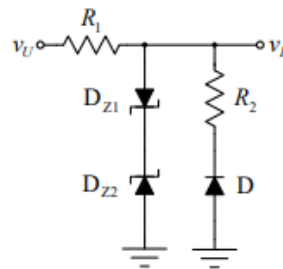


Jul 2020

3. [15] Odrediti i grafički prikazati karakteristiku prenosa  $v_I = f(v_U)$  diodnog kola sa slike. Na crtežu označiti vrednosti napona u karakterističnim tačkama. Poznato je:  $R_1 = 1k\Omega$ ,  $R_2 = 1k\Omega$ ,  $V_Z = 5V$ ,  $V_D = 0V$ .



Grana sa  $D_{Z1}$  i  $D_{Z2}$  može da bude ići u stanju da je jedna od  $D_{Z1}$ ,  $D_{Z2}$  u proboju ići je isključeno iz razloga što su  $D_{Z1}$ ,  $D_{Z2}$  suprotno orijentisane. U zavisnosti od ulaznog napona  $v_U$  dioda  $D$  je ići OFF ili ON. Imamo nekoliko slučajeva:

1°  $v_U$  - dovoljno negativno -  $D_{Z1}$  - proboj,  $D_{Z2}$  - ON,  $D$  - ON,  $\rightarrow v_I = -v_Z = -5V$

1.1. Ustav da  $D_{Z1}$  ide u proboj

$$\begin{aligned}
 i &= i_{Z2} + i_D \\
 -v_Z - i \cdot R_1 - v_U &= 0 \\
 i_D &= \frac{v_U}{R_2}
 \end{aligned}
 \quad \left. \begin{aligned}
 -v_Z - (i_{Z2} + \frac{v_U}{R_2}) \cdot R_1 - v_U &= 0 \\
 i_{Z2} \cdot R_1 &= -(v_Z + v_U + \frac{v_U}{R_2}) \\
 i_{Z2} &= -\left(\frac{v_Z + v_U}{R_1} + \frac{v_U}{R_1 R_2}\right) > 0!
 \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{v_Z + v_U}{R_1} + \frac{v_U}{R_1 R_2} < 0 \Rightarrow \frac{(v_Z + v_U)R_2 + v_U R_1}{R_1 R_2} < 0$$

$$(v_Z + v_U)R_2 + v_U R_1 < 0 \Rightarrow 2v_Z + v_U < 0 \Rightarrow v_U < -2v_Z$$

Ako je ulazni napon manji od  $-10V$ , dioda  $D_{Z2}$  ići u proboju,  $D_{Z1}$  - ON,  $D$  - ON ( $i_D = \frac{v_U}{R_2} > 0$ )

2. Spriječavajući ulaznog napona na vrednost ispod  $-10V$ , postaje uslov za proboj  $D_{Z2}$  i ona je OFF, a ostaviti tisu i grana u kojoj se nalazi  $D_{Z2}$  isključena?  $D_{Z1}$  - OFF,  $D$  - ON

Sve dok se  $i_0 > 0$  tj  $v_U < 0$

2.2. Razmatramo sada uslove da  $D_{Z2}$  bude OFF. Ustav je  $-v_Z < v_{D_{Z2}} < 0$

$$v_{D_{Z2}} = v_U + i_0 \cdot R_1 = v_U + \frac{v_U \cdot R_1}{R_1 + R_2} = v_U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{v_U}{2}$$

što daje:  $-v_Z < \frac{v_U}{2} < 0$  tj  $-2v_Z < v_U < 0$

Sve dok je ulazni napon između  $-10V$  i  $0V$  postaje uslov za zatvaranje diode  $D_{Z2}$ !

Izlazni napon u ovom intervalu je  $v_I = v_U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{v_U}{2}$ !

3. Povećavajući ulaznog napona od  $0$  u pozitivnom,  $D_{Z1}$  ima uslove za ON, ali  $D_{Z2}$  je dovoljno polarizovano i ne prolazi od sve do njegovog proboja koji se dešava pri dovoljno velikom  $v_U$ . Distaže ovaj granu u kojoj ne postoji. Sadržati da je i dioda  $D$  inverzno polarizovana, a ova grana je zatvorena tako da se ulazni napon prenosi na izlaz.

