

— niso poročeni odgovori, i t.e.ka postojati "postupali"

① Zadatak:

$$R_T = 2000 \Omega$$

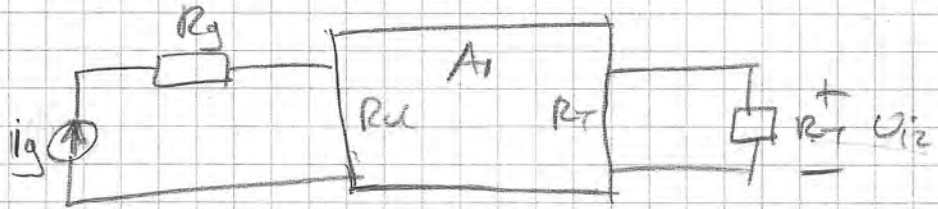
$$A_i = 100$$

$$A_1 = 80$$

$$A_V = 10? \text{ (negotanje)}$$

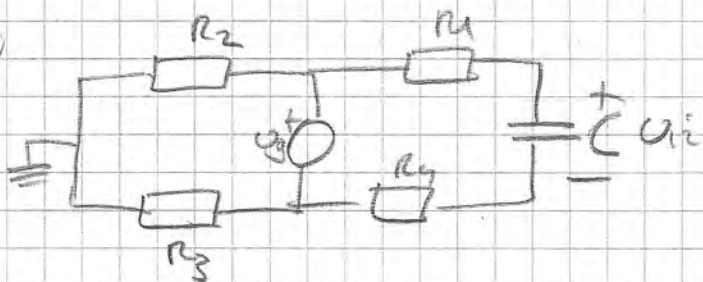
$$R_{id} = ?$$

$$R_{iz} = ?$$



[Rj] pogledajte si poglavlje o pojačalima, tu je i pje o nekih osnovnih formula

②



ulazni napon:



ako se poveća  $R_2$  što se dogodi s maksimalnim izlaznim naponom?

[Rj] općenito govoreći, ako se poveća otpor u RC mreži, onda se poveća i  $\tau = RC$ , (to ujedno i znači da krugom teže manja struja ( $I = \frac{U}{R}$ ), pa se kondenzator sporiije nabija, pa kad dođe do skoka u ulaznom naponu, na kondenzatoru će biti manji napon, a napon na C je izlazni napon, pa bi se on povećanjem otpora smanjio

Ali ovdje  $R_2$  ne utječe na otpor u RC mreži (ne mogu vam reći zašto ne utječe jer ne znam) pa je maksimalni izlazni napon neće promijeniti

③ ako se na prethodnoj slici smisli -  $R_3$  što će se dogoditi s srednjom vrijednošću izlaznog napona?

[Rj:] Srednja vrijednost izlaznog napona u stacionarnom stanju je uvek jednaka srednjoj vrijednosti ulaznog napona,

to znači da smanjenje  $R_3$  ne utječe na srednju vrijednost izlaznog

④ nista ovakvog tipa:

ako je <sup>na diodu</sup> sobnoj temp ( $U_T = 25 \text{ mV}$ ) priključen naponski(?) izvor opisan izrazom:  $v(t) = A + B \sin \omega t \text{ mV}$

( $A$  i  $B$  su bilinearni brojevi, respektivno)

a struju  $i(t) = I + i_0 \sin \omega t \text{ mA}$  ( $I$  je zadan)

Traži se  $i_0$

[Rj:] pogledajte si u riješenim zadacima, dobro je objašnjeno na webu

5) Ako za neku diodu vrijedi:  $N_D \gg N_A$

odbedi koji je dominantan tip nosilaca  
i na koji stranu se osiromašeni sloj  
više širi!

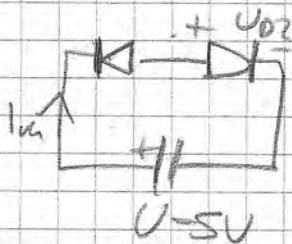
!! NISAM SIGURAN DA JE TAKO BIO ZADAN ZADATAK !!

