

TEMA 4: DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES

1 Introducción

- Los dispositivos semiconductores son componentes electrónicos que hacen uso de las propiedades electrónicas de los materiales semiconductores.
- Usan la conducción eléctrica en sólidos y no en gases o la emisión termoiónica en condiciones de vacío.
- Se fabrican individualmente o formando partes de circuitos integrados en obleas.
- Como veremos, el uso de semiconductores es útil debido a que su comportamiento puede manipularse se forma sencilla añadiendo impurezas.
- Los semiconductores pueden ser excelentes sensores ya que su conductividad puede controlarse por distintos mecanismos (campos magnéticos, luz, calor, etc.).
- Los dispositivos semiconductores son las piezas básicas de las puertas lógicas, partes fundamentales de la electrónica digital.
- Son claves en amplificadores y osciladores en electrónica analógica.
- Son elementos de traducción entre circuitos digitales y analógicos.

2 Materiales sólidos

2.1 Enlaces iónicos

Los electrones están fuertemente ligados a los átomos \implies aislantes.

2.2 Enlaces metálicos

- Los electrones exteriores están desligados de los átomos, formando una nube electrónica distribuida en todo el sólido y que sirve de unión entre los núcleos atómicos.
- Los electrones exteriores no están ligados a ningún átomo en concreto, por lo que pueden moverse libremente bajo la acción de un campo eléctrico \implies conductores.

2.3 Enlaces covalentes

- Los electrones de la capa más externa de cada átomo se comparten con otros átomos, formando un enlace entre ellos.
- Cada par de electrones forma un enlace entre átomos.
- En principio (cierto a $T = 0\text{K}$), los electrones que forman el enlace se comparten por dos átomos y no pueden desplazarse por el cristal bajo la acción de un campo eléctrico \implies aislante.
- Al aumentar T , se rompen algunos enlaces, liberándose electrones que pueden moverse bajo la acción de un campo eléctrico \implies conductor.

3 Semiconductores

3.1 Portadores: electrones y huecos

- Al aumentar T , se rompen algunos enlaces liberándose electrones que pueden moverse bajo la acción de un campo eléctrico \Rightarrow Formación de par electrón-hueco.
- Los huecos también participan en el proceso de conducción.
- En general, un semiconductor tiene pocos portadores libres por eso su conductividad es baja.
- Más portadores \Rightarrow más conductividad.

3.2 Tipos de semiconductores

- Intrínsecos
- Extrínsecos (dopados)
 - Tipo P (con impurezas aceptadoras, materiales de la columna III).
 - Tipo N (con impurezas donadoras, materiales de la columna V).

4 Unión PN

4.1 El diodo

- Es un dispositivo de dos terminales.
- Símbolo:



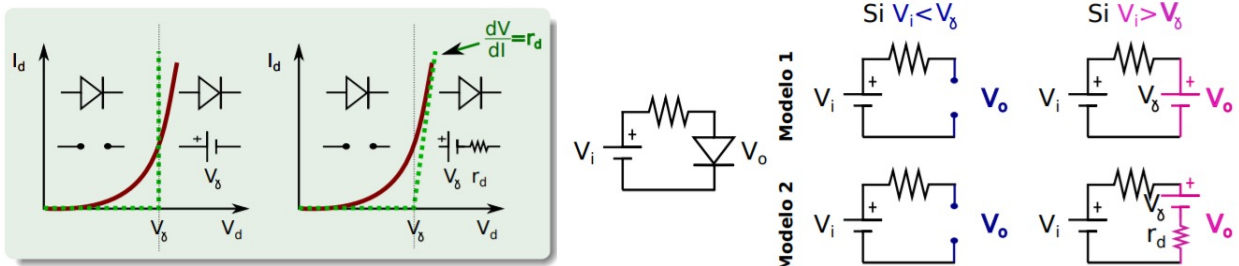
- Relación voltaje/intensidad: $I_d = I_S \left(e^{\frac{qV_d}{k_B T}} - 1 \right)$

donde I_d es la intensidad que atraviesa el diodo, I_S es la corriente inversa de saturación, q es la carga del electrón, V_d la diferencia de potencial entre los extremos del diodo, k_B la constante de Boltzmann y T la temperatura.

- Tipos de diodos: Zener, LEDs,...

