

ELECTRONICĂ APLICATA

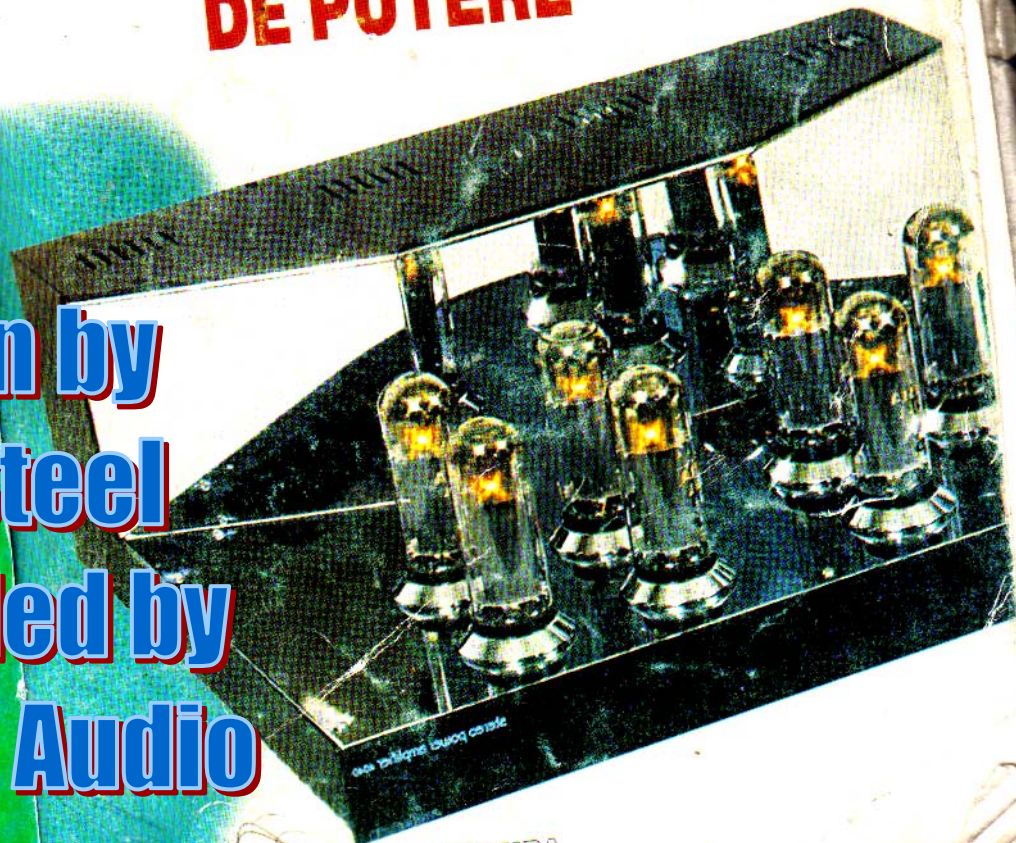
3

BAN NAICU

101

EMIL MARIAN

MONTAJE PRACTICE DE AMPLIFICATOARE AUDIO DE PUTERE



Scan by
Dj Steel
Provided by
Dj Dog Audio

EDITURA
NATIONAL

Datorită acestor considerente, s-a considerat utilă prezentarea în cadrul acestei lucrări a unor amplificatoare audio în componența cărora sunt incluse tuburi electronice.

A.A.F. de 3 W

Schema electrică a amplificatorului este prezentată în **figura 2.2**. Deși de o simplitate uimitoare, acest amplificator deține următoarele performanțe:

$$\begin{aligned} P_N &= 3 \text{ W}; \\ Z_i &= 470 \text{ k}\Omega; \\ Z_o &= 4 \Omega; \\ U_i &= 100 \text{ mV}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta f &= 40 \text{ Hz} + 18 \text{ kHz}; \\ S/N &\geq 60 \text{ dB}; \\ \text{THD} &\leq 2\%; \\ \text{TID} &\leq 0,5\%. \end{aligned}$$

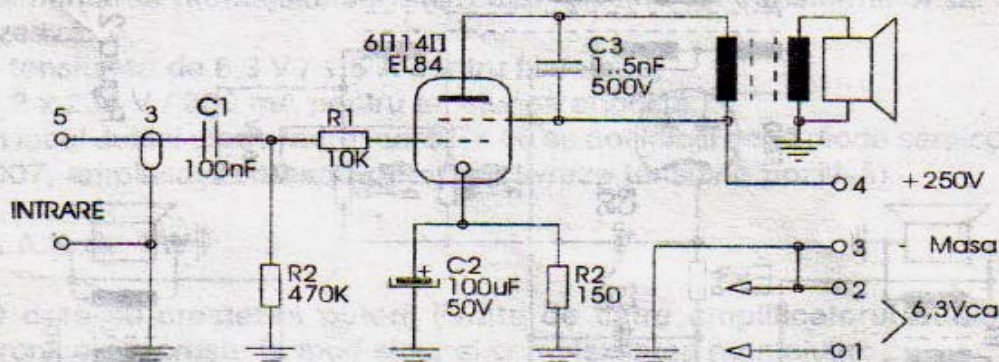


Figura 2.2

Se observă că semnalul audio se aplică pe grila 1 a tubului electronic T_1 , de tip 6Π14Π sau EL 84, prin intermediul condensatorului C_1 .

Rezistența R_2 realizează negativarea automată a tubului electronic. Condensatorul C_3 îmbunătățește caracteristica de transfer amplitudine – frecvență a amplificatorului în zona frecvențelor înalte. Regimul energetic al amplificatorului constă în alimentarea acestuia cu:

- 6,3 V / 0,5 A pentru filamentul tubului;
- 250 V / 150 mA pentru alimentarea grilei 2 și a anodului.

Transformatorul de ieșire se confecționează folosind tole de transformator de tip E + I.

Miezul magnetic are o secțiune de 6 cm², iar întrefierul circuitului magnetic este de 0,15 mm. Schema de bobinaj și realizarea conexiunilor sunt prezentate în **figura 2.3**.

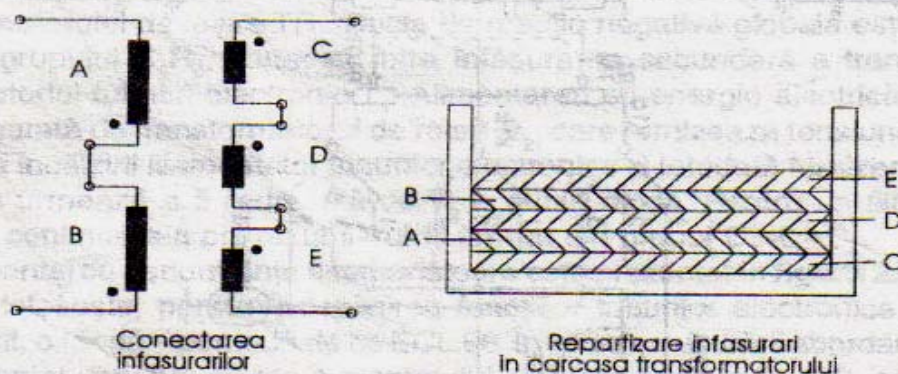


Figura 2.3

Înfășurările A și B au câte 1850 de spire din conductor CuEm cu diametrul 0,15 mm, iar în înfășurările C, D, E, câte 25 de spire din conductor CuEm cu diametrul 0,55 mm. Înfășurările se bobinează pe carcasa transformatorului de ieșire în ordinea precizată în figură (A – B – C – D – E), iar izolația dintre înfășurări va fi foarte bună, datorită valorii ridicate a tensiunii de lucru a montajului ($U_A = 250 V$).

Un montaj cu performanțe asemănătoare, de aceeași putere (3 W), este prezentat în figura 2.4.

