

## Elementi elektronike – AVGUST 2021 - REŠENJA

3.

Analizom kola s dobijaju se sledeće vrednosti jednosmernih struja

$$I_{R2} = 70 \text{ mA}, I_{D1} = 30 \text{ mA}, I_{R3} = 0 \text{ mA}, I_{D2} = 100 \text{ mA}.$$

Dinamičke otpornosti dioda su

$$r_{d1} = \frac{V_T}{I_{D1}} = 0.83 \Omega, r_{d2} = \frac{V_T}{I_{D2}} = 0.25 \Omega.$$

Analizom kola za male promenljive signale dobija se

$$v_{out} = v_g \frac{r_{d2} \parallel R_3}{R_1 + r_{d1} \parallel R_2 + r_{d2} \parallel R_3} = 0.0118 v_g,$$

te je ukupan napon na izlazu

$$v_{OUT} = 0.7 \text{ V} + 11.6 \text{ mV} \sin(\omega t).$$

4. a) Uz pretpostavku da tranzistor provodi u režimu zasićenja važi

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

Na osnovu slike 3.15.1 se može pisati

$$V_S = -V_{DD} + R_S I_D,$$

$$V_G = V_S + V_{GS},$$

$$V_G = \frac{R_{G1}}{R_{G1} + R_{G2}} V_{DD} + \frac{R_{G1}}{R_{G1} + R_{G2}} (-V_{DD}).$$

Korišćenjem prethodnih izraza i zamenom brojnih vrednosti dobija se

$$R_S = 5 \text{ k}\Omega.$$

b) Na slici 4.1 prikazano je ekvivalentno kolo za male signale. Za čvor D se može pisati

$$g_m v_{gs} + \frac{v_i - v_g}{r_i} + \frac{v_i}{R_D} = 0.$$

Sa slike se vidi da je

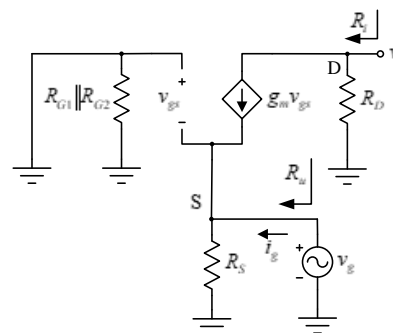
$$v_{gs} = -v_g.$$

Iz prehodna dva izraza dobija se

$$A_v = \frac{v_i}{v_g} = \frac{g_m + 1/r_i}{1/R_D + 1/r_i}.$$

Na osnovu kola sa slike 4.1. za čvor S može se pisati

$$-g_m v_{gs} + v_g/R_S + (v_g - v_p)/r_i - i_g = 0.$$



Slika 4.1.

Posle smene

$$v_{gs} = -v_g,$$

prethodna jednačina se transformiše u

$$g_m v_g + \frac{v_g}{R_S} + \frac{v_g - v_p}{r_i} - i_g = 0,$$

odakle sledi i izraz za ulaznu otpornost pojačavača

$$R_u = \frac{v_g}{i_g} = \frac{1}{g_m + 1/R_S + (1 - A_v)/r_i}.$$

Kratko spajanje priključaka pobudnog generator  $v_g$  dovodi do  $v_{gs}=0$ , te je i  $g_m v_{gs}=0$ , a izlazna otpornost je

$$R_i = R_D \parallel r_i.$$

Transkonduktansa tranzistora u mirnoj radnoj tački je

$$g_m = \sqrt{2k_n I_D} = 2 \text{ ms},$$

c) Traženi parametri pojačavača su

$$A_v = 7, R_u = 625 \Omega, R_i = 3.33 \text{ k}\Omega.$$

7. a) Na osnovu šeme zadatka možemo uočiti

$$v_{UOP}^- = v_U.$$

Izraz za napon na neinvertujućem priključku operacionog pojačavača ne može se napisati u opštoj formi, tako da se određuje pojedinačno za slučajeve pozitivog i negativnog zasićenja izlaza operacionog pojačavača. Ako je izlaz operacionog pojačavača u pozitivnom zasićenju

$$v_{IOP} = V_{CC} = 12 \text{ V},$$

tada je zener dioda  $D_Z$  u proboju i provodi dioda  $D_1$ . Napon na izlazu komparatora  $v_I$  je visok

$$V_{OH} = V_{CC} = 12\text{V} .$$

Da bi izlaz operacionog pojačavača bio u pozitivnom zasićenju mora važiti

$$v_{UOP}^+ > v_U .$$

Ekvivalentna šema kada je na izlazu operacionog pojačavača visok naponski nivo prikazana je na slici 7.1. Korišćenjem ove slike određuje se napon neinvertujućeg ulaznog priključka operacionog pojačavača

$$v_{UOP}^+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_R + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{CC} = \frac{1}{2} V_R + \frac{1}{2} V_{CC} = 7\text{V} .$$

