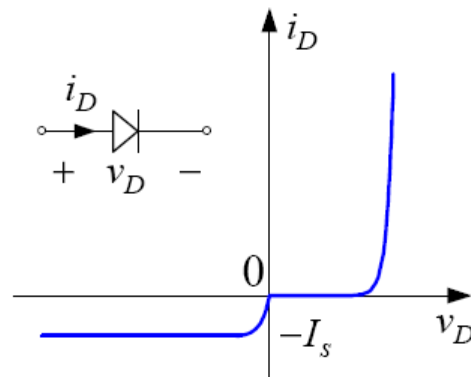
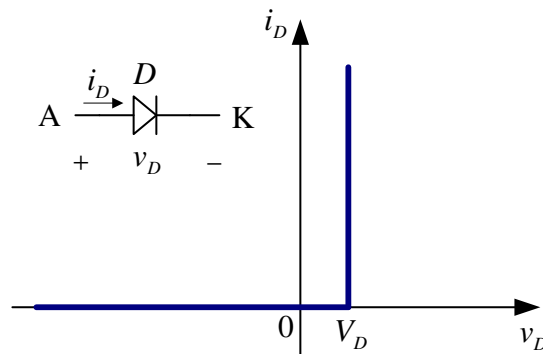


Diode

- Strujno-naponska karakteristika diode: $i_D = I_s \left(e^{\frac{v_D}{V_T}} - 1 \right)$

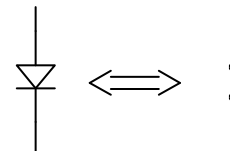


- Aproximativna strujno-naponska karakteristika diode (strujno-naponska karakteristika idealne diode):

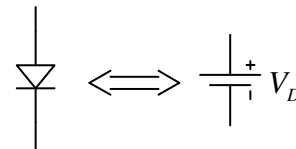


- Režimi rada idealne diode:

1. Dioda isključena (D-OFF): $v_D < V_D$, $i_D = 0$,



2. Dioda uključena (D-ON): $v_D = V_D$, $i_D > 0$,



➤ Utvrđivanje režima rada idealne diode:

1. Uvođenje pretpostavke (da je dioda uključena ili da je dioda isključena);
2. Zamena diode ekvivalentnim kolom (u skladu sa uvedenom pretpostavkom);
3. Provera pretpostavke:
 - pretpostavka D-ON se proverava ispitivanjem uslova $i_D > 0$; ako je ovaj uslov zadovoljen pretpostavka je dobra (tj. dioda je zaista ON), a u protivnom, pretpostavka je loša.
 - pretpostavka D-OFF se proverava ispitivanjem uslova $v_D < V_D$; ako je ovaj uslov zadovoljen pretpostavka je dobra (tj. dioda je zaista OFF), a u protivnom, pretpostavka je loša.

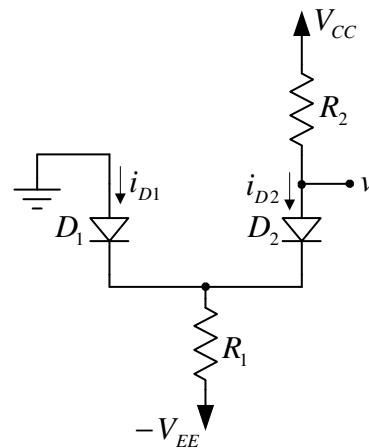
➤ Utvrđivanje promene režima rada diode:

- Ako je dioda uključena (tada je $i_D > 0$) i ako se struja diode i_D smanjuje, postoji tendencija da se dioda isključi. To će se desiti kada vrednost i_D padne na 0.
- Ako je dioda isključena (tada je $v_D < V_D$) i ako se napon diode v_D povećava, postoji tendencija da se dioda uključi. To će se desiti kada v_D poraste do V_D .

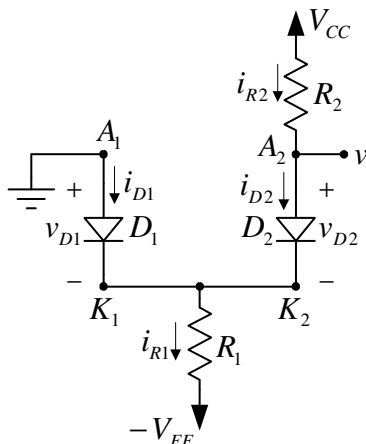
51. U kolu sa slike upotrebljene su idealne diode, a poznato je i $V_{CC} = V_{EE} = 10V$. Odrediti vrednosti struja i_{D1} i i_{D2} , kao i napona v , kada je:

a) $R_2 = 2R_1 = 10k\Omega$.

b) (Zadatak za vežbu) $R_1 = 2R_2 = 10k\Omega$.



Rešenje:



a) $V_D = 0$ (jer je u tekstu zadatka rečeno da su diode idealne bez navođenja vrednosti parametra V_D).

