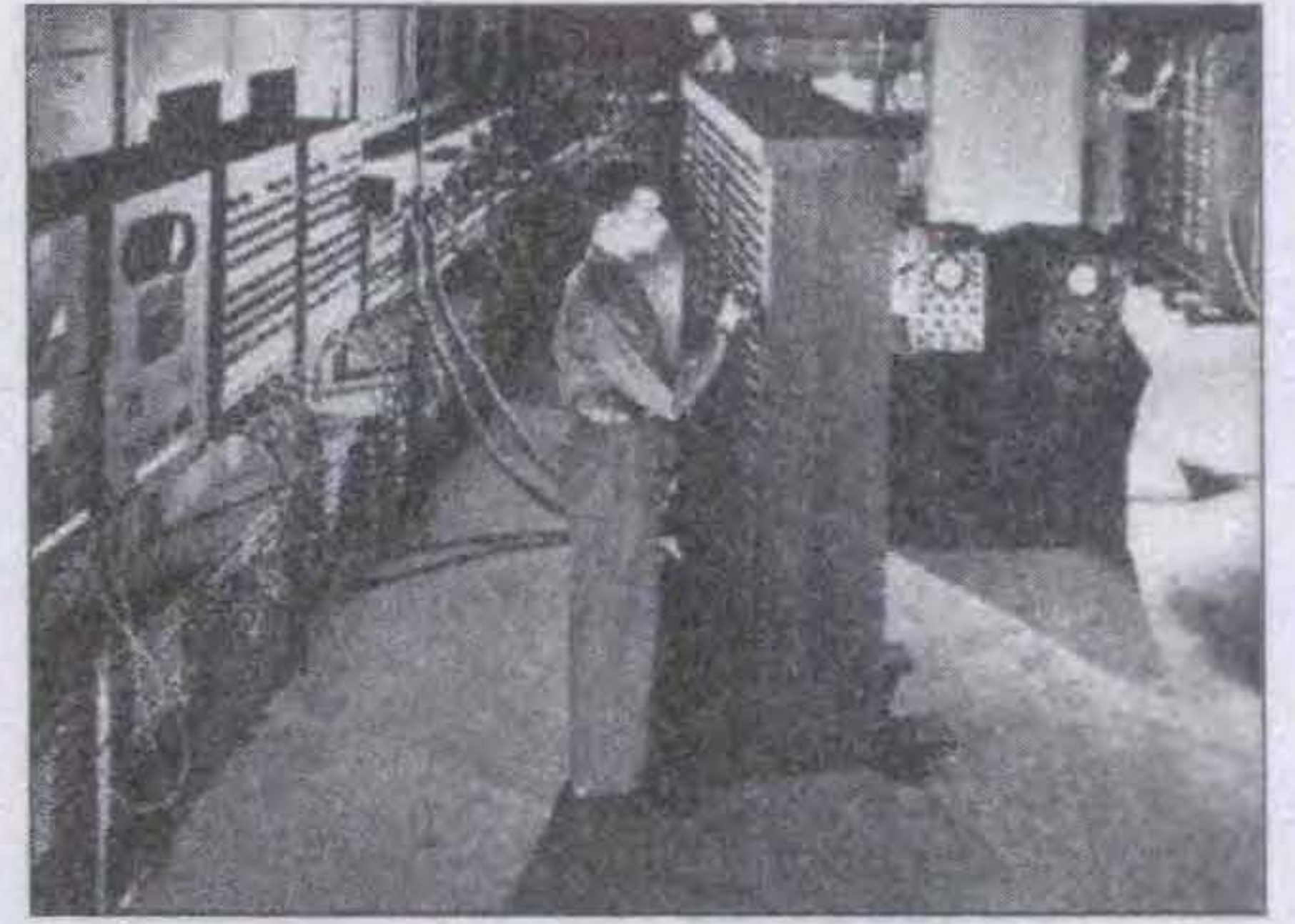
1943-ban indult meg a fejlesztés az egyetemen, a készülő gép neve Electronic Numerical Integrator and Computer, azaz ENIAC lett. 1946-ban állították üzembe, a jelfogós gépeknél 500-szor gyorsabba sikerült!

Az ENIAC (64. ábra) 30 m hosszú, 3 m magas és 0,9 m mély szerkezet volt, 140 m² területet foglalt el. 17 468 elektroncső, 70 000 ellenállás, 7200 félvezető dióda, 10 000 kondenzátor, 4100 jelfogó, 6000 kézi kapcsoló működött benne, építéskor 5 millió forrasztási helyet képeztek ki. 174 kW-os fogyasztása révén erőteljesen melegegett, légkondicionálót kellett felszerelni a teremben.

Tíz-es számrendszerben működött a gép, az összeadást és a kivonást 0,2–0,3 ms alatt elvégezte, a szorzáshoz 3 ms, az osztáshoz 30 ms volt szükséges, 300 ms alatt elvégzett egy négyzetgyökvonást.

Az ENIAC 10 jegyű, előjeles decimális számokkal végzett műveleteket, a számokat a gépen belül is tízes számrendszerben ábrázolták. Az adatbevitel szabványos IBM lyukkártya-olvasóval volt megoldva, az adatkimenet is IBM gyártmányú lyukkártya-lyukasztót működtetett. A konstansokat 20 darab tíz-jegyű regiszterben tárolták.

A futás közben keletkező átmeneti értékeket akkumulátorban tárolta a számítógép. Tíz számot tudott befogadni, ha több értéket kellett megőrizni, azokat ki kellett lyukasztani lyukkártyára, majd később be kellett olvastatni. Az akkumulátort 10 fokozatú gyűrűs számlálók alkották, ezek fokozatai közül egy volt logikai 1 értékkel feltöltve, a többiben logikai 0 volt. Minden léptetőjel hatására egy fokozattal előre került a logikai 1. Ha elérte az utolsó fokozatot (9), egy visszacsatoló-hálózatot át újra az első fokozatot (0) léptette, de eközben a következő



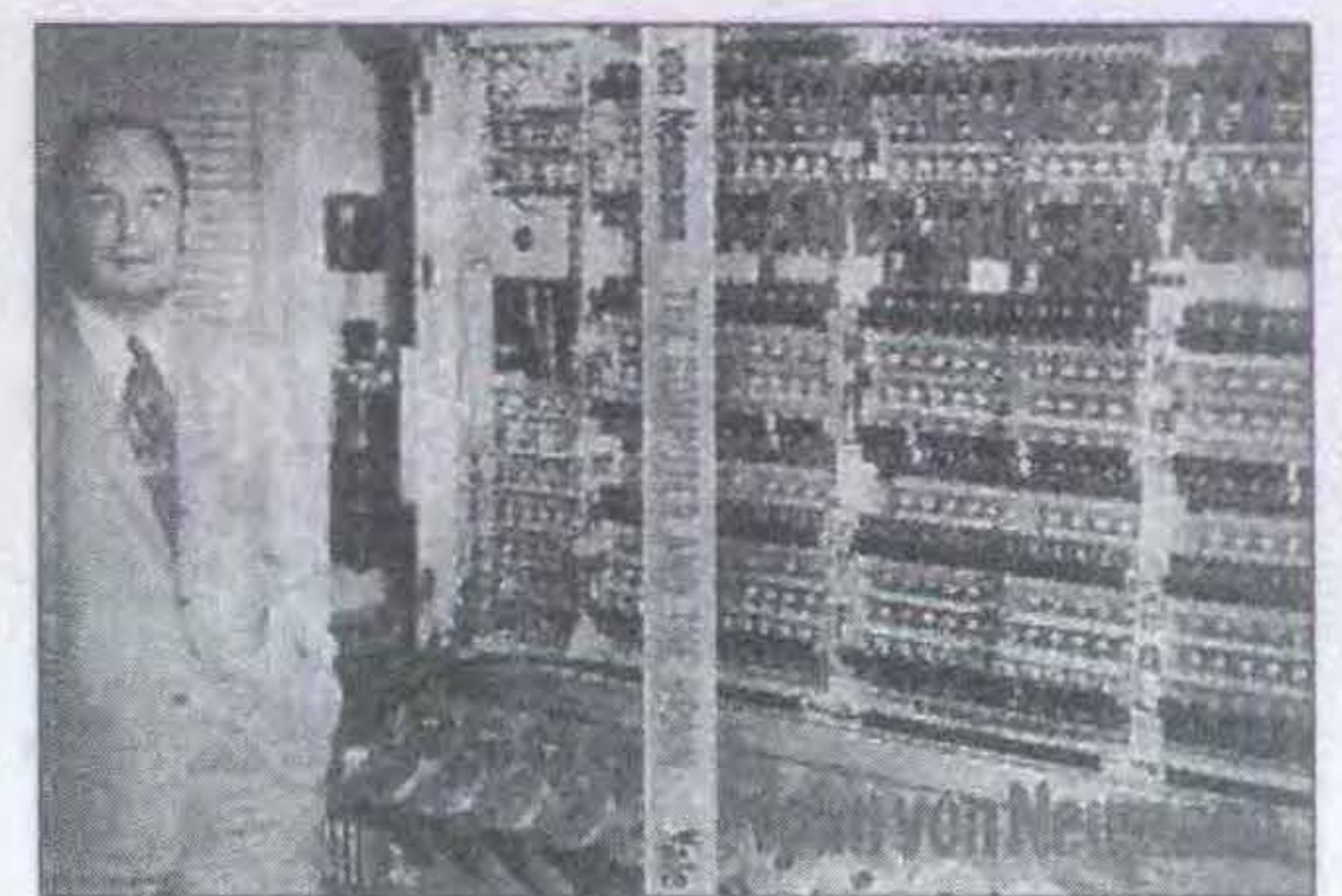
64. ábra

helyérték számlálójához is eljutatott egy léptetőjelet. Ez a működés pontos mása a hajdani fogaskerekes decimális számlálóműveknek, ezért gyakran elektronikus fogaskerekeként emlegették az egyes számláncokat. Egyébként a tervezők valóban a mechanikus, fogaskerekes számlálóművet vették alapul a tervezéskor, annak működését utánózták (ha úgy tetszik, szimulálták) elektroncsövekkel.

A felavatása után az ENIAC még sok gondot okozott az üzemeltetőinek. Általában 1–2 órát működött, azután egy vagy több napos hibakeresés és karbantartás következett. Később, hogy a csőhibák csökkenjenek, a csövek élettartamának felénél a teljes garnitúrát lecserélték. Az ENIAC fénykorában 1–2 naponta produkált egy csőhibát.

A gép programozása kapcsolótáblák beállításával, kézzel volt megoldva. Az aktuális feladatsorhoz elvégezték a beprogramozást, működtették néhány órán át a gépet, kilyukasztották az eredményeket, majd ismét lehetett programozni.

Az ENIAC 1946. június elsején készült el, de a kormány június 30-án vette át. A közbeeső időben a fejlesztők a dokumentációt készítették el, amelyik öt kötetes lett! 1946. novemberében kikapcsolták a gépet, szétszerelték és átszállították Aberdeenbe, a BKL-hez. Ott 1947. júliusában kezdett ismét működni, a Neumann-elvek alapján kissé



65. ábra

átszerkesztve. (Neumann és Goldstine korábban véletlenül találkoztak egy vasútállomáson, beszédbe elegyedtek, majd Goldstine meghívta az ENIAC építéséhez Neumannt. Ezután már rendszeresen konzultáltak egymással.) 1955. októberében végleg leállították a gépet és felújítás után múzeumi tárgy lett belőle.

1946-ban Mauchly és Eckert engedélyt kapott, hogy egy nyári egyetem keretében ismertessék a világ szakemberei előtt a gépüket. Tulajdonképpen ez a tanfolyam indította el világszerte a csöves óriásgépek építését, hamarosan több országban is iparszerűen gyártották ezeket a monstrumokat.

Az első, tárolt programú elektronikus számítógép az EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer) volt, melynek tervezése az ENIAC üzembeállításával egy időben megkezdődött a Pennsylvania Egyetemen. Ennek a gépnek a tervező csoportjában már aktívan dolgozott *Neumann János* (az EDVAC mellett; **65. ábra**) is, a csoportot azonban most is Mauchly és Eckert irányította. A fejlesztés 1944-ben, a kísérleti üzem pedig 1948-ban kezdődött. Véglegesen 1951-ben helyezték üzembe ezt a gépet.

Az EDVAC fejlesztésének talán legnagyobb eredménye az, hogy Neumann János megfogalmazta a tárolt programú digitális számítógépekre vonatkozó nézeteit, elveit egy tanulmányban: „First Draft of Report the EDVAC”.

Neumann János (**66. ábra**) 1903. decemberében, Budapesten született. Már fiatalon is kitűnt rendkívüli képességeivel, kiváló nyelvérzékével (bancár édesapjával ógörögül tréfálkoztak). Csodálatos emlékezőtehetsége volt, amit egyszer elolvasott, akár évtizedek múlva is képes volt szó szerint idézni.

Gimnáziumi éveit már tanárai-val közös cikket írt. 1921-ben beiratkozott a Budapesti Tudományegyetemre, de párhuzamosan a berlini és a zürichi egyetemre is járt. Zürichben 1925-ben védte meg vegyész-mérnöki diplomáját, majd Budapesten egy év múlva matematikusként doktorált. 23 évesen a Berlini Egyetem magántanára (a Matematika Tanszéken). 1930-tól a Princetoni Egyetem oktatója, előbb vendégtanár majd kinevezett professzor (1931-től).

1921-ben a játékelméletről publikált, a következő években foglalkozott a hangsebesség feletti áramlások leírásával, a lökési és robbanási jelenségek-



66. ábra

kel, a hullámokkal. Így került a Ballisztikai Kutató Laboratóriumba. A problémák matematikai megoldásait kereste, erősen vonzódott a numerikus megoldásokhoz, kereste a gépi számítások lehetőségét is.

Meghívták Los Alamosba (az atombomba-csoportba) is, ahol Harvard Mark I jelfogós számítógépek és Bush mechanikus analízátor állt a kutatók rendelkezésére. Közben meglátogatta az épülő ENIAC-ot. 1930-tól 1933-ig az IAS matematika professzora, számítógép-elmélettel foglalkozik. Fő munkahelye 1955-ig Princeton, majd Washington. A kormány szakértőként alkalmazza, az amerikai hadsereg minden fegyverneménél dolgozott ilyen minőségben.

Az EDVAC fejlesztésének során írt tanulmányában (First Draft of Report the EDVAC, azaz Az EDVAC-ról szóló jelentés első vázlata) fogalmazta meg híres elveit a számítógépek felépítésével kapcsolatban. A fontosabb tézisek:

1. teljesen elektronikus legyen a gép, egyszerre egy műveletet végezzen, de nagy sebességgel;
2. kettes számrendszert használjon;
3. használjon belső memóriát, a közbenső értékeket ott tárolja;
4. a tárolt program elve: az adatokkal azonos módon tárolhatók a gépben az utasítások is;
5. univerzális legyen a számítógép, a programja legyen egyedi, speciális!

Miután véletlenül találkozott Goldstine-nel, egyre többet foglalkozott a csöves számítógépekkel, az elméleti és az áramköri vonatkozásaikkal egyaránt. A következő számítógép (az EDVAC) tervezésénél már végig ott volt Mauchly és Eckert mellett. Neumann Jánosnak nagy szerepe volt abban, hogy a fejlesztők *ne számításokat*

végző készüléket akarjanak építeni, hanem logikai berendezést, ami programozással vehető rá számítási feladatok megoldására. Ez a felismerés hatalmas lendületet adott a számítógépek fejlődésének, egyúttal a digitális áramkörök, mint önálló technikai terület megszületését is lehetővé tette. A későbbi csöves elektronikai számítógépek már logikai hálózatokként készültek, kettes számrendszerben dolgoztak s így lehetett velük a matematikai problémákat megoldani.

Nagyon sokat dolgozott. Elméleti kutatásai mellett rendszeresen publikált, és előadásokat tartott a világ minden részén. Ha valahol számítógépekkel kapcsolatos konferenciát rendeztek, Neumann János mindig megjelent és aktívan részt vett a megbeszéléseken.

Megbetegedett, a tüdőrák rohamosan tönkretette az egészségét (valószínűleg a kísérleti atomrobbantások során nem volt elég elővigyázatos, ahogyan a többiek sem...). Betegen is készült új előadására, de 1957 februárjában meghalt, így „A számítógép és az agy” csak vázlatos kéziratként maradt ránk.

Neumann János volt az első, aki világosan megértette (és hirdette), hogy a számítógép lényegében logikai funkciókat lát el.

Az 1930-as évek végén Európa egyik elismert elektroncsőgyára az Egyesült Izzó, a csövek alkalmazásának ezért jó alapjai voltak nálunk. A Telefongyár 1940-ben kifejlesztette az R1 és az R2 hordozható csöves katonai rádió adó/vevő készülékeket, melyek korukban csúcstechnikának számítottak. Vasúti biztosítóberendezéseket is gyártottak itt, csöves vezérlőegységekkel. A gyár terméke volt az EDLA I, jelfogókkal és csövekkel megépített készülék, egy könyvviteli gyűjtőberendezés.

A Központi Fizikai Kutató Intézet (KFKI) 1963-tól gyártotta a 128 csatornás analízátorát, melyet elektroncsövekkel és ferritmagos memóriával építettek.

Miközben Kozma László a Műegyetemen a MESZ 1-et tervezte, a kormányzat 1957-ben létrehozta az MTA keretén belül a KKCS-t (Kibernetikai Kutató Csoport). A kitzűzött feladat: csöves számítógépet kell építeni! A csoport vezetője, *Tarján Rezső* megszerezte az ENIAC részletes leírását. Ennek ismeretében kezdték el a csoport fiatal mérnökei a csöves számítógép tervezését (B1, azaz Budapest 1 né-

ven), de pl. a programmemóriát Ni késleltetőhuzalos memóriával gondolták megvalósítani. A KKCS hamarosan önálló intézetté alakult, az élére *Varga Sándor* került, aki a szovjet emigrációból éppen akkor tért vissza (Tarján Rezső igazgatóhelyettesi beosztásba került). *Varga Sándor* szerint nem kísérletezni kell, hanem építeni – és Moszkvából megszerezte egy, még csak papíron létező csöves számítógép műszaki leírását. Az M3 az IAS gépre hasonlító csöves számítógép volt (67. ábra). A magyar mérnökök átnézték és kijavították a terveket és hozzáláttak a megépítéshez. 1957–1959 folyamán a számítógép elkészült, egy 60 m²-es termet foglalt el. 1959. január 21-én a gép működni kezdett és 1965-ig működött!

Az operatív tárolója mágnesdob volt (1024 darab 31 bites rekesz), amit később ferritárra cseréltek, szóhosszúsága 31 bit (1 bit előjel, 6 bit utasításkód, két operandus címe). A sebessége: 30–50 művelet/s. Kétcímű, 50 utasításból álló utasításrendszere volt. A ferritáras változat gyorsabb lett, az összeadást 0,06 ms alatt el tudta végezni, a szorzáshoz 1,9 ms időre volt szüksége. 500 darab alegységből épült fel, 1000 elektroncső, 4000 ellenállás, 3000 kondenzátor, 5000 félvezető dióda alkotta. Az energiafelvétele 10...15 kW között változott.

Az M3 nálunk folyó építésével közel egyszerre kiviteleztek egy-egy példányt a Szovjetunióban, Romániában és Kínában is. A Romániában készülő géphez a mágnesdob-egységeket a KKCS gyártotta le! Amikor elkészült a gép, a tervezőbrigád átalakult üzemeltető csoporttá és igen sok különféle feladatot vállaltak a gépre.

A biztonságos működés érdekében hamarosan az egész gépet áttervezték és az Egyesült Izzó ipari csöveit építették bele. Ezek 5000 üzemórás, stabil elektroncsövek voltak. Amikor a mágnesdobok helyett ferritmemóriát szereltek a gépbe, a műveleti sebessége 3000/s értékre nőtt! A perifériák: szabványos Siemens géptávíró, lyukszalag lyukasztó és olvasó. A gépet gépi kódban lehetett programozni. 1965-ben az M3 Szegedre került, az egyetemre, majd 1968-ban szétszerelték.

1968-ban a KKCS tagjai új számítógép tervezésébe kezdtek, de leállították őket – számítógépet csak a Szovjetunióban volt szabad fejleszteni és építeni a következő években! A korabeli, elsősorban magyar fejlesztésekről számol be *Kovács Győző*, Tarján Rezső



67. ábra

munkatársa rendkívül részletes és olvasmányos könyvében ([3]).

A hagyományosan szerkesztett csöves számítógépek nagyméretű acélkeretekből álltak, azokban fiókokat alakítottak ki. Egy-egy fiókban egy-egy egységet helyeztek el (pl. az ALU-t, néhány regisztert). Ezek mind egyedi tervezésű áramkörök voltak. Áttervezéskor a módosításokat ismét elektroncső, ellenállás szinten kellett megtervezni, megépíteni.

De közeledett az a pillanat, amikor a számítógépek és a digitális áramkörök szétválása megkezdődhetett. Nem azért, mert elektroncsöveket alkalmaztak a gépek tervezésekor, nem a számítógépek struktúrájának átalakulása következett, hanem azért, mert néhány tervező ráébredt, hogy felesleges minden esetben a számítógépek elektronikáját az egyes csövek, ellenállások, egyéb alkatrészek szintjén megtervezni. Leegyszerűsíti a tervezést, megbízhatóbbá teszi a berendezést, ha a gyakran felhasználásra kerülő logikai alapelemeket helyezik el egy-egy típuskártyán (logikai kapuk, inverterek, számlálók stb.), s a tervezéskor csak ilyen szintig kell az új áramköröket lebontani. Nagyban segítette ez a kialakítás a számítógép szervizelését is, a típuskártyák gyártása nagyobb megbízhatóságot is eredményezett. Mielőtt ennek a lépésnek a hatását részletesebben is ki-elemezzük, előbb egy fontos részegység, a memória fejlesztésének eseményeit tekintjük át.

A számítógépek memóriaegységeinek fejlődése

A számítógépek akkumulátora körül az operandusokat tároló regisztereket kellett kialakítani. A csöves gépek első példányaiban erre a bistabil multivibrátorokból épített áramköröket használták. A Neumann-elvek szerinti gépekben a működés közben keletkező belső adatokat automatikusan, a gépen belül kell eltárolni, és a programot is a gép

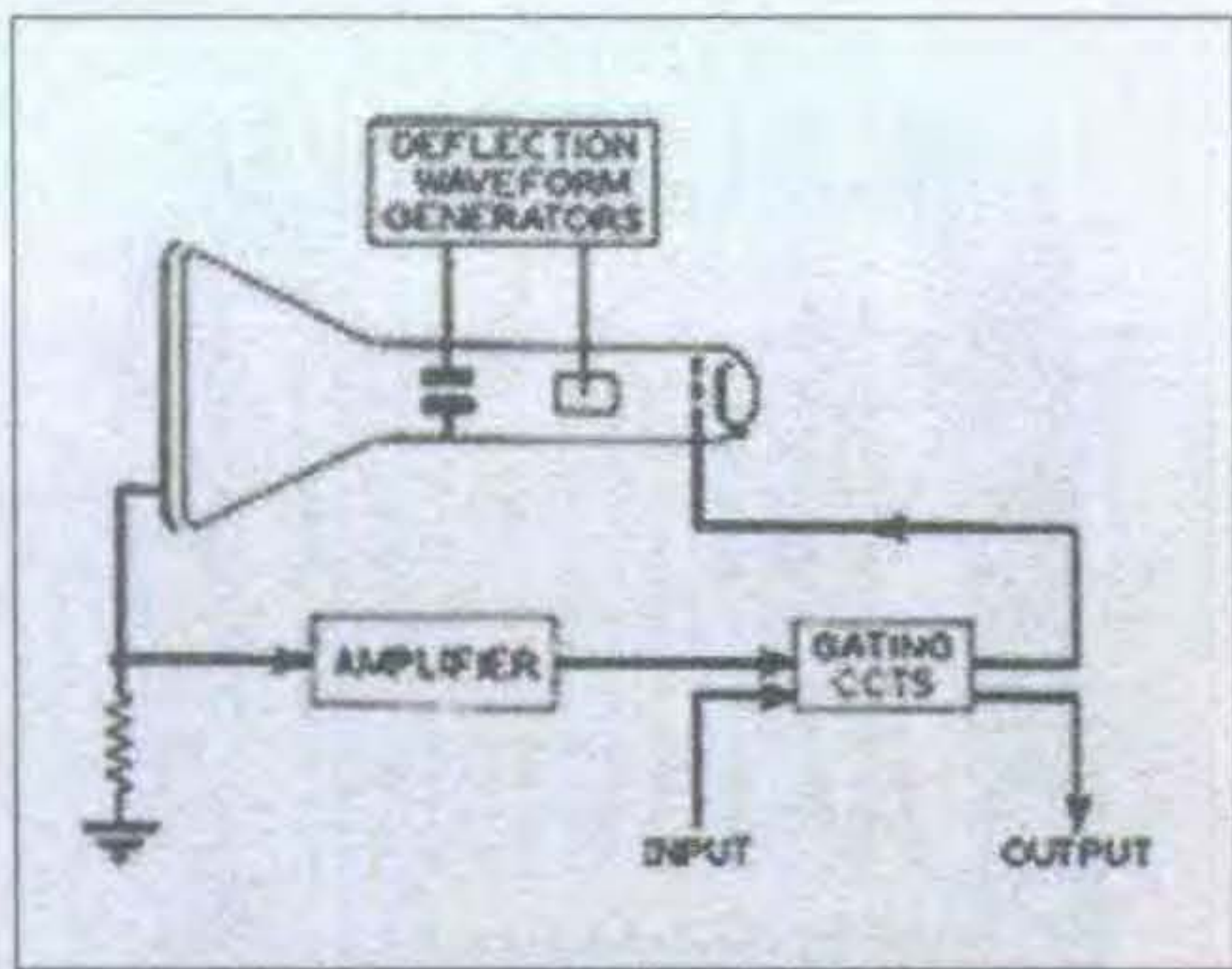
belső memóriájában kell elhelyezni. Ezzel jelentősen megnőtt az igényelt tárolási kapacitás, de a megfelelő tárolóeszközök kifejlesztése fáradságos folyamat volt.

Különleges csöveket a digitális technika számára is gyártottak. A hét-szegmenses számok először olyan csövekben jelentek meg, melyekben a szegmenseket egy-egy izzószál alkotta (a Tungram is gyártott ilyen kijelzőt). A nixie-csővekben a tíz számjegy alakjával egyező ködfénylámpa-katódokat helyeztek el, egyetlen közös anóddal. Amelyik katódot 0-ra kapcsolták, azt vette körül a ködfény, az a szám volt látható. A LED-ek megjelenéséig a digitális készülékekben ezek a csövek jelezték a számértékeket.

Sajátos „tárolócsöveket” is kifejlesztettek, az egyik széles körben alkalmazott a dekadikus számlálócső volt. Tíz, körben elhelyezett ködfénylámpa-katód alkotta, elektródaelrendezése hatására minden léptetőjel beérkezésekor a következő katód környezetében gyulladt fel a narancssárga fény. Ez a cső egyrészt tárolta a 0–9 közötti számértéket, másrészt kijelzőként is használható volt. A készülék előlapján kialakított, megfelelő átmérőjű furaton át dugták a csövet (mint a rádiók előlapján át a varázsszemet), és az előlapon a fénypontok megjelenési helyei mellé feliratozták a megfelelő számjegyeket. A tárolócsövek között a legnagyobb kapacitású a Selectron cső volt. Vízszintes és függőleges huzalozású rácsrendszere, speciális anyagú töltéstároló „foltjai” segítségével foltonként egy-egy bitet volt képes tárolni, amit kiolvasó impulzussal lehetett hasznosítani.

A legnagyobb kapacitású Selectron 4096 bites volt, 254 mm hosszúságú, 70 mm átmérőjű, 44 csatlakozó lábbal. A cső kezelése összetett külső áramkört igényelt. A Selectron cső fejlesztése akkor fejeződött be, amikor a Williams-csővek elterjedtek. A Williams-cső eredeti, sorozatgyártott katódsugárcsőre épült, így olcsó és megbízható volt.

A katódsugárcső oszcilloszkóp-ként, képcsőként úgy működött, hogy az elektronsugarat a képernyő-felületen soronként végigvezették, az intenzitását a képtartalomnak megfelelően változtatták, s a cső homlokfalára foszforeszkáló anyagot vittek fel. *F. C. Williams* (1911–1977) angol mérnök, kutató a katódsugárcsövet alakította át tárolóegységgé, *Tom Kilburn* közremű-

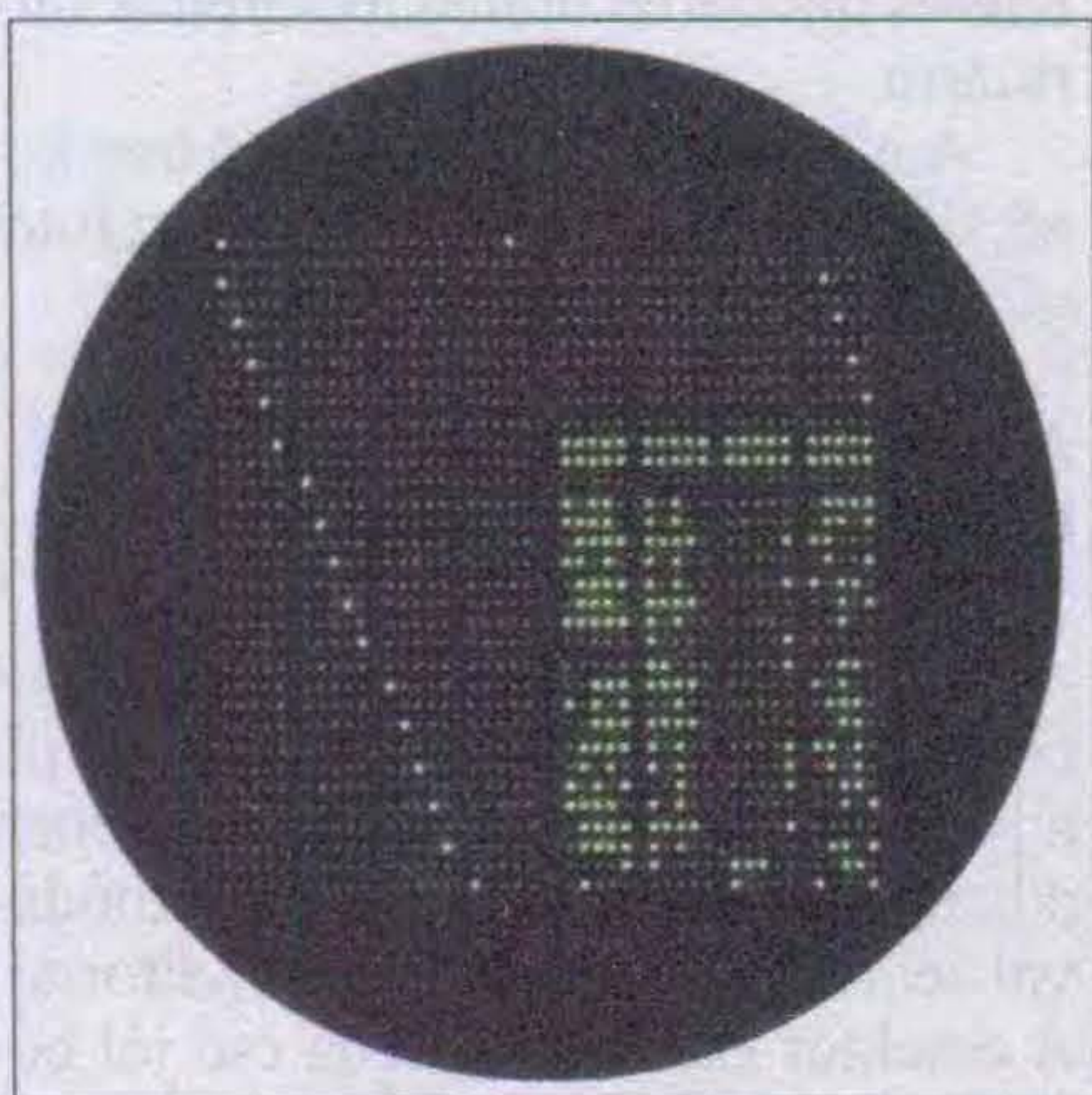


68. ábra

ködésével. Radar kutatóközpontban dolgoztak, ott született meg az ötlet.

A képernyőre kívülről egy vékony fémréteget fújt rá (olyan vékonyat, hogy átlátszott). A képpontokat rendelte hozzá a bitekhez, képként lehetett a tárolót beírni. Ha az elektronsugarat ismét végigvezette az ernyőn, áramimpulzust kapott azoknál a pontoknál, amelyek világítottak (68. ábra). (A fémfüst-réteg és a foszforréteg apró kondenzátort alkotott, ez sült ki az áramkörben az elektronsugar segítségével.) Sajnos a kis kondenzátorok kb. $10 \mu s$ alatt kisültek, ezért ezt a tárolót folyamatosan frissíteni kellett. Williams megoldotta a frissítést is!

1946 elején sikerült egy egybites tárolót szerkesztenie katódsugárcsőből, de még abban az évben, decemberben Manchesterben az egyetemen Williams és Kilburn együtt kifejlesztették a 2048 bites tárolót. Ez 64 darab 32 bites adatot tudott tárolni (69. ábra). A Williams-csőves memória különlegessége volt az is, hogy a tartalmat látni is lehetett! A decemberi bemutatón olyan bitértékeket töltöttek a memóriába, amivel meg tudták jeleníteni a „2048 DIGIT STORE” feliratot.

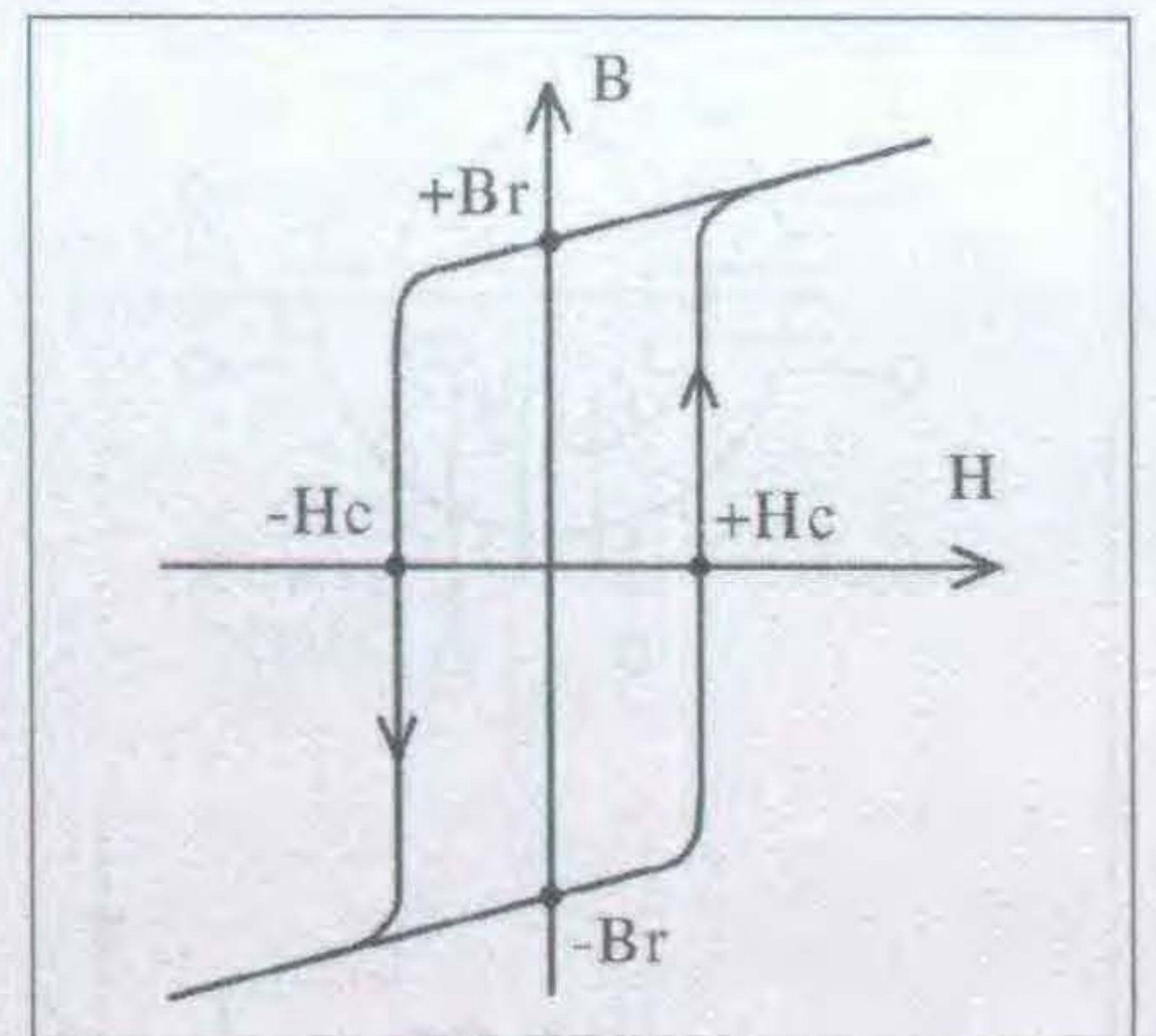


69. ábra

A jelkésésre épülő memóriák nagy lendületet adtak a csöves számítógépek fejlesztésének. Tudjuk, hogy a jelek mozgásához, haladásához időre van szükség, bármilyen jelhordozót és továbbító közeget használunk is fel. A vörösréz vezetékben a villamos jel 1 ns alatt kb. 20 cm távolságra jut el, de pl. a mechanikai impulzusok ennél sokkal lassabban haladnak fémrudakban. A jelkésést az ötletes konstruktőrök információátvitelre tudták felhasználni. A késleltető vonalon haladó impulzusok képviselték a tárolt biteket. A vonal végéről vissza kellett vezetni a jeleket a vonal elejére, és egy összetett elektronika biztosította, hogy egy adott bitet meg lehessen találni a folyamatos körforgásban (azaz a címzést), valamint a kiolvasás és átírás lehetőségét.

Az impulzusokat bevezetjük egy kellően hosszú vezetékbe. Ha a késleltető vonalon a jel T idő alatt fut végig és t_{ij} ütemidővel egy-egy impulzust vezetünk a bemenetére, akkor $C = T/t_{ij}$ darab impulzust fog az elrendezés tárolni. Ha az ütemidőt csökkentjük, nő a kapacitás, de a késleltetővonal kialakításától, anyagától függően az ütemidőnek van alsó határértéke! Egyszerű rézvezeték is lehet késleltetővonal, de annak kicsi a késleltetése. A rézvezeték sorosan feltekerhetjük egy hengeres magra, akkor a késleltetőkábel késleltetési ideje megnövelhető 200 ns/m értékre is. Tovább nő a késleltetési idő, ha a mag ferrit, de akkor a kábel merev lesz. (Ilyen elven működő késleltető művonalat találunk a színes televízió-vevőkben, vagy a korábbi generációs PC-alaplapokon is. *A szerk.*)

A hosszabb futási idő érdekében a villamos impulzusokat piezoelektromos átalakítóval át lehet alakítani pl. ultrahanggal, és a hangot egy folyadékkal töltött csővön lehet végigvezetni, a másik végén (ismét piezoelektromos átalakítóval) visszaalakítva villamos jellé. Ha a csövet higanyal töltötték meg, jelentős késleltetést kaptak, azaz a memória tárolási kapacitása meglehetősen nagy lett. A higanyos késleltetési memóriát (Mercury Acoustic Delay Line Memory) először Eckert alkalmazta 1943-ban, egy 1024 bites egységet. A higanyal töltött csőben az ultrahang-impulzusok 1450 m/s sebességgel terjednek. Ha a cső hossza $1,45 \text{ m}$, akkor a késleltetési ideje éppen 1 ms , ami igen nagy érték! Ha az impulzusok beérkezésének ütemideje 10^{-6} s , a tároló 1000 bitet képes őrizni. Eckert memóriája tehát soros adatkezelésű volt,

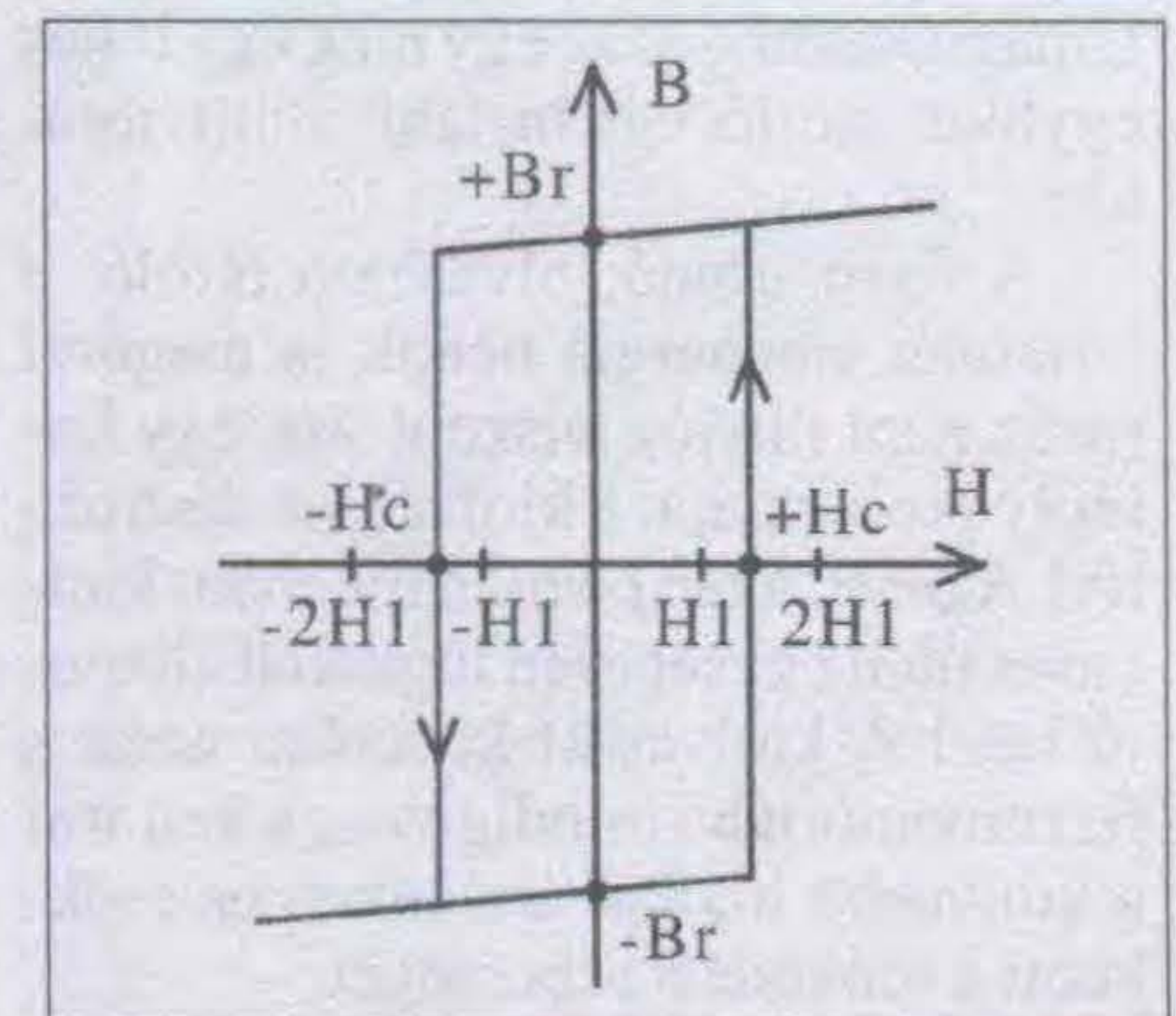


70. ábra

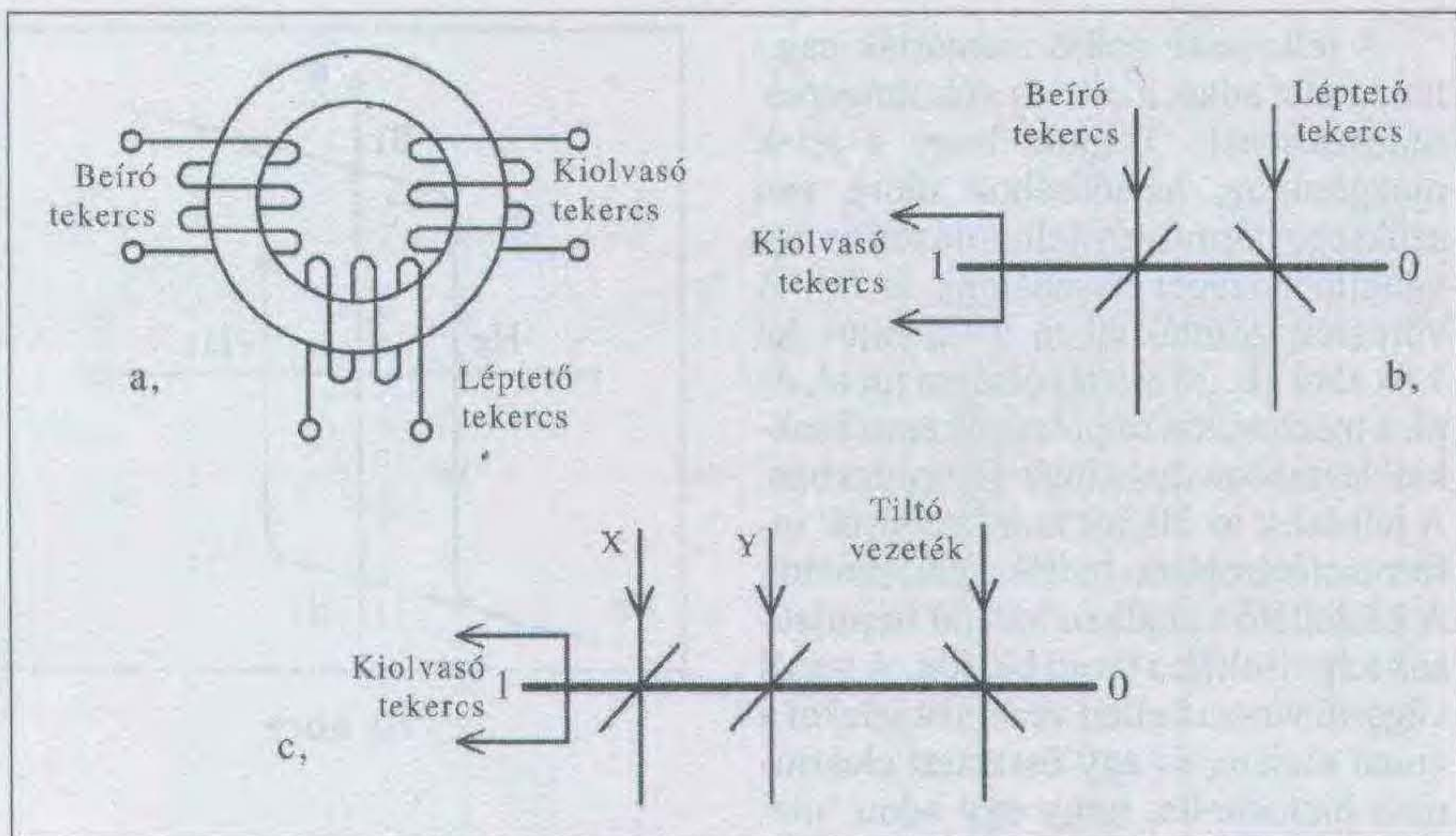
az adatszavak bitjei egymás után léptek ki belőle (így is kellett beírni azokat), ez meghatározta a számítógép egész belső felépítését, rendszerét is!

1950-től a számítógépek fejlesztői fellelgezhettek – megjelent a tökéletesnek látszó megoldás, a ferritgyűrűs memória! A mágneses elemek mind keménymágneses anyagokra épülnek, amelyek megőrzik mágnességüket a külső mágneses erőter megszünetése után is. A ferritgyűrű keménymágnes jellegű kerámia, amit sajtolással, porból alakítanak ki, majd alakját, mágneses tulajdonságait égetéssel véglegesítik. A ferritet 1933-ban fedezték fel, a keménymágnesekre jellemző kapcsolat van a magra ható mágneses térerősség (H) és a magban kialakuló mágneses indukció (B) között (70. ábra).

A karakterisztika jellegzetesen hiszterézises. A szélesebb hiszterézis biztonságosabb működést eredményez, viszont nagyobb energiát igényel az át-mágnesezés. A koercitív térerősség (H_c) az az érték, amin túllépve a karakterisztika meredek szakaszára lehet jutni. A remanens mágnesség (Br) az az indukcióérték, ami külső mágneses tér nélkül megmarad a magban. $1,3 H_c$ tér-



71. ábra



72. ábra

erő hatására az átlagos magok $0,3 \mu\text{s}$ alatt mágneseződnek át. A ferritmémóriákban a térerősséget több vezérlőáram térerejének eredője határozza meg, pl. két tekercs állít elő H_1 nagyságú teret, melyek külön-külön kisebbek a H_c értéknél, de együtt meghaladják azt (71. ábra).

A 72.a ábrán látható, hogy a logikai működtetéshez a legegyszerűbb esetben három tekercset kell elhelyezni a magon, egy beíró, egy léptető és egy kiolvasót. A beíró tekercsbe vezetett áram $+H_c$ -nél nagyobb teret hoz létre, így biztonságosan a $+Br$ állapotba viszi a magot, többnyire ez a logikai 1 állapot. A kiolvasó tekercs árama ellenkező előjelű terével biztonságosan lemágnesezi az előzőleg beírt magot, az a $-Br$ állapotba kerül, közben a kiolvasó tekercsben feszültség indukálódik. A ferritgyűrű tekercseit egyszerűsítve szokták ábrázolni (72.b ábra). A tekercset jelképező vonalakra rajzolt kis „tükrök” arra utalnak, hogy az átfolyó áram a 0 vagy az 1 állapotba vezérli a magot. A beírt mag megőrzi a mágneses állapotát, a léptető tekercsel lehet lemágnesezni – azaz egy mag egy teljes egybites tároló, egy bistabil multivibrátor!

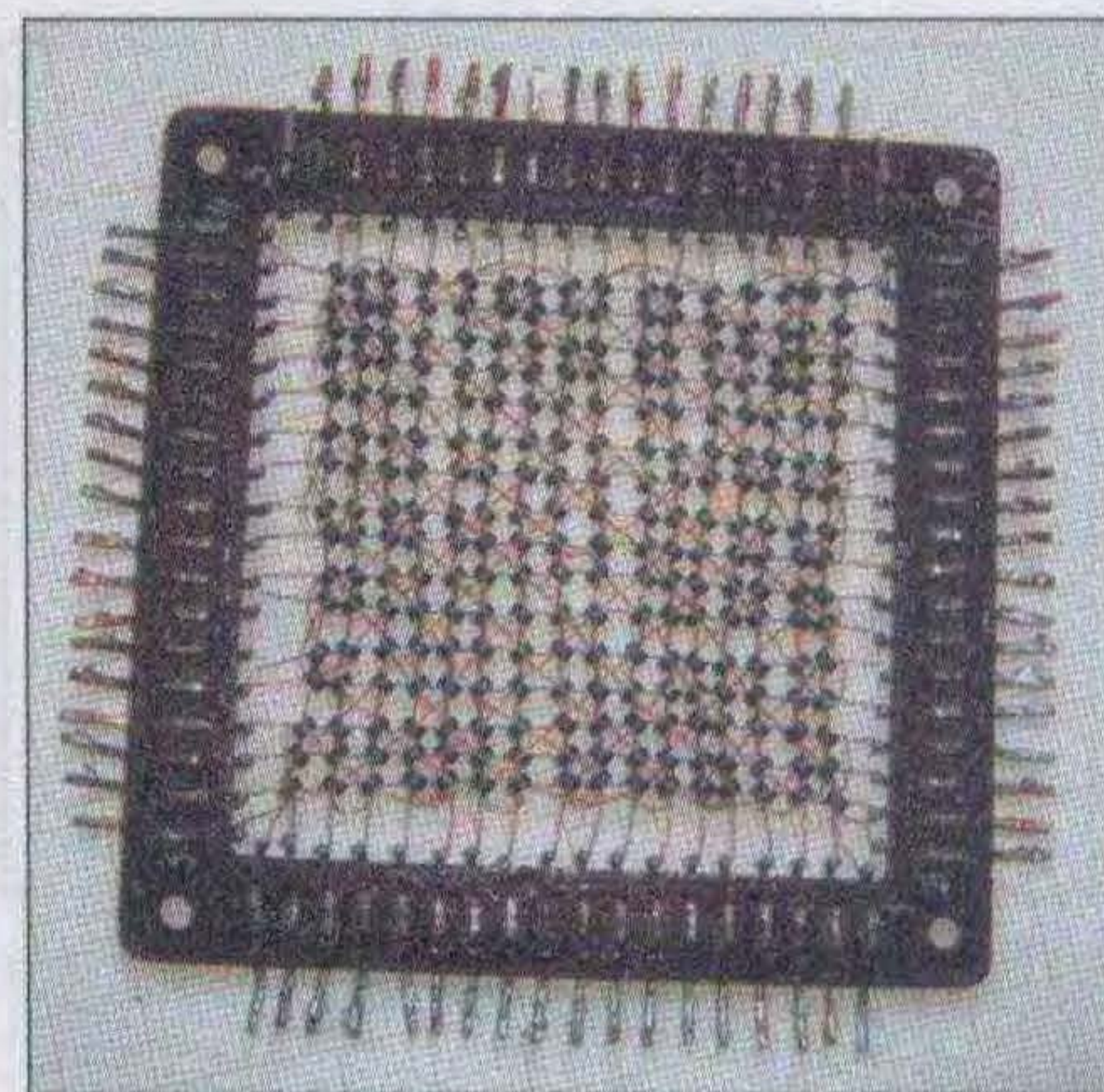
A ferrit írható, olvasható tároló, a tartalmát tápenergia nélkül is megőrzi (azaz nem illanó), viszont van egy komoly problémája: a kiolvasása destruktív! Akár 0, akár 1 volt a magban, kiolvasás után egységesen logikai 0 állapotú lesz! A kiolvasást követően ezért a ferritmémóriába mindig vissza kell írni a kiolvasott logikai értékeket, ez csökkenti a működési sebességét.

Bár a ferritgyűrűkkel logikai függvényeket is meg lehet valósítani, első-

sorban memóriaként szolgáltak a számítógépekben. Az apró gyűrűkre tekercseket nem lehetett készíteni, ezért csak egy-egy vezetékét fűzték át rajtuk. Ez megfelel egy egyetlen menetes, végtelen nagy sugarú tekercsnek. Ez a megoldás jelentős működtető áramokat követelt meg!

Minél kisebb a ferritgyűrű, annál gyorsabban kapcsol át. A kezdeti 2 mm-ről ezért egészen 0,2 mm-ig csökkentették a fejlesztések folyamán az átmérőt. És ezeket az alig látható apró gyűrűket kézzel kellett tárolómátrixokká összefűzni! A ferritmémória gépi, automatikus készítését sehol nem oldották meg, mindenhol kézzel készítették ezeket.

A memória gyűrűin négy vezetékkel kell átfűzni (72.c ábra), egy sor (X) egy oszlop (Y), egy tiltó és egy kiolvasó vezeték. A ferrittár egy mátrixa minden tárolt adatszó azonos sorszámú bitjét őrzi. Az egyes biteket a sor- és az oszlop-vezetékkel (X és Y) lehet kijelölni. Az X és Y vezeték a 71. ábra szerinti H_1 térerősséget keltették, így együttesen tudták beírni a magot (külön-külön nem). Ha a kiválasztott magba 1-et kell írni, a tiltó vezeték ezen a mátrixon áramtalan lesz (az eredő térerősség meghaladja a H_c értéket), ha 0-t kell beírni, a tiltón át akkora áram folyik, hogy a másik két vezeték együtt se tudja a magot logikai 1 állapotba vinni. A sor-vezeték vízszintesen futnak végig a mátrixon, az oszlop-vezeték függőlegesen, a tiltó-vezeték az összes magon végig van fűzve, és a kiolvasó is. Kiolvasáshoz a sor- és az oszlop-vezetékbe ellenkező előjelű áramot vezetnek, logikai 1 esetén a kiolvasott impulzus az olvasóvezetéken lép



73. ábra

ki. A gyűrűket bakelitből kivágott kerektek belső részére helyezték el, ahol az átfűzött vezetékek tartották azokat (73. ábra).

Annyi mátrixból áll a ferritmémória, ahány bitek a tárolt szavak. Az X és az Y vezeték végighaladnak az összes mátrixon, a tiltó és kiolvasó vezeték mátrixonként külön készülnek (hiszen azok az egyes bitek kezelését biztosítják).

A ferritmémória megjelenése a számítógépek fejlődésének hatalmas lendületet adott. Igaz, hogy sok feladatot is jelentett. Egyre kisebb magokat kellett előállítani. Az elektronikával szemben magasak voltak a követelmények. A beíró, kiolvasó áramok amper nagyságrendűek a ferrittárban, a kiolvasott jel pedig millivolt nagyságú! Ezeket kellett egymás közelében kezelni. A kiszolgáló elektronika térfogata a tényleges ferrittár térfogatának akár nyolc- tizszerese is lehetett. A melegezésre nagyon kellett figyelni, sok ferritanyag Curier-pontja $50...70^\circ\text{C}$ körül van, ezért hűteni kellett a memóriákat. Mindezek ellenére több csöves számítógépben a kezdetben beépített késleltetési memóriát utólag lecserélték ferrittárra.

A memóriák fejlődésének következő, döntő lépése az volt, amikor az Intel gyártani kezdte a memória-IC-eket.

A diszkrét félvezetőkből kialakított digitális áramkörök

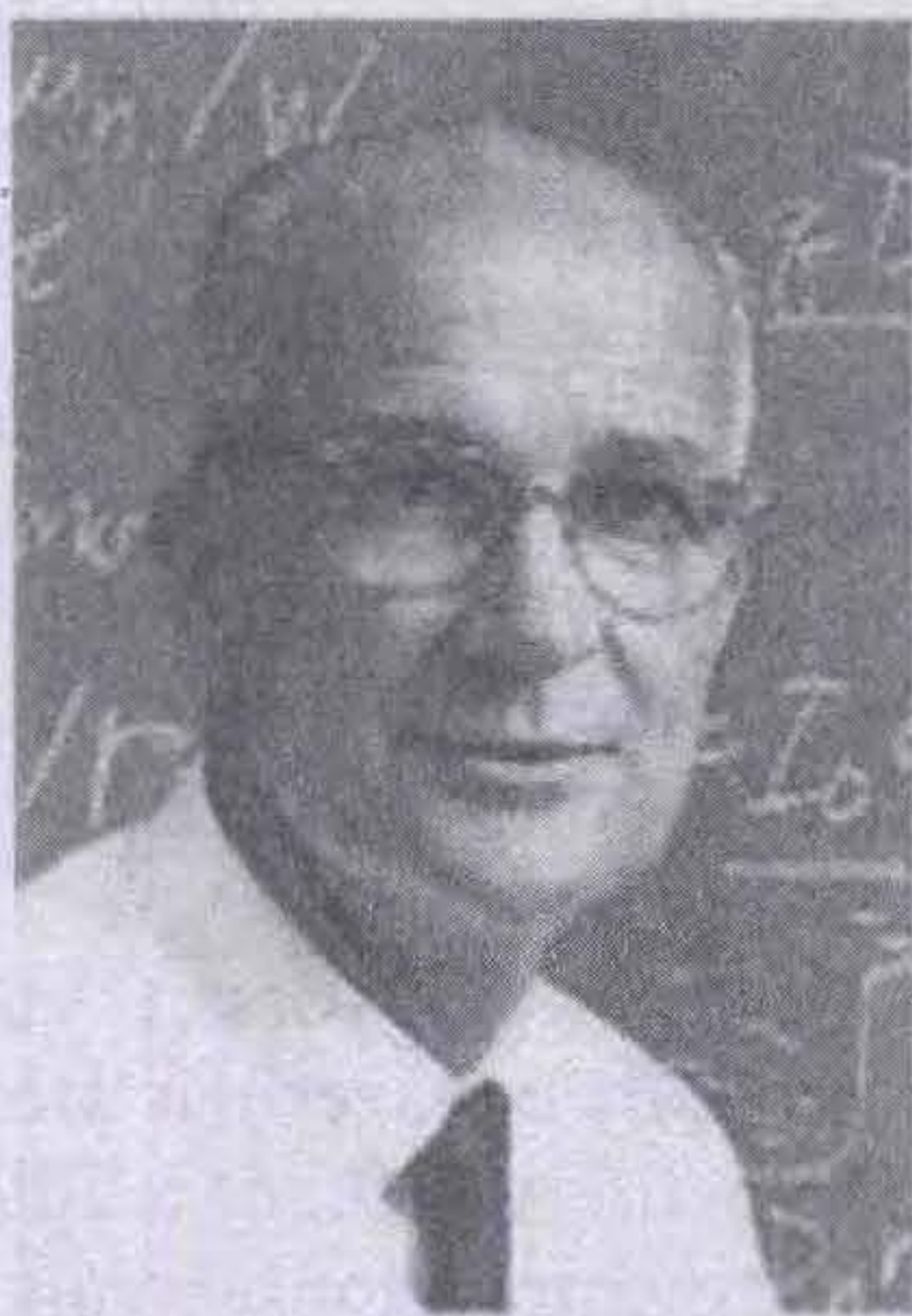
A félvezetős elemekkel kapcsolatos kutatásokat a rádiózás inspirálta (erről pl. a [4] cikkben olvashatunk). A vevőben a hangjelet a rádiófrekvenciáról diódával lehetett leválasztani, a detektorral. A detektor szerepét a dióda cső jól betöltötte, de kisebb, segédenergia nélkül működő megoldásokat is kerestek.



74. ábra

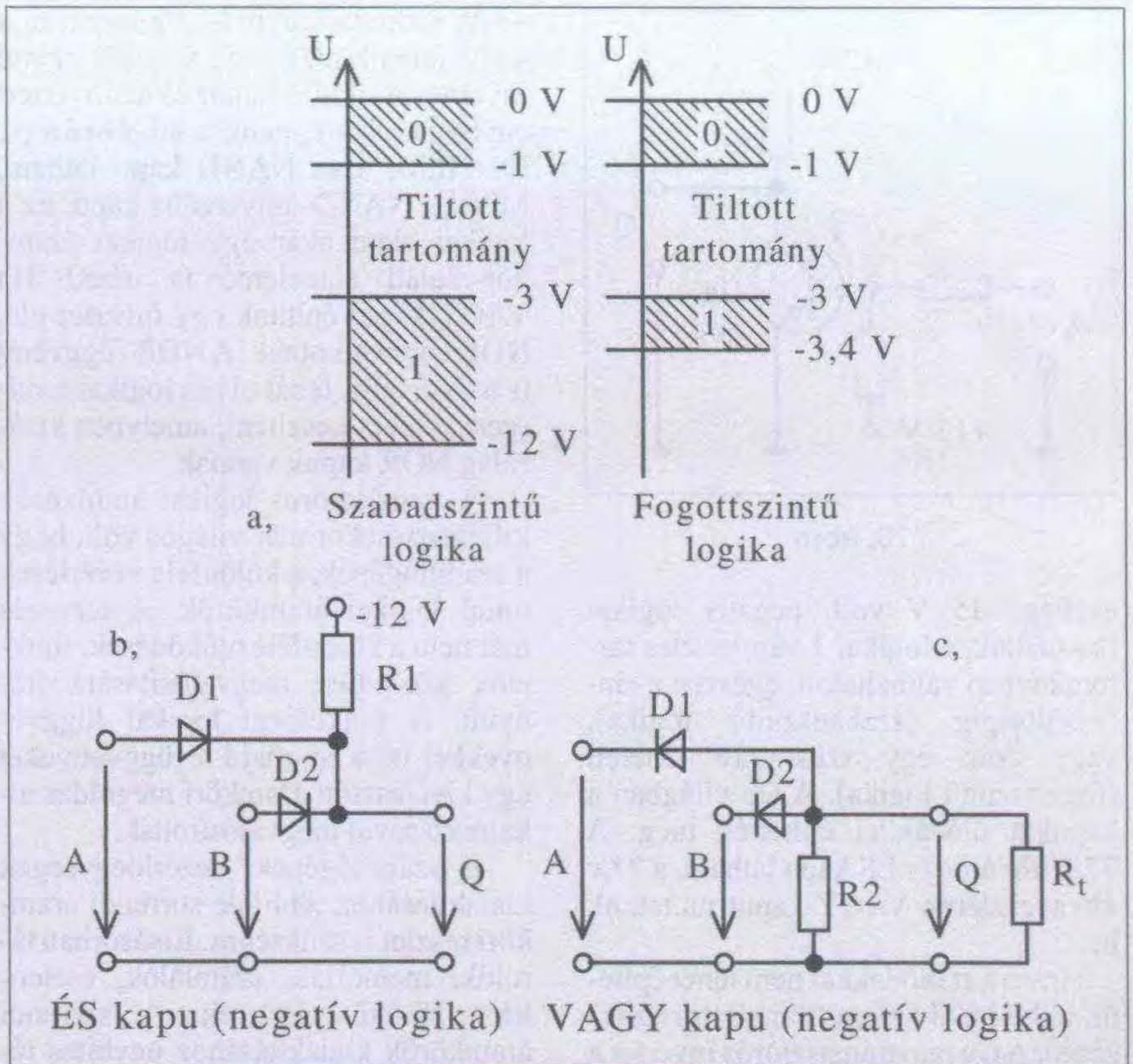


75. ábra



76. ábra

Karl Ferdinand Braun (1850–1918) 1874-ben fedezte fel, hogy a szulfid kristályok felületéhez érő fémtű és a kristály egyenirányítóként működik. Az első sorozatgyártott diódák ilyen „tűs” diódák voltak, ilyen kialakítású volt a detektoros vevő kristálydetektora is. A műszerekben használt félvezetős diódák a rézoxidul egyenirányítók voltak (kuprox, cserebogár). Nagyobb áramok kezelésére (tápegységek, akkumulátortöltők) népszerűek voltak a szelén-egyenirányítók is, melyek jól tűrték a túlterhelést, rövidzárat is.



77. ábra

Rövidesen megjelentek a rétegdiódák, ezekben pl. egy n típusú félvezető-tömb felületén alakították ki p típusú réteget, csatlakozófelületekkel látták el, majd szétarabolva a tömböt, tokozták a diódákat. Világszerte keresni kezdték, hogy a dióda után a triódát hogyan lehetne félvezetőkkel megvalósítani. Elméletileg már 1926-ban bebizonyította ennek lehetőségét Julius Edgar Liliensfeld (1881–1963) osztrák mérnök, aki 1927-től Amerikában élt és dolgozott.

A Bell Laboratóriumok három kutatójának fáradozását 1947. december 23-án siker koronázta – működött az első Ge tűs tranzisztor! A felfedezők:

- John Bardeen (1901–1991; 74. ábra),
- Walter Houser Brattain (1902–1987; 75. ábra),
- William Bradford Shockley (1910–1989; 76. ábra).

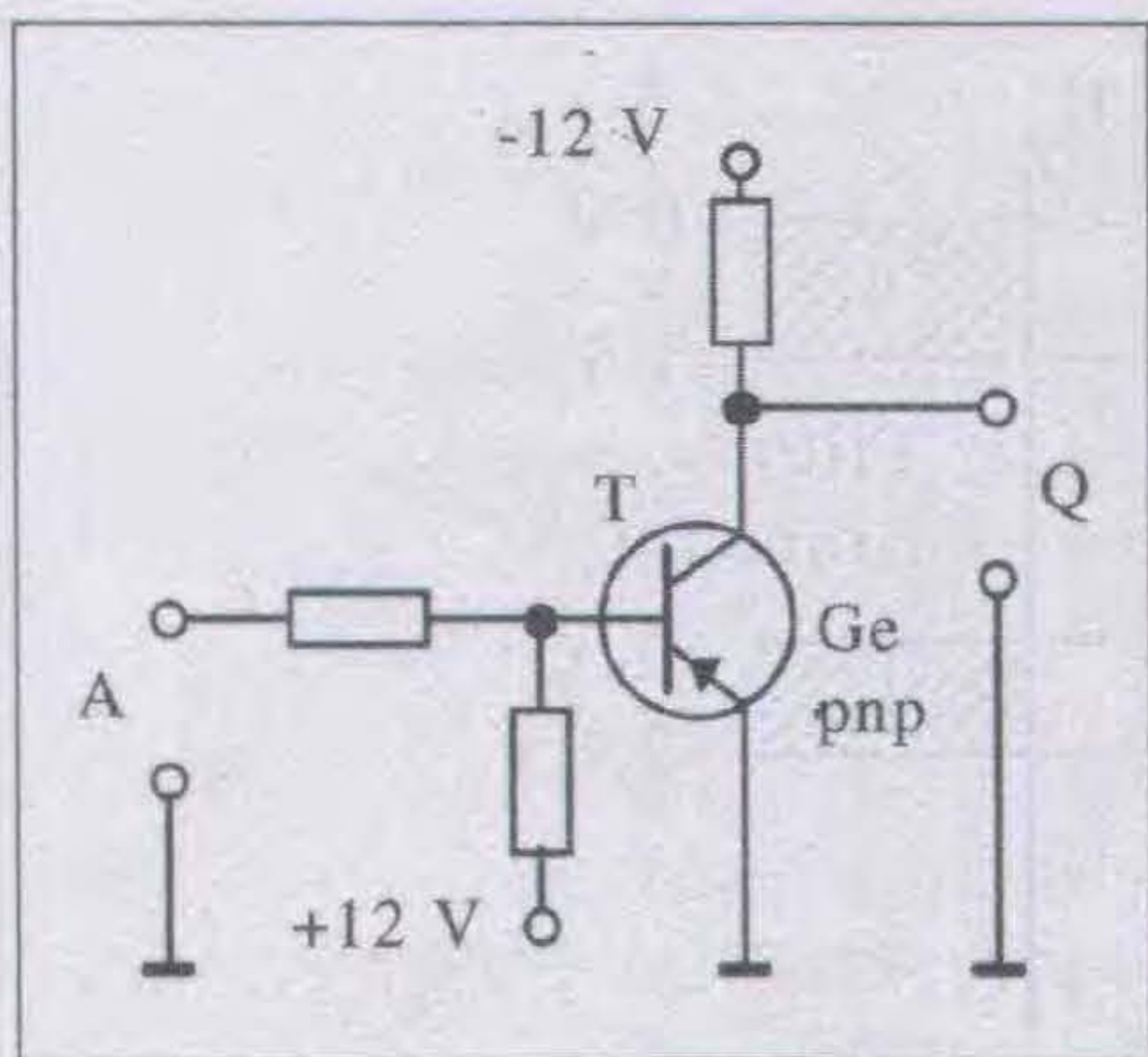
A különféle tranzisztortípusokat ezután sorozatban szállították a kutatólaboratóriumok. A tranzisztor felfedezésének részleteit az [5] ismertette.

