

L5. Amplificator cu cuplaj în emitor

Se studiază un amplificator cu cuplaj prin emitor în regim de curent continuu și în regim dinamic, semnal mic, joasă frecvență.

1. Considerații teoretice

În figura 1 se prezintă schema unui amplificator cu cuplaj prin emitor. Circuitul prezintă simetrie în curent continuu; T_1 și T_2 au aceiași parametri și rezistențele de colector R_C sunt egale.

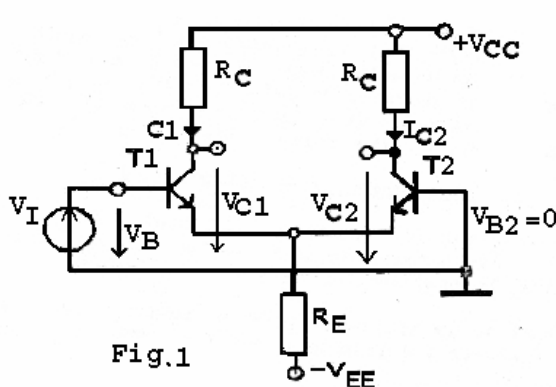


Fig.1

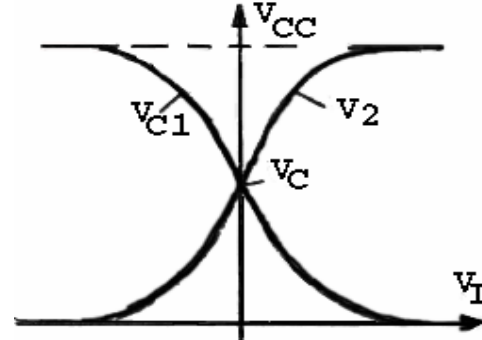


Fig.2

Pentru $V_I > 0$ punctul static de funcționare al celor două tranzistoare va fi diferit. Caracteristicile de transfer $V_{C2}(V_I)$ și respectiv $V_{C1}(V_I)$ au forma din figura 2.

Amplificarea de tensiune în curent continuu este:

$$A_V = \frac{V_O}{V_I}$$

unde V_O este valoarea cu care se modifica potențialul colectorului lui T_2 datorită aplicării unei tensiuni continue V_I la intrare.

Amplificarea A_V reprezintă panta caracteristicii $V_{C2}(V_I)$ pentru o tensiune de intrare care îndeplinește condiția de semnal mic și anume $V_I < 5\text{mV}$.

Schema echivalentă de curent alternativ simplificată e prezentată în figura 3. S-a presupus $r_{b'b} = 0$ și

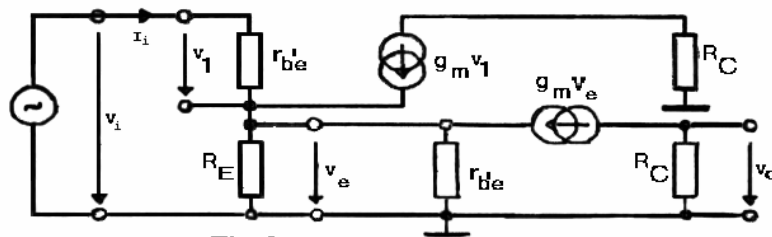


Fig.3

$$r_{b'c} = \infty.$$

Din analiza de semnal mic rezultă amplificările și rezistențele de intrare:

$$A_{V1} = \frac{V_e}{V_i} \left(= \frac{1}{2} \right) \quad (2)$$

$$R_{i1} = R_i = 2r_{be} = 2 \frac{\beta_0}{g_m} \quad (3)$$

$$A_{V2} = \frac{V_o}{V_e} = g_m R_c = \frac{I_c}{V_T} R_c \quad (4)$$

$$A_V = A_{V1} A_{V2} = \frac{1}{2} g_m R_c \quad (5)$$

unde g_m este panta se semnal mic a lui T_2 , V_T e tensiunea termică, iar V_o , V_i , V_e și I_c sunt valori effective ($g_m = I_c / V_T$).

Tensiunea de la ieșire e în fază cu tensiunea de la intrare, de unde și o altă denumire a circuitului – amplificatory parafază.

2. Mod de lucru

Montajul experimental e prezentat în figura 4. Montajul e realizat cu traanzistoarele T_1 și T_2 din aria de tranzistoare de tip TCA 661 (schema internă e dată în figura 5). Aceste tranzistoare sunt foarte bine împerecheate și deci pentru un curent dat au tensiunea V_{BE} și câștigul în curent practic egale.

