

Hangtechnika – felsőfokon

Urbán István okl. villamosmérnök

Ebben az összefoglaló cikkben egy olyan jóminőségű, nagyteljesítményű végfokot ismertetek járulékos áramköreivel együtt a zenész, diszkós vagy HI-FI-kedvelők körével, mely minden igényt kielégít. Ennek megfelelően jó a frekvencia- és fázisátvittele, valamint a hosszúidejű stabilitása, és megfelelő védelemmel rendelkezik a túlmelegedés ellen.

1. 300 W-os teljesítményerősítő VFET-tel

A tervezés indulásakor felvetődött a kérdés, hogy milyenek legyenek az erősítő végtranzisztorai? 300 W-nyi zenei teljesítmény eléréséhez 4 Ω-on elég szigorú feltételeknek kell teljesülni. A legfontosabb, hogy a tápfeszültségnek ±60 V körülinek, de inkább nagyobbak kell lennie. Ez a legfontosabb paramétert, a végtranzisztorok letörési feszültségét egyértelműen meghatározza. A rostán itt már áthullik az ismert végtranzisztorok nagy része. A nemlineáris torzítás alacsony szinten tartása érdekében jó lenne, ha hasonló négyzetes karakterisztikával rendelkezne, mint hajdan az elektroncső, ami úgy tűnik, hogy feltámad poraiból és újra reneszánszát éli. A félvezetőfizikából ismert, hogy az elektroncső karakterisztikáját legjobban a FET-ek közelítik meg.

Az is ismert, hogy a hagyományos FET-ek kisjelű eszközök, amelyek csak mA-es nagyságrendű drain-árammal működnek. Kialakítottak azonban a MOS-FET gyártástechnológiában egy olyan méhsejtszerűen összekapcsolható struktúrát, ami lehetővé teszi, hogy az egyetlen lapkán integrált sok-sok FET áramát összegezzék és így teljesítményerősítésre is használható eszközt hoztak létre.

Nagyon leegyszerűsítve ez a POWERFET (vagy SIPMOS, HEXFET stb.). Többféle típusa létezik, elsősorban kapcsolóüzemű tápegységekben és teljesítményerősítőben alkalmazzák, attól függően, hogy milyen karakte-

risztikával rendelkeznek. Számunkra a kapcsolóüzemben használható eszköz nem jöhet számításba, mert az erősítőben csak a lineáris U_{gs}/I_d karakterisztikájú típusok használhatók.

Sajnálatos, hogy ezek az eszközök nagyon drágák, különösen, ha a paraméterek a következők: $I_d = 30$ A, $U_{ds} = 100$ V, $P = 120$ W. Márpedig ebben az erősítőben ilyen eszközt kell alkalmazni p- és n-csatornás párosával, tehát összesen négyet. Ezen eszközök darabja a cikk írásakor – 1996 májusában – több ezer forint volt. Ez az első olvasatra lehangolóan tűnik, hiszen így egy komplett egységcsomag ára elérheti a 20 000 Ft-ot. Az ár mérlegelések azonban egy dolgot nem szabad elfelejteni: nagy teljesítményt csak úgy tudunk produkálni, ha megfelelő alkatrészeket használunk, az pedig pénzbe kerül. Ezzel indokolható a látszólag drága VFET használata.

Kínálkozik egy másik megoldás is a szükséges teljesítmény elérésére. Már volt szó róla, hogy ezek az eszközök tetszőleges számban párhuzamosan kapcsolhatók, hogy a szükséges teljesítményt elérjük. Ezek szerint nem kell fetétlenül egy tokban lenni a disszipációhoz szükséges összes VFET-nek. Ebben az esetben elmondható, hogy a kisebb disszipációjú eszközök ára relatíve kedvezőbb, így az erősítő valamivel olcsóbban is megépíthető. Ez a megállapítás azonban csak akkor igaz, ha az egy áramkörben használt FET-eket U_{gs} -re szigorúan összeválogatjuk. A válogatás oka fizikailag igen egyszerű. Mindig az a FET disszipál legjobban, amelyiknek a legkisebb a nyitófeszültsége, így ez előbb-utóbb túlterhelődik és észrevétlenül, látszólag minden ok nélkül tönkremegy. Ez lesz a sorsa a csoportból a következő legkisebb U_{gs} feszültségű tranzisztornak is, amíg mind „el nem roppen”. Ahhoz, hogy ezt elkerüljük, a tranzisztorcsoportokat a gyakorlat szerint század volt pontossággal válogatni kell. Az erősítő alkatrészeinek vásárlásakor erre nagyon oda kell figyelni. A

Hobbi Elektronika egységcsomagjai több száz darabból válogatott FET-csoportokat tartalmaznak, ezért az építést az itt vásárolt egységcsomagból célszerű elvégezni.

1.1. Műszaki adatok

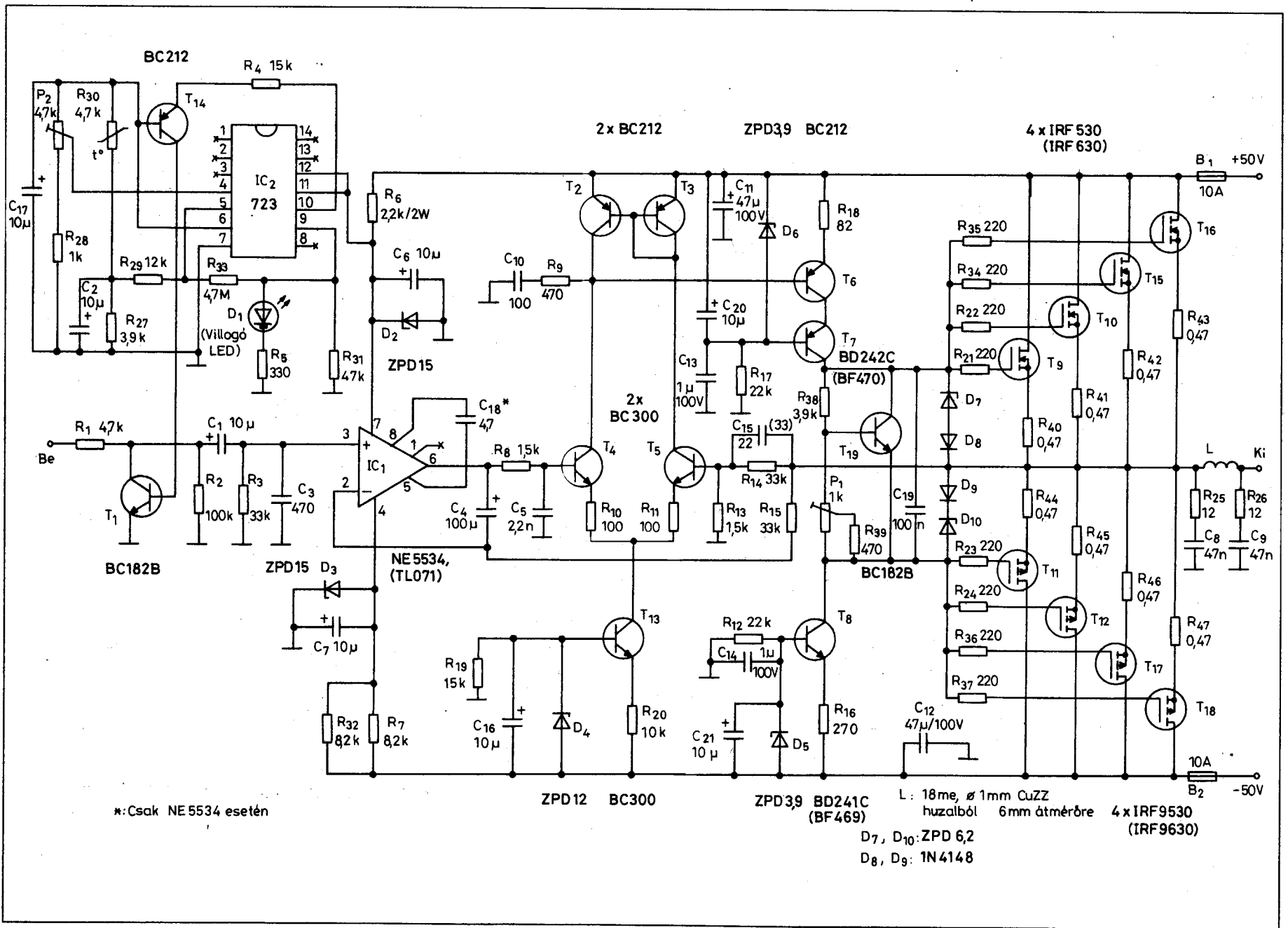
Bemeneti impedancia:	30 kΩ, túlmelegedés esetén 4,7 kΩ
Érzékenység:	1,3 V (teljes kivezérléshez)
Terhelő impedancia:	4 Ω
Névleges kimenőteljesítmény:	225 W szinuszos, 300 W zenei
Harmonikus torzítás névleges teljesítménynél a 35 Hz ... 16 kHz sávban:	0,1% alatt

1.2. Az áramkör működése

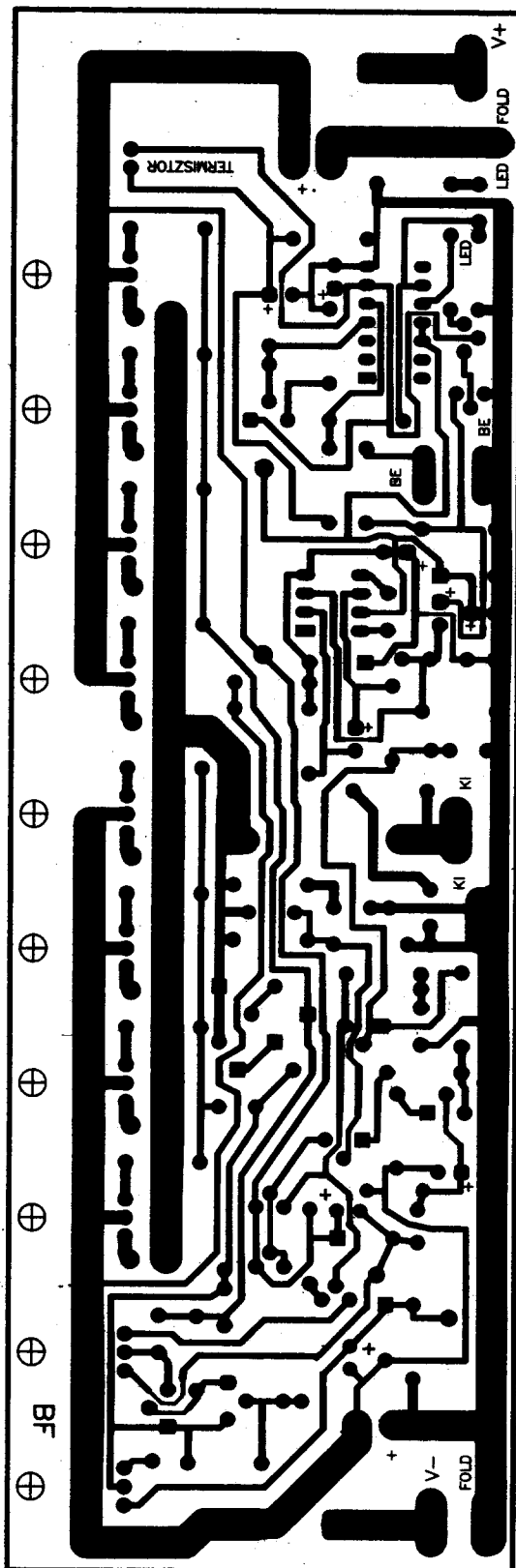
A bemenőjel az 1. ábra alapján az R_1 ellenállásra kerül, mely a túlmelegedés elleni védelemben játszik szerepet. R_2 a T_1 kollektorát 0 potenciálra tartja. R_3 és R_{15} értékei megegyeznek, hogy a műveleti erősítő bemeneti áramai által, a bemenetekkel sorbakapcsolt ellenállásokon okozott feszültségessé ne hozzon létre feszültség-szint-változást a kimeneten. A C_1 csatolókapacitátor használatát az előbbiek teszik szükségessé.