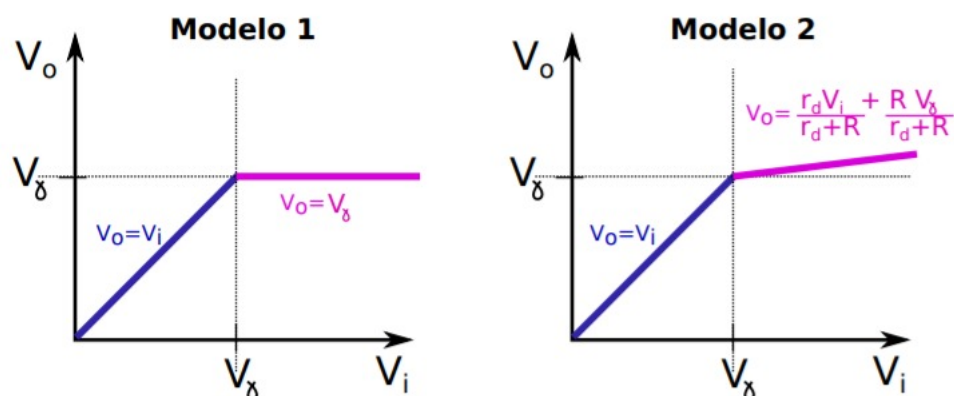
Modelos:

- **Modelo 1.** El diodo se comporta como una fuente de tensión de valor V_γ .
- **Modelo 2.** El diodo se comporta en conducción como una fuente de tensión V_γ , en serie con una resistencia r_d .



Característica de transferencia:

Es la representación de la salida de un circuito en función de la entrada.



5 El transistor MOSFET

- Dispositivo electrónico de tres terminales llamados puerta (G , gate), drenador (D , drain) y fuente (S , source).
- La corriente fluye entre la fuente y el drenador y se controla con la tensión aplicada en la puerta.

5.1 Modo de funcionamiento: CORTE

- **Objetivo:** que los electrones circulen desde S a $D \implies V_D > V_S$.
- En **corte:** $V_G - V_S = V_{GS} < V_T$.
- Si $V_G - V_S = V_{GS} < V_T \implies$ no hay capa de inversión en S ni en $D \implies$ no hay canal entre ellos.
- Ocurre si $V_{GS} \leq V_T$
- El transistor está OFF porque no hay canal.
- No hay conducción entre drenador y fuente ($I_D = 0$).
- $I_G = 0$.
- Corriente de fuga.

5.2 Modo de funcionamiento: LINEAL

- **Objetivo:** que los electrones circulen desde S a $D \implies V_D > V_S$.
- En **lineal:** $V_{GS} > V_T$ y $V_{DS} < V_{GS} - V_T$.
- $V_G - V_S = V_{GS} > V_T \implies$ hay capa de inversión en S .
- Si $V_D - V_S < V_G - V_S - V_T \implies V_T < V_G - V_D = V_{GD} \implies$ hay capa de inversión en D .
- Hay canal entre S y D , y los electrones van desde S a D .

- Ocurre si $V_{GS} > V_T$ y $V_{DS} < V_{GS} - V_T$
- El transistor está ON.
- $I_G = 0$.
- Hay conducción entre drenador y fuente:

$$I_D = \frac{k}{2}[2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2]$$

5.3 Modo de funcionamiento: SATURACIÓN

- **Objetivo:** que los electrones circulen desde S a D $\implies V_D > V_S$.
- En **saturation:** $V_{GS} > V_T$ y $V_{DS} > V_{GS} - V_T$.
- Si $V_G - V_S = V_{GS} > V_T \implies$ hay capa de inversión en S.
- Si $V_D - V_S > V_G - V_S - V_T \implies V_T > V_G - V_D = V_{GD} \implies$ no hay capa de inversión en D.
- La capa de inversión que hay en S se hace cada vez más estrecha al acercarnos a D. A pesar de que el canal no ocupa toda la zona entre S y D, los electrones van de S a D.
- Ocurre si $V_{GS} > V_T$ y $V_{DS} > V_{GS} - V_T$.
- El transistor está ON.
- $I_G = 0$.
- Hay conducción entre drenador y fuente:

$$I_D = \frac{k}{2}(V_{GS} - V_T)^2$$

5.4 Funcionamiento de pMOSFET

Tiene los mismos 3 modos de funcionamiento que el nMOSFET, y las ecuaciones son las mismas pero con las variables en valor absoluto.