Pretpostavka D_1 -OFF, D_2 -OFF:

provera: $v_{D1} < V_D$ i $v_{D2} < V_D$?

$$\left. \begin{array}{l} i_{D1} = 0, i_{D2} = 0 \Rightarrow i_{R1} = 0 \Rightarrow v_{K1} = -V_{EE} = -10V \\ v_{A1} = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow v_{D1} = v_{A1} - v_{K1} = 10V > V_D \Rightarrow \text{loša pretpostavka}$$

Pretpostavka D_1 -ON, D_2 -OFF:

provera: $i_{D1} > 0$ i $v_{D2} < V_D$?

$$\left. \begin{array}{l} v_{K2} = v_{K1} = v_{A1} - V_D = 0 - 0 = 0 \\ i_{D2} = i_{R2} = 0 \Rightarrow v_{A2} = V_{CC} = 10V \end{array} \right\} \Rightarrow v_{D2} = v_{A2} - v_{K2} = 10V > V_D \Rightarrow \text{loša pretpostavka}$$

Pretpostavka D_1 -ON, D_2 -ON:

provera: $i_{D1} > 0$ i $i_{D2} > 0$?

$$v = v_{A1} - V_D + V_D = 0$$

$$i_{D2} = i_{R2} = \frac{V_{CC} - v}{R_2} = \frac{V_{CC}}{R_2} = 1\text{mA} > 0$$

$$i_{D1} = i_{R1} - i_{D2} = \frac{0 - V_D - (-V_{EE})}{R_1} - \frac{V_{CC} - v}{R_2} = \frac{V_{EE}}{R_1} - \frac{V_{CC}}{R_2} = 1\text{mA} > 0$$

Dakle, $i_{D1} > 0$ i $i_{D2} > 0 \Rightarrow$ pretpostavka je tačna.

$$i_{D1} = 1\text{mA}$$

$$i_{D2} = 1\text{mA}$$

$$v = 0$$

Da li je bilo moguće odmah prepoznati da će pretpostavka D_1 -ON i D_2 -ON biti ona koja je tačna?

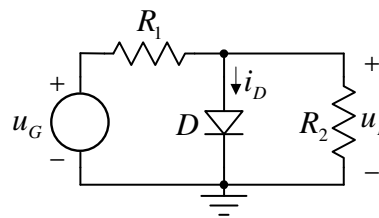
b) D_1 -OFF, D_2 -ON

$$i_{D1} = 0$$

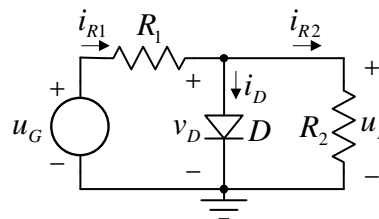
$$i_{D2} = 1,33\text{mA}$$

$$v = 3,33\text{V}$$

52. U kolu sa slike upotrebljena je idealna dioda sa $V_D = 0,7\text{V}$, a poznato je i: $R_1 = 4\text{k}\Omega$ i $R_2 = 1\text{k}\Omega$. Odrediti i nacrtati zavisnosti $u_I(u_G)$ i $i_D(u_G)$, ako se ulazni napon u_G menja u granicama $0 \leq u_G \leq 5\text{V}$.



Rešenje:



Za $u_G = 0$: pretpostavka D -OFF: provera: $v_D < V_D$?

$$v_D = u_I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_G = 0 < V_D \Rightarrow \text{pretpostavka je tačna, tj. zaista je } D\text{-OFF.}$$

$$u_I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_G \Rightarrow \boxed{u_I[\text{V}] = \frac{1}{5} u_G[\text{V}]} \text{ (jednačina 1}^\circ \text{ segmenta karakteristike } u_I(u_G)).$$

$$\boxed{i_D = 0 = \text{const}} \text{ (jednačina 1}^\circ \text{ segmenta karakteristike } i_D(u_G)).$$

Ako $u_G \uparrow \Rightarrow v_D = u_I \uparrow \Rightarrow$ i kada postane $v_D^* = V_D$ uključuje se dioda D ; to će se desiti pri $\frac{1}{5} u_G^* = V_D \Rightarrow u_G^* = 5V_D = 3,5\text{V}$.

Dalje je: D -ON

$$\boxed{u_I = V_D = 0,7\text{V} = \text{const}} \text{ (jednačina 2}^\circ \text{ segmenta karakteristike } u_I(u_G)).$$

$$i_D = i_{R1} - i_{R2} = \frac{u_G - V_D}{R_1} - \frac{V_D}{R_2} = \frac{u_G}{R_1} - \left(\frac{V_D}{R_1} + \frac{V_D}{R_2} \right)$$

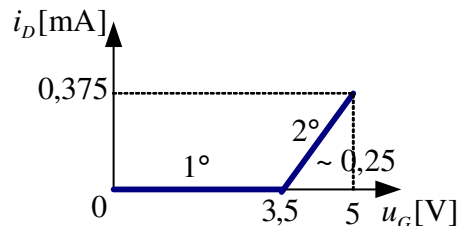
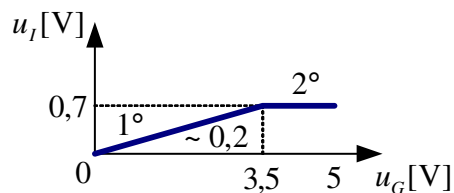
$$\boxed{i_D[\text{mA}] = \frac{1}{4} u_G[\text{V}] - 0,875} \text{ (jednačina 2}^\circ \text{ segmenta karakteristike } i_D(u_G)).$$

Ako $u_G \uparrow \Rightarrow i_D \uparrow \Rightarrow$ dioda D ostaje ON.

