

Prvým praktickým zariadením, ktoré dokázalo zosilniť vstupný signál, bol „Audion“, ktorý v roku 1906 zhotovil **Lee De Forest**. Vývoj audio komunikačnej technológie začal potrebou zvýšiť vzdialenosť telefónnych hovorov, ktorý bol patentovaný v roku 1876. V telegrafii bol tento problém vyriešený pomocou zariadení na telefónnych staniciach, v ktorých sa dopĺňali energie pomocou činnosti záznamového zariadenia pomocou relé. V roku 1904 H. E. Shreeve z Americkej telefónnej a telegrafnej spoločnosti (AT&T) zlepšil konštrukciu telefónneho zosilňovača, ktorý pozostával z párov vysielaca z uhlíkových granulátorov (back – to – back) a spárovaných elektrodynamických prijímačov. Tento zosilňovač bol po prvýkrát testovaný na telefónnej linke Boston a Amesbury a zostali určitú dobu v prevádzke.

Vývoj termionických ventilov (elektrónok), začal okolo roku 1902 a poskytol úplne elektronický spôsob zosilňovania vstupných signálov. V roku 1906 požiadal **Robert von Lieben** o patent na katódovú trubicu, ktorá sa mala použiť na zosilnenie zvukových signálov na telefónnych zariadeniach, ale Lee de Forest je uznávaným vynálezcom triódy z roku 1907, kedy si ju nechal patentovať a v roku 1908 mu bol patent udelený pod číslom 879 532, ako zosilňovač pre rádiovú telekomunikáciu.

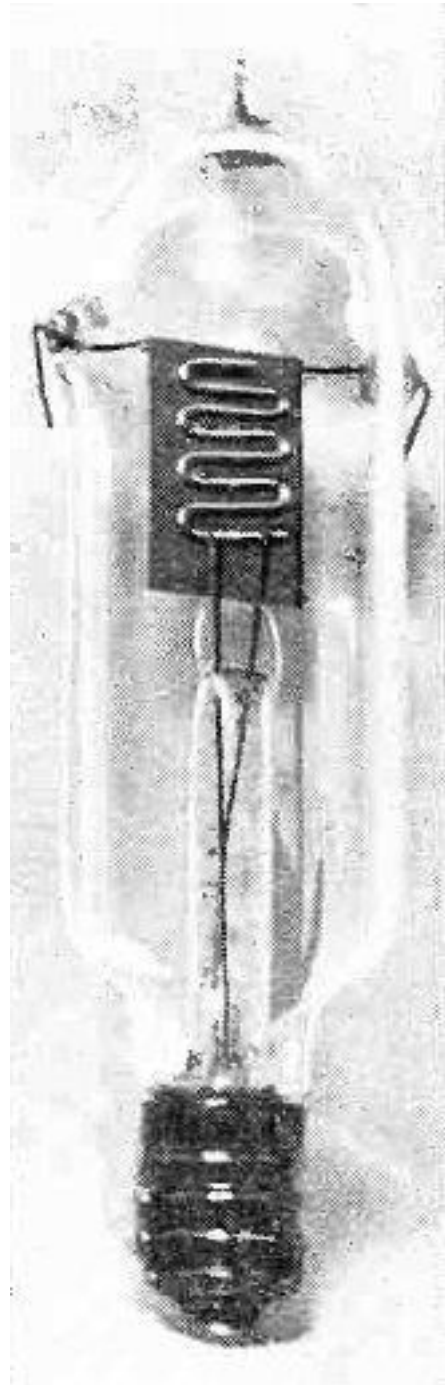
Pôvodné elektrónky od spoločnosti De Forest boli vyrábané pomocou konvenčnej vákuovej technológie. Vákuum bolo iba čiastočné a v trubici sa zachovalo malé množstvo zvyškového vzduchu. Zvyškový plyn spôsobil modré svetlo, keď bolo napätie na elektródach väčšie ako 60 voltov. V roku 1912 AT&T odkúpila patent od de Forest a spočiatku sa riadila jeho odporúčaním. **Harold Arnold** z oddelenia vývoja použil svoj systém na získanie väčšieho vákua a boli testované v roku 1913 na diaľkovej telefónnej sieti, ktoré pracovali i pri vysokom napätí bez modrého svetla. Fínsky vynálezca **Eric Tigtredt** významne vylepšil pôvodný dizajn triódy v roku 1914, keď pracoval na ozvučení filmu v Berlíne. Inovácia spočívala v tom, že sa elektródy sústredili v tvare valca okolo katódy, ktorá bola v strede, čím sa zvýšil zber elektrónov na anóde. **Irving Langmuir** z General Electric, ktorý pracoval vo výskumnom laboratóriu v Schenectady v New Yorku zlepšil vákuum pomocou difúzneho čerpadla a dosiahol vysoko čisté vákuum. Tieto triódy nazval „Pliotrony“ v roku 1915. Počas I. svetovej vojny sa táto technológia dostala do Francúzska v podobe elektrónok pod označením „TM“ a v roku 1916 do Anglicka, kde sa vyrábali pod označením „R“.

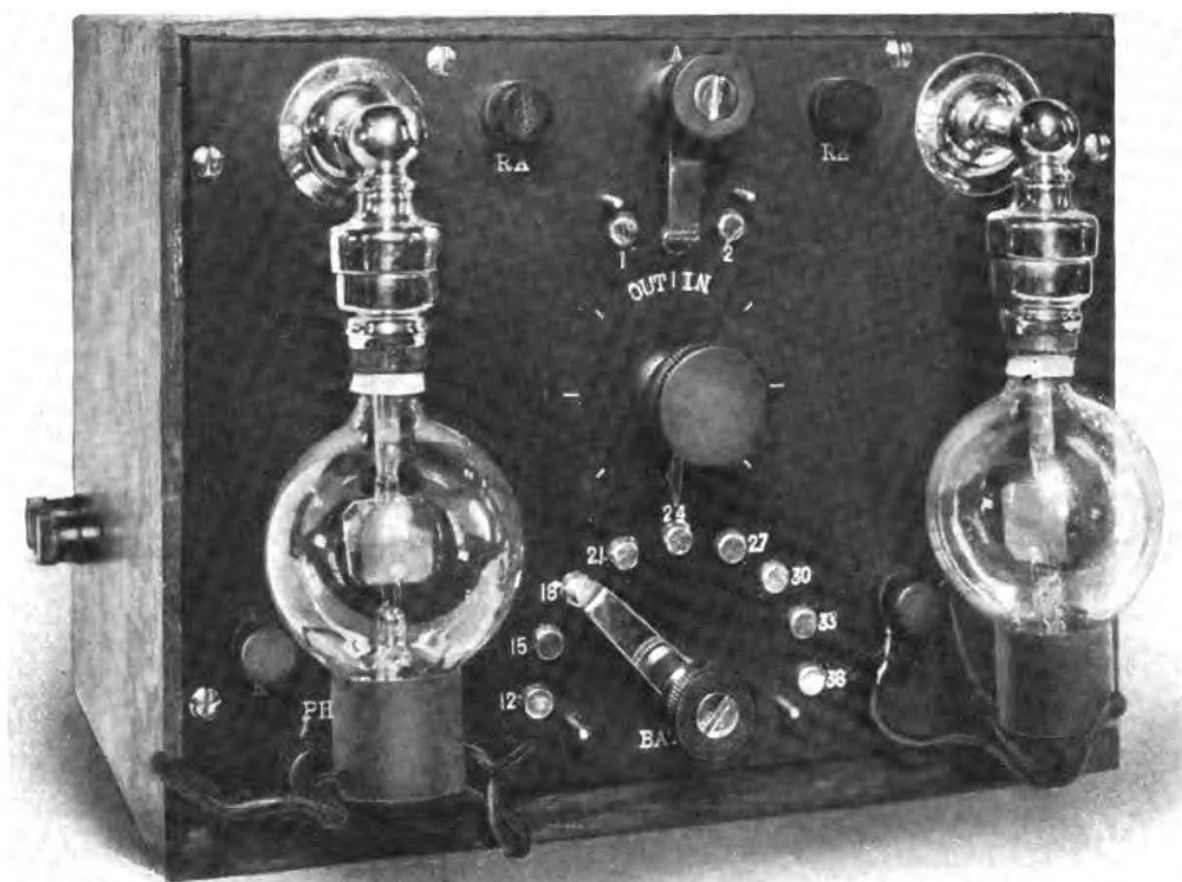
Audion bola elektrónka na detekciu a zosilnenie signálov, ktorú zhotovil americký elektrotechnik Lee de Forest a bola to prvá trióda pozostávajúca zo sklenej trubice, ktorá obsahovala tri elektródy: žeraviace vlákno, mriežku a platňu. V histórii šlo o prvé elektronické zariadenie, ktoré dokázalo zosilniť slabý elektrický signál privádzaný na mriežku, ktorý bol zosilnený prúdom tečúcim od žeraviaceho vlákna k doske. Na obrázku je prvý prototyp Audionu s mriežkou, ktorú tvoria vodiče stočené do esovitého tvaru. V banke sa nachádzal zvyškový vzduch, ktorý obmedzoval dynamický rozsah a Audion mal nelineárne charakteristiky a nepravidelný výkon.

Od polovice 19. Storočia bolo známe, že plamene horiaceho plynu sú elektricky vodivé a experimentátori si všimli, že táto vodivosť bola ovplyvnená prítomnosťou rádiových vln. De Forest zistil, že plyn čiastočnom vákuu pri zahrievaní klasického žiarovkového vlákna sa správa takmer rovnako a ak by sa okolo sklenej trubice omotal drôt, zariadenie by mohlo slúžiť ako detektor rádiových signálov. Vo svojom pôvodnom návrhu vložil do banky malú kovovú platňu, ktorá bola pripojená ku kladnému pólu 22 voltovej batérie pomocou slúchadiel, pričom záporný pól bol pripojený na vlákne žiarovky.

Keď sa rádiové signály priviedli na omotaný drôt okolo sklenej banky, spôsobili zmenu prúdu, ktoré vydávali zvuky v slúchadlách. Bolo to dôležité zistenie, ktoré umožnilo de Forestovi používať svoj vlastný systém detekcie, lebo komerčné bezdrôtové systémy boli chránené patentmi. Zistil, že pripojenie anténneho obvodu k tretej elektróde umiestnenej priamo v prúdovej dráhe značne zlepšilo citlivosť ako to vidieť na obrázku. Audion umožnil počuť aj slabšie vysielace na väčšie vzdialenosti. Na jeho triódu dostal patent v roku 1908 pod číslom US 879 532.

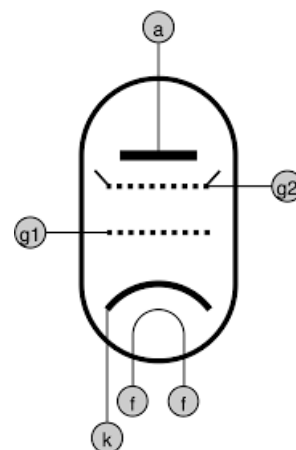
Jeho zosilňovacia schopnosť bola uznaná v roku 1912 niektorými výskumníkmi, ktorí používali Audion na prvé zosilňovače pre rádioprijímače



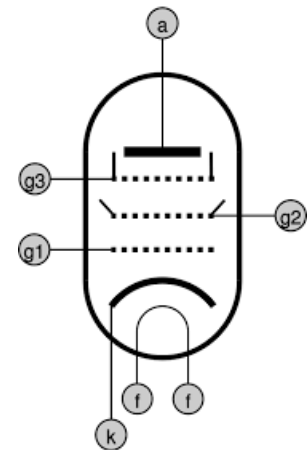


a elektrické oscilátory. Na obrázku je jeden z prvých rozhlasových prijímačov osadený elektrónkami Audion, ktorý zhotovil de Forest v roku 1914. Banky sú namontované hore dnom, aby jemné vlákno katódy viselo dolu a neohýbalo sa ku mriežke.

Tetrody vynašiel Walter Schottky v roku 1919, ktoré boli vyvinuté na základe vylepšenia triódy, ktoré mali problémy so stabilitou a obmedzenia pre Millerovú kapacitu. Tetroda vznikla pridaním ďalšej mriežky medzi katódu a anódu a je známa ako tieniaca mriežka. Na obrázku je vidieť značku tetrody s označením jednotlivých elektród, kde **g2** je tieniaca mriežka. Toto usporiadanie oddelilo anódu od riadiacej mriežky, čím sa eliminovala Millerová kapacita a problémy s ňou spojené. Zvýšil sa zosilňovací pomer čím sa dosiahli i vyššie zisky z jednej elektrónky. Tetroda však mala jeden problém, ktorý spočíval v tom, že tieniaca mriežka zachytávala elektróny smerujúce na anódu a tým čiastočne znižovala zosilnenie elektrónky.



Pentóda je elektrónka, ktorá má päť aktívnych elektród. Jej tvorcami sú **Gilles Holst** a **Bernhard D. H. Tellegen** v roku 1926. Pentóda obsahuje katódu vyhrievanú žeraviacim vláknom, riadiacu mriežku, supresorovú mriežku, tieniacu mriežku a anódu. Pridaná supresorová mriežka g3 slúži na tlmenie sekundárnym emisiám emitovaných anódou na tlmiacu mriežku, čím sa odstránili parazitné oscilácie. Pentódy sa používali v priemyselných a spotrebných elektronických zariadeniach vo veľkom rozsahu. Pentóda ponúkala väčší zosilňovací faktor a vyššiu frekvenčnú schopnosť ako predchádzajúce typy elektrónok. Pentódy môžu mať vyššie prúdové vstupy a väčšie kolísanie výstupného napätia a anóda môže mať dokonca nižšie napätie ako tlmiaca mriežka pri stále dostatočnom zosilnení. Oproti trióde majú Pentódy väčší šum.



Aj keď vynález triódy sa uskutočnil v roku 1906, jej využitie bolo takmer zanedbateľné, lebo nebol dostatočne známy jej fyzikálny význam a technológia výroby. K jej slabej popularite prispela i cena výroby a nedostatočná stabilita v prevádzke. K rozšíreniu prispela diaľková telegrafia a telefónne spojenie, ktoré vyžadovalo potrebné zosilnenie signálu. Skoré elektrónky používali priamo vyhrievané katódy a vyžadovali batériové napojenie, ktoré bolo v tom čase dosť nákladnou záležitosťou. Nepriamo žeravené katódy do značnej miery rozšírili oblasť ich použitia, najmä v rádioprijímačoch. V tom čase i spoločnosť American Telephone and Telegraph Company skúmala spôsob zosilnenia telefónnych signálov, aby zabezpečila hovory na väčšie vzdialenosti. V polovici roka 1912 spolupracovník de Foresta **John Stone**, kontaktoval AT & T, aby de Forest demonštroval svoj audion, ale jeho čiastočne plynová verzia nedokázala pri relatívne nízkom napätí používanom telefónnymi linkami dosiahnuť dostatočné zosilnenie signálu. Až dôkladný výskum Dr. Harolda D. Arnolda a jeho tímu v dcérskej spoločnosti Western Electric, zistil, že lepším dizajnom elektrónky a dôkladnejším vyprázdnením banky od vzduchu umožnilo úspešnú prevádzku s napätím telefónnej linky. Po desiatich mesiacoch, v júli 1913 AT & T, zakúpila patentové práva na Audion za 50 000 dolárov. Hlavnými výrobcami elektrónok sa stali spoločnosti Western Electric a General Electric. Počiatočné zosilňovače boli bez spätnej väzby, tú si nechal patentovať 6. Októbra 1914 pod označením **regeneračný obvod**, Edwin Armstrong. Je to zosilňujúci obvod, ktorý využíva pozitívnu spätnú väzbu a uplatnil sa najmä v rádioprijímačoch.

Obrázok zobrazuje usporiadanie obvodu, ktorý vyžaduje iba jednu batériu. Usporiadáním obvodu

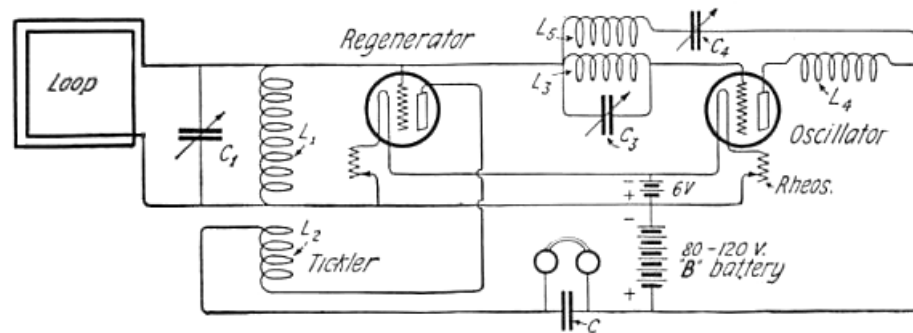


FIG. 4

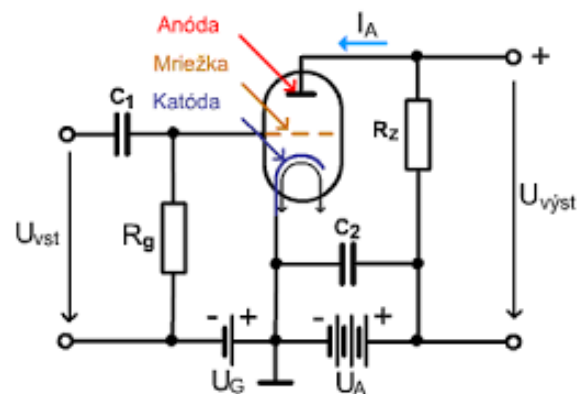
oscilátora a pridaním vzduchovej tlmivky reguláciu regenerovaných signálnych prúdov sa prejavilo ako jeho ďalšie zlepšenie.

Prvé zosilňovače mali v obvode iba jednu elektrónku, ktoré pracovali v triede

A, to znamená, že pracovný bod elektrónky je uprostred krivky sínusu.

Pre bežné počúvanie v domácnosti postačoval výkon 50 mW, ale bežne sú dostupné prijímače s výstupným výkonom okolo 1W. V ČSR boli k dispozícii elektrónky typu: AL 4, EL 11, RL 12, P 10 a LV 1 s akustickým

výkonom takmer 4,5 W a s 10 % skreslením. Na obrázku je vidieť základné zapojenie zosilňovača s použitím triódy. Ak poznáme anódovú stratu použitej elektrónky, vypočítame si aj anódový prúd I_a ak napätie na anóde je 250 voltov.



$$W_a = 4,5$$

Podľa Ohmovho zákona dostaneme $I_a = \frac{W_a}{V_a} = \frac{4,5}{250} = 0,018 \text{ A} = 18 \text{ mA}$

$$V_a = 250$$

Ak poznáme anódový prúd, potom si pomocou Ohmovho zákona vypočítame zaťažovací odpor R_z .

$$R_z = \frac{V_a}{I_a} = \frac{250}{0,018} = 13\,890 \, \Omega$$

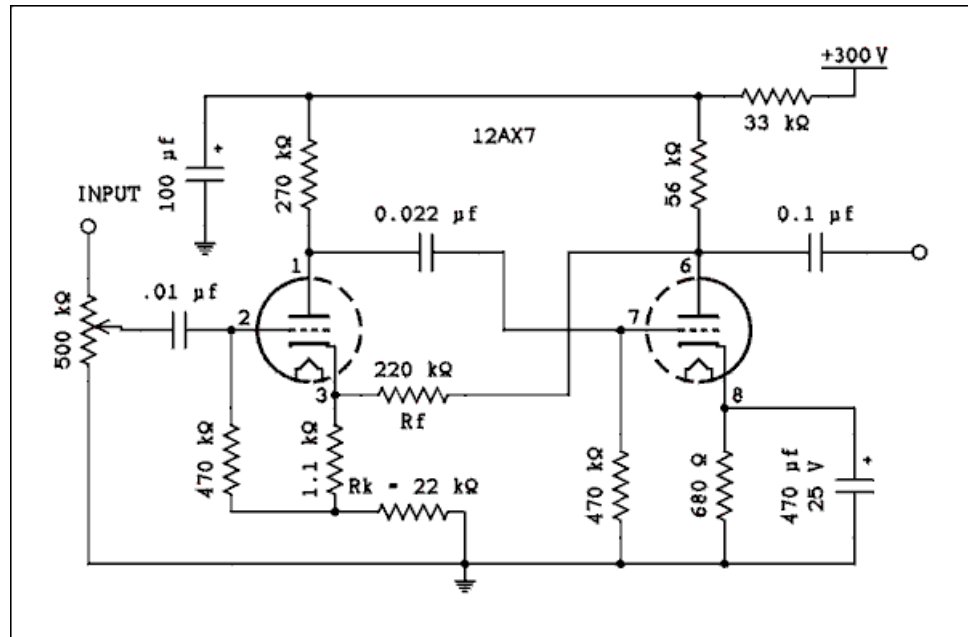
Ku správnej funkcii koncovej elektrónky potrebujeme poznať ešte mriežkové predpätie. Táto hodnota býva uvedená v katalógu elektrónok, alebo ak nepoznáme túto hodnotu, tak do katódového prívodu vložíme odpor R_k s hodnotou 100 až 150 Ω , premostený s elektrolytickým kondenzátorom. Ďalšou dôležitou hodnotou je prúd riadiacej mriežky I_g , pričom hodnota tohto prúdu je približne 1/10 anódového prúdu. Ak spočítame anódový a mriežkový prúd, tak dostaneme prúd katódy.

Predpätie na katóde vzniká prechodom katódového prúdu cez odpor R_k . Odpor R_k musí byť prepojený s elektrolytickým kondenzátorom. Ku správne fungovaniu nízko-frekvenčného zosilňovača potrebujeme ešte poznať budiace napätie elektrónky pre plný výkon, ktoré býva uvedené v katalógu pod označením V_{g1} lebo V_i . U koncových elektrónok v triede A býva budiace napätie s anódovou stratou do 9 W asi 70 % z mriežkového napätia V_{g1} a u elektrónok s anódovou stratou 18 W asi 65 % z V_{g1} . Tak napríklad elektrónky AL 4 a EL 3 majú budiace napätie 4,2 V, pre vybudenie plného výkonu. Toto napätie je udávané v zapojení bez spätnej väzby, lebo ak je zavedené spätná väzba musí byť budiace napätie vyššie.

Ak poznáme napätie, ktoré je nutné dosiahnuť na anóde, ktoré sa rovná budiacemu napätiu V_{g1} koncovej elektrónky, ale bude lepšie ak bude o 10 až 20% vyššie, teda asi 5 až 5,5 V. Pri vstupnom napätí 0,1 až 0,5 V je potrebné na dosiahnutie veľkosti budiaceho napätia okolo 5 V zosilnenie elektrónky aspoň 20 násobné. Elektrónky typu AF 7, EF 22 dosahujú väčšieho zosilnenia a túto výhodu možno použiť pri dost' silnej spätnej väzbe k vyrovnaniu frekvenčnej krivky zosilňovača, čím síce citlivosť zosilňovača poklesne, ale je vyvážená práve väčším zosilnením.

Zosilnenie obvodu je závislé okrem napájacieho napätia aj na veľkosti odporu v anódovom prívode a regulačnej mriežke. Dôležitejšiu úlohu zohráva anódový odpor, z ktorého sa výstupné napätie odoberá pre budenie v nasledujúcom stupni ak má zosilňovač viac zosilňovacích stupňov. Napájacia časť musí pri napätí 250 V dodávať elektrónke kolektorový prúd aspoň 50 mA. Pre tento prúd vyberieme vhodnú usmerňovaciu elektrónku. Napríklad typ AZ 1 alebo AZ 11 sú schopné dodať napätie 300 V a prúd 100 mA, čo je dostatočný výkon. Vinutie transformátora volíme na zaťaženie aspoň 60 mA, aby bol zdroj stabilnejší. Po usmernení nasledujú vyhladzovacie elektrolytické kondenzátory s pracovným napätím 325 až 350 V. Rovnako i tlmivka, zapojená medzi kladnými pólmi elektrolytických kondenzátorov musí mať rovnaké prúdové zaťaženie ako transformátor, aby nedochádzalo k prehriatiu. Ku každému návrhu zosilňovača sa pristupuje individuálne. Dôležitý je výkon, od ktorého sa odvíjajú ďalšie požiadavky na typ koncovej elektrónky, veľkosť sieťového transformátora a ďalších súčiastok zapojených v tomto zosilňovači. V praxi boli v zosilňovačoch zapojené dve alebo tri elektrónky, aby sa dosiahol dostatočný výkon na ozvučenie väčších miestností, pre väčší počet poslucháčov akými sa stali ozvučené filmy, ktoré sa začali presadzovať 20. rokoch 20. storočia.

Na obrázku je vidieť dvojčitú triódu ako zosilňovač zvukového signálu aj so súčiastkami potrebnými pre jeho správne fungovanie. Je to už



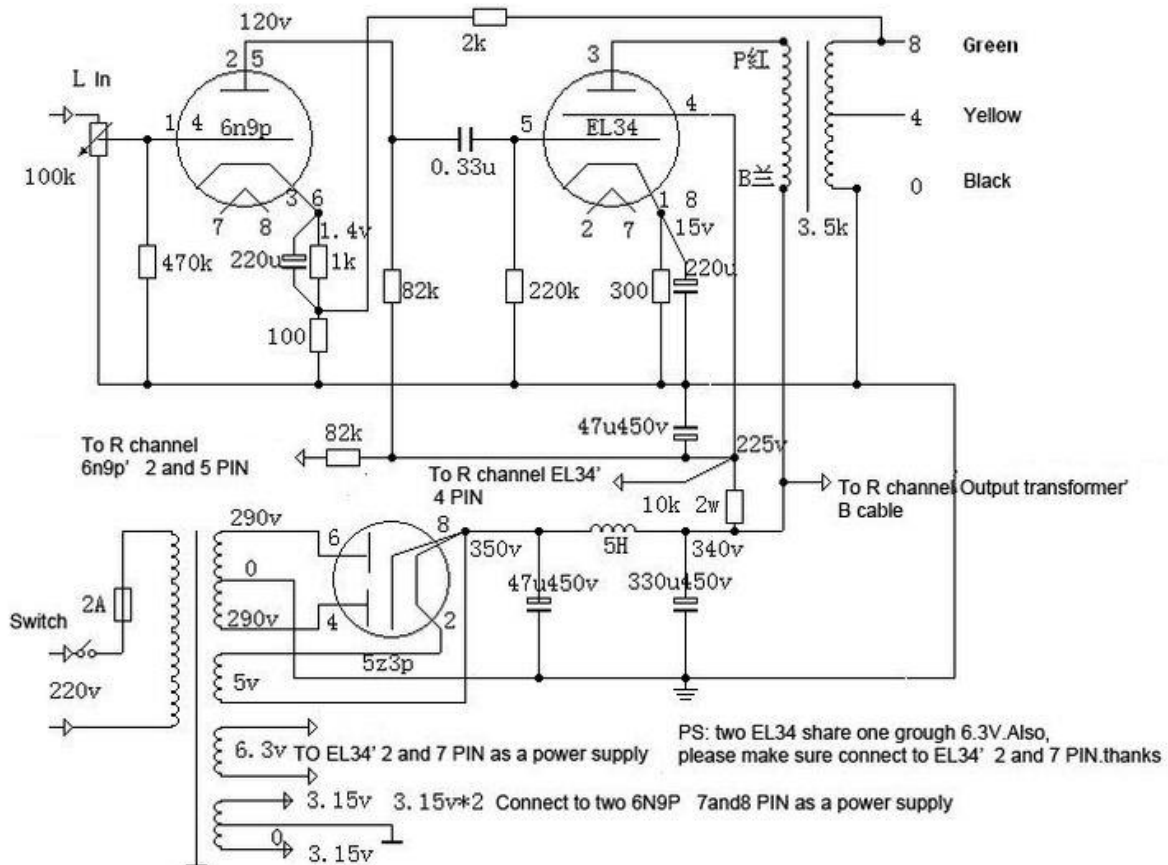
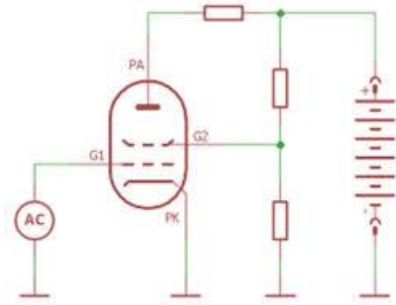
modernejšie prevedenie s elektrónkou 12AX7. Počas I. svetovej vojny sa vývoj elektrónky značne urýchlil z dôvodu potreby bezdrôtovej komunikácie pre vojenské účely. V Nemecku sa používali väčšinou elektrónky Telefunken RE 11, RE 58, RE 78 a RE 84. Philips používal radu B226, B228, B217 a koncovú dvojčitú koncovú triódu B240. Tieto elektrónky patrili do priamo žeravených. Väčšina triód mala jednotné usporiadanie vývodov na päťici so štyrmi kolíkmi. Najdlhšie sa priamo žeravené elektrónky používali v usmerňovacích elektrónkach typu AZ 1 a AZ 11. S rozvodom elektrickej siete sa začali používať elektrónky nepriamo žeravené. Nástupom sieťového zdroja sa menili i typy elektrónok

Tetroda

Tetroda funguje podobným spôsobom ako trióda, z ktorej bola vyvinutá. Medzi katódu a anódu sa privádza kladné napätie, čo spôsobuje tok elektrónov z katódy na anódu cez dve mriežky. Elektrónka s priestorovým nábojom bola prvým typom tetrody, ktorá sa objavila. Pri nízkom anódovom napätí sa dosiahlo významného zvýšenia anódového prúdu a zvýšila sa rýchlosť zmeny anódového prúdu vzhľadom na napätie na riadiace mriežke. Tento typ elektrónok s priestorovým nábojom zostali v používaní počas celej éry elektrónok najmä v autorádiách s napätím 12 V.

V dvojstupňovom type tetrody sú obe mriežky určené na prenášanie elektrických signálov, teda obe sú regulačné. Prvým príkladom bola tetroda od spoločnosti Marconi – Osram pod označením FE 1, ktorú navrhol **H. J. Round** a uvedená do prevádzky bola v roku 1920. Elektrónky boli určené pre reflexné rádioprijímače.

Druhá mriežka v tetrode má hlavnú úlohu pôsobiť ako elektrostatická clona medzi anódou a riadiacou mriežkou, aby sa znížila vnútorná kapacita medzi anódou a riadiacou mriežkou. Na obrázku je vidieť základné zapojenie tetrody. **Walter Schottky** vyrobil prvú elektrónku s dvoma mriežkami v roku 1916. Prvú tetrodu tohto typu si dala patentovať spoločnosť Hiroshi Ando v roku 1919 a prvé praktické elektrónky zhotovili **N.H. Williams** a **Albert Hull** v spoločnosti General Electric a **Bernard Tellegen** vo firme Philips v roku 1926. Vyvinutá bola na odstránenie nedostatkov triódy. Anódová charakteristika tetrody je celkom iná ako u triódy.