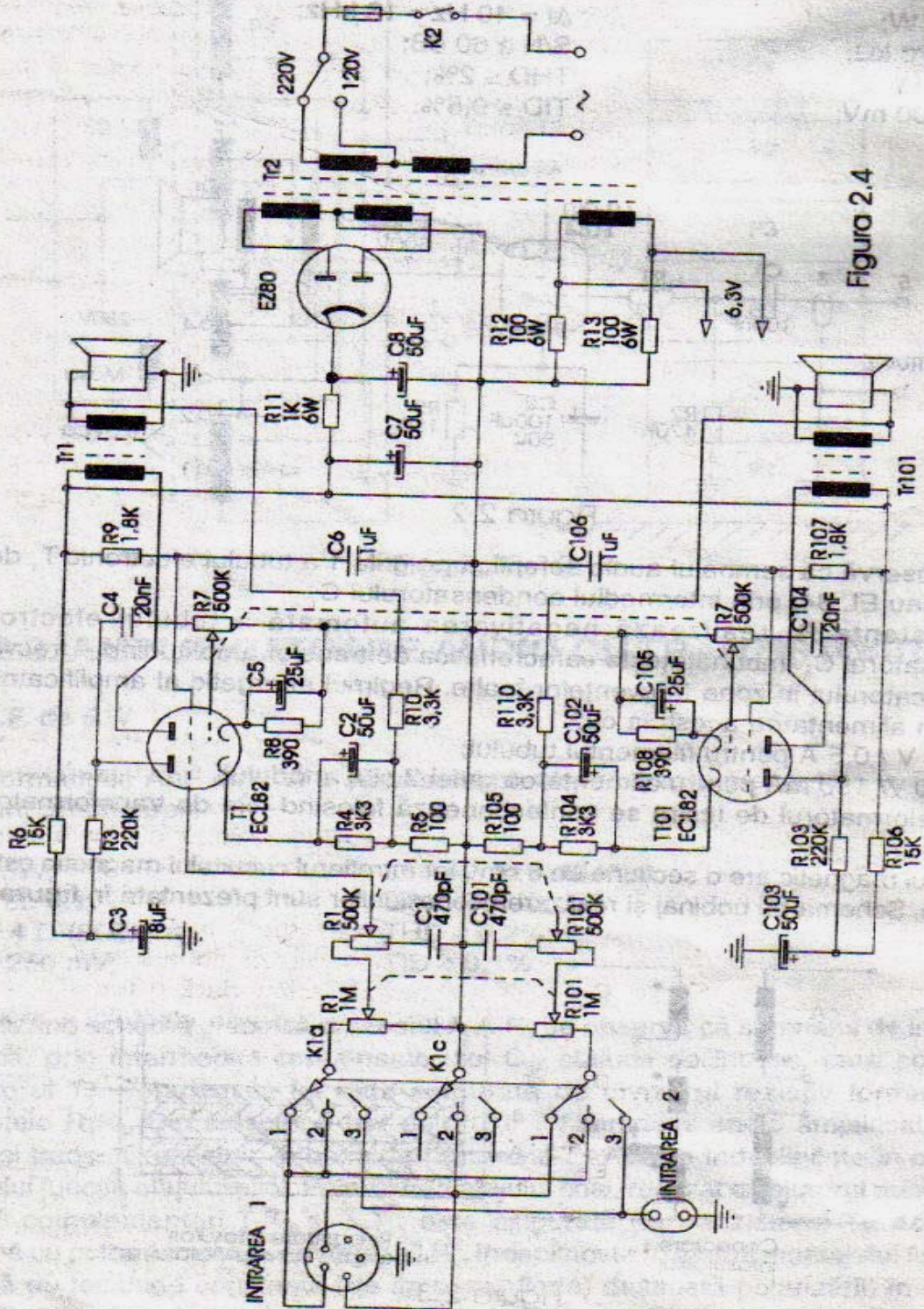


Figura 2.4

Se observă că este vorba de un amplificator stereofonic cu două secțiuni identice, care folosește tubul electronic ECL 82. De această dată amplificatorul este format dintr-un etaj amplificator de tensiune, realizat cu partea triodă a tubului electronic, iar etajul final folosește partea pentodă a aceluiași tub. Reglajul de nivel se realizează cu ajutorul potențimetrelor R_1 și R_{101} , iar corecția de ton cu potențimetrele R_2 și R_{102} . Negativarea triodei se realizează de către grupul de rezistențe înseriate R_4 R_5 , iar negativarea pentodei de rezistența R_6 . Reglajul balans se realizează folosind potențimetrele R_7 și R_7' (cuplate pe același ax, dar montate „în opoziție” în cadrul schemei electrice). Cele două transformatoare de ieșire sunt similare cu cel prezentat anterior. Se mai observă bucla de reacție negativă globală, realizată de rezistența R_{10} , amplasată între ieșirea montajului și divizorul de tensiune R_4 R_5 din catodul triodei.

Alimentarea montajului se realizează folosind un transformator de rețea care furnizează:

- tensiunea de 6,3 V / 1,5 A pentru filamente;
- 2 x 235 V / 300 mA pentru tensiunea anodică.

În locul dublei diode redresoare EZ 80 se pot folosi două diode semiconductoare 1N4007, amplasate corespunzător (să livreze tensiune pozitivă).

A.A.F. de 4 W

O dată cu creșterea puterii livrate de către amplificatorul audio cu tuburi electronice, va crește în mod sigur și complexitatea montajului.

Amplificatorul de 4 W a cărui schemă electrică este prezentată în **figura 2.5**. deține următoarele performanțe:

$P = 4 \text{ W};$	$S/N \geq 65 \text{ dB};$
$Z_i = 500 \text{ k}\Omega;$	$\Delta f = 40 \text{ Hz} + 18 \text{ kHz};$
$Z_o = 4 \Omega;$	$\text{THD} \leq 1,5\%;$
$U_i = 200 \text{ mV};$	$\text{TID} \leq 0,4\%.$

Se observă că semnalul de intrare este preluat de potențimetrul R_1 și, prin intermediul rezistenței R_2 , aplicat pe grila 1 a tubului electronic T_1 . Acesta îndeplinește rolul etajului de intrare, fiind totodată și amplificator de tensiune. Polarizarea grilei 2 a tubului T_1 este asigurată de grupul R_3 C_2 . Semnalul audio amplificat este preluat din anodul tubului T_1 , prin intermediul condensatorului C_3 și aplicat pe grila 1 a tubului electronic T_2 . Acesta îndeplinește rolul etajului final, fiind de fapt amplificatorul de putere al montajului. Sarcina tubului T_2 o constituie înfășurarea primară a transformatorului de ieșire TR_1 . Bucla de reacție negativă globală este realizată cu ajutorul grupului C_5 R_9 , conectat între înfășurarea secundară a transformatorului TR_1 și catodul tubului electronic T_1 . Alimentarea cu energie electrică a montajului este asigurată de transformatorul de rețea Tr_2 , care furnizează tensiunea alternativă destinată încălzirii filamentelor tuburilor electronice și totodată furnizează tensiunea înaltă ce urmează a fi redresată de T_3 – dublă diodă. Pentru un filtraj eficient al tensiunii continue s-a prevăzut filtrul Π format din grupul C_7 – L_5 – C_8 .

Un montaj cu performanțe asemănătoare este prezentat în **figura 2.6**. De această dată se folosește, pentru îndeplinirea funcțiilor tuburilor electronice din montajul precedent, o triodă – pentodă de tip ECL 86. În vederea ușurării abordării construcției s-a prezentat varianta stereo a montajului. Potențimetrele P_1 și P_3 se utilizează la reglajul amplificării celor două canale informaționale L și R, iar potențimetrul P_2

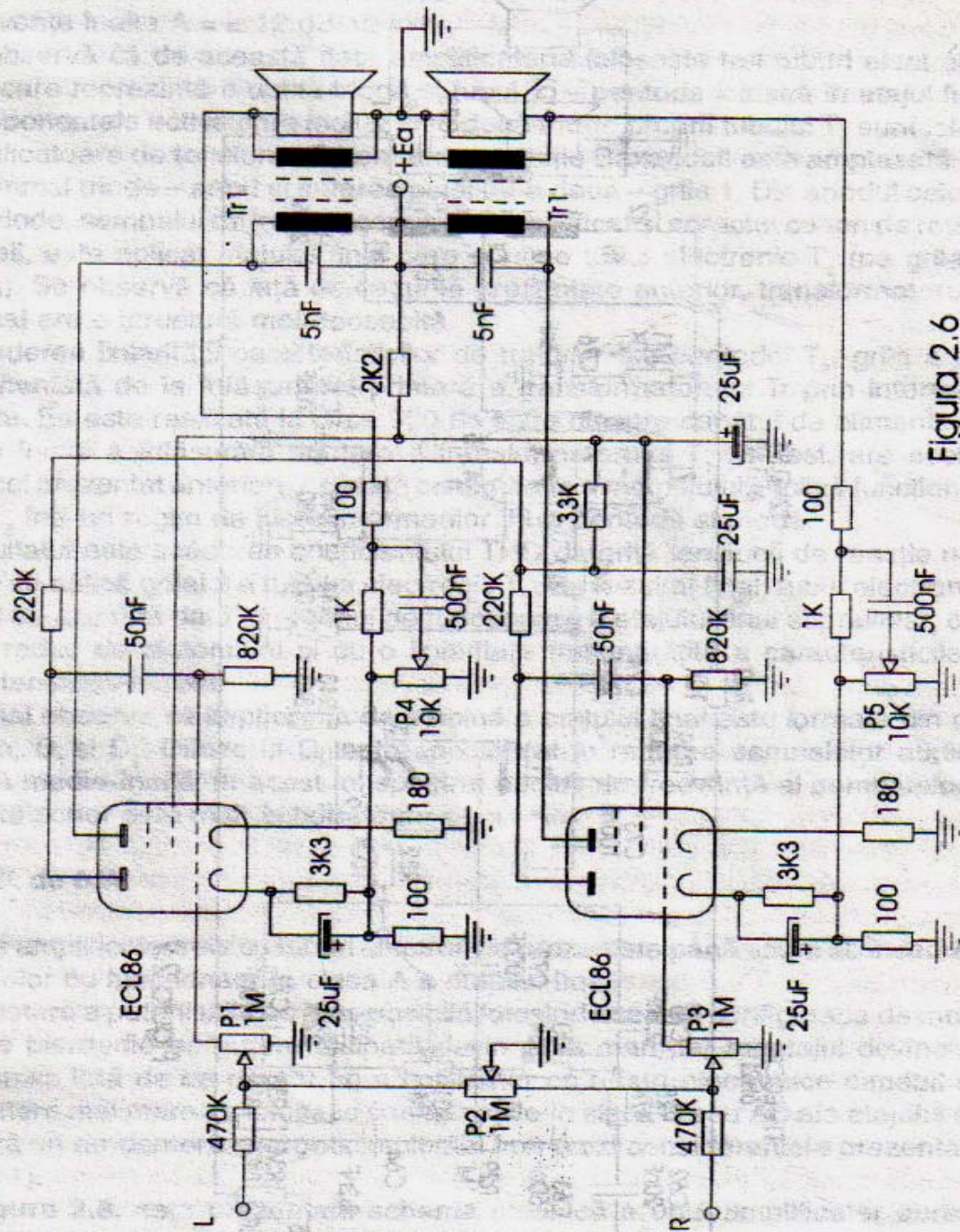


Figura 2.6

A.A.F. de 6 W

Schema electrică a amplificatorului este prezentată în figura 2.7. El deține următoarele performanțe:

$P = 6 \text{ W};$
 $Z_i = 1 \text{ M}\Omega;$
 $Z_o = 4 \Omega;$
 $U_i = 250 \text{ mV};$

$\Delta f = 30 \text{ Hz} + 20 \text{ kHz};$
 $S/N \geq 65 \text{ dB};$
 $\text{THD} \leq 1\%;$
 $\text{TID} \leq 0,4\%.$