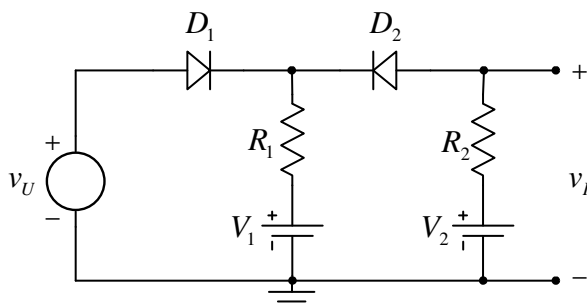
Dakle:

Za $0 \leq u_G \leq 3,5\text{V}$: D -OFF $\boxed{u_I[\text{V}] = \frac{1}{5} u_G[\text{V}]}$ $\boxed{i_D = 0 = \text{const}}$

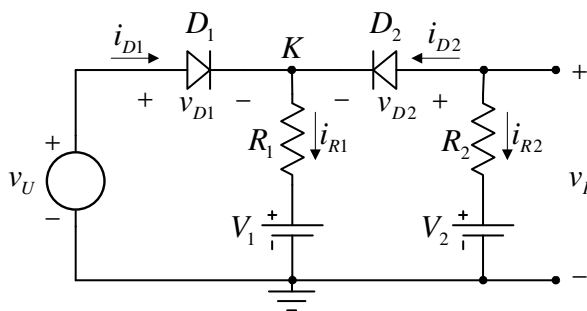
Za $3,5\text{V} \leq u_G \leq 5\text{V}$: D -ON $\boxed{u_I = V_D = 0,7\text{V} = \text{const}}$ $\boxed{i_D[\text{mA}] = \frac{1}{4} u_G[\text{V}] - 0,875}$



53. U kolu sa slike upotrebljene su idealne diode, a poznato je i: $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 200 \text{ k}\Omega$, $V_1 = 25 \text{ V}$ i $V_2 = 100 \text{ V}$. Odrediti i nacrtati zavisnost $v_I(v_U)$, ako se ulazni napon v_U menja u granicama $0 \leq v_U \leq 150 \text{ V}$.



Rešenje:



$V_D = 0$ (jer je u tekstu zadatka rečeno da su diode idealne bez navođenja vrednosti parametra V_D).

Za $v_U = 0$:

Pretpostavka D_1 -OFF, D_2 -OFF:

provera: $v_{D1} < V_D$ i $v_{D2} < V_D$?

$$\left. \begin{array}{l} v_{D1} = v_U - v_K = 0 - V_1 = -25\text{V} < V_D \\ v_{D2} = v_I - v_K = V_2 - V_1 = 75\text{V} > V_D \end{array} \right\} \Rightarrow \text{loša pretpostavka}$$

Pretpostavka D_1 -OFF, D_2 -ON:

provera: $v_{D1} < V_D$ i $i_{D2} > 0$?

$$V_2 + R_2 i_{R2} - R_1 i_{R1} - V_1 = 0 \Rightarrow V_2 - R_2 i_{D2} - R_1 i_{D2} - V_1 = 0 \Rightarrow i_{D2} = \frac{V_2 - V_1}{R_1 + R_2} = 0,25\text{mA} > 0$$

$$v_{D1} = v_U - v_K = v_U - (V_1 + R_1 i_{D2}) = v_U - \left(V_1 + R_1 \cdot \frac{V_2 - V_1}{R_1 + R_2} \right) = v_U - \frac{R_2 V_1 + R_1 V_2}{R_1 + R_2} = 0 - 50\text{V} = -50\text{V} < V_D$$

Dakle, $v_{D1} < V_D$ i $i_{D2} > 0 \Rightarrow$ pretpostavka je tačna, tj. D_1 -OFF, D_2 -ON.

$$v_I = V_1 + R_1 i_{D2} = V_1 + R_1 \cdot \frac{V_2 - V_1}{R_1 + R_2} = \frac{R_2 V_1 + R_1 V_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow \boxed{v_I = 50\text{V} = \text{const}} \text{ (jednačina 1° segmenta karakteristike } v_I(v_U)).$$

$$\text{Ako } v_U \uparrow \Rightarrow i_{D2} = \frac{V_2 - V_1}{R_1 + R_2} = 0,25\text{mA} = \text{const} \Rightarrow \text{ dioda } D_2 \text{ ostaje ON;}$$

$$\text{Ako } v_U \uparrow \Rightarrow v_{D1} = \left(v_U - \frac{R_2 V_1 + R_1 V_2}{R_1 + R_2} \right) \uparrow \Rightarrow \text{ i kada postane } v_{D1}^* = V_D \text{ uključuje se dioda}$$

$$D_1; \text{ to će se desiti pri } v_U^* - \frac{R_2 V_1 + R_1 V_2}{R_1 + R_2} = V_D \Rightarrow v_U^* = 50\text{V}.$$

