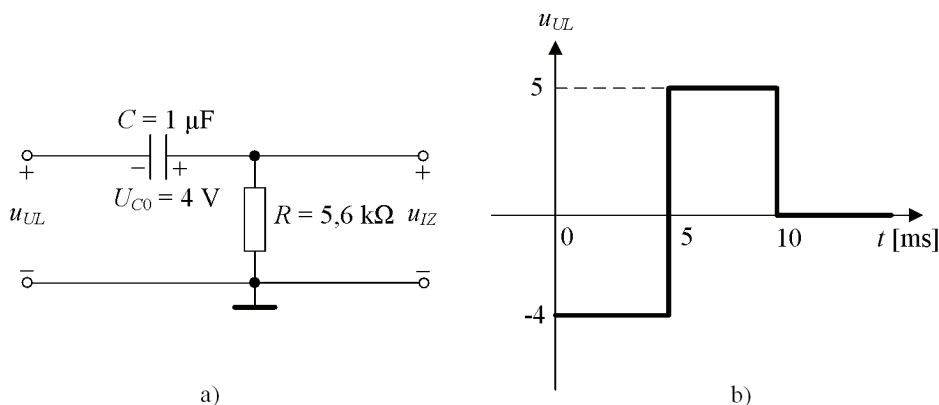


## MEĐUISPIT IZ ELEKTRONIKE 1

## ZADACI

**ZADATAK 1.** Za sklop na slici a) priključen je ulazni napon  $u_{UL}(t)$  prema slici b). U  $t = 0$  napon na kondenzatoru iznosi  $U_{C0} = 4$  V, a  $u_{UL}(0) = -4$  V.

- Odrediti vremensku konstantu (1 bod).
- Napisati izraze za izlazni napon  $u_{IZ}$  u intervalima  $0 < t < 5$  ms,  $5 \text{ ms} < t < 10$  ms i  $t > 10$  ms, te izračunati vrijednosti izlaznog napona u  $t = 1$  ms,  $t = 9$  ms i  $t = 12$  ms (4 boda).
- Na istom grafu nacrtati ulazni i izlazni napon (1 bod).



**ZADATAK 2.** Silicij  $n$ -tipa homogeno je dopiran s primjesom koncentracije  $2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Nakon dodavanja druge primjese u silicijsku pločicu, Fermijeva energija će se pomaknuti za 0,1 eV, a specifična vodljivost će se smanjiti.  $T = 300$  K.

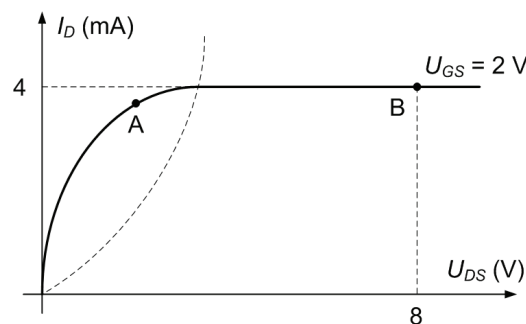
- Odrediti hoće li se Fermijeva energija pomaknuti prema dnu vodljivog pojasa ili prema vrhu valentnog pojasa? Obrazložiti (1 bod).
- Odrediti tip i koncentraciju druge primjese (4 boda).
- Odrediti koncentracije slobodnih nosilaca nakon prvog i drugog dopiranja (1 bod).

**ZADATAK 3.** Silicijska  $pn$  dioda na  $n$  strani ima koncentraciju primjesa  $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Pokretljivost šupljina iznosi  $380 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . Efektivna širina  $n$ -strane je puno šira od difuzijske duljine šupljina. Vrijeme života šupljina je  $1 \mu\text{s}$ . Pokretljivost elektrona na  $p$ -strani iznosi  $350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , a efektivna širina  $p$ -strane je  $1 \mu\text{m}$  i puno je manja od difuzijske duljine elektrona. Površina poprečnog presjeka  $pn$ -diode je  $5 \text{ mm}^2$ ,  $T = 300$  K. Dioda je priključena na napon  $U = 0,65$  V. Elektronska i šupljinska komponenta struje su jednake.

