

Proiect 1 - Dispozitive și circuite electronice

PREAMPLIFICATOR AUDIO DE INTRARE CAPITOLUL 5

Student: Catrinescu Teodora

Grupa: 431A - CTI

Coordonator: BABARADA Florin

2024-2025

1.Tema de proiectare

Tema de proiectare prezintă un preamplificator audio de audiofrecvență de intrare având schema bloc prezentată în Figura 1. Amplificatorul audio de intrare este compus din o rețea de adaptare la intrare cu principalele surse de semnale audio fiind pick-up cu doză ceramică și două etaje de amplificare în clasa A, respectiv etajul de intrare și etajul de ieșire care realizează amplificarea în tensiune a semnalului.

Amplificarea globală a amplificatorului audio de intrare este stabilită de reacție negativă serie la intrare-paralel la ieșire, iar alimentarea celor 2 etaje de amplificare este realizată de sursa de alimentare.

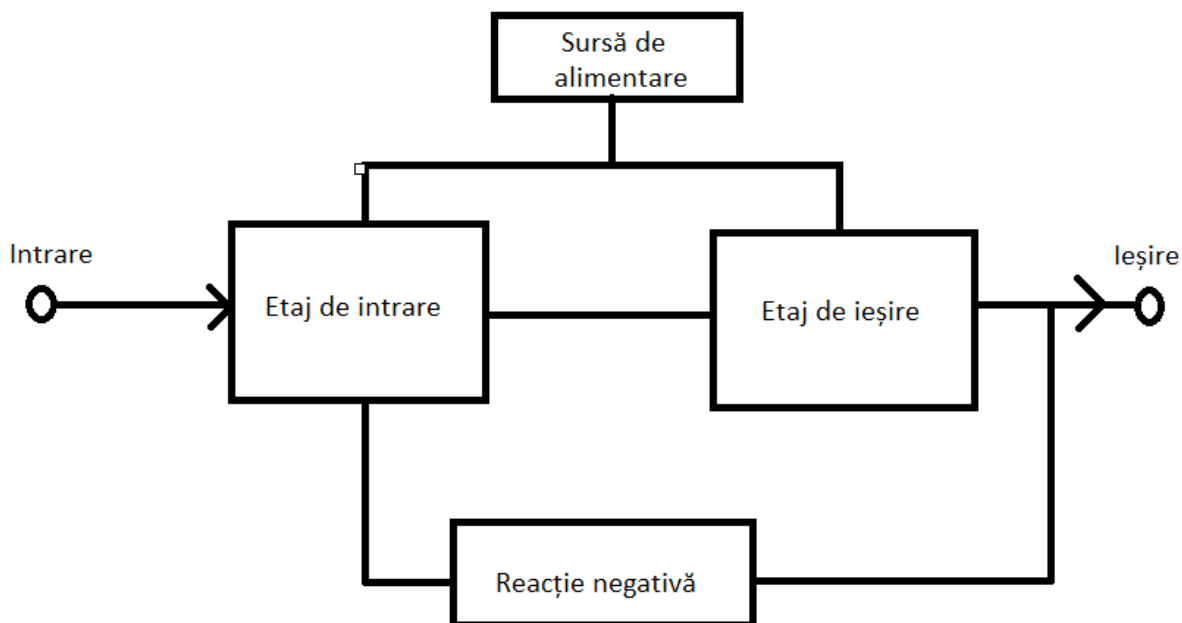


Figura 1. Schema bloc a preamplificatorului audio de intrare.

2. Date de intrare

Principalii parametri de intrare ai amplificatorului audio sunt:

- Sensibilitatea minimă la intrare V_{in} (mV)
- Rezistența de intrare R_{in} (kOhm)
- Rezistența de ieșire maximă R_{OM} (kOhm)
- Tensiunea nominală la ieșirea amplificatorului audio de putere V_n (Vef)

Valorile folosite pentru proiectarea amplificatorului pot fi consultate în tabelul următor:

Nr.	V_{in} [mV]	R_{in} [k Ω]	R_{OM} [k Ω]	V_n [V _{ef}]
24	200	60	3	1,5

3. Schema Electronică

Preamplificatorul este partea care influențează cel mai pregnant raportul semnal zgomot, caracteristica de frecvență și factorul de distorsiuni într-un lanț de amplificare audiofrecvență.

