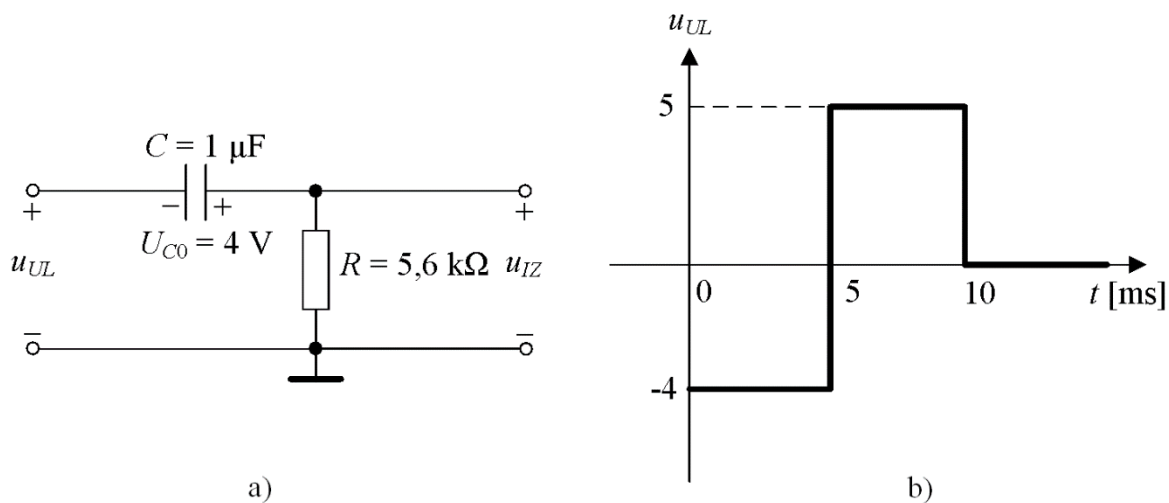


## MEĐUISPIT IZ ELEKTRONIKE 1

## ZADACI

**ZADATAK 1.** Na sklop prikazan slikom a) priključen je ulazni napon  $u_{UL}(t)$  prikazan slikom b). U  $t = 0$  ms napon na kondenzatoru iznosi  $U_{C0} = 4$  V, a  $u_{UL}(0 \text{ ms}) = -4$  V.

- 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  $t = 0$  ms, 9 ms i 12 ms (**4 boda**).
- Na istom grafu nacrtati ulazni i izlazni napon (**1 bod**).
- Izračunati graničnu frekvenciju mreže. Radi li se o niskopropusnom ili visokopropusnom filtru (**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 pomaknut će se za  $0,1 \text{ eV}$  prema dnu vodljivog pojasa.  $T = 300 \text{ K}$ .

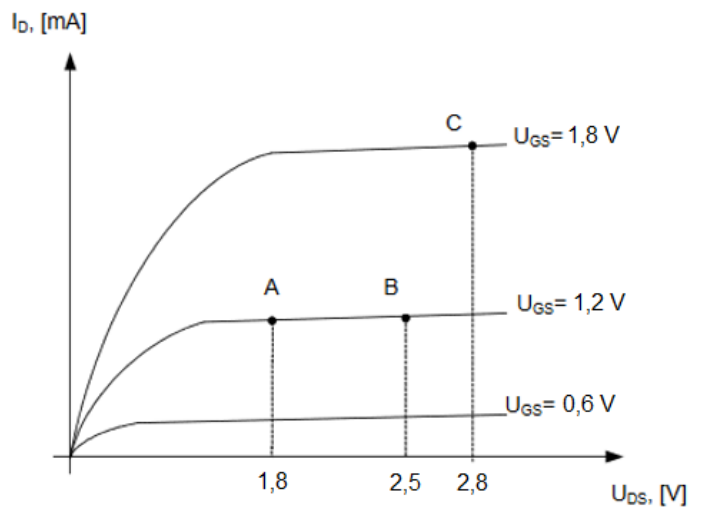
- Odrediti tip i koncentraciju druge primjese (**4 boda**).
- Odrediti položaj Fermijeve energije u odnosu na vrh valentnog pojasa nakon drugog dopiranja (**1 bod**).
- Odrediti koncentracije većinskih i manjinskih slobodnih nosilaca nakon prvog i drugog dopiranja (**1 bod**).

