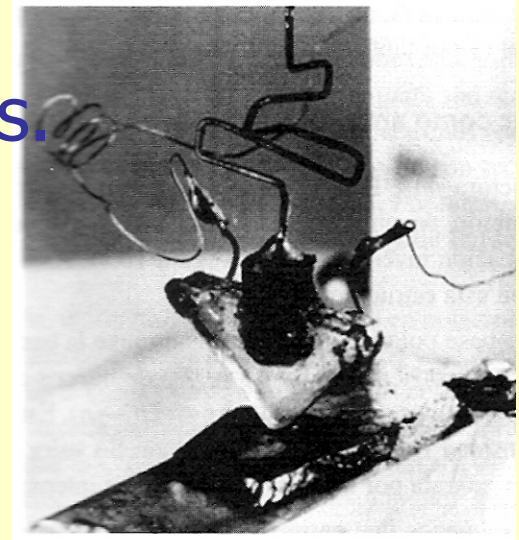


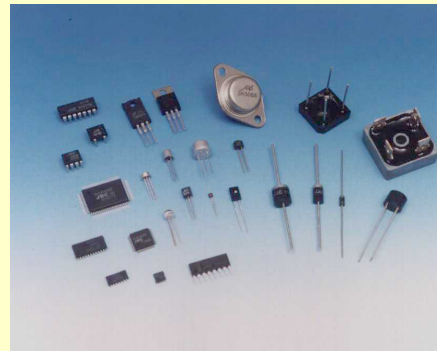
Lección 12: Dispositivos semiconductores.

El diodo.



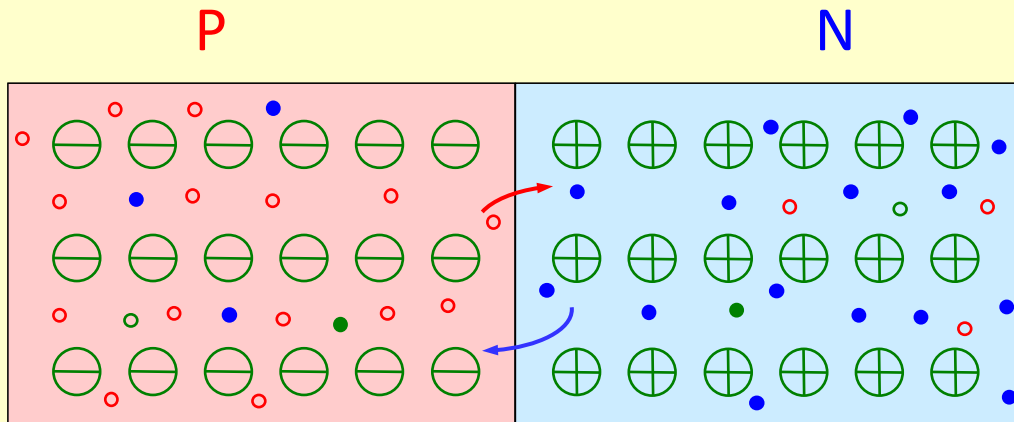
El primer transistor construido hacia Diciembre

- La unión P-N en equilibrio. El diodo.
- Polarización del diodo. Polarización directa e inversa.
- Característica tensión-corriente del diodo. Modelos.
- Aplicaciones.



La unión P-N en equilibrio

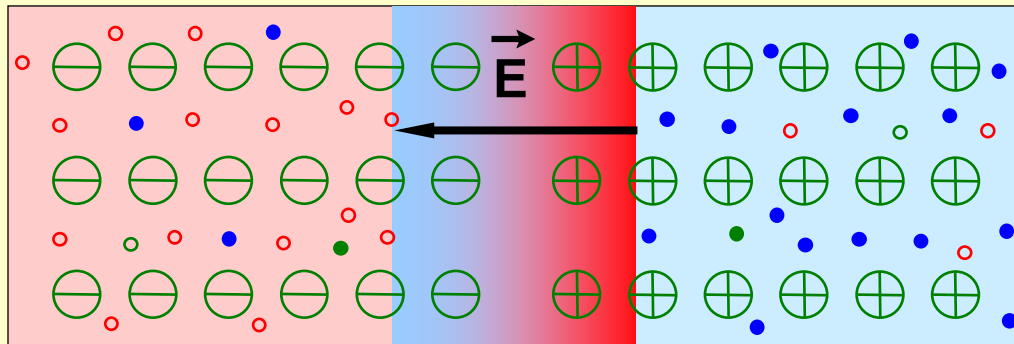
• Electrones ◦ Huecos



300 K

J_{pdif}
 J_{ndif}
 X_p — V_0 + X_n

Corrientes de difusión de portadores mayoritarios



J_{pdrift}
 J_{ndrift}

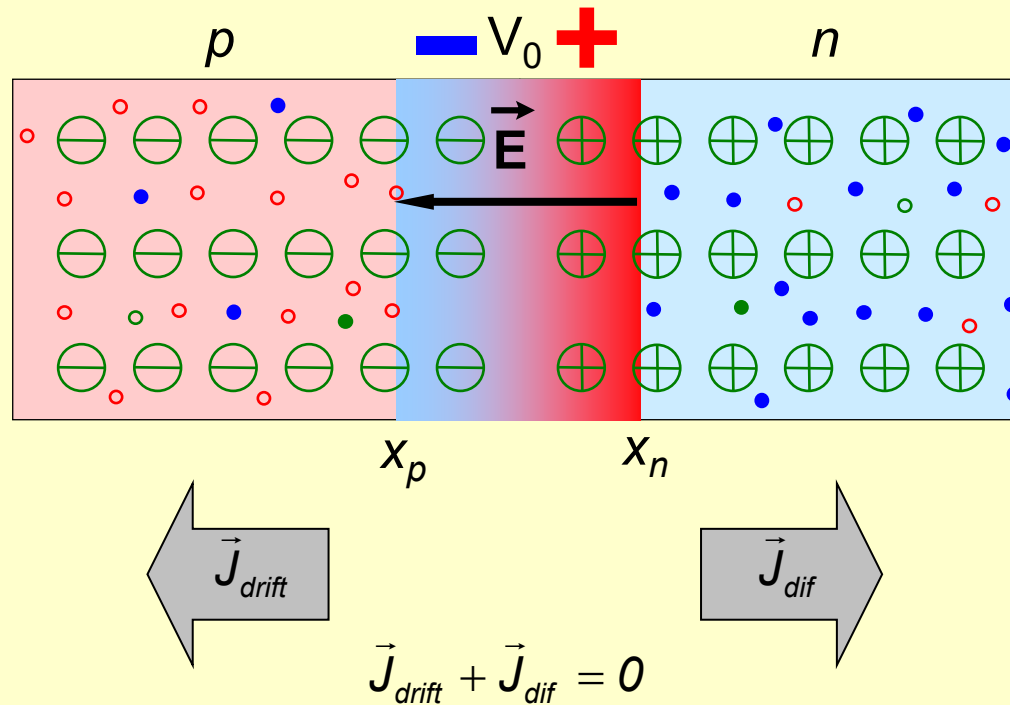
Corrientes de desplazamiento de portadores minoritarios

