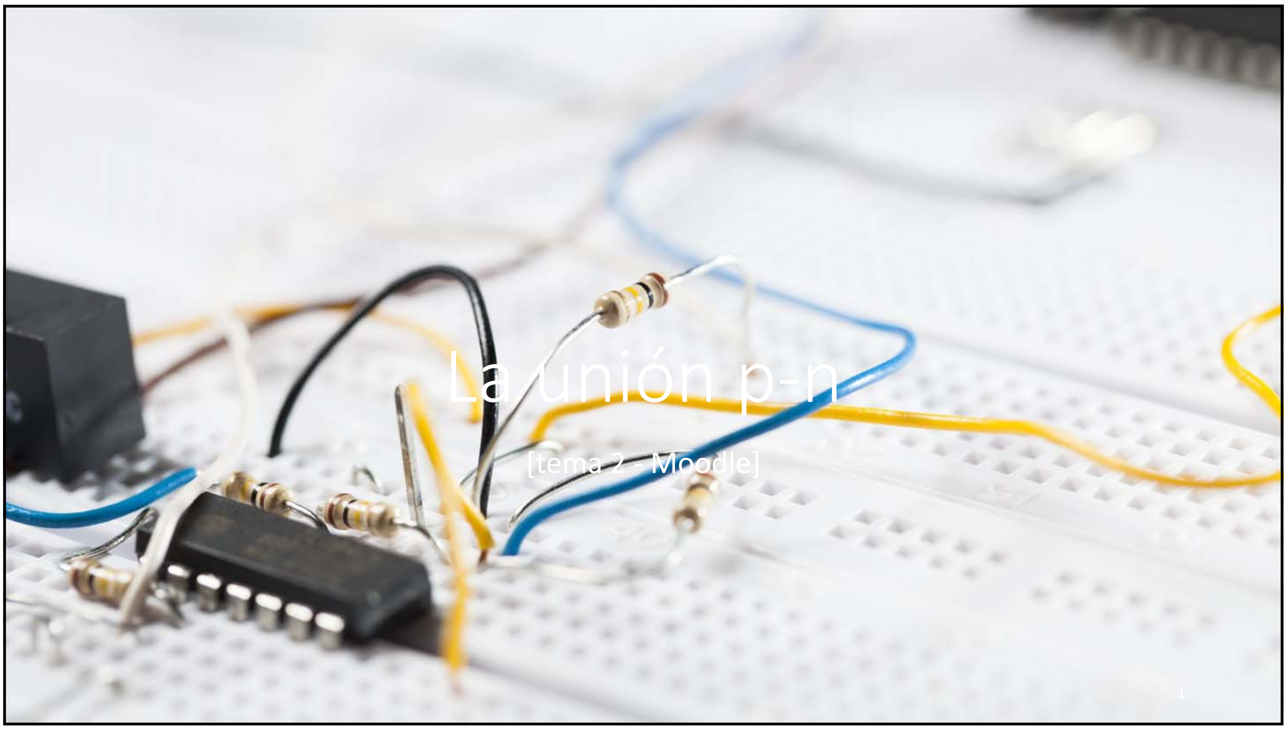


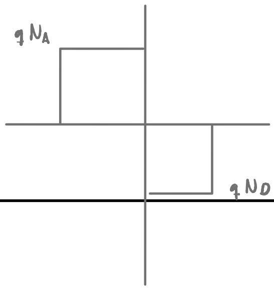
1

1. INTRODUCCIÓN

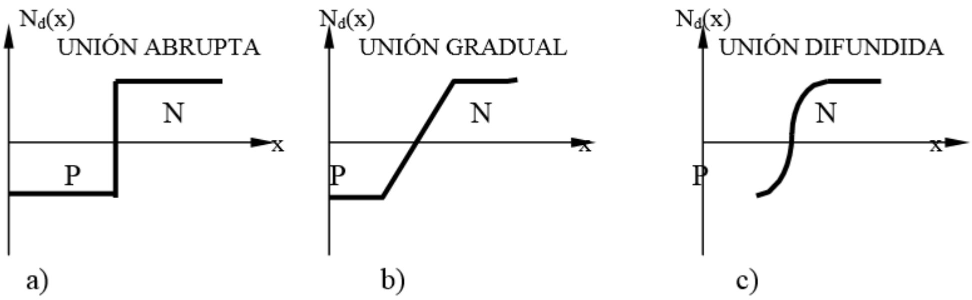
- Se dice que en una pastilla semiconductora existe una unión p -n cuando la concentración neta de impurezas, definida como Nd (x) = ND (x) - NA (x) , es positiva en una parte de dicha pastilla (zona n) y negativa en la otra (zona p).
- Se aprecia un perfil de impurezas donadoras y aceptoras, ND(x) y NA (x).

