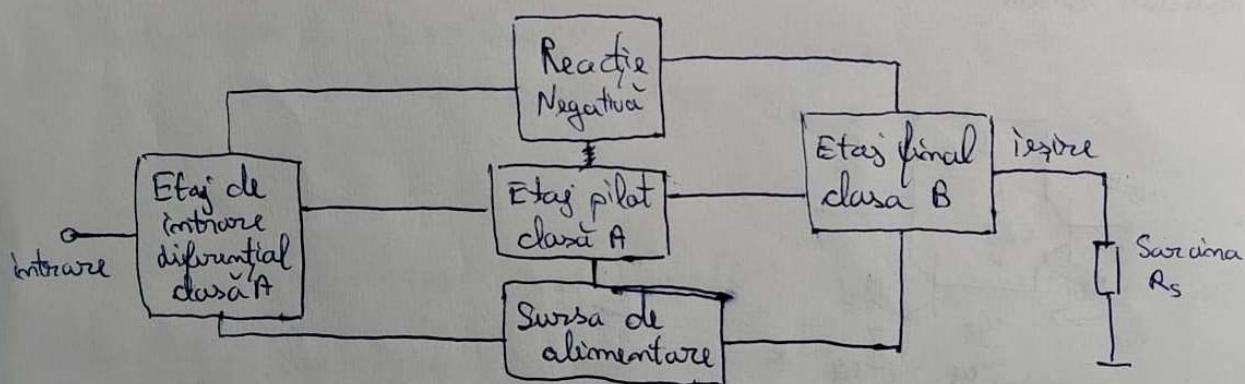


AMPLIFICATOR AUDIO DE PUTERE

2.1. TEMA DE PROIECTARE

Se referă la un amplificator de audiofreqvență de mare putere realizat dintr-un etaj de ieșire în clasa B polarizat cu ajutorul etajului pilot care lucrează în clasa A. Pentru asigurarea unui curent mare de ieșire tranzistorul final este realizat din două tranzistoare în conexiune Darlington.

Amplificarea în tensiune și adaptarea cu sursa de semnal de intrare este realizată cu ajutorul etajului de intrare de tip differential care lucrează de asemenea în clasa A. Amplificarea globală a amplificatorului este stabilită prin intermediul reacției negative.



Schema bloc.

Set de date utilizat

Nr g.	Amplificator					Sursă de alimentare	
	Pd(W)	R _s (Ω)	R _l (Ω)	A _v (-)	I _{cm} (A)	R _{om} (Ω)	
9.	40W	4	30	11	6,5	5,8	

10-20W
10W

$V_b = \frac{V_b}{V_s}$
(f.differential)

Principali parametri ai amplificatorului audio de putere sunt:

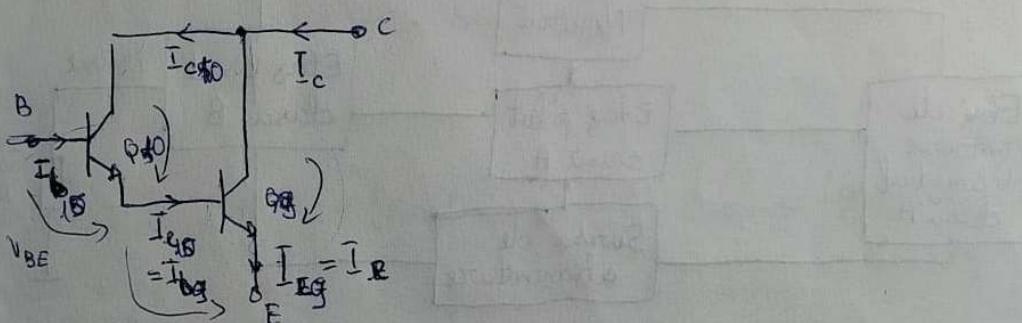
- Puterea nominală pe sarcină $P_S(W)$
- Resistența de sarcină $R_S(\Omega)$
- Resistența de intrare $R_I(k\Omega)$
- Amplificarea în tensiune $A_V(-)$

Sursa de alimentare va asigura următorii parametri:

- Curentul maxim $I_{om}(A)$
- Resistența de ieșire maximă $R_{out}(\Omega)$
- Tensiunea de alimentare este $220V_{ac} \pm 10\%$

Etajul final

- Realizat cu două tranzistori bipolar complementare în conexiune colector comun.



