

## Elementi elektronike jul 2015 – REŠENJA

2. Za  $v_U = 5 \text{ V}$ , dioda je isključena a tranzistor radi u direktnom aktivnom režimu, pa važi sledeća jednačina po Kirhofovom zakonu za napone:  $-V_{CC} + (\beta + 1)I_B R_E + V_{BE} + R_B I_B = V_{CC}$ , odakle je  $I_B = \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{(\beta + 1)R_E + R_B} = 0,1 \text{ mA}$ , a izlazni napon  $v_I = V_{CC} - R_C \beta I_B = 0,8 \text{ V}$ . Struja diode je  $i_D = 0 \text{ A}$ .

Napon na bazi tranzistora je  $V_B = V_{CC} - R_B I_B = 0 \text{ V}$ , pa se dioda uključuje za ulazni napon  $v_U = -V_D = -0,7 \text{ V}$  i daljim smanjenjem napona na ulazu, napon na bazi je jednak  $V_B = v_U + V_D$ , pa je  $V_B = v_U + V_D = -V_{CC} + (\beta + 1)I_B R_E + V_{BE}$ , odakle se dobija struja baze u slučaju da je  $v_U < -0,7 \text{ V}$ :  $I_B = \frac{v_U + V_{CC}}{(\beta + 1)R_E}$ . Izlazni napon je

$$v_I = V_{CC} - R_C \beta I_B = V_{CC} - R_C \beta \frac{v_U + V_{CC}}{(\beta + 1)R_E} = \frac{V_{CC}}{\beta + 1} - \frac{\beta}{\beta + 1} v_U = \frac{5}{43} \text{ V} - \frac{42}{43} v_U, \text{ a struja diode je}$$

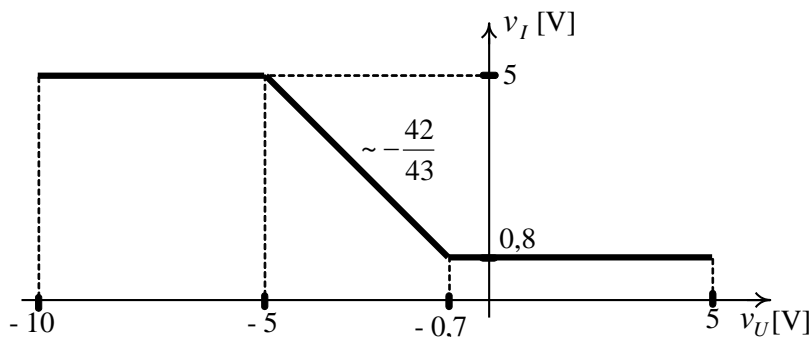
$$i_D = \frac{V_{CC} - V_B}{R_B} - I_B = \frac{V_{CC} - (v_U + V_D)}{R_B} - \frac{v_U + V_{CC}}{(\beta + 1)R_E} = -43,25 \mu\text{S} \cdot v_U - 0,202 \text{ mA}. \text{ Stanje se menja}$$

kada struja baze tranzistora padne na nulu i tada tranzistor ulazi u zakočenje, što se dešava pri naponu  $v_U = -V_{CC} = -5 \text{ V}$ . Kako nema struje kroz otpornik u kolektoru izlazni napon je konstantan i iznosi  $v_I = V_{CC} = 5 \text{ V}$ . Dalje vodi samo dioda, pa je struja diode jednaka struji

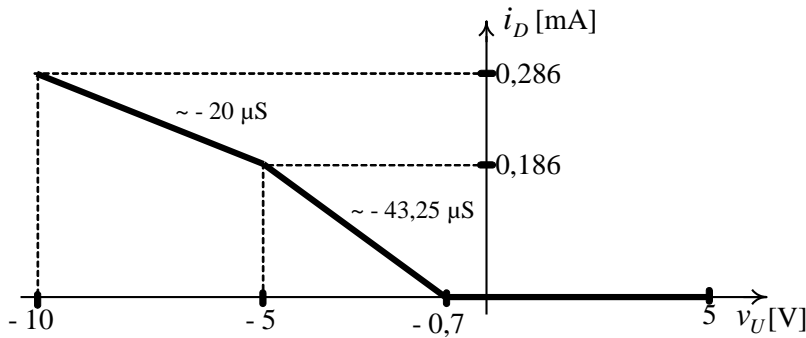
$$\text{kroz otpornik } R_B \text{ i iznosi: } i_D = \frac{V_{CC} - (v_U + V_D)}{R_B} = -20 \mu\text{S} \cdot v_U + 0,086 \text{ mA}.$$

Konačni izrazi i grafički prikazi zavisnosti izlaznog napona i struje diode od ulaznog napona su:

$$v_I = \begin{cases} 0,8 \text{ V, za } -0,7 \text{ V} < v_U < 5 \text{ V} \\ \frac{5}{43} \text{ V} - \frac{42}{43} v_U, \text{ za } -5 \text{ V} < v_U < -0,7 \text{ V}, \\ 5 \text{ V, za } -10 \text{ V} < v_U < -5 \text{ V} \end{cases}$$



$$i_D = \begin{cases} 0 \text{ A, za } -0,7 \text{ V} < v_U < 5 \text{ V} \\ -43,25 \mu\text{S} \cdot v_U - 0,202 \text{ mA, za } -5 \text{ V} < v_U < -0,7 \text{ V} \\ -20 \mu\text{S} \cdot v_U + 0,086 \text{ mA, za } -10 \text{ V} < v_U < -5 \text{ V} \end{cases}$$



