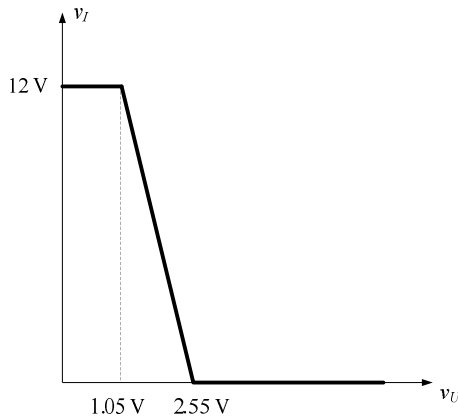


Elementi elektronike februar 2014 – REŠENJA

3.

$$v_I = \begin{cases} V_{CC} & v_U \leq \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{BE} \\ V_{CC} - \beta R_3 \left(\frac{v_U - V_{BE}}{R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2} \right) & \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{BE} \leq v_U \leq V_{BE} + R_1 \left(\frac{V_{CC} - V_{CES}}{\beta R_3} + \frac{V_{BE}}{R_2} \right) \\ V_{CES} & v_U \geq V_{BE} + R_1 \left(\frac{V_{CC} - V_{CES}}{\beta R_3} + \frac{V_{BE}}{R_2} \right) \end{cases}$$

$$v_I = \begin{cases} 12 \text{ V} & v_U \leq 1.05 \text{ V} \\ 20.4 \text{ V} - 8v_U & 1.05 \text{ V} \leq v_U \leq 2.55 \text{ V} \\ 0 & v_U \geq 2.55 \text{ V} \end{cases}$$



4. a) $I_D = 2 \text{ mA}$,

$V_I = 8 \text{ V}$.

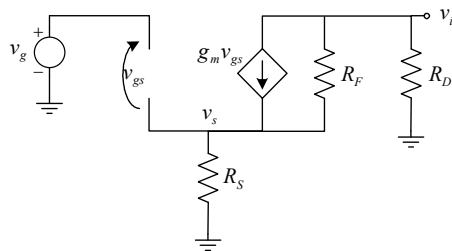
b) Na slici 4a prikazana je ekvivalentno kolo za male signale.

Za čvor v_s se može pisati

$$g_m v_{gs} + \frac{v_i - v_s}{R_F} - \frac{v_s}{R_S} = 0, \quad (4.1)$$

dok za čvor v_i važi

$$-g_m v_{gs} - \frac{v_i - v_s}{R_F} - \frac{v_i}{R_D} = 0. \quad (4.2)$$



Slika 4a

I prethodne dve jednačine dobija se

$$v_s = -v_i \frac{R_S}{R_D}. \quad (4.3)$$

U kolu sa slike 4a je

$$v_{gs} = v_g - v_s. \quad (4.4)$$

Iz (4.3) i (4.4) sledi

$$v_{gs} = v_g + v_i \frac{R_S}{R_D}, \quad (4.5)$$

a iz (4.5) i (4.2) se dobija

$$-g_m v_g = v_i \left(g_m \frac{R_S}{R_D} + \frac{1}{R_F} + \frac{R_S}{R_D R_F} + \frac{1}{R_D} \right), \quad (4.6)$$

te je pojačanje pojačavača

$$A_v = \frac{v_i}{v_g} = - \frac{g_m}{g_m \frac{R_S}{R_D} + \frac{1}{R_F} + \frac{R_S}{R_D R_F} + \frac{1}{R_D}}.$$

Transkonduktansa tranzistora u mirnoj radnoj tački je

$$g_m = \sqrt{2k_n I_D} = 2 \text{ mS}.$$

Za konkretne brojne vrednosti dobija se:

$$A_v = -1.23.$$

Izlazna otpornost se može odrediti korišćenjem kola sa slike 4b:

Za čvor v_s važi

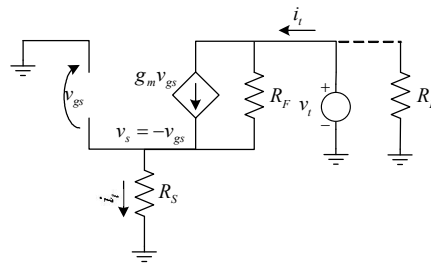
$$\frac{v_s}{R_S} - g_m v_{gs} + \frac{v_s - v_i}{R_F}.$$

S obzirom da je gejt na masi to je

$$v_{gs} = -v_s.$$

Iz prethodne dve jednačine se dobija

$$\frac{v_s}{R_S} + g_m v_s + \frac{v_s - v_i}{R_F} = \frac{v_i}{R_F}.$$



Slika 4b

Na osnovu slike se može zaključiti da struja test generatora protiče i kroz otpornik u sorsu pa važi:

$$v_s = R_S i_t.$$

Konačno se dobija da je

$$R_T = R_F + R_S + g_m R_F R_S.$$

Ukupna izlazna otpornost je jednaka paralelnoj vezi R_T , R_D i iznosi:

$$R_i = R_T \parallel R_D = 1.38 \text{ k}\Omega.$$

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 probiju kada napon na ulazu opadne na vrednost