Q_5, Q_7 le considerăm în RAN

$$\left. \begin{aligned} V_{BE} &= V_{BE5} + V_{BE7} > 0 \\ &> 0 &> 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow RAN$$

$$V_{CE} = V_{CE5} = V_{CE7} + V_{BE7} > 0$$

$$\begin{aligned} \text{Pt. } I_{CBO} &= 0 \Rightarrow I_C = I_{C5} + I_{C7} = \beta_{F5} I_{B5} + \beta_{F7} I_{B7} = \beta_{F5} I_{B5} + \beta_{F7} I_{E5} = \\ &= \beta_{F5} I_{B5} + \beta_{F7} \frac{\beta_{F7} + 1}{\beta_{F7}} I_{C5} = \beta_{F5} I_{B5} + \beta_{F7} \frac{\beta_{F7} + 1}{\beta_{F7}} \beta_{F5} I_{B5} = \end{aligned}$$

$$= \beta_{F5} I_{B5} \left(1 + \beta_{F7} \frac{\beta_{F7} + 1}{\beta_{F7}} \right) = \beta_{F5} I_B \left(1 + \beta_{F7} \frac{\beta_{F7} + 1}{\beta_{F7}} \right)$$

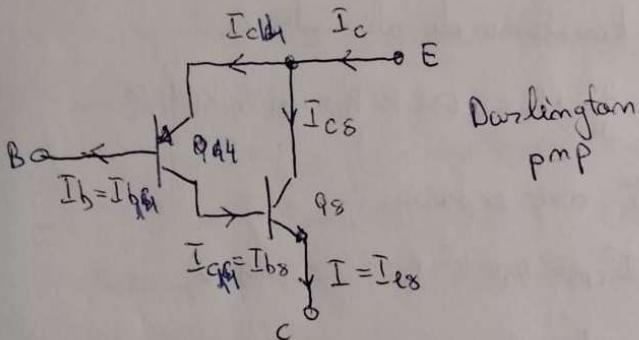
$$\beta_F = \frac{I_C}{I_B} = \beta_{F5} \left(1 + \beta_{F7} \frac{\beta_{F7} + 1}{\beta_{F7}} \right) \approx \beta_{F5} \cdot \beta_{F7}$$

$\beta_F \approx \beta_{T14} \cdot \beta_{T15} = \text{marea (avantaj)}$

$$h_{AB} = \frac{V_{BE}}{I_B} = \frac{V_{BE15} + V_{BE14}}{I_{BS}} = \text{marea (avantaj)}$$

$V_{CEsat} = V_{CEg sat} = \text{nu se modifica (avantaj)}$

$$V_{BE} = 2 V_{BEg} = 2 V_{BEG} = \text{marea } \cancel{\text{sat}} \text{ (dezavantaj)}$$



$$\text{D14, Q8} \rightarrow \text{RAN} \Rightarrow V_{EB} = V_{EB14} > 0 \quad | \Rightarrow +$$

$$V_{EC} = V_{CE8} = V_{EC14} + V_{BE8} > 0 \quad | \Rightarrow +$$

$$I_{CB0} = 0 \Rightarrow$$

$$I_C = I_{EB} = (\beta_{T14} + 1) I_{BS} = (\beta_{T14} + 1) I_{Q14} = (\beta_{T14} + 1) \beta_{T15} I_{B15} = (\beta_{T14} + 1) \beta_{T15} I_B$$

$$\beta_F = \frac{I_C}{I_B} = (\beta_{T14} + 1) \beta_{T15} \approx \beta_{T14} \cdot \beta_{T15} \text{ (marea} \rightarrow \text{avantaj)}$$

$$h_{AB} = h_{AB6}, V_{EB} = V_{EB14}, V_{EC} = V_{EE8} = V_{EQ14} + V_{BE8}$$

$$V_{EC, \text{sat.}} = V_{EC14, \text{sat.}} + V_{BE8} = 0,2 + 0,6 = 0,8 \text{ V}$$

$$\text{Puterea dissipată de transistorei finali } Q_3, Q_8 \quad P = \frac{E_C^2}{R} \Rightarrow E_C = \sqrt{P \cdot R}$$

$$E_C = 6,3245 \text{ V}$$

$P_o = 10 \text{ W}$ (obtinută la ieșire)

$$P_o = E_C \cdot I_{CM} \Rightarrow E_C = \frac{P_o}{I_{CM}} = \frac{10}{3} = 4 \text{ V}$$

$$I_{CM} = 3 \text{ A (pt. } K=0,636)$$

Puterea absorbită de la surse de alimentare este:

$$P_a = 2 E_C \cdot I_{med} \Rightarrow P_a = 2 \cdot 6,3245 \cdot 0,60764 = 7,6860 \text{ W}$$

$$I_{med} = K \frac{1}{T} \int_{0}^{T/2} I_{CM} \cdot \sin \frac{2\pi t}{T} dt = K \frac{I_{CM}}{\pi} = 0,636 \cdot \frac{3}{\pi} = 0,60764 \text{ A}$$