R_6 , C_6 , D_2 , R_7 , R_{32} , C_7 , D_3 a műveleti erősítő 15 V-os tápfeszültségét állítják elő. R_6 nagyobb teljesítményű, hogy a tápáram a túlmelegedés elleni védelem számára is elegendő legyen. A műveleti erősítőnek két feladata van. Egyrészt növeli a bemeneti impedanciát, másrészt az erősítő hangszóró kimenetén megjelenő egyenfeszültség-szintet nagy pontossággal 0-ra állítja be.

A műveleti erősítő erősítése a hangfrekvenciás sávban egységnyi. Ezt a C_4 kondenzátorral értük el. Az



1. ábra



4. ábra

Ezért világos, hogy a bázist vagy negatív feszültségre kell kötni, vagy szabadon kell hagyni.

1.3. Az erősítő szerelése, élesztése

Az erősítő jól megtervezett nyákrája a 4. ábrán látható. A szereléshez csak a kapcsolási rajz alapos áttanulmányozása és megértése után szabad hozzáfogni. A jóminőségű panel és mérethelyes alkatrészek használata elsőrendű követelmény a siker érdekében, ezért célszerű a szerző üzletében kapható egységcsomagot megvásárolni és abból megépíteni. Természetesen az Ön hozzáértésére és szaktudására továbbra is szükség van. Nem kerülhet meg az oszcilloszkóp és hanggenerátor használata sem, ha pontos információt akarunk kapni a kész erősítőről.

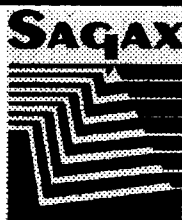
A szerelést a 5. ábra alapján figyelmesen végezzük el! Minden alkatrészt ültessünk le a panel szintjére, hogy ne legyen rajta lógó, zárlatot okozó elem. A forrasztást szakszerűen, jó minőségű (pl. Weller) pákával érdemes kivitelezni. FIGYELEM! Pisztolypákát ne használjunk!

Fokozottan ügyeljünk a teljesítménytranszisztorok és a hűtőborda szerelésére. Az összes tranzisztort csillámlappal szigeteljük el a hűtőbordától! A T₇ és T₈ tranzisztorokat rögzítő csavarokat szigetelő alátéttel szereljük. A T₉ ... T₁₂ MOSFET-ek rögzítő csavarjait csak a hűtőbordától kell elszigetelni. Ezeknek a csavaroknak elektromos összeköttetést kell létesíteniük a tranzisztorok drain-jei és a panel között. A tranzisztorokat csak a hűtőbordára való szerelés után forrasztjuk panelba, hogy a hűtőborda vastagsága ne okozzon problémát a csavarozásnál, majd ohmmérő segítségével ellenőrizzük, hogy nincs-e rövidzár a tranzisztorok fémtokja és a hűtőborda között.

Az első bekapcsolás előtt zárjuk rövidre az erősítő bemenetét! A P₁ trimert forgassuk jobbra, ütközésig. A pozitív és negatív tápfeszültségeket a biztonság érdekében célszerű négy-négy

Sagax, Kft.

1093 Bp. Pipa u. 4.
Telefon: 215-0082
FAX: 216-4019



SAGAX Vasalható PnP NYÁK fólia,
Electronics Workbench,
Ivex WinDraft-WinBoard,
Protel és MicroSim PSpice,
tervező programok.

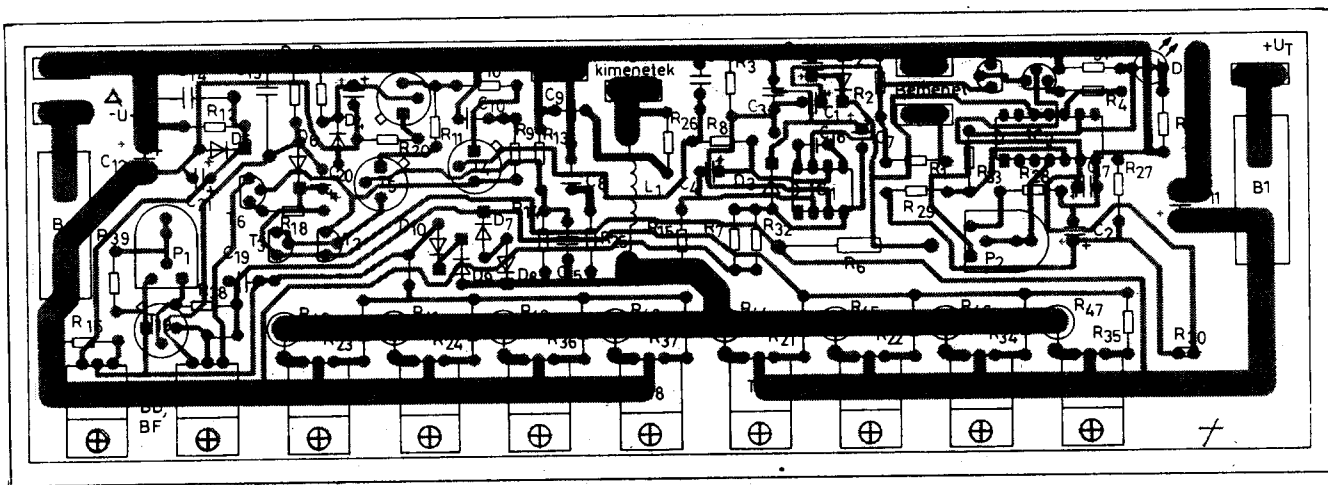
**PRINTED CIRCUIT BOARD
TRANSFER FILM** For laser printers
& photocopiers

Csak 4 lépés:
Alkalmazás
Szerelés
Távolítás
Kiszáradás

más lépés a PPF!

Művelet egyszerű:
Készítsd a NYÁK lemezt
Készítsd a CAD
programoddal vagy a
papírral

Press-n-Peel



5. ábra

12 V/5 W-os izzón keresztül a végerősítőre kapcsolni. Rövidzárlat esetén az izzók világítása jelzi a hibát. Normális működés esetén az izzósoron mért feszültségesés nem nagyobb 11 V-nál. Ha a kimeneten 0 V-ot mérünk, akkor nagy valószínűséggel nincs hiba az erősítő összeszerelésénél.

Oszilloszkóppal és hanggenerátorral vizsgáljuk meg az erősítő átvitelét. Ezzel a nagyfrekvenciás gerjedések is felderíthetők. Ha gerjedést tapasztalunk, a technológiai leírásban közölt eljárások valamelyikét alkalmazzuk! Ha mindent rendben találtunk, kapcsoljuk ki a tápfeszültséget, szereljük le a sorba kötött izzókat, iktassunk egy 200 mA mérés határú árammérőt a negatív tápfeszültség és az erősítő közé! Kapcsoljuk be az erősítőt és forgassuk el a P₁-et, amíg kb. 50 mA nagyságú áramot mutat a műszer.

Ezután kisszintű szinuszzel ellenőrizzük a keresztelési torzítást. Ha szükséges, állítsuk nagyobbra a nyugalmi áram értékét. Ezután állítsuk be a túlmelegedés elleni védelem bekapcsolási hőmérsékletét. Szereljük a termisztort egy fémlerezre, kivezetéseit huzallal kössük a panelba. Helyezzük a lemezt forrásban levő vízbe, ügyelve, hogy a huzalok ne merüljenek víz alá, mert a víz áramvezetése nem elhanyagolható, ezért meghamisítja a beállítást! Forgassuk a P₂ trimert jobbra ütközésig, majd forgassuk lassan balra, amíg a villogó LED működésbe lép. Ezzel a beállítás kész, 100 °C-on aktivizálódik a hővédelem. Ha ezt alacsonyabb hőmérsékleten szeretnénk elérni, értelem szerűen járjunk el: alacsonyabb, ismert hőmérsékletű közeghez érintve a termisztort, állítsuk be a be-

kapcsolási küszöbszintet. Szereljük vissza a termisztort a hűtőbordára és forrasszuk be a kivezetéseit a panelba. A bemeneti rövidzárlat távolítsuk el és az erősítő használható. Amennyiben az erősítőt tartósan 100 W felett kívánjuk üzemeltetni, célszerű ventilátoros hűtést alkalmazni.

1.4. Típusajánlatok a 300 W-os erősítő építéséhez

A 300 W-os erősítő elődje a *Hobby Elektronika* 1993/7., 8., 9. számaiban jelent meg. A most közlendő változások ehhez az alaptípushoz hasonlítva értendők. Az erősítő árának csökkentése érdekében a TO3-as tokozású MOSFET-eket IRF530/IRF9530, vagy nagyobb tápfeszültség esetén IRF630/IRF9630 típusokra cserélhetjük.

Ezek a TO-220-as tokozású tranzisztorok olcsóbban szerezhetők be, mint az eredeti 2SJ135 és 2SK50. *A tranzisztorcseré a nyák változása mellett csupán annyi megkötéssel jár, hogy ezeket U_{gs}-re szigorúan válogatni kell. Az üzletünkben kapható egységcsomag tranzisztorainál ez megtörtént. Más beszerzési forrásnál erre ügyeljünk, mert a nem válogatott tranzisztorok egyenként könnyen eldisszipálnak!*

Az erősítőhöz ajánlott gyűrűmagos transzformátor effektív feszültsége 2 × 40 V – 2 × 55 V között legyen. A két érték közötti választást elsősorban a hangdoboz impedanciája határozza meg. Ha a hangdoboz 4 Ω-os vagy ennél kisebb, elegendő a 40 V körüli érték, és ekkor az IRF530/IRF9530 típusú tranzisztorokat célszerű használni. Ha a hangszugárzó 8 Ω-os vagy ennél nagyobb, tápfeszültségnek az 55 V-ot

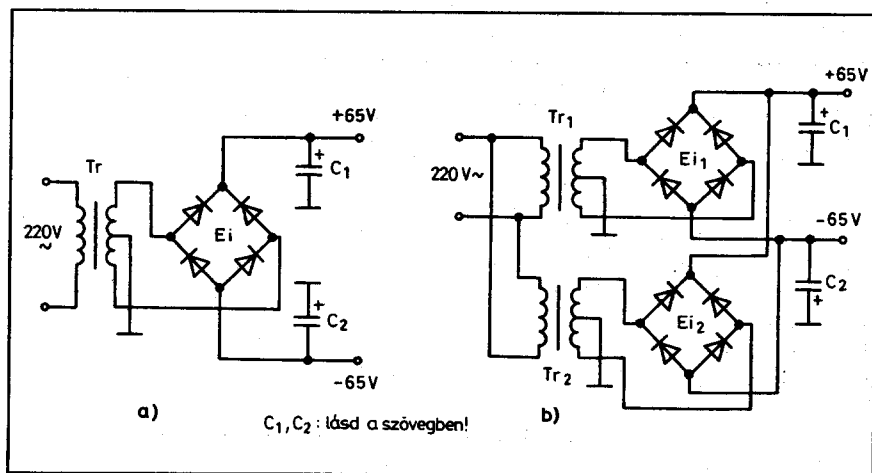
válasszuk. Az erősítő működésébe ez alapvetően nem szól bele, csak a kivethető teljesítményt befolyásolja. Az üzletben a háromféle változathoz használható tranzisztorokkal együtt ezek a transzformátorok is beszerezhetők. A tranzisztorok típusának és a transzformátor feszültségének változása miatt a 300 W-os erősítőhöz háromféle panel kapható:

1. A TO-3 tokozású 2SJ/2SK változat. Alaptípus, tápfeszültsége, terhelése nem kritikus; a megadott határok között bármi választható. Ez a változat jelent meg a hivatkozott *Hobby Elektronikákban*.