**ZADATAK 3.** Koncentracije primjesa na  $n$  i  $p$  strani silicijske diode iznose  $N_D = 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  i  $N_A = 5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . Parametri manjinskih nosilaca su  $\mu_n = 670 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_p = 200 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $\tau_n = 0,5 \mu\text{s}$  i  $\tau_p = 1,0 \mu\text{s}$ . Površina  $pn$  spoja iznosi  $S = 10,0 \text{ mm}^2$ . Širine  $n$  i  $p$  strane diode su  $W_n = 2 \mu\text{m}$  i  $W_p = 200 \mu\text{m}$ . Vrijedi  $T = 300 \text{ K}$  i  $m = 1$ .

- Jesu li  $n$  i  $p$  strana diode uske ili široke? Strana diode je široka ako vrijedi  $W_x > 5 L_x$  (**2 boda**).
- Izračunati struju zasićenja  $I_S$  (**2 boda**).
- Ako kroz diodu teče struja od  $15 \text{ mA}$ , koliki je napon na diodi  $U_D$  (**2 boda**)?
- Skicirati raspodjele manjinskih nosilaca, izračunati i označiti rubne te ravnotežne koncentracije za priključeni napon iz c) dijela zadatka (**2 boda**).
- Što se dogodi s dinamičkim otporom diode  $r_d$  ako priključeni napon na diodi padne za  $25\%$  (pada, raste, ostaje isti)? Koliko iznosi dinamički otpor u tom slučaju (**2 boda**)?

**ZADATAK 4.** Izlazne karakteristike nekog MOSFET-a prikazane su na slici. Napon praga tranzistora iznosi  $|U_{GS0}| = 0,5 \text{ V}$ . Struje u točkama A i B iznose  $|I_{DA}| = 0,66 \text{ mA}$  i  $|I_{DB}| = 0,666 \text{ mA}$ .

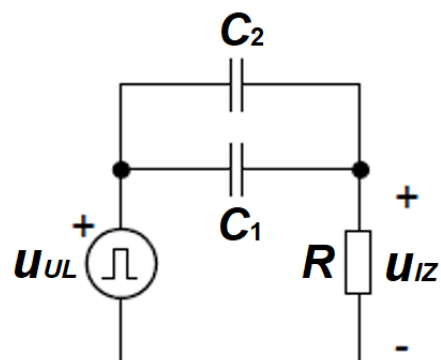
- Uz obrazloženje, odrediti tip MOSFET-a ( $n$  ili  $p$  kanalni, obogaćeni ili osiromašeni) (1 bod).
- Odrediti faktor modulacije duljine kanala  $\lambda$  i strujni koeficijent  $K$  (3 boda).
- Odrediti struju odvoda u točki C,  $I_{DC}$  (1 bod).
- Odrediti dinamičke faktore  $g_m$  i  $r_d$  u točkama A i C (3 boda).



### PITANJA

1. Na ulaz CR mreže sa slike doveden je pravokutni napon  $u_{UL}$ . Što se dogodi s vremenom pada  $t_f$  i srednjom vrijednosti izlaznog napona  $u_{IZ}$  u stacionarnom stanju, ako odspojimo kapacitet  $C_1$ ? Vrijedi (2 boda):

- $t_f$  se ne mijenja, srednja vrijednost izlaznog napona  $u_{IZ}$  se ne mijenja
- $t_f$  se smanji, srednja vrijednost izlaznog napona  $u_{IZ}$  se poveća
- $t_f$  se poveća, srednja vrijednost izlaznog napona  $u_{IZ}$  se smanji
- $t_f$  se smanji, srednja vrijednost izlaznog napona  $u_{IZ}$  se ne mijenja
- $t_f$  se poveća, srednja vrijednost izlaznog napona  $u_{IZ}$  se ne mijenja



