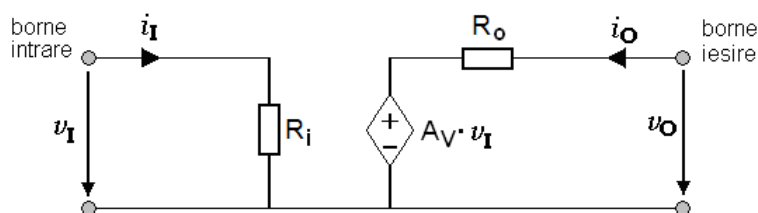


### Observații:

- Pentru toate amplificatoarele considerate, se va analiza comportamentul acestora în banda lor de frecvență.
- Pentru evitarea introducerii distorsiunilor în forma de undă a mărimilor electrice de ieșire, tranzistoarele bipolare utilizate în circuitele de amplificare trebuie să funcționeze în Regiunea Activă Normală (RAN).
- Amplificatoarele de semnal mic cu tranzistoare sunt amplificatoare liniare. Din acest motiv, comportamentul acestora în regim variabil de semnal mic se poate modela, între bornele de intrare și bornele de ieșire, prin intermediul amplificatoarelor liniare;
- În cazul în care informația este reprezentată prin intermediul tensiunii electrice, comportamentul în regim variabil de semnal mic al amplificatorului considerat se modelează prin intermediul amplificatorului liniar de tensiune, indicat în figura de mai jos, în care  $A_V$ ,  $R_i$  și  $R_o$  sunt parametrii modelului.



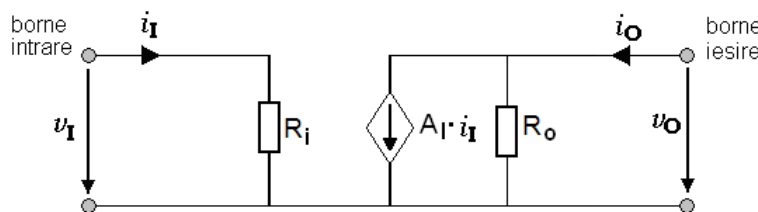
Modelul amplificatorului liniar de tensiune.

- Utilizând circuitul de mai sus, expresia matematică a factorului de amplificare în tensiune, pentru amplificatorul conectat la circuitele externe este:

$$A_{Vg} = A_V \cdot \left( \frac{R_i}{R_i + R_g} \right) \cdot \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right)$$

în care parametrii  $A_V$ ,  $R_i$  și  $R_o$  se particularizează în funcție de valorile parametrilor de semnal mic ai amplificatorului de semnal mic considerat.

- În cazul în care informația este reprezentată prin intermediul curentului electric, comportamentul în regim variabil de semnal mic al amplificatorului considerat se modelează prin intermediul amplificatorului liniar de curent, indicat în figura de mai jos, în care  $A_I$ ,  $R_i$  și  $R_o$  sunt parametrii modelului.



Modelul amplificatorului liniar de curent.

- Utilizând circuitul de mai sus, expresia matematică a factorului de amplificare în curent, pentru amplificatorul conectat la circuitele externe este:

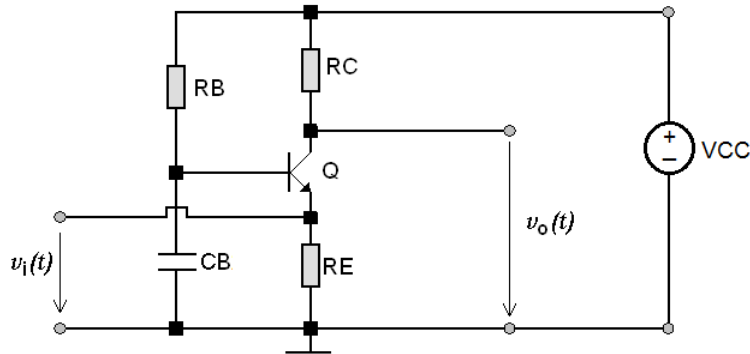
$$A_{Ig} = A_I \cdot \left( \frac{R_g}{R_g + R_i} \right) \cdot \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

în care parametrii  $A_I$ ,  $R_i$  și  $R_o$  se particularizează în funcție de valorile parametrilor de semnal mic ai amplificatorului de semnal mic considerat.

## I. Amplificatoare de semnal mic cu tranzistoare bipolare

### Problema 1

Se consideră amplificatorul de semnal mic cu tranzistor bipolar indicat în figura de mai jos, în care valorile componentelor electronice sunt  $V_{CC} = 10[V]$ ,  $R_B = 810[k\Omega]$ ,  $R_E = 560[\Omega]$ ,  $R_C = 2,2[k\Omega]$ ,  $C_B \rightarrow \infty[F]$ , iar tranzistorul  $Q$  are factorul de amplificare în curent  $\beta = 100$  și tensiunea continuă  $V_{BE} = 0,6[V]$ .