Rezistorul R_{B1} din baza tranzistorului T_1 servește la determinarea curentului de bază (o rezistență identică se montează și în baza lui T_2 pentru simetrie în curent continuu).

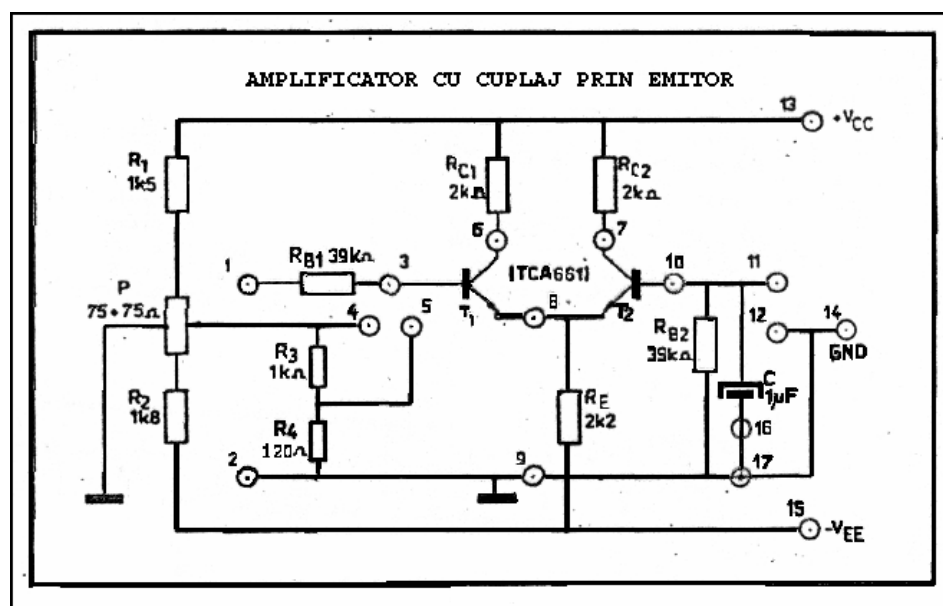


Fig. 4

Cu ajutorul divizorului R_1 , P , R_2 se realizează variația tensiunii continue la intrare. Pentru a obține tensiuni foarte mici se va introduce divizorul suplimentar R_3 , R_4 . Condensatorul C pune la masă baza tranzistorului T_2 în regim dinamic.

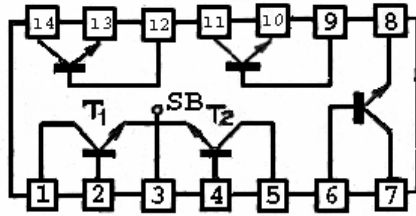


Fig.5

Aparate necesare:

- sursă dublă de tensiune
- generator de semnal sinusoidal
- multimetru
- osciloscop

3. Desfășurarea lucrării

Caracteristica de transfer în curent continuu

1. Se alimentează montajul cu o tensiune $V_{CC}=5V$. Baza lui T_2 se pune la masă prin scurtcircuitarea bornelor <11> cu <12>. Se reglează $V_I=0$ (sau se scurtcircuitează bornele <3> cu <2>). Se reglează V_{EE} astfel încât să obținem $V_{C1}=V_{C2}=3V$. Se măsoară V_E .

2. Se reglează V_I pe rând la valorile indicate în tabelul 1. Pentru valori de sute de mV se scurtcircuitează bornele <3> cu <4> iar pentru valori mici (mV, zeci de mV) se introduce divizorul suplimentar prin scurtcircuitarea bornelor <3> cu <5>.

Tabelul 1

$V_I(mV)$	-200	-100	-50	-20	-10	-5	0	5	10	20	50	100	200
$V_{C1}(V)$													
$V_{C2}(V)$													

Amplificarea în tensiune și rezistența de intrare la semnal mic

3. Se desfac legăturile dintre bornele <11>-<12> și <3>-<4> (sau <5>) și se cuplează la intrare (borna <1>) o sursă de semnal sinusoidal cu rezistența internă $R_S \ll R_B$. Se fixează frecvența semnalului la 10 kHz.

4. Se reglează V_{EE} astfel încât potențialele continue ale colectorilor să fie : $V_C=V_{C1}=V_{C2}=4V$. Se măsoară potențialele continue ale bazelor și emitorilor față de masă V_{B1} , V_{B2} , V_E și se trec în tabelul 2.

