

Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București

Facultatea de Electronică ,Telecomunicații și Tehnologia Informației

Referat

Proiect CEF2

Tema:

Amplificator de tensiune (joasă frecvență)

Student:

Nistor Flaviu-Cristian

431D

Profesor Coordonator:

Draghici Florin

Pantazica Mihaela

Bucuresti 2024

1.Date inițiale de proiectare: N=25

Să se proiecteze și realizeze un amplificator de tensiune (joasă frecvență) având următoarele caracteristici:

- Semnal de intrare, ui in gama: 1.5V
- Sarcina la ieșire, RL: 250 Ω
- Rezistența de intrare $R_i > 150$ [k Ω];
- Rezistența de ieșire $R_o < 2.5\Omega$
- Amplificare în tensiune, A_v : 10;
- Domeniul temperaturilor de funcționare: -20-120C (verificabil prin testare în temperatură);
- Semnalizarea prezenței tensiunilor de alimentare cu diodă de tip LED.

2. Introducere

Un amplificator audio de joasă frecvență (AF) este un circuit electronic care crește amplitudinea semnalelor electrice de joasă frecvență (20 Hz - 20 kHz) pentru a asigura o redare corespunzătoare a sunetului în dispozitive de ieșire, cum ar fi difuzoarele. Amplificatorul trebuie să asigure o amplificare liniară, menținând forma semnalului original și reducând distorsiunile la minim.

Principiul de funcționare

Amplificatorul funcționează pe baza legii lui Ohm și a principiilor circuitelor electrice. Amplificarea semnalului este realizată prin utilizarea tranzistoarelor sau a circuitelor operaționale care măresc tensiunea și curentul semnalului de intrare. Relația fundamentală dintre semnalul de intrare și cel de ieșire este dată de factorul de amplificare:

$$A_v = U_{out} / U_{in}$$

unde:

- A_v este câștigul în tensiune (fără unitate).
- U_{out} este tensiunea de ieșire (în volți).
- U_{in} este tensiunea de intrare (în volți).

Amplificarea în prezența reacției negative

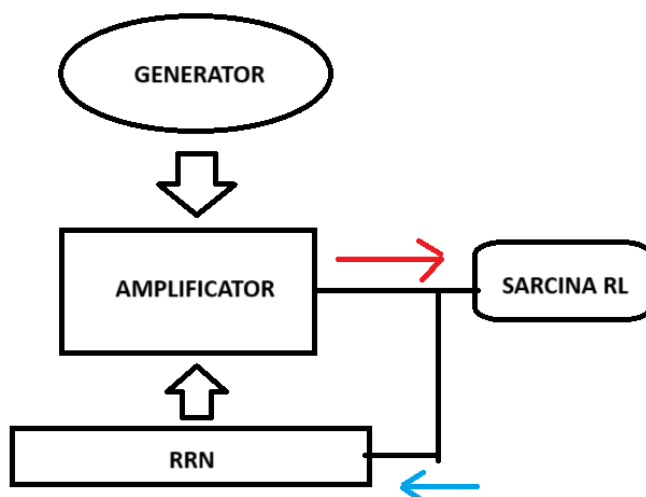
Când amplificarea în buclă deschisă (a_v) – adică fără reacție negativă și cu intrarea inversoare legată la masă – este foarte mare, se poate demonstra că amplificarea cu reacție negativă (A_v) devine:

$$A_v \approx 1/f$$

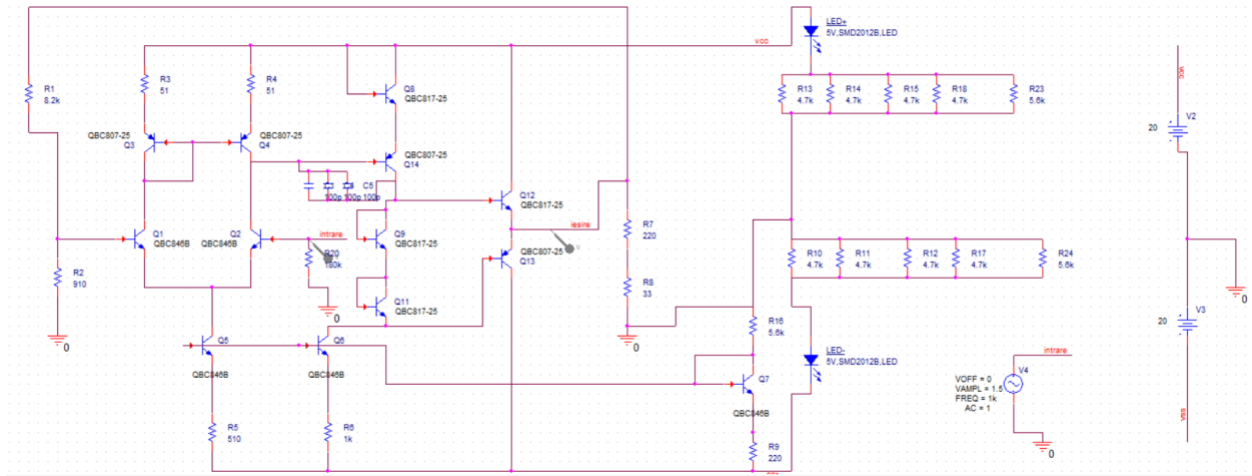
Această relație arată că amplificarea în prezența reacției negative este constantă și mult mai stabilă comparativ cu cea din buclă deschisă. Acest principiu este extrem de util și este folosit pe scară largă în proiectarea amplificatoarelor de precizie.

