

Elektronika

Auditorne vježbe 4

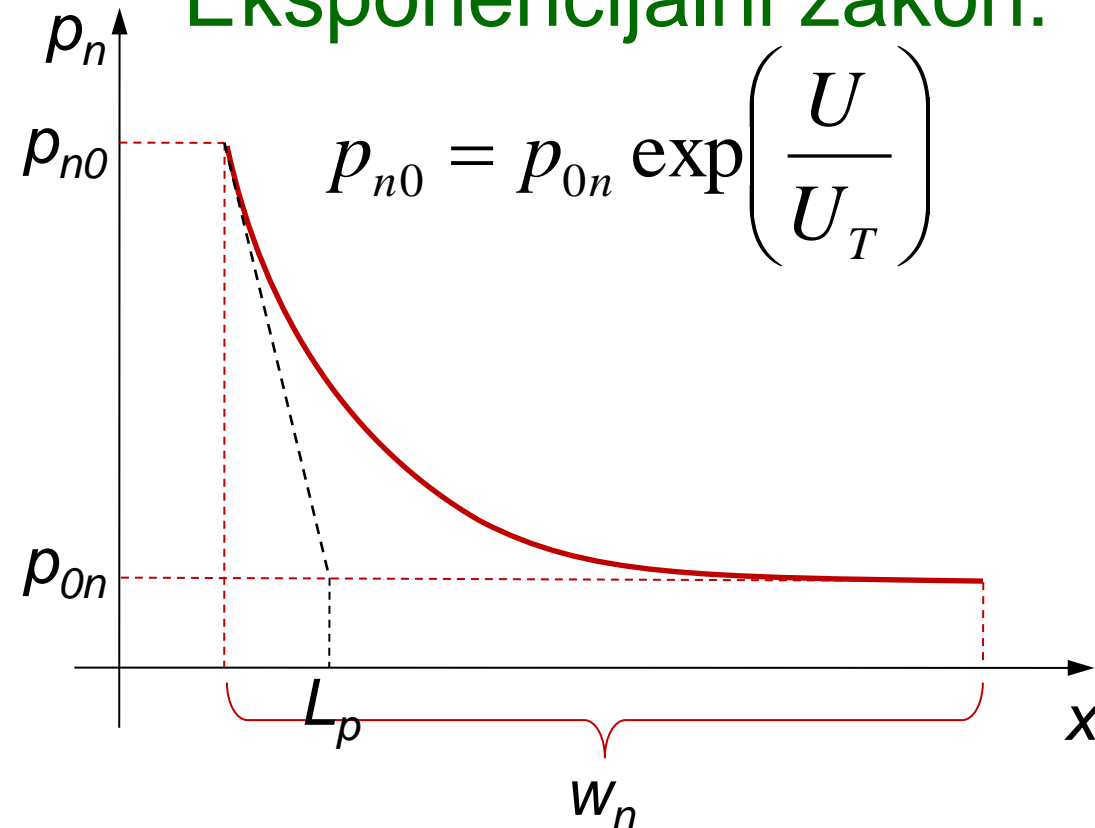
Široka i uska strana pn spoja

- Jednadžba kontinuiteta → gustoća manjinskih nosilaca.
$$p(x) = A \cdot \exp\left(\frac{x}{L_p}\right) + B \cdot \exp\left(-\frac{x}{L_p}\right)$$
- Gustoća manjinskih nosilaca → difuzijska gustoća struje manjinskih nosilaca.
- Dva granična slučaja u razmatranju struje kroz diodu:
 - 1) Široka strana
 - 2) Uska strana

Široka strana pn spoja

- Duljina neutralnog područja je puno veća od difuzijske duljine manjinskih nosilaca.*

Eksponencijalni zakon:



Široka n-strana:

$$W_n \gg L_p$$

$$Q_p = q \cdot S \cdot (p_{n0} - p_{on}) \cdot L_p$$

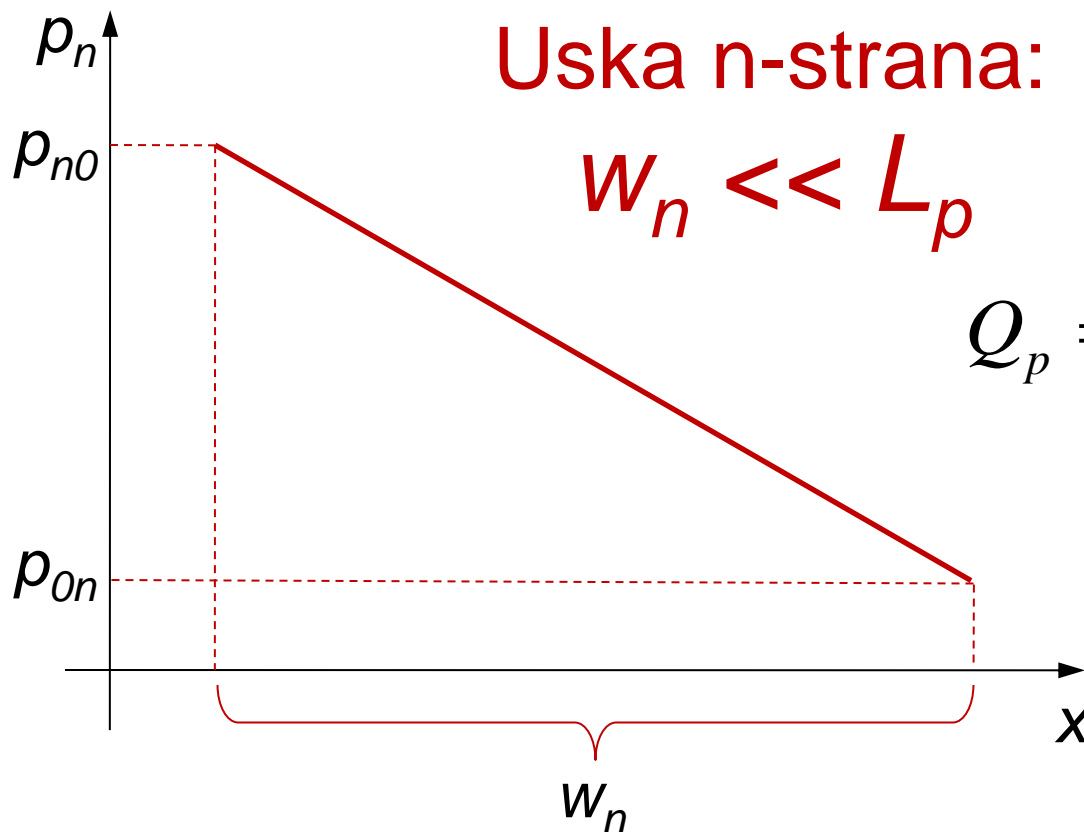
$$I_p = \frac{Q_p}{\tau_p}$$

Široka p-strana:

$$W_p \gg L_n$$

Uska strana pn spoja

- Duljina neutralnog područja je puno manja od difuzijske duljine manjinskih nosilaca.*



Uska n-strana:

$$W_n \ll L_p$$

Uska p-strana:

$$W_p \ll L_n$$

$$Q_p = q \cdot S \cdot (p_{n0} - p_{on}) \cdot \frac{W_n}{2}$$

$$I_p = \frac{Q_p}{t_{pr}} \quad t_{pr} = \frac{W_n^2}{2 \cdot D_p}$$

Zadatak 13.

