

AMPLIFICATOR AUDIO DE PUTERE

Capitolul 2

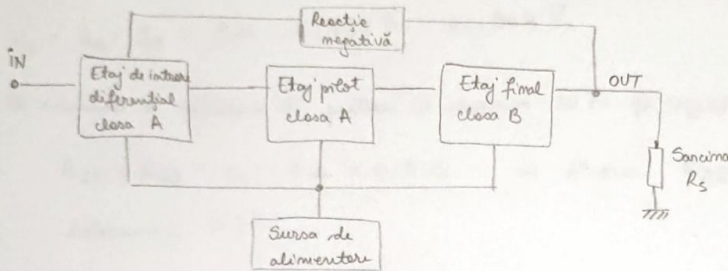
1. TEMA DE PROIECTARE

Tema de proiectare se referă la un amplificator de audiofrecvență de mare putere realizat dintr-un etaj de ieșire de clasă B polarizat cu ajutorul etajului pilot care lucrează în clasă A.

Pentru asigurarea unui curent mare de ieșire, tranzistoarele finale sunt realizate din două tranzistoare în conexiune darlington.

Amplificarea în tensiune și adaptarea cu sursa de intrare este realizată cu ajutorul etajului de intrare de tip diferențial care lucrează în clasă A.

Amplificarea globală a amplificatorului este stabilită prin intermediul reacției negative.



2. DATE DE INTRARE

Principalii parametri ai amplificatorului audio de putere sunt:

- Puterea nominală pe sarcină $P_s(W)$
- Rezistența de sarcină $R_s(\Omega)$
- Rezistența de intrare $R_i(K\Omega)$
- Amplificarea în tensiune $A_v(-)$

Sursa de alimentare va asigura următorii parametri:

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

Valorile folosite pentru proiectarea etajelor amplificatorului audio de putere:

Nr.	Amplificator				Sursă de alimentare	
	P_s (W)	R_s (Ω)	R_i (K Ω)	A_v (-)	I_{OH} (A)	R_{OH} (Ω)
16	30	8	45	8	2,7	9,8

ETAJUL FINAL

Este realizat cu 2 tranzistoare bipolare complementare în conexiune CC.

Pentru cele 2 tranzistoare finale în configurație darlington de tip npn și pnp.

Dimensionarea componentelor etajului final

1. Determinarea valorilor de vârf ale curentului și tensiunii pe sarcină

$$P_s = 30 \text{ W} = \frac{I_s^2 \cdot R_s}{2}$$

$$I_s = \sqrt{\frac{2P_s}{R_s}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30}{8}} = \sqrt{\frac{30}{4}} = \frac{\sqrt{30}}{2} = 2,738 \text{ A}$$

$$V_s = R_s \cdot I_s = 8 \cdot 2,738 \text{ A} = 21,904 \text{ V}$$

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

$$R_{28} = R_{29} = 0,1 \cdot 8 \Omega = 0,8 \Omega \Rightarrow \text{Alegem } R_{28} \text{ și } R_{29} \text{ cu valoarea standard } 0,47 \Omega \text{ toleranță } \pm 5\%.$$

Căderea maximă de tensiune pe R_{28} , R_{29} este:

$$V_{R28} = V_{R29} = R_{28} \cdot I_s = 2,738 \text{ A} \cdot 0,47 \Omega = 1,286 \text{ V}$$

$$P_{dR28, R29} = \frac{I_s \cdot 1,286}{4} = 0,88 \text{ W} \quad \text{Se aleg } R_{28} \text{ și } R_{29} \text{ de } 1 \text{ W}$$

3. Se alege rezistența pentru circuitul de protecție la supraîncălzire.

$$R_{30} = 0,1 \Omega$$

$$V_{R30} = 0,1 \cdot I_s = 0,1 \cdot 2,738 = 0,2738 \text{ V}$$

$$P_{dR30} = \frac{I_s \cdot V_{R30}}{2} = 0,374 \text{ W} \quad \Rightarrow \text{Se alege } R_{30} \text{ de minim } 0,5 \text{ W}$$

$$\text{Pentru curent } I_{sc} = 3 \text{ A} \Rightarrow R_s = \frac{V_s}{I_{sc}} = \frac{21,904 \text{ V}}{3 \text{ A}} = 4,38 \Omega$$