Se cer:

- să se determine punctul static de funcționare al tranzistorului  $Q$  și să se verifice dacă acesta funcționează în RAN.
- să se modeleze amplificatorul în regim variabil de semnal mic, prin intermediul unui amplificator liniar de tensiune.
- să se determine valoarea amplificării în tensiune a amplificatorului, atunci când acesta este conectat la un generator de tensiune de rezistență internă  $R_g = 600[\Omega]$  și un rezistor de sarcină  $R_L = 10[k\Omega]$ .

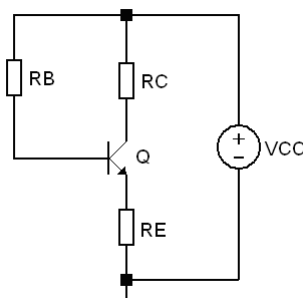
### Rezolvare

**a.** Tranzistorul din schema electronică a circuitului de amplificare este un tranzistor bipolar. În cazul unui tranzistor bipolar, Punctul Static de Funcționare (PSF) al acestuia este compus din perechea de mărimi electrice continue ( $I_C$ ,  $V_{CE}$ ). Deoarece ambele mărimi electrice sunt **continue**, determinarea valorii acestora se realizează prin analizarea comportamentului circuitului de amplificare în regim de curent continuu.

Analiza circuitului de amplificare în regim de curent continuu permite determinarea circuitului de polarizare al tranzistorului bipolar, cel pe baza căruia se efectuează calculele pentru determinarea valorii PSFului tranzistorului.

Determinarea circuitului de polarizare al tranzistorului bipolar  $Q$  se realizează prin eliminarea ramurilor de circuit care conțin condensatoare din circuitul de amplificare considerat (deoarece prin aceste ramuri nu trece **curent continuu**, din cauza condensatoarelor, care nu permit acest lucru având o reactanță electrică  $X_C$  de valoare infinită).

În circuitul de amplificare considerat, există o singură ramură de circuit cu condensator și anume ramura care conține condensatorul  $C_B$ . După eliminarea acesteia din schema electrică a circuitului de amplificare, se obține circuitul indicat în figura de mai jos, care reprezintă circuitul de polarizare al tranzistorului  $Q$ .



Circuitul de polarizare al tranzistorului  $Q$  = circuitul de polarizare cu rezistor în emitor

**Exemple de probleme rezolvate pentru cursurile 08 DEEA**  
**Amplificatoare de semnal mic cu tranzistoare bipolare**

Circuitul de polarizare rezultat este circuitul de polarizare cu rezistor în emitor, prezentat în cursul în care s-a discutat despre polarizarea tranzistorului bipolar. Conform analizei prezentate în cursul respectiv, pentru acest circuit de polarizare, valorile PSFului tranzistorului bipolar Q se determină pe baza expresiilor matematice următoare:

$$I_C = \frac{\beta \cdot (V_{CC} - V_{BE})}{\beta \cdot R_E + R_B}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot (R_C + R_E)$$

Rezultă:

$$I_C = \frac{100 \cdot (10[V] - 0,6[V])}{100 \cdot 0,56[k\Omega] + 810[k\Omega]} = \frac{940}{866} \underbrace{\left[ \frac{V}{k\Omega} \right]}_{mA} \cong 1,1[mA]$$

$$V_{CE} = 10[V] - 1,1[mA] \cdot (2,2[k\Omega] + 0,56[k\Omega]) = 10[V] - 3,036[V] \cong 6,96[V]$$

Deci, PSFul tranzistorului bipolar este:

$$I_C = 1,1[mA]$$

$$V_{CE} = 6,96[V]$$

După determinarea valorii PSFului tranzistorului bipolar, este necesară verificarea regiunii în care acesta funcționează. Pentru ca un tranzistor bipolar să amplifice, este necesar ca acesta să funcționeze în RAN. Un tranzistor bipolar funcționează în RAN dacă este verificată condiția de mai jos:

$$0,5[V] < V_{CE} < V_{CC} - 0,5[V]$$

Pentru valorile numerice ale problemei, condiția de mai sus devine:

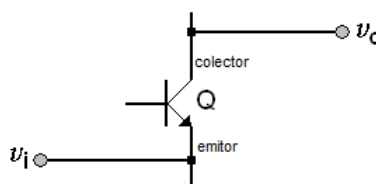
$$0,5[V] < 6,96[V] < 9,5[V] \quad \text{adevărat}$$

Deoarece condiția de mai sus este adevărată, rezultă că tranzistorul bipolar funcționează în RAN.