Se determină și se trec în tabelul 2 mărimile:

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C} ;$$

$$V_{CE} = V_C - V_E$$

$$V_{BE1} = V_{B1} - V_E ;$$

$$V_{BE2} = V_{B2} - V_E \quad (6)$$

$$\beta_F = \frac{I_C}{I_B} ;$$

$$\beta_F = \frac{R_B}{R_C} \cdot \frac{V_{CC} - V_C}{V_{B2}}$$

Tabelul 2

V_C (V)	V_E (V)	V_{B1} (V)	V_{B2} (V)	I_C (mA)	β_F	V_{CE} (V)	V_{BE1} (V)	V_{BE2} (V)
4				0.5				
3				1				
2				1.5				

Tabelul 3

I_C (mA)	V_i (mV)	V_e (mV)	V_s (mV)	V_o (mV)	A_{v1}	A_v	R_i (k Ω)
0.5	5						
1	5						
1.5	5						

5. Toate mărimile sinusoidale se măsoară față de masă (borna <9>). Se reglează tensiunea sinusoidală de la generator astfel încât $V_i=5\text{mV}$ (borna <3>). Se măsoară V_e (borna <8> - cca. 2.5mV); V_s (borna <1> - zeci de mV); V_o (borna <7> - sute de mV) și se trec în tabelul 3. Se determină

amplificările $A_{v1} = \frac{V_e}{V_i}$; $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ (7)

rezistența de intrare $R_i = \frac{V_i}{V_s - V_i} \cdot R_{B1}$ (8)

6. Măsurătorile și determinările de la punctele 4 și 5 se repetă pentru celelalte 2 valori ale curentului I_C reglând V_C conform tabelului 2.

Funcționarea la semnal mare

7. Se fixează $V_C=3\text{V}$ ($I_C=1\text{mA}$) și se montează osciloscopul în colectorul tranzistorului T_2 . Se modifică amplitudinea tensiunii V_s de la valoarea minimă la valoarea maximă urmărindu-se pe osciloscop forma semnalului din colectorul lui T_2 ($V_o(t)$). Se vor desena oscilogramele pentru $V_o(t)$ limitat (superior și inferior). Pentru cele 2 cazuri se vor nota valorile V_s și V_i .

4. Prelucrarea datelor experimentale și concluzii

1. Se trasează pe același grafic caracteristicile $V_{C1}(V_1)$ și $V_{C2}(V_1)$ pe baza datelor din tabelul 1. se determină panta caracteristicii $V_{C2}(V_1)$ corespunzătoare domeniului de variație pentru $V_1<5\text{mV}$, panta ce reprezintă amplificarea de tensiune în curent continuu A_v .

2. Se calculează pentru valorile curentului I_C din tabelele 2 și 3 mărimile A_{v1} , A_v și R_i cu relațiile (2), (5), (3). Se consideră $\beta_o=\beta_F$ (β_F din tabelul 2).

Tensiunea termică se poate evalua cu relația :

$$V_T = \frac{V_{BE} - V_{BE}}{\ln(I_C / I_C)} \quad (9)$$

unde se aleg $I_C=1.5\text{mA}$ și $I_C=0.5\text{mA}$ cărora le corespund tensiunile V_{BE} și V_{BE} din tabelul 2.

3. Să se justifice obținerea relației (9) și să se compare valoarea tensiunii termice (V_T) obținută cu valoarea uzuală de 26 mV.

4. În tabelul 4 se vor compara amplificările și rezistențele de intrare calculate la punctul 2 cu cele determinate experimental din tabelul 3.

Tabelul 4

$I_C(\text{mA})$	A_{V1}		A_V		$R_i(\text{k}\Omega)$	
	exp.	calc.	exp.	calc.	exp.	calc.
0.5		0.5				
1		0.5				
1.5		0.5				

5. În tabelul 5 se compară amplificarea în tensiune de curent continuu A_V (determinată la pct. 1 al acestei secțiuni), cu amplificarea de curent alternativ A_V , pentru un curent $I_C=1\text{mA}$.

Cum se justifică valorile apropiate obținute în tabelul 5 pentru amplificarea A_V și respectiv A_V .

6. Se vor compara valorile de tensiune la care apare limitarea tensiunii $V_o(t)$ obținute experimental la analiza funcționării de semnal mare, cu nivelele de tensiune pentru V_{C2} la care apare limitarea pe caracteristica de transfer $V_{C2}(V_I)$.

Tabelul 5

A_V	exp.	
A_V	exp. Calc.	