

Kiváló minőségű előerősítő

Venk János (ET 010) szerkesztő

A műveleti erősítőket néhány évvel ezelőtt még sok tervező nem tartotta szerencsés választásnak az igazán jó minőségű előerősítők tervezéséhez. Az újabban kapható típusok megváltoztatták ezt a szemléletet. Az alábbiakban közölt leírásban az 5534 típusú műveleti erősítőt használjuk fel, amely időnként már nálunk is beszerezhető. A mérési eredmények *táblázata* remélhetőleg többeket a megépítésre csábít – a szerző nem kis meglepedésére.

Nemrégiben még azokat a hangfrekvenciás előerősítőket, amelyekkel szemben általában felüli igényeket támasztottak az IC-k helyett diszkrét elemekből illet felépíteni. A 741-es sorozat eleve kiesett, amikor komoly hangfrekvenciás erősítőről volt szó, mégpedig a slew-rate és más problémák miatt. A TL 071/72 típusok – bár sok tekintetben kitűnőek – még mindig zajosabbak a diszkrét elemeknél. Ezen utóbbi elemek zajjellemzőit javíthatjuk az eléjük épített két- vagy háromtranzistoros elrendezések segítségével (lásd Sipos Gyula e témakörben megjelent cikkét a Quad 44 előerősítő építésével kapcsolatban az 1982-es Rádiótechnika Évkönyvben, valamint a Rádiókészülékek és hang-erősítők építése c. könyvben!)

Az 5534 kiszajú műveleti erősítő elfogadható áron való megjelenése fordulatot hozott. Nehéz, vagy majdnem lehetetlen olyan diszkrét elemekből álló erősítőt tervezni (hacsak nem értelmetlenül bonyolult), amely rendelkezik az 5534-es tulajdonságaival. Ezen állítás alól kivételt ké-

peznek a kisimpedanciás, kiszajú fokozatok, mint például az elektronikus egyenlített mikrofonerősítők, vagy a mozgó tekercses (MC) hangszedőkhöz készült erősítők, ahol a bemeneti oldalon speciális eszközöket alkalmaznak.

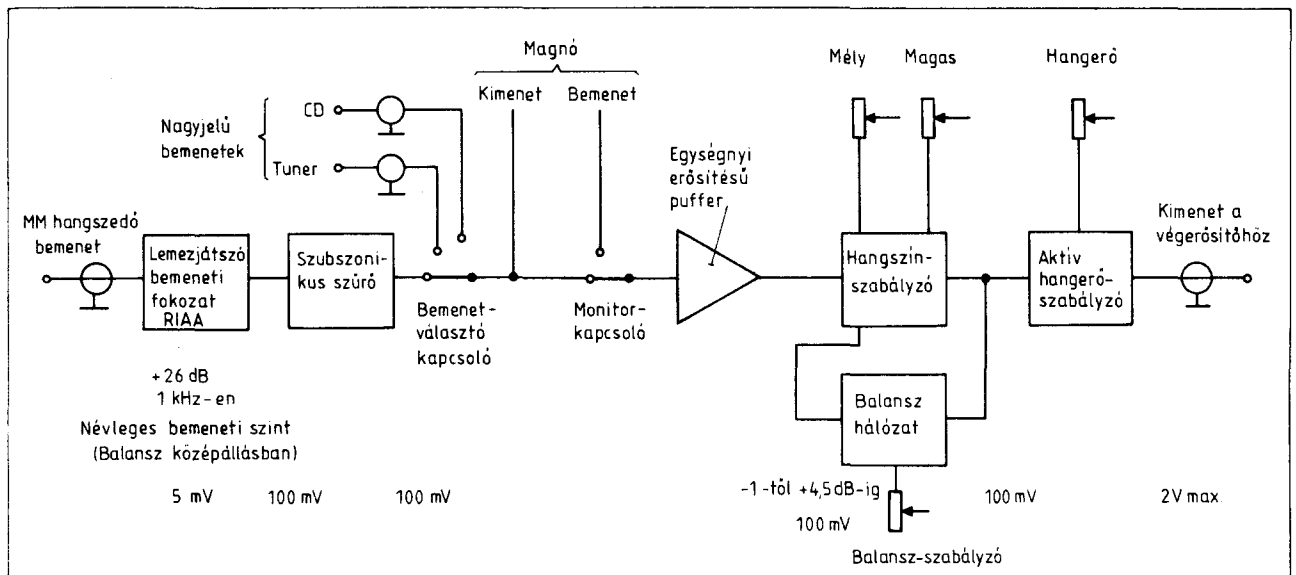
Az 5534-es műveleti erősítők a szokásos 8 lábú dual in line tokozásban kerültek forgalomba. Ez a változat a három- vagy többszörös erősítésekre belsőleg kompenzált, de egy kisértékű külső kondenzátorra (5–15 pF) van szükség az egységnyi erősítés stabilitásához. Az 5532 egy nagyon praktikus tokozása két darab 5534-nek, szintén 8 lábú tokban, belső egységnyi erősítés kompenzációval. Az 5534/32 egy kistorzítású, kis zajú eszköz, amellyel egy tipikus hangfrekvenciás fokozat esetén 0,005% harmonikus torzítás várható el az 1 kHz–20 kHz sávban. Az egyéb jellegű torzítások elvesznek még egy kiváló minőségű spektrumanalizátor zajában is. A zajjellemzők nyilvánvalóan részben külső hatásoktól függenek, mint például a generátor ellenállása, a mérés sávszélessége. Például egy mozgó mágneses (MM) hangszedőhöz készült előerősítő, amely TL 071-gyel megépítve (a bemenetet 1 k Ω -os ellenállással lezárva) –69 dB zajszintet produkált az 5 mV-os effektív értékű 1 kHz-es bemenő jelhez viszonyítva. Behelyettesítve egy 5534-est, a zajszint –84 dB lett, amely 15 dB javulást jelent.