- Izračunati koncentraciju akceptora na  $p$ -strani (3 boda).
- Izračunati struju kroz diodu (2 boda).
- Izračunati širinu osiromašenog područja (2 boda).
- Skicirati raspodjelu manjinskih nosilaca na  $p$  i  $n$  strani diode. Potrebno je izračunati i označiti sve rubne i ravnotežne koncentracije, te označiti širine strana i difuzijske duljine (3 boda).

**ZADATAK 4.** U radnoj točki B strmina MOSFET-a iznosi 2 mA/V. Pretpostaviti da je tranzistor idealan, tj. da se može zanemariti porast struje odvoda u području zasićenja ( $\lambda = 0$ ).

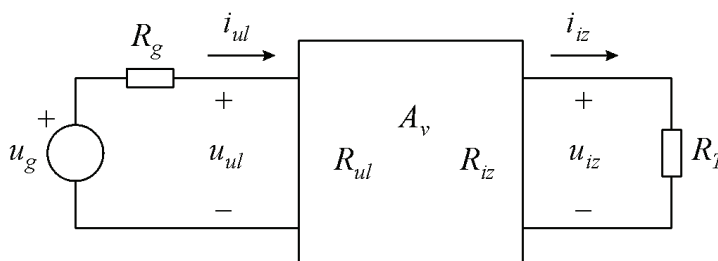
- Izračunati strujni koeficijent  $K$  (**2 boda**).
- Izračunati napon praga  $U_{GS0}$  (**2 boda**).
- Izračunati napon  $U_{DS}$  u točki A uz koji će faktor pojačanja  $\mu$  iznositi 3 (**3 boda**).
- Odrediti tip MOSFET-a ( $n$  ili  $p$  kanalni, obogaćeni ili osiromašeni) uz kratko obrazloženje (**1 bod**).



### PITANJA

1. Naponsko pojačanje pojačala na slici uz odspojen izlaz je  $A_v = u_{iz}/u_{ul} = 150$ . Kada se na pojačalo spoji trošilo otpora  $R_T = 2 \text{ k}\Omega$  naponsko pojačanje pojačala je  $A_v = u_{iz}/u_{ul} = 100$ , a strujno pojačanje je  $A_I = i_{iz}/i_{ul} = 50$ . Koliki su ulazni i izlazni otpori  $R_{ul}$  i  $R_{iz}$  pojačala (**2 boda**)?

- $R_{ul} = 9 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{iz} = 1 \text{ k}\Omega$ .
- $R_{ul} = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{iz} = 4 \text{ k}\Omega$ .
- $R_{ul} = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{iz} = 1 \text{ k}\Omega$ .
- $R_{ul} = 3 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{iz} = 4 \text{ k}\Omega$ .
- $R_{ul} = 9 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{iz} = 4 \text{ k}\Omega$ .



2. Silicij je dopiran samo s donorima koncentracije  $N_D$ . Ako temperatura poraste za  $50^\circ\text{C}$ , za Fermijevu energiju ( $E_F$ ) i koncentracije manjinskih nosilaca ( $p_{0n}$ ) vrijedi (**2 boda**):

- $E_F$  se pomiče prema vrhu valentnog pojasa,  $p_{0n}$  raste,
- $E_F$  se pomiče prema dnu vodljivog pojasa,  $p_{0n}$  opada,
- $E_F$  se ne mijenja,  $p_{0n}$  se ne mijenja,
- $E_F$  se pomiče prema vrhu valentnog pojasa,  $p_{0n}$  opada,
- $E_F$  se pomiče prema dnu vodljivog pojasa,  $p_{0n}$  raste.