A temperatura ambiente, huecos de la zona **p** se mueven por **difusión** hacia la zona **n**, y e^- de la zona **n** cruzan a la zona **p** (corrientes de **difusión** de **mayoritarios**).

En la zona de la unión, huecos y e^- se recombinan, apareciendo una **estrecha** zona de **barrera** (sin e^- ni huecos) con una densidad de carga debida a los iones de las impurezas, negativa en la zona **p** y positiva en la **n**.

Entonces aparece un **campo eléctrico**, que crea **corrientes de desplazamiento** de **minoritarios** (e^- de la zona **p** a la **n**, y huecos de la **n** a la **p**), que cancelan las corrientes de difusión.

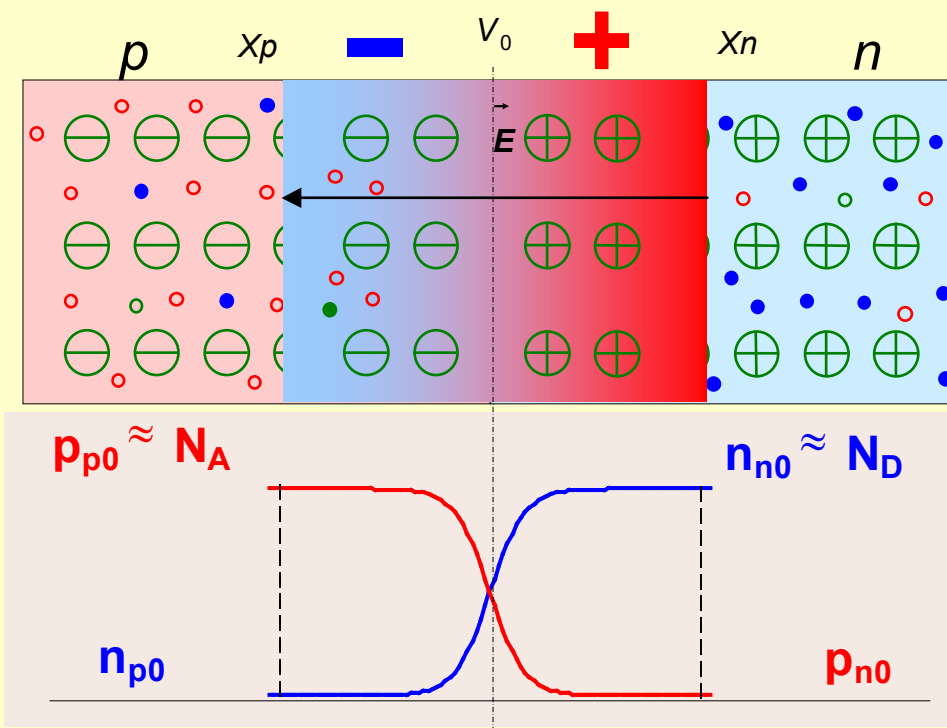
La unión P-N en equilibrio. Unión no polarizada.



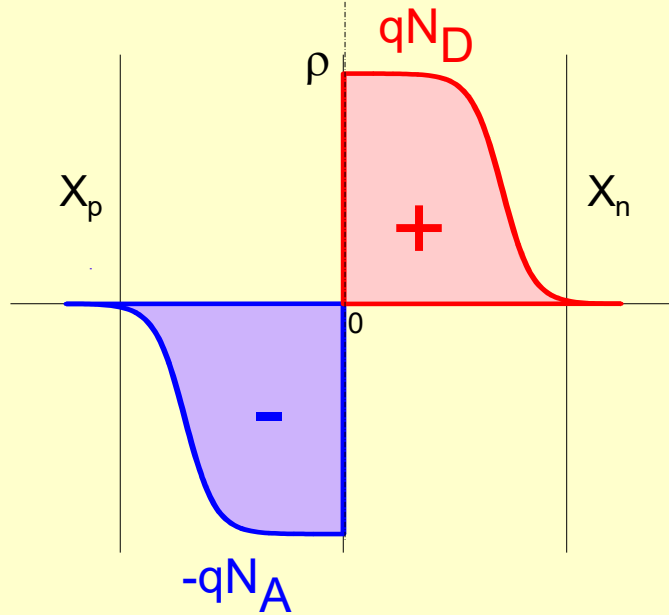
En la unión P-N no polarizada (o en equilibrio), las corrientes de difusión de portadores mayoritarios se cancelan con las corrientes de desplazamiento de portadores minoritarios.

La unión P-N es un DIODO

La unión P-N en equilibrio. Características.

