

Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Buenos Aires



# Dispositivos electrónicos

## Unidad N°2: Juntura PN y Diodo

*Autores:*

- Albanesi, Tomas Agustin

*Docentes:*

- Ing. Zuazquita, Ricardo
- Ing. Oreglia, Eduardo

May 14, 2023

## Contents

<b>1</b>	<b>Teoría</b>	<b>3</b>
1.1	Determinacion de capacidad de juntura . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Resumen de fórmulas</b>	<b>4</b>
2.1	Potencial de contacto $\psi_0$ . . . . .	4
2.2	Ancho de juntura $l$ . . . . .	4
2.3	Ancho de juntura Zona P $l_p$ y Zona N $l_n$ . . . . .	4
2.4	Campo electrico maximo $E_0$ . . . . .	4
2.5	Capacidad de juntura $C_j$ . . . . .	4
2.6	Corriente de diodo $I$ . . . . .	5
2.7	Resistencia estatica $R_E$ . . . . .	5
2.8	Resistencia dinamica $r_d$ . . . . .	5
2.9	Rendimiento de emision $\gamma$ . . . . .	5
2.10	Corriente de saturacion inversa $I_s$ . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Ejercicios</b>	<b>7</b>
3.1	Ejercicio 2.1 . . . . .	7

# 1 Teoría

## 1.1 Determinacion de capacidad de juntura

Si se aplica una tension  $V$  a una juntura y se provoca una variacion  $dV$ , las cargas almacenadas en la zona de transicion de la juntura varian en  $dQ$ . Esto implica un efecto capacitivo del diodo.

Se define como la capacidad de transicion, o de carga espacial, o simplemente de juntura a la capacidad que presenta la juntura en esas condiciones y se lo simboliza con  $C_j$ .

Su definicion es la siguiente:

$$C_j = \frac{dQ}{d(\psi_0 - V)} = -\frac{dQ}{dV} \quad (1)$$

Puedo multiplicar y dividir por un diferencial de longitud:

$$C_j = -\frac{dQ}{dV} = -\frac{dQ}{dl} \cdot \frac{dl}{dV} \quad (2)$$

Como ya se tiene la expresion de la longitud de la juntura  $l$  se la puede derivar respecto de la tension, y se obtiene la siguiente ecuacion:

$$\frac{dl}{dV} = -\frac{1}{2} \cdot \left[ \frac{2 \cdot \epsilon}{q_e} \right] \quad (3)$$

## 2 Resumen de fórmulas

### 2.1 Potencial de contacto $\psi_0$

En una juntura PN el potencial de contacto viene dado por la siguiente ecuación:

$$\psi_0 = \frac{k \cdot T}{q_e} \cdot \ln \left( \frac{N_A \cdot N_D}{n_i^2(T)} \right) \quad (4)$$

### 2.2 Ancho de juntura $l$

En una juntura PN el ancho de la juntura se determina con la siguiente ecuación:

$$l = \sqrt{\frac{2 \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0}{q_e} \cdot (\psi_0 - V_D) \cdot \left( \frac{N_A + N_D}{N_A \cdot N_D} \right)} \quad (5)$$

### 2.3 Ancho de juntura Zona P $l_p$ y Zona N $l_n$

En una juntura PN el ancho de la juntura de la zona N se determina con la siguiente ecuación:

$$l_n = l \cdot \frac{N_A}{N_A + N_D} \quad (6)$$

Para determinar el ancho de la otra zona:

$$l_p = l - l_n \quad (7)$$

### 2.4 Campo electrico maximo $E_0$

En una juntura PN el campo electrico se determina con la siguiente ecuación:

$$E_0 = E_{max} = -2 \cdot \frac{\psi_0 - V_D}{l} \quad (8)$$

### 2.5 Capacidad de juntura $C_j$

En una juntura PN la capacidad de juntura se determina con la siguiente ecuación:

$$C_j = \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot A}{l} \quad (9)$$

Y la capacidad de juntura por unidad de area, o capacidad de juntura especifica se determina de la siguiente forma:

$$\frac{C_j}{A} = C'_j = \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0}{l} \quad (10)$$

## 2.6 Corriente de diodo $I$

La corriente del diodo esta determinada por la siguiente ecuacion:

$$I = I_s \cdot \left( e^{\frac{q \cdot V}{k \cdot T}} - 1 \right) \quad (11)$$

Si se define  $V_T = \frac{k \cdot T}{q}$ :

$$I = I_s \cdot \left( e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right) \quad (12)$$

## 2.7 Resistencia estatica $R_E$

La resistencia estatica del diodo esta determinada por la siguiente ecuacion:

$$R_E = \frac{V_{DQ}}{I_{DQ}} \quad (13)$$

## 2.8 Resistencia dinamica $r_d$

La resistencia dinamica del diodo esta determinada por la siguiente ecuacion:

$$r_d = \frac{V_T}{I_{DQ}} = \frac{V_T}{I_s \cdot e^{\frac{V}{V_T}}} \quad (14)$$

## 2.9 Rendimiento de emision $\gamma$

El rendimiento de emision esta determinado por la siguiente ecuacion:

$$\gamma_p = \frac{J_p(0)}{J_p(0) + J_n(0)} \quad (15)$$

$$\gamma_n = \frac{J_n(0)}{J_p(0) + J_n(0)} \quad (16)$$

$$\gamma_n = 1 - \gamma_p \quad (17)$$

Recordando que:

$$J_p(0) = \frac{q \cdot D_p}{L_p} \cdot p_{n_o} \cdot \left( e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right) = \frac{q \cdot D_p}{L_p} \cdot \frac{n_i^2}{N_D} \cdot \left( e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right) \quad (18)$$

$$J_n(0) = \frac{q \cdot D_n}{L_n} \cdot n_{p_o} \cdot \left( e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right) = \frac{q \cdot D_n}{L_n} \cdot \frac{n_i^2}{N_A} \cdot \left( e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right) \quad (19)$$

### 2.10 Corriente de saturacion inversa $I_s$

La corriente de saturacion inversa esta determinada por la siguiente ecuacion:

$$I_s = q \cdot A \cdot \left( \frac{D_p \cdot p_{n0}}{L_p} + \frac{D_n \cdot n_{p0}}{L_n} \right) \quad (20)$$

### 3 Ejercicios

#### 3.1 Ejercicio 2.1

Para una juntura abrupta idealizada de Si a  $T=300K$ , en equilibrio térmico, con  $N_A = 1 \cdot 10^{14} cm^{-3}$  y  $N_D = 5 \cdot 10^{13} cm^{-3}$ , calcular:

- El potencial de contacto.
- El ancho  $l$  de la juntura en la zona de carga espacial.
- Las longitudes  $l_n$  y  $l_p$ .
- El campo eléctrico máximo  $E_{max}$ .
- La capacidad específica de juntura  $C'_{J_0}$ .

- a) La ecuación que permite calcular el potencial de contacto es la siguiente:

$$\psi_0 = \frac{k \cdot T}{q_e} \cdot \ln \left( \frac{N_A \cdot N_D}{n_i^2(T)} \right) \quad (21)$$

Reemplazando los valores del problema:

$$\psi_0 = \frac{1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \cdot 300K}{1.6 \cdot 10^{-19} C} \cdot \ln \left( \frac{1 \cdot 10^{14} cm^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{13} cm^{-3}}{(1.5 \cdot 10^{10} cm^{-3})^2} \right) \quad (22)$$

$$\boxed{\psi_0 \approx 0.459V \approx 459mV} \quad (23)$$

- b) La ecuación que permite calcular el ancho de juntura es la siguiente: