

Electrónica Microcontrolada



Electrónica

1ra parte

Que es la ELECTRONICA ?

La **electrónica** es una rama de la física aplicada que comprende la física, la ingeniería, la tecnología y las aplicaciones que tratan con la emisión, el flujo y el control de los electrones u otras partículas cargadas eléctricamente en el vacío y la materia. La identificación del electrón en 1897, junto con la invención del tubo de vacío, que podía amplificar y rectificar pequeñas señales eléctricas, inauguraron el campo de la electrónica y la edad del electrón.

HISTORIA DE LA ELECTRONICA



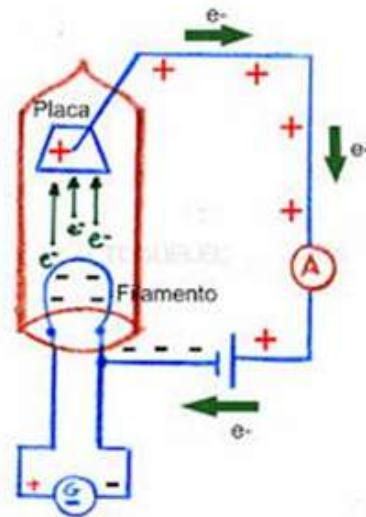
Historia de la ELECTRONICA

Los primeros cimientos de la electrónica se formaron a través de los trabajos sobre la emisión termoiónica de Thomas Alva Edison en 1883. Como resultado, Edison logró crear una especie de corriente que sirvió como base para la invención del diodo. Este tubo al vacío, realizado por John Fleming en 1904, fue el primer avance hacia las válvulas eléctricas.

En 1906, el estadounidense Lee De Forest dio vida al tríodo o válvula. Este dispositivo consistía en una válvula electrónica compuesta por un cátodo, un ánodo y una rejilla de control usada para variar la corriente eléctrica. El invento de Forest supuso un enorme desarrollo en la electrónica de diversas industrias como las telecomunicaciones.

El Diodo de Vacío

- La válvula electrónica ó tubo de vacío es un dispositivo basado en la **propiedad de algunos metales u óxidos de metal, de liberar electrones desde su superficie, cuando están sometidos a alta temperatura o en estado incandescente.**
- El fenómeno anterior denominado **“efecto Edison” ó “efecto termoiónico”**, es el que posibilita que en una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío, se establezca una corriente eléctrica unidireccional entre un filamento incandescente (**efecto Joule**) por el que se hace pasar una corriente de caldeo (cátodo) y otro terminal (ánodo) ite.
- El cátodo puede ser **directamente** el filamento incandescente (wolframio, tungsteno,..) ó un cilindro eléctricamente aislado de aquél recubierto de óxido de bario (cátodo de caldeo indirecto).



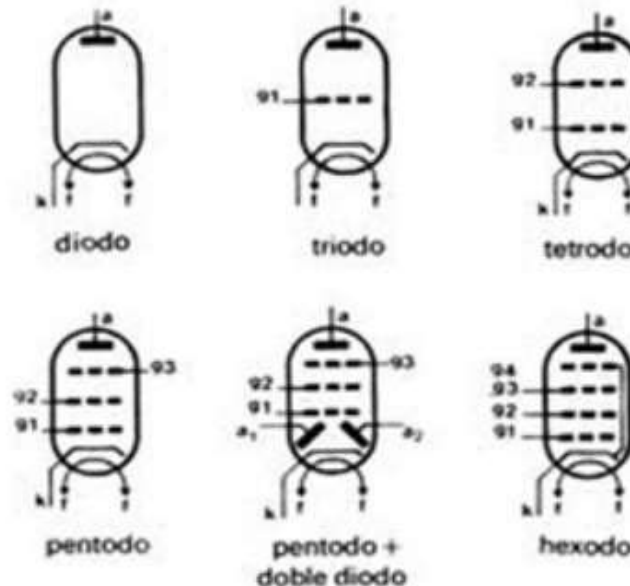
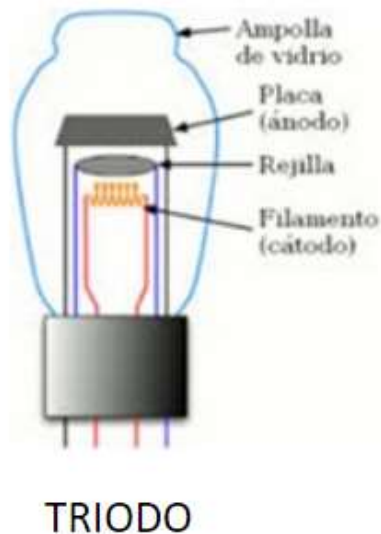
EL TRIODO

Poco después que Fleming descubrió, que el efecto Edison podía emplearse para pasar de corriente alterna a continua, en 1906 Forest, un ingeniero de Yale, tuvo la ocurrencia de tomar un tubo electrónico dipolo como el creado por Fleming y añadir entre el filamento incandescente y la placa, un tercer elemento al que llamó rejilla; Sorprendido, descubrió que bastaba aplicar una pequeña carga a la rejilla para aumentar la potencia de la corriente que fluía desde el cátodo hasta el ánodo. Acababa de inventar el amplificador.

Aquello supuso una revolución porque el audión no solo servía para amplificar señales eléctricas, también podía amplificar transmisiones de audio, enviar y recibir ondas de radio. Hasta aquel momento, el uso de los aparatos de radio no habían experimentado un verdadero boom ya que las señales se desvanecían muy rápidamente con la distancia. Su triodo se convirtió en un componente revolucionario y fundamental en los nuevos sistemas de telefonía, y además permitió amplificar las señales de radio haciendo que, mediante estaciones repetidoras, una emisora pudiera radiar información a toda la nación.

Tipos básicos de válvulas de vacío

- Al dispositivo compuesto únicamente por **dos terminales** ó placas (ánodo y cátodo), se denomina **DIODO termoiónico ó de vacío**.
- Si al dispositivo anterior le añadimos **elementos intermedios** (entre cátodo y ánodo), **polarizados positivamente**, denominados rejillas, el dispositivo resultante puede denominarse **TRIODO** (tres terminales), **TETRODO** (cuatro terminales), **PENTODO** (cinco terminales),.....



El nacimiento del Transistor

En el año 1956 el premio Nobel de física fue compartido por tres grandes científicos: William Bradford Shockley, John Bardeen y Walter Houser Brattain por el que es considerado como el mayor desarrollo tecnológico del siglo XX: el transistor.

¿Por qué se construyeron los primeros transistores?

La construcción de los primeros transistores respondía a una necesidad técnica: hacer llamadas telefónicas a larga distancia. Es por esto que los descubridores de esta nueva tecnología trabajaban para la *American Telephone and Telegraph Corporation (AT&T)*, fundada por Alexander Graham Bell y conocida inicialmente como la *Bell Telephone Company*.

