

3. zadatak

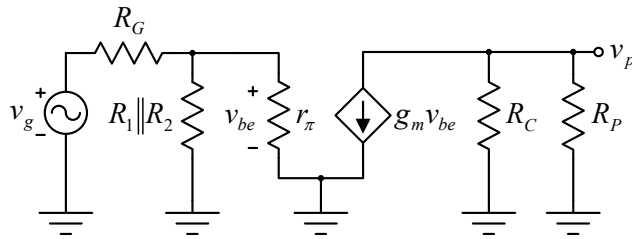
a)

$$R_E = \frac{V_{TT} + V_{CC} - R_{TT}I_B - V_{BE}}{I_E} = 1.23k\Omega.$$

b) Parametri tranzistora u modelu za male signale u mirnoj radnoj tački su

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 160\text{mS},$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = 312.5\Omega.$$



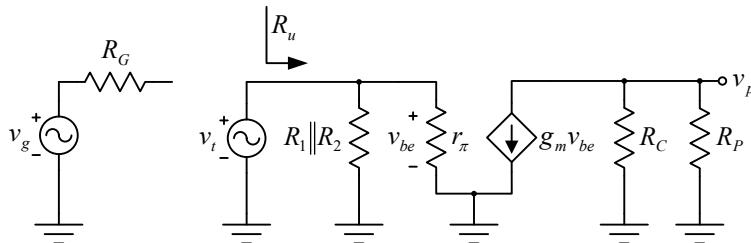
$$v_p = -g_m v_{be} R_C \parallel R_P,$$

$$v_{be} = \frac{r_\pi \parallel R_1 \parallel R_2}{R_G + r_\pi \parallel R_1 \parallel R_2} v_g,$$

$$A_v = \frac{v_p}{v_g} = -\frac{r_\pi \parallel R_1 \parallel R_2}{R_G + r_\pi \parallel R_1 \parallel R_2} g_m R_C \parallel R_P = -3.41$$

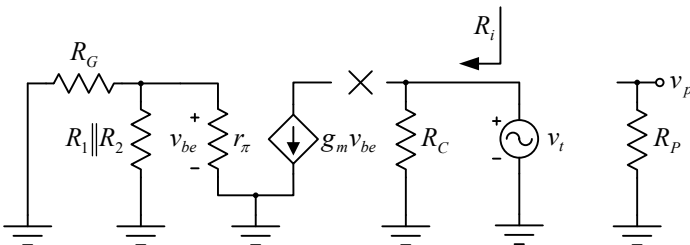
Na slici 3.2 je prikazano ekvivalentno kolo za određivanje ulazne otpornosti pojačavača. To je otpornost koju „vidi“ test generator v_t . Na osnovu slike 3.2 se može pisati

$$R_u = R_1 \parallel R_2 \parallel r_\pi = 288\Omega.$$



Slika 3.2

Za nalaženje izlazne otpornosti pojačavača nezavisni idealni naponski izvor v_g je kratkospojen a na izlaz pojačavača je povezan test generator v_t , kao što je prikazano na slici 3.3.



Slika 3.3

Izlazna otpornost koja se „vidi“ kada se gleda u kolektor je

$$R_i = \frac{v_t}{i_t}.$$

Sa slike 3.3 se vidi da je u ovom slučaju struja zavisnog generatora jednaka nuli jer je $v_{be}=0$, pa je izlazna otpornost

$$R_i = R_C = 3k\Omega.$$

4. zadatak

Prvi režim:

$$V_U \in [2V, 4V]$$

$V_{SG} < |V_T|$, Tranzistor je isključen.

$$V_I = 0V$$

Za $V_U = 2V$, $V_{SG} = |V_T|$ i transistor se uključuje.

Drugi režim:

$V_U \in [1V, 2V)$, Tranzistor je u zasićenju. Dioda je isključena.

$$V_I = I_D = \frac{k_p}{2} (V_{SG} - |V_T|)^2 R_D = \frac{k_p}{2} (V_{DD} - V_U - |V_T|)^2 R_D$$

Dioda se uključuje za $V_I - V_U = V_D = \frac{k_p}{2} (V_{DD} - V_U - |V_T|)^2 R_D - V_U$, odakle se dobije da je

$$V_I - V_U = V_D \text{ za } V_U = 1V.$$

Treći režim:

$$V_U \in [0V, 1V)$$

Tranzistor je u zasićenju, dioda je uključena.

$$V_I = V_U + V_D.$$

Kada diode provede, $V_{DG} = V_D < |V_T|$ pa transistor ukoliko vodi mora da bude u zasićenju.