Dalje je: D_1 -ON, D_2 -ON

$$\boxed{v_I[\text{V}] = v_U[\text{V}]} \text{ (jednačina 2° segmenta karakteristike } v_I(v_U)).$$

$$\text{Ako } v_U \uparrow \Rightarrow i_{D1} = i_{R1} - i_{D2} = \left(\frac{v_K - V_1}{R_1} - \frac{V_2 - v_I}{R_2} \right) = \left(\frac{v_U - V_1}{R_1} - \frac{V_2 - v_U}{R_2} \right) \Rightarrow$$

$$i_{D1} = \left(v_U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - \frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2} \right) \uparrow$$

tj. dioda D_1 ostaje ON;

$$\text{Ako } v_U \uparrow \Rightarrow i_{D2} = \left(\frac{V_2 - v_I}{R_2} \right) = \left(\frac{V_2 - v_U}{R_2} \right) \downarrow \Rightarrow \text{ i kada postane } i_{D2}^{**} = 0 \text{ isključuje se dioda}$$

$$D_2; \text{ to će se desiti pri } \frac{V_2 - v_U^{**}}{R_2} = 0 \Rightarrow v_U^{**} = V_2 = 100\text{V}.$$

Dalje je: D_1 -ON, D_2 -OFF

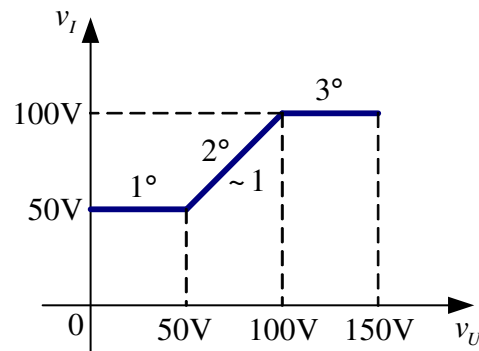
$v_I = V_2 = 100\text{V} = \text{const}$ (jednačina 3^o segmenta karakteristike $v_I(v_U)$).

Ako $v_U \uparrow \Rightarrow i_{D1} = \left(\frac{v_U - V_1}{R_1}\right) \uparrow \Rightarrow$ dioda D_1 ostaje ON.

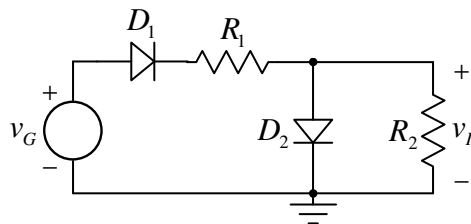
Ako $v_U \uparrow \Rightarrow v_{D2} = (v_I - v_K) = (v_I - v_U) \downarrow \Rightarrow$ dioda D_2 ostaje OFF.

Dakle:

$$v_I = \begin{cases} 50\text{V}; & \text{za } 0\text{V} \leq v_U \leq 50\text{V}; \quad D_1 - \text{OFF}, D_2 - \text{ON} \\ v_U; & \text{za } 50\text{V} \leq v_U \leq 100\text{V}; \quad D_1 - \text{ON}, D_2 - \text{ON} \\ 100\text{V}; & \text{za } 100\text{V} \leq v_U \leq 150\text{V}; \quad D_1 - \text{ON}, D_2 - \text{OFF} \end{cases}$$

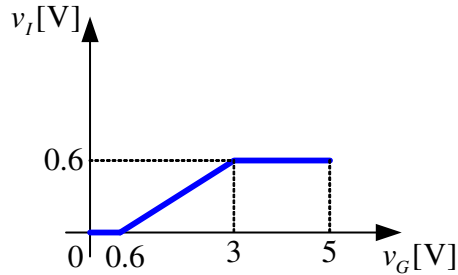


54. (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike upotrebljene su idealne diode sa $V_D = 0,6\text{V}$, a poznato je i: $R_1 = 3\text{k}\Omega$ i $R_2 = 1\text{k}\Omega$. Odrediti i nacrtati zavisnost $v_I(v_G)$, ako se ulazni napon v_G menja u granicama $0 \leq v_G \leq 5\text{V}$.

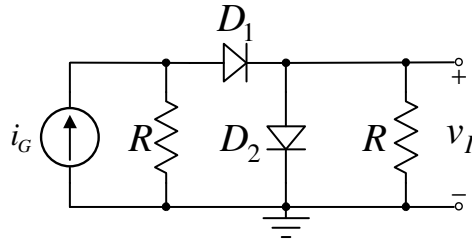


Rešenje:

$$v_I[\text{V}] = \begin{cases} 0; & \text{za } 0 \leq v_G \leq 0.6\text{V}; \quad D_1 - \text{OFF}, D_2 - \text{OFF} \\ \frac{1}{4}v_G[\text{V}] - 0.15; & \text{za } 0.6\text{V} \leq v_G \leq 3\text{V}; \quad D_1 - \text{ON}, D_2 - \text{OFF} \\ 0.6\text{V}; & \text{za } 3\text{V} \leq v_G \leq 5\text{V}; \quad D_1 - \text{ON}, D_2 - \text{ON} \end{cases}$$

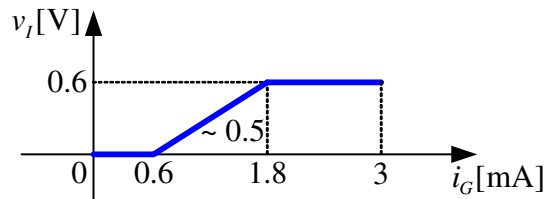


55. (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike upotrebljene su idealne diode sa $V_D = 0,6 \text{ V}$, a poznato je i $R = 1 \text{ k}\Omega$. Odrediti i nacrtati zavisnost $v_I(i_G)$, ako se ulazna struja i_G menja u granicama $0 \leq i_G \leq 3 \text{ mA}$.