4. Alegerea tranzistorilor finali

Se aleg tranzistoare bipolare pereche npn-pnp: MJD31CG și MJD32CG având parametri

$$P_{\text{totală}} = 15 \text{ W}$$

$$V_{CE0}, V_{CER} = 100 \text{ V}$$

$$I_C = 3 \text{ A}$$

$$V_{CEsat} = 1,2 \text{ V}$$

$$f_t = 3 \text{ MHz}$$

$$V_{BE} = 1,8 \text{ V}$$

$$h_{FE} = 20$$

5. Verificarea la străpungere a tranzistorilor finali

$$E_C \leq 0,9 \cdot V_{CER}$$

$$E_C = 27 \text{ V} < 90 \text{ V}$$

$$E_C > V_{\text{sarcină}}(V_s) + V_{R30} + V_{R28} + V_{Cesat}$$

$$27 \text{ V} > 21,904 \text{ V} + 1,286 \text{ V} + 1,2 + 0,2 = 24,59 \text{ V}$$

6. Tensiunea reziduală pe darlingtonul nprn

$$V_{rez} = V_{CEQ8} + V_{BEQ15 \max}$$

$$\beta_{Q15, Q4} = 20 \Rightarrow I_{BQ15} = I_{BQ14} = \frac{I_{CQ7}}{\beta_{Q7}} = \frac{I_S}{20} = \frac{2,738}{20} = 0,1369 \approx 0,137 \text{ A}$$

\Rightarrow Se alege pentru $Q8$ și $Q7$ modelele BC817 respectiv BC807.

Pentru $Q8 + BC817$ avem: $V_{CEQ8} = 0,7 \text{ V}$, $\beta = 160$

$$\Rightarrow V_{rez} = 0,7 + 1,8 = 2,5 \text{ V}$$

7. Determinarea tensiunii de alimentare

$$E_c \geq V_S + V_{R30} + V_{R28} + V_{rez} = 21,304 + 1,286 + 1,2 + 2,5 = 26,89 \text{ V}$$

$$27 \text{ V} > 26,89 \text{ V} \approx E_c$$

Se alege $E_c \in [27, 30] \text{ V}$

8. Calculul energetic al tranzistorilor finali

$$P_0 = E_c \cdot I_{CM} = E_c \cdot I_S = 27 \text{ V} \cdot 2,738 \text{ A} = 73,926 \text{ W}$$

$$K = \frac{E_c}{E_c} = \frac{26,89}{27} = 0,995$$

$$P_a = 0,636 K \cdot P_0 \Rightarrow P_a = 47,016 \cdot K = 46,78 \text{ W}$$

$$P_s = \frac{1}{2} K^2 \cdot P_0 = 36,594 \text{ W}$$

$$P_d = P_a - P_s = 10,186 \text{ W} < 15 \text{ W} \text{ ai tranzistoarelor } Q7 \text{ și } Q8$$

$$P_{d\max Q7} = P_{d\max Q8} = 0,1 \cdot P_0 = 7,3926 \text{ W}$$

$$\text{În cazul în care } K = 0,995 \Rightarrow P_{dQ7, Q8} = 0,5 (0,636 K - 0,5 \cdot K^2) \cdot P_0 = 5,001 \text{ W} \approx 5 \text{ W}$$

$$\eta = 0,785 \cdot K = 0,781$$

9. Dimensionarea rezistorilor R_{26} , R_{27}

$$\text{Știm că } I_{B\max Q7} = 137 \mu\text{A}$$

Pentru un curent total I_{CMQ8} de $170 \mu\text{A} \Rightarrow$ curentul prin R_{26} este de $33 \mu\text{A}$.

$$I_{R26} = \frac{V_{BEQ15}}{R_{26}} \Rightarrow R_{26} = \frac{V_{BEQ15}}{I_{R26}} = \frac{1,8 \text{ V}}{33 \mu\text{A}} = 54,54 \Omega$$

$$\Rightarrow \text{Alegem } R_{26} = 51 \Omega$$

$$I_{CMQ8} = I_{CQ8\max} = I_{B\max Q5} + I_{R26} = 137 \mu\text{A} + \frac{1,8 \text{ V}}{51 \Omega} = (0,137 + 35) \mu\text{A} = 172 \mu\text{A}$$

$$I_{CQ8} > 172 \mu\text{A} \Rightarrow \text{Modelul BC817 pt } Q8$$

10. Estimarea sarcinii dinamice pentru Q_8 și Q_9

$$R_{ST5} = [R_{11Q7} + \beta_{17}(R_3 + R_{30} + R_{28})] \parallel R_{26}$$

$$R_{11Q7} = \frac{V_{CEsat}}{I_{BQ7}} = \frac{1,8V}{0,137A} = 13,138\Omega$$

$$R_{ST8} = [13,138\Omega + 20 \cdot (8 + 0,1 + 0,42)\Omega] \parallel 51\Omega$$

$$= (84,538 \parallel 51)\Omega = \frac{184,538 \cdot 51}{235,538}\Omega = 39,957\Omega$$