Después que Forest inventara el triodo, AT&T rápidamente compró la patente y mejoró el tubo. Pero surgió un problema. Los tubos de vacío producían mucho calor, necesitaban mucha energía y debían ser reemplazados continuamente. Era necesario otro método para amplificar la señal. Buscando respuestas la compañía creó en 1926 un centro de investigación conocido como Laboratorios Telefónicos Bell (*Bell Labs*).

El nacimiento del Transistor

Finalizada la Segunda Guerra Mundial el director del laboratorio Mervin Kelly buscó un grupo de científicos: Shockley, Bardeen y Brattain, para que dieran con la solución a los problemas que causaba el tubo de vacío y tenía algo en mente para reemplazarlo: los semiconductores. ¿Qué es un semiconductor? Un elemento que en determinadas condiciones puede conducir la electricidad (por ejemplo, a una temperatura alta), pero si cambiamos esas condiciones deja de permitir el paso de electrones. Los más importantes son el silicio (Si) y el germanio (Ge).

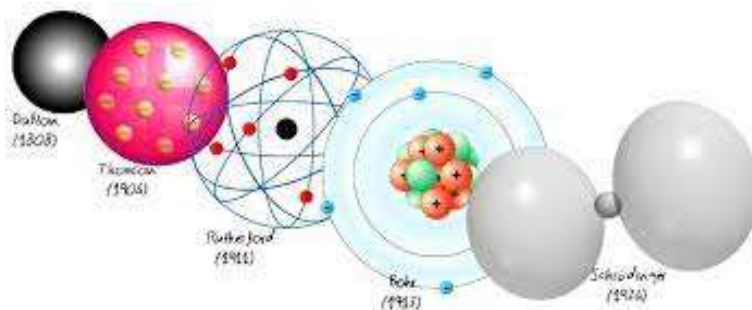
Bardeen y Brattain, el 16 de diciembre de 1947 lograron por fin hacer funcionar un amplificador empleando un transistor fabricado con germanio. En los primeros días de enero de 1948, presentaron una patente (US 2,524,035) para la fabricación del primer transistor de puntas de contacto de la historia, en la que no figuraba Shockley como autor.

Al analizar el dispositivo ideado por estos, Shockley intuyó que sería difícil de fabricar en grandes cantidades con suficiente fiabilidad, dado que era físicamente endeble. Así, Shockley concibió un transistor diferente al de puntas de contacto, denominado transistor de unión y presentó otra patente (US 2,569,347) el 23 de enero del año siguiente 1948, nueve días más tarde de la fecha en la que Bardeen y Brattain presentaron la suya.

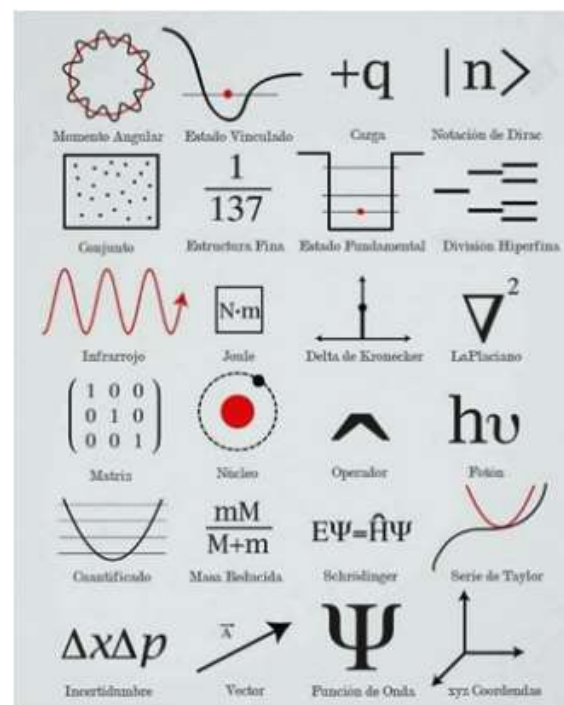
SEMICONDUCTORES

Conceptos Basicos

Con la teoría cinético molecular modelizamos el comportamiento de los cambios de estado de la materia.



Y con este modelo nace el estudio de los elementos o partículas que lo componen.

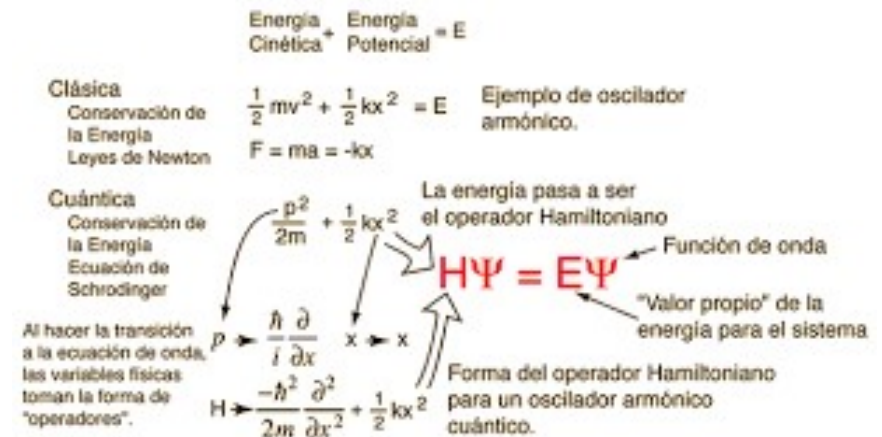


Conceptos Basicos

La materia presenta características eléctricas, magnéticas y gravitatorias que determina el comportamiento de la misma. Las ecuaciones de maxwell terminaron por explicar los fenómenos electromagnéticos, y las ecuaciones de newton sentaron las bases de la mecánica clásica.

