



# Tema 3: COMPONENTES NO LINEALES: DIODOS

M<sup>a</sup> del Carmen Coya Párraga



## Índice:

- 3.1) Introducción a los elementos de circuitos no lineales:
  - Propiedades básicas.
  - Análisis gráfico con un elemento no lineal.
- 3.2) El diodo: introducción a la física del componente.
  - Diodo Zener. Diodo Schottky. Diodo Led. Diodo láser.
- 3.3) Circuito de diodo simple
- 3.4) Modelo del diodo para polarización directa.
- 3.5) Aplicaciones elementales de los diodos.
  - Rectificación.
  - Corte y limitación.
    - Circuito de corte con dos elementos no lineales
    - Rectificadores y limitadores de precisión.



## Introducción a los elementos de circuitos no lineales

☞ Electrónica: basada en dispositivos no lineales ( AO, diodo, transistor).

- La característica v-i no es una recta.
- No puede ser aplicado el Principio de Superposición.
- No podemos obtener el equivalente de Thèvenin para un circuito que contenga uno o más elementos no lineales.

☞ Circuitos con elementos no lineales: no siempre pueden ser resueltos por métodos matemáticos directos:

- Modelos del dispositivo no lineal: zonas de operación lineales (**Modelado por segmentos lineales**).
- **Método gráfico.**



## Introducción a los elementos de circuitos no lineales

### Análisis gráfico de un elemento de circuito no lineal

• Para circuitos con un solo dispositivo no lineal, ya que la LMK y LNK pueden ser difíciles de aplicar debido a la complejidad de las características v-i de dicho componente no lineal.

• Método:

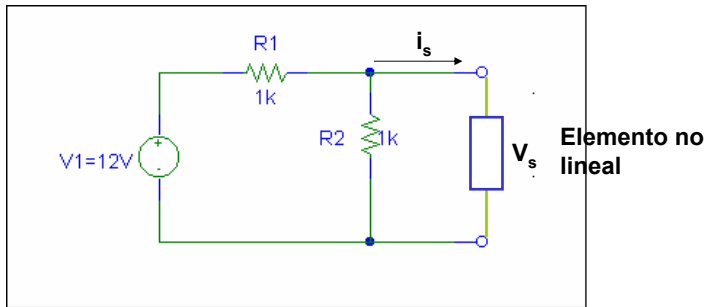
- Encontrar la recta de carga del circuito resistivo.
- Punto de trabajo será la intersección de dicha recta con la característica v-i del dispositivo no lineal.



## Introducción a los elementos de circuitos no lineales

Ejemplo de método gráfico:

Sea un elemento con característica v-i: 
$$i_s = \begin{cases} A(v_s - V_{TR})^2 & v_s \geq V_{TR} \\ 0 & v_s \leq V_{TR} \end{cases}$$

