

Split, 27.02.2017

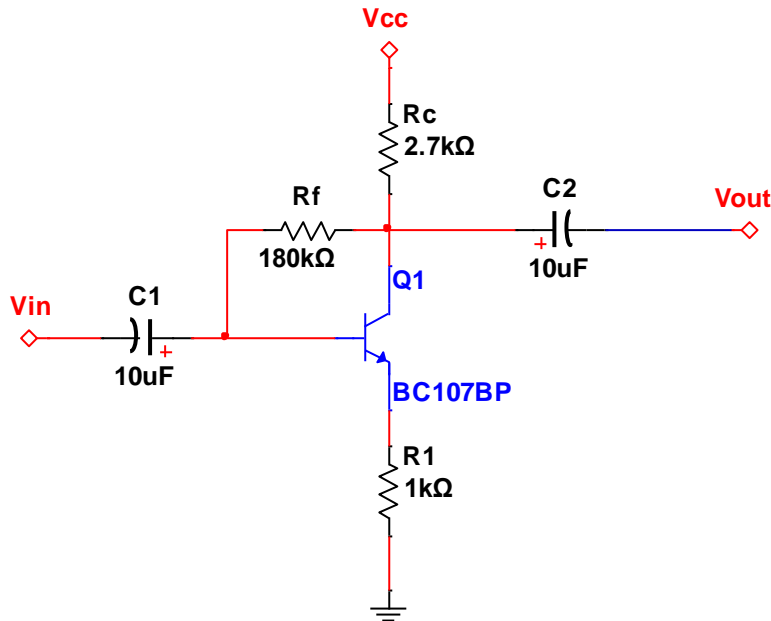
POMORSKI FAKULTET SPLIT

Laboratorijske vježbe iz kolegija Elektronički Elementi I Sklopovi

Vježba 9

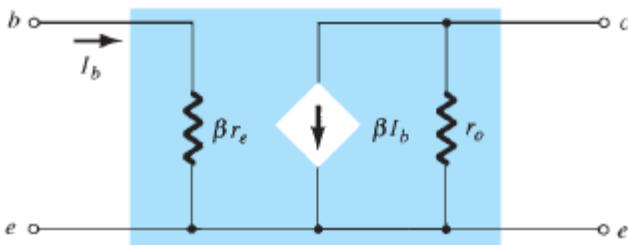
Pojačalo sa Kolektorskom Povratnom Spregom

Pojačalo sa kolektorskom povratnom spregom je prikazano na slici 1. Do povratne sprege dolazi zbog toga što se dio izlaznog signala preko otpora R_F vraća na ulazni krug. Na slici 1 imamo negativnu povratnu vezu. Za razliku od pozitivne povratne veze, negativna povratna veza ima tendenciju da prigušuje neželjene oscilacije te da stabilizira pojačalo.



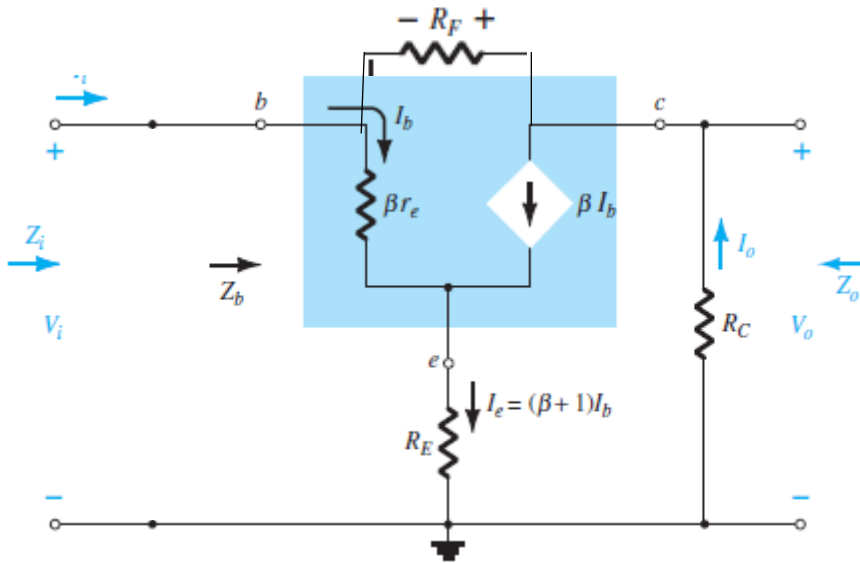
Slika 1. Pojačalo sa kolektorskom povratnom spregom.