K -factorul de utilizare a tensiunii de alimentare.

$$P_a = 2 E_C \cdot I_{med} = 2 E_C \cdot K \frac{I_{CM}}{\pi} = \frac{2K}{\pi} \cdot P_o = 0,636 \cdot K \cdot P_o = 4,04496 \text{ W}$$

Puterea nominală pe sarcină are expresia:

$$P_S = \frac{1}{2} R_S (K \cdot I_{CM})^2 = \frac{1}{2} R_S \cdot K^2 \cdot I_{CM}^2 = 0,5 \cdot K^2 \cdot P_o = 2,02248 \text{ W}$$

Puterea dissipată de transistorei finali este:

$$P_d(Q_3 + Q_8) = P_a - P_S = (0,636K - 0,5K^2) \cdot P_o = 2,02248 \text{ W}$$

$$\text{Randamentul } \eta = \frac{P_S}{P_a} = \frac{0,5 \cdot K^2 \cdot P_o}{0,636 \cdot K \cdot P_o} = 0,785 \cdot K = 0,49926$$

$$P_{dmax}(Q_3, Q_8) = [0,636^2 - 0,5 \cdot (0,636)^2] \cdot P_o = 0,2 \cdot P_o = 2 \text{ W}$$

$$K = 0,636$$

Pt. un singur transistor final

$$P_{dmax}(Q_3, Q_8) = \frac{1}{2} (0,636 \cdot K - 0,5K^2) \cdot P_o \quad \text{pt } K = 0,36$$

$$P_{dmax}(Q_3, Q_8) = 0,1 P_o = \frac{2}{0,36} = 1,05555 \text{ W}$$

Dimensionarea componentelor etajului final.

1. $P_S = \frac{I_S^2 \cdot R_S}{2} = \frac{I_S \cdot V_S}{2} \Rightarrow I_S = \sqrt{\frac{2 \cdot P_S}{R_S}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10}{4}} = \sqrt{5} = 2,236 \text{ A}$

$$V_S = R_S \cdot I_S = 4 \cdot 2,236 = 8,94427 \text{ V}$$

(Determinarea valorilor de varf ale curentului și tensiunii pe sarcină)

2. Se admite o pierdere de putere de maxim 10% pe rezistențele de emitor R_{28}, R_{29}

$$V_{R_{28}} = V_{R_{29}} = R_{28} \cdot I_S = 1,15103 \text{ V } 1,05092 \text{ V}$$

$$V_{R_{28}} = V_{R_{29}} = R_{29} \cdot I_S = 1,15103 \text{ V } 1,05092 \text{ V}$$

$P_{d,R_{28},R_{29}} \leq \frac{I_S \cdot V_{R_{28}}}{4} = 0,5874 \text{ W} \Rightarrow$ Se preferă ca R_{28}, R_{29} să aibă o putere nominală de 1W.

3. Se alege rezistența pt. circuitul de protecție la suprascarcină.

$$\text{Rezistorul } R_E = R_{40, R_{30}, R_{31}} = 0,156 \text{ ohm}, V_R = R_E \cdot I_S = 0,3803 \text{ V } (= V_{RE})$$

$$P_{d,R_E} = \frac{I_S \cdot V_R}{2} = 0,39163 \text{ W}, \text{ Se alege fiecare rezistor de } 0,250 \text{ W.}$$