2. IRF BD-változat. Ennél a típusnál a végtranzisztor IRF530, IRF9530, a meghajtó tranzisztor pedig BD241C, BD242C lehet. A tápfeszültség 55 V, a terhelés pedig 4 Ω vagy ez alatt legyen. A panelen a meghajtó tranzisztornál BD felirat van.

3. IRF BF változat. Ennél a típusnál a végtranzisztor IRF630/IRF9630, a meghajtó tranzisztor pedig BF469, BF470, vagy BF472 lehet. A tápfeszültsége, terhelése nem kritikus; a megadott értékek között bármi választható. A panelen meghajtó tranzisztornál BF felirat olvasható. Az elmúlt években szerzett tapasztalatok alapján ez a legjobb változat, az üzletben szinte kizárólag csak ezt forgalmazzuk.

A 2. és a 3. konstrukciónál szükségessé vált a C₁₉ kondenzátor bekötése, amely a MOSFET-ek gerjedését akadályozza meg. A C₁₅ kondenzátort hasonló ok miatt csökkenteni kellett. A P₁ potenciométer értékét a megváltozott végtranzisztor-típusok miatt meg kellett növelni. Az új érték 1 kΩ. A nyu-



6. ábra

galmi áram értékét elegendő 60 mA-re állítani. A beállítást óvatosan véghezvük, mert ha megszalad az áramfelvétellel, egy idő után a FET-ek túlmelegedés következtében tönkremehetnek. A nyugalmi áram beállítása után a keresztelési torzítást hanggenerátorral és oszcilloszkóppal ellenőrizzük. Az IRF típusú FET-ek használata miatt a D₇, D₁₀ diódák küszöbfeszültségét csökkenteni kellett.

Ezek a módosítások a Hobby Elektronikában az 1. alaptípusra megjelent kapcsolási rajzhoz képest értendő. A továbbiakban az összeszereléshez az 1. ábrát, vagy az egységcsomagban található kapcsolási és ültetési rajzot vegyük figyelembe.

1.5. Tápegység és további építési tanácsok a 300 W-os erősítőhöz

Jó erősítőt nem lehet építeni jó tápegység és jó konstrukció nélkül. Ez a megállapítás minden erősítőre igaz, de ez igazából a 100 W fölötti teljesítménynél érződik, ahol az egész konstrukcióhoz szükséges hűtőborda, trafó és járulékos áramkörök mérete, súlya jóval meghaladja az amatőr gyakorlatban megszokottakat. Tulajdonképpen az egész áramkör túlnő az amatőr kereteken, mert nem hiszem, hogy ezt az erősítőt valaki csak úgy szórakozásból, kísérleti céllal rakná össze. Úgy gondolom, hogy mindenki, aki ennek az erősítőnek a megépítéséhez hozzáfog, nagyon jól tudja, hogy mire szeretné használni és ennek megfelelően milyen terméket szeretne az építés eredményeként kapni. A teljes siker érdekében azonban nem elég csak az alkatrészeket a panelra fellapátolni és három ma-

zaggal valamilyen táphoz csatlakoztatni. Ez a gondolkodás biztos kudarchoz és sok felesleges kiadáshoz vezet, míg egy jól átgondolt építési stratégia egész biztos, hogy megéri a gyümölcsöt. Természetesen emellett az alapvető műszerekre, mint oszcilloszkóp és hanggenerátor, valamint komoly szakértelemre és konstrukciós jártasságra is nagy szükség van.

Mivel ez az erősítő nem szériatermék, nem tudok hozzá dobozt és huzalozási vázlatot biztosítani. Ezért a következőkben azokat a gyakorlati tapasztalatokat írom le, amelyek a hangtechnikában általánosan használtak és amiket ennél az erősítőnél az építés során eredményesen alkalmaztam.

A tápegység felépítése a 6. ábra szerint kapcsolástechnikailag nagyon egyszerű. Mindössze trafóból, Graetz-hídból és pufferkondenzátorokból áll. A kondenzátor kapacitása minimum 10000 µF, a feszültsége minimum 63 V legyen. Azért adom meg ezt az értéket, mert a piacon nehéz beszerezni ennél nagyobb feszültségű, nagykapacitású elköt. Legjobb lenne a 47000 µF/80 V-os, de ha nincs jobb, az előbbi is használható. A Graetz-híd legalább 250 V/25 A-es legyen, hűtőfelülettel ellátva.

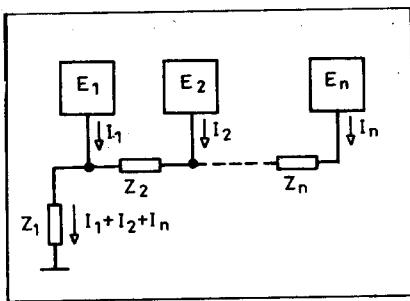
A tápegységben a hálózati transzformátor a kritikus alkatrész. A kis méret, kis súly és ami a legfontosabb, a kis szórt mágneses tér érdekében lehetőleg gyűrűmagra tekercselt trafót érdemes használni. Mivel ilyen teljesítménynél a puffert töltő csúcsáramok értéke igen nagy, ez a tekercsek jelentős mechanikai igénybevételét okozza és a trafót „zizegőssé” teszi. Ezt elkerülendő, a trafót impregnált, vagy műgyantával ki-

öntött legyen. A teljesítménye az erősítő hatásfokát figyelembe véve 1,5-szöröse legyen az erősítő szinuszos teljesítményének. Ezt azonban nem muszáj betartani, mert a gyakorlatban a zenei teljesítménnyel számolhatunk, ami a formátényezője miatt ugyanannál a tápnál mindig nagyobb, mint a szinuszos teljesítmény. Ebben az esetben megfelel egy 300 VA-es transzformátor, ami az eddig ismertetett jellemzőkkel rendelkezik. Ez a szerző üzletében beszerezhető.

Tudvalevően a trafó sem ideális eszköz, teljes kivezrlésnél a pufferfeszültség nyíván leesik néhány V-ot, ami limitálja a kivehető teljesítményt, legyen az szinuszos vagy zenei. Ez csak úgy küszöbölhető ki, ha az előbbinél lényegesen nagyobb teljesítményű trafót használunk, vagy a 6.b ábra szerint a 300 VA-es trafóból kettőt, Graetz-eken keresztül párhuzamosan kapcsolunk. Ebben az esetben vehető ki folyamatos csúcsterhelésnél a névleges szinuszos teljesítmény.

1.6. A konstrukció kialakítása, huzalozás, földelés

Bátran kijelenthetem, hogy nincs egységes zavarvédelmi módszer, viszont számos olyan gyakorlati fogás van, amellyel a káros hatások csökkenthetők. A hangfrekvenciás erősítőknél ide tartozik a földelés, az egységek árnyékolása, a fokozatok tápellátás szerinti leválasztása stb. A helyes földelés a zavarok és gerjedések csökkentésének alapvető módszere. A föld egy ekvipotenciális felület, ami viszonyítási pont a mérések során. A földvezetékek helyes kialakításához először minimalizálni kell a két vagy több forrásból érkező, a földvezetékek impedanciáin keresztül folyó áramok okozta zavarok feszültségét, másodsor ki kell zárni a földhurkok kialakításának lehetőségét, mert ezek igen érzékenyek a szórt mágneses terekre és a földsínek potenciálkülönbségeire. A huzalozás során szem előtt kell tartani, hogy minden vezetéknek véges impedanciája van és a térben szétszórt földelési pontoknak gyakorlatilag nem azonos a potenciáljuk. Ezért a tápegység földvezetékét nem szabad használni a jeláramkörök földvezetékeként. Legfontosabb, hogy a tápegység pufferkondenzátorainak rendkívül nagy értékű, rövid töltőáram-impulzusai hatását távoltartsuk az erősítőtől. Ennek legbiztonságosabb



7. ábra

módja, ha az egyenirányítóról érkező, lüktető egyenáramot szállító vezetékzés a lehető legrövidebb és kellően vastag huzalból készül. Ezt a vezetékét a kondenzátor kapcsáig nem szabad elágaztatni.

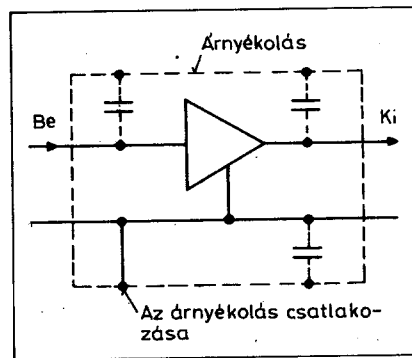
Minden további vezetékzésnek ezután a pufferekről kell kiindulni, még a földelésnek is. A nagyáramú egységek, tápok, végfokok vezetékzeit célszerű önállóan, különválasztva vezetni. Kerülni kell ezek nyomtatását. Az erősítő egységeit egymás után úgy kell felfűzni a jel haladásának sorrendjében a tápvezetékre a 7. ábra szerint, mint a gyöngyöt. A jeláramkörök földvezetékeinek ez a soros összekötése a legegyszerűbb és legjobban elterjedt módszer. Az alkalmazásának azonban vannak korlátai. Az egyes fokozatok között keresztcsatolás jöhet létre a földvezetékek soros impedanciáin átfolyó viszáramok következtében. Nyilván ilyenkor meg kell változtatni a haladás sorrendjét. A tapasztalat azt mutatja, hogy ilyen esetben a legérzékenyebb fokozatot a lehetőség szerint a lehető legközelebb kell elhelyezni az elsődleges földelési ponthoz, mivel ennek a potenciálja van legközelebb a nullához. A kisszintű jelek árnyékolását, ahol lehet, kerülni kell. Ha árnyékol-

vezeték használunk, vigyázzunk az árnyékolóharisnya testre kötésével, mert az meglehetősen kritikus. Általános irányelv, hogy csak az egyik vége földelhető. Az, hogy melyik vége és hova, csak kísérleti úton határozható meg. Ez meghatározza a szerelés, élesztés sorrendjét. A szerelést mindig a nagyáramú egységekkel kell kezdeni: táp-végfok-védelem-hangszín-előfok-RIAA stb.