Da bi se provela AC analiza mreže na slici 1, možemo koristiti ekvivalentni krug tranzistora na slici 2, te tranzistor Q1 zamijeniti sa modelom na slici 2. Model na slici 2 je pogodan za analizu na nižim i srednjim frekvencijama, dok nije pogodan za analizu na višim i visokim frekvencijama.



Slika 2. Ekvivalentni krug tranzistora

Kada tranzistor na slici 1 zamijenimo sa ekvivalentnim modelom tranzistora dobijemo nadomjesnu shemu prikazanu na slici 3.



Slika 3. Nadomjesna shema pojačala sa kolektorskom povratnom spregom.

Korištenjem prvog Kirchhoffovog zakona u točki (c) možemo pisati:

$$(1) I_o = I' + \beta I_b$$

gdje je I' struja kroz otpor R_F . Za struju I' vrijedi slijedeća jednačba:

$$(2) I' = \frac{V_o - V_i}{R_F}$$

Za izlazni napon dakle vrijedi:

$$(3) V_o = -I_o R_C = -R_C (I' + \beta I_b).$$

Također, za ulazni napon može se pisati:

$$(4) V_i = I_b \beta r_e + (\beta + 1) I_b R_E$$

Uvrštavajući (3) i (4) u (2) dobije se da je struja I' :

$$(5) I' = \frac{V_o - V_i}{R_F} = \frac{-R_C (I' + \beta I_b) - I_b \beta r_e - (\beta + 1) I_b R_E}{R_F}$$

Izraza (5) može se napisati kao:

$$(6) I' \left(1 + \frac{R_C}{R_F} \right) = -\beta I_b \frac{R_C + r_e + \frac{\beta + 1}{\beta} R_E}{R_F} \cong -\beta I_b \frac{R_C + r_e + R_E}{R_F}$$

gdje smo koristili izraz $\beta + 1 \approx \beta$ ako je $\beta \gg 1$. Iz izraza (6) može se naći struja I' :

$$(7) I' = -\beta I_b \frac{R_C + r_e + R_E}{R_C + R_F}$$

Ulazna struja I_i je jednaka:

$$(8) I_i = I_b - I' = I_b + \beta I_b \frac{R_C + r_e + R_E}{R_C + R_F} = I_b \left(1 + \beta \frac{R_C + r_e + R_E}{R_C + R_F} \right)$$

Ulazna impedancija Z_i je omjer ulaznog napona i struje:

$$(9) Z_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{I_b \beta r_e + (\beta + 1) I_b R_E}{I_b \left(1 + \beta \frac{R_C + r_e + R_E}{R_C + R_F} \right)} \cong \frac{\beta (r_e + R_E)}{1 + \beta \frac{R_C + r_e + R_E}{R_C + R_F}} = \frac{r_e + R_E}{\frac{1}{\beta} + \frac{R_C + r_e + R_E}{R_C + R_F}}$$

Izlazni napon V_o jest:

$$(10) V_o = -I_o R_C = -R_C (I' + \beta I_b) = -R_C \left(-\beta I_b \frac{R_C + r_e + R_E}{R_C + R_F} + \beta I_b \right) = -\beta I_b \left(-\frac{R_C + r_e + R_E}{R_C + R_F} + 1 \right) R_C$$

Naponsko pojačanje A_v se definira kao omjer ulaznog napona V_i i izlaznog napona V_o :

$$(11) A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

Uvrštavanjem (4) i (10) u (11) dobije se:

$$(12) A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\beta I_b \left(-\frac{R_C + r_e + R_E}{R_C + R_F} + 1 \right) R_C}{I_b \beta r_e + (\beta + 1) I_b R_E} \approx \frac{\left(-\frac{R_C + r_e + R_E}{R_C + R_F} + 1 \right) R_C}{r_e + R_E} = \frac{\left(\frac{R_F - r_e - R_E}{R_C + R_F} \right) R_C}{r_e + R_E}$$

Ako odaberemo da je otpor $R_E \gg r_e$ onda imamo:

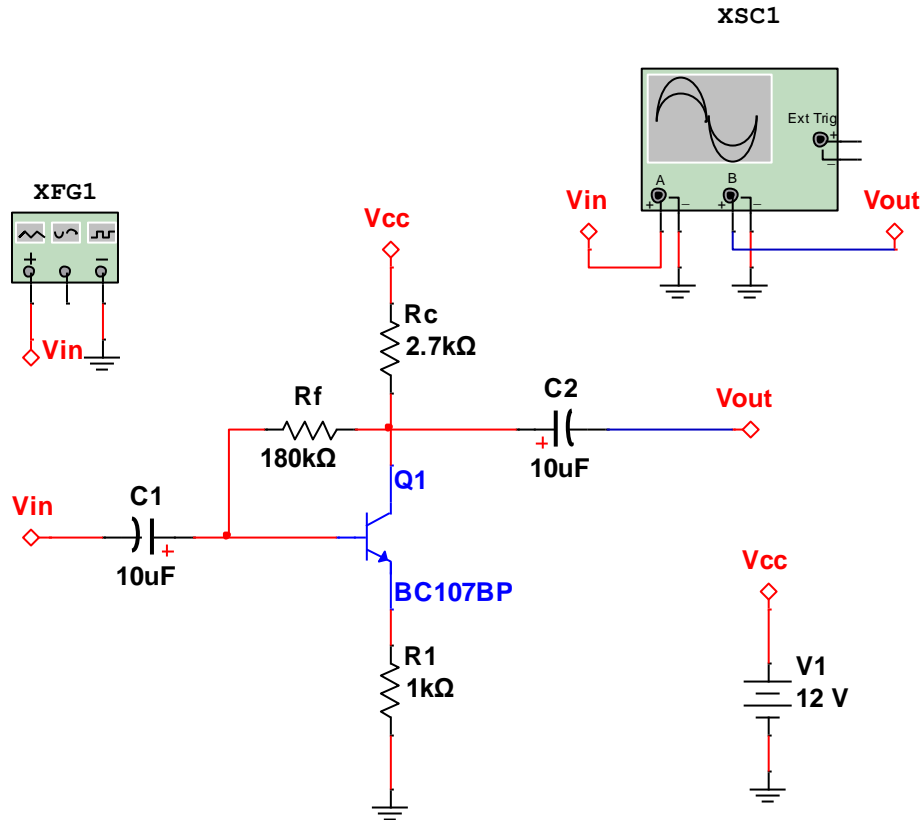
$$(13) A_v = \frac{\left(\frac{R_F - R_E}{R_C + R_F} \right) R_C}{R_E}$$

Nadalje ako je $R_F \gg R_C, R_E$ kao što je to na slici 1, onda se izraz (13) pojednostavi:

$$(14) A_v = \frac{V_o}{V_i} \cong -\frac{R_C}{R_E}$$

Mjerenja:

1. Za konfiguraciju na slici 4, na ulaz V_{in} treba dovesti sinusoidalni signal frekvencije $f = 1 \text{ kHz}$ i amplitude 1V. Snimiti ulazni i izlazni signal.



Slika 4. Mjerenje pojačanja pojačala sa kolektorskom povratnom spregom.

2. Za konfiguraciju na slici 4, na ulaz V_{in} treba dovesti pravokutni signal frekvencije $f = 1 \text{ kHz}$ i amplitude 1V. Snimiti ulazni i izlazni signal.

Zadaci:

1. Za sklop sa slike 4, treba izračunati statičku radnu točku tranzistora (struju I_{CQ} i napon V_{CEQ}). Uzeti da je DC pojačanje $\beta = 100$.
2. Na istom grafu, treba na milimetarskom papiru prikazati ulazni i izlazni napon iz mjerenja 1. Ulazne i izlazne napone treba označiti različitim bojom. Također treba označiti i osi kao i mjerne jedinice.
3. Na istom grafu, treba na milimetarskom papiru prikazati ulazni i izlazni napon iz mjerenja 2. Ulazne i izlazne napone treba označiti različitim bojom. Također treba označiti i osi kao i mjerne jedinice.
4. Izračunati pojačanje sklopa grafički iz grafova pod (2) i (3).
5. Izračunati pojačanje pomoću jednadžbe (14) te usporediti sa rezultatima pod (4). Komentirati razliku!