4. Se aleg tranzistorii finali.

S-a optat pentru tranzistori finali bipolari de putere de tip MJ1531C/TO urând următorii parametri:

$$P_{tot} = 15 \text{ W}, V_{CEO}, V_{CEQ} = 180 \text{ V } I_C = 3 \text{ A}$$

$$h_{FE} = 20 \quad V_{BE} < 1,8 \text{ V } V_{CB} = 1,2 \text{ V}$$

$$f_T \text{ min} < 3 \text{ MHz}$$

5. Verificarea la străpungere a tranzistorilor finali.

$$E_C \leq 0,9V_{CER}, \quad E_C = 6,324V \leq 90 = 0,9V_{CER}$$

6. Determinarea tensiunii reziduale pe darlingtonul mpn

$$V_{rez} = V_{CESQ} + V_{BEQ_8} \underset{\text{(Datasheet)}}{\max} = (0,7 + 1,8 = 2,5V)$$

$$\beta_{Q_9, Q_8} = 20 \Rightarrow I_{BQ_9, Q_8} = \frac{I_{CQ_9, Q_8}}{\beta_{Q_9, Q_8}} = \frac{I_S}{\beta_{Q_9, Q_8}} = \frac{2,336}{20} =$$

În funcție de I_{BQ_9, Q_8} se aleg Q_{10}, Q_{14} ($BC817-25$, $BC807-25$).

Pentru $BC817$, $V_{CESQ} \approx 0,7V$.

~~$$V_{rez} = 0,7 + 1,8 = 2,5V$$~~

7. Determinarea tensiunii de alimentare.

$$E_C \geq V_S + V_{R_L} + V_{R_{23}} + V_{rez} = 15,28 = E_C' = 12,845V$$

Se alege $E_C = 15V > E_C'$

8. Calculul energetic al tranzistorilor finali

$$P_o = E_C \cdot I_{CM} = E_C \cdot I_S = 28,428W$$

$$\text{Kg} \frac{E_C'}{E_C} = 0,8563$$

$$P_a = 0,636 \cdot K \cdot P_o = 15,6448W$$

$$P_S = \frac{1}{2} \cdot K^2 \cdot P_o = 10,528W$$

$$P_d = P_a - P_S = 5,1176W$$

Puterea dissipată pe un tranzistor final este maximă pt. $K = 0,636$
este $P_{dmaxQ_9} = P_{dmaxQ_8} = 0,1 \cdot P_o = 2,8721W$

Puterea dissipată pe un tranzistor final este maximă pt $K=0,636$:
este maximă $P_{d\max Q_9} = P_{d\max Q_8} = 0,1 \cdot P_0 = 14,5 \text{ W}$ $\underline{Q,8721 \text{ W}}$

$$P_{d Q_9}, Q_8 = 0,5(0,636K^2 - 0,5K^2)P_0 = \cancel{14,5 \text{ W}} = 0,5(0,46634 - 0,36662) = \\ = 0,04986 \text{ W}$$
 $\eta = 0,785 \cdot K = 0,785 \cdot 0,8563 = 0,6721 \underline{\%} = 67,21\%$

9. Dimensionarea rezistențelor R_{26} și R_{27} .

Se aleg $R_{26}, R_{27} = 33 \Omega$, toleranță ± 5

$$I_{cmQ10} = I_{BEMQ_9} + I_{R26} = I_{BEMQ_9} + \frac{V_{BEMQ_9}}{R_{26}} = 60 + \frac{1,8}{0,033} = 114,545 \text{ mA}$$
 $I_{cmQ_9} = \frac{3000 \cdot 60 \text{ mA}}{60} = 3000 \text{ mA}$

10. Estimarea sarcinii dinamice pt. Q_{10}, Q_{14} .

$$R_{ST10} = [h_{11Q_9} + \beta_{Q_9}(R_S + R_E + R_{28})] \parallel R_{26}$$

$$h_{11Q_9} = \frac{V_{BEMQ_9}}{I_{BQ_9}} \approx \frac{1,8}{60 \text{ mA}} = 30 \Omega$$

$$R_{ST} = [(30 + 10 \cdot (4 + 0,156 + 0,47))] \parallel \cancel{0,75} 33 \Omega$$

$$R_{ST} = 23,0329 \Omega$$

11. Calculul energetic al tranzistorilor complementari

$$P_0 = I_{cmQ10} \cdot E_C = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ W}$$

$$P_{d\max} = 0,1 P_0 = 0,75 \text{ W}$$

Tranzistorurile BC817, BC807 corespund, cu următoărui parametru:

$$V_{CEO} = 45 \text{ V}$$

$$I_C = 500 \text{ mA}$$

$$P_{tot} = 4,60 \text{ mW}$$

$$V_{CE(R)} = 50 \text{ V}$$

$$I_{cm} = 500 \text{ mA}$$

$$f_T = 100 \text{ MHz}$$

$$V_{EB} = 5 \text{ V}$$

$$I_B = 12,5 \text{ mA}$$

$$R_{thj-C} \leq 1$$

$$h_{21E} = 40 \div 600$$

$$T_j = 150^\circ \text{C}$$

12. Calculul frecvenței de tăiere.

$$\omega_T = \beta_0 \cdot \omega_p$$

$$\text{Pf. } Q_8, Q_5 \quad f_p \geq 100 \div 500 \text{ kHz}$$

$$\text{Pf. } Q_{10}, Q_{14} \quad f_p \geq 0,35 \div 1,25 \text{ MHz}$$

2.4 Etagul Pilot.

Dimensionarea componentelor etajului pilot.

1. Se calculează curentul de excitare maxim

$$I_{ex\max} = I_{BQ10\max} = \frac{I_{CQ10\max}}{\beta_{Q10\min}} = \frac{500 \text{ mA}}{40} = 12,5 \text{ mA}$$

~~Se potră~~

$$\Rightarrow I_{CQ7}(\text{simulare}) = 2,943 \text{ mA} \approx 3 \text{ mA}$$

$$I_{CQ7} = 14 \text{ mA} > I_{ex\max} = 12,5 \text{ mA}$$

2. Rezistența statică de alimentare.

$$R_C = R_B + R_E = R_{13} + R_{12} = \underbrace{\frac{E_C}{I_{CQ7}}}_{\begin{array}{l} \text{(în circuit} \\ \text{avem } R_{13} = R_{12} = 1,8 \text{ k}\Omega \end{array}} = \frac{15 \text{ V}}{14 \text{ mA}} = 1,0714 \text{ k}\Omega$$

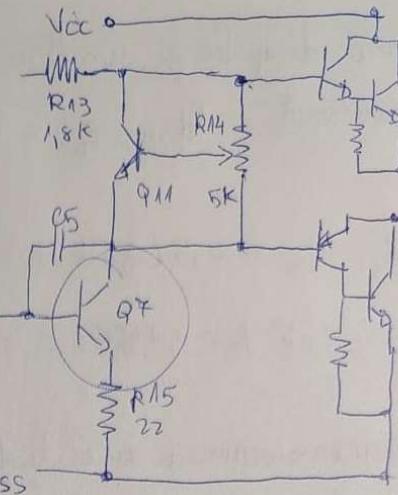
3. Sarcina dinamică a pilotului.

$$R_{dion} \approx \frac{R_{13} \cdot h_{11Q14}}{R_{13} + h_{11Q14}} + \left(1 + h_{21Ef} \cdot \frac{R_{13}}{R_{13} + h_{11Q14}} \right) \cdot R_{30}$$

$$h_{11Q14} = \frac{\beta_{Q14}}{g_m Q_{14}} = \frac{40}{40 \cdot 14} = 0,07142$$

$$h_{21Ef} = h_{21Q14} \cdot h_{21Q_8} = 160 \cdot 40 = 1600$$

$$h_{11Q14}' = h_{11Q14} + h_{21Ef} \cdot R_{23} = 0,07142 + 1600 \cdot 0,33 = 528,07142 \quad 8$$



Schema
Etaj pilot utilizat.

Se verifică R_{dim} =

$$R_{dim} = \frac{3000 \cdot 0,07142}{3000,07142} + \left(1 + 1600 \cdot \frac{1,8}{1,8 + 528,071} \right) \cdot 4,1 \approx 9,60670 \text{ k}\Omega$$
$$\approx 0,07142 \quad 6,43528$$

Se verifică $R_{dim} = 9,606 \text{ k}\Omega > R_B + R_G$

A. Tensiunea minimă pe tranzistorul pilot

$$V_{pmin} = V_{BEmin} Q_8 + V_{CEmin} Q_{14} = 0,6 + 0,7 = 1,3 \text{ V}$$

5. Alegerea tranzistorului pilot

- Se alege cu parametrii V_{CEsat} și I_{CER} de valoare mică.