A tervező számára egy másik nagy előnye ennek az eszköznek, hogy kisimpedanciás terheléseket is meg tud hajtani, gyakorlatilag 500 Ω alsó határig, megőrizve a

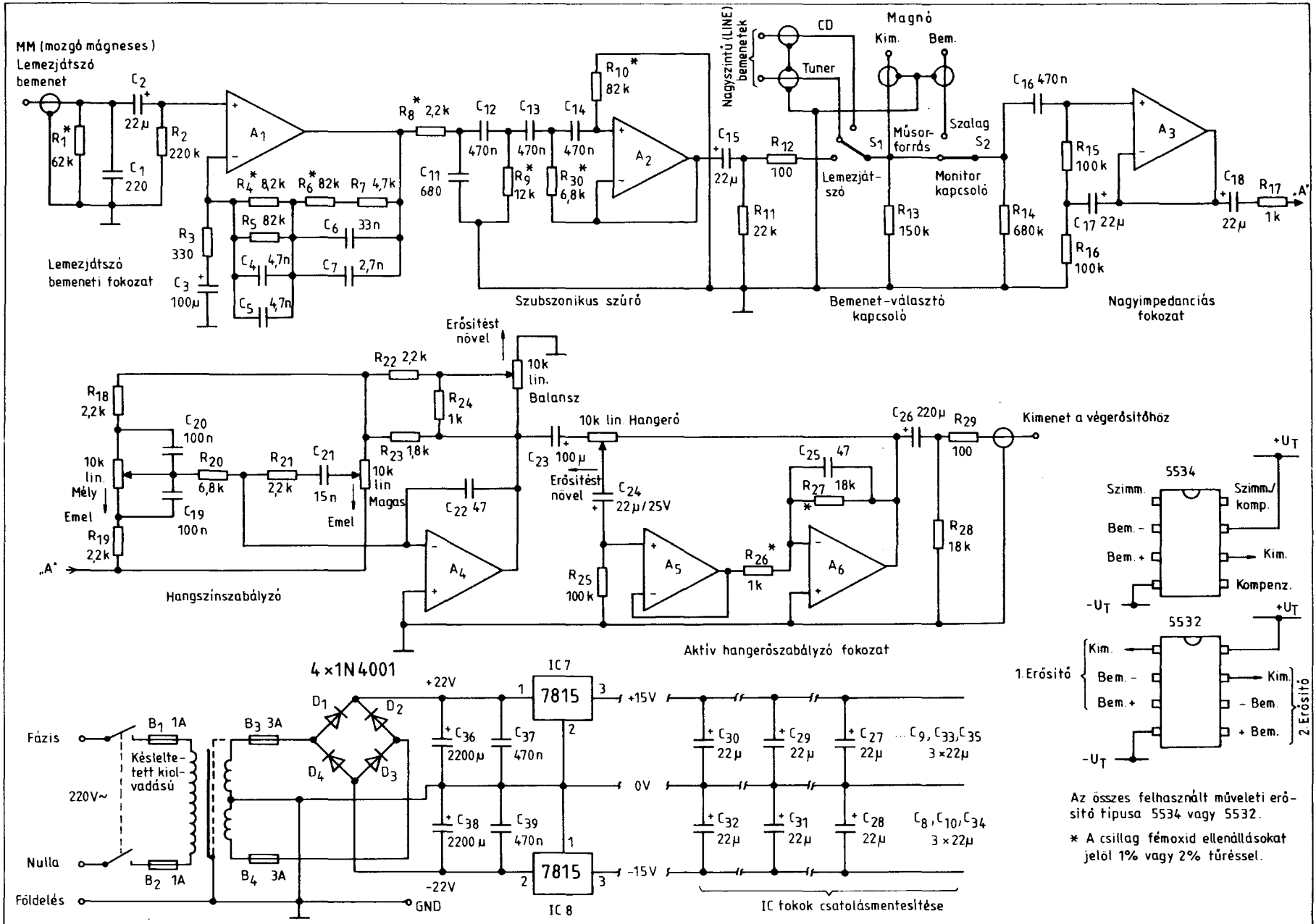
kis torzítást. Ez a tulajdonság különösen értékes a stúdiókeverők tervezőinek, mert azoktól a kimenő erősítőktől azt várják el, hogy meghajtsák a többnyire névlegesen 600 Ω -os terheléseket. Összehasonlításképpen a TL 071 csupán 2 k Ω alsó határig terhelhető.

Az előerősítők tervezésénél a legnehezebb kompromisszum az, hogy a kívánt (többnyire legalább 40 dB) erősítést miként osszuk el a hangerőszabályozó előtt és után. Ha a hangerőszabályozó előtt több az erősítés, akkor kisebb a belső tartalék ahhoz, hogy a váratlanul nagy jeleket is kifogástalanul erősítse. Ha utána nagyobb az erősítés, akkor a zajviszonyok romlanak le kis hangerő állásban. Egy másik kényszerítő körülmény az, hogy kívánatos a jelet legalább 100 mV-ra erősíteni a hangerőszabályozó előtt, mivel ide csatlakozik a mágno be- és kimenete. Gyakorlatilag a legjobb módszer mindkét feltétel teljesítéséhez az, hogy aktív hangerőszabályozást alkalmazunk. Ez egy olyan erősítőt jelent, amelynek az erősítése folyamatosan változtatható nullától a kívánt maximumig.

Ha a lemezjátszó előerősítő fokozatának bemenő jele névlegesen 5 mV (feltételezzük, hogy mindvégig ennyi lesz 1 kHz-en és ezzel elkerüljük a RIAA korrekcióból fakadó félreértéseket) akár mozgó mágneses, akár mozgó tekercses hangszedőről van szó, akkor 26 dB erősítésre van szükség, hogy megkapjuk a kívánt 100 mV-ot, ami a minimum egy mágno bemenete számára. Ez elérhető egy darab 5534-es IC-



1. ábra



Az összes felhasznált műveleti erősítő típusa 5534 vagy 5532.
 * A csillag fénoxid ellenállásokat jelöl 1% vagy 2% tűréssel.

2. ábra

vel. A ± 15 V tápfeszültséget is figyelembe véve ez azt jelenti, hogy a fokozat legnagyobb bemenő jele 320 mV lehet. Ez rendkívül jó adat, a legtöbb kommersz erősítőt felülmúlja.