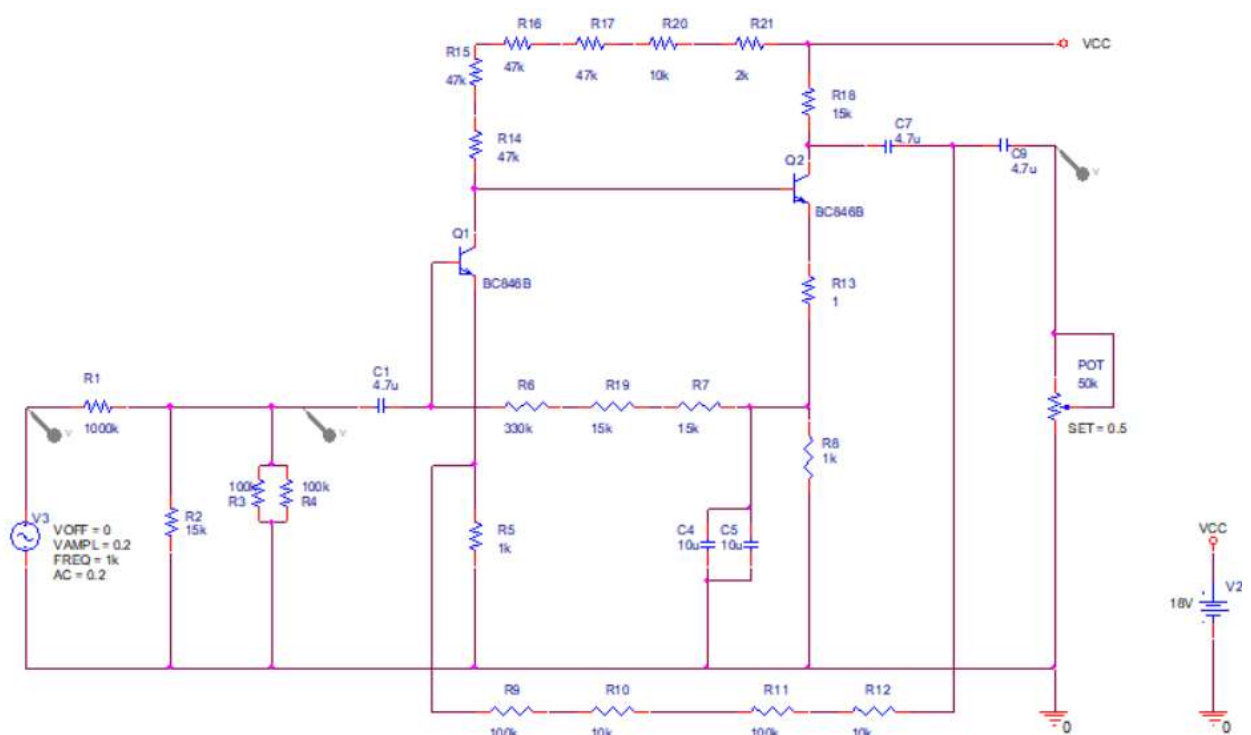
În practică există adesea și alte semnale numite semnale false, care tind să interfereze cu semnalele dorite și acestea se numesc în general semnale de zgomot.

Un preamplificator sensibil și relativ zgomotos constituie o problemă importantă dacă urmează ca la ieșire zgomotul să fie minim, deoarece orice zgomot din preamplificator este amplificat de fiecare etaj care urmează.

Rețeaua de adaptare la intrare cu diverse surse de semnal este alcătuită din divizoarele R_{11} și R_{22} .

Amplificarea în tensiune este realizată de etajul de intrare și cel de ieșire. Etajul de intrare este de tip emitor comun cu sarcină distribuită și este realizat cu tranzistorul Q_1 , iar etajul de ieșire este cuplat galvanic cu etajul de intrare și este de tip emitor comun, realizat cu tranzistorul Q_2 .

Figura 2. Schema electronică



4. Etajele de amplificare

Următorul etaj de amplificare, cel de putere, necesită la intrare un semnal cu amplitudinea de $1,5 V_{ef}$, iar amplificatorul corector de ton sau alte etaje au amplificare de aproximativ 5.

