

Lucrarea nr. 1

REGIMUL DINAMIC AL TRANZISTORULUI BIPOLAR

1. Scopurile lucrării

-efectuarea măsurătorilor necesare determinării parametrilor principali ai circuitului echivalent al tranzistorului bipolar (TB) la semnal mic și joasă frecvență;

-verificarea dependenței parametrilor determinați de punctul static de funcționare (**psf**) al tranzistorului.

2. Considerații teoretice

Mărimile electrice din tranzistor sunt combinații între mărimile de polarizare (de curent continuu, **c.c.**) aplicate pentru a fixa un anumit **psf**, și semnalele utile (variabile, de curent alternativ, **c.a.**). Tranzistoarele operează adesea cu semnale al căror nivel este mic în comparație cu tensiunile și curenții de polarizare. În aceste condiții se pot utiliza modelele de semnal mic ale tranzistoarelor care permit calcularea câștigului circuitului și a impedanțelor văzute la terminale, fără a mai fi necesară includerea curenților și tensiunilor din **psf**. Studiul regimului dinamic al TB se referă la determinarea parametrilor modelului de semnal mic.

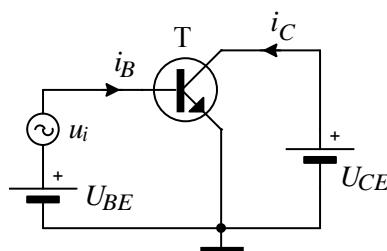


Figura 1

Se consideră TB din figura 1 cu sursele de polarizare U_{CE} și U_{BE} . Prin tranzistor circulă un curent static (**c.c.**) de colector I_C , și un curent static (**c.c.**) de bază I_B . Tranzistorul se află în regiunea activă directă (sau normală, RAN). Tensiunea de intrare de "semnal mic", u_i , care se aplică în serie cu sursa U_{BE} , produce variații mici ale curentului de bază i_b , și ale curentului de colector i_c . Valoarea totală a curenților de bază și de colector se notează cu i_B și respectiv i_C , astfel că: $i_B = I_B + i_b$ și $i_C = I_C + i_c$.

Se remarcă convenția de notații utilizată:

- mărime de curent continuu (statică, de polarizare), literă mare cu indice literă mare;
- mărime de curent alternativ (dinamică, de semnal), literă mică cu indice literă mică;
- mărime totală (c.c. + c.a.), literă mică cu indice literă mare;

- literă mare cu indice literă mică reprezintă valoarea efectivă a mărimii de curent alternativ.

Cei mai importanți parametri de semnal mic ai tranzistorului bipolar sunt

- - transconductanța (panta) este variația curentului de ieșire raportată la variația tensiunii de intrare;
- - rezistența de intrare este variația tensiunii de intrare raportată la variația curentului de intrare;
- - rezistența de ieșire este variația tensiunii de ieșire raportată la variația curentului de ieșire. Analitic:

$$g_m = \left. \frac{di_C}{du_{BE}} \right|_{du_{CE}=0}; \quad r_{be} = \left. \frac{du_{BE}}{di_B} \right|_{du_{CE}=0}; \quad r_{ce} = \left. \frac{du_{CE}}{di_C} \right|_{du_{BE}=0} \quad (1)$$

Funcționarea tranzistorului bipolar (TB) este liniară numai la semnale mici, adică pentru:

$$U_{be} \ll U_T (= 26mV \text{ la } 300^{\circ} K) \quad (2)$$

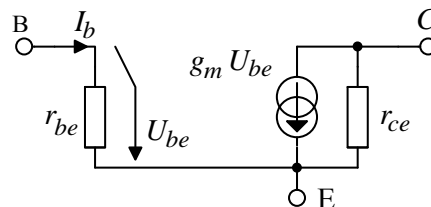


Figura 2

În aceste condiții, pentru un **psf** fixat, mărimile din relațiile 1 sunt constante. Circuitul prezentat în figura 2, rezultă din relațiile 1 și se numește circuit natural simplificat. Acest circuit este un circuit echivalent valabil numai în regim dinamic, pentru calcularea variațiilor mărimilor în jurul **psf**.

Parametrii tranzistorului depind de **psf** prin intermediul curentului static de colector, I_C , conform relațiilor următoare:

$$g_m = \frac{I_C}{U_T} \cong 40I_C; \quad r_{be} \cong \frac{\beta_0}{g_m}; \quad r_{ce} = \frac{U_A + U_{CE}}{I_C} \quad (3)$$

$U_T = 25mV = 1/40V$ (la 270K) este tensiunea termică, β_0 factorul dinamic de amplificare în curent în conexiunea emitor comun și U_A reprezintă tensiunea Early (cu valori uzuale de zeci de volți).

Curentul sursei ideale de curent dintre colector (C) și emitor (E) este:

$$g_m \cdot U_{be} = \frac{\beta_0}{r_{be}} \cdot U_b = \beta_0 \cdot I_b, \text{ deci în schema de semnal mic la joasă frecvență se pot utiliza ambele variante: } g_m \cdot U_{be} \text{ sau } \beta_0 \cdot I_b.$$

3. Desfășurarea lucrării

Aparatura necesară :

- sursă de tensiune reglabilă 4 - 20 V;
- sursă de semnal sinusoidal reglabilă;
- multimetru electronic;
- montaj de laborator.