7. Zadatak

a) Napon na izlazu pojačavača u mirnoj radnoj tački je

$$V_I = V_{DD} - R_D I_{D2} = 4V,$$

te je struja drejna tranzistora M_2

$$I_{D2} = 1\text{mA}.$$

Na osnovu simetrije kola, u mirnoj radnoj tački je

$$I_{D1} = I_{D2},$$

$$I_{RSS} = I_{D1} + I_{D2} = 2\text{mA}.$$

Ako se pretpostavi da tranzistori rade u režimu zasićenja onda je

$$V_{GS1} = V_{GS2} = V_t + \sqrt{2 I_{D1} / k_n} = 4V,$$

te je napon na sorsu u odsustvu promenljivog pobudnog signala ($V_G=0$)

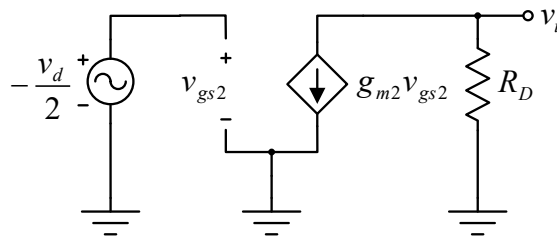
$$V_{S1} = V_{S2} = 0 - V_{GS1} = -4V.$$

Otpornost R_{SS} u sorsu ima vrednost

$$R_{SS} = \frac{V_{S1} - (-V_{DD})}{I_{RSS}} = 2k\Omega.$$

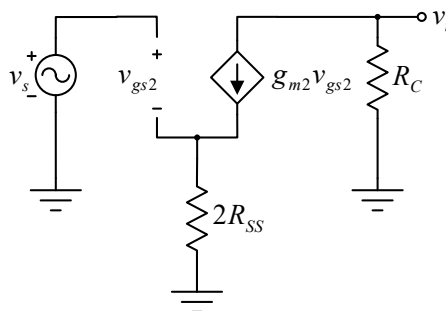
b) Ekvivalentna polovina kola za male signale pri pobudi diferencijalnim signalom data je na slici. Na osnovu ove slike određuje se diferencijalno pojačanje pojačavača

$$A_d = \frac{g_{m2} R_D}{2}.$$



c) Ekvivalentna polovina kola za male signale pri pobudi signalom srednje vrednosti data je na slici. Na osnovu ove slike se dolazi do izraza za pojačanje signala srednje vrednosti

$$A_s = \frac{-g_{m2} R_D}{1 + 2g_{m2} R_{SS}}.$$



d) Transkonduktansa tranzistora u mirnoj radnoj tački je

$$g_{m1,2} = \sqrt{2k_n I_{D1,2}} = 2\text{mS},$$

a nakon zamene brojnih vrednosti dobijaju se vrednosti traženih pojačanja pojačavača

$$A_d = 5, A_s = -1.1.$$

8. Zadatak

S obzirom da je $V_D=0$ V za bilo koji pozitivan napon na ulazu Zener dioda provodi u direktnom smeru (radi kao obična dioda) i može se pisati

$$v_I = -[(R_2 \parallel R_3)/R_1]v_U = -v_U.$$

Za negativan napon dovoljno male apsolutne vrednosti Zener dioda će biti neprovodna te važi

$$v_I = -(R_3/R_1)v_U = -2v_U.$$

Pri tome je

$$v_{DZ} = v_I.$$

Sa daljim smanjivanjem negativnog ulaznog napona povećavaće se napon na izlazu (istovremeno napon na Zener diodi) i doći će do Zenerovog proboja diode. Napon na izlazu pri kome Zener dioda ulazi u oblast proboja je

$$v_I = -2v_U = V_Z,$$

odakle se dobija da je

$$v_U = -V_Z/2 = -2.5V.$$

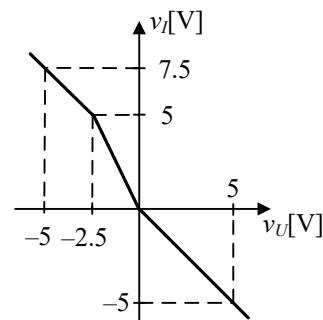
Kada je zener dioda u proboju, za invertujući ulaz operacionog pojačavača može se primenom prvog Kirhofovog zakona pisati

$$\frac{v_U}{R_1} + \frac{v_I}{R_3} + \frac{v_I - V_Z}{R_2} = 0.$$

Rešavanjem prethodne jednačine dobija se izraz za izlazni napon

$$v_I = -\frac{v_U}{R_1} \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + V_Z \frac{R_3}{R_2 + R_3}.$$

Za izlazni napon se dobija



$$v_I = \begin{cases} -v_U + 2.5V & v_U < -2.5V \\ -2v_U & -2.5V < v_U < 0V \\ -v_U & v_U > 0V \end{cases}$$

Karakteristika prenosa kola grafički je prikazana na slici iznad.