Semnalul la ieșirea preamplificatorului de intrare trebuie să aibă o amplitudine de 0,3 V_{ef}, respectiv amplitudinea maximă de 0,424V. Se alege acoperitor o valoare de 0,6V (valoare instantanee maximă). Sensibilitatea la intrare asigură un nivel minim egal cu cel al unui microfon dinamic respectiv 2,5 mV.

I) Alegerea tranzistoarelor Q1 și Q2

Nivelul mic al semnalului de intrare impune alegerea pentru etajele de amplificare a unor tranzistoare cu zgomot mic de tip BC846B cu următoarele PSF-uri:

➤ **Q₁** : pe baza curbelor izo-F, din catalogul pentru BC846B, se alege $I_{c1}=80\mu A$ la care pentru rezistența generatorului $R_g = 2 \div 20k \Rightarrow F \leq 2dB$. Se alege $V_{CE1} \approx 1,4V$. Din catalog în acest PSF rezultă:

- $h_{1E1} \cong r_{BE1} \cong 150k\Omega$
- $h_{FE1} = \beta_1 \cong 300$
- $h_{OE1} \cong 18\mu S$

➤ **Q₂** : se alege $I_{c2}=1mA$ și $V_{CE1} \approx 8V$. Din catalog în acest PSF rezultă:

- $h_{1E2} \cong r_{BE2} \cong 11k\Omega$
- $h_{FE2} = \beta_2 \cong 300$
- $h_{OE2} \cong \frac{1}{60}\mu S$

II) Amplificarea în tensiune

Amplificarea în tensiune a etajului de intrare care este de tipul emitor comun cu sarcină distribuită este:

$$A_{V,Q1} = - \frac{r_{BE2} || h_{OE2}^{-1} || R_c}{R_5}$$

$$R_c = R_{14} + R_{15} + R_{16} + R_{17} + R_{20} + R_{21}$$

Considerând $R_c \gg r_{BE2} || h_{OE2}^{-1} \rightarrow$

$$A_{V,Q1} = - \frac{r_{BE2} || h_{OE2}^{-1}}{R_5} = \frac{11k || 60k}{R_5} = - \frac{9,3k}{R_5}$$

Pentru obținerea unor distorsiuni tranzitorii mici se impune o amplificare redusă, cu reacție locală $A_{V,Q1} \cong -10$. Din acest considerent se alege $R_5 = 1k\Omega$.

Din condițiile $R_c \gg r_{BE2} || h_{OE2}^{-1}$ și $V_{CE1} \cong V_{CC} - (R_c + R_5) * I_{c1} \cong 1,4V$ se alege $R_c = 200k\Omega$ și $V_{CC} = 18V$.

Considerând $V_{RC} = R_c * (I_{c1} + I_{B2}) \cong 17,83V$ și aproximând $V_{BE2} = 0,65V \rightarrow V_{R8} = V_{CC} - V_{RC} - V_{BE2} - V_{R13} = 0,788V$. Se alege $R_8 = 10\Omega \rightarrow I_{c2} = 0,736mA$.

Ecuția dreptei de sarcină pentru Q₂: $V_{CC} = (R_{18} + R_{13} + R_8) * I_{c2} + V_{CE2} \rightarrow$

$$R_{18} \cong \frac{V_{CC} - V_{R8} - V_{R13} - V_{CE2}}{I_{C2}} = 16,65k\Omega$$

Având în vedere valorile disponibile se alege $R_5 = 15k\Omega$.

Amplificarea în tensiune a etajelor de ieșire este:

$$A_{V,Q2} = -\frac{\beta_2(R_{18} || h_{OE2}^{-1})}{h_{OE1}^{-1} + r_{BE2}} = -46,548$$

Amplificarea în tensiune a etajului de intrare este:

$$A_{V,Q1} = -\frac{\beta_1(r_{BE1} || h_{OE2}^{-1}) || R_c}{r_{BE1} + (\beta_1 + 1) * R_5} = -7,6$$