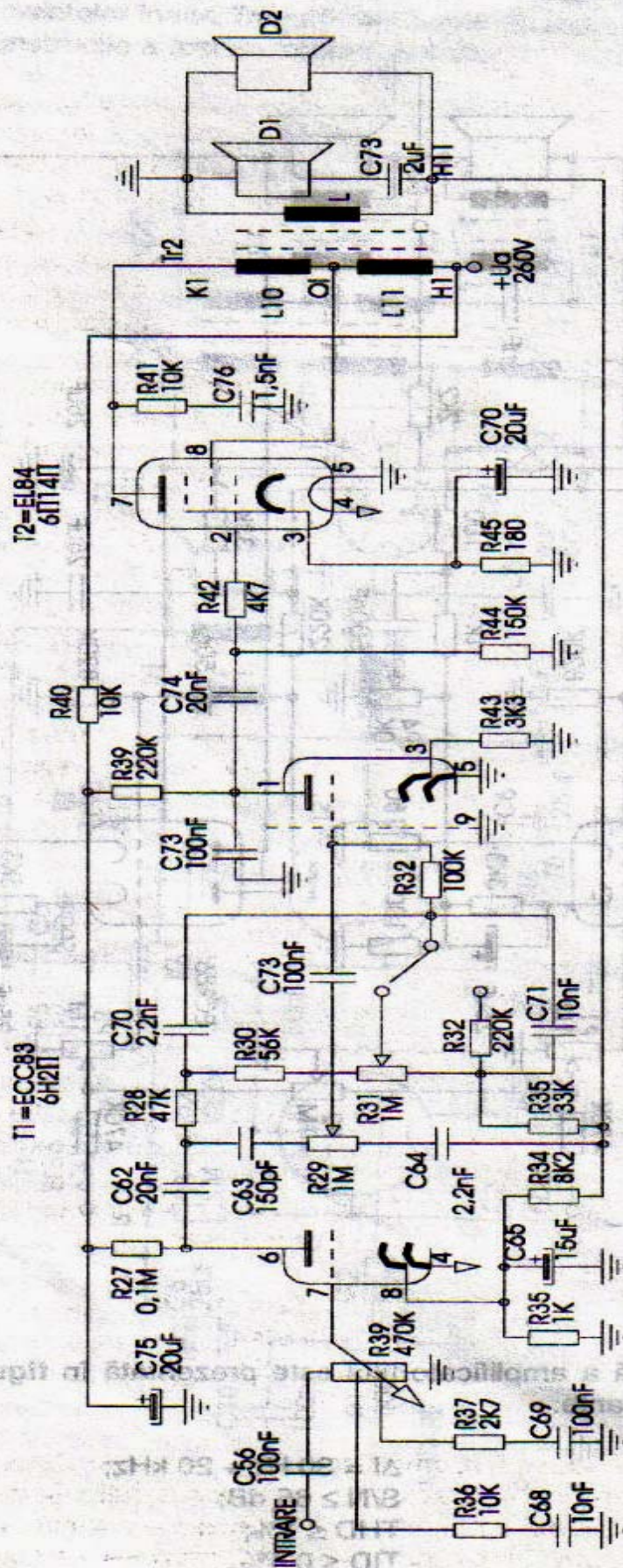


Figura 2.7

C_3 și aplicat etajului final al amplificatorului. Acest gen de etaj final cu tuburi electronice este de tipul celor „cu grila la masă”. Se observă că semnalul audio amplificat este aplicat simultan pe grila 1 a tubului T_2 prin intermediul rezistenței R_4 , și la masa montajului prin intermediul rezistenței R_5 (sarcina tubului T_1). Dar grila 1 a tubului electronic T_3 este conectată la masa montajului, prin intermediul rezistenței R_7 , iar catozii celor două tuburi electronice T_2 și T_3 sunt conectați împreună galvanic la masa montajului, prin intermediul rezistenței R_6 .

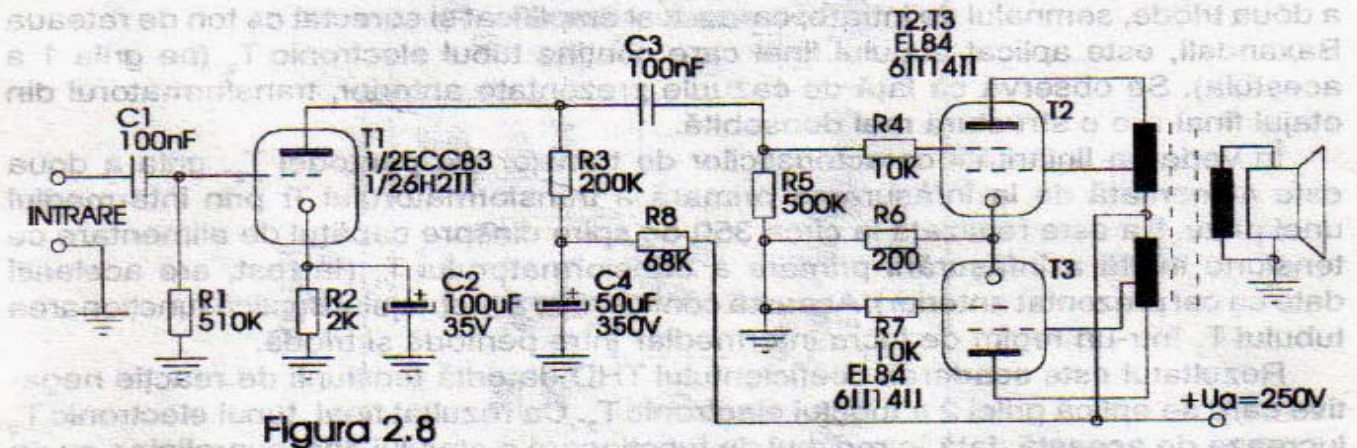


Figura 2.8

Este cunoscut faptul că pentru funcționarea normală a unui etaj final, pe grilele celor două tuburi electronice finale trebuie să fie aplicate „în contratimp” două semnale electrice având aceeași amplitudine, frecvență și formă de undă, dar situate unul față de celălalt în opoziție de fază (defazate cu 180°). Rolul etajului inversor de fază al semnalului audio amplificat de tubul T_1 este îndeplinit în cadrul acestui montaj chiar de către etajul final. Datorită faptului că rezistența R_6 este comună celor doi catozi conectați galvanic ai tuburilor T_2 și T_3 , pe aceasta apare o tensiune aflată în aceeași fază cu tensiunea aplicată pe grila 1 a tubului electronic T_2 . Această tensiune este aplicată simultan între grila 1 și catodul tubului electronic T_3 . Dar să nu uităm că grila 1 a tubului electronic T_3 este conectată la masa montajului, prin intermediul rezistenței R_7 . Datorită acestui fapt, tensiunea dintre grila 1 și catodul tubului T_2 va fi aceeași ca valoare și formă de undă cu cea dintre grila 1 și catodul tubului T_3 , dar în opoziție de fază cu aceasta, fapt urmărit inițial.

Pentru buna funcționare a acestui tip de etaj final mai este însă necesar un lucru deosebit de important. Cele două tuburi electronice finale T_2 și T_3 trebuie să fie identice, adică să prezinte aceeași emisie electronică ce privește încălzirea catozilor, și mai ales să aibă aceleași caracteristici de funcționare $I_A = f(U_g)$, unde I_A = curentul anod – catod iar U_g = tensiunea de grilă. În caz contrar, etajul final introduce în timpul amplificării distorsiuni THD și TID apreciabile (nu mai sunt amplificate la fel cele două semialternanțe ale semnalului inițial, și de aici provine distorsionarea puternică a semnalului audio amplificat în putere – tensiune și curent). Ținând seama de acest lucru, în cazul abordării acestui tip de montaj, cele două tuburi electronice finale T_2 și T_3 se verifică obligatoriu la catometru, pentru a se constata identitatea lor. Desigur că transformatorul de ieșire al etajului final în clasa B sau AB prezintă o construcție diferită față de cele destinate clasei A de funcționare. În figura 2.9. este prezentată schema de bobinaj a transformatorului și modul de repartiție a înfășurărilor în secțiunea carcusei bobinate a acestuia. Această configurație este absolut necesară pentru obținerea unui cuplaj cât mai „strâns”

Între bobinajele înfășurării primare și secundare a transformatorului, prin această procedură asigurându-se o valoare maximă a fluxului magnetic util, o valoare minimă a fluxului magnetic de dispersie și un procent minim de pierderi în miezul magnetic al transformatorului. Acesta se confecționează din tole de tablă silicoasă de profil E + I. Secțiunea centrală a miezului magnetic este de 8 cm².

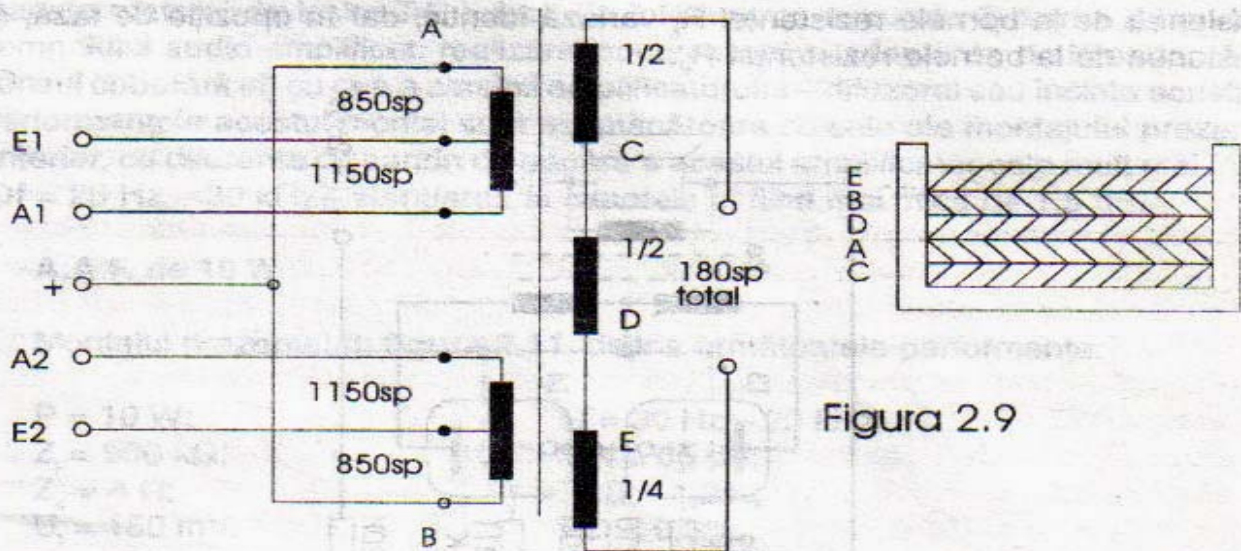


Figura 2.9

Fiecare înfășurare primară are câte 850 + 1150 de spire din conductor de CuEm gros de 0,2 mm, iar înfășurarea secundară 180 de spire din conductor CuEm \varnothing 1 mm. Dar atenție: cele două înfășurări primare trebuie să fie obligatoriu în opoziție de fază. Din acest motiv bobinajul se execută în felul următor:

- se bobinează înfășurarea C (45 de spire);
- se bobinează înfășurarea A (850 de spire + 1150 de spire);
- se bobinează înfășurarea D (90 spire);
- se scoate carcasa bobinei de pe dornul de bobinaj și se inversează sensul bobinajului (se inversează carcasa);
- se bobinează înfășurarea B (1150 de spire + 850 de spire);
- se scoate din nou carcasa bobinată și se inversează sensul bobinajului;
- se bobinează înfășurarea E (45 de spire).