**b.** pentru modelarea comportamentului în banda de frecvență a amplificatorului, în regim variabil de semnal mic, prin intermediul unui amplificator liniar de tensiune, este necesar să se determine valorile numerice ale parametrilor următori:

- $A_v$
- $R_i$
- $R_o$

În acest scop, este necesar ca mai întâi să se identifice conexiunea în care lucrează amplificatorul în regim variabil. Procedura utilizată pentru identificarea conexiunii în care lucrează tranzistorul este indicată în cadrul cursului 8 (comentariile legate de Figura 1 din curs). În cadrul acestei proceduri, se identifică în ce terminal al tranzistorului este aplicată mărimea electrică de intrare, în acest caz tensiunea de intrare  $v_i$ , respectiv de la ce terminal al tranzistorului se furnizează mărimea electrică de ieșire, în acest caz tensiunea de ieșire  $v_o$ .



Din schema electrică a circuitului de amplificare considerat, așa cum se specifică și în figura de mai sus, se identifică următoarele:

**Exemple de probleme rezolvate pentru cursurile 08 DEEA**  
**Amplificatoare de semnal mic cu tranzistoare bipolare**

- tensiunea de intrare  $v_i$  se aplică în emitorul tranzistorului,
- tensiunea de ieșire  $v_o$  se furnizează din colectorul tranzistorului.

Rezultă că amplificatorul considerat este în **conexiunea Bază Comună**, de unde rezultă că expresiile matematice ale parametrilor modelului care reprezintă amplificatorul liniar de tensiune sunt:

- amplificarea în tensiune:  $A_v = g_m \cdot R_C$
- rezistența de intrare:  $R_i = \frac{r_\pi}{1 + \beta}$
- rezistența de ieșire:  $R_o = R_C$

În expresiile de mai sus sunt utilizați parametrii de semnal mic ai tranzistorului bipolar,  $g_m$  (transconductanta sau panta tranzistorului) respectiv  $r_\pi$  (rezistența de semnal mic a jonctiunii baza-emitor), care se determină cu relațiile:

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m}$$

În relația de calcul a parametrului  $g_m$ ,  $I_C$  reprezintă curentul de colector al tranzistorului bipolar, calculat în PSFul acestuia, iar  $V_T$  este tensiunea termică, considerată ca fiind egală cu **25[mV]**.

Rezultă:

$$g_m = \frac{1,1[mA]}{25[mV]} = \frac{1,1[mA]}{0,025[V]} = 44 \left[ \frac{mA}{V} \right]$$

**Observație:** în calculul valorii parametrului  $g_m$  se recomandă exprimarea valorii sale în **mA/V**, din acest motiv, se recomandă exprimarea valorii tensiunii termice  $V_T$  în volți.

$$r_\pi = \frac{100}{44 \left[ \frac{mA}{V} \right]} = 2,27 \left[ \frac{V}{mA} \right] = 2,27[k\Omega]$$

$$A_v = 44 \left[ \frac{mA}{V} \right] \cdot 2,2[k\Omega] = 96,8$$

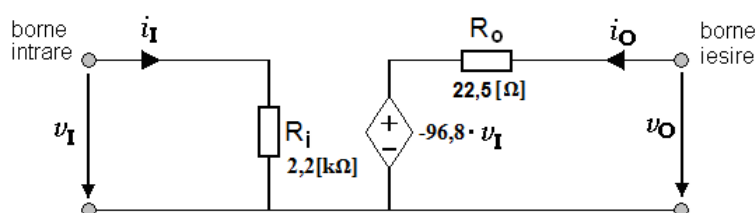
$$A_v = 96,8$$

$$R_i = \frac{2,27}{1 + 100} [k\Omega] \cong 22,5[\Omega]$$

$$R_i = 22,5[\Omega]$$

$$R_o = 2,2[k\Omega]$$

Deci, modelul de amplificator liniar de tensiune care modelează comportamentul amplificatorului în regim variabil de semnal mic, este următorul:



**Exemple de probleme rezolvate pentru cursurile 08 DEEA**  
**Amplificatoare de semnal mic cu tranzistoare bipolare**

c. expresia matematică a amplificării în tensiune a amplificatorului, conectat la circuitele externe, este următoarea:

$$A_{Vg} = A_V \cdot \left( \frac{R_i}{R_i + R_g} \right) \cdot \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right)$$