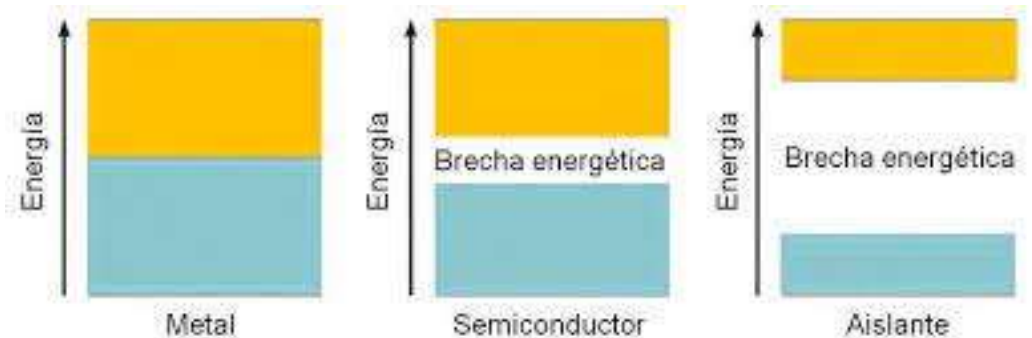
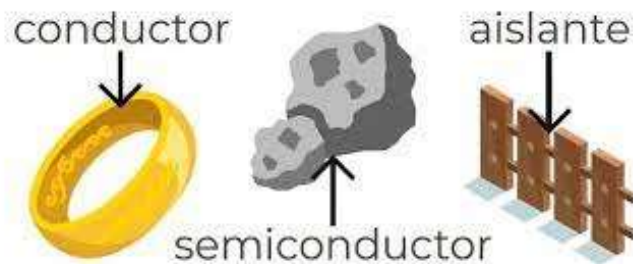
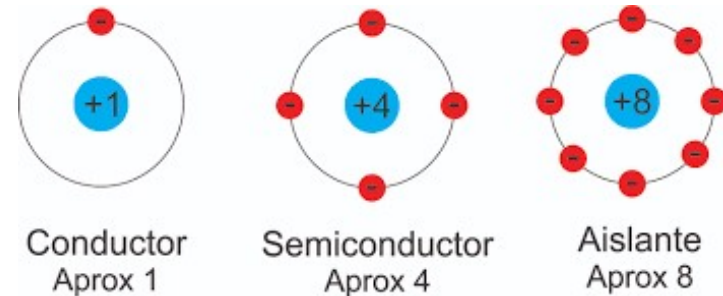
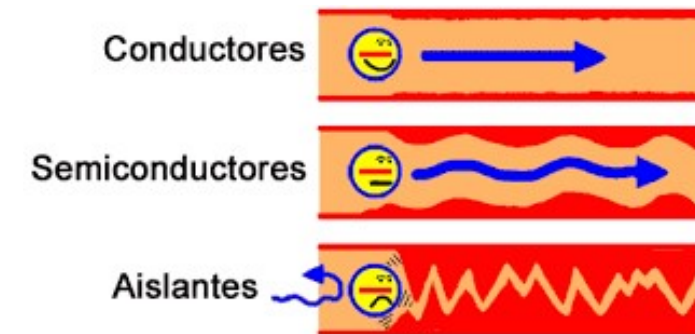
Pero a medida que las personas modelizaban la materia a escalas mas pequeñas para explicar los fenómenos químicos, es decir los cambios en su composición, se dieron cuenta que la mecánica cuántica no era el modelo adecuado. Y tuvieron que cambiar la perspectiva determinística a una probabilística. Así nace la mecánica cuántica.

$$\dot{\mathbf{p}} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{F}, \quad \begin{cases} \dot{p}_x = m \frac{dv_x}{dt} = F_x \\ \dot{p}_y = m \frac{dv_y}{dt} = F_y \\ \dot{p}_z = m \frac{dv_z}{dt} = F_z \end{cases}$$



Conceptos Basicos

Desde el punto de vista del flujo de los electrones, los materiales se pueden clasificar en conductores y no conductores. Aunque también existen materiales que se encuentran entre estos dos. Los semiconductores.



Semiconductores: Bandas de conduccion

Los conductores son los metales, que tienen superpuesta la banda de conducción y la de valencia. Los semiconductores son aquellos que conducen en determinadas condiciones. Los aislantes no conducen la electricidad, ya que las bandas de conducción y valencia tienen una energía muy elevada

La mayoría de los sistemas electrónicos se basan en **dispositivos semiconductores**

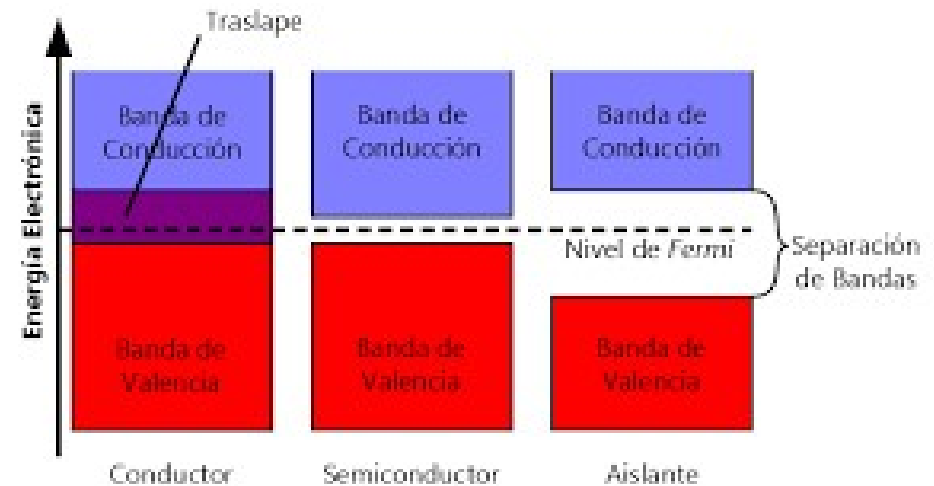
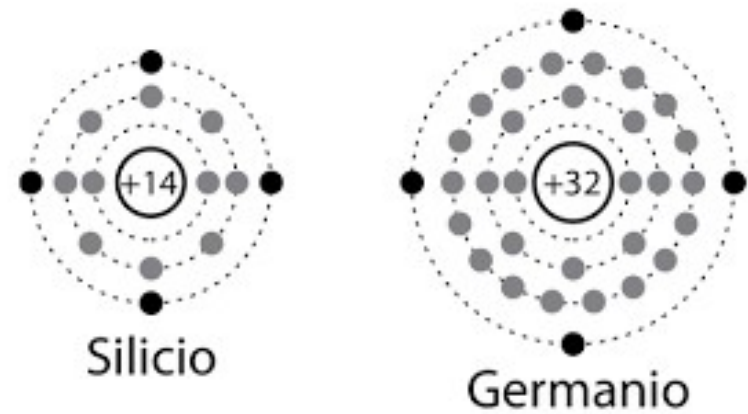
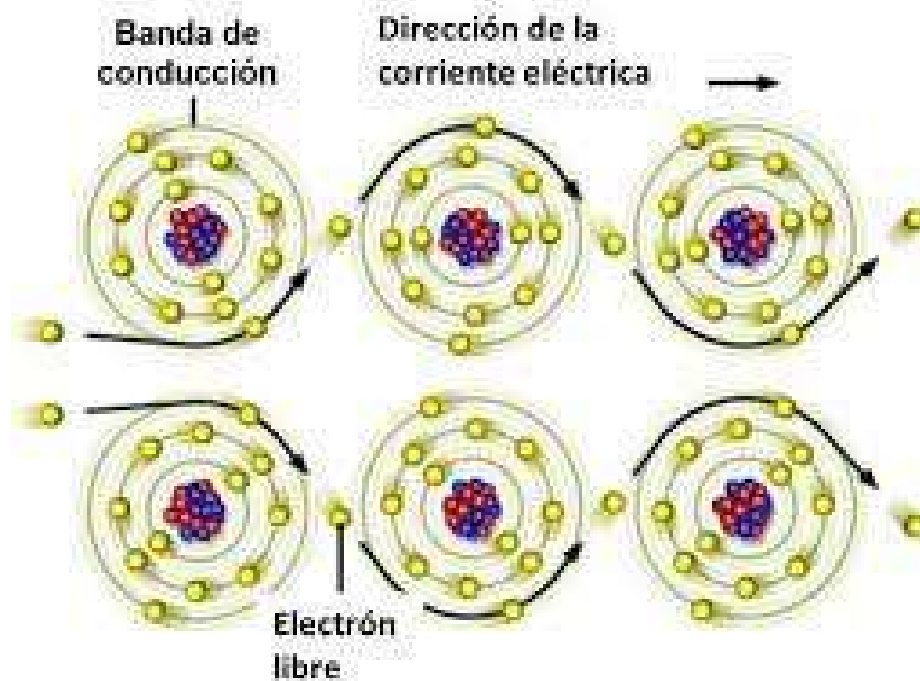
Resistencia: $R = \rho L / S$