Este de preferat a se marca începutul și sfârșitul fiecărei bobine, pentru a nu conecta din greșală două înfășurări în opoziție (mai ales din înfășurarea secundară). Pentru fiecare început și sfârșit de bobină este indicat să se folosească conductoare izolate cu izolație de culori diferite, sau să se marcheze folosind o bucățică de hârtie inscripționată corespunzător, lipită cu scotch.

După realizarea bobinării carcasei, aceasta se impregnează obligatoriu folosind un lac electroizolant.

Deoarece transformatorul funcționează cu tensiuni mari (250 – 285 V), obligatoriu între secțiunile bobinajului se amplasează o izolație corespunzătoare (hostafan, triafol, melinex, pânză uleiată etc).

Miezul magnetic al transformatorului se realizează întretesut (fără întrefier) dispunând alternativ E-urile și I-urile acestuia. După întolarea transformatorului se impregnează a doua oară folosind lac electroizolant. De modul de execuție al transformatorului de ieșire și respectarea indicațiilor de construcție precizate anterior depind fundamental performanțele amplificatorului ce urmează a fi realizat.

Transformatorul se poate utiliza la majoritatea amplificatoarelor în clasa AB sau B, ce urmează să debiteze o putere până la circa 14 W.

Desigur că amplificatorul de 8 W se poate perfecționa. O variantă îmbunătățită a acestuia este prezentată în figura 2.10. Se observă că de această dată rolul defazorului este îndeplinit de etajul funcțional care include tubul electronic T_2 . La aplicarea semnalului audio amplificat, preluat din anodul tubului electronic T_2 , tensiunea de la bornele rezistenței R_5 variază identic, dar în opoziție de fază, cu tensiunea de la bornele rezistenței R_6 .

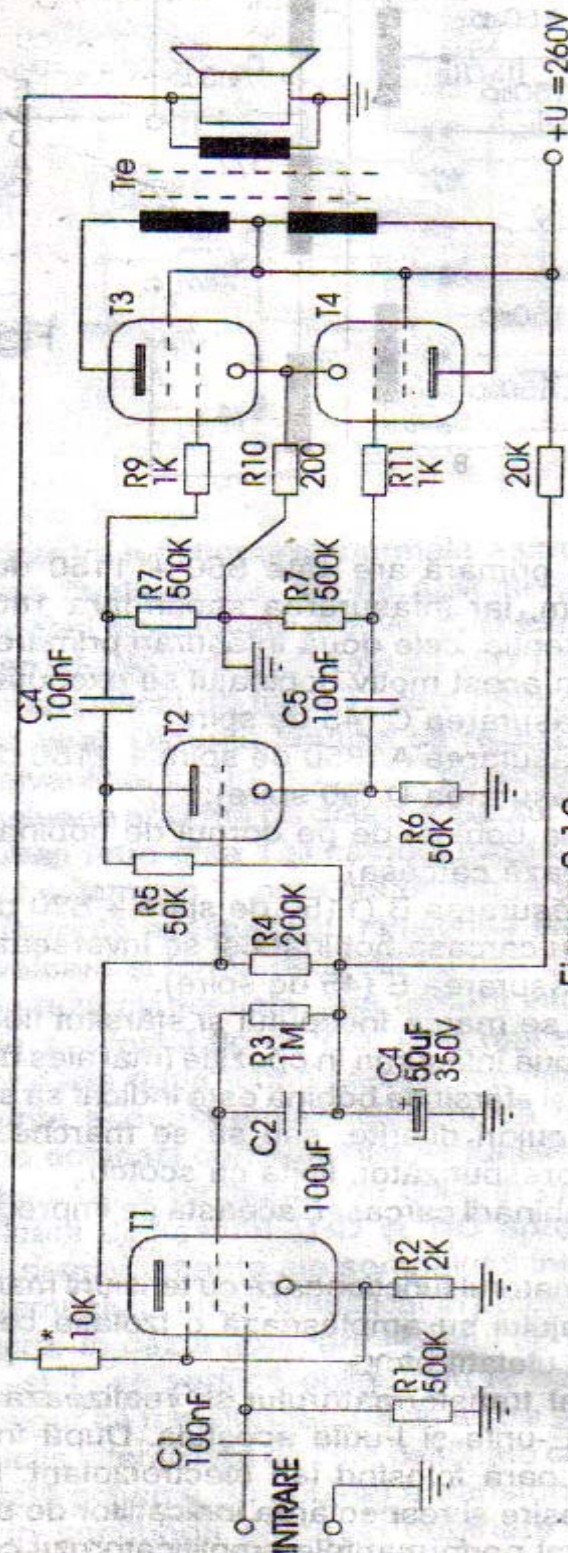


Figura 2.10

Acest lucru se întâmplă datorită faptului că la aplicarea semnelui pe grila unui tub electronic, potențialul anodic variază invers proporțional cu potențialul catodic. Pentru ca cele două tensiuni în opoziție de fază să fie identice ca valoare, este absolut necesar ca rezistențele R_5 și R_6 să aibă valori identice (cu toleranța sub 1%). Etajul final, realizat cu ajutorul tuburilor T_2 și T_3 preia cele două semnale audio amplificate în antifază și le amplifică în putere (deci, în tensiune și curent). Transformatorul de ieșire TrE refăce (în înfășurarea secundară) forma de undă a semnalului audio amplificat, realizând concomitent și adaptarea de impedanță (în sensul coborârii ei) cu cea a sarcinii amplificatorului – difuzorul sau incinta acustică. Performanțele acestui montaj sunt asemănătoare cu cele ale montajului prezentat anterior, cu diferența că banda de trecere a acestui amplificator este mult mai mare ($Df = 25 \text{ Hz} - 30 \text{ kHz}$), atenuarea la capetele ei fiind mai mică de 1,5 dB.

A.A.F. de 10 W

Montajul prezentat în figura 2.11. deține următoarele performanțe:

$$P = 10 \text{ W};$$

$$\Delta f = 30 \text{ Hz} \div 20 \text{ kHz};$$

$$Z_i = 500 \text{ k}\Omega;$$

$$S/N \geq 65 \text{ dB};$$

$$Z_o = 4 \Omega;$$

$$\text{THD} \leq 1,2\%;$$

$$U_i = 150 \text{ mV};$$

$$\text{TID} \leq 0,3\%.$$

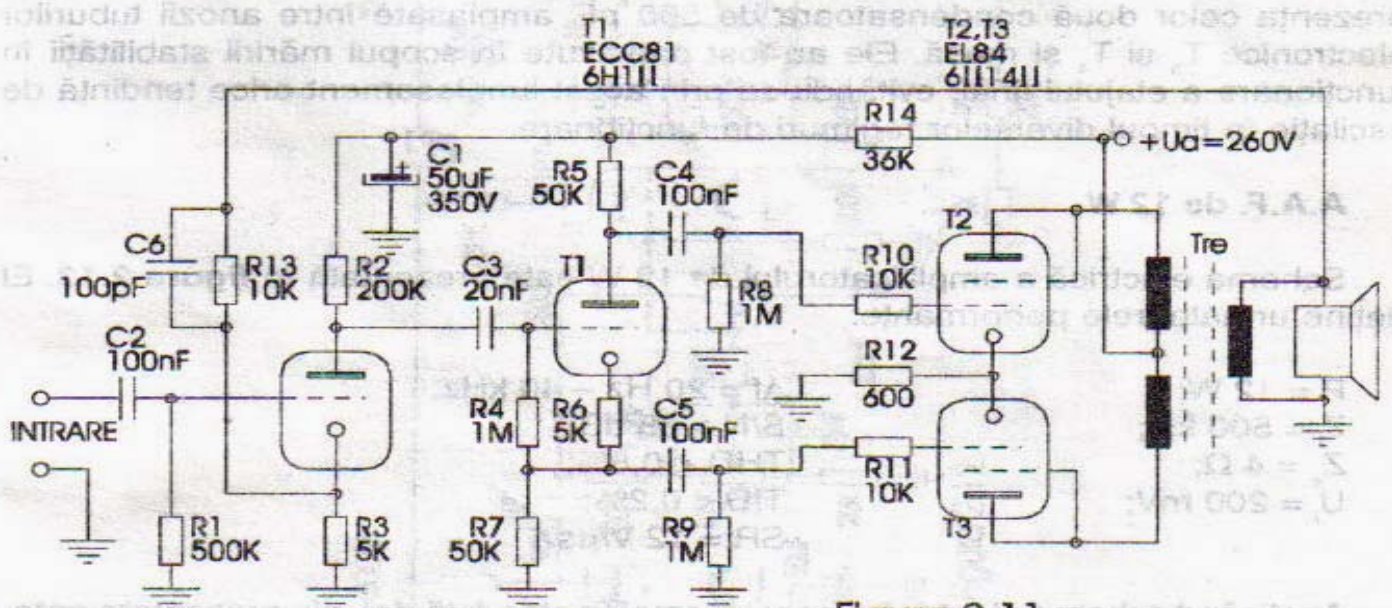


Figura 2.11

Se observă că, de această dată, etajul de intrare și defazorul sunt realizate cu un tub electronic T_1 de tip dublă triodă. Semnalul audio de intrare se aplică pe grila 1 a primei triode prin intermediul condensatorului C_2 . Amplificarea în tensiune a etajului de intrare (fără reacția negativă globală) este de circa 32 dB.

Din anodul primei triode a tubului electronic T_1 , semnalul audio amplificat se aplică, prin intermediul condensatorului C_3 , pe grila 2 a celei de a doua triode. Ea realizează funcția defazorului, la bornele rezistențelor R_5 și R_7 (identice ca valoare) obținându-se cele două semnale audio identice ca valoare și formă de undă, dar în antifază. Ele se aplică, prin intermediul condensatoarelor C_4 și C_5 , etajului final, pe

grilele 1 ale tuburilor electronice T_2 și T_3 , care sunt amplificate în montaj ca triode, iar R_{12} este dimensionată pentru acest regim de lucru. Bucla de reacție negativă ce reglementează amplificarea generală a montajului este formată din grupul $R_{13}C_6$, conectat între ieșirea transformatorului de ieșire TR_E și catodul primei triode a tubului electronic T_1 .

Pentru buna funcționare a montajului, este necesar să fie îndeplinite egalitățile $R_5 = R_7$, $R_8 = R_9$, $R_{10} = R_{11}$, iar cele două tuburi T_2 și T_3 să prezinte parametri identici. Un amplificator cu performanțe asemănătoare este prezentat în figura 2.12.