A következőkben el kell dönteni, hogy mekkora kimenő jel szükséges a hangerőszabályozó maximális állásában, az 5 mV bemenő jel esetén. Általában 1 V elegendő, de biztosabb, ha 2 V-ot választunk, mert így teljesen ki tudunk vezérelni egyes érzéketlen bemenetű végerősítőket is. Ezt a döntést indokolja az is, hogy az aktív erősítésszabályozás lehetővé teszi, hogy ne alakuljon ki olyan többleterősítés a hangerőszabályozó után, amely folyamatosan erősítené saját zaját. A 100 mV felerősítése a választott 2 V-os szintre tehát újabb 26 dB-t kíván (lásd az 1. ábra tömbvázlatát!).

Az utolsó lépés az előerősítő tervezésében a hangszínszabályozó elhelyezése a fokozatok között optimális helyen. A legtöbb Baxandall-fokozathoz hasonlóan ez is kisimpedanciás meghajtást igényel. Ha jelleggörbéjét szeretnénk előre meghatározni, akkor az aktív hangerőszabályozó fokozat utáni elhelyezés látszólag nagyon vonzó, mivel ennek rendszerint kis kimenő impedanciája van. A további vizsgálódás azonban azt mutatja, hogy az aktív fokozat is kisimpedanciás meghajtást kíván, tehát nem spórolhatunk meg egy pufferfokozatot, másrészt mivel a hangszínszabályozó párhuzamos visszacsatolást alkalmaz, ezért zajosabb is lesz, mint a többi fokozat, így tehát a hangerőszabályozó elé kell tenni, hogy a zaja mindvégig a jellel együtt csillapodjék a szokásos hangerő beállításoknál. A hangszínszabályozó elé kerül egy egységnyi erősítésű pufferfokozat kis kimenő és igen nagy bemenő impedanciával. Ezt ábrázolja az 1. ábra tömbvázlata. A 2. ábra a teljes erősítő kapcsolási rajzát mutatja. Az A1 és A2 műveleti erősítőkhöz csatlakozó alkatrészek alkotják a mozgó mágneses hangszedőhöz az erősítőt és a hozzá tartozó hangfrekvenciás sáv alatti (szubszonikus) szűrőt. Az A1 lemezjátszó előerősítő fokozat közönséges soros visszacsatolásos elrendezést alkalmaz az erősítés beállításához és a RIAA korrekció biztosításához. Ez a megoldás tisztán 13 dB zajnyereséget hoz a párhuzamos visszacsatolású megoldással szemben, amely utóbbit néha azzal indokolják – elég kétségbevonhatóan –, hogy a tranziens tulajdonságai jobbak. E jól hangzó érv ellenére a valóság az, hogy a soros visszacsatolás nem biztosítja a hangfrekvenciás tartomány feletti folyamatosságot és a karakterisztikát, amelyet a RIAA specifikációk előírnak, minthogy minimális erősítése egységnyi. Így a frekvencia növekedésével előbb-utóbb az erősítés egységnyi értéken kívül, ahelyett, hogy a nulla érték felé közelítene 6 dB/oktáv meredekséggel. Ha egy kiserősítésű bemeneti fokozattól széles túlvezérlési tartományt várunk el a teljes hangfrekvenciás sávban, akkor egy újabb alulát-

erősítő-tagra van szükség ahhoz, hogy a nemkívánatos nagyfrekvenciás töréspontot megszüntessük. Ha az aluláteresztő-tag időállandóját pontosan választjuk meg, akkor újabb fázis- vagy amplitúdóhiba nem lép fel. Ez a funkció a 2. ábrán R_8 és C_{11} segítségével biztosítható, amely egyúttal kiszűri a hangszedőből érkező hangfrekvenciás sáv fölötti zavarokat is.

A RIAA hálózatot a lehető legpontosabbra kell tervezni. Ez egy igen nehéz feladat az időállandók kölcsönhatása miatt, tapasztalati úton megkísérelni nem hálás feladat. A tervezés itt nem részletezett bonyolult matematikai hátteret kíván, kisszámítógépet igénybe véve. Az eredmény az lett, hogy a mérés 0,2 dB határon belülinek találta a végeredményt olyan hibákkal, amelyek alkatrésztolerancia rovására írhatók.

A tervezési célkitűzés az volt, hogy az erősítés 1 kHz-en 26 dB legyen, valamint R_3 értékét válasszuk az elérhető legkisebbre, saját zajtermelésének csökkentése érdekében. A két feltételt teljesítése együttesen azt eredményezi, hogy a RIAA hálózatnak a szokásosnál alacsonyabb az impedanciája, de az 5534 meghajtóképessége segítségével van a teljes kivezérlési tartomány elérésében, egyben jó túlvezérlési tartományt is biztosít.

Jó okunk van arra, hogy az RIAA hálózatot több kondenzátor párhuzamos kapcsolásával alakítottuk ki. Értelmetlen ugyanis pontos RIAA hálózatot tervezni, ha a kis tőrésű kondenzátorok nem érhetőek el könnyen, márpedig általában nem szerezhetőek be. Ha lehetőségünk van rá, a párhuzamosan kapcsolandó kondenzátorokat beépítés előtt megbízható műszerrel mérjük be, és csak akkor ültessük be azokat, ha meggyőződünk róla, hogy valóban pontosan az előírt értékűek.

Az RIAA hálózatban és néhány más kritikus helyen fémozid ellenállásokat alkalmaztunk. Ez csupán a kis tőrésük kihasználása érdekében történt (1% vagy 2%), azonban a várakozással ellentétben a mérések azt mutatják, hogy nem értünk el velük érzékelhető zajjavulást.