Na obrázku je zapojenie s triódou a tetrodou. Zväzková tetroda je typ tetrody s pomocnými doskami zameranými na lepšie doplnenie energie a zníženie nežiaducich emisných účinkov. Tieto elektrónky sa zvyčajne používajú na zosilnenie nízkofrekvenčného signálu. Táto tetroda vznikla na základe toho, že obchádzala patentové právo na pentódu, ktoré vlastnila spoločnosť Philips. Dvaja inžinieri z EMI, **Cabot Bull** a **Sidney Rodda**, vyvinuli a patentovali si tento typ v roku 1932. Prúd tieniacej mriežky mal 5 až 10 % anódového prúdu, a preto bola energeticky účinnejšia a

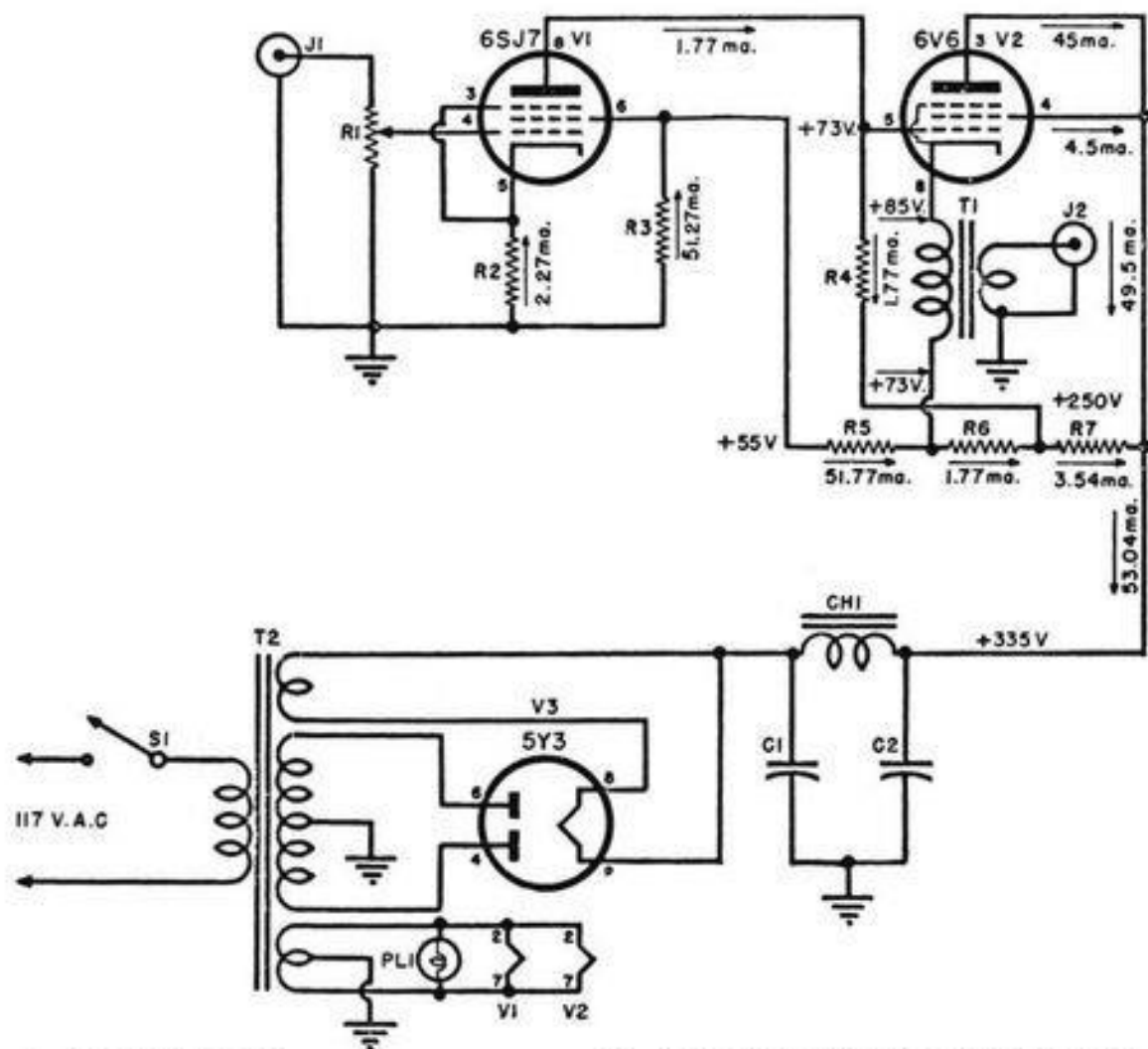
Produkovala výrazne menšie harmonické skreslenie a väčší výstupný výkon. Spoločnosť MOV (Marconi – Osram Valve), v spoločnom vlastníctve s EMI a GEC, považovala konštrukciu za príliš náročnú na výrobu a tak uzavrela dohodu so spoločnosťou RCA a tento patent bol odovzdaný tejto spoločnosti. RCA vytvorila konštrukciu elektrónky pod označením 6L6. Krátko nato sa zväzková tetroda objavila na trhu pod označením 6V6 v decembri 1936. MOV uviedol na trh tetrodu KT 66 v roku 1937 a neskoršie KT 88, ktoré boli špeciálne navrhnuté pre nízkofrekvenčné zosilňovače. Po vypršaní platnosti patentu na výrobu pentódy sa rozšírila výroba elektrónok EL 34

Pentóda

Tento typ elektrónky vynašli **Gilles Holst** a **Bernhard D. H. Tellegen** v roku 1926. Je zložená z piatich elektród: katódy, riadiacej mriežky G1, tieniacej mriežky G2, hradiacej mriežky G3 a anódy. Tretia mriežka má za úlohu odstrániť sekundárne emisie, ktoré vznikajú pri vyššom zosilnení v tetrode a zabránila dosiahnuť maximálneho napätia na anóde. Tak zabráni sekundárnym elektrónom z povrchu anódy prechádzať späť ku tieniacej mriežke G2, tým, že má nižší potenciál ako anóda. Pentóda má o niečo väčší zosilňovací činiteľ, vnútorný odpor a menšiu kapacitu C_{ag} a spätné pôsobenie anódy ako tetroda.

Ak porovnáme pentódy a triódy, zistíme, že triódy majú nižšiu účinnosť a nižšie zosilnenie než pentódy, ale na druhej strane pentódy majú vyššie skreslenie a preto sa často pri konštrukcii zosilňovačov používa kombinácia triódy a pentódy. Pokiaľ je zosilňovač riešený iba pentódami, za pomoci spätnej väzby, má tiež výborné parametre s trochu väčším skreslením, ale na druhej strane je úspornejší, menej náročný na zhotovenie a s menšou spotrebou elektrickej energie. Pentódy boli po prvýkrát použité v spotrebnej elektronike v rádioprijímačoch. Známe pentódy EF 50 boli navrhnuté pred začiatkom druhej svetovej vojny a boli široko v radoch a iných vojenských zariadeniach.

Elektrónky majú vysokú vstupnú impedanciu s vysokým napätím a nízkym prúdom. Ďalším dôsledkom je výstupné napätie, ktoré je často na úrovni 100V striedavých posunutých od vstupu ďalšieho stupňa a priame spojenie nie je obvyklé a jednotlivé stupne sa spojené pomocou kondenzátora alebo transformátorom. Kondenzátory majú vplyv na výkon zosilňovačov. Prepojenie medzistupňového transformátora je zase zdrojom skreslenia a fázového posunu a tak sa od ich používania po II. svetovej vojne upustilo pri kvalitnejších aplikáciách. Transformátory zvyšovali náklady na stavbu zosilňovačov, zväčšovali ich objem a hmotnosť.



R_1 —250,000 ohm pot.
 R_2 —560 ohm, $\frac{1}{2}$ w. res.
 R_3 —1000 ohm, 10 w. wirewound res.
 R_4, R_5 —100,000 ohm, $\frac{1}{2}$ w. res.
 R_6 —355 ohm, 10 w. wirewound res.
 R_7 —24,000 ohm, $\frac{1}{2}$ w. res.
 C_1, C_2 —20/20 μ fd. @ 450 v. elec. cond.
 T_1 —Output trans. 6000 ohms to v.c. (selected so that d.c. resistance of primary is 250 ohms)

T_2 —Power trans. 350-0-350 v. @ 60 ma.; 6.3 v. @ 4.5 amps.; 5 v. @ 3 amps.
 CH_1 —12 hy., 60 ma. filter choke
 J_1, J_2 —Open circuit jack
 PL_1 —6.3 v. pilot lamp
 S_1 —S.p.s.t. toggle sw.
 V_1 —6SJ7 tube
 V_2 —6V6 tube
 V_3 —5Y3 tube

Na obrázku je vidieť dvojstupňový zosilňovač s použitím dvoch pentód a usmerňujúcej elektrónky.

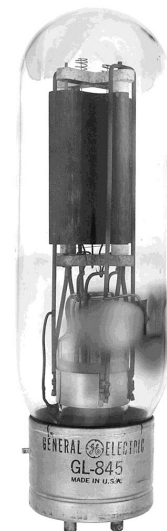
Niektoré elektrónkové zosilňovače používajú SET (single – ended triode) rozmiestnenie, ktoré pracujú so ziskom v triede A. Zapojenie týchto zosilňovačov je jednoduché s malým počtom súčiastok, ale ich cena je pomerne vysoká, lebo vyžadujú výstupný transformátor. Tieto zosilňovače sa vyznačujú malým skreslením signálu a produkujú monotónne klesajúce harmonické kmity, ktoré považujú túto charakteristiku skreslenia za príjemné a uchu lahodné. Často majú iba dva stupne zosilnenia. Jednostupňový triódový zosilňovač napätia, po ktorom nasleduje triódový výkonový stupeň.

Typickým príkladom tohto zapojenia sú bežne dostupné triódy 300B, ktoré poskytujú v režime SE výstupný výkon 5 Wattov. Táto elektrónka je priamo žeravená s štyrmi kolíkmi a pracuje



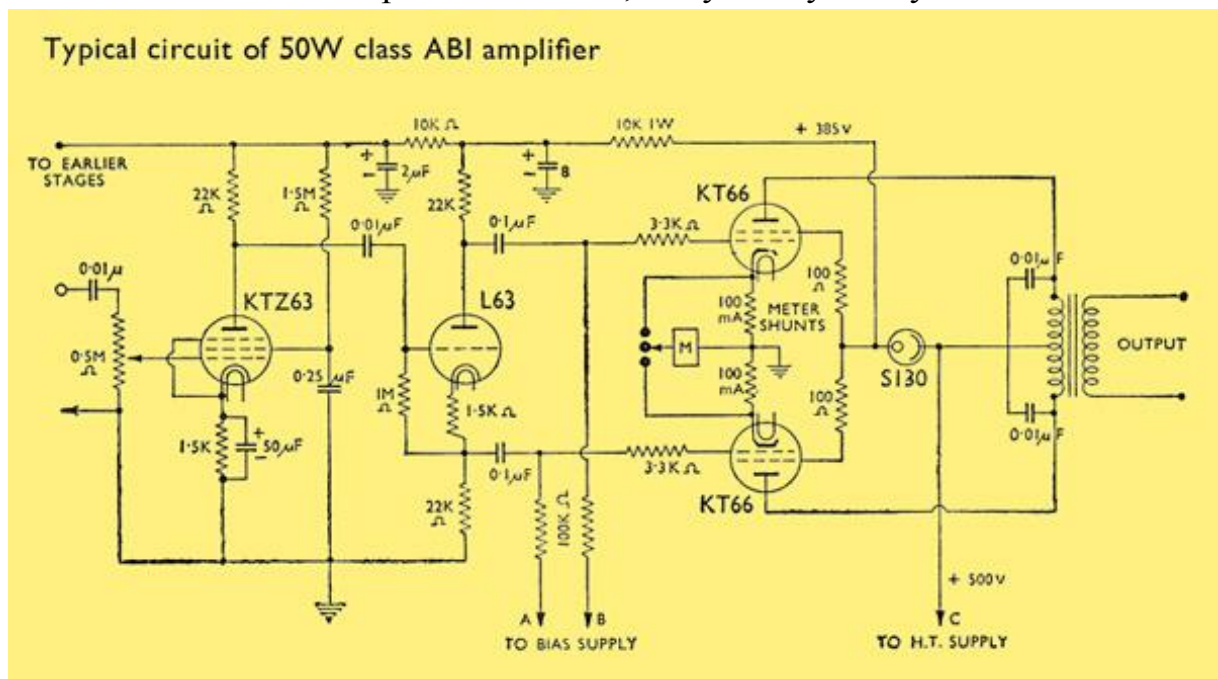
v režime A. Zavedená bola do výroby v roku 1938 v spoločnosti Western Electric na výrobu zosilňovačov pre telefónne diaľkové linky. Elektrónka má celkovú výšku 165 mm a šírku 62 mm a anóda dokáže dodať až 40 W. V 80. rokoch sa začali čoraz viac používať v domácich nízkofrekvenčných zosilňovačoch. Táto elektrónka má dobrú linearitu, spoľahlivosť a slabý šum. Často sa používa v SET zapojení s výstupným výkonom do 8 W, ale v zapojení push – pull môže vyvinúť výkon až 20 W.

Na obrázku je ďalšia trióda 845, ktorá sa často používa pri zhotovení nízkofrekvenčných zosilňovačov. Trióda 845 alebo VT – 43 je vyrobená na všeobecné využitie do výkonu 100 W, ktorá bola navrhnutá na zosilnenie zvuku. Po prvýkrát bola uvedená v roku 1928 ako UV 845 a ich výrobu zahájila spoločnosť RCA a potom General Electric, ktoré pod označením SE – 3945 vyrábali pre námorníctvo. De Forest vyrobil podobnú verziu pod označením 545. United vyrábali túto elektrónku pod označením 845W. Trióda má anódový rozptyl 75 až 100 W s napätím 1250 voltov a prúdom do 150 mA.



Thoriové volfrámové vlákno je napájané s napätím 10 voltov a 3,25 A. Trióda má šírku 54 mm a bez kolíkov má výšku 186 mm. Päťica má štyri kolíky a stále je vo výrobe v Číne a poskytuje vynikajúci zvuk v triede A.

Push – Pull (PP) dvojčinné výkonové zosilňovače rušia stojaté prúdy a privádzajú výstupným transformátorom každý z výstupných elektrónok jednotlivo, čo výrazne znižuje problém sýtenia jadra, čím zjednodušuje konštrukciu zosilňovačov väčšieho výkonu, s lacnejšími výstupnými transformátormi. Tento typ zapojenia ruší aj produkovanie harmonického skreslenia. Nie je to ideálny stav, lebo PP nemajú dokonalú zábranu sýtenia. Od 50. rokov bola väčšina kvalitných zosilňovačov typu push – pull. Možno použiť v koncovom stupni triódy pri menšom výkone, ale najčastejšie boli použité tetrody a pentódy, ktoré dávajú väčší zisk. Medzi osvedčené typy patrili elektrónky 6L6, KT 66, KT 88, EL 34, 6V6 a EL 84, ktoré boli špeciálne vyvinuté na tieto účely. Skreslenie v triede A je takmer zanedbateľné, pretože sa znižuje amplitúda signálu, najmä v zosilnení hudby. Zapojenie push – pull je opísaná v patente, ktorý podal Edwin H. Colpitts v roku 1915 a pravdepodobne prvým komerčne využívaným zosilňovačom v zapojení push – pull bol zosilňovač Balanced od spoločnosti RCA, ktorý bol vyrobený v roku 1924.



Na obrázku je vidieť zapojenie nízkofrekvenčného zosilňovača push – pull z 50. Rokov. Po Williamson usporiadaní zosilňovača sa v komerčných zosilňovačoch začali v koncovom stupni používať tetrody v ultralínearnej konfigurácii.

Zosilňovače triedy AB a B sú účinnejšie ako v triede A a môžu poskytovať vyšší výkon z danej zostavy elektrónok. Cenou za to je, že trpia krížovým skreslením, viac či menej konštantnou amplitúdou bez ohľadu na amplitúdu vstupného signálu. To znamená, že zosilňovače triedy AB a B produkujú určité percento skreslenia pri takmer maximálnej amplitúde, so slabším skreslením pri menšom zosilnení vstupného signálu. Ak sa trieda zmení na čistú triedu B, tak skreslenie sa zhorší. V zosilňovači typu push – pull v triede B musí byť výstupný prúd elektrónky, ktorý musí byť zabezpečený zdrojom, v rozsahu od takmer nuly pre nulový signál po maximum pri maximálnom signály. Preto pre lineárnu reakciu na prechodné zmeny signálu musí mať napájací zdroj dobrú reguláciu. Väčšina komerčných zosilňovačov osadených elektrónkami pracuje v režime triedy AB1 alebo v triede A.

Kvôli svojej neschopnosti riadiť nízko impedančné záťaž priamo, musia elektrónkové zosilňovače používať výstupné transformátory na zníženie impedancie tak, aby sa zhodovali s impedanciou reproduktorov. Vieme, že transformátory nie sú dokonalými zariadeniami a vždy do výstupného signálu zavedú nepárne harmonické skreslenie. Navyše zavádzajú frekvenčne závislé fázové posuny, ktoré obmedzujú celkovú negatívnu spätnú väzbu, ktorú je možné použiť, aby sa udržali v rámci Nyquistových kritérií stability pri vyšších frekvenciách a aby sa zabránilo oscilácii. V poslednom období sa zlepšila konštrukcia transformátorov a techniky vinutia tieto nežiaduce účinky značne potláčajú v požadovanom pásme.

Zosilňovač so spätnou väzbou je elektronický zosilňovač, ktorý dodáva zlomok z výstupnej energie do jeho vstupu a použitá negatívna väzba môže zlepšiť výkon a znižuje citlivosť zmeny parametrov v dôsledku výroby. Kvôli týmto výhodám mnoho zosilňovačov a riadiacich systémov používa negatívnu spätnú väzbu. Paul Voigt patentoval zosilňovač s negatívnou spätnou väzbou v januári 1924, aj keď jeho patent nebol dostatočne presne definovaný. Harold Stephen Black vymyslel zosilňovač s negatívnou spätnou väzbou nezávislé od Voigta, keď pracoval v Bell Laboratories v auguste 1927. Black pracoval na znížení skreslenia v opakovacích zosilňovačoch pre telefónny prenos. Spočiatku sa jeho patent takmer nepoužíval a až zavedením zosilňovača Williamson v roku 1947, nastal zlom v návrhu nízkofrekvenčných zosilňovačov, ktoré pracovali v push pull zapojení a v triede AB1, ktorý presahoval výstupný výkon jeho súčasníkov.

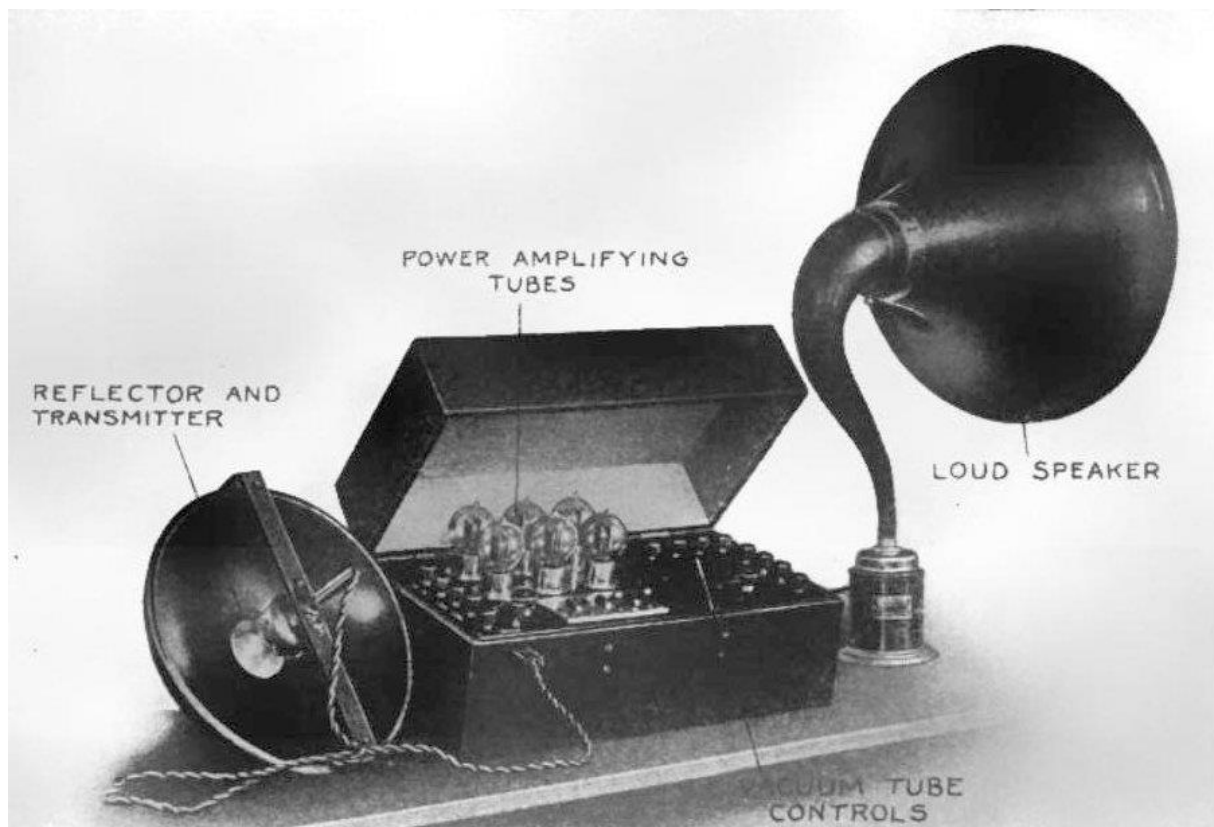
Charakteristickou vlastnosťou zosilňovačov triedy B je to, že jeho negatívny prúd bol takmer potlačený, keď bola riadiaca mriežka bez modulačného signálu.

Ak je na mriežku privádzané budiace napätie, vzrastá v kladných pol vlnách na anóde prúd súhlasne s modulačnými pól vlnami, zatiaľ čo záporné pól vlny nemôžu pokles anódového prúdu ovplyvniť, keď tieto sú bez signálu, ktorý je potlačený. Nemôžeme teda triedu B ako jednoduchý zosilňovač s jednou elektrónkou, lebo by vzniklo veľké skreslenie, ale s výhodou ho používame v súmernom zapojení a zvlášť vtedy, ak chceme dosiahnuť veľkej účinnosti. Každá elektrónka pracuje s polovičnou periódou a tvorí vždy funkčnú pól vlnu s druhou elektrónkou. Ak sú tieto obe elektrónky premodulované, má toto zapojenie celkom malé skreslenie, pretože sa zväčší vplyv zakrivenia spodnej časti charakteristiky. Výhodou oproti triede A je to, že zo zdroja odoberá prúd iba vtedy, keď je koncový stupeň modulovaný. Stupeň účinnosti je tu teda vyšší. Výpočet súmerných zosilňovačov triedy B je opísaný v Amatérskom rádiu z roku 1952 v čísle 11 a na strane 10.

Zosilňovače pre hudobníkov boli v 20. rokoch 20. storočia takmer nedostupné, lebo bol problém nielen s výrobou zosilňovača s dostatočným výkonom ale aj zadovážiť si vhodný reproduktor, lebo reproduktory mali obmedzený frekvenčný rozsah a nízky akustický výkon. Prvé zosilňovače a reproduktory sa dali napájať iba veľkými batériami, a preto boli ťažké a s problémami sa prenášali. Na lepšie časy začalo svitať, až vtedy, keď sa začali vyrábať prvé zosilňovače napájané zo siete, ktoré boli vyvinuté na základe získania väčšieho zosilnenia vstupného audio signálu. Prvé zosilňovače boli použité na ozvučenie miestneho rozhlasu a kín. Aj tieto výkonové zosilňovače boli ešte veľké a veľmi drahé a preto stále pre hudobných nadšencov ťažko dostupné. Po roku 1927 sa menšie, prenosné na striedavú sieť napojené zosilňovače rýchlo stali obľúbenými medzi hudobníkmi. V roku 1928 firma Stromberg – Voisinet bola prvou spoločnosťou, ktorá začala predávať elektrické strunové nástroje a zosilňovače. Hudobníci však zistili, že zosilňovače majú neuspokojivý tón a neboli spoľahlivé, čo bolo dôsledkom jeho horšieho predaja. Aj keď sa horšie predával, bol to inovatívny nápad, lebo poskytoval prenosný elektrický nástrojový zosilňovač s reproduktorom a to všetko v jednej prenosnej skrini. V roku 1929 spoločnosť Vega electric uviedla na trh prenosný zosilňovač „Banjo“. V roku 1932 predstavili Electro String Instruments gitarový zosilňovač s dostatočne vysokým výkonom s namontovaným elektronickým snímačom. Tento výrobok sa stal štandardom pre kombinované zosilňovače, ktorý sa skladal z drevenej skrine so zabudovaným elektronickým zosilňovačom s pohodlnou rukoväťou na prenášanie. V roku 1933 sa zostavy zosilňovačov Vivi – Tone použili na živé predstavenia a rozhlasové vysielanie.

V roku 1934 Rickenbacker spustil výrobu podobných kombinovaných zosilňovačov, pričom pridal kovové rohové chrániče na drevené skrine. V roku 1933 vydal Dobro elektrickú gitaru a zosilňovač s dvoma 8'' palcovými reproduktormi Lansing a elektrónkový zosilňovač, ktorý bol na trhu viac ako dvanásť rokov skôr ako spoločnosť Fender uviedla na trh svoj kombinovaný zosilňovač s dvoma reproduktormi pod menom „Professional – Super“. Audio – Vox bola založená **Paulom Tutmarc**, vynálezcom prvej elektrickej basovej gitary. V roku 1933 Vega predával gitarové snímače a zosilňovače pre hudobníkov na využitie akustických gitár. V roku 1934 uviedol Dobro gitarový zosilňovač s elektrónkovým usmerňovačom a dvoma zosilňujúcimi elektrónkami. V roku začali Dobro a National predávať kombinované zosilňovače pre havajskú gitaru. V roku 1934 Gibson vyvinul prototyp kombinovaných zosilňovačov, ale neboli na predaj. Prudko zrástla výroba a predaj elektrických gitár a zosilňovačov.

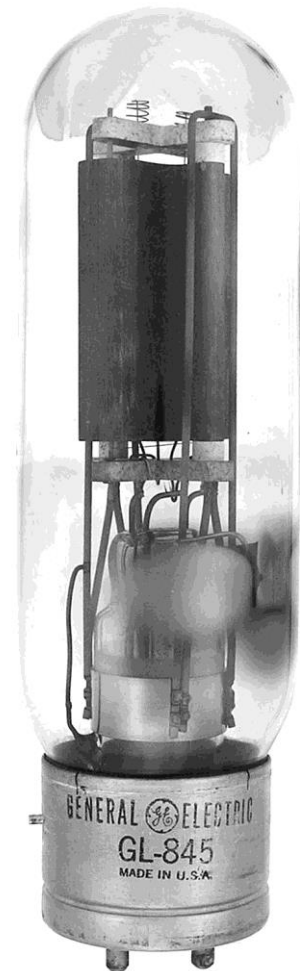
Prvé kombinované zosilňovače nemali žiadnu reguláciu výšok a basov. Prvé nastavovacie prvky boli na reguláciu výšok. Počiatočné reproduktory a slabý výkon zosilňovača 5 až 15 W poskytovali zlý pomer výšok a basov na výstupe. Niektoré gitary začali poskytovať efekt tremola, pričom Fender začal tento efekt nazývať vibrato. Neskoršie modely zosilňovačov obsahovali zabudovaný pružinový dozvuk a jeden z prvých, ktoré to obsahovali boli zosilňovače Ampeg Reverberocket.



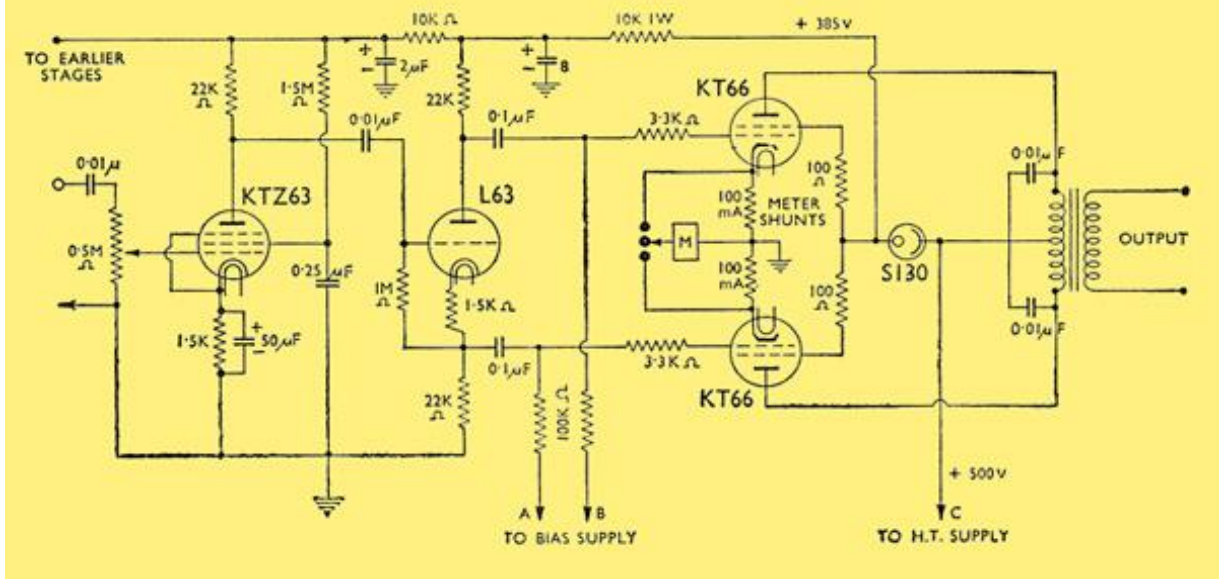
Na obrázku je jeden z prvých elektronických systémov na zosilnenie hovoreného slova z roku 1920, ktorý sa používal na zosilnenie prejavu pre väčší počet poslucháčov. Skladal sa z mikrofónu, pripojeného k elektrónkovému zosilňovaču na zosilnenie hlasového signálu z mikrofónu a reproduktora. Vákuové triódy mali malý zisk, a tak ich bolo v zosilňovači zapojených šesť kusov s výstupným výkonom 10 W. Reprodukotor sa skladal z kovovej membrány, ktorá vibrovala pomocou cievky, ktorá sa pohybovala v magnetickom poli. Ozvučnica slúžila na zvýšenie účinnosti reproduktora. Reprodukotor s pohyblivou cievkou Magnavox, bol vynájdený iba v roku 1915, a ktorý umožnil výrobu praktických ozvučovacích zariadení pre miestny rozhlas. Po prvýkrát bol odskúšaný pred davom ľudí počas vianočných sviatkov na Štedrý deň v roku 1915.

Trióda 845 alebo VT – 43 je určená na všeobecné použitie do výkonu 100 W, ktorá bola navrhnutá na zosilnenie zvuku. Po prvýkrát bola uvedená v roku 1928 ako UV 845. Ich výrobu zahájila RCA a potom ich začala vyrábať General Electric, ktoré niesli označenie SE – 3945 pre námorníctvo. De Forest vyrobil podobnú verziu pod označením 545. United vyrábali túto elektrónku pod označením 845W. Trióda pracuje s napätím 1250 voltov s prúdom do 150 mA. Thoriové volfrámové vlákno je napájané napätím 10 voltov a 3,25 ampéra. Elektrónka je široká 54 mm a bez kolíkov je vysoká 186 mm. Na obrázku je vidieť elektrónku GL – 845 od spoločnosti General Electric. Dnes sa vyrába v Číne a poskytuje vynikajúci zvuk v triede A.

KT 66 je zväzková tetroda zavedená do výroby spoločnosťou Marconi – Orsram Valve Co. Ltd v Británii v roku 1937. KT 66 bola vylepšením elektrónok „Harries Valve“, ktorú vyvinul J. Owen Harrieson a distribuovaná bola spoločnosťou Hivac Co. Ltd. V roku 1935. Neskôršie v EMI inžinieri **Cabolt Bull** a **Sidney Rodda** vylepšili túto elektrónku pomocou pridaných párov zväzkových platí pripojených ku katóde, ktoré nasmerovali tok elektrónov a pôsobili na vychýlenie niektorých sekundárnych elektrónov.



Typical circuit of 50W class AB1 amplifier



Hoci RCA 6L6 bola vyrábaná už od roku 1936, bola KT 66 rovnako žiadaná na Európskom trhu a boli takmer zameniteľné. Na obrázku je schéma zosilňovača osadený v koncovom stupni elektrónky KT 66 v Push – Pull zapojení.