11. Calculul energiei al tranzistorilor complementari

$$P_0 = I_{CMQ8} \cdot E_C = 172\mu A \cdot 27V = 4,644W$$

$$P_{dmax} = 0,1 \cdot P_0 = 0,4644W$$

=> BC817 și BC807 corespund, având următorii parametri:

$$h_{FE} = 160 \div 400 \quad P_{tot} = 310mW$$

$$V_{CEsat} = 0,7V$$

$$V_{BEsat} = 1,3V$$

$$V_{BE} = 1,2V$$

$$f = 100MHz$$

12. Calculul frecvenței de tăiere:

$$\omega_T = \beta_0 \cdot \omega_B \quad f_B = \frac{2\pi}{\omega_B} \Rightarrow \frac{f_T}{\beta_0} = \frac{100MHz}{\beta_0}$$

$$\text{- pentru } Q_{14} \text{ și } Q_{15} : f_B > 250 - 650 kHz$$

$$\text{- pentru } Q_8 \text{ și } Q_9 : f_B > 5MHz$$

ETAJUL PİLOT

Amplificatorul pilot este format cu tranzistoarele darlington $Q_{12} - Q_{14}$ și generatorul de curent cu reacție cu 2 tranzistoare Q_7 și Q_6 .

Prepolarizarea tranzistoarelor etajului final este realizată de grupul $Q_5 - R_{14} - R_{15}$ care asigură tensiunea de deschidere a tranzistoarelor din etajul final, în lipsa semnalului de la intrare.

Tensiunea de prepolarizare a etajului final este dată de tensiunea CE a lui Q_5 . PSF-ul acestui tranzistor este stabilit de divizorul rezistiv în boză realizat cu $R_{14} - R_{15}$, iar curentul prin Q_5 este dat de generatorul de curent realizat cu Q_6 și Q_7 .

Curentul prin E al lui Q_7 este: $I_{E7} = I_{B6} + I_{R13}$

$$I_{R13} = \frac{U_{ES6}}{R_{13}}$$

Pentru un curent de $10 \mu A = I_{R13}$ și $U_{ES6} \approx 0,6 V \Rightarrow R_{13} = \frac{0,6 V}{10 \mu A} = 60 \Omega$

$$I_{C7} = I_{E7} - I_{B7}$$

$$I_{R12} = \frac{U_{R12}}{R_{12}} = \frac{V_{CC} - U_{ES6} - U_{ES7}}{R_{12}} \approx \frac{(27 - 1,2) V}{R_{12}} = \frac{25,8 V}{R_{12}}$$

Tranzistorul Q_{13} a fost adăugat pentru a limita curentul maxim al lui Q_{14} dacă amplificatorul nu taie la semnale negative.

Tranzistorul limitator de curent Q_{13} dacă curentul de emitor al lui Q_{14} depășește o valoare (max) este dirijat, devenind astfel tranzistorului darlington $Q_{12} - Q_{14}$.

Tranzistorul Q_{12} îmbunătățește compensarea în frecvență a amplificatorului și elimină modificarea amplificării de frecvență mare a amplificatorului în funcție de semnalul produs de condensatorul Miller C_1 din colectorul de boză.

Dimensionarea componentelor etajului pilot

1. Se calculează curentul de excitație maxim pentru Q_8

$$I = \frac{I_{C8 \max}}{\beta_{8 \min}} = \frac{172 \mu A}{100} = 1,72 \mu A$$

$$\beta_{8 \min} = 100.$$

Se pot neglija curentii reziduali și alegem $I = 2,5 \mu A$

- 2.