2

2



La unión p-n



3

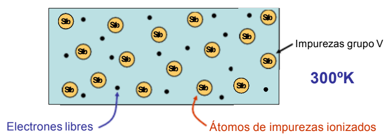
3

TEMA 1.3. SEMICONDUCTORES EXTRÍNSECOS

Tipo N :

- Impurezas DONADORAS del grupo V de la tabla periódica.
- Con muy poca energía se ionizan (pierden un electrón.

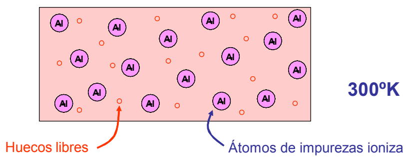
Los portadores mayoritarios de carga en un semiconductor tipo N son **Electrones libres**



Tipo P

- Impurezas ACEPTORAS del grupo III de la tabla periódica
- a T=300ºK todos los átomos de impureza han captado un electrón.

Los portadores mayoritarios de carga en un semiconductor tipo P son **Huecos: *Actúan como portadores de carga positiva.***



4

Tema 1.10 DENSIDADES DE CARGA EN UN S/C EXTRINSECO

Leyes de acción de masas y de cuasi-neutralidad eléctrica.

$n \times p = n_i^2$ $\qquad$ $N_A + n = N_D + p$

N_A: dens. impurezas aceptoras
N_D: dens. impurezas donadoras

- Semiconductor intrínseco:

$$N_A = N_D = 0 \rightarrow p = n = n_i$$

- Semiconductor tipo N

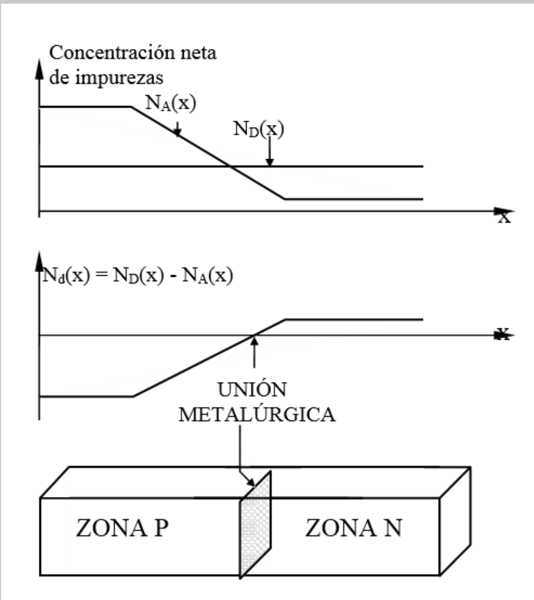
$$N_A = 0; \quad n \approx N_D \rightarrow \quad p \approx \frac{n_i^2}{N_D}$$