Se observă că el este dotat cu posibilitatea reglajului fiziologic de volum (potențiometrul R_4 și componentele aferente). Prima triodă a tubului electronic de tip T_1 lucrează ca amplificator de tensiune a semnalului audio inițial. Urmează o rețea corectoare de ton, de tip Baxandall, iar semnalul audio corectat este ulterior amplificat de cea de a doua triodă a tubului electronic T_1 . Urmează etajul defazor, realizat cu ajutorul tubului electronic T_2 și al componentelor aferente, care funcționează ca la amplificatorul prezentat anterior. Etajul final deține o alură mai deosebită. El este de tipul etajelor finale supraliniare, asigurând, datorită concepției și configurației sale, un procent foarte mic de distorsiuni în momentul livrării puterii nominale (THD < 0,8%).

Bucla de reacție negativă formată din grupuri RC, amplasată între ieșirea transformatorului de ieșire TR_E și catodul celei de-a doua triode a tubului electronic T_1 , a fost dimensionată în vederea unei funcționări optime a amplificatorului, atât în regimul normal de funcționare, cât și la apariția regimurilor tranzitorii. Se mai remarcă prezența celor două condensatoare de 500 pF, amplasate între anozii tuburilor electronice T_3 și T_4 și masă. Ele au fost prevăzute în scopul măririi stabilității în funcționare a etajului final, evitându-se prin acest amplasament orice tendință de oscilație în timpul diverselor regimuri de funcționare.

A.A.F. de 12 W

Schema electrică a amplificatorului de 12 W este prezentată în figura 2.13. El deține următoarele performanțe:

$$\begin{aligned} P &= 12 \text{ W}; \\ Z_i &= 500 \text{ k}\Omega; \\ Z_e &= 4 \Omega; \\ U_i &= 200 \text{ mV}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta f &= 20 \text{ Hz} - 40 \text{ kHz}; \\ S/N &> 65 \text{ dB}; \\ \text{THD} &< 0,8\%; \\ \text{TID} &< 0,2\%; \\ \text{SR} &= 12 \text{ V}/\mu\text{s}. \end{aligned}$$

Analizând schema electrică a acestui amplificator, față de cele prezentate anterior se remarcă realizarea mai deosebită a etajului defazor. De această dată defazarea semnalului audio amplificat de tubul electronic T_1 se face cu ajutorul a două tuburi electronice identice, de tip triodă, incluse în dubla triodă T_2 . Cele două triode au catodii conectați galvanic la masă prin intermediul rezistenței R_{10} . Grila 1 a primei triode din tubul T_2 preia direct semnalul electric amplificat de tubul T_1 , iar grila 1 a celei de-a doua triode este conectată la masa montajului, din punctul de vedere al semnalului alternativ audio, prin intermediul condensatorului C_5 . Datorită acestei configurații a montajului, tensiunea de pe grila 1 a primei triode, față de catodul acesteia, este în opoziție de fază cu tensiunea de pe grila 1 a celei de-a doua triode față de catodul ei. Avem din nou de-a face cu o defazare de tipul „cu grila la masă”, numai că acum ea nu se mai face în etajul final (principiul fiind același).

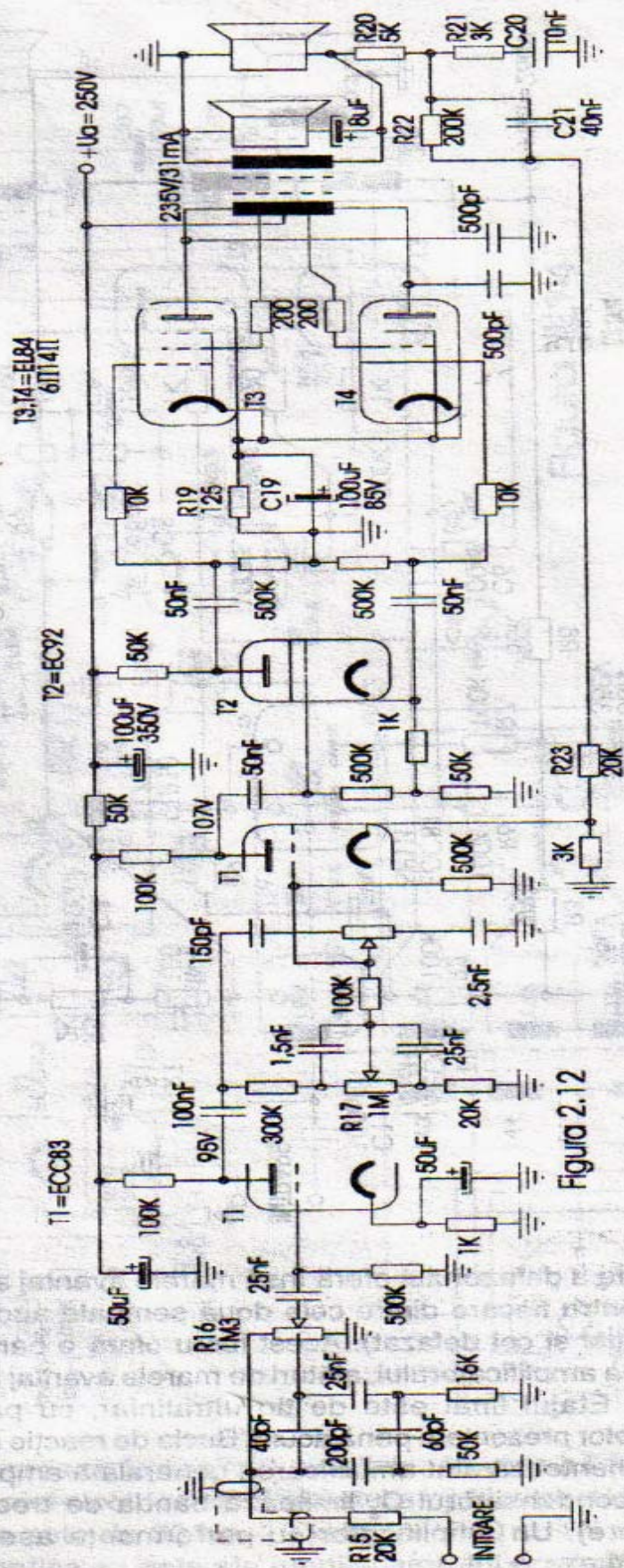


Figura 2.12

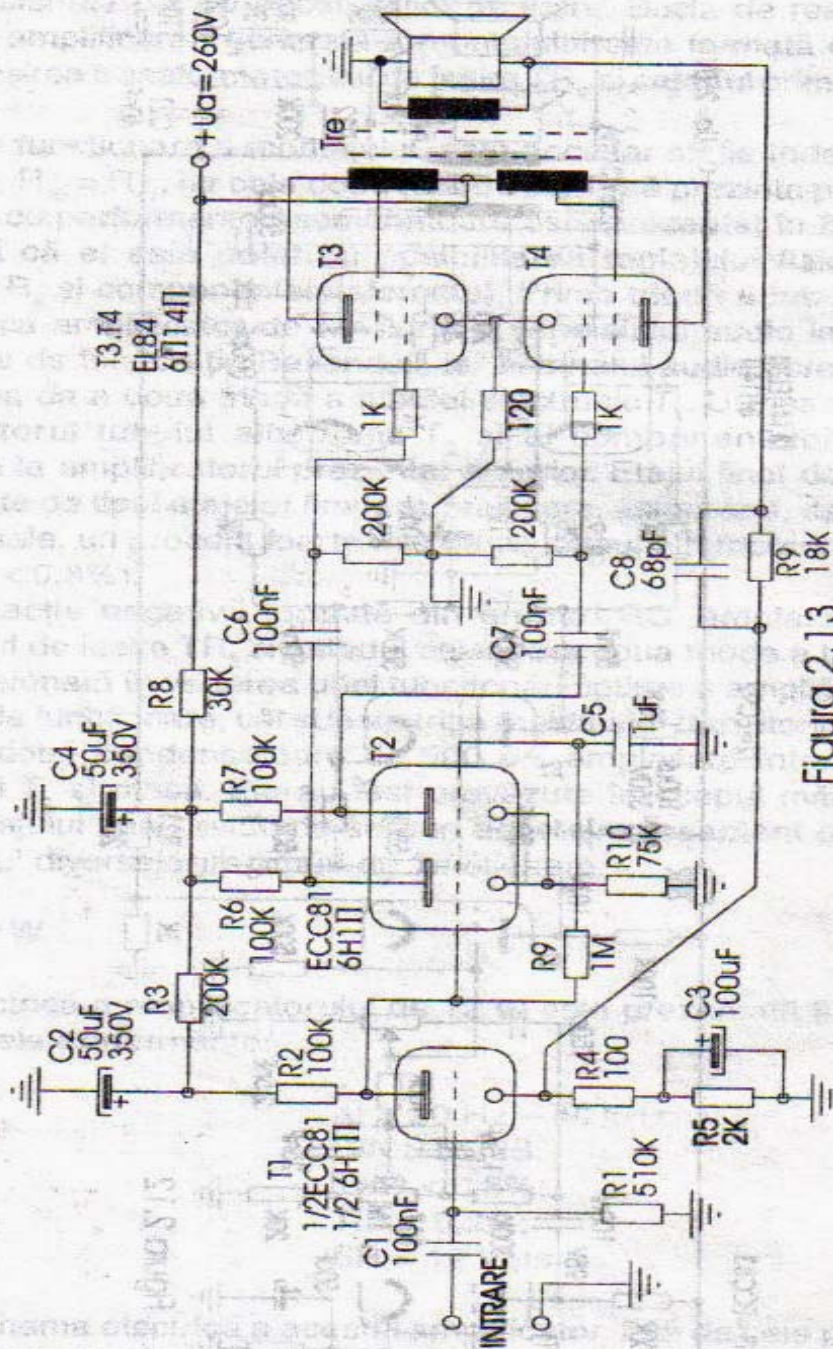


Figura 2.13

Această configurație a defazorului oferă însă marele avantaj al unei impedanțe de ieșire constante pentru fiecare dintre cele două semnale audio amplificate de dubla triodă T_2 (cel inițial și cel defazat). Acest lucru oferă o bandă de trecere în frecvența foarte lărgită a amplificatorului, alături de marele avantaj al unei amplificări mari fără distorsiuni. Etajul final este de tip ultralinier, cu particularitățile și funcționarea similare celor prezentate până acum. Bucla de reacție negativă, formată din grupul $R_8 C_6$, reglementează atât amplificarea generală a amplificatorului cât și stabilitatea acestuia (condensatorul C_8 limitează banda de trecere în domeniul frecvențelor ultrasonore). Un amplificator cu performanțe asemănătoare este prezentat în **figura 2.14**.