Se alege tranzistorul BC817 cu parametrii:

$$V_{CE0} = 45 \text{ V} \quad I_C = 500 \text{ mA} \quad P_{tot} = 460 \text{ mW}$$

$$V_{CER} = 50 \text{ V} \quad I_B \approx 12 \text{ mA} \quad f_T = 100 \text{ MHz}$$

$$V_{EB0} = 5 \text{ V} \quad T_J = 150^\circ\text{C}$$

$$\beta_{21E} = 40 \div 600$$

Tensiunea a trubuii preluată de R_{15} este

$$V_{R15} = V_{pmin} - V_{CEsat} Q_F = 1,3 - 0,7 = 0,6 \text{ V} \Rightarrow R_{15} = \frac{V_{R15}}{I_{CQ}} = \frac{0,6}{14} = 0,0428 \text{ k}\Omega = 42,8 \text{ }\Omega$$

- 6. Currentul de bază al tranzistorului Q_F .

Considerând $h_{21E} \text{ median } Q_F = 250$

$$\Rightarrow I_{BQF} = \frac{14 \text{ mA}}{250} = 0,056 \text{ mA} = 56 \mu\text{A}$$

7. Verificarea funcționării la semnal mic.

$$\mu_{BE} = \frac{I_C}{g_m} = \frac{I_{ex}}{40 I_{CQ}} = \frac{12,5}{40 \cdot 14} = 0,02232 \text{ V} < \frac{kT}{2}$$

B. Amplificarea în tensiune a etajului pilot.

Etajul pilot este de tip EC (emitor comun) cu sarcină distribuită având amplificarea în tensiune:

$$A_{vP} \approx -\frac{R_{d1n}}{R_{15}} = -\frac{9,606 \text{ k}\Omega}{22 \text{ k}\Omega} = -436,636$$

g. Calculul frecvenței de tăiere $\omega_T = \beta_0 \cdot w_B \Rightarrow f_{PD7} \geq 10 \dots 20 \text{ MHz}$

h. Calculul circuitului de polarizare al tranzistorilor finali.

Circuitul de polarizare este alcătuit din tranzistorul Q4 (superdiode) și potențiometrul R14. Se consideră necesar pt. deschiderea tranzistorilor finali o tensiune de $2 \times 0,7V$.

Tranzistorul Q4 este de tipul BC817 (NPN) având următoarele valori limite absolute

$$V_{CE0} = 45V$$

$$P_{tot} = 460 \text{ mW}$$

$$I_C = 800 \text{ mA}$$

$$T_J = 150^\circ$$

$$I_B \approx 12,5 \text{ mA}$$

În PSF tranzistorul Q4 are următorii parametri:

$$\left. \begin{array}{l} I_{CQ4} = 2,399 \text{ mA} \\ V_{CEQ4} = 2,342 \text{ V} \end{array} \right| \Rightarrow I_{BQ4} = \frac{I_{CQ4}}{h_{FE, Q4}} \approx \frac{2,399}{250} \approx 9,352 \mu A$$

Se alege primul divizorul de bază curentul:

$$I_d \approx 0,471 \text{ mA} \gg I_{BQ4} \Rightarrow (R_{14} = 5 \text{ k}\Omega \text{ (max)}) \quad R_{14} = \frac{240}{0,471} = \frac{512}{0,471} \approx 5 \text{ k}\Omega$$

Se alege $R_{14} = 5 \text{ k}\Omega$

2.5. Etajul diferențial

- Este alcătuit din 2 tranzistoare în conexiune EC care lucrează în clasa A și sunt cuplate diferențial. Componentele acestui etaj sunt următoarele:

Q_{12}, Q_{13}	$R_8, R_9, \underbrace{R_{38}, R_6, R_{11}, R_{28}}_{\text{rezistori}}, R_{31}, R_{37}, R_{10}, (C_3), D_1$	Diodă Zener pt - alimentarea etajului
tranzistori etaj diferențial	(pt. polarizare și reacție)	

Etajul diferențial asigură o impedanță de intrare convenabilă, reglarea echilibrarea în absența semnalului pt întregul circuit al amplificatorului de putere și permite cuplarea rețelei de reacție negativă.