Ținând cont de parametrii de semnal mic ai circuitului de amplificare, determinați la punctul precedent, valoarea numerică a amplificării în tensiune a circuitului de amplificare conectat la circuitele exterioare este:

$$A_{Vg} = 96,8 \cdot \left( \frac{22,5[\Omega]}{22,5[\Omega] + 600[\Omega]} \right) \cdot \left( \frac{10[k\Omega]}{2,2[k\Omega] + 10[k\Omega]} \right)$$

$$A_{Vg} = 96,8 \cdot (0,036) \cdot (0,82)$$

$\Rightarrow$

$$A_{Vg} = 2,9$$

**Observatie:** se remarca scaderea semnificativa a valorii modulului amplificarii in tensiune a amplificatorului, atunci cand acesta este conectat la circuitele externe:

- modulul amplificarii in tensiune a amplificatorului neconectat la circuitele externe:

$$|A_V| = 96,8$$

- modulul amplificarii in tensiune a amplificatorului conectat la circuitele externe:

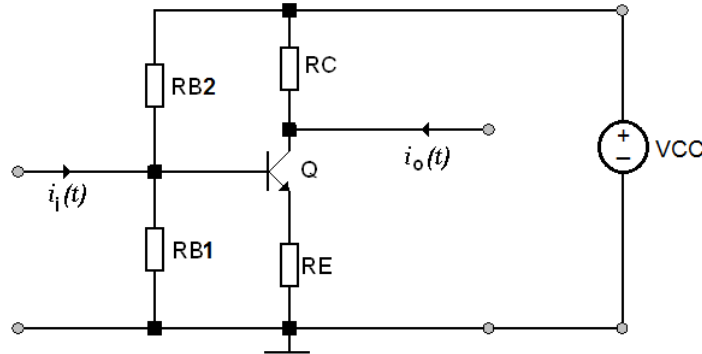
$$|A_{Vg}| = 2,9$$

**Cauza scaderii amplificarii in tensiune:** pierderile de tensiune la bornele de intrare si de iesire ale amplificatorului, determinate de:

- rezistenta de intrare  $R_i$  foarte mica
- rezistenta de iesire  $R_o$  mare

### Problema 2

Se consideră amplificatorul de semnal mic cu tranzistor bipolar indicat în figura de mai jos, în care valorile componentelor electronice sunt  $V_{CC} = 10[V]$ ,  $R_{B2} = 56[k\Omega]$ ,  $R_{B1} = 24[k\Omega]$ ,  $R_E = 820[\Omega]$ ,  $R_C = 1,8[k\Omega]$ , iar tranzistorul  $Q$  are factorul de amplificare în curent  $\beta = 100$  și tensiunea continuă  $V_{BE} = 0,6[V]$ .

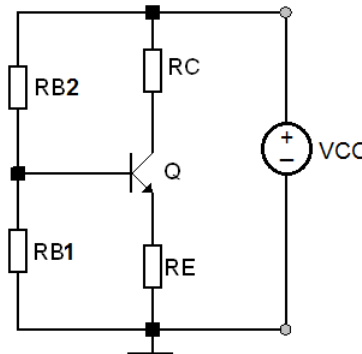


Se cer:

- să se determine punctul static de funcționare al tranzistorului  $Q$  și să se verifice dacă acesta funcționează în RAN.
- să se determine valoarea amplificării în curent a amplificatorului, atunci când acesta este conectat la un generator de curent de rezistență internă  $R_g = 10[k\Omega]$  și un rezistor de sarcină  $R_L = 10[k\Omega]$ .

### Rezolvare

a. Determinarea valorii PSFului tranzistorului bipolar se realizează pe circuitul de polarizare al tranzistorului, care se determină din schema electrică a circuitului de amplificare, prin eliminarea ramurilor de circuit care conțin condensatoare. În circuitul de amplificare considerat, nu există nicio ramură de circuit cu condensator, astfel încât, circuitul de polarizare al tranzistorului  $Q$ , este cel indicat mai jos:



Circuitul de polarizare al tranzistorului  $Q$  = circuitul de polarizare cu divizor rezistiv

Circuitul de polarizare rezultat este circuitul de polarizare cu divizor rezistiv, prezentat în cursul în care s-a discutat despre polarizarea tranzistorului bipolar. Conform analizei prezentate în cursul respectiv, pentru acest circuit de polarizare, valorile PSFului tranzistorului bipolar  $Q$  se determină pe baza expresiilor matematice următoare:

$$I_C = \frac{\beta \cdot (V_{BB} - V_{BE})}{\beta \cdot R_E + R_B}$$

$$\text{unde } V_{BB} = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \cdot V_{CC} \text{ și } R_B = \frac{R_{B1} \cdot R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot (R_C + R_E)$$