- Semiconductor tipo P

$$N_D = 0; \quad p \approx N_A \rightarrow \quad n \approx \frac{n_i^2}{N_A}$$

5

5

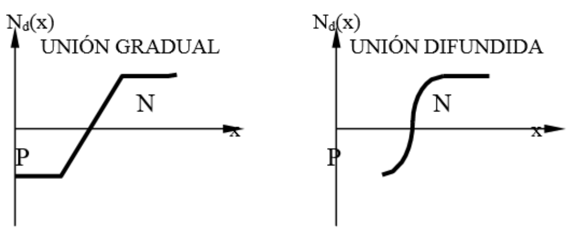


- Semiconductor tipo N

$$N_A = 0; \quad n \approx N_D \rightarrow \quad p \approx \frac{n_i^2}{N_D}$$

- Semiconductor tipo P

$$N_D = 0; \quad p \approx N_A \rightarrow \quad n \approx \frac{n_i^2}{N_A}$$

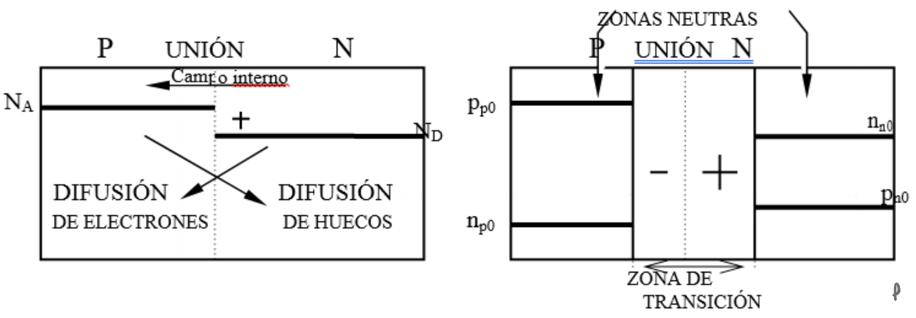


b) $\qquad$ c)

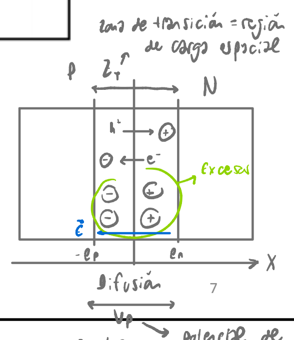
6

6

2.2.2.1.- Distribución de portadores en equilibrio



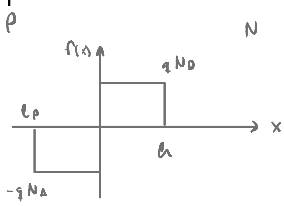
$n_{n0} = N_D$		$p_{n0} = n_{i2}/N_D$	(2.1. a)
$p_{p0} = N_A$		$n_{p0} = n_{i2}/N_A$	(2.1. b)

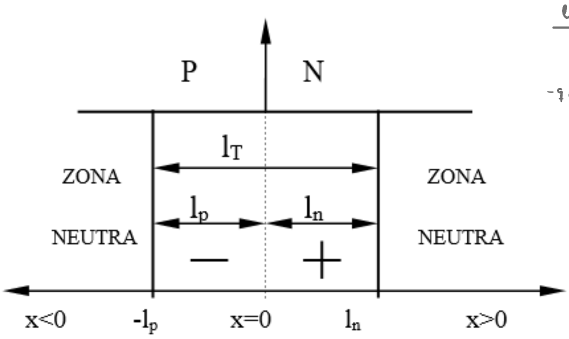


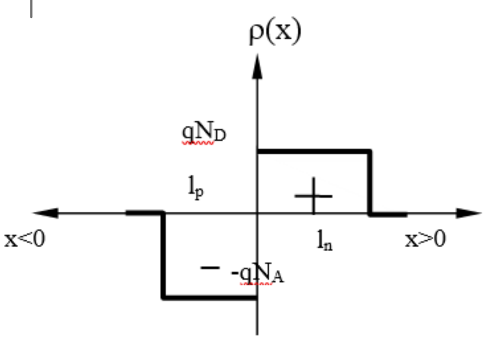
$N_A \neq N_D \rightarrow D_p \neq D_n$

el campo arrastra y se crea un estado estacionario

2.2.2.2.- Distribución de campo y potencial eléctricos en equilibrio.