Materiales sólidos:

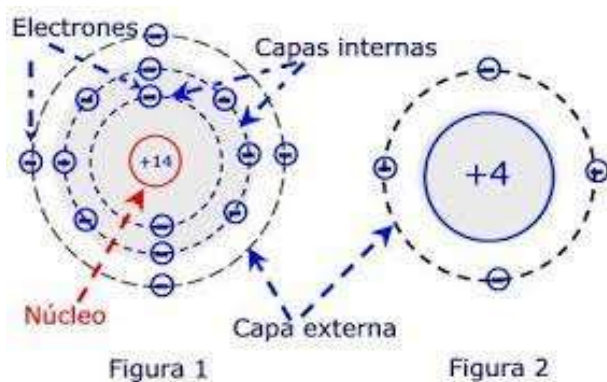
- **Conductores:** $10^{-4} < \rho < 10^{-2} \Omega \text{mm}^2/\text{m}$
 - Tienen una nube de electrones libres (electrones de valencia)
- **Aislantes:** $\rho > 10^4 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$
 - Electrones de valencia ligados firmemente al núcleo de los átomos
- **Semiconductores:** $10^{-4} < \rho < 10^4 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$
 - A muy bajas temperaturas aislante. A temperaturas normales = conductor pobre

En electrónica sólo importa el orbital exterior: **orbital de valencia**

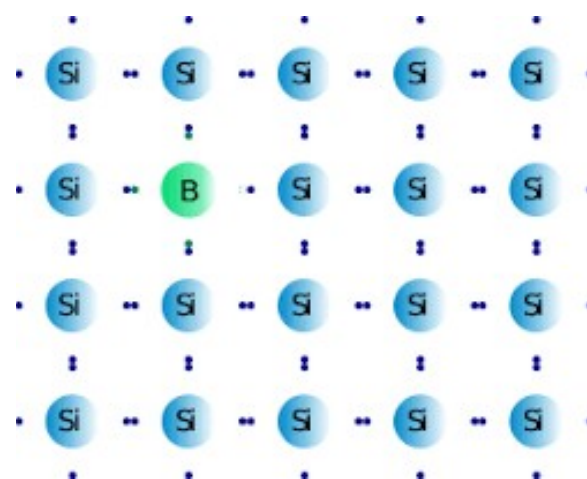
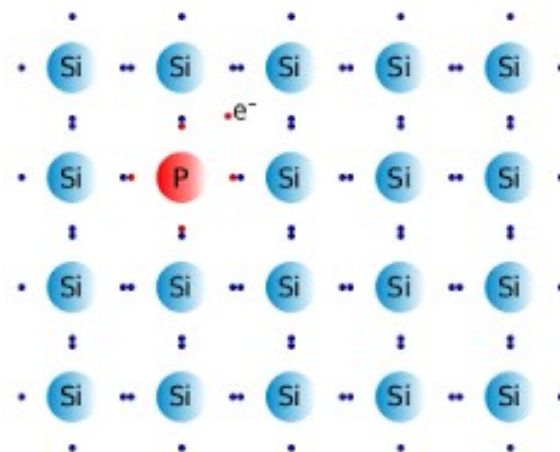
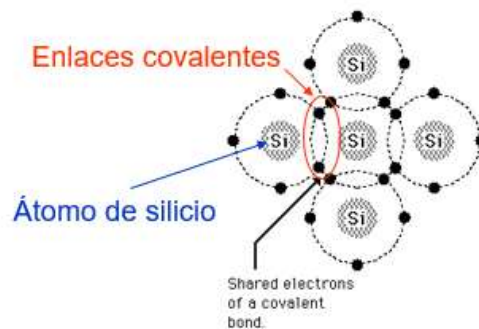
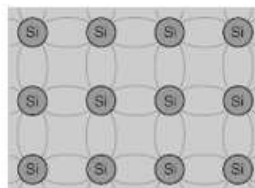
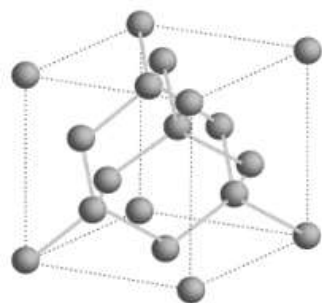
Semiconductores: Bandas de conducción



Semiconductores: El silicio



• Estructura cristalina



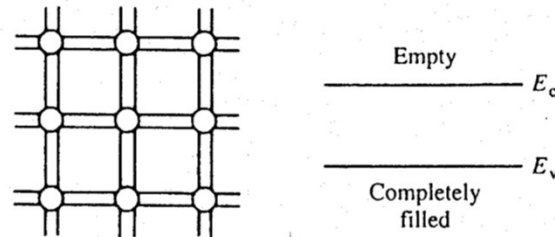
Semiconductores: El silicio

Portadores

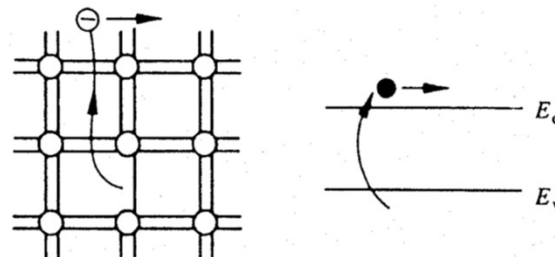
Cuando un enlace de Si-Si es roto, el electrón asociado es un portador de corriente.

Equivalentemente, la excitación de un electrón de la banda de valencia a la banda de conducción crea portadores ->

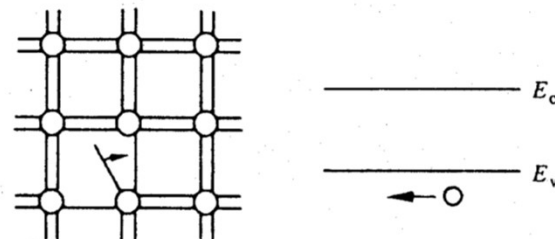
Electrones en la banda de conducción son portadores