Vrednost gornjeg praga diskriminacije komparatora je

$$V_{TH} = 7\text{V} .$$

Ako je izlaz operacionog pojačavača u negativnom zasićenju

$$v_{IOP} = -V_{CC} = -12\text{V} ,$$

tada Zener diode vodi kao obična diode dok je dioda  $D_1$  isključena. Izlaz kola je jednak  $-0.7\text{V}$  a to je i nizak naponski nivo na izlazu

$$V_{OL} = -0.7\text{V} .$$

Da bi izlaz operacionog pojačavača bio u negativnom zasićenju mora važiti

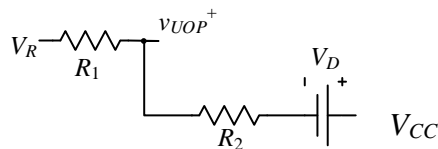
$$v_{UOP}^+ > v_U .$$

Ekvivalentna šema kola kada je izlaz operacionog pojačavača u negativnom zasićenju prikazana je na slici 7.2. Korišćenjem ove slike određuje se napon neinvertujućeg ulaznog priključka operacionog pojačavača

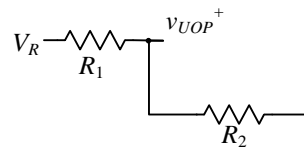
$$v_{UOP}^+ = V_R = 2\text{V} .$$

Vrednost donjeg praga diskriminacije komparatora je

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



Slika 7.1



Slika 7.2

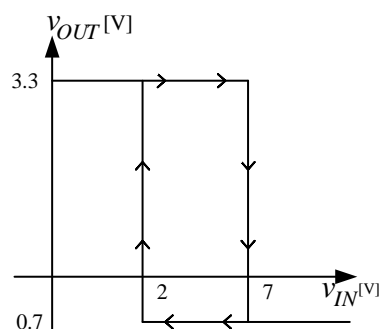
Karakteristika prenosa komparatora prikazana je na slici 7.3.

b) Centar histerezisa je

$$V_{TC} = \frac{V_{TL} + V_{TH}}{2} = \frac{\frac{1}{2}V_R + \frac{1}{2}V_{CC} + V_R}{2} = \frac{3V_R + V_Z}{4}.$$

Na osnovu uslova  $V_{TC} = 0$  dobija se

$$V_R = -\frac{V_Z}{3} = -1.3V.$$



Slika 7.3

8. a)

$x_3$	$x_2$	$x_1$	$x_0$	$y_3$	$y_2$	$y_1$	$y_0$
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1	0
1	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	0	1	1
1	1	1	1	1	0	1	0

$x_3x_0$	$x_3x_2$		
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	1	1
0	0	1	1

$$y_3 = x_3x_1$$

$x_3x_0$	$x_3x_2$		
0	0	1	1
0	0	1	1
1	1	0	0
1	1	0	0

$$y_2 = x_3\bar{x}_1 + x_1\bar{x}_3$$

$x_3x_0$	$x_3x_2$		
1	1	0	0
0	0	1	1
0	0	1	1
1	1	0	0

$$y_1 = x_2x_1 + \bar{x}_2\bar{x}_1$$

$x_3x_0$	$x_3x_2$		
0	1	1	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	0	1

$$y_0 = x_3\bar{x}_0 + x_0\bar{x}_3$$

b)  $z = \overline{\overline{x_3x_2x_1} \cdot \overline{x_3x_2x_1} \cdot \overline{x_2x_1}}$

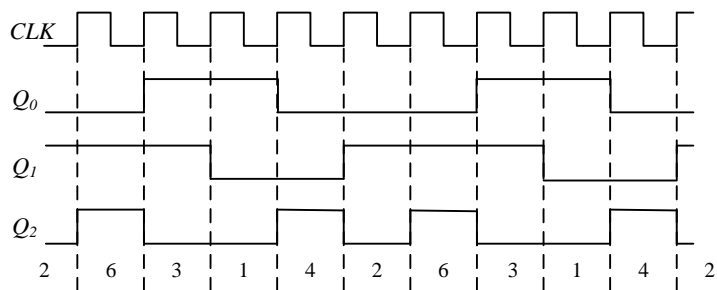
9. Za ulaze flipflova važi

$$J_0 = Q_1 \cdot Q_2, \quad K_0 = \bar{Q}_1,$$

$$J_1 = Q_2, \quad K_1 = Q_0,$$

$$J_2 = \bar{Q}_0 \cdot Q_1, \quad K_2 = 1.$$

Na osnovu gornjih relacija i zadatog početnog stanja brojača dolazi se do vremenskh dijagrama signala koji su prikazani na slici 9.1.



**Slika 9.1**

Sa vremenskih dijagrama izlaza mreže može se uočiti da se ciklus rada mreže ponavlja. Broj različitih stanja u jednom ciklusu je 5, što predstavlja moduo ili osnovu brojača.