Elektrónka 6L6 je zväzková tetroda, ktorá taktiež vznikla na základe neporušenia patentu, ktorý vlastnila spoločnosť Philips na pentódu.



Na obrázku sú elektrónky 6L6 od spoločnosti RCA ešte v kovovom puzdre.

Jej predchodcom bola „Harries Valve“, ktorý zvýšil účinnosť výkonovej tetrody umiestnením anódy do vzdialenosti, ktorá je násobkom vzdialenosti tieniacej mriežky od vzdialenosti katódy. Táto konštrukcia minimalizovala interferenciu sekundárnych emisných elektrónov uvoľnených z anódy. RCA mala s elektrónkou 6L6 obrovský úspech. Spočiatku mali elektrónky kovový obal a až neskoršie sa prešlo na sklenenú banku s označením 6L6G, 6L6GA a posledná verzia 6L6GC. Elektrónka 6L6 má výšku 108 mm a šírku 36,5 mm s nepriamym žeravením katódy napájaným s napätím 6,3 voltov a prúdom 900 mA s výkonom 19 W. Neskoršie 6L6GC dosahovali výkon 30 W. Anódový prúd bol max. do 500 voltov s prúdom 54 mA. Najväčšie uplatnenie si získali v gitarových zosilňovačoch, ktorých výroba prestala v 70. rokoch s nástupom polovodičových súčiastok. Po roku 2010 sa opäť rozbehla výroba zosilňovačov na báze elektrónok, a tak ich výroba pokračuje v Rusku, Číne a na Slovensku.

RCA BA 4C sa používali ako linkové zosilňovače. Mali kvalitné vstupné a výstupné transformátory a ovládacie prvky s variabilným vstupom. Zosilňovače boli navrhnuté s elektrónkami 1620, 6SN7, koncové 1622 alebo 6L6 a usmerňovaciu 5R4. Zosilňovač poskytuje maximálny výstupný výkon 12 W s impedanciou 40,8 Ω s frekvenčným rozsahom od 50 do 7500 Hz. V niektorých prípadoch vyžadoval tlmenie vstupného signálu.



Telefunken V-41 z 30. Rokov patril do série jednakanálových zosilňovačov určených pre profesionálne nahrávacie štúdiá. V čase vzniku to bol zosilňovač s výborným zvukom. Bolo publikované, že prvé zosilňovače tejto série sa začali vyvíjať v roku 1928 a ich výroba bola ukončená v roku 1949.



Na obrázku je vidieť usporiadanie súčiastok na šasi zosilňovača s pohľadom zhora.

Gibson EH – 150 je elektrónkový zosilňovač z roku 1936 vyrobený v Kalamazoo v štáte Michigan s povrchovou úpravou skrine. Je to prvý a dôležitý výrobok od spoločnosti Gibson pred II. svetovou vojnou. Zosilňovač mal prezývku „Charlie Christian“ osadený elektrónkami 5Z3, 2x 6L6, 3x 6C5, 6F5 s výstupným výkonom 15 W. Veľkosť zosilňovača uloženého v skrini spolu s 12'' palcovým reproduktorom bola: výška 35,6 cm, šírka 38,7 cm, hĺbka 19 cm a hmotnosť je 19,5 kg.

Gibson EH – 150 boli dlho považované za typický model v dobe pred II. svetovou vojnou a jeden z najslávnejších zosilňovačov. Nebol prvým zosilňovačom, ktorý sa predával na použitie s elektrickou gitarou.



Priekopník elektrickej gitary Gibson Alvino Rey pracoval v spoločnosti v Chicagu v polovici roka 1933, spolu s inžinierom Johnom Kutilekom z Lyon & Healy, ktorý sa pokúsil vyvinúť havajskú elektrickú gitaru a zosilňovač hodný niesť meno Gibson. Rey bol už dlhšie spájaný so značkou Electro Frying Pan a zosilňovačmi Amro, ktoré boli vhodné na experimentovanie. Štvor elektrónkové zosilňovače boli srdcovou záležitosťou Alvino. Gibson prišiel s vylepšeným modelom v roku 1936, ktorý už ponúkal pod vlastnou značkou v peknej tvídovej skrinke. Keď uviedol zosilňovač EH – 150 na trh mal Gibson 36 rokov , a na ktorom bolo nastavenie tónu. Prvé zosilňovače boli osadené reproduktormi s priemerom 10'', ale neskôršie nahradili 12'' palcovými.



Na obrázku je zosilňovač Gibson EH – 150 vidieť z prednej strany. Prvé zosilňovače EH – 150 ako aj iné modeli ďalších výrobcov nemali ovládací panel.

K zosilňovaču bol pripojený napájací kábel, držiak na poistky, sieťový vypínač, kontrolné svetlo pripojenia, dva vstupy boli pripevnené priamo k zadnej časti šasi. Všetky zosilňovače v tom čase ešte nemali ovládanie hlasitosti ani tónovú reguláciu. Rovnako ako mnoho amatérskych nadšencov v tej dobe začali presadzovať koncové zapojenie elektrónok typu push – pull pomocou transformátora so stredovým odbočením, ktorý zanedbateľne zvyšoval napätie, pričom poskytoval rovnaký, ale opačný signál pre výkonové elektrónky. V tom čase bol 10'' palcový reproduktor štandardom s indukčnou cievkou. V roku 1937 na trh nová vylepšená verzia. Boli nainštalované dve samostatné kanály, jeden pre mikrofón a druhý na elektrické nástroje so samostatným ovládaním zvuku. Aj keď sa zosilňovač zaraďuje do kategórie s nižším výkonom, vôbec sa nelíši od moderných výkonných zosilňovačov, ale svojou cenou 70 dolárov bol konkurencie schopný na trhu. Veľkosť reproduktora sa zväčšila na 12'' palcov, ktoré už vyrábala spoločnosť Gibson.

Zmena nastala v roku 1942, kedy už zosilňovače mali ovládacie panely, prepínač tónov bol nahradený potenciometrom pre výšky a basy. Novinkou bola elektrónka 5U4 a tri vysokofrekvenčné triódy 6SQ7 s dvomi mikrofónovými vstupmi a jedným univerzálnym. Pre jednosmernú sieť, ktorá sa v niektorých mestách v USA stále používala, Gibson navrhol zosilňovač EH – 160 s pripojením na jednosmernú i striedavú sieť, aby uspokojil aj tam žijúcich nadšencov a záujemcov o gitarové zosilňovače.

Leo Fender začal vyrábať gitarové zosilňovače skôr ako začal vyrábať gitary. Prvými modelmi boli K&F, ktoré boli vyrobené v rokoch 1945 až 1946. Vyrábali ich Leo Fender a Doc Kauffman v oceľovom kufríku šedej farby s mriežkou a boli vyrábané s 8'', 10'' a 15'' reproduktorom. Dnes sú už zberateľskou vzácnosťou. Prvé vyrábané zosilňovače firmou Fender Electric Instrument Company sa nazývali Woodie a jeden



je aj na obrázku, 26Deluxe, ktoré sa začali vyrábať v roku 1946. V tom čase sa vyrábali i modely

Princeton

a Professional,

ktorých výroba bola

ukončená v roku

1948. Tweed modely

mali skrinky pokryté

s bavlnenou látkou

s vrstvou laku. Na

obrázku je Fender

Champ 5C1 z roku

1953, ktorý patril do

tejto série

zosilňovačov. Po

prvýkrát sa objavili v roku 1946 ako modely Dual Professional s dvoma 10''

palcovými reproduktormi s koncovými elektrónkami 6L6, ktoré sa v roku 1948

premenovali na Super Amp. Tento typ povrchovej úpravy prestali používať

v roku 1960. V roku 1959 prišla na trh séria Brownface, na ktorom použil Tolex

na zakrytie skriniek a tento materiál použil iba na šiestich zosilňovačoch.

Zosilňovače The Blonde boli označené modely Tremolux, Bassman a Showman.

The Blackface sa vyrábali v rokoch 1963 až 1967. Zosilňovače Fender

Silverface boli vyrábané v rokoch 1967 až 1981. Prvé mali hliníkový rám a mali

na čelnej doske modré štítky. Na obrázku je zosilňovač Fender Princeton z roku

1953 bez zadného krytu, kde je vidieť uloženie súčiastok a zadný panel so

vstupmi pre elektronické nástroje. Prvé tranzistorové zosilňovače

boli postavené v roku 1966 a v tom čase boli vlajkovou loďou tejto spoločnosti

a ich cieľom bolo urobiť dojem, že elektrónkové zosilňovače sú už zastarané.

Tieto zosilňovače niesli

tradičné označenie Fender

modely „Dual Showman,

Twin Reverb a Bassman“.

V roku 1967 nasledovali

zosilňovače „Super Reverb,

Pro Reverb, Vibrolux Reverb

a Deluxe Reverb“.

Na obrázku je zosilňovač



z roku 1965 Fender Princeton Reverb s výkonom 15W s jedným 10'' palcovým reproduktorom s jedným kanálom a dvoma vstupmi s ovládaním hlasitosti, výšok, basov a dozvuku. Zosilňovač je osadený elektrónkami 3x 12AX7s, 12AT7, 2x 6V6s a usmerňovacou elektrónkou 5AR4. K zosilňovaču je dodaný nožný pedál s dvoma spínačmi na zapnutie dozvuku a tremola. Veľkosť zosilňovača je: výška 40,6 cm, šírka 50,5 cm a hĺbka 24,2 cm s hmotnosťou 21,8 kg.

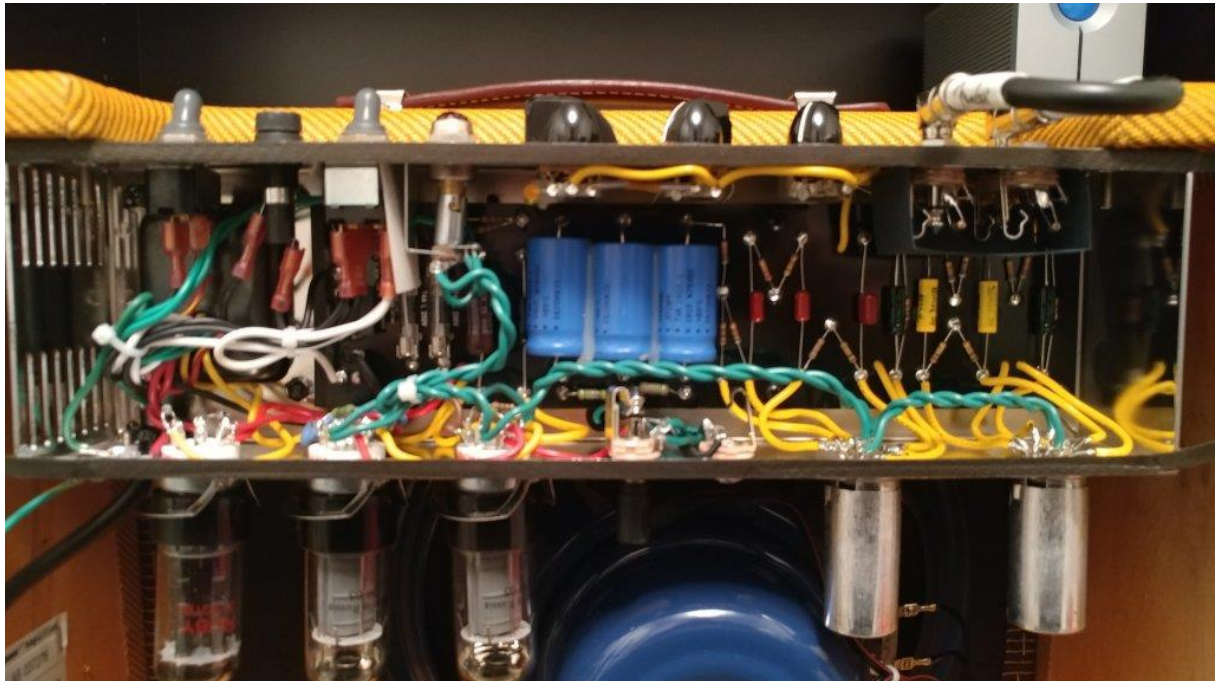
Tranzistorové zosilňovače navrhovali Robert Rissim, Sawo Jacobs a Paul Spranger, ktorý navrhol aj komínové chladenie polovodičových výkonových súčiastok a zošíkmenie ovládacieho panela. V roku 1969 predstavili viacero tranzistorových zosilňovačov, medzi patrili Zodiac, Super Showman System, Seth Lover. Bývalý zamestnanec Gibson, Richard Chauncey Evans, bol pozvaný, aby navrhol sériu zosilňovačov s aktívnymi reproduktorovými skriňami. Fender robil pre tranzistorové zosilňovače veľkú reklamnú kampaň, ale ukázalo sa, že tranzistorové zosilňovače bola úplná katastrofa, lebo pri zavedení tranzistorových zosilňovačov do výroby sa zanedbalo mnoho vecí pri montáži polovodičových súčiastok, ktoré si vyžadovali dôkladnejšiu montáž ako tomu boli pri elektrónkach. Polovodičové výkonové jednotky si vyžadovali dostatočné chladenie a tak v roku 1971 bola ich výroba pozastavená.

Na obrázku je zosilňovač Fender Twin Reverb z roku 1973, ktorý disponoval výkonom 85 W a osadený je elektrónkami 4x 6L6. Zosilňovač má dva nezávislé kanály označené ako „Normal a Vibrato“. Normal má dva

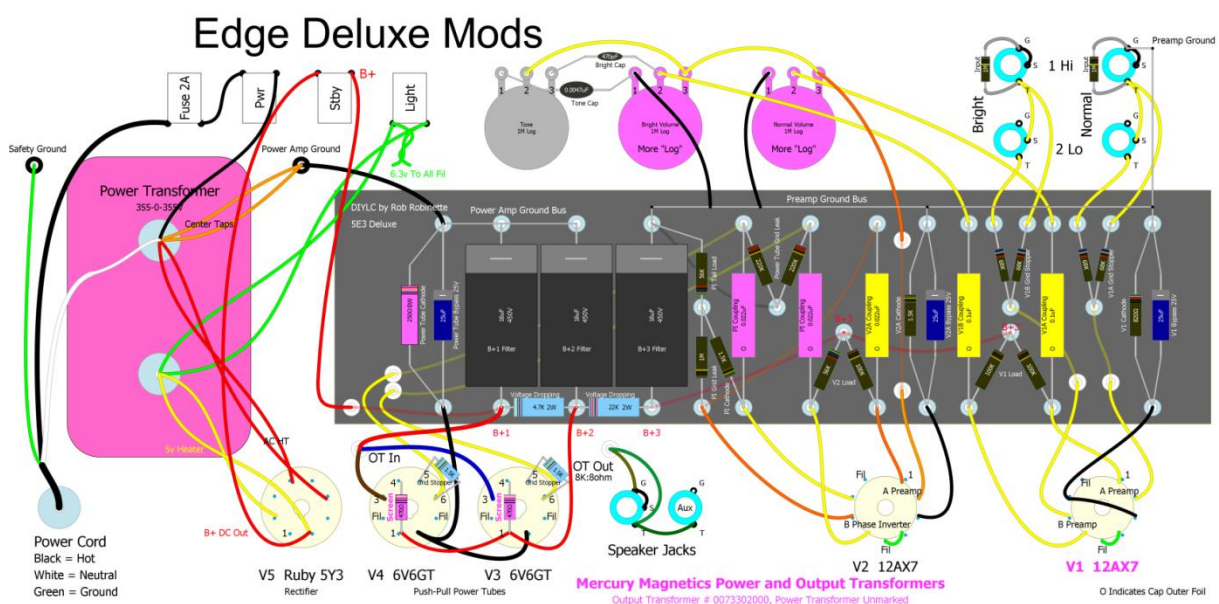


vstupy, prepínač, ovládač hlasitosti, výšky, stred a basy. Kanál vibrato má rovnaké ovládacie prvky ako normal a ešte k tomu ovládanie dozvuku. Tento zosilňovač bol štandardom na mnohých pódiaoch s rôznymi kapelami.

V 70. Rokoch sa začali opäť vracat' zosilňovače typu Blackface s drobnými kozmetickými úpravami. Medzi prvé zosilňovače tejto rady boli 180 W Super Twin Reverb, ktoré mali aktívne ovládanie tónov a prepojovanie skresleného a čistého zvuku. Aj Silverface sa prepracovali na zvýšenie výstupného výkonu zo 100 na 135 W, ktoré sa začali vyrábať v roku 1978.



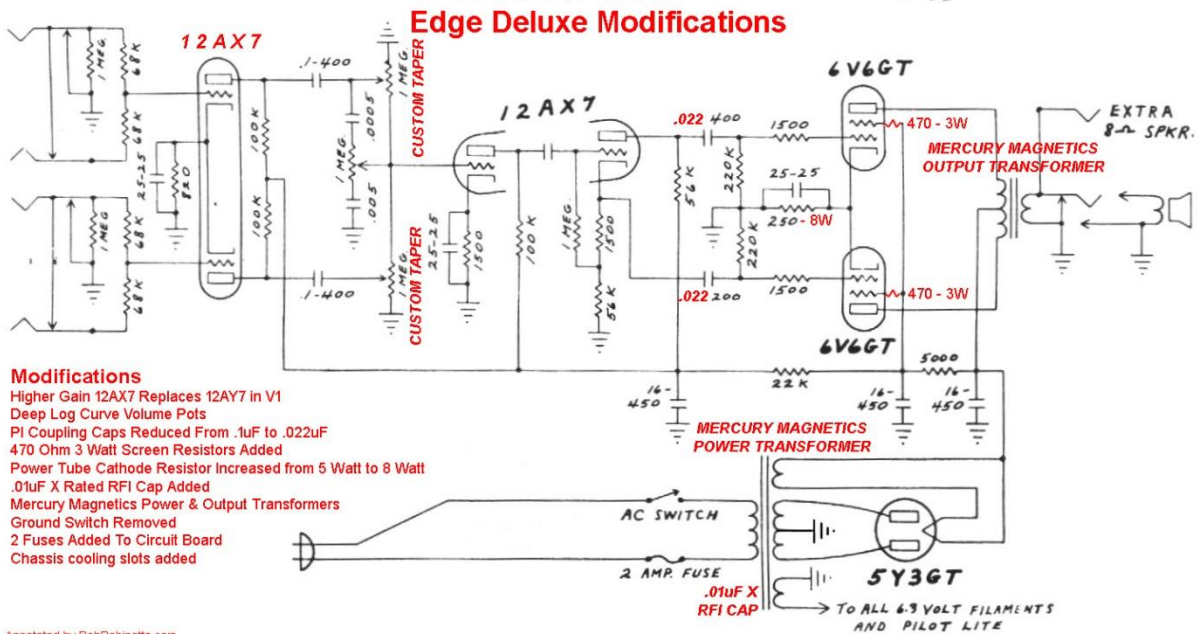
Na obrázku je vidieť rozloženie súčiastok, ktoré sú spájané klasickou technikou na spojovacie očka.



Na obrázku je vidieť uloženie jednotlivých súčiastok.

FENDER "DELUXE" SCHEMATIC MODEL 5E3

F-EE



Annotated by RotiRobinette.com

Na obrázku je schéma zosilňovača.

V rokoch 1982 až 1986 boli v ponuke zosilňovače Fender Rivera, ktoré pochádzali od dizajnéra Paula Riveru ako modely Champ II, Princeton Reverb II, Deluxe Reverb a Twin Reverb II. V roku 1985 kúpila spoločnosť Fender, spoločnosť Red Knob a ich zosilňovače sa podobali prvým zosilňovačom Fender Musical Instrument Corporation, s jednoduchými čiernymi gombíkmi zo 70. Rokov a výroba zosilňovačov sa presunula do Ensenade v Mexiku.

Zosilňovače Marshall vyrába britská spoločnosť, ktorú založil majiteľ obchodu na bubnové súpravy Jim Marshall, ktorá sídli v Bletchley, Milton Keynes, Buckinghamshire. Gitarové zosilňovače Marshall patria medzi uznávané vo svete. Mnoho súčasných gitarových zosilňovačov Marshall stále používa elektrónky, ale okrem toho vyrába aj lacnejšie tranzistorové alebo hybridné zosilňovače.

Všetko to začalo, keď do jeho predajne chodili gitaristi Ritchie Blackmore, Bir Jim Sullivan a Pete Townshend s požiadavkou na výrobu a predaj gitarových zosilňovačov. V tom čase boli v kurze zosilňovače Fender, dovážané z USA, ale boli veľmi drahé. Jim chcel vytvoriť lacnejšiu alternatívu k americkým

gitarovým zosilňovačom, ale sám nemal skúsenosti z elektrotechnikou a preto požiadal o pomoc Ken Brana, Dudleyo Cravena a Kena Under Wooda na výrobu gitarového zosilňovača podľa vzoru Fender Bassman, ktorý používal na výstupe skriňu so štyrmi reproduktormi s priemerom 10'' palcov. Vytvorili niekoľko prototypov, ale až šiesty „Marshall Sound“ mal požadovaný zvuk.



Na obrázku je prototyp gitarového zosilňovača z roku 1962. Na začiatku roka 1963 sa stretli všetci traja amatérski nadšenci a začali vyrábať zosilňovače, do ktorých montovali prebytkové americké elektrónky 5881 ako koncové, ktoré boli podobné typu 6L6. V tom čase nebolo veľa reproduktorov, ktoré zvládali výkon 15 W, čo predstavovalo pri výkone 50 W zapojiť viacej reproduktorov do reproduktorovej skrine. Fender používal štyri reproduktory Jensen spolu so zosilňovačom, ale Marshall sa rozhodol oddeliť zosilňovač od reproduktorovej skrine a miesto 10'' reproduktorov použil 12'' palcové značky Celestion v samostatných skrinkách. Medzi ďalšie zásadné rozdiely patrilo použitie elektrónok ECC83 s vyšším ziskom a zavedenie filtra v regulácii hlasitosti. Tieto zmeny v obvodoch poskytli zosilňovaču väčší zisk a zvýraznil vyššie frekvencie. Tieto zosilňovače niesli označenie „Marshall Mark II“, neskoršie premenované na „Marshall JTM 45“ po menách Jim a jeho syna Terryho Marshall. Tieto zosilňovače používali s obľubou rokové kapely z druhej

polovice 60. Rokov. Začiatkom roka 1965 začali vyrábať 45 W zosilňovače, i keď vyrobili niekoľko kusov s výkonom 75 W s koncovými elektrónkami KT88. Na obrázku je zosilňovač Marshall JTM 45.



Keď Ken, Dudley a Jim vylepšili dizajn zosilňovača tým, že odstránili prepínač polarity a na prázdne miesto na ovládacom paneli sa rozhodli vložiť názov JTM 45 a MK II. Tieto zosilňovače predstavujú prvú realizáciu Marshallovho zosilňovača. Mal dva nezávislé kanály, pričom prvý mal o 6 dB väčší zisk ako druhý a oba kanály používali tú istú usmerňovaciu elektrónku GZ 34 na ceste k duálnym elektrónkam 5881, čo viedlo niektorých gitaristov k tomu, že si prepájali pomocou krátkeho kábla oba vstupné kanály súčasne. Reprodukory s menším výkonom si vyžadovali prepojenie najmenej štyri reproduktory G 12 – 15 Alnico s výkonom 20 W od firmy Celestion uložené v jednej skrini. V roku 1965 boli Marshall JTM 45 Mark II v Londýne už dobre známe. Eric Clapton patril k ďalším skorým používateľom týchto zosilňovačov a nakoniec použil model 1962, prvé kombo Marshall, ktoré sa stalo ikonou pod menom „Bluesbreaker Combo“. Na obrázku je vidieť tento model zosilňovača. Toto kombo vzniklo ako požiadavka Claptona, ktorý chcel kombo, tak veľké, aby sa mu zmestilo do kufra auta.

Ranné 100 W zosilňovače s dvoma skriňami nad sebou sa stali veľmi populárnymi. Ako koncové elektrónky boli použité EL 34 miesto KT 66, ktoré priniesli vyšší výkon a vyžadovali väčší výstupný



transformátor. Miesto starej usmerňovacej elektrónky GZ 34, použil polovodičové súčiastky na usmernenie sieťového prúdu a výsledkom bol jasnejší a hlasnejší zvuk s odlišným charakterom skreslenia.



Na obrázku je 100 W zosilňovač Marshall JTM – 45 100.

Zosilňovače s výkonom 100 W presadzoval Pete Townshend a v polovici roka 1965 postavili prvé prototypy s osadením koncového stupňa elektrónkami KT66 s dvoma výstupnými transformátormi s výkonom 50 W, lebo v tom čase nebol v ponuke žiaden transformátor s výkonom 100 W. Tieto 100 W zosilňovače boli známe pod menom „Dual Output“, ktoré sa zmenili na JTM – 45 100. Od septembra 1965 už používali jeden výstupný transformátor a od februára 1967 boli elektrónky KT66 nahradené elektrónkami EL34. Bežný Marshall s výkonom 100 W mal nad sebou dve skrine v ktorých boli štyri reproduktory s priemerom 12'' palcov, z ktorých vznikla legenda pod označením „Plexi“ a vyrábali sa do roku 1969.

Na obrázku je Marshall 100W mimo krytu, na ktorom vidieť rozloženie elektrónok a transformátorov a ovládací panel.

Marshall Major bola 200W verzia Superleadu, ktorá bola uvedená v roku 1967. Zosilňovače mali tri jednoduché ovládače pre

hlasitosť, basy a vyváženie. V predzosilňovači boli osadené tri elektrónky ECC83 a koncový stupeň bol osadený štyrmi elektrónkami KZ88 Gold Lion a vyrábali sa do roku 1974.

Na konci roka 1975 predstavil Marshall sériu zosilňovačov pod názvom „Master Volume 100W 2203“ a po roku „Master Volume 50W 2204“. Americký distribútor Marshall Unicord zmenil v zosilňovačoch osadenie v koncových stupňov Elektrónky EL34 za elektrónky General Electric 6550. V polovici 80. Rokov začal experimentovať s polovodičovými zosilňovačmi pod názvom „Lead 12/Reverb 12, ktoré boli určené najmä začínajúcim kapelám a hudobníkom. V roku 2001 znova uviedol niekoľko zosilňovačov podobných modelu 1959 – SLP, podobné zosilňovačom zo 60. Rokov, ale používali dosky plošných spojov na zníženie výrobných nákladov. Ručné tradičné zapojovanie súčiastok sa robí iba na samostatnú zákazku, lebo ich konečná cena je podstatne vyššia.

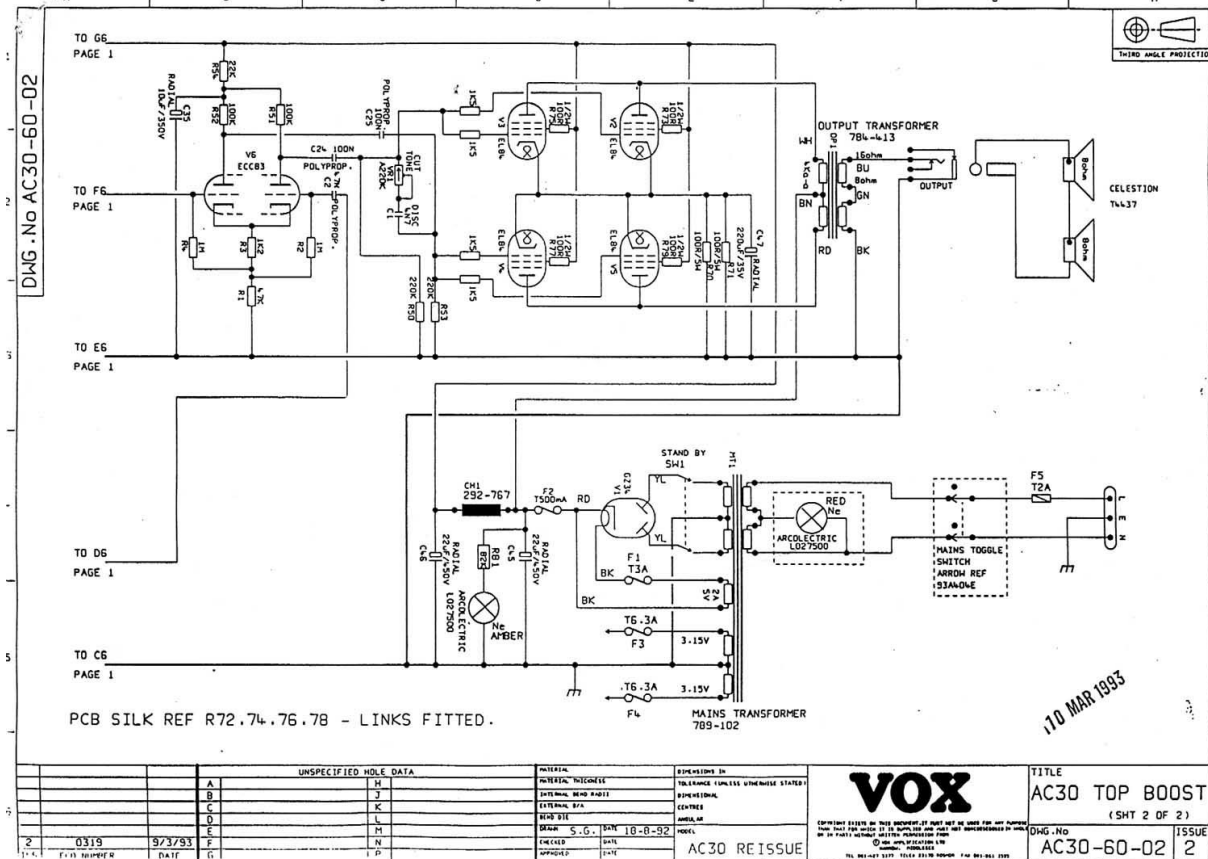


Zosilňovače Vox Zakladateľ spoločnosti Tom Jennings od roku 1951 predával organy a k nim potrebné zariadenie, ale založením Jennings Musical Instruments (JMI) v roku 1957, ktorá vznikla na základe uspokojenie rastúceho dopytu po gitarových zosilňovačoch. Inžinier Dick Denney postavil prototyp zosilňovača s označením AC 15, ktorý bol okamžite prijatý britskými gitaristami.



Na obrázku je gitarový zosilňovač Vox AC15 z roku 1959. V tom čase ich začala používať i kapela The Shadows, ktorá doprevádzala speváka Cliffa Richarda. Vstup bol na konektor Jack 6,3 mm a koncový stupeň bol osadený dvoma elektrónkami EL 84 a ako predzosilňovač bola použitá pentóda EL86 s v napájacej časti bola použitá usmerňovacia elektrónka EZ81. Zosilňovač mal výstupný výkon 15 W.

Model AC30 bol po prvýkrát k dispozícii v roku 1961 a získal si svojich priaznivcov, medzi ktorými bol aj Hank Marvin zo skupiny The Shadows a v Liverpools v roku 1962 získali pár zosilňovačov AC30 skupina Beatles, ktorá mu robila veľkú reklamu.



Na obrázku je schéma zosilňovača AC30.

Vox AC30 bol pôvodne predstavený v roku 1959 na žiadosť Hanka Marvina ako väčší brat zosilňovača AC15 s výkonom 15W, ktorý bol vlajkovou loďou spoločnosti Vox. Dôvodom bola skutočnosť, že pri vystúpení Cliff Richarda bol hluč fanúšičiek silnejší ako zvuk zo zosilňovača. Vox AC15 mal dve koncové elektrónky EL84 a model AC30 mal v koncovom stupni dve elektrónky EL34 a tri elektrónky ECC81 pre predzosilňovač, modulátor a fázový menič. Tieto prvé AC30 boli umiestnené do skrine veľkosti televízneho prijímača a mali podobný tvar ako Fender v 50. rokoch. K zosilňovačom bol pripojený 12" palcový reproduktor Goodmans s výkonom 60W. Tieto prvé zosilňovače mali väčšiu mriežku kosoštvorcového tvaru. Krátko nato prišla druhá generácia AC30/4, ktorá mala dva kanály s dvoma vstupmi a koncový stupeň osadený štyrmi elektrónkami EL34, vďaka čomu sa skutočne zdvojnásobil výkon s pentódou EL86 v predzosilňovači. Kombo malo v skrini dva 12" palcové reproduktory Goodmans Audion 60, ale neskôr sa začali používať reproduktory Celestion G12 alnico.