2. Silicij je dopiran jednom primjesom. Na temperaturi od 300 K Fermijeva energija  $E_{F1}$  nalazi se 0,4 eV iznad Fermijeve energije intrinzičnog silicija ( $E_{Fi}$ ). Nakon toga silicij je ponovo dopiran, a Fermijeva energija  $E_{F2}$  na 300 K nalazi se sada 0,2 eV iznad ruba valentnog pojasa. Nakon toga je temperatura porasla s 300 K na 500 K. Za tip druge primjese i pomak Fermijeve energije nakon porasta temperature vrijedi (2 boda):

- druga primjesa su donori, položaj Fermijeve energije se ne mijenja
- druga primjesa su akceptori, Fermijeva energija približava se rubu valentnog pojasa
- druga primjesa su donori, Fermijeva energija približava se sredini zabranjenog pojasa
- druga primjesa su akceptori, Fermijeva energija približava se sredini zabranjenog pojasa
- druga primjesa su donori, Fermijeva energija približava se rubu valentnog pojasa.

3. Na  $pn$ -diodu sa širokim stranama spojen je napon  $U_D = 0,6 \text{ V}$  i  $n$ -strana je 1000 puta jače dopirana od  $p$ -strane. Na kojoj strani je veća koncentracija manjinskih nosilaca? Ako se širina  $n$ -strane suzi na vrijednost  $W_n = L_p/10$ , što se dogodi s iznosom struje kroz diodu? Vrijedi (2 boda):

- a) koncentracija manjinskih nosilaca veća je na  $p$ -strani, a struja ostaje približno ista
- b) koncentracija manjinskih nosilaca veća je na  $n$ -strani, a struja značajno raste
- c) koncentracija manjinskih nosilaca veća je na  $p$ -strani, a struja značajno pada
- d) koncentracija manjinskih nosilaca veća je na  $n$ -strani, a struja značajno pada
- e) koncentracija manjinskih nosilaca veća je na  $p$ -strani, a struja značajno raste.

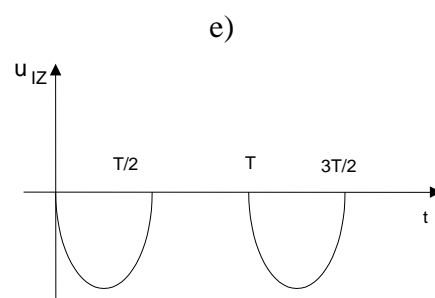
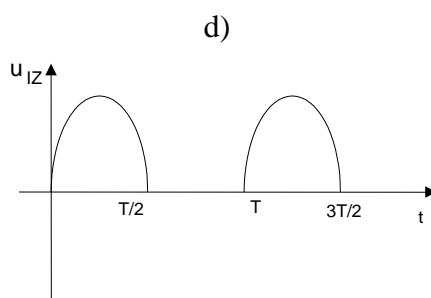
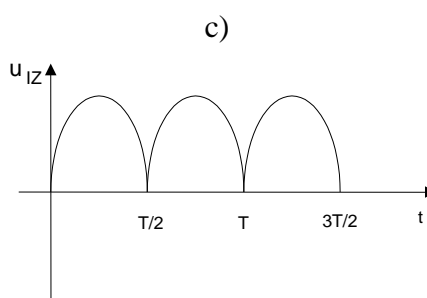
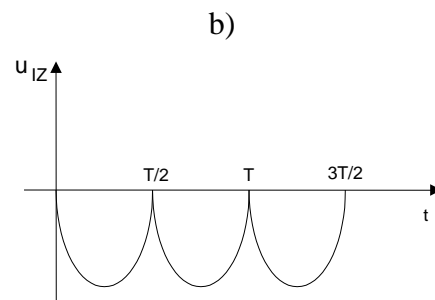
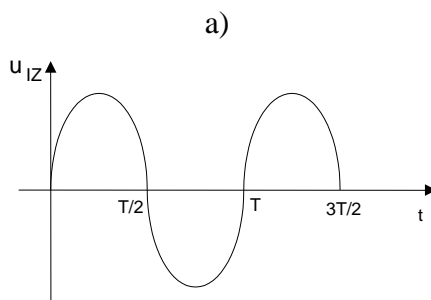
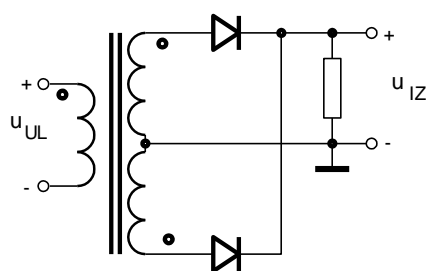
4. Za struje zasićenja dvije diode na sobnoj temperaturi ( $T = 300 \text{ K}$ ) vrijedi  $I_{S1} < I_{S2}$ . Na diode je primijenjen isti napon  $u_D = U_D + U_{dm} \cdot \sin \omega t$  gdje je  $U_D = 500 \text{ mV}$ . Za istosmjerne i izmjenične komponente struja dioda vrijedi (2 boda):