3.1°  $v_U = -v_{D_{Z1}} \Rightarrow v_U > 0$   
 3.2°  $-v_Z < v_{D_{Z1}} < 0$   
 $v_Z < -v_U \wedge -v_U < 0$   
 $v_U < -v_Z \wedge v_U > 0$

$0 < v_U < v_Z \Rightarrow v_I = v_U$

4. Konkretno, poznajući  $v_U$  između  $5V$ ,  $D_{Z2}$  ići u proboju, a izlazni napon ima  $5V$ , tj.  $D_{Z1}$  - ON,  $D$  - OFF

$v_{D_{Z2}} = -v_Z$

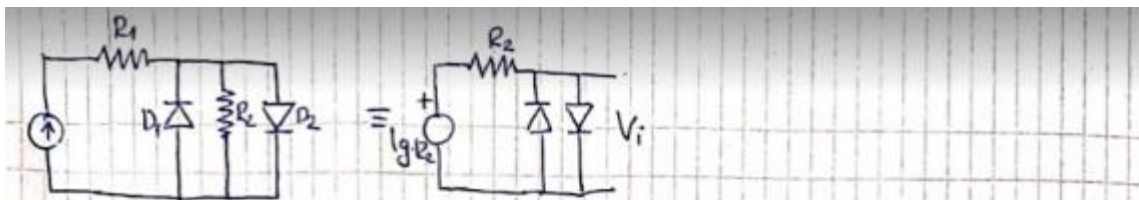
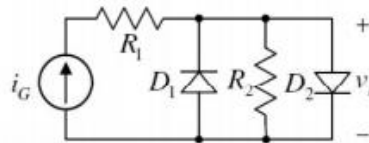
$$i_{D_{Z2}} = -i_{D_{Z1}} = -\frac{v_U - v_Z}{R_1} < 0 \text{ tj } v_U - v_Z > 0 \text{ tj } v_U > v_Z$$

1. a) [5] Dati su parametri diode:  $I_S = 10^{-15} \text{ A}$ ,  $V_T = 25 \text{ mV}$ . Ako je struja diode  $i_D = 200 \text{ mA}$ , odrediti pad napona na diodi  $v_D$ .

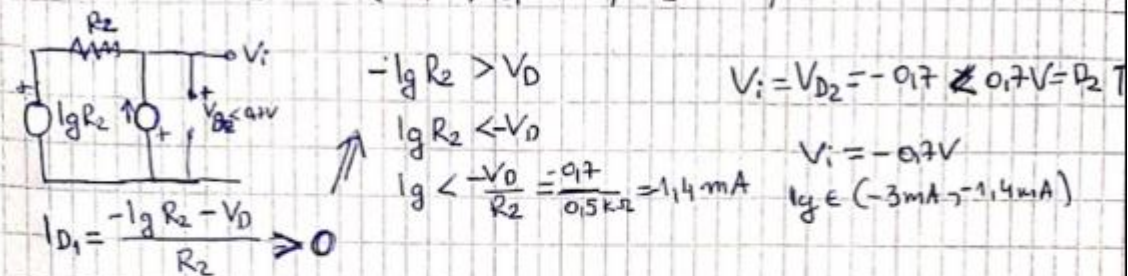
$$i_D = I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$$

$$\ln \frac{i_D}{I_S} = \frac{v_D}{V_T} \Rightarrow v_D = V_T \ln \frac{i_D}{I_S} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot \ln \frac{200 \cdot 10^{-3} \text{ A}}{10^{-15} \text{ A}} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot \ln(2 \cdot 10^{14}) = 823.23 \text{ mV}$$