Az erősítőt fémdobozba kell beépíteni, ami része a konstrukciónak. A biztonság miatt a dobozt földelni kell, de nem szabad azt használni az erősáramú és a jeláramkörök földvezetékeként. A dobozt csak egy pontban szabad összekötni a földvezetékkel.

Külön ki kell emelni a hangerő-, hangszín-, balansz-szabályozó potméterek földelését. Minden potmétert el kell szigetelni a doboztól és csak szigetelést biztosító műanyag forgatógombbal szabad azokat ellátni. A kötővezetékek közös árnyékolóharisnyában legyenek. A potméterek árnyékolásait a 8. ábrán látható módon célszerű földelni. Ha a jeláramkörnek különálló földelési pontja van, az árnyékolóharisnyát olyan pontra földeljük, ami a jelvevő közös pontjához van kötve.

Azokat az egységeket, melyeknek nagy az erősítési tényezője, célszerű fém árnyékolódobozba szerelni. Ezzel kizárható a szórt mágneses és elektromos terek hatása. A legjobb árnyékolóanyag a permalloy lemez. Ha az árnyékolás helytelenül csatlakozik a földszínhez, akkor a parazita kapacitások a kimenetről a bemenetre visszacsatoló kört alkotnak, ami gerjedéshez vezet. Itt az a helyes árnyékolási mód, ha az árnyékolódoboz a 9. ábra szerint az árnyékolt egység földkivezetéséhez csatlakozik, még akkor is, ha ez a pont



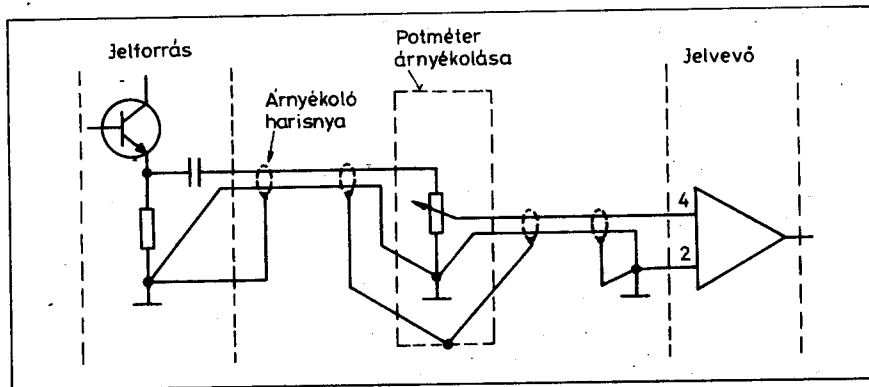
9. ábra

nincs földpotenciálom. Ha az itt leírtak alapján építjük meg az erősítőt, az bizonyára az elvárásaink szerint fog működni.

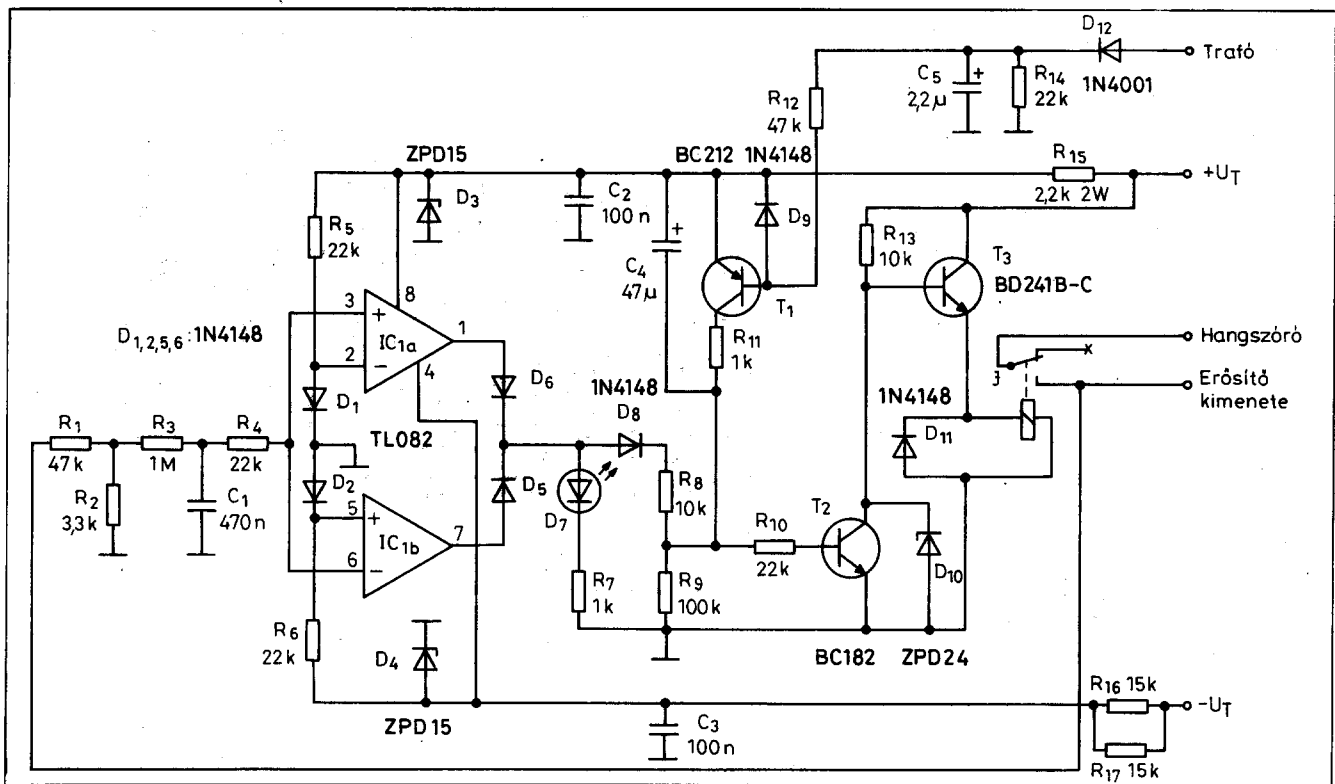
2. Védelem a 300 W-os erősítőhöz

Ilyen teljesítményszinten az erősítőt már nem lehet működtetni védelem nélkül. Nehéz meghatározni azt a teljesítményértéket, ahol a védelem használata kötelező, hiszen ez elsősorban anyagi kérdés. Az viszont nyilvánvaló, hogy ha a hangrendszer ára jócskán meghaladja a védelemre fordított költségeket az alkalmazás mindenképpen indokolt. A jó védelemnek többféle feladatra kell megfelelni: védeni kell a hangszórót a be és kikapcsolások során fellépő tranziensek, az erősítő kimenetén tartósan megjelenő nagyon alacsony frekvenciájú, nagy amplitudójú jelváltozások, valamint a DC szint ellen. A védelem a terhelés lekapcsolásával természetesen a végfokot, elsősorban a végtranzisztorokat is védi az említett anomáliák során fellépő, szinte kiszámíthatatlan kölcsönhatásoktól. Előrebocsátom, hogy ez a védelem sem mindenható, csak az ellen véd, amire készült. A gondos, szakszerű munkára, precíz munkaponti beállításokra és az Ön fokozott figyelmére továbbra is szükség van!

Az áramkör valamilyen rendellenes működés érzékelése után egy relét működtet, amelynek kontaktusa az erősítő kimenete és a hangszóró közé van beiktatva. A teljesítményerősítő tápegységének bekapcsolásakor a relé késleltetve húz be, így csak a tranzien jelenléte lezajlása után kapcsolja a terhelést a végfokra. Ez idő alatt a pufferkondenzátorok feltöltődnek és eltűnnek a kimenetről a feszültségflangések; a kimeneti feszültség 0-ra áll be. Az



8. ábra



10. ábra

erősítő kikapcsolásakor, a hálózati feszültség megszűnésével a relé azonnal kikapcsol, így a kisülő kondenzátorok tápfeszültségének csökkenése által keltett feszültség-ingulások nem károsíthatják a hangszórót. Ha az erősítő kimenetére valamilyen ok miatt, például a végtranzistorok meghibásodása következtében, néhány tized másodpercre egyenfeszültség kerülne, a két műveleti erősítő, ami az erősítő kimenetét figyeli, a relén keresztül lekapcsolja a hangszugárlót az erősítő kimenetéről.

A működés a 10. ábra alapján követhető. Fontos, hogy a védőáramkör tápvezetéke a végerősítő tápjára legyen kötve, mert az áramkör csak akkor működik az itt leírtak szerint. A tápfeszültség bekapcsolása után a C_4 és R_9 és R_{10} ellenállásokon keresztül elkezd töltődni. Az R_{10} -en átfolyó áram vezérli a T_2 -t, ami telítésbe megy, ezért zárja T_3 -t, aminek az emitterén a feszültség megközelítőleg 0 lesz, így a relé kikapcsolt állapotban marad.

A C_4 megközelítőleg 4 másodperc alatt feltöltődik, az R_{10} -en nem folyik tovább áram, ezért a T_2 lezár. A T_2 kollektorán a feszültség a D_{10} -es Z-dióda által meghatározott 24 V-ra emelkedik. A T_3 nyit, az emitterén a feszültség

megközelítőleg 23 V lesz, a J relé behúzás és a hangszórót rákapcsolja az erősítőre. Az erősítő bekapcsolásának pillanata és a relé behúzása között eltelt idő nagyságát a C_4 , R_9 , R_{10} elemek időállandója határozza meg. Ezt módosítani legegyszerűbben az R_{10} értékének változtatásával lehet.

A relé tekercsére kapcsolt feszültség nagyságát a D_{10} kicserélésével módosíthatjuk, így nem kötött a relé behúzófeszültsége. Ekkor azonban az R_{13} értékét is változtatni kell, úgy, hogy a rajta átfolyó áram nagysága kb. 15 mA legyen. Az R_{13} értéke akkor is módosításra szorul, ha a tápfeszültség nagymértékben eltér az itt megadott értéktől. Ez akkor fordul elő, ha a védelmet nem a fenti 300 W-os erősítőhöz, hanem például a QUAD-405-höz adaptáljuk. Az R_{13} ellenálláshoz hasonlóan, a megadottól nagymértékben eltérő tápfeszültség esetén az R_{15} , R_{16} , R_{17} ellenállásokat is módosítani kell. Az új érték a következő formulákkal számolható: $R_{15} = (U_T - 15)/23$ [k Ω], a negatív tápágban pedig $R_{16} = R_{17} = (U_T - 15)/3,3$ [k Ω].

Az előbbi képletek lehetőséget biztosítanak arra, hogy ezt a védelmet bármilyen végfokhoz használni lehessen.

