

Split, 27.02.2017

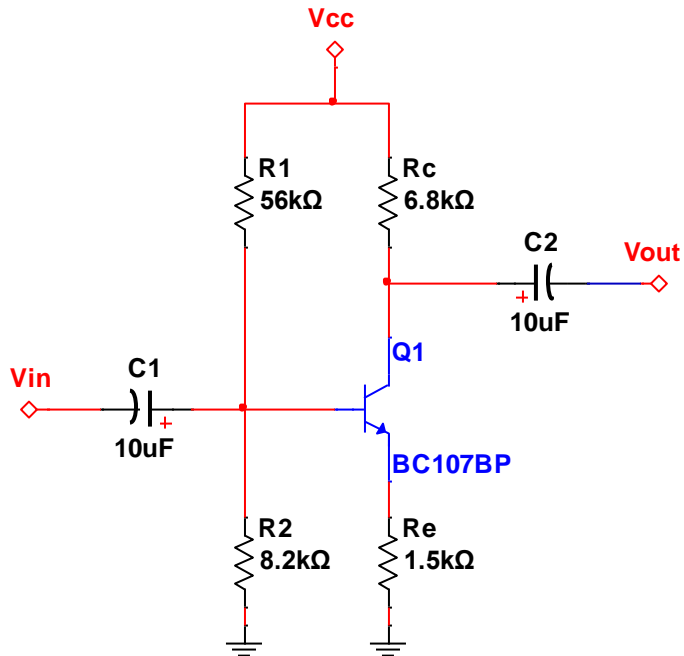
POMORSKI FAKULTET SPLIT

Laboratorijske vježbe iz kolegija Elektronički Elementi I Sklopovi

Vježba 8

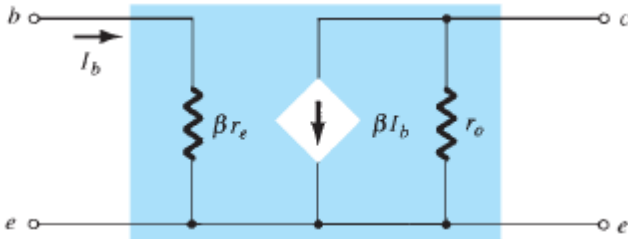
Uticaj Emitterskog Kondenzatora na Invertirajuće Pojačalo

Invertirajuće pojačalo u spoju zajedničkog emitera sa naponskim djelilom u ulaznom krugu je prikazano na slici 1.



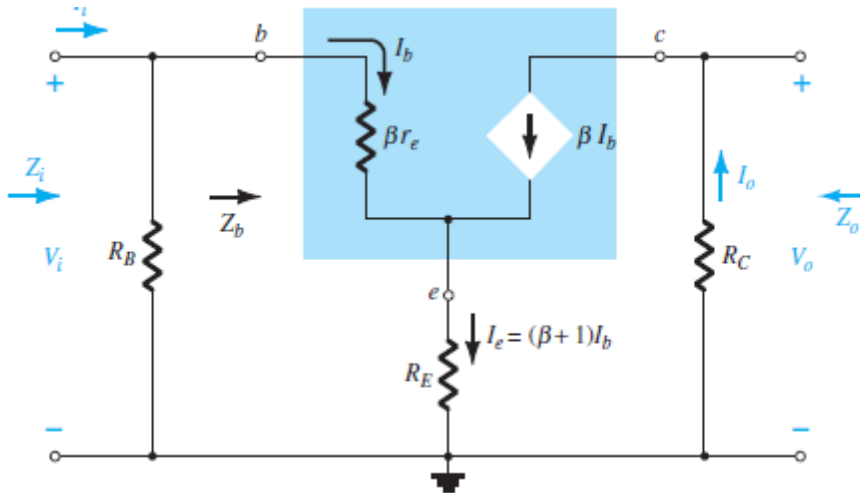
Slika 1. Invertirajuće pojačalo u sklopu zajedničkog emitera.