Sursa de curent cu reacție cu 2 tranzistoare Q_7 și Q_6 :

- Q_6 stabilește curentul prin Q_7 la valoarea $\frac{U_{ES6}}{R_{13}} = I_{C7}$

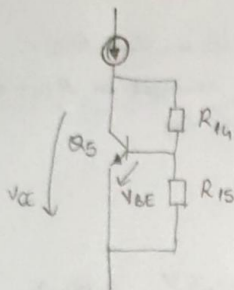
Pentru un curent $I_{C7} = 10 \mu A \Rightarrow R_{13} = \frac{0,65 V}{10 \mu A} = 65 \Omega$

Alegem $R_{13} = 68 \Omega$ valoare standard

Dacă curentul prin Q_7 este prea mare, atunci Q_6 se va deschide mai mult și va trage în sus baza lui Q_7 , ajustând astfel curentul prin Q_7 la valoarea impusă.

Multipliatorul de curent cu Q_5 produce o multiplicare a tensiunii VBE de aproximativ 4 ori. ($K=4$)

Impedanța de ieșire a multipliatorului de tensiune VBE este de $K \cdot r_e$; unde r_e este rezistența internă a emitorului tranzistorului Q_5 .



Factorul de multiplicare este determinat de divizorul R_{14} și R_{15}

$$V_{BE5} = V_{R15} = \frac{R_{15}}{R_{14} + R_{15}} \cdot U_{CE5}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4} \cdot U_{BE5} \text{ cade pe } R_{15}$$

$$\frac{3}{4} \cdot U_{BE5} \text{ cade pe } R_{14}$$

$$\text{iar } V_{CE} = 4 \cdot V_{BE}$$

$$K=4 \Rightarrow \frac{R_{15}}{R_{14} + R_{15}} = \frac{1}{4} \quad (\Rightarrow) \quad 4R_{15} = R_{14} + R_{15} \quad \Rightarrow \quad R_{14} = 3R_{15}$$

$$\text{Alegem } R_{15} \approx 500 \Omega \Rightarrow R_{14} = 1,5 \text{ k}\Omega$$

R_{15} va fi un semireglabil cu valoarea de $1 \text{ k}\Omega$, iar pentru R_{14} alegem valoarea standard $2 \text{ k}\Omega$

$$\text{În acest caz, } V_{CE} = 4 \cdot V_{BE} = 4 \cdot 0,7 \text{ V} = 2,8 \text{ V} \approx 3 \text{ V}$$

Impedanța de ieșire în emitor a circuitului de multiplicare VBE este de aproximativ $K \cdot r_e$.
Pentru $r_e = 3 \Omega$ și $K=4 \Rightarrow r_{e \text{ min}} = 4 \cdot 3 = 12 \Omega$

3. Tensiunea minimă pe tranzistorul pilot

$$V_{p \text{ min}} = V_{CE \text{ sat}} = 0,7 \text{ V}$$

4. Alegerea tranzistorilor pilot

Se alege pentru Q_4 , BC846 cu parametri:

$$\beta_{FE} = 180 \div 290$$

$$V_{BE} = 660 \text{ mV}$$

$$V_{E \text{ sat}} = 700 \text{ mV}$$

$$T = 150^\circ$$

$$V_{CE0} = 30 \div 65 \text{ V}$$

$$I_C = 100 \text{ mA}$$

$$V_{CE \text{ sat}} = 80 \text{ mV (la } I_C = 10 \text{ mA)}$$

$$P_{\text{tot}} = 250 \text{ mW}$$

$$f = 300 \text{ kHz}$$

Tensiunea la ieșire preluată de R_{16} este:

$$V_{R16} = V_{p \text{ min}} - V_{CE \text{ sat} Q_4} = 0,7 - 0,25 = 0,45$$

$$R_{16} = \frac{V_{R16}}{I_{R16}} = \frac{0,45 \text{ V}}{I_{CQ4}} = \frac{0,45}{10 \text{ mA}} = 45 \Omega$$

Calculul impune alegerea lui $R_{16} = 33 \Omega$ cu o toleranță de 5%

5. Curentul de bază al tranzistorului Q_4 :

$$I_{BQ4} = \frac{I_{CQ4}}{\beta_{FE}} = \frac{10 \text{ mA}}{290} = 0,034 \text{ mA} = 34 \mu\text{A}$$

6. Verificarea funcționării la semnal mic

$$\mu_{se} = \frac{I_Q}{g_m} = \frac{2,5 \mu A}{40 \cdot I_{CQ1}} = \frac{2,5 \mu A}{40 \cdot 10 \mu A/V} = 0,00625 V = 6,25 \mu V < \frac{K_I}{2}$$