A híradástechnikai készülékekből az elektroncsöveket az 1947-ben feltalált tranzisztor fokozatosan kiszorított-

ta. Rövidesen megjelennek a tranzisztoros számítógépek is, és új alkalmazási lehetőségek is kialakulnak. Az NC, CNC gépek vezérlőegységeit tranzisztorizálják, és egy új ipari felhasználási terület is megjelenik: az ipari robot. Az ipari robot nem egyéb, mint egy térbeli mozgató mechanizmus, melyet programozni lehet. Az első sorozatban gyártott ipari robot az UNIMATE volt, mely elsőként a General Motors gyártósora mellett jelent meg 1961-ben. Egy másik ipari készülék a jelfogós vezérlőegységeket helyettesítő, programozható elektronika, a PLC (Programmable Logic Controller).

Az ipari vezérlések és a számítógépek mellett sok más területen is megjelentek a tranzisztorok, a műszerekben, az orvosi készülékekben, a híradástechnikában és a távközlésben, a háztartási készülékekben, a repülésben és az űrhajózásban és természetesen a haditechnikában.

A diszkrét félvezetős logikai áramkörök első változatai Ge diódákat és tranzisztorokat tartalmaztak, mégpedig bipoláris, pnp tranzisztorokat, ezért negatív tápfeszültséggel működtek, mindkét logikai tartomány negatív volt (77.a ábra). A tápfeszültség -12 V ,

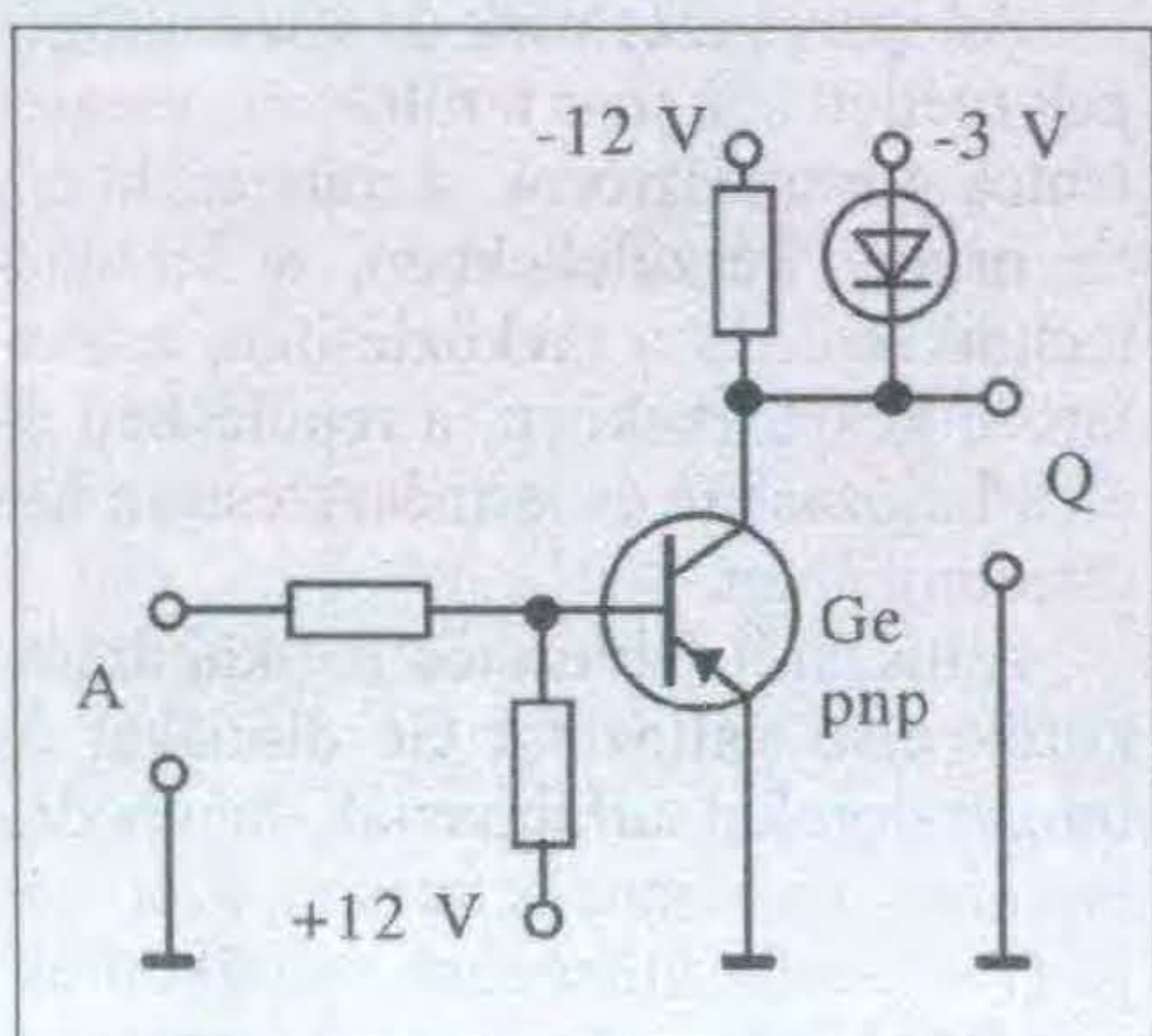


78. ábra

esetleg -15 V volt, negatív logikát használtak, a logikai 1 vagy széles tartományban változhatott, egészen a tápfeszültségig (szabadszintű logika), vagy csak egy szűk sáv lehetett (fogottsintű logika). A Ge világban a kapukat diódákkal építették meg. A 77.b ábrán egy ÉS kapu látható, a 77.c ábrarészleten VAGY kaput mutatunk be.

Invertert diódákkal nem lehet építeni, ahhoz aktív elem, tranzisztor szükséges. A Ge pnp tranzisztoros inverter a 78. ábrán látható. Mivel a Ge tranzisztor 0 bázis-emitter feszültség hatására nem zár le; ehhez a tápfeszültséggel ellentétes előjelű lezáró feszültség szükséges (az ábrán $+12$ V). Ennél az inverternél a logikai 1 értékű kimenetkor a kimeneti feszültség a terhelés függvényében széles tartományban változhat. Kis terhelésnél a kimeneti logikai 1 közel tápfeszültség nagyságú (-12 V), növekvő terhelés esetén a kimeneti feszültség abszolút értéke csökken – ez tehát egy szabadszintű inverter.

Egyszerűen átalakítható az inverter úgy, hogy a kimeneti feszültsége logikai 1 állapotban egy kötött érték legyen, pl. -3 V (79. ábra). Ha a kimeneti feszültség negatívabb lenne, mint



79. ábra

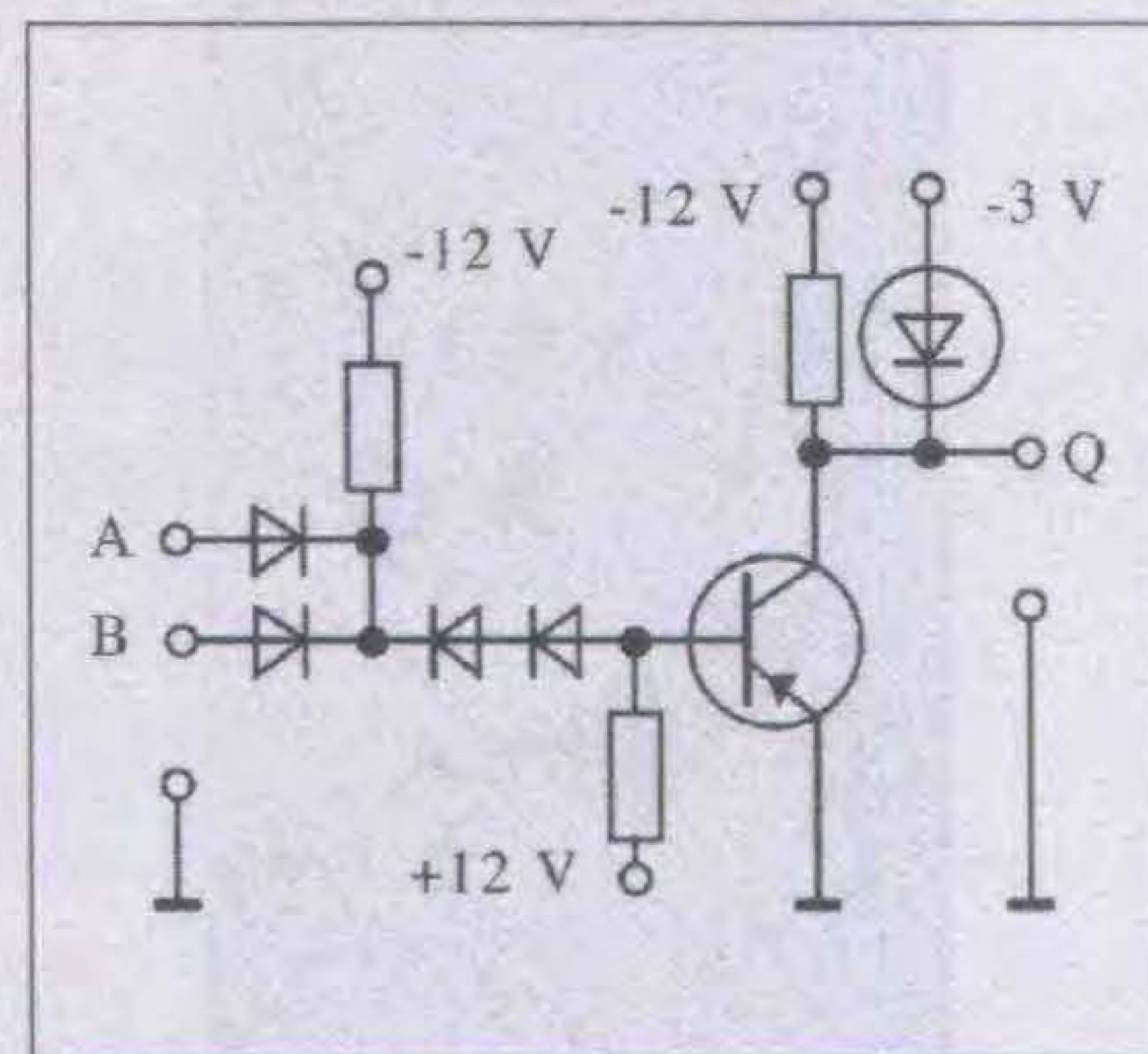
-3 V, a dióda kinyit és a kimeneten a -3 V jelenik meg – ez a fogott szintű inverter. A diódás kaput és az invertert egybe is lehet építeni, a 80. ábrán pl. ÉS–NEM, azaz NAND kapu látható. Mivel a NAND univerzális kapu, ez a logikai elem akár egy logikai áramkör-család alapeleme is lehet! Ha VAGY kaput építünk egy inverter elé, NOR kaput alkotnak. A NOR függvény is univerzális, tehát olyan logikai rendszer is lehet készíteni, amelyben kizárólag NOR kapuk vannak.

A tranzisztoros logikai áramkörök kifejlesztésekor már világos volt, hogy a számítógépek, a különféle vezérlések mind logikai áramkörök. A tervezés már nem a különféle működések, funkciók közvetlen megvalósítására irányult. A funkciókat logikai függvényekkel írták le, majd a függvényeket egy kiválasztott áramköri megoldás alkalmazásával megvalósították.

A számítógépek, vezérlőegységek kialakításához többféle sorrendi áramköri részlet is szükséges. Elsősorban tárolók, memóriák, számlálók, esetenként léptetőregiszterek. A sorrendi áramkörök kialakításához egybites tárolókat (BMV-eket) kell felhasználni. Két tranzisztorból, lényegében két szembekapcsolt inverterből (akárcsak a csöves áramköröknél) itt is kialakítható a tároló áramkör. A 81. ábrán látható egy tipikus félvezetős tároló. Felhasználható statikus SR tárolóként vagy dinamikus JK tárolóként, ha pedig összekötjük a J és a K pontokat, a közös léptetőimpulzus hatására komplementáló, azaz T tárolóként viselkedik. Készült dinamikus SR tároló is, mely a vezérlő bemenetekre csak akkor reagál, amikor órajelet kap. Ezekből az áramkörökből alakították ki a léptetőregisztereket, az adattároló regisztereket.

A szilíciumból készített tranzisztorok többsége npn jellegű, így pozitív tápfeszültséggel működnek. Ennek megfelelően átrendezték a logikai szinttartományokat is, pozitív logikát valósítottak meg (82.a ábra). Az áramkörök leegyszerűsödtek. A szilícium tranzisztor 0 bázisfeszültség hatására már teljesen lezár, az inverternél nincs szükség lezáró segédfeszültségre (82.b ábra). Két ilyen inverter szembekapcsolásából itt is tároló jön létre, amit statikus vagy dinamikus jelleggel egyaránt használtak.

A logikai elemeket FET-ekből is ki lehet alakítani, de a diszkrét elemes logikai rendszerekben ezeket nem alkalmazták (83. ábra). Annál nagyobb a je-



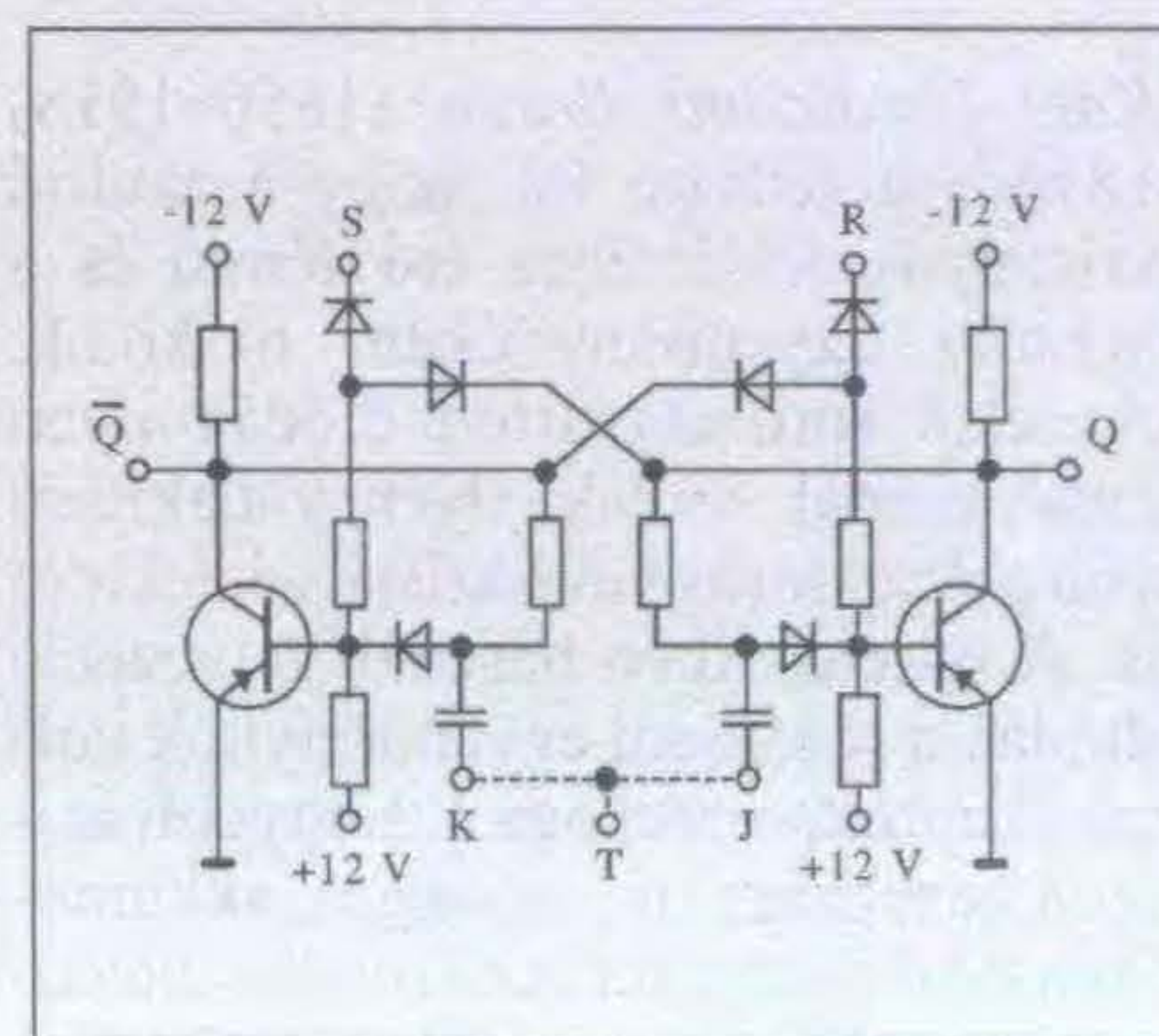
80. ábra

lentőségük a digitális IC-kben! A 83.a ábrán NMOS inverter látható, passzív (ellenállás) felhúzó-elemmel, a 83.b részleten a felhúzó-elem is NMOS FET, a 83.c részleten a felhúzó-elem is működő FET – ez a CMOS inverter.

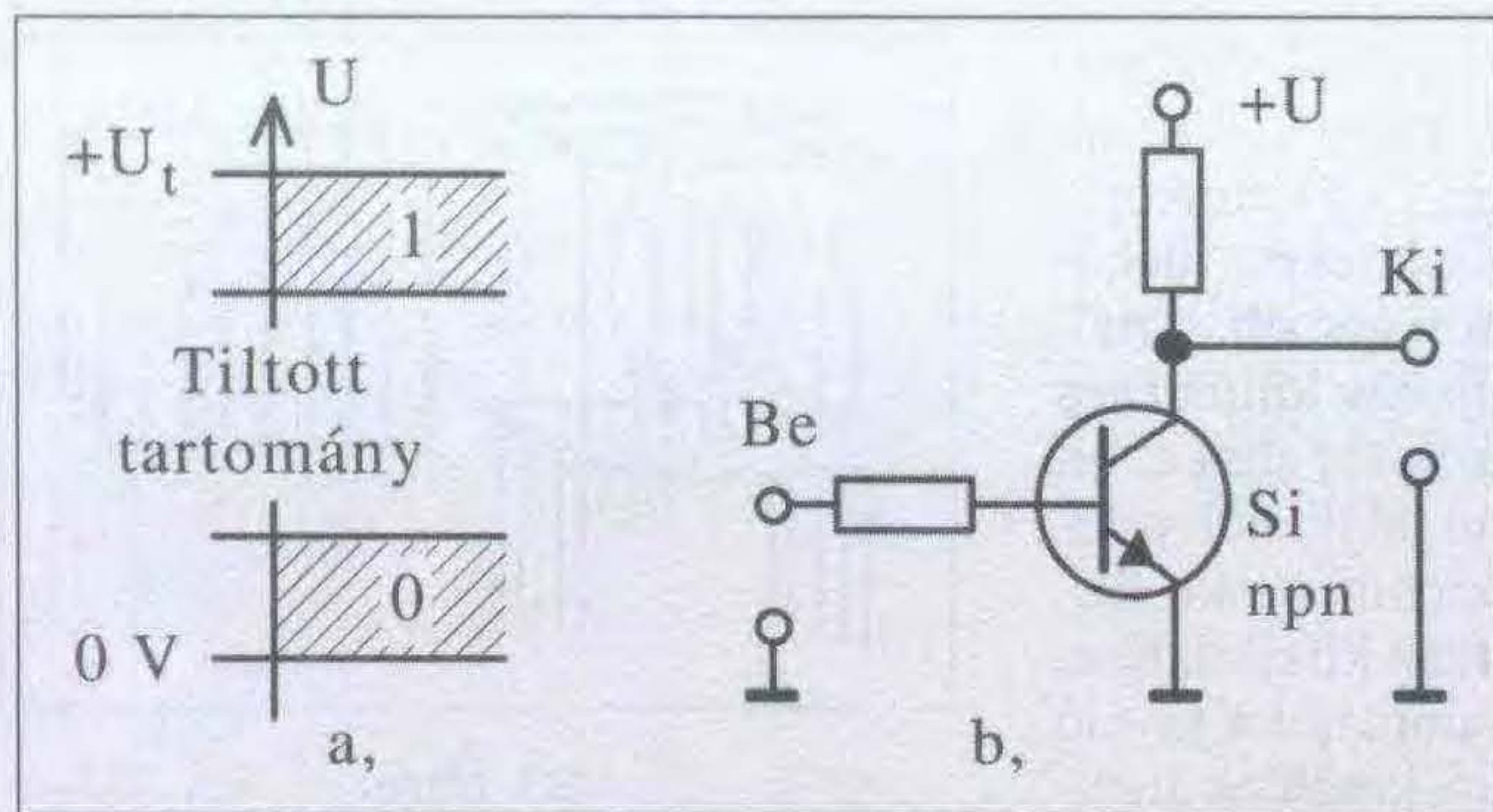
A világon először, 1953-ban a MIT kutatói építettek tranzisztoros számítógépet. A TX0 egy sorozat első tagja, a TX2 a továbbfejlesztett változat. A TX2 gyártására új cég alakult Amerikában, a DEC (Digital Equipment Corporation). 1961-ben már a cég a saját modelljét gyártotta sorozatban, a DEC1-et, amiből több tucat készült.

1953-ban a Bell-nél a légierő számára építették meg a TRADIC tranzisztoros számítógépet, melyben 800 tús tranzisztor és 10 000 tús dióda működött, mind Ge félvezető. Két év alatt összesen 17 alkatrészhiba fordult elő a gépben (gondoljunk vissza a csöves gépek meghibásodási adataira!). Japánban 1957-ben épül meg az ETL MarkIII és MarkIV tranzisztoros számítógép.

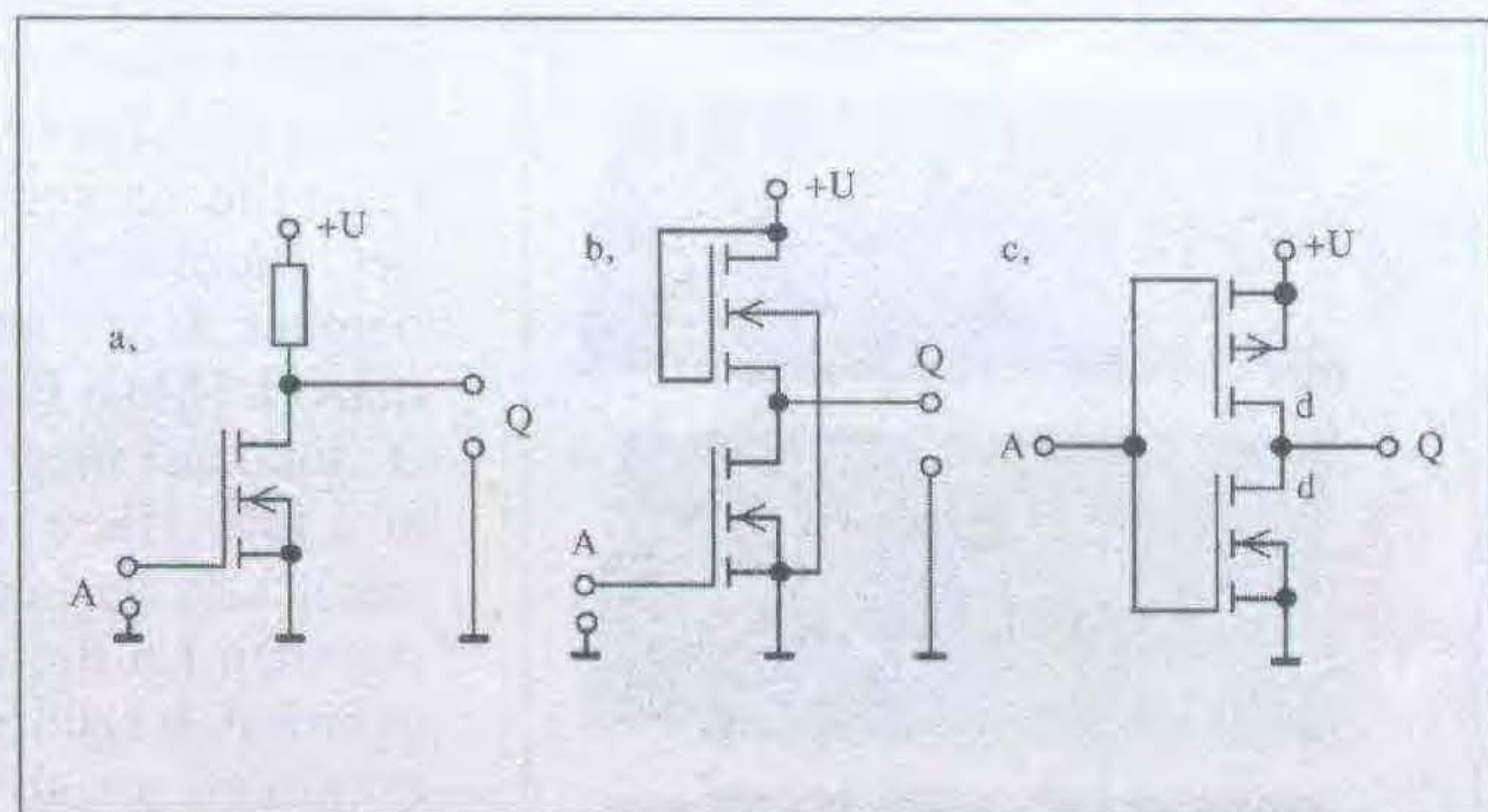
Az IBM elég gyorsan váltott, a 709-es modellt egyszerűen átépítették tranzisztorosra. A 7090 és a 7094 sikeres, sorozatgyártott típusná vált. Ferritgyűrűs memóriájával, 36 bites fixpon-



81. ábra



82. ábra



83. ábra

tos vagy lebegőpontos adataival, 200 utasításával ez már korszerű számítógép volt. Az alkalmazott 15 bites címzés 32 Ki memória kezelését is lehetővé tette!

Az IBM egyik sikerterméke volt az IBM 360. Az első példány 1964-ben készült el. A felfutás után egy-egy hónapban a cég 1000 példányt adott el belőle! Ez egy üzleti számításokra optimalizált számítógép volt, de több konfiguráció a NASA laboratóriumaiban is működött. A gépekben a ferritmémória általában 24 Ki szó kapacitású, de ezt akár 6 Mi szóig is bővíthették. Az órafrekvencia értéke már 16,7 MHz.

A gépnél használt operációs rendszer már mágneslemezre épül és többfelhasználós futtatásra is alkalmas.

1969–1971 között több Cellatron Ser2 számítógép is érkezett az NDK-ból Magyarországra, főleg oktatási intézményekbe (így pl. Kecskemétre, a GAMF-ra is). A Ser2d a Ser2 sorozat utolsó, legfejlettebb tagja (84. ábra). A Ser2d pianínó méretű, a számítógép fémházába beépítették a billentyűzetet és az izzólámpás kijelzőt is. A doboza 1,2 m szélességű, 1,2 m magasságú és 0,4 m mélységű. A gép 850 Ge tranzisztort, 2700 diódát és 16 jelfogót tartalmaz, órajele 35 kHz-es.

Az operatív memória mágnesdob. A dobtárolóban külön adattároló (127 db 10 jegyű decimális szám) és külön utasítástároló helyezkedett el (381 darab utasítás fért el). A gép áramköreit 77 darab egyedi tervezésű nyomtatott huzalozású kártyán alakították ki, ezek 300×180 mm méretűek, a teljes fogyasztás 450 W.

A tranzisztoros számítógépek fejlesztésére a Videoton kapott engedélyt, de kijelölték számára a francia CII-Mitra gépet, amit le kellett másolni. Az EMG hazai fejlesztésű tranzisztoros számítógépet fejlesztett ki (EMG-830). A Telefonyár az EDLA I csöves és jel-

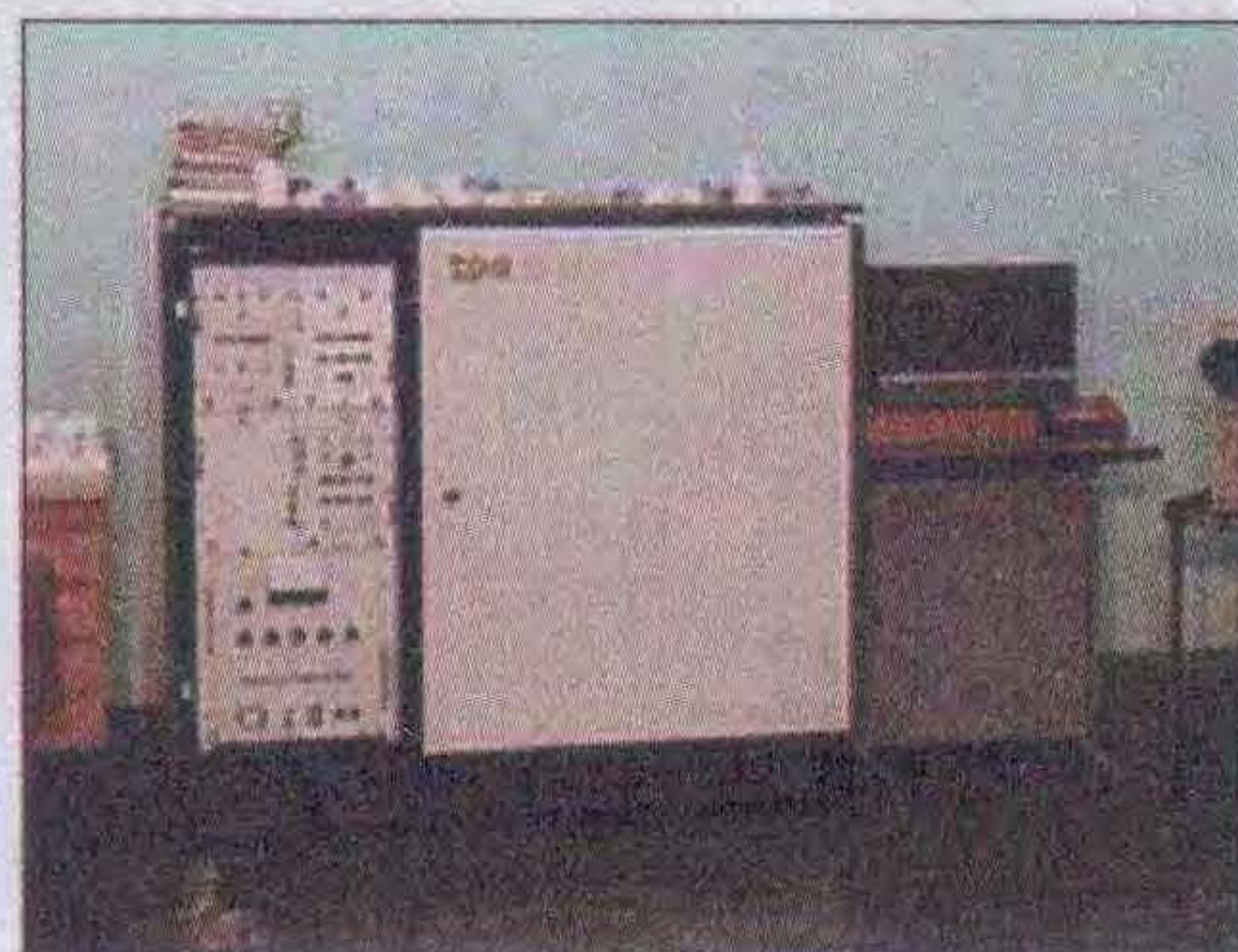


84. ábra

fogós gépét tervezte át tranzisztorosra, de csak az EDLA II prototípusáig jutottak el.

A KFKI (Központi Fizikai Kutató Intézet) 1968-ban a DEC PDP8 számítógépet tervezte meg saját áramkörökkel úgy, hogy az eredeti szoftvert tudta használni a gép (a PDP8-ról a későbbiekben még szólunk, mert a digitális áramkörök fejlődéstörténetében fontos szerepet játszott a gép sajátos konstrukciója). 1969-ben az első gépek már működtek! Először japán, később hazai szilícium tranzisztorokat alkalmaztak, a memória 4096×12 kapacitású ferritár.

Az operátor kezelőpulton (85. ábra) keresztül vezérelte a számítógépet. Bekapcsoláskor, ha a „boot” program törlődött, a kezelőpultra felírt rövid



85. ábra

program kézi bevitelével lehetett a működést megindítani. A gép lyukszalagos perifériákkal és ASR33 konzoliró gépekkel dolgozott.

A TPA1001 felépítése átgondolt tervezés eredménye volt. Néhány típuskártyát fejlesztett ki a KFKI, és azokból építették fel a gépet. Ez nagymértékben növelte a hibakeresés eredményességét, olcsóbbá tette a gyártást és a szervizelést is. A gép igen sikeres volt, a szocialista országok atomreaktorai is ezekkel a gépekkel működtek.

Rövidesen megépítették a KFKI-ban az integrált áramkörös TPA 70-et is, és abból is sorozattermék lett.

Mivel a KFKI nem kapott engedélyt számítógép fejlesztésére és gyártására, a gépeket a korábban is gyártott készülékekhez hasonlóan Tárolt Programú Analizátoroknak nevezték—innen a TPA típusnév!

A logikai modulok kialakulása

A jelfogós és a csöves logikai áramkörök világában minden készüléket teljes részletességgel az építője tervezett meg, nem lehetett a kereskedelemben pl. ES kaput vagy SR tárolót vásárolni, csak alkatrészeket. A tranzisztoros számítógépek és vezérlések építői azonban szívesen terveztek alapegységeket, modulokat, kártyákat, s azokból építették fel rendszereiket. Egyes esetekben a modulok olyan jól sikerültek, hogy kereskedelmi forgalomba is hozták azokat, s a többi tervező már ezekkel építhetett. A logikai modulok megjelenésének egyik feltétele az elektronikai készülékek szerelési megoldásainak fejlődése, a nyák megjelenése volt. Erről a folyamatról az [6] műben olvashatunk.

A diódákból, tranzisztorokból kialakított számítógépek részletes kapcsolási rajzán egy meghatározott alkatrész-számot tartalmazó részletet építet-



86. ábra

tek meg egy nyomtatott huzalozású kártyán (mint pl. a Cellatron esetében). Minden részletet egyedi tervezéssel gyártottak, így a kártyák többnyire nagy méretűek, és egyediek voltak (minden kártya más és más volt). Mindez nagyon megbízhatatlan konstrukciót eredményezett.

Néhány számítógépfelkészítő belátta, hogy a számítógépet, ami végül is logikai áramkör, logikai alapegységek-ből könnyebb megtervezni. Innen csak egyetlen lépés volt a típuskártyák kialakítása. Az 1960-as évek közepén a legmesszebb ezen az úton a DEC tervezőmérnökei jutottak el.

A világ első tömeggyártású miniszámítógépe a DEC (Digital Equipment Corporation) PDP8 számítógépe volt, melyet 1965-ben fejlesztettek ki, majd a következő években sok különböző változatban gyártottak, egészen 1980-ig. Több példány még 2000-ben is üzemszerűen működött ezekből, igaz, hogy az utolsó sorozatokat már integrált áramkörökből építették meg (PDP8-I). Az eredeti, diszkrét félvezetős PDP8 480 mm szélességű, 550 mm hosszúságú, 840 mm magasságú és 150 kg tömegű volt.

Témánk szempontjából a fejlesztőknek az az ötlete fontos, hogy a számítógép tervezésekor nem az egymással közvetlen kapcsolatban lévő áramköri részleteket készítették el egy-egy nagyméretű nyáklapon, ahogyan pl. a Cellatron készült, hanem azonos logikai alapegységeket képeztek ki egységes méretű, csatlakozókba bedugható paneleken, kártyákon.

A PDP8-nál egy-egy kártya (a DEC mérnökei által alkotott elnevezéssel

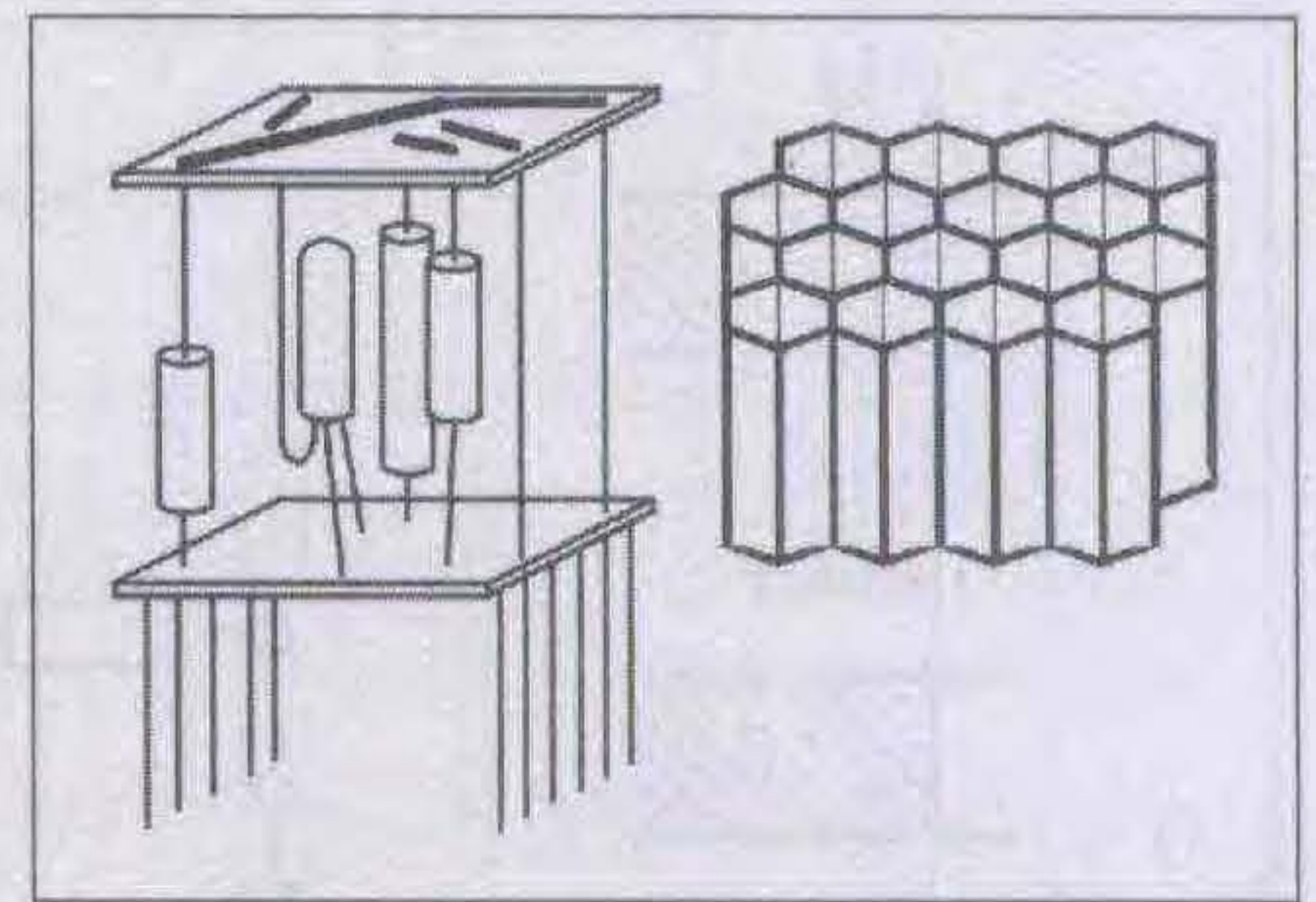
FlipChip) logikai kapukat (pl. öt darab kétbemenetű NAND kaput), invertereket (hét darabot), flip-flop áramköröket (tárolókat), regisztereket, dekódereket, MMV áramköröket stb. tartalmazott. (Ma a Flipchip egy különleges IC tokozási megoldás neve, ahol a tok alsó felén, több sorban található a kivezetések, egy-egy óngömböcske formájában.) A típuskártyák kifejlesztése, gyártása, tesztelése garantálta a kiváló minőségű, megbízható készülék megépítését. A kártyákon 18 pontos közvetlen (azaz a nyák mintázatából kialakított) csatlakozó volt, a kártya mérete 5,5×2,5 inch. A 86. ábrán felül az r107 kártya látható (inverterek), középen az r113 (NAND-NOR kapu), alul az r202 (tároló). Néhány összetettebb logikai egységet dupla kártyára építettek meg (5,5×5,5 inch), ennek két darab 18 pontos csatlakozója volt. A kártyás építés leegyszerűsítette a tesztelést, a szervizelést is. A kártyákat a későbbiekben a további számítógépek (PDP9, PDP10) megépítésénél is felhasználták a DEC mérnökei.

A DEC a PDP gépek szervizeit folyamatosan ellátta kártyákkal. Mivel nem csak a DEC szervizei foglalkoztak a számítógépekkel, a kártyákat meg is lehetett rendelni, azaz forgalomba hozták azokat (az r107 ára 24 \$, az r113-é 20 \$, az r202 kártyáé 25 \$ volt 1967-ben). Ez rendkívül fontos esemény a digitális áramkörök fejlődése szempontjából! Így bárkinek lehetősége nyílt, hogy tetszőleges digitális egységet, készüléket építsen, a tervezéskor pedig elegendő volt a logikai alapelemek (inverterek, kapuk, tárolók) szintjén dolgozni. Világszerte megkezdődött a digitális modulok fejlesztése.

Az alapegységek, modulok egyik kedvelt kialakítási formája a kisméretű, tokozatlan, beforrasztható kivezetésekkel ellátott nyomtatott huzalozású panelekre szerelt egység volt (87. ábra).



87. ábra



88. ábra

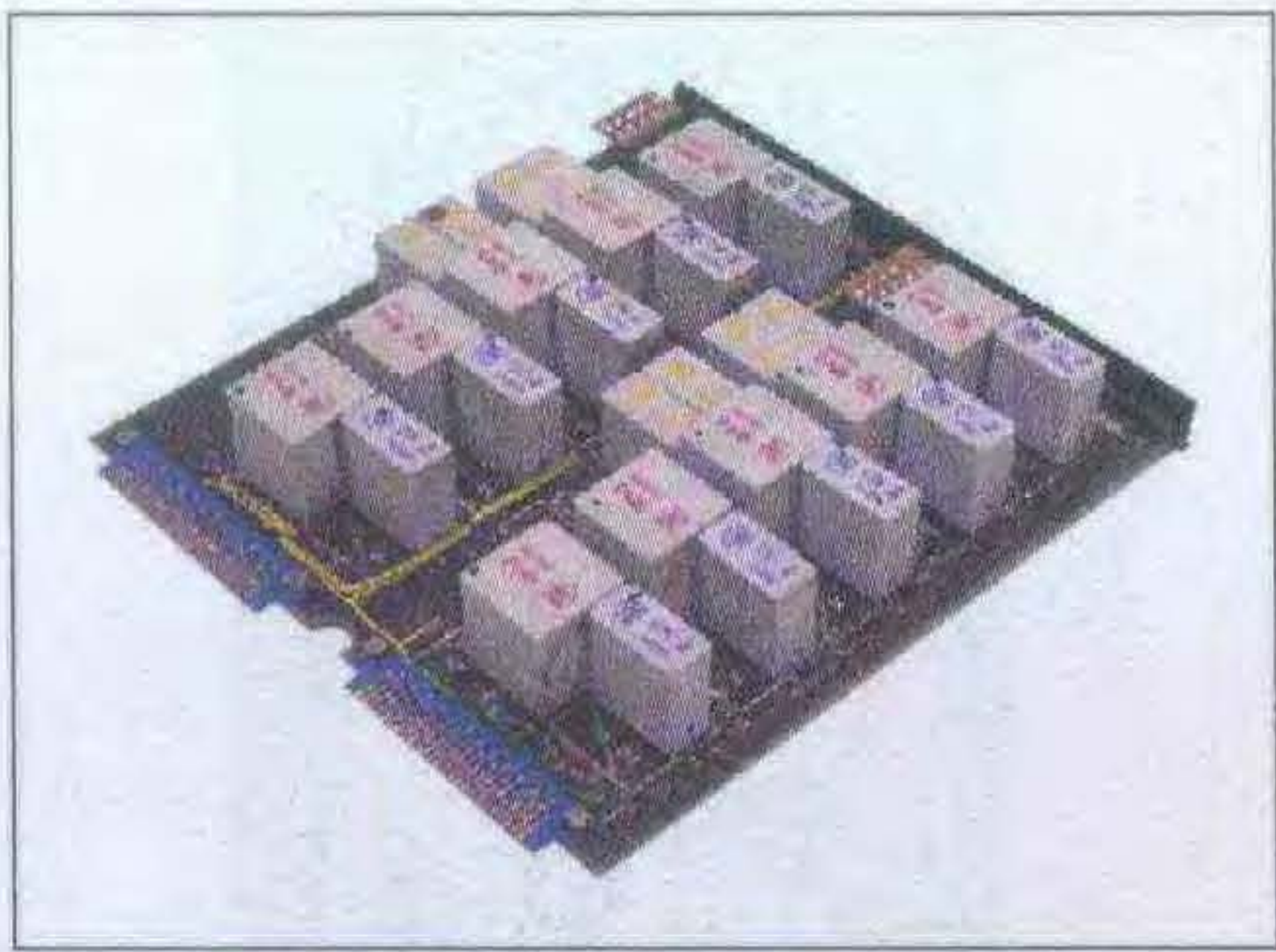
Készítettek pl. inverter modult, ÉS-kapuk modult, VAGY-kapuk modult és ezekkel klasszikus kétszintes logikai hálózatokként a logikai függvényeket meg lehetett valósítani.

Az elektronikus alkatrészek (elektroncsövek, diódák, tranzisztorok) gyártása terén hazánk ebben az időben nemzetközileg elismert helyet foglalt el, s a logikai modulokra is tudunk hazai példákat mondani.

Egy sikeres modulkészletet dolgozott ki a hazai TERTA cég, a TERTA kockákat. A TERTA mérnökei a saját digitális fejlesztéseiket kívánták egyszerűbbé tenni, a készülékeik megbízhatóságát pedig növelni azzal, hogy a logikai alapelemeket nagy megbízhatóságú modulokban állították elő. A TERTA kockák műanyag dobozba szerelt, szendvicsszerkezetű egységek voltak, kétféle méretben. A teljes kocka minden oldala 30 mm, a félkocka modul szélessége csak 15 mm.

A teljes kockában két 28×28 mm méretű nyáklapocskára között szerelték az alkatrészeket (88. ábra), a félkockában a két panel mérete 28×13 mm volt. A TERTA kockák a germánium félvezetők időszakában készültek, ennek megfelelően szabadszintű negatív logikát valósítottak meg. A tápellátásukhoz +12 V-os és -12 V-os feszültséget biztosító kettős tápegységre volt szükség. A TERTA kockákkal épített logikai áramkörök felső frekvenciahatára 100 kHz volt. A kockákban logikai kapuk, inverterek, tárolók, egyéb alapelemek voltak (89. ábra).

A TERTA maga is épített a kockákkal digitális készülékeket, de forgalmazta is azokat. Mivel még nem létezett nagy választék logikai alapelemekből, éveken át sikeres termék volt a logikai kocka. Rövidesen más hazai gyárak is megjelentek logikai modulokkal. Az Elektrotechnika Ktsz fejlesztte ki, és a világhírű alkatrészgyártó cég, a REMIX kezdi gyártani a NOR kapukra épülő logikai modulokat, melyek már



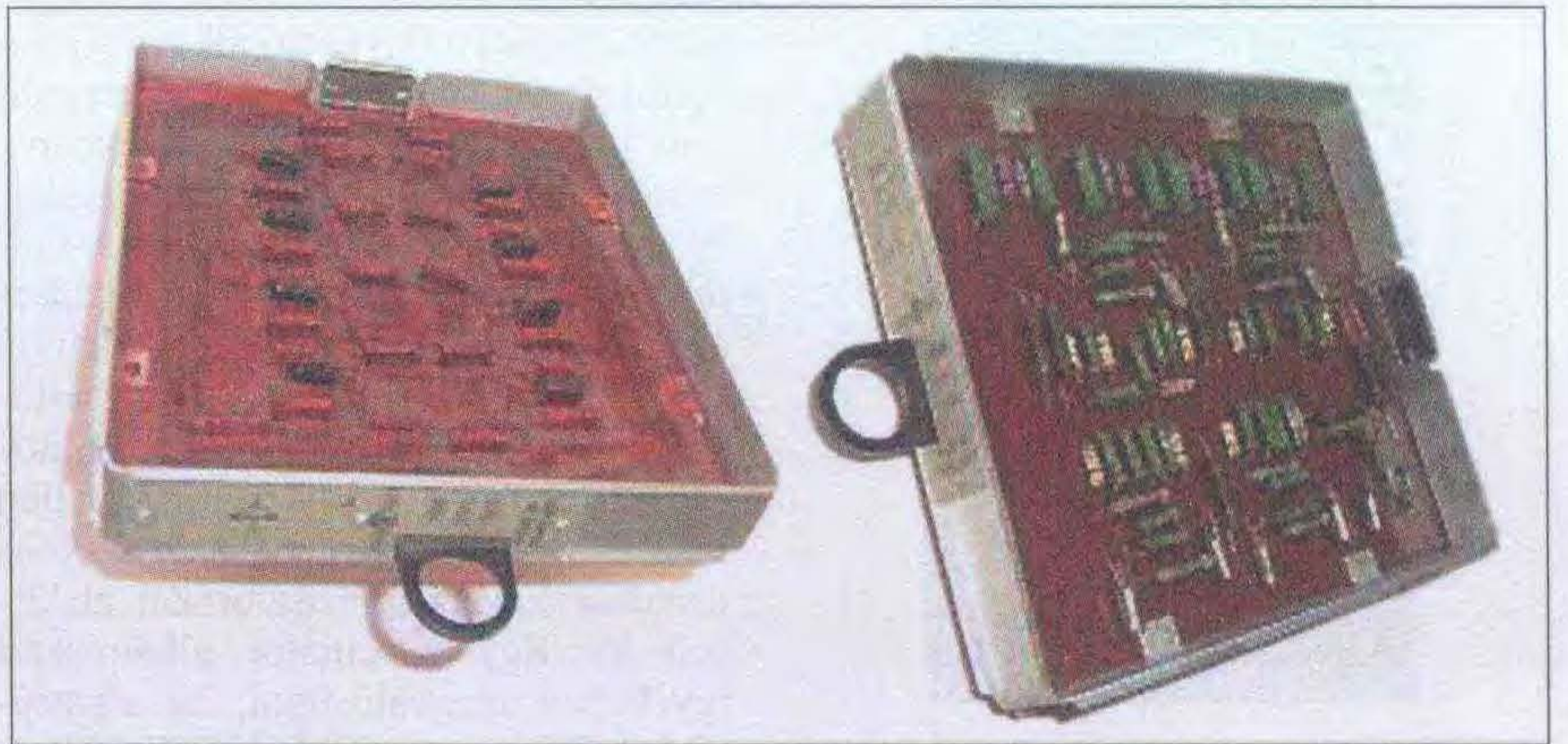
89. ábra

szilícium tranzisztorokat tartalmaztak. Az 500 kHz frekvenciáig használható modulok három méretben készültek, a legnagyobb 32×22 mm-es, a legkisebb 32×7 mm-es volt. Fogott szintű tranzisztoros logikai elemek voltak, a +12 V-os tápfeszültséggel és +3 V megfogó feszültség. Ezek a modulok azonban nem lettek olyan sikeresek, mint a TERTA kocka.

A Posta Kísérleti Intézet saját célra fejlesztett ki modulegységeket. A POKINOR elnevezésű egységek germánium tranzisztoros, szabad szintű negatív logikával működtek, 150 kHz frekvenciáig. A műanyag dobozok alapterülete 30×7 mm, a magasságuk 15 mm volt.

Az Egyesült Izzó szilícium tranzisztorokkal építette a H900 sorozatú moduljait, melyek tápfeszültsége csak +3,6 V volt! Ez a modulsorozat NOR és NAND kapukat és sorrendi elemeket tartalmazott. A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet (HIKI) MOSFET-ekből alakított ki -24 V-os tápfeszültségű, 100 kHz működési frekvenciájú logikai modulokat.

Valódi sikert azonban a TERTA kocka mellett egy cég termékei értek el, az EDS logikai kártyák. Az Elektronikus Mérőkészülékek Gyára (EMG) termékei voltak az EDS (Electronic Digital System) kártyasorozatok. Az első kártyacsalád az EDS1000 rendszer volt. A kártyák mérete 168×136 mm, a foglalatba a nyomtatott huzalozású panelel kiképzett csatlakozófelületekkel (közvetlen nyák-csatlakozó) lehetett becsatlakoztatni. Az egyoldalas nyák 23 pontos csatlakozást biztosított, a kétoldalas kártyákon 46 csatlakozópontot alakítottak ki. Az EDS kártyákat fiókokba (rack) lehetett behelyezni. A kártyákat befogadó csatlakozók hátoldalán huzalozással kellett a kívánt működésnek megfelelően a kártyákat összekapcsolni egymással. A kártyákat germánium félvezetőkkel szerelték, fo-



90. ábra

gott szintű negatív logikát valósítottak meg. A logikai 1-et a -3 V, a logikai 0-t a 0 V jelentette. Három tápegységgel működtek az áramkörök (-15 V tápfeszültség, -3 V megfogó feszültség, +10 V lezáró feszültség). A kártyákat alumínium keret vette körül, ez növelte a mechanikai szilárdságot, és megkönnyítette a fiókba való behelyezést.

A típuszám első jegye a sorozat jelzése. A második a működési frekvencia (0: 2 kHz; 1: 10 kHz; 2: 100 kHz; 3: 1 MHz; 4: 10 MHz). A harmadik számjegy a logikai elemre utalt (1: inverter; 2: diódás kapu; 5: tároló stb.). Az utolsó számjegy a logikai egység változatait jelölte. Az EDS 1156 lassú inverter kártya, az EDS 1221 10 kHz-es frekvenciáig használható VAGY kapu (90. ábra). A kapuk esetében a kártyákon csak a diódákat helyezték el, az ellenállásokat kívül kellett csatlakoztatni hozzájuk.

Az EDS kártyák sikeres termékek voltak, számítógép és ipari vezérlő egyaránt készült belőlük. Az EMG hamarosan új sorozatokkal jelent meg. Az EDS4000 sorozat (STATOMAT) kártyái 78×72 mm méretűek, Ge elemes logikával. Az EDS 5xxx (MINICARD) sorozat által használt kártyák mérete 196×109 mm volt (egyoldalas nyák, 20 pontos csatlakozóval). Ez is germánium félvezetős rendszer volt. Az EMG is készített logikai kockákat (EDS 6000 sorozat), de ezek nem terjedtek el.

Az EMG tervezői a logikai kártyákat azért fejlesztették ki, hogy azokat forgalmazva lehetővé váljon a felhasználók számára a céljaiknak megfelelő logikai berendezés gyors megtervezése, üzembiztos kialakítása. A későbbiekben azonban a cég tervezői maguk is több berendezést építettek, ezeket is forgalmazták. 1964-ben készült el a HUNOR 131 asztali elektronikus szá-

mítógépük, majd a HUNOR 156, később az EMG 830, utóbbi folyamatirányítási feladatokra készült.

A logikai modulok egyik fejlesztési iránya az egyre kisebb elemek kialakítását célozta meg. A mikromodulok használatával a digitális elektronika egészen kis helyre is besúfolható, így pl. egy lövedék orrába. Elsősorban a katonai alkalmazásokban terjedtek el, de a repülőgépipar és az űrkutatás is kedvelte ezeket.

A mikromodulokból fejlődtek ki az első integrált áramkörök, a vastagréteg és vékonyréteg megoldások, a hibrid IC-k. Közben több félvezetőgyártó is kereste már annak a lehetőségét, hogy egyetlen félvezetőben hogyan lehetne a teljes digitális áramkört létrehozni, elkerülve az egyes alkatrészek egyedi gyártását, tokozását, összeszerelését és egyúttal soha nem látott kis méreteket elérni.

A digitális integrált áramkörök megjelenése

Akkor beszélünk integrált áramkörökről, ha egy félvezető lapkán alakítják ki egy áramköri egység minden (vagy legtöbb) alkatrészét. A legegyszerűbb esetben a félvezető lapkán azonos alkatrészekből helyeznek el néhányat, egymással nincsenek is összekötve, pl. LED-eket, tranzisztorokat stb. Az angol szakszövegekben az ilyen áramkör neve: array (LED array, transistor array).

1952-ben publikálta *Geoffrey Dummer* az integrált áramkörre vonatkozó elképzelését. Leírta, hogy az elektronikai alkatrészeket egyetlen félvezető tömbben kell kialakítani, ezáltal minimális lesz az összekötő vezetékek hossza, javulnak a tulajdonságok, csökken az előállítási költség.



91. ábra

Az első integrált áramkörök a vékonyréteg, vastagréteg és hibrid áramkörök voltak. Még nem egy félvezető-szeleten készültek, hanem diszkrét alkatrészekből szerelték össze ezeket, miniatűr nyákokra. A vastagréteg áramkörök vékony kerámialapra készültek. A kerámialapon az áramkör vezetőkeit, ellenállásait, induktivitásait, kondenzátorait alakították ki. Az ellenállást, a kondenzátorok fegyverzeteit, az induktivitásokat vezető pasztával képezték, az ellenállásokat értelemszerűen ellenálláspasztával. A pasztákat szitanyomással vitték fel a felületre, 15...25 μm vastagságban. A pasztában üvegporszó is volt, kemencében hevítve ez megolvadt, lehűlve zománc keménységű, megfelelő ellenállású réteget alkotott.

A vékonyréteg áramkörök kerámia vagy üveg alapon készültek, a réteget gőzöléssel vitték fel, 0,5...1 μm vastagságban. A vékonyréteg áramkörök bevonatai önmagukban kellően tapadtak és stabilak voltak, nem kellett kiegészíteni sem az áramkört.

Nagy megbízhatóságú, pontos RC-, RL-, RLC-hálózatokat lehetett ezekkel a módszerekkel kialakítani. Ha a vékonyréteg vagy a vastagréteg áramkörön dióda vagy tranzisztor számára is kialakítottak csatlakozó felületeket,



92. ábra

ahova azután a félvezető alkatrészt beforrasztották, az ún. hibrid integrált áramkörhöz jutottak. A későbbiekben a hibrid áramkörökhöz különleges tokozású félvezetőket készítettek, ezek voltak az első felületen szerelhető alkatrészek (Surface Mounted Device, SMD).

A Texas Instruments laboratóriumában Jack Kilby (1923–2005; 91. ábra) kísérletezett azzal, hogy egyetlen félvezető-darabban ellenállásokat, kondenzátorokat és tranzisztorokat alakítson ki. Egy oszcillátor alkatrészeit igyekezett megvalósítani, az alkatrészeket vékony vezetőkkel kötötte össze egymással. Próbálkozásait 1958. szeptemberében siker koronázta – az első integrált áramkör működni kezdett (92. ábra)!

Egy apró germánium-csíkot üveglapra ragasztott, s ebben a germánium-szeletkében hozta létre az alkatrészeket. A kialakított alkatrészek összekötésére aranyhuzalt használt fel. A Texas 1959 januárjában szabadalmaztatta az integrált áramkör (IC) előállítását.

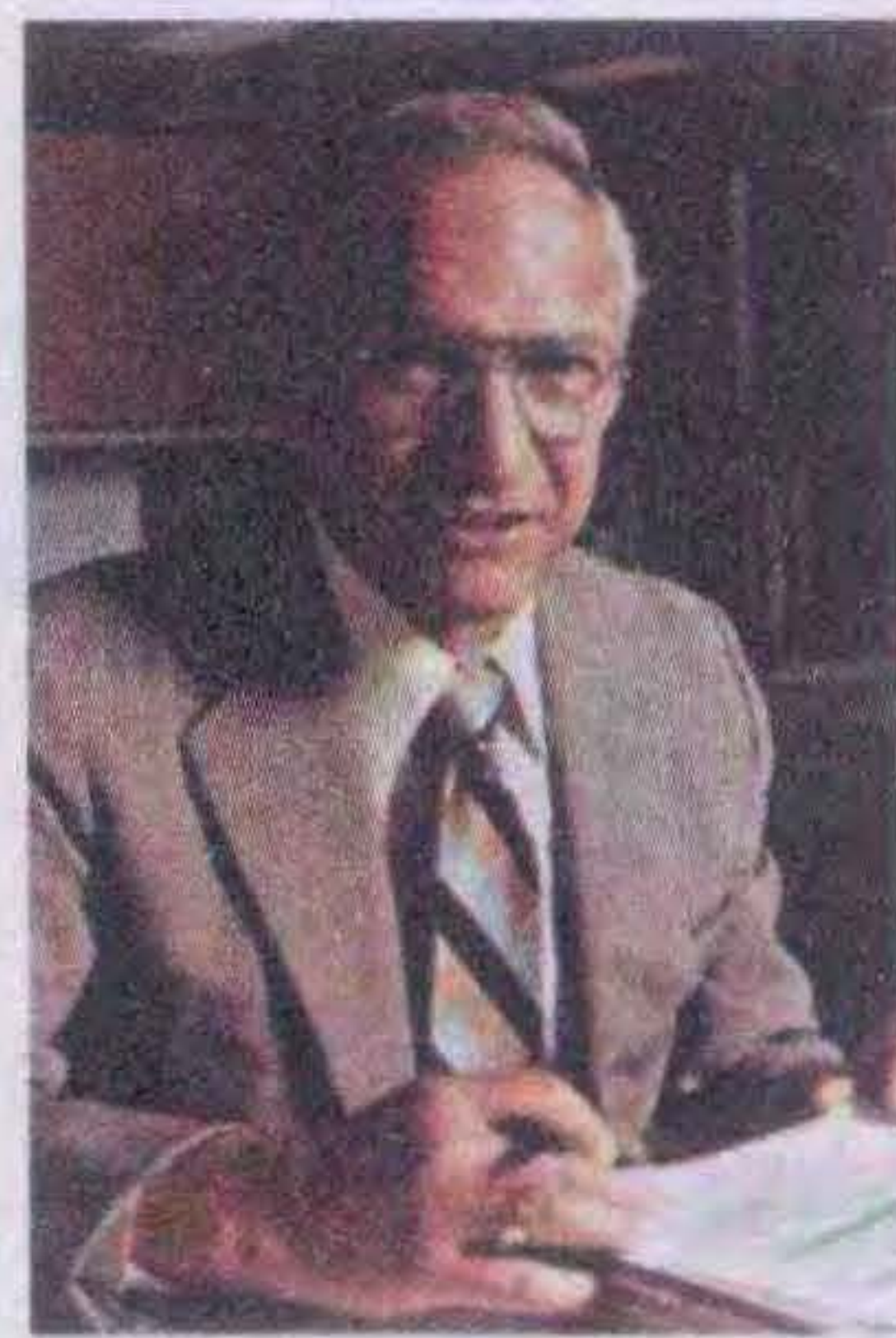
Időközben egy másik kutató is egyre közelebb jutott a célhoz. Robert Noyce (1927–1990; 93. ábra) a kis Fairchild Semiconductor cég kutatója volt. Ő is alkotott egy összetett áramkört, egyetlen félvezető darabon. Noyce azonban azt is meg tudta oldani, hogy a kialakított elemi alkatrészeket ne kelljen a levegőben ívelő vezetékkel összekötni, ő tehát már a fémmezési lépést is alkalmazta integrált áramkörében. A Fairchild az új alkatrészt Unitary Circuits néven fejlesztette (94. ábra), később ezen a néven szabadalmaztatták.

Tudva, hogy a Texas már bejelentett egy hasonló találmányt, a Fairchild rendkívül részletes szabadalmi leírást készített az áramkörrel, remélve, hogy annak nem minden részletét fedi le a Texas szabadalom. 1961 áprilisában a szabadalmi hivatal az integrált áramkörre vonatkozó szabadalmi előnyt Robert Noycenak ítélte meg.

A szakmai közvélemény úgy tekinti, hogy a két kutató egymástól függetlenül, egy időben találta fel az integrált áramkört (Integrated Circuit, IC).

Az első, sorozatban gyártott integrált áramkörök analóg IC-k voltak, a rádiók és tévévevők áramköreit, feszültség-stabilizátorokat, műveleti erősítőket, analóg komparátorokat készítettek a gyártók.

Az integrált digitális áramkörök 1960-as évek közepén jelentek meg, közülük a a Texas Instruments áramkö-



93. ábra

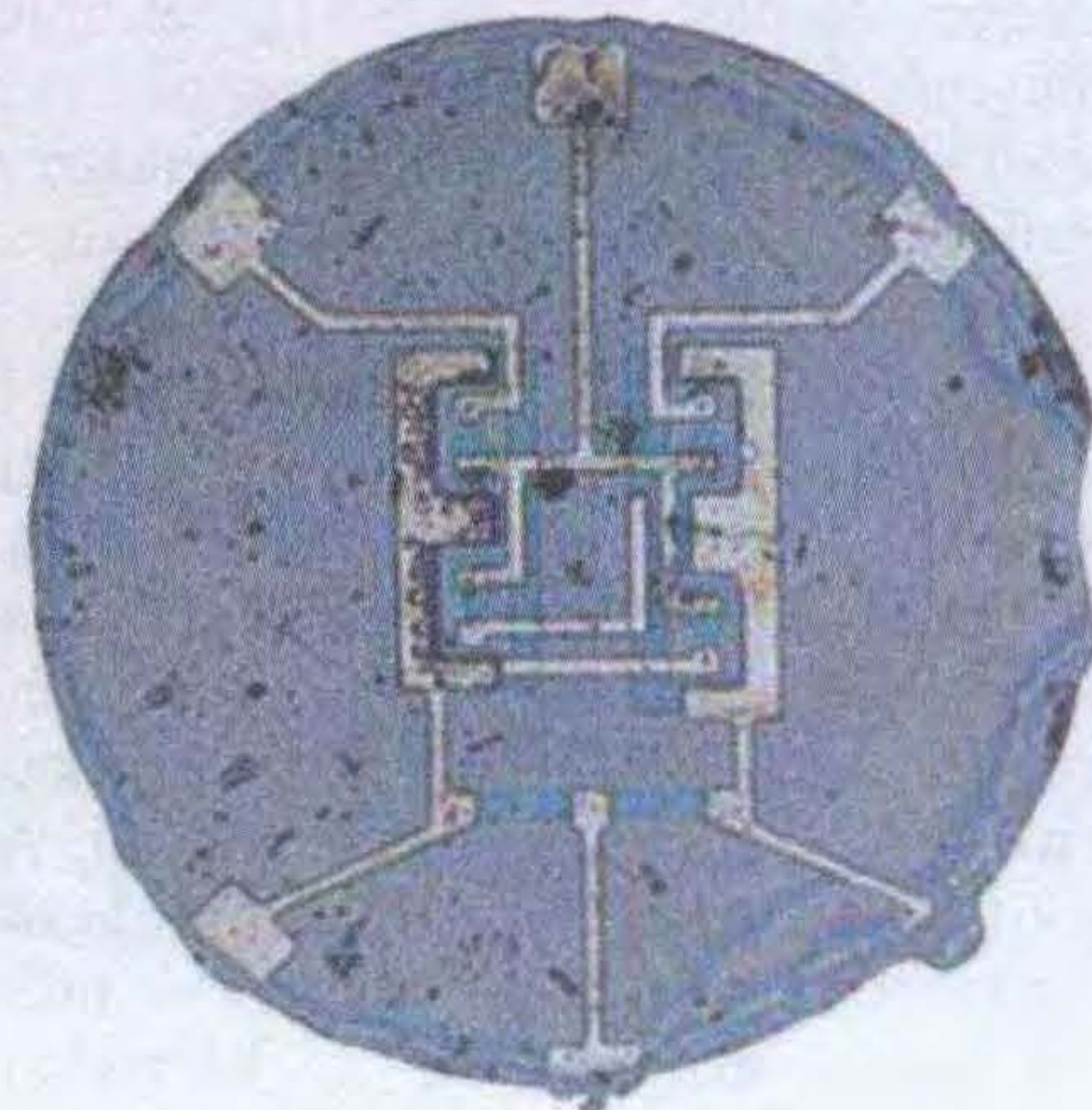
rei értékek el jelentős piaci eredményeket. A sikeres bipoláris TTL áramkörök után az RCA fejlesztési eredményeként megjelentek a CMOS áramkörök is. A TTL és a CMOS kis- és közepes integráltságú áramköröket (SSI-MSI) tartalmazó sorozatok folyamatosan finomodtak.

A nagy integráltságú elemek először bipoláris technológiával jelentek meg, de hamarosan a PMOS lett az uralkodó megoldás. Ezt követte az NMOS, majd a CMOS. Ma gyakorlatilag minden LSI áramkör CMOS jellegű.

Elérkeztünk tehát a digitális integrált áramkörökhöz, így a digitális áramkörökkel kapcsolatos vizsgálódásaink véget is értek. A digitális IC-kről sok érdekesség tudható meg az [1, 7, 8] cikkekből.

Záró gondolatok

A digitális áramkörök történetének korai eseményei lényegében a számológépek, számítógépek története. Bár készültek logikai függvényeket megvaló-



94. ábra

sító áramkörök, inkább az oktatás, a szemléltetés volt a céljuk. Az elektromechanikus majd elektroncsöves, programozható számítógépek fejlesztői eleinte nem is voltak a tudatában, hogy digitális áramkörökkel dolgoznak.

Neumann János zsenialitása kellett ahhoz, hogy felfedezze a számítógépek logikai jellegét. A diszkrét félvezető gépeknél megjelentek a típuskártyák, amiket önállóan is forgalomba lehetett hozni. Ekkor válhatott el a digitális készülékek tervezése és a számítógépek építése egymástól.

A típuselemek egyre kisebb méretűekké váltak, megjelentek az integrált áramkörök. Idővel pedig a mikroprocesszorok, a mikrovezérlők is.

És ma azt lehet megfigyelni, hogy a digitális áramkörök fejlesztői egyre gyakrabban nem hardvert terveznek, hanem pl. egy mikrovezérlő programjával oldják meg a feladataikat. Így pedig ismét egyesül a két áramkör-felhasználási terület, a processzoros, mikrovezérlős mikroszámítógépek el láthatnak számítógép-szerű feladatokat is és logikai készülékeként is működhetnek.