Normális üzemi állapotban a D_{12} – amely közvetlenül a hálózati transzformátorra van kötve, a Graetz-híd elé –, feltöltve tartja a C_5 -öt. Erről a feszültségről az R_{12} a T_1 bázisát ellentétesen polarizálja. A D_9 megakadályozza, hogy a T_1 bázisára túlságosan nagy zárófeszültség kerüljön. A T_1 így lezárt állapotban van. A tápfeszültség kikapcsolásakor megszűnik a C_5 újratöltése, azt R_{14} kisüti. A T_1 bázisa ekkor az R_{12} , R_{14} -en keresztül a földre van kötve. T_1 vezet és az R_{11} -en keresztül kisüti a C_4 -et. Ekkor az R_{10} -en át nyitja T_2 -t, ami lezárja a T_3 -at és a relén a feszültség 0 körüli lesz. A jelfogó elenged és lekapcsolja a hangszórót a végfokról. A D_{11} védi a tranzisztort a relén fellépő önindukciós feszültségcsúcsról.

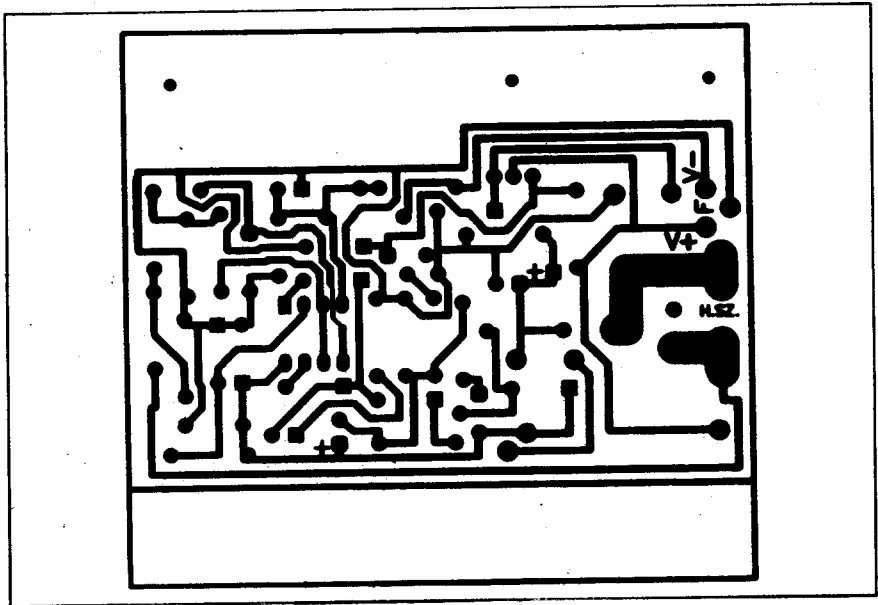
Az IC-vel felépített áramköri rész az erősítő kimenetén meghibásodás esetén fellépő egyenfeszültség elleni védelmet valósítja meg. R_1 és R_2 feszültségosztót alkot, amelyre az erősítő kimenőjele csatlakozik. R_3 és C_1 aluláteresztő szűrőt képez, amely a bemenőjelnek csak az egyenáramú összetevőjét engedi tovább. Az R_4 -re a műveleti erősítő bemenetének védelme miatt van szükség. A két műveleti erősítő egy ablakkomparátort képez. Az R_5 és D_1

pozitív, az R_6 és D_2 negatív referencia-feszültséget állít elő. Ha C_1 feszültsége a $0 \dots 0,5$ V értéktartományba esik, akkor az IC_{1A} kimenetén negatív feszültség mérhető. Ugyanez van az IC_{1B} erősítő kimenetén is. Így a D_5 és D_6 le van zárva és a D_7 , D_8 diódákon nem folyik áram. Ha a C_1 a feszültsége abszolút értékben nagyobb $0,6$ V-nál, akkor vagy az egyik, vagy a másik műveleti erősítő kimenetén az IC tápfeszültségét megközelítő pozitív feszültség jelenik meg. A D_5 , D_6 diódák közül az egyik vezet, a D_7 LED világít, a D_8 diódán és R_8 ellenálláson keresztül pedig megindul a C_4 kisütése. Amikor a kondenzátoron levő feszültség az induló értéknél $0,7$ V-tal kisebb lesz, akkor a T_2 már vezetni kezd, majd a kondenzátor feszültségének további csökkenésével a T_2 szaturálódik. A T_3 lezár, emitterén és a relén a feszültség 0 lesz. A relé elenged, lekapcsolja a hangszórót az erősítő kimenetéről, a D_7 LED pedig jelzi a végfokozat meghibásodását.

Az IC-nek és az áramkör többi részének 15 V-os tápfeszültséget az R_{15} , D_3 illetve R_{16} , R_{17} , D_4 által alkotott egyszerű, Z-diódás stabilizátorok biztosítják. Az R_{15} ellenállás 2 W teljesítményű, hogy a feszültségosztó a LED működéséhez szükséges áramot is szolgáltatthassa.

2.1. A védőáramkör szerelése, élesztése

Ezt a műveletet a panel elkészítésével kezdjük, amely a 11. ábrán látható nyák-rajz alapján P20-as technológiával, amatőr eszközökkel is elkészíthető. (Ha ez valamilyen nehézségbe ütközne, a szerző üzletében, a mintadarab megtekintése mellett a panelt vagy az egész áramkör egységcsomagját is megvásárolhatjuk.) A nyák-ot a rajz szerinti kontúrméretre kell megmunkálni, mert így rögzíthető esztétikusan a 300 W-os erősítő panelje mellé a hűtőbordára. A T_3 hűtőzászlóját a szokásos módon csillámlemez szigeteléssel kell a hűtőbordához rögzíteni. A szükséges rögzítőfuratok kialakítása után hozzáfoghatunk az alkatrészek beültetéséhez, a 12. ábra alapján. Minden alkatrészt ültessünk le a panel szintjére, hogy ne legyen rajta hibát, zárlatot okozó lógó elem. Ügyeljünk a szakszerű forrasztásokra! A hangszóró és erősítő kimenetre lemezes gyorscsatlakozót kell forrasztani. A panelen a forraszme-

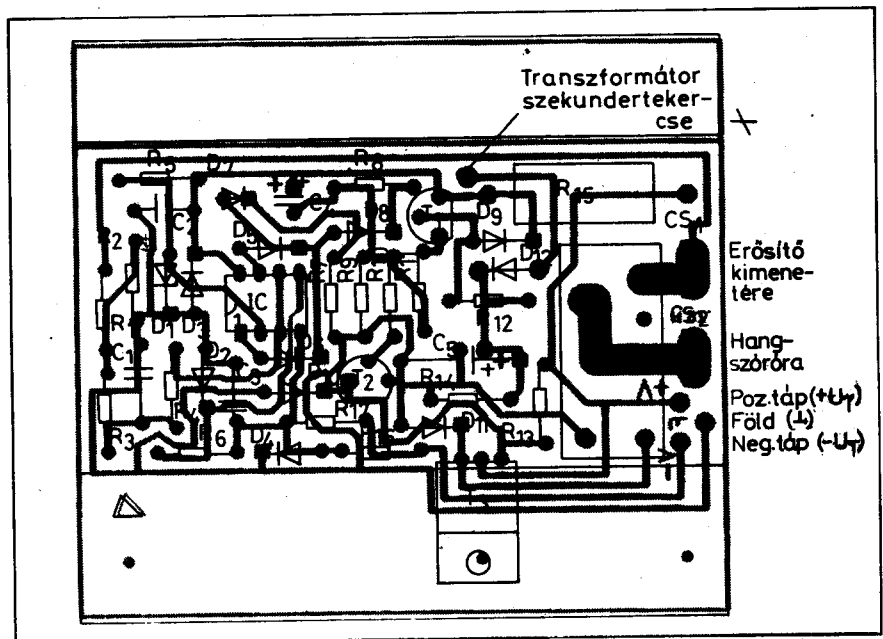


11. ábra

ket ennek megfelelően képeztük ki. A nagyáramú hozzávezetések az erősítőnél is ezzel a biztonságos eljárással oldottuk meg. A fentebb említett egységcsomag természetesen ezt is tartalmazza.

Ha elkészültünk a szereléssel, erős fénnel átvilágítva vizsgáljuk meg, hogy nincs-e a nyák-on valamilyen forrasztásból eredő hiba. Az áramkör nem igényel különösebb beállítást. Ha nem követtünk el hibát a szerelés során, akkor működni kell.

A következő tesztet ennek ellenére el kell végezni! Huzalozzuk össze az erősítő és a védelem áramkörét a 13. ábra alapján. A kötésekhez a fentiekben már előírt nagyáramú gyorscsatlakozót és legalább 2 mm² keresztmetszetű, különböző színű, hajlékony huzalt használjunk. A működés ellenőrzése céljából a hangszóróra, illetve az erősítő kimenetére menő vezetékek csatlakozóját bontsuk meg. Kapcsoljuk be az erősítő tápját és figyeljük a relét! Az megközelítőleg négy másodperc el-



12. ábra



URBÁN ELEKTRONIKA Kft.

Budapest VII., Dózsa György út 16. (Dózsa-Jobbágy sarok)
Tel./fax: 322-8892



**HEWLETT
PACKARD**

**ADÁS-VÉTEL
SIEMENS**

Rendkívül választék - elérhető áron
ROHDE & SCHWARZ

TEKTRONIX

OSZCILLOSKÓPOK

	nettó
TEKTRONIX 2455B 250 MHz, 4 sugár, intelligens, a képernyőre mindent kilír	750.000 Ft
TEKTRONIX 475 250 MHz, 2 sugár, 2 időalap	195.000 Ft
TEKTRONIX mérőhely szkóp + frekv. mérő + fűgvénygenerátor	395.000 Ft
GOLD OS 3600 100 MHz, 2 sugár, 2 időalap	140.000 Ft
EMG 1555 100 MHz, 2 sugár, 2 időalap	19.000 Ft-tól
EMG 1555 alapú, 1 GHz-es SAMPLING scope	75.000 Ft
EMG 1556 250 MHz, 4 sugár, 2 időalap	25.000 Ft-tól
EMG 1553 30 MHz, valós 2 sugár, valós 2 időalap, UJ, 1 ÉV GARANCIÁVAL	85.500 Ft
EMG 1568/2A 50 MHz, 2 sugár, 2 időalap, kis méret, nagy képernyő, újszerű	69.000 Ft-tól
EO 174B 20 MHz, H.V, TV trigger, hordozható, hálózati + telepes táplálás, újszerű állapot	39.500 Ft
EO 213 20 MHz, 2 sugár, kis méret, nagy képernyő	18.500 Ft-tól
RIMEDA C1 94 10 MHz, egy sugár, kis méret, nagy képernyő, UJ, 1 ÉV GARANCIA	22.000 Ft

LOGIKAI ANALIZÁTOROK

	nettó
HP 1630D 100 MHz mintavétel, 16 bemenet, 1024 bit	75.000 Ft-tól
HP 4953A PROTOCOL analízátor	290.000 Ft
HP 64000 Fejlesztő rendszer	25.000 Ft
DOLCH COLT 300A hordozható logikai analízátor	89.000 Ft
EMG TR-9588 40 bemenet, 20 MHz órajel	39.000 Ft-tól

HANGFREKVENCIÁS MÉRŐMŰSZEREK

	nettó
BRÜEL 2010 HETERODINÉ ANALÍZER	197.000 Ft
BRÜEL 2606 Mérőerősítő + csövoltmérő	44.000 Ft
BRÜEL 2305 Level recorder	46.900 Ft
YEW X-Y Recorder	29.000 Ft
EMG 12574 Progr. kristályvez. függvény gen., 0,01 Hz ... 10 MHz	64.500 Ft-tól
HANGFREKIS mérőhely: Millivoltmérő/Hanggenerátor/Frekvencia-mérő/Torzításmérő, RACK felépítésben, egy dobozban. UJ MŰSZER, GARANCIÁVAL! ALKALMI ÁR!	42.000 Ft

ÁTVITELTECHNIKAI ANALÓG ÉS PCM MŰSZEREK

	nettó
SIEMENS mérőhely 100 Hz ... 25 MHz, W2021, D2021, G2021	75.000 Ft
SIEMENS G2022 SWEEP generátor	19.500 Ft

A készülékek állapota kiváló, felújított hitelesített. Működőképességek az üzletben kipróbálható. Az árak a garanciát és az ÁFA-t nem tartalmazzák! Az üzletben műszerek felvásárlását, bizományi értékesítését is vállaljuk.