7. Amplificarea în tensiune a etajului prestat

Este amplificarea etaj $Q_{12}-Q_4$ care, fiind etaj darlington $\Rightarrow A \approx A_{Q_{12}}$

8. Calculul frecvenței de tăiere

$$\omega_T = \beta_0 \cdot \omega_\beta \approx 7,11,3 \dots 28,26 \text{ MHz}$$

ETAJUL DIFERENTIAL

Este alcătuit din tranzistoarele Q_1 și Q_2 în conexiune EC care lucrează în clasă A și sunt cuplate diferențial.

Polarizarea stajului diferențial se face de la o sursă de curent constant de $1\mu A$ realizată cu tranzistorul Q_3 , rezistențelor R_{11} , R_{10} și dioda Zener D_2 .

Ieșirea din stajul diferențial din colectorul lui Q_1 este aplicată la stajul de amplificarea pilot. În baza tranzistorului Q_2 se aplică reacția negativă realizată cu R_{18} și R_{19} .

1. Calculul generatorului de curent

Alegem pentru sursa de curent Q_3 , modelul BC856.

Alegem pentru tranzistorii Q_1 , Q_2 modelul BC856.

Parametrii:

$$I_C = 100\mu A$$

$$V_{CE0} = -30V$$

$$h_{FE} = 290$$

$$V_{BE} = 0,6V \text{ (la } 2\mu A)$$

$$P = 250mW$$

$$\text{Banda} = 100kHz$$

Curentul de ieșire I_C este ales cu valoarea de $1\mu A$.

$$\Rightarrow I_{E_{Q_3}} \approx I_{C_{Q_3}} = 1\mu A$$

$$V_{D_2} = I_{C_{Q_3}} \cdot R_{11} + V_{BE_{Q_3}}$$

$$6,2V = 1\mu A \cdot R_{11} + 0,6V \Rightarrow 1\mu A \cdot R_{11} = 5,6V \Rightarrow R_{11} = \frac{5,6V}{1\mu A} = 5,6k\Omega \Rightarrow$$

$$\text{Alegem } R_{11} = 6,8k\Omega$$

$$\text{Alegem } I_2 = 1mA \Rightarrow R_{10} = \frac{27V - V_{D_2}}{I_2} = \frac{(27 - 6,2)V}{1mA} = \frac{20,8V}{1mA} = 20,8k\Omega$$

$$\Rightarrow \text{Alegem } R_{10} = 22k\Omega$$

Calculul stajului cu cuplaj în emitor (este de tip degenerat din cauza rezistenței din emitor)
Alegem pentru R_7 și R_9 o valoare de aproximativ 500Ω și le vom înlocui cu un rezistor nemireglabil de valoare $1k\Omega$ pentru echilibrarea semnalului în sarcină.

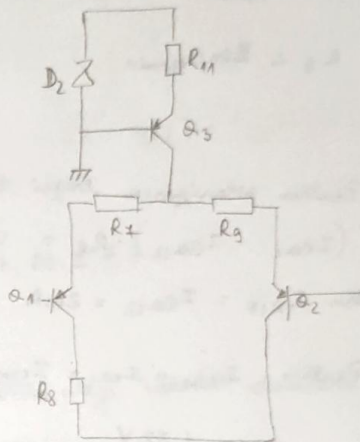
$$\text{Curentul prin tranzistoarele } Q_1 \text{ și } Q_2 \text{ va fi: } I_{C_{Q_1}} \approx I_{C_{Q_2}} \approx \frac{I_{C_{Q_3}}}{2}$$

2. Dimensionarea rezistenței de colector a lui Q_1

$$\text{Alegem } R_8 < Z_{in_{Q_{12min}}}$$

$$Z_{in_{Q_{12min}}} = h_{11} + h_{21} (R_{17} \parallel Z_{in_{Q_4}})$$

$$Z_{in_{Q_4}} = h_{11} + h_{21} \cdot R_{16}$$



$$I_{BQ1} = \frac{I_{CQ1}}{\beta_{21}} = \frac{10 \mu A}{290} = 0,034 \mu A = 34 \mu A$$

$$g_m \approx 40 I_{C \min} = 40 \cdot I_{BQ1} = 1,36 \mu A \quad (I_{C \min} \approx I_{BQ1 \max})$$