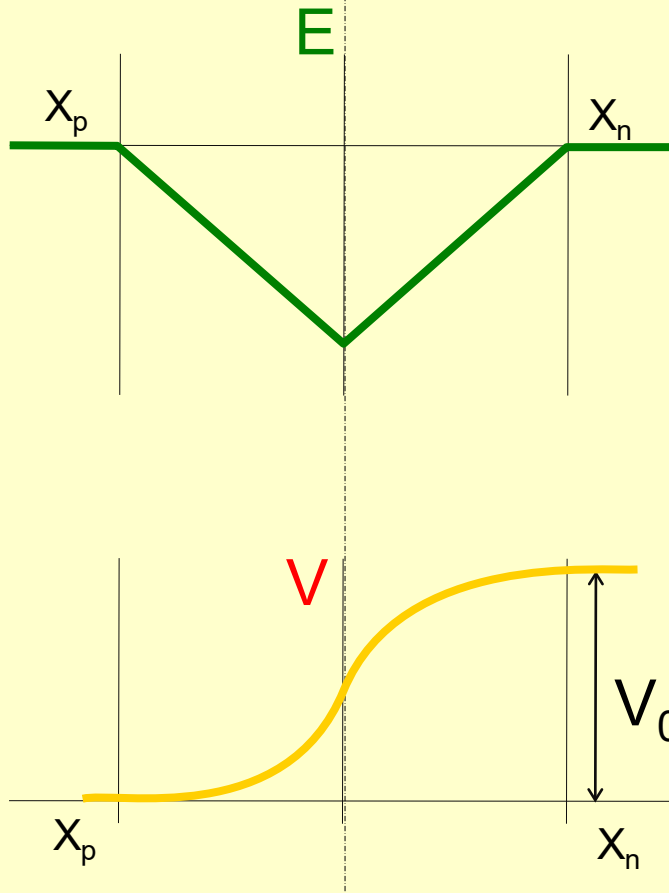
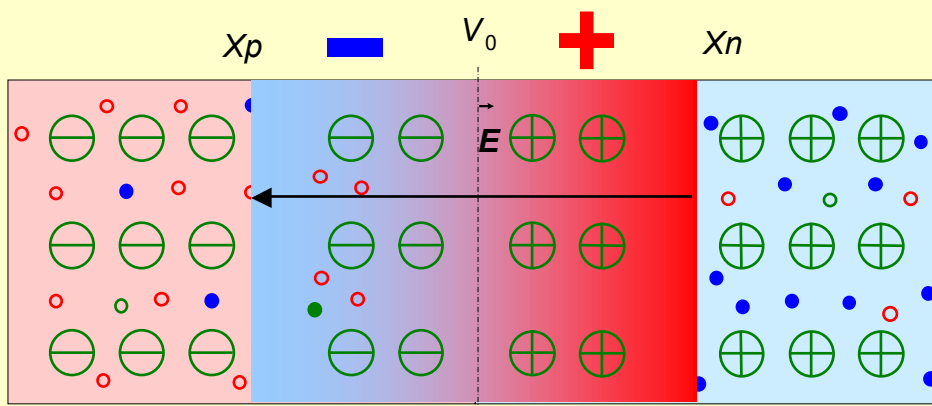


Densidad de distribución de portadores de carga.



Distribución de carga

La unión P-N en equilibrio. Características.



