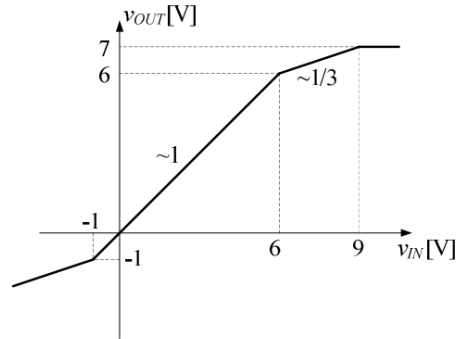


OSNOVI ANALOGNE ELEKTRONIKE – JANUAR 2024 - REŠENJA

3.

$$v_{OUT} = \begin{cases} \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{IN} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_D & v_{IN} \leq -V_D \\ v_{IN} & -V_D \leq v_{IN} \leq V_Z \\ \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{IN} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_Z & V_Z \leq v_{IN} \leq V_Z + 3V_D \\ \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{IN} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_Z & v_{IN} \geq V_Z + 3V_D \end{cases} = \begin{cases} 0.33v_{IN} - 0.67 \text{ V} & v_{IN} \leq -1 \text{ V} \\ v_{IN} & -1 \text{ V} \leq v_{IN} \leq 6 \text{ V} \\ 0.33v_{IN} + 4 \text{ V} & 6 \text{ V} \leq v_{IN} \leq 9 \text{ V} \\ 7 \text{ V} & v_{IN} \geq 9 \text{ V} \end{cases}$$



4.

$$I_P = \frac{V_P}{R_P} = 10 \text{ mA}.$$

Na osnovu kola sa slike 3 može se pisati

$$I_P = I_E + I_{RB}$$

Uz pretpostavku da tranzistor radi u aktivnom režimu dobija se

$$I_P = (1 + \beta)I_B + I_{RB} = (1 + \beta)I_B + \frac{V_{BE}}{R_B}$$

Struju koja teče kroz otpornik R_B i bazu tranzistora obezbeđuje strujni izvor pa se može pisati

$$I_B = I_0 - I_{RB} = I_0 - \frac{V_{BE}}{R_B}.$$

b)

Kombinacijom prethodna dva izraza dobija se

$$I_P = \frac{V_P}{R_P} = (1 + \beta) \left(I_0 - \frac{V_{BE}}{R_B} \right) + \frac{V_{BE}}{R_B},$$

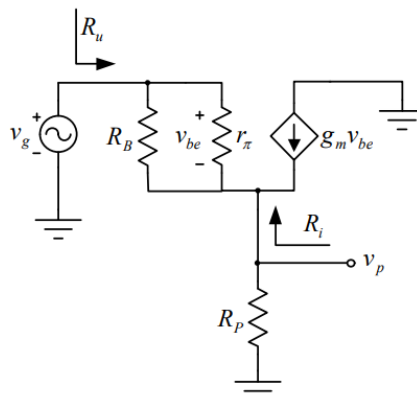
Odakle se dobija tražena otpornost

$$R_B = \frac{\beta V_{BE}}{(1 + \beta)I_0 - \frac{V_P}{R_P}} = 854 \Omega.$$

$$\frac{v_p}{R_p} - g_m v_{be} + \frac{v_p - v_g}{R_B \parallel r_\pi} = 0,$$

$$v_{be} = v_g - v_p,$$

$$A_v = \frac{v_p}{v_g} = \frac{g_m + 1/R_B \parallel r_\pi}{1/R_p + g_m + 1/R_B \parallel r_\pi}.$$



Strujno pojačanje pojačavača je

Izlazna

$$A_i = \frac{i_p}{i_u} = \frac{v_p / R_p}{v_{be} / (R_B \parallel r_\pi)} = \frac{v_p / R_p}{(v_g - v_p) / (R_B \parallel r_\pi)}$$

Kada se iskoristi ranije izvedeni izraz za naponsko pojačanje, dobija se izraz za strujno pojačanje