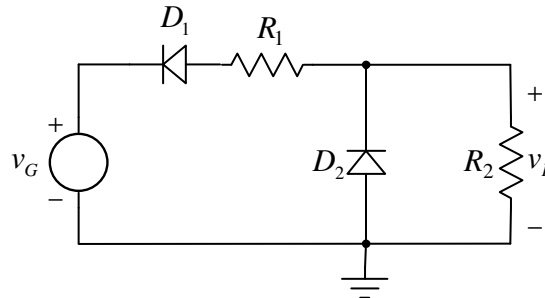


Rešenje:

$$v_I[\text{V}] = \begin{cases} 0; & 0 \leq i_G \leq 0.6 \text{ mA} \quad (D_1 - \text{OFF}, D_2 - \text{OFF}) \\ \frac{1}{2}i_G[\text{mA}] - 0.3; & 0.6 \text{ mA} \leq i_G \leq 1.8 \text{ mA} \quad (D_1 - \text{ON}, D_2 - \text{OFF}) \\ 0.6; & 1.8 \text{ mA} \leq i_G \leq 3 \text{ mA} \quad (D_1 - \text{ON}, D_2 - \text{ON}) \end{cases}$$

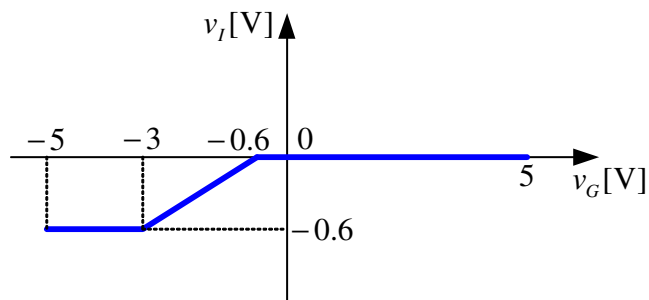


56. (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike upotrebljene su idealne diode sa $V_D = 0,6\text{ V}$, a poznato je i: $R_1 = 3\text{ k}\Omega$ i $R_2 = 1\text{ k}\Omega$. Odrediti i nacrtati zavisnost $v_I(v_G)$, ako se ulazni napon v_G menja u granicama $-5\text{ V} \leq v_G \leq 5\text{ V}$.

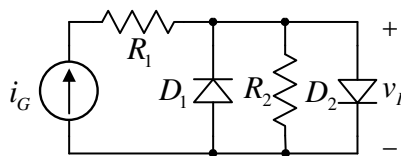


Rešenje:

$$v_I[\text{V}] = \begin{cases} -0.6\text{V}; & \text{za } -5\text{V} \leq v_G \leq -3\text{V}; \quad D_1 - \text{ON}, D_2 - \text{ON} \\ \frac{1}{4}v_G[\text{V}] + 0.15; & \text{za } -3\text{V} \leq v_G \leq -0.6\text{V}; \quad D_1 - \text{ON}, D_2 - \text{OFF} \\ 0\text{V}; & \text{za } -0.6\text{V} \leq v_G \leq 5\text{V}; \quad D_1 - \text{OFF}, D_2 - \text{OFF} \end{cases}$$



57. (Zadatak za vežbu) 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 $-2\text{ mA} \leq i_G \leq 2\text{ mA}$.

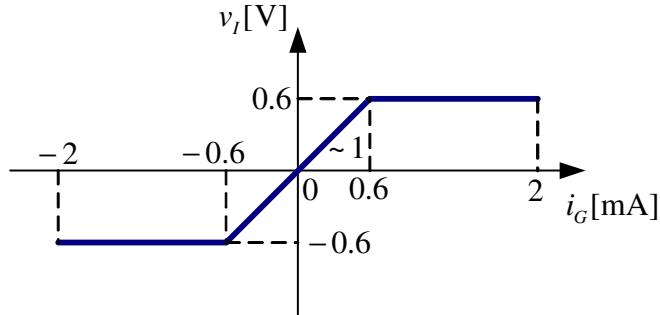


Rešenje:

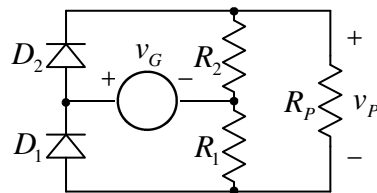
Za $-2\text{mA} \leq i_G \leq -0.6\text{mA}$: D_1 -ON, D_2 -OFF, $v_I = -0.6\text{V} = \text{const}$.

Za $-0.6\text{mA} \leq i_G \leq 0.6\text{mA}$: D_1 -OFF, D_2 -OFF, $v_I[\text{V}] = 1 \frac{\text{V}}{\text{mA}} \cdot i_G[\text{mA}]$.