SIEMENS K 2355 hordozható, akkumulátoros mérőhely, adó-vevő egy dobozban. Kisméretű, digitális kijelzésű, könnyen kezelhető. Működési sáv: 200 Hz ... 600 kHz	197.000 Ft
WANDEL & GOLTERMANN PCA 30 CODEC analízátor	45.000 Ft
WANDEL & GOLTERMANN MU 30 CSATORNA szelektor	49.500 Ft
WANDEL & GOLTERMANN PCM TEST SET	42.900 Ft
ÁTVITELTECHNIKA ISZ ET100T/A szintadó, ET100TV szintmérő	15.500 Ft-tól
ÁTVITELTECHNIKA ISZ ET100/KR LEVEL TRACER	45.000 Ft-tól
ÁTVITELTECHNIKA ISZ ET100/WG SWEEP OSCILLÁTOR	45.000 Ft-tól
ÁTVITELTECHNIKA ISZ ET110/G + ET110/V + ET110/A mérőhely együttesen	75.000 Ft-tól
HÁLÓZAT ANALIZÁTOR PKI TT 5250	25.000 Ft

MÉRŐHIDAK

	nettó
R 2077 SIEMENS Impedancia híd	17.000 Ft-tól
R 114 SIEMENS professzionális Induktivitás mérőhíd	29.000 Ft-tól
RLC mérőhíd TELMES telepes, hordozható	27.000 Ft-tól
WAYNE KER 3900 RLC mérő	17.000 Ft

TÁPEGYSÉGEK

	nettó
HP 6021/B professzionális táp 0 ... 60 V/0 ... 50 A	240.000 Ft
FOKGYEM TR9162 0 ... 40 V/0 ... 2 A kettős táp álló formájú	15.500 Ft-tól
FOKGYEM TR9178 2 db V/A analóg kijelzővel, 0 ... 40 V/0 ... 10 A	18.000 Ft-tól
FOK GYEM TR-9178 0 ... 40 V, 0 ... 2 A analóg kijelzés, fekvő forma	39.000 Ft-tól
FOK GYEM TR-9253 több változatban 0 ... 15 V/5 A, 0 ... 30 V/3 A	4.500 Ft-tól

NAGYFREKVENCIÁS MŰSZEREK

	nettó
HP 8662A 10 kHz ... 1280 MHz, program. sweep	390.000 Ft
ANRITSU szint- és csillapítás kalibrátor 1,2 GHz-ig, military kivitel	370.000 Ft
ANRITSU MG 42 professzionális szignál 10 kHz ... 50 MHz /AM+CW military kivitel	29.000 Ft
EMG TR-0614 programozható szignál 1 ... 520 MHz, AM/FM/CW	75.000 Ft
RÁDIÓTESZTER AM-FM szignál + sweep generátor + sztereó kóder + digitális frekvenciamérő 0,1 ... 120 MHz, kisméretű, új műszer, garanciával, ALKALMI ÁRON	49.500 Ft
HP 3406 Sampling Voltmeter 10 kHz ... 12 GHz, beép. mérőfejjel	49.500 Ft
TV kép- + hangcsatorna modulátor 0 ... 99 csatorna programozható, kábel TV is, UJ! alkalmi	17.000 Ft
G4-158 digitális szignál	45.000 Ft

ELEKTRONIKAI EGYSÉGSOMAGOK - KIPRÓBÁLT KAPCSOLÁSOK

Az Urbán Elektronika által a Rádiótechnikában és a Hobby Elektronikában megjelentetett cikkek alapján

SZÁMÍTÁSTECHNIKA:

	egységcs.	élesztve
C64 BŐVÍTŐK		
PLOFI Datassette cartridge	1.800 Ft	
PLOFI FASTLOAD + SPEEDTAPE	2.200 Ft	
ACTION REPLAY MK7 cartridge	4.900 Ft	
FINAL III. cartridge	4.900 Ft	
PAGEFOX DTP cartridge	4.900 Ft	
EPROMÉGETŐ (2716-27512-ig)	8.400 Ft	
IC TESZTER (kb. 180 TTL IC)	4.900 Ft	
FÉNYCERUZA + szoftver	950 Ft	akciós
HANGDIGITALIZÁLÓ + szoftver	1.400 Ft	akciós

	egys.	élesztve
IBM BŐVÍTŐK		
IBM IC TESZTER + szoftver	8.800 Ft	9.800 Ft
IBM EPROMÉGETŐ + szoftver	12.000 Ft	14.000 Ft
IBM EPROMÉGETŐ tápegység		2.500 Ft
IBM I/O KÁRTYA 48 vonal	7.500 Ft	9.500 Ft
TTL, CMOS, TRANZISZTOR, DIÓDA, MEMÓRIA katalógus floppylemezben, egységesen		800 Ft/db

ZENE-HANGTECHNIKA:

	egys.
Sztereó előerősítő	1.900 Ft

FUZZ BOX dinamikus torzító	2.400 Ft
HDST-1 torzító	2.800 Ft
HDST-3 hard torzító	3.200 Ft
OVERDRIVE torzító	2.600 Ft
CHORUS gitáreffekt	5.900 Ft
VAU VAU gitáreffekt	1.950 Ft
DIGITÁLIS VISSZHANGOSÍTÓ	9.500 Ft
KEVERŐ, 5 csatorna, sztereó kimenettel	8.900 Ft
14 W monó erősítő	900 Ft
2 x 14 W sztereó erősítő	1.600 Ft
2 x 40 W sztereó erősítő	2.500 Ft
100 W monó erősítő	2.200 Ft
QUAD 405 erősítő 100 W	3.500 Ft
300 W VMOS erősítő	9.600 Ft + VFET
VÉDELEM végfokokhoz	1.800 Ft

FÉNYTECHNIKA:

FUTÓFÉNY 8 bites, TTL	1.600 Ft
TRIAKOS kártya	4.500 Ft
FUTÓFÉNY 4 lámpás 220 V-os	4.500 Ft
FÉNYORGONA 220 V-os	3.500 Ft
KIVEZÉRLÉSJELZŐ 12 LED-es	1.400 Ft
SZTEREO KIVEZÉRLÉSJELZŐ	2.700 Ft

KNIGHT RIDER futófény	1.700 Ft
KNIGHT 2000 futófény	1.500 Ft
DISZKÓ VILLOGÓ STROBOSZKÓP	4.400 Ft

HOBBI ELEKTRONIKA:

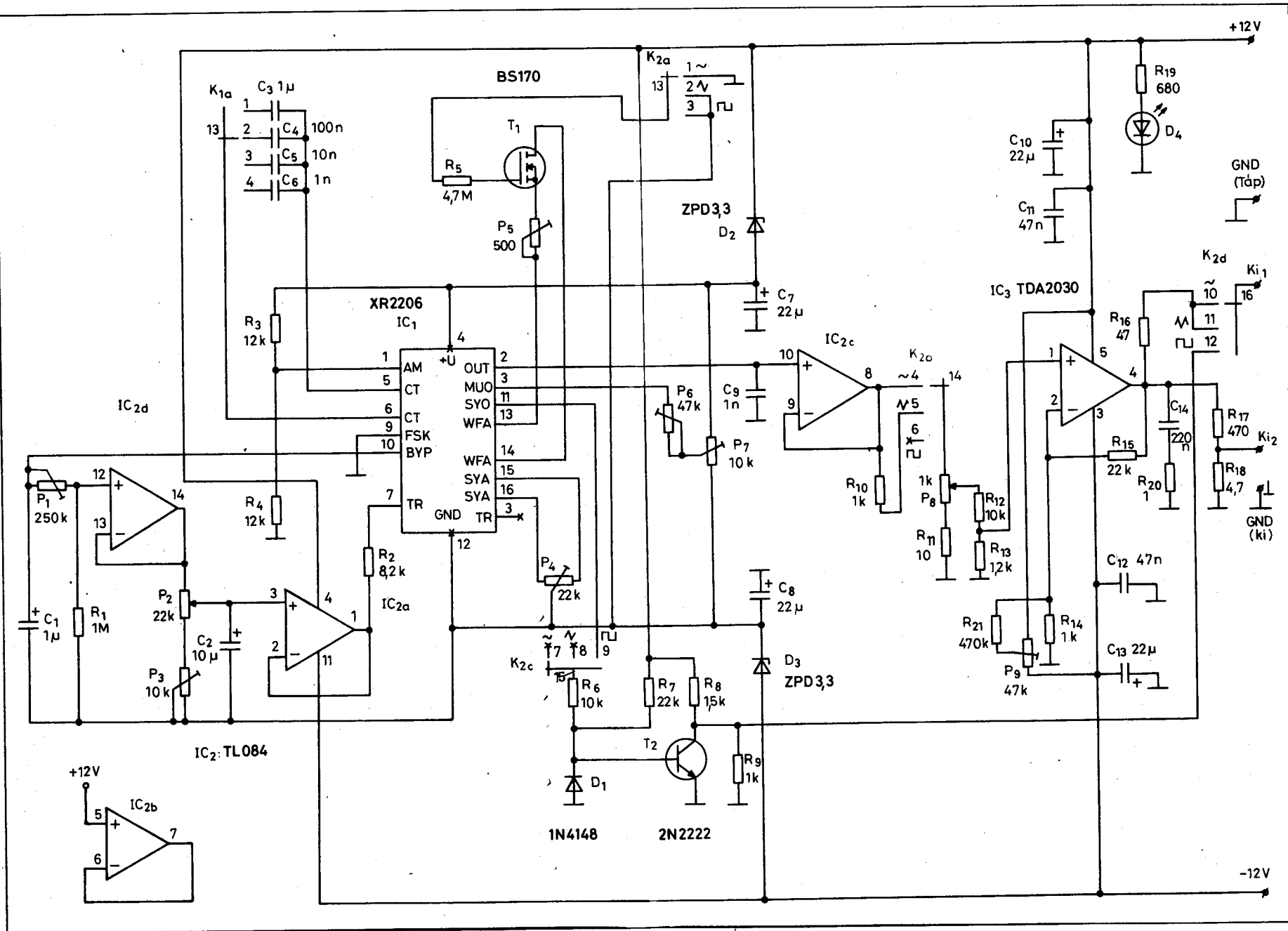
DALLAMGENERÁTOR Z80-nal	1.900 Ft
DALLAMGENERÁTOR UM66Txx	900 Ft
MULTISZIRÉNA	680 Ft
SZÚNYOGRIASZTÓ	700 Ft
HANGTÁNZÓ: kocsi, állat stb.	1.400 Ft
HÓFOKSZABÁLYOZÓ	2.500 Ft
HANGSZINTETIZÁTOR	1.800 Ft
ANALÓG SZÖVEGTÁROLÓ	3.500 Ft
SZABÁLYOZHATÓ TÁPEGYSÉG	1.950 Ft
IDŐZÍTŐ 1-109 percig	1.900 Ft
ELEKTRONIKUS DOBÓKOCKA	1.500 Ft

VIDEÓ-AUDIÓ JELGENERÁTOROK:

RGB + FF képmintagenerátor	2.500 Ft
PAL kóder	1.900 Ft
HANGGENERÁTOR dobozzal	8.700 Ft
MULTI-8 logikai analízátor	7.900 Ft

ÁFA-s árak. Az árváltoztatás jogát fenntartjuk. Kérje aktuális árainkat!