Hivatkozott irodalom

1. Dr. Madarász László: Bitről bitre, az LSI áramkörökig. 1–34. rész. 1–24. Hobby Elektronika, 2002/8.; 2002/9.; 2002/11.; 2002/12.; 2003/2.; 2003/3.; 2003/4.; 2003/5.; 2003/6.; 2003/7.; 2003/8.; 2003/9.; 2003/11.; 2003/12.; 2004/1.; 2004/2.; 2004/3.; 2004/4.; 2004/5.; 2004/6.; 2004/7.; 2004/8.; 2004/10.; 2004/11. 25–34. Rádiótechnika, 2005/1.; 2005/2.; 2005/3.; 2005/4.; 2005/5.; 2005/6.; 2005/7.; 2005/8.; 2005/9.; 2005/11.
2. Tavasz István–Pölhössy Béla: A Gamma-Juhász féle légvédelmi lőelemképző \times Tansegédlet (Gamma Rt., 1940)
3. Kovács Győző: Válogatott kalandozásaim Informatikában (Masszi Kiadó, GÁMA-GEO Kft., 2002; CD-melléklettel)
4. Wlassits Nándor: A rádió vezérfonalában 1–2. rész, Rádiótechnika 2008/11., 2008/12.
5. Rékai János: Egy korszakváltó találmány 60 éves évfordulójára, Rádiótechnika, 2008/12.
6. Dr. Fábián Tibor: A sasszitól a nyomtatott áramkörig 1–2. rész, Rádiótechnika, 2008/10., 2008/11.
7. Dr. Madarász László: Integrált kapuk a gyakorlatban 1–8. rész. Rádiótechnika, 2007/8., 2007/9., 2007/11., 2007/12., 2008/1., 2008/2., 2008/3., 2008/4.
8. Dr. Madarász László: Új, megújult és újralfelfedezett anyagok a mikroelektronikában. Rádiótechnika Évkönyve 2004. 117-134. o.

Ajánlott irodalom

- Neumann János: A számítógép és az agy. The Computer and the Brain. Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1964.
- Helm László–Marton József: Pneumatikus logikai elemek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.
- Löbel–Müller–Schmid: Számítástechnikai kislexikon. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973.
- John P. Hayes: Computer Architecture and Organization. McGraw–Hill Book Company, New York, 1978.
- Dr. Lovas Béla: Első- és másodfajú számítógépek. Automatizálás, 1983/11. sz., p. 2–9.
- Goldstine, H. H.: A számítógép Pascaltól Neumannig. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.
- Edited by William Aspray: Computing Before Computers. Iowa State University Press, Ames, 1990.
- Markó Tamás: A számítástechnika története (Elektronikai tananyag). JPTE, Pécs, 1996.
- Edited Rojas, R.–Hashagen, U.: The First Computers—History and Architectures. MIT Press, Cambridge, 2000.
- T. Dénes Tamás: Titkos-számítógép-történet. Aranykönyv Kiadó, Budapest, 2005.
- Dr. Raffai Mária: A hazai számítástechnika története. Alexander Alapítvány, 2005.
- Edited by Brian Randell: The Origins of Digital Computers (Selected Papers). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1973.

„Forrasztani csak pontosan, szépen... – ezekkel érdemes!”

Fahrenheit 28003

Analóg forrasztóállomás transzformátor + páka + pákatartó szivaccsal

- 150...450 °C-fok, analóg, folyamatosan állítható
- 24 V/50 W-os hőérzékelős, kerámia fűtőbetétes páka
- különféle alakú, könnyen cserélhető pákahegyek
- külön is rendelhető páka (2000 Ft) és pákahegykészlet (1990 Ft/5 db)



csak **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
- klf. alakú, könnyen cserélhető pákahegyek
- fix hőm. állító gombok: 200/300/400 °C
- dupla LCD: kívánt/valós pákahőmérséklet
- külön is rendelhető páka (2500 Ft) és pákahegykészlet (2490 Ft/4 db)



csak **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 www.radiovilag.hu

Nagyfrekvenciás erősítőkapcsolások 3. rész

Bus László okl. villamosmérnök

A nagyfrekvenciás erősítőkapcsolások befejező részében szintén a nagyszintű változatok ismertetését folytatjuk. A közlemény első részében a monolitikus mikrohullámú integrált áramköri (MMIC) kapcsolásokat mutatjuk be, majd az SHF sávú, a műholdas tévé-műsorvétel első KF sávjában üzemelő megoldások kerülnek ismertetésre.

Monolitikus mikrohullámú integrált áramkör (MMIC)

Mintegy húsz éve annak, hogy az Avantek cég MSA típusjelű mikrohullámú erősítő családjával megjelent a félvezető piacon. Később más félvezetőgyártók is, mint például a Mini-Circuits vagy a Hewlett-Packard, megjelentek MMIC gyártmányaikkal. Ezek az erősítők még bipoláris (Si alapú) technológiával készültek. A fejlesztés azonban nem állt meg és ennek eredményeként ma már GaAs (gallium-arszenid) alapú eszközök is kaphatók a félvezető piacon, így nálunk is. A gyártástechnológiák tökéletesítése révén az üzemi frekvencia felső határa 6-8 GHz-ig tolódott ki és az erősítés a 30 dB-es tartományt is elérte.

Mi a korábbi fejlesztésű (bipoláris technika) Mini-Circuits gyártmányú, MAR-jelzésű MMIC-kel megépített kapcsolásokat ismertetjük, melyek ha-

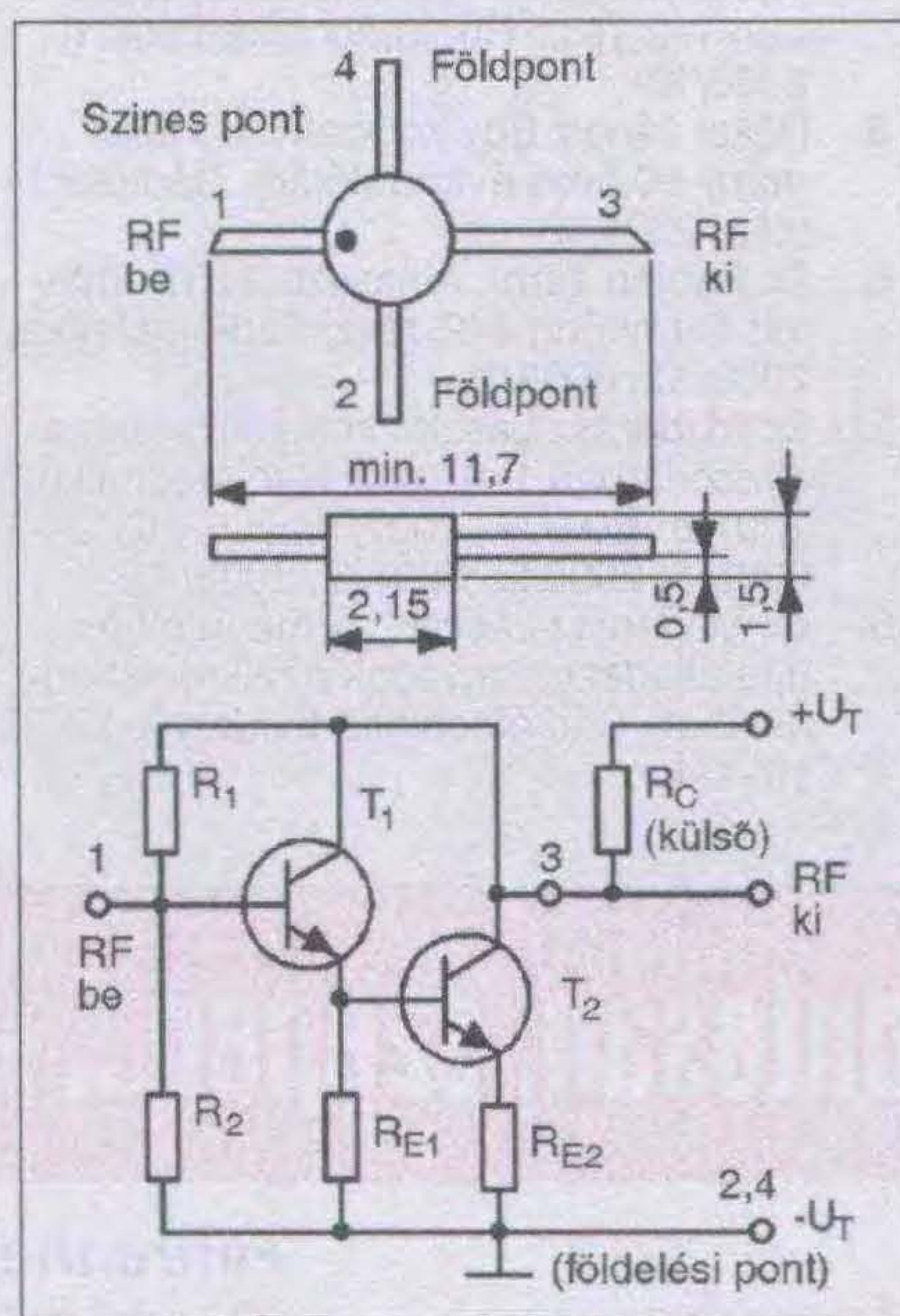
zai piacon viszonylag olcsó áron kaphatók. Ezt a családot az igen stabil működés, az alacsony zavarérzékenység, a kis zaj, a nagy erősítés és a minimális alkatrészigény jellemzi. Ennek a gyártmánycsaládnak műszaki jellemzőit kivonatolva a 1. táblázatban foglaltuk össze. A gyártmánycsalád egyes tagjainak főbb jellemző tulajdonsága, ill. al-

kalmazási területe a 2. táblázatban található.

A MAR típusú MMIC-k méreteit és belső áramkörét a 1. ábrán láthatjuk. A bipoláris technikával készített MAR MMIC-k egy egyszerű Darlington kapcsolásból állnak. A Darlington-fokozat T1 tranzisztorának bázisa ellenállásosztóról kap feszültséget a külső R_C ellenállással beiktatásával. A bázisosztó ezzel a külső ellenállással automatikus előfeszültség beállító áramkört képez. Ugyanennek a tranzisztornak az emittere R_{E1} ellenálláson keresztül kerül földpontra.

A darlington második tranzisztorának emittere is egy ellenálláson át kapcsolódik a földpontra (R_{E2}). Az R_{E1} , illetve az R_{E2} negatív visszacsatolása, valamint a kis impedanciák biztosítják a közelítőleg egyenletes erősítést és a stabil működést viszonylag széles sávban.

Erről az MMIC családról elmondható, hogy egyszerű felépítése mellett nagyon kedvező nagyfrekvenciás paraméterekkel és dinamikatartománnyal rendelkeznek. Ezeket a tulajdonságokat szemléltetik a MAR-3 és MAR-6 karakterisztikák. A MAR-3 IC erősítés görbét, az 1 dB-es kompresszióhoz tartozó kimenő szintet, zajszámot a környezeti hőmérséklet, valamint az 1 dB-es kompresszióhoz tartozó kimenő szint frekvenciafüggőségét 2. ábrán



1. ábra. A MAR típusú MMIC méretei elől- és felülnézetben és belső kapcsolása

1. táblázat. A MAR-gyártmánycsalád

Típus	Színjelölés	Erősítés dB-ben, fix frekvenciákon, MHz-ben				1 dB-es kompresszióhoz tartozó max. kimenőteljesítmény dBm-ben	Bemeneti VSWR	Kimeneti VSWR	Határadatok $T_{k\ddot{o}rny.}$ (25 °C)		Tipikus értékek a 3-as kivezetésen		Üzemi frekvenciatartomány MHz-ben
		100	500	1000	2000				I [mA]	P [mW]	I [mA]	U [V]	
MAR-1	barna	18,5	17,5	15,5	-	0	1,5	1,5	40	100	17	5,0	DC-1000
MAR-2	piros	13,0	12,8	12,4	11,0	+3	1,3	1,6	60	325	25	5,0	DC-2000
MAR-3	narancs	13,0	12,8	12,5	10,5	+8*	1,6	1,6	70	400	35	5,0	DC-2000
MAR-4	sárga	8,2	8,2	8,0	-	+11	1,9	2,0	85	500	50	5,0	DC-1000
MAR-6	fehér	20,0	19,0	16,0	11,0	0	2,0	1,8	50	200	16	3,5	DC-2000
MAR-7	lila	13,5	13,1	12,5	10,5	+4	2,0	1,5	60	275	22	4,0	DC-2000
MAR-8	kék	33,0	28,0	23,0	-	+10	**	**	65	500	36	7,5	DC-1000

Megjegyzés: * +4 dbm 1...2 GHz-ig

** MAR-8 bemenő és kimenő impedanciája nem 50 Ω.

Ha a generátor és/vagy a terhelés VSWR-je <3-nál, akkor feltételesen stabil.

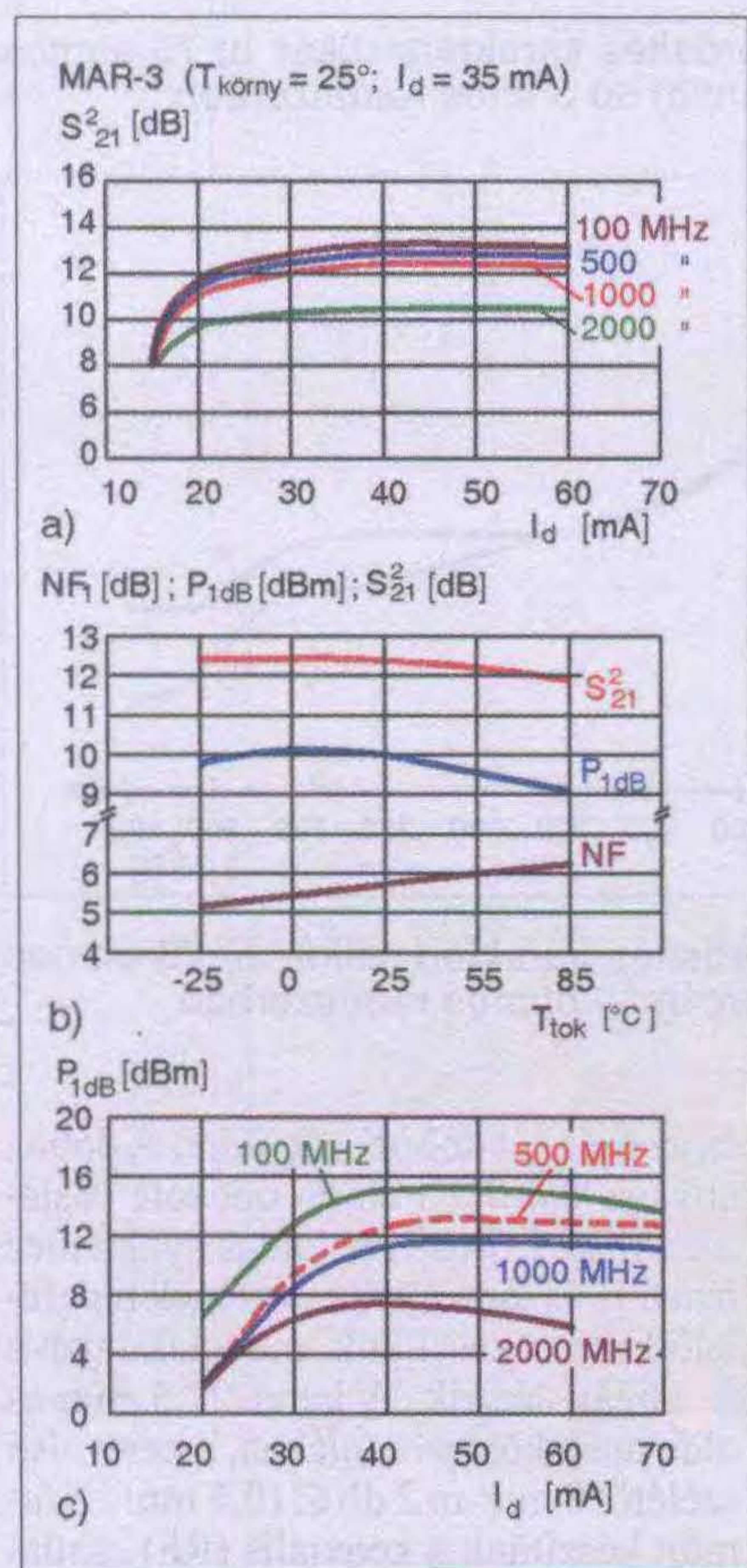
Működési hőfoktartomány: -20 °C...+85 °C.

Tárolási hőfoktartomány: -55 °C...+100 °C.

2. táblázat. A MAR típusok főbb jellemzői

Kritérium	Nagy erősítés	Kis zaj	Közepes zaj	Nagy kimenő telj.	2 GHz-es sávszélesség	Kis erősítés-ingadozás
Típus	MAR-1	MAR-6	MAR-1	MAR-3	MAR-2	MAR-2
	MAR-6	MAR-8*	MAR-7	MAR-4	MAR-3	MAR-3
	MAR-8*			MAR-8*	MAR-6	MAR-4
					MAR-7	

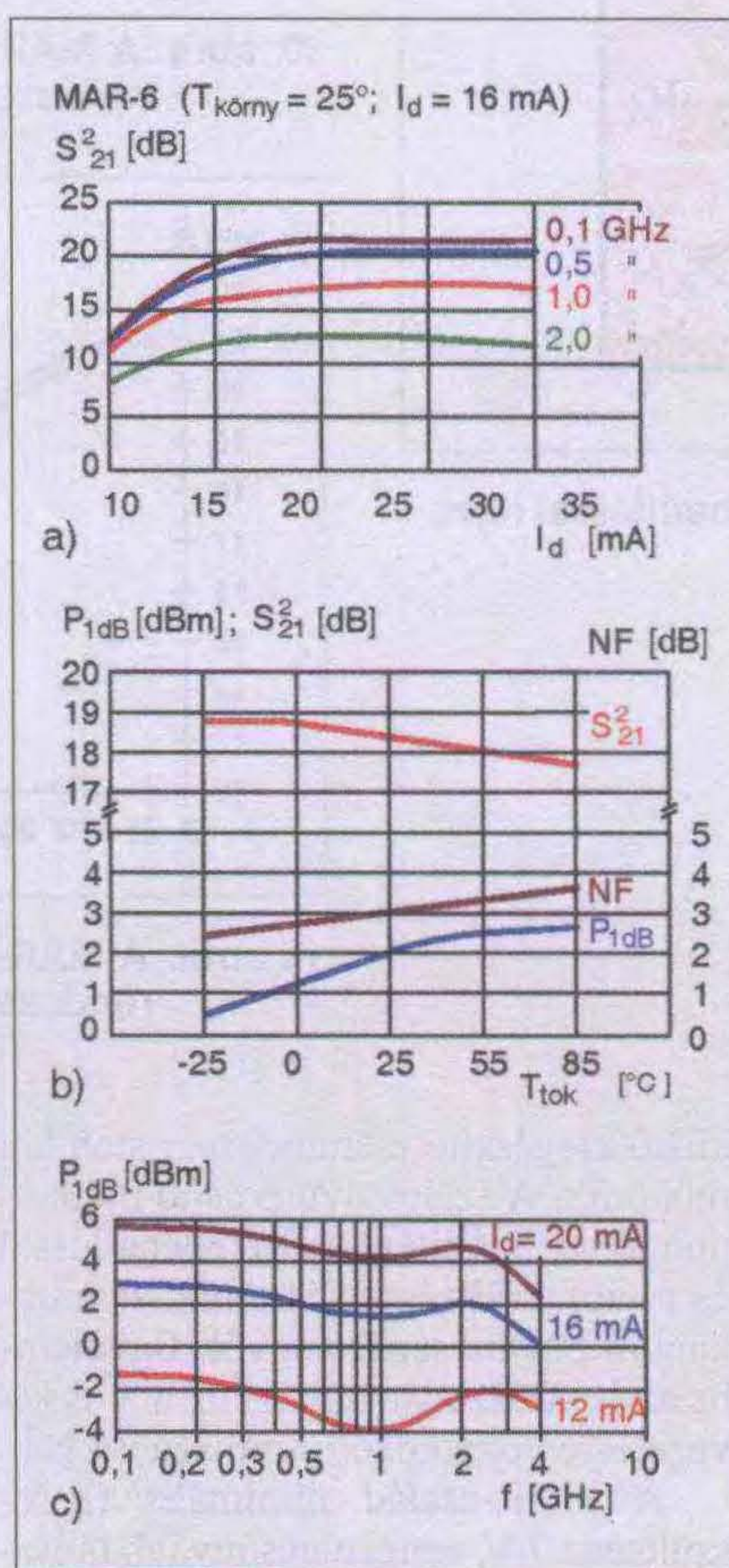
*MAR-8 erősítő 2 GHz alatt feltételesen stabil, bizonyos hőmérséklet, áram, terhelés és/vagy generátorimpedancia mellett begerjedhet. Az erősítő stabil lehet, ha a terhelés és a generátorimpedancia VSWR-je kisebb 3-nál.



2. ábra. A MAR-3 karakterisztikái: a) az erősítés függése az I_d áramtól, frekvenciával paraméterezve; b) az 1 dB-es kompresszióhoz tartozó kimenő szint, zajszám és erősítés változása a tok hőmérsékletének függvényében $f = 1$ GHz-en, $I_d = 35$ mA-nél; c) az 1 dB-es kompresszióhoz tartozó kimenő szint I_d függvényében frekvenciával paraméterezve

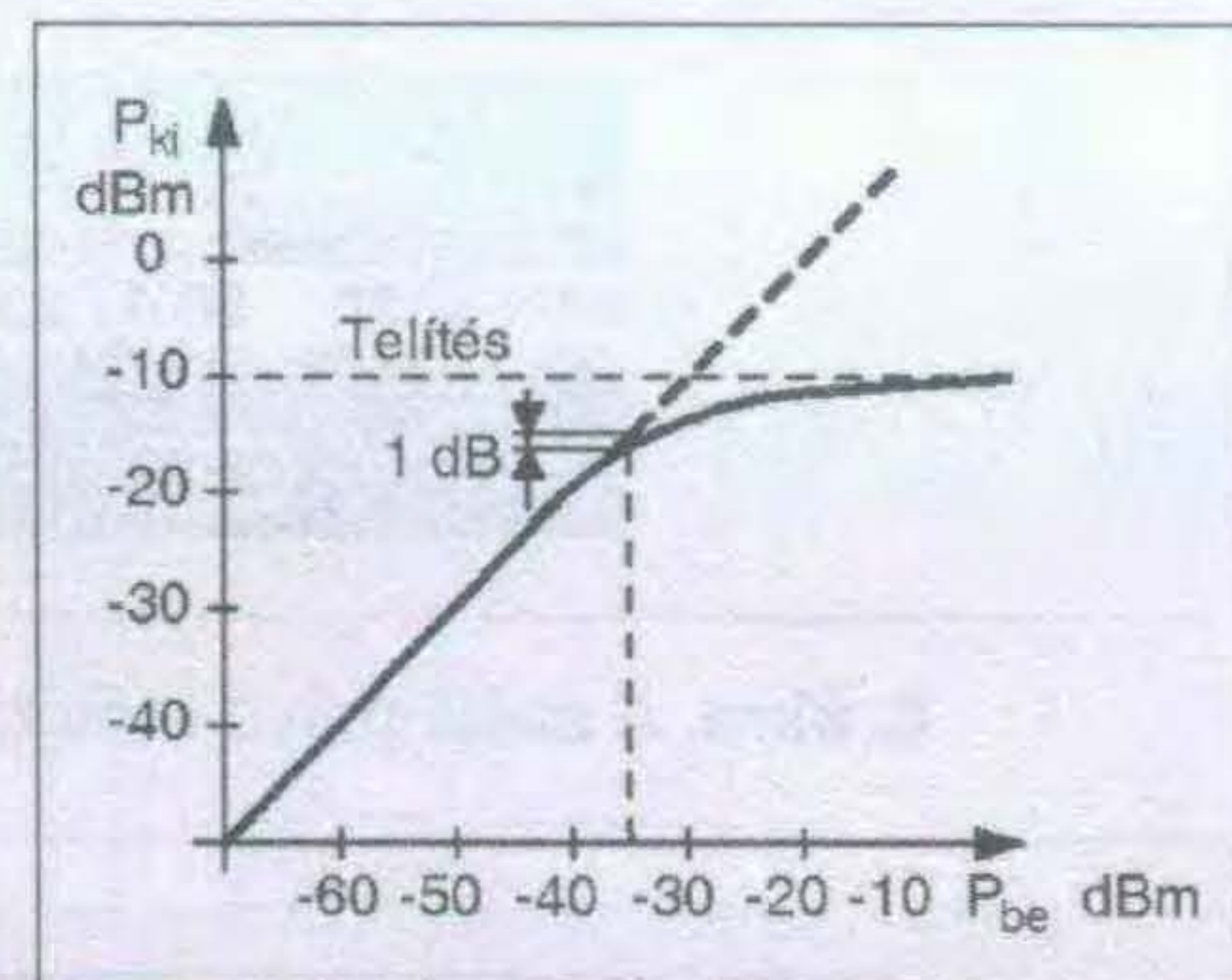
láthatjuk. A MAR-6 ugyanezen paraméterei a 3. ábrán láthatók.

A MAR erősítőket 50 ohmos rendszerekhez fejlesztették, de 75 ohmos rendszerben is jól alkalmazhatók, továbbá 1 GHz feletti frekvenciákon be-



3. ábra. A MAR-6 karakterisztikái: a) az erősítés függése I_d áramtól frekvenciával paraméterezve; b) 1 dB-es kompresszióhoz tartozó kimenő szint, zajszám és erősítés változása a tok hőmérsékletének függvényében $f = 0,5$ GHz-en, 16 mA-nél; c) 1 dB-es kompresszióhoz tartozó kimenő szint változása a frekvencia függvényében I_d -vel paraméterezve

és kimeneti illesztőhálózat nélkül is jól használhatók. Nagyszintű erősítőkről van szó, ezért a dinamikartomány felső határát vagy más szóval a kivezérlehetőséget az 1 dB-es kompressziós ponttal is megadják. Ha a jelek nagysá-

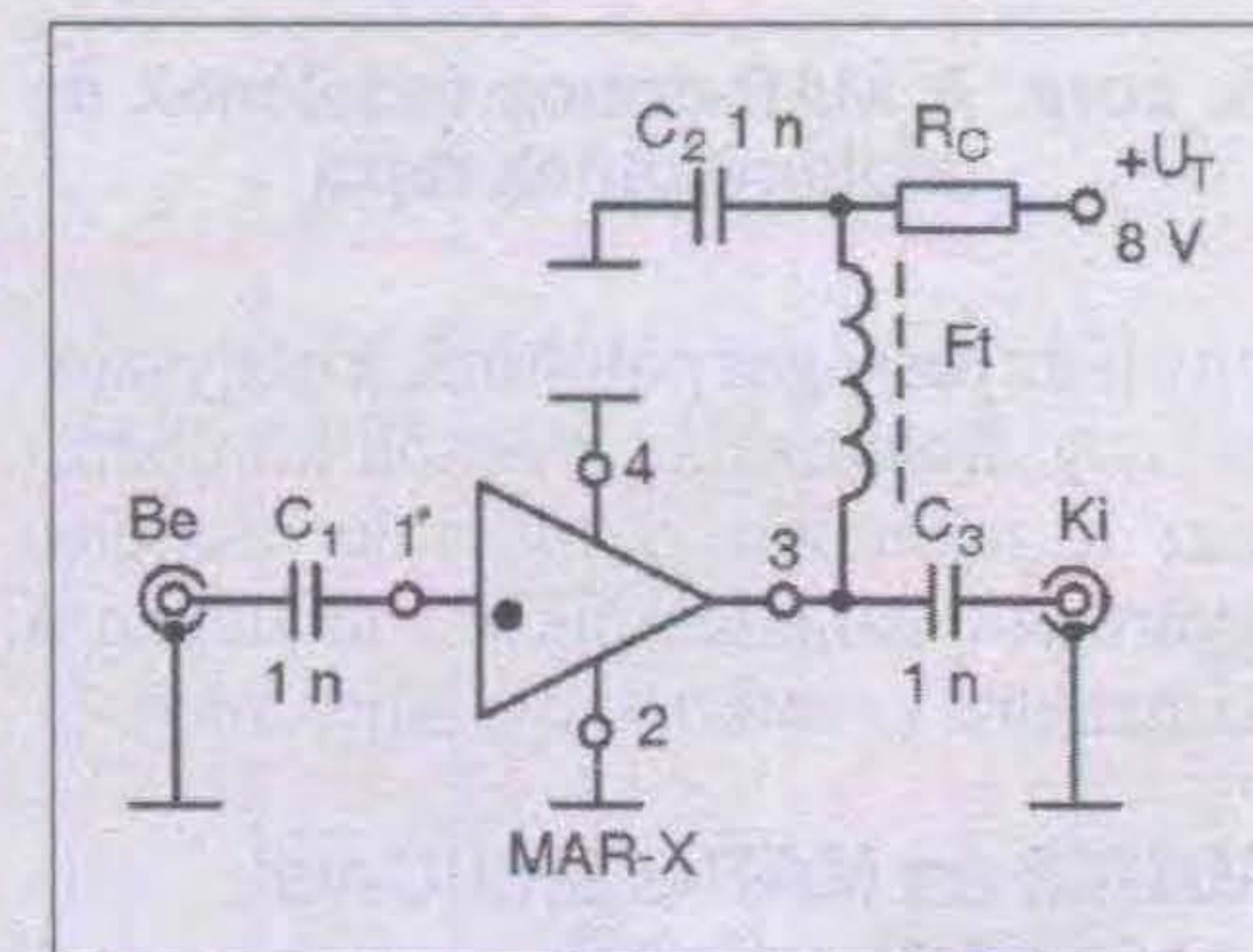


4. ábra. Az 1 dB-es kompressziós pont definíciója

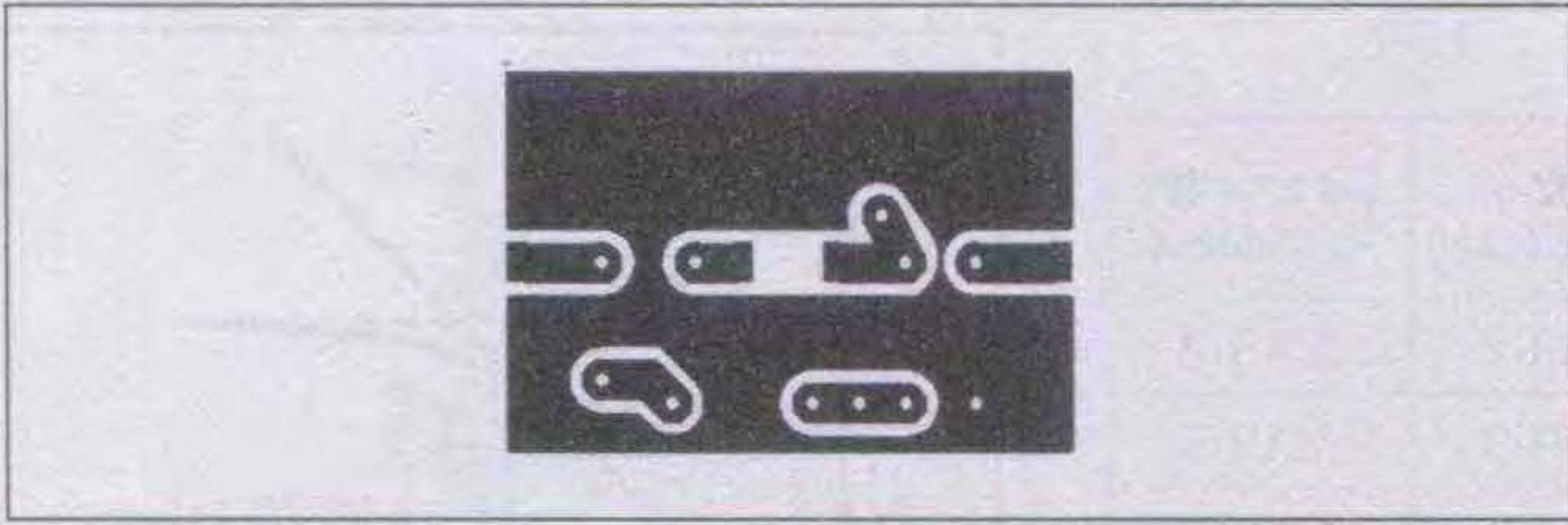
gát dBm-ben mérjük és az erősítő lineáris működését tételezzük fel, akkor a bemenő jel 1 dB-es növekedéséhez a kimenő jel 1 dB-es növekedése tartozik. Ha a bemenő- és a kimenő jelet olyan diagramban ábrázoljuk, ahol a tengelyek skálázása ugyanaz (W vagy dBm), akkor egy egyenest kapunk. Ezt a 4. ábrán látjuk.

Ha a bemenő jel folyamatosan addig növekszik, amíg az erősítő kezd telítésbe menni, akkor a kimenő jel már nem nő tovább lineárisan, hanem csak egyre csökkenő mértékben. Elérve a telítés határát a kimenő jel állandóvá válik, miközben a bemenő szint nő. Ez a 4. ábrán egy elhajló egyenesnek látszik. Az ábrán a telítés -10 dBm kimeneti szintnél következik be. Az ábrán szaggatott vonallal van feltüntetve az egyenes szakasz folytatása, ami azt mutatja meg, hogy mekkora lenne a kimenő szint, ha nem lépne fel a telítés. Az 1 dB-es kompressziós pont azt a bemeneti szintet jelenti, amikor a tényleges erősítéskarakterisztika 1 dB-vel tér el az egyenestől.

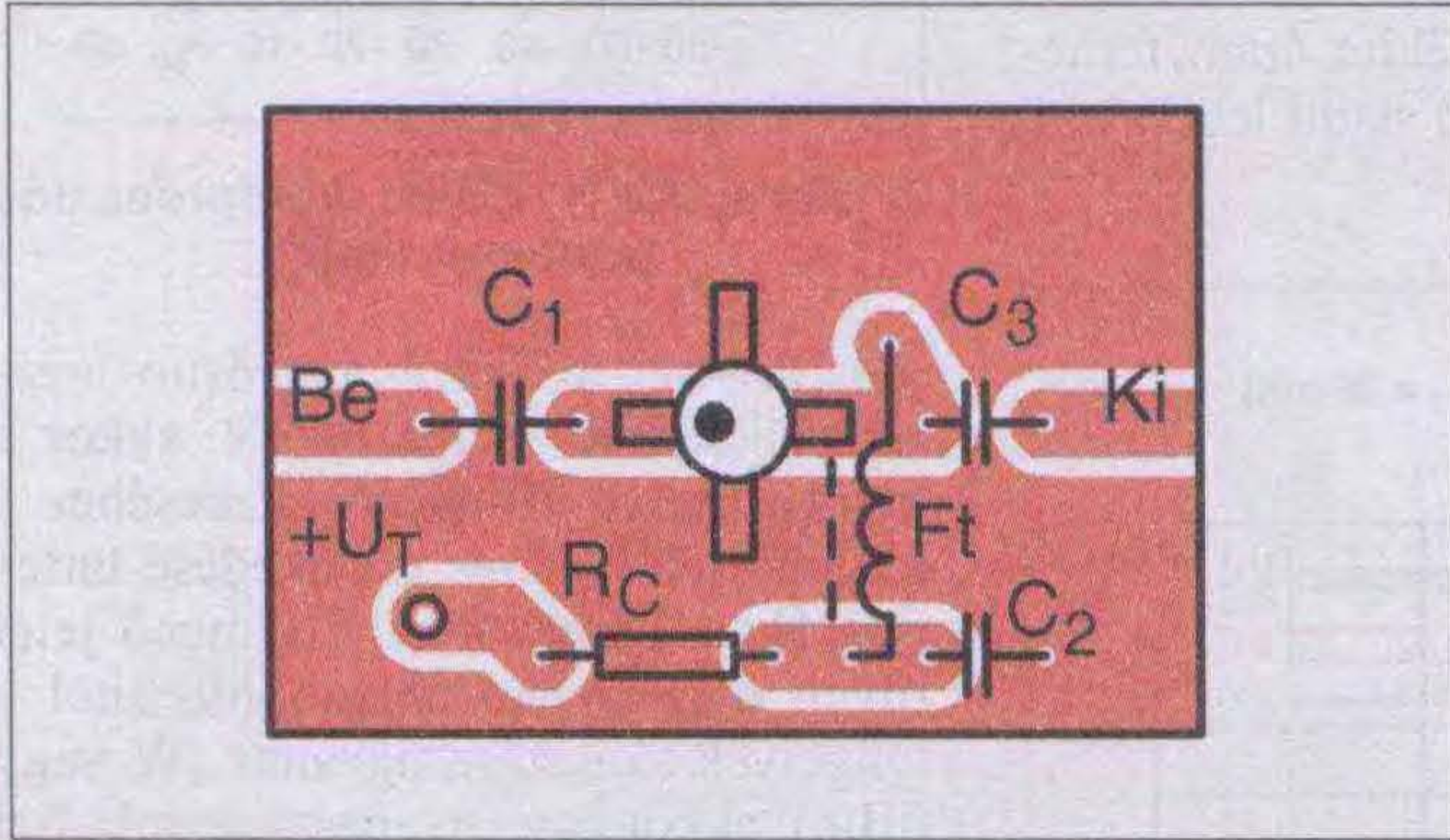
Az ábrán a -35 dBm-es bemenő szinthez -15 dBm kimenő szint tartozik, levonva 1 dB-t, a tényleges kimeneti szintérték -16 dBm-nek felel meg. (Ennek a jellemzőnek az ismertetésével



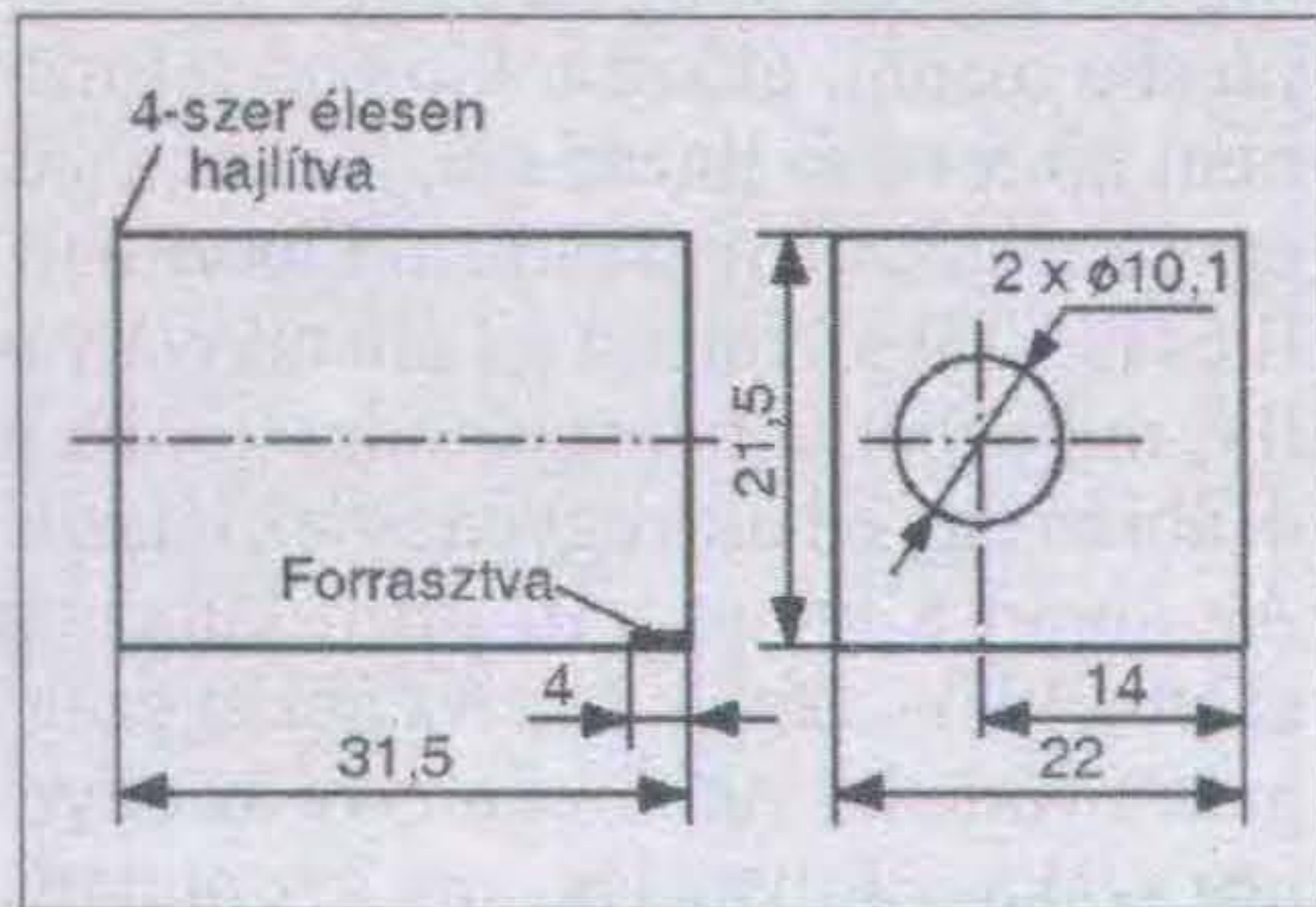
5. ábra. A szélessávú erősítő elvi kapcsolása. MAR-3-nál $R_C = 100$ ohm, MAR-6-nál $R_C = 270$ ohm



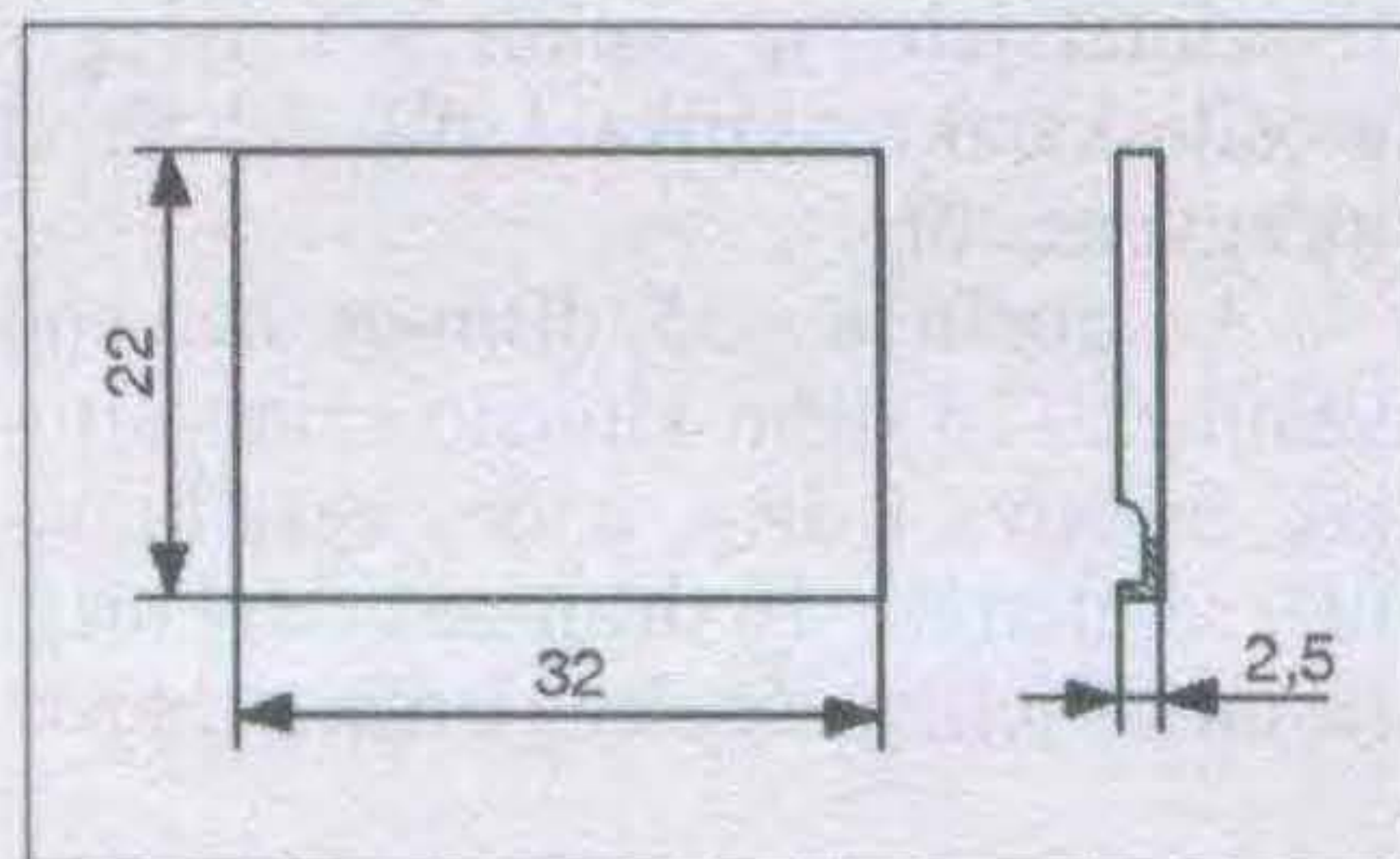
6. ábra. A szélessávú erősítő fóliarajza



7. ábra. A szélessávú erősítő alkatrész-beültetési rajza



8. ábra. A MAR-erősítő dobozának keretrajza



9. ábra. A MAR-doboz fedelének és talplemezének rajza

egy hiányosságot pótolunk a nagyszintű, nagyfrekvenciás erősítők körében.) Ezt a jellemzőt a gyártók részletes gyártmányismertetőjükben általában a kimenetre vonatkoztatva adják meg.

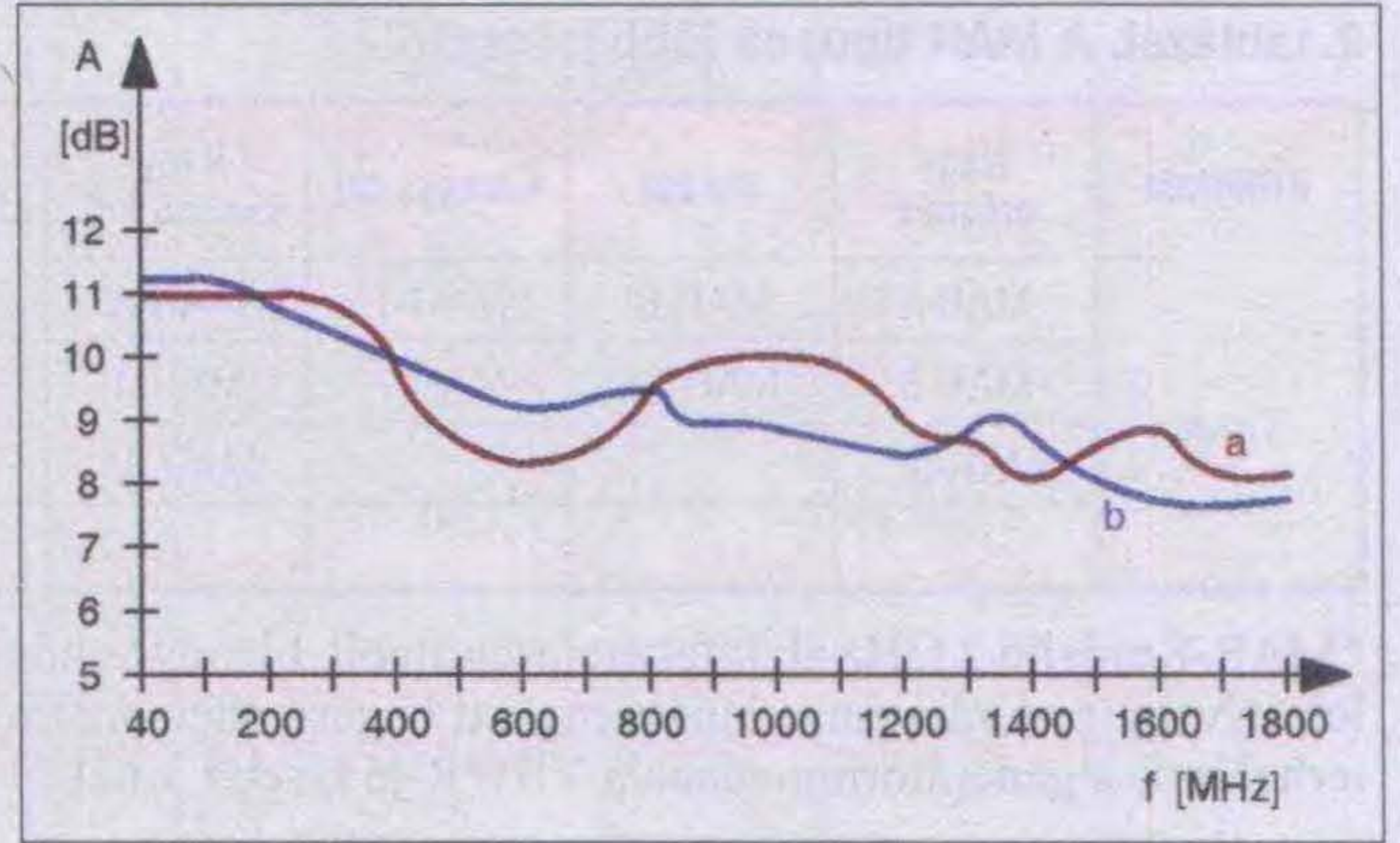
MAR-3 és MAR-6 MMIC-vel megépített erősítők

Az erősítő elvi kapcsolása az 5. ábrán látható. A kapcsolás mindössze 5 darab

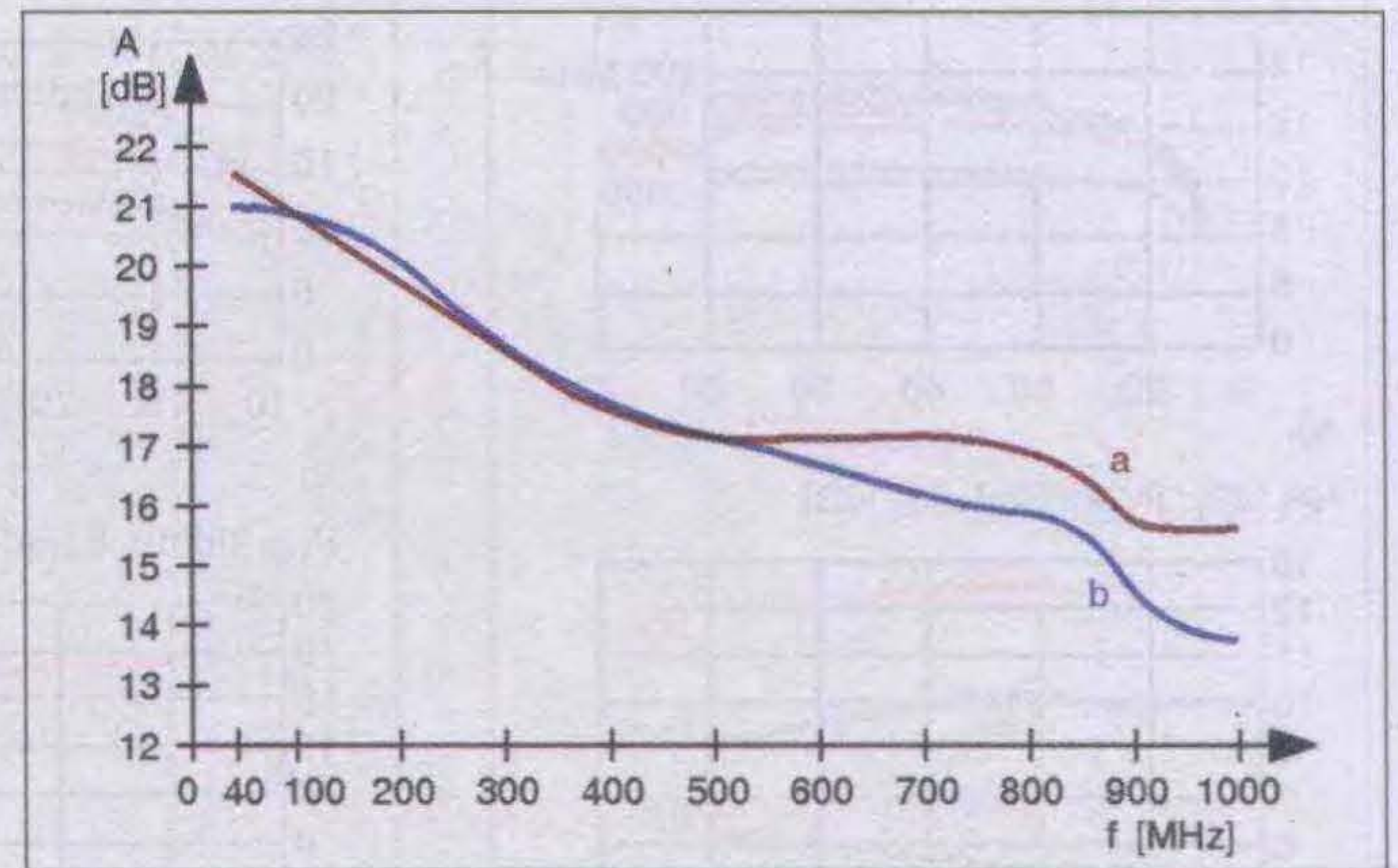
külső kiegészítő elemmel már stabilan működik. A szélessávú erősítő munkapontjának beállítása az R_C ellenállással és a tápfeszültséggel történik. A munkapont beállításánál vegyük figyelembe az 1. táblázatban található, a 3-as kivezetésre vonatkozó feszültségértéket.

A MAR-család minimális tápfeszültsége 7 V, ennél alacsonyabb tápfeszültségnél az MMIC nem működik kielégítően. A C_2 és az F_t a tápfeszültséget szűri. A fojtó egyrészt biztosítja a működéshez az egyenfeszültséget, másrészt nem engedi a tápkörbe jutni a hasznos RF-jelet. A C_1 és C_3 kondenzátorok a nagyfrekvenciás jel be- és kicsatolására szolgálnak; C_3 feladata még az egyenfeszültség leválasztása a kimenetről.

Az áramkört 1,6-os 20×30 mm-es, egyoldalas nyákon készíthetjük el. A fóliarajzot a 6. ábra, az alkatrészek beültetését a 7. ábra mutatja. A még nem beültetett nyáklemezen 3 mm átmérőjű furatot készítünk az MMIC számára. Az áramköri elemeket rövid kivezetésekkel a fólia felőli oldalon ültetjük be



10. ábra. A MAR-3 erősítés karakterisztikái: a) 75 ohmos rendszerben; b) 50 ohmos rendszerben



11. ábra. A MAR-6 erősítés karakterisztikái: a) 75 ohmos rendszerben; b) 50 ohmos rendszerben

és az erősítőt dobozba építjük. A doboz anyaga 0,4-0,5 mm-es ónozott vaslemez vagy 1,6-os egyoldalas nyáklemez lehet. Először a nyák méretének megfelelő keretet készítünk, melynek rajza a 8. ábrán látszik. A keret 21,5 mm-es oldalának középvonalában, a keret alsó szélétől 8 mm-re 2 db $\varnothing 10,1$ mm-es furatot készítünk a koaxiális (RF) csatlakozók számára; ebbe forrasztjuk be ezeket.

Célszerű a be- és kimenetet megkülönböztetni, például a bemenet legyen KOHŰ (koaxiális hüvely), a kimenet KODU (koaxiális dugó). A nyáklemezt úgy helyezük a keretbe, hogy a koaxiális csatlakozók belső ere a bemenet és a kimenet fóliaszigetére fekdjön fel, ezután a fóliához forrasztjuk a belső ereket. Most a nyákot hozzáfórasztjuk a kerethez. Utoljára az IC-t forrasztjuk be az $\varnothing 3$ mm-es furatba. A doboz fedő- és talplemezének rajza a 9. ábrán látható. Az elkészített áramkört először egyenáramúlag ellenőrizzük. Az egyenáramú munkaponti beállítást 7...8 V közötti tápfeszültséggel kezdjük, közben

3. táblázat. Erősítőjellemezők

Megnevezés	Egyfokozatú	Kétfokozatú
Tápfeszültség	+15 V DC	
Áramfelvétel	≤15 mA	<30 mA
Frekvenciasáv	950...1750 MHz	
Erősítés	A: 9±1 dB	A: 21±2 dB
Zajszám (a bemeneten soros 10 Ω)	F≤3 dB	F≤5 dB
Erősítésváltozás a tápfeszültség 12...18 V közötti változtatására	ΔA≤±0,5 dB	ΔA≤±1 dB

a 3-as kivezetésen mérjük a DC feszültséget.

A két feszültségértékből R_C ismeretében kiszámítható az IC-be befolyó I_D áram. U_T értékét addig növeljük, míg az 1. táblázatban található vagy ahhoz közel eső értéket beállítjuk. $U_T = 8$ V esetén MAR-3-nál a 3-as ponton 4,65 V, MAR-6-nál ugyanezen a ponton 3,5 V mérhető, amikor is MAR-3-nál $R_C = 100 \Omega$, ill. MAR-6-nál $R_C = 270 \Omega$.

Az egyenáramú adatok ellenőrzése után következik az erősítés mérése a frekvencia függvényében, ami hálózat-analizátorral történik. A MAR-3-mal megépített erősítő átviteli (erősítés) karakterisztikája a 10. ábrán, a MAR-6-tal készített a 11. ábrán látható. A karakterisztikákat 50 és 75 ohmos rendszerben vettük fel.

MAR-család tagjai a nagyszintű erősítők csoportjába tartoznak, ezért az erősítő zajának másodlagos jelentősége van. A tápfeszültség változásának hatására változik az erősítés. MAR-3 esetén $U_T = 7...10$ V közötti tápfeszültség-változásra az erősítés 0,5 dB-t változik. A mérést 1 GHz-en, 75 ohmos rendszerben végeztem. MAR-6 esetén az előbbi tápfeszültség-ingadozás 1,6 dB-es erősítésváltozást idéz elő. A mérőfrekvencia $f = 1,5$ GHz volt, 50 ohmos rendszerben.

Az MMIC-k kábeltelevíziós hálózatban házerősítőként történő alkalmazására a 12. ábrán látunk példát. A MAR-3 IC-t teljessávú (40...860 MHz) erősítőnek használhatjuk, ha ±1,5 dB-es erősítésingadozást engedünk meg. A MAR-6 UHF-sávú működésre alkalmas, mintegy ±0,5 dB-es ingadozással. Rádióamatőr viszonylatban az MMIC-eket előerősítőként használhatjuk adófokozatokban.

Az áramkörök táplálása helyi táplálással történik. Az erősítő nem igényel stabilizált tápfeszültséget, de nagyfrekvenciás szempontból a tápellátás jól szűrt legyen! Az R_C ellenállás R534 típusú fémréteg; a C1...C3 kondenzátorok kerámia tárcsa típusok legyenek. Az Ft fojtótekerics adatai: átm. 1,6 mm-es ferritűdra átm. 0,2 mm-es zománcozott réz- (CuZ) huzalból 25 menet, a menetek szorosan egymás mellé tekercselve.

Műholdas tévé-vételi aktív építőelemek egyéni és közösségi rendszerekben

Napjainkban egyre több műhold helyezkedik el földkörüli pályán, melyeknek különféle szolgálatok ellátása a feladatuk, mint például meteorológiai és mezőgazdasági előrejelzések vagy a gépjárművezetők számára szolgáló navigációs rendszer (GPS) stb.

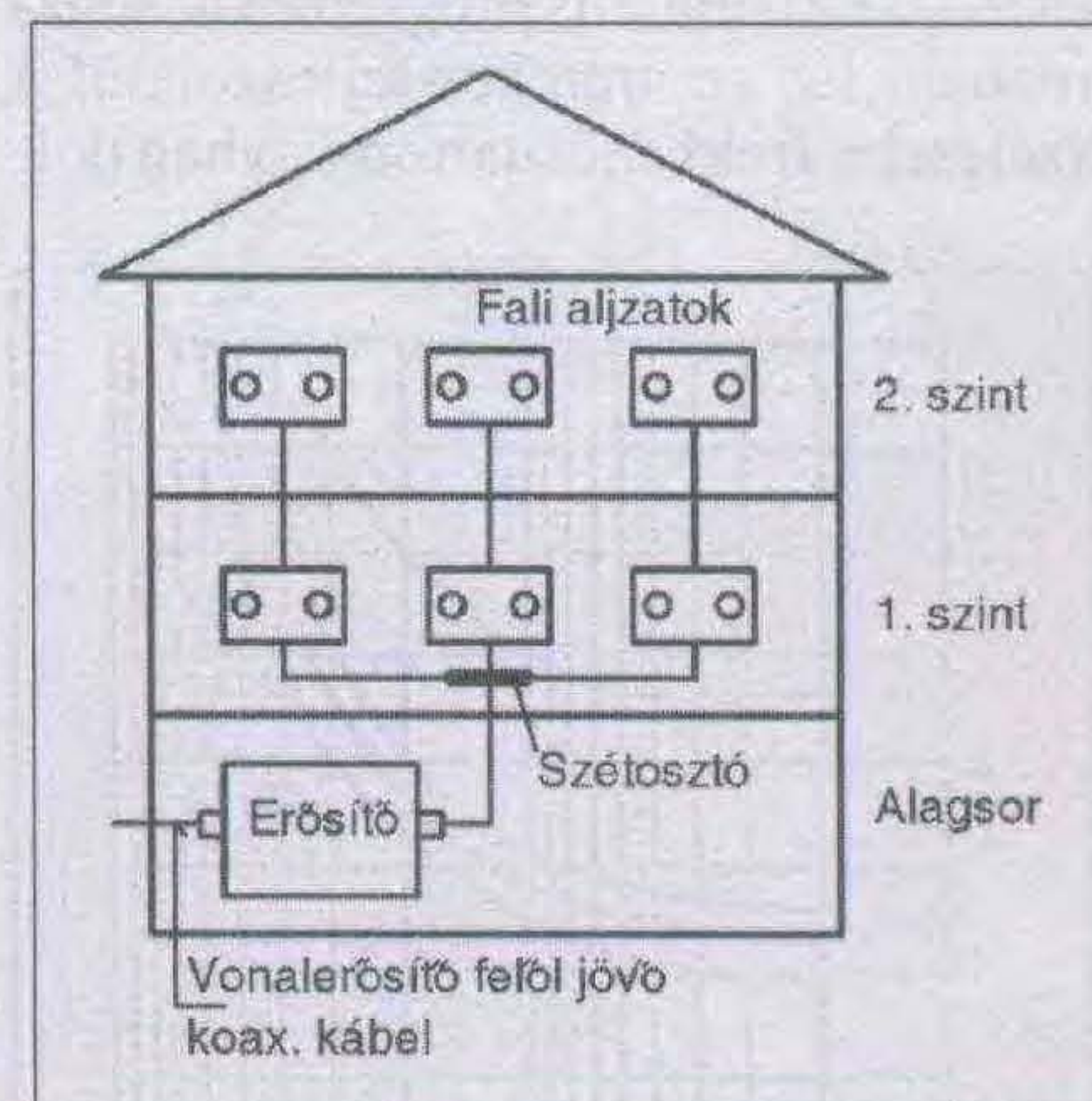
Mi a továbbiakban a közvetlen műsorszoró műholdakkal (DBS = Direct Broadcasting Satellite) foglalkozunk és ezen belül is a SES (Société Européenne des Satellites) által üzemeltetett Astra-családdal. Jelenleg már

három pozícióban működik ez a műholdcsalád:

Astra1: 19,2° kelet,
Astra2: 28,2° kelet,
Astra3: 23,5° kelet.

Több mint 10 éve annak, hogy felbocsátották az Astra műholdcsalád 1E, 1F valamint 1G tagját, amelyek digitális tévé- és rádióműsorok sugárzására hivatottak; így a digitális technika bevezetése elérte a műholdas vételtechnikát is.

Magyarországon a 2008-ban elfogadott hírközlési törvény értelmében át kell állni a földi rádió- és tévé-műsorszórás területén a digitális adásmódra. Ez a szabályozás érinti a KTV-s társaságokat is, vagyis azok is át kell álljanak a digitális műsorszolgáltatásra. Jelenleg a hálózatokban az analóg-és a digitális műsorok vétele egyaránt lehetséges (ennek pénzügyi és műszaki okai vannak).

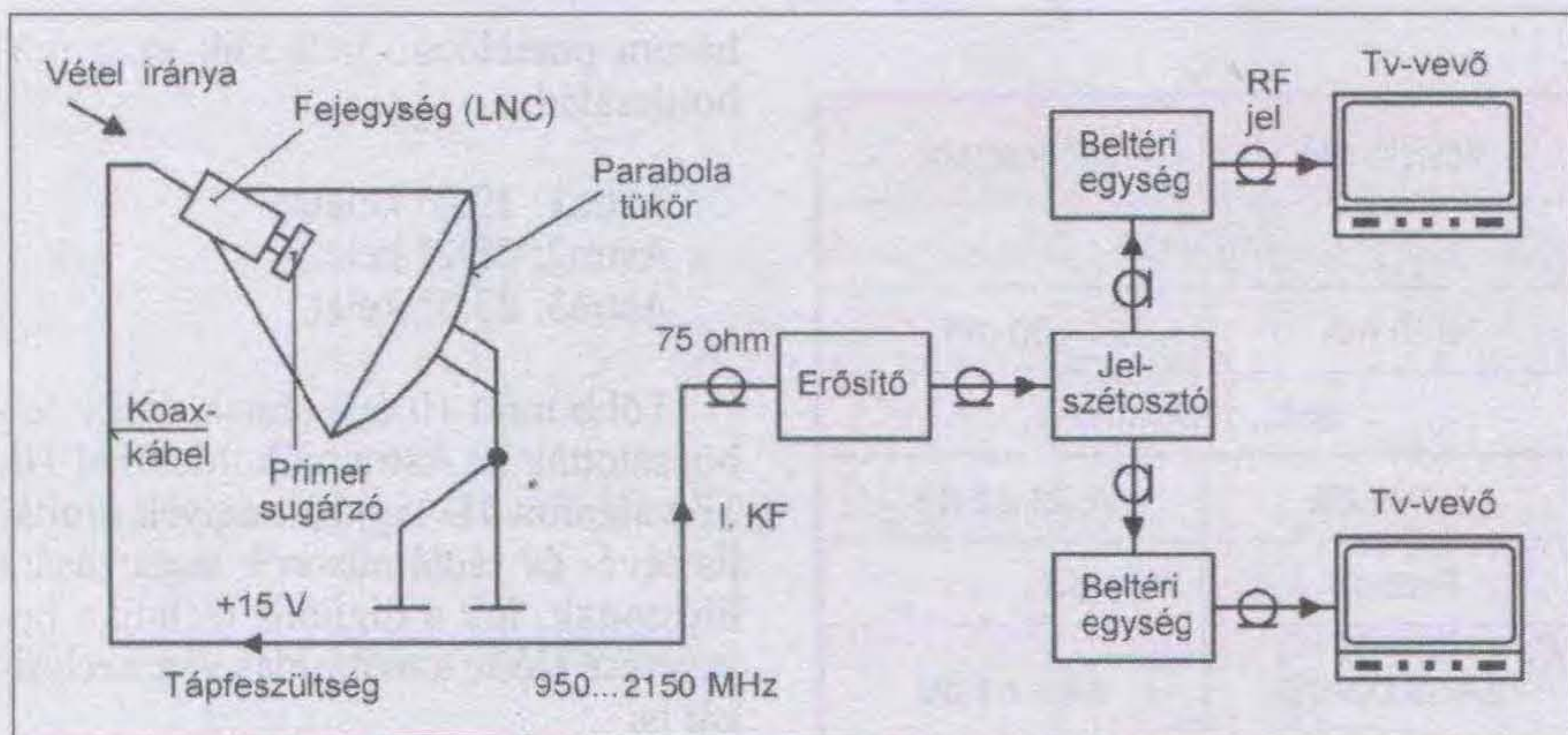


12. ábra. Egy példa házerősítőként való alkalmazásra

4. táblázat. A BFG65 fontosabb jellemzői

Kollektor-emitter feszültség	U_{CE0}	max. 10 V
Kollektoráram	I_C	max. 50 mA
Összes disszipált teljesítmény $t_{körny.} = 60 \text{ °C-ig}$	P_{tot}	max. 300 mW
DC áramerősítési tényező $I_C = 15 \text{ mA}, U_{CE} = 5 \text{ V}$	h_{FE}	tip. 100
Maximális teljesítményerősítés $t_{körny.} = 25 \text{ °C}$ (2 GHz-en, $I_C = 15 \text{ mA}, U_{CE} = 8 \text{ V}$)	G_p	10,5 dB
Tranzitfrekvencia ($I_C = 15 \text{ mA}, U_{CE} = 8 \text{ V}, t_{körny.} = 25 \text{ °C}$)	f_T	8 GHz
Zajszám, $t_{körny.} = 25 \text{ °C}$ $Z_s = \text{optimális}$ (2 GHz-en, $I_C = 15 \text{ mA}, U_{CE} = 8 \text{ V}$)	F	3 dB

Megjegyzés: mindegyik nagyfrekvenciás adat tipikus értéket jelent.



13. ábra. Egyéni műholdas tévé-vétel elvi felépítése

Az új műholdak üzembehelyezése előtt megkezdődött mind a kültéri, mind a beltéri egységek továbbfejlesztése.