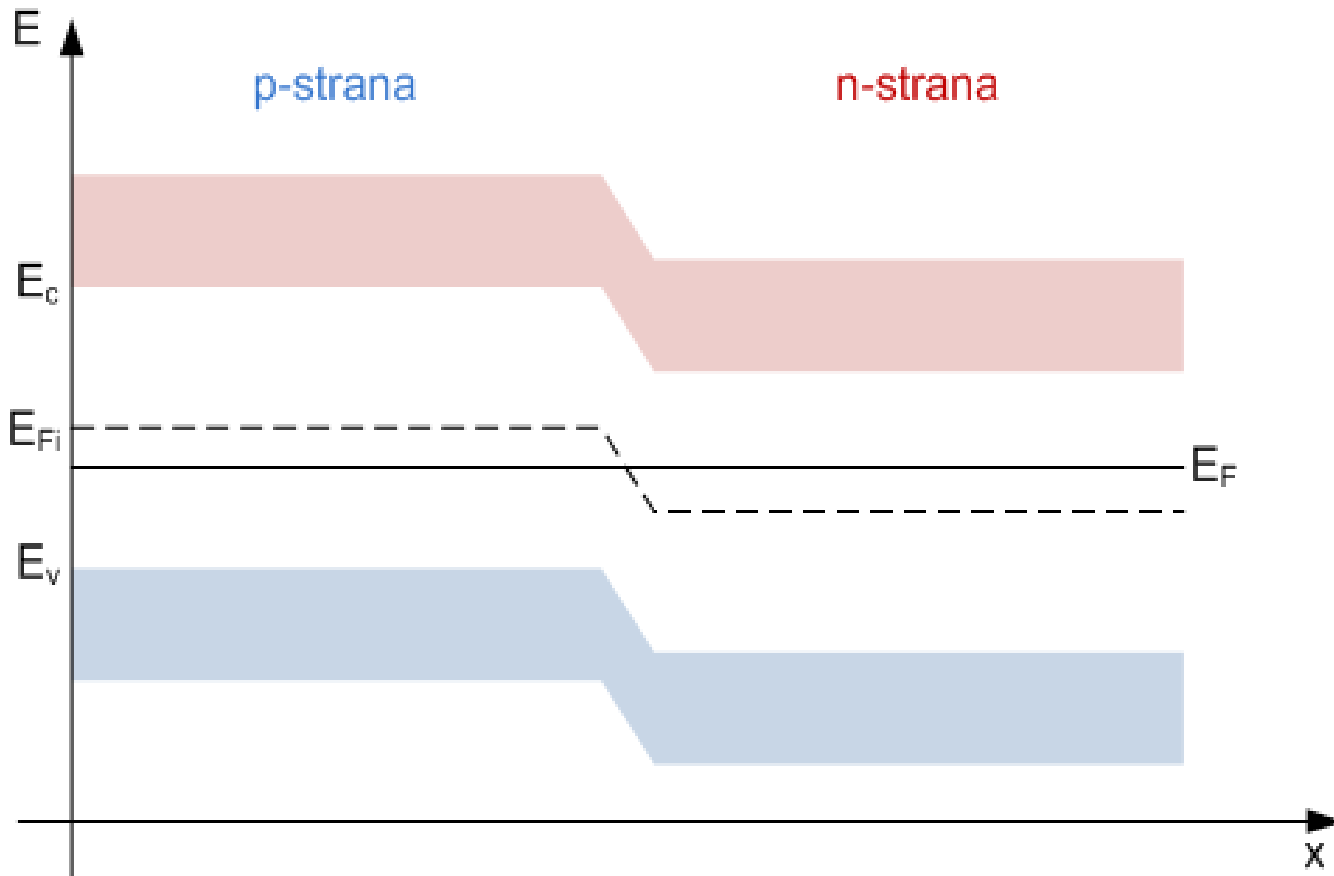
- Gustoća donora na n-strani silicijske diode iznosi $N_D=10^{16} \text{ cm}^{-3}$, a gustoća šupljina na n-strani neposredno uz barijeru je $p_{n0}=2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$. Vrijeme života šupljina na n-strani je $\tau_p=1 \text{ } \mu\text{s}$, temperatura $T=300 \text{ K}$, a površina poprečnog presjeka $S=2 \text{ mm}^2$. Izračunati:
 - a) Napon priključen na diodu.
 - b) Akumulirani naboj šupljina na širokoj n-strani.
 - c) Ukupnu struju šupljina.

Zadatak riješiti i za usku stranu ako je $w_n=2 \text{ } \mu\text{m}$.

✓ Rješenje:

- a) $U=0,613 \text{ V}$;
- b) $Q_p=2,11 \text{ nC}$ (široka); $\cdot Q_p=64,1 \text{ pC}$ (uska);
- c) $I_p=2,11 \text{ mA}$ (široka); $I_p=34,78 \text{ mA}$ (uska).

Energijski dijagram p-n spoja



- Barijera postoji samo za većinske nosioce!!!

U-I karakteristika poluvodičke diode

- Shockleyjeva jednadžba:
$$I = I_s \left[\exp\left(\frac{U}{U_T}\right) - 1 \right]$$



Reverzna struja zasićenja

- Struja kroz diodu kod nepropusne polarizacije.
- **Struja manjinskih nosilaca.**
- Za diodu sa širokim stranama:

$$I_s = q \cdot S \cdot n_i^2 \cdot \left(\frac{D_n}{L_n \cdot N_A} + \frac{D_p}{L_p \cdot N_D} \right)$$

Zadatak 14.

- Silicijska dioda sa širokim stranama ima gustoću primjesa: $N_A=10^{17} \text{ cm}^{-3}$, $N_D=10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Koliki je napon potrebno priključiti na diodu pri $T=300 \text{ K}$ da bi kroz nju tekla struja 10^{10} puta veća od struje I_s ? Koliki je iznos te struje ako je $S=2 \text{ mm}^2$?