3. Za silicijsku  $pn$ -diodu s obje široke strane vrijedi da je  $N_{A1} = 100 \cdot N_D$ . Nakon toga, koncentracija primjesa na  $p$ -strani poveća se 10 puta, a na  $n$ -strani ostane nepromijenjena tako da je  $N_{A2} = 1000 \cdot N_D$ . Nakon promjene, za komponente struje zasićenja i širina osiromašenog područja vrijedi sljedeća tvrdnja (**2 boda**): ( $d_{B1}$  je širina osiromašenog područja prije, a  $d_{B2}$  nakon povećanja koncentracije na  $p$ -strani)

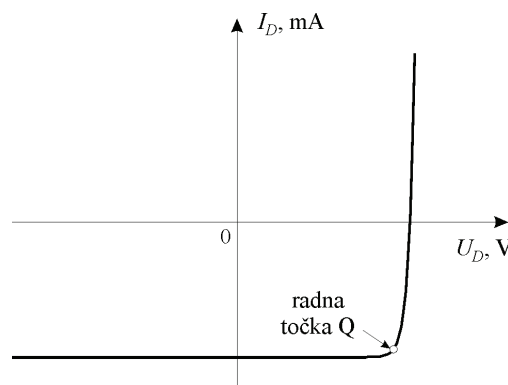
- $I_{Sn} \ll I_{Sp}$ ,  $d_{B2} \approx d_{B1}$ ,
- $I_{Sn} \gg I_{Sp}$ ,  $d_{B2} \gg d_{B1}$ ,
- $I_{Sn} \ll I_{Sp}$ ,  $d_{B2} \ll d_{B1}$ ,
- $I_{Sn} \gg I_{Sp}$ ,  $d_{B2} \approx d_{B1}$ ,
- $I_{Sn} \ll I_{Sp}$ ,  $d_{B2} \gg d_{B1}$ .

4. Silicijska  $pn$ -dioda spojena je na napon  $U_D = 0,65 \text{ V}$  i u toj radnoj točki vodi struju od  $2,7 \text{ mA}$ . Što se događa s naponom na diodi ako vanjski krug osigurava konstantnu struju od  $2,7 \text{ mA}$ , a temperatura poraste s  $300 \text{ K}$  na  $340 \text{ K}$ ? Što se događa s difuzijskim kapacitetom pri porastu temperature ako se pretpostavi da vrijeme života manjinskih nosilaca ne ovisi o temperaturi (**2 boda**):

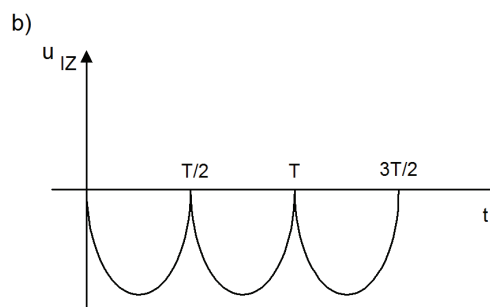
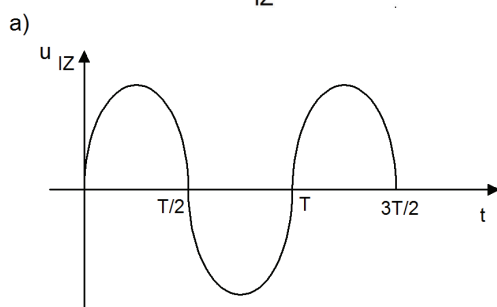
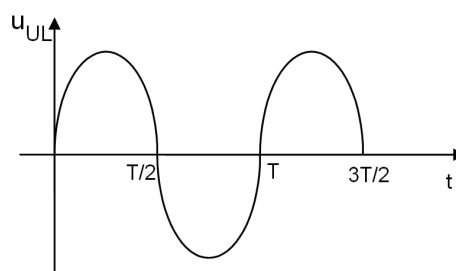
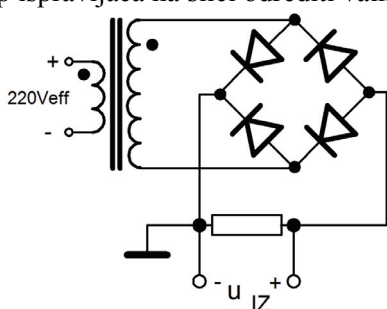
- Napon na diodi raste; difuzijski kapacitet raste.
- Napon na diodi raste; difuzijski kapacitet pada.
- Napon na diodi pada; difuzijski kapacitet raste.
- Napon na diodi pada; difuzijski kapacitet pada.
- Napon na diodi je konstantan; difuzijski kapacitet pada.