Za $0.6\text{mA} \leq i_G \leq 2\text{mA}$: D_1 -OFF, D_2 -ON, $v_I = 0.6\text{V} = \text{const}$.



58. (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike upotrebljene su idealne diode sa $V_D = 0,7\text{V}$, a poznato je i $R_1 = R_2 = 1\text{k}\Omega$ i $R_p = 3\text{k}\Omega$. Odrediti i nacrtati zavisnost $v_p(v_G)$, ako se ulazni napon v_G menja u granicama $-12\text{V} \leq v_G \leq 12\text{V}$.

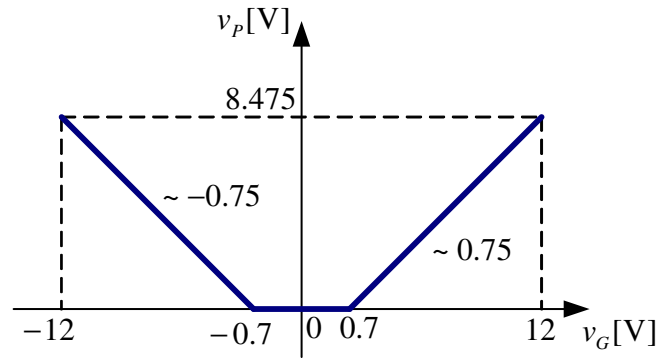


Rešenje:

Za $-12\text{V} \leq v_G \leq -0.7\text{V}$: D_1 -ON, D_2 -OFF, $v_p[\text{V}] = -0.75v_G[\text{V}] - 0.525$.

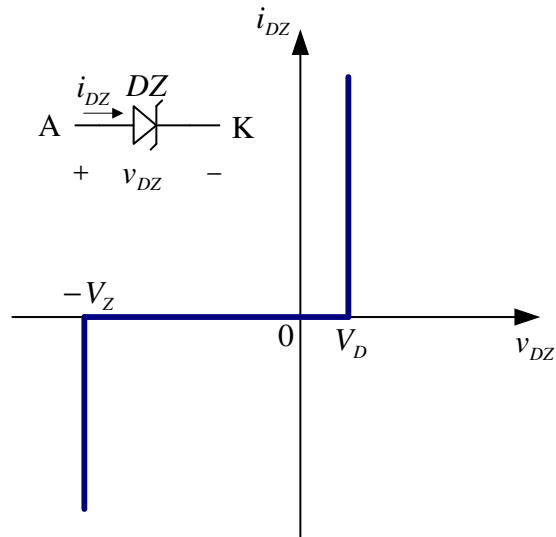
Za $-0.7\text{V} \leq v_G \leq 0.7\text{V}$: D_1 -OFF, D_2 -OFF, $v_p[\text{V}] = 0 = \text{const}$.

Za $0.7\text{V} \leq v_G \leq 12\text{V}$: D_1 -OFF, D_2 -ON, $v_p[\text{V}] = 0.75v_G[\text{V}] - 0.525$.

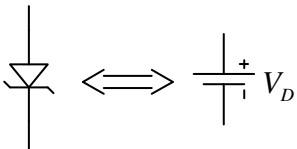
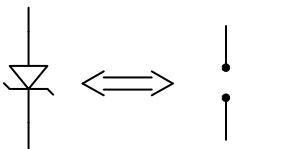
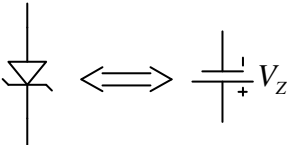


Zener diode

- Aproksimativna strujno-naponska karakteristika Zener diode (strujno-naponska karakteristika idealne Zener diode):



➤ Režimi rada idealne Zener diode:

1. Zener dioda direktno polarisana (DZ-ON): $v_{DZ} = V_D, i_{DZ} > 0$; 
2. Zener dioda isključena (DZ-OFF): $-V_Z < v_{DZ} < V_D, i_{DZ} = 0$; 
3. Zener dioda u probroju (DZ-proboj): $v_{DZ} = -V_Z, i_{DZ} < 0$. 

➤ Utvrđivanje režima rada idealne Zener diode:

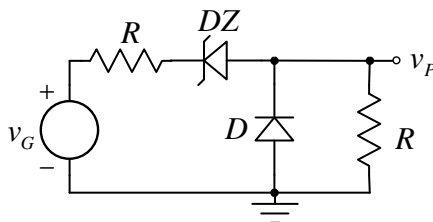
1. Uvođenje pretpostavke (da je Zener dioda direktno polarisana ili da je Zener dioda isključena ili da je Zener dioda u probroju);
2. Zamena Zener diode ekvivalentnim kolom (u skladu sa uvedenom pretpostavkom);
3. Provera pretpostavke:
 - pretpostavka da je DZ direktno polarisana se proverava ispitivanjem uslova $i_{DZ} > 0$; ako je ovaj uslov zadovoljen pretpostavka je dobra (tj. Zener dioda je zaista direktno polarisana), a u protivnom, pretpostavka je loša.
 - pretpostavka DZ-OFF se proverava ispitivanjem uslova $-V_Z < v_{DZ} < V_D$; ako je ovaj uslov zadovoljen pretpostavka je dobra (tj. Zener dioda je zaista OFF), a u protivnom, pretpostavka je loša.
 - pretpostavka DZ-proboj se proverava ispitivanjem uslova $i_{DZ} < 0$; ako je ovaj uslov zadovoljen pretpostavka je dobra (tj. Zener dioda je zaista u probroju), a u protivnom, pretpostavka je loša.