✓ Rješenje:

$$U=0,595 \text{ V};$$

$$I_s=4,12 \cdot 10^{-14} \text{ A}.$$

Zadatak 15. (DR)

- Silicijska dioda sa širokim stranama ima gustoću primjesa: $N_A=7,44 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, $N_D=1,31 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Vremena života manjinskih nosilaca iznose $\tau_n=50 \text{ }\mu\text{s}$ i $\tau_p=10 \text{ }\mu\text{s}$. Površina pn spoja je $S=2 \text{ mm}^2$, a $T=300 \text{ K}$. Izračunati:
 - a) Reverznu struju zasićenja diode.
 - b) Reverzni napon pri kojem reverzna struja ima iznos 90 % vrijednosti struje I_s .

✓ Rješenje:

$$I_s=2,54 \cdot 10^{-14} \text{ A};$$

$$U=-59,5 \text{ mV}.$$

Zadatak 16.

- Za dvije silicijske diode sa širokim stranama zadani su podaci:

1) D1: $N_D=10^{17} \text{ cm}^{-3}$, $N_A=1,5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, $S=2 \text{ mm}^2$;

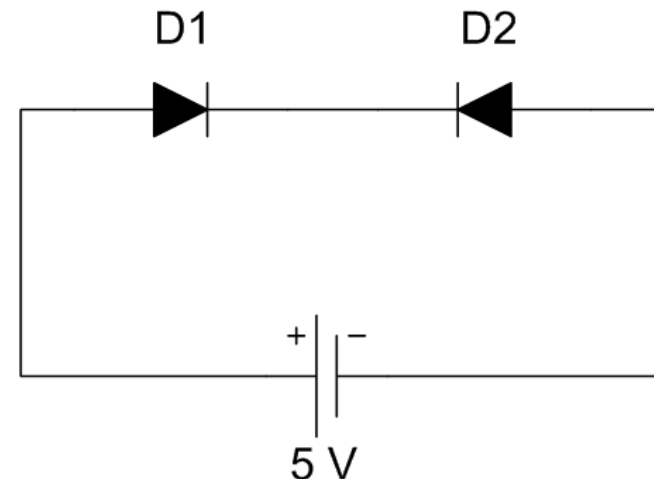
2) D2: $N_D=10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $N_A=2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $S=2,5 \text{ mm}^2$.

Odrediti struju u strujnom krugu prikazanom na slici te napone na diodama U_{D1} i U_{D2} pri $T=300 \text{ K}$.

✓ Rješenje:

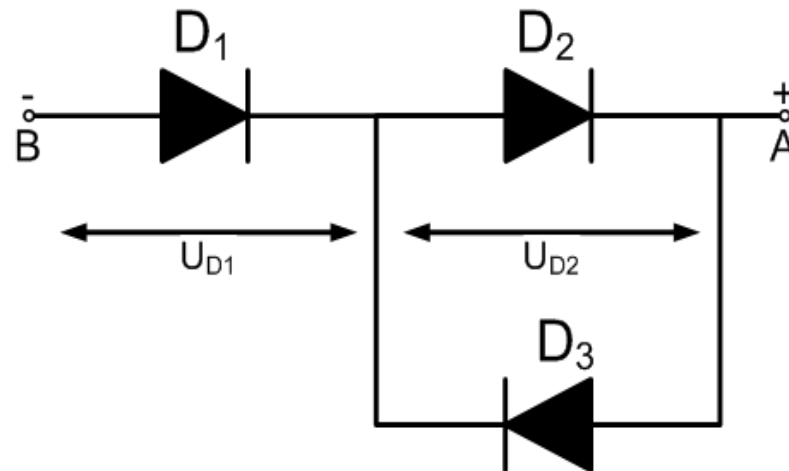
$$I_{s1}=1,62 \cdot 10^{-14} \text{ A}; I_{s2}=8,57 \cdot 10^{-14} \text{ A};$$

$$U_{D1}=47,56 \text{ mV}; U_{D2}=4,95 \text{ V}.$$



Zadatak 17.

- Napon između točaka A i B na kombinaciji triju identičnih dioda (prema slici) iznosi $U_{AB}=38\text{ mV}$, $U_T=25\text{ mV}$. Odrediti napone na diodama U_{D1} i U_{D2} .



✓ Rješenje:

$$U_{D1}=29,5\text{ mV}$$

$$U_{D2}=8,5\text{ mV}$$