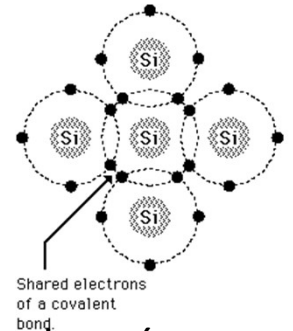
Sin portadores



electrón



laguna

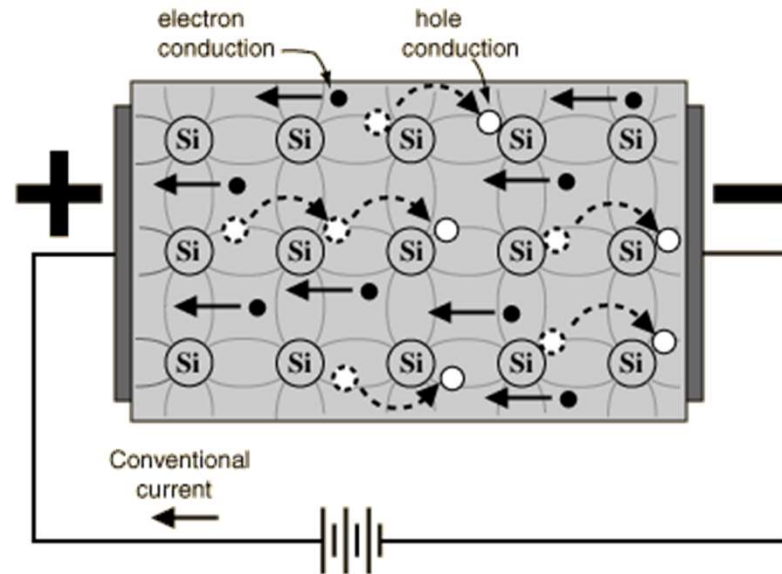


Remover un electrón de la banda de valencia crea un estado vacío.

Este estado vacío, es un segundo tipo de portadores denominado **lagunas**

Semiconductores: El silicio

Circulación de corriente en un semiconductor

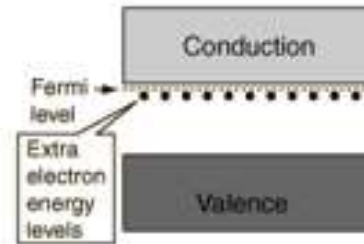
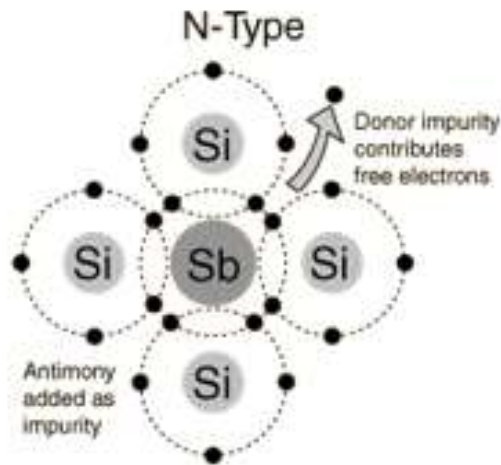


Semiconductores: El silicio extrínseco

- El agregado de un pequeño porcentaje de átomos foráneos en la estructura cristalina del silicio produce importantes cambios en sus propiedades eléctricas.
 - Material tipo N: Dopantes con valencia +5 son utilizados.
 - 4 electrones de la banda de valencia forman enlaces covalentes con los átomos vecinos de silicio. El electrón restante está débilmente ligado al átomo de impureza, actuando como un electrón libre.
 - Impurezas donoras: donan un electrón a la banda de conducción.
 - Fósforo, arsénico, antimonio

Semiconductores: El silicio extrínseco

Silicio – Tipo N



Conductividad

$$\sigma_n \cong N_D q \mu_n$$

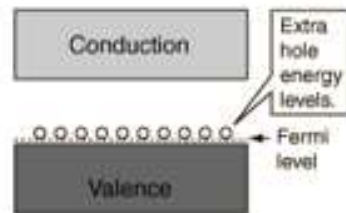
$$n = N_D + p \cong N_D$$

Concentración de átomos donores

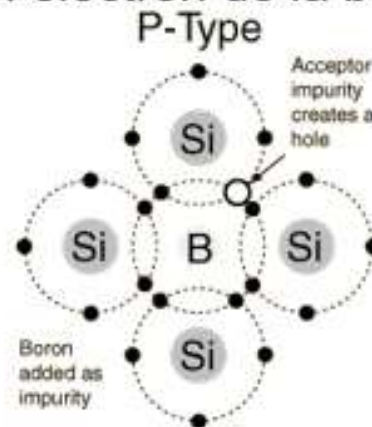
Semiconductores: El silicio extrínseco

Silicio – Tipo P

- TIPO P
 - Dopantes con valencia +3 son empleados: Boro, Galio, Indio.
 - Para completar el enlace covalente con átomos de silicio, un electrón es atraído de la banda de valencia dejando una laguna.
 - impureza aceptora: acepta un electrón de la banda de valencia

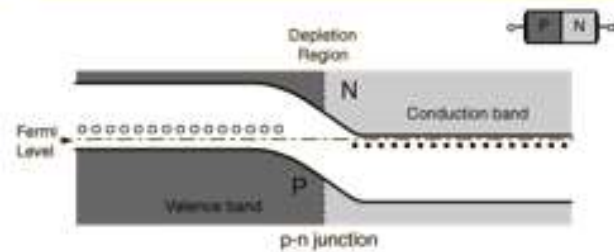


$$p \approx N_A + n \approx N_A$$

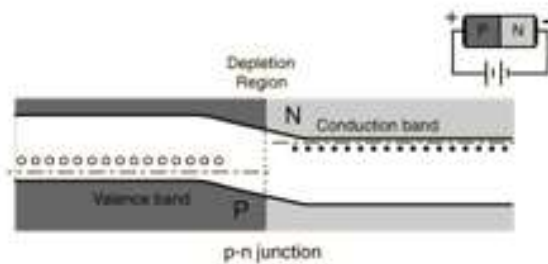


Semiconductores: El diodo de juntura

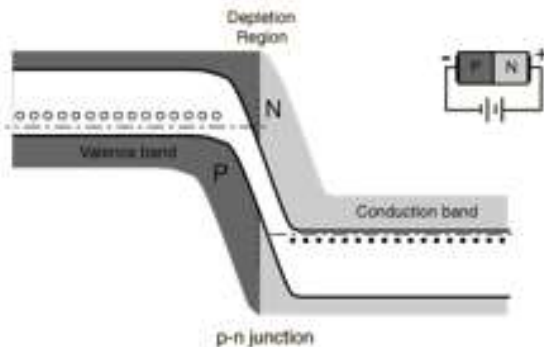
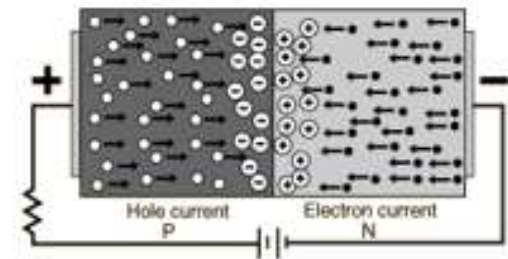
Juntura PN



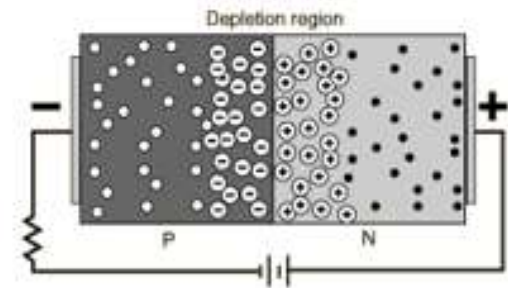
EQUILIBRIO



Polarización directa

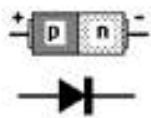


Polarización inversa



Semiconductores: El diodo de juntura

El diodo



- La corriente de lagunas y la corriente de electrones son asumidas como corrientes de difusión.