Siendo ρ(x) la densidad de carga

2.2.2.2.- Distribución de campo y potencial eléctricos en equilibrio.

$$\frac{1}{\varepsilon}\int \rho(x)\,dx = \frac{1}{\varepsilon}\int_0^{l_n} qN_D\,dx = \frac{qN_D}{\varepsilon}x + K_1 \rightarrow -\frac{1}{\varepsilon}qN_A x - \frac{1}{\varepsilon}qN_A l_p \qquad -l_p \le x \le 0$$

$$\frac{1}{\varepsilon}\int \rho(x)\,dx = \frac{1}{\varepsilon}\int_{-l_p}^{0} -qN_A\,dx = \frac{-qN_A}{\varepsilon}x + K_2 \rightarrow \frac{1}{\varepsilon}qN_D x - \frac{1}{\varepsilon}qN_D l_n \qquad 0 \le x \le l_n$$

$$E(x) = \int \frac{\rho(x)}{\varepsilon}dx$$

$$\boxed{\begin{array}{lll} E(x) = -(1/\in)\cdot q\cdot N_A\cdot x + K_1 & \text{si} & -l_p \le x \le 0 \\ E(x) = (1/\in)\cdot q\cdot N_D\cdot x + K_2 & \text{si} & 0 \le x \le l_n \end{array}}$$

$$E(x=-l_p) = -(1/\in)\cdot q\cdot N_A\cdot(-l_p) + K_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad K_1 = -(1/\in)\cdot q\cdot N_A\cdot l_p$$

$$E(x=l_n) = (1/\in)\cdot q\cdot N_D\cdot(l_n) + K_2 = 0 \Rightarrow \quad K_2 = -(1/\in)\cdot q\cdot N_D\cdot l_n$$

9

9

2.2.2.2.- Distribución de campo y potencial eléctricos en equilibrio.

$$E(x=0) = -(1/\in)\cdot q\cdot N_A\cdot(0 + l_p) = (1/\in)\cdot q\cdot N_D\cdot(0 - l_n)$$

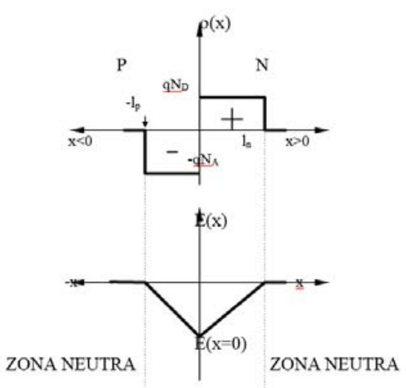
De donde se obtiene:

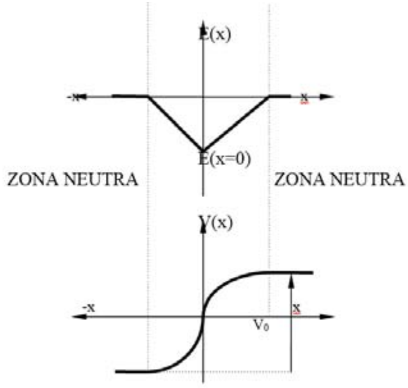
$$\boxed{N_A\cdot l_p = N_D\cdot l_n} \qquad (2.5.)$$

10

10

2.2.2.2.- Distribución de campo y potencial eléctricos en equilibrio.





11

11

2.2.2.2.- Distribución de campo y potencial eléctricos en equilibrio.

$$V(x) = -\int E(x)dx$$

$$\boxed{\begin{array}{ll} V(x) = (1/\in)\cdot q\cdot N_A\cdot(x^2/2 + l_p\cdot x) + K_3 & -l_p \le x \le 0 \\ V(x) = -(1/\in)\cdot q\cdot N_D\cdot(x^2/2 - l_n\cdot x) + K_4 & \text{si} \quad 0 \le x \le l_n \end{array}} \quad (2.6.)$$

12

12

2.2.2.2.- Distribución de campo y potencial eléctricos en equilibrio.

- Para determinar las constantes de integración, K3 y K4, fijamos el punto x=0 como referencia de potencial, esto es hacer V(x=0).
- De esta forma K3 = K4 = 0. Con esta consideración se ha representado la función potencial en la figura 2.5
- En la misma figura se puede apreciar que en las zonas neutras el potencial permanece constante (consecuencia directa de la neutralidad de las mismas y de que el campo sea nulo en ellas).
- La diferencia de potencial entre ambas zonas neutras se denomina potencial de contacto o termodinámico (V0).