Campo eléctrico en la unión P-N

Diferencia de potencial, conocida como

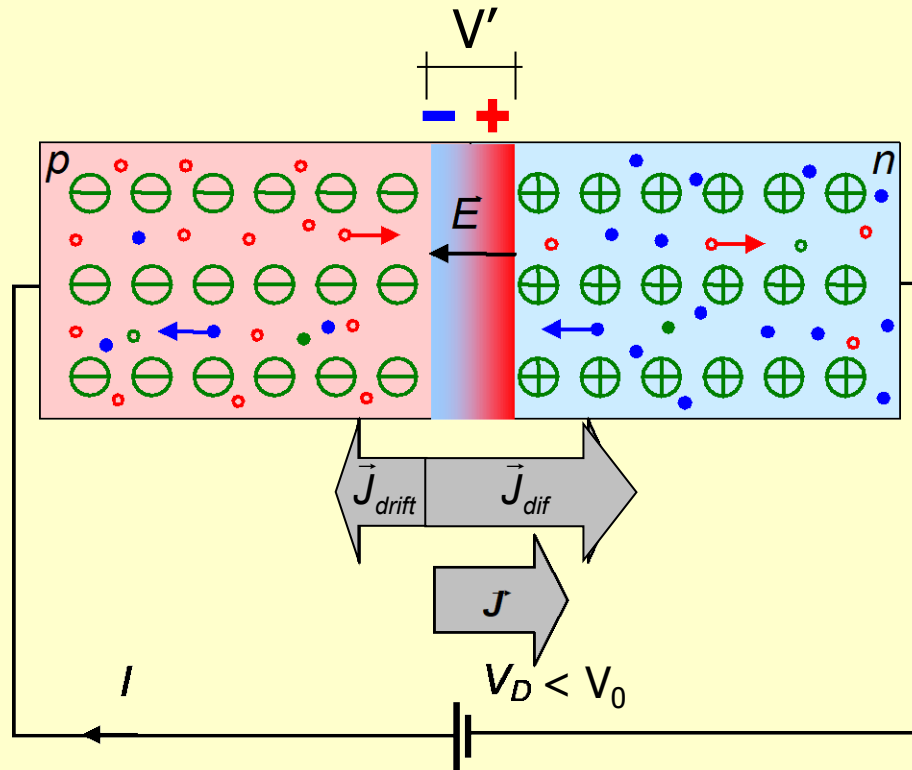
Potencial de contacto

$V_0 = 0.7 \text{ V}$ en diodos de Si

$V_0 = 0.3 \text{ V}$ en diodos de Ge

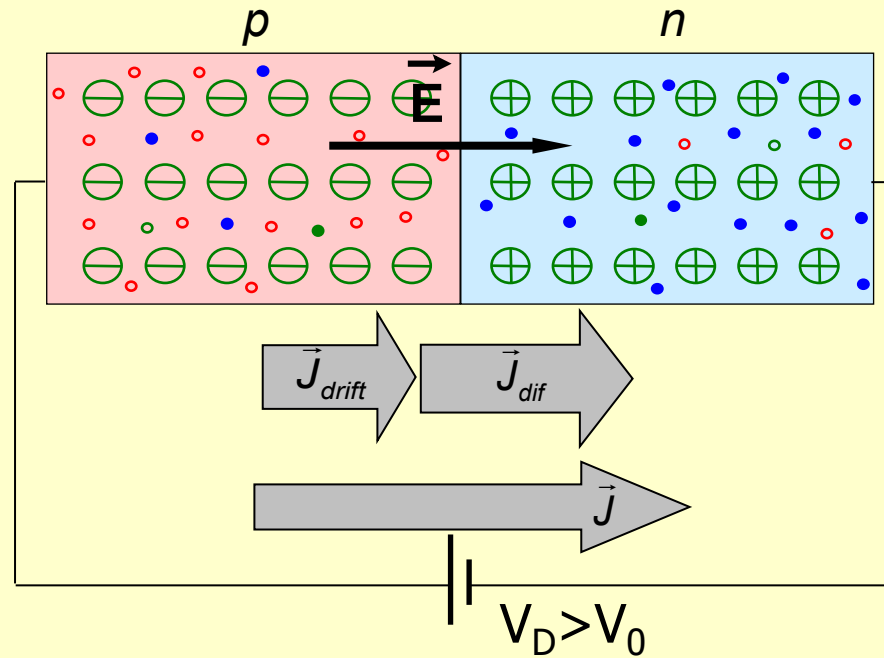
a 20°C

Polarización del diodo. Polarización directa



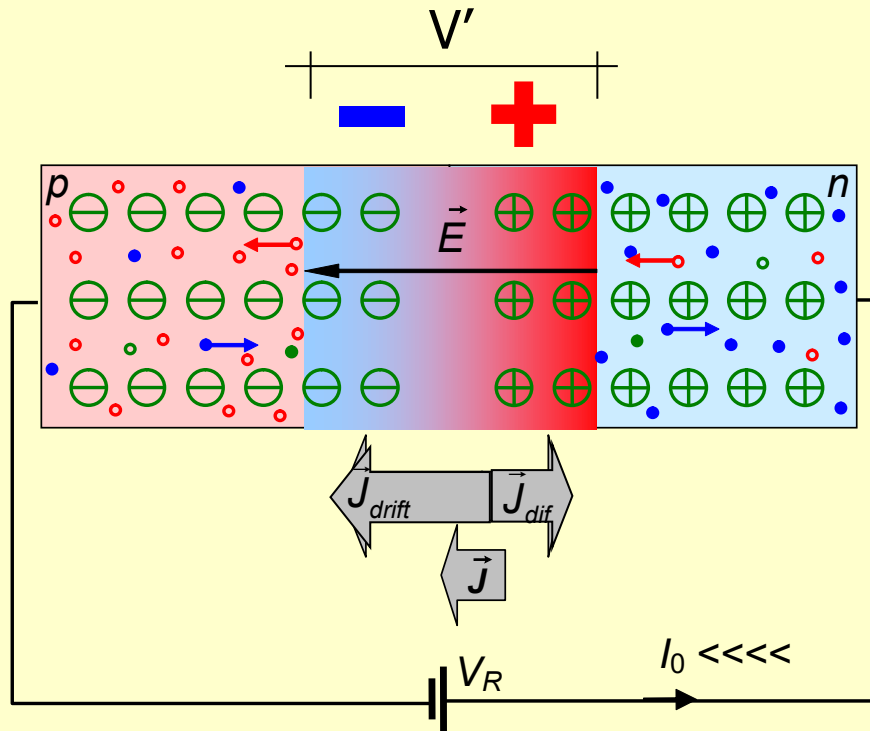
V_D crea un campo eléctrico opuesto al campo en la zona de barrera, disminuyendo E_{total} y la d.d.p. en la unión: $V' = V_0 - V_D$. Entonces, **umenta la corriente de difusión de mayoritarios, y disminuye la corriente de desplazamiento de minoritarios.**

Polarización del diodo. Polarización directa



Si $V_D > V_0$, las corrientes de difusión y de desplazamiento tienen el mismo sentido, y la corriente total es mayor. No hay ningún impedimento para el paso de corriente.

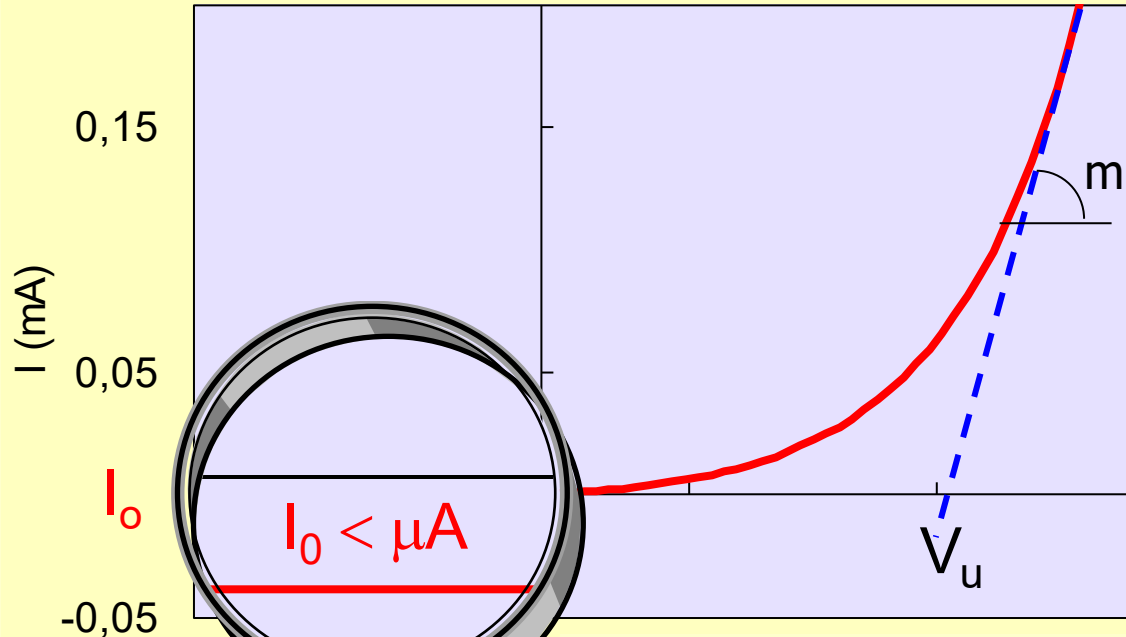
Polarización del diodo. Polarización inversa



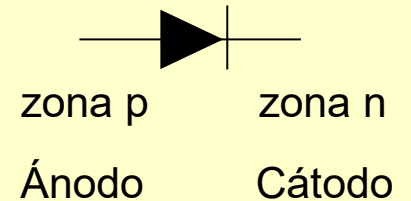
V_R crea un campo eléctrico que refuerza el campo en la zona de barrera, aumentando la caída de potencial: $V' = V_0 + V_R$. La zona de barrera se hace mayor. Ahora, la corriente de difusión de portadores mayoritarios disminuye (huecos de la zona **p** a la zona **n**, y e^- de la **n** a la **p**), y la corriente de desplazamiento de minoritarios debería aumentar (e^- de la zona **p** a la **n**, y huecos de la **n** a la **p**). Pero como sólo hay unos pocos portadores minoritarios disponibles (generados por generación térmica), esta corriente I_0 es muy pequeña, conociéndose como **CORRIENTE INVERSA DE SATURACIÓN**.