Rezultă:

$$V_{BB} = \frac{24[k\Omega]}{24[k\Omega] + 56[k\Omega]} \cdot 10[V] = \frac{24}{80} \cdot 10[V] = 3[V]$$

$$R_B = \frac{24[k\Omega] \cdot 56[k\Omega]}{24[k\Omega] + 56[k\Omega]} = \frac{1344}{80} [k\Omega] = 16,8[k\Omega]$$

$$I_C = \frac{100 \cdot (3[V] - 0,6[V])}{100 \cdot 0,82[k\Omega] + 16,8[k\Omega]} = \frac{240}{98,8} \underbrace{\left[ \frac{V}{k\Omega} \right]}_{mA} \cong 2,43[mA]$$

$$V_{CE} = 10[V] - 2,43[mA] \cdot (1,8[k\Omega] + 0,82[k\Omega]) = 10[V] - 3,3666[V] \cong 3,63[V]$$

Deci, PSFul tranzistorului bipolar este:

$$I_C = 2,43[mA]$$

$$V_{CE} = 3,63[V]$$

După determinarea valorii PSFului tranzistorului bipolar, este necesară verificarea regiunii în care acesta funcționează. Pentru ca un tranzistor bipolar să amplifice, este necesar ca acesta să funcționeze în RAN. Un tranzistor bipolar funcționează în RAN dacă este verificată condiția de mai jos:

$$0,5[V] < V_{CE} < V_{CC} - 0,5[V]$$

Pentru valorile numerice ale problemei, condiția de mai sus devine:

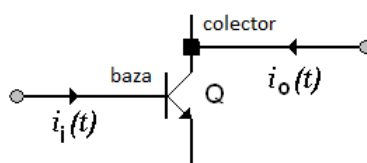
$$0,5[V] < 3,63[V] < 9,5[V] \quad \text{adevărat}$$

Deoarece condiția de mai sus este adevărată, rezultă că tranzistorul bipolar funcționează în RAN.

b. pentru determinarea valorii amplificării în curent a amplificatorului conectat la circuitele externe, este necesar ca mai întâi să se determine parametrii de semnal mic al amplificatorului, și anume:

- $A_I$
- $R_i$
- $R_o$

În acest scop, este necesar ca mai întâi să se identifice conexiunea în care lucrează amplificatorul în regim variabil. Procedura utilizată pentru identificarea conexiunii în care lucrează tranzistorul este indicată în cadrul cursului 8 (comentariile legate de Figura 1 din curs). În cadrul acestei proceduri, se identifică în ce terminal al tranzistorului este aplicată mărimea electrică de intrare, în acest caz, curentul de intrare  $i_i$ , respectiv de la ce terminal al tranzistorului se furnizează mărimea electrică de ieșire, în acest caz, curentul de ieșire  $i_o$ .

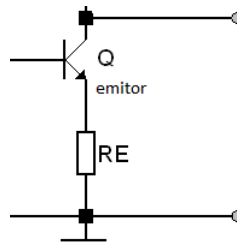


**Exemple de probleme rezolvate pentru cursurile 08 DEEA**  
**Amplificatoare de semnal mic cu tranzistoare bipolare**

Din schema electrică a circuitului de amplificare considerat, așa cum se specifică și în figura de mai sus, se identifică următoarele:

- curentul de intrare  $i_i$  se aplică în baza tranzistorului,
- curentul de ieșire  $i_o$  se furnizează din colectorul tranzistorului.

Rezultă că amplificatorul considerat este în conexiunea Emitor Comun. Deoarece acest tip de amplificator prezintă 2 variante, cu condensator în emitor, respectiv fără condensator în emitor, în continuare se inspectează schema electrică a amplificatorului, în emitorul tranzistorului,



din care se observă că în emitorul tranzistorului nu este conectat niciun condensator. Pe baza acestor observații rezultă că, în schema electrică considerată în această problemă, este reprezentat un amplificator cu tranzistor bipolar în **conexiunea Emitor Comun, fără condensator în emitor**, de unde rezultă că expresiile matematice ale parametrilor de semnal mic ai amplificatorului sunt:

- amplificarea în curent:  $A_I = A_V \cdot \frac{R_i}{R_o}$  unde  $A_V = -\frac{\beta \cdot R_C}{r_\pi + (\beta + 1) \cdot R_E}$
- rezistența de intrare:  $R_i = \frac{R_B \cdot [r_\pi + (1 + \beta) \cdot R_E]}{R_B + r_\pi + (1 + \beta) \cdot R_E}$
- rezistența de ieșire:  $R_o = R_C$

În expresiile de mai sus este utilizat parametrul de semnal mic al tranzistorului bipolar  $r_\pi$ , care se determină cu relația:

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m}$$

unde  $g_m$  reprezintă de asemenea un parametru de semnal mic al tranzistorului bipolar, determinat cu relația:

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

În relația de calcul a parametrului  $g_m$ ,  $I_C$  reprezintă curentul de colector al tranzistorului bipolar, calculat în PSFul acestuia, iar  $V_T$  este tensiunea termică, considerată **25[mV]**.