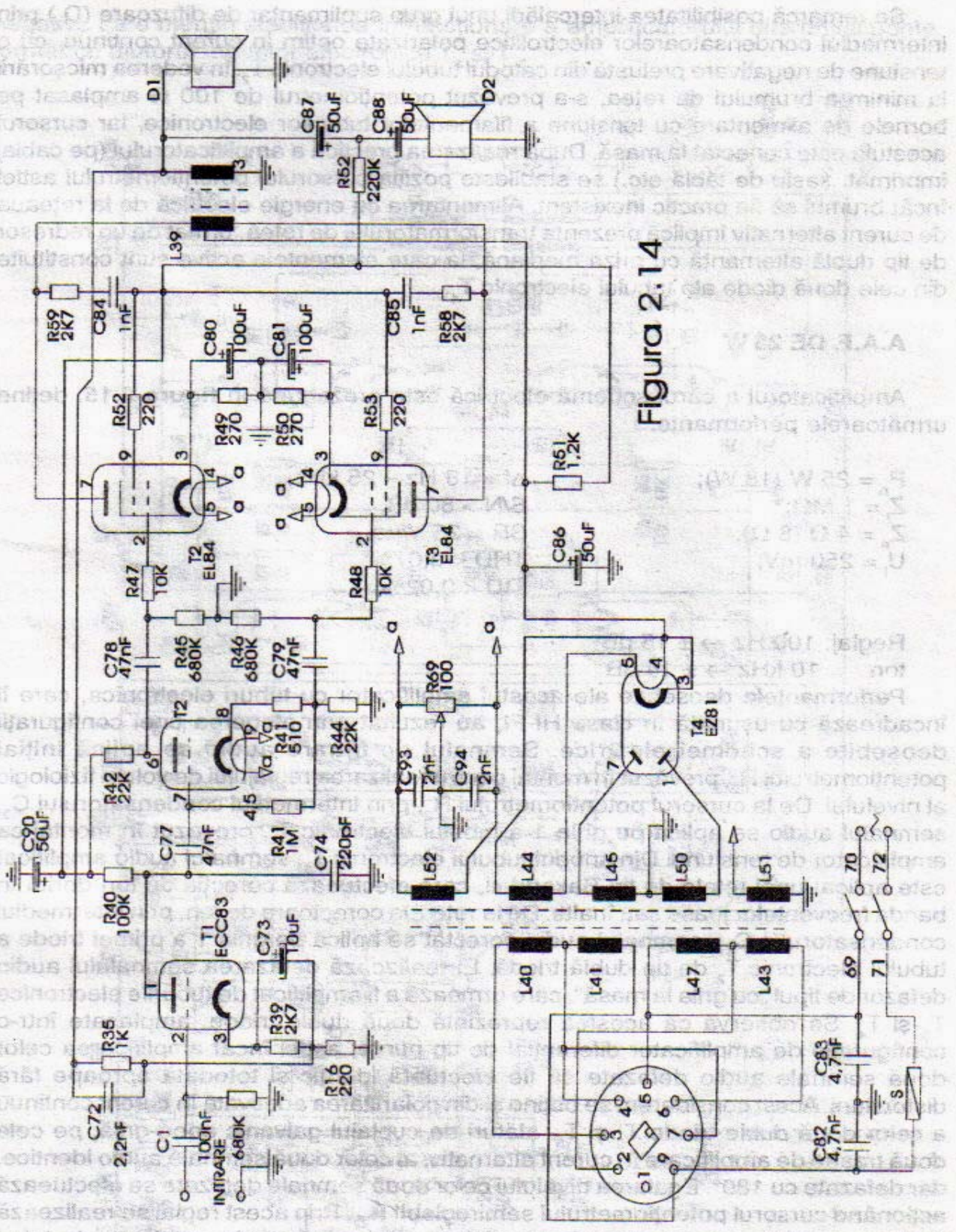


Figura 2.14

Deși nu se lucrează în regimul ultralinier al etajului final, componentele și configurația schemei electrice oferă acestui amplificator performanțe foarte bune. Banda de trecere este de 30 Hz÷20 kHz, iar THD < 1%, în rest performanțele electrice fiind identice cu cele ale amplificatorului prezentat în figura 2.13.

Se remarcă posibilitatea intercalării unui grup suplimentar de difuzoare (D_2) prin intermediul condensatoarelor electrolitice polarizate optim în curent continuu, cu o tensiune de negativare preluată din catodul tubului electronic T_2 . În vederea micșorării la minim a brumului de rețea, s-a prevăzut potențiometrul de 100Ω amplasat pe bornele de alimentare cu tensiune a filamentelor tuburilor electronice, iar cursorul acestuia este conectat la masă. După realizarea practică a amplificatorului (pe cablaj imprimat, șasiu de tablă etc.) se stabilește poziția cursorului potențiometrului astfel încât brumul să fie practic inexistent. Alimentarea cu energie electrică de la rețeaua de curent alternativ implică prezența transformatorului de rețea, urmat de un redresor de tip dublă alternanță cu priza mediană, la care elementele active sunt constituite din cele două diode ale tubului electronic T_4 .

A.A.F. DE 25 W

Amplificatorul a cărui schemă electrică este prezentată în **figura 2.15**, deține următoarele performanțe:

$$\begin{aligned} P_n &= 25 \text{ W (18 W);} \\ Z_i &= 1 \text{ M}\Omega; \\ Z_e &= 4 \Omega \text{ (8 } \Omega); \\ U_i &= 250 \text{ mV;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta f &= 18 \text{ Hz} - 25 \text{ kHz;} \\ S/N &> 80 \text{ dB;} \\ SR &= 25 \text{ V}/\mu\text{s.} \\ THD &< 0,07\%; \\ TID &< 0,02\%; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reglaj: } 100 \text{ Hz} &\rightarrow \pm 15 \text{ dB} \\ \text{ton } 10 \text{ kHz} &\rightarrow \pm 14 \text{ dB} \end{aligned}$$

Performanțele deosebite ale acestui amplificator cu tuburi electronice, care îl încadrează cu ușurință în clasa HI-FI, au rezultat prin alegerea unei configurații deosebite a schemei electrice. Semnalul de intrare audio se aplică inițial potențiometrului R_2 , prevăzut în montaj pentru realizarea reglajului de volum fiziologic al nivelului. De la cursorul potențiometrului R_2 , prin intermediul condensatorului C_3 , semnalul audio se aplică pe grila 1 a tubului electronic T_1 , prevăzut în montaj ca amplificator de tensiune. Din anodul tubului electronic T_1 , semnalul audio amplificat este aplicat unei rețele de tip Baxandall, care efectuează corecția de ton dorită în banda frecvențelor joase sau înalte. De la rețeaua corectoare de ton, prin intermediul condensatorului C_{11} , semnalul audio corectat se aplică pe grila 1 a primei triode a tubului electronic T_2 de tip dublă triodă. El realizează defazarea semnalului audio defazor de tipul „cu grila la masă”, care urmează a fi amplificat de tuburile electronice T_3 și T_4 . Se observă că acestea reprezintă două duble triode, amplasate într-o configurație de amplificator diferențial de tip punte, astfel încât amplificarea celor două semnale audio defazate să fie efectuată identic și totodată aproape fără distorsiuni. Acest considerent se obține și din polarizarea adecvată în curent continuu a celor două duble triode T_2 și T_3 , alături de cuplajul galvanic anod-grilă, pe cele două trasee de amplificare în curent alternativ, al celor două semnale audio identice, dar defazate cu 180° . Egalarea nivelului celor două semnale defazate se efectuează acționând cursorul potențiometrului semireglabil R_{22} . Prin acest reglaj se realizează de fapt egalitatea dintre curenții catodici ai celor două triode conținute de tubul electronic T_2 . Diferența de potențial de 5 V dintre grilele și catodii tuburilor T_3 și T_4 ($U_{\text{anod } T_3} = 100 \text{ V}$, $U_{\text{grilă } T_4} = 105 \text{ V}$), necesară polarizării optime a dublei triode din tubul T_4 , se obține modificând (dacă este necesar) în limitele de $\pm 10\%$ valoarea rezistenței R_{32} ($R_{32} = 75 \text{ k}\Omega \pm 10\%$). Condensatoarele C_{15} și C_{16} reprezintă reacții

negative care mențin stabilitatea în funcționare a amplificatorului diferențial punte, format cu ajutorul tuburilor electronice T_3 și T_4 .