Característica tensión-corriente del diodo.

I_0 : Corriente inversa de saturación V_u : Tensión umbral del diodo



Símbolo del diodo:



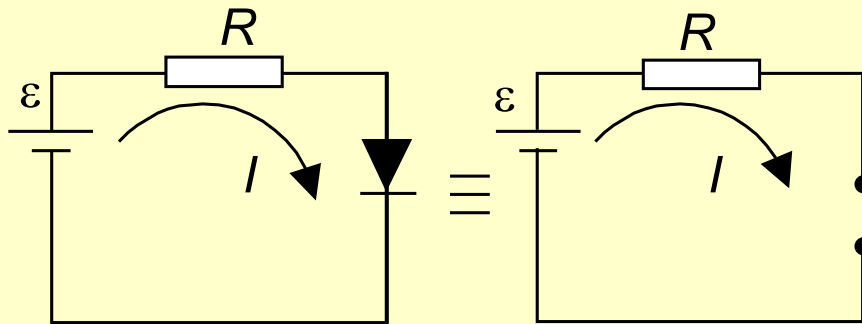
La inversa de la pendiente (m) en la zona de voltajes altos es la **resistencia interna** del diodo ($r_d=1/m$)

Modelos de diodo

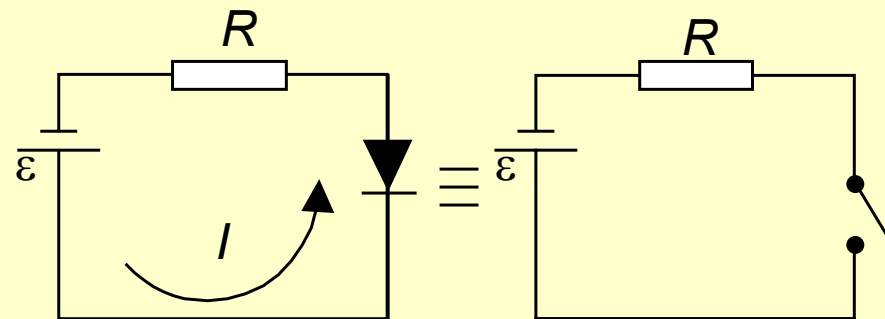
El comportamiento del diodo puede **modelizarse** con **tres aproximaciones**:

1ª aproximación. Diodo ideal:

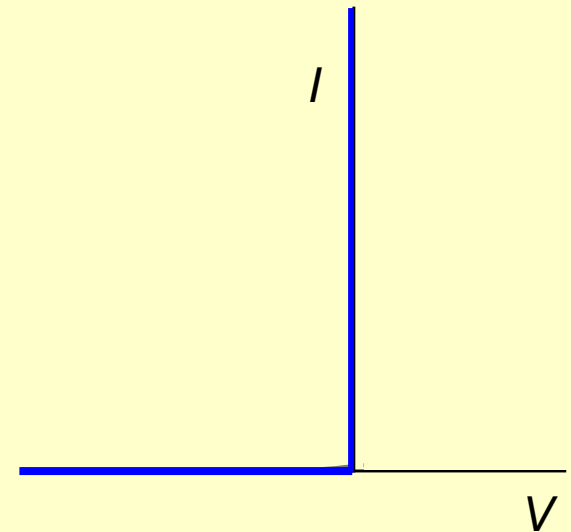
No se tiene en cuenta ni V_u ni r_d . En polarización directa, el diodo es un corto-circuito. En inversa, el diodo es un circuito abierto.



$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$



$$I = 0$$



Característica tensión-corriente de un diodo en **1ª aproximación**

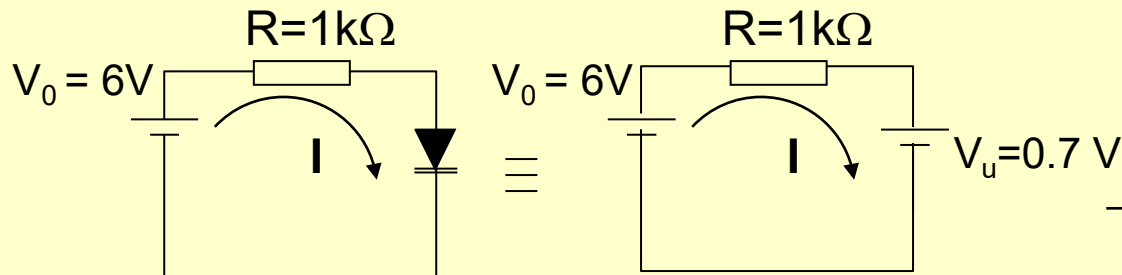
Modelos de diodo

2ª aproximación. Modelo simplificado:

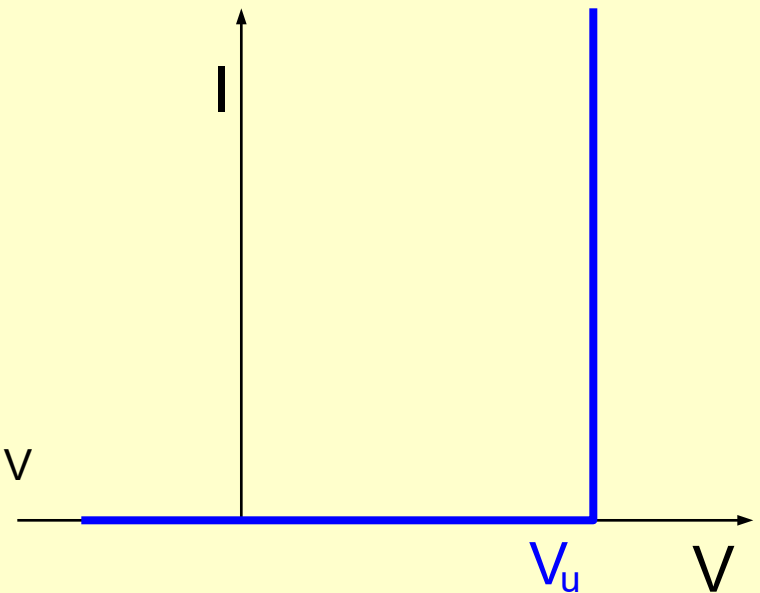
Sólo se tiene en cuenta la tensión umbral:

$V_u = 0.3 \text{ V}$ para diodos de Ge

$V_u = 0.7 \text{ V}$ para diodos de Si



$$I = \frac{V_0 - V_u}{R} = \frac{6 - 0.7}{1\text{k}} = 5.3\text{mA}$$

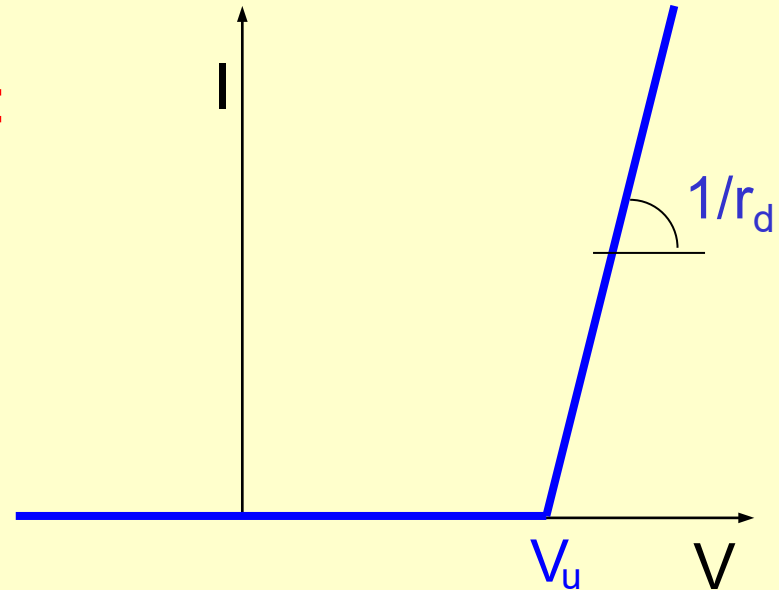
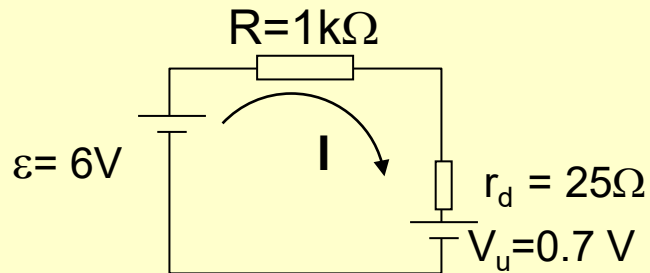
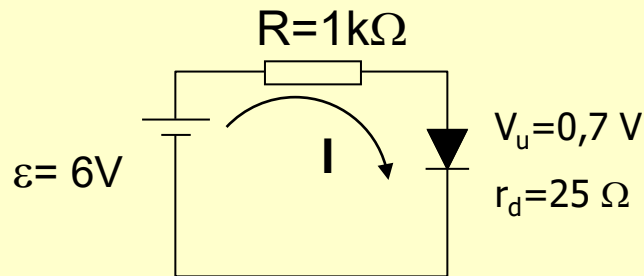


Característica tensión-corriente de un diodo en 2ª aproximación

Modelos de diodo

3ª aproximación. Diodo lineal:

Tiene en cuenta tanto la tensión umbral como la resistencia interna del diodo.



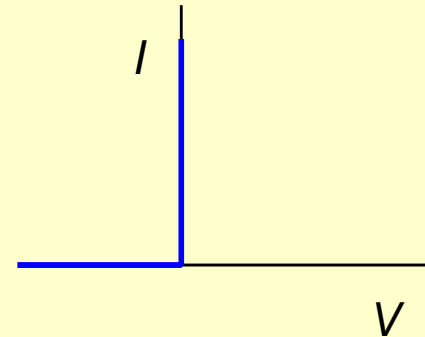
Característica tensión-corriente de un diodo en 3ª aproximación

$$I = \frac{\varepsilon - V_u}{R} = \frac{6 - 0.7}{1000 + 25} = 5.2 \text{ mA}$$

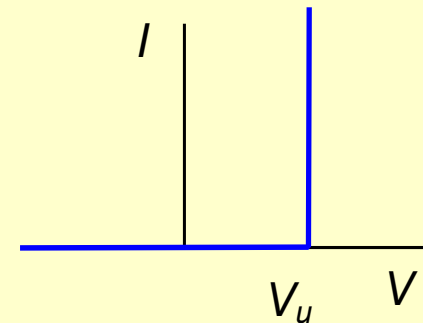
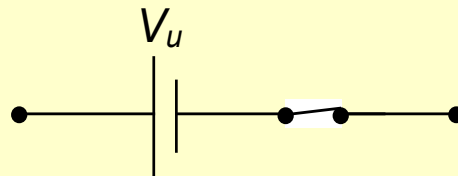
Modelos de diodo

Three models for junction diode

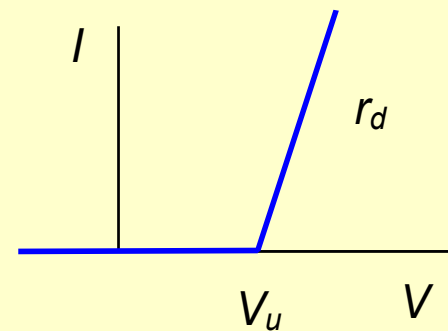
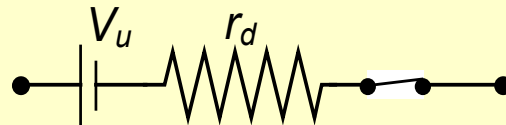
Ideal diode
(1st approaching)