Rezultă:

$$g_m = \frac{2,43[mA]}{25[mV]} = \frac{2,43[mA]}{0,025[V]} = 97,2 \left[ \frac{mA}{V} \right]$$

**Observație:** în calculul valorii parametrului  $g_m$  se recomandă exprimarea valorii sale în **mA/V**, din acest motiv, se recomandă exprimarea valorii tensiunii termice  $V_T$  în volți.



**Exemple de probleme rezolvate pentru cursurile 08 DEEA**  
**Amplificatoare de semnal mic cu tranzistoare bipolare**

$$r_{\pi} = \frac{100}{97,2 \left[ \frac{mA}{V} \right]} \cong 1 \left[ \frac{V}{mA} \right] = 1[k\Omega]$$

$$A_I = -\frac{\beta \cdot R_C}{r_{\pi} + (\beta + 1) \cdot R_E} \cdot \frac{R_B \cdot [r_{\pi} + (\beta + 1) \cdot R_E]}{R_B + r_{\pi} + (\beta + 1) \cdot R_E} \cdot \frac{1}{R_C} = -\frac{\beta \cdot R_B}{R_B + r_{\pi} + (\beta + 1) \cdot R_E}$$

$$A_I = -\frac{100 \cdot 16,8}{16,8 + 1 + 101 \cdot 0,82} = -\frac{1680}{100,62} \cong -16,7$$

$$R_i = \frac{16,8[k\Omega] \cdot [1[k\Omega] \cdot (1 + 100) \cdot 0,82[k\Omega]]}{16,8[k\Omega] + 1[k\Omega] + (1 + 100) \cdot 0,82[k\Omega]} \cong \frac{1391,4}{100,6} [k\Omega] \cong 13,8[k\Omega] \quad R_i = 13,8[k\Omega]$$

$$R_o = 1,8[k\Omega]$$

Expresia matematică a amplificării în curent a amplificatorului conectat la circuitele externe este următoarea:

$$A_{Ig} = A_I \cdot \left( \frac{R_g}{R_g + R_i} \right) \cdot \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

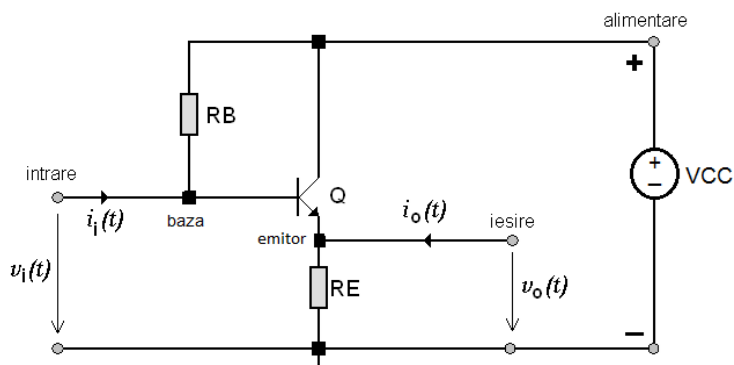
Ținând cont de parametrii de semnal mic ai circuitului de amplificare, determinați anterior, valoarea numerică a amplificării în curent a circuitului de amplificare conectat la circuitele exterioare este:

$$A_{Ig} = -16,7 \cdot \left( \frac{10[k\Omega]}{10[k\Omega] + 13,8[k\Omega]} \right) \cdot \left( \frac{1,8[k\Omega]}{1,8[k\Omega] + 10[k\Omega]} \right)$$

$$A_{Ig} = -16,7 \times 0,42 \times 0,15 = -1,06$$

### Problema 3

Se consideră amplificatorul de semnal mic cu tranzistor bipolar indicat în figura de mai jos, în care valorile componentelor electronice sunt  $V_{CC} = 9[V]$ ,  $R_B = 1[M\Omega]$ ,  $R_E = 3.6[k\Omega]$ , iar tranzistorul  $Q$  are factorul de amplificare în curent  $\beta = 200$  și tensiunea continuă  $V_{BE} = 0,6[V]$ .