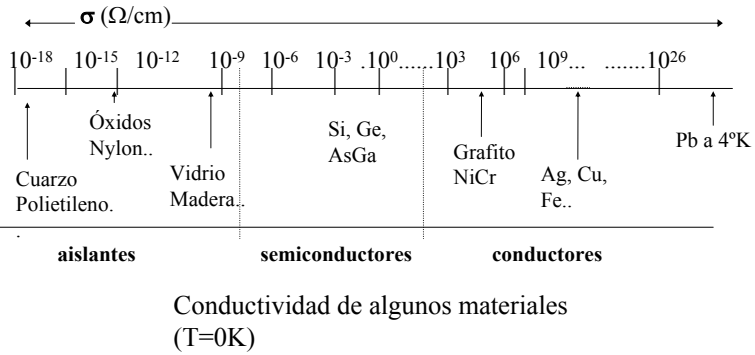


## EL DIODO:

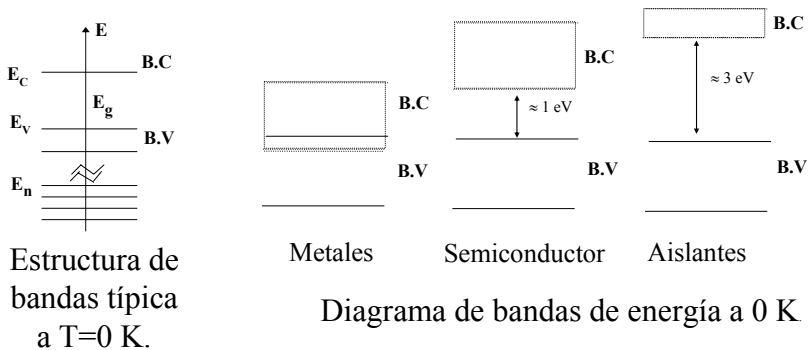
- ☞ Tipos de materiales según  $\sigma$ . Estructura de bandas.
- ☞ Semiconductores intrínsecos y extrínsecos.
- ☞ Procesos de conducción en un semiconductor: tipos de corrientes.
- ☞ La unión PN.
  - Sin polarización externa.
  - Con polarización externa: directa e inversa.
  - Curva característica. Ecuación v-i.



## TIPOS DE MATERIALES EN FUNCIÓN DE LA CONDUCCIÓN ELÉCTRICA



## ESTRUCTURA DE BANDAS





☞ **SEMICONDUCTOR INTRÍNSECO:** Semiconductor en estado puro y perfectamente cristalizado. (Si y Ge con  $E_g = 1,1$  eV y  $0,6$  eV)

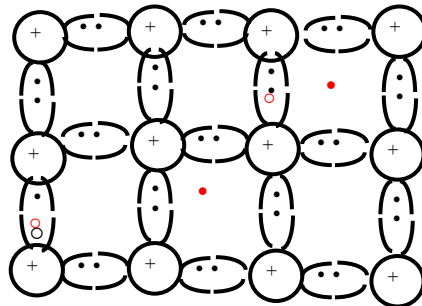
$$n_i = p = n$$

$n_i = f(T, E_g) \Rightarrow$  Inconveniente para aplicaciones prácticas, donde lo que se busca es un comportamiento estable frente a la temperatura  $\Rightarrow$  **SOLUCIÓN: DOPAJE.**

☞ **SEMICONDUCTOR EXTRÍNSECO:** se introducen átomos de diferente valencia, dentro de la red del material semiconductor en estado puro.

Conducción por impurezas. **Tipo p. Tipo n.**

$$N_A + n = N_D + p$$

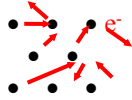


A T baja los enlaces se encuentran saturados. A T ambiente hay electrones libres (●) y los correspondientes huecos (○).

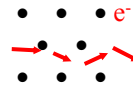


### Procesos de conducción en un semiconductor: tipos de corrientes

☞ Arrastre.



*Movimiento aleatorio de los electrones.*



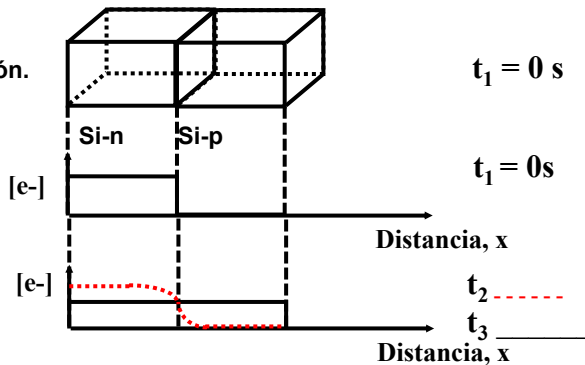
$E_{\text{apli}} \neq 0$

*Movimiento ordenado de los electrones bajo la acción de un campo eléctrico.*



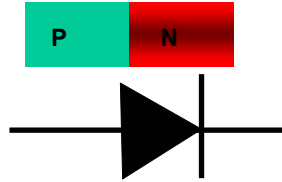
### Procesos de conducción en un semiconductor: tipos de corrientes

☞ Difusión.