[Rj] ako je  $N_D \gg N_A$  znači da su dominantni elektroni

→ osiromašeni sloj se uijek <sup>više</sup> širi na slabije dopiranu stranu

budući da je  $N_D \gg N_A$ , znači da se jaće širi na p-stranu

6) zadatci ovog tipa



$$I_D = I_{sp}$$

$$U_{DZ} = \dots$$

$$U_T = 25 \text{ mV}$$

$$\underline{I_{S1} = ? , I_{S2} = ?} \leftarrow \text{sta je zasićenje?}$$

[Rj] pogledajte usvojenim zadacima

7) Na temperaturi  $T_1$  Fermijeva energija (FE) nalazi se na 0.2 eV od valentnog pojasa  
a na temp.  $T_2$  na 0.18 eV od valentnog

[Rj]  $\leftarrow$  vodi

NISAM SIGURAN U OVO:

1) mislim da je to p-tip  
tj dopiran je akceptorima

(to je činjenica, da ako je FE blizu valentnom odu  
je RUCO O P-TIPU)

transistori

1) odnos temp.

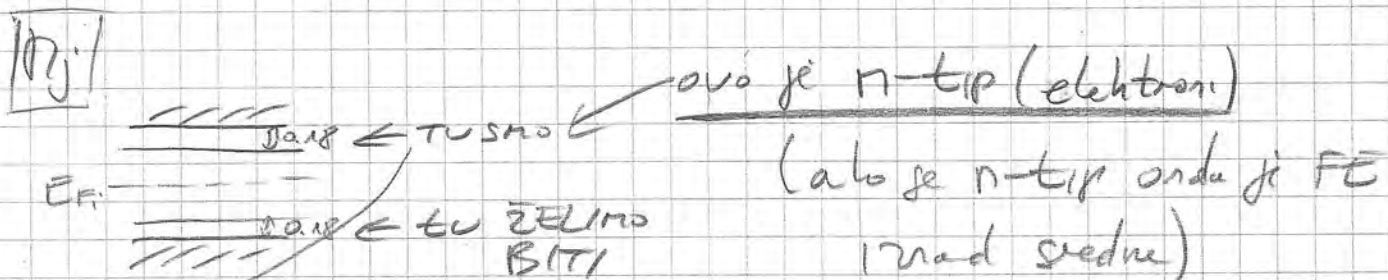
2) koji tip

$T_1$  0.20 eV  $\leftarrow$   $T_2$  0.18 eV  
 $\leftarrow$  valentni



1) S porastom temperature FE se približava sredini zabranjenog pojasa? (ovo PROVERITE U SKRIPTIMA)  
to znači da je  $T_1 > T_2$ ?

[8] ako se FE nalazi na 0.18 eV od vodljivog pojasa i koji tip i koliko tehnosroca treba dodati da FE bude na 0.18 eV od valentnog pojasa?



→ da bismo došli ↑ moramo dodati suprotni tip tj. akceptore

→ ovdje je doprinos  $N_D$ , ako dodamo  $N_A = N_D$  onda smo na sredini zabranjenog pojasa (jer ti akceptori "povuče" te elektrone po hoo da ni premanu doraom)

i sada osto trebamo dodati još jednako  $N_A = N_D$  akceptora da dodamo na 0.18 od dna (to znači jer je toliko elektrona trebalo dodati da se dođe na 0.18 od dna)

⇒ Ukupno treba dodati  $N_A = 2 \cdot N_D$  akceptora

9) Veliki silicij je n-tipa, koncentraciju većinskih nosioca jest  $N$ , i ima neku vodljivost  $\sigma_1$

ako za pokretljivosti vrijedi:  $\mu_1 = 3\mu_2$ , što treba dodati da bi vodljivost bila  $\sigma_1 = 3\sigma_2$  i suprotnog tipa?

[Kj] → ako je silicij n-tipa, onda znači da zadani  $N$  predstavlja koncentraciju donora tj.  $N = N_D$   
znači elektroni vode struju