Kod pojačala na slici 1, nemamo emitterski kondenzator spojen paralelno sa emitterskim otporom R_E . Da bi se analizirala mreža na slici 1, možemo koristiti ekvivalentni krug tranzistora na slici:



Slika 2. Ekvivalentni krug tranzistora

Da bismo proveli AC analizu, sve DC izvore uzemljimo. Tada možemo sklop na slici 1 zamijeniti sa nadomjesnim sklopom na slici 3.



Slika 3. Ekvivalentni krug invertirajućeg pojačala bez emitterskog kondenzatora.

Treba imati u vidu da je otpor baze R_B na slici 3 jednak paralelnoj kombinaciji otpora R_1 i R_2 :

$$(1) R_B = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Također treba primjetiti da smo zanemarili otpor r_o sa slike 2, radi jednostavnije analize. Za ulazni krug možemo primjeniti 2. Kirchhoffov zakon:

$$(2) V_i = I_b \beta r_e + (\beta + 1) I_b R_E$$

Iz izraza (2) može se izračunati impedancija kruga baze:

$$(3) Z_b = \frac{V_i}{I_b} = \beta r_e + (\beta + 1) R_E \approx \beta (r_e + R_E)$$

Budući da je otpor $r_e \ll R_E$ imamo:

$$(4) Z_b \approx \beta R_E$$

Ulazna impedancija Z_i je jednaka paralelnoj kombinaciji impedancije baze Z_b i otpora R_B :

$$(5) Z_i = R_B \parallel Z_b = \frac{R_B Z_b}{R_B + Z_b}$$

Izlazna impedancija Z_o bilo kojeg četveropola je impedancija kada je ulazni napon $V_i = 0$. U tom slučaju je struja baze $I_b = 0$ te je izlazna impedancija Z_o :

$$(6) Z_o = R_C$$

Iz izraza (3) slijedi da struju baze I_b možemo izraziti kao:

$$(7) I_b = \frac{V_i}{Z_b}$$

Iz slike 3 imamo da je izlazni napon V_o jednak:

$$(8) V_o = -I_o R_C = -\beta I_b R_C = -\beta \left(\frac{V_i}{Z_b} \right) R_C$$

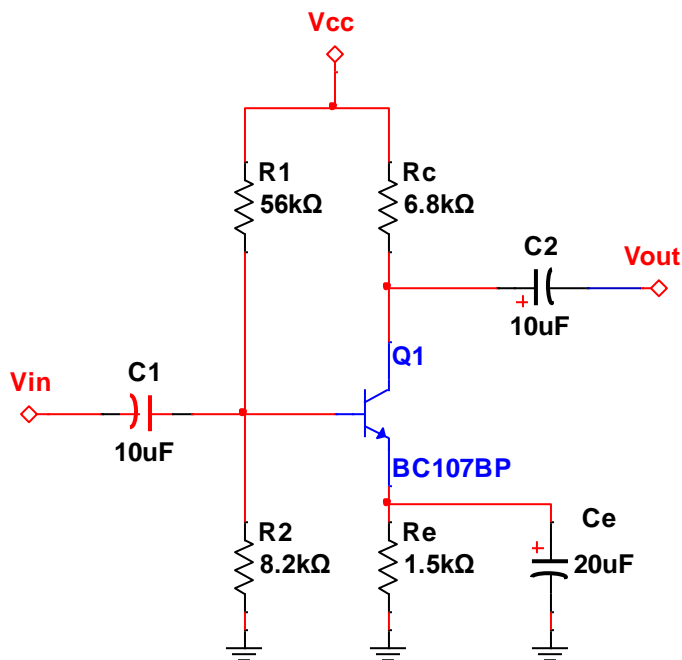
Naponsko pojačanje A_v se definira kao omjer ulaznog napona V_i i izlaznog napona V_o :

$$(9) A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

Uvrštavajući (4) i (8) u (9) dobije se da je naponsko pojačanje A_v :