$$v_U''' = -V_Z = -3 \text{ V},$$

i tada važi

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

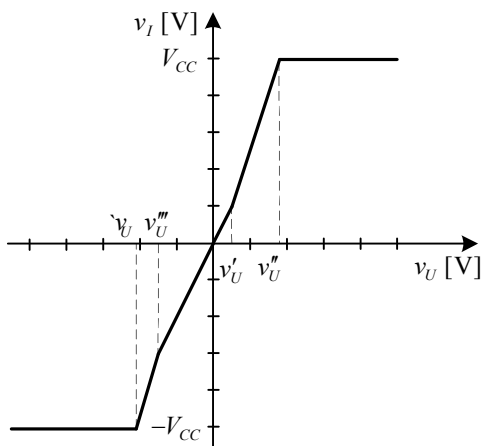
Ta zavisnost važi sve dok napon na izlazu ne opadne na vrednost negativnog napajanja operacionog pojačavača što je jednako uslovu

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

odakle se dobija da je

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

Karakteristika prenosa je prikazana na slici:



8. Kada je na izlazu integrisanog komparatora visok logički nivo, to jest:

$$v_{INOP+} > v_{INOP-}$$

tada je tranzistor uključen i radi u zasićenju (zbog uslova $\beta \rightarrow \infty$ je uvek $\beta i_B > i_C$), tako da je na izlazu

$$v_I = V_{CES}$$

$$V_{OL} = V_{CES} = 0 \text{ V}$$

Dioda vodi, i važi

$$v_{INOP-} = \frac{v_U}{2}$$

$$v_U < 2V_R$$

$$V_{TH} = 2V_R = 4 \text{ V}$$

Kada je na izlazu integrisanog komparatora nizak logički nivo, to jest:

$$v_{INOP+} < v_{INOP-}$$

tada je tranzistor isključen

$$v_I = V_{CC}$$

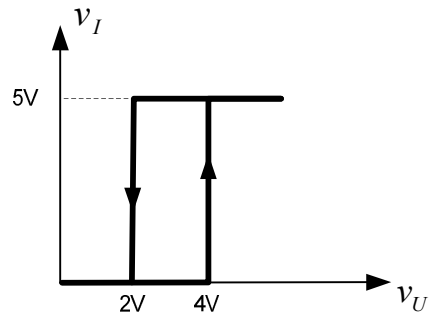
$$V_{OH} = V_{CC} = 5 \text{ V}$$

Dioda ne vodi, i važi

$$v_{INOP-} = v_U$$

$$v_U > V_R$$

$$V_{TL} = V_R = 2 \text{ V}$$

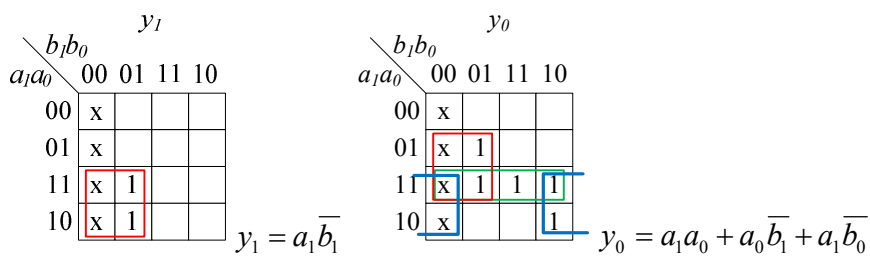


9.

a)

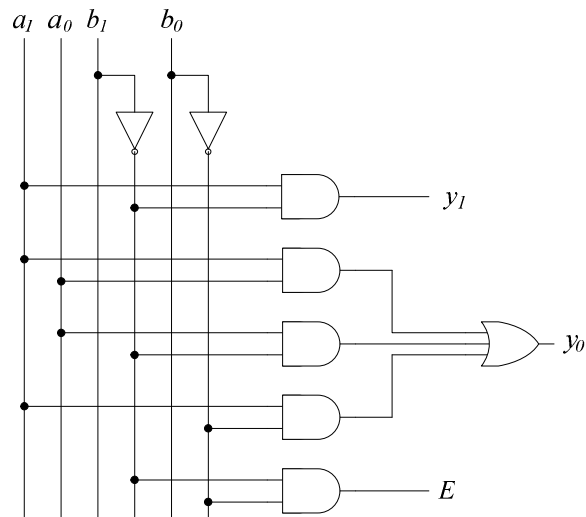
a_1	a_0	b_1	b_0	y_1	y_0	E
0	0	0	0	x	x	1
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	x	x	1
0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	x	x	1
1	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0
1	0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	x	x	1
1	1	0	1	1	1	0
1	1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	0	1	0

b)



	y_2			
$b_1 b_0$	00	01	11	10
$a_1 a_0$	00			
	01		1	
	1		1	
	10	1		

$$E = \overline{b_1 b_0}$$



c)

$$y_1 = a_1 b_1$$

$$y_0 = a_1 a_0 + a_0 b_1 + a_1 b_0 = \overline{a_1 a_0} \cdot \overline{a_0 b_1} \cdot \overline{a_1 b_0}$$

$$E = \overline{b_1 b_0}$$