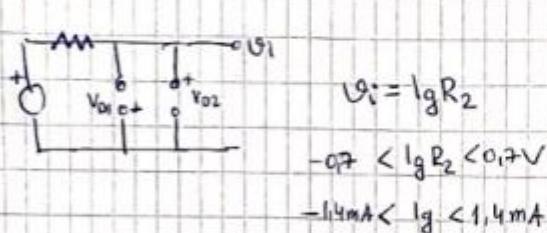
3. [20] U kolu sa slike upotrebljene su idealne diode sa  $V_D = 0.7 \text{ V}$ , a poznato je i  $R_1 = 3 \text{ k}\Omega$  i  $R_2 = 500 \Omega$ . Odrediti i nacrtati zavisnost  $v_i(i_G)$ , ako se ulazna struja  $i_G$  menja u granicama  $-3 \text{ mA} \leq i_G \leq 3 \text{ mA}$ .



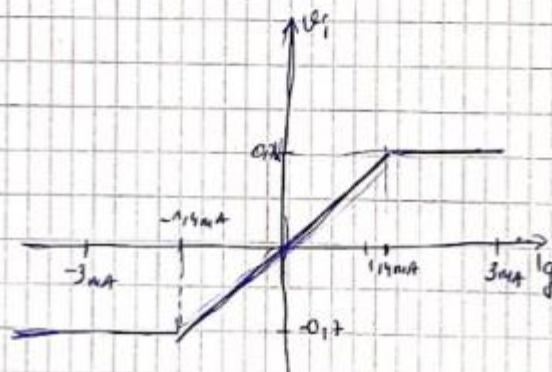
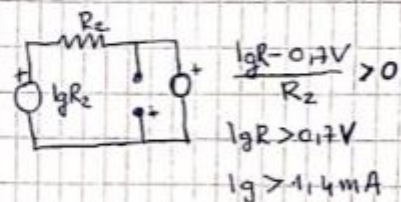
1.  $D_1$ -ON  $D_2$ -OFF ( $i_{D1} > 0$ ,  $V_{D1} = 0.7 \text{ V}$ ,  $V_{D2} < 0.7 \text{ V}$ )



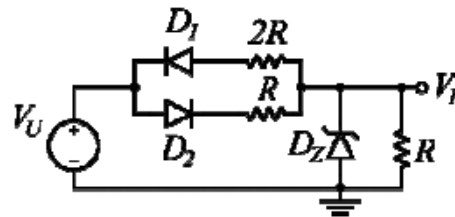
2.  $D_1$ -OFF,  $D_2$ -OFF



3.  $D_1$ -OFF  $D_2$ -ON



4. [20] U kolu sa slike upotrebene su idealne diode  $D_1$  i  $D_2$  sa  $V_D = 0.6V$  i idealna Zener dioda  $D_Z$  sa  $V_Z = 3V$  i  $V_D = 0.6V$ , a poznato je i  $R = 1k\Omega$ . Odrediti i nacrtati zavisnost  $V_i(V_U)$ , ako se ulazni napon  $V_U$  menja u granicama  $-10V \leq V_U \leq 10V$ .



1.  $D_2$ -ON,  $D_1$ -ON,  $D_Z$ -OFF

$V_i = -V_D = -0.7V$

$$I_{D1} = \frac{-0.7V - 0.7V - V_U}{2R} > 0$$

$$-1.4V - V_U > 0 \Rightarrow V_U < -1.4V$$

$$I_{D2} = I_{D1} - I_2 > 0$$

$$I_{D2} = \frac{-1.4V - V_U}{2R} - \frac{0.7V}{R} > 0$$

$$I_{D2} = \frac{-2.8V - V_U}{2R} > 0$$

$$-2.8V > V_U$$

$V_U < -1.4V \wedge V_U < -2.8V \Rightarrow V_U < -2.8V, D_2$ -ON,  $D_1$ -ON,  $D_Z$ -OFF,  $V_i = -0.7V$