→  $\mu_1 = 3\mu_2 \Leftarrow$  pokretljivost elektrona je uvelik  
 veća od p. suplona  
 dakle je  $\mu_1 = \mu_n$  (pokretljivost el.)  
 $\mu_2 = \mu_p$  (pok. suplona)

$$N_D = 3 \cdot N_A$$

u sistemu  
 $n_i = n_p$

→ vodljivost je definirana:  $\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p) = q n_i (\mu_n + \mu_p)$

pošto su većinski el. onda vrijedi  $\sigma_1 = q N_D \mu_n$

kaže da mora biti vodljivost suprotnog tipa,  
 znači da dodajemo akceptore i onda će vodljivost  
 biti  $\sigma_2 = q N_A \mu_p$

$$\rightarrow 3\sigma_2 = \sigma_1 \Rightarrow q N_D \mu_n = 3 \cdot q N_A \mu_p$$

$$N_D \cdot 3\mu_p = 3 N_A \mu_p$$

$$N_D = N_A$$

MORA BITI  $N_A$  konc. akceptora  
 da bi bila tražena vodljivost

zadovoljavajuću vodljivost,

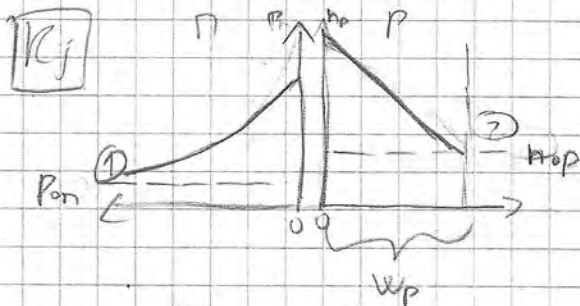
⇒ vidimo da je kod  $N_A = N_D$  znači da nam trebamo

dodati  $N_A = N_D$  kako bismo poristili elektrone,

i još jednom  $N_A = N_D$  kako bismo postigli vodljivost kakvu želimo)

⇒ skupno treba dodati  $N_A = 2 \cdot N_D$  akceptori

10) nacrtati nosioce za  $N_D > N_A$  i uskom p-stranom  
strane  $w_p$

 $N_D > N_A$ 

= jače je dopirana n-strana

to nam određuje ravnotežne koncentracije manjinskih nosioca

Što je jače jedna strana dopirana to će biti manja ravnotežna konc. manjinskih nosioca (je ih & više rekombinira s većinskim)

⇒ ovde je n-strana jače dopirana (unjoj su većinski el,

a manjski sup/ni), i to znači da će min. konc. manjinskih nosioca (sup/ni) <sup>na n-strani</sup> biti manja od max konc. manjinskih nosioca (=elektroni) na p-strani

⇒ to se na slici vidi da je ① niže od ②

gdje  $P_{01}$  je niže od  $n_{0p}$  ← konc. tračja el.  
 $n_{0p}$  ← na p-strani  
 ↳ RAVNOTEŽNA



→ kaže da je p strana uska / širina  $w_p$

ako je reka strana uska onda znači da je difuzijska dužina  $L_n$  manjskih nosilaca na toj strani veća od širine te strane  $w$  tj. ovdje:

$$\frac{L_n}{1} \gg w_p$$

elektroni su manjski na p-strani

→ to nam znači da ćemo razdiobu manjskih nosilaca (ovdje: elektrona) prikazati pravcem

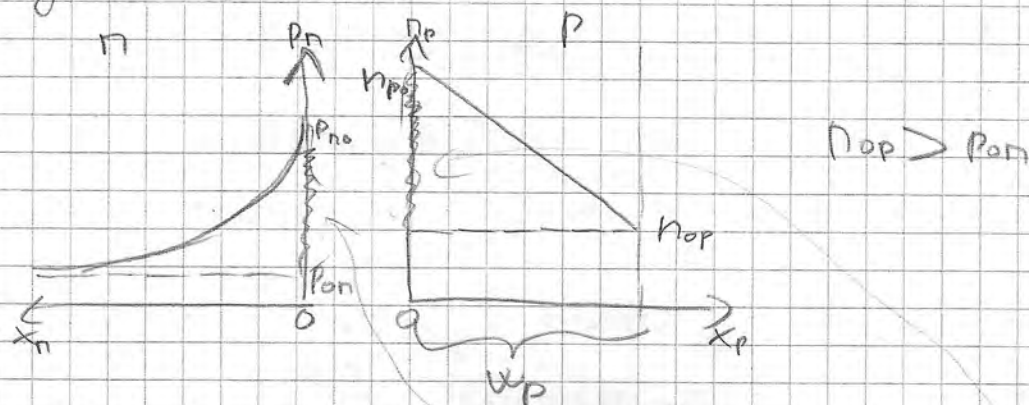
⇒ na širokoj strani vrijedi  $w_n \gg L_p$

↑  
širina  
n-strane

↑  
manjskine n-strani su  
većine

to znači da razdiobu manjskih (širina) prikazujemo eksponencijalnom funkcijom

jos jednom slika:



i jos MISLIM DA VRIJEDI:  $P_{n0} - P_{pn} = P_{p0} - P_{pp}$

NAPOMENE možda je bilo zadano da je n strana uska...