A nemrégiben átdolgozott RIAA specifikáció tartalmazza az úgynevezett „OEC-módosítást”. Ez további 6 dB/oktáv mélyvágást ír elő, ami -3 dB-nek felel meg 20,02 Hz-en. Ez további szubszonikus elnyomást céloz, amely a lemezbarázdák zörrejéből származó nemkívánatos termékeket hivatott kiszűrni, illetőleg csillapítani. Erősítőnkben – lévén megfelelő hangfrekvenciás sáv alatti szűrő – ez némiképp redundáns. E bevezetett új időállandó ugyanakkor még azt a célt is szolgálja, hogy az RIAA legalsó oktávját pontosan beállítsa. R_3 és C_3 önmagában nem biztosítja ezt az időállandót, hanem a szubszonikus szűrővel együtt határozzák meg azt. Ezen utóbbi egy harmadrendű Butterworth-szűrő, ami úgy lett tervezve, hogy biztosítsa a 20,02 Hz-es töréspontot, karakterisztikája ugyanakkor 16 Hz alatt meredeken eső jellegű. Az elektrolitkondenzátorok nagy tőrése miatt kizárólag a C_3 kondenzátor csökkentésével nem tudjuk pontosan megvalósítani az IEC előírást. Az R_3 - C_3 tag hatása esetünkben -3 dB elnyomás 5 Hz környékén, ezzel a hangfrekvenciás sáv alatti elnyomást javítva. A C_1 kondenzátor meghatározza a bemeneti kapacitást és némi nagyfrekvenciás elnyomást biztosít. Kompromisszumos értékeket választottunk, amely szabadon módosítható az egyes hangszedőkhöz való illesztés érdekében.

Az RIAA korrektor által termelt zaj (1 kHz-es bemeneti lezárollellállással durván utánozva a hangszedő impedanciáját) -84,5 dB 5 mV bemenő jelre vonatkoztatva 1 kHz-en, 100 mV kimenőjelet feltételezve. Ez az adat egy 5334A esetében tipikus érték. Az A jelzés a gyártó által törőnt kiválogatásra utal: kiszajú típust jelöl. Ha az 1 kHz-es lezárást rövidzárral helyettesítjük, a zajszint leesik -86 dB-re, jelezve, hogy a valóságban a hangszedő által termelt Johnson-zaj jelentős, valamint a fokozat valóban olyan zajmentes, amennyire értelme volt azt így tervezni. (Folytatjuk)

A mérési eredmények táblázata:

Mozgó mágneses hangszedő előerősítő	
zaj (1 kHz frekvenciájú, 5 mV-os bemenő jelhez viszonyítva):	-81 dB
RIAA korrekció pontossága:	$\pm 0,2$ dB
bemenet túlvezérelhetősége (1 kHz):	300 mV
Nagyjelű (vonalt) bemenetek	
zaj (100 mV-os kimenőjelhez viszonyítva):	-85 dB
maximális bemenőjel:	9 V
maximális erősítés:	± 26 dB
magas hangszínszabályozás tartománya:	± 8 dB
mély hangszínszabályozás tartománya:	± 9 dB
balansz szabályozás tartománya:	-1 dB/+4,5 dB
a hangerőszabályozás csatornaegyüttfutása:	$\pm 0,3$ dB
torzítás az 1 kHz-20 kHz sávban:	0,005%
maximális kimenőjel:	9,5 V

Subszonikus szűrő

Amint az előzőekben leírtuk, a szűrő nemcsak a hallható sáv alatti zavarokat szűri ki, amelyet még a legjobb minőségű hangmez is termel, hanem teljesíti az IEC vágási előírásait is. A karakterisztika 16 Hz alatt meredeken esik, tipikusan 10 dB-t a 10 Hz-es pontig. A szűrő ilyenformán védelmet nyújt a hangfrekvenciás sáv alatti zörejek ellen, amelyek általában a 4-5 Hz körüli frekvenciákon a legerősebbek.

A szűrő nyilvánvalóan befolyásolja a RIAA hálózat pontosságát, a legelső októvban, ezért C_{12} , C_{13} , C_{14} jó minőségű alkatrész legyen. A 10% tűrés gyakorlatilag 0,7 dB-nél nem nagyobb eltérést okoz 20 Hz-en, de ez az eltérés erősen csökken nagyobb frekvenciákon. A magnókimenet a subszonikus szűrőből van kivezetve, ahol R_{12} biztosítja, hogy a hosszú, kapacitív jellegű kábelek ne okozzanak nagyfrekvenciás instabilitást. Ha valóban 600 Ω -os terhelést kell meghajtani, ekkor C_{15} értékét 200 μF -ra kell növelni.

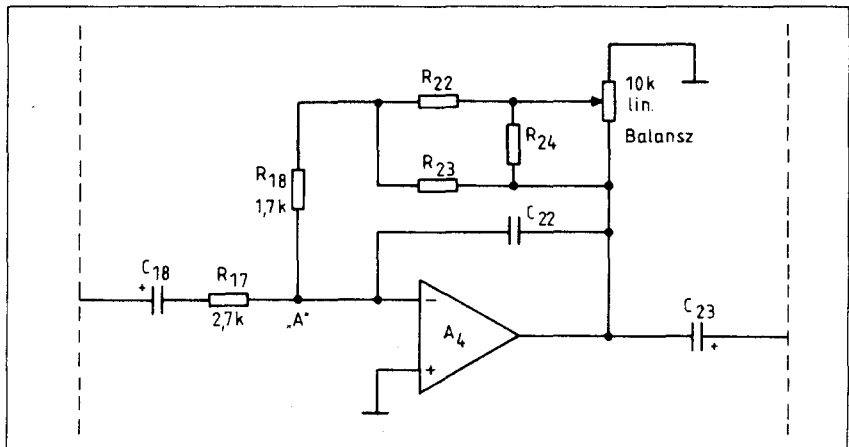
Nagyimpedanciás pufferfokozat

Ez a fokozat azért szükséges, mert az utána következő hangszínszabályozó egység kisimpedanciás meghajtást kíván, biztosítva, hogy a magnó monitor kapcsolót (S_2) bekapcsolva nem esik le a kimenő jel szintje. Ha az S_1 bemenetválasztó kapcsoló olyan állásban lenne, hogy közepes impedanciájú forrás kapcsolódna rá (mondjuk 5 k Ω) és a puffernek relatíve kis bemenő impedanciája lenne (mondjuk 15 k Ω), akkor a monitorkapcsoló működtetésekor a jelszint leesne a terhelés megváltozása miatt. Jelen kapcsolásban ezt úgy küszöbölhetjük ki, hogy a puffer bemenő impedanciáját igen nagyra állítottuk be R_{15} , R_{16} és C_{17} alkatrészek segítségével. Ez annyira hatásosnak bizonyult, hogy a bemenő impedanciát egyedül R_{14} határozza meg. A diszkrét tranzistoros megoldásoktól eltérően ez a fokozat megtartja kis torzítását akkor is, ha nagyimpedanciás forrásból hajtják meg, például 100 k Ω -mal.