Koncom roka 1960 Vox prepracoval obvod predzosilňovača a nahradil pentódu EL86 triódou ECC81, lebo EF86 mala sklony zlyhávať pri väčšom zaťažení. Na obrázku je vidieť zosilňovač Vox AC30/4. Novší model AC30/6 mal tri kanály, pričom každý kanál mal dva vstupy.



V roku 1963 Denney vyrobil prototyp 50W zosilňovača pod označením AC50 a to špeciálne pre Johna Lennona a Georga Harrisona a 100W basový zosilňovač AC100 pre Paula McCartneyho. Od roku 1964 boli tieto zosilňovače v ponuke širšej verejnosti. Beatles potreboval AC100 aj pre doprovodné gitary, keď mali absolvovať turné po USA. V tomto roku začal mať Vox finančné problémy a tak veľkú časť spoločnosti predal skupine Royston Group koncom roka 1964. Tom Jennings odišiel zo spoločnosti Vox v roku 1967 a Dick Denney odišiel sním a založili spoločnosť Jennings Electronic Industries (JEI), a začali vyrábať efektové zariadenia, syntetizér a kombo gitarový zosilňovač osadený elektrónkami s názvom AC40, ktoré mali tri kanály, Vib. Trem, Top Boost, štyri výstupné elektrónky EL84 a dva reproduktory Celestion alnico G12. Firma ukončila svoju činnosť v roku 1973. Na začiatku 70. rokov „Dallas Arbiter“ vyrábal pod značkou Vox zosilňovače AC30, v ktorých boli elektrónkové usmerňovače nahradené polovodičovými a boli známe pod označením AC30TB. Koncom 70. rokov predstavila polovodičový zosilňovač AC30SS. Dozvuk bol do zosilňovača zabudovaný pomocou pružiny v roku 1978. Spoločnosť Rose Morris, ktorá vlastnila Vox v 80. rokoch, predala spoločnosť začiatkom 90. rokov spoločnosti Korg, ktorá zahájila výrobu zosilňovačov modelov zo 60. rokov v vekom elektrónkovej verzii i s usmerňovačom GZ34. Zosilňovač má veľkosť 702 x 265 x 556 mm a jeho hmotnosť je 32 kg.

Na obrázku je Vox AC2 kombo z roku 1960 s jedným kanálom s výstupným výkonom 2 W. Je to jeden z najvzácnejších Vox zosilňovačov so zadnou doskou a čiernym panelom. Jeho sériové číslo je 2104 s elektrónkami Sieman s napojením na striedavú sieť 220 voltov so štandardným ovládaním hlasitosti a tónov.



Bruce Egnater začal v roku 1975 vo vlastnej opravovni elektrotechnických výrobkov špecifikovať a modifikovať zosilňovače pre hudobníkov, ktorí mali požiadavky na zaujímavé znenie tónov zo zosilňovača.



Na obrázku je Bruce Egnater pred jedným z experimentálnych zosilňovačov.

Bruce sa snažil nájsť nové spôsoby, ako získať tóny, ktoré chcel, ale ktoré v tom čase neboli k dispozícii v zosilňovačoch. Jedným z jeho nápadov bolo vziať jeho malý zosilňovač Gibson a pripojiť ho na vstup 200 W zosilňovača Marshall Major.



Na obrázku je zosilňovač Egnater Tweaker 40.

Toto spojenie umožnilo veľké skreslenie. Bruce začal byť známy v Detroitě a rýchlo sa to rozšírilo. Čoskoro sa ocitol s podobnými nastaveniami pre mnohých hudobníkov a tak sa rozhodol postaviť prvý vlastný zosilňovač, ktorý by mal produkovať veľké skreslenie a čisté tóny. Chcel zosilňovač s kanálom pre čisté tóny a kanálom s veľkým skreslením, pričom každý so samostatnými ovládacími prvkami.



Na obrázku je zosilňovač Egnater Tweaker 40 zo zadnej strany.

Výsledkom bol dvojkanálový prepínací zosilňovač, ktorý gitaristom umožnil zvýšiť skreslenie bez zvýšenia výkonu a bol to prvý zosilňovač tohto druhu. Začal rásť dopyt po jeho zosilňovačoch, viackanálových elektrónkových. Viacero spoločností ho navštívilo a požiadalo o spoluprácu.

Bruce zistil, že upravuje už aj vlastné zosilňovače, ktorým dolad'oval výsledné sfarbenie zvuku. Rozhodol sa navrhnuť elektrónkový zosilňovač, ktorý bude fungovať pre každého hráča v každej situácii a tak sa zrodil modulovaný zosilňovač. Výkonový stupeň zostal stabilný, iba predzosilňovače boli na moduloch, ktoré sa mohli vymeniť podľa potreby. Tieto modulárne zosilňovače používajú hudobníci

a producenti na celom svete. Od skromných začiatkov v malom obchode je dnes Egnater Amplification najrýchlejšie rastúcim výrobcom gitarových zosilňovačov.

Na obrázkoch je jeden z jeho gitarových zosilňovačov Egnater Tweaker 40, ktorý je dvojkanálový s výstupným výkonom 40W s koncovými elektrónkami 2x 6L6 a tromi 12AX7 v predzosilňovači.

Jedenásť ovládacích prvkov poskytuje jedinečnú flexibilitu pri tvarovaní tónov, ku ktorým je zahrnutý dvojtlačidlový nožný spínač a k dispozícii sú dve skrine s 12'' palcovými reproduktormi. Dva

nezávislé kanály, obvody tlmených efektov, volič napätia na striedavú sieť 117 a 230 voltov. Veľkosť zosilňovača je 410 mm šírka, 206 mm výška, 182 mm hĺbka a hmotnosť 14 kg. Veľkosť reproduktorovej skrine je 508 x 430 x 266 mm.



Zosilňovače Lowther vznikla zlúčením spoločnosti Voigt Patents a Lowther Manufacturin Company Ltd. v roku 1934. V roku 1926 Paul Voigt vyvinul prvý britský systém elektrického nahrávania. Na základe dohody boli všetky tieto výrobky Edison Bell chránené patentmi, ktoré uzavrel sám Paul Voigt. V roku 1933 založil Voigt svoju vlastnú spoločnosť „Voigt Patents“ so sídlom v Londýne. Na obrázku je Paul Voigt. V roku 1936 bola vydaná brožúra o vzniku spoločnosti „Lowther – Voigt Radio“.



Boli v nej popísané podrobnosti o rádiogramofónoch, samostatných zosilňovačoch, tuneroch a reproduktoroch. Ambicióznym rádiogramofónom bol model „A/V“, ktorý bol dodávaný s 12W zosilňovačom a samostatným luxusným domácim reproduktorom. Na obrázku je zosilňovač Lowther B5.F z roku 1948. S vypuknutím II.

svetovej vojny v roku 1939 prudko klesol predaj kvalitných zvukových zariadení. Voigt mal počas vojny vo výrobe reproduktory a ich inštaláciu v kinách. Po vojne sa začali používať reproduktory s permanentným magnetom. Zosilňovač B5.F používal ako koncovú elektrónku triódu PX25. Celkovo obsahoval zosilňovač tri elektrónky : 1x PX25, 1x EC33 a 1x FW4/500 ako usmerňovaciú. Zosilňovač dosahoval výkon 5W s frekvenčným pásmom 35 až 30 000 Hz. Veľkosť zosilňovača je 30 x 35 x 27 cm a jeho hmotnosť je 17,3kg. V roku 1950 sa presťahoval s manželkou do Kanady, kde aj 9. 2. 1981 zomrel. Spoločnosť odkúpil Donald Chave, ktorý bol hlavným inžinierom v spoločnosti

Lowther, ktorý postupne rozšíril škálu dostupných zosilňovačov tunerov a reproduktorom, pričom všetky výrobky boli vyrábané ručne. Z tohto obdobia sú známe reproduktory TP1 a zosilňovače LL 26. Výroba pokračuje stále a dodáva vysokokvalitné zosilňovače a reproduktory po celom svete.

Na obrázku je zosilňovač Lowther LL16 sa začal vyrábať v roku 1955 a používa kvalitný transformátor Portridge C-Core. Osadený je elektrónkami 2x EL34 ako koncové, 5U4 ako usmerňovacia, 13D3, 6BA6 a EF86 ako predzosilňovač. Výstupný výkon zosilňovača je 16W s frekvenčným rozsahom 20 až 70 000 Hz. Veľkosť zosilňovača je 30 x 30 x 22 cm.



Zosilňovače Silvertone

Skôr, ako začal vyrábať Silvertone svoje gitarové zosilňovače, tu bola spoločnosť Danelectro. Spoločnosť Danelectro z New Jersey založil Nathan Daniel, ktorý sa špecializoval na budovanie kvalitných hudobných nástrojov a príslušenstva za rozumné ceny. Na obrázku je gitarový elektrónkový zosilňovač Danelectro Special z roku 1955. Zosilňovač je na svoj vek v dobrom stave. Osadený je elektrónkami 1x 6x5, 3x 6SJ7, 2x 6V6 a všetky sú od výrobcu Sylvania a RCA. Ovládací panel má gombíky na ovládanie hlasitosti, rýchlosť vibrácií, zafarbenie tónov, tri vstupy, vypínač napojenia a kontrolku zapnutia. Skrinka obsahuje 12'' palcový reproduktor.



Výška zosilňovača je 44cm, šírku 21cm, hĺbka 21cm a hmotnosť je 12,2kg.



Na obrázku je vidieť zosilňovač Danelectro Special, pohľad zozadu.

Spoločnosť Danelectro stavala a dodávala všetky gitarové zosilňovače Sears a Roebuck od roku 1958 do roku 1968. V roku 1966 Nate Daniel predal spoločnosť Danelectro spoločnosti MCA a do roku 1969 musela táto spoločnosť MCA ukončiť svoju činnosť a tak spoločnosť a značka Danelectro zanikla. Zosilňovače série Sears XL (5XL, 10XL, 40XL) sa montovali ručnou technológiou ale v roku 1973 sa okrem modelu 5XL prešla výroba zosilňovačov na polovodičovú technológiu osadenia elektroniky v zosilňovačoch. Kto staval tieto zosilňovače nie je celkom známe. Predpokladá sa, že ich vyrábali v dielňach Danelectro zamestnanci zaniknutej spoločnosti.

Zosilňovač Danelectro DS50 patril do výkonnejšej kategórie. Je to vzácny elektrónkový zosilňovač s drsným zvukom zameraným na stredné frekvenčné pásmo s nožným prepínačom.



Na obrázku je vidieť zosilňovač Danelectro DS50.

Tento zosilňovač s výstupným výkonom 50W je osadený elektrónkami: 2x 6L6, 2x 6CG7, 3x 12AX7. V skrini sú tri 10'' palcové reproduktory značky Jensen C10Q. Veľkosť zosilňovača je 43cm široký, 33cm vysoký a 15 cm hlboký a rozmery skrine sú 70cm vysoká, 46cm široká, 31cm hlboká a hmotnosť 12kg. Niektoré zosilňovače Silvertone boli navrhnuté a vyrobené Danelectro. Do tejto skupiny patrí aj zosilňovač Silvertone 1333 z roku 1956. Boli to prvé zosilňovače vyrobené Danelectro pre spoločnosť Silvertone. Boli podobné na

Fender Deluxe s tremolom a nožným spínačom. Zosilňovač dosahoval výkon 12W a skriňa bola osadená 12'' palcovým Fischer reproduktorom. Tremolo je jemné a hlboké. Elektrónky 6SC7 a 6SN7GT boli od RCA alebo Sylvania. Na obrázku je zosilňovač Silvertone 1432, ktorý disponoval 10W s 12'' palcovým



reproduktorom. Zosilňovač má jeden vstup pre mikrofón a druhý pre gitaru a vstup pre nožný pedál. Na ovládacom paneli sú gombíky na ovládanie hlasitosti, zafarbenia tónu, regulácia tremola, sieťový vypínač s kontrolkou zapnutia. Veľkosť gitarového komba je 38cm výška, 45cm široký, 20cm hlboký a hmotnosť 14kg.



www.tonegems.com © 2012 ABBalogh

Na obrázku je zosilňovač Silvertone 1421 Combo z roku 1969.

Zosilňovač Silvertone 1421 Combo je malý gitarový zosilňovač, ktorý sa po prvýkrát objavil v katalógu Sears v roku 1969 ako 10 W elektrónkový zosilňovač, ktorý v roku 1972 bol upravený na polovodiče.



Na obrázku je vidieť zosilňovač 1421 zo zadnej strany. Zosilňovač má v skrini 8'' palcový reproduktor. Ako výkonová elektrónka je použitá 7189 a v predzosilňovači sa použila 12AX7. Usmerňovacia elektrónka v napájacom zdroji je 6x4. Zosilňovač bol vyrábaný ručnou technológiou so spájacími očkami typu point – to – point. Zosilňovač má ovládanie hlasitosti a tónu, ovládanie frekvencie tremola, dva vstupy s Jack 6,3 mm na gitaru a jeden vstup Jack 6,3 mm pre tremolo. Reproduktor je vyrábaný spoločnosťou Oxford s magnetom alnico s impedanciou 4Ω.

Silvertone 1421 (Sears 10XL) sa začal vyrábať v roku 1969 s výstupným výkonom 10W RMS max. Predzosilňovač bol osadený jednou elektrónkou 12AX7, tremolo efekt bol osadený jednou elektrónkou 12AX7 a výkonový stupeň jednou elektrónkou 7189. Konštrukcia skrine je vyrobená z lisovanej drevotriesky s hrúbkou 10 mm, pokrytej vinylom čiernej farby. Napájanie zosilňovača je na striedavú sieť 120 voltov. Veľkosť zosilňovača je šírka 36cm, výška 43cm, hĺbka 16cm a hmotnosť 3,8kg.



Na obrázku je vidieť rozloženie súčiastok na šasi zosilňovača Silvertone 1421.

Zosilňovače Philips

Na obrázku je nízkofrekvenčný zosilňovač EL6610/00 z roku 1952 osadený elektrónkami s výstupným výkonom 20W. Napájanie je na striedavú sieť 110 až 245 voltov a na jednosmerné napätie 13,2 volta. Zosilňovač je osadený elektrónkami EF40 a ECC40 v predzosilňovači a koncový stupeň je osadený elektrónkami



4x EL41 a v napájacej časti je ako usmerňovač použitá elektrónka AZ50. Na obrázku je vidieť zosilňovač PL6610/00 zo zadnej strany, ktorej je vidieť vstupy pre mikrón a gramofón, zásuvku na striedavú sieť, nastavenie striedavého napätia, výstup na reproduktory a napojenie na jednosmerné napojenie 12 voltov. Na ďalšom obrázku je vidieť rozloženie transformátorov a elektrónok na šasi. Zosilňovač Philips EL6401 je mono zosilňovač vyrobený na verejné oznamy, ktorý má vstup pre mikrofón a gramofón ešte so starou zástrčkou Philips. Na prednej strane je potenciometer na ovládanie hlasitosti mikrofónu ak s gombíkom pohybujeme v smere hodinových ručičiek a gramofónu, ak gombíkom pohybujeme opačným smerom. Druhý potenciometer je na reguláciu farby tónu. Zosilňovač je osadený elektrónkami 2xEL81 na výstupe a v predzosilňovači sú elektrónky ECC40 a ECC81. Výstup na reproduktory má tri polohy: 10 voltov, 50 voltov a 100 voltov. Linka 100 voltov je určená pre reproduktory s



Transformátormi typu down – down. Výstupný výkon zosilňovača je 16W a zosilňovač je určený pre menšie verejné priestranstvo. Elektrónky EL81 dosahujú maximálny výkon 20W v triede B.



Na obrázku je vidieť zosilňovač Philips EL6401 zozadu, kde je vidieť vstupy a výstupy zosilňovača. Na tomto obrázku je vidieť transformátor a uloženie koncových elektrónok EL81.



Zosilňovače AWA (Amalgamated Wireless Australia), ktorá bola hlavným výrobcom elektroniky v Austrálii. Medzi jej výrobky patrili i nízko-frekvenčné zosilňovače určené pre továrenské a školské ozvučenie. Model PA828 mal výkon 5W a vyrábala sa v 60. rokoch je vidieť na obrázku.



Na ďalšom obrázku je vidieť rozloženie súčiastok na šasi. Zosilňovač je osadený elektrónkou 6AV6 ako predzosilňovač pre mikrofón a gramofón, 12AX7 ako zmiešavač a koncový

stupeň je osadený elektrónkou 6V6.

Na obrázku je pohľad zospodu na rozloženie súčiastok. Zosilňovač má štyri výstupy s impedančným odporom 600Ω . Napájanie je na striedavú sieť 240 voltov alebo na 12 voltov jednosmerných s



použitím mechanického frekvenčného meniča. Ako usmerňovacia elektrónka bola použitá 6X4. Na prednom paneli je i prepínač medzi sieťovým a jednosmerným napájaním.

AWA PA872 je 20W nízko-frekvenčný zosilňovač vyrobený v Sydney v roku 1963. Na obrázku je vidieť prednú stranu zosilňovača, na ktorej sú tri ovládacie gombíky na reguláciu hlasitosti z mikrofónu, gramofónu a regulácia farby tónu. Zosilňovač mal dva vstupy: na mikrofón a gramofón so samostatným regulátorom hlasitosti.



Vstup je štandardný pomocou Jack 6,3 mm. Výstup má dva vývody: jeden na 600Ω s pripojením na svorky 6 a 10 a druhý na 15Ω pripojený na svorky 3 a 5.



Na zadnej strane zosilňovača je i schéma zapojenia. Zosilňovač je osadený elektrónkami 2x 12AX7 v predzosilňovači a 2x KT66 v koncovom stupni. V napájacom stupni je použitá elektrónka 5V4G. Zosilňovač má hmotnosť 8,5kg a jeho rozmery sú: 280 x 200 x 220 mm. Napájanie je zo striedavej siete 240 voltov.

Zosilňovače Tesla sa začali vyrábať pre širšie použitie v roku 1950 v závode Tesla Pardubice pod označením 513033 model KZ25 ako stolový zosilňovač. Je to sedem elektrónkový nízkofrekvenčný zosilňovač so vstupmi na mikrofón, gramofón, rozhlasový prijímač a budiacu linku.



Na obrázku je vidieť zosilňovač Tesla KZ25 z roku 1950. Výstupný výkon zosilňovača je 23W so skreslením 4%. Na vstupe je elektrónka EF22 a predzosilňovač je osadený elektrónkami 2x EF22. Fázový invertor a budiaci obvod bol osadený elektrónkou EBL21. Koncový stupeň je osadený dvojicou elektrónok typu 4654. V napájacej časti je usmerňovacia dvojitá dióda AZ12. Vstupná citlivosť pre mikrofón je 4 až 5 mV, citlivosť pre prenosku 200 mV, citlivosť pre rozhlasový prijímač je 500 mV a budiacu linku 1,3 alebo 0,25V. Kmitočtový rozsah zosilňovača je 50 až 10 000 Hz a vstupná impedancia je 400Ω. Výstupné napätie je 100 V.

Napájanie je zo striedavej siete 120 až 220 voltov s príkonom 145W pri plnom vybudení zosilňovača.



Na obrázku je vidieť zosilňovač KZ25 zo zadnej strany, na ktorej sú štyri vstupy, dva výstupy na reproduktory, pripojenie na striedavú sieť a prepínač napätia. Schému zapojenia možno získať v knihe „Československé rozhlasové a televízne prijímače III a zosilňovače v období 1964 – 1970“, ktoré spracoval Eduard Kottek a kolektív.

V rovnakom období Tesla Pardubice pracovala na vývoji výkonnejšieho stolového elektrónkového zosilňovača 513041 model KZ50. Zosilňovač disponoval výstupným výkonom 50W, čo už postačovalo na ozvučenie aj väčších priestorov. Zosilňovač KZ50 bol osadený siedmymi elektrónkami. Mal rovnaký počet vstupov ako model KZ25, teda: vstup pre mikrofón, gramofón, rozhlasový prijímač a budiacu linku. Mikrofón bol cez oddeľovací kondenzátor na pentódu E1 EF22, gramofónový vstup bol na pentódu privedený cez regulátor hlasitosti a tak isto bol rozhlasový prijímač pripojený na elektrónku E1 cez regulátor hlasitosti. Linka bola pripojená na anódu elektrónky E4. Pentóda E2 EF22 plnila úlohu nízko-frekvenčného zosilňovača so zápornou väzbou a E3 EF22 bola ďalšou elektrónkou na zosilnenie vstupného signálu. Elektrónka E4 EBL21 slúžila ako katódový fázový invertor a budiaci stupeň. Koncový stupeň bol osadený dvoma elektrónkami typu 4654. V napájacej časti boli dve usmerňovacie elektrónky AZ4 a AX50.



Na obrázku je zosilňovač Tesla KZ50 z roku 1952.

Vstupné napätie pre vybudenie mikrofónu je 4 až 5 mV, pre gramofón 200 mV, vstup pre rádioprijímač 500 mV a budiacu linku 1,8 až 0,3 Volta s kmitočtovým rozsahom 50 až 10 000 Hz. Zosilňovač mal reguláciu hĺbok a výšok. Výstupná impedancia je 200Ω s výstupným napätím 100 voltov. Napájacie striedavé napätie 220 voltov na frekvenciu 50Hz.

Tesla Pardubice začala v roku 1958 vyrábať stolové zosilňovače 513000 KZ8. Tieto boli vyrábané najmä pre malé začínajúce hudobné skupiny a ozvučenie menších priestorov. Zosilňovač disponoval výstupným výkonom 8W so skreslením 5%. Na

obrázku je zosilňovač KZ8 vidieť z prednej strany. Je to štyri stupňový nízko-frekvenčný zosilňovač so siedmymi elektrónkami. Zosilňovač má vstupy na dva mikrofóny a gramofón.



Zosilňovač je osadený na vstupe elektrónkou 6F31 a 6BC32. Elektrónka E3 6BC32 je ako nízkofrekvenčný zmiešavač a elektrónka E4 6CC31 je ako budiaca elektrónka pre koncovú dvojicu 6L31.



Na obrázku je zosilňovač KZ8, ktorý vidieť zo zadnej strany. Na pravej strane vidieť tri vstupy v strede je 100 voltový výstup na reproduktor a vľavo je prepínač napájacieho napätia od 110 do 240 voltov. Vstupná citlivosť pre prvý mikrofón je 4,8 mV a pre druhý mikrofón 6,8 mV. Gramofón má vstupnú citlivosť 160 mV s kmitočtovým rozsahom 60 až 10 000 Hz. Zosilňovač má regulátor hlasitosti, tónovú korekciu. Výstupná impedancia je 1250Ω s napätím 100 voltov. Príkion zosilňovača pri plnom výstupnom výkone je 70 W. V napájacej časti je elektrónka AZ12.

Zosilňovače AZK sa začali v roku 1960 vyrábať v Tesla Valašské Medziříčí. Výrobu začali modelom AZK 101s výstupným výkonom 10W. Je to päťstupňový, šesť elektrónkový nízkofrekvenčný zosilňovač so vstupmi pre mikrofón, piezoelektrickú prenosku, rozhlasový prijímač, magnetofón a gramofón s elektromagnetickou prenoskou. Na vstupe je dvojitá trióda ECC83 so spätnou zápornou väzbou a zmiešavač signálu. Druhá ECC83 je ako korekčný zosilňovač a tretia ECC83 ako fázový invertor a budiaci stupeň.

Koncový stupeň je osadený dvojicou elektrónok EL84, ktoré pracujú v triede AB. Vstupná citlivosť pre prenosky je 100 mV, rozhlasový prijímač 500 mV, pre magnetofón 1,55 V a pre mikrofón 3,2 mV s kmitočtovým rozsahom 40 až 15 000



Hz. Tónová korekcia má reguláciu výšok a basov. Výstupná impedancia je 5 a 15Ω a výstupné napätie 12,2 a 7 voltov. Pri plnom výstupnom výkone má zosilňovač príkon 75 W. Napojenie je na striedavú sieť 120 až 220 voltov. V napájacej časti je usmerňovacia elektrónka EZ81.



Na obrázku je vidieť zosilňovač AZK 101 zo zadnej strany, na ktorej sú vstupy a výstupy a dve poistkové držiaky. Nad nimi je prepínač napájacieho napätia.

V roku 1961 prišiel do výroby zosilňovač AZK 201, päťstupňový deväť elektrónkový nízkofrekvenčný s dvoma vstupmi pre mikrofón, vstupom pre gramofón, rozhlasový prijímač, magnetofón a modulačnú linku. Vstupy pre mikrofóny sú zosilnené pred zosilňovacími elektrónkami EF86 a gramofónový vstup má ako predzosilňovač elektrónku ECC83.

Zosilňovač má dva samostatné regulátory hlasitosti s plynule regulovanými výškami a hĺbkami. V ďalšej časti je elektrónka ECC83 ako vysoko impedančný zmiešavač a nasleduje budiaci stupeň s elektrónkou ECC83. Ako indikátor vybudenia bola použitá elektrónka EM84. Koncový stupeň tvorí dvojica elektrónok EL34 s výstupným výkonom 20W. V napájacej časti je použitá elektrónka GZ34.



Na obrázkoch je vidieť zosilňovač AZK 201 z prednej a zadnej strany.



Vstupná citlivosť pre mikrofóny je 3,2 mV, pre prenosku 100 mV, pre magnetofón 0,5 V, rozhlasový prijímač 0,5 V a modulačnú linku 1,55 V s kmitočtovým rozsahom 40 až 15 000 Hz. Výstupná impedancia je 100Ω s výstupným napätím pre reproduktor 100V a pre budiacu linku 1,55 V. Príkon je 140 W pri plnom vybudení zosilňovača. Zosilňovač je napájaný zo striedavej siete 50 Hz s napätím 120 až 220 voltov.

Zosilňovač AZK 401 sa dostal do výroby súčasne so zosilňovačom AZK 201. Tento päťstupňový a desať elektrónkový zosilňovač s výkonom 40W má dva vstupy pre mikrofón, gramofónovú prenosku, rozhlasový prijímač, magnetofón a modulačnú linku.



Na obrázku je zosilňovač AZK 401 z prednej a zadnej strany. Zapojenie zosilňovača je podobné modelu AZK201, ale v obvode zdroja má ešte jednu elektrónku EZ80. Výstupný výkon 40W má menšie skreslenie ako 3% s výstupnou impedanciou 50Ω. Príkon pri plnom



vybudení je 160W.



Na obrázku je vidieť rozloženie elektrónok a transformátorov zosilňovač AZK401.

Zosilňovače Tesla Vrábľa začala vyrábať v roku 1960 v nových sériách 20 a 40 wattových prenosných, určených pre spoločenské podujatia a vhodné boli i pre hudobné skupiny. Prvé niesli označenie KZ20 s výkonom 20W pre závodné kluby a osvetové strediská. Prvým samostatným zosilňovačom vyrábaným v Tesla Vrábľa bol AZK 405 Mono 50 s výstupným výkonom 40W v triede AB. Bol to mladší brat zosilňovača AZK 401 s modernejšou konštrukciou, ktorý sa vyrábal v rokoch 1968 až 1971. Je to päťstupňový sedem



elektrónkový nízkofrekvenčný zosilňovač s dvoma vstupmi pre mikrofón, vstup pre gramofón, univerzálny vstup, vstup pre magnetofón a modulačnú linku. Napájanie je zo striedavej siete 50Hz s napätím 220 voltov. Mikrofónové vstupy sú zosilnené triódou ECC83 samostatne, po ktorej nasleduje druhá ECC83, ako

predzosilňovač pre všetky vstupy rozdelené do dvoch samostatne regulovaných kanálov. Odporová väzba oboch kanálov je plynule doplnená výškami alebo basmi. Zosilňovač je kmitočtovo závislý zápornou spätnou väzbou.



Na obrázku je vidieť zosilňovač AZK 405 Mono 50 zozadu. Pentóda EF86 je ako zmiešavač s veľkou impedanciou nízkofrekvenčného signálu v oboch kanáloch. V ďalšom stupni sú trióda ECC83 ako budiaci stupeň a fázový inverter. Koncový stupeň pracuje v triede B a osadený je dvojicou elektrónok EL34. Sieťová časť je osadená polovodičovými diódami KY703, KY704 a KY705. Na obrázku je vidieť rozloženie elektrónok a transformátorov.



Vstupná citlivosť pre mikrofóny je 3 mV, pre prenosku 200 mV, univerzálny vstup 200 mV, pre magnetofón 200 mV a modulačnú linku 0,775 V s kmitočtovým rozsahom 40 až 15 000 Hz. Výstupná impedancia pre reproduktory je 250Ω a pre budiacu linku 600Ω. Výstupné napätie je 100 V pre reproduktory a 1,55 V pre budiacu linku. Pri plnom výstupnom výkone je príkon je 125 W.

Zosilňovač AZS 021 stereo s výkonom 2x3W je elektrónkový zosilňovač triedy A, ktorý sa vyrábal v závode Tesla Valašské Meziříčí a Tesla Vráble. Jednalo sa o zosilňovač určený do domácností, ktorého výkon na toto určenie bol dostatočný.



Na obrázku je vidieť vonkajšie prevedenie zosilňovača AZS 021. Zosilňovače AZS 021 sa začali vyrábať v roku 1964 a boli osadené elektrónkami 3x ECC83 v predzosilňovači, 2x EL84 ako koncový stupeň a v napájacej časti bola použitá elektrónka EZ81. Príkon pri plnom vybudení zosilňovača bol 65W. Veľkosť zosilňovača je 318 x 250 x 110 mm.



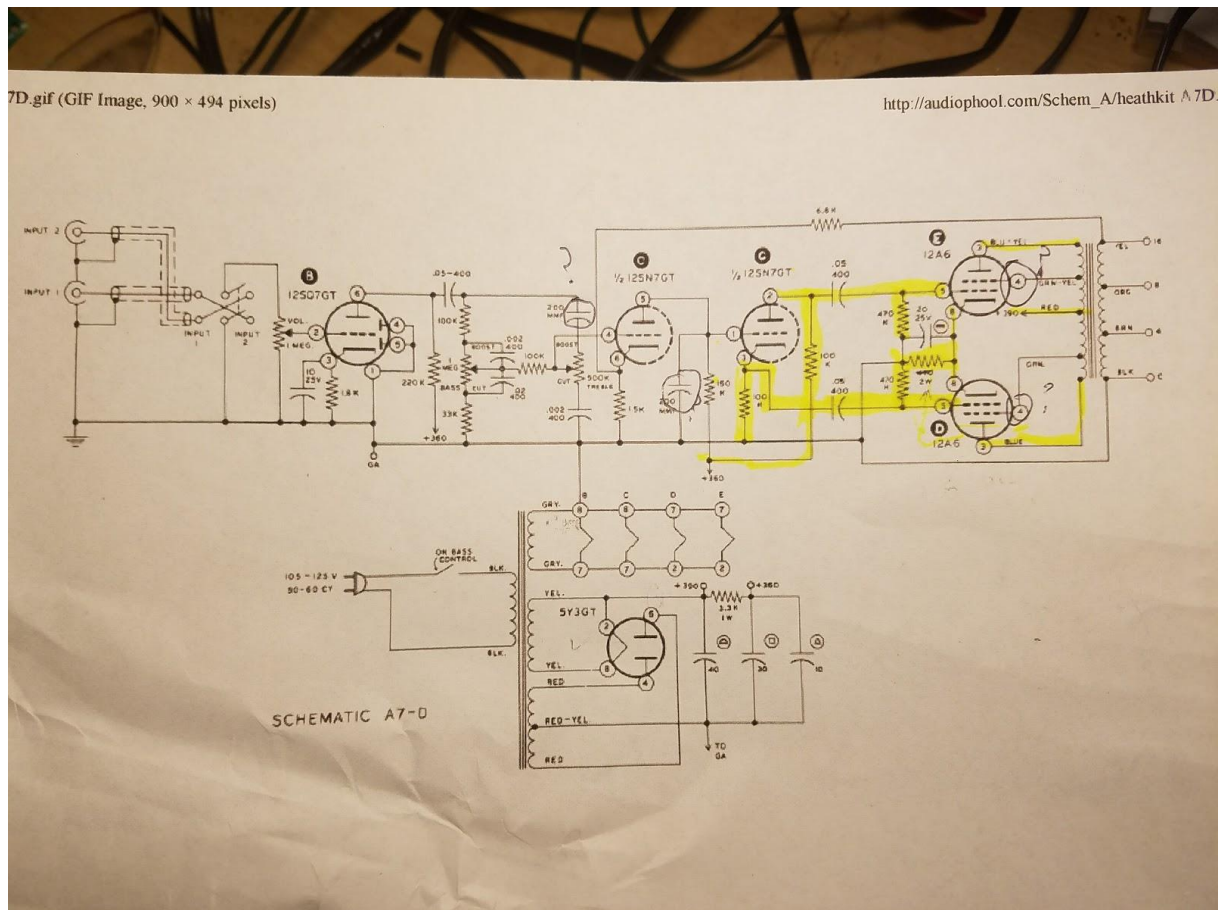
Na obrázku je vidieť vstupy a výstupy zosilňovača AZS 021.