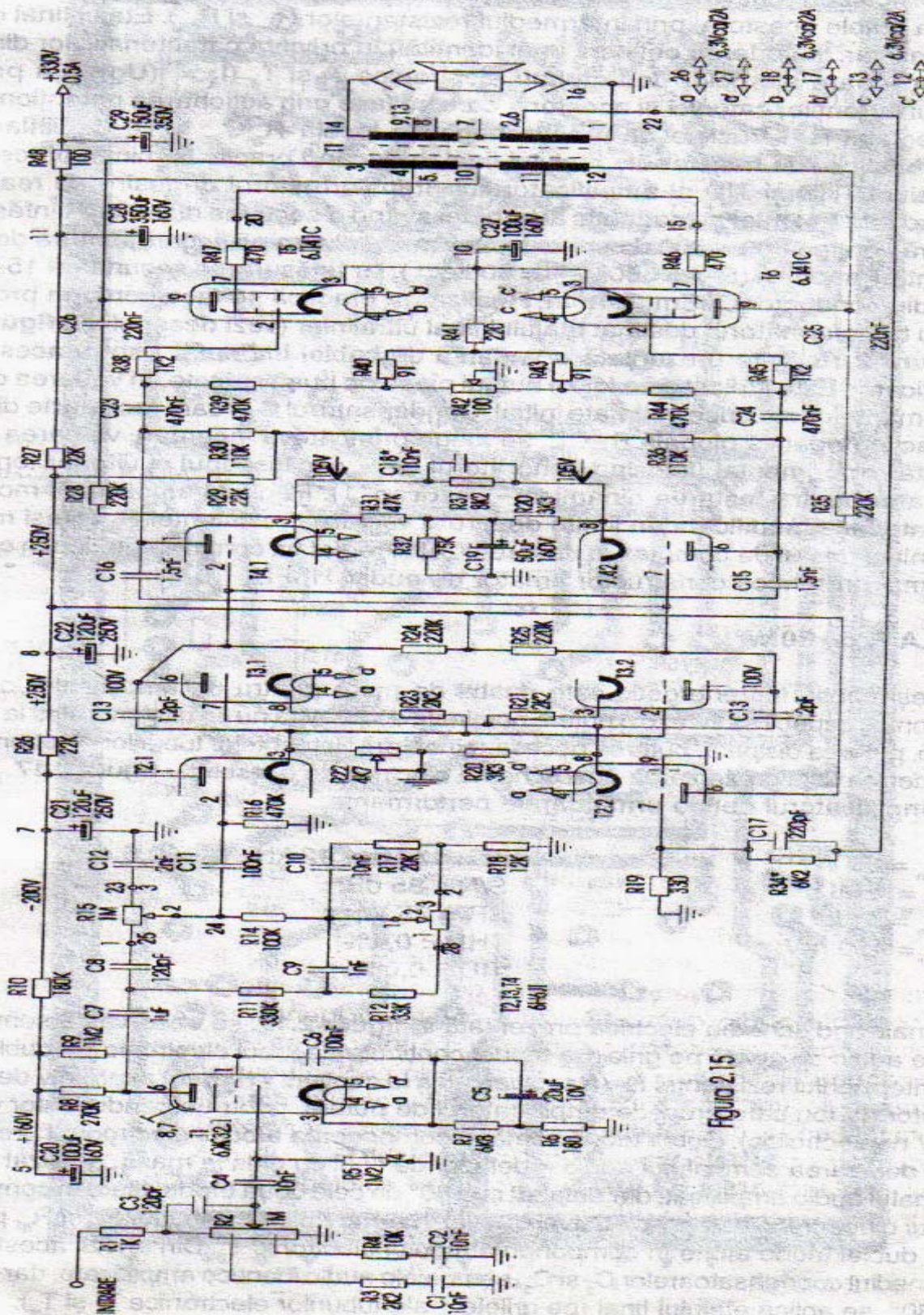


Figura 2.15

Din anozii dublei triode conținute de tubul electronic T_4 , prin intermediul condensatoarelor C_{23} și C_{24} , cele două semnale audio alternative defazate cu 180° și amplificate în tensiune se aplică etajului final, care conține tuburile electronice T_5 și T_6 (la grilele acestora, prin intermediul rezistențelor R_{38} și R_{45}). Etajul final este de tip ultralinier. În vederea obținerii unei identități în privința caracteristicilor dinamice de funcționare ale celor două tuburi electronice T_5 și T_6 ($I_A = f(U_g)$) s-a prevăzut reglajul curenților catodici ai acestora, care se face prin acționarea potențiometrului semireglabil R_{42} . Buclele de reacție negativă locală $R_{28}C_{26}$ și $R_{35}C_{25}$ liniază caracteristicile de transfer ale etajului final, reducând practic la minim procentul de distorsiuni THD și TID al amplificatorului. Transformatorul de ieșire se realizează folosind tole E+I miezul magnetic al bobinei având o secțiune de 10 cm^2 . Înfășurarea primară conține $600 + 800$ de spire de CuEm $\varnothing 0,2 \text{ mm}$ pe fiecare ramură destinată alimentării anodice ($5-4 = 600$, $4-3 = 800$ etc.), iar înfășurarea secundară $15+15+15$ spire din conductor CuEm $\varnothing 1 \text{ mm}$. Realizarea practică se face conform procedurii pentru transformatorul destinat etajului final ultralinier (vezi desenul din figura 2.9.) În figura 2.16. este prezentată o variantă de cablaj imprimat pentru acest tip de amplificator. Este indicat a se folosi numai piese de bună calitate, în vederea obținerii performanțelor electrice estimate inițial. Condensatorul C_{47} , care face parte din bucla de reacție negativă globală $R_{34}C_{17}$, se alege prin câteva încercări, valoarea lui fiind stabilită experimental (folosind generatorul GAF, osciloscopul și ulterior tone-burst generator pentru testarea dinamică – vezi cap. 1). Reglajul amplificării montajului se poate face modificând în limite de $\pm 10\%$ valoarea rezistenței R_{34} . Deși montajul pare inițial destul de complex, o dată realizat și reglat va confirma pe deplin cerințele celui mai pretențios constructor amator de audiții HI-FI.

A.A.F. de 30 W

Deși consumul energetic este destul de mare pentru un amplificator cu tuburi electronice capabil să livreze o putere nominală de 30 W (a nu se uita, mai ales la varianta stereo, puterea disipată, puterea necesară încălzirii filamentelor tuburilor electronice etc.) considerăm utilă prezentarea unei scheme electrice de acest tip – figura 2.17.

Amplificatorul deține următoarele performanțe:

$$P_n = 30 \text{ W};$$

$$Z_i = 1 \text{ M}\Omega;$$

$$Z_o = 4 \Omega;$$

$$U_i = 450 \text{ mV};$$

$$\Delta f = 18 \text{ Hz} - 22 \text{ kHz} (A = 0,5 \text{ dB});$$

$$S/N = 85 \text{ dB};$$

$$SR = 25 \text{ V}/\mu\text{s};$$

$$\text{THD} < 0,4\%;$$

$$\text{TID} < 0,08\%;$$

Analizând schema electrică prezentată în figura 2.17. se observă că semnalul de intrare audio se aplică pe grila 1 a triodei conținute de tubul electronic T_1 (dublă triodă) prin intermediul rezistenței R_1 (a se avea grijă la cuplajul în curent alternativ de la etajul corector de ton care precede amplificatorul de putere, printr-un condensator de $1 \mu\text{F}/250 \text{ V}$ neelectrolitic). Dubla triodă aflată în componența tubului electronic T_1 realizează inițial defazarea semnalului audio – defazor de tipul cu grila la masă, analizat anterior. Semnalul audio amplificat, dar defazat cu 180° de cele două triode aflate în componența tubului electronic T_1 , se aplică galvanic, prin intermediul rezistențelor R_8 și R_9 , pe grilele 1 ale dublei triode aflate în componența tubului electronic T_2 . Din anozii acestora, prin intermediul condensatoarelor C_2 și C_3 , semnalele audio identice amplificate, dar defazate cu 180° , se aplică etajului final (pe grilele 1 ale tuburilor electronice T_3 și T_4).

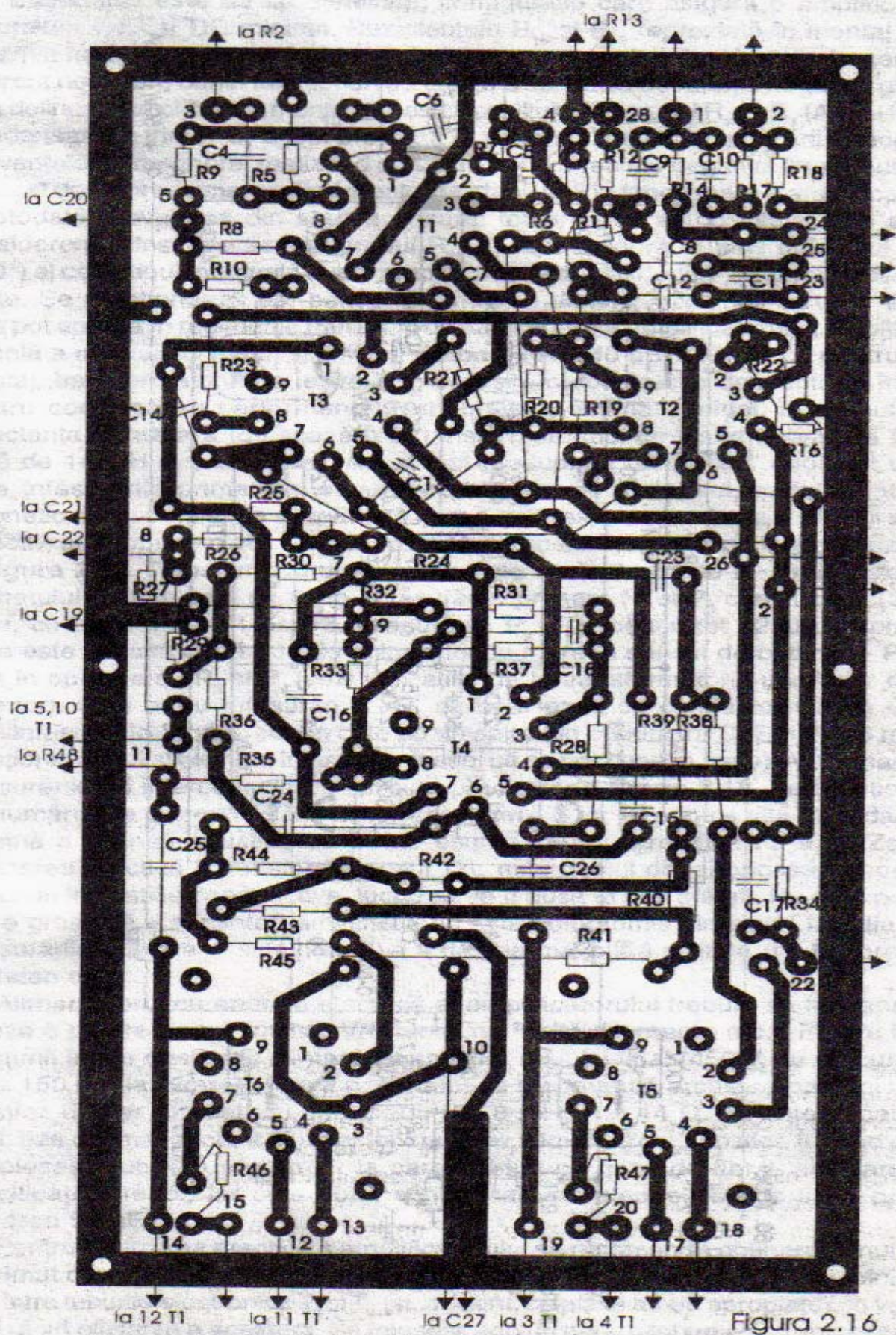
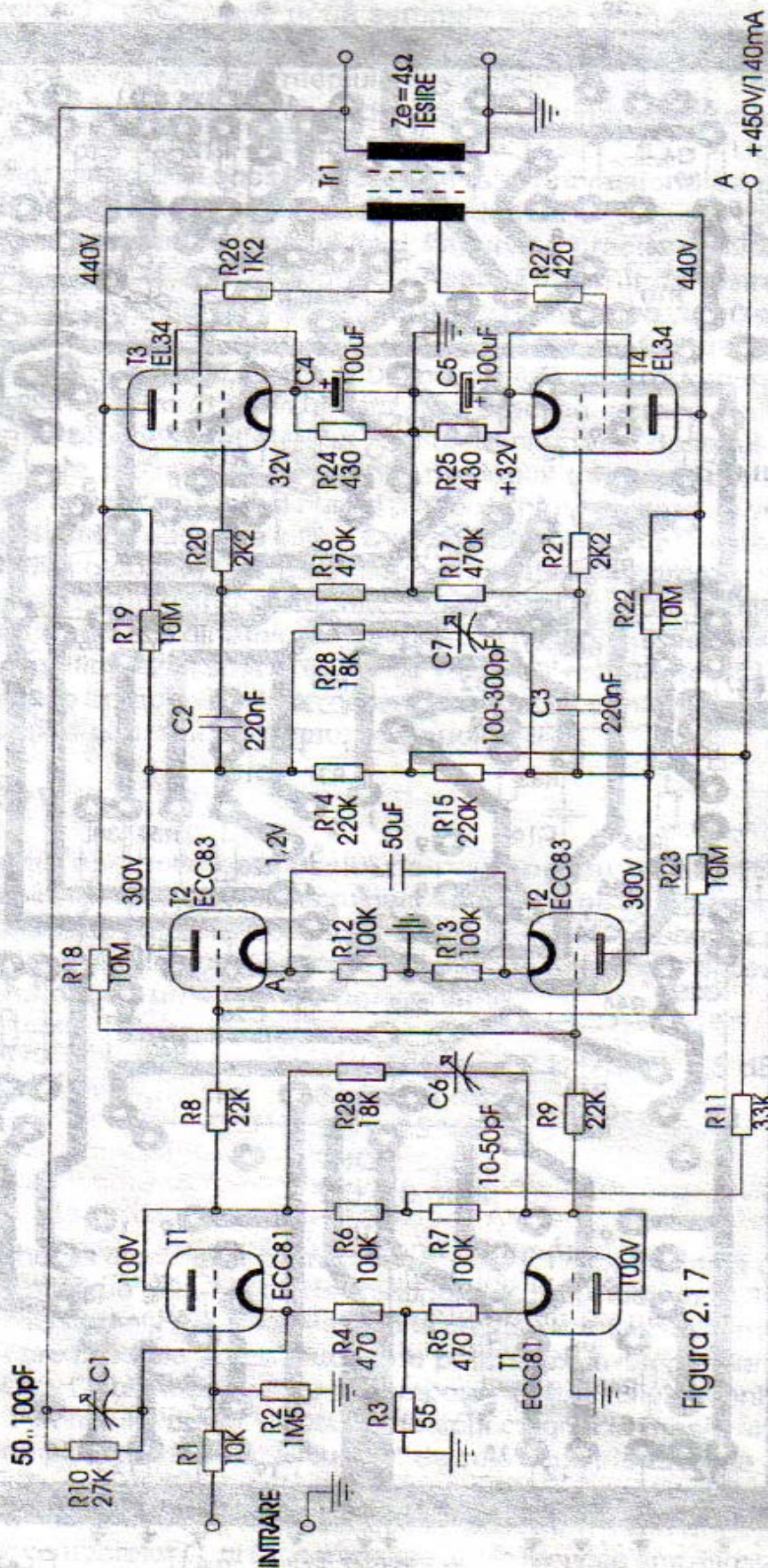


