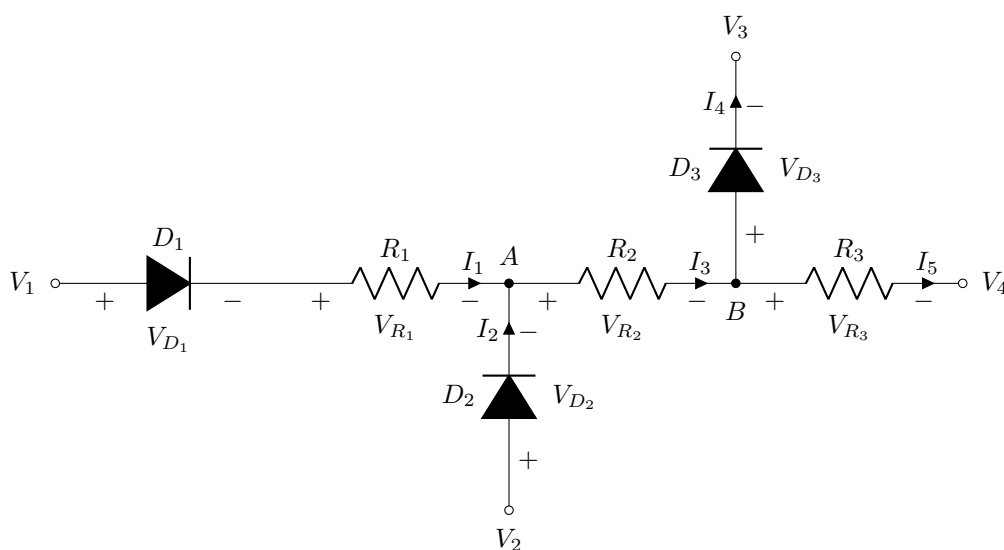


Hardverski interfejsi - domaći zadatak

Nenad Radović, RA18/2020

01. april, 2023. godina

1 Problem i prijedlog rješenja



Slika 1: Slika problema

Na slici 1, pored datih **napona** V_1 , V_2 , V_3 i V_4 , obilježimo i padove na svim ostalim elementima (otpornicima i diodama) u kolu, kao i smjerove struja.

Kako u kolu imamo 3 diode, imamo $3^2 = 9$ mogućih pretpostavki o tome da li diode provode ili ne.

Kao prvu pretpostavku, razmatraćemo da sve diode provode. Vidjećemo da ta pretpostavka nije tačna, ali će nas navesti na drugu koja se ispostavlja validnom.

1.1 Pretpostavka 1 - Sve diode provode

Ako sve diode provode, padovi napona na njima su $V_{D_1} = V_{D_2} = V_{D_3} = V_D = 0.5V$ (po postavci zadatka).

Način na koji ćemo provjeriti da li je naša pretpostavka validna jeste što ćemo gledati smjerove struja. Ako se dobijeni smjerovi struja ne poklapaju sa onima označenim na slici, naša pretpostavka nije tačna.

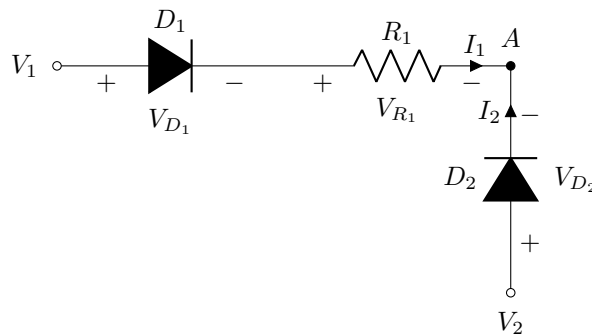
Gledajući sa slike, možemo zapisati prvi (strujni) Kirhofov zakon za tačke A i B :

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

$$I_3 - I_4 - I_5 = 0 \quad (2)$$

Napišimo drugi (naponski) Kirhofov zakon za sledeći dio kola:

$$\begin{aligned} V_1 - V_{D_1} - R_1 I_1 + V_{D_2} - V_2 &= 0 \\ I_1 &= \frac{V_1 - V_{D_1} + V_{D_2} - V_2}{R_1} \\ I_1 &= 1.66\text{mA} \end{aligned} \quad (3)$$

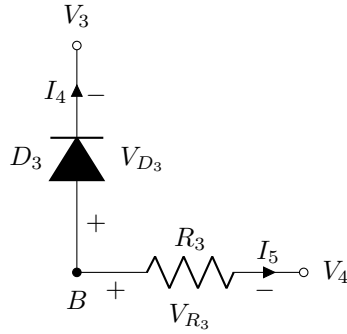


Slika 2: Kontura C_1 , podaci: $V_1 = 10V$, $V_2 = 5V$, $V_{D_1} = V_{D_2} = 0.5V$, $R_1 = 3k\Omega$

Za struju I_1 , koja prolazi kroz diodu D_1 dobijamo pozitivnu vrijednost, što znači da dioda provodi i da je direktno polarisana, kao i po pretpostavci.