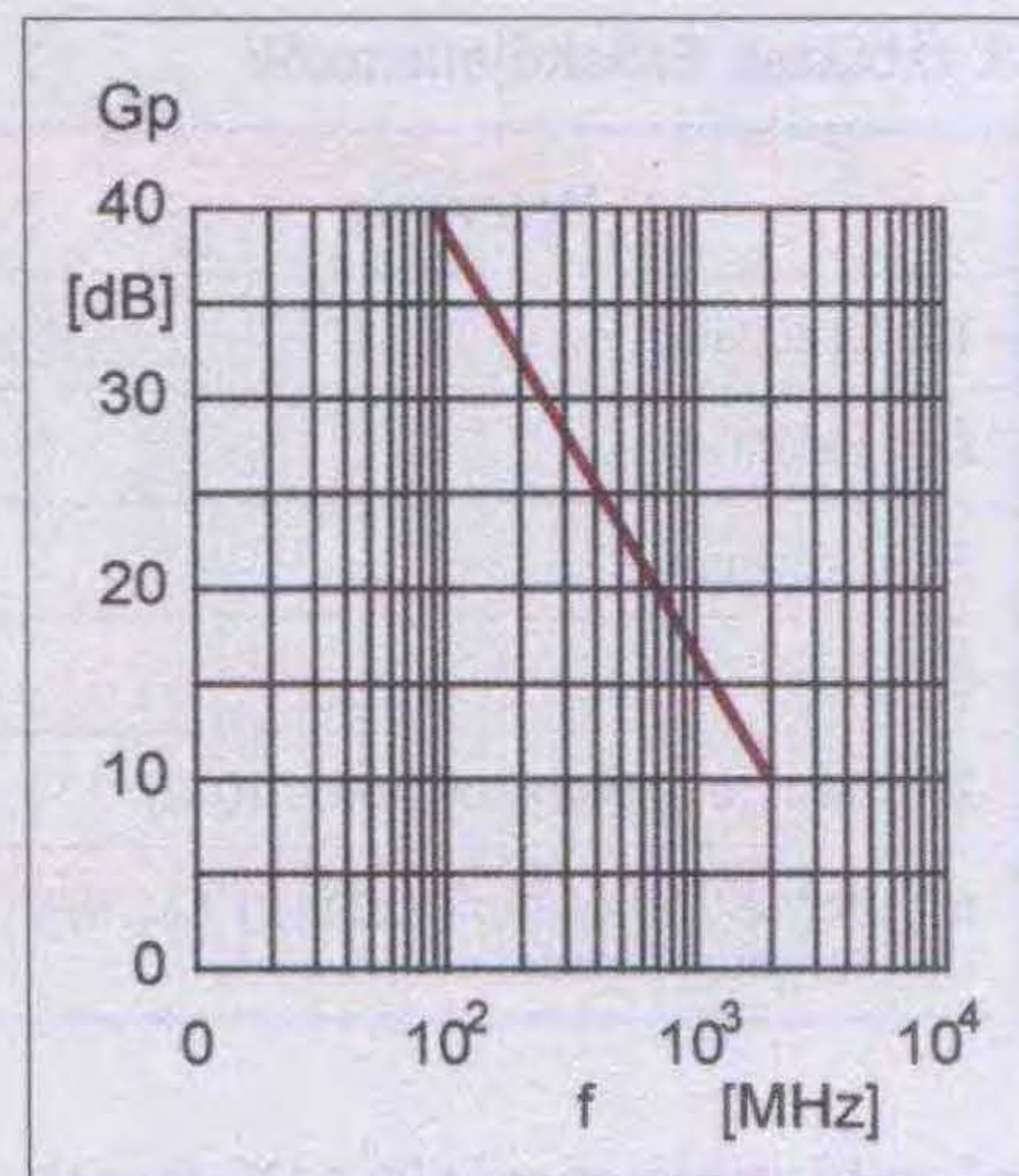
A műholdak napjainkban 10,7–11,7 GHz-ig (alsó sáv: SHF1) analóg műsorokat, míg 11,7–12,75 GHz-ig (felső sáv: SHF2) digitális programokat sugároznak. Ez az áramkör-fejlesztőktől a szélesebb frekvenciatartományban dol-

gozó eszközök kifejlesztését követelte. A fejkonverter a 9,75 GHz-es helyi oszillátor frekvenciával az I. műholdas KF-et alsó sáv esetében 950-től 1950 MHz-ig, míg a felső sáv esetében a 10,6 GHz-es lokál frekvenciával 1100 MHz-től 2150 MHz-ig konvertálja le. A korábbiakban, a „műholdzás” kezdetén ez a 950 MHz-től 1750 MHz-ig terjedő frekvenciatartományt jelentette, ami az akkori állapotoknak jól megfelelt. A most ismertetésre kerülő I. KF-sávú erősítők is az utóbb említett frekvenciasávra készültek. Itt szeretnénk megjegyezni, hogy ezek az erősítők ebben a szélesebb sávban is erősítenek, csak kevesebbet; egy fokozat esetén kb. 4 dB, két fokozatnál mintegy 6-7 dB erősítéscsökkenéssel kell számolni.

A műholdas tévé-vétel építőelemei rendszertechnikailag a kültéri fejegység (LNC: Low Noise Converter vagy LNB: Low Noise Block) és a beltéri egység között foglalnak helyet, ezt mutatja a 13. ábra két készülékre nézve.

Erősítők a műholdasvétel I. KF-sávjában

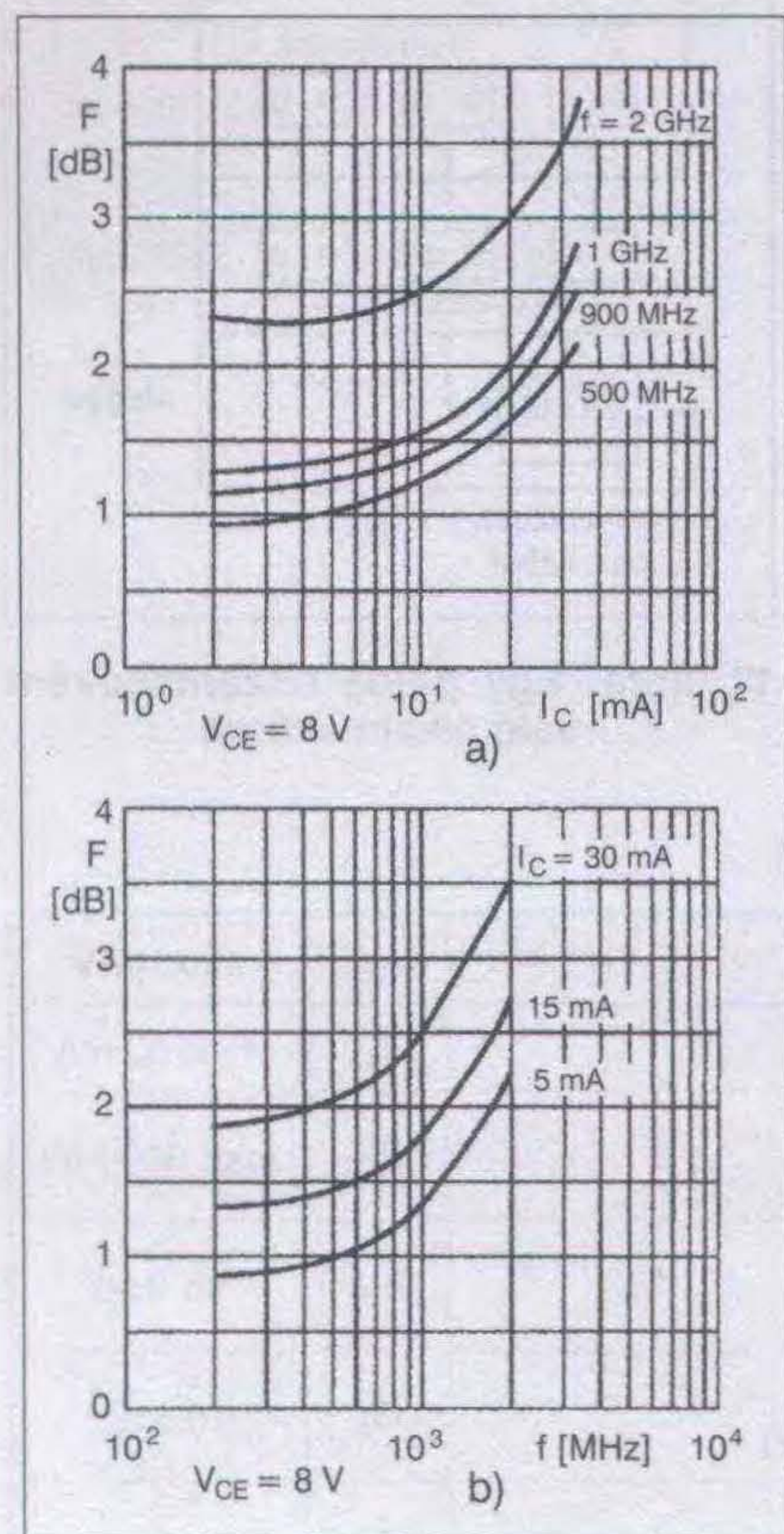
A most ismertetésre kerülő szélessávú erősítők a nagyszintű erősítők családjába tartoznak, a munkaponti beállításuk megegyezik a nagyszintű változatoknál leírtakkal. Ez a beállítás ahhoz szükséges, hogy feladatuk ellátásához elegendő erősítéssel rendelkezzenek és mindez kedvezően alacsony zajszám mellett legyen elérhető. Az erősítőegység kettős feladatot lát el. Egyrészt a fejegységet a beltéri egységgel összekötő 20...30 m hosszúságú koaxiális kábel csillapítását kompenzálja. (A kábelcsillapításra a cikkben még a visszatérünk.) Ezáltal az I. KF sávba (950...2150 MHz) eső nagyfrekvenciás



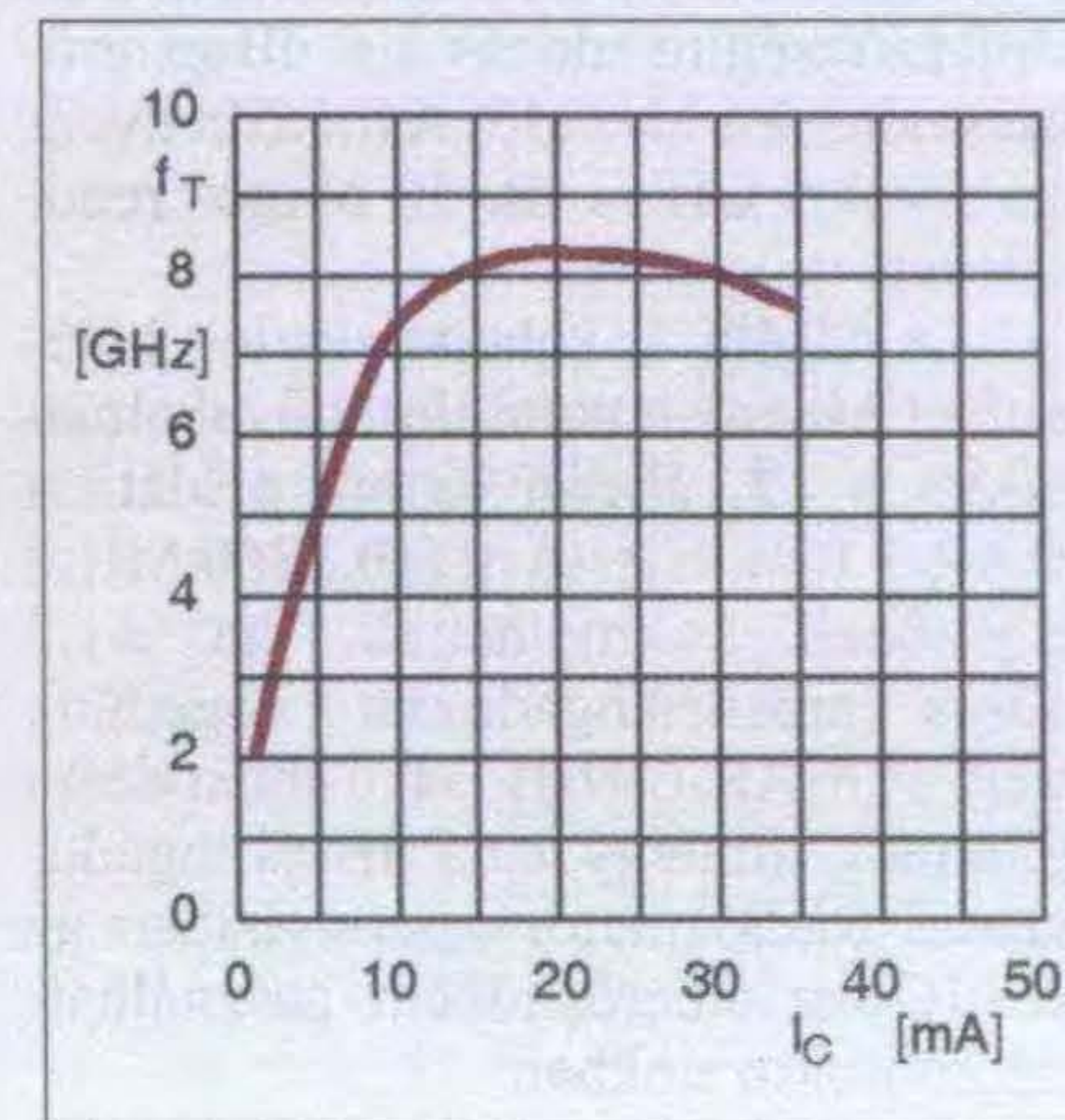
15. ábra. BFG65 teljesítményerősíté-
sének változása a frekvencia függvé-
nyében ($U_{CE} = 8 \text{ V}$, $I_C = 15 \text{ mA}$, $t_{körny.} = 25 \text{ °C}$)

jelek olyan szintre kerülnek, ami már elegendő a beltéri egység RF részének kifogástalan működéséhez. Másrészt el kell juttatnia az LNC működéséhez szükséges tápfeszültséget. Az erősítők nyákrája olyan kialakítású, hogy lehetővé teszi mind a táv-, mind a tranzit táplálást. Az erősítőket az igényeknek megfelelően egy-, ill. kétfokozatú változatban készítettük el. A két változat jellemző adatait a 3. táblázatba foglaltuk.

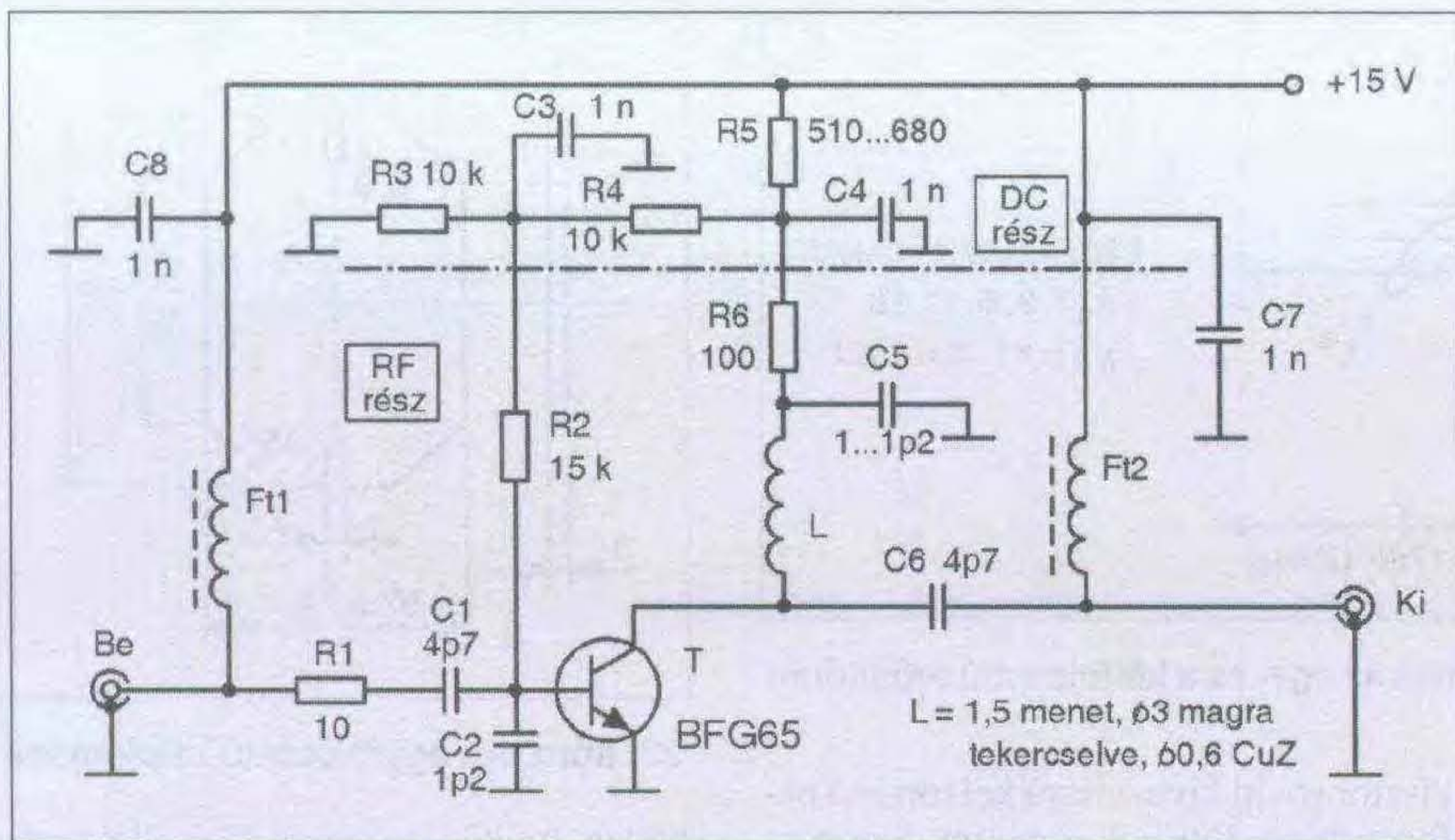
Visszatérve a zajkérdésre, a 3. táblázatban látható, hogy ebben a frekvenciasávban a 3 és 5 dB-es zajszám a bemeneten levő 10 ohmmal együtt igen jó értéknek mondható. Mivel a zajszámot a tranzistor kollektorfeszültsége is befolyásolja, ezért a kiszájú előerősítő fokozatok zajminimumhoz tartozó emitterárammal, valamint alacsony kollektor-emitter feszültséggel működ-



14. ábra. BFG65 zajgörbék: a) kollektoráram függvényében, frekvenciával paraméterezve; b) frekvencia függvényében, kollektorárammal paraméterezve



16. ábra. BFG65 tranzitfrekvencia függése az emitteráramtól ($U_{CE} = 8 \text{ V}$)



17. ábra. Az egyfokozatú erősítő elvi kapcsolása. Az ellenállások fémrétegek, a hidegítő- és szűrőkondenzátorok értéke 4,7 nF-ig változhat. Az Ft1 és Ft2 fojtó adatai: Ø1,6 mm-es ferritúdra 25 menet 0,2 mm-es CuZ huzalból

nek. Ez a gyakorlatban 5...10 V közötti kollektor-emitter feszültséget jelent, ebben a feszültségtartományban nincs hatása U_{CE} változásának a zajtényezőre, de 10 V fölött ez rohamosan növekedni kezd.

A 3. táblázatból jól látszik, hogy az erősítők kis zajjal és kedvező erősítéssel rendelkeznek. Ezeket a Philips gyártmányú BFG65 típusú mikrohullámú tranzisztor biztosítja. Mielőtt rátérnénk az egyes erősítő kapcsolások ismertetésére, célszerűnek látjuk e tranzisztortípus paramétereit kivonatossan ismertetni az alábbi megfontolásokból:

1.) Ismertté válnak az erősítőeszköz alkalmazásának lehetőségei.

2.) Magyarázatot kapunk ezzel és más mikrohullámú tranzisztorokkal ($f_T \geq 5$ GHz) való óvatos munka szükségességére.

3.) A maximális erősítés és a minimális zaj a munkapont-beállítás szempontjából itt szerencsésen egybeesik, s ez eléggé széles áramtartományban

fennáll. Más típusú mikrohullámú tranzisztoroknál az előbb említett paraméterekhez más-más munkaponti beállítások tartoznak.

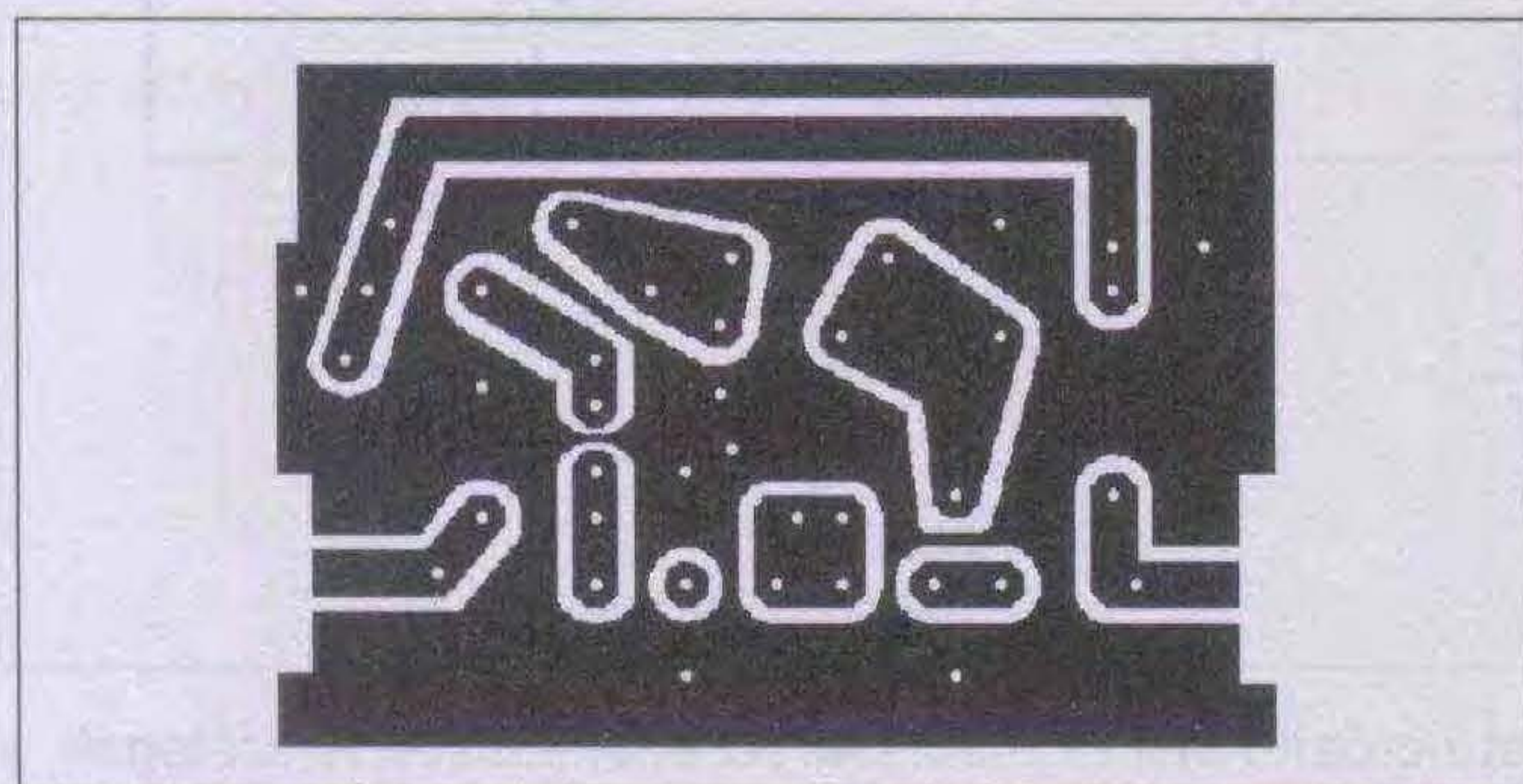
A BFG65 néhány fontosabb jellemzőjét a 4. táblázatban adtuk meg, amiből jól látszik, hogy nagyon kedvező zajszám érhető el. A tranzisztor paraméterezett zajgörbéit a 14. ábra mutatja. Az erősítés változását a frekvencia függvényében 15. ábrán, a tranzitfrekvencia függését a nyugalmi kollektoráramtól a 16. ábrán láthatjuk.

Egyfokozatú változat

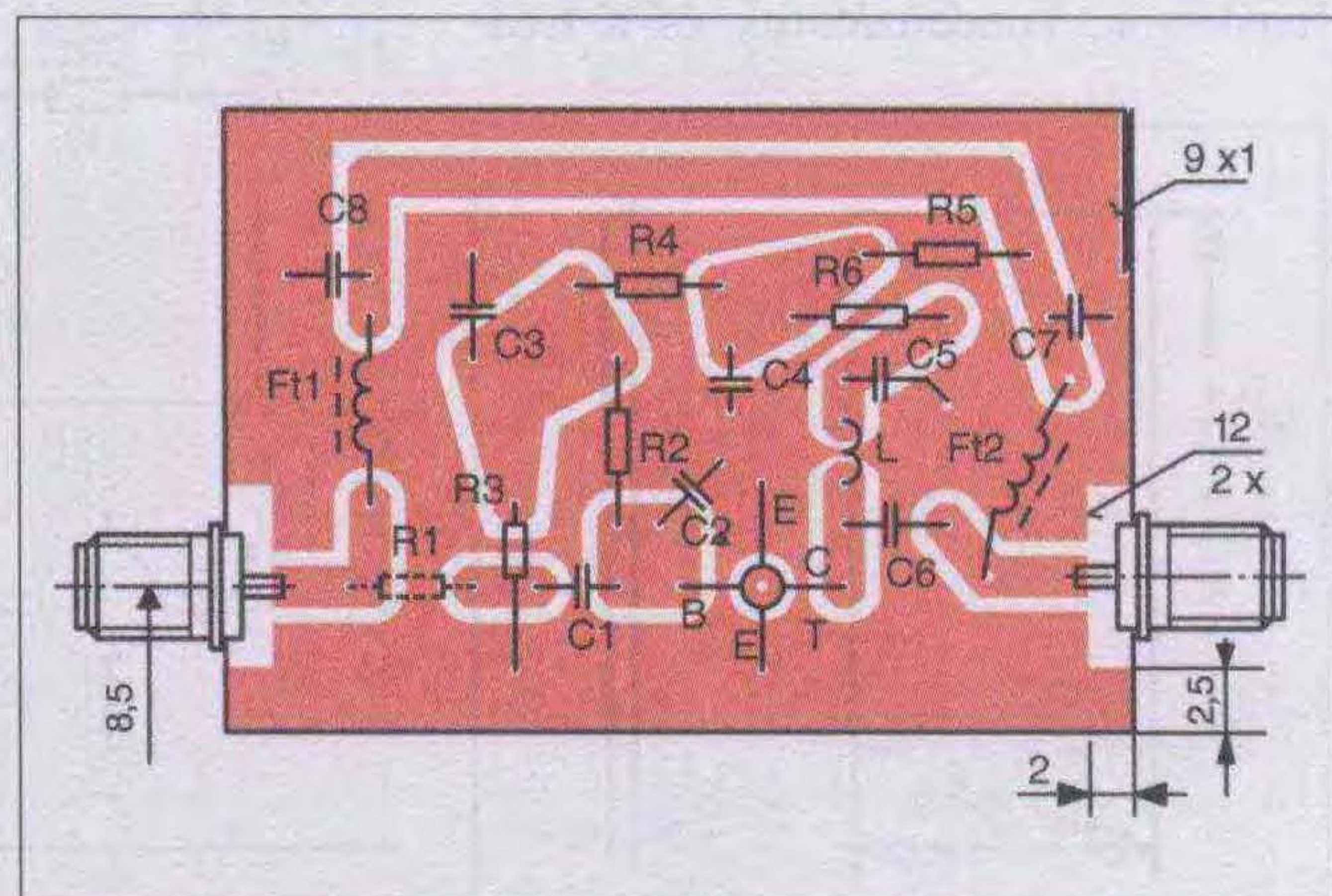
Először az egyfokozatú erősítőt ismeretjük, melynek kapcsolási rajza a 17. ábrán látható. Az áramkör, felépítését tekintve, két jól elkülöníthető részből áll: a stabil működést biztosító DC- és az RF-részből.

Az erősítő biztonságos működéséhez az egyenáramú munkapontot stabilizálni kell. A 17. ábrán látható kapcsolásban a T nagyfrekvenciás tranzisztor egyenfeszültségeit egy visszacsatoló ágban levő ellenálláshálózaton keresztül állítjuk be. A megosztott kollektorellenállás (R5-R6) közös pontjára csatlakozó feszültségosztóval (R3-R4) az itt lévő feszültséget leosztjuk, jelen esetben a felére. A feszültségosztóra kapcsolódó R2 ellenállással stabilizáljuk az I_B bázisáramot. Most ez az ellenállás „áramgenerátorként” funkcionál. Ezzel a kapcsolástechnikai megoldással kiküszöböljük a tápfeszültség-, a hőmérsékletváltozás hatásait és a tranzisztorpéldányok közötti áramerősítési tényező (B) szórását. Az R5 ellenállás értékének megválasztásával 13...15 mA között állítjuk be T kollektoráramát. Az R6-nak kettős szerepe van: egyrészt a rajta átfolyó áram függvényében állítódik be T kollektorfeszültsége, másrészt részt vesz a szélesávú átvitel kialakításában. Az erősítő földelt emitteres kapcsolású, a bemenetére érkező nagyfrekvenciás jel egy R-C komplexumon át kerül a tranzisztor bázisára, majd a felerősített RF-jel rákerül a C5-L-C_{ce} által alkotott kimeneti sávszűrőre, amelynek jóságát R6 lerontja a szélesávú átvitel érdekében. (A C_{ce}-vel jelölt kondenzátor a tranzisztor kimenő oldali belső kapacitása.) A kimenő jel a C6-on keresztül kerül kicsatolásra. A bemeneten található C1-C2 kapacitív osztó feladata a tranzisztor bemenő impedanciájának feltranszformálása, és R1-gyel kiegészítve illesztést ad a 75 ohmos rendszerimpedanciához.

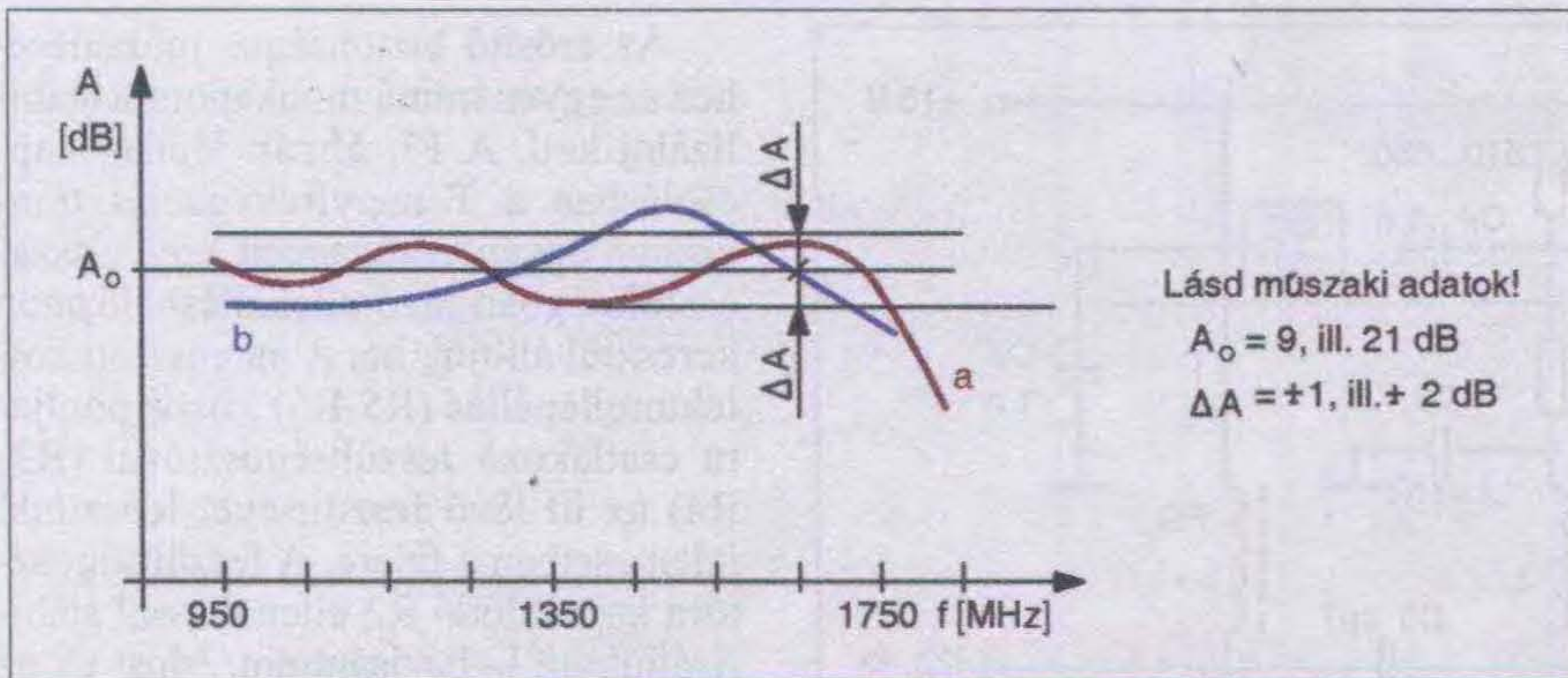
A C7 és a C8 végzi a tápfeszültség szűrését az Ft1 és Ft2 fojtókkal. Együt-



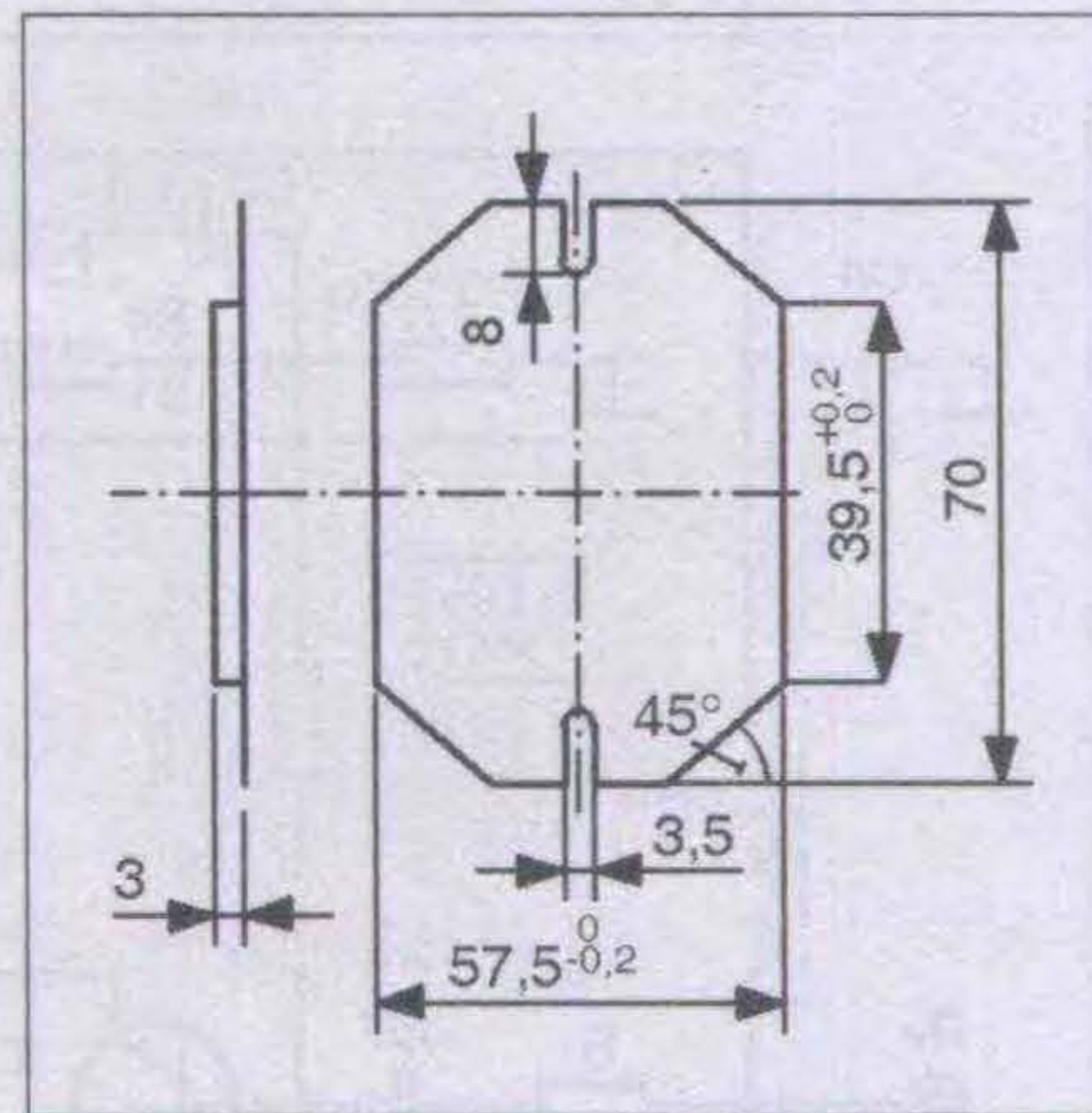
18. ábra. Az egyfokozatú erősítő fóliarajza



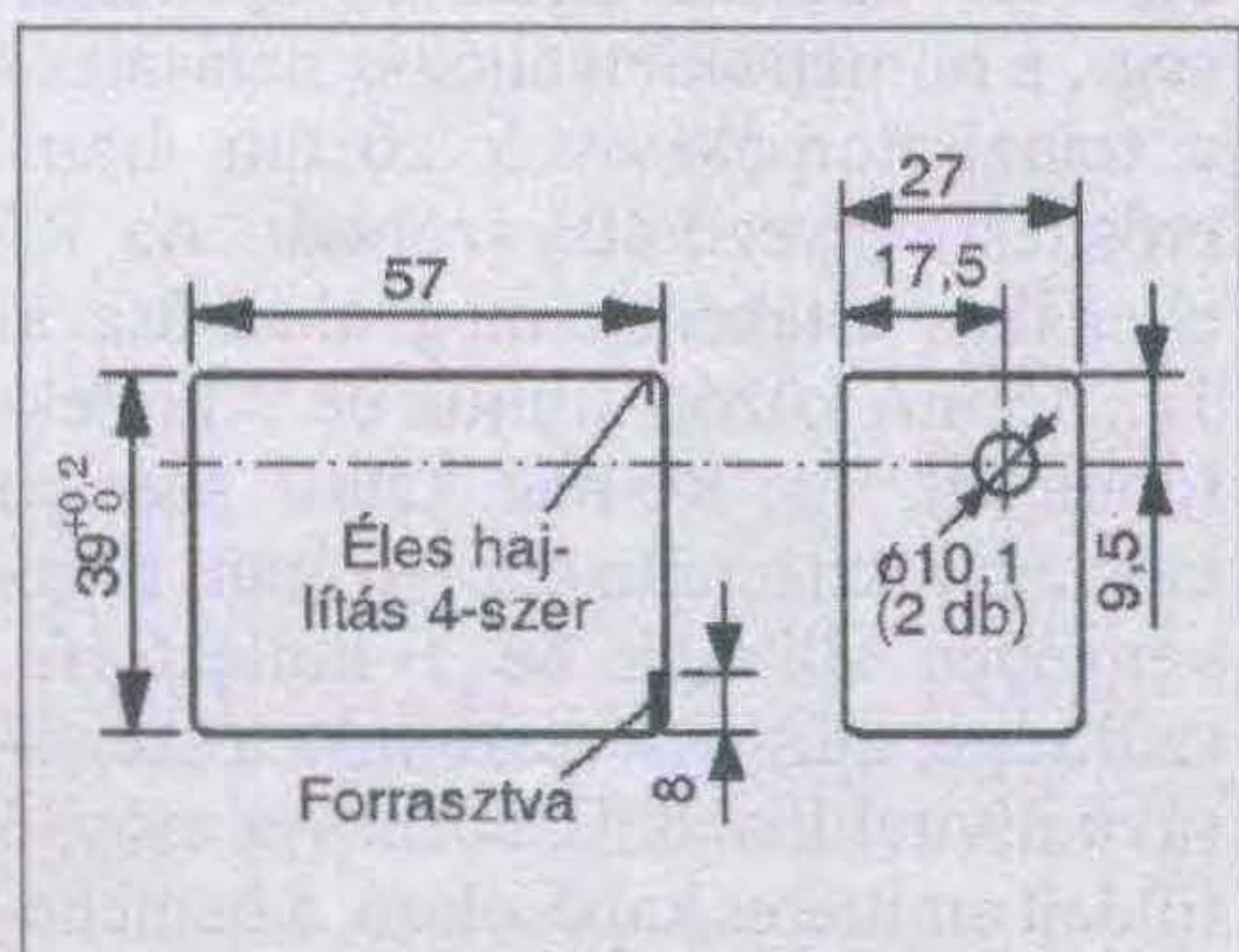
19. ábra. Az egyfokozatú erősítő beültetési rajza a csatlakozókkal és a dobozkerettel



20. ábra. A beállítandó erősítéskarakterisztika az egy- és a kétfokozatú erősítőnél



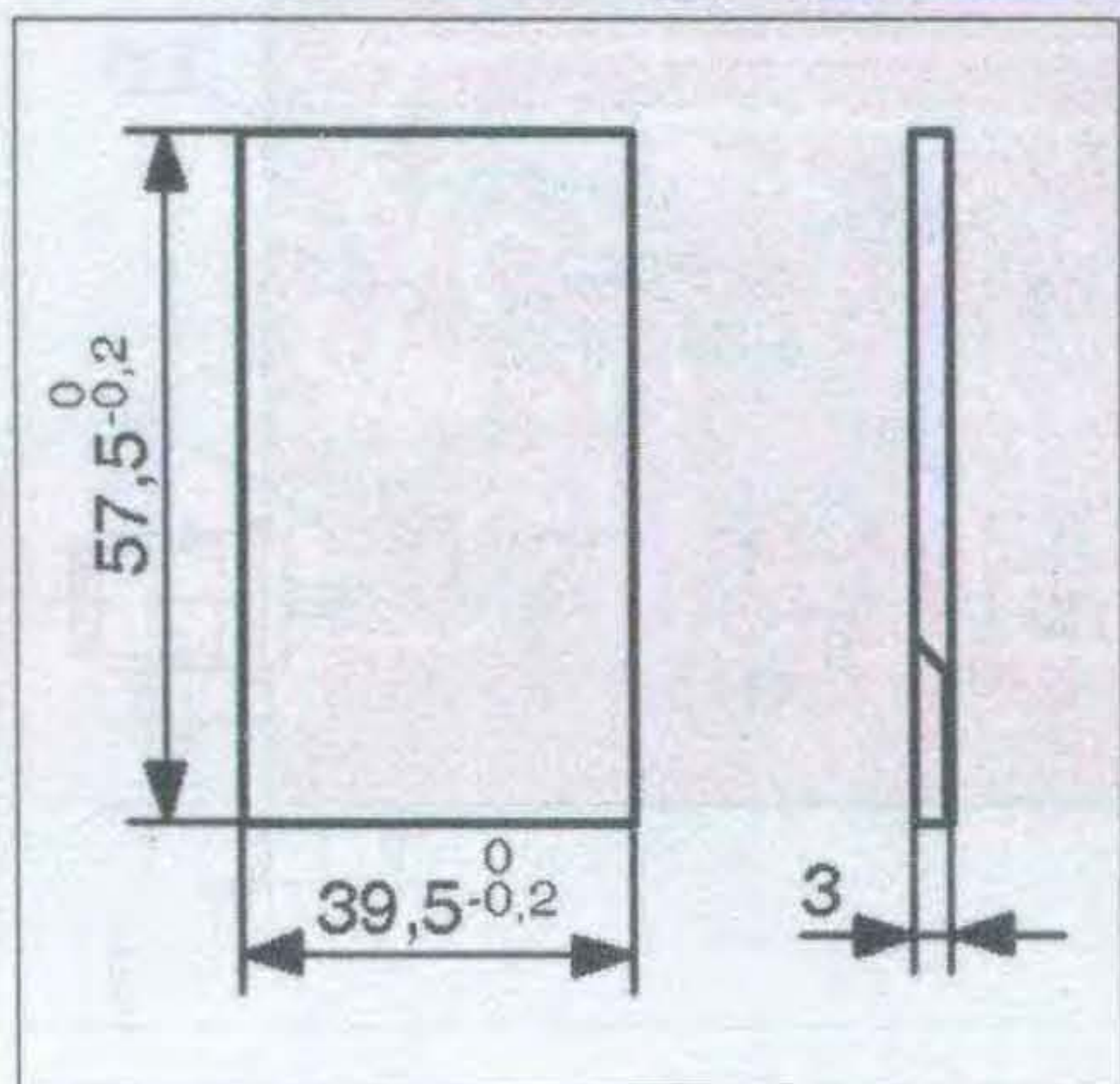
23. ábra. Az egyfokozatú talplemeze



21. ábra. Az egyfokozatú dobozkerete

tal a két fojtóval tudjuk megoldani a tranzit- (átmenő) táplálást. Ha a bemenetről eltávolítjuk a fojtót, akkor a tranzittáplálás megszűnik és távtáplálás esetével állunk szembe. (Igénytől függ, hogy melyik táplálási módot alkalmazzuk.) A C3 és a C4 hidegít.

Az áramkört egyoldalas nyáklemezen készítjük el. A kapcsolás nyomtatott áramköri rajzolatát a 18. ábrán láthatjuk, míg a alkatrész-beültetési rajzot, a fémkerettel és a csatlakozókkal, a 19. ábra mutatja. Az erősítő elkészítésénél a nagyfrekvenciás szerelés szempontjait tartjuk be: indukciószegény ellenállások, kondenzátorok és a tran-

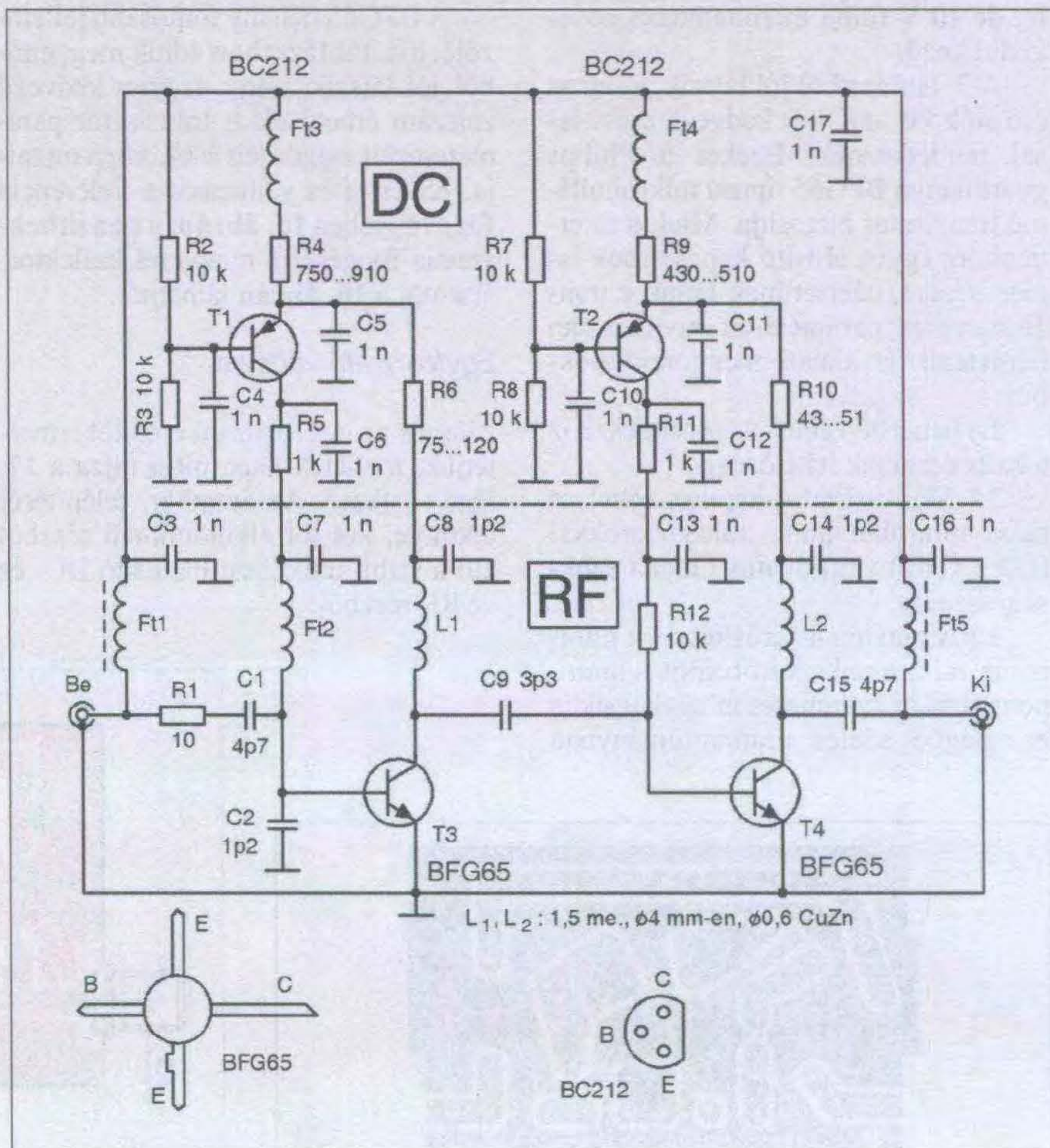


22. ábra. Az egyfokozatú fedele

zisztor rövid kivezetésekkel történő beforsasztása. Fúrjunk egy átm. 5 mm-es furatot a nyáklemezen és ebbe ültessük be az RF tranzisztort a fólia oldalon. Erre az oldalra kerül az R1 ellenállás is.

Az elkészített áramkört először egyenáramúlag ellenőrizzük. A tranzisztor védelme érdekében a tápegységen 8 V feszültséget állítsunk be. Hi-

bátlan működés esetén T kollektorán kb. 3...3,5 V-ot mérhetünk. Ezután a tápegységen 15 V-ot állítsunk be. Az R6-on mérjük meg a feszültségesést, ebből kiszámíthatjuk a munkaponti kollektoráramot. $U_T = 15 \text{ V}$ esetén, $R5 = 560 \text{ ohm} \pm 5\%$ választással az alábbi munkaponti értékek adódtak:



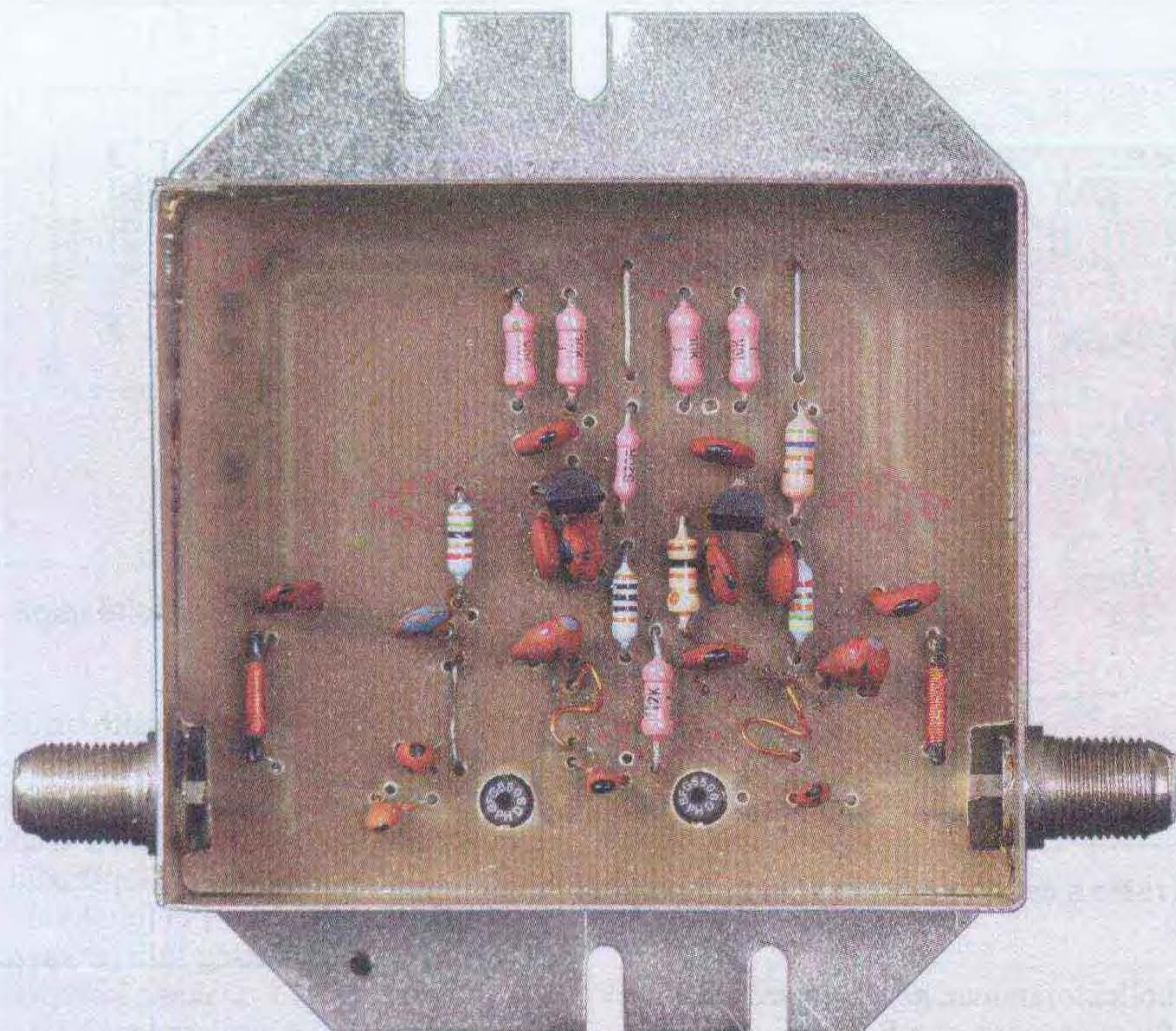
24. ábra. A kétfokozatú erősítő elvi kapcsolása. Az ellenállások fémrétegek, a hidegítő- és szűrőkondenzátorok értéke 1...4,7 nF-ig változhat. Az Ft1 és Ft5 fojtó adatai: $\phi 1,6 \text{ mm-es}$ ferritrudra 25 menet $0,2 \text{ mm-es}$ CuZn huzalból

Kétfokozatú változat

A kétfokozatú erősítő elvi kapcsolása a **24. ábrán** látható.

Erősítéstechnikából ismert az a tény, hogy két-, vagy többfokozatú erősítőknél az eredő zajtényezőt döntő mértékben az első fokozat zajtényezője határozza meg, ezért ezt a fokozatot zajminimumban üzemeltetik. Mi is ennek figyelembevételével állítottuk be az első RF-tranzisztor munkapontját. A kapcsolás itt is két részből áll: a munkapontot stabilizáló DC-körből és az erősítést végző RF részből. Az RF tranzisztorokat stabilizált egyenáramú munkapontban üzemeltetjük a megbízható működés érdekében.

Az áramgenerátorként kapcsolt T1 és T2 tranzisztorok stabilizálják a T3 és T4 bázisáramát. A C4...C7 kondenzátorok nagyfrekvenciásan hidegítenek, így a T3 a tápfeszültségen keresztül nem tud begerjedni. Az R4 ellenállás értékének megválasztásával – a paraméter- és az alkatrészszórást figyelembe véve – a kis zajtényező érdekében 10 mA körül állítjuk be a T3 kollektoráramát. Az R6-nak kettős feladata van: egyrészt egyenáramúlag T3 kollektorfeszültségét állítja be a rajta átfolyó áram függvényében, másrészt csillapítja a C8-L1-Cce3 által alkotott kimeneti sávszűrő jóságát a szélessávú átvitel érdekében. Az Ft2-nek és az Ft3-nak gerjedésgátló szerepe van T3-ra nézve. Az Ft2 – Ft4 Ø0,6 mm-es ónozott rézhuzalból készített fojtó, azaz huzalátkötés, melynek hossza 11 mm. (Lásd a **fotón!**) A 10 nH körüli (fojtó)induktivitás a fenti hosszal már realizálható, s egyben elegendő az RF



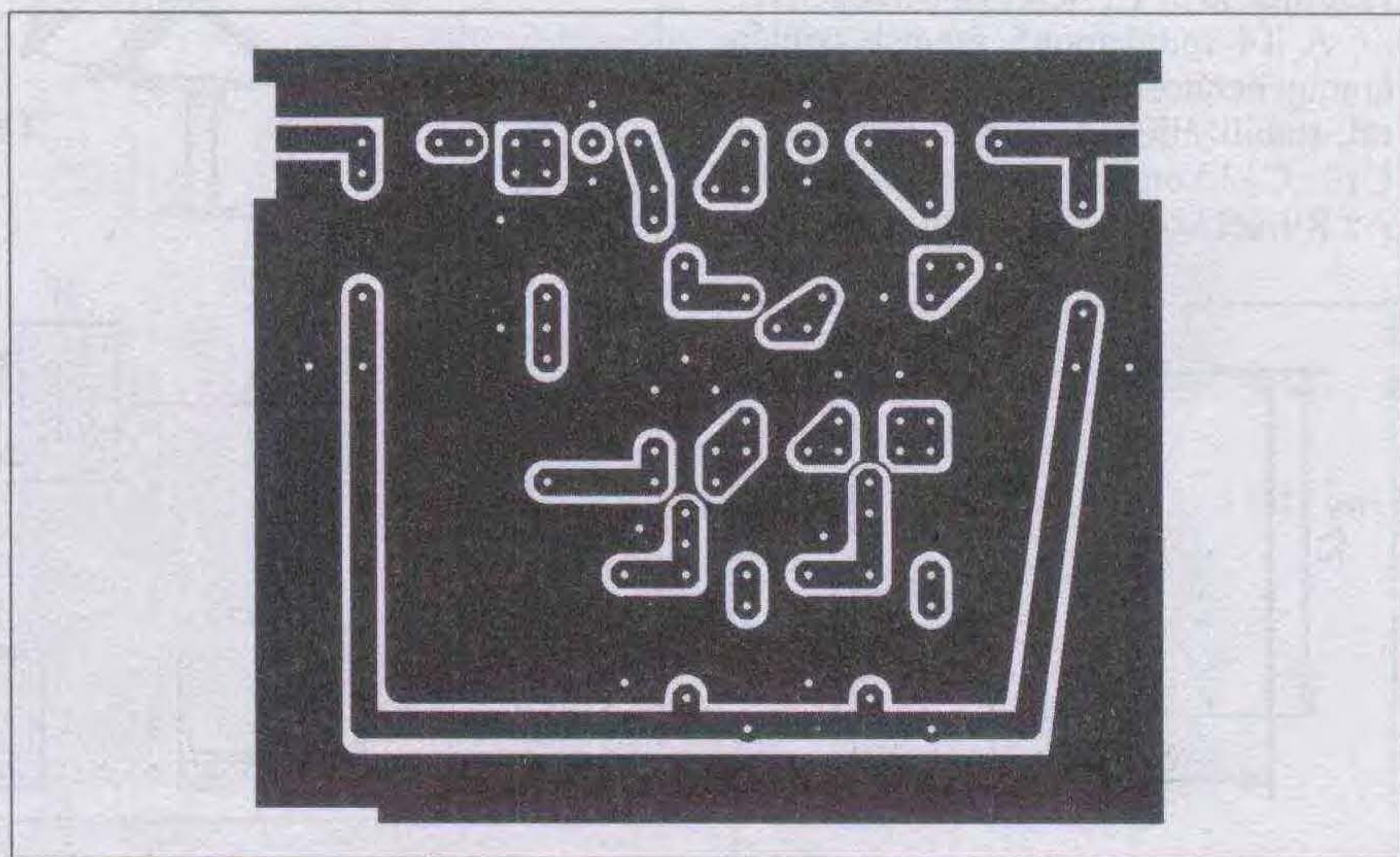
$$U_C = 4,7 \text{ V} \pm 0,2 \text{ V}; U_B = 0,78 \text{ V} \pm 0,02 \text{ V}; I_C = 13 \text{ mA}.$$

Az egyenáramú beállítás után következik az erősítés mérése hálózat-analizátorral vagy más vobulátoros elven működő műszerrel. Az L meneteinek széthúzásával a **20. ábra** szerinti frekvenciamenetet állítsuk be. Ha csak a 20. ábrához hasonló erősítés-frekvencia karakterisztikát tudunk beállítani, az nem baj; a lényeg az, hogy a „belógás” 1350 MHz környékén kisebb, mint 1 dB legyen és a kiemelés 1650 MHz körül legyen. Amennyiben az erősítés nem éri el a műszaki jellemzőkben megadott értéket, akkor R5-öt cseréljük, közben ellenőrizzük a munkaponti kollektoráramot, a 15 mA-t ne lépjük túl!

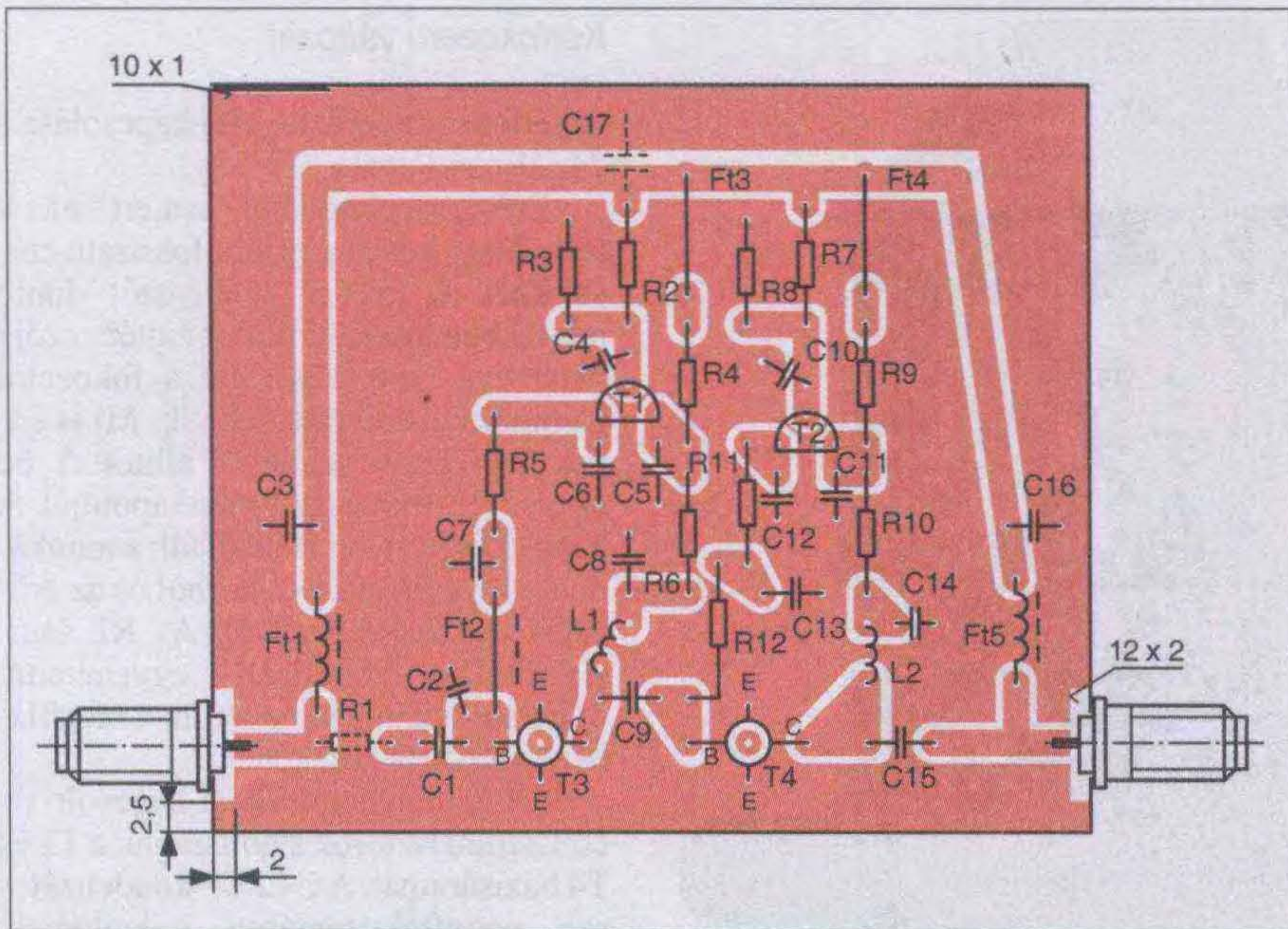
Ha az erősítés – frekvencia karakterisztikát és az erősítés értékét nem tudjuk beállítani, akkor a tranzisztort cserélni kell. Műszerezettség hiányában csak a DC-adatokat tudjuk ellenőrizni.

Az erősítő nyáklemezét dobozba helyezük, ehhez a következő technológiai menetet javasoljuk. Először készítsük el a dobozkeretet a **21. ábra** szerinti méretekkel. Ezután forrasszuk a keretre a 2 db „F” típusú RF-csatlakozót, és most illesszük be a nyáklemezt a keretbe. A beillesztés után forrasszuk körbe a nyáklemezt a kerethez. Legalább 50 W-os pákát használjunk, a

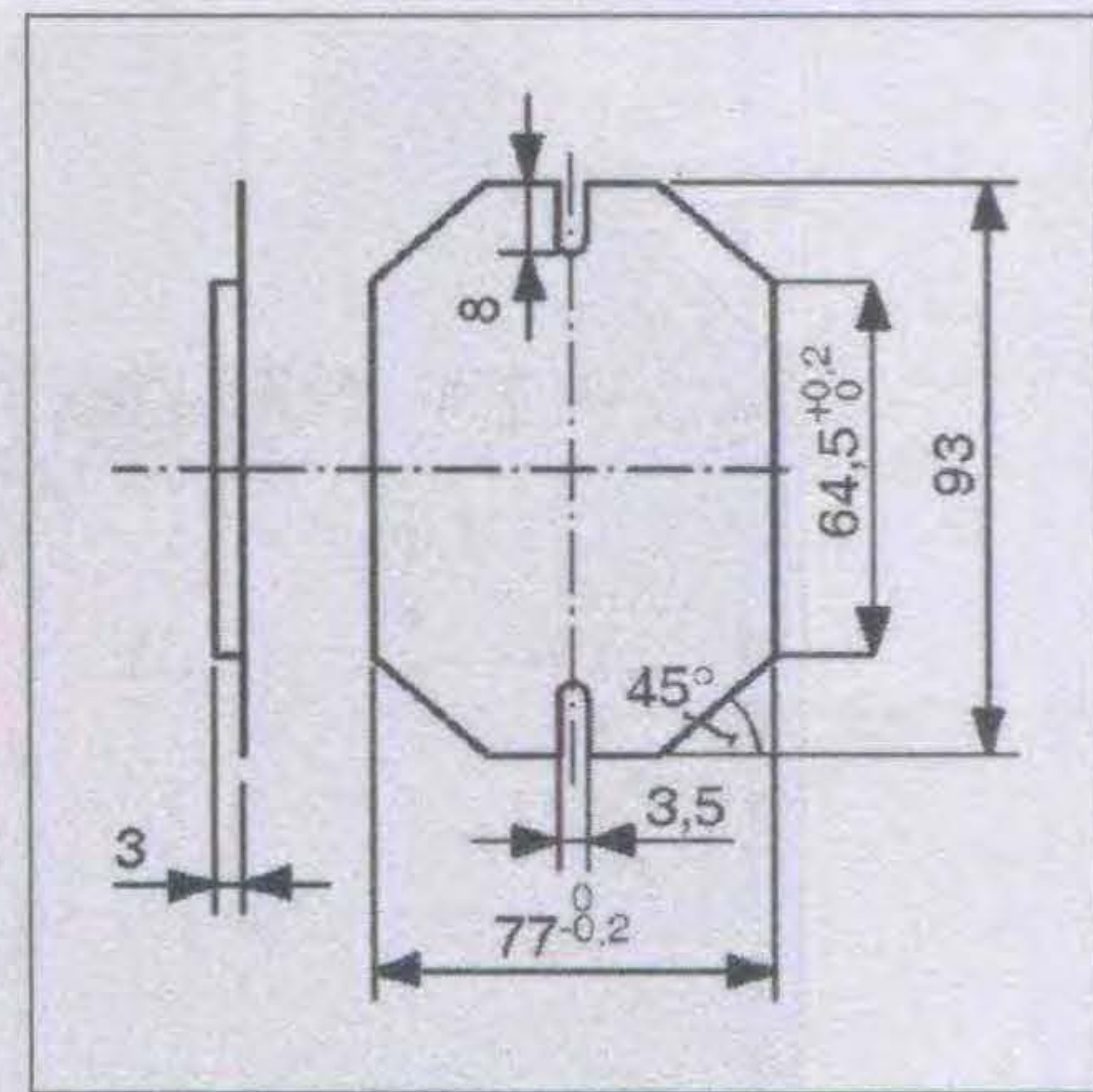
pisztolypáka erre a célra nem alkalmas, mert hidegforrasztást eredményez és ezt kerülni kell! A doboz anyaga lehet ónozott vaslemez vagy 1,6 mm-es, egyoldalas nyáklemez. Az ónozott vaslemez falvastagsága 0,4...0,5 mm legyen. Az áramköri elemeket ezután ültessük be. Amikor az áramkört komplett bemértük, akkor tegyük rá a fedő- és az alaplemezt. Ezeket két-két helyen forrasszuk a kerethez. A fedőlemez rajzát a **22. ábrán** láthatjuk, az alap-, vagy talplemez rajzát a **23. ábra** mutatja.



25. ábra. A kétfokozatú erősítő fóliarajza



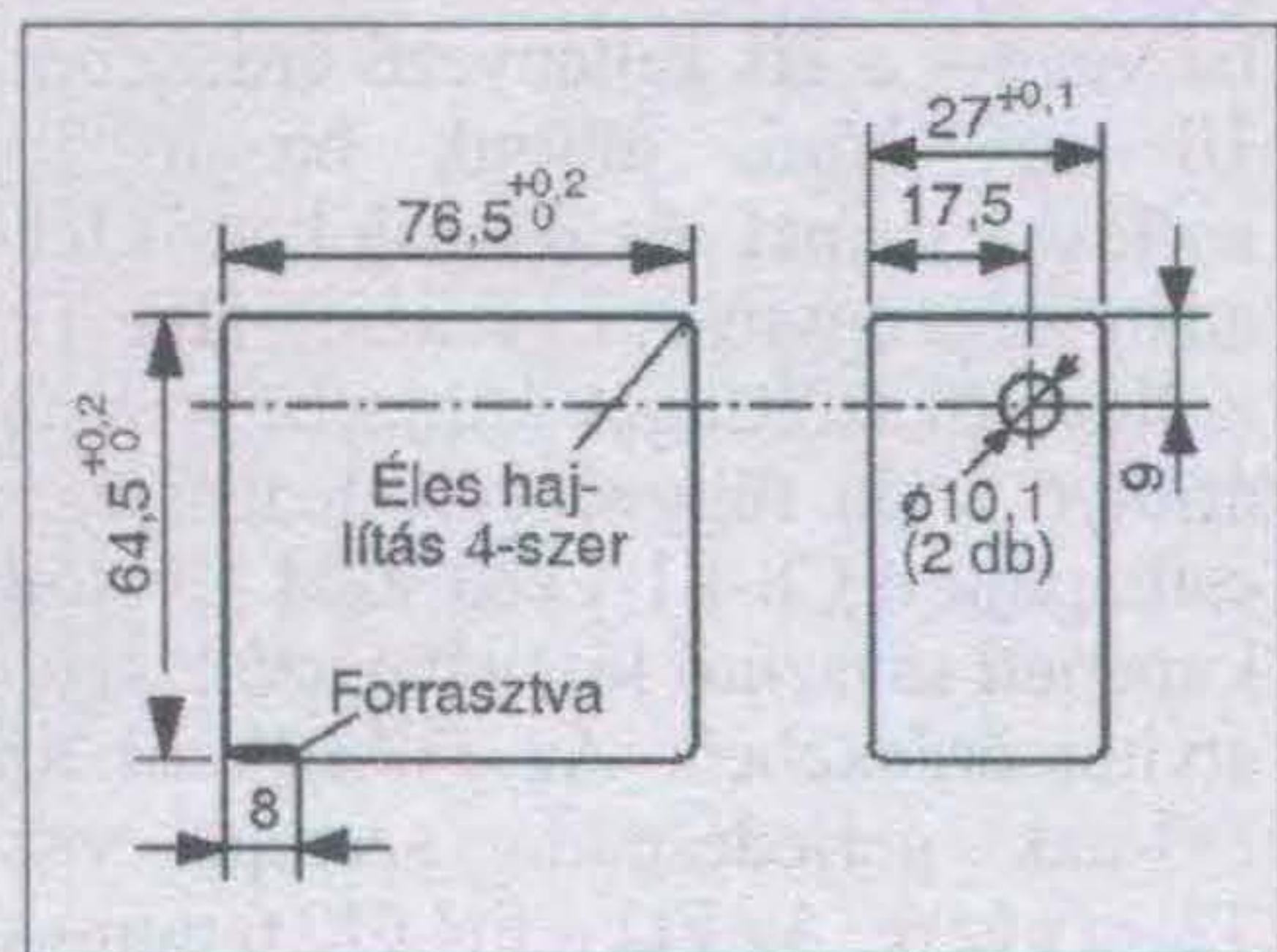
26. ábra. A kétfokozatú erősítő beültetési rajza a csatlakozókkal és a dobozkerettel



29. ábra. A kétfokozatú erősítő talplemeze

áját a 75 ohmhoz. C1 az erősítő bemenetéről leválasztja a tápfeszültséget és T3 bázisára csatolja a nagyfrekvenciás jelet. Az Ft4-nek gerjedésgátló szerepe van, C1, C16 és C17 végzi a tápfeszültség szűrését az Ft1 és az Ft5 fojtókkal.

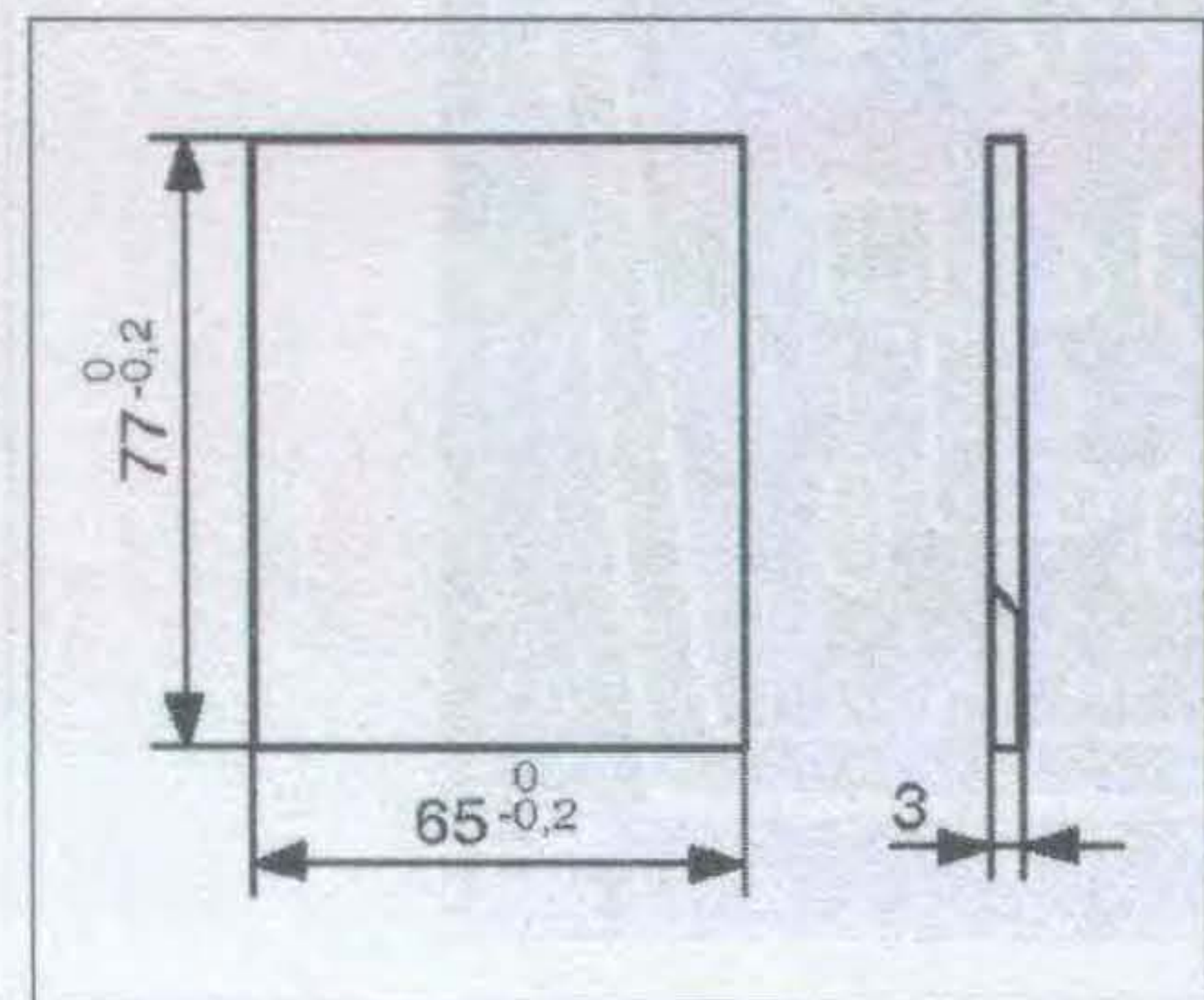
Mivel a tápfeszültség fóliaszakasza elég hosszú, ezért a szakasz közepére forrassuk a C17 szűrőkondenzátort, a fóliaoldalon. A C17 lehet csip-, vagy tárcsakondenzátor. Ez utóbbi esetben a kondenzátort a fólia oldalon elfektetve forrassuk be. Az egyfokozatú erősítőhöz hasonlóan ezt a változatot is úgy készítettük el, hogy alkalmas legyen a két táplálási módra.



27. ábra. A kétfokozatú erősítő dobozkerete

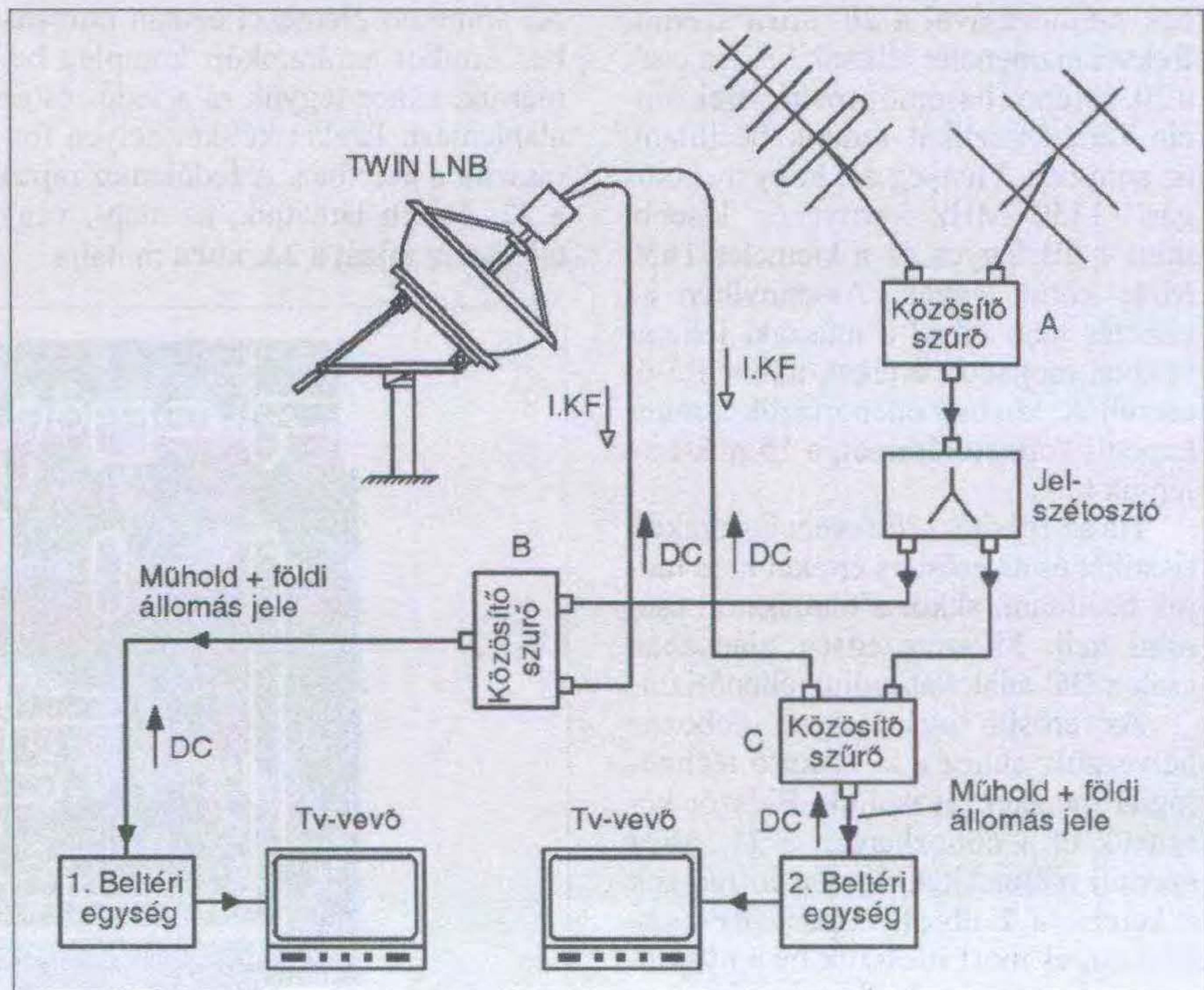
tranzisztorok stabilitásához. A C9-cel csatoljuk ki az RF-jelet T4 bemenetére.

A T4 munkaponti áramát szintén áramgenerátorral, a T2-es tranzisztorral, stabilizáljuk. Nagyfrekvenciásan a C10...C13 kondenzátorok hidegítenek. Az R9-cel kb. 15 mA-re állítjuk be T4

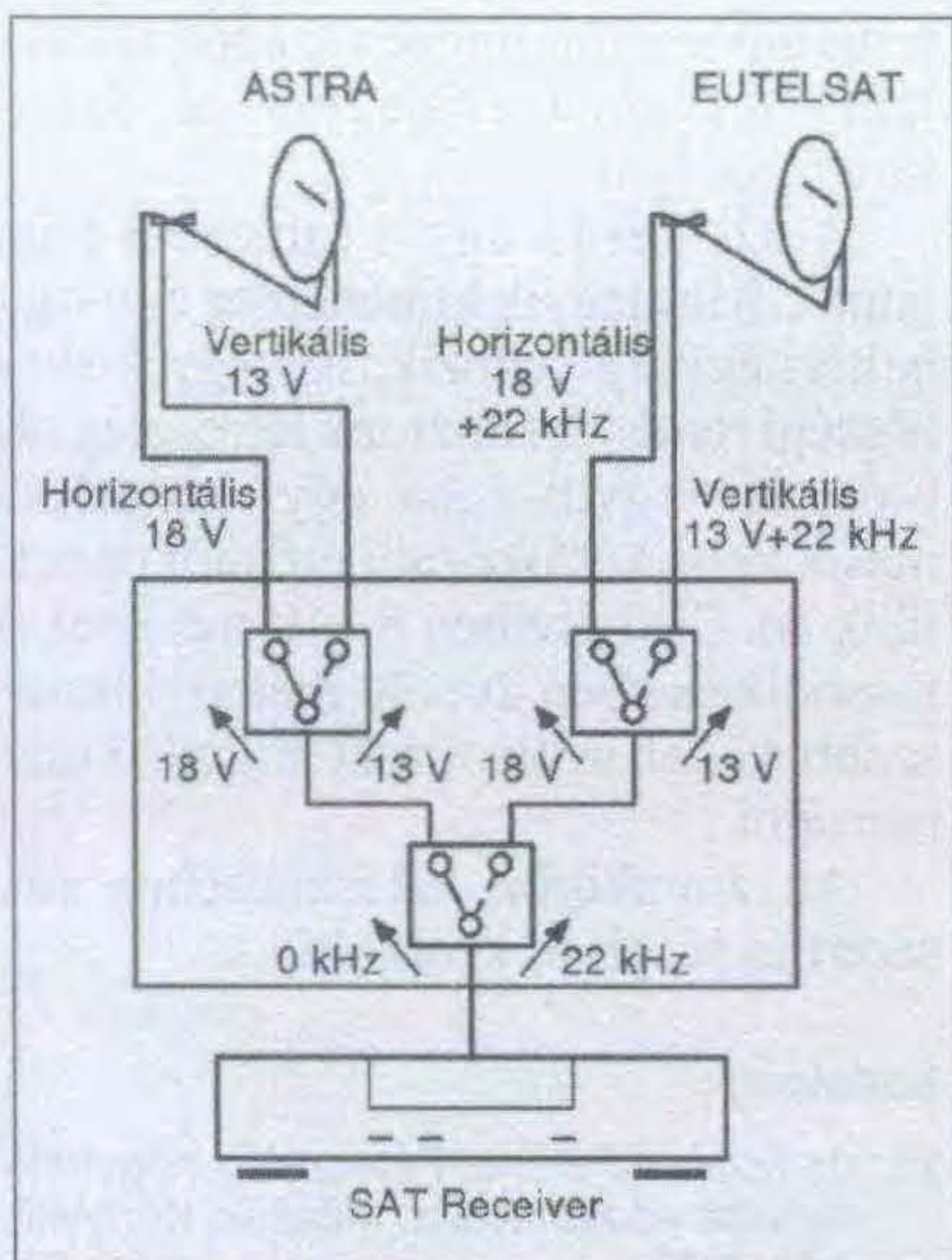


28. ábra. A kétfokozatú erősítő fedele

kollektoráramát, az alkatrészek szórása függvényében. Az R10-nek ugyanaz a kettős szerepe van, mint az R6-nak. A C14-L2-C_{ce4} sávszűrő is részt vesz az átviteli karakterisztika kialakításában. C15 az RF-jelet csatolja ki és leválasztja a tápfeszültséget a T4 kollektoráról. A T3 bemenetén R1 a C1-C2 kapacitív osztóval illeszti T3 bemenő impedanci-



30. ábra. Műholdas és földi állomás programjának beközösítése egyéni rendszerben



31. ábra. Két műhold vétele egyéni vétel esetén. A polarizációváltás feszültséggel, a műholdak közötti váltás 22 kHz-es jellel történik

Az erősítőt egyoldalas, 1,6 mm vastagságú nyáklemezre készítjük el. A kétfokozatú változat fóliarajza a 25. ábrán látható (Itt jegyezzük meg, hogy mind a két variációnál a teljes fóliafelületet ónozzuk be!) Az alkatrészeket a 26. ábra szerint ültethetjük be. Kiviteli formának szintén a dobozos megoldást javasoljuk.

A doboz elkészítésével kapcsolatos, valamint a szerelési szempontokat az egyfokozatú változatnál már közöltük. Az erősítő dobozkerete a 27. ábrán, a fedele a 28. ábrán, míg a talplemezének rajza a 29. ábrán látható. Az előzőekben leírt technológiai menetek megfelelően helyezzük be a nyáklapot a keretbe és az ott leírtak szerint forrasszuk be az alkatrészeket.

Az elkészített áramkört első lépésben egyenáramúlag ellenőrizzük. A nagyfrekvenciás tranzisztorok védelme érdekében a tápegységen csak 8 V tápfeszültséget állítunk be. A T3 és T4 kollektorán 4...4,5 V körüli feszültséget mérünk. Ezután állítsuk be a tápegységen a névleges 15 V-os tápfeszültséget. Az ekkor mérhető munkaponti értékek ezek lehetnek: $U_{B3} = 0,8 \pm 0,03$ V, $U_{B4} = 0,8 \pm 0,02$ V, $U_{C3} = 5 \pm 0,2$ V, $U_{C4} = 6,5 \pm 0,2$ V, $I_{C3} = 10 \pm 0,5$ mA és $I_{C4} = 14,5 \pm 0,5$ mA.

Ha az R6 és az R10 ellenállásokon mért feszültségesések alapján nem a táblázatban található áramértékek adódnak, akkor a kapcsolási rajzon megadott értékhatárok között kell az R4, illetve az R9 ellenállásokat cserél-

ni. Ezzel megtörtént a fokozatok egyenáramú beállítása.

Ezután következhet az erősítő nagyfrekvenciás működésének ellenőrzése, azaz az amplitúdó – frekvencia karakterisztika beállítása a 20. ábrának megfelelően. Az optimális karakterisztika, az „a” beállítása az L1 és az L2 meneteinek széthúzásával történik. Ha a „b” görbéhez hasonlót mérünk, akkor az egyes fokozatok a kimenőkörében levő C8 és C14 kapacitásokat kell változtatni, melyek értéke 0,7...1,2 pF között változtatható.

Ha az erősítés túl nagy, azaz a 23 dB-es értéket túllépi, akkor R6 és R10 ellenállásokat változtassuk a 24. ábrán megadott értékeknek megfelelően. Először az R10-et, majd az R6-ot. Amennyiben az erősítő amplitúdómenete 1750 MHz-ig nem állítható be, akkor a BFG65-öt cseréljük. A T4-et elsőnek, majd T3-at, ha szükséges; esetleg R6, R10 ellenállásokat is kell cserélni.

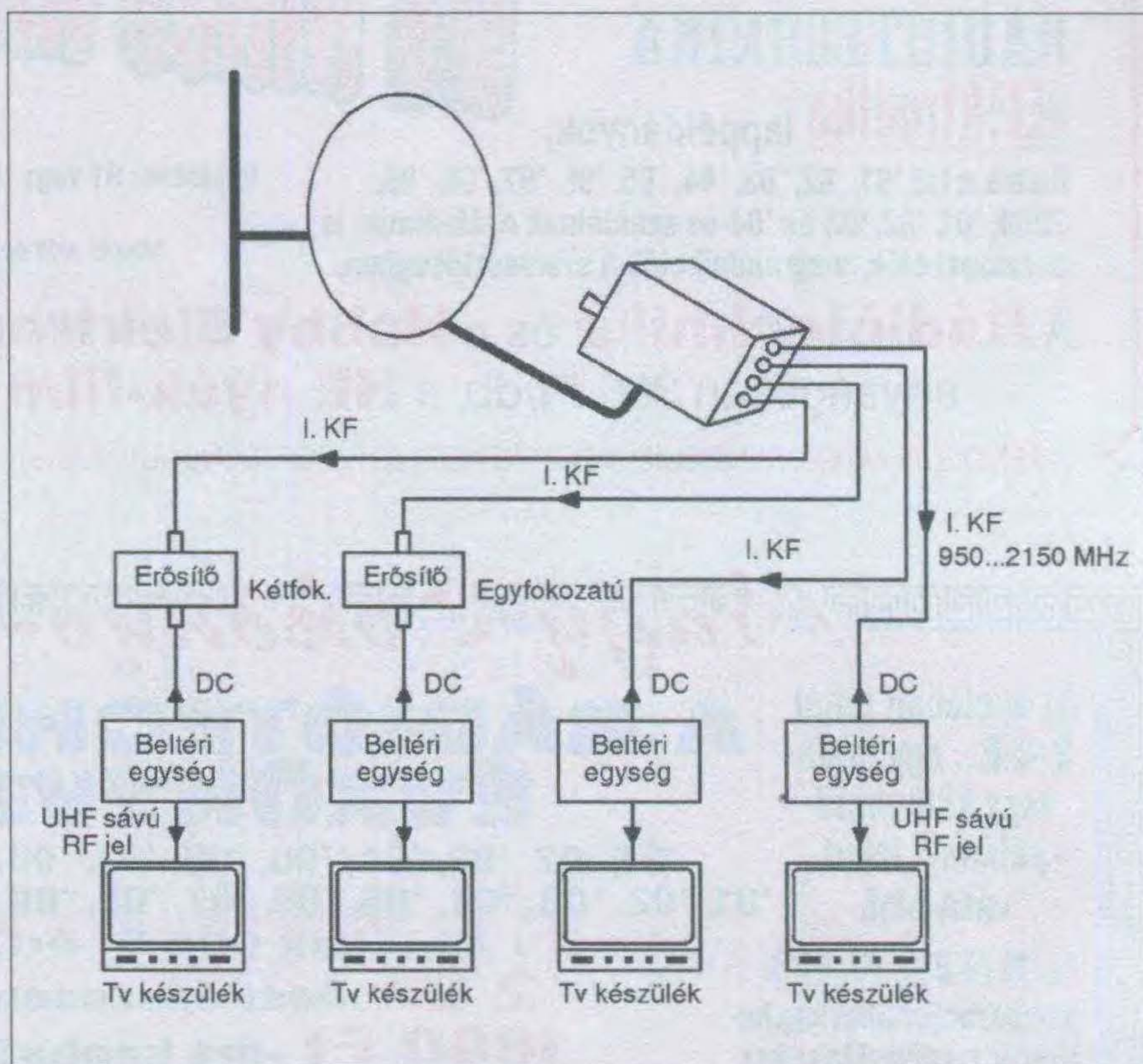
Alkalmazás

Mielőtt rátérnénk az aktív építőelemek gyakorlati alkalmazásának bemutatására, előtte röviden az alkalmazandó koaxkábelekről és csatlakozókról.

A hagyományos tv-vételtechnikában használt koaxkábelek közül nem mindegyik típus alkalmas a műholdas tv-vételre. Mint ismeretes, minden koaxiális kábelnek van csillapítása, így a rajta áthaladó nagyfrekvenciás jel szintje lecsökken. A koaxiális kábelnek, mint hajlékony tápvonalnak a csillapítást az alábbi tényezők befolyásolják:

- a frekvencia,
- a hőmérséklet,
- a kábel szerkezete és a dielektrikum,
- a kábel hossza.

A kábelcsillapítás mind a frekvencia, mind a hőmérséklet növekedésével nő. A katalógusok ezért adják meg azt a hőmérsékletet, amelyre a csillapítási diagram érvényes. Sajnos a hazai RF-kábel katalógusok –, ha még vannak ilyenek(!) – eléggé „szükszavúak”, továbbá az üzletben vásárolt kábelről vagy semmilyen csillapításadat nincs mellékelve, vagy olyan frekvenciára vonatkozik, amely számunkra az adott esetben nem szolgál információval. Ennek a problémának a kiküszöbölésére az alábbiakban egy olyan tapasztalati úton nyert képletet adunk közre, amelynek segítségével az adott koaxiá-



32. ábra. Kisközösségi rendszer 4 előfizető részére

lis kábel csillapítását ± 1 dB körüli pontossággal kiszámíthatjuk:

$$a_x = a_0 \cdot \sqrt{\frac{f_x}{f_0}} \text{ [dBm/100 m]}, \text{ ahol:}$$

a_x a kiszámítandó (keresett) csillapítás,
 f_x a szóban forgó frekvencia MHz-ben,
 a_0 a megadott csillapítás 100 m hosszra,
 dB-ben,
 f_0 a megadott frekvencia MHz-ben.

A műholdas tévé-vételtechnikában az I. KF-sávban elterjedt csatlakozótípus az „F” csatlakozó. Mechanikailag jó érintkezést ad, ami nagyfrekvenciás technikában lényeges szempont. Könnyen gyártható és olcsón beszerezhető. Ezek után nézzünk néhány alkalmazási példát!

A 30. ábra arra mutat példát, amikor vagy két tulajdonost, vagy két beltérivel rendelkező tulajdonost tudunk egymástól függetlenül kiszolgálni. Ezt egy TWIN LNB teszi lehetővé. Ez azt jelenti, hogy egy házban két független

konverteregység van beépítve. Az egyik konverter kimenete „B” közösítő szűrőn át éri el az „1.” jelű beltéri egységet, míg a másik konverter kimenete szintén „C” közösítő szűrőn keresztül kerül kapcsolatba „2.” jelű beltérivel. A földi állomások jele az „A” közösítőn és a jelosztón át kerül „B” és „C” bemenetére és ezek kimenetéről az egyes műholdvevőkre.

Napjainkban, egyéni vétel esetén, gyakran van olyan igény, hogy két műholdról érkező jelet szeretnénk venni. Ezt látjuk a 31. ábrán. Az Astra műhold az SHF sáv alsó tartományában, míg az Eutelsat az SHF sáv felső részében sugároz. Ennek a vételi kérdésnek a megoldását az ún. 22 kHz-es technika alkalmazása jelenti. Példaképpen az Astráról akarunk venni horizontális polarizációban, akkor a műholdvevőnk csak 18 V-os DC jelet ad ki. Ha most az a kívánságunk, hogy az Eutelsat műholdról vertikális polarizációban vennénk műsorokat, akkor a beltéri egység 22 kHz-es (szinusz-) jelet és még 13 V DC-t ad ki. Itt jegyezzük meg, hogy a

programozástól függően kiadott DC feszültség egyúttal a fejegység tápellátására is szolgál.

A 32. ábrán egy 4 kimenetű fejet látunk. Mindegyik kimenethez egy-egy beltéri egység tartozik, így egy kisközösségi rendszert hoztunk létre, elég olcsón. Az egyik ágba egyfokozatú, a másik ágba kétfokozatú erősítőt építettünk be. Első esetben 8...10 méterrel, a második esetben 20...30 méterrel hosszabb kábel csillapítását tudjuk kompenzálni.

Az áramkörök elkészítéséhez sok sikert és jó vételt kívánok!

Irodalom:

1. dr. Kovács Ferenc: Félvezetők nagyfrekvenciás alkalmazása, Műszaki Könyvkiadó, 1973
2. dr. Mojzes Imre: GaAs alapú monolit integrált áramkörök, Műszaki Könyvkiadó, 1988
3. Mini-Circuits adatlapok
4. Funkschau: Satellitenempfang im digitalen Zeitalter 3/96. 54-57. old.
5. Funkschau: Sat-Kombi: Multifeed und Kopfstelle 13/95. 43-47. old.
6. Bus László: Gyártmányfejlesztés, 1991

RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG!

Régebbi

RÁDIÓTECHNIKA

Elektronika lappéldányok,

illetve a HE '91, '92, '93, '94, '95, '96, '97, '98, '99, 2000, '01, '02, '03 és '04-es számainak nyák-filmjei is beszerezhetők, megrendelhetők a szerkesztőségben.

Ha nincs meg...

Címünk:

Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em.
 Személyesen hétköznap 9-14 óra között.

Postacím: RT vagy HE szerkesztősége 1374 Budapest, Pf. 603.

E-mail: hambazar@radiovilag.hu

Utazás előtt érdemes telefonon érdeklődni: 239-4932, 239-4933!

A **Rádiótechnika** és a **Hobby Elektronika** 2005 előtti számai egységesen 300 Ft/db, a **HE nyák-filmjei** 250 Ft/db áron.

RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! RENDELJE MEG! 3

Nagy Évkönyv-akció!

Az akcióban tehát 2-4-6... egyforma vagy különböző példányt lehet vásárolni.

✉ 1374 Bp., Pf. 603.
hambazar@radiovilag.hu
www.radiovilag.hu

A RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE

'91, '92, '93, '94, '95, '96, '97, '98, '99, '00, '01, '02, '03, '04, '05, '06, '07, '08, '09 kötetek közül

1 db csak 990 Ft-ért,

2 db most összesen

1800 Ft -ért kapható.

Személyesen a szerkesztőségben, Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. 130. 9-14 óráig.

Tel./fax: 239-4932

Szélessávú erősítő 50 MHz-től 1500 MHz-ig

Nagy Gyula villamosmérnök, HA8ET@freemail.hu

Az ismertetésre kerülő szélessávú erősítő alapvetően a 2008 októberében megjelent [1, 2] kis szintű mérőhidhoz fejlesztettük ki. Alkalmazásával a mérőhidat olyan jelforrásokkal is lehet használni, amelyek kimenő jele mindössze 0 dBm (1 mW) szintű.

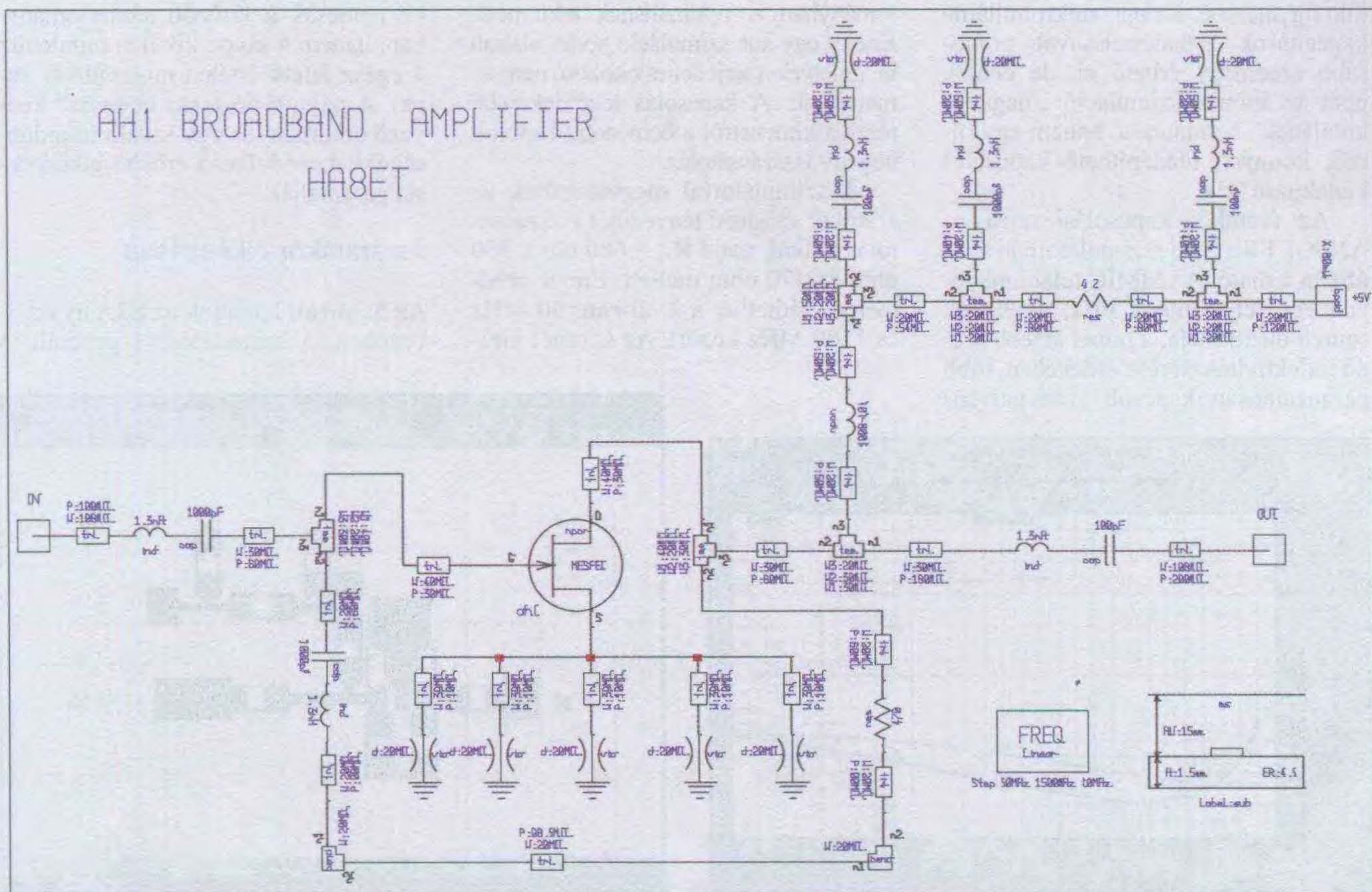
Az erősítő mérési eredményei bizonyítják, hogy az áramkör sokoldalúan felhasználható minden olyan területen, ahol 50 ohmos ki- és bemeneti ellenállású, kb. 10 dB-es erősítésű fokozatra van szükségünk. Az erősítő feltétel nélkül stabil, az ajánlott 50...1500 MHz-es frekvenciasávon kívül is. A fenti frekvenciatartományon belül, önálló erősítőként, vagy 50 ohmos, univerzális építő elemként egyaránt alkalmazható. Széleskörűen használhatjuk vevő bemeneti áramkörként vagy adók erősítőfokozataiban egyaránt, akár 200 mW-ig is. Könnyen elkészíthető, nem igényel speciális alkatrészeket és bo-

nyolult bemérést. Az elkészített mintapéldányok gyakorlatilag azonos jellemzőkkel rendelkeztek, így a kapcsolás utánépítésre nyugodt lelkiismerettel ajánlható.

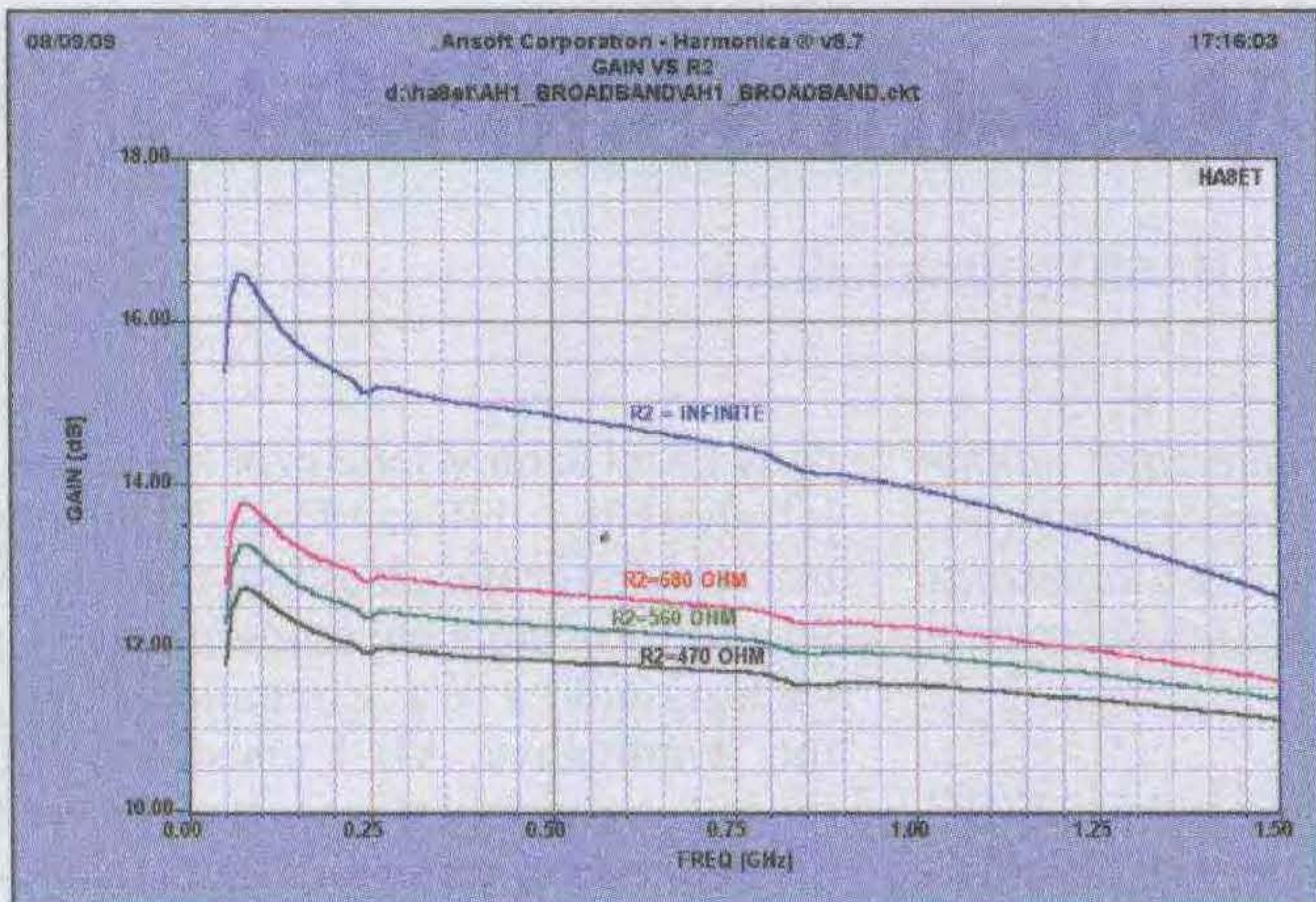
A feladat megoldásához olyan MMIC áramkört kerestünk, amely 10 dB erősítés mellett a szükséges sávszélességet ± 1 dB-es ingadozáson belül tudja biztosítani. Sajnos mindegyik IC alacsony frekvencián jelentőset erősít, de a frekvencia növelésével az erősítési tényezőjük erősen csökken. Másik probléma, hogy csak viszonylag kis sávszélesség mellett biztosítható a jó illesztésük. Ezért egy negatívan visszacsatolt áramkörben gondolkodtunk, amely széles sávon belül egyenletes erősítést és elfogadható illesztést valósít meg. További követelmény, hogy kisebb tápfeszültség-ingadozásokra ne legyen érzékeny, és mindegyik megépített pél-

dány közel azonos jellemzőkkel bírjon, jól elviselje a túlvezérléseket, miközben zajtényezője alacsony marad. A felsorolt követelményrendszer alapján választásunk a WJ Communications, Inc. gyártmányú, AH-1 típusú MMIC-re esett. Az áramkört ma már a TriQuint Semiconductor terméklistáján találhatjuk meg [3].

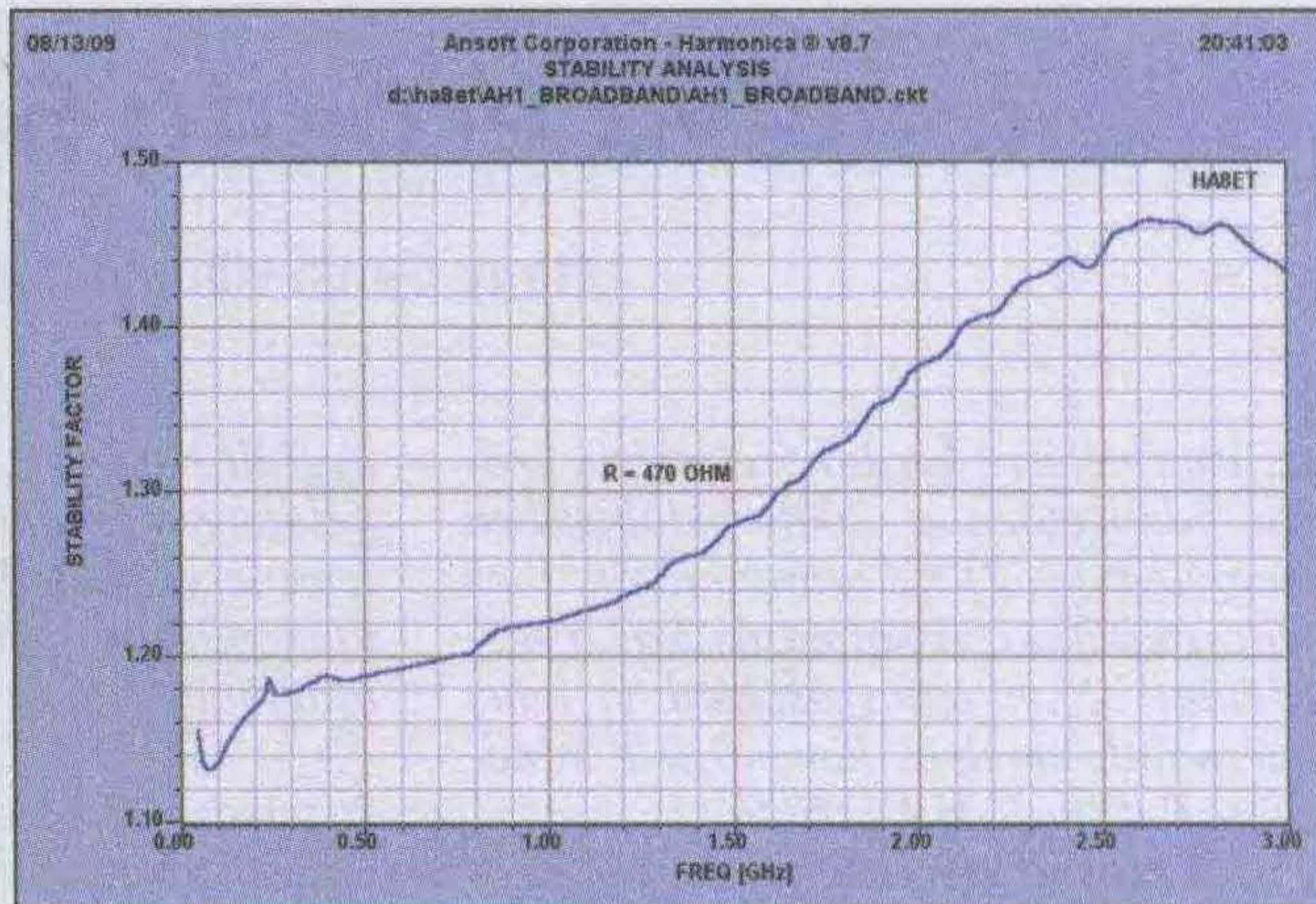
A SOT-89-es tokozású GaAs MEFET karakterisztikája áramgenerátoros, tehát beállított munkapontja érzéketlen a feszültség-változásokra. Erősítése 50 és 3000 MHz között 15 dB-ről 10 dB-re csökken, kimeneti ICP-je +41 dBm, zajtényezője pedig 800 MHz-en 3,2 dB, illesztett esetben. Az SO-89-es tok egyszerű beültetést eredményez, megfelelő hűtés mellett. Magát az IC-t a 2005-ös Évkönyvünkben már részletesen bemutattuk [4], ezért most csak a szélessávú tervezés legfontosabb lépéseit ismertetjük.



1. ábra



2. ábra



4. ábra

Az áramkör szimulációja

A szimuláció során a gyártó honlapjáról letöltött S2p paramétereket használtuk fel. 1,5 mm-es, FR-4-es, kétoldalas, üvegszál hordozón, 1206 méretkódú alkatrészeket építettünk be az áramkörbe. Az 5%-os tűrés miatt megelégedtünk közelítő nagyfrekvenciás szimulációval. Az olcsó, kommersz kapacitások felhasználása miatt nem alkalmaztuk a kapacitások S2p paramétereit, csupán a tokok saját induktivitását vettük figyelembe. Drága, mikrohullámú kapacitások felhasználásával pontosabb eredmény érhető el, de célunk nem az áramkörszimuláció „magasiskolájának” bemutatása, hanem egy olcsó, könnyen utánépíthető kapcsolás kialakítása volt.

Az áramkör kapcsolási rajza az ANSOFT Serenade szimulátorban az 1. ábrán látható. Az MMIC tulajdonképpen egy teljesítmény FET, amelynek source-elektrodája, a minél kisebb eredő induktivitás elérése érdekében, több párhuzamosan kapcsolt (furatgalván)

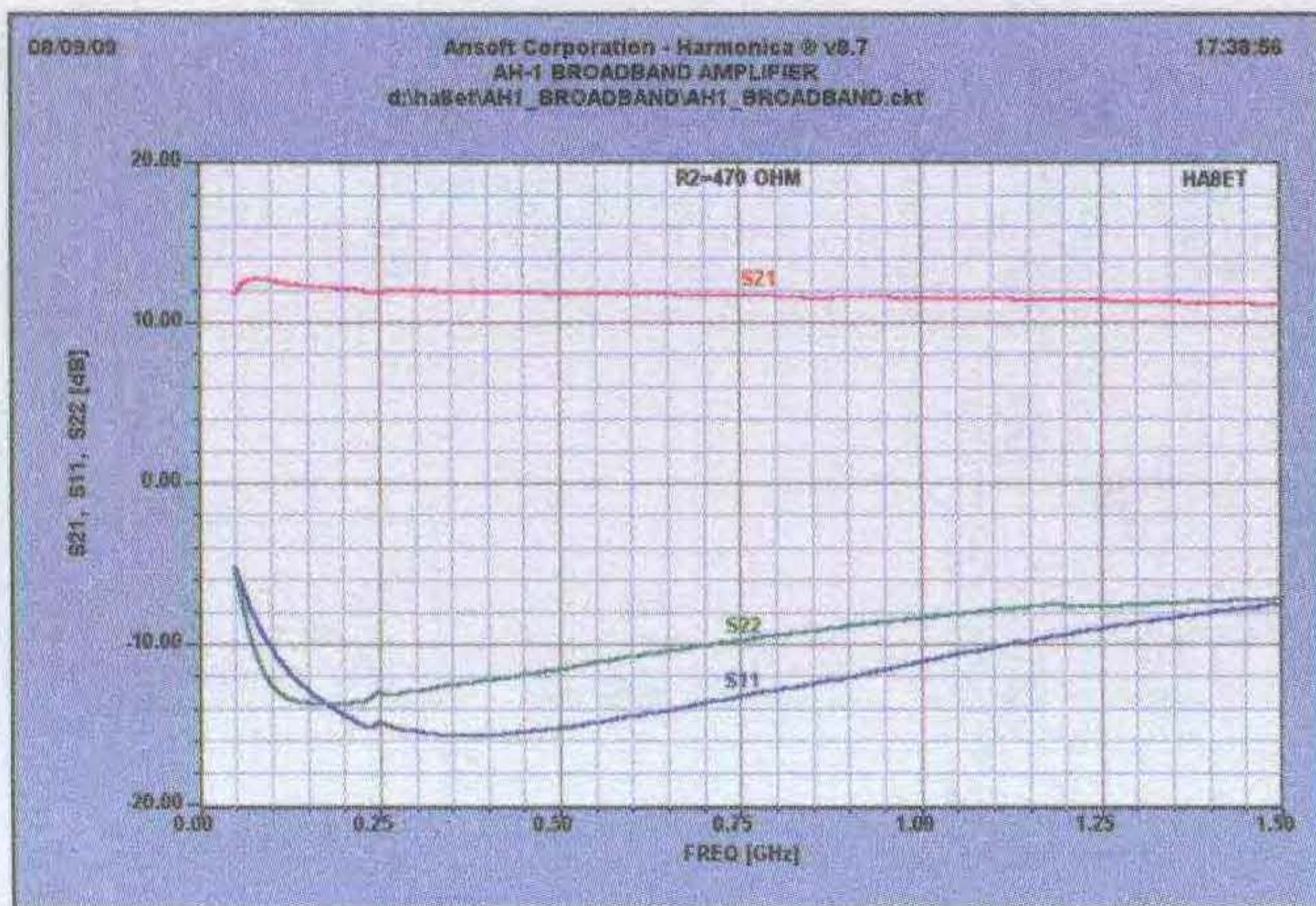
VIA-n keresztül van földelve. (VIA: a panel két oldala közötti átkötés. – A szerk.) Ezek a furatok a jó földelés mellett, egyben megoldják az IC megfelelő hűtését is. Sem a kimeneten, sem a bemeneten nem alkalmaztunk illesztést javító hálózatokat, mert ekkor lecsökkenne az áramkör sávszélessége. A +5 V-os tápfeszültséget egy 4,7 ohmos ellenálláson keresztül kapja meg az IC, amelynek mindkét vége hidegítve van. A munkaellenállás egy 100 nH-s SM fojtótékercs, amely az alsó és a felső sáv tartományban is optimálisnak tekinthető. Értéke egy sor szimuláció során alakult ki, amelyeket terjedelmi okokból nem ismertettünk. A kapcsolás legérdekesebb része a kimenetről a bemenetre kapcsolt negatív visszacsatolás.

A szimulátorral megvizsgáltuk az áramkör erősítési tényezőjét visszacsatolás nélkül, majd $R_2 = 680$ ohm, 560 ohm és 470 ohm mellett. Ennek eredményét láthatjuk a 2. ábrán, 50 MHz és 1500 MHz között. Az ábrából kitű-

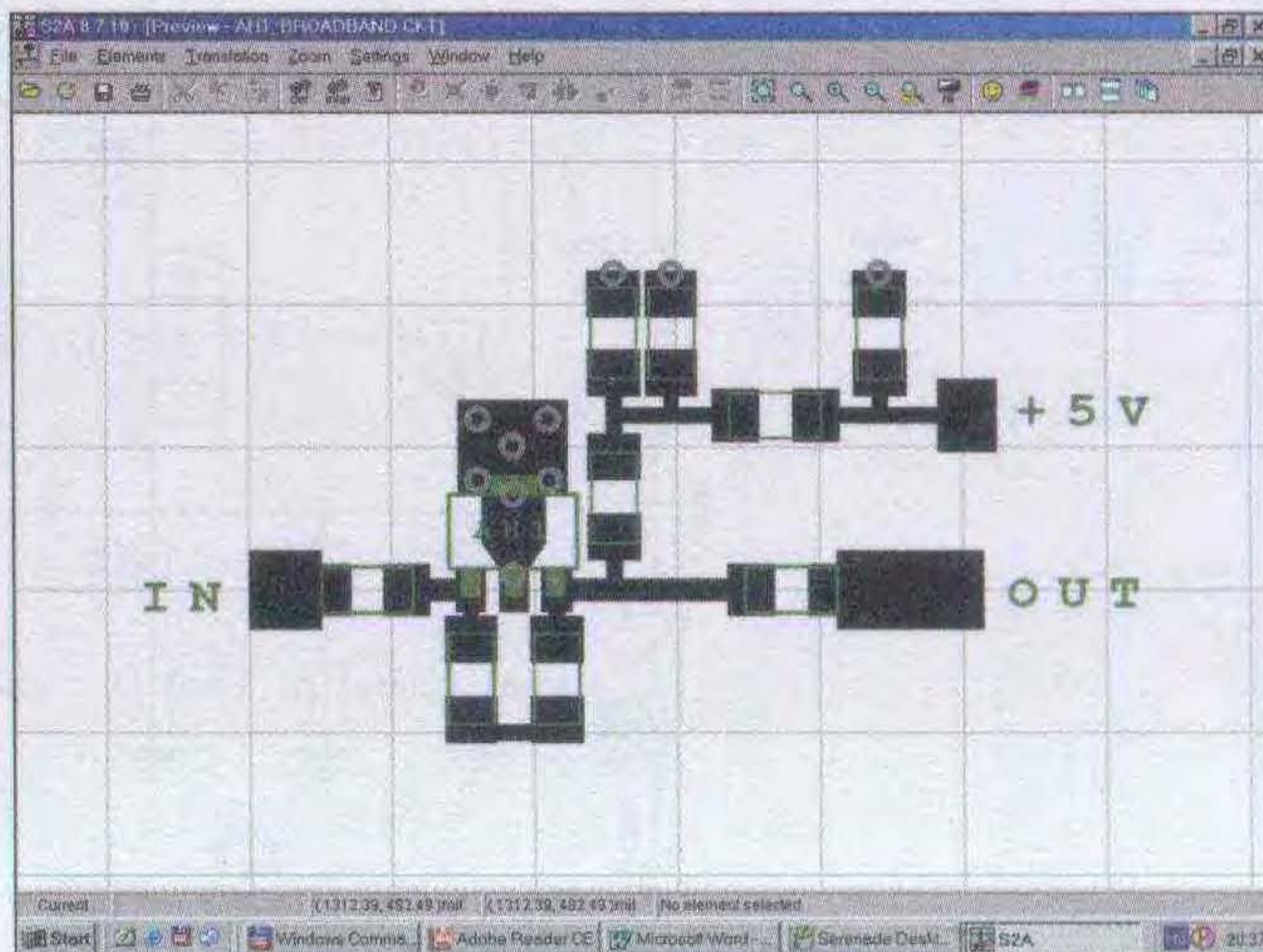
nik, hogy a legegyszerűsebb erősítés 470 ohm mellett érhető el. A továbbiakban csak ennél a visszacsatoló ellenállás értéknél vizsgáltuk a kapcsolást. A 3. ábra mutatja az erősítési tényező mellett a bemeneti (S11) és a kimeneti reflexiók csillapítást (S22) a frekvencia függvényében. Az erősítési tényező értéke $11 \text{ dB} \pm 0,8 \text{ dB}$ a vizsgált tartományban. A negatív visszacsatolásnak köszönhetően elfogadható az erősítő illesztettsége is. Fontos kérdés az erősítő stabilitása. A K stabilitási tényező értéke nemcsak a kitzűzött sáv tartományban, hanem a sávon kívül is mindenütt 1 egész feletti értéket mutatott (4. ábra). A szimuláció során tapasztalt kedvező eredmények egy kiváló tulajdonságokkal rendelkező erősítő elkészítését garantálják.

Az áramkör elkészítése

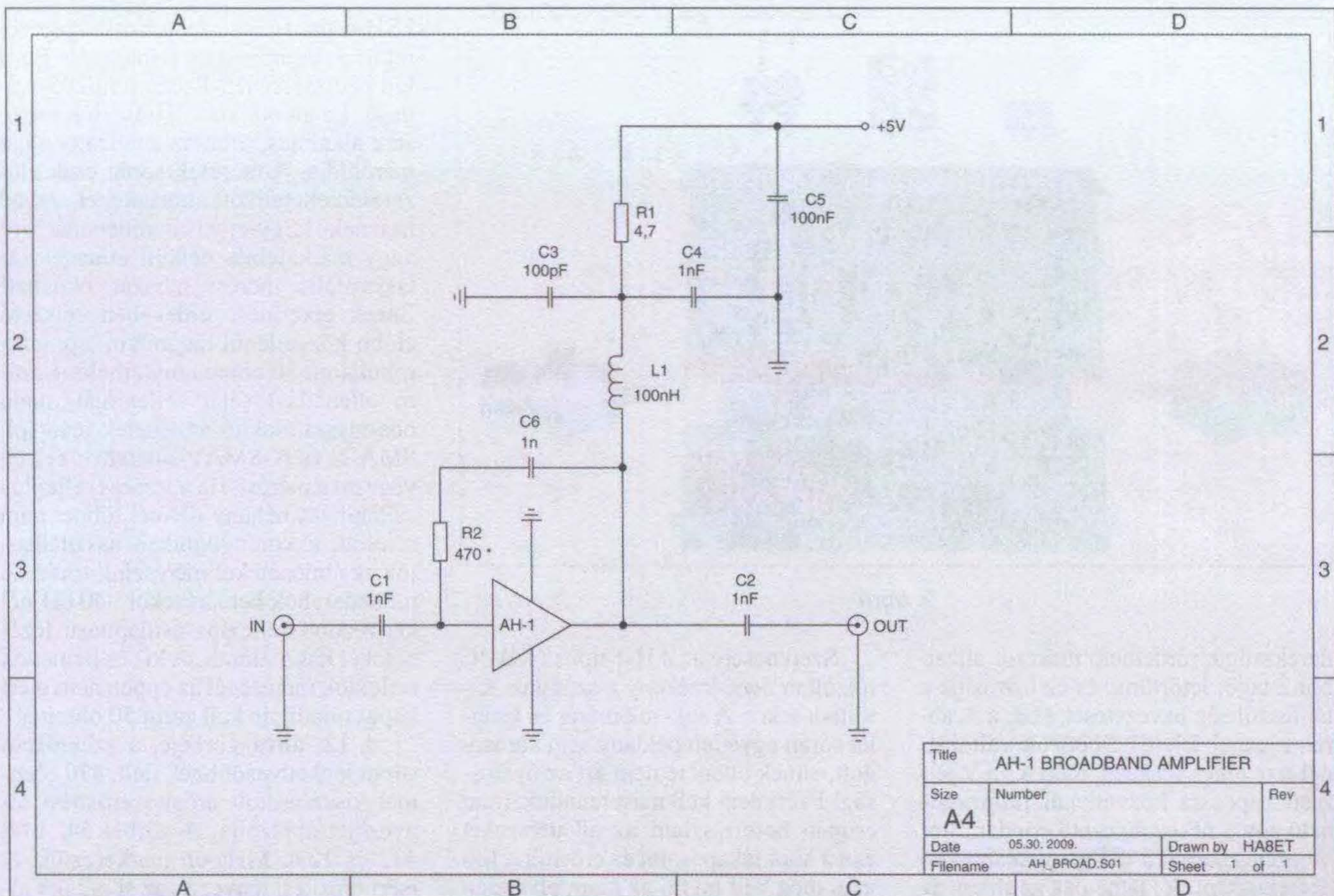
Az 5. ábrán láthatjuk az S2A nyákrészében, a szimulátorból generált, a



3. ábra



5 ábra



6. ábra

nagyfrekvenciás szempontból is pontos PCB rajzot. A nagyfrekvenciás szimulátorban kikísérletezett és optimalizált alkatrésztértékek és tápvonalméretek alapján megrajzoltuk a szokásos kapcsolási rajzot, amely a 6. ábrán látható. Ennek alapján a máig népszerű TANGO PCB-ben elkészítettük a nyomtatott áramkör rajzát, amelynek ernyőképét a

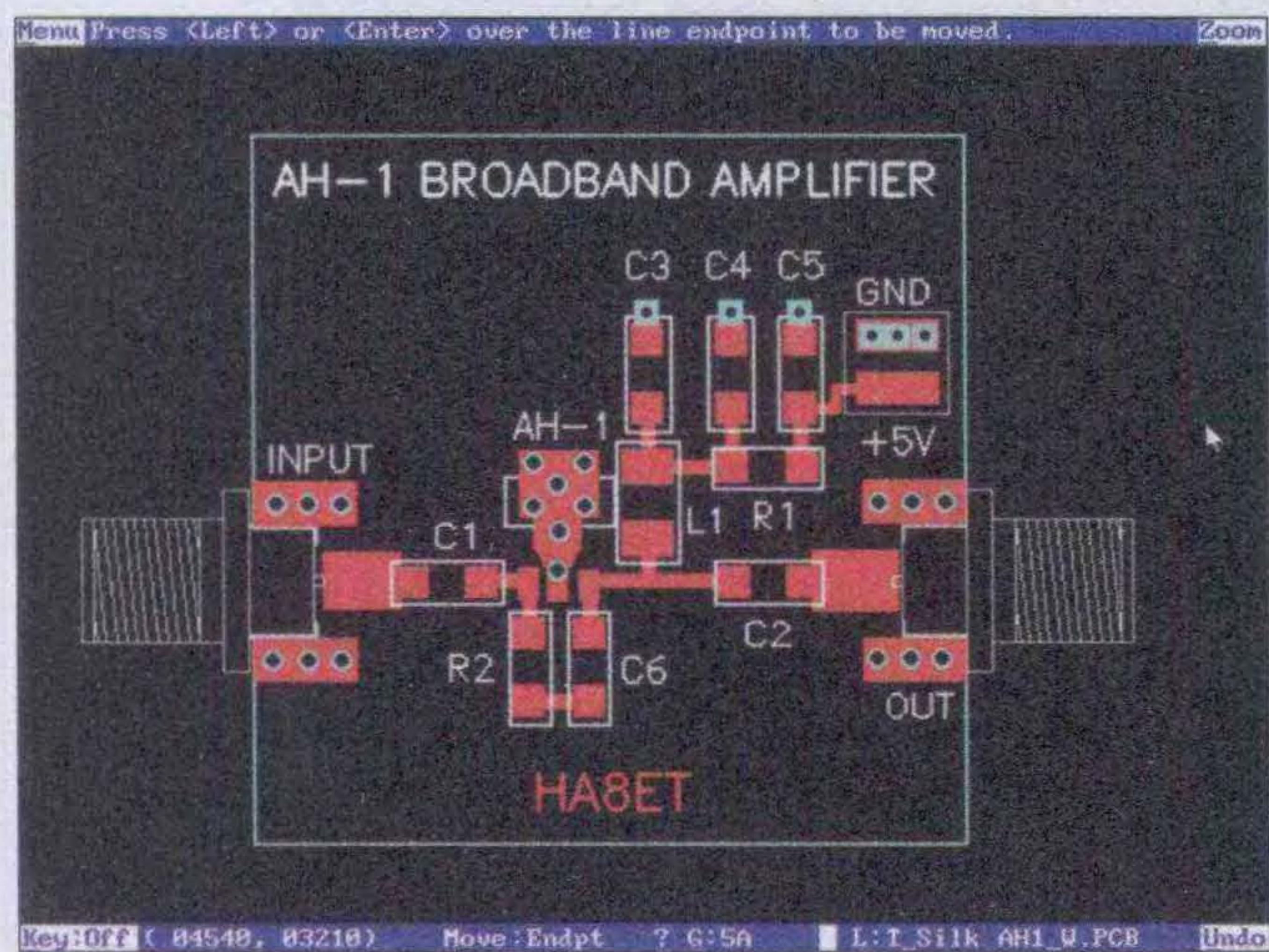
7. ábra mutatja. A PCB a 8. ábra alapján készíthető el.

A panelt úgy alakítottuk ki, hogy önmagában is felhasználható legyen egy szabványosnak tekinthető, 37×37 mm külső névleges méretű ónozott dobozba építve vagy valamilyen meglévő készülékbe utólag is behelyezhető legyen. A ki- és bemeneti csatlakozások kialakítása olyan, hogy 2...4 mm átmérőjű, 50 ohmos, teflon koaxiális kábelek, illetve Semi-Rigid kábelek közvetlenül is beforsaszthatók rá, vagy pedig bepréselhető (press mount) típusú SMA aljzatokkal is szerelhető, akár a dobozolt, akár a doboz nélküli változat egyaránt.

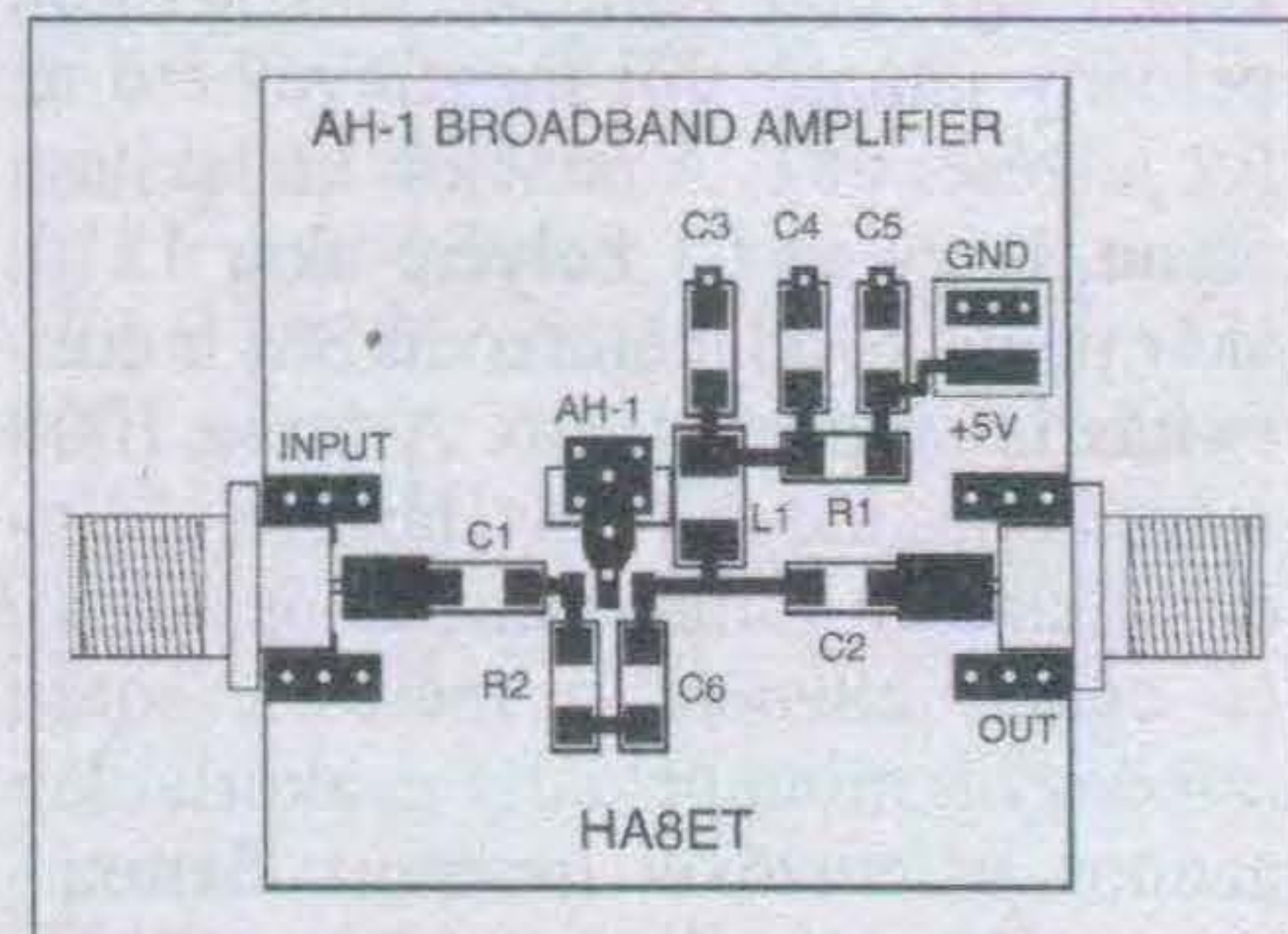
A mintapéldányokban Radi-all gyártmányú, R-125590001 tí-

pusokat használtunk. Ezek az aljzatok nemcsak bepréselhetők egy 5 mm átmérőjű furatba, hanem kiválóan forraszthatóak is. Más típusú SMA aljzatok is felhasználhatók, csak ekkor más-ként kell a microstrip-vonal csatlakozását kialakítani.

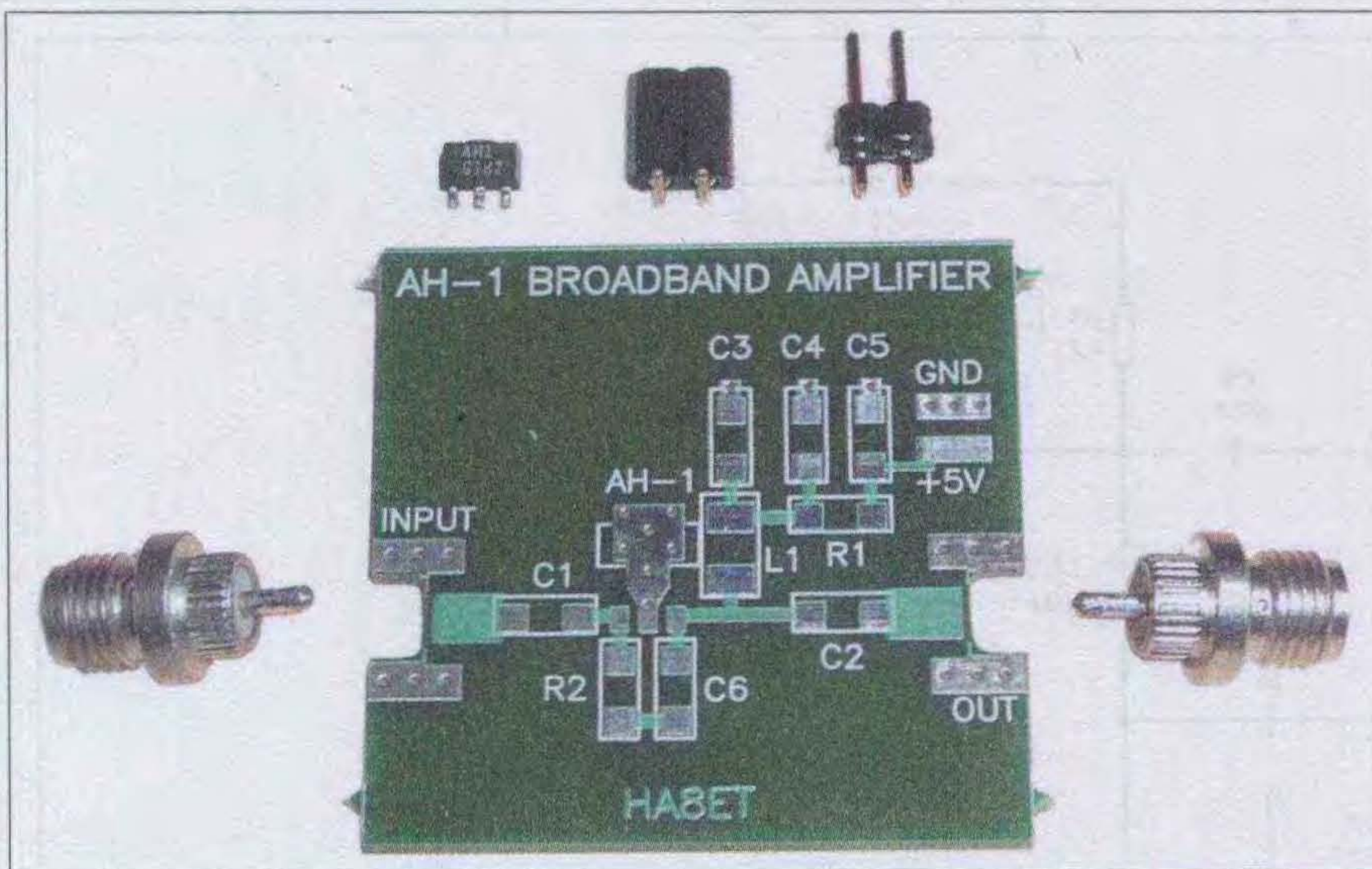
A kontúrmart panelt, az SMA aljzatokkal együtt, a 9. ábrán láthatjuk. Megfigyelhetők a négy sarok közelében a maró kifutásakor keletkező „csücskös”, amelyeket a munka megkezdésekor le kell reszelni. A panel kontúrméretét a 7. ábrán a kék vonal jelenti. A doboz nélküli változatnál a GND és a +5 V-os kapcsokra egy SMD,



7. ábra



8. ábra



9. ábra

derékszögű, tördelhető túsoros aljzattól 2 tagot letörtünk, és ez biztosítja a tápfeszültség bevezetését. (Ld. a 9. ábrán a panel felett!) Dobozolt változatnál erre nincs szükség, mert a +5 V jelzésű kapocsra közvetlenül ráforrasztható egy 1 nF-os átvezető kondenzátor kivezetése, amit a doboz oldalába kell beferrasztani. Jól láthatóak az ábrán, az AH-1 MMIC számára készített SMD tok forrasztási PAD-jén, a hűtést és a kis induktivitású földelést biztosító VIA-k.

A 10. ábrán beültetve látjuk az áramkört. Az SMA aljzatok a panel alsó és felső oldalán egyaránt be vannak forrasztva, ezáltal szinte tökéletes átmenetet biztosítanak a microstrip 50 ohmos vonal és a koaxiális csatlakozó között. Az aljzatok tuskéjából 1-1 mm-t le kell csípni, hogy azok ne lógjanak rá a csatoló kondenzátorokra. A kis induktivitású földelést itt is VIA-k segítségével oldottuk meg. A szerző nem titkolt szándéka a kapcsolás továbbfejlesztése 2,4 GHz-re. Ezért lettek ilyen nagy gonddal kialakítva a hidegítések és a ki- és bemeneti csatlakozások. A képen egy 680 ohmmal visszacsatolt példány látható. Jól megfigyelhető az R2 jelzése: 681. A panelok kialakítása olyan, hogy az L1 helyére akár 1210, akár pedig 1008 méretkódú SM induktivitás is beferrasztható. A fotón 1008 méretkódú induktivitás látható. Minden alkatrész kommersz, 5%-os tűrésű, és ennek ellenére a mérések során mindegyik mintapéldány gyakorlatilag azonos jellemzőket mutatott. Semmilyen utólagos beállításra nincs szükségünk!

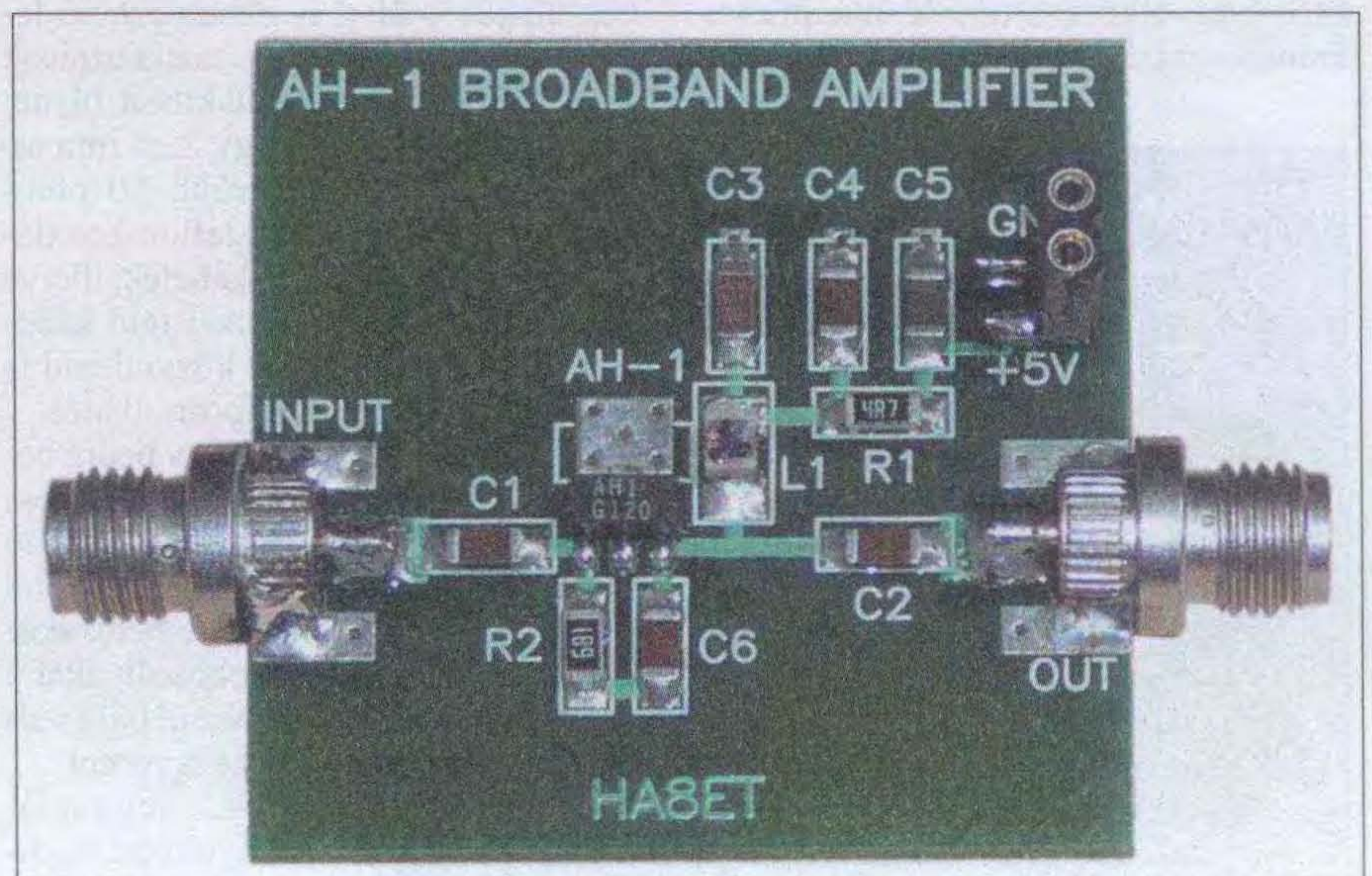
Szerencsére az AH-1 típusú MMIC túlzottan nem érzékeny a sztatikus feltöltődésekre. A sok-sok mérés és kísérlet során egyetlen példány sem károsodott, ennek ellenére nem árt az óvatosság! Ezért nem kell mást tennünk, mint csupán beferrasztani az alkatrészeket és +5 V-ot rákapcsolni az erősítőre. Ezután meg kell mérni az áramfelvételt. Ha ez 150 mA körüli érték, akkor az áramkör jól működik.

Mérési eredmények

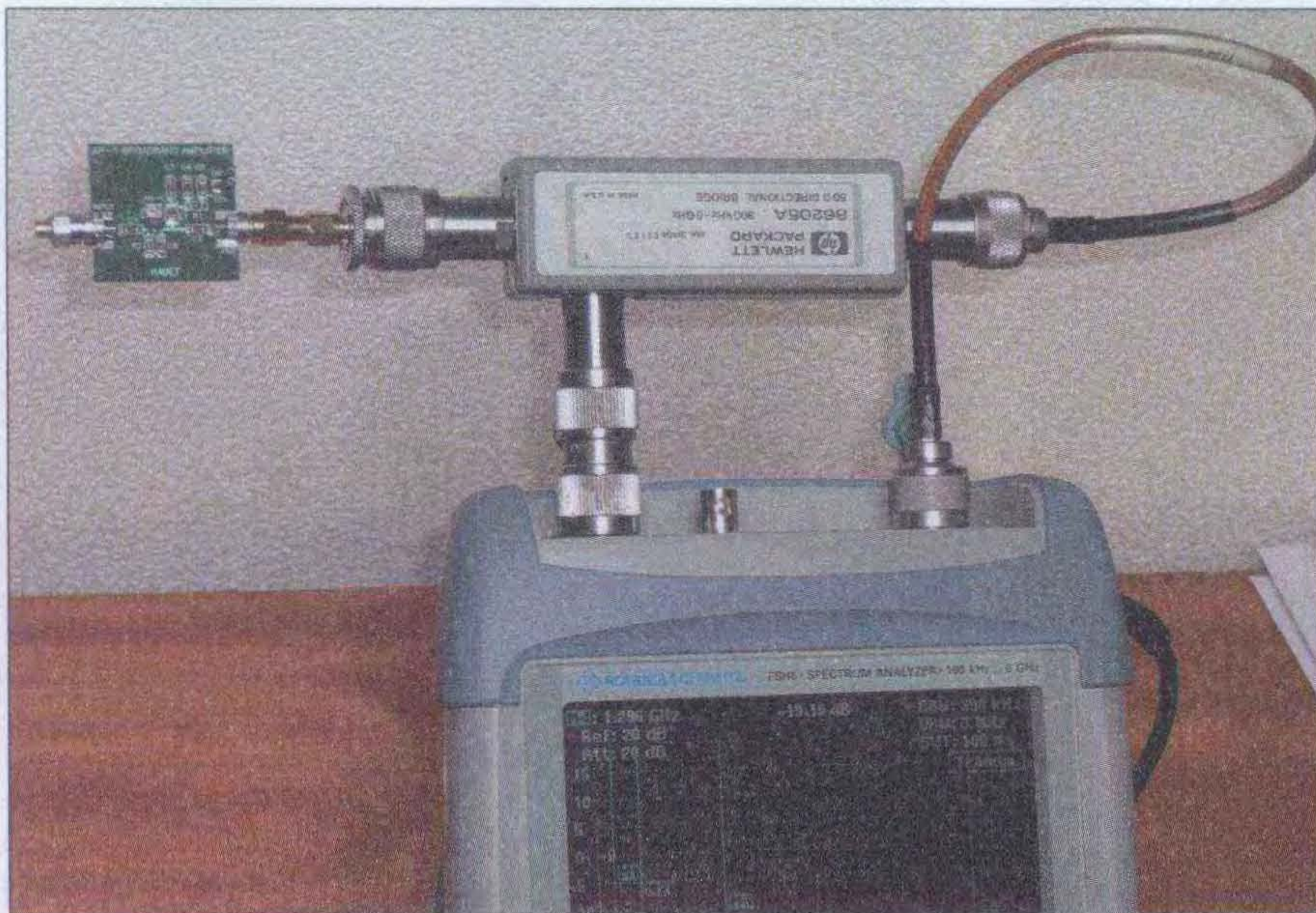
Az egyik mérési összeállítás a 11. ábrán látható. Itt a kimeneti reflexiós csillapítás (S22) mérése van előkészítve. Az analizátor Rohde & Schwarz

FSH-6 típusú, beépített tracking generátorral. A mérésnél felhasznált RLB híd pedig Hewlett-Packard 86205A típusú. Ez utóbbi kisebb reflexiók mérésére alkalmas, mint az analizátor saját mérőhídja. A mérések során csak előzetesen ellenőrzött átmeneteket szabad használni! Egy-egy ismeretlen márkájú vagy márkajelzés nélküli átmenet katasztrofális mérési hibákat okozhat! Ennek elkerülése érdekében célszerű előbb közvetlenül megmérni egy mikrohullámú 50 ohmos műterhelés (lezáró ellenállás) saját reflexióját, majd oda-vissza alakító átmenetek után (pl. SMA-N és N-SMA) ismételten el kell végezni a mérést. Ha a lezárás reflexiós csillapítása néhány dB-nél többet nem romlott, akkor nyugodtan használhatjuk az átmeneteket méréseink során. A mintadarabok bemérésekor -40 dB-nél kedvezőbb reflexiós csillapítású lezárásokat használtunk. A ki- és bemeneti reflexiók mérésénél az éppen nem mért kaput mindig le kell zárni 50 ohmmal!

A 12. ábra görbéje, a szimuláció során legkedvezőbbnek ítélt, 470 ohmmal visszacsatolt erősítő erősítési tényezőjét ábrázolja. A görbét 54, 144, 432 és 1296 MHz-en markereztük. A mért erősítési tényezők az ábra jobb alsó sarkában, táblázatos formában is megtekinthetők (VIEW MARKER parancs). A következő két ábra az erősítő illesztettségéről tájékoztat bennünket. A 13. ábra a bemenet, míg a 14. ábra a kimenet reflexiós csillapítását mutatja. Ilyen szélesávú erősítő esetében (a sáv szélesség majdnem 5 oktáv) ezek igen jónak mondható értékek. Mindez a



10. ábra



11. ábra

tési tényező mérési eredményeit. Az erősítési tényezőben 50 MHz körül közel 1 dB az eltérés, mert ez a frekvencia már az IC ajánlott alkalmazási területén kívül esik, de még itt is kiválóan használható. Magasabb frekvenciákon az eltérések a szimuláció és a mérések között, hozzávetőlegesen 0,5 dB értékűek. A gyakorlat számára, tehát az alkalmazott közelítő szimuláció is megfelelő pontosságot biztosított.

Eddig következetesen mindig csak az 50-tól 1500 MHz-ig terjedő frekvenciatartományról beszéltünk. Az 1. táblázatban azonban szerepeltettük a 2,4 GHz-es sáv mérési eredményét is. Ennek magyarázata, hogy az erősítő csak a fentebb említett tartományban használható mérési célokra. 2,4 GHz-en is erősít ugyan, de itt már az illesztése nem megfelelő. Szükség esetén használhatjuk közel 8 dB-es erősítésre, akár 200 mW kimenő teljesítménynél is, de nem erre a célra terveztük az áramkört. 2,4 GHz-en speciális ki- és bemeneti illesztő áramkörre van szükség, hogy a jelenleginél nagyobb erősítést a fokozat és megfelelő legyen az illesztése. Egy ilyen, 2,4 GHz-es erősítőre a közeljövőben visszatérünk.

Amennyiben egyetlen fokozat nem biztosítja a megkívánt erősítési tényezőt, akkor a 15. ábrán látható módon több erősítőt is kaszkádba kapcsolhatunk. Ha megelégszünk 80 mW körüli teljesítménnyel és inkább, mintegy 0,5

1. táblázat

Erősítési tényező [dB] a visszacsatoló ellenállás függvényében				
Frekvencia	$R_V^* = \infty$	$R_V = 680 \Omega$	$R_V = 560 \Omega$	$R_V = 470 \Omega$
54 MHz	13,04	11,65	11,50	10,07
144 MHz	14,96	12,21	12,01	11,75
432 MHz	14,06	11,50	11,38	11,39
1296 MHz	11,72	10,43	10,26	10,86
2400 MHz	6,34	6,61	6,59	7,87

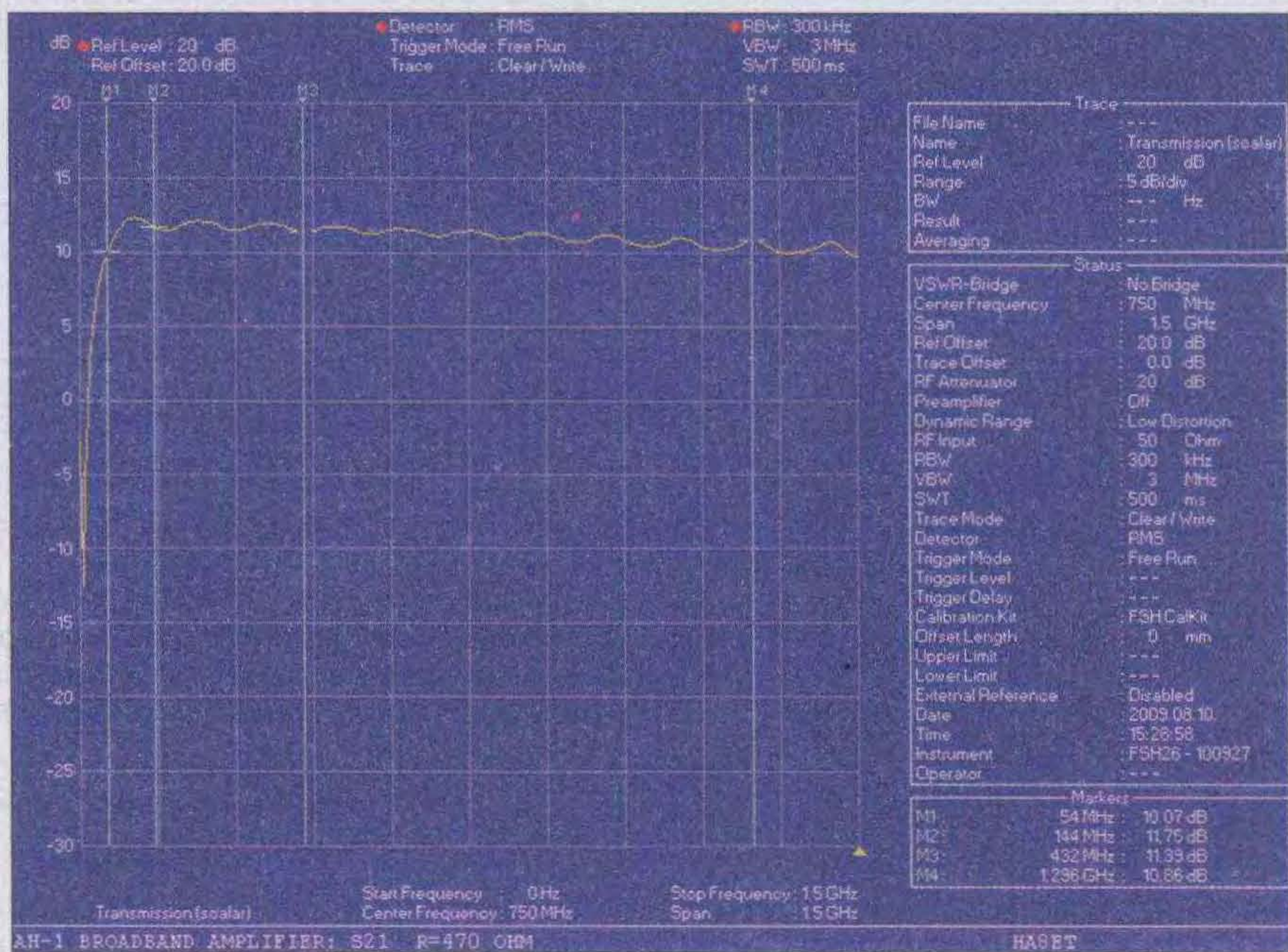
* $R_V = R_2$

helyesen megválasztott negatív visszacsatolás értékének köszönhető. Elmondhatjuk tehát, hogy egy 11 dB (pontosan 10,9 dB) $\pm 0,8$ dB erősítésű, kiszajú, jól illesztett, 50 és 1500 MHz között működő, nagy dinamikájú, szélessávú erősítőhöz jutottunk. Ez akár mérőerősítőként is felhasználható különböző területeken.

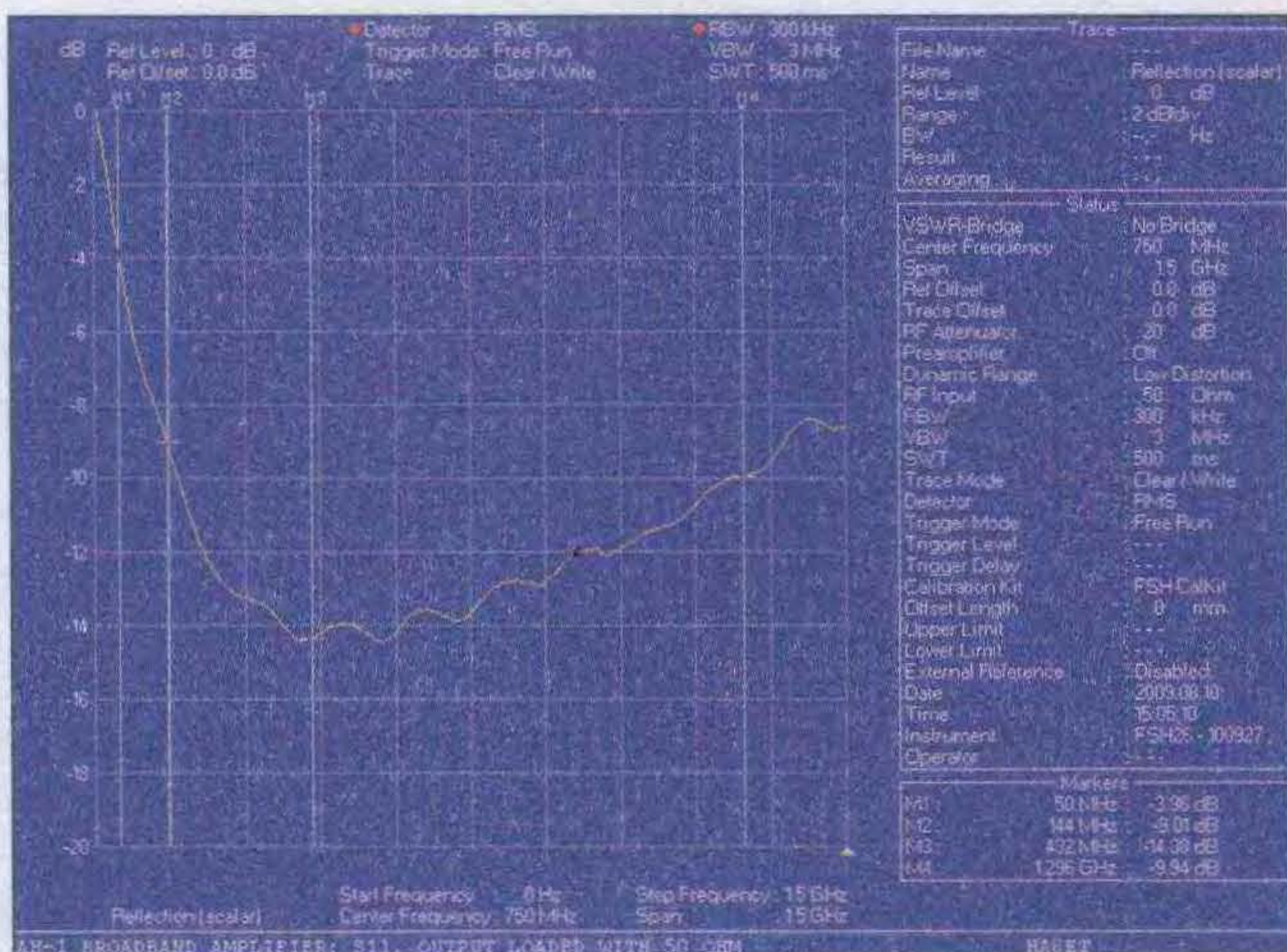
Az erősítő részletes mérési eredményeit az 1. táblázatban tekinthetjük meg. A 2. táblázatban összehasonlítottuk a közelítő szimuláció és az erősí-

2. táblázat

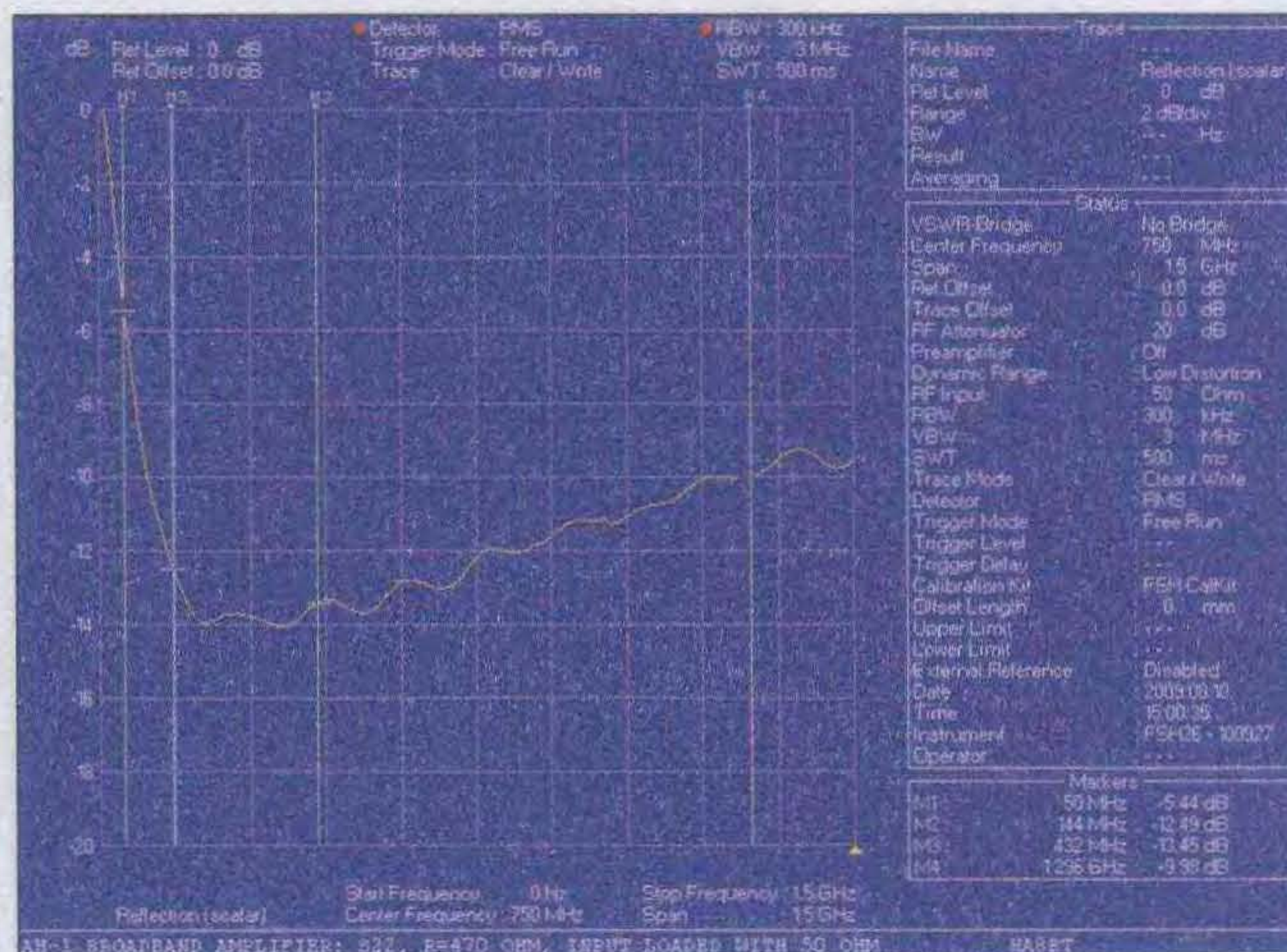
Frekvencia	Erősítési tényező [dB]	
	Szimulált	Mért
54 MHz	11,07	10,08
144 MHz	12,32	11,75
432 MHz	11,88	11,39
1296 MHz	11,32	10,86



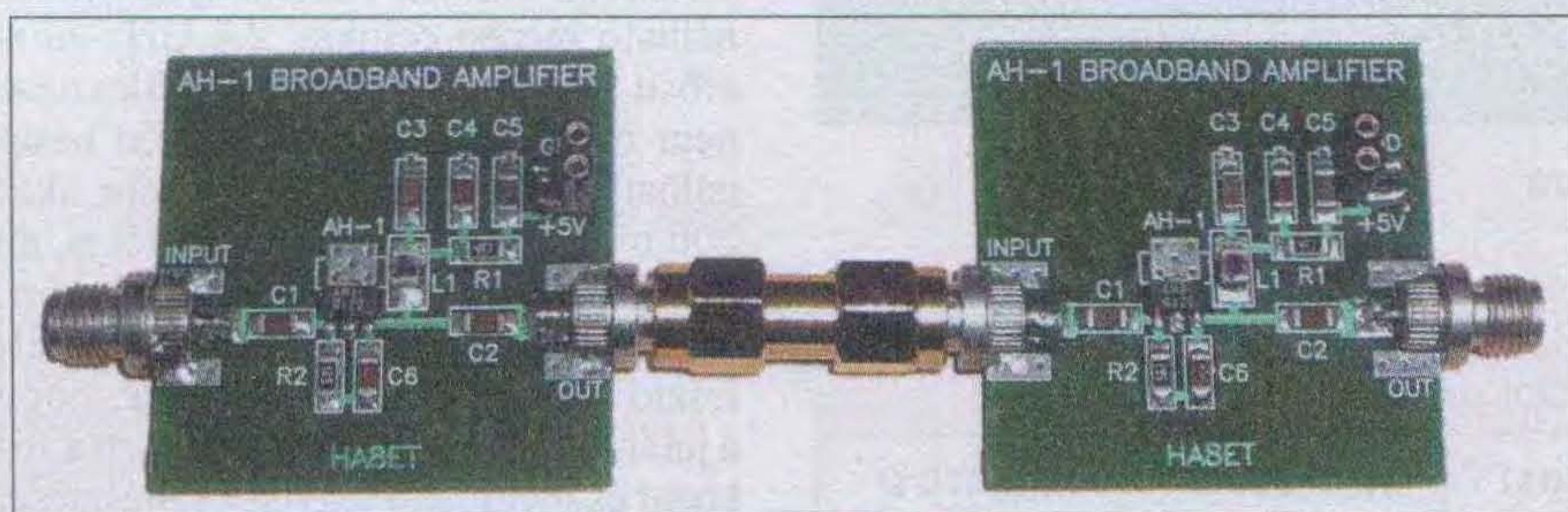
12. ábra



13. ábra



14. ábra



15. ábra

dB-lel kisebb zajszámra van szükségünk, akkor az AH-1 helyére beforraszthatunk AM-1 típusú, ugyancsak WJ gyártmányú MMIC-t is. Mindössze az R1 jelzésű ellenállást kell 4,7 ohmról 22 ohmra cserélnünk. Ekkor az áramfelvétel 150 mA helyett automatikusan beáll 75 mA körüli értékre.

Érdekességként még megemlítünk egy speciális alkalmazási területet. VHF, UHF előerősítők, konverterek, transzverterek zajszámának meghatá-

rozása mindig komoly gondot jelent. Az utánuk kapcsolt rádió adó-vevők AGC-je és nemlineáris KF erősítője következtében az összehasonlító mérések könnyen tévútra vezethetik a konstruktort. AH-1-gyel szerelt, 3 darab egymás után kapcsolt erősítő esetében, kb. 2,5 dB-es zajszámú, és nagyjából 32 dB lineáris erősítéssel rendelkező „zajerősítőhöz” jutunk, 50 MHz és 1500 MHz között. Ennek kimenetére lineáris detektort vagy spektrumana-

lizátort kapcsolva összehasonlíthatjuk a különböző előerősítők zajszámát, ebben a széles frekvencia sávban. Hiteles zajforrás esetén nemcsak összehasonlítható méréseket végezhetünk, hanem a pontos zajszámot is meghatározhatjuk Y-módszerrel.

Az erősítő helyes működésének záloga, a pontosan elkészített, kétoldalas furatgalván panel. Ez sajnos házilag nem reprodukálható. Ezért a szerző a cikk megjelenésének időszakában igyekszik gyárilag előállított panelokat (igény esetén KIT-eket) biztosítani az utánépítők számára.

Felhasznált irodalom:

- 1., 2. Nagy Gyula, HASET: Kis szintű SWR-mérőhid 1,8 MHz-től 1500 MHz-ig. Rádiótechnika 2008/10., 11.
3. AH-1 adatlap: www.triquint.com
4. Nagy Gyula, HASET: AM1 és AH1 szélessávú erősítők. A Rádiótechnika Évkönyve 2005. 219. oldal

Könyv László-Kopják József

PIC MIKROVEZÉRLŐK ALKALMAZÁSTECHNIKÁJA

PIC PROGRAMOZÁS C NYELVEN

16-bit PIC[®] Mikrovezérlők
512K Flash
20MHz
80 MHz

32-bit PIC[®] Mikrovezérlők
512K Flash
1.96 DMIPS/MHz
80 MHz

CHITOCAD DISTRIBUTION

»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

„Mini-Test” – kilencsávós rövidhullámú vevőkészülék

Fordította és adaptálta:

Bucsay István okl villamosmérnök, HA9RR

Kis méretű, többhullámsávós, rövidhullámú vevőkészüléket épített UN7BV Vlad OM. A készülék a 160 m-től a 10 m-ig terjedő rádióamatőr-sávokban CW-, SSB- és AM-jelek vételére alkalmas. A képességeihez képest nem túl sok alkatetemet tartalmaz, s a behangolása is viszonylag egyszerű.

A készülék szuperheterodin rendszerű, egy frekvenciakeverőt tartalmaz. A KF értéke 5,25 MHz, mely frekvencia lehetővé teszi 3,5 MHz-re és 14 MHz-re közös VFO alkalmazását. A készülékben egy viszonylag újszerű KF-erősítő működik, amely $1 \mu\text{V}$ antennabemeneti érzékenységet biztosít, az AGC erőssége pedig potenciométerrel szabályozható. A tápfeszültség stabilizált 12 V.

Elvi működés

A bemeneti fokozat

Az alapvevő bemenete 3 db kétkörös sávszűrővel csatlakozik az antennához (1. ábra). A szűrők kéttárcsás kapcsolóval és jelfogókkal átkapcsolhatók, ill. varikapokkal hangolhatók.

Az antennajel a J1-J3 jelfogóérintkezők állásától függően a sávszűrők egyikére jut. Az első szűrőt, avagy bemeneti csatornát C1, L1, C2 és D1, továbbá C4, D2, L2 és C5 alkotja. A rezgőkörök közötti csatolást C3 biztosítja. Mindkét kör önálló árnyékoló alumínium serlegben helyezkedik el. A hangolást 18 MHz és 30 MHz közötti tartományban az R3 potenciométer végzi.

A második csatorna alkatemelei az L3 és L4 tekercsek, C7-től C15-ig a kondenzátorok, valamint a D3 és D4 varikapok. R3-mal a sávszűrő közepes frekvenciája 9 MHz és 15 MHz között változtatható. J7 meghúzott (az ábrázolthoz képest ellenkező) állapotában bekapcsolódik C8 és C15, így a sávszűrő – R3 állásától függően – 3,5 MHz és 3,8 MHz között lesz aktív. A rezgőkörök közötti csatolás kombinált, mivel közös árnyékolóserleget kaptak, továbbá közöttük C11 is csatol. A tekercsek tengelye közötti távolság 16 mm.

A harmadik csatorna alkatemelei: L5 és L6, valamint C16-tól C22-ig a kondenzátorok. J8 ábrázolt helyzetében a sávszűrő 7 MHz-en, míg ellenkező (meghúzott) helyzetében 1,9 MHz-en működik. A rezgőkörök közötti csatolás itt is kombinált (közös aluserleg, a tekercsek tengelye közötti távolság 16 mm, C19).

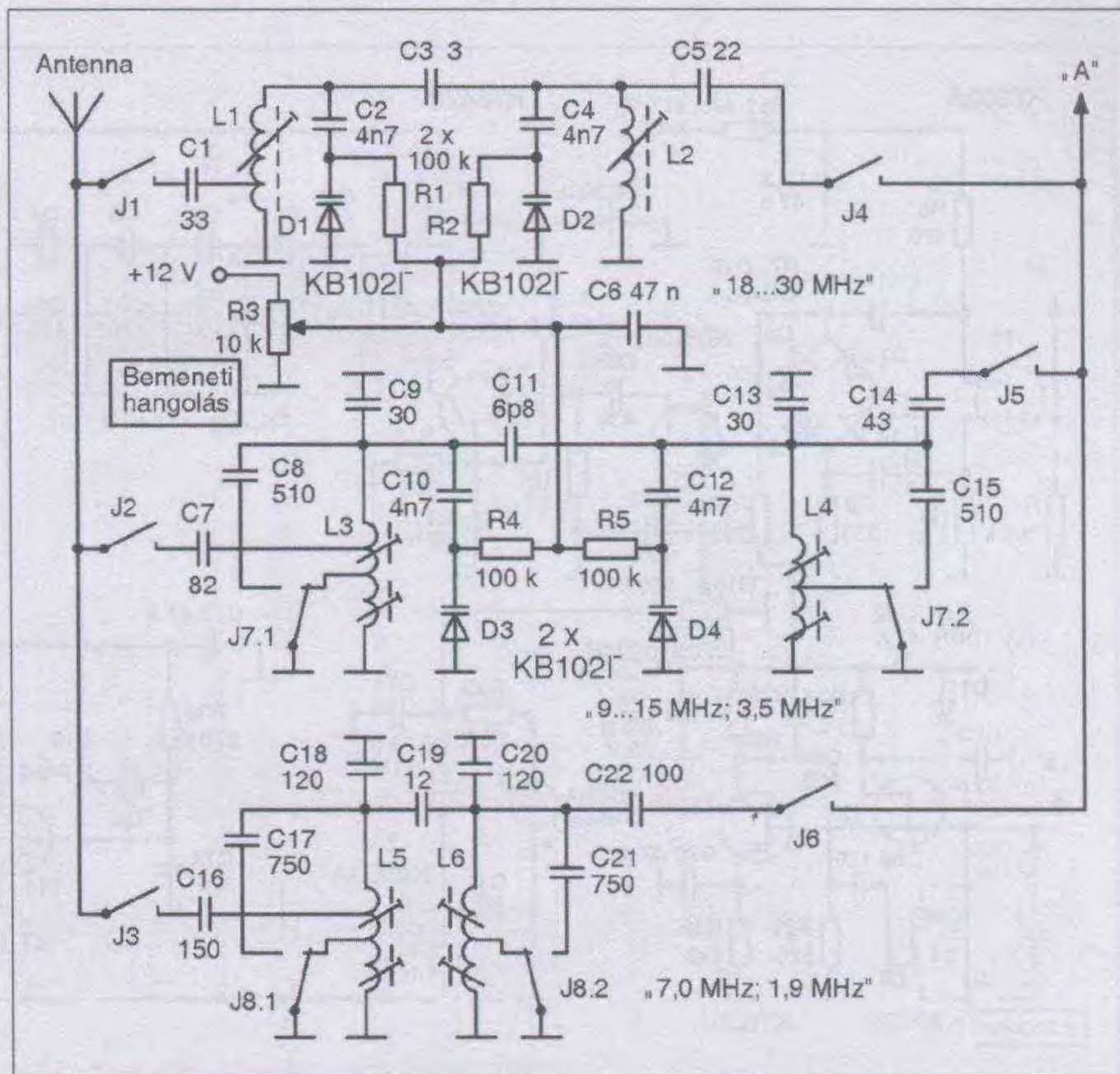
A sávvaltó és az alapvevő

A sávvaltó kapcsolási rajzát a 2. ábra mutatja. A rajz felső része a jelfogók tekercsének tápáramkörét, az alsó része pedig a VFO-hoz (lásd később) kapcsolódó kondenzátorokat szemlélteti. K1 a sávvaltó kapcsoló.

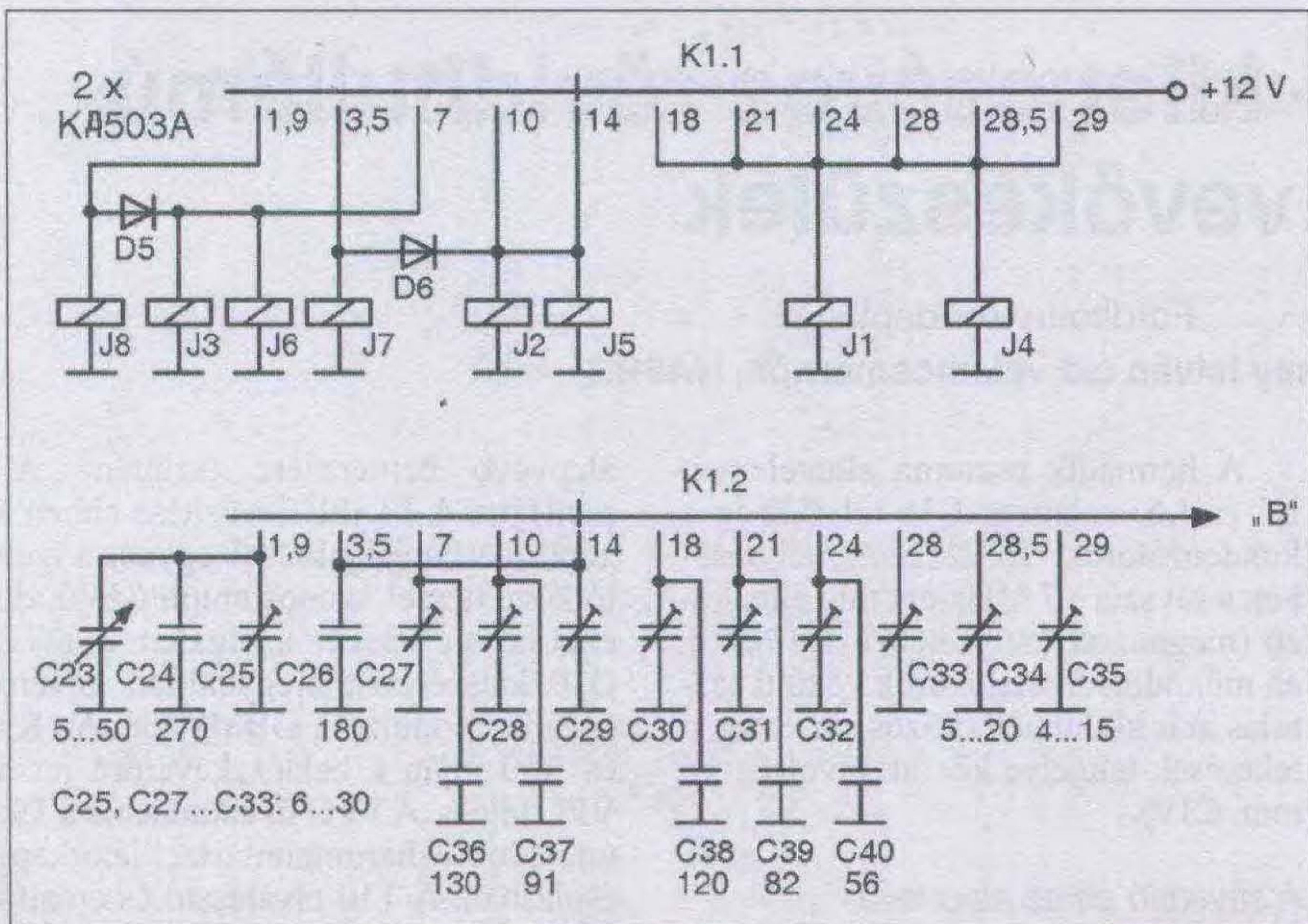
Az alapvevő rész kapcsolási rajza a 3. ábrán látható. A fentebb leírt bemeneti fokozat kimeneti jele („A” pont) az

alapvevő bemenetére (szintén „A” pont) jut. A T1 jFET erősítése ebben a kapcsolásban alig kisebb egynél, s igen jó közelítéssel azonos amplitúdójú, de ellenfázisú jeleket szolgáltat a D7... D10 kétszeresen kiegyenlített keverő (gyűrűs modulátor, DBM) felé. Az R9 és R10 útján a balanszkeverőre jut a VFO jele is. A VFO fő alkatemele a T9, ún. induktív hárompont oszcillátorkapcsolásban. A T10 elválasztó és erősítő szerepet játszik, a kimenetén kb. 2 V-os szintű (csúcsérték) VFO-jel jelenik meg. A VFO üzemi frekvenciáit az amatőrsávok függvényében a táblázat szemlélteti.

A balanszkeverő kimenetéről az 5,25 MHz-es KF-jel a T2-re jut, mely utóbbi itt változtatható ellenállás szerepét tölti be. Ennek vezérlőfeszültségét egy AGC-rendszer biztosítja. Az AGC



1. ábra



2. ábra

erőssége az R16 potenciométerrel változtatható. Az AGC a poticsúszka testre csavart helyzetében teljesen kikapcsolható, ami különösen sávváltáskor hasznos.

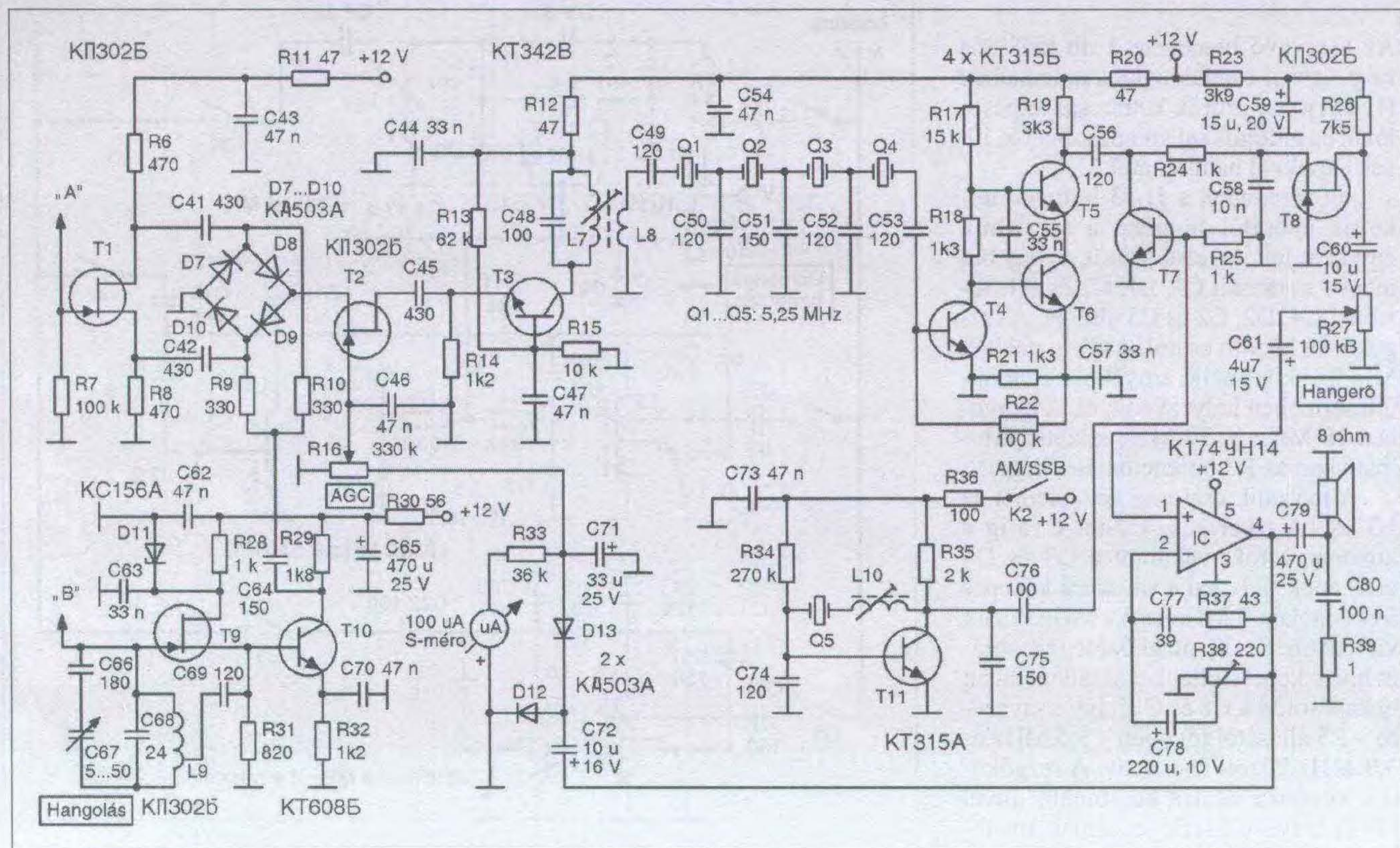
A T2-ről a KF-jel a T3 emitterére jut, mely tranzisztor földelt bázisú kapcsolásban a KF-erősítő első fokozata.

Az L7-C48 rezgőkör a KF értékére hangolt. Az L8 csatolótekercsről a jel a Q1...Q4 létra kapcsolású sávszűrőre jut, melyet 4 db 5250 kHz-es kvarc alkot, kb. 2,6 kHz-es sávzélességgel. A jelet a DC-csatolt T4...T6 erősíti tovább; e fokozatban R21 egyenáramú negatív visszacsatolást biztosít. A tran-

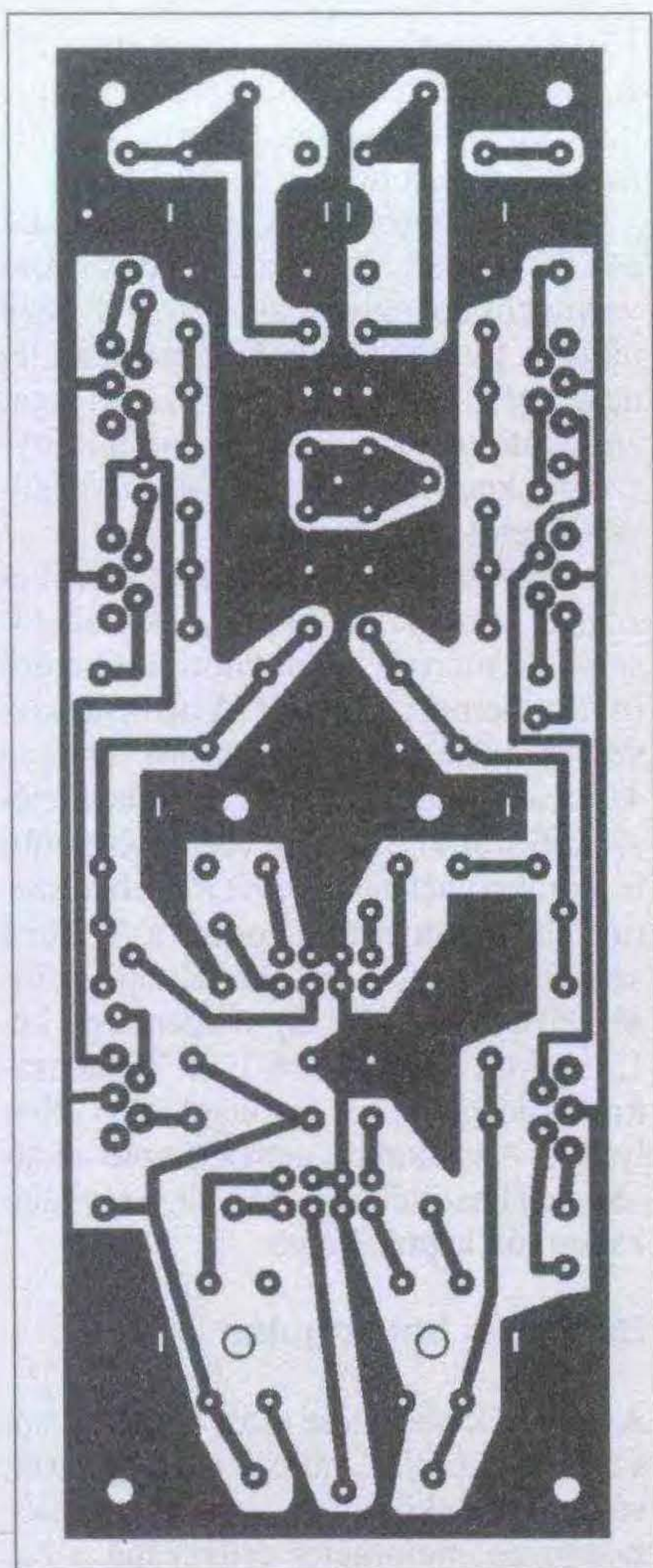
Amatőrsáv [MHz]	VFO-frekvencia [MHz]
1,9	7,08...7,18
3,5	8,75...9,1
7,0	12,25...12,35
10,1	15,35...15,4
14,0	8,75...9,1
18,1	12,818...12,918
21,0	15,75...16,2
24,9	19,64...19,74
28,0	22,75...23,25
28,5	23,25...23,75
29,0	23,75...24,45

zisztorok ilyen kapcsolása kellő erősítést nyújt, s a működés gerjedésmentes.

Az erősítő kimenetéről (T5 kollektoráról) a KF-jel a T7 tranzisztorral kialakított AM/SSB-detektorra jut. Ha T7 bázisára nem jut jel a T11 kvarcgenerátorról, akkor a detektor AM-jelek vételére használható. Ha a kvarcgenerátorra tápfeszültséget adunk (K2), akkor az általa létrehozott 5247,6 kHz frekvenciájú, a T7 bázisára vezetett jel eredményeként utóbbi tranzisztor keverő szerepét látja el, s így a készülék CW- és SSB-jelek vételére kész.



3. ábra



4. ábra

Az R24 és C58 elemek hangfrekvenciás szűrőként szolgálnak. E szűrő kimenetéhez kapcsolódik a T8 hangfrekvenciás előerősítő, földelt gate-es kapcsolásban. T8-tól R24-en át T7-be folyó kis egyenáram nem okoz jelentős hatást a hangminőségben.

T8 drainjéről a hangfrekvenciás jel az R27 hangerő-szabályozó potencióméterre jut, majd pedig C61-en át a végerősítő IC neminvertáló bemenetére. Az IC negatív visszacsatolása R38-cal állítható be. Az IC kimenetéről a hangjel egyrészt a hangszóróra (és a gerjedésgátló C80-R39 Boucherot-tagra), másrészt a már említett AGC-kör D12, D13 diódáira kerül. A diódák – a hozzájuk csatlakozó kondenzátorokkal – pedig feszültségkészszerző egyenirányítót alkotnak. Utóbbi kimeneti jele az S-mérőre és a már taglalt R16 potencióméterre jut. Az AGC tartási idejét a C71 kapacitása határozza meg.

A beat-oszcillátor fő alkatelémei a T11 tranzisztor és a Q5 rezgőkvarc. Az L10 tekercs kb. 2,4 kHz-cel csökkenti az eredeti (5,25 MHz) rezgési frekvenciát.

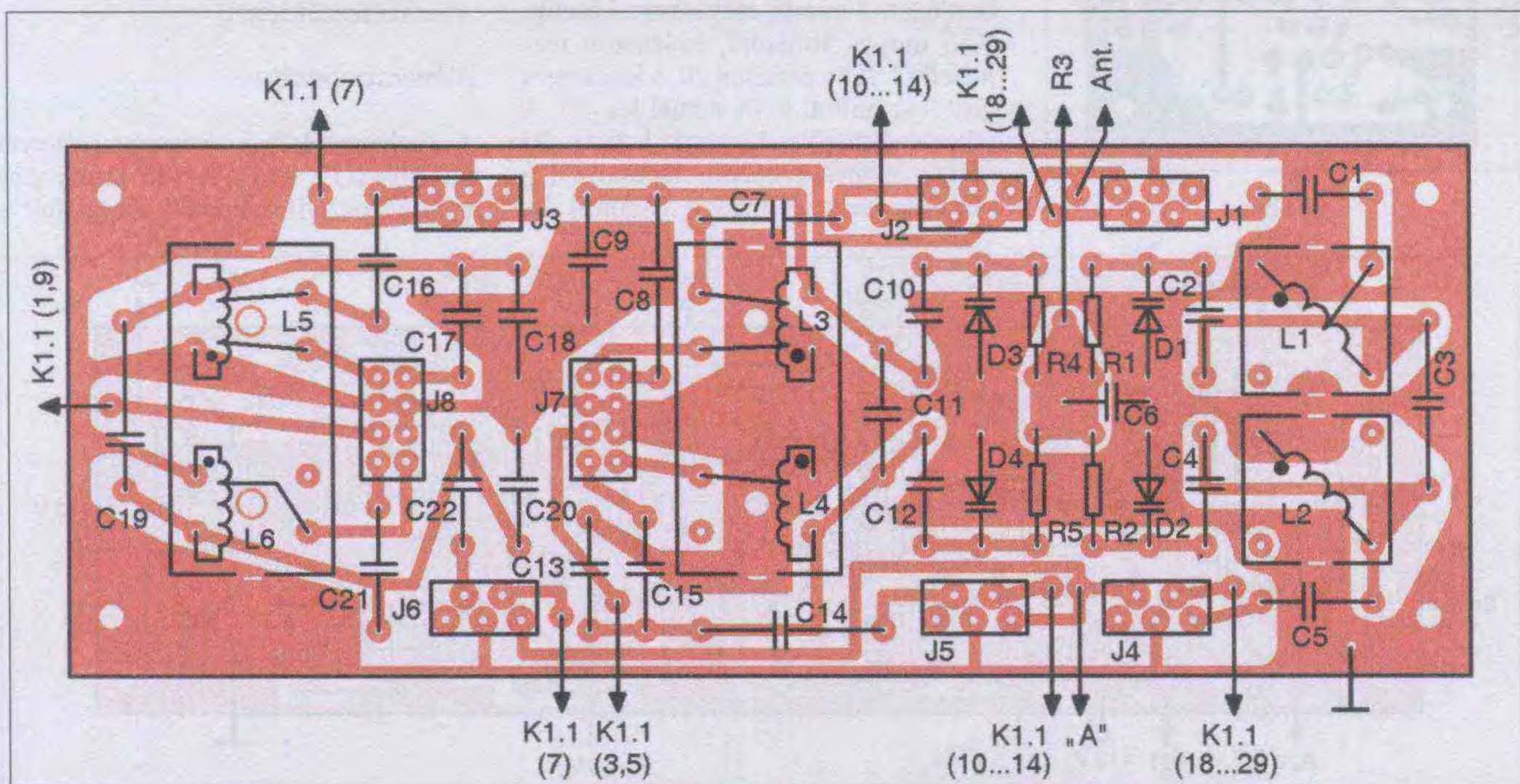
Felhasznált alkatrészek

A vevőkészülékben felhasznált ellenállások negyedwattosak, kivétel az R39, amely félwattos. A C23 és a C67, a bemeneti kör és a VFO hangolóeleme, tulajdonképpen egy kettősforgó, az eredeti konstrukcióban egy ún. lepkeforgó

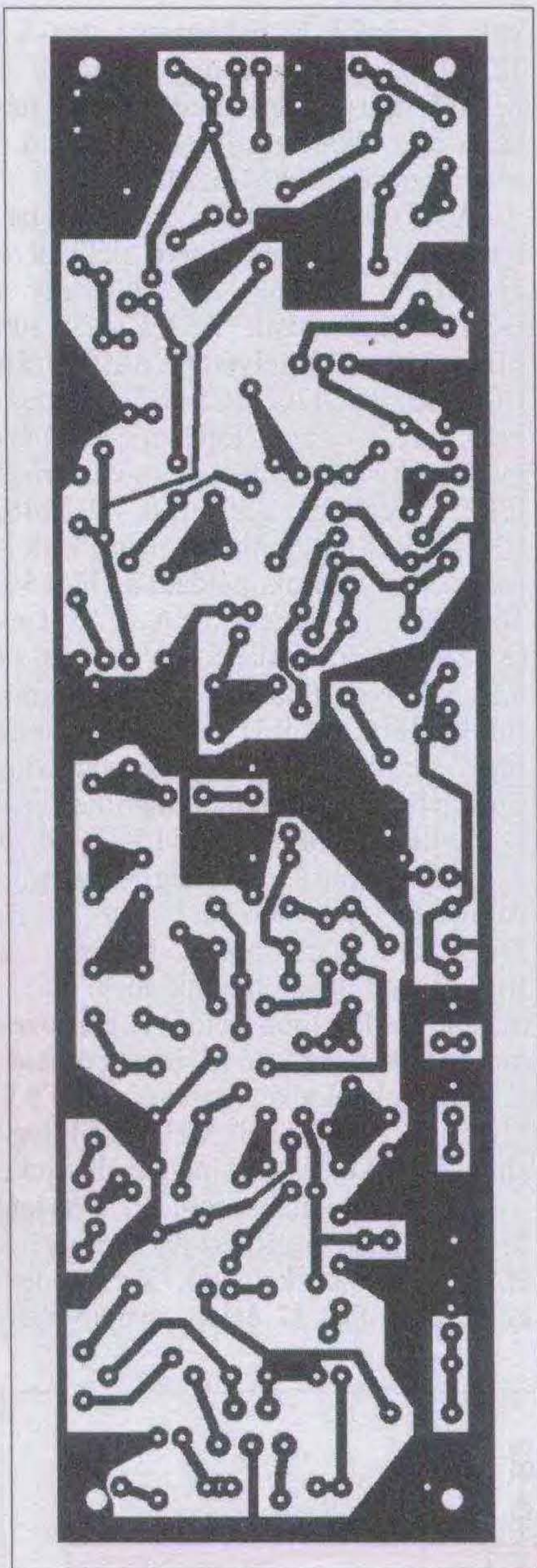
volt. A végfok-IC helyettesítő típusa a TDA2003. Ez utóbbi, valamint a KT315 típusú tranzisztorok és jó néhány más alkatétel is beszerezhető a szerkesztőségi HAM-bazárban.

A KT608 (120 MHz, 500 mW) helyettesítése megkísérrelhető például a 2N2218A, 2N2369, 2N2222 vagy a BCY58 típusokkal. A KT342 (300 MHz, 250 mW) helyett pl. a BC546B, BC548B, BC547C, BC549C alkalmazható. A FET-ek pozíciójában szinte bármilyen kisteljesítményű, n-csatornás jFET megfelel (2SK168, BF245, BF247, BF256), a diódák pedig kisteljesítményű típusok, például a 1N4154, 1N4148 lehetnek. A D11-es (KSz156A) Z-dióda 5,6 V-os, de itt 6,2...8,2 V-os típust is használhatunk (ld. később). Az R31 értéke FET-típus függő, \pm néhány száz ohmos változtatás lehetséges. A ringmodulátorban célszerű kipróbálni az OA1154Q, ill. a 4-AAZ10 típusú, gyárilag kvartettbe válogatott „blisztereket”. Az orosz KV102G varikapok helyén a BB329-eket kísérrelhetjük meg alkalmazni, esetleg több példányt párhuzamosan kötve. Az 5,25 MHz frekvenciájú kvarcok értékét tartjuk, de 5,2 MHz-essel vagy 5,3 MHz-essel legalább a vevő élesztését megkezdhetjük.

A J1...J6 pozíciószámú, 12 V-os jel-fogók típusjele RESz49, amely a HAM-bazárban kapható. Az eredeti konstrukcióban J7 és J8 pozíciójában



5. ábra



6. ábra

szereplő RESz60-ak helyén a nyák-fóliát a rendelkezésre álló jelfogótípusoknak megfelelően át kell tervezni. (Ugyanez vonatkozhat más alkatrészek lábkiosztására is!)

Az L1 és az L2 tekercsek 8 mm-es átmérőjű hengeres csévetestre készültek, a menetes, karbonyl anyagú vasmag átmérője 5 mm-es, a hossza pedig 10 mm. A huzalanyag 0,41 mm-es átmérőjű, ezüstözött réz, a tekercselés hossza 5 mm, a menetszám 4, L1-nél a felénél készül a leágazás. Az L3 és az L4 5 mm-es átmérőjű csévetestre készültek, egyenként 40 menet, 0,16 mm-es zománcozott rézhuzalból, menet menet mellé tekercselve. Az L3 leágazásai a testtől számítva a 24. és a 32. menetnél készültek. L4 leágazása a 24. menetnél készült. A csévetestek mindkét vége felől behajtva egy-egy vasmag, azaz összesen négy darab. A ferritvasak átmérője 3,5 mm, a hossza 14 mm. Az L5 és az L6 ugyanolyan csévetestre, ill. vasmaggal és huzalból készül, mint az előző két tekercs. A menetszám 70, L5 leágazásai a 45. és az 58. menetnél készülnek, L6 leágazása pedig a 45. menetnél. Mindkét tekercs hossza 20 mm legyen, és pedig az első 45 meneté 10 mm, majd a további 25 meneté szintén 10 mm.

Az L7 menetszáma 32, 0,16 mm-es zománcozott rézhuzalból. E fölé készül az L8, 16 menet, azonos huzalból. A közös hangolómagjuk 2,8 mm-es átmérőjű és 14 mm-es hosszúságú. Az L9 bordázott kerámia csévetestre készült, 0,55 mm-es átmérőjű, ezüstözött rézhuzalból. A menetszám 20, a leágazás a testtől számított 6. menetnél legyen. A tekercs átmérője 13 mm, hossza 30 mm, a menetek közötti lépésköz 1,5 mm. (A csévetest hossza 37 mm.) Az

L10 42 menetből áll, 0,21 mm átmérőjű zománcozott rézhuzalból, menetet menet mellé tekercselve. A vasmag átmérője 2,8 mm, a hossza pedig 14 mm.

A vasmagos tekercseknél (L1...L8 és L10) között menetszám adatok orosz vasmagokhoz tartoznak. Mivel ilyenek nálunk gyakorlatilag beszerezhetetlenek, így a megadott menetszám/leágazás adatokat az utánépítés során irányszámokként kezeljük, és tartjuk a között áttétel-arányokat!

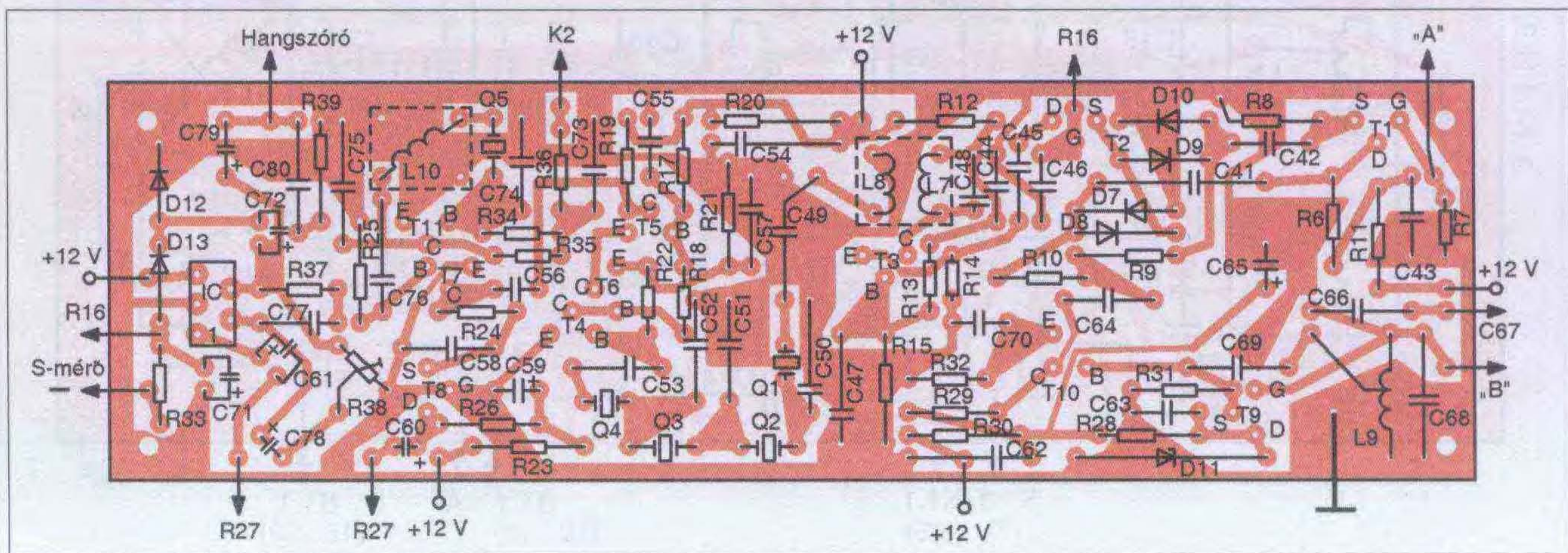
A „Mini-Test” kilencsávú vevőkészülék mintapéldánya két, meglehetősen kis méretű nyomtatott áramkörű (nyák-) lemezre készült. A bemenő sávszűrők paneljának nyomtatási rajza a 4. ábrán látható, alkatrészeinek beültetését az 5. ábra mutatja. A vevő összes többi áramkörének alkatrésztét a 6. ábra szerint elkészített nyák-lemezre a 7. ábra szerint ültethetjük be. Az IC tápfeszültség kivezetését (5. láb) célszerű egy kb. 100 uF-os, legalább 16 V-os kondenzátorral hidegíteni, pl. a fóliaoldalon elhelyezve. A nyákokon nem szereplő alkatrészek a készülék dobozán, ill. a sávvaltó kapcsolón kaptak helyet.

Bemérés, behangolás

A készülék bemérése előtt ellenőrizzük a tápáramköröket, nincs-e esetleg zárlat valahol. Ezt követően az R38 pozíciószámú potenciométer csúszkáját a bal szélső helyzetébe (3. ábra) csavarjuk. Ezeket követően csatlakoztatjuk a 12 V-os tápfeszültséget.

A kvarcgenerátor

A behangolást a kvarcgenerátorral kezdjük (Q5, T11). A T11 tranzisztor bázisán oszcilloszkóppal vizsgáljuk a



7. ábra

generált jel meglétét és amplitúdóját, valamint frekvenciamérővel a jel frekvenciáját. Ezen a ponton 2,1 V amplitúdójú, a kvarc eredeti frekvenciájánál 2,4 kHz-cel alacsonyabb frekvenciájú szinuszelet kell mérnünk. (Esetünkben 5247,6 kHz-et.) Ha a generált frekvencia ettől eltér, akkor azt az L10 vasmagjának helyzetével pontosíthatjuk. Szerencsés esetben a kvarc eredeti frekvenciája éppen a számunkra szükséges 5247,6 kHz, ekkor az L10 tekercset el is hagyhatjuk az áramkörből.

A VFO

Az R28 ellenállás változtatásával a D11 Z-diódán átfolyó áramot min. 5 mA-ra kell beállítanunk, az alkalmazott zener feszültségétől (5,6 V...8,2 V) függetlenül A K1 „29” állásában, a C68 kondenzátor megválasztásával és a C35 trimmer hangolásával a VFO frekvenciáját „behelyezzük” a 29 MHz-es sávnak megfelelő értékre. A C66 kondenzátorral a sávnyújtást állítjuk be úgy, hogy a frekvencia a megkívánt sávot

lent kb. -50 kHz-cel, fent kb. +50 kHz-cel fedje át a C67 állítása során. A kimeneti jelet a C64, az R9 és az R10 közös pontján, oszcilloszkóppal és frekvenciamérővel vizsgáljuk. Itt 2 V amplitúdójú, a táblázatnak megfelelő frekvenciájú jelnek kell lennie.

A VFO hőmérsékletkompenzációját a C66 és a C68 cseréjével végezhetjük, ugyanolyan kapacitású, de eltérő hőmérsékleti együtthatójú (TKC) kondenzátorokra. A cél, hogy a készülék bekapcsolását követően vagy a környe-



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



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



Elektronika 364 napra a COMMED-től

Mérőműszerek, Tápegységek, Forrasztástechnika, Érintésvédelem, Biztonságtechnika, Műszaki börze, Akkreditált Kalibráló Laboratórium és Szerviz

Lakásriasztók vezeték és rádiós kapcsolattal, kamerák kül- és beltéri
Amatőr, labor- és profi tápegységek Fix és állítható feszültségű, analóg és kapcsoló üzemi, kettős és négyes. Akkutöltők

Egész évben COMMED!
Hordozható és asztali multiméterek, kéziműszerek
Multifunkcionális műszerek (DMM, dB, Lux, RH, C-fok, 5 az 1-ben)
Oscilloszkópok, szkopóméterek
Lakafogók (1 és 3 fázisú)
Szigetelési ellenállás mérők
Mérőkábelek, tartozékok

Látogasson el e-boltunkba is! Megéri!
Katalógus áruházunkban több, mint ezer cikk közül válogathat:
Korszerű NiMH akkuk, az egyszerű forrasztópákától a hőfokszabályzós, SMD hőlégtűvös forrasztóállomásokig...