11

bio je još jedan zad. sličan 9. (nesta tipa: POSTOJI MOGUĆNOST DA SU NEKA RJEŠENJA KRIVA

by: Zack

8

da se  $\sigma$  ne povezuje s dodavanjem primjera ... ???

uglavnom mislim da općenito vrijedi da ako imamo dva silicija i jedan je dopiran s N donor, a drugi s

Na akceptor, onda ovaj s donorima ima vezu

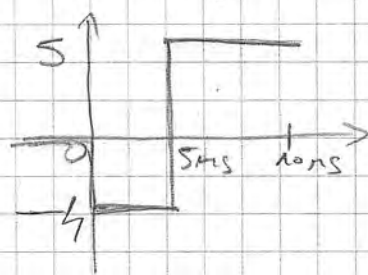
vodljivost  $\sigma$  jer je pokretljivost el. veza od p. stupnja

## ZADACI

11



⇒ Zadatak je C i R i ulazni napon



i početni napon na kondenzatoru  $U_{C0} = 4V$

a)  $\tau = ?$   $\tau = RC$

b) Izlazni napon u intervalima:  $0 < t < 5$ ,  $5 < t < 10$

i vrijednost napona u trenutku:

$t = 9,912 \text{ ms}$

12

## ZAMKA

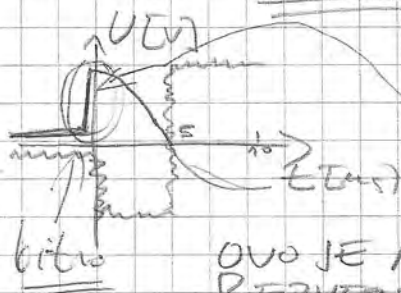
— pogledajte kako je označen napon na kondenzatoru, obrnuto je polaritet

c) na istom grafu prelazi ulazni i izlazni napon

VAŽNO: ONI GLEDAJU SVAKU SITNICU

PAZITE NA: 1) PIŠU MJERNE JEDINICE NA OSIMA

2) BITNO JE DA SE VIDI IZLAZNI (I ULAZNI NAPON) I PRIJE 0 I DA SE VIDI SLOK MP



OVO JE NEKI BEZVEZE GRAF NEVEAN UZ ZADATKAM



(9)

2 ud

Imamo silicij, <sup>p-tipa</sup> na  $T = 600\text{K}$ , nalazimo se na granici ekstrinzičnog i intrinzičnog područja

Traži se:  $p_0$ ,  $E_g$ ,  $E_F - E_{Fi}$  i to na temperaturama  
 <sub>$n_0$</sub>   
 možda još nešto...  $T = 300\text{K}$   
 $T = 550\text{K}$

Rj

ovaj podatak da smo na granici ta dva područja znači da je intrinzična koncentracija jednaka neto koncentraciji dopiranača tj:

$$n_i(T=600\text{K}) = N_A - N_D \approx N_A$$

← jer je p-tip  
 → jer je p-tip

→ sada izračunamo  $n_i(600\text{K})$  po formuli sa jalabaktera

$$n_i = C_i T^{3/2} \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right) \quad E_g = \frac{600}{11600}$$

to je ujedno i  $N_A$ ,  $N_A = n_i(600\text{K})$ , sada znamo  $N_A$

→ sad računamo na  $T = 300\text{K}$

prvo moramo posjetiti u kojem smo području (extra ili intri)

to napravimo tako da usporedimo  $n_i(300\text{K})$  s  $N_A$

i ako se dobro sjećam  $N_A \gg n_i(300)$  znači u ekstrinzičnom smo području.