Figura 2.16



Etajul final este de tip ultraliniar, configurație care asigură o amplificare cu distorsiuni THD și TID minime. Rezistențele R_{18} și R_{19} reprezintă în montaj reacții negative locale, care contribuie la liniarizarea caracteristicilor de transfer tensiune – curent necesare bunei funcționări a etajului final. Bucla de reacție negativă globală, care definește amplificarea montajului, este constituită din grupul $R_{10}C_1R_4$ ($A = 1 + R_{10}/R_4$). Condensatorul trimer C_1 a fost prevăzut în vederea limitării amplificării în domeniul frecvențelor ultrasonore, realizând concomitent și o reacție negativă foarte puternică în acest domeniu, urmarea fiind creșterea stabilității în funcționare a amplificatorului și totodată prevenirea din start a oricărei tendințe de autooscilație. Din același considerent a fost prevăzut și grupul $R_{28}C_6$, care asigură în plus defazajul corect (180°) al celor două semnale audio amplificate de dubla triodă T_1 în zona frecvențelor înalte. Se menționează că, pentru diminuarea distorsiunilor neliniare de tip TID, care pot apărea în regimurile tranzitorii de funcționare a amplificatorului, amplificarea globală a montajului a fost stabilită la valoarea $A = 40$ dB. Desigur că pentru acest montaj, transformatorul de ieșire TR_E necesită o construcție deosebit de îngrijită, pentru confirmarea performanțelor montajului estimate inițial. În primul rând, inductanța parazitară (de scăpări) a transformatorului de ieșire trebuie să fie mai mică de 14 mH ($L_s < 14$ mH). Acest fapt presupune un „cuplaj” deosebit de bun între înfășurările primare și secundare ale transformatorului, astfel încât fluxul magnetic de dispersie (de scăpări) să fie redus la minim. În vederea realizării acestui obiectiv, se propune o construcție practică a transformatorului de ieșire, prezentată în **figura 2.18**. Transformatorul de ieșire este realizat cu tole E-16, iar grosimea pachetului de tole este de 6 cm. Înfășurările primare P_1 și P_3 conțin câte 1250 de spire, cu prize după 714 spire. Înfășurările P_2 și P_4 conțin tot 1250 de spire, dar priza este scoasă după 536 de spire. Atenție mare la sensul de bobinaj – P_1 și P_2 sunt în opoziție cu P_3 și P_4 (vezi indicațiile de la transformatorul ultraliniar descris anterior). Cele patru înfășurări P_1 – P_4 se bobinează cu conductor CuEm $\varnothing 0,15$ mm. Înfășurările S_1 și S_2 conțin câte 85 de spire din conductor CuEm $\varnothing 0,6$ mm. Se menționează că și ele sunt în opoziție (astfel că se pot pune în serie). Amplasamentul înfășurărilor și interconectarea lor sunt precizate în **figura 2.18**. Se menționează că numărul de spire al înfășurărilor secundare S_1 și S_2 pentru altă impedanță de sarcină a incintei acustice se poate estima conform relației: $n_2 = 35/Z_s$. Deși realizarea practică a transformatorului TR_E este destul de laborioasă, respectând întocmai indicațiile constructive, lucrarea va fi dusă la bun sfârșit. Nu este permisă nici o greșală – altminteri amplificatorul este compromis din start! Izolația dintre înfășurările primare și secundare va fi de cea mai bună calitate (triafol, preșpan-hostafan etc.).

Alimentatorul cu energie electrică al amplificatorului trebuie să fie capabil să livreze o putere de minim 140 VA (tensiune înaltă, filamente etc.). Pentru filtrajul tensiunii înalte destinate alimentării anozilor etajului final (450 V, cu un curent de circa 150 mA la livrarea puterii nominale) se recomandă amplasarea unei bobine cu miez de fier (drosel) cu parametrii $L = 8$ mH, $R = 14 \Omega$. Ea este capabilă să realizeze cel mai eficient filtraj al tensiunii de alimentare a anozilor. În mod practic se folosește un filtru de tip II, la care bobina cu miez de fier L are parametrii specificați anterior, iar cele două condensatoare electrolitice de filtraj prezintă valoarea 50 μ F/630 V.

Pentru realizarea practică a amplificatorului se recomandă obținerea unui cablaj imprimat corespunzător, lăsând distanța de circa 100 mm între triode și minim 200 mm între tuburile electronice T_3 și T_4 (și, evident, celelalte tuburi apropiate), în vederea unei răcirii eficiente a acestora. Se folosesc socluri pentru tuburi electronice realizate

din material ceramic. Nu se recomandă traseele de cablaj imprimat pentru alimentarea filamentelor (se utilizează conductoare din CuEm $\varnothing 1$, împletite, cu izolație de tip PE). A nu se uita prezența în montaj (nespecificată în schema electrică) a potențiometrului antibrum.

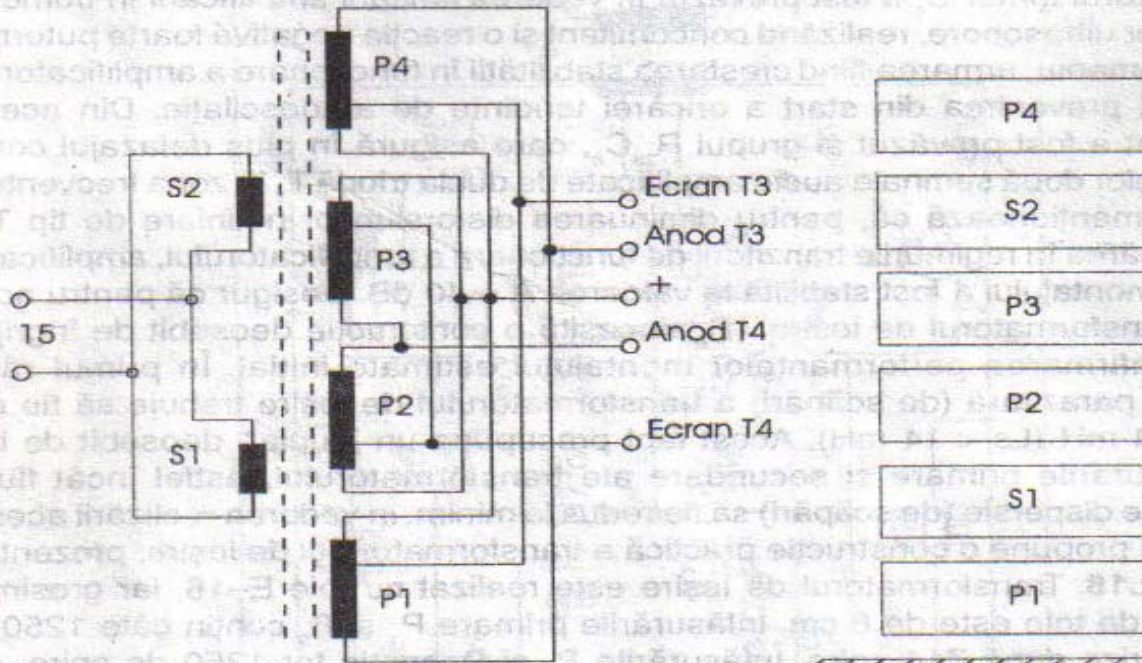


Figura 2.18

Documentatie pusa la dispozitie de *Dj Steel*

Scanare: *Dj Steel*

Prelucrare grafica: *Dj Dog*

Give life to music, use tubes!!!

Spor la construit!!!