

Örök sláger: a QUAD-405-ös végerősítő

A természetű hangátvitel (HIFI) szerelmesei körében a mai napig is favorit a jó néhány éve konstruált QUAD-405 típusú végerősítő. Tanúbizonyosságát jelzi ennek az a számtalan olvasói levél is, mely ismertetést kér e tárgykörben. Miután a *Rádiótechnika* és a *Rádiótechnika Évkönyve* még a 80-as évek elején közölte az erősítő leírását, és e régi lapszámok ma már nem szerezhetők be, lapunk még egyszer „műsorra tüzi” a témát. Először magáról a végerősítőről és annak variációiról, majd ezeket kiegészítendő különféle előerősítő áramkörökről lesz szó a sorozatban.

Több mint harminc évig pihent egy kitűnő szabadalom anélkül, hogy valaki felhasználta volna, míg azután az *Acoustical Manufacturing Co. Ltd.* kutatói elővették és korszerű félvezető eszközökkel megvalósították azt az erősítőt, melynek torzítását megfelelő mérőeszköz hiányában nem is lehet megmérni. Az angolszász irodalomban a kapcsolást „current dumping”-erősítőnek nevezik (lefordítani alig lehet, talán: „árambeségítéses” erősítő).

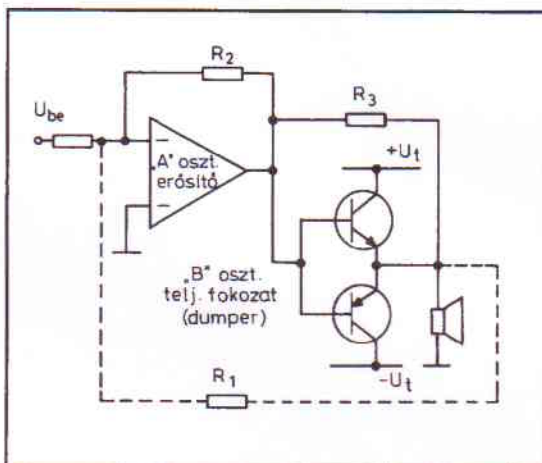
Az alapelv egyszerű, de meglepő. Az 1. ábrán látható, hogy egy kiváló linearitású „A” osztályú és egy „B” osztályú erősítő alkotja a tulajdonképpeni áramkört. A „B” osztályú fokozat állítja elő a kimenőáram zömét, míg az „A” osztályú erősítő csak a nullaátmenet közelében (amíg a „B” osztályú le van zárva) ad lineáris kimenőjelet. A két fokozat közötti kifogástalan összmunkát hídbackapcsolással segíthetjük elő (2. ábra és 3. ábra). A híd figyel a kimeneti áramot és feszültséget, és az „A” osztályú erősítő vezérlőfeszültségét úgy torzítja el, hogy a terhelésen torzítatlan jel jelenjék meg.

Ez az alapötlet azután korszerű eszközökkel lett megvalósítva, és ennek alapján fölismerhetjük a Quad-405 Current Dumping Amplifier egyszerűsített kapcsolásában a kiváló linearitású „A” osztályú erősítőt, a „B” osztályú „dumper” fokozatot és az R-C-L elemekből kiképzett hidat (4. ábra).

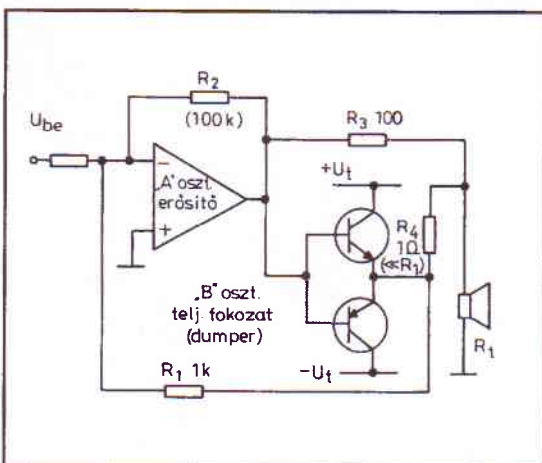
Az erősítő tervezői abból indultak ki, hogy akár tranzisztorokkal, akár integrált műveleti erősítővel kiváló kimeneti feszültséglineáritású erősítőt lehet előállítani, ha biztosítjuk az erősítő „A” osztályú és igen kis terhelésű üzemmódját. Ekkor üzem közben az erősítő munkapontja gyakorlatilag nem változik, tervezés, méretezés és tápfeszültség kérdése a minél kisebb torzítás elérése.