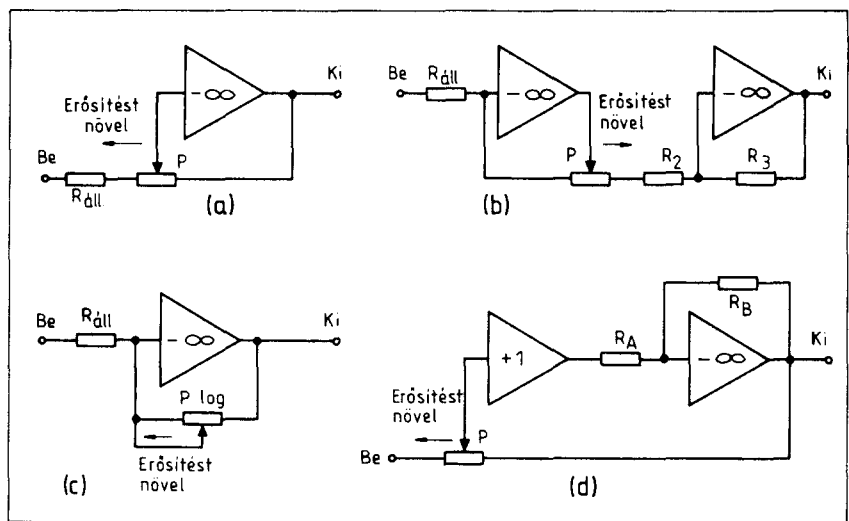
Hangszínszabályozó fokozat

Egyesek esetleg elszörnyülködnek e fokozat beiktatása miatt, de mégis nagyon hasznos lehet. A szabályozási tartomány ± 8 dB 10 kHz-en, ± 9 dB 50 Hz-en, ami ennél szélesebb, az már kívül esik a Hi-Fi fogalmán! A fokozat a hagyományos Baxandall-hálózaton alapul, két kisebb módosítással.

Először is hálózatunk a megszokottnál kisebb impedanciákon üzemel a zajszint



3. ábra

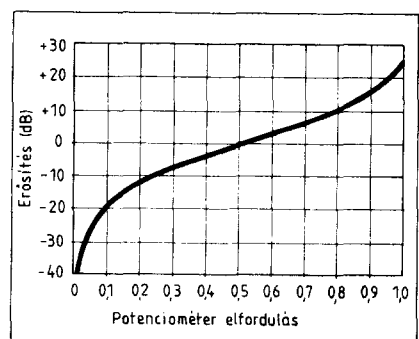


4. ábra

alacsony értéken tartása érdekében. A mély hangszínszabályozó 100 k Ω és a magas 22 k Ω szokásos értékei 2,5 dB-lal rosszabb zajszintet eredményeznének. A fokozat még a feltüntetett értékekkel is 6 dB-lal zajosabb, mint a megelőző pufferfokozat. Mindkét potenciométer 10 k Ω -os lineáris, miként a többi potenciométer is, ezzel könnyítve némileg a beszerzési nehézségeken. A hálózat kis impedanciája csökkenti a csatornák közötti kapacitív áthaladás lehetőségét is. Végül azért lehetett kisimpedanciás e fokozat, mert az 5534 képes meghajtani kis terheléseket.

Másodszor, a hangszínszabályozó fokozat tartalmaz egy finom balansz-szabályozót is. Ezt szintén aktív erősítésszabályozásra terveztük azért, hogy a legkisebb kompromisszumot se kelljen kötni a zajt és

a kivezérlési tartalékot illetően. A balansz-szabályozó úgy működik, hogy a Baxandall-hálózatba negatívan visszacsatolt jelet