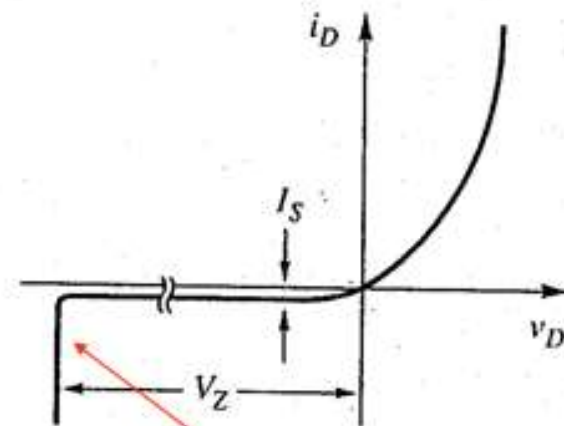
$$i_D = A_j \left(qD_n \frac{dn}{dx} - qD_p \frac{dp}{dx} \right),$$

$$\frac{dn}{dx} = \frac{n_{po}}{L_n} (e^{qv_D/kT} - 1) = \frac{n_{po}}{L_n} (e^{v_D/V_T} - 1),$$

$$\frac{dp}{dx} = -\frac{p_{no}}{L_p} (e^{v_D/V_T} - 1).$$

$$i_D = A_j q \left(\frac{D_n n_{po}}{L_n} + \frac{D_p p_{no}}{L_p} \right) (e^{v_D/V_T} - 1) \\ = I_S (e^{v_D/V_T} - 1).$$

Corriente de saturación inversa : es función del área de juntura, de las constantes de difusión, concentración de equilibrio y longitud de difusión de los portadores minoritarios



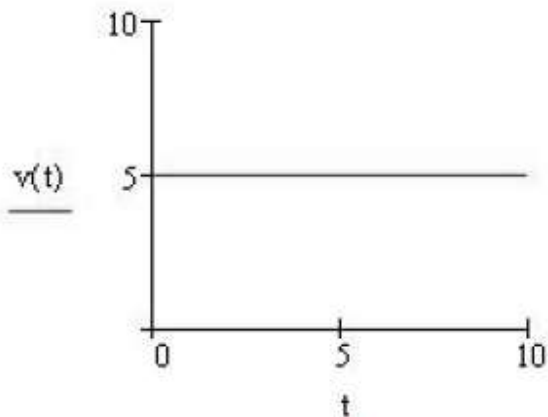
Tensión de ruptura inversa

DISPOSITIVOS ELECTRONICOS

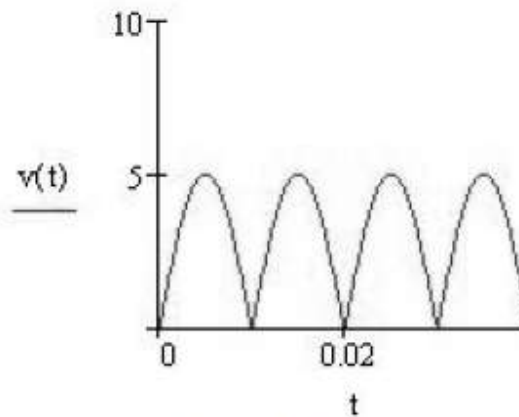
Conceptos Previos

Corriente Continua (CC)

Se dice que la corriente o tensión eléctrica es continua si *no cambia* de sentido o bien no cambia de signo. Estas magnitudes podrán ser *constantes*, si mantienen su valor en todo instante de tiempo, o *pulsantes*, si su valor es variable.



Tensión continua constante



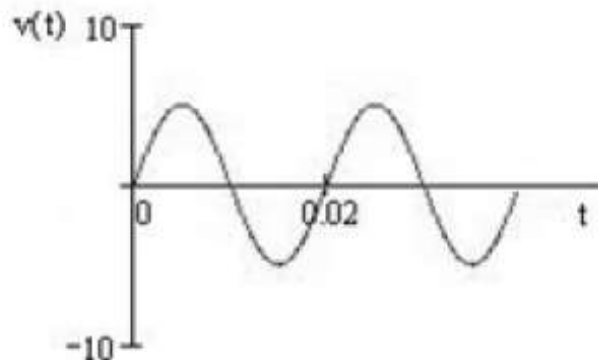
Tensión continua pulsante

Conceptos Previos

Corriente Alterna (CA)

Se dice que la corriente o tensión eléctrica es alterna si *cambia* de sentido o bien de signo. Los circuitos de **CA** se usan en la distribución de energía eléctrica, en la radio, en la televisión, y en otros dispositivos de comunicación, así como en una amplia variedad de motores eléctricos.

Por lo general se trabaja con corrientes que varían de forma senoidal con el tiempo, alternando periódicamente de una dirección a otra. Los parámetros que caracterizan a dichas señales son: la *amplitud*, el *período* (T) y la *frecuencia* (f).



Tensión alterna periódica:

$$f = \frac{1}{T} \quad \omega = 2\pi f$$

$$T = 0.02 \text{ s} \quad f = 50 \text{ Hz} \quad \omega = 314.15 \text{ rad/s}$$

Conceptos Previos

Ley de ohm y de watt

Volts

$$\text{Volts} = \sqrt{\text{Watts} \times \text{Ohms}}$$

$$\text{Volts} = \frac{\text{Watts}}{\text{Amperes}}$$

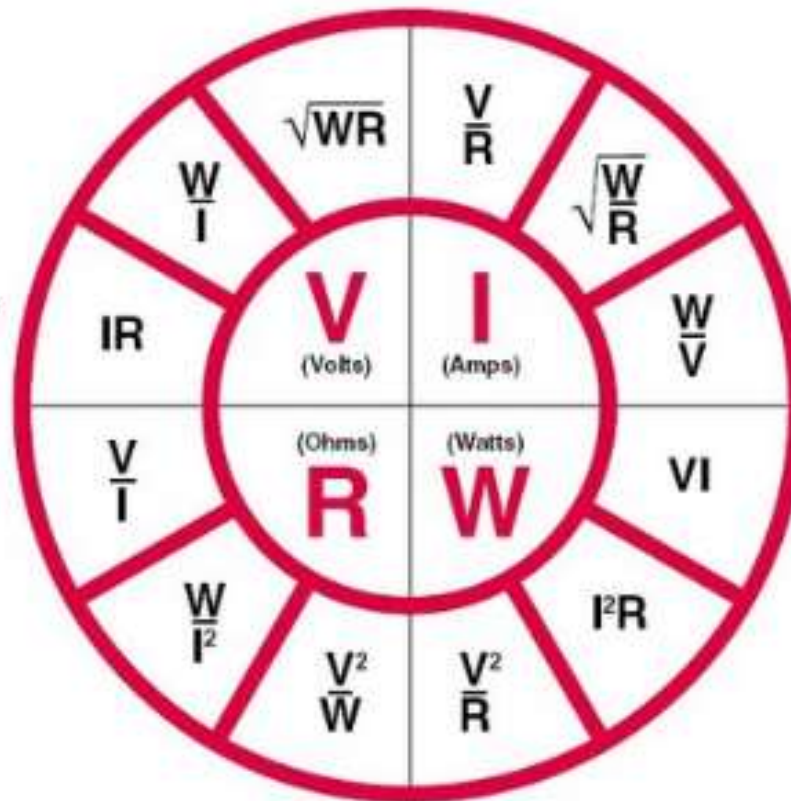
$$\text{Volts} = \text{Amperes} \times \text{Ohms}$$

