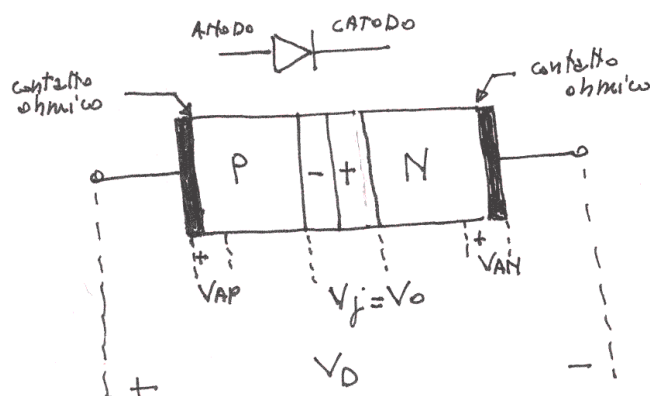


Esercizio su polarizzazione diretta e inversa di un diodo 1/4

- Calcolare il valore del potenziale di contatto V_0 della giunzione di un diodo al silicio con $N_D = 5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, $N_A = 3 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ a 300°K .
- Valutare il funzionamento della giunzione quando vengono applicati anodo e catodo
- Valutare il funzionamento della giunzione quando viene applicata tra anodo e catodo una tensione $V_D = 0,7 \text{V}$ (polarizzazione diretta)
- Valutare il funzionamento della giunzione quando viene applicata tra anodo e catodo una tensione $V_D = -0,7 \text{V}$ (polarizzazione inversa)

SOLUZIONE

Si considera un diodo con la seguente struttura



V_j : tensione applicata agli estremi della giunzione

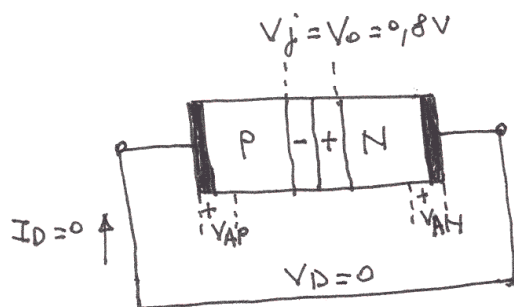
$$V_0 = V_T \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}$$

I contatti metallo-semiconduttore (contatti ohmici) realizzati in modo da non essere rettificanti. Il potenziale di contatto su queste giunzioni è costante, indipendente dalla direzione e dall'intensità della corrente. Questi potenziali sono indicati con V_{AP} e V_{AN} .

2) Il potenziale di contatto della giunzione PN risulta

$$V_0 = V_T \cdot \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2} = 0,025 \ln \frac{5 \cdot 10^{17} \cdot 3 \cdot 10^{15}}{(1,45 \cdot 10^{10})^2} \approx 0,8 \text{ V}$$

b)



I_D deve essere nulla altrimenti si produrrebbe energia termica che riscalderebbe le parti metalliche del circuito (effetto Joule)

Ricordando che $I_D = 0$ significa corrente di deriva uguale e contraria a quella di diffusione si deve avere agli estremi della giunzione una tensione $V_j = V_0 = 0,8 V$. Questa non può essere l'unica tensione del circuito in quanto si avrebbe circolazione di corrente. Infatti le due tensioni di contatto semiconduttore metallo (V_{AP} e V_{AN}) * compensano quella della giunzione PN. secondo la relazione (2° p. di Kirchhoff)

$$-V_j + V_{AN} + V_{AP} = 0 \quad \text{da cui} \quad \boxed{V_{AP} + V_{AN} = V_j = V_0}$$

in questo esempio si ha $V_{AP} + V_{AN} = 0,8 V$

La spessore dello RCS risulta:

$$\boxed{W_{dep} = \sqrt{\frac{2\epsilon_s}{q} \left(\frac{1}{N_D} + \frac{1}{N_A} \right) V_0} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,04 \cdot 10^{-12}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \left(\frac{1}{5 \cdot 10^{17}} + \frac{1}{3 \cdot 10^{15}} \right) \cdot 0,8}} \\ = 59 \mu$$

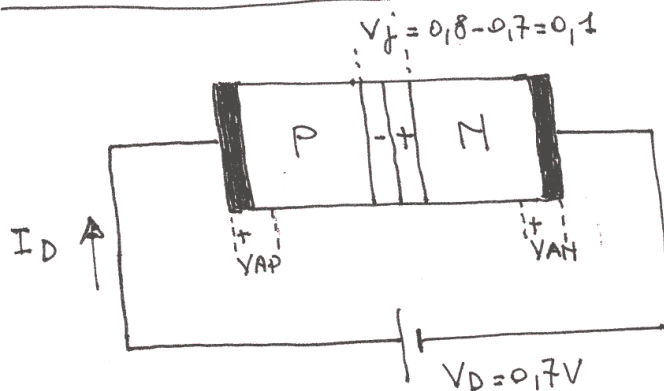
$$\boxed{x_p = \frac{W_{dep}}{1 + \frac{N_A}{N_D}} = \frac{59 \cdot 10^{-6}}{1 + \frac{3 \cdot 10^{15}}{5 \cdot 10^{17}}} \approx 58,65 \mu}$$

$$\boxed{x_n = \frac{W_{dep}}{1 + \frac{N_D}{N_A}} = \frac{59 \cdot 10^{-6}}{1 + \frac{5 \cdot 10^{17}}{3 \cdot 10^{15}}} \approx 0,35 \mu}$$