• Dimensionarea etajului diferențial

1. Alegera Q_{12}, Q_{13}

Se aleg tranzistorurile de tipul BC807 și se imporechează (Este necesar ca acestea să aibă caracteristici cat mai apropiate).

$$V_{CEO} = 45 \text{ V} \quad I_C = 500 \text{ mA}$$

$$P_{tot} = 460 \text{ mW} \quad T_f = 15^\circ \text{C}$$

2. Dimensionarea rezistenței de colector a tranzistorului Q_{12} (R_{11})

Se alege $R_{CQ11} = R_{11} < Z_{in Q7 \min}$

$$Z_{in Q7 \min} = h_{11e} Q7 \min + h_{21e} Q7 \cdot R_{15}$$

$$I_{B, Q7 \min} \approx \frac{2 I_{CQ7}}{h_{21e} Q7} = \frac{2 \cdot 14}{250} = 0,112 \text{ mA} = 112 \mu\text{A}$$

$$I_{CQ7\min} \leq I_{BQ7\max} = 112 \mu A \Rightarrow g_{m,Q7\min} = 40 \cdot I_{CQ7\min} = 4,480 \text{ A/V}$$

$$\Rightarrow h_{A1,Q7\min} = \frac{g_{m,Q7\min}}{g_{m,Q7\min}} = \frac{40}{4,480} = 8,92857 \approx 9$$

$$Z_{in,Q7\min} = h_{A1,Q7\min} + h_{21e,Q7} \cdot R_{15} = 9 + 250 \cdot 0,022 \approx 14,5 \text{ k}\Omega$$

Pentru polarizarea bazei lui Q7 trebuie ca:

$$(I_{CQ12} - I_{B,Q7}) \cdot R_{11} = V_{BEQ7} + V_{R15} \approx 0,7 + 14 \text{ mA} \cdot 0,022 \text{ k}\Omega \approx 1 \text{ V}$$

$$f = 3 \text{ dB} \rightarrow I_{CQ12} \leq 300 \mu A \quad \text{Se alege } I_{CQ12} = I_{CQ13} = 250 \mu A$$

$$\Rightarrow R_{11} \approx \frac{0,022}{250 - 18,6} \approx \underline{2,0038} \text{ k}\Omega \quad (alegem această valoare pt } R_{11} \text{)$$

3. Verificarea funcționării la semnal mic.

$$m_{BE, Q12} = \frac{i_{CQ12}}{g_{mQ12}} = \frac{i_{CQ12}}{40 \cdot I_{CQ12}} = \frac{80 \mu A}{40 \cdot 250} = 8 \text{ mV}$$

4. Determinarea tensiunii de polarizare stabilizare (D1)

$$V_Z = V_{R8} + V_{BE, Q12} + V_{R6} \approx V_{R8} + V_{BE, Q12}$$

$$V_Z = 8,2 \text{ V astfel } V_Z = 1000 \cdot V_{BE, Q12}$$

$$\text{pt. } Q_{11} \rightarrow I_{CQ11} = 250 \mu A, V_{CE} \approx E_C \approx \underline{16} \text{ V}$$

5. Dimensionarea rezistențelor $R_6, R_{31}, R_{38}, R_{37}$

$$\text{Se alege } R_{16} = 30 \text{ k}\Omega \rightarrow \text{pt a avea } Z_{in} = R_{in} \approx 30 \text{ k}\Omega$$

$$R_{31} = 30 \text{ k}\Omega \rightarrow \text{readap.}$$

6. Dimensionarea rezistențelor R_9, R_8

$$R_{BE} = 250 \Rightarrow I_{B, Q12} = \frac{250}{250} = 1 \mu A$$

$$\Rightarrow V_{R6} = 40 \text{ mV} \quad (V_{BE, Q12} = 0,6 \text{ V})$$

$$\Rightarrow V \frac{1}{2} R_9 + V_{R8} = V_Z - V_{BE, Q12} - V_{F6} \approx 7,56 \text{ V}$$

$$R_8 = \frac{V_{R8}}{I_{R8}} = \frac{7,5}{0,15} = 50 \text{ k}\Omega, \pm 5\%$$

6. Polarizarea diodeli D1

Zener \rightarrow BZX84C8VZ (PLP) 8,2V care trebuie polarizata la un curent nominal de ~~10mA~~ 5mA (I_Z)

$$R_7 = \frac{12 - 8,2 \text{ V}}{I_Z + I_{R8}} = \frac{12 - 8,2}{5,5} = 0,6909 \text{ k}\Omega$$

7. Determinarea amplificării etajului diferențial.

$$A_{vdif} \approx - \frac{R_s \text{ dif}}{\frac{1}{2} R_9}, \quad R_s \text{ dif} = \frac{R_{11} || R_{12}}{2} = 2,8$$

$$A_{vdif} \approx - \frac{2,8}{0,25} \approx -11,2$$

2-6 - Reacția negativă

$$\beta_n \approx \frac{R_{10}}{R_{10} + R_{31} + R_{32}} \approx \frac{1}{10} \rightarrow \text{grad de reacție} \approx 20 \text{ dB}$$

