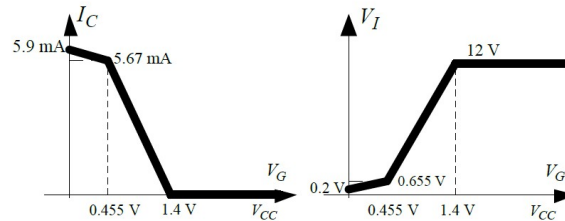


## Elementi elektronike – SEPTEMBAR 2019 - REŠENJA

3.

Rešenje zadatka dato je na slici.



4.

Struja drejna PMOS tranzistora je:

$$I_D = \frac{k_p}{2} (V_{GS} - V_t)^2 = \frac{k_p}{2} (-V_{DD} + I_D R_S - V_t)^2$$

Iz navedene kvadratne jednačine se dobijaju dva rešenja  $I_{D1} = 2\text{mA}$  i  $I_{D2} = 1.28\text{mA}$ . Rešenje koje zadovoljava uslov da tranzistor radi u zasićenju je struja  $I_{D2}$ . Na osnovu toga je:

$$g_m = \sqrt{2k_p I_D} = 1.6\text{mS}$$

b)

Šema za male signale je prikazana na slici.

$$v_{gs} = v_g - v_{i2} = v_g - g_m v_{gs} R_S$$

Odakle se dobija:

$$a_2 = \frac{v_{i2}}{v_g} = \frac{g_m R_S}{1 + g_m R_S}$$

Za čvor  $v_{i1}$  jednačina po prvom Kirhofovom zakonu glasi:

$$\frac{v_{i1}}{R_D} + \frac{v_{i1} - v_g}{R_G} + g_m v_{gs} = 0$$

Odavde se dobija:

$$a_1 = \frac{v_{i1}}{v_g} = \frac{(1 + g_m(R_S - R_G))R_D}{(1 + g_m R_S)(R_G + R_D)}$$

Iz izraza:

$$\frac{a_1}{a_2} = -\frac{3}{8}$$

Dobija se da je  $R_D = 3\text{k}\Omega$ .

c)

$$R_{ul} = \frac{v_g}{\frac{v_g - v_{i1}}{R_G}} = \frac{R_G}{1 - a_1} = 15\text{k}\Omega$$

7.

Za pozitivni napon na ulazu manji od  $V_D$ , Zener dioda je neprovodna i napon na izlazu je:

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

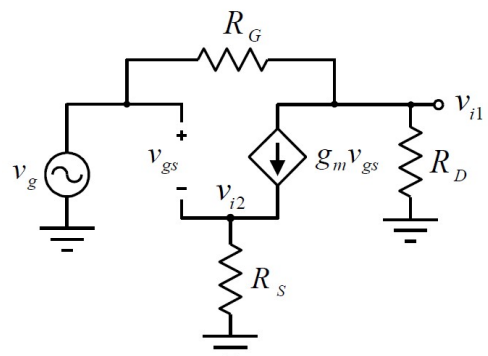
Za pozitivni napon na ulazu veći od  $V_D$  Zener dioda provodi u direktnom smeru te je napon na izlazu:

$$v_I = \left(\frac{v_U}{R_1} + \frac{v_U - V_D}{R_2}\right) R_3 + v_U = 3v_U - V_D$$

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

$$V_{CC} = 3v_U'' - V_D$$

Odakle sledi:



$$v_U'' = 3.66V$$

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:

$$v_U''' = -V_Z = -3V$$

I tada važi:

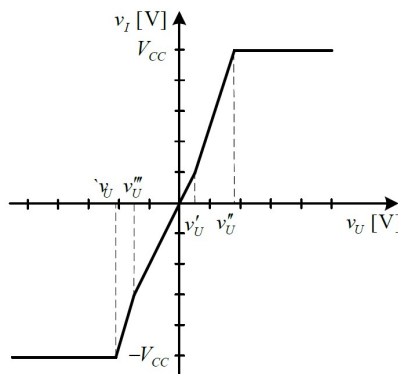
$$v_I = \left(\frac{v_U}{R_1} + \frac{v_U + V_Z}{R_2}\right) R_3 + v_U = 3v_U + V_Z$$

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

$$-V_{CC} = 3v_U' + V_Z$$

Odakle se dobija::

$$v_U' = -4.33V$$



8.

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)

$$y_1 = a_1 \bar{b}_1$$

| $a_1 a_0$ \ $b_1 b_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------------------|----|----|----|----|
| 00                    | x  |    |    |    |
| 01                    | x  |    |    |    |
| 11                    | x  | 1  |    |    |
| 10                    | x  | 1  |    |    |

$$y_0 = a_1 a_0 + a_1 \bar{b}_0 + a_0 \bar{b}_1$$

| $a_1 a_0$ \ $b_1 b_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-----------------------|----|----|----|----|
| 00                    | x  |    |    |    |
| 01                    | x  | 1  |    |    |
| 11                    | x  | 1  | 1  | 1  |
| 10                    | x  |    |    | 1  |

$$E = a_1 \bar{b}_1 b_0 + a_0 b_1 \bar{b}_0$$

| $a_1 a_0 \backslash b_1 b_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|------------------------------|----|----|----|----|
| 00                           |    |    |    |    |
| 01                           |    |    |    | 1  |
| 11                           |    | 1  |    | 1  |
| 10                           |    | 1  |    |    |

c)

$$y_1 = \overline{\overline{a_1 b_1}}$$

$$y_0 = \overline{a_1 a_0 + a_1 \bar{b}_0 + a_0 b_1} = \overline{a_1 a_0} \cdot \overline{a_1 \bar{b}_0} \cdot \overline{a_0 b_1}$$

$$E = a_1 \bar{b}_1 b_0 + a_0 b_1 \bar{b}_0 = \overline{\overline{a_1 \bar{b}_1 b_0 + a_0 b_1 \bar{b}_0}} = \overline{\overline{a_1 \bar{b}_1 b_0} \cdot \overline{a_0 b_1 \bar{b}_0}}$$

9.

Modulo brojanja je 5.