Zosilňovače Heathkit sú súpravy zostáv, ktoré si zákazník zakúpil a doma zostavil. Heathkit je obchodná značka spoločnosti Heath, ktorá ponúkala domácu elektroniku, medzi ktorú patrili televízne a rozhlasové prijímače, meracie prístroje a neskôr



aj počítače. Elektronické súpravy začal vyrábať od roku 1947 až do roku 1992. Na obrázku je audio zosilňovač Heathkit A-7 s výkonom 6W s frekvenčným rozsahom 20 až 20 000 Hz. Vstupnou citlivosťou 500mV a impedancia zaťaženia reproduktora je 4 až 15Ω. Zosilňovač je osadený elektrónkami 1x12SL7, 1x12J5, 2x12A6 a 1x5Y3. Veľkosť zosilňovača je 302 x 138 x 170 mm a hmotnosť 5,1 kg.





Na obrázku je vidieť schému zosilňovača Heathkit A-7 po úprave.

V elektrónkových zosilňovačoch sa často stretávame s elektrónkami ECC83 a 12AX7, ktoré boli použité v predzosilňovačoch a zmiešavačoch. Začali sa vyrábať od roku 1958 do roku 1979 v spoločnosti Browning Laboratories Inc, ako deväť kolíkové miniatúrne dvojité triódy, s ktorých každá ma samostatné katódové pripojenie. Je vhodná do odporových zosilňovačov, fázových meničov, multivibrátoroch a iných zariadeniach s vysokým ziskom napätia.

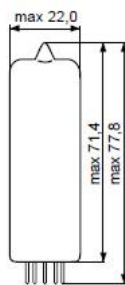
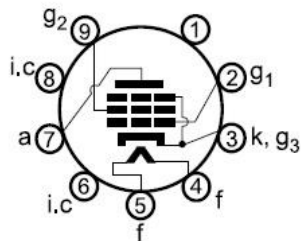


Žeraviace napätie je 6,3 voltov a prúdom 0,3 A alebo 12,6 voltov s prúdom 0,15A. Napätie na anódach je max. 330 voltov a s kapacitou medzi anódou a mriežkou 1,7pF.

EL84

6BQ5

A. F. OUTPUT PENTODE



Base: NOVAL

$U_f = 6,3 \text{ V}$
 $I_f = 0,760 \text{ A}$

Typical Characteristics:

$U_a = 250 \text{ V}$
 $U_{g2} = 250 \text{ V}$
 $U_{g1} = -7,3 \text{ V}$
 $I_a = 48 \text{ mA}$
 $I_{g2} = 5,5 \text{ mA}$
 $S = 11,3 \text{ mA/V}$
 $R_i = 40 \text{ k}\Omega$
 $\mu_{g1/g2} = 19$

Class A₁ Amp.:

$U_a = 250 \text{ V}$
 $U_{g2} = 250 \text{ V}$
 $R_k = 135 \text{ }\Omega$
 $I_a = 48 \text{ mA}$
 $I_{g2} = 5,5 \text{ mA}$
 $R_a = 5,2 \text{ k}\Omega$
 $U_{g1\text{eff}}(50\text{mW}) = 0,3 \text{ V}$
 $U_{g1\text{eff}}(N) = 4,3 \text{ V}$
 $N(10\%)^{1)} = 5,7 \text{ W}$
 $N^{2)} = 6 \text{ W}$

Limiting Values:

$U_a = 300 \text{ V}$
 $W_a = 12 \text{ W}$
 $U_{g2} = 300 \text{ V}$
 $W_{g2} = 2 \text{ W}$
 $U_{g1} = -100 \text{ V}$
 $I_k = 65 \text{ mA}$
 $R_{g1} = 1 \text{ M}\Omega$
for automatic bias
 $R_{g1} = 0,3 \text{ M}\Omega$
for fixed bias
 $U_{k/f} = 100 \text{ V}$

Capacitances:

$C_{g/k} = 10 \text{ pF}$
 $C_a = 5,1 \text{ pF}$
 $C_{g/a} = 0,6 \text{ pF}$
 $C_{g1f} = 0,15 \text{ pF}$

¹⁾ U_{g1} fixed grid bias
²⁾ $I_{g1} = 0,3 \text{ }\mu\text{A}$



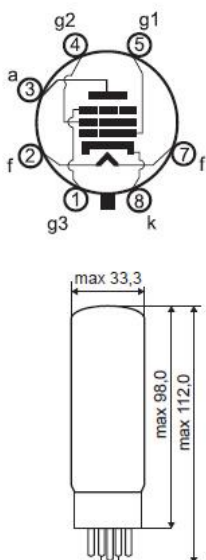
www.jj-electronic.com

Ďalšou často používanou elektrónkou bola EL84 ako výkonová pentóda, ktorá je menšia a citlivejšia ako 6V6, ktorá sa v 60. rokoch 20. storočia široko používala na celom svete. Výrobcovia ich rýchlo prijali a bežne začali používať v rádioprijímačoch a iných zvukových zariadeniach, v ktorých sa často zapájali ako výkonová dvojica v push – pull s menším skreslením a vyšším výkonom. Elektrónku začali vyrábať Mullard a Philips a do poredia sa dostala, keď ju začala firma Watkins (neskoršie premenovaná na VOX). Ekvivalentné označenie je 7189 a 6P14P. Elektrónky 6P14P sa vyrábajú stále v Rusku. V USA poznajú EL84 pod označením EL84M. V súčasnosti sa vyrábajú aj na Slovensku a v Srbsku.

EL34 je žeravená rovnako ako ECC83 s napätím 6,3 voltov s prúdom 1,5A s maximálnym výkonom 25W pri anódovom napätí 800 voltov. Po prvýkrát bola predstavená na začiatku 50. rokov v Holandsku. Začali sa používať najskôr v zosilňovačoch Marshall. V roku 1966 prešiel Marshall z elektrónok KT66 na EL34. S pevnými stredovými a ostrými výškami je EL34 ľahšie ovládateľná ako elektrónka 6L6GC, čím poskytuje jemnejšie skreslenie.

EL34, E34L

A. F. OUTPUT PENTODE



Base: OCTAL

$U_f = 6,3 \text{ V}$
 $I_f = 1,5 \text{ A}$

Typical Characteristics:

$U_a = 250 \text{ V}$
 $U_{g3} = 0 \text{ V}$
 $U_{g2} = 265 \text{ V}$
 $U_{g1} = \text{from } -10 \text{ to } -13,5 \text{ V}$
 (for EL34)
 from $-13,5 \text{ to } -16,5 \text{ V}$
 (for E34L)

$I_a = 100 \text{ mA}$
 $I_{g2} = 14,9 \text{ mA}$
 $S = 11 \text{ mA/V}$
 $R_i = 15 \text{ k}\Omega$
 $\mu_{g2/g1} = 11$

Limiting Values:

$U_{a0} = 2000 \text{ V}$
 $U_a = 800 \text{ V}$
 $W_{a(\text{max})} = 25 \text{ W}$
 $U_{g20} = 800 \text{ V}$
 $U_{g2} = 450 \text{ V}$
 $W_{g2(\text{max})} = 8 \text{ W}$
 $I_k = 150 \text{ mA}$
 $U_{k/f} = 100 \text{ V}$
 $R_{k/f} = 20 \text{ k}\Omega$
 V

Capacitances:

$C_{g1} = 15,5 \text{ pF}$
 $C_a = 10 \text{ pF}$
 $C_{a/g1} = 1,3 \text{ pF}$

Red/Blue versions available



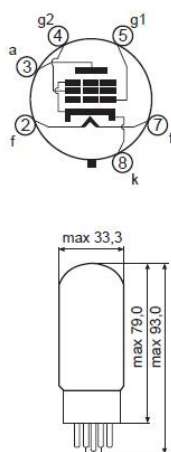
www.jj-electronic.com

Na obrázku je vidieť špecifikácie elektrónky EL34, zapojenie a vzhľad.

6L6 je označenie elektrónky, ktorú predstavila RCA v júli 1936. Je to zväzková tetroda. MOV (Marconi – Orsram Valve) ako dcérska spoločnosť EMI, ktorá je spoločným vlastníkom General Electric Company Ltd., predala licenciu a MOV začal vyrábať elektrónky KT66 asi o rok neskôršie.

6V6S

A. F. BEAM PENTODE



Base: OCTAL

$U_f = 6,3 \text{ V}$
 $I_f = 0,5 \text{ A}$

Capacitances:

$C_{g1} = 9 \text{ pF}$
 $C_a = 8,5 \text{ pF}$
 $C_{a/g1} = 0,7 \text{ pF}$

Typical Characteristics: Class A1 Amp.

Single tube Push-Pull

$U_a = 250$	250	V	Substitutes:
$U_{g2} = 250$	250	V	5871
$U_{g1} = -12,5$	-15	V	6AY5
$I_a = 45$	70	mA	6P6C
$I_{g2} = 5$	13	mA	6V6G
$R_a = 50$	-	k Ω	6V6GT
$R_{a-a} = -$	10	k Ω	6V6GTA
$N = 4,5$	10	W	6V6GTY
			6V6Y
			7184
			CV509
			CV510
			CV511
			OSW3106
			VT107
			VT227
			WT2100082
			WTT123
			7408

Limiting Values:

	Triode	Pentode	
$U_a = 450$	500		V
$U_{g2} = 450$	450		V
$W_a = 10$	14		W

Grid No 1 Circuit Resistance

	Fixed Bias	Self Bias	
	$0,1$	$0,1$	M Ω
	$0,5$	$0,5$	M Ω

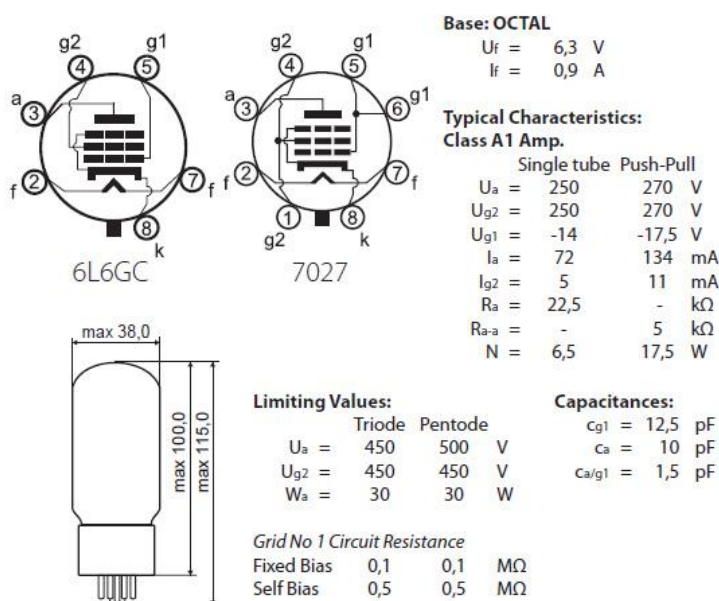
www.jj-electronic.com



Na obrázku je slabšia pentóda s výkonom do 14W.

6L6GC (7027)

A. F. BEAM PENTODE



www.jj-electronic.com

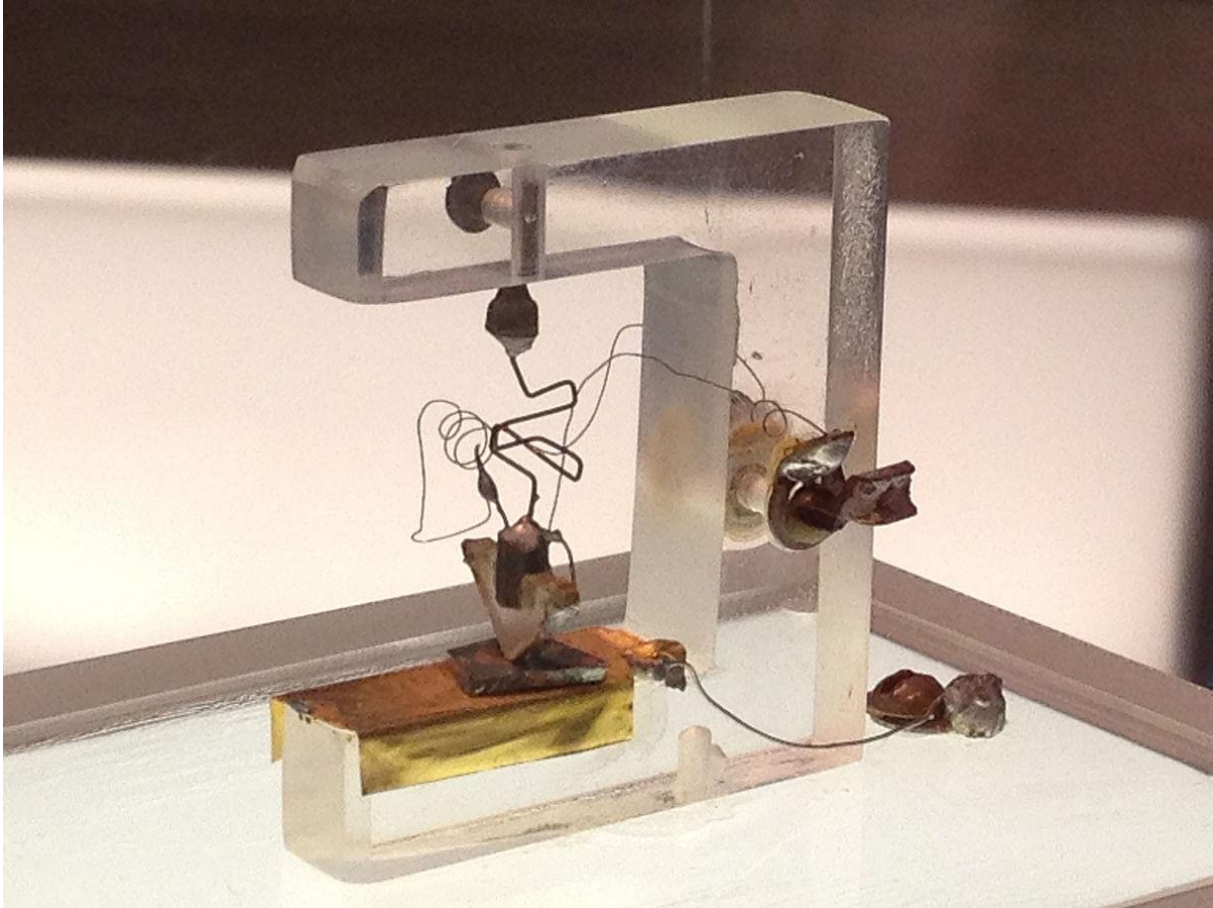


Na obrázku je vidieť špecifikáciu, zapojenie a hotovú, vyrobenú elektrónku.

Polovodičové zosilňovače

Je ťažko nájsť odvetvie, ktoré sa rozvíjalo tak rýchlo a malo obrovský vplyv na všetky odvetvia elektroniky. Keď 23. 12. 1947, predvečer Vianočných sviatkov oznámili John Bardeen a Walter Brattain svoj objav, ktorý sa neskôr pomenoval ako tranzistor, sa nič mimoriadne nedialo. Ešte nik netušil jeho význam. Ten začal byť výraznejší, keď William Shockley vynášiel plošný tranzistor, ktorý bol stabilnejší, spoľahlivejší a jeho výroba sa mohla z automatizovať. Je pravdou, že pokusy o polovodičový zosilňovač boli aj skôr, ale praktické využitie sa uskutočnilo až v roku 1948, keď sa dostali do predaja prvé tranzistory vyrobené v spoločnosti Bell Labs. Na začiatku roka 1952 Bell Labs oznámil, že bude dávať plné právo na výrobu tranzistorov každej spoločnosti, ktorá je ochotná zaplatiť poplatok 25 000 dolárov. V roku 1953 sa na trhu objavilo prvé tranzistorové zariadenie na zosilnenie zvuku pre ľudí so zhoršeným sluchom. V roku 1954 John Kilby vyrobil prvý integrovaný obvod. Počet výrobcov tranzistorov rástol a medzi ne patrili: Bell Labs, Shockley Semiconductor, Fairchild Semiconductor, Western Electric, GSI (neskôr Texas Instruments), Motorola, Tokyo Cousin (neskôr Sony), NEC a ďalší výrobcovia.

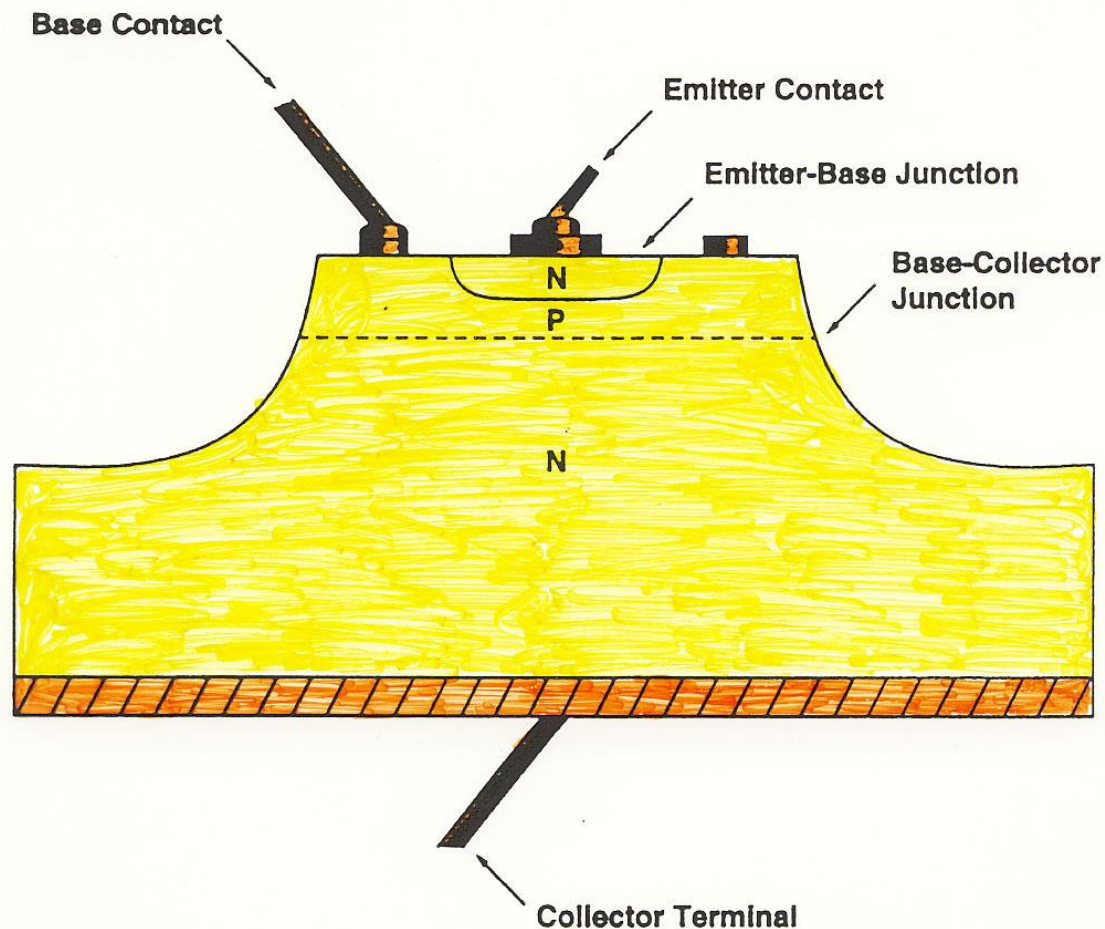
V roku 1946 francúzski a britskí agenti našli pre Welker a Mataro možnosť ich pokračovania vo vývoji germániového usmerňovača a polovodičového zosilňovača. V máji 1949 Matara a Walker oznámili začiatok sériovej výroby tranzistorov pre zosilňovače v telefónii.



Na obrázku je prvý hrotový tranzistor na svete, zhotovený v Bell Labs.

V roku 1950 Hall a Dunlop navrhli vytvorenie p – n prechod fúziou a boli vyrobené prvé praktické zliatinové tranzistory v General Electric v roku 1952. Prvé tranzistory boli typu PNP, kde germaniová platňa slúžila ako základňa. Tieto dosky boli legované indiom alebo arzénom a žíhané pri teplote 600 °C. V roku 1955 podal Shocley, Daisy, George a Charles Lee patent na technológiu masovej výroby difúzneho tranzistora.

V auguste 1958 Fairchild Semiconductor Gordon Muron začal vyrábať prvý mesa – tranzistor 2N696, ktorý bol voľne ponúkaný na predaj. Technológia Fairchild výrazne zvýšila produktivitu a zostala takmer rok a pól jediným dodávateľom mesa – tranzistorov na trhu. V januári 1959 Jean Ernie zlepšil parametre s použitím dopovaním zlata pri PNP tranzistoroch, čím získali väčšiu rýchlosť a vysoký zisk.



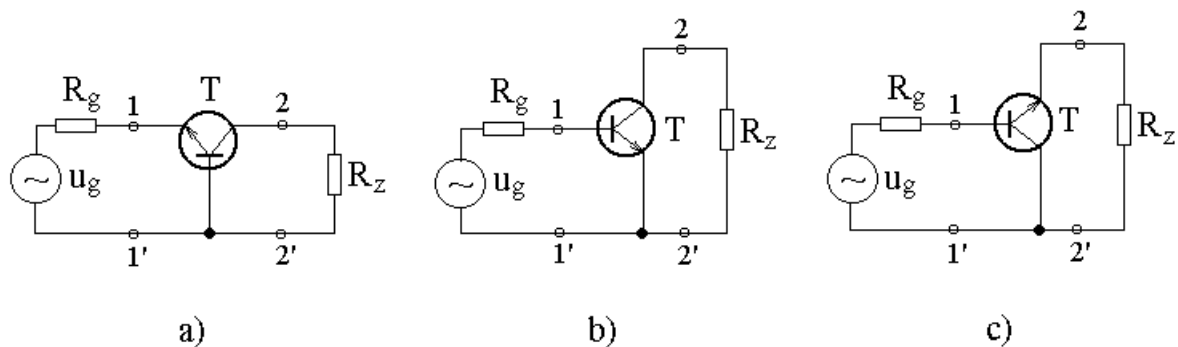
Na obrázku je mesa - tranzistor názorne zobrazený v reze.

Planárny tranzistor navrhol Ernie a Robert Noyce 1. 12. 1957 ako sľubnú náhradu za mesa technológiu. Ernie 2. Marca 1959 vytvoril prvý experimentálny planárny tranzistor. Fairchild uvoľnil prvé sériové planárne tranzistory 2N1613 v apríli 1960. V roku 1952 bol vyrobený zliatinový germániový tranzistor s výkonom 10W s masívnym chladičom. V 60. rokoch sa začali presadzovať kremíkové tranzistory, ktoré zvládali teplotu až 150 °C. V roku 1963 sa objavil prvý epitaxiálny výkonový s odporom okolo jedného ohmu s prúdmi 10A a viac.

Tranzistor riadený polom sa podarilo General Electric vyrobiť v roku 1958 i keď bol nedokonalý. V roku 1960 vydala spoločnosť American Crystalonics sériu tranzistorov riadených polom s hladinou šumu menšou ako u bipolárnych tranzistorov. V roku 1962 vydala spoločnosť Texas Instruments prvé planárne polom – riadené tranzistory s p – n prechodom.

V roku 1959 v Bell Labs Martin Attala a Dion Kang vytvorili prvý funkčný MOSFET pomocou MOS (Metal oxid Semi) technológie. V roku 1962 vyrobila RCA prvý prototyp MOS čipu so šesnástimi tranzistormi.

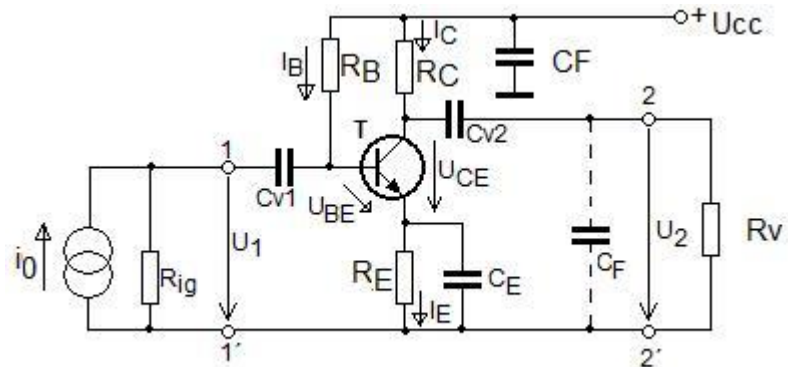
Zosilňovač zosilňujúci nízko-frekvenčné signály sa skladajú z obvodmi s malým zosilnením signálu a výkonovú časť s výstupom na reproduktory. Obvody výkonového zosilňovača osadené polovodičmi majú rovnaké delenie ako elektrónkové na triedu A, B, AB a C pre analógové prevedenie a v spínanom režime je to trieda D a E. Podobne ako elektrónky majú tranzistory prípustný výkon, ktorý sa označuje ako „kolektorová strata“. Spočiatku výroby sa tranzistory vyrábali s výkonom 0,05W až 3W. Pri prevádzke tranzistorov je dôležitá pracovná teplota, na ktorú sú polovodičové súčiastky veľmi citlivé. Pri germánii to bola hranica 90°C a pri kremíku 150°C. Po prekročení tejto teploty prudko klesá životnosť súčiastky. Prvé tranzistory boli vyrobené ako hrotové z germánia, ale ich výroba bola veľmi náročná a parametre mali nízke hodnoty. Ich kolektorová strata bola maximálne 100 mW. Ich výroba sa zastavila pri objavení plošných tranzistorov, ktoré technológiou difúzie zlepšili výkonovú stratu a zvýšili medzný kmitočet na 500 MHz. Ďalším prínosom plošných tranzistorov bola ich životnosť, ktoré sa odhadovali na viac ako 100 000 hodín. Veľkým prínosom tranzistorov bola skutočnosť, že vyžadujú malé napájacie napätie. Tranzistor pracuje už pri kolektorovom napätí 0,6 voltov s prúdom do 1mA. Výkonové tranzistory vyžadujú vyššie napätie i prúdy, podľa toho, aká je ich kolektorová strata. U tranzistorov sú dôležité jednosmerné charakteristiky, ale zo všetkých jednosmerných charakteristík je najdôležitejšia výstupná, ktorá udáva závislosť prúdu kolektora a napätia kolektora pri konštantnom prúde emitora.



Na obrázku je základné zapojenie so spoločnou bázou, obrázok a), spoločným emitorom, obrázok b) a spoločným kolektorom, obrázok c). Najpožívanejším zapojením je so spoločným emitorom.

Výkonové tranzistory sú určené pre zosilnenie alebo ovládanie veľkých výkonov. Veľké výkony možno dosiahnuť väčšími prúdmi na emitore a kolektore a zvýšeným napätím na kolektore. Pri výkonových tranzistoroch je nutné dodržať pokyny výrobcov, ktoré v určitom rozsahu zaručujú, že sa tranzistor nedostane do druhého prierazu. Dôležitý vplyv na konštrukciu výkonových tranzistorov má rozptyl vznikajúci na kolektore, aby sa teplo dobre odvieďlo do okolia.

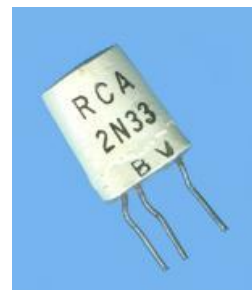
Na obrázku je jednoduché zapojenie nízko-frekvenčného zosilňovača so spoločným emitorom. Zdrojom zosilneného signálu je zdroj prúdu i_0 s vnútorným odporom



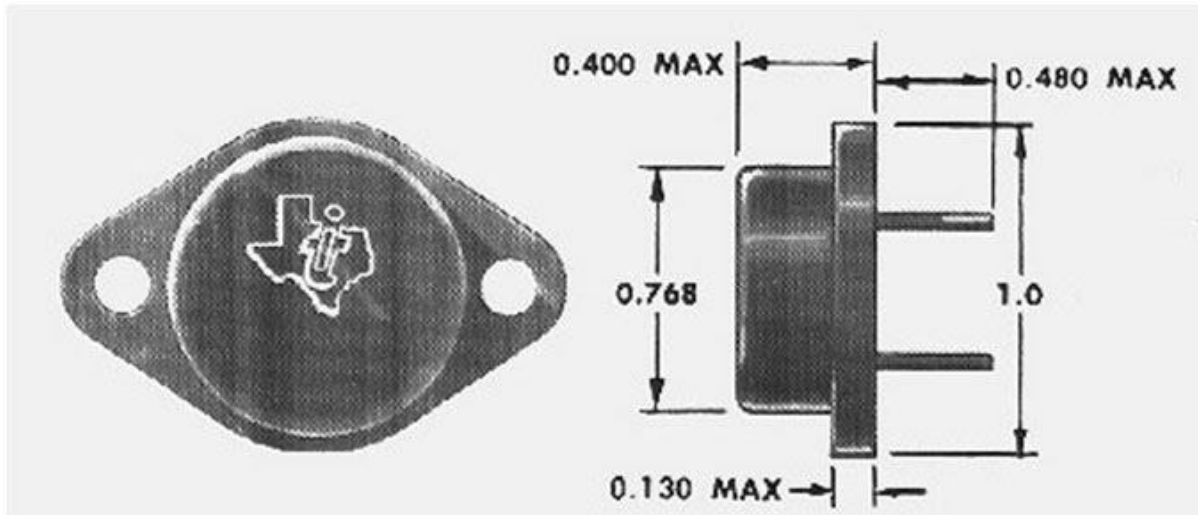
R_{ig} medzi bodmi 1 a 1'. Zosilňovač pracuje do záťaže R_v . Zdroj a vonkajšia záťaž sú od zosilňovača jednosmerne oddelené kondenzátormi C_{v1} a C_{v2} .

U elektrónkových zosilňovačov sa zosilňovače delia na napäťové a výkonové, ale u tranzistorových zosilňovačov toto nie je možné, lebo každý tranzistorový zosilňovač je budený elektrickým výkonom. Výkonový tranzistorový zosilňovač je navrhnutý tak, aby bol schopný odovzdať do záťažovej impedancie čo najväčší neskreslený výkon. Najväčšie skreslenie signálu nastáva vo vstupnom obvode.