- a)  $I_{D1} > I_{D2}$ ,  $I_{dm1} > I_{dm2}$
- b)  $I_{D1} > I_{D2}$ ,  $I_{dm1} < I_{dm2}$
- c)  $I_{D1} < I_{D2}$ ,  $I_{dm1} > I_{dm2}$
- d)  $I_{D1} = I_{D2}$ ,  $I_{dm1} = I_{dm2}$
- e)  $I_{D1} < I_{D2}$ ,  $I_{dm1} < I_{dm2}$ .

5. Može li se monokristalni silicij koristiti za izradu efikasnog izvora svjetlosti? Za valne duljine zračenja u vidljivom spektru pretpostavljamo  $\lambda = [400 \text{ nm}, 700 \text{ nm}]$ . Može li se silicij koristiti za izradu fotodetektora zračenja valne duljine  $\lambda_1 = 1,5 \text{ }\mu\text{m}$  (infracrveno područje)? Vrijedi (2 boda):

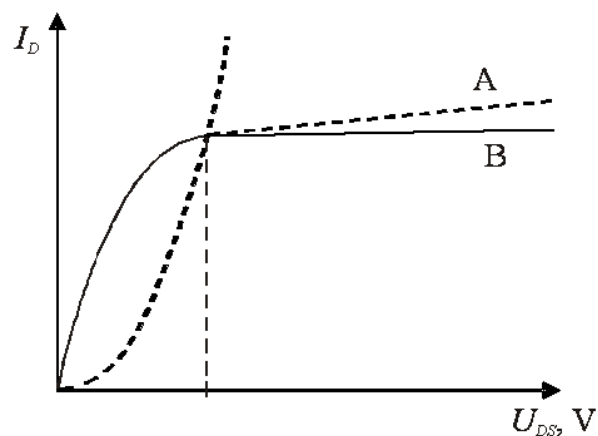
- a) za efikasan izvor svjetlosti može, za detekciju  $\lambda_1 = 1,5 \text{ }\mu\text{m}$  može
- b) za efikasan izvor svjetlosti ne može, za detekciju  $\lambda_1 = 1,5 \text{ }\mu\text{m}$  može
- c) za efikasan izvor svjetlosti može, za detekciju  $\lambda_1 = 1,5 \text{ }\mu\text{m}$  ne može
- d) za efikasan izvor svjetlosti ne može, za detekciju  $\lambda_1 = 1,5 \text{ }\mu\text{m}$  ne može
- e) za efikasan izvor svjetlosti može, za detekciju  $\lambda_1 = 1,5 \text{ }\mu\text{m}$  ovisi o radnoj temperaturi.

6. Na ulaz sklopa ispravljača priključen je sinusni ulazni napon. Kako izgleda izlazni napon (2 boda)?



7. Na slici su prikazane izlazne karakteristike dva MOSFET-a, A i B, pri istim naponima  $U_{GS}$  ( $U_{GSA} = U_{GSB}$ ). Za napon praga  $U_{GS0}$  i faktor naponskog pojačanja  $\mu$  vrijedi (2 boda):

- a)  $U_{GS0A} = U_{GS0B}$  i  $\mu_A > \mu_B$
- b)  $U_{GS0A} > U_{GS0B}$  i  $\mu_A = \mu_B$
- c)  $U_{GS0A} = U_{GS0B}$  i  $\mu_A < \mu_B$
- d)  $U_{GS0A} > U_{GS0B}$  i  $\mu_A < \mu_B$
- e)  $U_{GS0A} = U_{GS0B}$  i  $\mu_A = \mu_B$ .