13

13

Potencial de contacto de una unión p-n en equilibrio

$$\boxed{V(x_2) - V(x_1) = K\cdot T/q\cdot \ln[p(x_1)/p(x_2)] = K\cdot T/q\cdot \ln[n(x_2)/n(x_1)]} \qquad (2.7.)$$

$$V_0 = \frac{K\bullet T}{q}\bullet\ln\frac{p_{p0}}{p_{n0}} = \frac{K\bullet T}{q}\bullet\ln\frac{n_{n0}}{n_{p0}} = \frac{K\bullet T}{q}\bullet\ln\frac{N_A\bullet N_D}{n_i^2} \qquad (2.8.)$$

$V_0 = V(-l_p) - V(l_n)$

N $n_{n0} = N_D$; $p_{ni} = \frac{n_i^2}{N_D}$ (despreciable)

P $p_{p0} = N_A$; $n_{pi} = \frac{n_i^2}{N_A}$ (despreciable)

14

Potencial de contacto de una unión p-n en equilibrio:

$$\boxed{V_0 = (1/2)\cdot|E(x{=}0)|\cdot(l_n + l_p) = (1/2)\cdot|E(x{=}0)|\cdot l_T} \qquad (2.9.)$$

Es decir que si calculamos el potencial de contacto mediante la expresión (2.8.), al aplicar la ecuación anterior combinada con la (2.5.) podremos determinar la anchura total de la zona de transición (l_T), así como la anchura de la misma por cada uno de los lados de la unión (l_p y l_n):

$$\ell_p+\ell_n = l_T = \frac{2\bullet V_0}{|E(x=0)|} = \frac{2\bullet V_0\bullet \in}{q\bullet N_A\bullet l_p} = \frac{2\bullet V_0\bullet \in}{q\bullet N_D\bullet l_n}$$

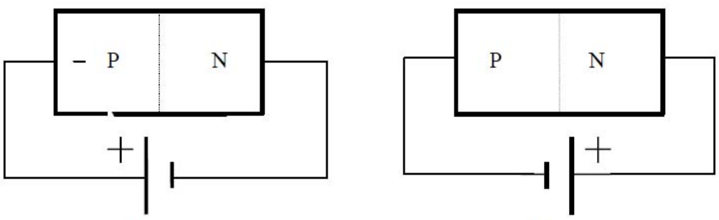
$$N_A\cdot l_p = N_D\cdot l_n = N_D\cdot(l_T\text{-}l_p) = N_A\cdot(l_T\text{-}l_n)$$

De donde se deduce fácilmente que:

$(V-V_0)$

$$\ell_T = \left[\frac{2\bullet \in\bullet(N_A+N_B)}{q\bullet N_A\bullet N_B}\bullet Vo\right]^{1/2} \qquad (2.10)$$

2.3 La unión p-n polarizada



a) b)

Figura F-2.8.a) y b).- Polarización directa e inversa de una unión p-n.

2.3 La unión p-n polarizada

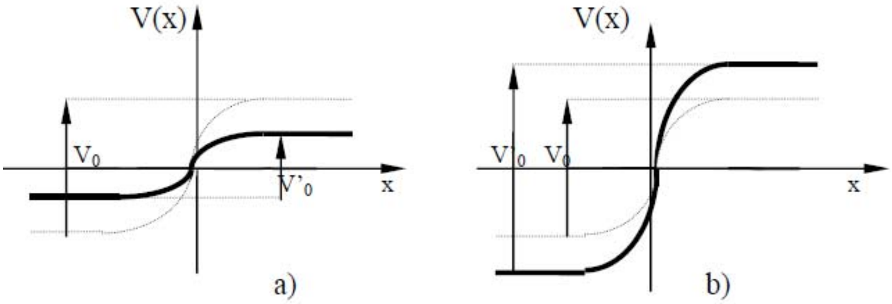


Figura F-2.9.a) y b).- Variación de la barrera de potencial al polarizar la unión p-n en directo e inverso, respectivamente.

17

17

2.3 La unión p-n polarizada

$V'_0 = V_0 - V$

$$\ell_T = \left[\frac{2 \bullet \in \bullet (N_A + N_B)}{q \bullet N_A \bullet N_B} \bullet (Vo - V) \right]^{1/2} \qquad (2.12.)$$

18

18

Tema 2
CSE
-fin-

… / CUESTIONES / DUDAS / …

19