Uradimo slično i za konturu C_2 :

$$\begin{aligned} -R_3 I_5 - V_4 + V_3 + V_{D_3} &= 0 \\ I_5 &= \frac{-V_4 + V_3 + V_{D_3}}{R_3} \\ I_5 &= 2.2\text{mA} \end{aligned} \quad (4)$$



Slika 3: Kontura C_2 , podaci: $V_3 = 0\text{V}$, $V_4 = -5\text{V}$, $V_{D_3} = 0.5\text{V}$, $R_3 = 2.5\text{k}\Omega$

Naredni korak je da izračunamo struju I_3 , koja nam otvara put da iskoristimo jednačine (1). Kako bismo nju izračunali, potrebno je naći napone u tačkama A i B .

Sa slike 1 uočavamo da je napon u tački A napon katode diode D_2 , kao i da je napon u tački B napon anode diode D_3 . Poznavajući iznose padova napona na diodama, dobijamo sledeće:

$$\begin{aligned} V_2 - V_A &= V_{D_2} \\ V_A &= V_2 - V_{D_2} \\ V_A &= 4.5\text{V} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} V_B - V_3 &= V_{D_3} \\ V_B &= V_3 + V_{D_3} \\ V_B &= 0.5\text{V} \end{aligned} \quad (6)$$

Struja na otporniku R_2 je naša tražena struja I_3 , pa slijedi:

$$\begin{aligned} V_A - V_B &= R_2 I_3 \\ I_3 &= \frac{V_A - V_B}{R_3} \\ I_3 &= 0.57\text{mA} \end{aligned} \quad (7)$$

Iz jednačina (1) i (2) dobijamo iznose struja I_2 i I_4 :

$$I_2 = -1.09\text{mA} \quad (8)$$

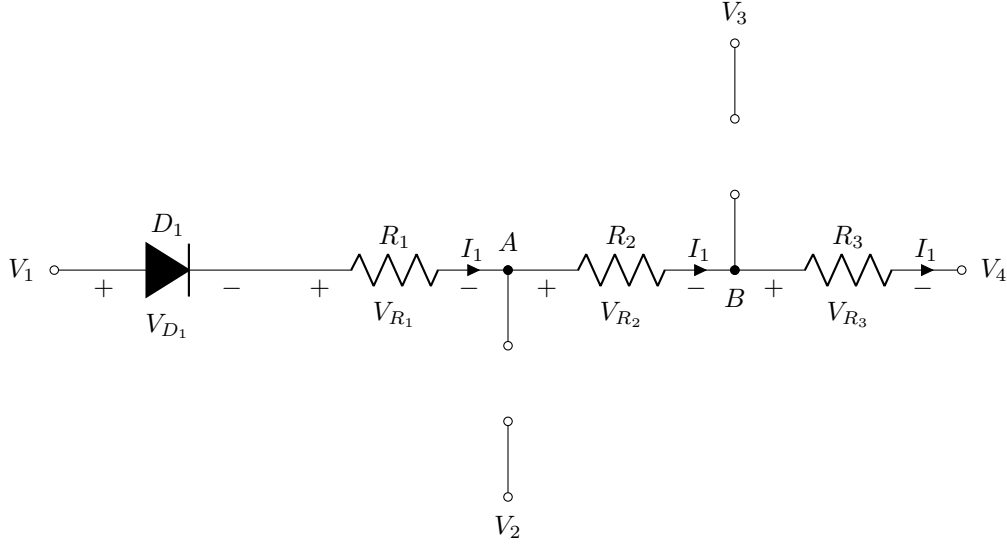
$$I_4 = -1.63\text{mA} \quad (9)$$

Dobili smo da su struje negativnog predznaka, što se kosi sa postavljenim smjerom struja kroz diode.