2.  $D_2$ -OFF,  $D_1$ -ON,  $D_Z$ -OFF

$$I_{D1} = \frac{-V_U - V_D}{2R + R} > 0 \Rightarrow I_{D1} \cdot R < 0.7V$$

$$-V_U - V_D > 0 \Rightarrow V_U < -V_D$$

$$V_U < -0.7V$$

$$I_{D1} < \frac{0.7}{R} = \frac{0.7V}{1k\Omega}$$

$$I_{D1} < 0.7mA$$

$$\frac{-V_U - V_D}{3R} < 0.7mA$$

$$-V_U - 0.7V < 2.1V \Rightarrow -V_U < 2.8V \Rightarrow V_U > -2.8V$$

$-2.8 < V_U < -0.7, D_2$ -OFF,  $D_1$ -ON,  $D_Z$ -OFF

$$V_i = \frac{V_U + V_D}{3R} \cdot R = \frac{V_U + 0.7}{3} = \frac{-2.8 + 0.7}{3} = -0.7$$

3.  $D_2$ -OFF,  $D_1$ -OFF,  $D_Z$ -OFF

$$V_{D2} = 0 < 0.7V \vee V_{D2} > -V_Z \vee$$

$$V_{D1} = -V_U < 0.7 \Rightarrow V_U > -0.7V$$

$$V_{D2} = V_U < 0.7$$

$-0.7 < V_U < 0.7, V_i = 0$

4.  $D_2$ -OFF,  $D_1$ -OFF,  $D_Z$ -ON

$$I_{D2} = \frac{U - 0.7}{2R} > 0 \Rightarrow U > 0.7V$$

$$V_i = \frac{U - 0.7}{2}$$

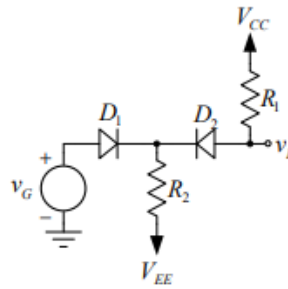
$$V_{D2} > -V_Z \Rightarrow \frac{0.7V - U}{2} > -3V \Rightarrow 0.7V - U > -6V \Rightarrow U < 6.7V$$

5.  $D_2$ -OFF,  $D_1$ -OFF,  $D_Z$ -ON

$$V_i = -V_Z = -3V$$

$$U > 6.7V$$

2. [20] U kolu sa slike upotrebene su idealne diode sa  $V_D = 0,7V$ , a poznato je i:  $V_{CC} = -V_{EE} = 5V$ ,  $R_1 = 5k\Omega$  i  $R_2 = 10k\Omega$ . Odrediti i nacrtati zavisnost  $v_i(v_G)$ , ako se ulazni napon  $v_G$  menja u granicama  $-6V \leq v_G \leq 6V$ .



$V_D = 0,7V$ ,  $V_{CC} = -V_{EE} = 5V$ ,  $R_1 = 5k\Omega$ ,  $R_2 = 10k\Omega$   
 $v_G$  ( $-6V \leq v_G \leq 6V$ )  $v_i(v_G) = ?$

**1°**  $v_G = -6V$   $\text{Predpostavka: } D_1 - \text{OFF}, D_2 - \text{ON}$   
 $v_{A-} < 0,7V$   $i_{D2} > 0$   

$$i_{D2} = \frac{V_{CC} - 0,7V - V_{EE}}{R_1 + R_2} = \frac{9,3mA}{15} > 0T$$

$v_{A+} = v_G$   $v_{A-} = V_{CC} - i_{D2} \cdot R_1 - 0,7V = 4,3V - \frac{9,3mA}{15} \cdot 5k\Omega = 4,3V - 3,1V = 1,2V$   
 $v_A = v_{A+} - v_{A-} = v_G - 1,2V < 0,7V \Rightarrow v_G < 1,9V$   $v_i = V_{CC} - i_{D2} \cdot R_1 = 5V - \frac{9,3}{15} \cdot 5V = 5V - 3,1V$   
 $1^{\circ} |v_G| < 1,9V \Rightarrow v_i = 1,9V$