A kimeneti áramot jó hatásfokkal vi-

szont csak egy „B” osztályú erősítő képes előállítani. Ha a két rendszert egy hídbackapcsolás segítségével összekombináljuk, az eredő hatásfok is jó lesz, a híd pedig figyel a kimenőjelet. Ha a kimenőjel bármilyen kis mértékben is eltér a bevezetett jeltől, hibajel keletkezik, ami az „A” osztályú erősítőt vezérli. Ekkor az utóbbi kimenőjele olyan torz jelkomponenseket is fog tartalmazni, melynek amplitúdója és fázisa éppen a „B” osztályú fokozat torzításának



1. ábra



2. ábra

kompenzálására alkalmas. Mivel ez a képesség minden pillanatban rendelkezésre áll, bármilyen eredetű tranziens hibát, pillanatnyi vagy állandó jellegű nonlinearitást képes kiszabályozni. Ismeretes pl. a nagy teljesítményű erősítők azon tulajdonsága, hogy kivezérlési csúcson rövid ideig jelentős tranziens torzítással rendelkeznek a végtranzisztorokat ért hőlkés, a félvezető átmenetek pillanatnyi elmelegedése és így munkapontváltozása miatt. A Quad-405-ös erősítő teljességgel mentes az ilyenfajta hibáktól. Magának a hídkapcsolásnak a kiegyenlítetttsége sem olyan kritikus a mérések szerint, mint azt első pillantásra gondolni lehetne. Ha a híd elemei 5%-os elemekből épülnek fel, ez a kiegyenlítetttség a kimeneten csak 5 mV intermodulációs terméket eredményez 1 kHz-en, ami megfelel 0,01% intermodulációs torzításnak.

Az erősítő teljesen érzéketlen a kimeneti fázistolásra, mivel ennek hatását is kiküszöböli a hídáramkör, így tetszőleges hangszóró-kombináció és hangváltó alkalmazása mellett nem kapunk szá-

mottevő tranziens hibát. Ez nem mondható el általában az egyéb erősítőkről.

Az 5. ábrán a konkrét, szenzációs specifikációjú erősítő kapcsolása látható. Szerencsére valamennyi alkatrésze a hazai félvezető-választékból beszerezhető, helyettesíthető azonos minőségben, így tulajdonképpen az utánépítésnek nem túl sok akadálya van. Az erősítő gyakorlati megépítését segíti elő az 51. oldalon található nyomtatási rajz. Az alkatrész-beültetést a 6. ábra mutatja.

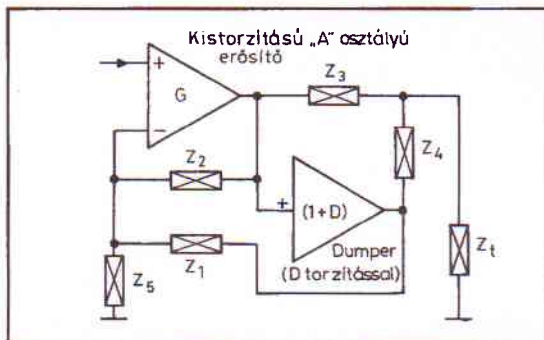
A beültetési rajzon a *-gal jelölt kompenzáló elemek csak 709 típusú műveleti erősítő használata esetén szükségesek. LM301A-nál csak C_3 -at ültessük be a nyák-ba. A beültetési rajzon nem szereplő alkatrészeket a végtranzisztorok közös hűtőbordájára csavarozott forrlécre kell elhelyezni.

Az IC és a T_2 tranzisztor képviselik a bemeneti fokozatot, melynek kimenőpontja a T_2 kollektora. A lineáris kimenőfeszültséget az IC kis kivezérlése és a tranzisztor áramgenerátoros munkaelállása (T_1) biztosítja, továbbá a beépített ellencsatolások. Az „A” osztályú erősítő végtranzisztorok T_7 , melynek meghajtásáról a T_3 - T_4 emitterkövetők gondoskodnak (hármás darlington). T_7 relative kis és állandó árammal jár, kimenőjele igen jó linearitású, meghatározó az eredő torzításra nézve. A puritán, kvázi-komplementer „B” osztályú végfokozatot T_9 , valamint T_8 - T_{10} alkotják. A kapcsolást a szokásos, kimeneti áramot figyelő áramkorlátozó védelemmel egészítették ki. A védelem működését a pillanatnyi U_{CE} feszültség is befolyásolja, valamint működése diódákkal gyorsított. T_5 a T_9 végtranzisztor, T_6 a T_8 - T_{10} -es kompozitot védi.