➤ Utvrđivanje promene režima rada diode:

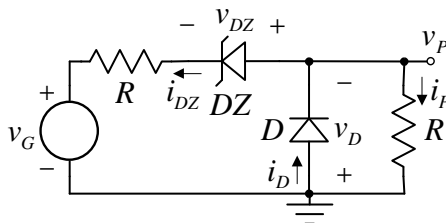
- Ako je Zener dioda direktno polarisana (tada je $i_{DZ} > 0$) i ako se struja Zener diode i_{DZ} smanjuje, postoji tendencija da se Zener dioda isključi. To će se desiti kada vrednost i_{DZ} padne na 0.

- Ako je Zener dioda isključena (tada je $-V_Z < v_{DZ} < V_D$) i ako se napon Zener diode v_{DZ} povećava, postoji tendencija da Zener dioda uđe u režim direktne polarizacije. To će se desiti kada v_{DZ} poraste do V_D .
- Ako je Zener dioda isključena (tada je $-V_Z < v_{DZ} < V_D$) i ako se napon Zener diode v_{DZ} smanjuje, postoji tendencija da Zener dioda uđe u režim proboja. To će se desiti kada v_{DZ} opadne do $-V_Z$.
- Ako je Zener dioda u proboju (tada je $i_{DZ} < 0$) i ako se struja Zener diode i_{DZ} povećava, postoji tendencija da se Zener dioda isključi. To će se desiti kada vrednost i_{DZ} poraste na vrednost 0.

59. U kolu sa slike dioda D je idealna sa $V_D = 0,6V$. Zener dioda DZ je idealna sa $V_Z = 6,2V$ i $V_D = 0,6V$, a poznato je i $R = 10k\Omega$. Odrediti i nacrtati zavisnost $v_P(v_G)$, ako se ulazni napon menja u granicama $-10V \leq v_G \leq 10V$.



Rešenje:



Za $v_G = 10V$:

Pretpostavka D -OFF, DZ -OFF:

provera: $v_D < V_D$ i $-V_Z < v_{DZ} < V_D$?

$$\left. \begin{array}{l} i_{DZ} = 0; i_D = 0 \Rightarrow i_P = 0 \Rightarrow v_P = 0 \Rightarrow v_D = 0 < V_D \\ v_{DZ} = v_P - v_G = -v_G = -10V < -V_Z \end{array} \right\} \Rightarrow \text{loša pretpostavka}$$

Pretpostavka D -OFF, DZ -proboj:

provera: $v_D < V_D$ i $i_{DZ} < 0$?

$$\left. \begin{aligned} i_{DZ} &= \frac{V_Z - v_G}{2R} = -0,19\text{mA} < 0 \\ v_D &= -i_p \cdot R = i_{DZ} \cdot R = -1,9\text{V} < V_D \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{pretpostavka je tačna, tj. } D\text{-OFF, } DZ\text{-proboj}$$

$$v_p = i_p \cdot R = -i_{DZ} \cdot R = \frac{1}{2}(v_G - V_Z) \Rightarrow \boxed{v_p[\text{V}] = \frac{1}{2}(v_G[\text{V}] - 6,2)} \text{ (jednačina 1}^\circ \text{ segmenta karakteristike } v_p(v_G)).$$

Ako $v_G \downarrow \Rightarrow$ dioda D ostaje OFF dok god je Zener dioda DZ u proboju (jer je tada $i_{DZ} < 0 \Rightarrow v_D = i_{DZ} \cdot R < 0 \Rightarrow v_D < V_D$);

Ako $v_G \downarrow \Rightarrow i_{DZ} = \left(\frac{V_Z - v_G}{2R}\right) \uparrow \Rightarrow$ i kada postane $i_{DZ}^* = 0$ isključuje se Zener dioda DZ ;

to će se desiti pri $\frac{V_Z - v_G^*}{2R} = 0 \Rightarrow v_G^* = V_Z = 6,2\text{V}$.

Dalje je: D -OFF, DZ -OFF

$$i_{DZ} = 0; i_D = 0 \Rightarrow i_p = 0 \Rightarrow \boxed{v_p[\text{V}] = 0 = \text{const}} \text{ (jednačina 2}^\circ \text{ segmenta karakteristike } v_p(v_G)).$$

Ako $v_G \downarrow \Rightarrow v_D = -v_p = 0 = \text{const} \Rightarrow$ dioda D ostaje OFF;

Ako $v_G \downarrow \Rightarrow v_{DZ} = (v_p - v_G) = (-v_G) \uparrow \Rightarrow$ i kada postane $v_{DZ}^{**} = V_D$ Zener dioda DZ postaje direktno polarisana; to će se desiti pri $v_G^{**} = -V_D = -0,6\text{V}$.