**2°**  $v_G = 1,9V$   $\text{Predpostavka: } D_1 - \text{ON}, D_2 - \text{ON}$   
 $i_{D1} > 0$   $i_{D2} > 0$   $v_A = v_G - 0,7V$   

$$i_{D2} = \frac{V_{CC} - 0,7V - v_A}{R_1} > 0$$

$V_{CC} - 0,7V - v_G + 0,7V > 0 \Rightarrow V_{CC} > v_G$  tj  $v_G < V_{CC}$   $i_{D2} = \frac{V_{CC} - v_G}{R_1} > 0$   
 $i_{D2} = \frac{v_A - V_{EE}}{R_2}$   $i_{D1} = i_{D2} - i_{D2}$ ,  $i_{D1} > 0$   $i_{D1} = \frac{v_A - V_{EE}}{R_2} - \frac{V_{CC} - v_G}{R_1} > 0$ ,  $R_2 = 2R_1$   
 $\frac{v_A - V_{EE}}{2} - V_{CC} + v_G > 0 \Rightarrow v_A - V_{EE} - 2V_{CC} + 2v_G > 0$  tj  $v_G - 0,7V - V_{CC} + 2v_G > 0$   
 $3v_G > V_{CC} + 0,7V \Rightarrow v_G > \frac{5,7V}{3}$   $v_G > 1,9V$  2°

$2^{\circ} 1,9V \leq v_G \leq 5V$   $v_i = v_G - 0,7V + 0,7V = v_G$

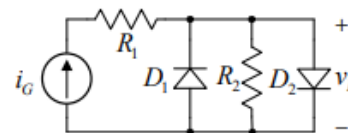
**3°**  $v_G > 5V$   $\text{Predpostavka: } D_1 - \text{ON}, D_2 - \text{OFF}$   
 $i_{D1} > 0$   $v_{A-} < 0,7V$   $v_i = V_{CC}$

$$i_{D1} = \frac{v_G - 0,7V - V_{EE}}{R_2} = \frac{v_G + V_{CC} - 0,7V}{R_2} > 0T$$

$v_{D2-} = v_G - 0,7V$ ,  $v_{D2+} = V_{CC}$   
 $v_{D2} = v_{D2+} - v_{D2-} = V_{CC} - v_G + 0,7V < 0,7V$   
 $3^{\circ} V_{CC} < v_G$   $\Rightarrow v_i = V_{CC}$

Crtamo grafic:

2. [20] U kolu sa slike upotrebljene su idealne diode sa  $V_D = 0,6\text{ V}$ , a poznato je i  $R_1 = 3\text{ k}\Omega$  i  $R_2 = 1\text{ k}\Omega$ . Odrediti i nacrtati zavisnost  $v_i(i_G)$ , ako se ulazna struja  $i_G$  menja u granicama  $-2\text{ mA} \leq i_G \leq 2\text{ mA}$ .



Napon između A i B varira između  $0,6\text{ V}$  i  $-0,6\text{ V}$ .  
 Dioda su u opoziciji i ne mogu biti istovremeno ON jer  
 ukoliko je napon jedne diode  $\geq 0,6\text{ V}$ , napon druge je  $-0,6\text{ V}$   
 kada je napon između  $-0,6\text{ V}$  i  $0,6\text{ V}$ , izlazni napon je jednak  
 naponu na otporniku  $R_2$  kroz koji protiče komplementarna struja  $i_G$   
 a obe diode su OFF

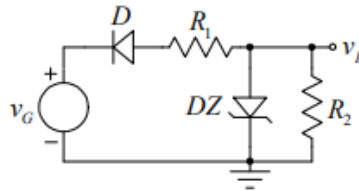
1. Dakle ako je  $i_G \cdot R_2 \leq -0,6\text{ V}$ , tj  $i_G < -\frac{0,6\text{ V}}{1\text{ k}\Omega} = -0,6\text{ mA}$   
 $D_1 \rightarrow \text{ON}, D_2 \rightarrow \text{OFF}$   $v_i = -0,6\text{ V} \approx V_{D_1}$