→ traži mas  $p_0$  budući da onda je  $p_0 = N_A$

no odvedemo iz  $n_0 p_0 = n_i^2$   $\frac{n_0 = n_i^2}{p_0} = \frac{n_i^2}{N_A}$  ← NE MOŽE ZABORAVITI KVADRAT

POSTOJI MOGUĆNOST DA SU NEKA RJEŠENJA KRIVA

A ove energije odvedemo kombinirajući formulu sa  
Jalabaktera

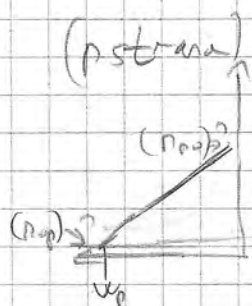
Isto napravio za  $T = 550\text{ K}$

no mislan da su to u interakciji  
poduzeti mi (ssou) je samoglasnik

pa moramo oni kvadratu jednodu rešiti  
da dobijemo koncentracije

32AD

pn-diode,  $N_A = 10^{17}$ ,  $N_D = 5 \cdot 10^5$ ,  $T = 300\text{K}$ ,

$$\mu_p = \dots \quad \mu_n = \dots \quad \tau_1 = \tau_n = 0.5 \mu s$$


Zadno.

ovo u Zagradi nije pisalo

ovaj osto instrano (budući  
da je na graf prikazano  
a diodu) u spoju najmanje

a) Kolik je napon spoja na diodi?

(R) posto su nam zadane konc. veznih i skovstava

$n_0 n_\infty = n_1^2$  da nastane koncentracijska razjeda

$$\rho_{\text{cm}} = \frac{m_1^2}{M_0} \quad (\text{für } m_1 \approx M_0)$$

Sei che ootano pro

i shoristimo formule sa sala baltera

$$P_{no} = P_{on} \exp\left(\frac{U}{T_c}\right)$$

$$\frac{p_{no}}{p_{on}} = \exp(\gamma / \ln)$$

$$\ln \frac{p_0}{p_s} = \frac{U}{aT} \Rightarrow U = aT \ln \frac{p_0}{p_{01}} \quad \text{NAPOR NA DIODI}$$

$$U_T = 25 \text{ mV}$$

b) kolika je struja zasićenja  $I_s$

(11)

$$I_s = I_{sn} + I_{sp} = g S \left( D_n \frac{n_{op}}{W_p} + D_p \frac{p_{on}}{L_p} \right)$$

uzimamo  $\min(L_n, W_p)$   $\min(L_p, W_n)$

← sa SALICA

na grafu vidimo usku p-stranu  $L_n \gg W_p$

a široku n-stranu  $L_p \ll W_n$

magnetski el na p-strani

$$D = U_T \mu \quad \text{sa SALICA}$$

$$\begin{aligned} D_n &= U_T \mu_n \\ D_p &= U_T \mu_p \end{aligned} \quad \text{to smo izračunali}$$

→  $S$  je valjda zadano...

→  $W_p$  sa grafu

→  $p_{on}$  smo odredili pod  $x$

→  $n_{op}$  odredimo iz  $n_{p0} = n_{op} \left( \exp \frac{U}{U_T} \right)$

→ ovo odredimo:  $n_{op} = \frac{n_i^2}{N_A}$

i sada uvrstimo to

sve i dobijemo

struju zasićenja



c) kolika je struja diode?

$R_f$

Schocklyjeva jedn. (nema je na fakultetu)

$$I_D = I_S \left[ \exp\left(\frac{U}{nU_T}\right) - 1 \right]$$

$n=1$  jer je idealna dioda

uvrstimo to sve i dobijemo  $I_D$

d) ako je napon  $U_D = 0.6V$  kolika je  $r_d$ ?

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{U} \frac{dI}{dU}$$

$$\frac{1}{r_d} = \frac{dI}{dU} = \frac{d}{dU} \left( I_S \exp\left(\frac{U}{U_T}\right) - I_S \right)$$

$$= I_S \frac{\exp\left(\frac{U}{U_T}\right)}{U_T} = \frac{I_D + I_S}{U_T} \approx \frac{I_D}{U_T}$$

$$r_d = \frac{U_T}{I_S \exp\left(\frac{U}{U_T}\right)} = \frac{U_T}{I_D + I_S} \approx \frac{U_T}{I_D}$$

$$I_D = I_S \left[ \exp\left(\frac{0.6}{U_T}\right) - 1 \right]$$