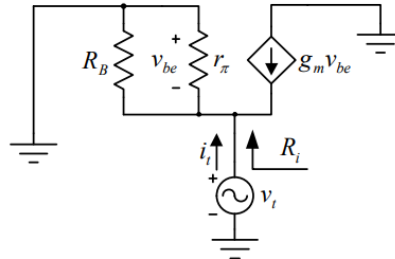
$$A_i = \frac{A_v v_g (R_B \parallel r_\pi)}{(v_g - A_v v_g) R_p} = \frac{R_B \parallel r_\pi}{R_p} \frac{A_v}{1 - A_v}$$

otpornost:

$$R_i = \frac{v_t}{i_t} = \frac{v_t}{-g_m v_{be} - v_{be} / r_\pi}$$

$$v_{be} = -v_t$$

$$R_i = \frac{R_B \parallel r_\pi}{1 + g_m R_B \parallel r_\pi}$$



e) Na osnovu izraza iz tačke (a) dobija se struja kolektora tranzistora u mirnoj radnoj tački

$$I_C = \beta I_B = \beta \left(I_0 - \frac{V_{BE}}{R_B} \right)$$

$$I_C = 9 \text{ mA},$$

te se mogu odrediti vrednosti parametara modela tranzistora za male signale u mirnoj radnoj tački

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 0.36 \text{ S},$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = 138 \Omega$$

$$A_v = 0.9946, R_i = 2.7 \Omega, A_i = 44.$$

7. Za pozitivni napon na ulazu manji od V_D , Zener dioda je neprovodna i napon na izlazu je

$$v_I = \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right)v_U = 2v_U.$$

Za pozitivni napon na ulazu veći od V_D Zener dioda provodi u direktnom smeru te je napon na izlazu

$$v_I = \left(1 + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)v_U - \frac{V_D}{R_2} = 3v_U - 1 \text{ V}.$$

Maksimalni napon na izlazu kola je jednak pozitivnom naponu napajanja operacionog pojačavača, te se iz prethodnog izraza dobija uslov

$$V_{CC} = 3v_U'' - 1 \text{ V},$$

Odakle sledi

$$v_U'' = 3.66 \text{ V}.$$

Za negativni napon na ulazu veći od $-V_Z$ Zener dioda je neprovodna te važi

$$v_I = \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right)v_U = 2v_U.$$

Zener dioda počinje da provodi u Zenerovom proboju kada napon na ulazu opadne na vrednost

$$v_I = \left(1 + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)v_U + \frac{V_Z}{R_2} = 3v_U + 3 \text{ V}.$$

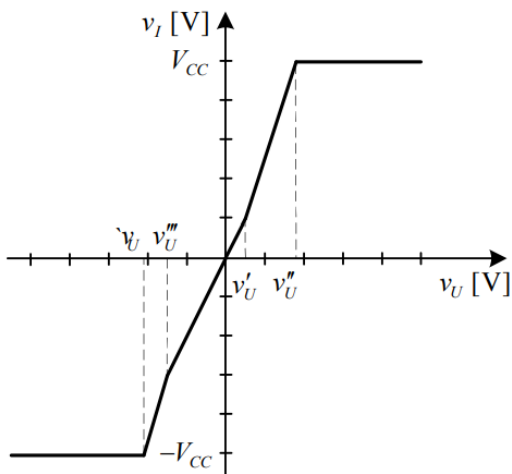
Ta zavisnost važi sve dok napon na izlazu ne opadne na vrednost negativnog napajanja operacionog pojačavača što je jednako uslovu

$$-V_{CC} = 3v_U + 3 \text{ V},$$

odakle se dobija da je

$$v_U = -\frac{8}{3} = -4.33 \text{ V}.$$

Karakteristika prenosa je prikazana na slici:



8.

a) $V_{IQ}=3.26V$

b) $A_d = \frac{g_m R_{D1} \left(\frac{R_{D2}}{2} \right)}{2}$

c) $A_s = \frac{-g_m R_{D1}}{1 + 2g_m R_{SS}}$

d) $g_m = 2.7 \text{ mS}$

$A_d = 1.012$, $A_s = -0.64$.