General Electric v júni 1948 zaregistroval prvú polovodičovú diódu z germánia G5, ktoré sa po komerčnom uvedení predávali pod označením 1N65. Prvé hrotové tranzistory od spoločnosti RCA mali označenie TA150, pričom TA bola skratka „Transistor amplifier“. V januári 1950 začali hromadne vyrábať tranzistor TA165, ktorý bol v predaji uvedený ako 2N32. Na obrázku je jeho nasledovník 2N33. V januári 1952 začala vyrábať plošné tranzistory TA152 a TA153, ktoré poznáme pod označením 2N33 a 2N34. Spoločnosť Raytheon oznámila v septembri 1952 výrobu plošného tranzistora CK718. K výrobe plošných tranzistorov sa pripojila i spoločnosť Texas Instruments, keď v novembri 1953 ohlásila výrobu plošných tranzistorov TI200 a TI201. Prvý výkonový germániový tranzistor TI356 s výkonom 12W, osadený do puzdra TO – 3 sa komerčne predávali pod označením 2N250 a 2N251 od augusta 1957.



Prvé kremíkové tranzistory SX – 152, boli plošné s výkonom 150mW až 1W, ktorý sa predával pod označením TI900, TI901 a TI902. Ku koncu roka 1954 bol uvedený i tranzistor X – 15 a predával sa pod označením TI951 a bol to prvý kremíkový tranzistor so stredným výkonom. V roku 1955 boli vyvinuté tranzistory X – 36, TI 970 a všeobecne obchodne označené ako 2N122 s výkonom 8,5W.



Na obrázku je tranzistor TI356, známy ako 2N250 s výkonom 12W.

Kremíkový výkonový tranzistor 2N389 uvedený v auguste 1957 mal výkon 85W s kolektorovým prúdom 2A.

Vo Francúzsku Mataro a Welker vyvinuli a 18. 5. 1949 predviedli hrotový tranzistor PTT 601. Spoločnosť Mullard v roku 1952 začala vyrábať hrotové tranzistory pod označením OC50 a OC51. Prvé plošné tranzistory začala Mullard vyrábať v roku 1953 pod označením OC10, OC11 a OC12.

V rovnakom čase v Telefunken zvažovali výrobu hrotových tranzistorov GT10 a GT20 a plošné OC601, OC602 v roku 1954 i s výkonovým OD604 s výkonom 1,3W. Spoločnosť Mullard uviedla na trh výkonový tranzistor OC16, ktorý dosahoval výkon až 24W. Telefunken uviedol v roku 1957 na trh výkonový tranzistor OD605 s výkonom 15W. V Sovietskom zväze bol prvý experimentálny tranzistor vytvorený vo vedeckom ústave pod označením SRI-160 v decembri 1948 pod vedením A. V. Krasilova. V roku 1950 sa začali sériovo vyrábať hrotové tranzistory $\pi 1$ až $\pi 4$ typu PNP. Prvé plošné tranzistory typu PNP začali vyrábať v roku 1955 pod označením $\pi 1$ a $\pi 2$. Tranzistor $\pi 3$ bol prvým germániovým tranzistorom typu PNP s kolektorovým prúdom 150mA s napätím 25 voltov a ziskom 18dB. Výkonové tranzistory $\pi 207A$ mali prúdové zaťaženie 25A a boli schopné dodať výkon až 100W a začali sa vyrábať v roku 1959. Prvý kremíkový tranzistor NPN pod označením $\pi 309$ sa začal vyrábať v roku 1964.

V Japonsku začali s výrobou plošných tranzistorov z germánia typu PNP v roku 1954. Kremíkové tranzistory začala firma Sony vyrábať v roku 1958. V Japonsku bolo viacero výrobcov polovodičových súčiastok, medzi ktoré patrili Sanyo, Toshiba, Matsushita, Fujitsu, NEC a TEN. Výkonové tranzistory 2SB205 z germánia typu PNP vyrábala spoločnosť Shidengen.

Vo Francúzsku spoločnosť Thomson začala výskum polovodičov v roku 1956 s pomocou General Electric. Prvé plošné tranzistory sa začali vo Francúzsku vyrábať v spoločnosti CSF, LTC a Radiotechnique v roku 1955 pod označením OC70 a OC71. Pre stredný výkon boli vyrábané OC72 a výkonové OC15. Všetky boli typu PNP a vyrobené z germánia.

V Británii spoločnosť Thorn – AEI začal s výrobou polovodičových súčiastok na začiatku 60. Rokov pod označením „Mazda“ AC165 až AC169 z germánia a kremíkové pod označením BA116 a BA126.

V Číne začali experimentálne s výrobou tranzistorov typu PNP v roku 1956 s označením 3AX..., 3BG a výkonové 3AD. Prvé Poľské tranzistory sa začali vyrábať v roku 1953 v IPP PAN Institute of Electronics pod označením TP1 až TP3. Boli to hrotové tranzistory, ale vzhľadom na ich nestabilitu neboli vhodné na praktické aplikácie. Prvé plošné tranzistory sa začali vyrábať v roku 1959 pod označením TC11 až TC15. V závode Tewa sa vyrábali aj výkonové tranzistory TG50 až TG55 s puzdrom TO – 5.

V Bulharsku začala výroba diód a tranzistorov v roku 1964 s pomocou firmy CSF z Grenoble vo Francúzsku. Prvé germániové tranzistory mali označenie SFT. V Československu bola výroba polovodičových súčiastok realizovaná v Tesla Rožnov pod Radhoštem. Vo VUST v roku 1950 vyvinuli hrotový experimentálny tranzistor, ale do výroby sa nedostal. V roku 1953 sa začala výroba hrotových diód a zliatinové tranzistory typu PNP z germánia pod označením 1NU40 až 4NU40 v roku 1955. V roku 1958 začala výroba tranzistorov NPN 101NU70 až 104NU70. V 60. Rokoch začala Tesla vyrábať tranzistory rady Philips – Mullard pod označením OC70 až OC77 a OC169 a OC170, ktoré mali štyri vývody. Vyrábali sa nízkofrekvenčné PNP tranzistory typu GC501 až GC506 a výkonové PNP 2NU72 až 5NU72 s výkonom 4W v puzdre TO-66. V ďalšej sérii boli 2NU73 až 7NU73 s výkonom 12,5W v puzdre TO-3. Najvýkonnejšou sériou germániových výkonových tranzistorov bola 2NU74 až 7NU74 s výkonom 50W. Tesla vyrábala aj výkonové tranzistory od spoločnosti Mullard OC30 s výkonom 4W a OC26 a OC27 s výkonom 12W. V roku 1958 bola zahájená výroba vlastného kremíkového ingotu a prvý kremíkový tranzistor KF506 bol vyrobený v roku 1964.

Tepelné zaťaženie tranzistorov

Veľký vplyv na základné parametre tranzistora má teplota. Najväčšia prípustná vnútorná teplota je udávaná výrobcami tranzistorov. Veľmi nežiaduci je vplyv teploty na zostávajúci prúd kolektora I_{CBO} , prípadne I_{CEO} . Tento prúd sa s teplotou prudko zväčšuje a obmedzuje tak aktívnu oblasť tranzistora.

Maximálna teplota za prevádzky je u rôznych výrobcov rozdielna od 50 do 90°C. Napríklad tranzistory 1NU40 až 4NU70, vyrobené z germánia má od výrobcu doporučenú pracovnú teplotu 50°C, ale v prevádzke môže dosiahnuť aj 60°C bez toho, aby sa zničil. Zmenšenie vplyvu tepelných zmien na výsledné zosilnenie tranzistoru, dosiahneme stabilizáciou a zavedením dostatočne silnej zápornej spätnej väzby. I napriek tomu je nutné dávať pozor, aby vnútorná teplota tranzistoru nepresiahla stanovenú teplotu doporučenú výrobcami tranzistorov. K výslednej vnútornej teplote pomáha aj teplota okolia, v ktorom tranzistor pracuje. Na zvýšenie teploty prispieva výkon P_C , ktorým je tranzistor zaťažovaný. Ďalším zdrojom tepla je výkonová strata na P_E , ktorá je daná súčinom napätia medzi bázou a emitorom $P_E = U_{BE} \cdot I_E$ a výkonová strata kolektora P_C .

$P_C = P_E \cdot I_C$. Celkovú stratu tak vypočítame ako súčet oboch výkonových strát. $P_Z = P_C + P_E$. U germániových tranzistorov sa najviac používala stabilizácia zameraná na zmiernenie vplyvu teplotnej závislosti prúdu I_{CBO} , ktorú vypracoval Shea. Výkonová strata kolektora predstavuje hlavný zdroj tepla a vypočítame ho ako súčin kolektorového prúdu a napätia. $P_C = U_C \cdot I_C$. Vznikajúce teplo tranzistoru sa šíri do okolia, ale stretáva sa tu s tepelným odporom, ktorý kladie vzduch a prírodné vodiče cez keramické prechody na povrch tranzistora a druhý tepelný odpor bráni prechodu tepla z puzdra tranzistora do okolitého vzduchu. Pri tranzistoroch s nižšou kolektorovou stratou sa pohybuje tepelný odpor v hodnotách od 0,1 až 1°C na 1mW výkonu.

V prípade predzosilňovačov nie je kolektorová strata taká kritická ako je tomu u výkonových tranzistoroch. Preto je snaha čo najlepšie využiť možnosti daného tranzistora a zohľadniť zvýšenú teplotu okolia. Ako príklad môžeme uviesť, že tranzistor bude pracovať v laboratóriu pri teplote okolia 25°C. Použitý tranzistor znesie vnútornú teplotu 60°C a má tepelný odpor $R_T = 0,5^\circ\text{C}$ na 1mW výkonu.

Potom možno daný tranzistor zaťažiť $60^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}$

$$P_C = \frac{60^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}}{0,5^\circ\text{C}/1\text{mW}} = 70\text{mW}$$

Čo je kolektorová strata tranzistora. Pri zvýšenej teplote okolia sa kolektorová strata zníži podľa toho, ako stúpne táto teplota až do teploty 60°C, ak by bol vystavený na slnku, pri ktorej je kolektorová strata 0mW. U výkonových

tranzistorov s kolektorovou stratou niekoľko wattov sa tepelný odpor uvádza v hodnote °C/1W a pri výpočtoch dosadzujeme kolektorovú stratu P_C vo wattoch. Čím bude väčšia prípustná vnútorná teplota a tepelný odpor nižší, tým budeme môcť zväčšiť kolektorovú stratu i pri zvýšenej teplote okolia. Na zníženie teploty tranzistoru možno použiť chladiacu plochu, ktorú nasunieme tesne na teleso tranzistora, čím možno znížiť tepelný odpor až o 30%. Pri väčších výkonových tranzistoroch s kolektorovou stratou nad 10W býva nutné vonkajší tepelný odpor zväčšiť asi o 0,1 až 0,2°C/1W. Výrobca Valvo udáva pre svoje tranzistory OC30 tepelný odpor medzi prechodom a dnom tranzistoru $R_{T1} = 7,5^\circ\text{C}/1\text{W}$. Potom pre chladiacu dosku o ploche 10 x 12 cm odhadneme vnútorný odpor $R_{T2} = 6,4^\circ\text{C}/1\text{W}$, takže celkový tepelný odpor je $7,4 + 6,4 = 13,9^\circ\text{C}/1\text{W}$. Pri teplote okolia 25°C a prípustnej vnútornej teplote 60°C je dovolená kolektorová strata (výkon)

$$P_C = \frac{T_C - T_0}{R_T} = \frac{60^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}}{13,9^\circ\text{C}/1\text{W}} = 2,5\text{W}$$

Podobne vypočítame kolektorovú stratu pri iných tranzistoroch a iných teplotách okolia.

Zásady konštrukcie výkonových tranzistorov

Výkonové tranzistory sú určené na zosilňovanie alebo ovládanie väčších výkonov.



Na obrázku sú výkonové tranzistory Westinghouse z roku 1961. U výkonových tranzistorov je podstatný výkonový zisk a účinnosť. Veľkých výkonov možno dosiahnuť veľkými prúdmi emitoru a kolektoru a s vyšším napätím na kolektore. Veľké emitorové prúdy majú za následok pokles prúdového zosilňovacieho činiteľa. Ani zväčšenie prúdov na báze neprospieva, lebo spôsobuje úbytok napätia na odporu báze a následkom toho prúd emitoru sa nerozdeľuje rovnomerne po jeho ploche, čo má za následok zhoršenie emisnej účinnosti, a teda i zosilňovaciu činnosť tranzistoru.

Z hľadiska dosiahnutia väčších napätí na kolektore je výhodnejšie pre výkonové tranzistory, keď majú väčšiu šírku zakázaného pásma a majú väčšiu prípustnú teplotu prechodu $\vartheta_{j\text{max}}$.

Preto u výkonových tranzistorov je nutné rešpektovať pokynov od výrobcov v napäťovom rozsahu, ktorý zaručuje, že sa tranzistor nedostane do oblasti tzv. druhého prierazu, ktorý je pre tranzistor likvidačný.

Ďalší veľký vplyv na konštrukciu výkonových tranzistorov má teplo vznikajúce na kolektore. Preto charakteristickým znakom výkonových tranzistorov je záruka dobrého odvodu tepla z kolektora. Z tohto dôvodu je polovodičová doštička s vytvoreným tranzistorovým systémom pripojená priamo na kovovú päťicu puzdra, ako je to vidieť na predchádzajúcom obrázku.

Tranzistorový predzosilňovač

Tak ako u elektrónkových audio zosilňovačov, je potrebný predzosilňovač, tak i v prípade tranzistorových zosilňovačov je potrebný predzosilňovač, ktorý zosilňuje signál

z jednotlivých vstupov.

Väčšinou je to vstup

pre mikrofón,

gramofón, rádio,

magnetofón alebo

univerzálny vstup.

Predzosilňovač má

niekoľko stupňov,

ktoré závisia od

citlivosti vstupov.

Mikrofónový vstup má

samostatný

dvojstupňový

predzosilňovač,

ktorého signál je ďalej

zosilnený ešte v tranzistoroch, ktorý zosilňuje aj ostatné vstupy, akými sú

univerzálny vstup alebo magnetofónový vstup. Na polarite tranzistorov nezáleží,

teda možno použiť typ PNP alebo NPN. Na obrázku je mikrofónový

predzosilňovač s dvomi tranzistormi. Vstup je cez tranzistor C_1 na bázu

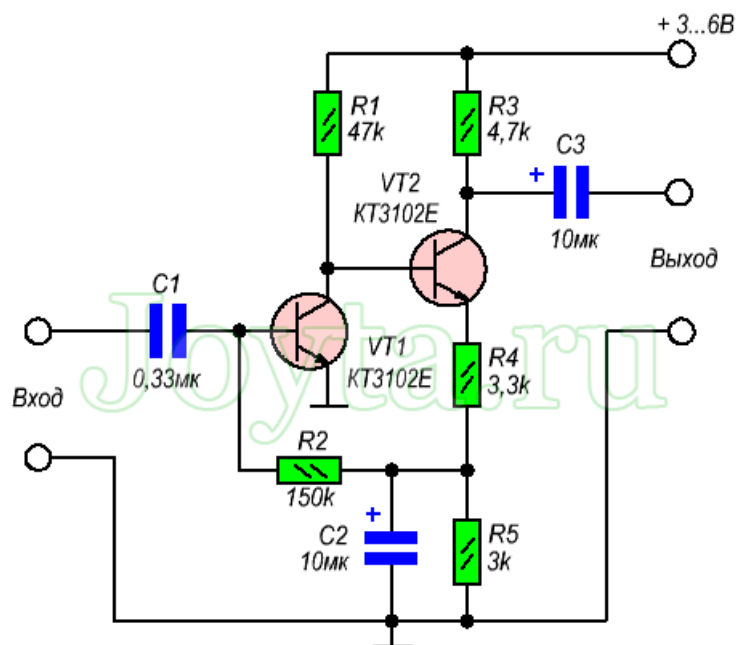
tranzistora VT_1 a výstupný signál je vedený tranzistorom C_3 na vstup koncového

zosilňovača. Tepelná stabilizácia predzosilňovača dovoľuje pracovať aj pri

zvýšenej teplote okolia, ktorá nemá na jeho funkčnosť podstatný dopad.

Výkonový zosilňovač

Koncový stupeň môže obsahovať tranzistory typu NPN a PNP a môže pracovať v triede A, ale väčšinou pracuje v triede AB alebo B push – pull.



Je to posledný stupeň v audio zosilňovači ako výstupný stupeň, v ktorom sú najviac kladené nároky na výkonové tranzistory. Z toho dôvodu sa konštrukcia zameriava na výstupné zariadenia pre jednostranné výstupné stupne, ako je napríklad trieda činnosti výstupných zariadení, ktoré si vyžadujú podrobnejší opis výkonového zosilňovača. Zosilňovať v triede B bude pracovať jeden tranzistor iba v polovici každého cyklu a druhý s druhou polovicou cyklu. Diferenciálny zosilňovač a napäťový zosilňovač pracujú v triede A. Koncový stupeň bez transformátora sú v podstate v sérii so zdrojom napájania a výstupným zaťažením, akým je reproduktor prepojený s dostatočne veľkým kondenzátorom alebo odporovým premostením. Po niekoľkých rokoch od zavedenia polovodičových zosilňovačov nemal ich vnímaný zvuk dostatočne kvalitný zvuk. To viedlo mnohých audiofilov k presvedčeniu, že zvuk elektrónkových zosilňovačov majú lepšiu kvalitu. V roku 1970 Matti Otala publikoval dokument o pôvode predtým nepoznanej forme skreslenia: prechodného intermodulačného skreslenia (TIM). Neskôr známy ako skreslenie indukovaného skreslenia (SID). Zistilo sa, že k narušeniu TIM došlo pri veľmi rýchlom zvýšení výstupného napätia zosilňovača. TIM sa neobjavil pri ustálenom meraní sínusového tónu, čo pomohlo skryť tento problém pri riešení návrhov koncových stupňov pred rokom 1970. Problémy s TIM skreslením pramenia zo zníženej frekvenčnej odozvy otvorených slučiek polovodičových zosilňovačov. Ďalšie vylepšenia Otaly a ďalších autorov zmenšili skreslenie TIM, znížením frekvenčnej šírky pásma predzosilňovača a vložením kompenzačného obvodu oneskorenia do vstupného stupňa zosilňovača. Vo vysokokvalitných moderných zosilňovačoch je odozva otvorenej slučky najmenej 20 kHz, čo eliminuje skreslenie TIM.

Ďalším krokom v progresívnom dizajne bola Baxandallová veta, ktorú vytvoril Peter Baxandal v Anglicku. Táto veta zaviedla koncepciu porovnávania pomeru medzi vstupným skreslením a výstupným skreslením zosilňovača. Táto myšlienka pomohla inžinierom zvukových zariadení lepšie vyhodnotiť skreslenie procesov v zosilňovači. V niektorých prípadoch je výkonový zosilňovač pre zosilnenie zvuku z hudobných nástrojov býva integrovaný spolu s ovládačmi tónov a elektrických efektov do reproduktorovej skrine s požiadavkou veľmi silného zosilnenia s označením (PA).

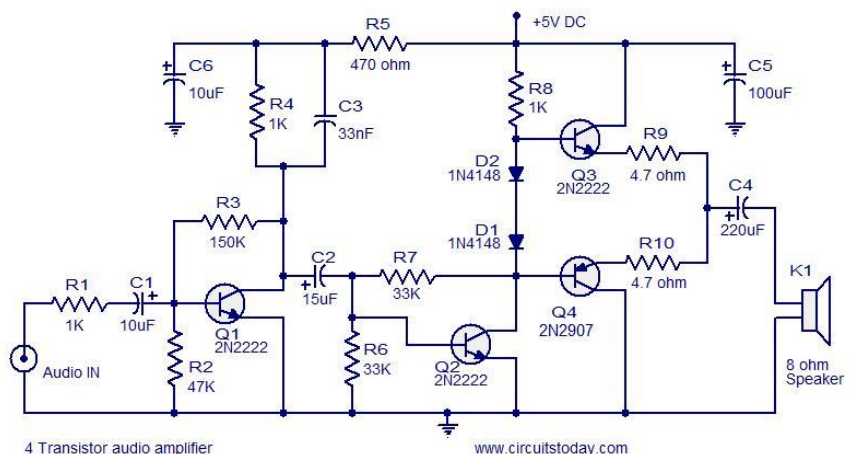
Push – pull výstup je dvojčinný zosilňovač elektronického obvodu, ktorý používa dvojicu aktívnych tranzistorov, ktoré striedavo napájajú prúdom výstupnú záťaž (reproduktor alebo umelú odporovú záťaž) s požadovaným výkonom, podľa výstupného výkonu zosilňovača.

Tento druh zosilňovača môže zvýšiť kapacitu záťaže aj rýchlosť prepínania. Tento typ zosilňovačov sa zvyčajne realizuje ako pár doplnkových tranzistorov. Push – pull zosilňovač je účinnejší ako jednosmerný zosilňovač triedy A. Výstupný výkon, ktorý je možné dosiahnuť, je vyšší ako trvalý rozptylový výkon tranzistora, keby bol použitý samostatne a zvyšuje výkon, ktorý je k dispozícii pre dané napájacie napätie. Symetrická konštrukcia oboch strán zosilňovača znamená, že sa rušia harmonické rady, čo môže znížiť skreslenie výstupného zvuku. Jednosmerný prúd je na výstupe zrušený, čo umožňuje použitie menšieho výstupného transformátora ako v jednosmernom zosilňovači triedy A. Zosilňovač push – pull, ale vyžaduje fázovo deliaci komponent, ktorý zvyšuje zložitosť a náklady stavby zosilňovača. Použitie transformátorov so striedavým prevodom vstupu a výstupu je bežná technika zapojenia záťaže na koncovom stupni zosilňovača, ale zvyšuje hmotnosť a obmedzuje výkon. Ak tieto dve časti zosilňovača nemajú identické charakteristiky, môže dôjsť ku skresleniu, lebo obe polovice vlny vstupného signálu sú zosilnené nerovnomerne, ktorému hovoríme „krížové skreslenie“.

Symetrický push – pull zapojenia je taký, že každá polovica výstupného páru odráža druhú tým, že zariadenie NPN alebo N- kanálové FET tranzistory sú v jednej polovici porovnávané s PNP alebo P- kanálové FET v druhej polovici. Tento typ usporiadania má sklon k nižšiemu skresleniu ako stupne spárované s tranzistormi s rovnakou polaritou, pretože harmonické kmity sa rušia efektívnejšie. Výstupné zariadenia s tranzistormi MOSFET alebo triódami, sú pre prenosovú charakteristiku s tzv. štvorcovým zákonom, ktoré do veľkej miery rušia druhé harmonické skreslenie.

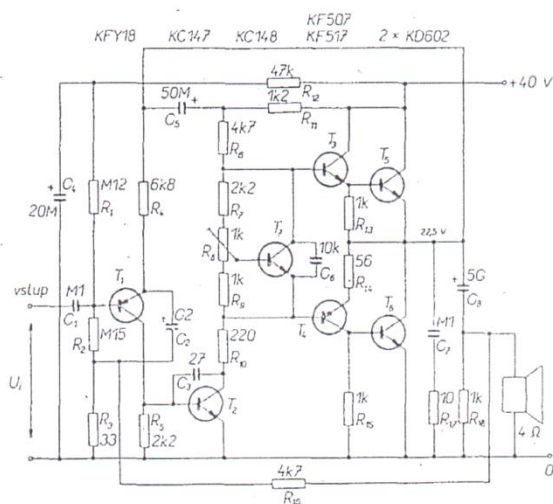
Zosilňovač triedy AB so štyrmi tranzistormi

Na obrázku je veľmi jednoduchý a ľahko zostaviteľný audio zosilňovač triedy AB, pomocou štyroch tranzistorov. Pri prevedení triedy AB je možná účinnosť až 78% a skreslenie je znížené.



Zobrazený obvod má výkon asi 3W. Tranzistor Q1 s príslušnými komponentmi je zapojený ako predzosilňovač. Zvukový vstup je spojený s bázou Q1, cez odpor R_1 a kondenzátor C_1 . Odpor R_3 poskytuje predpätie báze Q1 z kolektora Q1 a elektrolytický kondenzátor C_3 a odpor R_4 napätie na kolektor Q1. Predpätie kolektora na základňu je dobrý spôsob ovplyvnenia predpísaných obvodov, pretože poskytuje dostatočnú negatívnu spätnú väzbu, ktorá zabraňuje tepelnému prehriatiu a stabilizuje prevádzkový bod. Druhá fáza je fáza pre dvojicu tranzistorov push – pull. Túto úlohu vykonáva Q2 s príslušnými komponentmi. Tento stupeň je spojený s predzosilňovačom cez kondenzátor C_2 a odpor R_8 obmedzuje kolektorový prúd Q2. Treťou etapou je výkonová sekcie treidy AB pozostávajúca z tranzistorov Q3 a Q4. Diódy D_1 a D_2 poskytujú predpätie pre fázu Push – pull. Výstup zosilňovača je spojený s reproduktorom s impedanciou 8Ω a výkonom 5W cez kondenzátor C_4 . Kondenzátory C_5 a C_6 sú filtračné kondenzátory napájacieho zdroja s napätím 5V jednosmerných.

Zosilňovač s výkonom 20W



Popisovaný zosilňovač si môžu zhotoviť aj menej skúsení amatéri a k oživeniu im posluži i bežný merací prístroj so základnými funkciami. Jednotlivé časti sú elektricky i mechanicky úplne oddelené. Celý zosilňovač až na vstupný kondenzátor C_1 a výstupný kondenzátor C_8 je jednosmerne viazaný. Po predzosilnení v T_1 a T_2 ide signál z deliča R_6 až R_{10} na koncový stupeň T_3 , T_4 a výstupné T_5 a T_6 . Tranzistor T_7 s trimrom R_8 slúži k nastaveniu kľudového

prúdu koncových tranzistorov. Z výstupu zosilňovača je zavedená záporná spätná väzba cez odpory R_{16} a R_2 do báze vstupného tranzistora T_1 a súčasne cez kondenzátor C_2 do emitoru T_1 . Tím je zosilňovač lineárne zladený. Napätie pre odvedenie predpätia tranzistoru T_1 je zabezpečené filtrom kondenzátorom C_4 s odporom R_{12} striedavej zložky, vzniknuté kolísaním napájacieho napätia pri väčšom vybudení koncového stupňa. Emitor T_1 je napájaný z výstupného bodu medzi T_5 a T_6 . Pretože celý zosilňovač je jednosmerne viazaná, možno nastaviť symetriu koncového stupňa deličom R_1 a R_2 v báze T_1 . Kondenzátor C_3 vyrovnáva fázový posun vysokých kmitočtov. Nesúmernosť oboch polovín koncového stupňa je odstránená kladnou spätnou väzbou cez kondenzátor C_5 do báze T_3 a kondenzátorom C_6 medzi kolektorom a emitorom T_7 . Kondenzátor C_6 pritom kompenzuje fázové posuny vo výkonovom stupni. Pre zabránenie vysokofrekvenčných oscilácii je na výstupe zosilňovača člen, ktorý tvorí C_7 a R_{17} , ktorý vysokofrekvenčne tlmí. I napriek tomu je dobré výkonové tranzistory osadiť na chladič izolačnými podložkami a chladič uzemniť. Ak sa použijú súčiastky podľa schémy, tak výkon zosilňovača bude 20W s výstupnou impedanciou 4Ω . Vstupná citlivosť pre úplné vybudenie je 120mV so vstupným odporom viac ako $100k\Omega$ s kmitočtovým rozsahom 30Hz až 90kHz so skreslením 0,5%. Pri bežnom používaní s výkonom do 10W bude kmitočtový rozsah väčší a skreslenie menšie.

Tesla AZK 150 „Music 15“

V bývalom Československu Tesla Vrábľe n. p. začal v roku 1967 vyrábať na komerčné účely tranzistorový zosilňovač s výkonom 10W. Bol to desaťstupňový 17 tranzistorový nízko-frekvenčný zosilňovač so vstupom pre mikrofón, gramofónovú prenosku, magnetofón a dva vstupy pre gitaru.

Vstupná citlivosť pre mikrofón je 1,2mV s impedanciou $2k\Omega$. Vstup pre gramofónovú prenosku má citlivosť 150mV s impedanciou $0,5M\Omega$, vstupy pre gitaru má citlivosť 50mV s impedanciou $50k\Omega$ a vstup pre magnetofón má



citlivosť 300mV
s impedanciou 10k Ω .
Kmitočtový rozsah je
40 až 15 000 Hz. Ako
sa už spomenulo, jeho
výkon je 10W so
skreslením menším ako
1% pri frekvencii 1kHz.
Na obrázku je vidieť
zadnú stranu
zosilňovača Music 15.



Výstupné napätie je
6,3V a výstupná impedancia je 4 Ω . Napájanie je zo striedavej siete 120 alebo
220 V. Príkion zosilňovača pri plnom vybudení je 28W. Ako koncové výkonové
tranzistory sú použité 2x OC27, ktoré možno zaťažiť výkonovou stratou 12,5W.

Tesla AZK 400 „Music 40“

Je deväťstupňový nízkofrekvenčný zosilňovač osadený 17 tranzistormi, ktorý sa
začal vyrábať pre komerčné účely v Tesla Vrable n. p. Zosilňovač má vstupy pre
mikrofón, prenosku, dva gitarové vstupy a magnetofón.

Mikrofónový vstup má
dvojstupňový
predzosilňovač osadený
doplňkovými tranzistormi
v priamom zapojení na
regulátor zosilnenia.

Vstup pre prenosku má
dvojstupňový
predzosilňovač

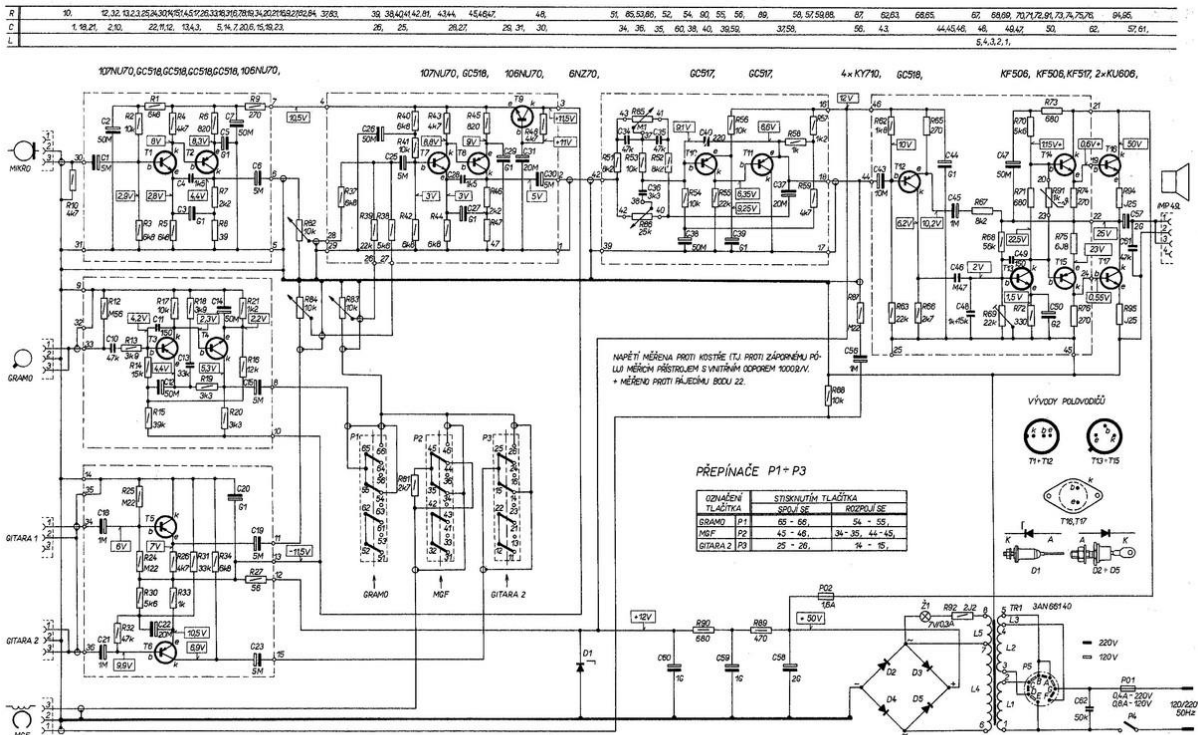


s kmitočtovo viazanú so

zápornou spätnou väzbou, osadený doplňkovými tranzistormi v priamom
zapojení na tlačidlový prepínač, regulátor zosilnenia a oddeľovací odpor.