$$h_{11} = \frac{\beta_{min}}{g_m} = \frac{290}{1,36 \mu A} \cdot \frac{1}{2} = 106,6 k\Omega$$

$$Z_{in1} = 106,6 k\Omega + 290 \cdot 33 \Omega = 106,6 k\Omega + 9,57 k\Omega = 116,17 k\Omega$$

$$R_{17} \parallel Z_{in1} = \frac{510 \cdot 116,17 \cdot 10^3}{116680} = \frac{5924670}{11668} = 507,7 \Omega$$

$$Z_{in2 \min} = 116,17 k\Omega + 290 \cdot 507,7 \Omega = 263,403 k\Omega$$

$$R_8 < Z_{in2 \min}$$

Pentru polarizarea bazei tranzistorului Q_{12} trebuie ca

$$(I_{CQ1} - I_{BQ12}) \cdot R_8 = V_{BEQ12} + V_{R17} \approx 0,7V + I_{R17} \cdot R_{17} = 0,7V + 2 \mu A \cdot 510 \Omega = 1,72V$$

$$\text{Pentru } I_{R17} = I_{CQ12} = 2 \mu A \Rightarrow I_{R17} \cdot I_{EQ12} = 510 \Omega \cdot 2 \mu A = 1,02V$$

$$\text{Pentru } I_{CQ1} = I_{CQ2} = \frac{I_{CQ3}}{2} = 500 \mu A \text{ avem:}$$

$$R_8 = \frac{1,72V}{0,5 \mu A - \frac{2 \mu A}{290}} = \frac{1,72V}{0,49 \mu A} = 3,51 k\Omega$$

$$\text{Alegem } R_8 = 3,9 k\Omega$$

3. Verificarea funcționării la semnal mic

$$u_{BE,Q1} = \frac{i_{c,Q1}}{g_{m,Q1}} = \frac{80 \mu A}{40 \cdot I_{CQ1}} = \frac{80 \mu A}{40 \cdot 0,5 \mu A/V} = \frac{80 \mu A}{20 \mu A/V} = 4mV$$

4. Determinarea amplificării etajului diferențial

$$I_{EE} = I_{CQ3} = 1 \mu A$$

$$\text{Rezistența de ieșire pentru sursa de curent este } R_{EE} = \frac{V_A}{I_{EE}} \quad (V_A = \text{tensiunea Early})$$

$$V_A = 59,62 \approx 60V \quad (\text{din modelul SPICE al lui } Q_3)$$

$$R_{EE} = \frac{60V}{1 \mu A} = 60 k\Omega$$

$$g_{m,Q1} = g_{m,Q2} = g_m = 40 I_{CQ1} = 40 \cdot \frac{I_{EE}}{2} = 20 \cdot 1 \mu A = 20 \mu A/V$$

$$A = \frac{V_o'}{V_i} = \frac{V_{CQ1}}{V_i} = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_{sdif}}{\frac{1}{g_m} + R_{emitter,Q1}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_8 \parallel Z_{in12}}{\frac{1}{g_m} + R_7} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3,9 \cdot 263,403}{3,9 + 263,403} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1V}{20 \mu A + 560 \Omega}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{3,84 k\Omega}{50 \Omega + 510 \Omega} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3,84 \cdot 10^3}{560} = 3,42$$

$$\text{Amplificarea de mod comun: } A_{CM} = \frac{R_{sdif}}{2R_{EE}} = \frac{3,84 k\Omega}{120 k\Omega} = 0,032$$

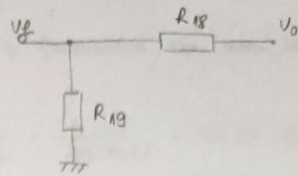
$$CHRR = \frac{A_{vs}}{A_{cm}} \approx \frac{3,84}{0,032} = 120 \quad [41,58 \text{ dB}]$$

REAȚIA NEGATIVĂ

Reacția negativă este formată cu rezistențele R_{18} , R_{19}

Factorul de divizare al reacției este: $\frac{R_{19}}{R_{19} + R_{18}}$

$$V_f = \frac{R_{19}}{R_{19} + R_{18}} \cdot V_o \Rightarrow \frac{V_f}{V_o} = \beta = \frac{R_{19}}{R_{19} + R_{18}} \approx \frac{1}{8}$$