5. ábra

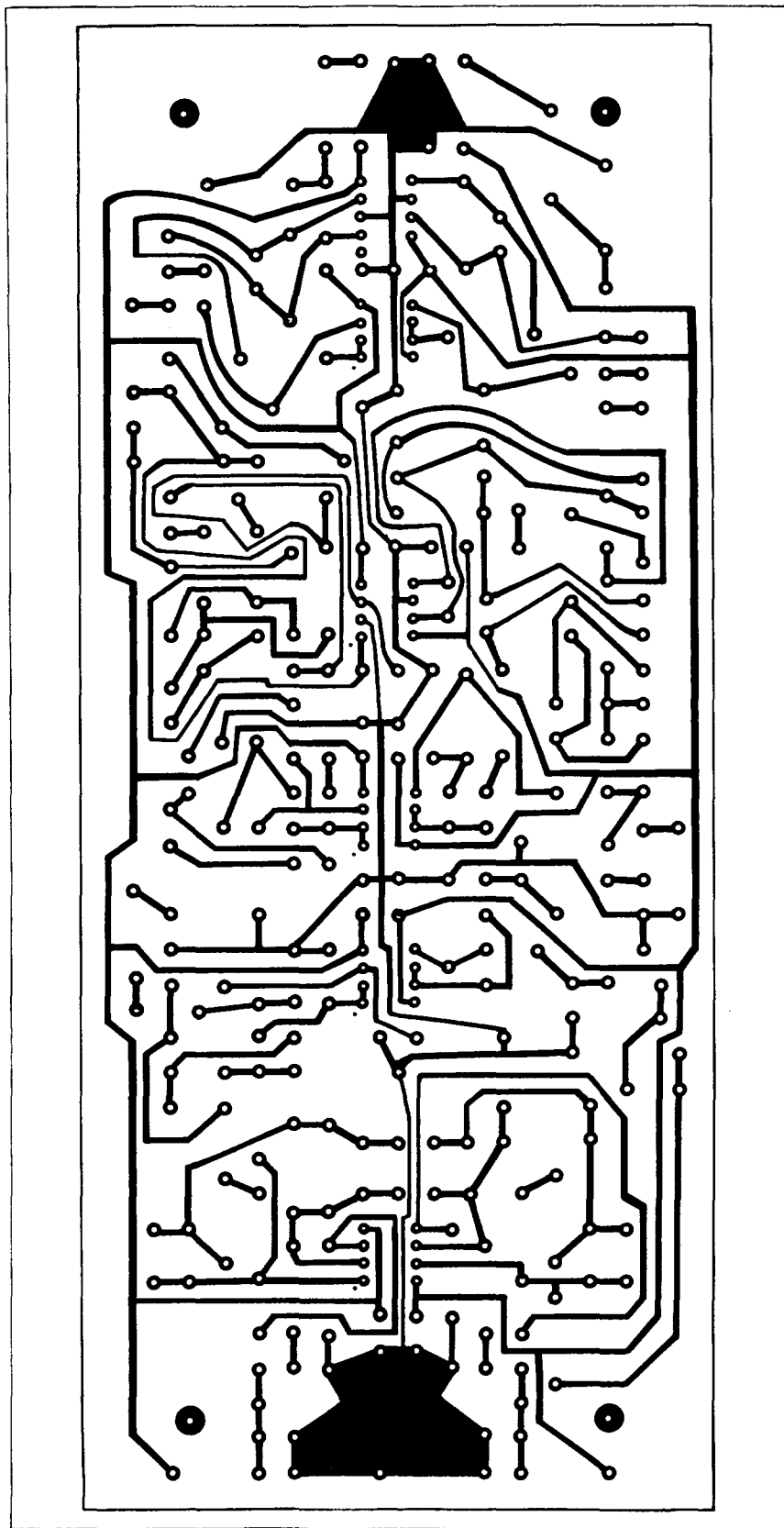
változtatja, ezért gondos tervezéssel kell biztosítani, hogy a balansz-szabályozó egység kimenő ellenállása elég stabil maradjon a potenciométer forgatása közben, a karakterisztika állandósága érdekében. Emiatt építjük be a bemeneti oldalon R_{17} ellenállást is. A balansz-szabályozás tartományát csatornánként $+4,5$ dB-től -1 dB-ig terjed, amely több mint elegendő ahhoz, hogy a sztereó teret egyik oldaltól a másikig mozgassuk. Ha ennél nagyobbra lenne szükség, érdemes a hangfalak elhelyezésén is gondolkodni! Aki mindezek ellenére idegenkedik a hangszínszabályozó alkalmazásától, az a következő változtatások betartásával elhagyhatja ezt a fokozatot: a) ne ültessük be R_{21} -et, C_{19} , C_{20} és C_{21} -et, valamint a magas hangszínszabályozó potenciométert. Helyettesítsük rövidzárral R_{19} -et és R_{20} -at, valamint a mély hangszínszabályozó potenciométert, majd módosítsuk R_{17} eredeti értékét $2,7$ k Ω -ra, R_{18} -at pedig $1,8$ k Ω -ra. A megváltoztatott áramköri részletet a 3. ábrán külön kirajzoltuk.

Aktív hangerőszabályozó fokozat

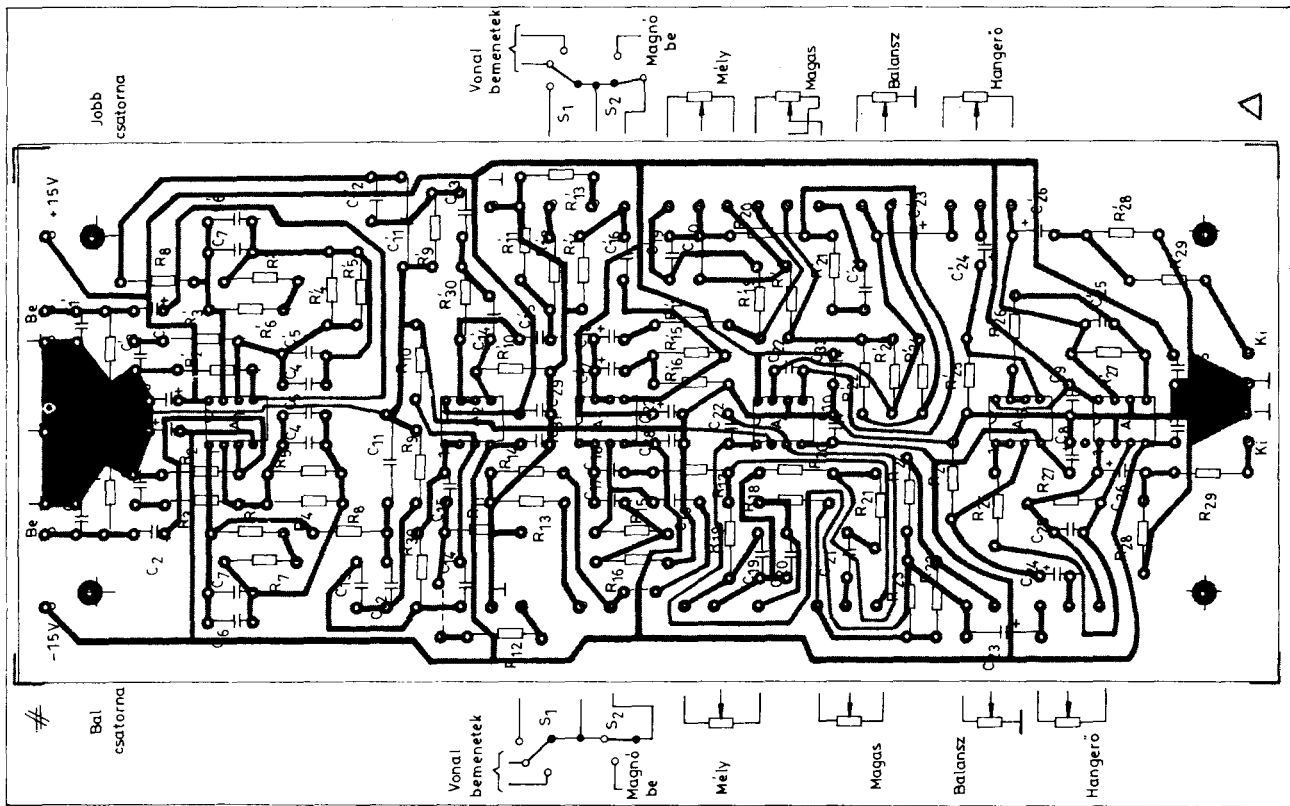
Egy aktív hangerőszabályozó fokozatnak néhány követelményt teljesítenie kell. Először is a hangerőt simán kell szabályozni a maximumtól gyakorlatilag nulláig. Másodsor a potenciométer elforgatása és a hangerő változása között jó közelítéssel logaritmikus kapcsolatnak kell lennie. Az aktív hangerőszabályozás lehetővé teszi, hogy a hagyományos logaritmikus potenciométereknél jobb sztereó csatornák közötti egyensúlyt tartsunk.