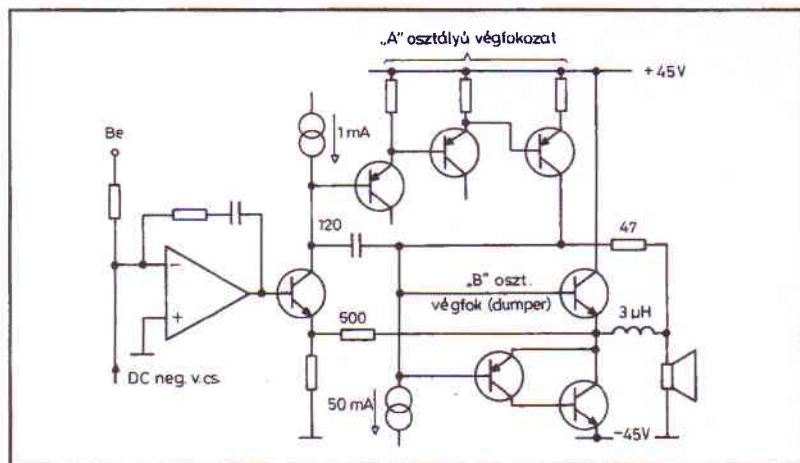
A híd elemei a következők: a C_8 kondenzátor, R_{38} ellenállás, L_2 induktivitás, valamint R_{20} - R_{21} paralel eredője. A kapcsolásban ezenkívül néhány alkatrész még magyarázatra szorul. C_1 és C_4 az alacsonyfrekvenciás sávhatárt határozzák meg. C_3 kompenzáló kondenzátor az LM301A IC számára, D_1 - D_3 Z-diódák az IC tápfeszültségét állítják elő a ± 50 V-os nyers tápfeszültségből. C_7 , C_9 és C_{11} gerjedésgátló kompenzáló kapacitások. C_6 a nagyfrekvenciás átvitelt korlátozza optimális értékre, C_{10} az „A” osztályú végfokozat tápfeszültségét utánhúzással növeli meg.