Gitarové vstupy majú jedноступňový predzosilňovač, zapojený ako emitorový
sledovač na regulátor zosilnenia. Druhý vstup má výstup na tlačidlový prepínač,
regulátor zosilnenia a oddeľovací odpor. Vstup pre magnetofón má vývod pre
záznam cez oddeľovací kondenzátor a deličom výstupného napätia zosilňovača,
zaťažovací odpor, tlačidlový prepínač, regulátor zosilnenia a oddeľovací odpor.

Signál z výstupov predzosilňovača prichádza do korekčného zosilňovača s tepelnou stabilizáciou, osadený dvoma tranzistormi typu PNP, z ktorých prvý pracuje v zapojení so spoločným emitorom a druhý ako emitorový sledovač.



Zapojení nf zesilovače AZK 400 „MUSIC 40“

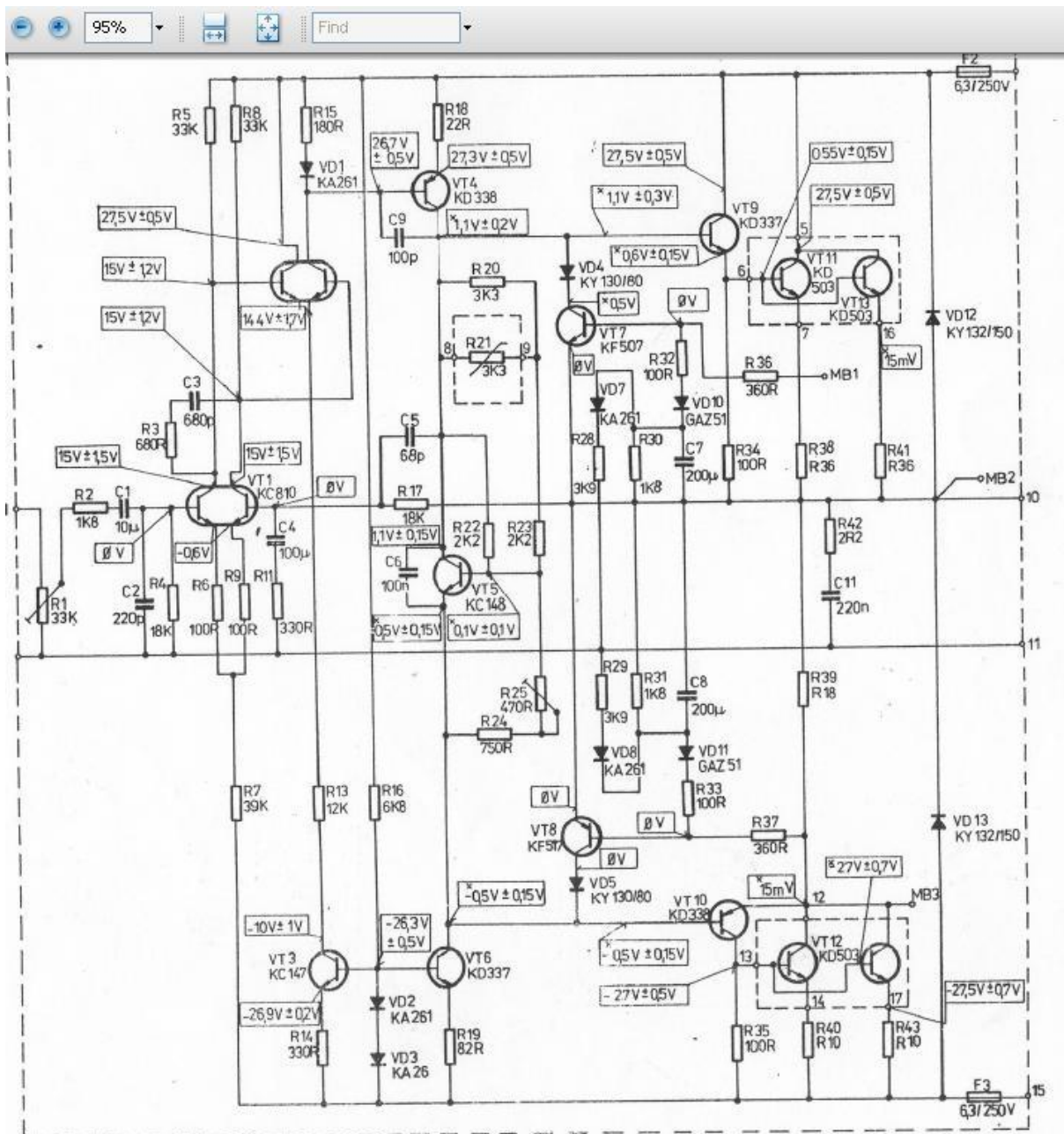
Na obrázku je schéma zapojenia zosilňovača Music 40. Tranzistor NPN má funkciu nastavenia pracovného bodom. Jednosmerne viazaný s invertorom a budiacim stupňom koncového zosilňovača tvorený dvoma doplnkovými tranzistormi rovnakého typu vodivosti, buďenými v protifázy s kapacitnou väzbou s na pripojenie reproduktorov. Vstupná citlivosť pre mikrofón je 1,2mV, prenoska má citlivosť 150mV, gitarové vstupy majú citlivosť 50mV s kmitočtovým rozsahom 40 až 16 000 Hz. Výstupný výkon zosilňovača je 30W so skreslením menším ako 1% pri frekvencii 1kHz. Výstupné napätie je 10,93V pre reproduktorový výstup s výstupnou impedanciou 4Ω. Napájanie je na striedavú sieť 120 alebo 220V s frekvenciou 50Hz. Príkon zosilňovača pri plnom vybudení je 70W.

Tesla AZK 220 sa vyrábala v Tesla Vrábľa n. p. Zosilňovač má dva vstupy so samostatnými regulátormi zesilnenia a indikáciou hlasitosti. Sieťový vypínač, výstup na reproduktory, sieťovú zásuvku, poistku na vstupe sieťového vypínača a kontrolku zapnutia zosilňovača na sieť 50 Hz s napätím 220 voltov. Zosilňovač má rozmery: 483 x 184 x 375 mm a jeho hmotnosť je 21 kg. Kmitočtový rozsah je 20 až 20 000 Hz. Vstupné napätie je 1 V s impedanciou 10 kΩ.

Výkonový zosilňovač AZK 220 je určený na zosilnenie výstupného signálu zo zmiešavacieho pultu, pre zosilnenie zvukov v celom akustickom pásme.



Na obrázku je vidieť zosilňovač AZK 220 bez vrchného krytu. Zosilňovač predstavuje samostatný konštrukčný a elektrický celok, vhodný do 19'' palcového stavebnicového systému. Z obvodového hľadiska zosilňovač pozostáva z napäťovej (vstupnej) a výkonovej časti. Vstupná časť pozostáva zo vstupného transformátora, vstupného zosilňovača a modulátora. Výkonový zosilňovač pozostáva z dvoch zosilňovačov. Jeden pracuje v neinvertujúcom zapojení so zosilnením 23 dB, kým druhý zosilňovač pracuje v invertujúcom zapojení s 0 dB zosilnením. Zosilňovač je vybavený elektronickou ochranou proti skratu na výstupe. Ďalej je vybavený ochranou reproduktorových sústav, ktorá súčasne zabezpečuje oneskorenie pripojenia záťaže pri zapnutí zosilňovača na sieť. Zosilňovač je chránený voči tepelnému prehriatiu termostatom, ktorý ovláda vypínač na výstupe na reproduktory nad teplotu 80°C. Po poklese teploty je zosilňovač znovu schopný prevádzky. Výstup na reproduktorovú skriňu má sedem kolíkovú zásuvku s impedanciou 4Ω a výkonom 250W, alebo 8Ω s výkonom 150W. Napájanie je na striedavú sieť s poistkou F4A/250V.



Na obrázku je schéma zosilňovača Tesla AZK 220.

Zosilňovač bol v čase výroby najsilnejším typom určeným pre komerčné účely.

Tesla AZS 171/A bol druhý stereo zosilňovač vyrábaný pre komerčné účely v závode Tesla Valašské Meziříčí n. p., ale prvý osadený tranzistormi, lebo AZS 021 bol osadený elektrónkami. Jeho výroba bola začatá v roku 1966 ako osemstupňový a 23 tranzistorový nízko-frekvenčný zosilňovač. Zosilňovač má vstupy na gramofónovú prenosku, rozhlasový prijímač, magnetofón a mikrofón. Pre oba nízko-frekvenčné kanály: vstup pre prenosku s kapacitnou korekciou a vstup rozhlasového prijímača s oddeľovacími odporami. Vstup pre magnetofón s odporovými deličmi a vstup pre mikrofón s prepínačmi vstupov a prepínač mono a stereo s kapacitnými väzbami báze vstupných tranzistorov.



Na obrázku je vidieť stereo zosilňovač AZS 171/A. Predzosilňovače sú dvojstupňové s priamym zapojením so spoločným emitorom, čiastočne stabilizované zápornou spätnou väzbou. Odporové väzby s ďalším zosilňujúcim stupňom, kombinovaný s jedenásť polohovými regulátormi hlasitosti. Ďalším medzistupňom sú tranzistory zapojené so spoločným kolektorom ako nízkofrekvenčný zosilňovačom, po ktorom nasledujú korekčné obvody ovládané jedenásť polohovými prepínačmi spojené priamo s regulátorom vyváženia oboch kanálov. Odporové väzby s prvým stupňom budiča, tvorený tranzistormi v emitorovom zapojení, stabilizované napät'ovou nízkofrekvenčnou spätnou väzbou. Druhý stupeň budiča je osadený dvojicou doplnkových tranzistorov, pracujúcich ako emitorové sledovače v zapojení so spoločným kolektorom. Na obrázku je AZS 171/A zo zadnej strany.



Na obrázku je schéma zosilňovača AZS 171/A. Napájanie zosilňovača je na striedavú sieť 50Hz s napätím 220 voltov.

Vstupná citlivosť na piezoelektrickú prenosku je 3mV s impedanciou 10 k Ω . Vstup na rádiový prijímač má citlivosť 30mV stereo a 60mV mono s impedanciou 100 k Ω . Citlivosť pre magnetofón je 200mV s impedanciou 100k Ω a mikrofónový vstup má citlivosť 3mV s impedanciou 10 k Ω . Kmitočtové pásmo je 60 až 10 000 Hz bez korekcie a s korekciou 40 až 15 000Hz. Nastavenie symetrie a rozsah regulácie výstupného napätia 10 dB pri frekvencii 1 kHz. Výstupný výkon zosilňovača je 2 x 10W so skreslením 2% v pásme 100 až 8 000 Hz. Výstupná impedancia je 2 x 4 Ω s výstupným napätím 2 x 6,3V. Príkion zosilňovača pri plnom vybudení je 60W.

Tesla AZS 301 „Music 30 Stereo“ bol stereo zosilňovačom určeným pre komerčné účely od spoločnosti Tesla a vyrábala sa v Tesla Vrábľa.



Na obrázku je vidieť stereo zosilňovač AZS 301 Music 30 stereo. Je to desaťstupňový, 24 tranzistorový nízko-frekvenčný stereo zosilňovač. Zosilňovač má vstupy pre mikrofón, magnetickú prenosku, piezoelektrickú prenosku, magnetofón a rozhlasový prijímač. Zosilňovač je napájaný zo striedavej siete 50Hz s napätím 220 voltov. Výroba zosilňovačov sa začala v roku 1969. Pre oba nízko-frekvenčné kanály je vstup pre mikrofón a vstup piezoelektrickej prenosky je cez prispôbovacie odpory.

Cez tlačidlový prepínač sa signál dostane kondenzátorom na bázu vstupného tranzistora. Dvojstupňový predzosilňovač s doplnkovými tranzistormi v priamom zapojení s prispôbovacím a korekčným zosilňovačom a reguláciou hlasitosti.



Na obrázku je vidieť zosilňovač zo zadnej strany.

Vstup pre magnetofón a rozhlasový prijímač je cez tlačidlový prepínač vstupov. Tlačítkový prepínač „Mono – Stereo“, „Hluk a Šum“ s príslušnými korekčnými členmi. Nasleduje ďalší dvojstupňový predzosilňovač, tvorený dvojicou doplnkových tranzistorov v priamom zapojení s obvodmi regulácie vyváženia a prepínačom „Prezenc“, kapacitnou väzbou a ďalšou dvojicou doplnkových tranzistorov, pracujúcich ako korekčný zosilňovač s plynule laditeľnou výškovou a hĺbkovou korekciou s kapacitnou väzbou na bázu ďalšieho tranzistora s možnosťou pripojenia magnetofónu na záznam signálu. Prvý stupeň koncového zosilňovača, tvorí tranzistor v zapojení so spoločným emitorom, mostíkovou stabilizáciou pracovného bodu a prúdovou spätnou väzbou. Tranzistor s meniteľnou stabilizáciou pracovného bodu je druhý stupeň zosilňovača. Kmitočtovo závislá nízkofrekvenčná spätná väzba z výstupu zosilňovača do emitorového obvodu. Invertor a budiaci stupeň tvorený dvoma doplnkovými tranzistormi, stabilizovaný termistorom s priamou väzbou bez transformátora, nesúmerným koncovým stupňom osadeným dvojicami výkonových tranzistorov typu PNP, buďené v protifázi s prepínačom výstupov.

Vstupná citlivosť pre mikrofón je 2mV s impedanciou 50k Ω . Vstup pre elektromagnetickú prenosku je citlivosť 5mV s impedanciou 47k Ω a vstup pre piezoelektrickú prenosku je citlivosť 250mV s impedanciou 0,5M Ω , magnetofónový vstup má citlivosť 150mV s impedanciou 10k Ω a vstup pre rozhlasový prijímač je citlivosť 150mV s impedanciou 10k Ω . Tónová korekcia je v rozsahu 40 až 16 000 Hz s plynulou reguláciou. Výstupný výkon je 2 x 10W so skreslením 1% pri frekvencii 1kHz. Výstupná impedancia je 2 x 4 Ω a na slúchadlá 2 x 47 Ω s výstupným napätím 2 x 6,3V. Zosilňovač má príkon 52W pri plnom vybudení.

Počas výroby sa zmenil vzhľad zosilňovača a párované tranzistory GC510 a GC 520 boli nahradené GC 510K a GC 520K. Koncové výkonové tranzistory OC 27 boli nahradené typom 7NU70.

Tesla AZK 450

„Music 70“ je hybridným nízkofrekvenčným zosilňovačom určeným pre komerčné účely, ktorý sa začal vyrábať v roku 1972 v Tesla Vrábľe. Je to deväťstupňový monofónny zosilňovač osadený



desiatimi tranzistormi a piatimi elektrónkami. Elektrónky boli osadené v koncovom stupni a na indikátor vybudenia. Zosilňovač má desať modulačných vstupov tri modulačné zdroje. Prvý zmiešavací kanál je vstup pre mikrofón s prispôsobovacím odporom, vstup pre gitaru s prispôsobovacím členom RC, oddeľovací a väzbový kondenzátor, mikrofónový predzosilňovač s dvojicou doplnkových tranzistorov v priamom zapojení ako prvý a druhý stupeň zosilňovača, vstup pre rádio a magnetofón. Nasleduje tlačidlový prepínač vstupov pre mikrofón, rádio alebo magnetofón s oddeľovacími odporami a regulátorom úrovne zosilnenia.

Druhý zmiešavací kanál je vstup na mikrofón dva s prispôsobujúcim odporom, vstup pre gitaru s RC členom s oddeľovacím a väzbovým kondenzátorom.

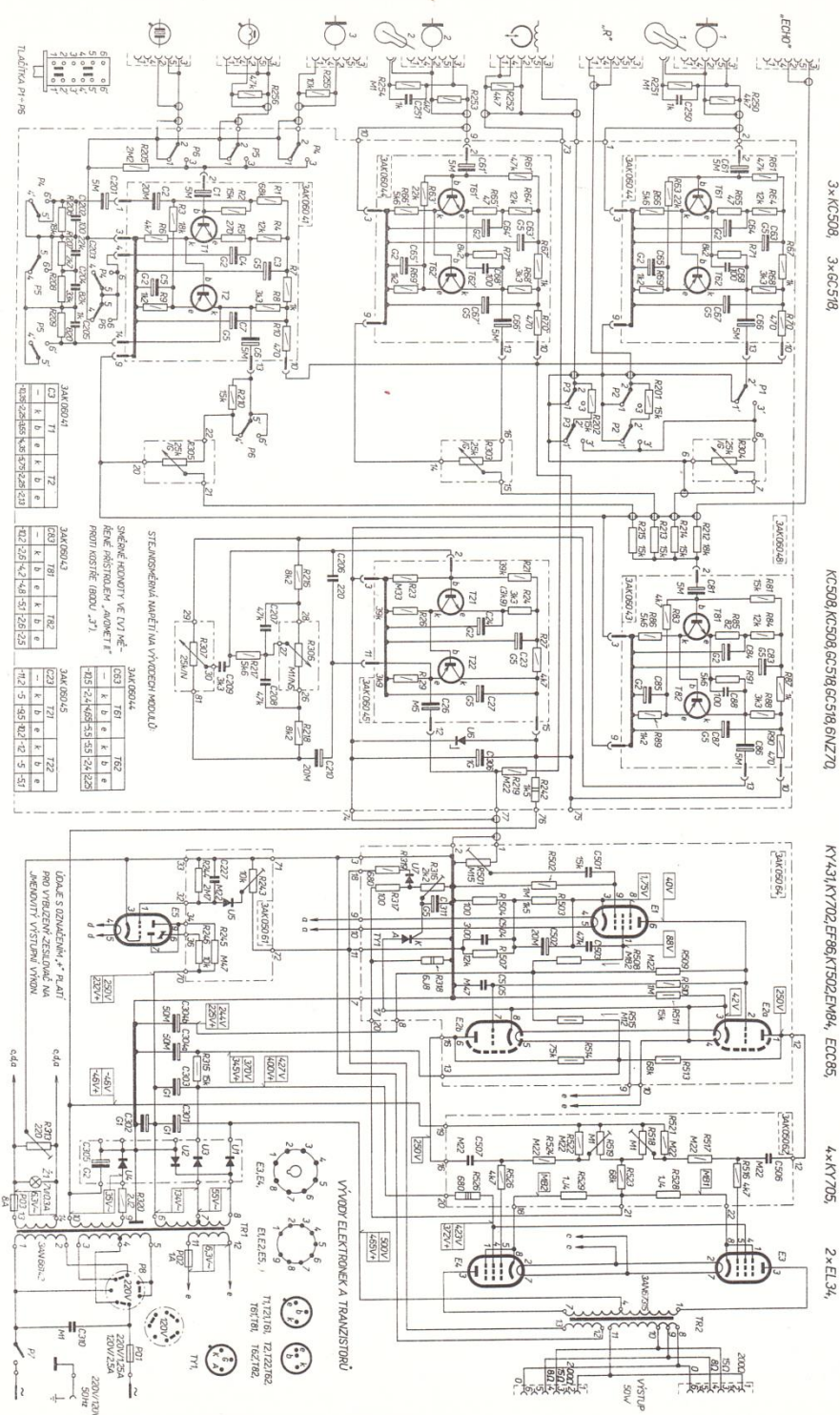
Mikrofónový
nízkofrekvenčný
predzosilňovač využíva
dvojicu doplnkových
tranzistorov v priamom
zapojení ako prvý a druhý
stupeň zosilňovača
s regulátorom úrovne
zosilnenia. Na obrázku je
vidieť zosilňovač AZK 450
„Music 70“ zo zadnej strany.



Tretí zmiešavací kanál je pre vstup mikrofónu tri s prispôbiacim odporom, vstup pre elektromagnetickú prenosku s prispôbovacím odporom, piezoelektrickú prenosku, tlačidlové prepínače vstupu mikrofón, elektromagnetickú a piezoelektrickú prenosku na korekčné obvody vstupného zosilňovača. Odporovo kapacitná väzba s univerzálnym zosilňovačom, využíva doplnkové tranzistory v priamom zapojení s prvým a druhým stupňom zosilňovača na regulátor úrovne zosilnenia. Zosilňovač má i vstup pre dozvukové zariadenie s oddeľovacími odporami vstupných zosilňovačov a dozvukového zariadenia so zmiešavacím zosilňovačom osadeným dvojicou doplnkových tranzistorov v priamom zapojení ako tretí a štvrtý stupeň zosilňovača s plynulo regulovaným výškovým a hĺbkovým korekčným členom v priamom zapojení s výstupným tranzistorom v zapojení ako emitorový sledovač a ako piaty a šiesty stupeň zosilňovača na regulátor úrovne zosilnenia s výstupom pre záznam na magnetofón a vstup koncového stupňa zosilňovača.

Výkonový stupeň zosilňovača má vstupný regulátor napätia s kapacitnou väzbou s mriežkovým obvodom vstupnej elektrónky. Pentóda je ako budiaci zosilňovač v priamom spojení s druhým stupňom, tvoreným dvojistou triódou, ktorá je ako invertor s katódovou väzbou a ochranným obvodom proti preťaženiu s použitím tyristora a kremíkovej diódou s nastaviteľným bodom zopnutia. Odporová väzba so súmerným koncovým stupňom zosilňovača, osadený dvoma výkonovými pentódami pracujúce v triede B. Výstupný a prispôbovací transformátor má dva výstupné kolektory a ukazovateľ vybudenia s použitím kremíkovej diódy a elektrónkového optického indikátora. Záporná, kmitočtovo závislá nízkofrekvenčná väzba z výstupu do katódového obvodu vstupnej elektrónky.

R	201.202.201.213	6167	6164.6166	71.71.67.68.69.70.71	201.202	304.303	212.74.71.73.75	21	81.24.81.64.66.67.71.74.82.88.89	91	718.742	501.502.503.504	501.508.509.510.511.515	513.514	501.518.519.520.521.522.523.524.525.526.527.528	310	501.528.529	310
R	201.202.206	6167	6164.6166	61.61.62.63.64.65.67.68.69.70.71	218	305	212.74.71.73.75	21	81.24.81.64.66.67.71.74.82.88.89	91	718.742	501.502.503.504	501.508.509.510.511.515	513.514	501.518.519.520.521.522.523.524.525.526.527.528	310	501.528.529	310
C	201	6167	6164.6166	61.61.62.63.64.65.67.68.69.70.71	218	305	212.74.71.73.75	21	81.24.81.64.66.67.71.74.82.88.89	91	718.742	501.502.503.504	501.508.509.510.511.515	513.514	501.518.519.520.521.522.523.524.525.526.527.528	310	501.528.529	310
C	201	6167	6164.6166	61.61.62.63.64.65.67.68.69.70.71	218	305	212.74.71.73.75	21	81.24.81.64.66.67.71.74.82.88.89	91	718.742	501.502.503.504	501.508.509.510.511.515	513.514	501.518.519.520.521.522.523.524.525.526.527.528	310	501.528.529	310



Zapojení nf zesilovače AZK 450 „MUSIC 70“

Na obrázku je schéma zapojenia zosilňovača Tesla AZK 450 „Music 70“
 Zosilňovač je napájaný zo striedavej siete 50Hz s napätím 220 voltov.

Cez volič napájacieho napätia a spínač je napájaný sieťový transformátor, s usmernením tromi diódami zapojenými ako zdvojovač napätia pre anódy elektrónok koncového stupňa a ostatné kladné elektródy elektrónok výkonového zosilňovača zvlášť a ako jednocestný usmerňovač pre anódy a tieniacu mriežku elektrónok koncového stupňa zosilňovača s elektrolytickými kondenzátormi. Pre ostatné elektródy elektrónok zosilňovača sú RC a zvláštny jednocestný usmerňovač mriežkového predpätia koncových elektrónok a zdroj záporného napájacieho napätia pre obvody tranzistorov zosilňovača s použitím ďalšej kremíkovej diódy s kapacitným potlačením striedavej zložky usmerneného napätia. Ďalší filter RC a stabilizačná dióda k vyhladeniu a stabilizácii záporného napájacieho napätia pre obvody tranzistorov. Napájací obvod je istený tavnými poistkami a kontrolnou žiarovkou pri zapojení zosilňovača na sieť.

Vstupná citlivosť pre mikrofónový vstup 1 a 2 je 0,5mV s impedanciou 200Ω. Vstup mikrofónu 3 má citlivosť 1,5mV s impedanciou 2000Ω. Vstup pre rozhlasový prijímač má citlivosť 250mV a impedanciu 10kΩ a vstup pre magnetofón má rovnakú citlivosť i impedanciu. Vstupná citlivosť pre elektromagnetickú prenosku je 7mV s impedanciou 47kΩ a vstup piezoelektrickú prenosku má citlivosť 250mV s impedanciou 0,5MΩ. Oba gitarové vstupy majú citlivosť 15mV s impedanciou 100kΩ a vstup pre dozvukové zariadenie má citlivosť 100mV s impedanciou 10kΩ. Kmitočtový rozsah je 40 až 16 000 Hz s plynulou korekciou hĺbok a výšok. Zosilňovač má výstupný výkon 50W so skreslením menším ako 1% pri frekvencii 1kHz. Výstupná impedancia je 200Ω, 15Ω a 8Ω pre 100, 27,5 a 20 voltový rozvod. Impedancia výstupu pre magnetofón je 10kΩ. Napájanie je na striedavú sieť 50Hz s napätím 120 alebo 220 voltov s príkonom 175W pri plnom vybudení zosilňovača.

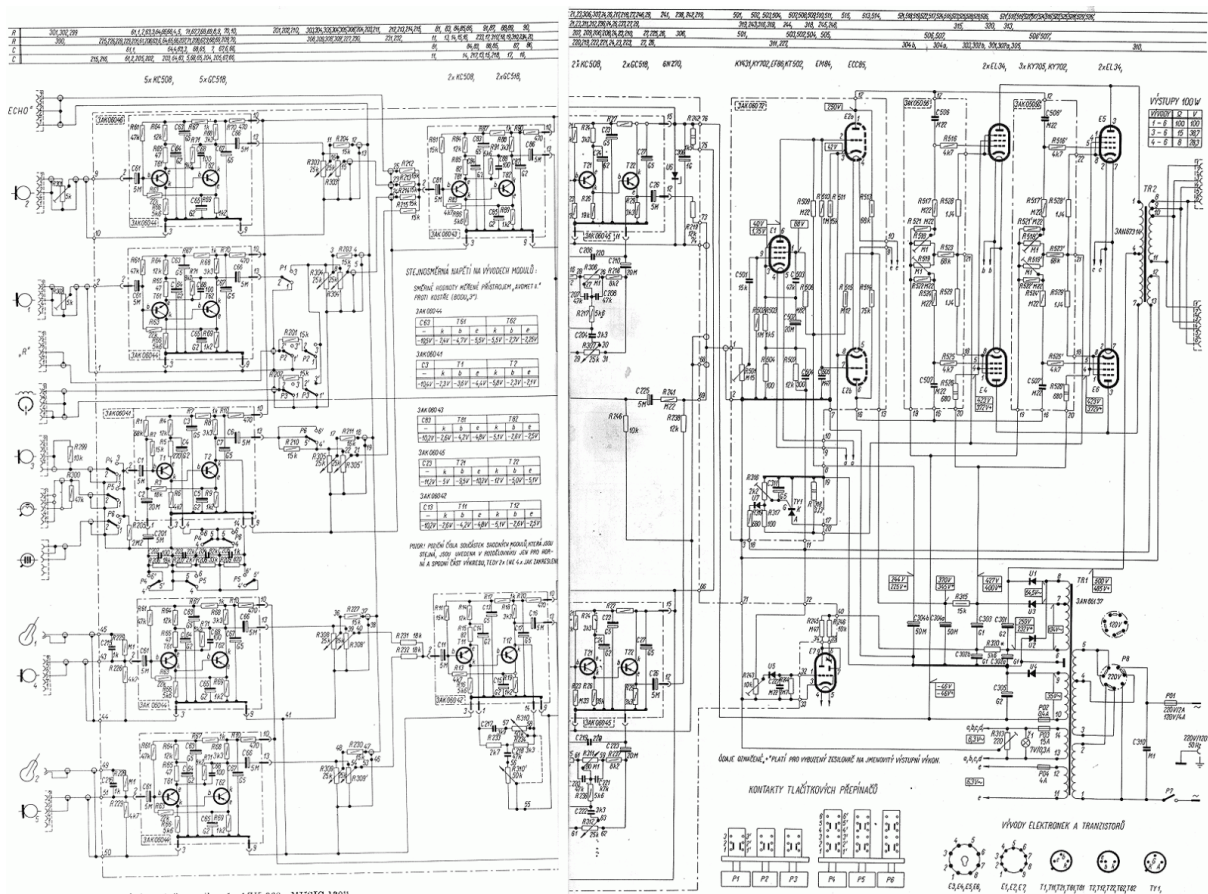
Tesla AZK 360 „Music 130“ bol deväť stupňový hybridný nízkofrekvenčný zosilňovač, ktorý sa začal vyrábať v roku 1971v Tesla Vráble. Zosilňovač bol osadený 18 tranzistormi a deviatimi elektrónkami a ôsmimi polovodičovými diódami. Zosilňovač mal jedenásť modulačných vstupov s možnosťou súčasného zmiešaného signálu z piatich modulačných zdrojov. Prvým zmiešavacím kanálom bol vstup pre mikrofón 2, nastaviteľný deličom napätia, mikrofónový zosilňovač napätia, ktorý využíva dvojicu doplnkových tranzistorov v priamom spojení s prvým a druhým stupňom zosilňovača s regulátorom nastavenia úrovne zosilnenia.

Vstup pre mikrofón 1 s nastaviteľným deličom napätia so zosilňovačom napätia, ktorý pozostáva z dvojice doplnkových tranzistorov v priamom zapojení s prvým a druhým stupňom zosilňovača. Vstup pre rádioprijímač, magnetofón cez tlačidlové prepínače vstupov pre mikrofón 1, rádioprijímač, magnetofón s príslušnými korekčnými obvodmi s regulátorom úrovne zosilnenia.



Na obrázku je vidieť zosilňovač AZK 360 „Music 130“. Vstup pre mikrofón 3 s prispôsobovacím odporom, vstup elektromagnetickej prenosky s prispôsobovacím odporom, vstup pre piezoelektrickú prenosku, tlačidlové prepínače vstupov a korekčných filtrov pre mikrofón a oba vstupy pre prenosky s dvojicou doplnkových tranzistorov v priamom zapojení s prvým a druhým stupňom zosilňovača cez regulátor úrovne zosilnenia. Vstup pre dozvukové zariadenie „Echo“ s regulátorom úrovne dozvuku pre všetky modulačné kanály, oddeľovacími odporami troch vstupných zosilňovačov a obvodu dozvuku so zmiešavacím zosilňovačom osadeným dvoma doplnkovými tranzistormi v priamom spojení ako tretí a štvrtý stupeň zosilňovača s plynulou reguláciou výšok a hĺbok. Korekčný zosilňovač je osadený dvoma doplnkovými tranzistormi s priamym zapojením s výstupným tranzistorom v zapojení emitorového sledovača ako piaty a šiesty stupeň zosilňovača oddelený odporom do vstupu koncového zosilňovača. Druhý zmiešavací kanál mal vstupy na mikrofón 4 a gitaru 1 s príslušným prispôsobovacím obvodom, akým je mikrofónový zosilňovač napätia s dvojicou doplnkových tranzistorov v priamom zapojení s prvým a druhým zosilňovačom a regulátorom nastavenia úrovne zosilnenia. Vstupy pre mikrofón 5 a gitaru 2 s prispôsobovacím obvodom s mikrofónovým zosilňovačom napätia s doplnkovými tranzistormi a priamym zapojením na prvý a druhý stupeň zosilňovača s regulátorom nastavenia úrovne

zosilnenia a dozvuku.