2.  $-0,6 \leq i_G \cdot R_2 \leq 0,6$   $D_1 \rightarrow \text{OFF}, D_2 \rightarrow \text{OFF}$   
 $v_i = i_G \cdot R_2 \rightarrow$  prava koja prolazi kroz koordinatni početak

3.  $i_G \cdot R_2 \geq 0,6\text{ V}$   $D_2 \rightarrow \text{ON}, D_1 \rightarrow \text{OFF}$   
 $v_i = V_{D_2} = 0,6\text{ V}, i_G \geq 0,6\text{ mA}$

Jul 2019

2. [20] U kolu sa slike upotrebljena je idealna dioda  $D$  sa  $V_D = 0,7V$  i idealna Zener dioda  $DZ$  sa  $V_Z = 6V$  i  $V_D = 0,7V$ , a poznato je i  $R_1 = 1k\Omega$  i  $R_2 = 3k\Omega$ . Odrediti i nacrtati zavisnost  $v_i(v_G)$ , ako se ulazni napon  $v_G$  menja u granicama  $-10V \leq v_G \leq 10V$ .



Napon  $U_G$  se kreće od  $-10V$  do  $10V$ .  
 $DZ$  dioda, ako će ikad biti u proboju, biće i pri najnižem naponu  $U_G = -10V$ . Pretpostavimo da je tako. Pretpostavimo i da je  $D$  u stanju ON. (sl. 2). Pri ovim pretpostavkama ispitujemo  $I_D > 0$  i  $I_{DZ} < 0$  pri  $V_D = 0,7V$ ,  $V_{DZ} = -V_Z$

sl. 1

$$I_D = \frac{-v_G - 0,7V - U_G}{R_1} > 0 \Rightarrow -6,7V > U_G \text{ tj } U_G < -6,7V \text{ uslov 1.}$$

sl. 2

$$I_{DZ} = I_{R2} - I_D < 0 \Rightarrow \frac{6V}{3k\Omega} - \frac{-6,7V - U_G}{R_1} < 0 \Rightarrow \frac{2mA \cdot 1k\Omega + 6,7V + U_G}{R_1} < 0$$

$$U_G < -8,7V \text{ uslov 2.}$$

Ujedno ovo je i strožiji uslov pa pri ulazima važi daje i  $DZ$ -proboj i  $D$ -ON.

Uzlazni napon  $V_i = V_{DZ} = -V_Z$

Povećavanjem napona iznad  $-8,7V$ ,  $DZ$  ide u OFF. Pretpostavimo da je i dalje  $D$ -ON. (sl. 3). Ovo daje sledeću kombinaciju uslova:

sl. 3

$$-V_Z < V_{DZ} < V_D, \quad I_D > 0 \Rightarrow \frac{-U_G - 0,7V}{R_1 + R_2} > 0 \Rightarrow \begin{cases} U_G + 0,7V < 0 \\ U_G < -0,7V \end{cases} \text{ uslov 1.}$$

$$-V_Z < V_{DZ} \Rightarrow -6V < -I_D \cdot R_2 \quad V_{DZ} < V_D$$

$$-6V < \frac{U_G + 0,7V}{4k\Omega} \cdot 3k\Omega \quad \frac{U_G + 0,7V}{4} \cdot 3 < 0,7V$$

$$0 < \frac{24V + 3U_G + 2,1V}{4} \quad 3U_G + 2,1V < 2,8V$$

$$26,1V + 3U_G > 0 \quad 3U_G < 0,7V$$

$$U_G > -\frac{26,1}{3}V \quad \boxed{U_G < \frac{0,7V}{3}}$$

Usl. 3.

Poređenjem uslova (1-3) zaključujemo da će ovako stanje u kolu biti za  $-8,7V < U_G < -0,7V$

Povećanjem  $U_G$  napona iznad  $-0,7V$  dioda  $D$  prelazi u OFF. Samim tim, prekida se kolo struje i ulaz više nema nikakvu vezu sa izlazom a izlazni napon je nula tj.  $0V$ .

Resenja: Merisa Harcinovic