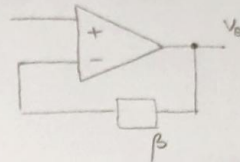
Pentru amplificarea $A_v = 8$, avem nevoie de un factor de divizare pe reacție de valoare 8.

$$A = \frac{a}{1 + a\beta} = \frac{1}{\frac{1}{a} + \beta}$$

a = amplificarea în buclă de reacție

$$\text{dacă } a \rightarrow \infty \Rightarrow A = \frac{1}{\beta}$$

$$\text{pentru } a = 600 \Rightarrow A = \frac{1}{\frac{1}{600} + \frac{1}{8}} = \frac{600}{75+1} = \frac{600}{76} = 7,89 \approx 7,9$$



Tip reacție: mod-bucă

Vom alege $R_{19} = 1\text{K}$ și $R_{18} = 7\text{K}$ pentru $\beta = \frac{1}{8} \Rightarrow$ Vom alege valorile standard:

$$\begin{cases} R_{18} = 6,8\text{K} \\ R_{19} = 1\text{K} \end{cases}$$

STABILITATEA

1. Stabilitatea la frecvențe joase

Capacitățile ce intervin la frecvențe joase sunt C_1, C_2, C_3

C_3 introduce 1 pol și 1 zero. Se alege polul dat de C_3 frecvența cea mai mare.

Se alege $C_3 = 10 \mu F$ și rezultă

$$\tau_{3p} = C_3 R_{19} = 10 \mu F \cdot 1 K = 0,01 \Rightarrow f_{3p} = \frac{1}{2\pi \tau_{3p}} = \frac{1}{2\pi \cdot 0,01} = 15,92 \text{ Hz}$$

$$\tau_{3z} = C_3 (R_{19} + R_{18}) = 10 \mu F \cdot (1 K + 6,8 K) = 7,8 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0,078$$

$$f_{3z} = \frac{1}{2\pi \tau_{3z}} = 2,04 \text{ Hz}$$

Având în vedere că R_{20} se alege astfel încât impedanța rășină spre amplificator să fie $47 K\Omega$ vom alege C_2 astfel:

$$\text{considerând frecvența } f_1 = 0,3 \text{ Hz} \Rightarrow C_2 = \frac{1}{2\pi \cdot 0,3 \cdot 47 \cdot 10^3} = 19,29 \mu F$$

\Rightarrow Alegem C_2 cu valoarea standard $10 \mu F$

Se alege $C_1 = 10 pF$

LISTA COMPONENTELOR AMPLIFICATORULUI

Rezistențe

- $R_{32} = 1,5k\Omega$, 5%
 $R_{31} = 1,5k\Omega$, 5%
 $R_{30} = 0,1\Omega$, 5%
 $R_{29} = 0,47\Omega$, 5%
 $R_{28} = 0,47\Omega$, 5%
 $R_{27} = 51\Omega$, 5%
 $R_{26} = 51\Omega$, 5%
 $R_{20} = 47k\Omega$, 5%
 $R_{19} = 1k\Omega$, 5%
 $R_{18} = 6,8k\Omega$, 5%
 $R_{17} = 510\Omega$, 5%
 $R_{16} = 33\Omega$, 5%
 $R_{15} \Rightarrow$ potentiometru
 $R_{14} = 2,2k\Omega$, 5%
 $R_{13} = 68\Omega$, 5%
 $R_{12} = 22k\Omega$, 5%
 $R_{11} = 6,8k\Omega$, 5%
 $R_{10} = 22k\Omega$, 5%
 $R_8 = 3,8k\Omega$, 5%
 $R_7 \Rightarrow$ potentiometru

Condensatori

- $C_1 = 10pF$
 $C_2 = 10\mu F$
 $C_3 = 10\mu F$

Diode

- $D_2 = 6,2V$ BZX84C6V2
 D_1, D_2 - led OF-SMD2012B

Transistori

- | | | | | |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| $Q_1 - BC856$ | $Q_3 - BC856$ | $Q_5 - BC856$ | $Q_8 - BC817$ | $Q_{12} - BC846$ |
| $Q_2 - BC856$ | $Q_4 - BC846$ | $Q_6 - BC856$ | $Q_9 - BC807$ | $Q_{13} - BC846$ |
| | | $Q_7 - BC856$ | | |
| $Q_{14} - MJD31CG$ | | | | |
| $Q_{15} - MJD32CG$ | | | | |