Ohms

$$\text{Ohms} = \frac{\text{Volts}}{\text{Amperes}}$$

$$\text{Ohms} = \frac{\text{Volts}^2}{\text{Watts}}$$

$$\text{Ohms} = \frac{\text{Watts}}{\text{Amperes}^2}$$



Amperes

$$\text{Amperes} = \frac{\text{Volts}}{\text{Ohms}}$$

$$\text{Amperes} = \frac{\text{Watts}}{\text{Volts}}$$

$$\text{Amperes} = \sqrt{\frac{\text{Watts}}{\text{Ohms}}}$$

Watts

$$\text{Watts} = \frac{\text{Volts}^2}{\text{Ohms}}$$

$$\text{Watts} = \text{Amperes}^2 \times \text{Ohms}$$

$$\text{Watts} = \text{Volts} \times \text{Amperes}$$

Conceptos Previos

1ª Ley de Kirchhoff o ley de mallas

A lo largo de una malla, la suma de fuerzas electromotrices es igual a la suma de las diferencias de potencial producidas en las resistencias.

- Una elevación de voltaje se toma como positivo
- Una caída de tensión se toma como negativa

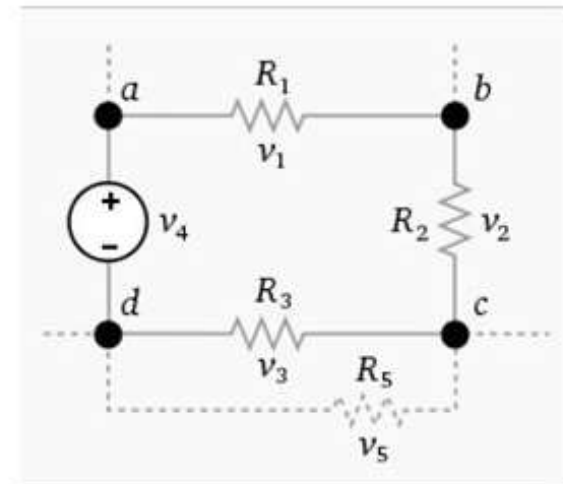
En una resistencia la corriente siempre fluye del potencial más alto al más bajo.

Al seguir el camino de la corriente a través de una resistencia, el cambio de potencial es negativo ya que hay una caída de potencial.

La terminal de una FEM pura siempre es la terminal de potencial más alto, independientemente de la dirección de la corriente que pasa a través de la fuente de FEM.

Obsérvese que esta ley no es sino la ley de Ohm generalizada.

$$\Sigma V = \Sigma (I \cdot R)$$



Ley de tensiones de Kirchhoff, en este caso $v_4 = v_1 + v_2 + v_3$. No se tiene en cuenta a v_5 porque no hace parte de la malla que estamos analizando.

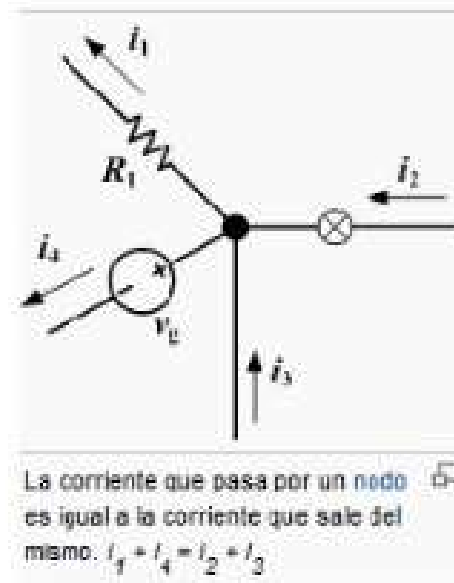
$$\sum_{k=1}^n V_k = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = 0$$

Conceptos Previos

2ª Ley de Kirchhoff o ley de nudos

En un nudo, la suma de las corrientes que entran es igual a las que salen; o bien, la suma algebraica de corrientes en un nudo es nula.

$$\Sigma I_{\text{entran}} = \Sigma I_{\text{salen}}$$



De forma equivalente, la suma de todas las corrientes que pasan por el nudo es igual a cero

$$\sum_{k=1}^n I_k = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0$$

Conceptos Previos

TEOREMA DE THEVENIN

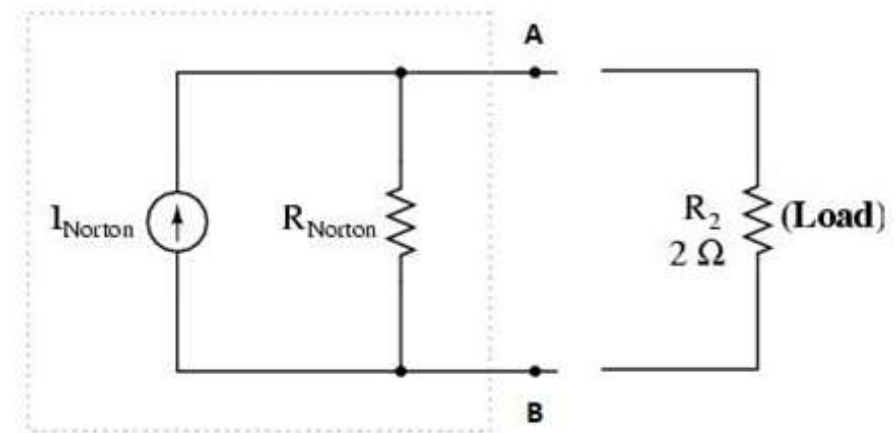
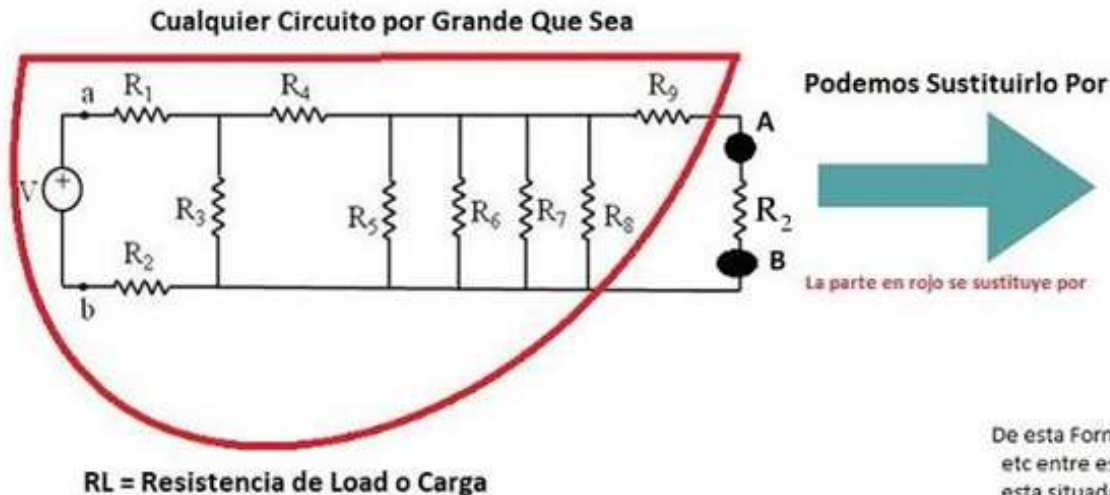
R_{th} : Tenemos que dejar las fuentes de tensión del circuito inicial en cortocircuito y las fuentes de corriente en circuito abierto.

