

3. Rešenje

Napon na izlazu kola je jednak zbiru jednosmerne i naizmenične komponente

$$v = V_I + v_i.$$

Na slici 1.21.2 je prikazana šema za jednosmerni režim rada kola. Struja kroz rednu vezu otpornika R_3 i R_1 ima vrednost:

$$I_{R13} = \frac{V_G - V_D}{R_1 + R_3} = 20 \text{ mA},$$

te je struja diode

$$I_D = I_{R13} = 20 \text{ mA}.$$

Jednosmerni napon na izlazu kola ima vrednost

$$V_I = V_D = 0.7 \text{ V}.$$

Dinamička otpornost diode u mirnoj radnoj tački je

$$r_D = \frac{V_T}{I_D} = 1.25 \Omega.$$

Ekvivalentno kolo za male promenljive signale prikazano je na slici 1.21.3. Napon na krajevima strujnog generatora je

$$v_{ig} = -i(R_3 \parallel (R_1 + R_2 \parallel r_d)),$$

dok je izlazni napon

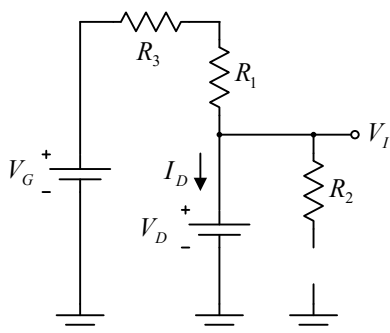
$$v_i = v_{ig} \frac{R_2 \parallel r_d}{R_1 + R_2 \parallel r_d},$$

$$v_i = -i(R_3 \parallel (R_1 + R_2 \parallel r_d)) \frac{R_2 \parallel r_d}{R_1 + R_2 \parallel r_d}.$$

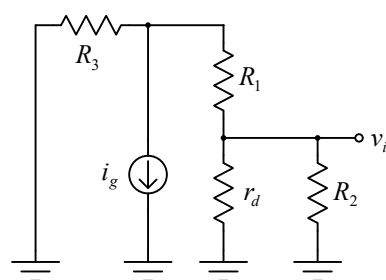
Ukupan napon na izlazu kola je

$$v_I = V_I + v_i = V_I - i(R_3 \parallel (R_1 + R_2 \parallel r_d)) \frac{R_2 \parallel r_d}{R_1 + R_2 \parallel r_d},$$

$$v_I = 0.7 \text{ V} - 0.517 \text{ mV} \sin(\omega t).$$



Slika 3.1



Slika 3.2

4. Rešenje

a) Na osnovu slike 4 može se pisati

$$V_G = R_D I_D,$$

$$V_S = V_{DD} - (R_{S1} + R_{S2})I_D,$$

te je

$$V_{SG} = V_{DD} - (R_{S1} + R_{S2})I_D - R_D I_D.$$

Uz pretpostavku da tranzistor radi u režimu zasićenja važi

$$V_{SG} = V_t + \sqrt{2I_D/k_n}.$$

Iz prethodne dve jednačine dobija se tražena struja drena tranzistora

$$I_D = 2 \text{ mA}.$$

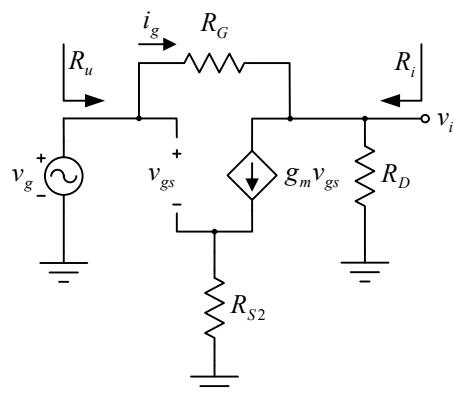
b) Na osnovu ekvivalentnog kola pojačavača za male signale prikazanog na slici 4.1 mogu se pisati jednačine

$$g_m v_{gs} + \frac{(v_i - v_g)}{R_G} + \frac{v_i}{R_D} = 0,$$

$$v_{gs} = v_g - g_m v_{gs} R_{S2},$$

iz kojih se dolazi do izraza za pojačanje

$$A_v = \frac{v_i}{v_g} = \frac{R_D}{R_D + R_G} \frac{1 + g_m(R_{S2} - R_G)}{1 + g_m R_{S2}}.$$



Slika 4.1

Ulazna otpornost pojačavača je

$$R_u = \frac{v_g}{i_g} = \frac{v_g}{(v_g - v_i)/R_G} = \frac{v_g}{(v_g - A_v v_g)/R_G} = \frac{R_G}{1 - A_v}.$$

Izlazna otpornost pojačavača je

$$R_i = R_D \parallel R_G.$$

Transkonduktansa tranzistora u mirnoj radnoj tački je

$$g_m = \sqrt{2k_p I_D} = 4 \text{ ms}.$$

Traženi parametri pojačavača su

$$A_v = -4.35, R_u = 3.73 \text{ k}\Omega, R_i = 1.82 \text{ k}\Omega.$$

7. Rešenje

a) Struje kolektora i emitora tranzistora T₂ u mirnoj radnoj tački su, respektivno

$$I_{C1} = \frac{V_I - (-V_{CC})}{R_C} = 1 \text{ mA},$$

$$I_{E1} = \frac{1 + \beta_1}{\beta_1} I_{C1} = 1.05 \text{ mA}.$$

Kako je kolo simetrično to važi

$$I_{E1} = I_{E2} = 1.05 \text{ mA}.$$

S obzirom da su baze tranzistora u odsustvu malog promenljivog signala spojene na masu, napon emitora je