XXIX. Zaočenie nízkofrekvenčného zosilňovača AZK 360 „MUSIC 130“

Na obrázku je schéma zosilňovača AZK 360 Music 130.

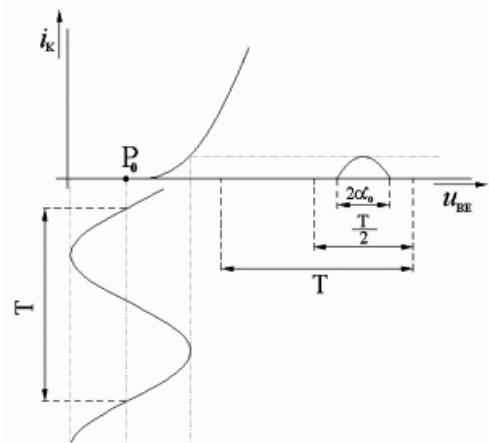
Oddel'ovacie podpory sú vstupom do korekčného zosilňovača s plynulo nastaviteľným filtrom „Prezenc“, osadený dvojicou doplnkových tranzistorov v priamom zapojení ako tretí a štvrtý stupeň zosilňovača s reguláciou výšok a hĺbok s priamym zapojením s výstupným tranzistorom v zapojení ako emitorový sledovač a ako piaty a šiesty stupeň zosilňovača oddelený členom RC s výstupom pre magnetofón pre záznam a vstup do výkonového stupňa zosilňovača.

Výkonový zosilňovač začína vstupným regulátorom, kapacitnou väzbou s mriežkovým obvodom vstupnej elektrónky, pentódy ako budiaceho stupňa v priamom zapojení s ďalším stupňom, tvorený dvojitou triódou. Dvojité trióda je ako invertor s katódovou väzbou, ochranný obvod proti preťaženiu, využívajúci tyristor a kremíkovú diódu s nastaviteľným bodom zopnutia s odporovou väzbou so súmerným koncovým stupňom zosilňovača osadený dvoma paralelne zapojenými dvojicami výkonových pentód, pracujúcich v triede B. Na výstupe je výstupný a prispôbovací transformátor s dvoma výstupnými konektormi, elektronickým optickým ukazovateľom vybudenia a záporná kmitočtovo závislá spätná z výstupu do katódového obvodu vstupnej

Zosilňovač je veľmi cenený i po roku 2010, keď sa medzi zberateľmi hodnotí na viac ako 2000 dolárov. Na obrázku je zapojenie v triede AB s vyšším výkonom ako v triede A.

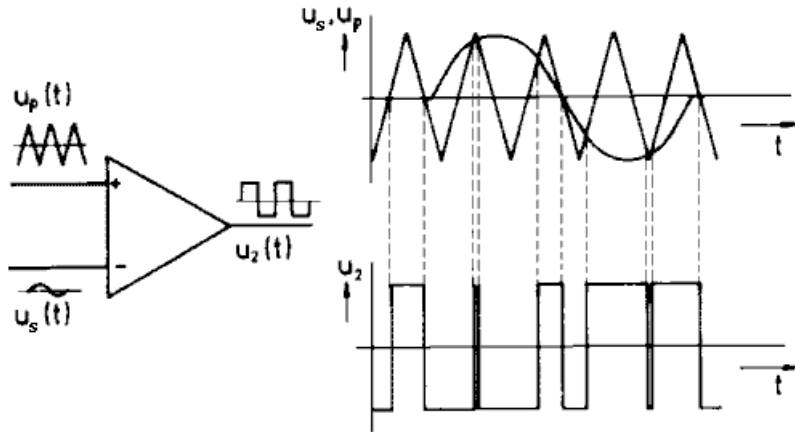
Tranzistory MOSFET vynášali Mohamed Atall a Dowon Kahng v Bell Labs v roku 1959 s možnosťou použitia pri stavbe nízkofrekvenčných zosilňovačov. Junichi Nishizawa na univerzite Tohoku v roku 1974 postavil nízkofrekvenčný zosilňovač z týchto tranzistorov, ktoré boli osadené v koncovom stupni zosilňovača. Čoskoro začali s výrobou zosilňovačov na báze tranzistorov v Japonsku spoločnosti Yamaha, JVC, Pioneer Corporation, Sony a Toshiba. Zosilňovače triedy D sa stali úspešnými v polovici 80. rokov. Kľúčovými konštrukčnými parametrami pri výrobe zosilňovačov bola frekvenčná charakteristika, zisk, šum a skreslenie. Zosilňovače triedy D sú oveľa účinnejšie ako zosilňovače triedy AB, pričom sú ľahšie a produkujú menej tepla.

Zosilňovač triedy C nie je vhodný pre zosilnenie nízkofrekvenčných signálov, pre svoje veľké skreslenie. Praktické využitie má viac vo vysokofrekvenčných obvodoch s účinnosťou väčšou ako 80 %, preto sa s problematikou týchto zosilňovačov nebudeme zaoberať. Na obrázku je diagram priebehu zosilnenia v triede C.



Zosilňovače triedy D používajú na riadenie formu modulácie šírky impulzu. Výstupný signál už nesúvisí priamo so vstupným signálom, ale podľa šírky impulzu. Zosilňovače triedy D fungujú ako elektronické spínače a analógový signál sa prevedie na prúd impulzov, ktorý predstavuje signál s pulznou šírkovou moduláciou, moduláciou hustoty impulzov, modulácia delta – sigma alebo súvisiaca s modulačnou technikou, skôr ako sa aplikuje do zosilňovača. Časovo premenná hodnota výkonu impulzov je priamo úmerná analógovému signálu, takže po zosilnení môže byť signál konvertovaný späť na analógový signál pomocou pasívneho dolnopriepustného filtra. Účelom výstupného filtra je vyhladiť pulzný prúd na analógový signál a odstrániť vysokofrekvenčné spektrálne zložky impulzov. Frekvencia výstupných impulzov je zvyčajne asi desaťkrát vyššia ako najvyššia frekvencia vo vstupnom signále, aby sa zosilnil, takže filter môže primerane redukovať nežiaduce harmonické a presne reprodukovať vstup.

Hlavnou výhodou zosilňovača triedy D je energetická účinnosť. Pretože výstupné impulzy majú pevnú amplitúdu, a ako spínacie prvky sa používajú tranzistory MOSFET, ale použili sa



i elektrónky a bipolárne tranzistory. Tranzistory MOSFET pracujú s najnižším odporom, keď je úplne zapnutý, a teda má najmenší rozptyl energie, keď je v zapnutom stave. V porovnaní s ekvivalentným zariadením triedy AB umožňuje nižšie straty a menšie chladiče pre výkonové tranzistory MOSFET a zároveň znižuje množstvo potrebného vstupného výkonu, čo umožňuje konštrukciu napájania s menšou kapacitou. Na obrázku je diagram zosilnenia v triede D. Zosilňovače triedy D sú menšie ako ekvivalentné zosilňovače triedy AB. Ďalšou výhodou zosilňovača triedy D je to, že môže pracovať zo zdrojov digitálneho signálu bez toho, aby bolo potrebné ho konvertovať na analógovú formu. Ak je zdroj signálu v digitálnej forme ako napríklad z počítačovej zvukovej karty alebo z digitálneho prehrávača, môže digitálny obvod konvertovať binárny digitálny signál priamo na modulačný signál so šírkou impulzu, ktorý sa aplikuje na zosilňovač, čo výrazne zjednodušuje obvody zosilňovača. Spočiatku sa zosilňovače triedy D používali na riadenie motorov, ale teraz sa používajú aj ako výkonové zosilňovače s extra obvodmi, ktoré prevádzajú analógový signál na signál s oveľa vyššou frekvenciou, modulovaný šírkou impulzu. Na trhu sa začali objavovať vysoko kvalitné zosilňovače triedy D. O týchto konštrukciách sa tvrdilo, že konkurujú tradičným zosilňovačom triedy AB, pokiaľ ide o kvalitu. Spočiatku boli použité ako výkonové subwooferové zosilňovače do automobilov. Pretože subwoofery sú obmedzené na šírku pásma nie vyššiu ako 150 Hz, spínacia rýchlosť zosilňovača nemusí byť taká vysoká ako pri zosilňovači s plným rozsahom, čo umožňuje jednoduchšie prevedenie a v porovnaní so zosilňovačmi AB pre subwoofery sú relatívne lacné. Zosilňovače triedy D sú mylne považované za digitálne zosilňovače, pretože výstupný tvar vlny sa podobá sledu impulzov digitálnych symbolov, ale zosilňovač triedy D iba prevádza vstupný tvar vlny na nepretržite modulovaný analógový signál na modulovaný šírkou impulzov a digitálny priebeh by bol modulovaný impulzným kódom.

Spoločnosť Yamaha v roku 1979 uviedla na trh nízko-frekvenčný zosilňovač triedy D osadený vysokofrekvenčnými a širokopásmovými tranzistormi MOSFET v koncovom stupni s medenými puzdrami v stereo prevedení s výkonom 240W na kanál pre výstup s impedanciou 8Ω.



Na obrázkoch je vidieť konštrukčné prevedenie zosilňovača Yamaha B- 5 z prednej a zadnej strany. Frekvenčný rozsah je 20 Hz až 100kHz so skreslením

0,005 %. Vstupná citlivosť je 1V a pomer šumu k signálu je 123 dB. Veľkosť zosilňovača je 435 x 182 x 361 mm a jeho hmotnosť 20,9 kg.

Zosilňovače triedy E/F sú vysoko efektívne spínané výkonové zosilňovače používané pre rádiové frekvencie. Používa jednopólový spínací prvok a naladenú reaktívnu sieť medzi prepínačom a záťažou. Okruh dosahuje vysokú účinnosť len ovládaním spínacieho prvku v bodoch nulového prúdu alebo nulového napätia, ktoré minimalizuje stratu energie pri prepínaní, aj keď je spínací čas zariadenia dlhší v porovnaní s prevádzkovou frekvenciou.

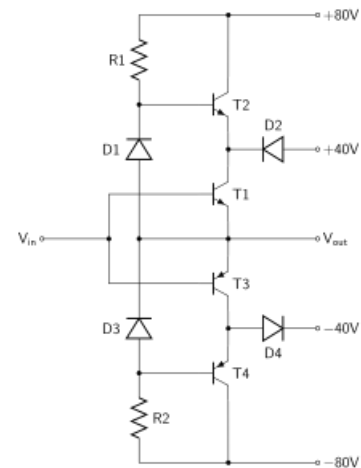
Zosilňovače triedy E sa začali uvádzať na trh v roku 1975, ale podrobný opis funkčnosti zosilňovača tejto triedy bol popísaný Gerald D. Ewing v roku 1964.

Zosilňovače triedy F generujú obdĺžnikovú vlnu, pričom teoreticky štvorcové vlny pozostávajú iba z nepárnych harmonických. Zatiaľ čo v triede D existujú tranzistory a záťaž ako dva samostatné moduly, trieda F pripúšťa aj parazitné vlastnosti tranzistora, a snaží sa optimalizovať globálny systém tak, aby mal vysokú impedanciu pri harmonických. Trieda F musí vysielať signál pod medznou frekvenciou a odrážať vyššie frekvencie. Akákoľvek frekvencia, ktorá leží pod medznou hodnotou a má svoju druhú harmonickú nad medznou hodnotou, sa môže zosilniť, čo je šírka oktávy. Trieda F môže pracovať so sínusom alebo štvorcovou vlnou, pre sínus môže byť vstup nastavený induktorom na zvýšenie zisku.

Triedy G a H sú navzájom zameniteľné, ktoré sa líšia definíciou od rôznych výrobcov. Zosilňovače triedy G sú účinnejšie ako zosilňovače trieda AB. Tieto zosilňovače používajú zdroj s rôznymi napájacími napätiami a prepínajú sa medzi nimi, keď sa výstup signálu blíži k danej úrovni. Zosilňovač tak zvyšuje účinnosť znižovaním spotreby energie na výstupných tranzistoroch. Zosilňovače triedy G sú v porovnaní s triedou D menej účinné, ale nemajú však rušenie elektromagnetickými účinkami, ako je to u triedy D.

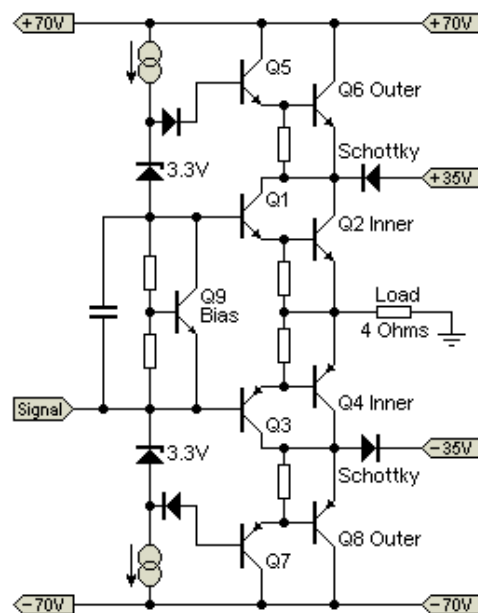
Zosilňovače triedy H majú viacero variabilných napojení. Toto sa uskutočňuje modulovaním napájacieho napätia tak, že napájacie napätie je iba o niekoľko voltov vyššie ako výstupný signál, ktoromkoľvek danom čase. Fáza výstupu pracuje po celý čas pri maximálnej účinnosti. Je to kvôli schopnosti obvodu udržať výkonové tranzistory v medznom stave, až kým vrchol hudobného výkonu nebude dostatočne veľký na to, aby vyžadoval ďalšie vyššie napätie. Zosilňovač triedy H sa v skutočnosti môže považovať za dva zosilňovače zapojené v sérii.

Na schéme je vidieť napájanie s napätím +/- 40 voltov s výkonom do 100W. Je to preto, že koncové tranzistory v triede H, tranzistory T2 a T4 sa používajú iba vtedy, keď je hudobný výkon na výstupe medzi 100 až 400W. Je to tak preto, že vlnové formy hudby obsahujú dlhšie obdobie pod výkonom 100W a iba krátke impulzy zasahujú do oblasti 400W. Ak by bol tento príklad nanesený ako zosilňovač v triede AB s napájacím napätím 80 voltov miesto 40 voltov, tranzistory T1 a T3 by museli zvládať signál v rozsahu 0 až 80 voltov so stratami počas celej hlasovej vlny.



Je zarážajúce, že na internete je veľmi málo informácií o zosilňovačoch triedy G. Neexistujú takmer žiadne schémy, ktoré by informovali viac ako len základné koncepcie, pri ktorých sa nedá zistiť ich funkčnosť.

ESP



Na obrázku je koncové zapojenie zosilňovača triedy G s dvomi napájacími napätiami. Vnútorne tranzistory Q2 a Q5 sú napájané +/- 35 voltov s vnútorným vstupom a budiče musia byť dimenzované na poruchové napätie najmenej na 105voltov. Akonáhle signál vyžaduje napätie presahujúce 35 voltov, v ktorejkoľvek polarite, vonkajšie tranzistory Q6 a Q8 zvýšia napájacie napätie v požadovanom smere, čo umožňuje výstupnému napätiu kolísať takmer o plných +/- 70 voltov.

Aj na stránkach výrobcov sa nenachádzajú schémy zapojenia, čo zaväňa utajovaním informácií zo strany výrobcov zosilňovačov.

Bez úplnej servisnej príručky väčšina ľudí je oboznámená s neúplnými schémami zosilňovačov tejto triedy. Zložitosť zosilňovača je prínosom iba ak sa jedná o zosilňovače s vysokým výkonom nad 200W. Používanie zosilňovačov triedy G sa bežne pre domáce potreby nehodí, lebo výkon zosilňovačov pre tieto potreby dosahujú hodnoty 10 až 40W v zapojení triedy A alebo AB. V niektorých ohľadoch sa zosilňovač triedy G dá prirovnať k zosilňovaču so sériovým výstupným zaradením i keď takéto zapojenie nie je bežné.

Veľmi častým usporiadaním používaných komerčných zosilňovačov využívajúcich triedu G je prevádzka výkonových tranzistorov zapojených v sérii. Toto usporiadanie je populárne, pretože je relatívne jednoduché ho dosiahnuť, a tak bude správne zrealizované, poskytne veľmi dobré výsledky. Tento typ zosilňovača je veľmi bežný ako vysoko výkonný na zosilnenie zvuku s výkonom dva a viac kilowattov s napájacím napätím +/- 50 do +/- 110 voltov. Jeden z podrobnejších opisov zosilňovača triedy G je v časopise „Amatérske rádio praktická elektronika z roku 2003 v čísle 9 na strane 7“.

Zosilňovače osadené v koncovom stupni integrovanými obvodmi

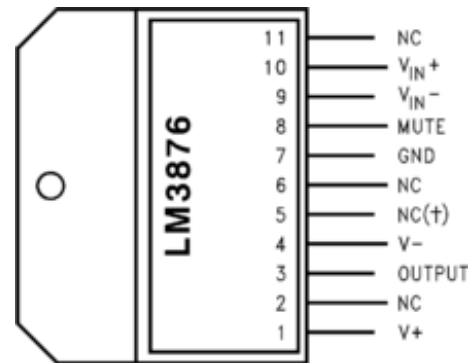
Nízkofrekvenčný zosilňovač 2 x 40W so skreslením 0,06 % je uvedený pre potrebu uviesť do praxe moderné monolitické integrované obvody fy National Semiconductor rady Overture. Použitím integrovaných obvodov rady Overture je možné vyrobiť jednoduchý zosilňovač, ktorý má špičkové parametre. Nízkofrekvenčný zosilňovač obsahuje zdroj napájacieho napätia obe časti zosilňovača – korekčný predzosilňovač a koncový výkonový stupeň. Konštrukčne je navrhnutý tak, aby všetky prvky boli na jednej doske s minimálnymi rozmermi a nevyžadoval si zložité oživovanie.

Základné technické údaje pre korekčný predzosilňovač sú: Napájacie napätie je +/- 15voltov s odberom 2 x 13 mA s frekvenčným rozsahom 20Hz až 20kHz s reguláciou výšok + 11 až - 11 dB, rozsah regulácie basov + 11 až - 11 dB so skreslením 0,01 % s pomerom odstupe signál / šum 92 dB a odstup medzi kanálmi 75 dB.

Koncový stupeň je osadený 2 x LM3876 s dovoleným napájacím napätím +/- 30V, kľudovým prúdom 30 mA, trvalý výkon do záťaže 4 Ω 2 x 40W s frekvenčným rozsahom 20 Hz až 20kHz so skreslením 0,06 %, pomer signál / šum je 114 % pri výkone 40W.

Integrovaný obvod je vyrobený monolitickým procesom a je namontovaný do puzdra TO – 220 s 11 vývodmi.

Obsahuje patentovo chránenú elektronickú ochranu SPiKe Protection, ktorá zabezpečuje ochranu pred zvýšeným alebo príliš zníženým napájacím napätím, pred skratom na výstupe a pred tepelným zničením. Prechodové javy, ktoré vznikajú pri zapnutí a vypnutí zosilňovačov, obvod eliminuje vlastným elektronicky riadeným umlčovačom, čo

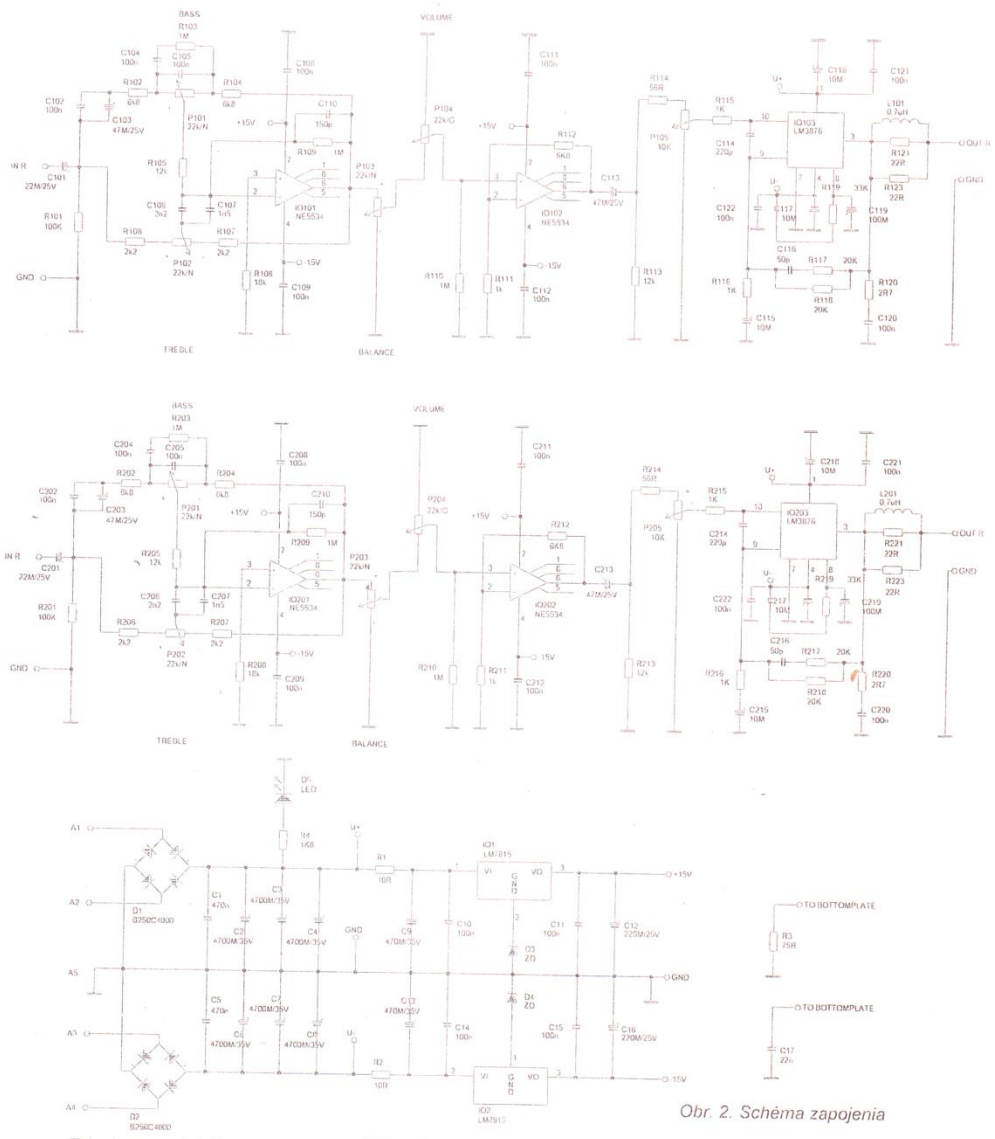


predstavuje značné zjednodušenie konštrukcie výkonového stupňa. Tieto jeho špičkové vlastnosti ho predurčujú na použitie do stereo High – end audiovizuálnych zariadení. Rada Overture obsahuje okrem LM3876, ďalšie obvody ako sú: LM2876 s trvalým výkonom 25W, LM3886 s trvalým výkonom 60W pri záťaži s impedanciou 4Ω.

Zdroj symetrického napájania koncových stupňov je realizovaný trochu netradične s použitím dvoch diódových mostíkov D1 a D2. Takéto zapojenie umožňuje použitie dvoch identických sieťových sieťových transformátorov, pričom ich výkon je oproti použitiu jedného transformátora s vyvedeným stredom polovičný. Výhodou zapojenia je univerzálnosť dosky plošných spojov a väčšia dostupnosť transformátorov s jedným vinutím. V prípade použitia LM3876 musia mať použité transformátory výkon okolo 75W a striedavé napätie 20V. Filtráciu napájacieho napätia zdroja po usmernení zabezpečujú elektrolytické kondenzátory C2, C3, C4, C6, C7, C8. Kondenzátory C1 a C5 zabezpečujú odrušenie zdroja.

Zdroj symetrického napájacieho napätia +/- 15V je realizovaný monolitickými stabilizátormi IO1 LM7815 a IO2 LM7915. Korekčný predzosilňovač je osadený nízkošumovými operačnými zosilňovačmi NE5534. Obvodová schéma pre ľavý a pravý kanál je rovnaká. Vstup signálu ide cez kondenzátor C101 a C201 do korekčného predzosilňovača. Z operačného zosilňovača je vedený signál cez väzbový kondenzátor C113 na vstup koncového stupňa. Zapojenie koncového stupňa vychádza z doporučeného návodu so symetrickým napájacím napätím. Ak na zhotovenie zosilňovača použijeme kvalitné súčiastky a ich montáž bude vykonaná čisto, zosilňovač bude pracovať na prvé zapojenie. Keďže zosilňovač nemá žiadne nastavovacie prvky, zaobídeme sa bez meracích prístrojov a postačí nám jednoduchý merací prístroj, ktorým iba overíme napájacie napätie a odber prúdu. Na doske plošných spojov bolo prísne dodržané jednobodové uzemnenie, preto ak použijeme originálnu dosku s plošnými spojmi, vyhneme sa rôznym neudhom, ktorými trpia niektoré nízkofrekvenčné

zosilňovače. Výkonové integrované obvody IO 103 a IO 203 je potrebné pripevniť na chladič z hliníkového profilu veľkosti aspoň 120 x 50 x 50 mm.



Obr. 2. Schéma zapojenia

Na obrázku je schéma zosilňovača s napájacím zdrojom. Podrobnejšie informácie sú v AR z roku 1996, číslo 6 na strane 9,

Preferencie:

- 1) https://en.wikipedia.org/wiki/Lee_de_Forest
- 2) https://en.wikipedia.org/wiki/Valve_amplifier
- 3) <https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor>
- 4) https://en.wikipedia.org/wiki/Williamson_amplifier
- 5) https://en.wikipedia.org/wiki/Bipolar_junction_transistor
- 6) <https://en.wikipedia.org/wiki/MOSFET>
- 7) <https://en.wikipedia.org/wiki/Yamaha>
- 8) <https://en.wikipedia.org/wiki/JVC>
- 9) https://en.wikipedia.org/wiki/Pioneer_Corporation
- 10) <https://en.wikipedia.org/wiki/Sony>
- 11) <https://en.wikipedia.org/wiki/Toshiba>
- 12) https://en.wikipedia.org/wiki/Frequenci_response
- 13) https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_unit
- 14) https://en.wikipedia.org/wiki/Class_D_amplifier
- 15) https://en.wikipedia.org/wiki/Single-ended_triode
- 16) https://en.wikipedia.org/wiki/Amplifier#Power_amplifier_classes
- 17) https://en.wikipedia.org/wiki/Negative_feedback
- 18) https://en.wikipedia.org/wiki/Consumer_electronics
- 19) https://en.wikipedia.org/wiki/Bass_amplifier
- 20) https://en.wikipedia.org/wiki/Output_transformerless
- 21) https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_load
- 22) https://en.wikipedia.org/wiki/Tube_sound
- 23) <https://en.wikipedia.org/wiki/Intermodulation>
- 24) https://en.wikipedia.org/wiki/Slew-induced_distortion
- 25) https://en.wikipedia.org/wiki/Sound_reinforcement_system
- 26) https://en.wikipedia.org/wiki/Guitar_amplifier
- 27) <https://en.wikipedia.org/wiki/Rickenbacker>
- 28) https://en.wikipedia.org/wiki/Instrument_amplifier
- 29) https://en.wikipedia.org/wiki/Public_address_system
- 30) https://en.wikipedia.org/wiki/Loudspeaker_enclosure
- 31) <https://en.wikipedia.org/wiki/Preamplifier>
- 32) https://en.wikipedia.org/wiki/Audio_power_amplifier
- 33) https://en.wikipedia.org/wiki/Power_amplifier_classes#Class_AB
- 34) <https://en.wikipedia.org/wiki/Triode>
- 35) <https://en.wikipedia.org/wiki/Tetrode>

- 36) <https://en.wikipedia.org/wiki/Pentode>
- 37) https://sk.wikipedia.org/wiki/Dvojčinný_výstup
- 38) <https://ourpastimes.com/history-of-vintage-gibson-amplifier-12217007.html>
- 39) <https://en.wikipedia.org/wiki/Rickenbacker>
- 40) https://en.wikipedia.org/wiki/Fender_amplifier
- 41) https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_products_manufactured_by_Gibson_Guitar_Corporation
- 42) https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Gibson_amplifiers
- 43) <https://r-type.org>exhib>aai0201845@TheValveMuseum>
- 44) https://frank.pocnet.net/sheets/084/k/KT66_GEC.pdf
- 45) <https://r-type.org>exhib>aaa01016L6@TheValveMuseum>
- 46) <https://creamcitymusic.com/vintage-1940-gibson-eh-150-15w-1x12-tube-combo-amplifier>
- 47) https://en.wikipedia.org/wiki/Fender_Deluxe
- 48) <https://sk.pinterest.com/pin/324962929344061312/>
- 49) https://en.wikipedia.org/wiki/Marshall_Amplification
- 50) https://en.wikipedia.org/wiki/Marshall_JTM45
- 51) <https://marshall.com/marshall-amps/products/amps/vintage-reissues/1962-bluesbreaker>
- 52) [https://en.wikipedia.org/wiki/Vox_\(musical_equipment\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Vox_(musical_equipment))
- 53) https://en.wikipedia.org/wiki/Vox_AC30
- 54) <https://vintageguitar.com/14207/vox-ac50/>
- 55) <https://egnateramps.com/EgnaterProducts/Tweaker40/Twea...>
- 56) <https://lowthervoigtmuseum.org.uk/lowtheramps.html>
- 57) https://en.wikipedia.org/wiki/Danelectro_Amp-in-case
- 58) <https://uniqueguitar.blogspot.com/2011/05/danelectro-guitar-and-amplifier.html>
- 59) <https://creamcitymusic.com/vintage-danelectro-ds50-50w-3x10-tube-amp-1966>
- 60) <https://tonegems.com/silvertone-1421>
- 61) https://radiomuseum.org/r/philips_mischpultverstaerker_el64.html
- 62) https://ti.com/lit/ds/symlink/opa828.pdf?ts=1594919454228&ref_url=https%253A252F
- 63) <https://dalmura.com.au/static/AWA%20PA872%20amplifier.pdf>
- 64) Československé rozhlasové a televizné prijímače III. 1964 – 1970 Eduard Kottek

- 65) Československé rozhlasové a televizní přijímače IV. 1970 – 1977
a nízkofrekvenční zesilovače Eduard Kottek
- 66) <https://veverb.com/item/980335-heathkit-a7-guitar-hi-fi-tube-amplifier-video-serviced-r...>
- 67) <https://en.wikipedia.org/wiki/EL84>
- 68) <https://en.wikipedia.org/wiki/EL34>
- 69) <https://en.wikipedia.org/wiki/6L6>
- 70) https://en.wikipedia.org/wiki/Audio_power_amplifier
- 71) <https://talkingelectronics.com/Download%20eBooks/Principles%20of%20el.>
- 72) Amatérské Rádio z roku 1975, číslo 10, strana 366. Nízkofrekvenční zesilovač s výkonem 20W osazený polovodiči.
- 73) <https://radiojournal.cz/schemata/AZK220.pdf>
- 74) <https://tesla.iplace.cz/menu/zosilovače/tesla-azs-171>
- 75) <https://hifisonix.com/the-sa-600-amplifier/>
- 76) https://hifiengine.com/manual_library/yamaha/b-5.shtml
- 77) https://en.wikipedia.org/wiki/Power_amplifier_classes
- 78) <https://hobby-hour.com/electronics/power-audio-amplifier-ic.php>