Puteam considera $V_{in, dif} \ll V_{gen} \Rightarrow V_{in, dif} = 0,5 \text{ V}$

$$V_{gen} = 15 \text{ V}$$

(utilizat în simular)

$$V_m = 0,7 \cdot I_S \cdot (R_S + R_{30}) = 0,7 \cdot 2,236 (4 + 0,157) = 6,50653$$

$$A_{vn} = \frac{V_m}{V_{in, dif}} = 13,013$$

$$A_v \approx A_{vp} \cdot A_{vdif} \approx$$

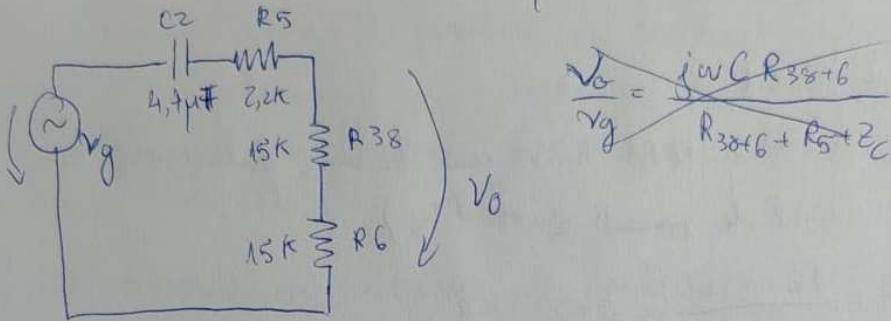
(baza
aschistă)

$$R_{10} \rightarrow 3,3 \text{ k}\Omega$$

2.7. Stabilitatea

1. Stabilitatea la frecvențe și oare.

Capacitățile care intervin la frecvențe și oare sunt: C_2, C_3, C_4 ;



$$\frac{V_0}{V_g} = \frac{j\omega C R_{38+6}}{R_{38+6} + R_5 + Z_C}$$

$$\frac{V_0}{V_g} = \frac{R_{38+6}}{R_{38+6} + R_5 + Z_C} = \frac{j\omega C R_{38+6}}{1 + j\omega C(R_5 + R_{38+6})}$$

$$\omega_p = -\frac{1}{C(R_5 + R_{38+6})}, \quad f_c = \frac{1}{2\pi C(R_5 + R_{38+6})}$$

$$f_c = 3.49 \text{ Hz} \Rightarrow \text{Se alege } C_2 = 4.7 \mu F$$

Vom considera $C_3 = 10 \mu F$ și $C_4 = 10 \mu F$

2. Stabilitatea la frecvențe înalte.

Pentru analiza stabilității la frecvențe înalte se face diagrama reperării la frecvențele de tăiere f_T a transistorilor.

Se apreciază că dificila zonă de la 500 kHz unde se pot suprapune frecvențele de tăiere a trei transistoare.

La realizarea experimentală dacă apar oscilații se actionează printr-o reacție locală.

2.9. Protecția la scurtcircuit.

Protecția la scurtcircuit a amplificatorului audio de putere se realizează prin punerea bazei tranzistorurilor Q₁₀ și Q₁₄.

Pentru semialternanța pozitivă la supracurent detectat prin creșterea tensiunii pe rezistența R₂₈, Q₁₅ care este normal blocat se deschide și va reduce semnalul aplicat pe baza lui Q₁₀.

1. Dimensionarea circuitului de protecție la scurtcircuit

Se alege o valoare limită $I_{sm} = 2,5A \Rightarrow I_s > I_{sm}$, $I < I_{cmax}^{3A}$
 $\text{pt. } Q_9, Q_8$

$$V_{R_{28}} = I_{sm} \cdot R_{28} = 1,175V$$

$$V_{BE\text{ON}Q_{15}} \approx 0,7V, V_D = 0,6V$$

Raportul de divizare este $\frac{R_{34}}{R_{34} + R_{32}} = \frac{1}{2} = 0,5$ $(R_{34} = R_{32} = 1k\Omega)$

$$I_d = \frac{V_{28}}{R_{34} + R_{32}} = \frac{1,175V}{2k\Omega} = 0,5875mA$$

$$I_d \gg I_B, Q_{15}.$$