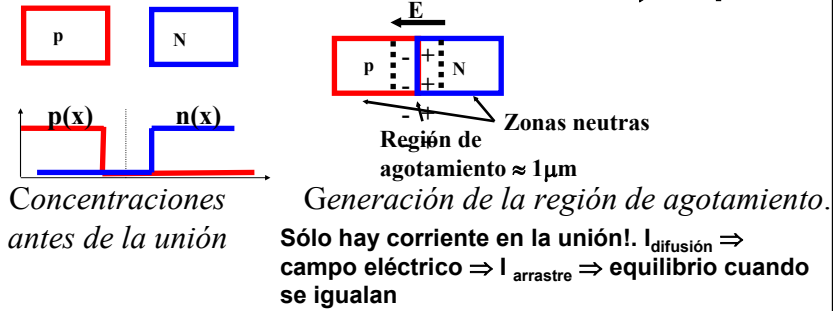


*Esquema de la generación de una corriente de difusión al poner en contacto un semiconductor tipo n y otro tipo p. Se representa la concentración de electrones [e-], frente a la distancia x*

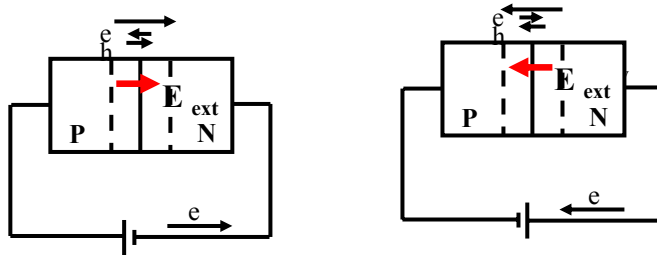
## UNIÓN P-N: DIODOS SEMICONDUCTORES



☞ Unión pn sin polarización externa:



☞ Unión pn con polarización externa.



**Polarización directa**

**Polarización inversa**

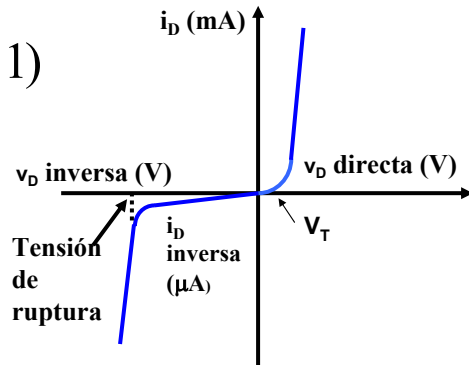
$$\left. \begin{aligned} p_n &= p_{n0} e^{\frac{V_D}{V_T}} \\ n_n &= n_{n0} e^{\frac{V_D}{V_T}} \end{aligned} \right\} \text{Relación de Boltzman que rige la inyección de portadores}$$

$$V_T = \frac{KT}{q} \approx 25 \text{ mV a T ambiente}$$



### Característica voltaje-corriente de la unión PN

$$i_D = I_S (e^{v_D/\eta V_T} - 1)$$



### Característica voltaje-corriente de la unión PN

**$v_D$  voltaje aplicado al diodo**

**$i_D$  corriente del diodo**

**$I_S$  corriente de saturación =  $f(T, \text{concentración de portadores, área de unión...})$**

$10^{-8}$ - $10^{-14}$ : dispositivos discretos de Si;  $10^{-16}$ : en un diodo de C.I.

**$\eta$  coeficiente de emisión**

1 (C.I. o diodos discretos que operan con más de 10 mA)  $\rightarrow$  2  
(diodos discretos de Si que operan hasta 10 mA)

**$V_T$  voltaje umbral** (0.5  $\rightarrow$  0.8 para el Si; 0.2 V para el Ge; 0.9  $\rightarrow$  1 V  
AsGa)





## **DIODOS ESPECIALES**

- ☞ **Diodo Zéner**
- ☞ **Diodo Schottky**
- ☞ **Diodo Led**
- ☞ **Diodo láser**