Internetes boltunkat keressék honlapunkon!
COMMED TRADE Kft
1074 Budapest, VII. Vörösmarty u. 3/a T: (1) 222-7000
www.commed.hu

INCOMP Electronics Elektronikai alkatrész kis- és nagykereskedelem

2120 Dunakeszi, Fő út 35. Tel.: 27/342-407 Fax: 27/341-601 E-mail: incomp@dunaweb.hu
Nytva: hétköznap 9.00-17.00 óráig Postai utánvételes csomagküldés

Raktárról kínálunk több ezerféle elektronikai alkatrészt.
IC-k, ellenállások, kondenzátorok, diódák, tranzisztorok, LED-ek, kvarcok stb. nagy választékban, SMD kivitelben is.
Internet címünkről www.incomp.hu online keresési és rendelési lehetőség!



AGeta a megoldásszállító..

ALFANUMERIKUS ÉS GRAFIKUS KIJELZŐK

LCD kijelzők, PLED, - OLED kijelzők, vacuumfluorescent kijelzők, mérőműszerek...

AGeta Kft. <http://www.agera.hu>; e-mail: agera@agera.hu; Tel.: 30/256-4288; Fax: 96/214-342

ELFA



HIFIMIX

TERMÉKEK ALKATRÉSZEK

www.hifimix.hu
info@hifimix.hu

@ online műszaki áruház

zeti hőmérséklet változásakor minél kevesebbet csúszson el a VFO frekvenciája. Az R29 változtatásával igyekezünk elérni, hogy a VFO kimenetén a szinuszos jel a lehető legnagyobb amplitúdójú legyen.

A VFO frekvencia- és hőmérséklet-kompenzációs beállítását hasonló módon végezzük más sávokon is, C25, C27...C34 trimmerek állításával, valamint a C24, C26, C36...C40 cserélgetésével.

A hangfrekvenciás erősítő

A hangfrekvenciás rész beállítását a végfokozattal kezdjük. Az R38 trimmerpotenciometert olyan helyzetbe állítjuk, hogy a hangszóból még ne legyenek hallhatóak torz jelek, s a kimenőteljesítmény a lehető maximális legyen. Ehhez a végfok bemenetére hanggenerátorból 1 kHz-es jelet kapcsolunk.

Ezt követően a trimmer csúszkája a jobb oldali kivezetéséhez közelebb kell, hogy legyen. R38 állítgatásakor a csúszkája soha ne legyen a félálláson túl, azaz a bal oldali kivezetéséhez közelebb.

A T8 tranzisztoron alapuló előerősítő beállítását az R26 ellenállás megválasztásával kezdjük. A tranzisztor source-elektrodájára hanggenerátorból 1 kHz-es szinuszelet adunk. Az említett ellenállás cserélgetésével arra törekszünk, hogy a teljesítményerősítő kimenetén ismét maximális, de még torzítatlan szinuszelet jelenjen meg.

A KF-erősítő

A T4, T5 és T6 tranzisztorokon alapuló KF-erősítő működését ellenőrizzük, SSB-módban. A T4 bázisára szignálgenerátorból 5,25 MHz-es frekvenciájú jelet adunk. Az R17 ellenállás megválasztásával azt kell elérnünk, hogy az erősítő kimenetén a jel szintje a maximális legyen. Ezt követően kiforrasztjuk a C45 kondenzátor egyik végét, majd egy kb. 20 pF-os kondenzátoron át, szignálgenerátorból szintén 5,25 MHz-es jelet adunk a T3 tranzisztor emitterére. L7 hangolásával a kimeneten jelmaximumot keresünk. E művelet során, ahogy erősödik a jel a kimeneten, úgy kell csökkenteni a szignálgenerátor amplitúdóját. Az R13 ellenállás megválasztásával torzítatlan szinuszelet kell kapnunk a kimeneten. Mindezek után visszaforrasztjuk a C45 kondenzátort.

A bemeneti fokozat

A K1 sávváltó kapcsolót a „29” állásba fordítjuk. A készülék antennabemenetére szignálgenerátorból 29 MHz-nél egy kissé magasabb frekvenciájú jelet adunk. Az R3 potenciométer (1. ábra) csúszkáját a felső közeli helyzetébe csavarjuk. Az L1 és az L2 tekercs vasmagját hangolva a vevő kimenetén maximális szintű jelet érünk el, amit az S-mérővel kontrollálhatunk. Amennyiben a hangolás során nehézségek lépnek fel, akkor a C3 kondenzátor (ábra szerinti) bal kivezetését kiforrasztjuk, majd oda a szignálgenerátor kimenetét csatlakoztatjuk. Így csak az L2 induktivitását hangoljuk be, majd a C3-at visszaforrasztjuk a helyére, s L1-et is behangoljuk, ill. váltakozva L1-et és L2-t.

A továbbiakban K1-et átkapcsoljuk sorban 28,5, 28, 24, 21 és 18 MHz-re, és ilyen frekvenciájú jeleket kapcsolunk a szignálgenerátorról a vevő bemenetére; R3 csúszkájának forgatásával meggyőződünk a jelek vételéről. A C1 kondenzátor cserélgetésével igyekezünk elérni a vevőkészülék legjobb érzékenységét a 29 MHz-en, ennek során áll be a legjobb impedanciaillesztés az antenna és a bemeneti rezgőkör között.

Ezeket követően a K1-et a „14” helyzetbe kapcsoljuk, a szignálgenerátorról a vevő bemenetére kb. 14,2 MHz-es jelet vezetünk. L3 és L4 ferritvasait a 3,5 MHz-es sáv oldaláról célszerű majdnem teljesen kitekerni. Majd változtatva a 14 MHz-es sáv vasmagjainak (azaz a kapcsolási rajz szerinti felsők) helyzetét, igyekezünk elérni a kimeneti jel maximumát. E beállítás során az R3 potenciométer csúszkája közel a felső helyzetében kell, hogy álljon. A továbbiakban a szignálgenerátorból 10 MHz-es jelet adva az antennabemenetre, s R3 csúszkáját forgatva, maximumjelet igyekezünk elérni ezen a sávon.

Átkapcsolva a vevőt a 3,5 MHz-es sávra és sávközépi jelet beállítva a szignálgenerátoron, e sáv ferritvasmagjainak (tehát a tekercsek másik oldalán levőkkel) maximumjelet igyekezünk elérni a vevő kimenetén. Ennek során szükséges lehet a C8 és a C15 kondenzátor némileg más kapacitására cserélése. C7 értékének módosításával a vevőkészülék optimális érzékenységét érhetjük el, azaz a vevőbemenet legjobb impedanciaillesztését az antennához.

Átkapcsoljuk a K1-et a „7” állásba és a vevő antennabemenetére a szignál-

generátorból kb. 7,1 MHz-es jelet juttatunk. L5 és L6 felső vasmagjával maximumjelet igyekezünk elérni a kimeneten, az indikáláshoz az S-mérőt használjuk. Ennek során az említett tekercsek alsó vasmagját majdnem teljesen kitekerjük. A továbbiakban átkapcsoljuk a K1-et 1,9 MHz-re, s az előbb írottak szerint behangoljuk e sáv bemeneti szűrőit. C16 más kapacitásúakra cserélgetésével, 7 MHz-en igyekezünk elérni a legjobb antennaillesztést, ennek során a vevő kimenetén jelmaximumot indikálunk.

A KF-szűrő (kvarcszűrő)

A behangolás csupán a C50, C51 és/vagy C52 kondenzátor kapacitásának esetleges megváltoztatásában rejlik. Megemlítendő, hogy a szűrő jelátvitelére a frekvencia függvényében hat az L7 induktivitása is, ezért a kondenzátoros behangolást követően szükségessé válhat e tekercs vasmagjának némi állítása.

Az S-mérő

Az S-mérő beállítása csupán az R33 ellenállás változtatásában rejlik. Itt akkora ellenállást forrasszunk be, amely esetében a legerősebb rádióamatőr-állomások a mikroampermérő végkitérését eredményezik. A skálázás a szerző orosz nyelvű internetes honlapján megjelentek alapján végezhető el: <http://un7bv.narod.ru/gsm.htm>

Az AGC

Az AGC mélységének beállítása valós vételi viszonyok között történik. Valós antennát csatlakoztatunk a bemenet-höz, s törekszünk a legnagyobb hangerejű állomások torzításmentes vételére. A különböző amatőrsávokon az R16 potenciométer csúszkájának beállítása egymástól eltérő lesz. Ugyanez lesz a különböző hullámterjedési viszonyok között; ezért is hasznos ez a szabályozási lehetőség. Érdemes megemlíteni, hogy az AGC-rendszer kikapcsolása (R16 csúszkája ütközésig a testre csavarva) esetén is működik az S-mérő. Így tehát a vevő S-mérős hangolása során az R16 helyzete nem igazán fontos.

Irodalom

„Mini-Test” többhullámsávú vevő. Ragyiomir KV i UKV, 2008/9-10.
„UN7BV-3,5-TRX” adó-vevő. Ragyiomir KV i UKV, 2008/2-4.

Katonai rádiók amatőrökben 8.

Az R-102 és R-118 adók végerősítő fokozatai

Mednyánszky László HA7VC

Az R-102 és az R-118 típusú adóberendezések a múlt század '60-as éveinek közepétől töltötték be jelentős szerepet, élték fénykorukat. Az adóberendezések az azonos nevet viselő rádióállomások fő részét képezték. Napjainkban inkább csak a múzeumok, haditechnikai kiállítóhelyek területén gyönyörködhetünk egy-egy bontatlan, de működésképtelen példányukban.

A robusztus felépítésű, nagy tömegű adóberendezések egységei fiókos elrendezésűek. A fiókok alumínium öntvényrekeszekbe illeszkednek. A fiókos egységek villamos összekötéséről a készülékkeret huzalozása és nagyáramú csatlakozók gondoskodnak.

A klasszikus felépítés szerint az adókeret alján általában a tápegység kap helyet. Ez lehet egyetlen nagyméretű és -tömegű, rendkívül masszív felépítésű egység, de általában a jobb energetikai kihasználtság, a könnyebb szervizlehetőség miatt két vagy több önálló egységben elosztva építik be, a keretből kihúzhatóan. A tápegységek felett a vezérosszcillátor, az elválasztó és a modulátor egységet találjuk. Ez

utóbbiak felett a végerősítő és az antennaillesztő fokozatok helyezkednek el. A fiókok ún. „elveszítetetlen” csavarokkal vannak rögzítve az adókerethez és kézzel oldható kilincsművel biztosított ütközővel vannak megvédve a kihúzás közbeni kizuhanástól. Az R-102 esetében arra is vigyáznunk kell, hogy a végerősítő és antennaillesztő fokozatok csak akkor húzhatók ki sérülés nélkül a keretből, ha az elválasztó és végerősítő fokozatok együttes hangolását biztosító karos kapcsolókon lévő piros jelzések egybeesnek az előlapon lévő piros pontokkal. A hangolás skálát pedig nullára kell állítani. A visszahelyezéskor is ügyelnünk kell a kezelőszervek helyzetére.

Az adó egységei közül első sorban a végerősítő és antennaillesztő fokozatok tarthatnak számot különösebb rádióamatőr érdeklődésre. Ha van elég helyünk és eltekintünk a túl nagy méretekől, ezeket a fokozatokat bátran használhatjuk rádióamatőr célokra is. Az egységek a kerettől függetlenül, megfelelő tápfeszültségek biztosítása mellett önállóan is üzemképesé tehe-

tők. A kidobozolt készülék fokozottan balesetveszélyes, ezért üzemeltetés során kötelező betartani az érintésvédelmi rendszabályokat!

Az **1. táblázat** adataiból kiderül, hogy az R-118 és az R-102 adóberendezések végfokait – átalakítás nélkül – csak az alsó sávokon használhatjuk. Aki olyan szerencsés, hogy a komplett adóberendezés birtokába jut, természetesen alkalmazhatja amatőr célokra, ne felejtjük el azonban, hogy az R-118 és az R-102 adókészülékek VD-11 típusú vezérosszcillátorának frekvenciastabilitása folyamatos üzemben nem megfelelő.

Figyelem! A kapcsolási rajzok közül a **2. és a 3. 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.

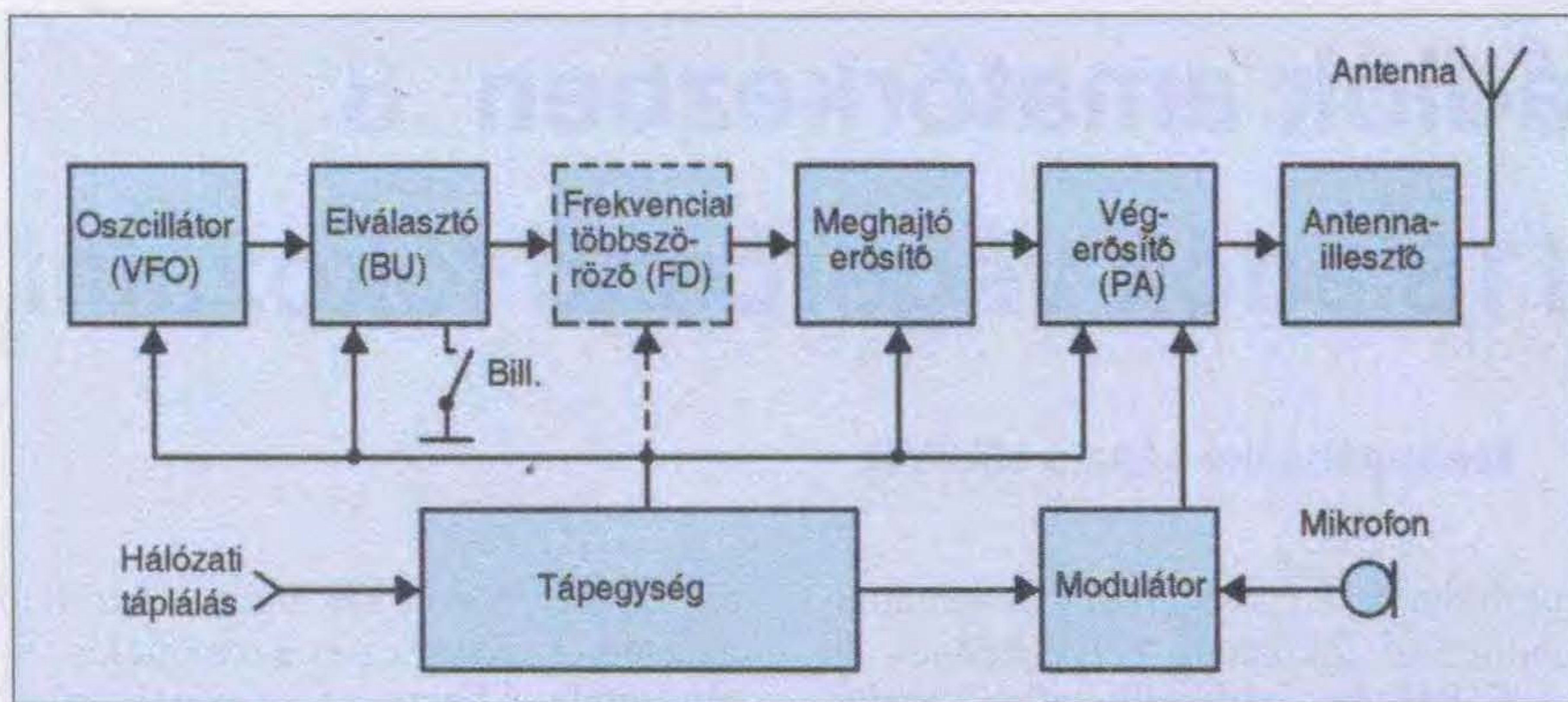
Tömbvázlat szerinti működés

A címben szereplő adóberendezések tömbvázlata nem sokban tér el egymástól és az általános adókészülékétől sem. Éppen ezért általános megállapításokat tehetünk a működéssel kapcsolatban. Az **1. ábrán** látható többfokozatú adó általános tömbvázlatának bemutatásával ismerkedünk meg a tárgyalt berendezések működésével.

Az adókészülék első fokozata a változtatható frekvenciájú oszcillátor (VFO). Az egység feladata a rádiófrekvenciás rezgések előállítása és stabilan tartása. A megnevezéséből is adódik, hogy nem csak egy kitüntetett frekvencián állít elő rádiófrekvenciás jelet, hanem általában egy frekvenciasávban. A sávon belül diszkrétan vagy folyamatosan hangolható. Az elválasztó fokozat onnan kapta nevét, hogy elválasztja az oszcillátort az adó következő fokozatától, meggátolva azok visszahatását a

1. táblázat

Rádióállomás	R-102	R-118
Frekvenciatartomány [MHz]	1...7,5	1...7,5
Frekvenciakörzetek [MHz]		
1	1...2	1...2
2	2...4	2...4
3	4...7,5	4...7,5
Kimenőteljesítmény [W]		
Impedancia	50...70 ohm	32 ohm
A1A	800	200
A3E	200	100
Frekvenciastabilitás Hz/°C		
Diszkrétfrekvenciás adásmódban	25×10^{-6}	25×10^{-6}
Folyamatosan hangolható adásmódban	1×10^{-3}	1×10^{-3}
Teljesítményfelvétel hálózatról [W]		
230 V-os egyfázisú hálózat		2000
380 V-os háromfázisú hálózat	4000	



1. ábra. Általános adókészülék tömbvázlat

rezgéseltőre. A káros visszahatás első sorban a frekvenciastabilitás romlásában jelentkezhet. Távíró adó esetében a vivőfrekvencia billentyűzése is általában ebben a fokozatban történik. A következő egység a frekvencia többszöröző fokozat, amely azért van szaggatott vonallal rajzolva, mert nem okvetlen szükséges. Akkor alkalmazzuk, ha a VFO az üzemnél alacsonyabb frekvencián rezeg és frekvenciáját duplázni, háromszorozni (stb.) kell. A rádiófrekvenciás jel a tárgyalt fokozatokban alacsony szintű, nem képes meghajtani az adókészülék végerősítő fokozatát. Ezért egy közbenső erősítőfokozatot, ún. meghajtó erősítőt alkalmazunk. A meghajtó fokozat kimenetén már elegendően nagy rádiófrekvenciás feszültség van a végfokozat kivezéréséhez. A kisugárzásra szánt rádiófrekvenciás jel a végerősítő (PA) fokozatban nyeri el üzemi teljesítményét. Az antennaillesztő fokozat az alkalmazott antenna impedanciáját a végfok aktív elemének optimális terhelő impedanciájává transzformálja.

A korábban alkalmazott rövidhullámú rádióadó-berendezésekben általában amplitúdómodulációs (A3E) adásmóddal valósították meg a távbeszélő adást. Ehhez ún. modulátoregységet építettek be, amely tulajdonképpen egy hangerősítő. A mikrofon jelét felerősítve, majd a végcső megfelelő elektródájára vezetve létrehozza a modulációt. A rövidhullámú katonai adókészülékeknel általában anód-segédrács modulációt alkalmaztak.

Az adó valamennyi fokozata a tápegységből kapja a működéséhez szükséges villamos energiát. Ez lehet egy olyan egység, amely minden fokozatot ellát, de általában egy fő tápegységet alkalmaznak, amely további feldolgozásra előkészített feszültségeket szolgáltat az adó valamennyi fokozata szá-

mára, ahol egyedi tápforrások üzemelnek.

Jelen cikk keretein belül az adókészülékek végerősítő fokozataival foglalkozom, a többi egységet csak a szükséges mértékben említem meg.

Az R-118 adó elválasztó fokozata

Az R-118 és az R-102 rádióadó-berendezés 3 körzetben biztosítja a teljes üzemi frekvenciatartományt (1. táblázat). A VD-11 VFO mindkét típusnál az I. körzetben 1...2 MHz között, a II. és a III. körzetben 2...4 MHz között üzemel. Ennek megfelelően az üzemi frekvencia előállításához a VFO-t követő elválasztó fokozatok az I. és a II. körzetben alapfrekvenciás erősítőfokozatokként, a III. körzetben frekvenciaduplázó fokozatokként üzemelnek.

Az R-118 elválasztó, végerősítő és modulátor fokozatainak kapcsolási rajza (a honlapunkról letölthető) 2. ábrán látható. Az elválasztó fokozat feladata ebben az esetben nem csupán a vezérosszillátortól való funkcionális elválasztás, visszahatás-mentesítés, hanem az I. és a II. körzetben teljesít-

ményerősítés, a III. körzetben frekvenciaduplázás és teljesítményerősítés. A fokozat aktív eleme a GU50 típusú elektroncső (2. táblázat). A VFO-tól érkező rádiófrekvenciás vezérlőjel az 1L8, 1L9, 2L3, 2L2 késes csatlakozókon át a 2V1 pentóda vezérlőrácsára kerül. A VD-11 kimenetén alapesetben mindhárom frekvenciakörzetben 2...4 MHz közötti frekvenciát találunk. Az I. körzethez szükséges 1...2 MHz közötti frekvencia úgy jön létre, hogy ebben a tartományban – a fent említett csatlakozókon át – az elválasztó fokozat rácskörében a 2W1a kapcsoló segítségével a VD-11 VFO kimenetére kapcsolódnak a 2C2, 2C3 kondenzátorok. Ezért a VD-11 az első körzetben nem duplázza a kimenő frekvenciát. Az R-102 adónál nincsenek beépítve ezek a kapacitások, ott maga a VFO biztosítja az 1...2 MHz közötti alapfrekvenciát, a kimenetére fixen bekötött hasonló értékű kapacitással. Az R-102-ben lévő VD-11 mindhárom körzetben 1...2 MHz között működik. A körzeteknek megfelelő frekvenciátöbbszörözést az elválasztó fokozat biztosítja.

A VSzR-15 típusú tápegységből (3. ábra) a 2L1/0L3 csatlakozón a 8. sz. vezetéken érkező -250 V feszültségből a 2R7 beállító-ellenállás és a 2R5 ellenállás alkotta osztó állítja be az elválasztó fokozat vezérlőrácsának -40 V-os előfeszültségét. Nem engedhető meg, hogy a meghajtó rádiófrekvenciás jel rácsáramot hozzon létre a 2R1 ellenálláson, és akár kis mértékben is növekedjék a beállított negatív előfeszültség. Az egyenfeszültséget a 2C4 kondenzátor hidegíti. A tápegységből a 3. sz. vezetéken át érkezik a cső 290 V-os segédrács feszültsége, amelyet a 2R4 ellenállás biztosít a cső részére. A 2C6 hidegítő kondenzátor.

2. táblázat. A GU50 (ГY50) pentóda fontosabb adatai

Fűtőfeszültség [V]	12,6
Fűtőáram [A]	0,6...0,85
Meredekség [mA/V]	4±1
Kimenőteljesítmény [W] (ha $U_a=800$ V, $U_{g2}=250$ V, $-U_{g1}=100$ V, $I_a=150$ mA)	≤55
Anódfeszültség [V]	(ha $f_0 \leq 46$ MHz) 1000
	(ha $f_0 = 46...66$ MHz) 800
	(ha $f_0 = 66...86$ MHz) 700
	(ha $f_0 = 86...120$ MHz) 600
Max. katódáram [A]	0,230
Anód veszteségi teljesítmény [W]	40
Segédrács veszteségi teljesítmény [W]	5

3. táblázat. A GU80, GU81, GU81M (ГY81) pentóda fontosabb adatai

Fűtőfeszültség [V]	12,6
Fűtőáram [A]	≤10,5
Meredekség [mA/V]	5,5±1
Anódfeszültség [V]	($f_0 \leq 6$ MHz) 3000
	($f_0 \leq 24$ MHz) 2500
	($f_0 \leq 50$ MHz) 1500
Kimenőteljesítmény [W] (ha $U_a=2000$ V, $U_{g2}=600$ V, $-U_{g1}=200$ V, $I_a \geq 450$ mA, $I_{g1} \leq 20$ mA, $I_{g2} \leq 220$ mA)	≥700
Anód veszteségi teljesítmény [W]	450
Segédrendszer veszteségi teljesítmény [W]	120

Az adóberendezés kimenőteljesítményét az elválasztó fokozat csövénél árnyékolórácsára adott negatív előfeszültséggel szabályozzuk. A tápegységből a 8. sz. vezetéken érkező negatív feszültséget a 2R6 potméterrel állítjuk a kívánt kimenőteljesítmény-szintre. A 2C7 az árnyékolórács hidegítésére szolgál. A cső katódkörében lévő 2R2 ellenállásról az E vezetéken és a 2L1/0L3 valamint a 0L5/4L1 csatlakozókon és a 4W3 kapcsolón át a modulátor előlapján elhelyezett 4M1 mérőműszerhez vezetjük a katódáram okozta feszültséget. (A fokozatot katódáram minimumra hangoljuk.) A 2C5 rádiófrekvenciás hidegítést végezzük.

Az elektroncső anód munkaellenállását a 2L3 variométerből, valamint a 2L1, 2L2 induktivitásokból és a 2C8...2C13 kapacitásokból álló rezgőkör képezi. A rezgőkör körzetenkénti átkapcsolását a 2W2 kapcsoló végzi. A variométer álló és forgó része az I. és a II. körzetben sorba, a III. körzetben párhuzamosan kapcsolódik.

Az adókészülék beszabályozásakor, javításakor szükséges lehet a fokozat anódáramának mérése, amelyet a 2Gp1 dugaszcsatlakozón keresztül az áramkörök megbontása nélkül megtehetünk. A fokozat 600 V-os anódfeszültsége a 4. sz. vezetéken valamint a 2L1/0L3 csatlakozón és az adókeret kábelezésén át a 6.a. sz. kábel csatlakozóján keresztül szintén a VSzR-15 tápegység 6D10 szelénegyenirányító-oszlopáról érkezik (0L27 csatlakozó). Ez utóbbit az 5Tr2 hálózati transzformátor 3-4 szekunder tekercse a 303, 305 vezetékpáron át táplálja. A 2C15 kondenzátor a tápegység felé menő vezeték hidegíti rádiófrekvenciáson.

A 600 V-os egyenfeszültség negatív ága a 6D10 jelű szelénoszlopról az 5DL7, 6DL6 fojtótekercsből és a 6C13...6C11 kondenzátorokból álló

szűrőn át a 6P8 jelfogó tekercsére kerül (8. kivezetés). A tekercs másik vége a testre van kötve. A pozitív vezeték a feszültségcsatlakozó lécz 4. érintkezőjén van. Amikor a végerősítő segédrendszer – félrehangolás vagy más káros üzemi körülmény hatására – a megengedettnél nagyobb, kb. 200 mA áram kezd folyni, a 6P8 jelfogó meghúzza, érintkezői bontják a 6P7 mágneskapcsoló áramkörét. Ezzel egy időben megszakad a 6G2 csatlakozóról a 6P7 mágneskapcsoló 7-1 érintkezőjén valamint a 296. sz. vezetéken át az 5Tr2 transzformátor primer tekercsének 1. pontjára érkező 230 V-os váltakozófeszültség áramköre és kigyullad a 600 V túlterhelést jelző 6Z4 izzólámpa. Az 1-2 tekercsen megjelenő egyenfeszültség tartásba kapcsolja a 6P8 jelfogót, ezért ismételt üzembe helyezés előtt a 600 V-os áramkört a 6W4 üzemmód kapcsolóval meg kell szakítani. Ha egy eredetileg készletezett, bontatlan adóberendezésen dolgozunk, akkor ez az üzemmód a kapcsolószekrényben lévő 7W2 „Adó” feliratú kapcsolóval is megszüntethető. Jelen cikk keretein belül nem térünk ki a 7. sz. egység, a kapcsolószekrény működésének ismertetésére.

Az R-118 adó végerősítő fokozata

Az elválasztó fokozatban felerősített jelet a 2C14 kondenzátoron és a 2R8 vadrezgégátló ellenálláson keresztül vezetjük a 2V2, GU81 (5S045T) típusú elektroncsővel felépített végerősítő fokozat vezérlőrácsára. A cső adatait a 3. táblázatban tanulmányozhatjuk. A végcső vezérlőrácsának -50 V-os negatív előfeszültségét szintén a korábban tárgyalt 2R7, 2R5 osztó biztosítja a 2R9-en keresztül. A 2Gp2 csatlakozón a végfok vezérlőrácsáramát mérhetjük meg. (Hangolás közben ügyeljünk arra, hogy a vezérlőrácsáram nem haladhatja

meg a 200 mA-t.) A 2C17 a negatív előfeszültséget mentesíti a rádiófrekvenciás összetevőktől. A fokozat segédrendszer feszültségét az előző erősítő anódfeszültségéből kapjuk a 0P1 jelfogó zárt 3-4 érintkezőjén valamint a 4'' vezetéken át. Távbeszélő (A3E) modulációs módban a modulátor egység 4Tr3 kimenőtranszformátorának 6-7 tekercsén és a 0R2 ellenálláson át kapja meg a cső a segédrendszer feszültségét. A 2Gp3 hüvelyen a segédrendszeráramot mérhetjük. A G2 rádiófrekvenciás hidegítése a cső belső kapacitáson keresztül történik. Az adókeret alsó hátsó részén elhelyezett 0R6, 0R7 ellenállásosztó közös pontjáról a 7. sz. vezetéken át – a hatásfok növelése érdekében – kb. 50 V feszültség érkezik a végcső árnyékoló rácsára. A 2C16 a tápegység felé menő vezeték hidegíti.

A végcső anódáramköre a meghajtóhoz hasonló felépítésű. A fokozat táviró (A1A) modulációs módban 1500 V anódfeszültséget kap. Hangoláskor és távbeszélő adásmódban ez a feszültség lecsökken 1000 V-ra. Távbeszélő modulációs módban a végfok anódáramát keresztülhalad a modulátor kimenőtranszformátorának 5-4 tekercsén az 5' és a 17 vezetéken át. Az anódfeszültség átkapcsolását a 0P1 mágneskapcsoló végzi. Ez az alkatrész az adókeret hátsó részében van elhelyezve és a rádióállomás kapcsolószekrényén lévő „Üzem mód” kapcsolóval vezérelhető.

Az előzőekben megismert 5Tr2 transzformátor 5-6 szekunder tekercséről a váltófeszültség az 5D5 diódahídra kerül, ahol egyenirányítás után 1000 V-os egyenfeszültség keletkezik. A váltófeszültség e transzformátor 7-8 tekercséről az 5D4 híd-egyenirányítóra kerül. Azon 500 V egyenfeszültség keletkezik. Ezen két feszültség sorbakapcsolásával áll elő a szükséges 1500 V. Terhelhetősége meghaladja a 800 mA-t. Az egyenáram áthalad az 5LD4, 5LD3, 5C5...5C7 elemekkel felépített szűrőn és az 5P2 mágneskapcsoló 10-11 érintkezőjére kerül. A 6M2 műszer a különböző feszültségek ellenőrzésére szolgál. Az 1500 V-os anódfeszültséget a 276. sz. vezeték szállítja a műszerhez az adókeretben lévő 0R6...0R8 ellenállásosztón és a 273. sz. vezetéken át. Üzem közben a 6L3 „Nagyfesz.” feliratú lámpa is világít.

A 6W5 teljesítménykapcsoló „Üzem 100%” állásában az 5P2 mágneskapcsoló 7-11 és 10-5 érintkezőjén át 1500 V-os egyenfeszültség érkezik

kapcsolóval választjuk ki a legnagyobb antennaáram érdekében. Ezzel az anódköri rezgőkörrel és antennacsatlással gyakorlatilag bármilyen antenna-impedancia lehangozható. A végcső extrém nagy SWR, akár antennaszakadás esetén sem megy tönkre. Ekkor ugyanis megnő a közbenső rezgőkör impedanciája, ezért a végcső anódárama csökken.

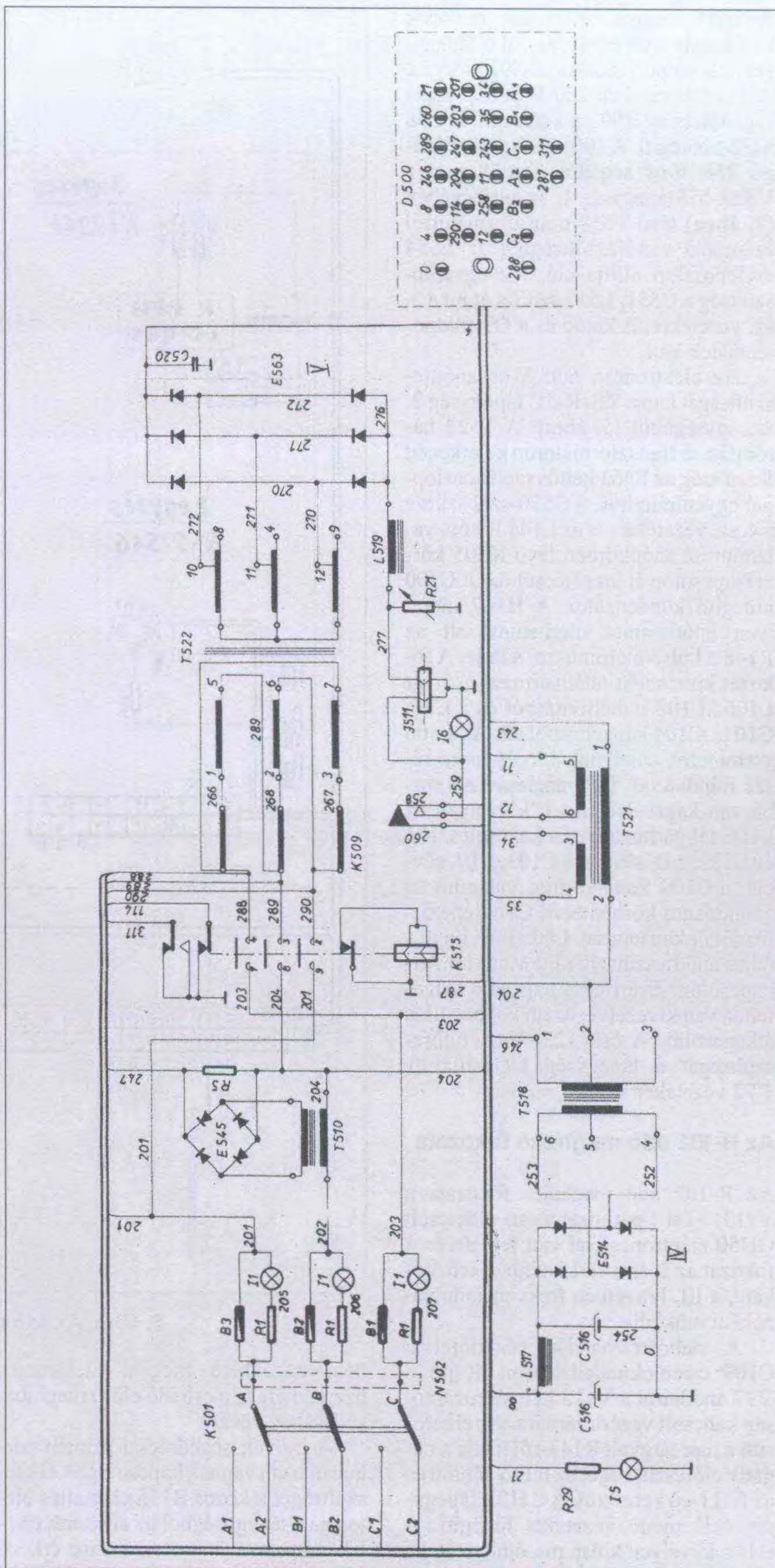
Az üzemi szintre erősített jelet az antennahangoló egységen át csatoljuk az antennára. Az antennahangolóban soros induktivitások illetve párhuzamos kapacitások beiktatásával gyakorlatilag bármilyen antennát bármilyen üzemi frekvenciára lehangozhatunk. A hangolóegység párhuzamos vezetékkel (tyúklétrával) táplált szimmetrikus dipolantennához készült. Lehangozható a tápvezeték összekapcsolásával kialakuló T-antenna, valamint az ostorantenna, amely leginkább a „Triple-leg”-hez vagy a GP-hez hasonlítható. Hangolás közben a kiegészítő elemek változtatásával a 3M1 „Ant. hang. indikátor” műszeren maximumot keresünk.

Az R-102 adó elválasztó fokozata

Az R-102 rádióállomás elválasztó- és meghajtófokozatának kapcsolási rajzát a 4. ábrán láthatjuk. A V97 (GU50) elektroncsővel felépített fokozat az első frekvenciakörzetben erősítőként, a II. és a III. körzetben frekvenciakétszerezőként és erősítőként működik.

A VD-11 VFO-ból érkező rádiófrekvenciás jel az Sz2-3-0 csatlakozón át a V97 vezérlőrácsára kerül. (A rádiófrekvenciás meghajtójel VD-11 vezérosszcillátor kimenetéről a C315 csatolókapacitáson át érkezik, ezért e fokozat bementén nincs kondenzátor.) A C91 kondenzátor a fokozat szórt bemenőkapacitásainak kompenzálására szolgál. A fokozat negatív rácselőfeszültsége a VSzR-5U tápegységéből (5. ábra) a 8. sz. vezetéken érkező, maximum 120 mA-rel terhelhető -250 V-ból az R143 potméteren át biztosított. A tápegység 2. sz. egységében lévő T518 transzformátor állítja elő az előfeszültség céljaira szolgáló váltófeszültséget. Az E514 szelénoszlopok által létrehozott egyenfeszültség a C516, L517 szűrőn átvezetve kerül a 8. sz. vezetékre. Innen az adókeret (6. ábra) vezetékvezetésén és a H518 – D158 (hüvely-dugasz) csatlakozópáron át kerül a meghajtó fokozat 8. sz. kábelére.

A H141 dugaszaljzat és az R142 sőtellenállás a vezérlőrácsáram ellen-



5. ábra. A VSzR-5U tápegység 2. sz. egységének kapcsolási rajza

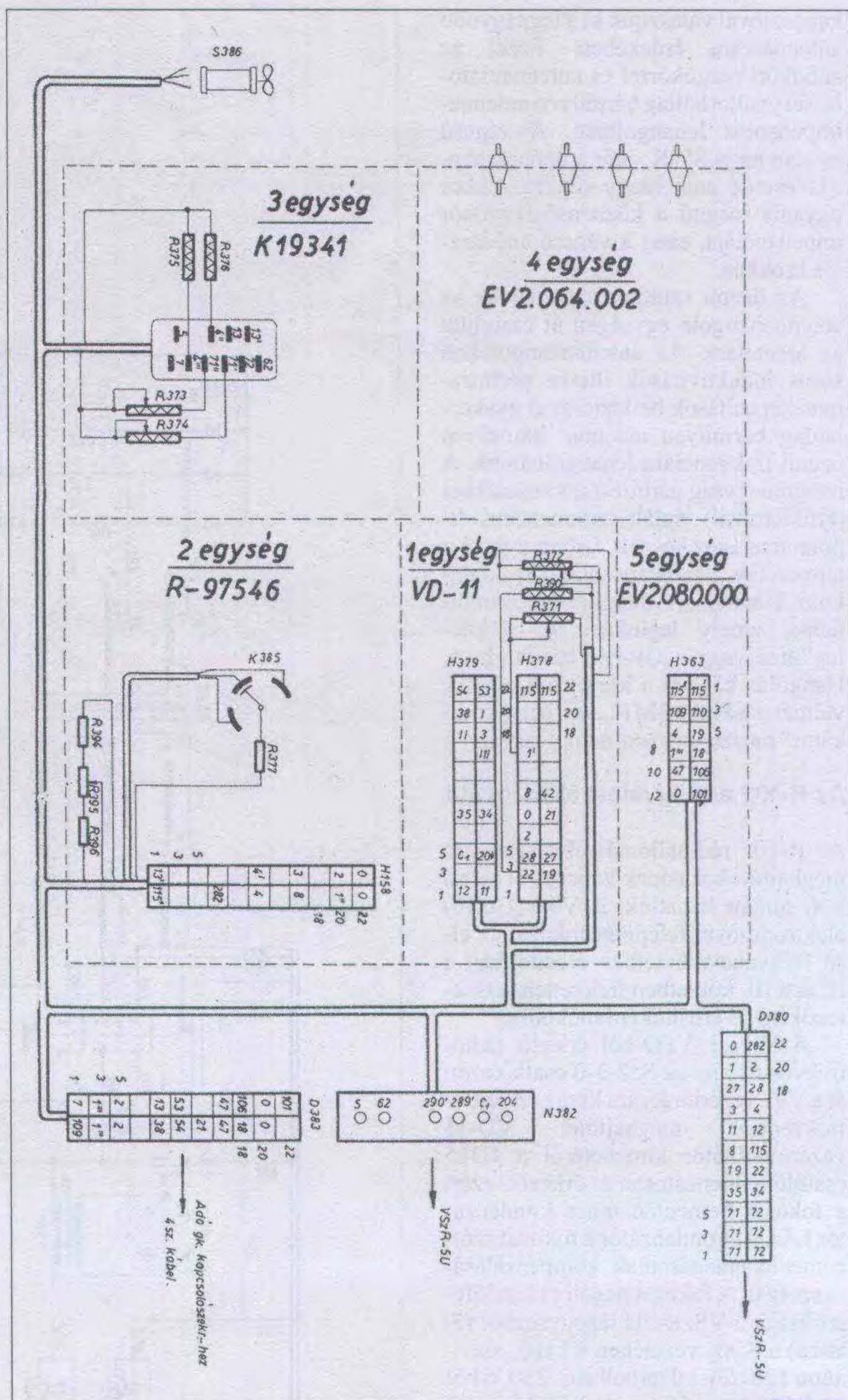
őrzésére szolgál, amelynek nullának kell lennie. A vezérlőrácstról a tápegység felé menő vezetéket a C93 hidegíti. A 3. sz. vezetéken 250 V-ot kap a cső segédvárcsa az R99-en keresztül. A C98 a G2-t hidegíti. A 100 mA terhelhetőségű 250 V-os segédvárcsfeszültséget a VSZR-5U tápegység 1. sz. egységében (7. ábra) lévő T558 transzformátorról származó váltófeszültségből az E554 szelénoszlop állítja elő. Az egyenfeszültség a C551, L557 szűrőn át jut a 3. sz. vezetékre. A katód és a G3 földpotenciálán van.

Az elektroncső 600 V-os anódfeszültséget kap a VSZR-5U tápegység 2. sz. egységéből (5. ábra). A T522 háromfázisú transzformátoron keletkezett feszültség az E563 kettős szelénoszlop pal egyenirányítva, a C520-szal szűrve a 4. sz. vezetéken és az L144 fojtón, valamint az anódkörben lévő K105 körzetkapcsolón át jut el a csőhöz. A C100 hidegítő kondenzátor. A H147 hüvelyen anódáramot mérhetünk, itt az R148 a külső mérőműszer söntje. A fokozat kimenetén található rezgőkör az L106...L108 induktivitásból és a C96, C101...C104 kapacitásból áll. Az L106 variométer, amelynek álló és forgó része mindhárom frekvenciasávban sorba van kapcsolva. Az I. körzetben az L106-tal párhuzamosan kapcsolt C101 és C102, a II. sávban a C103, a III. sávban a C104 kondenzátor, valamint az állandóan a körben lévő C96 képezi a rezgőkör kapacitását. Láthatjuk, hogy a teljes anódfeszültség rajta van a körzetkapcsolón. Ezért ez a kapcsoló szigetelten van kivezetve, üzem közben tilos átkapcsolni. A cső 12,6 V-os fűtőfeszültségét a tápegység biztosítja az 1"-2 vezetéken át.

Az R-102 adó meghajtó fokozata

Az R-102 adó meghajtó fokozata a V113, két párhuzamosan kapcsolt GU50 elektroncsővel van felépítve. A fokozat az I. és a II. körzetben erősítőként, a III. körzetben frekvenciaduplázóként működik.

A rádiófrekvenciás vezérlőjel a C109 csatoló kondenzátoron át jut a V97 anódjáról a V113 két párhuzamosan kapcsolt vezérlőrácsára. Az előerősítő a már tárgyalt R143-ról kapja a negatív előfeszültséget az R145 söntön és az R111-en keresztül. A C112 a tápegység felé menő vezetéket hidegíti. A H146 hüvelyen külső mérőműszerrel a rácsáram mérhető meg, amelynek nullának kell lennie. (A GU50 esetében



6. ábra. Az adókeret kapcsolási rajza

nem engedhető meg a rácsáramos üzem, mert az a cső idő előtti meghibásodásához vezet.)

A csövek segédvárcsai szintén párhuzamosan vannak kapcsolva. A G2 feszültséget a közös R115 ellenállás biztosítja a tápegységből az adókeret csatlakozóin át a 3. sz. vezetékre érkező 250 V-ból. Mindkét G2-t a közös C114 hidegíti. A szintén párhuzamosan kap-

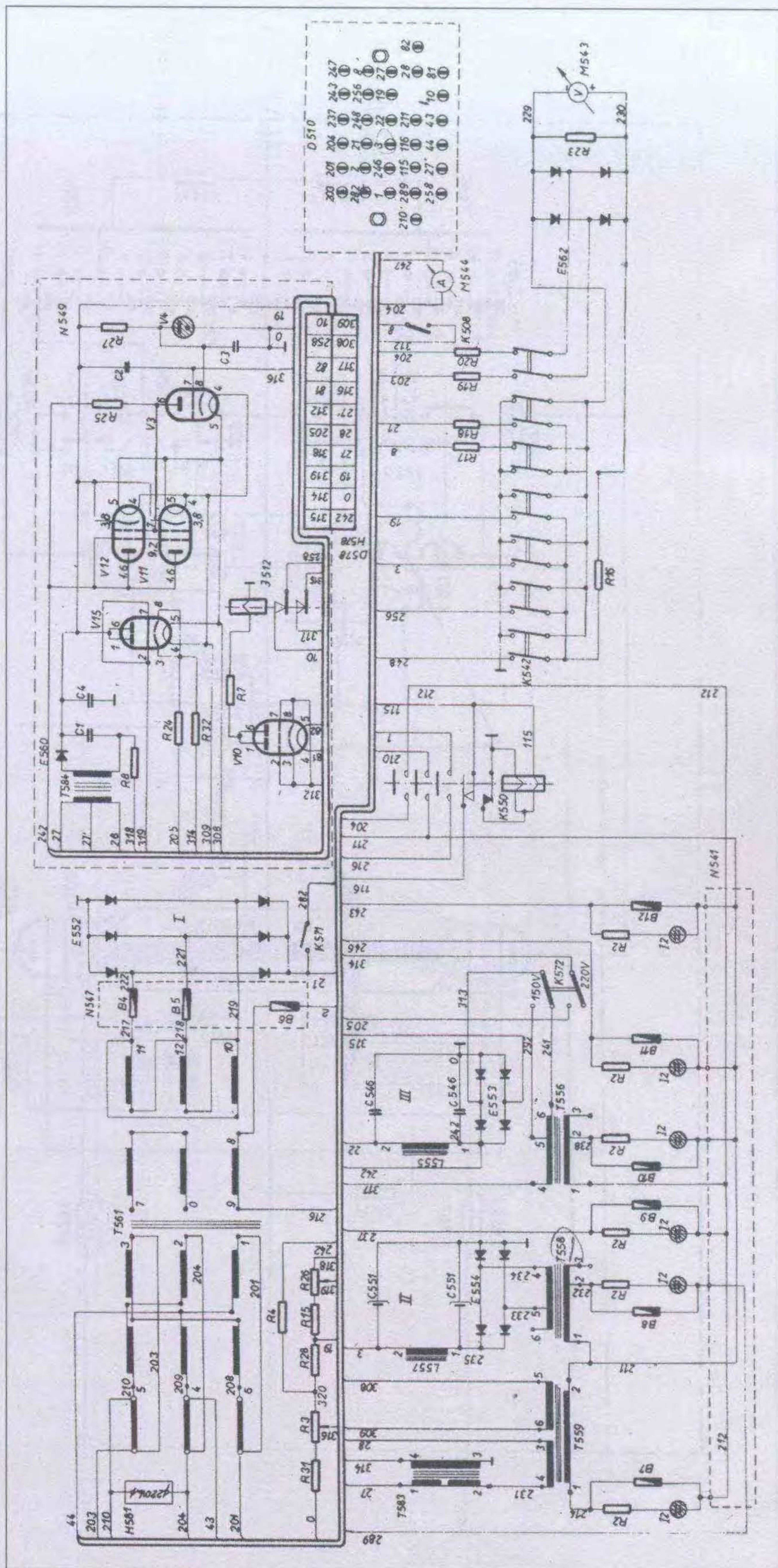
csolt árnyékoló rácsokat 100%-os teljesítményű üzem esetén a J151 jelfogó kontaktusai testre zárják. Csökkentett teljesítményű adáskor a G3-ak az R143-ról a J151 kontaktusán át negatív előfeszültséget kapnak, így jelentősen csökken a fokozat erősítése. Ekkor csökken a végerősítő anódfeszültsége is és a névleges teljesítmény mintegy 25...40%-a kerül kisugárzásra.

A két párhuzamosan kapcsolt meghajtócső anódköri munkaellenállását rezgőkör képezi, amelyhez az aktív elemek az R159 és az R160 vadrezgés-gátló ellenállásokon át csatlakoznak. A kör induktivitása az L116 és L122 variométerből áll, amelyek álló és forgó részei mindhárom hullámsávban sorba vannak kapcsolva. A két variométer az I. és II. körzetben sorba, a III. körzetben párhuzamosan van kapcsolva. A III. körzetben a C130...C132, C137 és a C140 határozza meg a rezonancia-frekvenciát. A II. sávban az előző kondenzátorokhoz kapcsolódik még a C125, az I. körzetben pedig a C127...C129. Az L117 és az L121 a különböző frekvenciakörzetekben bekapcsolódó kiegészítő induktivitások. Az L118...L120 az osztott kivitelű anódköri fojtótekercs, a C123 hidegítő kondenzátor.

Az R-102 adóberendezés ellenütemű végerősítő fokozata az R133, C135, L134 valamint az R138, C136, L139 elemeken át kapja az ellenfázisú meghajtást. A C124 állítja be a rezgőkör szimmetriáját. A végerősítő csövek részére szükséges negatív előfeszültség is az R143 potenciométerről érkezik az R150-en át. Az R133 és az R138 ellenállás az L134 és az L139 fojtóval együtt a vadrezgések megakadályozása érdekében került beépítésre, megakadályozza a végfok begerjedését. A rezonancia-jelenségek csökkentése érdekében a fojtók konstantán ellenálláshuzalból vannak tekercselve. A C135, C136 kondenzátorok az előfeszültség vezetőket hidegítik.

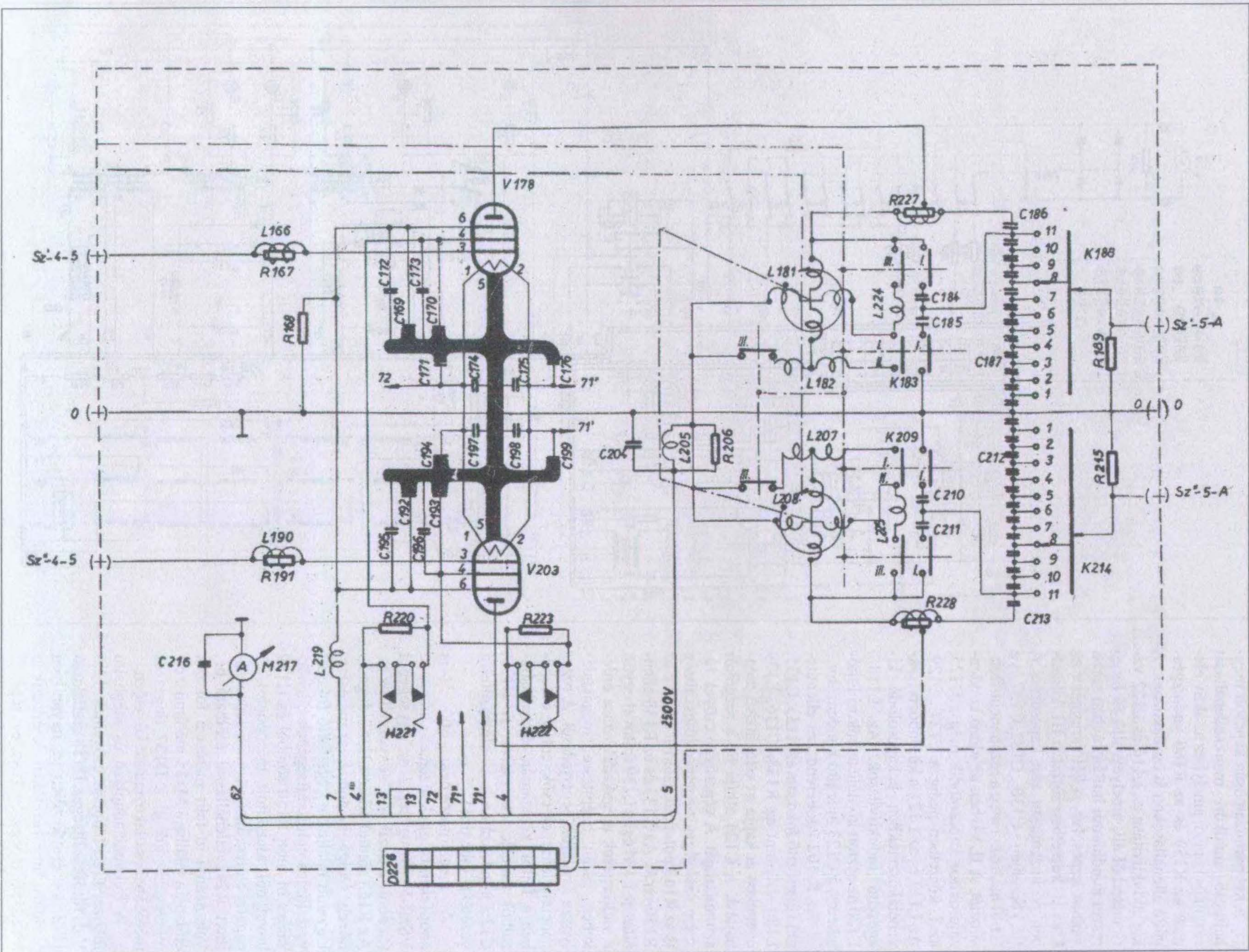
A meghajtófokozat 600 V-os anódfeszültséggel üzemel, amely a VSZR-5U tápegység 2. sz. egységéből (5. ábra) érkezik a 4. sz. vezetéken át. Az R153 sönttel ellátott H152 dugasz-hüvely szolgál az anódáram mérésére. Ugyanitt találjuk a végerősítő fokozat vezérlőrács előfeszültségének ellenőrzésére hivatott R150 söntből és H149 hüvelyből kialakított mérőpontot. A negatív előfeszültség szintén a már említett R143 ellenállással állítható be. Valamennyi itt leírt mérést a fokozat előlapján található M155 mérőműszerrel végezhetjük el a D157 dugaszos mérőkábel csatlakoztatását követően.

A frekvenciaduplázó és meghajtó fokozat GU50 típusú csöveinek 12,6 V-os fűtőfeszültsége a D158 csatlakozó 1"-2. sz. érintkezőjén az ugyanilyen pozíciószámú vezetéken át érkezik a VSZR-5U tápegység 1. sz. egységéből (7. ábra). A T561 transzformátor állítja elő a szükséges váltófeszültséget a 8-9.



7. ábra. A VSZR-5U tápegység 1. sz. egységének kapcsolási rajza

8. ábra. Az R-102 adó végérősítő fokozatának kapcsolási rajza



sz. tekercsén. Innen a 216 vezetéken, valamint a B6, 10 A-es biztosítón át a feszültség a K550 mágneskapcsolóra, majd az 1-2 vezetékeken át az 1-2 kapcsokra jut, ahonnan az adókeret vezetékvezetésén át felhasználásra kerül.

Az R-102 adó végerősítő fokozata

Az R-102 adóberendezés végerősítő fokozata a V178, V203 (GU80 típusú) elektroncsővel van felépítve, ellenütemű kapcsolásban (8. ábra). A vezérlő jel az Sz'-4-5 és az Sz''-4-5 érintkezőkön érkezik a bemenetre. A vezérlőrácsok elé további vadrezgés gátló alkatrészek kerültek beépítésre: L166, R167, L190, R191.

A végfok 600 V-os segédrácsfeszültségét a már megismert áramkör biztosítja a meghajtó fokozat D158 csatlakozójáról a D226-on keresztül. A segédrácsfeszültség az adókeretben (6. ábra) elhelyezett R375 és az R376 áramkorlátozó ellenállásokon át érkezik a csatlakozóra. Az R220 ellenállással söntölt H221 és az R223-mal átkötött H222 dugaszaljzat szolgál a csövek segédrácsáramának mérésére.

A végcsövek árnyékolórácsai az L219 fojtón és a 7. sz. vezetéken át táviró üzemben földpotenciálon vannak.

Távbeszélő adásmódban a G3-ak -170...180 V-os feszültséget kapnak a VSzR-5U tápegységből a D226 csatlakozón át. Az adásmód váltását nem a végfokon, hanem az adó kapcsolószekrényének 1. sz. egységén kell eszközölni. (Jelen cikkben nem térek ki ennek működésére.) A 7. sz. vezeték valamilyen okból történt szakadása, kontakt-hibája vagy egyéb tápegységhiba következtében előfordulhat, hogy az árnyékolórácsok földelése vagy negatív előfeszültsége hirtelen megszakad. Ebben az esetben a végcsövek szinte azonnal tönkre mennének. Ennek megakadályozására beépítették az R168 ellenállást, amely gyakorlatilag test potenciálra teszi a G3-akat.

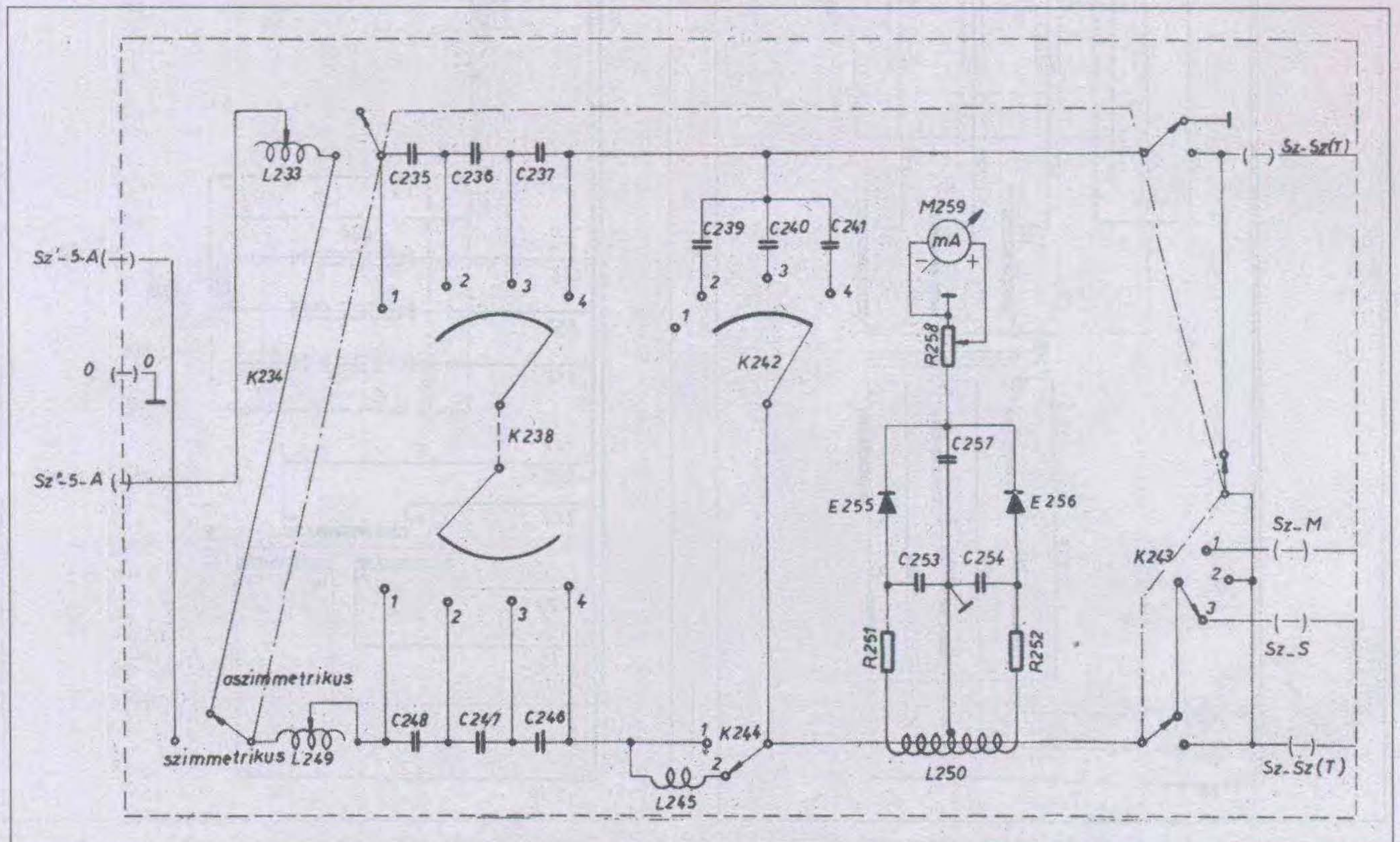
A végfok kapcsolási rajza a szabványtól jelentősen eltérő alakzatokat mutat. Ennek az az oka, hogy a tervezők ezzel a vastagított vonalú ábrázolással kívántak nyomatékot adni bizonyos alkatrész-pozíciók fontosságának. Az eredeti ábrán elég rosszul látszik, de a C169...C171, C176, C192...C194 és a C199 speciális, indukciómentes, hidegítő kondenzátorokat maga a csőfoglat tartalmazza! Ezért ezeket a csöveket kizárólag ezekben a foglatokban szabad üzemeltetni, fenti kapacitások utólagos beépítésére nincs

mód. A többi, a C172...C175 és C195...C198 hidegítések szokványos csillámkondenzátorok.

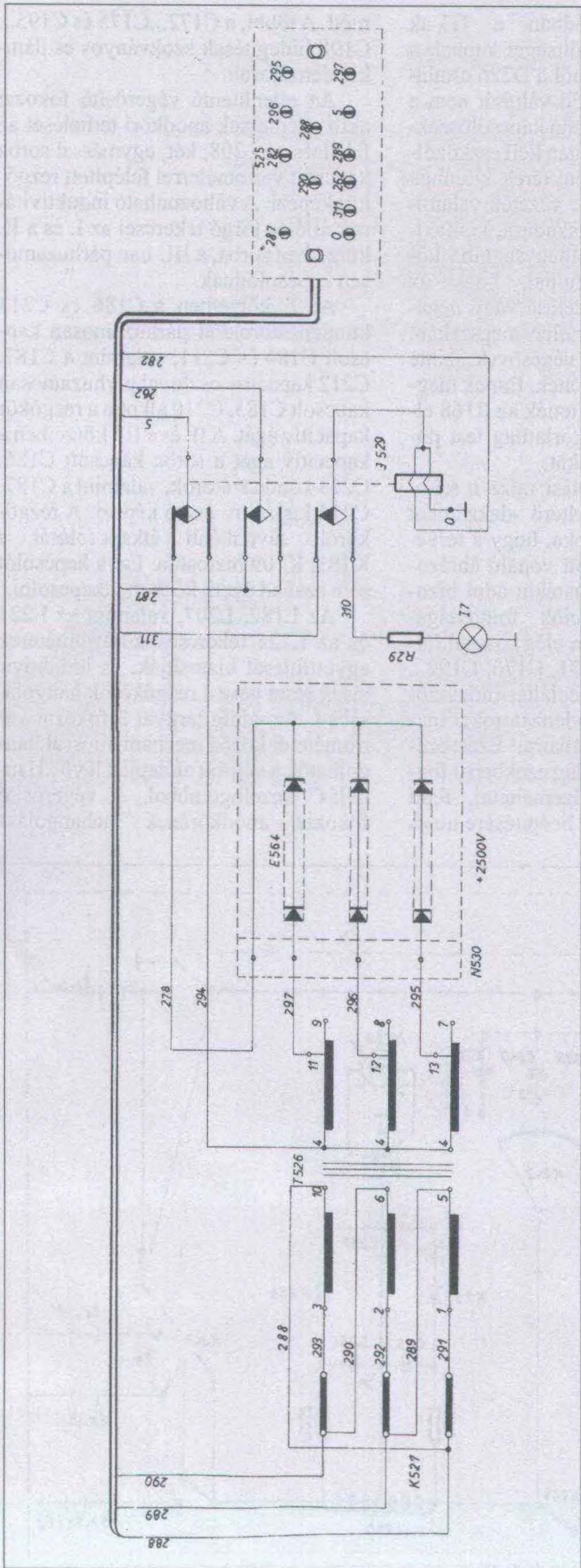
Az ellenütemű végerősítő fokozat aktív elemeinek anódköri terhelését az L181 és az L208, két, egymással sorba kapcsolt variométerrel felépített rezgőkör képezi. A változtatható induktivitások álló és forgó tekercsei az I. és a II. körzetben sorba, a III.-ban párhuzamosan kapcsolódnak.

Az I. körzetben a C186 és C213 kondenzátorokkal párhuzamosan kapcsolt C184 és C211, valamint a C187, C212 kapacitív osztóval párhuzamosan kapcsolt C185, C210 alkotja a rezgőkör kapacitív ágát. A II. és a III. körzetben a kapacitív ágat a sorba kapcsolt C186, C213 kondenzátorok, valamint a C187, C212 kapacitív osztó képezi. A rezgőkörök sávonkénti átkapcsolását a K183, K209 biztosítja. Ezt a kapcsolót sem szabad üzem közben átkapcsolni.

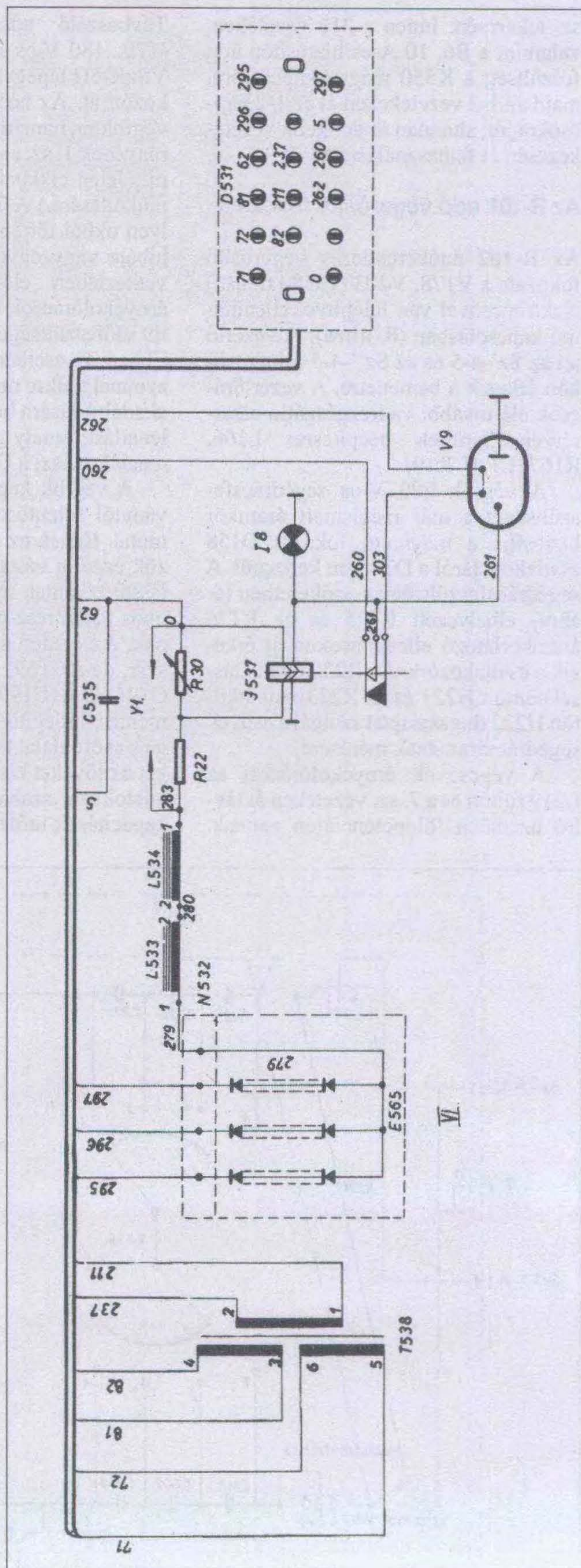
Az L182, L207, valamint az L224 és az L225 tekercsek a variométerek együttfutását biztosítják, és induktivitásuk részt vesz a rezgőkörök hangolásában. Az eddig tárgyal 3 fokozat variométerei közös mechanizmussal hangolhatók a végfok előlapján lévő „Hangolás” kezelőgombbal. A végerősítő fokozat anódkörének behangolása



9. ábra. Az antennaillesztő kapcsolási rajza



10.a ábra. A VSzR-5U tápegység 3. sz. egységének kapcsolási rajza



10.b ábra. A VSzR-5U tápegység 4. sz. egységének kapcsolási rajza

nagymértékben függ az antennaillesztőn keresztül bekapcsolt antenna terhelőimpedanciájától. Ezért a variométerek együttfutása nem mindig tökéletes. Szükség lehet a korrekcióra. Ebből a célból alakították ki a végfok variométereinek utánhangolási lehetőségét. Az „Utánállítás” gombbal az L181, L208 variométerek álló részeit kismértékben el lehet mozdítani a forgórészekhez képest. Az R227, R228 ellenállásra tekercselt induktivitások vadrezgésgátló fojtók.

Az üzemi teljesítményre felerősített jel a K188, K214 fokozatkapcsolókon és az Sz'-5-A, Sz''-5-A csatlakozókon át az antennaillesztő fokozatra kerül (9. ábra). Az R189, R215 ellenállások az antenna elektrosztatikus feltöltődéséből eredő áramokat hivatottak levezetni. A végfok 2500 V-os anódfeszültsége a D226 csatlakozó 5. sz. vezetékén érkezik és az L205 anódköri fojtón át jut el a végcsövekhez. Az R206 vadrezgésgátló ellenállás, a C204 pedig a tápegység felé menő vezetékét szűri meg a rádiófrekvenciás összetevőktől.

A 10.a és 10.b ábrán látható a VSzR-5U tápegység 3. és 4. sz. egysége. Innen kapja a végfok az anódtápfeszültséget. A T526 háromfázisú transzformátor 4-11, 4-12, 4-13 tekercseiről érkező váltakozó feszültséget az E564, E565 szelénegyenirányító egyenfeszültséggé alakítja, majd az L533, L534 fojtóból és az R22, R30 ellenállásokból felépített komplexum szűri a váltóáramú összetevőktől. A 2500 V-os, 1,2 A terhelhetőségű egyenfeszültség pozitív ága az 5. sz., negatív ága pedig a 62. sz. vezetéken hagyja el a tápegységet. Hangoláskor a J529 jelfogó átkapcsolódik. Ilyenkor csak az E565 szelénoszlop vesz részt az egyenirányításban. Az 5. sz. vezetéken az eredeti anódfeszültség fele, 1250 V lesz jelen, 1 A-es terhelhetőséggel.