Amplificarea în tensiune a preamplificatorului în buclă deschisă este:

$$A_V = A_{V,Q1} * A_{V,Q2} = (-46,548) * (-7,6) = 353,76$$

III) Impedanța de intrare

Impedanța de intrare în buclă deschisă a preamplificatorului este:

$$Z_{inT1} = (r_{BE1} + (\beta_1 + 1) * R_5) || (R_6 + R_{19} + R_7)$$

$(R_6 + R_{19} + R_7)$ se dimensionează având în vedere necesitatea polarizării bazei tranzistorului Q_1 :

$$(R_6 + R_{19} + R_7) * I_{B1} = V_{R8} - V_{BE1} - V_{R5} \text{ și aproximând } V_{BE1} = 0,55V \rightarrow$$

$$(R_6 + R_{19} + R_7) = 362,48k\Omega \text{ se alege } (R_6 + R_{19} + R_7) = 360k\Omega, \text{ deci}$$

$$R_6=330k, R_{19}=15k, R_7=15k$$

$$Z_{inT1} = (150k + 301k) || 360k = 200k\Omega$$

IV) Dimensionarea condensatorilor

Din motive de stabilitate determinate grafic pe caracteristica BODE, se alege pentru polul dat de $C_{eq} = C_4 + C_5$ la frecvența $f_4 \cong 35Hz$

Rezistența văzută la bornele lui C_4 este:

$$R_{C4} = R_7 || \frac{r_{BE2} + (R_2 + R_3) || h_{OE1}^{-1}}{\beta_2} = 126\Omega$$

$$C_{eq} \cong \frac{1}{2 * \pi * f_4 * R_{C4}} = 36,2\mu F \text{ și se alege } C_{eq} = 36,2\mu F$$

Având în vedere că R_1 se alege astfel încât impedanța văzută spre amplificator să fie $\cong 47k$, necesară pentru adaptarea cu doza magnetică și alegând $f_1 = 0,6Hz \rightarrow$

$$C_1 = \frac{1}{2 * \pi * f_1 * 50 * 10^3} = 4,75 \mu F$$

Deci, $C_1 = 4.7 \mu F$.

Pentru dimensionarea C_7 se apreciază că impedanța la bornele sale nu va fi mai mică de $50k\Omega$ având în vedere efectul potențiometrului de balans și al rețelei de reacție. Se alege $f_2 = 0,67Hz \rightarrow C_7 = \frac{1}{2*\pi*f_2*50*10^3} = 4,75 \mu F$ și se alege $C_7 = 4.7 \mu F$.

Impedanța de ieșire a preamplificatorului fără reacție negativă este:

$$Z_{out} = R_{18} || h_{OE2}^{-1} = 8.218k\Omega$$

Cu reacția negativă având în vedere necesitatea de amplificarea pentru o valoare medie $\beta_r = 100^{-1} \rightarrow$ impedanța de la ieșire: $Z_{out,A} = \frac{Z_{OUT}}{\beta_r * A_v} = 3,02 k\Omega$

Valoarea lui C_3 s-a ales de $C_9=4,7\mu F$.

V) Reacția negativă și rețelele de adaptare

Pentru estimarea nivelului nominal al semnalului la ieșirea preamplificatorului cunoaștem:

Pentru estimarea nivelului nominal al semnalului la ieșirea preamplificatorului cunoaștem:

- Amplitudinea nominală a semnalului la intrarea în amplificatorul final
 $V_{nom. aap} = 1,4V_{ef}$
- Amplificarea circuitelor intermediare de aproximativ 5
- Atenuarea introdusă de $P_I = 0,9$

$$\Rightarrow V_{out,pa} = \frac{1,4V_{ef}}{5*0,9} = 310mV_{ef}$$

Rețelele de adaptare se dimensionează în raport cu acest nivel și nivelele tipice ale surselor de program. S-au adoptat următoarele categorii de surse de semnal corespunzătoare cu tema de proiectare:

Sursa	Rezistența de intrare R_i (K Ω)	Sensibilitate V_{in} (mV)
Pick-up ceramic	1M Ω	200mV _{ef}

Alegerea rețelei de reacție serie la intrare–paralel la ieșire crește impedanța de intrare și micșorează impedanța de ieșire, apropiind preamplificatorul audio de intrare de un amplificator ideal de tensiune. Experimental pentru un răspuns tranzitoriu bun $\beta_r^{-1} > 50$.

Pentru poziția microfon și pick-up ceramic se utilizează rețeaua de reacție, $R_8 - R_3$.