$$V_{E1} = V_{E2} = 0.7 \text{ V},$$

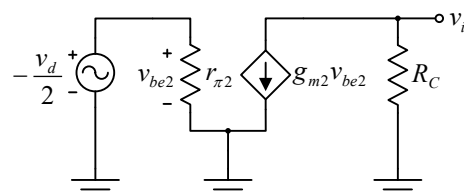
te je

$$R_E = \frac{V_{CC} - V_{E1}}{2I_{E1}} = 4.428 \text{ k}\Omega.$$

b) Na slici 4.1 je prikazana ekvivalentna polovina kola za male signale pri pobudi diferencijalnim signalom. Na osnovu ove slike se može pisati

$$v_i = -g_{m2} R_C v_{be2},$$

$$v_{be2} = -v_d/2,$$



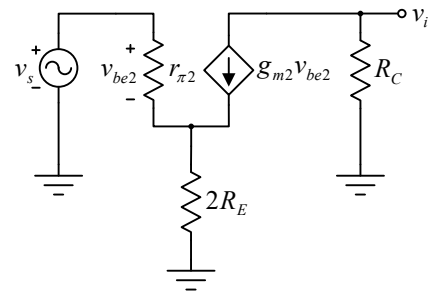
Slika 4.1

te je diferencijalno pojačanje pojačavača

$$A_d = \frac{g_m R_C}{2}.$$

c) Na slici 4.2 prikazana je ekvivalentna polovina kola za male signale pri pobudi signalom srednje vrednosti. Na osnovu ove slike se može pisati

$$\begin{aligned} v_i &= -g_{m2} v_{be2} R_C, \\ \frac{v_e}{2R_E} + \frac{v_e - v_s}{r_{\pi2}} - g_{m2} v_{be2} &= 0, \\ v_{be2} &= v_s - v_e. \end{aligned}$$



Slika 4.2

Korišćenjem prethodne tri jednačine dolazi se do izraza za pojačanje signala srednje vrednosti

$$A_s = \frac{-g_m r_{\pi} R_C}{r_{\pi} + (1 + \beta) 2R_E}.$$

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

$$g_{m1} = g_{m2} = I_{C1}/V_T = 40 \text{ mS}, r_{\pi1} = r_{\pi2} = \beta/g_m = 500 \Omega.$$

te diferencijalno pojačanje i pojačanje signala srednje vrednosti iznose

$$A_d = 100, A_s = -0.536.$$

8. Rešenje

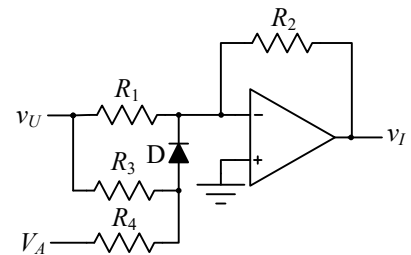
Na osnovu kola prikazanog na slici 8.2, može se pisati:

$$v_I = -i_2 R_2.$$

Ako dioda D ne provodi

$$i_2 = \frac{v_U}{R_1},$$

te je napon na izlazu



Slika 8.1

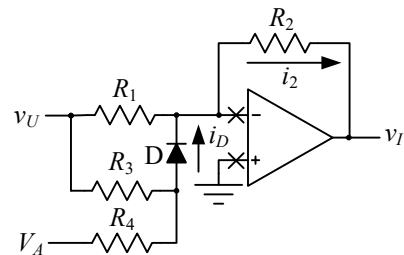
$$v_I = -v_U \frac{R_2}{R_1}.$$

U slučaju da dioda D provodi važi

$$i_2 = \frac{v_U}{R_1} + i_D = \frac{v_U}{R_1} + \frac{v_U}{R_3} + \frac{V_A}{R_4},$$

te je

$$v_I = -v_U \left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2}{R_3} \right) - V_A \frac{R_2}{R_4}.$$



Slika 8.2

Potrebno je odrediti vrednost ulaznog napona za koju dioda menja režim rada. Svejedno je da li se pođe od pretpostavke da dioda provodi ili da je neprovodna. Ako se proverava uslov provođenja diode dok provodi, onda važi

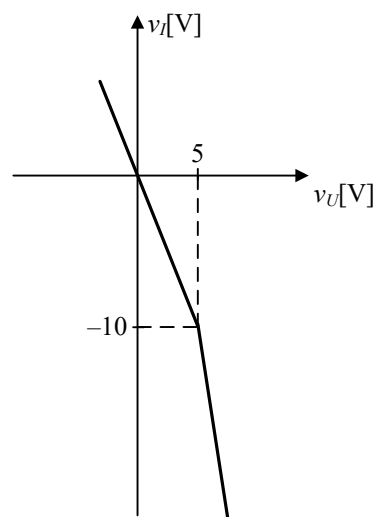
$$i_D = \frac{v_U}{R_3} + \frac{V_A}{R_4} > 0,$$

te je

$$v_U > -\frac{R_3}{R_4} V_A.$$

Nakon što se uvrste brojne vrednosti, dobija se

$$v_I = \begin{cases} -2v_U & v_U < 5 \text{ V} \\ -4v_U + 10 \text{ V} & v_U \geq 5 \text{ V} \end{cases}$$



Slika 8.3

Karakteristika prenosa kola grafički je predstavljena na slici 8.3.