A háromfázisú transzformátor – a rendelkezésre álló hálózati feszültségnek megfelelő csillag-delta (400/230 V) – átkapcsolását a K527 kapcsolótáblán a rövidzárakkal manuálisan kell elvégezni. A kapcsolási rajzon látható, hogy alapesetben a szekunder feszültségek a tekercsek megcsapolásairól vannak biztosítva és nem a tekercsvégekről. Ez azért van, mert huzamosabb idejű működtetés következtében a szelénegyenirányítók hatásfoka és az egyenfeszültség is csökken. Ekkor lehetőség van a váltófeszültség növelésére a tekercsvégekre (7., 8. és 9. kivezetés) történő átkötéssel.

Az anódfeszültség negatív ágába helyezték el a J537 túlterhelés-védőrelét. A relének két munkatekerce van. Az első, amely az R30 ellenállásról kapja a meghúzó feszültséget, a második pedig az SzG4Sz (VR150) típusú stabilizátorcsőről kapja a tartófeszültséget. A 303, 262. sz. vezeték csatlakozási pontja nem elektróda, csupán egy csövön belüli rövidzár. Csak akkor kapcsolódnak össze az áramkörök, amikor a stabilizátorcső be van dugva a foglalatba. Az E564, E565 szelénoszlopok esetleges rövidzárlata esetén a J537 jelfogó tekercsein igen nagy áramok léphetnek fel. Ezek ellen véd az R22, R30 ellenállások 283. és 0. pontján két egymásnak fordított nyíllal jelölt Y1 szikraköz. Amikor a relé munkatekercesén az egyenirányító névleges áramának 150%-át meghaladó áram folyik át, a jelfogó meghúz, záródik a 261, 260 munkaáramú érintkezőpár és kinyitja a 260, 303 nyugvóáramú érintkezőpár. A tartótekercs áramot kap és kigyullad az I8 jelzőlámpa, megszakad a K515 mágneskapcsoló (5. ábra) tápáramköre a 287. sz. vezetéken és a J529 jelfogó 287-262 munkaérintkezőjén át (10.a. ábra). (A K515 mágneskapcsoló biztosítja a T526 hálózati transzformátor részére a 230/400 V-os tápfeszültséget.) A K515 mágneskapcsoló visszakapcsolásával nem áll helyre automatikusan az anódfeszültség, mert a J537 még mindig meghúzott állapotban van, mivel a 260. sz. vezetéken a J511 jelfogó 258-259 munkaérintkezőjéről tartófeszültséget kap. Az eredeti helyzet az adótápegység teljes áramtalanítása után áll csak helyre.

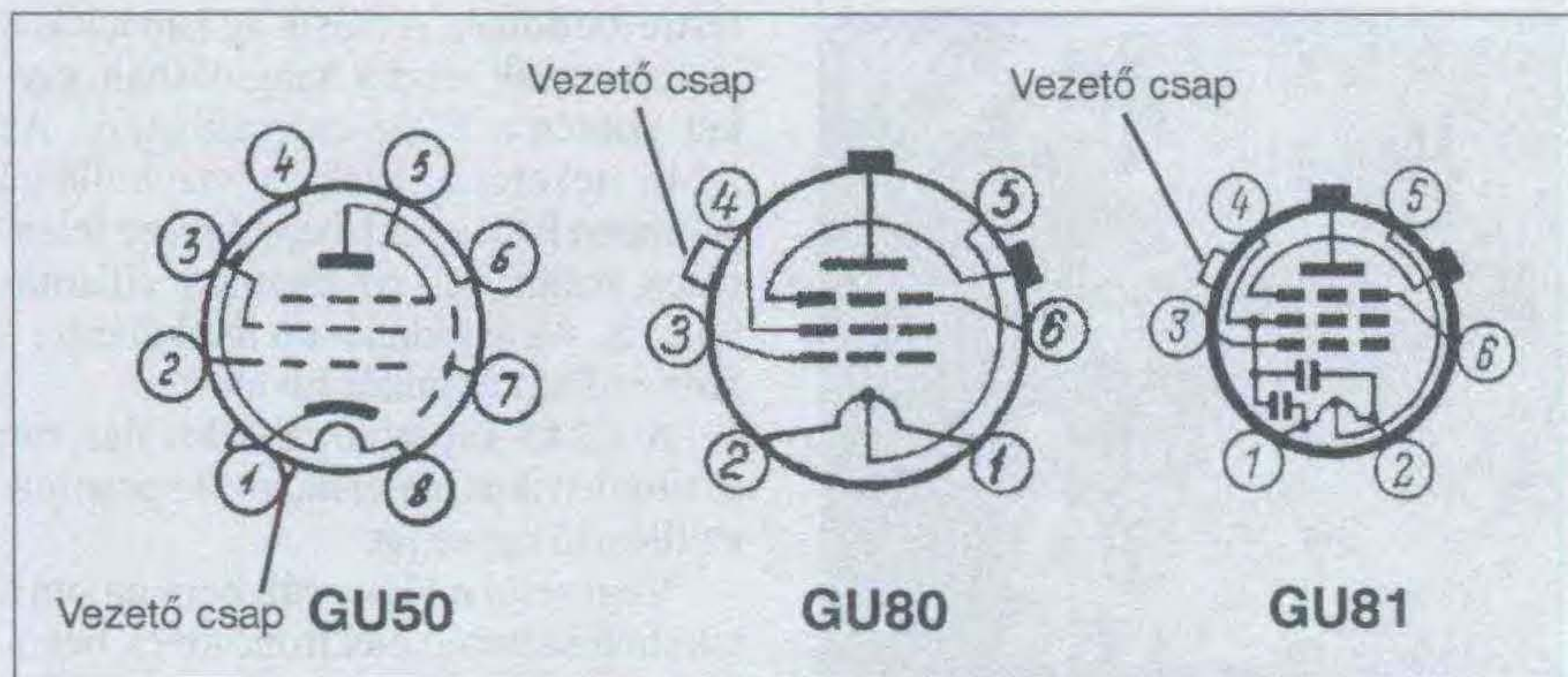
A végfok kapcsolási rajzán (8. ábra) a 62. sz. vezetékbe kapcsolt és az előlapon elhelyezett M217 műszerrel a végfok anódtápfeszültségét mérjük. A rajzon nem szerepel, de a valóságban a mérőműszer áramát az R218 sönt állítja be. A

C216 hidegítő kondenzátor. Szintén nem szerepel a rajzokon, de az 5. sz. és a 62. sz. vezetékek között, a C535 hidegítő kondenzátorral párhuzamosan kapcsolt R8, R9, és R10 ellenállásokból álló soros taggal egy állandó anódköri terhelést hoztak létre. Az R9 és az R10 közös pontjáról a 248. sz. vezetéken át az előlapon kihelyezett mérőműszerrel leolvashatjuk az anódfeszültség értékét.

A T538 transzformátor (10.b ábra) gondoskodik a végerősítő fokozat csöveinek fűtéséről. A transzformátor primer tekercse a 211 és a 237 vezetékeken át kapja meg a 230 V-os hálózati feszültséget. Az utóbbi vezetékre a B6 biztosítóról érkezik a feszültség a 212. sz. vezetéktől. A szekunder tekercs 5-6 kivezetése biztosítja a két GU80 részére a 12,6 V, 2 x 10,5 A-es fűtőáramot. A transzformátor másik szekunder tekercse az időrelé csöveinek fűtését biztosítja. (Jelen cikkben nem térünk ki az utóbbi áramkör működésének ismertetésére.)

Az antennaillesztő

A katonai hírközlésben a legritkább esetekben alkalmazunk egy-egy frekvenciára vagy szűk frekvenciasávra készített antennákat. A rendszeresített sugárzókat szinte bármely üzemi frekvenciára le kell tudni hangolni és ott azokkal összeköttetést kell prezentálni. Természetesen egy nem az üzemi frekvenciának megfelelően méretezett antenna, az ideálistól igen eltérő viselkedést, kapacitív vagy induktív jelleget mutat. Az ideálistól eltérő reaktancia kompenzálására valamint a szimmetrikus vagy aszimmetrikus táplálási mód megválasztására az R-102 adóban a végfok és az antenna között antennaillesztő fokozatot alkalmaznak. A fokozat kapcsolási rajza a 9. ábrán látható.



11. ábra. Az elektroncsövek bekötési rajza (alulnézetek)



GU50 elektroncsövek

Az illesztővel a különböző rendszeresített antennák szinte bármely üzemi frekvenciára lehangolhatók.

Az üzemi teljesítményűre erősített rádiófrekvenciás jel az Sz'-5-A és az



GU81 elektroncső és a csőfeje

Sz'-5-A csatlakozón át érkezik az illesztő fokozat bemenetére. Ha az adó szimmetrikus antennára (pl. dipólan-tenna) dolgozik, akkor az antennacsatolást az ellenütemű rezgőkör mindkét ágáról a K188, K214 kapcsolókkal biztosítjuk. Aszimmetrikus antenna esetén a K234 kapcsolót átváltva, a meghajtó jelet a K214-ről vezetjük le. A két végsőnek közös a rezgőköre, ezért mindkét cső azonos terhelést kap ebben az esetben is.

Szimmetrikus antennák hangolása-akor az illesztő két teljesen egyforma, mechanikusan összekapcsolt ágból áll. Az L233 hangolható tekercs és a C235...C237 kondenzátorok alkotják az egyik, az L249 hangolható induktivitás és a C246...C248 alkotják a másik ágat. A K238 kapcsolóval a soros kapacitásokat váltjuk. A kapcsoló az 1. állását követően sorban rövidebbre zárja a kondenzátorokat. Tehát a legnagyobb soros kapacitást az 1. állásban kapjuk. Az antennakör finomhangolását a közös tengelyen lévő L233, L249-cel végezzük. Nagy impedanciájú antennák esetében a K242 kapcsoló segítségével a C239...C241 kapacitásokat lehet párhuzamosan kapcsolni az antennával. Helyesen behangolt antenna esetében a tápvonal két ágában maximális és egyforma nagyságú áram folyik. Az egyik ágban a tápvonalra tekercselt L250 induktivitás áramtranszformátort alkot. Az indukált feszültség az R251, R252 ellenállásokon át az E255, E256 diódákra kerül. A keletkezett egyenfeszültséget az M259 műszerrel indikáljuk.

Szimmetrikus antennával történő üzemelés során a K234 kapcsolónak „SZIM”, a K244-nek „1” helyzetben kell lennie. Aszimmetrikus antennák alkalmazásakor a K234-et „ASZIM” helyzetbe kapcsoljuk. Ilyenkor az L233, L249 tekercsek sorba kapcsolódnak, a C235...C237 kondenzátorok a testre záródnak. A másik ág kapacitásai vesznek csak részt a hangolásban, ezeket szintén a K238-cal válthatjuk. Az L245 tekercset csak hosszúhullámú üzemben kapcsoljuk be, mivel ez jelentősen megnöveli az antenna villamos hosszát. Az antennaáram indikálására a fent említett áramkör hivatott.

A K243 kapcsolóval a kiválasztott aszimmetrikus antennához kapcsoljuk az illesztő egységet.

Végezetül a 11. ábrán bemutatom a cikkben szereplő elektroncsövek bekötési rajzát.

Alkatrészadatok

5. táblázat

A 2. ábrához tartozó alkatrészek			
Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
0C 1	Kondenzátor	1 μ F	1 db
0M 1	Hőelemes ampermérő	5 A	1 db
0P 1	Jelfogó	N a.	1 db
0R 2	Ellenállás	3000	1 db
0R 3	Ellenállás	1,56	1 db
0R 4	Ellenállás	0,15	1 db
0R 5	Ellenállás	32	1 db
0R 6	Ellenállás	6800	1 db
0R 7	Ellenállás	2400	1 db
2C 1	Kondenzátor	30 pF	1 db
2C 2	Kondenzátor	90 pF	1 db
2C 3	Kondenzátor	390 pF	1 db
2C 4	Kondenzátor	6800 pF	1 db
2C 5	Kondenzátor	10000 pF	1 db
2C 6	Kondenzátor	6800 pF	1 db
2C 7	Kondenzátor	6800 pF	1 db
2C 8	Kondenzátor	50 pF	1 db
2C 9	Kondenzátor	33 pF	1 db
2C 10	Kondenzátor	50 pF	1 db
2C 11	Kondenzátor	220 pF + 150 pF + 2x68 pF + 33 pF	5 db párhuzamosan kapcsolva
2C 12	Kondenzátor	50 pF	1 db
2C 13	Kondenzátor	33 pF	1 db
2C 14	Kondenzátor	100 pF	1 db
2C 15	Kondenzátor	10000 pF	1 db
2C 16	Kondenzátor	6800 pF	1 db
2C 17	Kondenzátor	6800 pF	1 db
2C 18	Kondenzátor	10000 pF	1 db
2C 19	Kondenzátor	1800 pF	1 db
2C 20	Kondenzátor	30 pF	1 db
2C 21	Kondenzátor	15 pF	1 db
2C 22	Kondenzátor	30 pF	1 db
2C 23	Kondenzátor	5x68 pF	5 db párhuzamosan kapcsolva
2C 24	Kondenzátor	30 pF	1 db
2C 25	Kondenzátor	33 pF	1 db
2C 26	Kondenzátor	1280 pF	1 db
2C 27	Kondenzátor	10000 pF	1 db
2C 28	Kondenzátor	323 pF	1 db
2C 29	Kondenzátor	50000 pF	1 db
2DL 1	Fojtó	N a.	1 db
2DL 2	Fojtó	N a.	1 db
2L 1	Induktivitás	N a.	1 db
2L 2	Induktivitás	N a.	1 db
2L 3	Variométer	N a.	1 db
2L 4	Variométer	N a.	1 db
2L 5	Induktivitás	N a.	1 db
2L 6	Induktivitás	N a.	1 db
2M 1	Milliampermérő	500 mA	1 db

2R 1	Ellenállás	33 k	1 db
2R 2	Ellenállás	3	1 db
2R 3	Ellenállás	82	1 db
2R 4	Ellenállás	30 k	1 db
2R 5	Potenciométer	470 k	1 db
2R 6	Ellenállás	2 k	1 db
2R 7	Potenciométer	5 k	1 db
2R 8	Ellenállás	51	1 db
2R 9	Ellenállás	5,1 k	1 db
2R 10	Ellenállás	5 k	1 db
2R 11	Ellenállás	4	1 db
2R 12	Ellenállás	82	1 db
2R 13	Ellenállás	5 k	1 db
2V 1	Elektroncső	GU50	1 db
2V 2	Elektroncső	GU81	1 db
3C 1	Kondenzátor	10000 pF	1 db
3C 2	Differenciál kondenzátor	N a.	1 db
3C 3	Kondenzátor	8x15 pF + 2x33 pF	10 db párhuzamosan kapcsolva
3C 4	Kondenzátor	8x15 pF + 2x33 pF	10 db párhuzamosan kapcsolva
3C 5	Kondenzátor	2x47 pF	2 db párhuzamosan kapcsolva
3C 6	Kondenzátor	2x33 pF	2 db párhuzamosan kapcsolva
3C 7	Kondenzátor	47 pF + 33 pF	2 db párhuzamosan kapcsolva
3C 8	Kondenzátor	47 pF + 33 pF	2 db párhuzamosan kapcsolva
3C 9	Kondenzátor	10000 pF	1 db
3C 10	Kondenzátor	10000 pF	1 db
3D 1	Dióda	D2z	1 db
3D 2	Dióda	D2z	1 db
3L 1	Fojtó	N a.	1 db
3L 2	Variométer	N a.	1 db
3L 3	Induktivitás	N a.	1 db
3M 1	Milliampermérő	1 mA	1 db
3R 1	Ellenállás	51	1 db
3R 2	Ellenállás	4,7 k	1 db
3R 3	Ellenállás	8,2 k	1 db
3R 4	Ellenállás	150	1 db
4Tr 3	Kimenőtranszformátor	N a.	1 db
A 3. ábrához tartozó alkatrészek			
Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
OR 6	Ellenállás	200	1 db
OR 7	Ellenállás	2x7,5 k	1 db
OR 8	Ellenállás	10 k	1 db
OR 9	Ellenállás	200	1 db
5C 5	Kondenzátor	4x2 μF/1500 V	4 db
5C 6	Kondenzátor	4x2 μF/1500 V	4 db
5C 7	Kondenzátor	0,5 μF/600 V	1 db
5C 8	Kondenzátor	5100 pF	1 db
5C 9	Kondenzátor	2200 pF	1 db
5C 10	Kondenzátor	2200 pF	1 db

5D 1	Szelén egyenirányító	40 V/6 A	1 db
5D 2	Dióda Ge	N a.	1 db
5D 4	Szelén egyenirányító	500 V/0,4 A	1 db
5D 5	Szelén egyenirányító	1000 V/0,4 A	1 db
5G 13	Fojtótekerics	6,5 Hy/0,47 A	1 db
5G 14	Fojtótekerics	3 Hy/0,47 A	1 db
5M 1	Árammérő	20 A	1 db
5M 2	Feszültségmérő	50 V	1 db
5R 1	Sönt	20 A-re	1 db
5R 2	Ellenállás	0,3	1 db
5R 3	Ellenállás	0,3	1 db
5R 4	Ellenállás	80	1 db
5R 5	Ellenállás	26500	1 db
5R 6	Ellenállás	600	1 db
5R 7	Ellenállás	5900	1 db
5R 12	Ellenállás	80	1 db
5R 13	Ellenállás	5,6	1 db
5Tr 1	Transzformátor	717 VA	1 db
5Tr 2	Transzformátor	1,24 kVA	1 db
5W 1	Kapcsoló	250 V/10 A	1 db
5W 2	Védőautomata	10 A	1 db
5W 4	Védőautomata	10 A	1 db
5W 5	Kapcsoló	250 V/10 A	1 db
5W 6	Védőautomata	10 A	1 db
5W 7	Védőautomata	5 A	1 db
5W 8	Kapcsoló	250 V/20 A	1 db
5W 9	Kapcsoló	250 V/20 A	1 db
5W 11	Védőautomata	15 A	1 db
5Z 1	Jelzőlámpa	26 V/0,15 A	1 db
5Z 2	Jelzőlámpa	26 V/0,15 A	1 db
5Z 5	Jelzőlámpa	26 V/0,15 A	1 db
5Z 6	Jelzőlámpa	26 V/0,15 A	1 db
6B 1	Biztosító	5 A	1 db
6B 2	Biztosító	5 A	1 db
6B 3	Biztosító	2 A	1 db
6B 4	Biztosító	0,5 A	1 db
6B 5	Biztosító	0,5 A	1 db
6B 7	Biztosító	3 A	1 db
6C 1	Kondenzátor	20 μF/400 V	1 db
6C 2	Kondenzátor	20 μF/400 V	1 db
6C 3	Kondenzátor	20 μF/400 V	1 db
6C 4	Kondenzátor	20 μF/400 V	1 db
6C 5	Kondenzátor	20 μF/400 V	1 db
6C 6	Kondenzátor	20 μF/400 V	1 db
6C 7	Kondenzátor	10 μF/600 V	1 db
6C 8	Kondenzátor	0,025 μF/600 V	1 db
6C 9	Kondenzátor	0,025 μF/600 V	1 db
6C 10	Kondenzátor	0,5 μF/600 V	1 db
6C 11	Kondenzátor	10 μF/600 V	1 db
6C 12	Kondenzátor	10 μF/600 V	1 db
6C 13	Kondenzátor	10 μF/600 V	1 db
6C 14	Kondenzátor	5100 pF	1 db
6C 15	Kondenzátor	2200 pF	1 db
6C 16	Kondenzátor	2200 pF	1 db
6C 17	Kondenzátor	10 μF/600 V	1 db
6D 1	Szelén egyenirányító	N a.	1 db

6D 2	Szelén egyenirányító	4 V/11 A	1 db
6D 3	Szelén egyenirányító	26 V/4,5 A	1 db
6D 4	Dióda Ge	N a.	1 db
6D 5	Szelén egyenirányító	270 V/0,1 A	1 db
6D 6	Szelén egyenirányító	322 V/0,1 A	1 db
6D 7	Szelén egyenirányító	310 V/0,05 A	1 db
6D 8	Szelén egyenirányító	320 V/0,05 A	1 db
6D 9	Szelén egyenirányító	250 V/0,005 A	1 db
6D 10	Szelén egyenirányító	600 V/0,2 A	1 db
6D 17	Kondenzátor	10 μF/600 V	1 db
6DL 1	Fojtótekerics	12 Hy/0,1 A	1 db
6DL 2	Fojtótekerics	12 Hy/0,1 A	1 db
6DL 3	Fojtótekerics	12 Hy/0,1 A	1 db
6DL 4	Fojtótekerics	12 Hy/0,1 A	1 db
6DL 5	Fojtótekerics	0,8 A	1 db
6DL 6	Fojtótekerics	5 Hy/0,2 A	1 db
6M 1	Árammérő	20 A	1 db
6M 2	Feszültségmérő	50 V	1 db
6N 1	Glimmlámpa	MN5	1 db
6N 2	Glimmlámpa	MN5	1 db
6N 3	Glimmlámpa	MN5	1 db
6N 4	Glimmlámpa	MN5	1 db
6N 5	Glimmlámpa	MN5	1 db
6N 6	Glimmlámpa	MN5	1 db
6N 7	Glimmlámpa	MN5	1 db
6P 8	Túlterhelés jelfogó	0,25 A	1 db
6R 2	Ellenállás	80	1 db
6R 3	Ellenállás	56 k	1 db
6R 4	Sönt	20 A-re	1 db
6R 5	Ellenállás	100 k	1 db
6R 6	Ellenállás	23000	1 db
6R 7	Ellenállás	100 k	1 db
6R 8	Ellenállás	53000	1 db
6R 10	Ellenállás	33000	1 db
6R 11	Ellenállás	100 k	1 db
6R 14	Ellenállás	100 k	1 db
6R 15	Ellenállás	100 k	1 db
6R 16	Ellenállás	24 k	1 db
6R 17	Ellenállás	100 k	1 db
6R 18	Ellenállás	510 k	1 db
6R 19	Ellenállás	270 k	1 db
6R 20	Ellenállás	68 k	1 db
6R 21	Potenciométer	47 k	1 db
6R 22	Ellenállás	100 k	1 db
6R 23	Ellenállás	30	1 db
6R 25	Ellenállás	10...20 k	1 db
6R 26	Potenciométer	500 k	1 db
6R 27	Ellenállás	80	1 db
6R 29	Ellenállás	51	1 db
6R 30	Ellenállás	51000	1 db
6R 31	Ellenállás	30 k	1 db
6R 32	Ellenállás	62 k	1 db
6R 33	Ellenállás	100 k	1 db

6R 34	Ellenállás	5100	1 db
6Tr 1	Transzformátor	1700 VA	1 db
6Tr 2	Áramváltó	20 A	1 db
6Tr 3	Transzformátor	170 VA	1 db
6Tr 5	Transzformátor	108 VA	1 db
6Tr 6	Transzformátor	0,5 VA	1 db
6Tr 7	Transzformátor	280 VA	1 db
6V 1	Elektroncső	SzG3Sz	1 db
6V 2	Elektroncső	GU50	1 db
6V 3	Elektroncső	12Z1L	1 db
6V 4	Elektroncső	12Z1L	1 db
6V 5	Elektroncső	6N7S	1 db
6W 1	Kapcsoló	250 V/10 A	1 db
6W 2	Védőautomata	5 A	1 db
6W 4	Kapcsoló	220 V/2 A	1 db
6W 5	Kapcsoló	40 V/15 A	1 db
6Z 1	Jelzőlámpa	26 V/0,15 A	1 db
6Z 2	Jelzőlámpa	26 V/0,15 A	1 db
6Z 3	Jelzőlámpa	26 V/0,15 A	1 db
6Z 4	Jelzőlámpa	26 V/0,15 A	1 db

A 4. ábrához tartozó alkatrészek

Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
C 91	Kondenzátor	8...30 pF	1 db
C 93	Kondenzátor	6800 pF	1 db
R 94	Ellenállás	22000	1 db
C 96	Kondenzátor	82 pF	1 db
V 97	Elektroncső	GU50	1 db
C 98	Kondenzátor	6800 pF	1 db
R 99	Ellenállás	33000	1 db
C 100	Kondenzátor	10000 pF	1 db
C 101	Kondenzátor	...40 pF	1 db
C 102	Kondenzátor (4 db)	480 pF	1 db válogatni
C 103	Kondenzátor	...40 pF	1 db
C 104	Kondenzátor	...40 pF	1 db
L 106	Variométer	9,8...47 μ Hy	1 db
L 107	Fojtótekerics	N a.	1 db
L 108	Fojtótekerics	N a.	1 db
C 109	Kondenzátor	15 pF	1 db
C 110	Kondenzátor	6800 pF	2 db
R 111	Ellenállás	22000	1 db
C 112	Kondenzátor	6800 pF	1 db
V 113	Elektroncső	GU50	2 db
C 114	Kondenzátor	6800 pF	2 db
R 115	Ellenállás	4700	1 db
L 116	Variométer	9,8...47 μ Hy	1 db
L 117	Fojtótekerics	N a.	1 db
L 118	Fojtótekerics	N a.	1 db
L 119	Fojtótekerics	N a.	1 db
L 120	Fojtótekerics	N a.	1 db
L 121	Fojtótekerics	N a.	1 db
L 122	Variométer	9,8...47 μ Hy	1 db
C 123	Kondenzátor	10000 pF	1 db
C 124	Kondenzátor	...40 pF	1 db
C 125	Kondenzátor	...20 pF	1 db
C 127	Kondenzátor	...40 pF	1 db
C 128	Kondenzátor	400 pF	1 db válogatni
C 129	Kondenzátor	400 pF	1 db válogatni

C 130	Kondenzátor	68 pF	1 db válogatni
C 131	Kondenzátor	22 pF	1 db
C 132	Kondenzátor	...20 pF	1 db
R 133	Ellenállás	10000	1 db
L 134	Fojtótekerics	N a.	1 db
C 135	Kondenzátor	6800 pF	1 db
C 136	Kondenzátor	6800 pF	1 db
C 137	Kondenzátor	22 pF	1 db
R 138	Ellenállás	10000	1 db
L 139	Fojtótekerics	N a.	1 db
C 140	Kondenzátor	68 pF	1 db válogatni
R 142	Ellenállás	220	1 db
R 143	Potenciométer	2x3100	1 db
L 144	Fojtótekerics	N a.	1 db
R 145	Ellenállás	220	1 db
R 148	Sönt	100 mA-re	1 db
R 150	Sönt	250 mA-re	1 db
J 151	Jelfogó	N a.	1 db
R 153	Sönt	50 mA-re	1 db
C 154	Kondenzátor	10000 pF	1 db
M 155	Milliampermérő	0...5 mA	1 db
R 159	Ellenállás	51	1 db
R 160	Ellenállás	51	1 db

Az 5. ábrához tartozó alkatrészek

Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
B 1	Olvadóbetét	20 A	1 db
I 1	Glimmlámpa	MN-5	3 db
R 1	Ellenállás	0,1 M	3 db
B 2	Olvadóbetét	20 A	1 db
B 3	Olvadóbetét	20 A	1 db
I 5	Izzó	26 V/0,15 A	1 db
R 5	Ellenállás	0,6	1 db
I 6	Izzó	26 V/0,15 A	1 db
R 21	Ellenállás	5,6	1 db
R 29	Ellenállás	51	1 db
T 510	Transzformátor	M4-1-20A	1 db
J 511	Túláram relé	400 mA	1 db
E 514	Szelén egyenirányító	350 V/0,1 A	1 db
C 516	Kondenzátor	450 M	2 db
L 517	Fojtótekerics	12 Hy/0,1 A	1 db
T 518	Transzformátor	U1=220 V, U2=248 V, U3=260 V	1 db
L 519	Fojtótekerics	12 Hy/0,1 A	1 db
C 520	Kondenzátor	600 N	3 db
T 521	Transzformátor	U1=220 V, U2=65 V, U3=6,5 V	1 db
T 522	Transzformátor	U1=220/380 V, U2=513 V	1 db
E 545	Szelén egyenirányító	14 V/0,075 A	1 db
E 563	Szelén egyenirányító	125 V/0,3 A	1 db

A 6. ábrához tartozó alkatrészek

Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
R 371	Ellenállás	3,75	1 db
R 372	Ellenállás	5	1 db
R 373	Ellenállás	0,3	1 db

R 374	Ellenállás	0,3	1 db
R 375	Ellenállás	1000	1 db
R 376	Ellenállás	1000	1 db
R 377	Ellenállás	70	1 db
S 386	Motor	Ventilátor	1 db
R 390	Ellenállás	10000	1 db
R 394	Ellenállás	10000	1 db
R 395	Potenciométer	22	1 db
R 396	Ellenállás	33000	1 db

A 7. ábrához tartozó alkatrészek

Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
C 1	Kondenzátor	0,05 M	1 db
C 2	Kondenzátor	0,1 M	2 db párhuzamosan kapcsolva
I 2	Glimmlámpa	MN-5	6 db
R 2	Ellenállás	0,1 M	6 db
C 3	Kondenzátor	0,1 M	1 db
R 3	Potenciométer	47 k	1 db
V 3	Elektroncső	6N1P	1 db
B 4	Olvadóbetét	6 A	1 db
C 4	Kondenzátor	0,025 M	1 db
R 4	Ellenállás	1,5 M	1 db
V 4	Elektroncső	SzG4Sz	1 db
B 5	Olvadóbetét	6 A	1 db
B 6	Olvadóbetét	10 A	1 db
B 7	Biztosító	1 A	1 db
R 7	Ellenállás	15 k	2 db párhuzamosan kapcsolva
B 8	Biztosító	0,5 A	1 db
R 8	Ellenállás	51	1 db
B 9	Biztosító	5 A	1 db
B 10	Biztosító	2 A	1 db
V 10	Elektroncső	6N1P	1 db
B 11	Biztosító	0,5 A	1 db
V 11	Elektroncső	6N1P	1 db
B 12	Biztosító	1 A	1 db
V 12	Elektroncső	6N1P	1 db
V 15	Elektroncső	6N1P	1 db
R 16	Ellenállás	97,2 k	1 db
R 17	Ellenállás	97,2 k	1 db
R 18	Ellenállás	10 k	1 db
R 19	Ellenállás	43 k	1 db
R 20	Ellenállás	43 k	1 db
R 23	Ellenállás	850	1 db
R 24	Ellenállás	4,3 k	1 db
R 25	Ellenállás	470 k	1 db
R 26	Ellenállás	470 k	1 db
R 27	Ellenállás	10 k	1 db
R 28	Ellenállás	15 k	1 db
R 31	Ellenállás	65 k	1 db
R 32	Ellenállás	8,2 k	1 db
R 215	Ellenállás	110 k	1 db
J 512	Időrelé	15 mA	1 db
C 546	Kondenzátor	450 M	2 db
C 551	Kondenzátor	450 M	2 db
E 552	Szelén egyenirányító	27 V/6 A	1 db

E 553	Szelén egyenirányító	350 V/0,1 A	4 db
E 554	Szelén egyenirányító	351 V/0,1 A	2 db
L 555	Fojtótekerics	12 Hy/0,1 A	1 db
T 556	Transzformátor	U1=220 V, U2=330 V, U3=398 V	1 db
L 557	Fojtótekerics	12 Hy/0,1 A	1 db
T 558	Transzformátor	U1=220 V, U2=248 V, U3=260 V	1 db
T 559	Transzformátor	U1=220 V, U2=20 V, U3=6,5 V	1 db
E 560	Szelén egyenirányító		1 db
T 561	Transzformátor	U1=220/380 V, U2=21,7 V, U3=14 V, U4=24 V, U5=129 V	1 db
E 562	Kuprox egyenirányító		1 db
E 563	Szelén egyenirányító	125 V/0,3 A	12 db
T 583	Fojtótekerics		1 db
T 584	Transzformátor		1 db

A 8. ábrához tartozó alkatrészek

Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
L 166	Fojtó	N a.	1 db
R 167	Ellenállás	20	1 db
R 168	Ellenállás	0,2 M	1 db
C 169	Kondenzátor	400...600 pF	1 db csőfejbe építve
C 170	Kondenzátor	400...600 pF	1 db csőfejbe építve
C 171	Kondenzátor	400...600 pF	1 db csőfejbe építve
C 172	Kondenzátor	1000 pF	1 db
C 173	Kondenzátor	10000 pF	1 db
C 174	Kondenzátor	18000 pF	1 db
C 175	Kondenzátor	18000 pF	1 db
C 176	Kondenzátor	400...600 pF	1 db csőfejbe építve
V 178	Elektroncső	GU80	1 db
L 181	Variométer	5,5...47 μ Hy	1 db
L 182	Rezgőköri tekerics	N a.	1 db
C 184	Kondenzátor	300 pF	2 db párhuzamos
C 185	Kondenzátor	1700 pF	1 db a C187-hez tartozik
C 186	Kondenzátor	150 pF	1 db
C 187	Kapacitív osztó		1 db
1		4200 pF	1 db
2		14200 pF	1 db
3		11000 pF	1 db
4		8500 pF	1 db
5		6500 pF	1 db
6		5000 pF	1 db
7		4000 pF	1 db

8		3000 pF	1 db
9		2300 pF	1 db
10		1800 pF	1 db
11		1400 pF	1 db
R 189	Ellenállás	0,47 M	1 db
L 190	Fojtó	N a.	1 db
R 191	Ellenállás	20	1 db
C 192	Kondenzátor	400...600 pF	1 db csőfejbe építve
C 193	Kondenzátor	400...600 pF	1 db csőfejbe építve
C 194	Kondenzátor	400...600 pF	1 db csőfejbe építve
C 195	Kondenzátor	1000 pF	1 db
C 196	Kondenzátor	10000 pF	1 db
C 197	Kondenzátor	18000 pF	1 db
C 198	Kondenzátor	18000 pF	1 db
C 199	Kondenzátor	400...600 pF	1 db csőfejbe építve
V 203	Elektroncső	GU80	1 db
C 204	Kondenzátor	0,1 μ F/2,5 kV	1 db
L 205	Fojtó	N a.	1 db
R 206	Ellenállás	22000	1 db
L 207	Rezgőköri tekerics	N a.	1 db
L 208	Variométer	5,5...47 μ Hy	1 db
C 210	Kondenzátor	1700 pF	1 db a C187-hez tartozik
C 211	Kondenzátor	300 pF	2 db párhuzamos
C 212	Kapacitív osztó		1 db
1		4200 pF	1 db
2		14200 pF	1 db
3		11000 pF	1 db
4		8500 pF	1 db
5		6500 pF	1 db
6		5000 pF	1 db
7		4000 pF	1 db
8		3000 pF	1 db
9		2300 pF	1 db
10		1800 pF	1 db
11		1400 pF	1 db
C 213	Kondenzátor	150 pF	1 db
R 215	Ellenállás	0,47 M	1 db
C 216	Kondenzátor	10000 pF	1 db
M 217	Mérőműszer	2 A	1 db
L 219	Fojtó	Fojtó	1 db
R 220	Sönt	250 mA-re	1 db
R 223	Sönt	250 mA-re	1 db
L 224	Fojtó	N a.	1 db
L 225	Fojtó	N a.	1 db
R 227	Ellenállás	20	1 db
R 228	Ellenállás	20	1 db

A 9. ábrához tartozó alkatrészek

Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
L 233	Változtatható ind.	...34 μ Hy	1 db bal tekercselésű

C 235	Kondenzátor	99 pF	3 db párhuzamosan kapcsolva
C 236	Kondenzátor	168 pF	3 db párhuzamosan kapcsolva
C 237	Kondenzátor	235 pF	5 db párhuzamosan kapcsolva
C 239	Kondenzátor	33 pF	4 db, 2 db sorbakapcsolva
C 240	Kondenzátor	56 pF	4 db, 2 db sorbakapcsolva
C 241	Kondenzátor	66 pF	2 db párhuzamosan kapcsolva
L 245	Induktivitás	22 μ Hy	1
C 246	Kondenzátor	235 pF	5 db párhuzamosan kapcsolva
C 247	Kondenzátor	168 pF	3 db párhuzamosan kapcsolva
C 248	Kondenzátor	99 pF	3 db párhuzamosan kapcsolva
L 249	Változtatható ind.	...34 μ Hy	1 db jobb tekercselésű
L 250	Áramváltó	N a.	1 db
R 251	Ellenállás	4300	1 db
R 252	Ellenállás	4300	1 db
C 253	Kondenzátor	20 pF	1 db
C 254	Kondenzátor	20 pF	1 db
E 255	Dióda	D2E	1 db
E 256	Dióda	D2E	1 db
C 257	Kondenzátor	180 pF	1 db
R 258	Potenciométer	1000	1 db
M 259	Milliampermérő	0...1 mA	1 db

A 10.a. ábrához tartozó alkatrészek

Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
I 7	Izzó	26 V/0,15 A	1 db
R 29	Ellenállás	51	1 db
T 526	Transzformátor	U1=220/380 V, U2=2000 V	1 db
J 529	Relé	N a.	1 db
E 563	Szelén egyenirányító	195 V/0,3 A	1 db

A 10.b. ábrához tartozó alkatrészek

Tétel-szám	Megnevezés	Érték	Mennyiség
I 8	Izzó	26 V/0,15 A	1 db
V 9	Elektroncső	SzG4Sz	1 db
R 22	Ellenállás	1,4	1 db
R 30	Ellenállás	0,7	1 db
J 529	Túláram relé	N a.	1 db
L 533	Fojtótekerics	1,2 Hy/1,2 A	1 db
L 534	Fojtótekerics	1,2 Hy/1,2 A	1 db
T 538	Transzformátor	U1=220 V, U2=14,5 V, U3=6,3 V	1 db
E 565	Szelén egyenirányító	195 V/0,3 A	1 db

Sok kis kapcsolás

Hobby Elektronika című folyóiratunk első (1990. júniusi) számától igen nagy népszerűségnek örvendett, az abban rendszeresen jelentkező „skk – sok kis kapcsolás” rovat. Napjainkban ezen régebbi számok gyakorlatilag beszerezhetetlenek és a közismert mottó – Egy újszülöttnék minden vicc új! – elektronikabeli variánsa is igaz.

Évkönyvünkben most továbbfolytatjuk a régebbi Hobby Elektronika évfolyamok skk-tallózását.

Műveletierősítő-vizsgáló

Műveleti erősítők egyszerű (megy – nem megy típusú) vizsgálatát teszi lehetővé az 1. ábra kapcsolása. Az IC, a tőle balra ábrázolt passzív elemekkel, egy szabadon rezgő (billegő) áramkört, ún. astabil multivibrátort alkot. A kimenete az 1 kohmos ellenálláson át egy antiparalel LED-párt hajt meg.

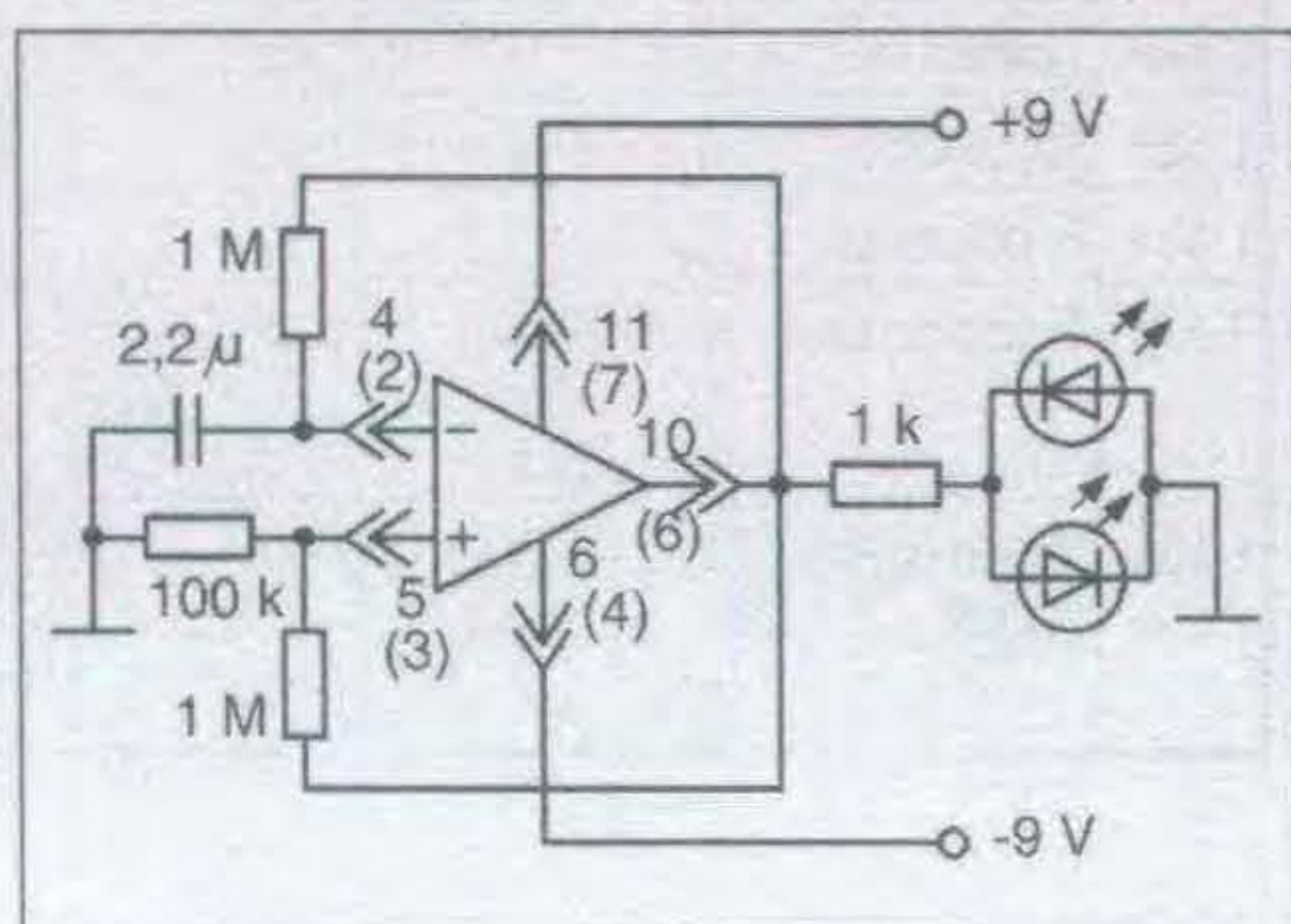
Jó IC esetén a LED-ek ellenütemben villognak. Hibás IC esetén a LED-ek vagy nem világítanak, vagy pl. az egyik folyamatosan ég, észrevehetően aszimmetrikus világítási idők esetén pedig az IC ofszet-feszültsége nagy.

Az ábrán a zárójel nélküli lábszámozás a 14 kivezetéses dual-in-line, azaz a DIL-tokozásra, a zárójeles lábszámozás a nyolclábú (kerek) fém vagy műanyag tokozásra utal.

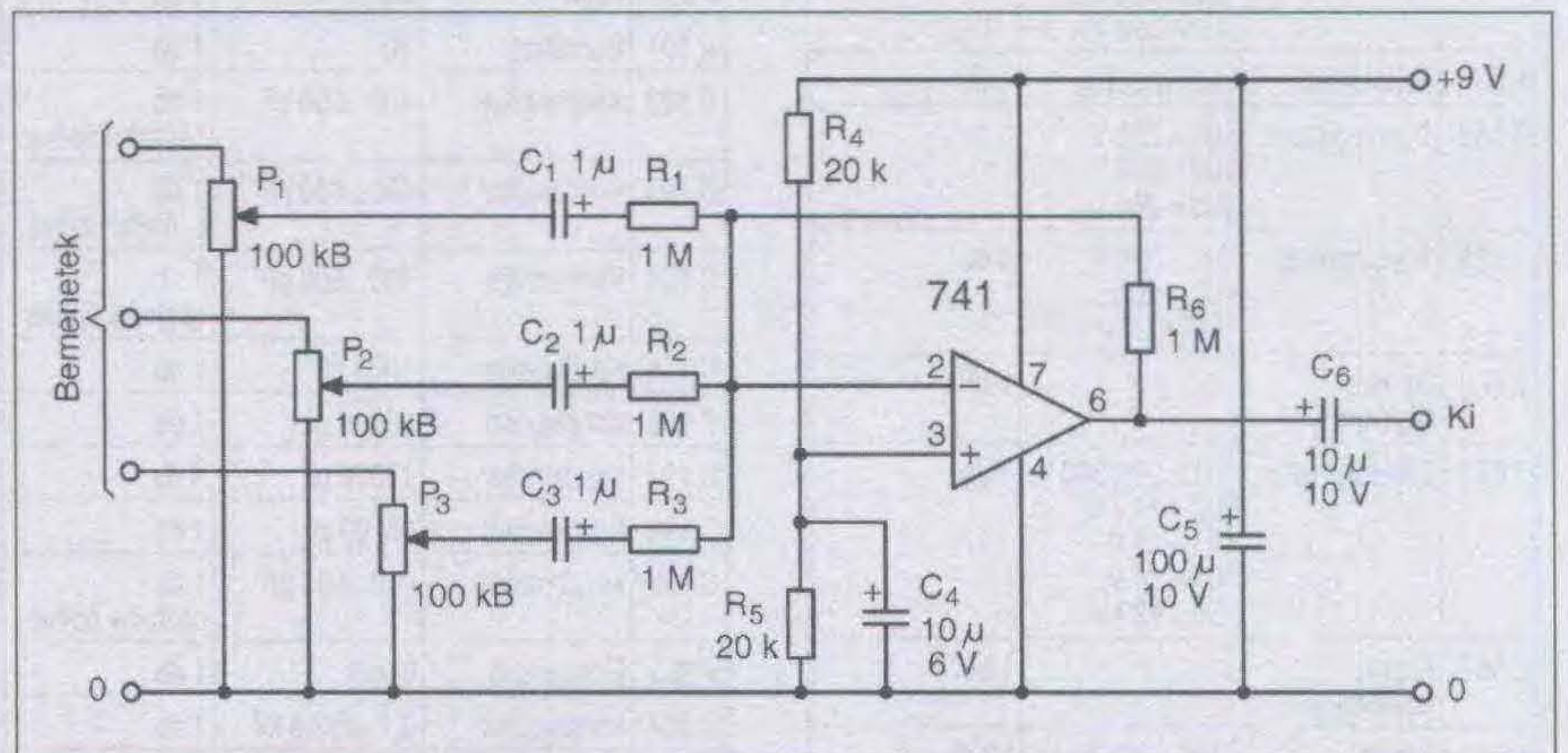
Hangkeverő előerősítő

Három hangfrekvenciás jel keverésére szolgál, s például egy egyszerű diszkópultban alkalmazható a 2. ábrán vázolt erősítő.

A műveleti erősítő IC invertáló kapcsolásban működik. Az 1 Mohmos ellenállások közös pontja (az IC invert



1. ábra



2. ábra

bemenete) az ún. virtuális földpont (közel nulla impedanciás pont). E ponton gyakorlatilag egymásrahatás nélkül összegződnek a bemeneti jelek.

Az egytelepes táplálás érdekében az IC neminvertáló bemenetét, s így a kimenetét is az R_4 és R_5 állítják be féltápfeszültségre. A tápfeszültség maximum 24 V lehet, ez esetben javul a kivezérelhetőség és a torzítás. A kondenzátorok szerepe az egyenáramú leválasztás, ill. a szűrés. (A lábszámok 8 kivezetésű IC-tokozásra vonatkozik.)

HF-végerősítő TDA7052-vel

A Philips cég TDA7052 típusjelű integrált áramköre nyolclábú pasztik (DIP-8) tokban egy hídkapcsolású kimenettel és (az ajánlásából vélhető) műveletierősítő-jellegű bemenettel rendelkező hangfrekvenciás végfokozatot tartalmaz (3. ábra). Mint látható, az IC a működtetéséhez mindössze 3 db passzív alkatrészt igényel, amelyek névértéke egyébként széles határok között változhat.

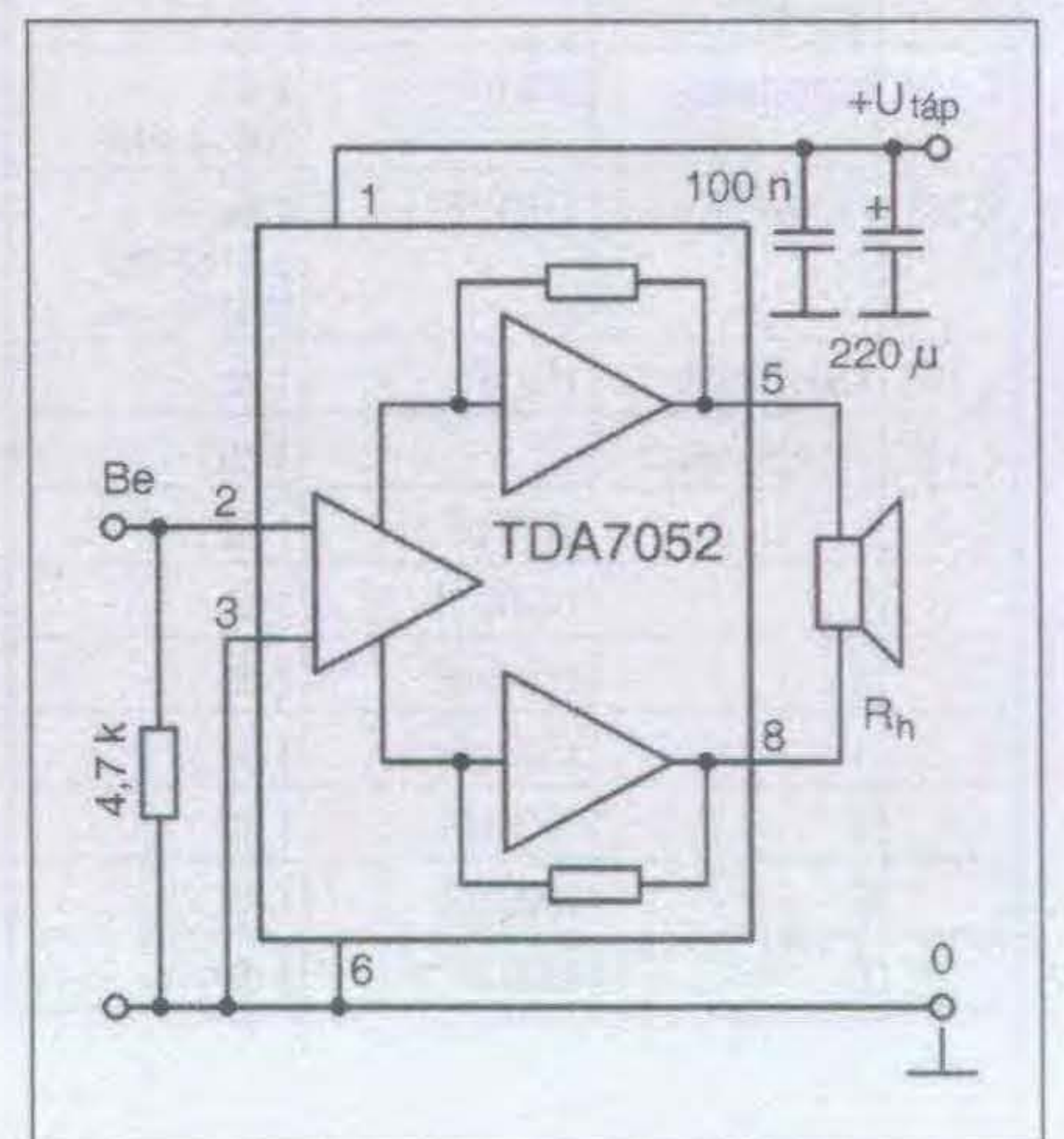
Az $U_{táp}$ tápfeszültség határai 3 V, ill. 15 V, de kivezérlés nélkül az IC 18 V-ig még nem károsodik. 6 V-ról a nyugalmi áramfelvétel tipikusan 4 mA, legfeljebb 8 mA. Ugyancsak 6 V-tal táplálva, az $R_h = 8$ ohmos hangszórót 1,2 W hajtja meg. Fele mértékű kivezérlés esetén a torzítás tipikusan 0,2%, legfeljebb 1%.

Az erősítés értéke 40 ± 1 dB. Az IC bemeneti impedanciája kb. 100 kohm, a sáv szélessége 20 Hz...20 kHz.

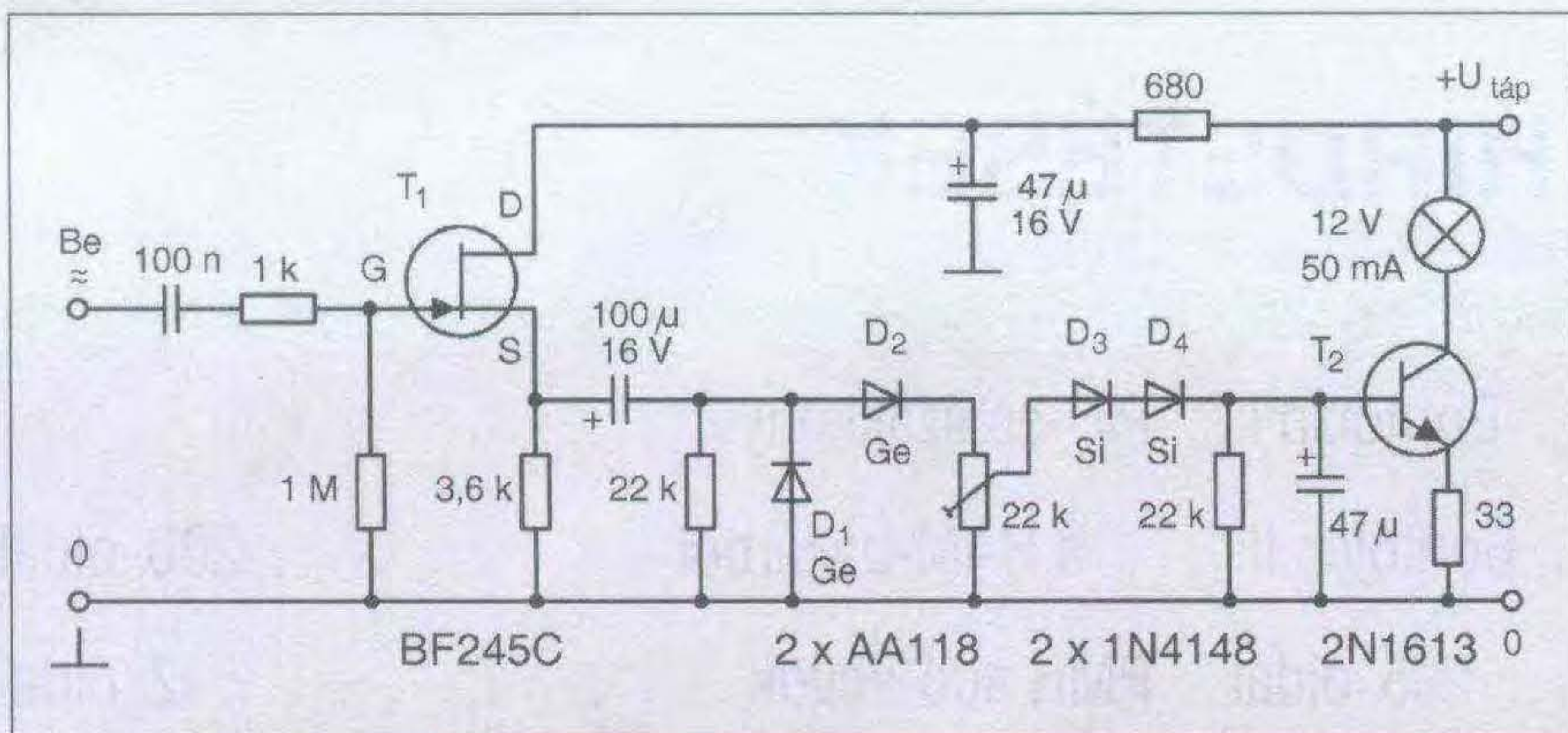
Túlvezérlés-indikátor izzóval

Hangfrekvenciás erősítőknél a torzítás megelőzése érdekében fontos a kivezérlési határ betartása. A 4. ábra szerint megépített áramkör érzékeli, s az izzó fel-felvillogó fényével jelzi a túlvezérlést. Célszerű az áramkör használata összetett hangkeverési feladatok megoldása során, hiszen ilyenkor meglehetősen megoszlik a figyelem a számos kezelőszerv és indikátor között.

A T1-gyel felépített source-követő kimeneti jelét egyenirányítjuk (D_1 és D_2). Mihelyt e feszültség csúcsai nyitják D_3 -at, D_4 -et és T_2 -t, az izzó felvillog. A bázisköri kondenzátor némileg elnyújtja a beérkező feszültségcsúcsokat, így a felvillanások jobban észrevehetőek. T_2 helyettesíthető pl. a hoz-



3. ábra



4. ábra

záférhetőbb 2N2218A, 2N2219A, BC140, BC141-gyel.

A tápfeszültség névleges értéke 12 V, a bemeneti jelé pedig az ún. nullaszint, azaz 775 mV (effektív érték).

Kettős tápegység reduktorból

A Hobby Elektronika egy régebbi (1993/5.) számában a népszerű, de már nem olcsó, hagyományos kistranzformátor, a csengőreduktor műszaki jellemzőit részletesen bemutattuk olvasóinknak. A fiókokban elfekvő vagy bontásokból előkerülő reduktorok felhasználását segítő, a mintakapcsolások sorát egy újabb megoldással bővítjük (5. ábra).

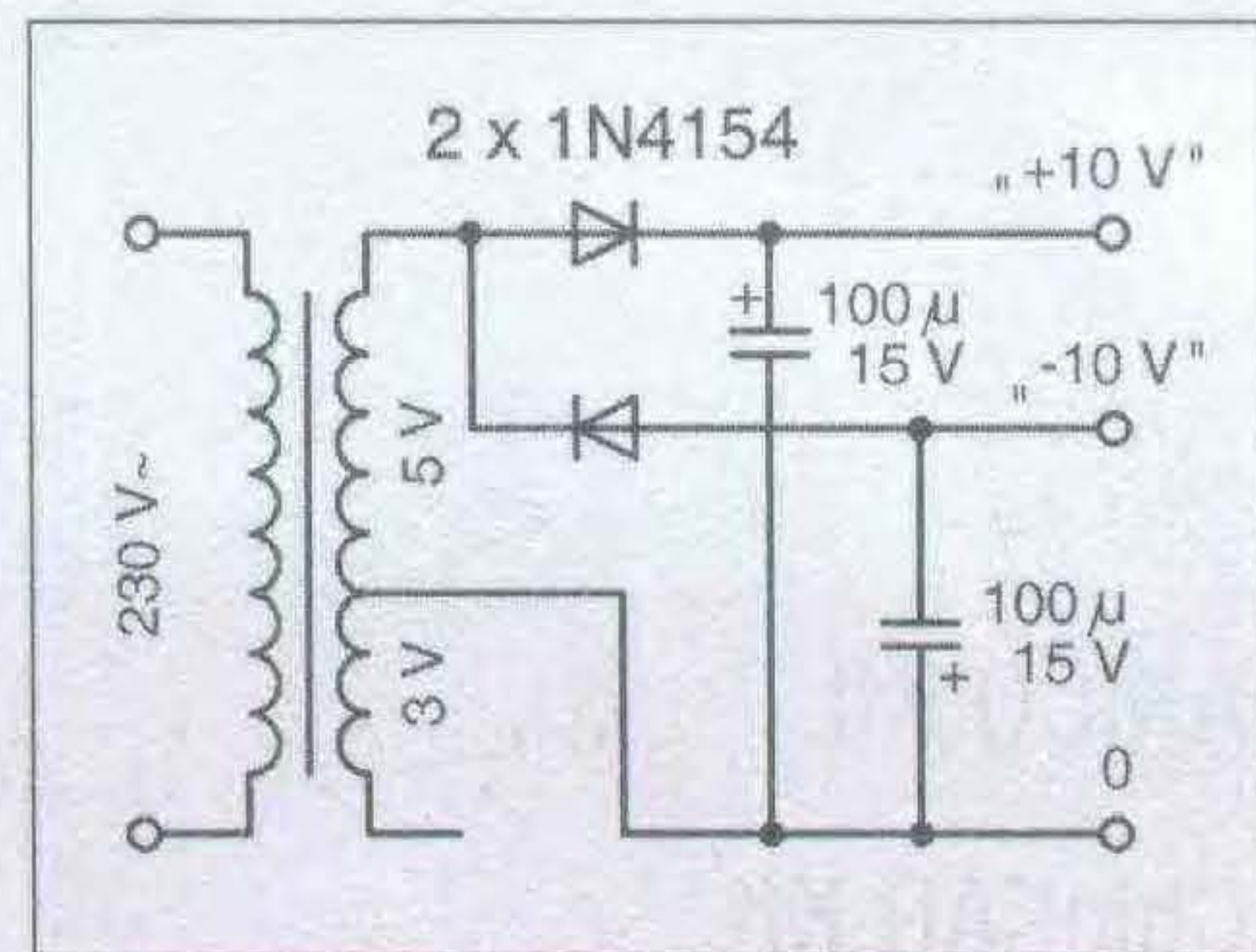
Mind a két dióda a hozzá csatlakozó elektrolit kondenzátorral egy-egy egyoldalas egyenirányítót alkot, az egyik a pozitív, a másik a negatív kimeneti feszültséget biztosítja. A kapcsolás né-

hány(szor tíz) milliamperes fogyasztók, pl. műveleti erősítők táplálására szolgálhat.

Invertáló áramtükör

A műveleti erősítő IC-k és a legtöbb egyéb analóg integrált áramkör alapvető építőeleme az áramtükör. Ezt az áramköri részletet az IC-k kapcsolási rajzain két különálló tranzisztorból álló kapcsolásként ábrázolják, bár a valóságban egyetlen speciális tranzisztorstruktúráról van szó.

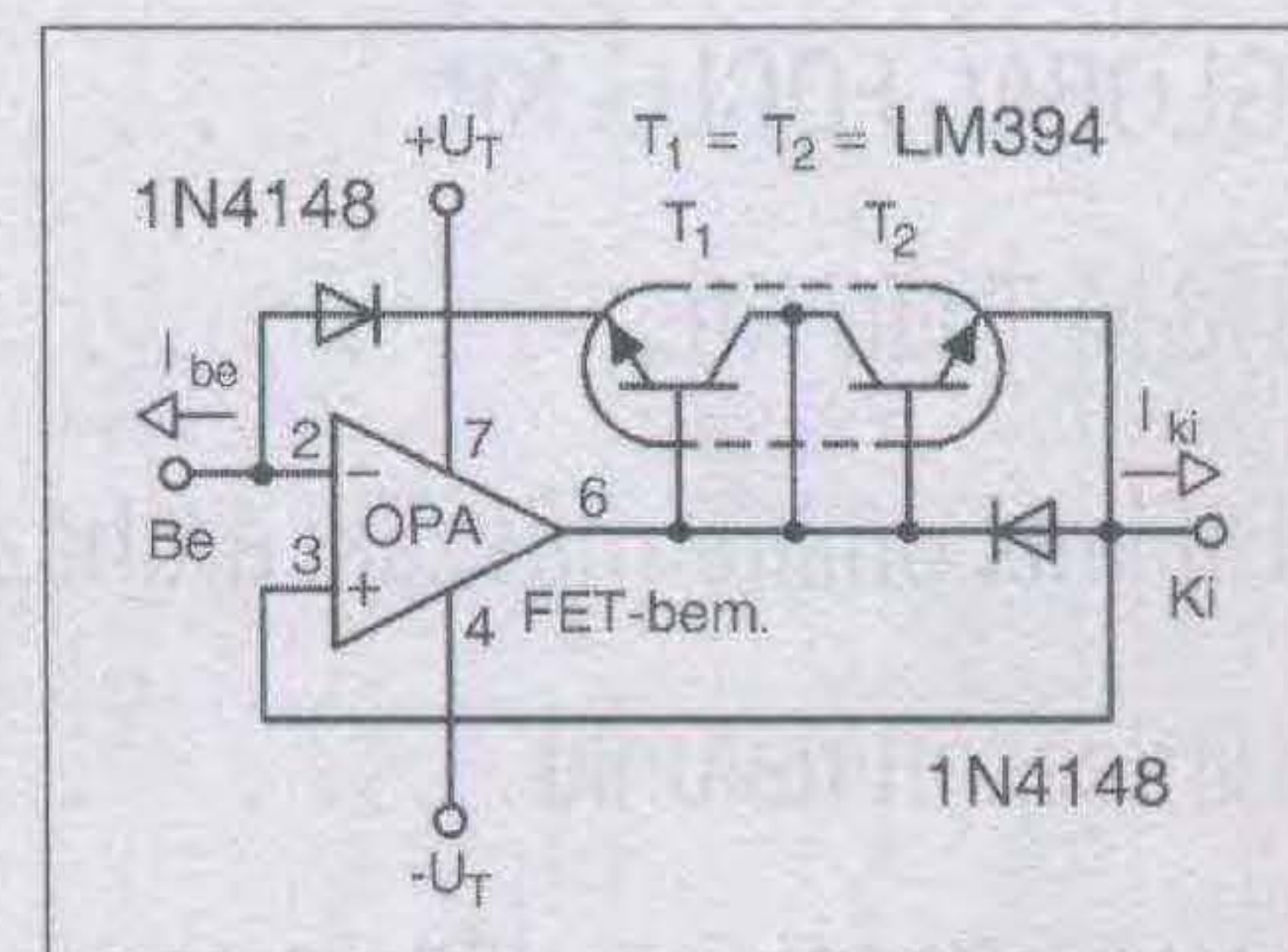
Az áramtükör a bemenetébe folyó árammal azonos nagyságú és irányú áramot állít elő a kimenetén. Van azonban néhány olyan alkalmazás, ahol egy IC bemenete pozitív áramjelet igényel, míg az áramjelet előállító szenzor ellentétes irányú áramjelet ad. A 6. ábrán látható, a Burr-Brown cégtől származó, a kereskedelemben beszerezhető alkat-



5. ábra

részekből álló áramtükör a negatív bemeneti árammal azonos abszolút értékű, de azzal ellentétes irányú kimeneti áramot állít elő.

Az OPA bármilyen FET-bemenetű műveleti erősítő lehet. A visszacsatoló hálózatba kötött, az eredeti ajánlás szerinti kettőstranzisztor nem egyéb, mint az LM394 tranzisztor-array egy része. Ennek hiányában más array vagy pl. egy BCY88 kettőstranzisztor is alkalmazható.



6. ábra

**1 Segítsen
% Ön is!**

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

Az alapítványt támogatja a

RÁDIÓTECHNIKA

**Elektronika
FÜZETEK**

**„AKCIÓ-223”
ÉVKÖNYVRENDELÉS**

3800 Ft helyett CSAK 3190 Ft-ért!

(plusz postaköltség)

Már most megrendelheti
és megveheti a 2011-es

RÁDIÓTECHNIKA

ÉVKÖNYVÉ-t

(Szállítása 2010 novemberében.)

Rendelek: db-ot.

Név:

Cím:

Ajánlatunk (rendelésre/behízetésre)

2010. június 30-ig érvényes!

Ezen OLVASHATÓAN kitöltött megrendelés beérkezte után küldjük a csekket.

Címünk: Rádióvilág Kft., 1374 Budapest, Pf. 603.

Akciós megrendelést csak ezen az eredeti megrendelőszelvényen fogadunk el!

HIRDETÉSEK

ANICO Kft.	Borítólap I.	PIC-es szakkönyv	
ChipCAD Kft.	Borítólap II.	a HAM-bazárból	200. oldal
Commed Trade Kft. (CMT)	205. oldal	PMR adó-vevők	12. oldal
ELFA – AGeta Kft.	B. I., 205. oldal	PROFITECH Kft.	89. oldal
ELMŰ Nyrt.	Borítólap III.	Rádiós könyvek	138. oldal
Forrasztóállomások		Rádiótechnika évkönyv akció	194. oldal
a HAM-bazárból	183. oldal	RET elektronika	
GIGATECHNIK	205. oldal	(Robtron El. Trade Kft.)	B. I., B. IV.
GLOBAL FOCUS Kft.	101. oldal	Reményi I. Rádióamatőr	
H&M Trafo Kft.	65. oldal	Alapítvány	116., 223. oldal
HIFImix online műszaki áruház	205. oldal	Régi RT- és HE-lapok	
Hirdessen nálunk!	224. oldal	a HAM-bazárból	194. oldal
Hobby Elektronika Füzetek	117. oldal	SOS Electronic Kft.	B. I., 3. oldal
INCOMP Kft.	B. I., 205. oldal	Szakkönyvek a HAM-bazárból	41. oldal
LOMEX Kft.	13. oldal	TALI Bt.	205. oldal
OPTITECH Kft.	13. oldal	2011-es RT évkönyv akció.	223. oldal

**Előfizetne a RÁDIÓTECHNIKA folyóiraatra?
Új évkönyvünkben, lapjainkban hirdetni?**

www.radiovilag.hu

Rádióvilág Kiadó, tel./fax: 239-4932, 239-4933



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

Miért pont a RET?

- Elektronikai alkatrészek szállítása raktárról az ország egész területére
- A megrendelt árut már a következő munkanapon átveheti
- Több, mint 20000-féle raktáron lévő alkatrész közül válogathat
- Az általunk kiadott 730 oldalas katalógus segít Önnek a vásárlásban
- Ingyenesen küldheti rendelését a 06 80 824-610-es faxszámunkra





















Robtron Elektronik Trade Kft.



KÖZPONT

6728 SZEGED, Dorozsmai út 35., Délép ipari park, Telefon: (62) 554-600
Fax: (62) 554-610, Ingyenes fax: 06 80 824-610, E-mail: info@ret.hu

ÜZLET

KISKERESKEDELMI ÉRTÉKESÍTÉS
6721 SZEGED, Szent Miklós u. 9/a. Telefon: (62) 422-500
Fax: (62) 422-596, E-mail: uzlet@ret.hu

IRODA

TELEFONOS ÉRTÉKESÍTÉS, ÁRUKIADÁS
1102 BUDAPEST, Kőrösi Csoma S. út 6/d. Telefon: (1) 555-2450,
Fax: (1) 555-2452, E-mail: budapest@ret.hu

www.ret.hu