Naša pretpostavka nije validna, ali nas navodi na drugu pretpostavku - da diode D_2 i D_3 ne provode, dok D_1 provodi.

1.2 Pretpostavka 2 - Dioda D_1 provodi, dok diode D_2 i D_3 ne provode

Kako pomenute diode ne provode, struje u granama u kojima se one nalaze jednake su nuli. Kolo koje tada posmatramo izgleda kao:



Slika 4: Izgled kola po uslovima pretpostavke 1.2

Struktura sa slike 4 je dosta direktna - kroz nju teče jedna struja I_1 i jednačina koja je opisuje je sledeća:

$$V_1 - V_{D_1} - (R_1 + R_2 + R_3)I_1 - V_4 = 0 \quad (10)$$

Iz jednačine (10) izvučićemo vrijednost struje I_1 :

$$I_1 = \frac{V_1 - V_{D_1} - V_4}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (11)$$

$$I_1 = 1.16\text{mA}$$

Poznavanje ove struje nam je potrebno kako bismo izračunali napone u tačkama A i B. Naponi u pomenutim tačkama predstavljaju napone anoda i katoda na diodama, baš kao i u prošloj pretpostavci (1.1). Oni moraju biti ispod 0.5V, kako bi naša pretpostavka (1.2) bila tačna.

Slijedi da:

$$V_1 - V_{D_1} - R_1 I_1 - V_A = 0$$

$$V_A = V_1 - V_{D_1} - R_1 I_1 \quad (12)$$

$$V_A = 6.02\text{V}$$

$$V_1 - V_{D_1} - R_1 I_1 - R_2 I_1 - V_B = 0$$

$$V_B = V_1 - V_{D_1} - R_1 I_1 - R_2 I_1 \quad (13)$$

$$V_B = -2.1\text{V}$$

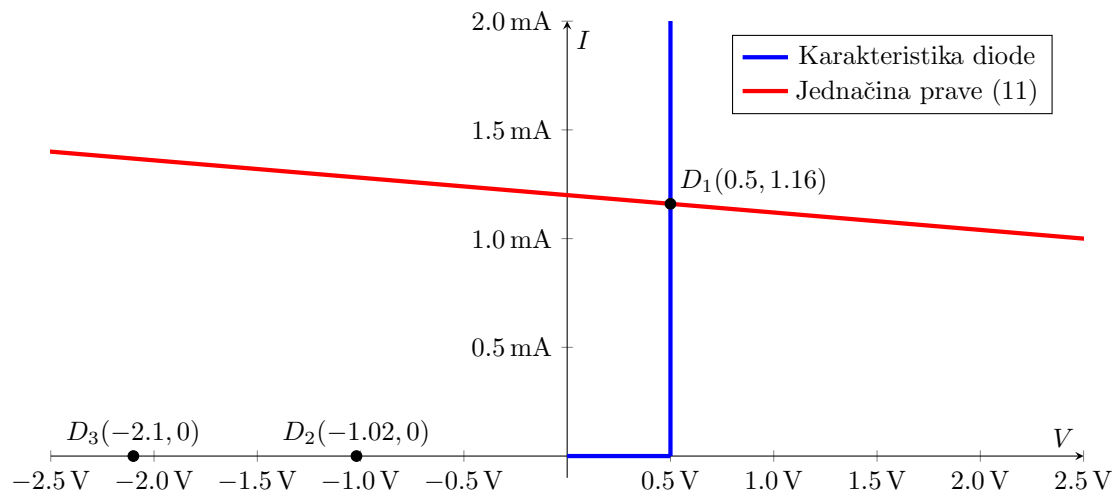
U slučaju diode D_2 , kao i u prethodnoj pretpostavci (1.1), njenu anodu predstavlja napon V_2 , dok je katoda na naponu V_A , pa slijedi:

$$\begin{aligned} V_{D_2} &= V_2 - V_A \\ V_{D_2} &= -1.02\text{V} \end{aligned} \quad (14)$$

Zaista, napon na njoj je manji od 0.5V , što vodi do zaključka da dioda ne provodi. Sličan zaključak dobijamo i za diodu D_3 :

$$\begin{aligned} V_{D_3} &= V_B - V_3 \\ V_{D_3} &= -2.1\text{V} \end{aligned} \quad (15)$$

Pretpostavka je potvrđena. U daljem dijelu je ostalo da skiciramo radne tačke za diode, koje izgledaju:



Slika 5: Radne tačke dioda