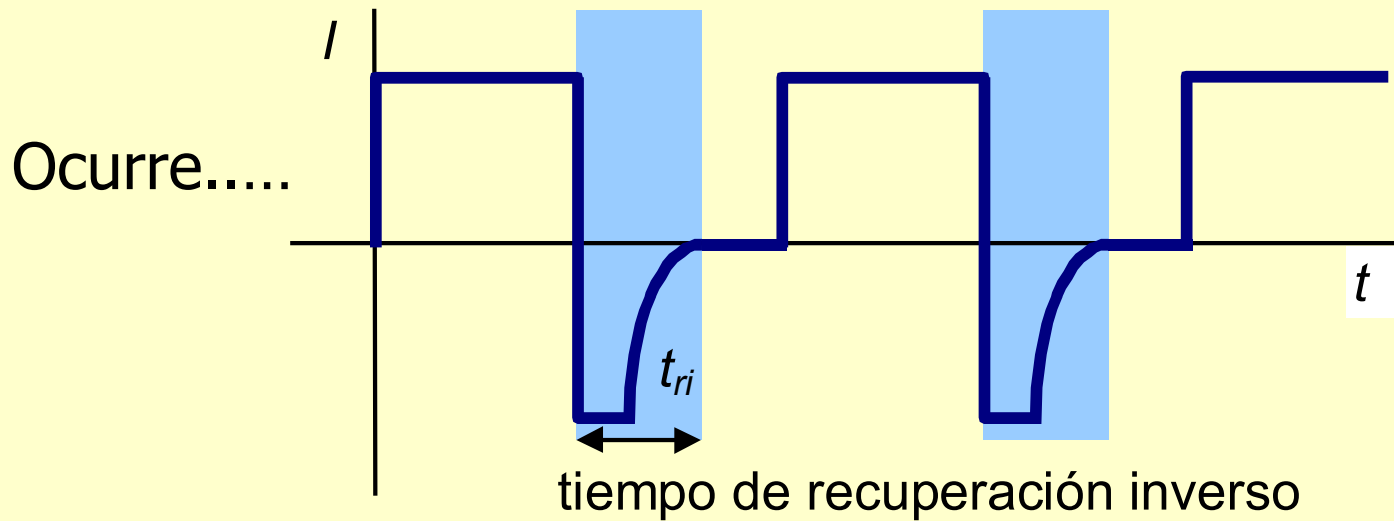
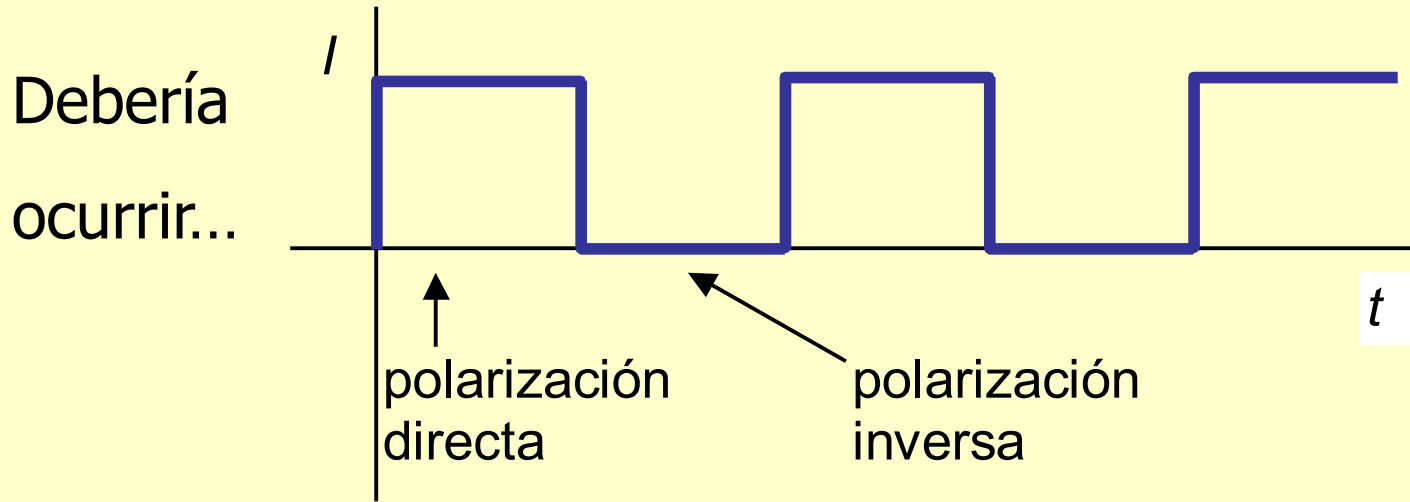
Simplified model
(2nd approaching)



Linear model
(3^d approaching)

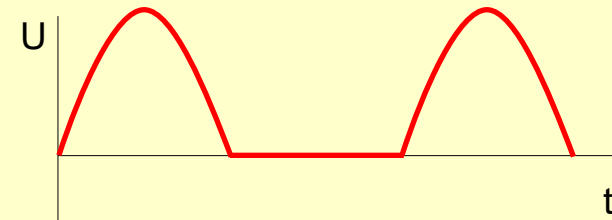
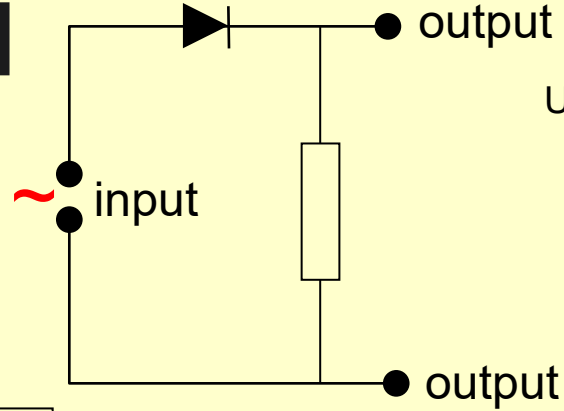
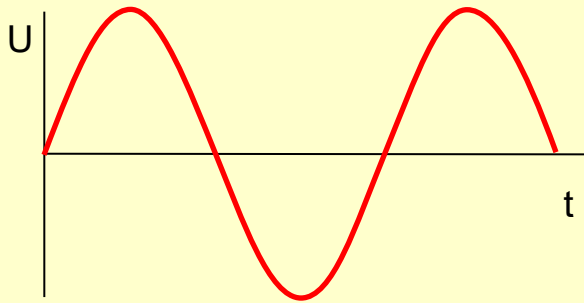


