

## Elementi elektronike – JUL 2021 – REŠENJA

### 3. Rešenje

Zener dioda i tranzistor su neprovodni dok ulazni napon ne dostigne napon  $V_Z$  tj. dok je  $v_U < v_{U1} = V_Z = 6 \text{ V}$ .

Tada je izlazni napon jednak ulaznom naponu:  $v_I = v_{I1} = v_U = v_{U1} = 6 \text{ V}$ .

Sa povećavanjem ulaznog napona počinje da provodi Zener dioda. S obzirom da je u početnom trenutku napon na otporniku  $R_1$  nedovoljan da tranzistor provede napon na izlazu je

$$v_I = \frac{v_U - V_Z}{R_1 + R_2} R_1 + V_Z,$$

dok napon na otporniku  $R_1$  ima vrednost:  $v_{R1} = \frac{v_U - V_Z}{R_1 + R_2} R_1$ .

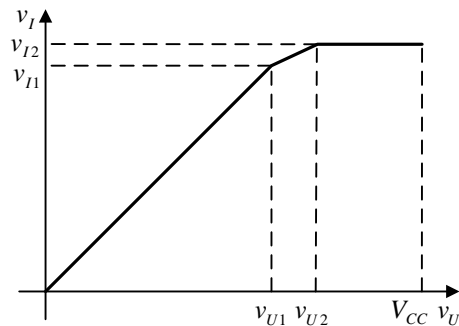
Promena se dešava kada napon na otporniku  $R_1$  postane dovoljno veliki da tranzistor provede

$$v_{R1} = \frac{v_{U2} - V_Z}{R_1 + R_2} R_1 = V_{BET}.$$

Tada je ulazni napon:  $v_{U2} = 7.2 \text{ V}$  i napon na izlazu:  $v_I = v_{I2} = 6.6 \text{ V}$ .

Sa daljim povećavanjem ulaznog napona izlazni napon se ne menja.

Karakteristika prenosa kola prikazana je na slici 3.1



Slika 3.1

#### 4. Rešenje

a) Uz pretpostavku da tranzistor radi u režimu zasićenja važi  $V_{GS} = V_t + \sqrt{\frac{2I_D}{k_n}} = 3 \text{ V}$ .

Na osnovu zadatog napona na izlazu, određuje se struja drejna  $I_D = I_S = \frac{V_{DD} - V_t}{R_D} = 4 \text{ mA}$ .

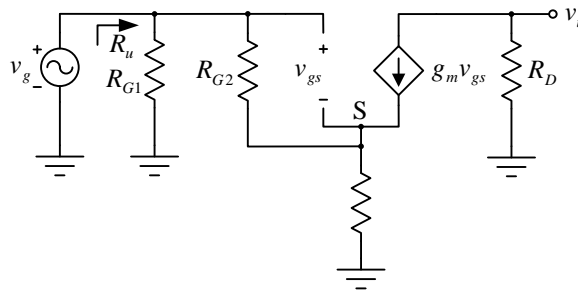
Struja kroz rednu vezu otpornika  $R_{G1}$  i  $R_{G2}$  je  $I_{RG2} = I_{RG1} = I_{RG12} = \frac{V_{GS}}{R_{G2}} = 1 \text{ mA}$ ,

te je  $V_S = V_{DD} - I_{RG12}(R_{G1} + R_{G2}) = -5 \text{ V}$ .

Tražena otpornost je  $R_S = \frac{V_S - (-V_{DD})}{I_{RG12} + I_D} = 1 \text{ k}\Omega$ .

b) Na slici 4.2 prikazano je ekvivalentno kolo pojačavača za male signale. Za čvor S se može pisati

$$g_m v_{gs} - \frac{v_s}{R_S} + \frac{v_g - v_s}{R_{G2}} = 0.$$



Slika 4.2

Rešavanjem prethodne jednačine po  $v_{gs}$  dobija se  $v_{gs} = \frac{v_g}{R_S(g_m + 1/R_{G2} + 1/R_S)}$ . Izlazni napon je

$$v_i = -R_D g_m v_{gs}.$$

Kombinovanjem prethodnih izraza dolazi se do izraza za naponsko pojačanje  $A_v = \frac{v_i}{v_g} = -\frac{g_m R_D}{R_S(g_m + 1/R_{G2} + 1/R_S)}$ .

Ulazna otpornost je  $R_u = \frac{v_g}{i_g} = \frac{v_g}{v_g/R_{G1} + v_{gs}/R_{G2}}$ . Uz korišćenje ranije određenog izraza dobija se

$$R_u = \frac{1}{\frac{1}{R_{G1}} + 1/R_{G2} R_S (g_m + 1/R_{G2} + 1/R_S)}$$

Transkonduktansa tranzistora u mirnoj radnoj tački je  $g_m = \sqrt{2k_n I_D} = 8 \text{ ms}$ , a traženi parametri pojačavača su  $A_v = -1.71$ ,  $R_u = 8.17 \text{ k}\Omega$ .

## 7. Rešenje

U kolu uvek postoji negativna povratna sprega, pa i kada su diode neprovodne. Iz tog razloga su ulazni priključci operacionog pojačavača na istom potencijalu,  $v_U$ . Za dovoljno nizak pozitivan napon na ulazu obe diode će biti neprovodne, te važi  $v_I = (1 + R_3/R_2)v_U = 3v_U$ .

Napon na Zener diodi je  $v_Z = v_I - v_U = 2v_U$ , dok je napon na diodi D  $v_D = -v_U$ .