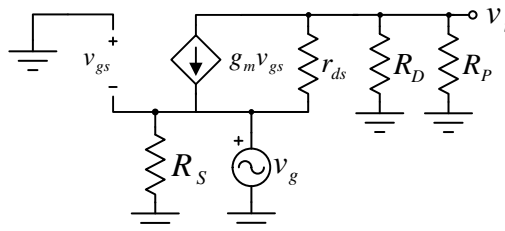
3.

a) Struja drena NMOS tranzistora je:

$$I_D = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 = \frac{k_n}{2} \left( \frac{V_{DD}}{2} - I_D R_S - V_t \right)^2$$

Iz navedene kvadratne jednačine se dobijaju dva rešenja za otpornost u sorsu:  $R_S = 3 \text{ k}\Omega$  i  $R_S = 5 \text{ k}\Omega$ . Rešenje koje zadovoljava uslov da tranzistor radi u zasićenju je  $R_S = 3 \text{ k}\Omega$ .

b) Šema za male signale je prikazana na slici.



Parametri modela za male signale su  $g_m = \sqrt{2k_n I_D} = 2 \text{ mS}$  i  $r_{ds} = \frac{1}{\lambda I_D} = 50 \text{ k}\Omega$ .

Za izlazni čvor važi jednačina po Kirhofovom zakonu za struje:

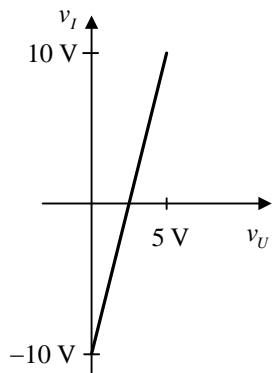
$$\frac{v_i}{R_D \parallel R_P} + g_m v_{gs} + \frac{v_i - v_g}{r_{ds}} = 0, \text{ a kako je } v_{gs} = -v_g, \text{ to je } v_i \frac{r_{ds} + R_D \parallel R_P}{r_{ds} (R_D \parallel R_P)} = v_g \left( g_m + \frac{1}{r_{ds}} \right),$$

pa je naponsko pojačanje:  $A_v = \frac{v_i}{v_g} = \frac{(1 + g_m r_{ds})(R_D \parallel R_P)}{r_{ds} + R_D \parallel R_P} = 4,81$ .

c) Ulazna struja  $i_g$  je  $i_g = \frac{v_g}{R_S} - g_m v_{gs} + \frac{v_g - v_i}{r_{ds}} = v_g \left( \frac{1}{R_S} + g_m + \frac{1 - A_v}{r_{ds}} \right)$ , pa je ulazna

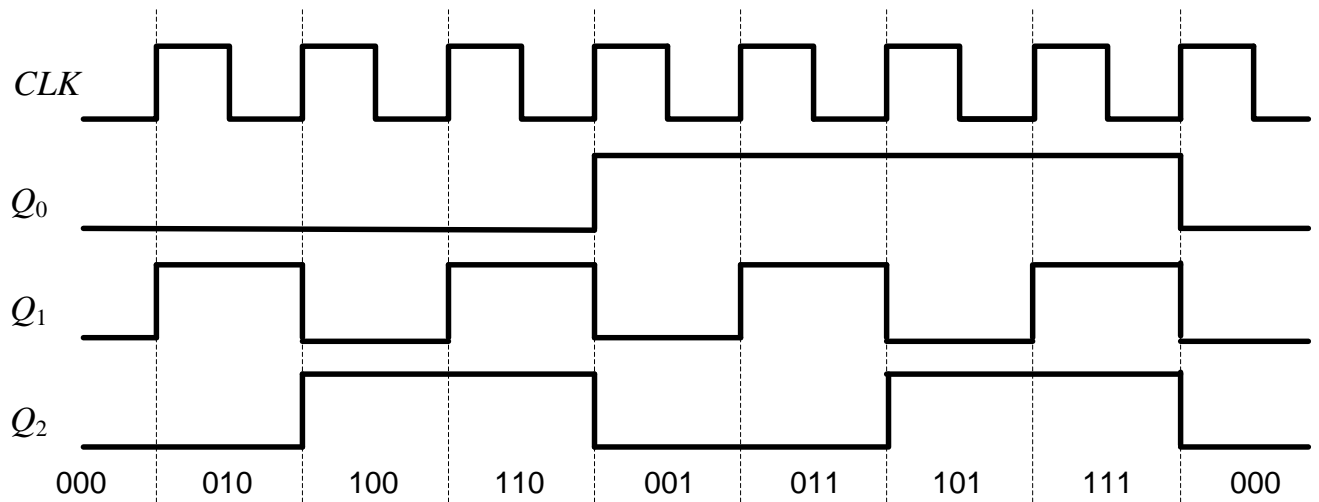
$$\text{otpornost: } R_{ul} = \frac{v_g}{i_g} = \frac{1}{\frac{1}{R_S} + g_m + \frac{1 - A_v}{r_{ds}}} = 443 \Omega.$$

$$6. v_I = v_U \left( 1 + \frac{R_3}{R_1} + \frac{R_3}{R_2} \right) - V_R \frac{R_3}{R_1}$$



7. zadatak 8.7 iz zbirke

8.



Sekvenca brojanja brojača je 0 – 2 – 4 – 6 – 1 – 3 – 5 – 7.  
Modulo brojanja brojača je 8.