3.1 Determinarea parametrilor: β_F , β_0 , g_m , r_{be} (notat și cu r_π)

1. Se realizează configurația de circuit din figura 3 și se fixează punctul static de funcționare (**psf**) al tranzistorului la primul set de valori indicate în tabelul 1 ($U_{CC}=8V$, $U_{CE}=4V$ și deci $I_C=1mA$). Rezistorul R_L (load - eng.) încarcă în regim dinamic ieșirea tranzistorului. Reglarea **psf** se face astfel:

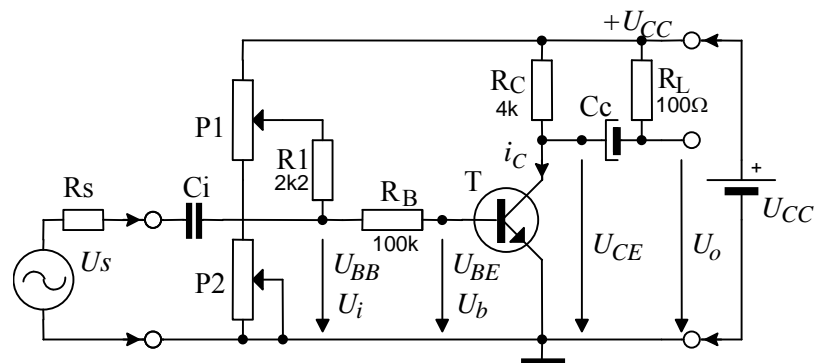


Figura 3.

- se reglează sursa de tensiune continuă la valoarea U_{CC} necesară;
- se rotesc potențiometrii P1 și P2 până când se obține valoarea dorită U_{CE} .

Apoi se măsoară tensiunile continue U_{BB} și U_{BE} și se trec în tabelul 1.

2. La intrarea circuitului se aplică un semnal sinusoidal cu frecvența de circa 10 kHz de la generatorul de semnal U_s (a cărui rezistență internă este R_s). Nivelul semnalului la generator se va regla astfel încât $U_b=2mV$ pentru fiecare măsurătoare. Se măsoară tensiunile alternative U_i și U_o și se trec în tabelul 1. Pentru ultima linie din tabel R_L se va cupla direct în colectorul tranzistorului (fără C_c).

Tabelul 1.

U_{CC} (V)	U_{CE} (V)	I_C (mA)	U_{BB} (V)	U_{BE} (V)	U_i (mV)	U_o (mV)	β_F	β_0	g_m (mA/V)	r_{be} (k Ω)
8	4	1								
12	4	2								
20	4	4								
4,8	4	8								

3. Se determină factorul static de amplificare (în c.c.):

$$\beta_F = \frac{I_C}{I_B} = \frac{R_B \cdot I_C}{U_{BB} - U_{BE}}. \quad (4)$$

Parametrii tranzistorului se determină utilizând schema echivalentă de regim dinamic (de c.a.) din figura 4. Se consideră $R_l = R_L \parallel R_C \parallel r_{ce} \cong R_L$, R_L fiind mult mai mică decât rezistențele cu care apare în paralel. Factorul de amplificare dinamic (β_0) este:

$$\beta_0 = \frac{I_c}{I_b} = \frac{U_o}{R_l} \cdot \frac{R_B}{U_i - U_b} \cong \frac{U_o}{U_i - U_b} \cdot \frac{R_B}{R_L}. \quad (5)$$

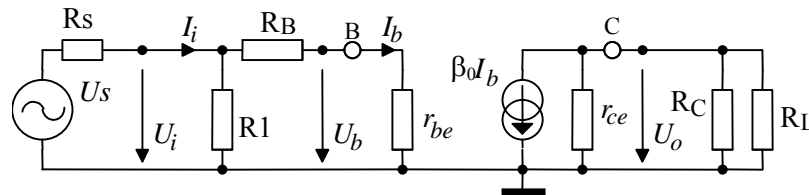


Figura 4

Panta de semnal mic (g_m) și rezistența de intrare (r_{be} sau r_{π}) se determină astfel:

$$g_m = \frac{I_c}{U_b} = \frac{U_o}{R_l} \cdot \frac{1}{U_b} \cong \frac{1}{R_L} \cdot \frac{U_o}{U_b}; \quad r_{be} = \frac{U_b}{I_b} = \frac{U_b}{U_i - U_b} \cdot R_B \quad (6)$$

Valorile obținute se trec în tabelul 1.

Se reiau măsurătorile și calculele anterioare pentru celelalte **psf** din tabelul 1.

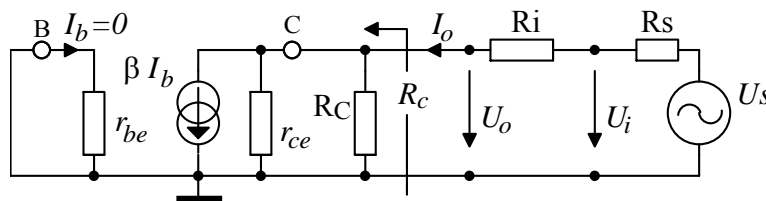


Figura 6.

4. Prelucrarea datelor experimentale

1. Se vor reprezenta pe baza datelor din tabelul 1 variațiile mărimilor β_F , β_0 (pe un grafic), r_{be} și g_m (pe alte două grafice), funcție de curentul I_C , pt. $U_{CE}=4V$.
2. Se vor compara panta și rezistența de intrare determinate prin măsurători (din tabelul 1) cu valorile calculate teoretic (cu relațiile 3, ținând seama de I_C și β_0 din punctele considerate). Pentru comparație se va completa tabelul 3, utilizat pentru centralizarea rezultatelor.

Tabelul 3.

I_C (mA)	g_m (mA/V)		r_{be} (k Ω)	
	măs.	calc.	măs.	calc.
1				
2				
4				
8				