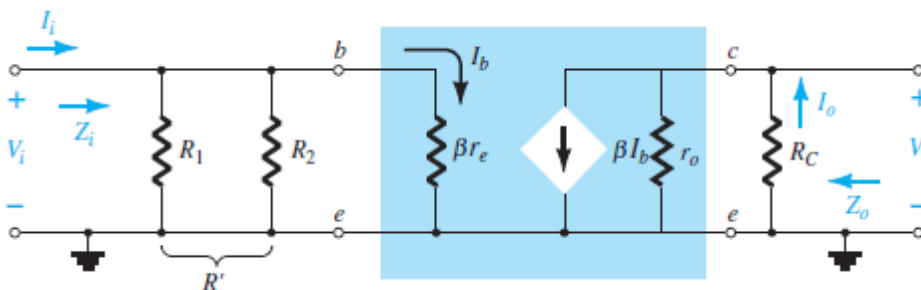
$$(10) A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\beta \frac{R_C}{Z_b} = -\beta \frac{R_C}{\beta R_E} = -\frac{R_C}{R_E}$$

Negativni predznak u jednadžbi (10) znači da **izlazni signal ima pomak u fazi od 180°**. Zbog toga se pojačalo na slici 1 naziva **invertirajuće pojačalo**. Ako sklopu na slici 1 dodamo kondenzator paralelan emitterskom otporu dobijemo sklop kao na slici:



Slika 4. Invertirajuće pojačalo u sklopu zajedničkog emitera sa emitterskim kondenzatorom.

Kod AC analize na nižim frekvencijama možemo smatrati da je kapacitet kondenzatora C_E takav da je emitterski otpor R_E kratko spojen. Zbog toga možemo koristiti ekvivalentni krug na slici 4.



Slika 4. Ekvivalentni krug invertirajućeg pojačala sa emitterskim kondenzatorom.

Sada ulazni napon V_i možemo izraziti kao:

$$(11) V_i = I_b \beta r_e$$

Izlazni napon V_o možemo naći iz slike (4) kao:

$$(12) V_o = -\beta I_b (R_C \parallel r_o)$$

Naponsko pojačanje A_v možemo naći uvrštavanjem (11) i (12) u (9):

$$(13) A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_C \parallel r_o}{r_e}$$

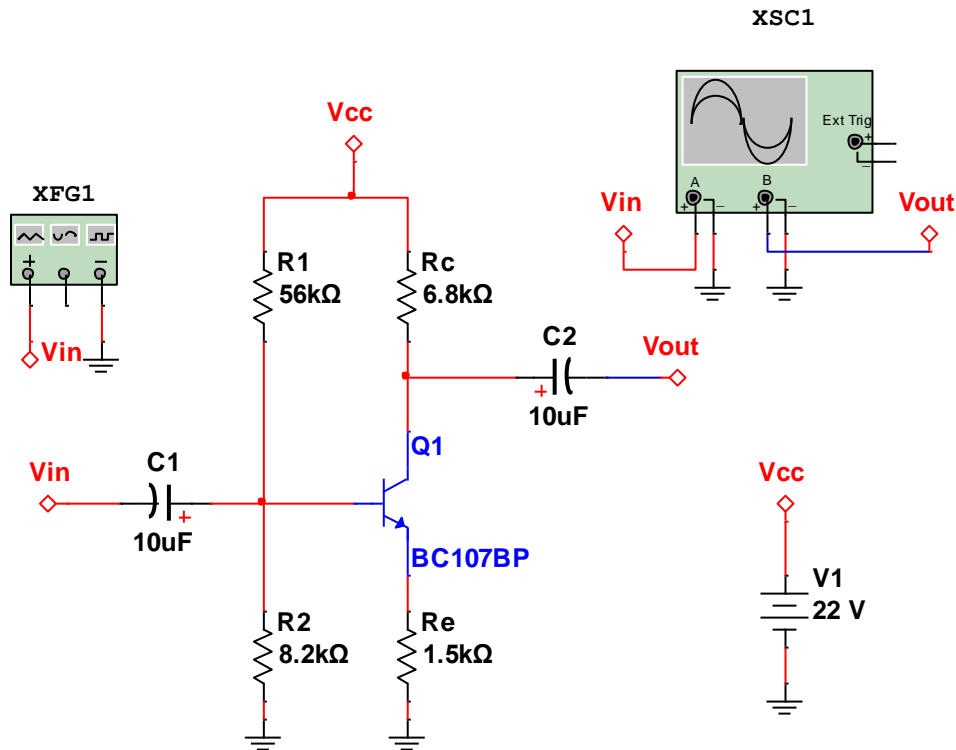
Ako je zadovoljen uvjet $r_o \gg R_C$ tada jednadžba (13) postaje:

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

Pošto je otpor r_e obično mali u odnosu na R_C , pojačanje invertirajućeg pojačala sa emitterskim kondenzatorom je bitno veće nego pojačanje bez emitterskog kondenzatora.