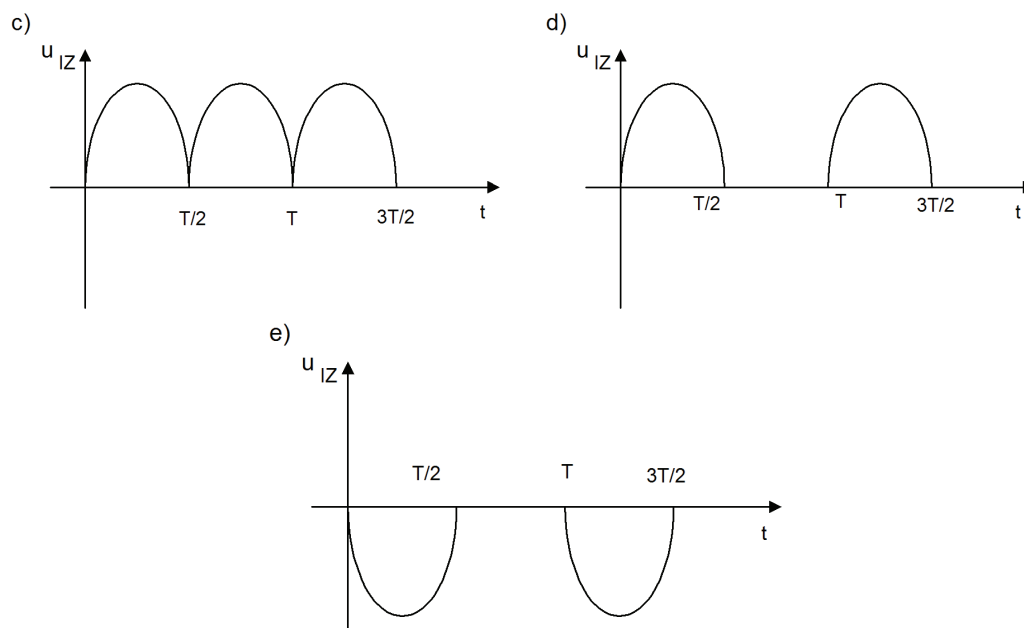
5. Na slici je prikazana strujno-naponska karakteristika fotoelementa s radnom točkom Q. Koji je to fotoelement i kako radi (**2 boda**)?

- Osvijetljena sunčana ćelija uz kratkospojen izlaz.
- Osvijetljena fotoćelija.
- Osvijetljena sunčana ćelija uz odspojen izlaz.
- Propusno polarizirana svijetleća dioda.
- Osvijetljena sunčana ćelija sa spojenim trošilom konačnog otpora.



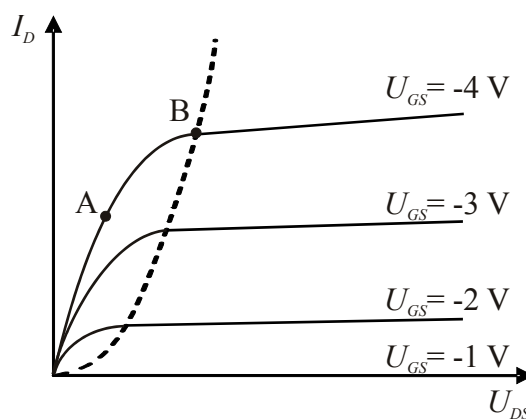
6. Za sklop ispravljača na slici odrediti valni oblik izlaznog napona (**2 boda**).





7. Na slici su prikazane izlazne karakteristike nekog MOSFET-a. Za tip tranzistora i faktor naponskog pojačanja u radnim točkama A i B vrijedi (**2 boda**):

- a)  $n$ -kanalni tranzistor obogaćenog tipa i  $\mu_A > \mu_B$ ,
- b)  $p$ -kanalni tranzistor obogaćenog tipa i  $\mu_A < \mu_B$ ,
- c)  $n$ -kanalni tranzistor osiromašenog tipa i  $\mu_A < \mu_B$ ,
- d)  $p$ -kanalni tranzistor osiromašenog tipa i  $\mu_A < \mu_B$ ,
- e)  $n$ -kanalni tranzistor osiromašenog tipa i  $\mu_A > \mu_B$ .