Csomagküldő szolgálat. Rendelés: levélben, telefonon vagy faxon. Cím: 1656 Bp., Pf. 50.



14. ábra

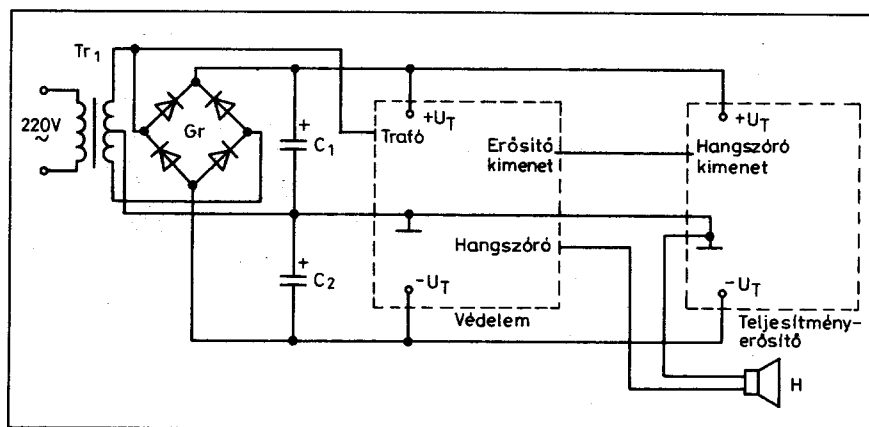
teltével halk kattanással jelezve, szabad szemmel is észrevehetően behűz. Ezután kapcsoljuk ki a tápot és figyeljük meg, hogy a relé azonnal kiold-e. A táp ki- és bekapcsolásán a 220 V-os hálózati feszültség ki- illetve bekapcsolását kell érteni.

Ezután ellenőrizzük az egyenfeszültséget figyelő műveleti erősítő működését. A tápfeszültség bekapcsolt állapotában, a védelem paneljéről a végerősítő felé tartó vezeték – ez az R_1 -ről elmenő vezeték – érintsük a D_3 katódjára! Itt -15 V egyenfeszültség található, ezért a relének azonnal ki kell kapcsolnia. Vegyük el a vezeték az előbbi pontról, majd miután a relé behűzött, érintsük azt a D_4 anódjára! A $+15$ V egyenfeszültség hatására a relének ismét ki kell oldani.

Ha ezeket ellenőriztük, akkor a megbontott vezetéseket csatlakoztasuk újra a helyükre és az áramkör működőképes. A hibajelző LED maradhat a helyén a panelen, de igény szerint az előlapra is ki lehet kábelezni.

3. Hangfrekvenciás függvénygenerátor

Fentebb jeleztem, hogy az erősítő bemérésére milyen műszereket célszerű használni. A Hobbis Elektronika szaküzletben sokféle műszer kapható



13. ábra

elérhető áron erre a célra. Ha valaki a kínálatban mégsem találna alkalmas jelforrást, annak ajánlom az alább ismertetésre kerülő szinuszos, négyszög, háromszög generátor megépítését, ami önálló műszerként is jól használható.

3.1. Műszaki adatok

Frekvencia-tartomány:	10 Hz ... 110 kHz
Jelalakok:	szinuszos, háromszög, négyszög
A szinuszos jel torziós tényezője:	< 0,5%, 20 kHz alatt

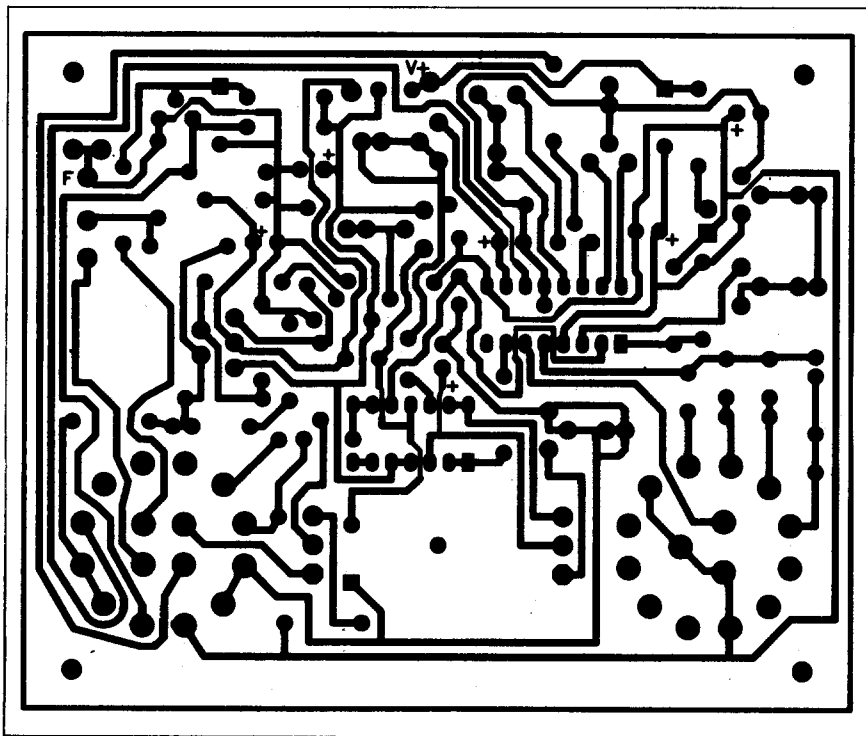
Színusz- és háromszögjel-

amplitúdó:	1 mV – 100 mV
Nagyjelű kimenet:	100 mV – 10 V
Kimenő-impedancia:	4,7 Ω (1 – 100 mV); 47 Ω (0,1 – 10 V)
Négyszögjel:	TTL szintű

3.2. Működés

Az áramkör központi eleme a 14. ábrán látható kapcsolási rajz alapján az IC_1 , XR2206-os függvénygenerátor. Az IC_1 tápfeszültségét a D_2 , D_3 Z-diódák határolják, hogy a biztonságos működési tartományt ne haladja meg. A 10-es láb az IC referencifeszültségforrásának a kimenete található. Ezt a feszültséget használjuk fel az oszcillátor frekvenciájának a beállítására. Ez a feszültségforrás nem terhelhető, ezért az IC_{2D} feszültségkövetőt pufferként használjuk. A generátor frekvenciája a 7. lábra kötött R_2 -n átfolyó áram nagyságával állítható. Ezen a lábon mindig a referenciaforrás 3 V-ja mérhető. A P_2 potenciométer csúszkájának helyzetétől függ az R_2 -n eső feszültség. Ha a potenciométer csúszkája a műveleti erősítő kimenete felé közelít, akkor az R_2 -n átfolyó áram kicsi és a generátor frekvenciája alacsony. Ha a csúszka a P_3 felé mozdul, akkor az áram nő és a frekvencia magasabb. A P_1 potenciométerrel állítható a frekvenciasáv alsó, a P_3 -mal pedig a felső határa.

Az IC_{2a} feszültségkövető impedanciaillesztést végez. A generátor teljes frekvenciasávját a K_1 kapcsolóval választható C_3 ... C_6 kondenzátorok határozzák meg. A C_3 választásakor a generátor a 10 Hz ... 110 Hz sávban, C_4



15. ábra

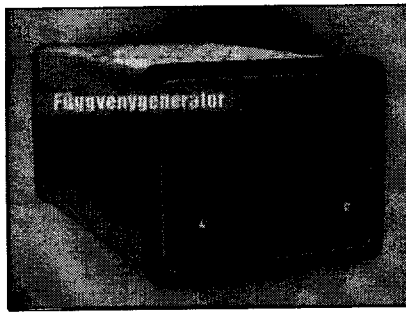
választásokor a 100 Hz ... 1,1 kHz sávban, C₅ választásokor pedig az 1 kHz ... 11 kHz sávban működik. Ha a C₆ kondenzátort kapcsoljuk, akkor a sáv 10 kHz-től 110 kHz-ig terjed. Ebben a sávban a szinus- és háromszögjel átvitele 20 kHz fölött már nem szavatolt. A P₄ potenciométerrel a szinuszjel szimmetriáját, P₅-tel a jel alakját, P₆-tal az amplitúdót, P₇-tel pedig az IC₁ 2-es lábán megjelenő egyenfeszültség szintet állíthatjuk be. Az IC_{2c} feszültségkövető bufferrel az IC₁ kimenetét. A függvénygenerátor kimenő jelalakjait a K₂ kapcsolja. A kapcsolási rajzon feltüntetett állásban a generátor szinuszjellet produkál. A K₂ a szektora a T₁ MOSFET-tel a P₅ potenciométert köti az IC₁ jelalakfomáló bemeneteire. K₂ b szektora a végerősítőre kapcsolja a szinuszjelet, a K_{2c} ilyenkor nincs bekötve. K_{2d} a függvénygenerátor kimenetét a végerősítő kimenőellenállására csatolja.

A K₂ kapcsoló középső állásában a generátor kimenetén háromszögjelet kapunk. K_{2a} az IC₁ földjére kapcsolja a T₁ gate-jét, ezáltal a T₁ lekapcsolja a P₅-öt az IC₁ 14-es lábáról. K_{2b} R₁₀-re vált. Ez a szinuszjelhez viszonyított újabb leosztás azért szükséges, hogy a háromszögjel amplitúdója ne legyen nagyobb, mint a szinuszjelé. K_{2c} üresben áll, K_{2d} a függvénygenerátor kimenetét a végerősítő kimenőellenállására csatolja.