A kapcsolat gyári specifikációja néhány pontban világvizonylatban egye-

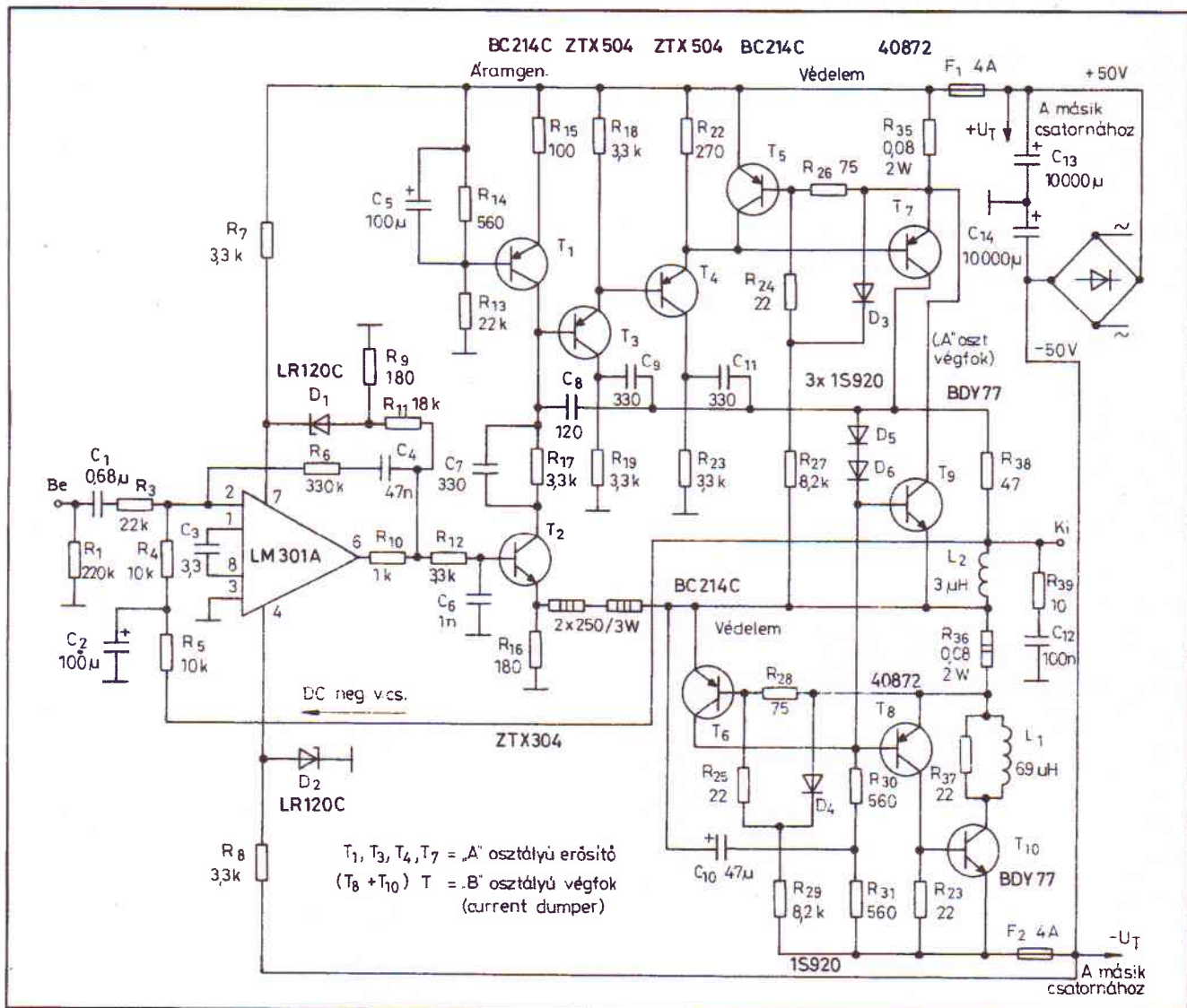
3. ábra



4. ábra



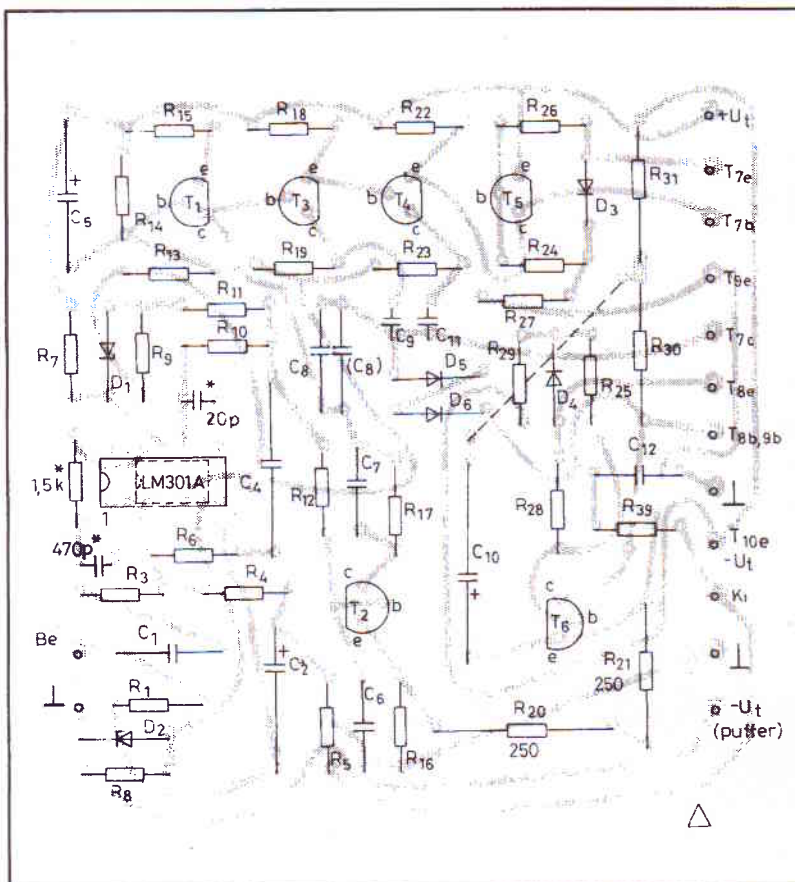
elektroakusztika * elektroakusztika



5. ábra

dülálló, és általánosságban véve elmondható, hogy minden igényt kielégít. A megadott adatok mellett a kimenőteljesítmény 100 W, a határolás ezen érték fölött 8 Ω-os terhelésnél megkezdődik. Sávszélessége 10 Hz...20 kHz 100 W/8 Ω mellett, míg 1 W-os kimenőteljesítménynél 10 Hz...40 kHz körüli. Érzékenysége 100 W-hoz 500...520 mV. A kimeneten kb. 0,4...0,5 mV zaj mérhető. A garantált jel-zaj viszony 90-95 dB. A Quad cég által megadott harmonikus torzítási érték 100 Hz-en kisebb, mint 0,01%, 10 kHz-en kisebb, mint 0,05%, 100 W kimenőteljesítménynél. Bármilyen eredetű intermodulációs termék 80 dB-lel alatta van a kimeneti feszültség szintnek, 100 W/8 Ω viszonylatban.