A 4. ábrán vázolt valamennyi elrendezés teljesíti az első feltételt és nagymértékben a másodikat is. A 4a és 4b ábrán lineáris potenciométert alkalmazunk és a kvázilogaritmikus szabályozás azzal érhető el, hogy egyidejűleg változtatjuk egy párhuzamos visszacsatolás bemeneti és visszacsatoló tagját is. A 4c ábra egyszerűbb megoldást kínál, de teljes egészében a logaritmikus potenciométer pontosságára támaszkodik. Jóllehet a 4a és 4b ábrák kiküszöbölik a logaritmikus potenciométer gyártási pontatlanságait mégis tökéletlen hangerőszabályozást biztosítanak, mivel a maximális erősítést mindkét esetben egy állandó ellenállás és a potenciométer ellenálláspálya éppen aktuális értékének aránya határozza meg, ez viszont nem mindig szabályoz tökéletesen, ami nagy hangerőn a balansz felborulásához vezethet.

A 4d ábra szerint a problémát nagyon elegánsan oldhatjuk meg. Itt a maximális erősítést nem egy fix ellenállás és egy potenciométer-pálya ellenállásának aránya határozza meg, hanem két fix ellenállás, R_A és R_B viszonya. Egy puffercsúszkájáról, mivel a gyakorlatban ez kisértékű ellenállás. Egyszerű algebrai úton bizonyítható, hogy a potenciométer ellenálláspályájának ellenállása most nincs ha-



6. ábra



7. ábra

tással az erősítés mértékére, és így egy ilyen rendszer balanszviszonyai csak a kettős lineáris potenciométer két felének mechanikai együttfutásától függenek. Az eredmény az 5. ábrán látható, ahol megfigyelhető, hogy jó közelítés áll fenn az ideális logaritmikushoz a szabályozási tartomány leginkább használt szakaszain.

Ennek gyakorlati megvalósítása a 2. ábrán látható. Az A_3 egy egységnyi erősítésű feszültségkövető fokozat, bemenetén R_{25} ellenállással és R_{26} valamint R_{27} állítja be a kívánt 26 dB maximális erősítést. A C_{25} kondenzátor a nagyfrekvenciás stabilitást biztosítja. A C_{26} kimeneti csatoló kondenzátort úgy választottuk meg, hogy 600 Ω -os terheléseket is meg lehessen hajtani. Számos kettős potenciométert vizsgáltunk meg a hangerőszabályozó helyén és azt tapasztaltuk, hogy a balansz mindig a $\pm 0,3$ dB-es tartományban ingadozott a hangerőszabályozás -20 dB és $+26$ dB közötti változása során csak néhol fordult elő 0,6 dB-es eltérés. Tehát láthatjuk, ez egy elég jó módszer ahhoz, hogy az olcsó potenciométerekből a legtöbbet hozzuk ki.

Egyelőre még nincs bizonyíték arra, hogy a hangfrekvenciás jel abszolút polaritása (fázisa) szubjektíve fontos. Amennyiben az lenne, akkor is az előerősítő kimenete és bemenete fázisban van, mivel a hangszínszabályozóban történt fázisforgatást az aktív hangerőszabályozó visszaforgatja.

Tápegység

A tápegység egy teljesen hagyományos felépítésű fokozat, komplementer stabilizátor IC-pár szolgáltatja a ± 15 V-ot. Mivel a teljes áramfelvétel mindkét ágban 50 mA körüli, ezért egy kisméretű hűtőfelület alkalmazása szükséges. Ajánlatos toroid hálózati transzformátort alkalmazni a szórt mágneses tér minél alacsonyabb értékben való tartása érdekében, azonban még azt is a lehető legtávolabb helyezzük el az előerősítő lemezjászó bemenetétől. A minél távolabbi elhelyezés általában a hagyományos transzformátorok esetén is hatásosnak bizonyul. Mivel az 5534 maximálisan ± 20 V-ot visel el, ezért használhatnánk akár ± 18 V-os tápfeszültséget is, de felesleges lenne, mert készülékünk már a választott tápfeszültség esetén is megfelelő tartalékokkal rendelkezik.