A kapcsoló harmadik állásában a generátor TTL szintű négyszögjelet szolgáltat. K_{2a} a T₁-en keresztül megszakítja a P₅ és az IC₁ közti összeköttetést. K_{2b} üresbe kapcsolja a végerősítő-fokozat bemenetét. K_{2c} az XR2206 IC szinkronizáló kimenetére egy tranzistoros erősítőfokozatot kapcsol. A K_{2d} a függvénygenerátor kimenetére a négyszögjel-erősítőt kapcsolja.

A végerősítőfokozat a TDA2030 típusú teljesítményerősítővel lett megépítve. Az IC erősítését az R₁₄ és R₁₅ ellenállások 21,5-re állítják. Ekkora erősítésre tulajdonképpen nem lenne szükség, hiszen az XR2206 IC kimenőjele kellően nagy, de a TDA2030 kis erősítés esetén gerjedékennyé válik, mert a belső frekvenciakompenzációt nagy feszültség-erősítésre számítva állították be.

A P₈ potenciométerrel a kimenőjel amplitúdóját lehet szabályozni. A P₉ potenciométerrel a kimeneten megjelenő ofszetfeszültség nullázható. A végerősítő kimenőellenállását az R₁₆ állítja



16. ábra

be 50 Ω-ra. A TDA2030 IC kimentére csatlakozik az R₁₇ és R₁₈ ellenállásokból álló feszültségosztó. Ennek csillapítása közel 1:100, kimenőimpedanciája 47 Ω. Ez az osztó a millivolt nagyságrendű jelek előállítására szolgál.

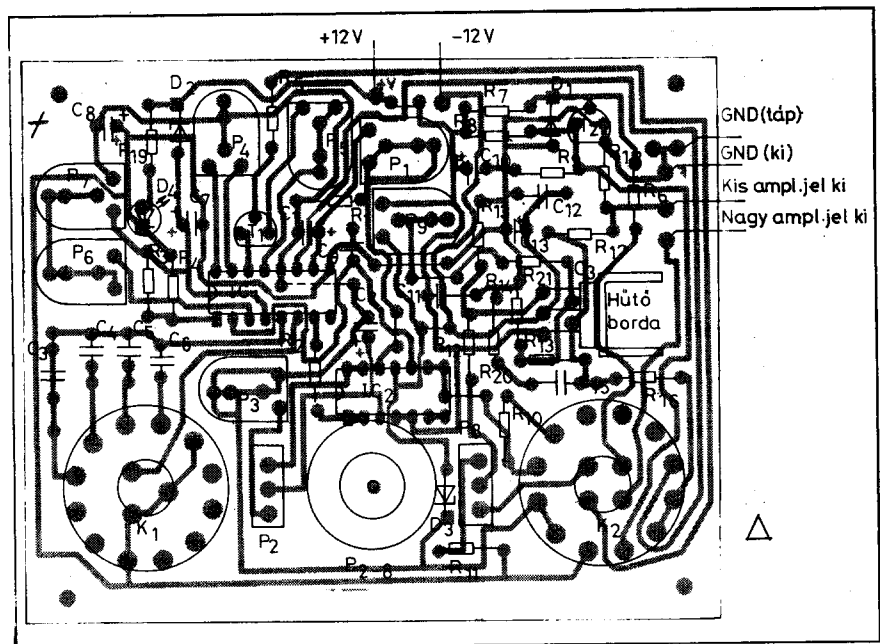
A négyszögjel erősítésére nem a TDA2030-as végfokot használjuk, mert ennek a slew rate-je erre nem megfelelő. Helyette a már említett tranzistoros fokozatot választottuk. A szinkronizáló kimenetet az IC-n belül egy földelt emitteres tranzisztor kollektora vezérli. Erre kapcsolódik az R₆, amely a T₂ tranzisztor bázisát vezérli. A D₁ dióda meggátolja, hogy a T₁ tranzisztor bázisára tulságosan nagy negatív feszültség kerüljön. R₈ és R₉ feszültségosztót alkot, amelyik a négyszögjel amplitúdóját +5 V-ra határolja.

A D₄ LED a készülék bekapcsolt állapotát jelzi. A függvénygenerátort egy hálózatról üzemelő, szimmetrikus

stabilizált tápegységről működtethetjük. Ez a szokásos hálózati trafó – Graetz-híd – puffereklok – 7812 – 7912 (stab. IC-k) felépítésű lehet.

3.3. A függvénygenerátor szerelése, élesztése

A kapcsolási rajzra tekintve láthatjuk, hogy meglehetősen sok kapcsoló és potméter állítja be a működésben leírt üzemmódokat. Ezek huzalozása sokak számára áttekinthetetlen lehet, emellett nagyon időigényes. Ezért a készülék konstrukciójának kialakításánál arra törekedtem, hogy minél több működtető elem közvetlenül ráültethető legyen a panelre. Ez a jó alkatrészbeszerzés következtében szinte teljes mértékben sikerült. A 15. ábrán látható nyák-terv ennek szellemében készült. Ide tartozik még, hogy egy ilyen, nem kifejezetten amatőr jellegű készüléket minden felhasználó bedobozolva kíván működtetni, ezért a dobozolás is meg kellett oldani. Találtam egy olyan, megfelelő méretű, esztétikus és elfogadható árú dobozt, ami erre a célra tökéletesen alkalmas és szükség esetén tovább bővíthető ez a függvénygenerátor tápegységgel, valamint vobler- és markergenerátorral, hogy egy komplett hangfrekvenciás mérőhelyünk legyen. A nyák méretét ennek megfelelően választottuk meg, mert így a dobozolhatóság nagyon egyszerű és a belső térfigat jelentős része üresen maradt. (Az



17. ábra

előlap fotója a 16. ábrán látható.) A konstrukció fenti kötöttsége miatt ezt az áramkört kizárólag csak a szerző által összeállított egységcsomagból érdemes megépíteni! Ebben mindig igyekszünk Önnek mérethelyes és jó minőségű alkatrészekkel biztosítani az eredményes munkához. (Az egységcsomagot a működő mintadarab megtekintésével egybekötve megvásárolhatja Hobbi Elektronika szaküzletben.)

A panel alapos ellenőrzése után a 17. ábra alapján beültethetjük az alkatrészeket. Először az átkötéseket forrasztjuk be, majd sorban a diódákat, ellenállásokat, IC-eket, trimmereket, kondenzátorokat, tranzisztorokat. A TDA2030-ra szereljük hűtőbordát!

Ha mindez kész, kössük a tápot a generátor paneljára, de még ne kapcsoljuk rá feszültséget! Kapcsoljuk a K₁-et az 1 kHz ... 11 kHz frekvenciatartománynak megfelelő állásba, a K₂-t állítsuk háromszögjel-állásba, a P₈ po-

tenciométert csavarjuk minimumra, az összes többi potenciométert állítsuk középpállásba! Az R₁₁ lábait zárjuk rövidre. Most kapcsoljuk be a tápot, a kimenetre csatlakoztassunk voltmért és a P₉ trimmerrel állítsuk be a kimeneti feszültséget 0-ra!

A P₈ potenciométert csavarjuk maximumra, a kimenetre csatlakoztassunk oszcilloszkópot és állítsuk a P₆-ot úgy, hogy a háromszögjel amplitúdója csúcstól csúcsig mérve 10 V legyen! A P₇-tel állítsuk a kimenőjel DC szintjét 0-ra. A P₆ és P₇ potencióméterek kölcsönösen befolyásolják egymást, ezért ezek beállítását többször is meg kell ismételni.

Ezután kapcsoljuk a K₂-t szinusza és a P₄, P₅ potencióméterekkel csökkentjük minimálisra a szinuszel torzítását. Állítsuk be a frekvenciaskálák alsó és felső határait. A P₂ potmétert forgassuk el balra ütközésig: a csúszóérintkezője kerüljön az IC_{2d} kimenetére.

Oszcilloszkóppal, vagy frekvenciamérővel mérve a generátor frekvenciáját és állítsuk a P₁-el 1 kHz-re. Csavarjuk a P₂-t jobbra ütközésig, majd a P₃-mal állítsuk a frekvenciát 11 kHz-re. A többi frekvenciaskálára ez a beállítás automatikusan érvényes, ha a C₃ ... C₆ kondenzátorok értéke megfelelően pontos.

A panelen levő kimenetek és a kimeneti csatlakozók huzalozására használjunk árnyékolt huzalt! Ha a kimenet DC-szintjét folyamatosan szabályozhatóvá szeretnénk tenni, akkor a P₉ trimmerpotenciométert cseréljük tengelyesre, értékét pedig csökkentjük 10 kΩ-ra; az R₂₁ ellenállást cseréljük 22 kΩ-ra.

Ha a kimeneten 5 V-on kívül 12 V amplitúdójú négyszögjelet is akarunk, akkor az R₉ föld felőli lábát forrasztuk ki és iktassunk be egy kapcsolót!

A kapcsoló bekapcsolt állapotában a négyszögjel 5 V, kikapcsolva pedig 12 V amplitúdójú lesz.

ÁRAJÁNLATOK

A 300 W-os erősítő, a tápegység és a védelem mintadarabja megtekinthető, egységcsomagban megvásárolható a HOBBI ELEKTRONIKA szaküzletben.

300 W-os erősítő komplett egységcsomag hűtőbordával, VFET-tel	17.600 Ft
Komplett egységcsomag a végtranzisztorok nélkül	9.600 Ft
2SK135, 2SJ50, 1 db	3.600 Ft
IRF530/IRF9530, 1 db	740 Ft
8 db válogatva	6.000 Ft
IRF630/IRF9630, 1 db	840 Ft
8 db válogatva	8.000 Ft
Panel	800 Ft
Védelem végfokokhoz – komplett egységcsomag	1.800 Ft
Tápegység (csak részegységekben kapható)	
Trafó	4.900 Ft
Graetz-híd	595 Ft
Hangfrekvenciás függvénygenerátor-kit (dobozzal):	8.700 Ft

Folyamatosan kapható egységcsomag, panel és részegység a Rádiótechnikában és Hobby Elektronikában korábban megjelent cikkeimhez is. Ezek egy része működés közben megtekinthető, kipróbálható. A vidéki olvasóknak segít a szerző levelező-egységcsomagküldő szolgáltatása. A megrendelt csomagot postán utánvétellel elküldöm. Telefonon és levélben is rendelhet. A Hobby Elektronikához nem kell hosszú levél. Rendelését röviden, egyértelműen közölje. Az üzletben beszerezhető a Rádiótechnika, a Rádiótechnika Évkönyve, a Hobby Elektronika korábbi számai is. FIGYELEM! Az egységcsomagban vásárolt áramkörökre garanciát nem vállalunk! A nem működő áramkörök élesztését a mintadarab bemutatásával, vagy szaktanácsadással segítjük.

Levélcím: Hobbi Elektronika, 1656 Budapest, Pf. 50.
 Üzletcím: Budapest VII., Dózsa György út 16. (Jobbágy u. sarok.)
 Nyitva: H – P-ig 10 – 17-ig, zárás után üzenetrögzítő.
 Tel./fax: 322-8892

Fizessen elő a

RÁDIÓTECHNIKA és a

hobby

elektronika

folyóiratokra!

Címünk: 1374 Budapest, Pf. 603. Tel./fax: 217-0262

A szerkesztőségben regisztrált HE előfizetőknek díjmentes nyak-film melléklet.

Így biztosan hozzájut!