Különböző hifilaboratóriumok végeztek méréseket a Quad-405-ös erősítőn. A mérések alkalmával a műszerparkot igen nagy gonddal kellett kiválasztani, mivel a világon csupán egy-két cég készít ilyen minőségi jellemzők mérésére alkalmas műszereket. A gyakorlatban a torzítás olyan kicsi volt, hogy szinte eltűnt az egyébként nagyon kis zajban. Az adódott, hogy az erősítő 10 W körül 0,01...0,035% harmonikus torzítású, míg 100 W-nál, 1 kHz-en a zajösszetevőket kiszűrve a tényleges torzítás fantasztikus, 0,0033%, zajjal együtt 0,0046% értékű. Spektrumanalizátorral vizsgálva az intermodulációs termékeket, azok szintje -80 dB alatt van, míg célműszerrel mérve (50 Hz + 7 kHz, 4:1) 0,006% in-



6. ábra

termomodulációs torzítást tapasztaltak. 100 W kimenőteljesítménynél.

Mindezek után a megépítésről. Tulajdonképpen azonos eredmény elérésének reményében, igen nagy biztonsággal utánépíthető a kapcsolás. Az IC helyettesíthető 741-es vagy 709-es erősítővel (kompenzálás: 500 pF + 1,5 kΩ, továbbá 20 pF). T_2 helyén 50 V-os kisjelű tranzisztor, pl. a BFY34, BC182 megfelel, sebessége nem kritikus (az eredeti típus 150 MHz-es). T_1 – T_3 – T_4 – T_5 – T_6 pozícióba egységesen megfelel a BC212, 2N2905A. T_7 és T_8 pozícióba bármilyen 40 W-os, 100 V-os végtranzisztor, pl. a BD242C, TIP32C megfelel. A T_9 és T_{10} pozícióba a BD249C, vagy ha leme-

gyünk a tápfeszültséggel ± 30 V-ra, a népszerű 2N3055 is alkalmas. Ekkor természetesen a kimenő teljesítmény 8 Ω -os terhelésen nem éri el a 100 W-ot.

Az erősítő tranzisztorait nem feltétlenül szükséges párba válogatni. A híd elemeit célszerű 5% pontosságúra összehozni, egyébként a bemérés során semmiféle beállításra nincs szükség, kifogástalan alkatrészek és felépítés mellett hasonló specifikációkat remélhetünk, mint az eredeti készüléknél. Természetesen sok olvasóban felmerülhet a kérdés, hogy van-e értelme az ilyen kis torzítás hajhászásának, egyáltalán jelentenek-e valamilyen észlelhető különbséget a különféle kiváló specifikációjú erősítők közötti kis torzítási adat-eltérések. A válasz teljesen egyértelmű. Végre most már találhatunk az átviteli láncban belül egy olyan egységet, aminek különféle problémáival, átvitelével, torzításával nem kell foglalkoznunk, ha a Quad-405-ös erősítőt építhetjük meg. A kis torzítási adatok mérőszámai a gyakorlatban azt jelentik, hogy ezen erősítő torzítását senki nem hallja meg (képzett, jó fülű egyének a tapasztalat szerint kis torzítási értékek észlelésére is képesek). És még valamit: ezen erősítő építési költsége azonos vagy alacsonyabb egy másik hasonló, de gyengébb specifikációjú 100 W-os erősítőéhez képest.

A tápfeszültség egyszerű csökkentésével mérsékelhetjük a kimenő teljesítményt. Az IC számára mindenesetre a két Z-dióda segítségével biztosítani kell a mindenkori megfelelő tápfeszültséget ($\pm 15 \dots 18$ V, pl. ZG15 vagy hasonló típus). Az eredeti kapcsolás a limitálás miatt egyébként 4 Ω -os terhelésen 75 W kimenő teljesítmény leadására képes, de a limiteráramkör szórásától függően ez az érték 60...85 W között változik. A kapcsolásból kivehető legnagyobb teljesítmény az eredeti félvezetőkkel kb. 125 W, 5...6 Ω -os terhelésen, 0,01% torzítás mellett.



CONRAD
ELECTRONIC

Értesítjük Kedves Ügyfeleinket és minden érdeklődőt, hogy 1994. november 1-től megrendeléseiket budapesti irodánkban keresztül bonyolítjuk le.

CONRAD Iroda Budapest, SZINKER Bt.
1063 Budapest VI., Kmetty György u. 19.
Tel./fax: 112-7729