# Rješenja međuispita iz Elektronike 1

## ZADACI

1.

a)  $\tau = R \cdot C = 5,6 \text{ ms}$

b)  $0 < t < 5 \text{ ms}$

$$u_{IZ} = u_{UL} + U_{C0} = 0 \text{ V}$$

$5 \text{ ms} < t < 10 \text{ ms}$

$$u_{IZ}(5 \text{ ms} < t < 10 \text{ ms}) = 9 \cdot e^{-\frac{t-5 \text{ ms}}{\tau}} [\text{V}]$$

$t > 10 \text{ ms}$

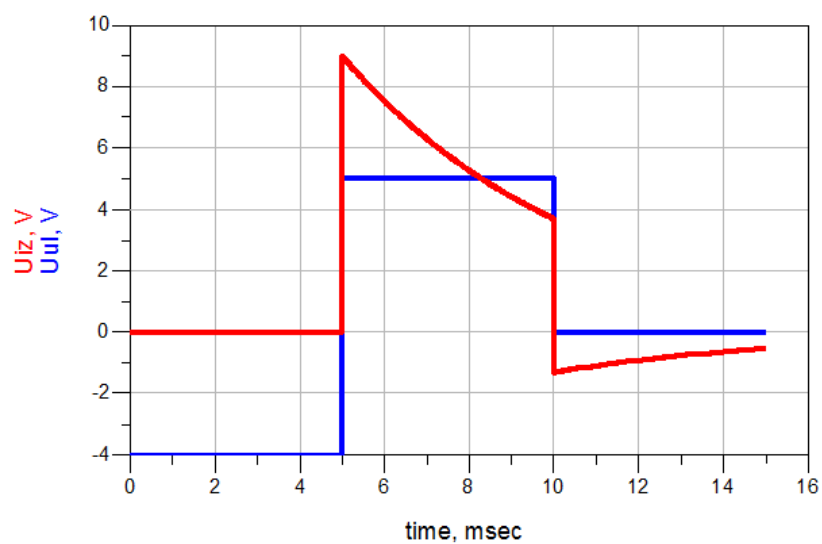
$$u_{IZ}(t > 10 \text{ ms}) = -1,315 \cdot e^{-\frac{t-10 \text{ ms}}{\tau}} [\text{V}]$$

$$u_{IZ}(1 \text{ ms}) = 0 \text{ V}$$

$$u_{IZ}(9 \text{ ms}) = 4,406 \text{ V}$$

$$u_{IZ}(12 \text{ ms}) = -0,92 \text{ V}$$

c)



2.

a) Fermijev nivo će se pomaknuti prema vrhu valentnog pojasa.

b) Akceptori;  $N_A = 1,96 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$

c)  $n_1 = 2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$

$$p_1 = \frac{n_i^2}{n_1} = 1,05 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}$$

$$n_2 = 4,25 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$$

$$p_2 = \frac{n_i^2}{n_2} = 4,95 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-3}$$

**3.**

a)  $N_A = 1,444 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$

b)  $I = 17,35 \text{ mA}$

c)  $d_B = 7,6 \text{ }\mu\text{m}$

d) SKICA ( $p_{0n} = 4205 \text{ cm}^{-3}$ ;  $n_{0p} = 147 \text{ cm}^{-3}$ ;  $p_{n0} = 3,45 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ ;  $n_{p0} = 1,2 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ )

**4.**

a)  $K = 0,5 \text{ mA/V}^2$

b)  $U_{GS0} = -2 \text{ V}$

c)  $U_{DSA} = 3 \text{ V}$

d) n-kanalni; osiromašeni

#### PITANJA

	A	B	C	D
1.	C	E	D	E
2.	A	B	C	A
3.	A	C	E	E
4.	D	E	D	C
5.	E	B	B	A
6.	B	D	C	A
7.	B	D	A	C