Amplificatorul se calculează pentru nivelul minim de intrare dat de microfon:

$$A_{VR} = \frac{A_v}{1 + \beta_r * A_v} = \frac{V_{iesire}}{V_{intrare}} = \frac{310mV}{200mV} = 1,55$$

$$\beta_r = \frac{A_v - 1,55}{1,55 * A_v} = 0,642$$

$$\text{Dar } \beta_r = \frac{R_3}{R_3 + R_{eq}} = \frac{R_3}{R_{eq}} \Rightarrow R_{eq} = 221 \text{ k}\Omega$$

Se alege. $R_{eq} = 221 \text{ k}\Omega$, deci $R_9 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{10} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_{11} = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{12} = 10 \text{ k}\Omega$

Dimensionarea divizorului de intrare pentru pick-up ceramic.

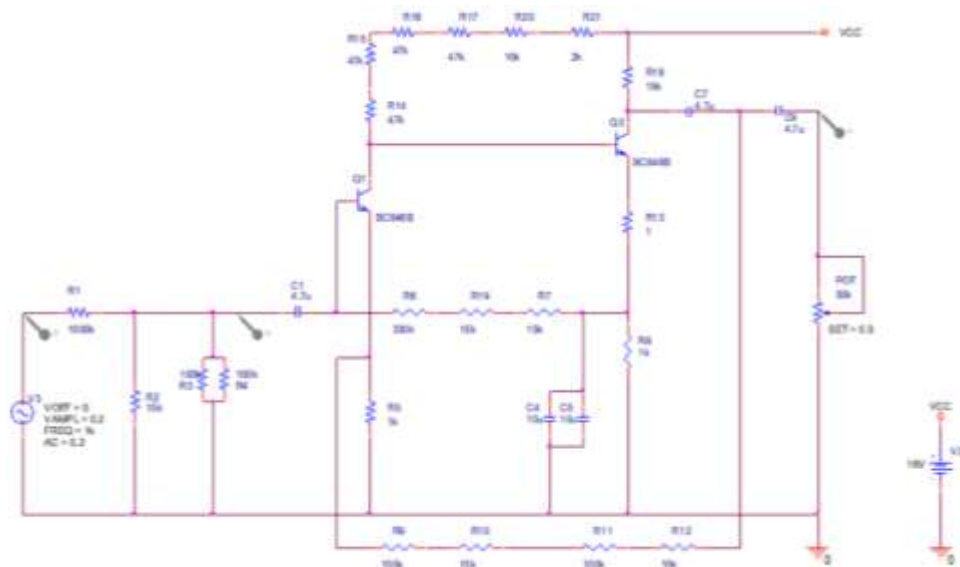
$$\frac{R_1}{R_2} \approx \frac{V_{in}}{V_{inT1}} = \frac{200 \text{ mV}}{2,5 \text{ mV}} = 80$$

Din condiția ca impedanța de intrare să fie de aproximativ $1 \text{ M}\Omega$, $R_1 = 1 \text{ M}\Omega \Rightarrow R_2 \approx 12,5 \text{ k}\Omega$

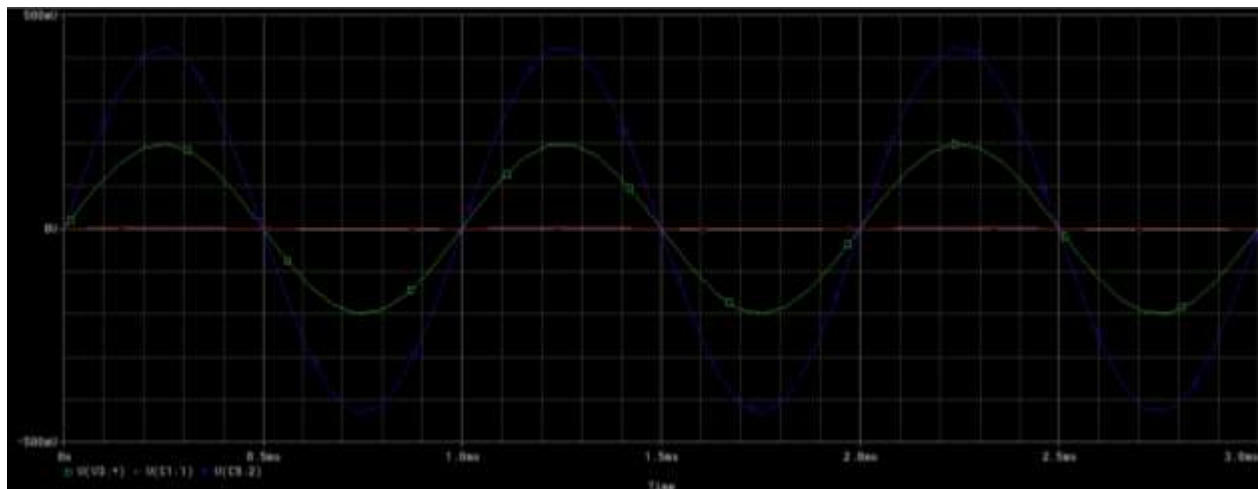
Deci, se alege $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$.