* NB. IL VERSO INDICATO PER QUESTE DUE TENSIONI E' QUELLO RITENUTO (IN QUESTO ESERCIZIO) COME, CONVENZIONALMENTE, POSITIVO - NON SI FA ALCUNA IPOTESI SUL VALORE E VERSO DI OGNAUNA - SI RITENE COMunque CHE QUESTE DUE TENSIONI SIANO COSTANTI INDIPENDENTEMENTE DALLA DIREZIONE E DALL'INTENSITA' DELLA CORRENTE CHE ATTRAVERSA I CONTATTI (CONTATTI OHMICI)

c) polarizzazione shunt $V_D > 0$

3/4



2° p. di K.

$$-V_j + V_{AN} - V_D + V_{AP} = 0$$

$$V_j = (V_{AN} + V_{AP}) - V_D = V_0 - V_D \quad \text{dato che } V_{AN} + V_{AP} = V_0$$

$V_j = V_0 - V_D < V_0$ PREVALE LA CORRENTE DI DIFFUSIONE, DOVUTA ALLE CARICHE DI MAGGIORANZA, RISPETTO A QUELLA DI DERIVA

$$V_j = 0,8 - 0,7 = 0,1V$$

$$W_{dep} = \sqrt{\frac{2 \epsilon_s}{q} \left(\frac{1}{N_D} + \frac{1}{N_A} \right) (V_0 - V_D)} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,04 \cdot 10^{-12}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot \left(\frac{1}{5 \cdot 10^{17}} + \frac{1}{3 \cdot 10^{15}} \right) 0,1}$$

$$\approx 21 \mu$$

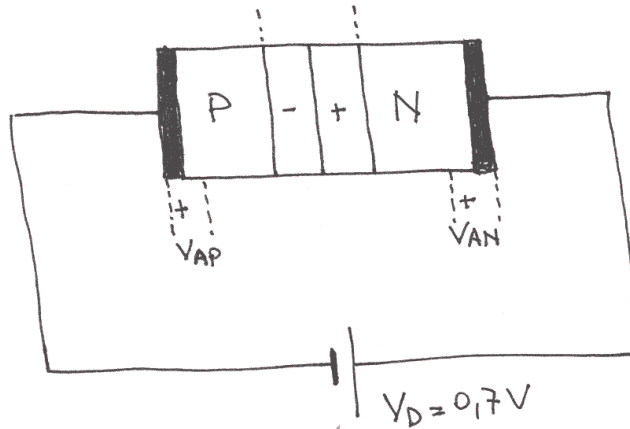
$$x_p = \frac{W_{dep}}{1 + \frac{N_A}{N_D}} = \frac{21 \cdot 10^{-6}}{1 + \frac{3 \cdot 10^{15}}{5 \cdot 10^{17}}} = 20,875 \mu$$

$$x_n = \frac{W_{dep}}{1 + \frac{N_D}{N_A}} = \frac{21 \cdot 10^{-6}}{1 + \frac{5 \cdot 10^{17}}{3 \cdot 10^{15}}} = 0,125 \mu$$

d) polarizzazione inversa $V_D < 0$

4/4

$$V_j = 0,8 + 0,7 = 1,5V$$



2° p. di K

$$-V_j + V_{AN} + V_D + V_{AP} = 0$$

$$V_j = (V_{AN} + V_{AP}) + V_D$$

$$= V_0 + V_D$$

$$V_j = V_0 + V_D > V_0$$

PREVALE LA CORRENTE DI DERIVA,
DOVUTA ALLE CARICHE DI MINORANZA,
RISPETTO A QUELLA DI DIFFUSIONE

$$V_j = 0,8 + 0,7 = 1,5V$$

$$W_{dep} = \sqrt{\frac{2\epsilon_s}{q} \left(\frac{1}{N_D} + \frac{1}{N_A} \right) (V_0 + V_D)} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,04 \cdot 10^{-12}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \left(\frac{1}{5 \cdot 10^{17}} + \frac{1}{3 \cdot 10^{15}} \right) 1,5}$$

$$\approx 81 \mu$$

$$x_p = \frac{W_{dep}}{1 + \frac{N_A}{N_D}} = \frac{81 \cdot 10^{-6}}{1 + \frac{3 \cdot 10^{15}}{5 \cdot 10^{17}}} = 80,52 \mu$$

$$x_n = \frac{W_{dep}}{1 + \frac{N_D}{N_A}} = \frac{81 \cdot 10^{-6}}{1 + \frac{5 \cdot 10^{17}}{3 \cdot 10^{15}}} = 0,48 \mu$$