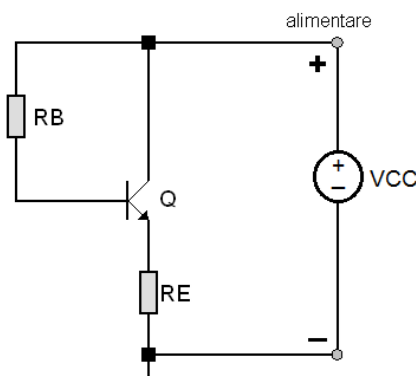


Se cer:

- să se determine punctul static de funcționare al tranzistorului  $Q$  și să se verifice dacă acesta funcționează în RAN.
- să se determine valoarea amplificării în curent a amplificatorului, atunci când acesta este conectat la un generator de curent de rezistență internă  $R_g = 600 [\Omega]$  și un rezistor de sarcină  $R_L = 10 [\Omega]$ .

### Rezolvare

a. Determinarea valorii PSFului tranzistorului bipolar se realizează pe circuitul de polarizare al tranzistorului, care se determină din schema electrică a circuitului de amplificare, prin eliminarea ramurilor de circuit care conțin condensatoare. În circuitul de amplificare considerat, nu există nicio ramură de circuit cu condensator, astfel încât, circuitul de polarizare al tranzistorului  $Q$ , este cel indicat mai jos:



Circuitul de polarizare al tranzistorului  $Q$  = circuitul de polarizare cu divizor rezistiv

Circuitul de polarizare rezultat este circuitul de polarizare cu rezistor în baza, prezentat în cursul în care s-a discutat despre polarizarea tranzistorului bipolar. Conform analizei prezentate în cursul respectiv, pentru acest circuit de polarizare, valorile PSFului tranzistorului bipolar  $Q$  se determină pe baza expresiilor matematice următoare:

$$I_C = \frac{\beta \cdot (V_{CC} - V_{BE})}{\beta \cdot R_E + R_B}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_E$$

Rezultă:

**Exemple de probleme rezolvate pentru cursurile 08 DEEA**  
**Amplificatoare de semnal mic cu tranzistoare bipolare**

$$I_C = \frac{200 \cdot (9[V] - 0,6[V])}{200 \cdot 3,6[k\Omega] + 1000[k\Omega]} = \frac{1680}{1720} \underbrace{\left[ \frac{V}{k\Omega} \right]}_{mA} \cong 0,98[mA]$$

$$V_{CE} = 9[V] - 0,98[mA] \cdot (3,6[k\Omega]) = 9[V] - 3,53[V] \cong 5,47[V]$$

Deci, PSFul tranzistorului bipolar este:

$$I_C = 0,98[mA]$$

$$V_{CE} = 5,47[V]$$

După determinarea valorii PSFului tranzistorului bipolar, este necesară verificarea regiunii în care acesta funcționează. Pentru ca un tranzistor bipolar să amplifice, este necesar ca acesta să funcționeze în RAN. Un tranzistor bipolar funcționează în RAN dacă este verificată condiția de mai jos:

$$0,5[V] < V_{CE} < V_{CC} - 0,5[V]$$

Pentru valorile numerice ale problemei, condiția de mai sus devine:

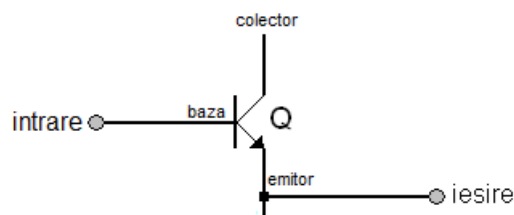
$$0,5[V] < 5,47[V] < 8,5[V] \quad \text{adevărat}$$

Deoarece condiția de mai sus este adevărată, rezultă că tranzistorul bipolar funcționează în RAN.

**b.** pentru determinarea valorii amplificării în curent a amplificatorului conectat la circuitele externe, este necesar ca mai întâi să se determine parametrii de semnal mic al amplificatorului, și anume:

- $A_i$
- $R_i$
- $R_o$

În acest scop, este necesar ca mai întâi să se identifice conexiunea în care lucrează amplificatorul în regim variabil. Procedura utilizată pentru identificarea conexiunii în care lucrează tranzistorul este indicată în cadrul cursului 8 (comentariile legate de Figura 1 din curs). În cadrul acestei proceduri, se identifică în ce terminal al tranzistorului este aplicată mărimea electrică de intrare, în acest caz, curentul de intrare  $i_i$ , respectiv de la ce terminal al tranzistorului se furnizează mărimea electrică de ieșire, în acest caz, curentul de ieșire  $i_o$ .



Din schema electrică a circuitului de amplificare considerat, așa cum se specifică și în figura de mai sus, se identifică următoarele:

- curentul de intrare  $i_i$  se aplică în baza tranzistorului,
- curentul de ieșire  $i_o$  se furnizează din emitorul tranzistorului.