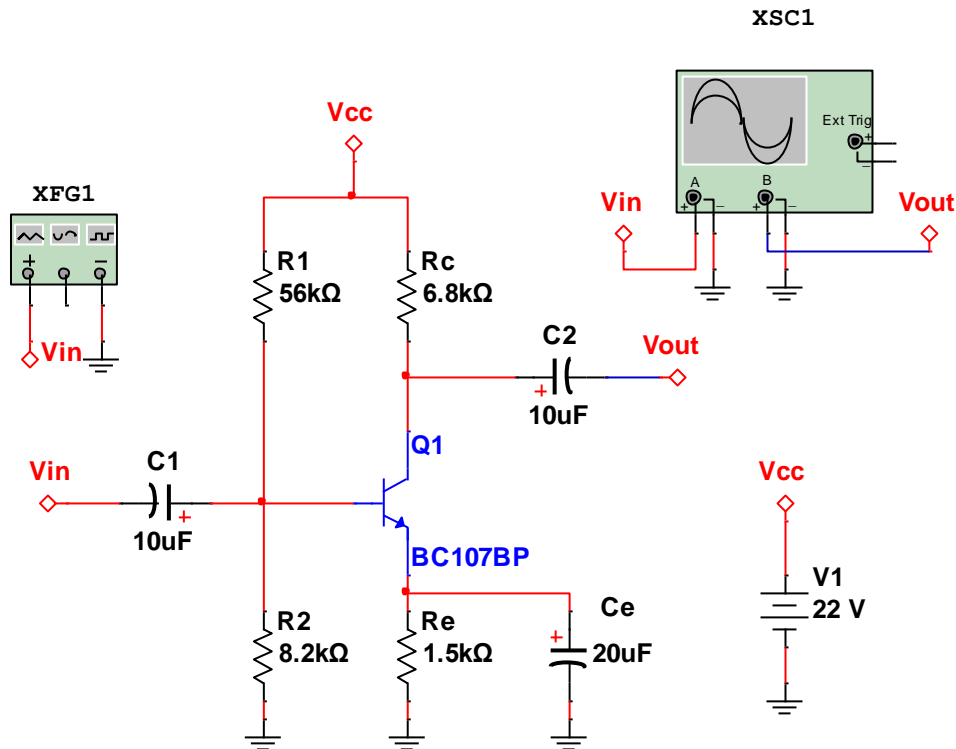
Mjerenja:

1. Na testnoj pločici, spojiti sklop kao na slici 5. Napajanje $V_{CC} = 12\text{ V}$. Na ulaz treba dovesti sinusoidalni signal amplitude 1V i frekvencije 1kHz. Na osciloskopu treba snimiti ulazni i izlazni signal.



Slika 5. Mjerenje bez emitterskog kondenzatora.

2. Na testnoj pločici, spojiti sklop kao na slici 6. Napajanje $V_{CC} = 12\text{ V}$. Na ulaz treba dovesti sinusoidalni signal amplitude 10 mV i frekvencije 1kHz. Na osciloskopu treba snimiti ulazni i izlazni signal.



Slika 6. Mjerenje sa emitorskim kondenzatorom.

Zadaci:

1. Za sklop sa slike 5, 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. Napomena: na vertikalnoj osi mogu biti različite jedinice za napon.
4. Korištenjem jednadžbe (10) treba izračunati naponsko pojačanje A_v
5. Grafički odrediti pojačanje iz grafa pod (2) te usporediti sa naponskim pojačanjem A_v izračunatim pod (4)
6. Korištenjem jednadžbe (14) treba izračunati naponsko pojačanje A_v uz pretpostavku da je $r_e = 18\ \Omega$
7. Grafički odrediti pojačanje iz grafa pod (3) te usporediti sa naponskim pojačanjem A_v izračunatim pod (6)