3. Schema bloc a amplificatorului de tensiune

Amplificator cu reacție negativă



4. Schema electrica a amplificatorului:



Principalele etape și componente ale circuitului:

1. Etajul diferențial de intrare:

- Format din tranzistoarele Q1 și Q2 (tip QBC846B), configurate ca o pereche diferențială.
- Acestea primesc semnalul de intrare aplicat la rezistența R20 mai mare de 150k și îl procesează. Perechea diferențială amplifică diferența dintre semnalele aplicate la bazele tranzistoarelor.
- Rezistențele R3 și R4 controlează curentul prin tranzistoarele diferențiale.

2. Sursa de curent constant:

- Tranzistorul Q5, împreună cu rezistența R5, funcționează ca o sursă de curent constant pentru etajul diferențial, asigurând funcționarea stabilă.

3. Etajul de amplificare de tensiune:

- Tranzistorul Q6 (QBC846B), în combinație cu tranzistoarele următoare și rețelele de rezistențe și condensatori, asigură o amplificare suplimentară a semnalului.
- Reacția negativă este aplicată la intrarea inversoare prin rețeaua rezistivă, ceea ce stabilizează amplificarea. Raportul dintre R1 și R2 este aproximativ 9 și oferă amplificarea dorită de 10.
- Tranzistorii Q5, Q6 și Q7 (QBC846B) formează o golindă de curent cu 2 ieșiri. Raportul dintre R5, R6 și R9 oferă stabilitatea circuitului.

4. Etajul de ieșire (putere):

- Tranzistoarele Q12 și Q13 (tip QBC807-25) formează un etaj de ieșire în configurație push-pull, asigurând amplificarea curentului pentru a alimenta sarcina .
- Rezistențele R7 și R8 ajustează curenții prin etajul de ieșire.

5. LED-uri de indicare:

- LED-urile conectate la rezistențele R13-R16 și alimentate de sursa de tensiune V_{cc} sunt folosite pentru indicarea funcționării sau a polarizării circuitului.

6. Alimentare:

- Circuitul este alimentat de la o sursă de tensiune V_{cc} , iar componentele sunt polarizate corespunzător prin rezistențele conectate la baza și emitorul tranzistoarelor.

5. Punctul static de functionare:

PSF
A7F-N25

$Q_1, Q_2 \rightarrow$ etaj diferențial $\Rightarrow V_{IN-} = V_{IN+} = 0V$

Q_5, Q_6, Q_7 - oglindă de curent

$$I_{C7} = \frac{0 - V_{BE7} - V_{SS}}{R_9 + R_{16}} = \frac{20 - 0,6}{5,820} \approx 3,34 \text{ mA}$$

$$\frac{I_{C7}}{R_6} = \frac{I_{C6}}{R_9} \Rightarrow I_{C6} = I_{C7} \cdot \frac{R_9}{R_6} = 3,34 \cdot 0,22 = 0,73 \text{ mA}$$

$$\frac{I_{C7}}{R_5} = \frac{I_{C5}}{R_8} \Rightarrow I_{C5} = I_{C7} \cdot \frac{R_9}{R_5} = 3,34 \cdot 0,43 = 1,44 \text{ mA}$$

$$I_{C3} = I_{C4} \Rightarrow I_{C1} = I_{C2} = \frac{I_{C5}}{2} = 0,7 \text{ mA}$$

$$V_{CE3} = V_{BE3} = 0,6V$$

$$V_{CE8} = V_{BE8} + V_{BE14} = 0,6 + 0,6 = 1,2V$$

$$V_{CE5} = 0 - V_{BE2} - V_{R5} - V_{SS} = 20 - 0,6 - 1,44 \cdot 0,51 \approx 18,65V$$

$$V_{CE1} = V_{CC} - V_{BE3} - V_{CE5} - V_{R5} - V_{SS} = 40 - 0,6 - 18,65 - 0,4 = 20,3V$$

$$V_{CE2} = V_{CE1} - V_{BE8} = 19,7V$$

$$V_{CEQ12} = V_{CEQ13} = V_{CC} = 20V$$

$$V_{CEQ6} = V_{CEQ14} = V_{CC} - V_{BE} \approx 19,4V$$

$$P_{R3} = P_{R4} = R_4^2 = 0,051 \cdot 0,4^2 = 100 \mu W$$

$$P_{Q3} = V_{CE} I_C = 0,4 \cdot 0,6 = 500 \mu W$$

$$P_{Q4} = 1,2 \cdot 0,4 = 1 mW$$

$$P_{Q1} = 20,3 \cdot 0,4 = 15 mW$$

$$P_{Q2} = 18,4 \cdot 0,4 = 14 mW$$

$$P_{Q5} = V_{CE5} \cdot I_{C5} = 1,44 \cdot 18,65 \approx 28 mW$$

$$P_{Q6} = V_{CE} \cdot I_C = 19,23 \cdot 0,43 = 14,03 mW \approx P_{Q74}$$

$$P_{Q8} = V_{BE} \cdot I_C = 0,6 \cdot 0,43 = 0,43 mW$$

$$P_{Q8} = P_{Q9} = P_{Q11}$$

$$P_{Q12} = 20 \cdot 1,35 = 24 mW \approx P_{Q13}$$

$$I_{CQ12} = I_{CQ13} = I_{CQ11}$$

$$P_{Q4} = V_{CE} \cdot 3,4 = 2 mW$$

$$P_{R16} = R_1^2 = 5,6 \cdot 3,4^2 = 64 mW$$

$$P_{RLED} = R_{LED} P$$

$$R_{LED} = 25 \Omega$$

$$I_{LED} \approx 14 mA$$

$$R_{43} \parallel R_{74} \parallel R_{15} \parallel R_{88} \parallel R_{33} = 1K$$

$$P_{R11} \approx 58 mW$$

$$R_{10} \parallel R_{11} \parallel R_{12} \parallel R_{14} \parallel R_{29} \approx 1K$$