Sa porastom pozitivnog ulaznog napona dioda D je sve dublje u neprovodnom stanju, dok se Zener dioda približava proboju, koji se dešava kada je  $v_Z = 2v_U = V_Z$ ,  $v_U = \frac{V_Z}{2} = 2 \text{ V}$ .

Kada je Zener dioda u proboju može se pisati  $\frac{v_U}{R_2} = \frac{v_I - V_Z - v_U}{R_4} + \frac{v_I - v_U}{R_3}$ ,

odakle se dobija  $v_I = \frac{v_U(1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4) + V_Z/R_4}{(1/R_3 + 1/R_4)} = 2v_U + 2$ .

Za negativne ulazne napone obe diode provode u direktnom smeru pa se može pisati:

$$v_I = \left( 1 + \frac{R_3 \parallel R_4}{R_1 \parallel R_2} \right) v_U = 3v_U.$$

Sledi provera režima rada dioda. Struja Zener diode je

$$i_{DZ} = \frac{v_U - V_D - v_I}{R_4} = -\frac{1}{R_4} \frac{R_3 \parallel R_4}{R_1 \parallel R_2} v_U,$$

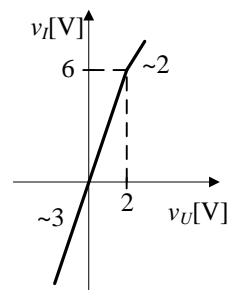
i veća je od nule za svaki negativan ulazni napon. Struja diode D je

$$i_D = \frac{-V_D - v_U}{R_4} = -\frac{v_U}{R_4},$$

i takođe je veći od nule za svaki negativan ulazni napon. Karakteristika prenosa kola ima oblik

$$v_I = \begin{cases} 3v_U & v_U < 0 \text{ V} \\ 3v_U & 0 \text{ V} < v_U < 2 \text{ V} \\ 2v_U + 2 & v_U > 2 \text{ V} \end{cases} = \begin{cases} 3v_U & v_U < 2 \text{ V} \\ 2v_U + 2 & v_U > 2 \text{ V} \end{cases},$$

i prikazana je na slici 7.1.



Slika 7.1

## 8. Rešenje

Rad kombinacione mreže koju treba projektovati može se predstaviti odgovarajućom kombinacionom tabelom.

Logička funkcija koja je data kombinacionom tabelom može se predstaviti Karnoovom mapom koja je data na slici 8.1.

		$a_1a_0$			
		00	01	11	10
$a_3a_2$	00	0	0	0	0
	01	0	0	1	0
	11	0	1	1	1
	10	0	0	1	0

Slika 8.1

$a_3$	$a_2$	$a_1$	$a_0$	$Y$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

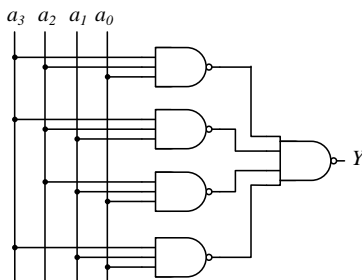
Na osnovu uočenih kontura koje obuhvataju polja sa logičkim jedinicama dobija se minimalna forma logičke funkcije

$$Y = a_3a_2a_0 + a_3a_2a_1 + a_2a_1a_0 + a_3a_1a_0.$$

Dvostrukim komplementiranjem funkcije  $Y$  dolazi se do forme ove funkcije koja se može realizovati pomoću logičkih NI kola.

$$Y = \overline{\overline{a_3a_2a_0 + a_3a_2a_1 + a_2a_1a_0 + a_3a_1a_0}} = \overline{\overline{a_3a_2a_0} \cdot \overline{a_3a_2a_1} \cdot \overline{a_2a_1a_0} \cdot \overline{a_3a_1a_0}}.$$

Realizacija logičke funkcije  $Y$  sa logičkim NI kolima sa proizvoljnim brojem ulaza je prikazana na slici 8.2.



Slika 8.2

## 9. Rešenje

Za mrežu sa slike 9 važe sledeće jednačine

$$S_3 = \overline{Q_1},$$

$$S_2 = \overline{\overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0}} = Q_1 + Q_0,$$

$$S_1 = \overline{\overline{Q_1} + \overline{Q_0}} = Q_1 \cdot Q_0,$$

$$S_0 = Q_1 \oplus Q_0,$$

$$D_1 = S_0 = Q_1 \oplus Q_0,$$

$$D_0 = \overline{Q_0}.$$

Na osnovu početnog stanja izlaza mreže  $S_3S_2S_1S_0 = 1000$  jednostavno se određuju početna stanja flipflopova

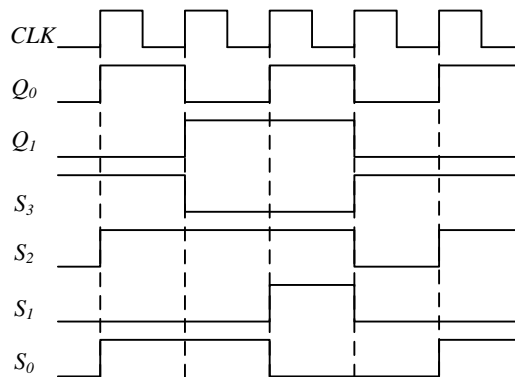
$$S_3 = 1 = \overline{Q_1},$$

$$Q_1 = 0,$$

$$S_2 = 0 = Q_1 + Q_0 = 0 + Q_0 = Q_0,$$

$$Q_0 = 0.$$

Vremenski dijagrami signala sekvencijalne mreže prikazani su na slici 9.1.



Slika 9.1