5. Simularea funcționării

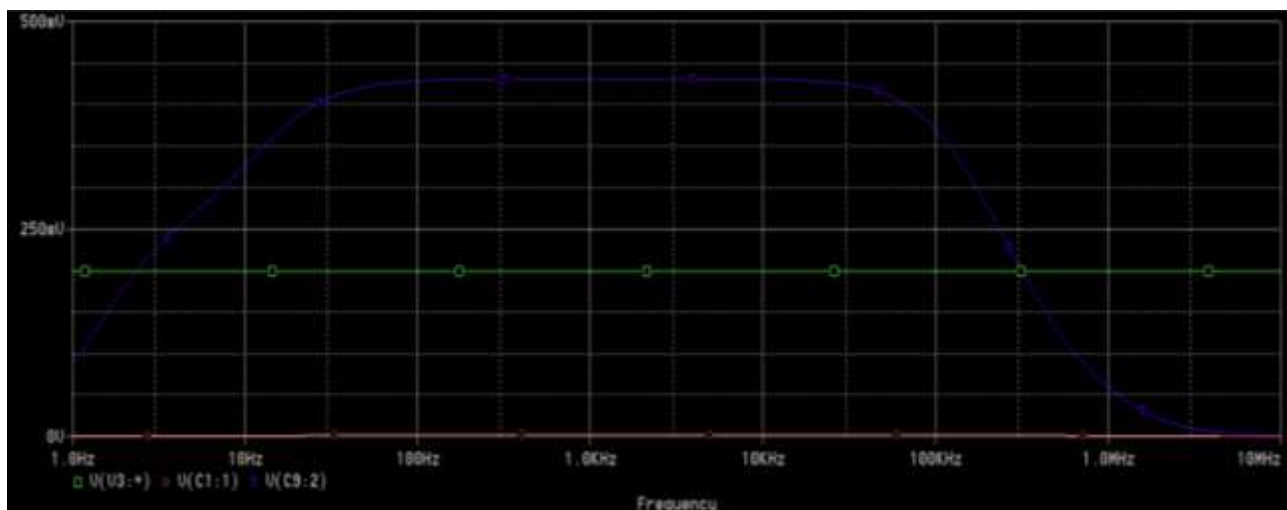
Simularea preamplificatorului audio de intrare s-a făcut din punct de vedere al PSF-ului, al analizei tranzitorii și al răspunsului în frecvență. Simularea PSF-ului ne dă o bună concordanță cu datele de proiectare respectiv curenții de colector și tensiunile colector-emitor.



Simulare curenți



Simularea in frecvență



6. Lista componentelor

Rezistențe

$R1 = 1000k$

$R3 = R4 = R9 = R11 = 100k$

$R_6 = 330k$
 $R_{14} = R_{15} = R_{16} = R_{17} = 47k$
 $R_2 = R_7 = R_{18} = R_{19} = 15k$
 $R_{10} = R_{12} = R_{20} = 10k$
 $R_{21} = 2k$
 $R_5 = R_8 = 1k$
 $R_{13} = 1$

Tranzistori

$Q_1 = Q_2 = BC846B$

Condensatori

$C_1 = C_7 = C_9 = 4.7\mu F$
 $C_4 = C_5 = 10\mu F$

Potențiometru

$POT = 50k$

Bibliografie

Florin BABARADA, „Proiectarea circuitelor electronice de audiofrecvență”,
Editura Printech, 2003