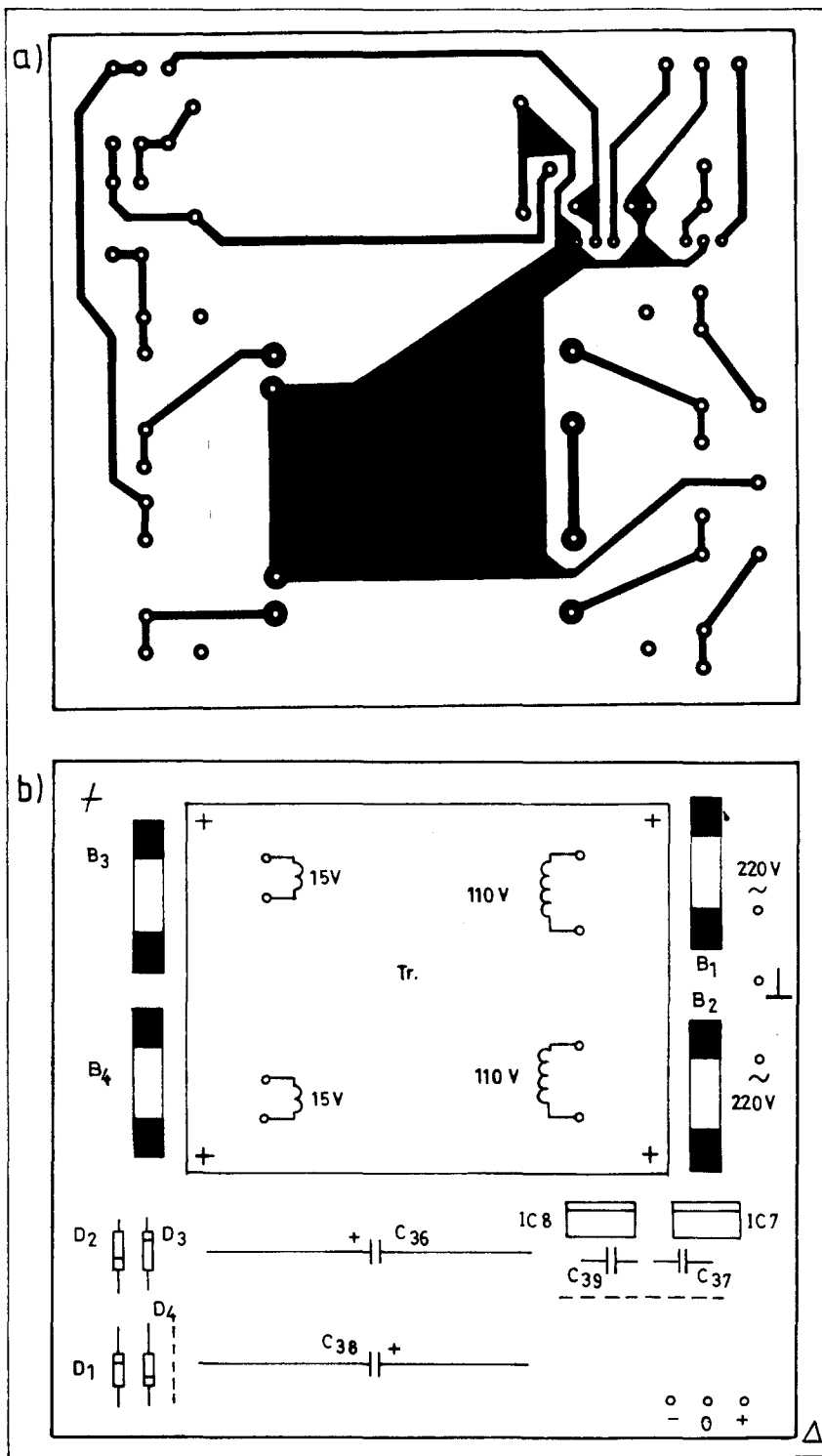
Összeállítás, megépítés

Az előerősítőt megépíthetjük akár 5534 műveleti erősítővel, vagy az 5532 kettős típusal is. Az utóbbi használata nagyon kényelmes, mivel nem szükséges hozzá külső kompenzáció és rendszerint olcsóbb is mint 2 db 5534, viszont beszerezni sajnos nehezebb. (Szegeden az Audio boltban is csak az 5534 volt kapható.) Minden egységnyi erősítésű 5534-et kompenzálni kell az IC 5-ös és 8-as lába közé csatlakoztatott 15 pF-os kondenzátorral. A síneken elhe-

lyezkedő csatolásmentesítő 22 μ F-os kondenzátorokat a lehető legközelebb helyezjük el a műveleti erősítők tokjához, így biztosak lehetünk benne, hogy valóban elvégzik feladatukat. Az IC olyan kialakítású, hogy a csatolásmentesítő kondenzátorok elhagyása esetén hajlamos a nagyfrekvenciás oszcillációra, amely esetleg az oszcilloszkópon nem is látható, megléteére csak a vártnál gyengébb torzítási érték mérésakor következtethetünk. Gondolnunk kell még arra is, hogy mind az 5534, mind pedig az 5532 rendelkezik egy, a bemenetei között kialakított egymással szembe fordított diódapárossal, amit feltételezhetően a túlfeszültségvédelem céljából alkalmaztak a konstruktőrök, úgyhogy vigyáznunk kell a feszültségmérővel dolgozunk, esetleg hibás megállapításokat tehetünk.

Csak 2,5%-os vagy annál jobb tűrésű kondenzátorokat alkalmazzunk a RIAA hálózatban, ha a specifikált pontosságot el akarjuk érni. A 2. ábrán *-gal jelölt ellenállások is éppen azért csakis 1% vagy 2% tűrésű fémoxid típusok lehetnek. Ezek az ellenállások állítják be a kritikus paramétereket, mint például a RIAA karakterisztikát vagy csatornaegyüttfutást, viszont nincs hallható vagy másképpen érzékelhető javulás akkor, ha más pozícióba is ilyen fémoxid ellenállásokat építünk be.

Több előerősítő prototípus készült el kísérleti áramköri szerelőlapon, ahol a két csatorna különálló, párhuzamos részekből tevődött össze. A földelés egyenes vonal-



8. ábra

ban futott végig a bemenettől a kimenetig. Először a szabályozó potenciométereket árnyékolatlan vezetékkel csatlakoztattuk az áramkörhöz, az áthallási csillapítás már ekkor is elfogadható értékű volt: -80 dB körüli 10 kHz-en, melyet az alacsony áramköri impedanciáknak köszönhetünk. Árnyékolva a balansz- és a hangerőszabályozó potenciométer csatlakozóvezetékét,

az előbbi érték feljavult -90 dB-re 10 kHz-en, amely már kiválóan mondható. Azt lehetett megállapítani, hogy az áthallás mértéke szinte teljes egészében a két csatorna fizikai szétválasztásától függ.

Akinek van nem polarizált kondenzátora, az használja az elektrolitkondenzátorok helyett, akinek viszont nincs, azt nem biztatjuk vásárlásra, mivel alkalmazása

nem jár olyan hatalmas minőségjavulással, mint amekkora árkülönbség van az unipoláris és az elektrolitkondenzátor között.

Az elkészült előerősítőben mért adatokat táblázatban közöltük.

Az előerősítő nyomtatott áramkörének fóliarajzolatát a 6. ábrán, míg alkatrészbeültetését a 7. ábrán adjuk meg, a tápegységet a 8. ábrán közöljük.

Irodalom:

- Doug Self - Precision preamplifier. Wireless World 1983. október, 31-34. oldal
 Letters. Precision preamp. Wireless World 1984. április, 51-52. oldal