Tiempo de recuperación inverso del diodo

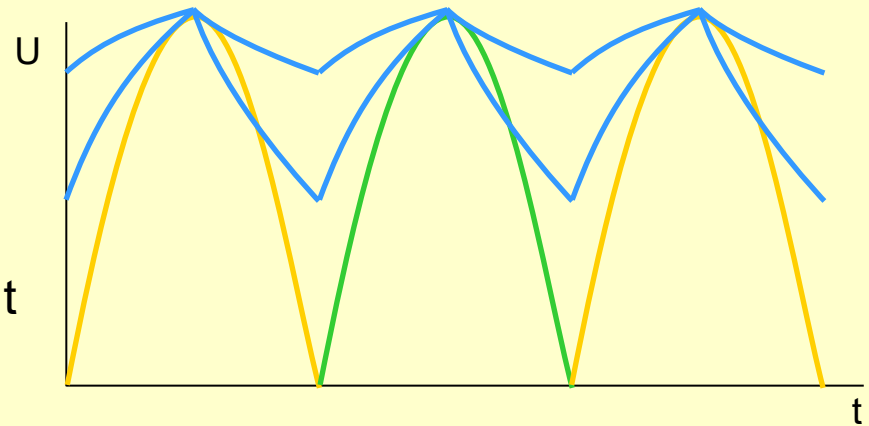
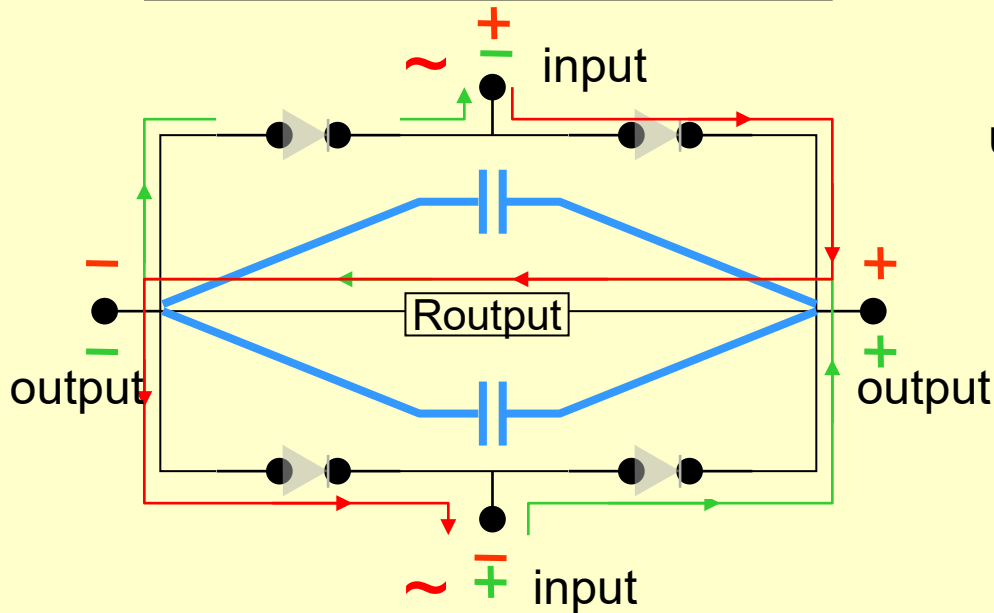


Aplicación: El diodo como rectificador

Rectificador de media onda:



Rectificador de onda completa:

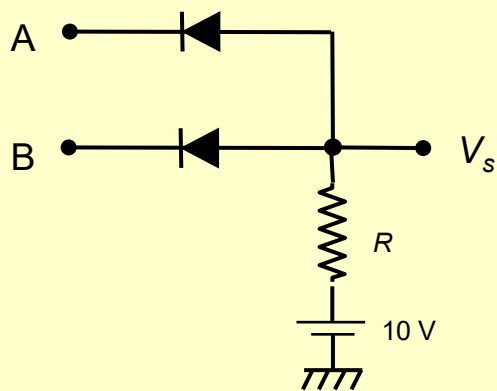


Aplicaciones: circuitos lógicos

Puertas lógicas Y y O

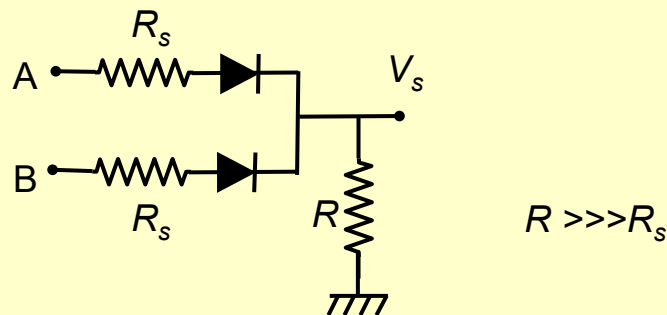
$V = 10\text{ V}$ \longrightarrow 1 Lógico
 $V = 0\text{ V}$ \longrightarrow 0 Lógico

puerta "Y" con diodos



V_A	V_B	V_S
0 (0)	0 (0)	0,7 (0)
0 (0)	10 (1)	0,7 (0)
10 (1)	0 (0)	0,7 (0)
10 (1)	10 (1)	10 (1)

puerta "O" con diodos



V_A	V_B	V_S
0 (0)	0 (0)	0 (0)
10 (1)	0 (0)	9,3 (1)
0 (0)	10 (1)	9,3 (1)
10 (1)	10 (1)	9,3 (1)