# ELEKTRONIKA 1

Međuispit - 16. 11. 2020.

Rješenja

## ZADACI

1.

a)  $0 < t < 5 \text{ ms}$   $u_{IZ} = u_{UL} + U_{C0} = 0 \text{ V}$

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

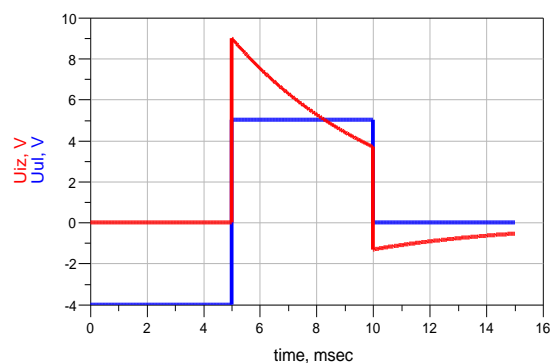
$t > 10 \text{ ms}$   $u_{IZ} (t > 10 \text{ ms}) = u_{UL} (10 \text{ ms})^+ \cdot e^{-\frac{t-10 \text{ ms}}{\tau}}$

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

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

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

b)



c)  $f_d = 1 / (2\pi\tau) = 28,4 \text{ Hz}$ , visokopropusni filter

2.

a) dodani su donori ( $n$ -tip),  $N_D = 9,35 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$

b)  $\Delta E = E_{F2} - E_{Fi} + \frac{E_G}{2} = 0,47 + 0,56 = 1,03 \text{ eV}$

c)  $n_1 = 2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$   $p_1 = 1,05 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}$   
 $n_2 = 9,55 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$   $p_2 = 220 \text{ cm}^{-3}$

3.

a)  $n$ -strana je uska,  $p$ -strana je široka

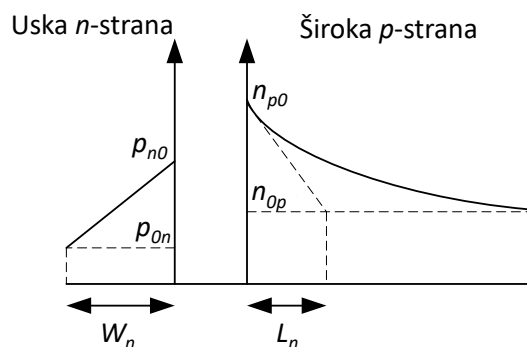
b)  $I_S = qS \left( D_n \frac{n_{0p}}{L_n} + D_p \frac{p_{0n}}{W_n} \right) = 3,97 \text{ pA}$

c)  $U_D = mU_T \cdot \ln \left( \frac{I_D}{I_S} + 1 \right) = 0,57 \text{ V}$

d)  $n_{p0} = 1,53 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$   
 $p_{n0} = 1,53 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-3}$

e)  $r_D$  raste

$$r_{d2} = \frac{U_T}{I_{D2} + I_S} = 431,0 \Omega$$



4.

a)  $n$ -kanalni obogaćeni tip - (struje  $I_D$  i napon  $U_{DS}$  pozitivni –  $n$ -kanalni, za  $U_{GS} = 0$  V, kanal nije formiran – obogaćeni)

b)  $\lambda = 0,0133 \text{ V}^{-1}$

$$K = 2,63 \text{ mA/V}^2$$

c)  $I_{DC} = 2,31 \text{ mA}$

d)  $g_{mA} = 1,89 \text{ mA/V}$      $g_{mC} = 3,55 \text{ mA/V}$

$$r_{dA} = 116,7 \text{ k}\Omega \quad r_{dC} = 33,83 \text{ k}\Omega$$

#### PITANJA

- grupa A

1. D

2. D

3. A

4. E

5. D

6. D

7. C