Rezultă că amplificatorul considerat este în **conexiunea Colector Comun**, de unde rezultă că expresiile matematice ale parametrilor de semnal mic ai amplificatorului sunt:

**Exemple de probleme rezolvate pentru cursurile 08 DEEA**  
**Amplificatoare de semnal mic cu tranzistoare bipolare**

- amplificarea în curent:  $A_I = A_V \cdot \frac{R_i}{R_o}$  unde  $A_V = \frac{(1 + \beta) \cdot R_B}{r_\pi + (1 + \beta) \cdot R_B} < 1$
- rezistența de intrare:  $R_i = \frac{R_B \cdot [r_\pi + (1 + \beta) \cdot R_E]}{R_B + r_\pi + (1 + \beta) \cdot R_E}$
- rezistența de ieșire:  $R_o = \frac{r_\pi \cdot R_E}{r_\pi + (\beta + 1) \cdot R_E}$

În expresiile de mai sus este utilizat parametrul de semnal mic al tranzistorului bipolar  $r_\pi$ , care se determină cu relația:

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m}$$

unde  $g_m$  reprezintă de asemenea un parametru de semnal mic al tranzistorului bipolar, determinat cu relația:

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

În relația de calcul a parametrului  $g_m$ ,  $I_C$  reprezintă curentul de colector al tranzistorului bipolar, calculat în PS-ul acestuia, iar  $V_T$  este tensiunea termică, considerată **25[mV]**.

**Observație:** în calculul valorii parametrului  $g_m$  se recomandă exprimarea valorii sale în **mA/V**, din acest motiv, se recomandă exprimarea valorii tensiunii termice  $V_T$  în volți.

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.98}{0.025} \left[ \frac{\text{mA}}{\text{V}} \right] \Rightarrow g_m \approx 39.2 \left[ \frac{\text{mA}}{\text{V}} \right]$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = \frac{200}{39.2} \left[ \frac{\text{V}}{\text{mA}} \right] \Rightarrow r_\pi \approx 5.1 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

Parametrii de semnal mic ai amplificatorului se calculează astfel:

- amplificarea în tensiune a amplificatorului neconectat la circuitele externe:

$$A_V = \frac{(1 + \beta) \cdot R_B}{r_\pi + (1 + \beta) \cdot R_B} = \frac{201 \cdot 1000}{5.1 + 201 \cdot 1000} \frac{\text{[k}\Omega\text{]}}{\text{[k}\Omega\text{]}} \Rightarrow \underline{A_V \approx 0.99}$$

**Exemple de probleme rezolvate pentru cursurile 08 DEEA**  
**Amplificatoare de semnal mic cu tranzistoare bipolare**

- rezistența de intrare a amplificatorului:

$$R_i = \frac{R_B \cdot [\beta \pi + (1 + \beta) \cdot R_E]}{R_B + \beta \pi + (1 + \beta) \cdot R_E} = \frac{1000 \cdot [5,1 + 201 \cdot 3,6]}{1000 + 5,1 + 201 \cdot 3,6} \frac{[k\Omega]}{[k\Omega]} = \frac{728700}{1728,7} [k\Omega]$$

$$\Rightarrow R_i \cong 421,53 [k\Omega]$$

- rezistența de ieșire a amplificatorului:

$$R_o = \frac{\beta \pi \cdot R_E}{\beta \pi + (1 + \beta) \cdot R_E} = \frac{5,1 \cdot 3,6}{5,1 + 201 \cdot 3,6} \frac{[k\Omega]}{[k\Omega]} = \frac{18,36}{728,7} [k\Omega] \Rightarrow R_o \cong 0,025 [k\Omega]$$

- amplificarea în curent a amplificatorului neconectat la circuitele externe:

$$A_I = A_v \cdot \frac{R_i}{R_o} = 0,99 \cdot \frac{421,53 [k\Omega]}{0,025 [k\Omega]} \Rightarrow A_I \cong 16693 ! \rightarrow \text{Amplificarea în curent a amplificatorului neconectat}$$

Expresia matematică a amplificării în curent a amplificatorului conectat la circuitele externe este următoarea:

$$A_{Ig} = A_I \cdot \left( \frac{R_g}{R_g + R_i} \right) \cdot \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

Ținând cont de parametrii de semnal mic ai circuitului de amplificare, determinați anterior, valoarea numerică a amplificării în curent a circuitului de amplificare, conectat la circuitele exterioare este:

$$A_{Ig} = 16693 \cdot 0,0014 \cdot 0,71 \Rightarrow A_{Ig} \cong 16,6$$

pierdere de curent la bornele de intrare  $\cong 99,9\%$       pierdere de curent la bornele de ieșire  $\cong 29\%$

! Amplificarea în curent a amplificatorului conectat la circuitele externe