Dalje je: D -OFF, DZ - direktno polarisana

$$i_{DZ} = -\frac{v_G + V_D}{2R} \Rightarrow v_p = i_p \cdot R = -i_{DZ} \cdot R = \frac{1}{2}(v_G + V_D) \Rightarrow \boxed{v_p[\text{V}] = \frac{1}{2}(v_G[\text{V}] + 0,6)} \text{ (jednačina 3}^\circ \text{ segmenta karakteristike } v_p(v_G)).$$

Ako $v_G \downarrow \Rightarrow i_{DZ} = \left(-\frac{v_G + V_D}{2R}\right) \uparrow \Rightarrow$ Zener dioda DZ ostaje direktno polarisana;

Ako $v_G \downarrow \Rightarrow v_D = -v_P = \left(-\frac{1}{2}(v_G + V_D)\right) \uparrow \Rightarrow$ i kada postane $v_D^{***} = V_D$ uključuje se dioda D ; to će se desiti pri $-\frac{1}{2}(v_G^{***} + V_D) = V_D \Rightarrow v_G^{***} = -3V_D = -1,8V$.

Dalje je: D -ON, DZ - direktno polarisana

$v_P[V] = -V_D = -0,6V = \text{const}$ (jednačina 4^o segmenta karakteristike $v_P(v_G)$).

Ako $v_G \downarrow \Rightarrow i_{DZ} = \left(\frac{-V_D - V_D - v_G}{R}\right) \uparrow \Rightarrow$ Zener dioda DZ ostaje direktno polarisana.

Ako $v_G \downarrow \Rightarrow i_D = i_{DZ} + i_P = \left(i_{DZ} - \frac{V_D}{R}\right) \uparrow \Rightarrow$ Dioda D ostaje ON.

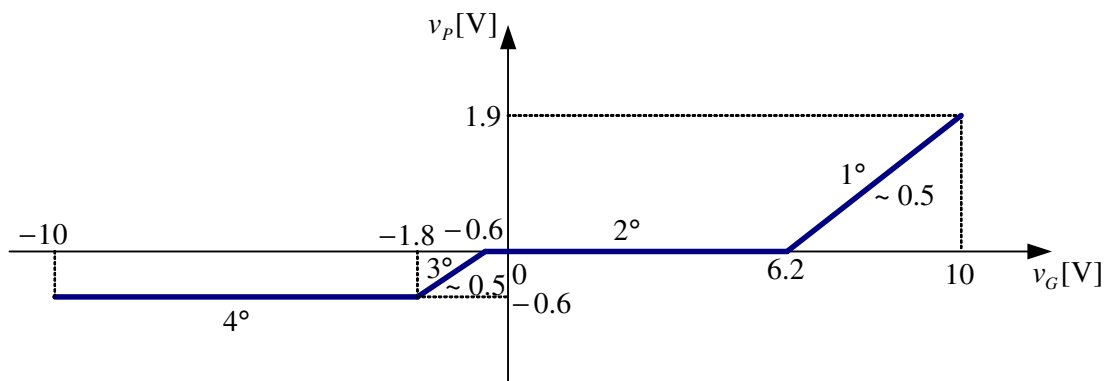
Dakle:

Za $6,2V \leq v_G \leq 10V$: D -OFF, DZ -proboj, $v_P[V] = \frac{1}{2}(v_G[V] - 6,2)$.

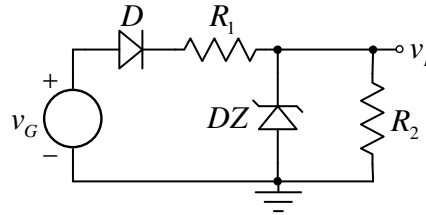
Za $-0,6V \leq v_G \leq 6,2V$: D -OFF, DZ -OFF, $v_P[V] = 0 = \text{const}$.

Za $-1,8V \leq v_G \leq -0,6V$: D -OFF, DZ - direktno polarisana, $v_P[V] = \frac{1}{2}(v_G[V] + 0,6)$.

Za $-10V \leq v_G \leq -1,8V$: D -ON, DZ - direktno polarisana, $v_P[V] = -V_D = -0,6V = \text{const}$.



60. (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike dioda D je idealna sa $V_D = 0,6\text{V}$. Zener dioda DZ je idealna sa $V_Z = 3,2\text{V}$ i $V_D = 0,6\text{V}$, a poznato je i $R_1 = R_2 = 1\text{k}\Omega$. Odrediti i nacrtati zavisnost $v_I(v_G)$, ako se ulazni napon menja u granicama $-10\text{V} \leq v_G \leq 10\text{V}$.



Rešenje:

Za $-10\text{V} \leq v_G \leq 0,6\text{V}$: D -OFF, DZ -OFF, $v_I[\text{V}] = 0 = \text{const}$.

Za $0,6\text{V} \leq v_G \leq 7\text{V}$: D -ON, DZ -OFF, $v_I[\text{V}] = 0,5v_G[\text{V}] - 0,3$.

Za $7\text{V} \leq v_G \leq 10\text{V}$: D -ON, DZ -proboj, $v_I[\text{V}] = 3,2 = \text{const}$.