V_{th} : Tenemos que averiguar la tensión entre los puntos A y B, desconectando R_L del circuito original



Conceptos Previos

TEOREMA DE NORTON



De esta Forma Podremos calcular la Intensidad, Tensión, Resistencia, Potencia, etc entre esos dos puntos del circuito anterior el A y B donde normalmente esta situada la Resistencia de Carga o la Resistencia que queremos calcular.

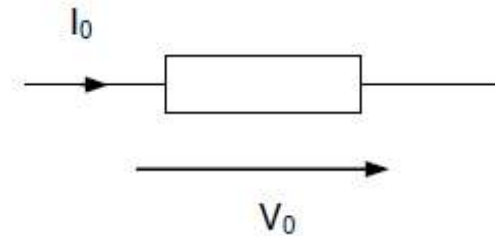
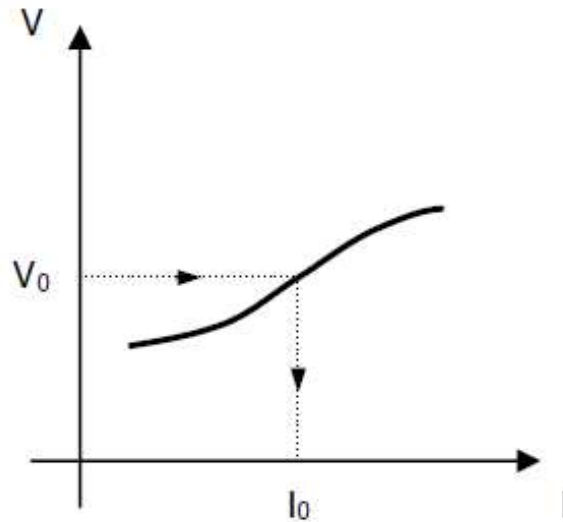
- Resistencia de Norton R_N = Resistencia de Thevenin
- Intensidad de Norton I_N = Tensión de Thevenin / Resistencia de Thevenin = V_{TH} / I_{TH}

Conceptos Previos

Característica V - A

Se llama así a la representación gráfica de la tensión en función de la corriente:

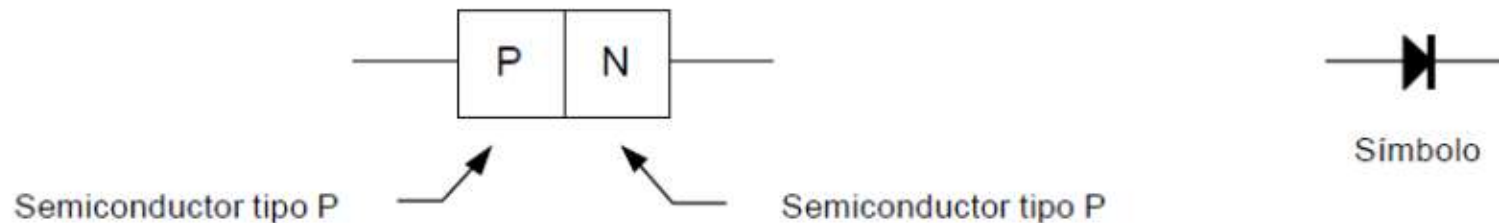
$V = f(I)$, o viceversa. La misma podrá obtenerse analítica o experimentalmente, dependiendo del caso. Describe el funcionamiento y características de un dipolo.



Circuitos Electrónicos: El diodo

Características generales

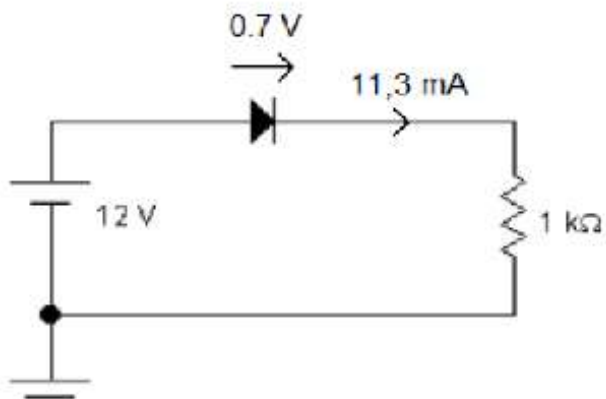
La siguiente figura muestra el símbolo eléctrico de un diodo. El lado p se llama ánodo y el lado n es el cátodo. El símbolo del diodo es una flecha que apunta del lado p al lado n , del ánodo al cátodo. Por ello, la flecha del diodo recuerda que la corriente convencional circula del lado p al lado n . Si se trabaja con el flujo de electrones, hay que tener en cuenta que éstos fluyen en dirección opuesta a la de la flecha del diodo.



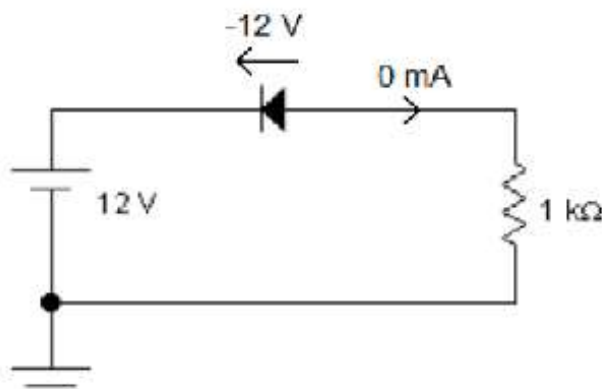
La característica principal del diodo es la de permitir la circulación de corriente en un sentido (directo) e impedirla en sentido contrario (inverso). La tensión para la cual un diodo comienza a conducir se llama *tensión umbral*. Dicha tensión puede aproximarse a un valor de 0,7 V en un diodo de silicio.

Circuitos Electrónicos: El diodo

Diodo polarizado en sentido directo

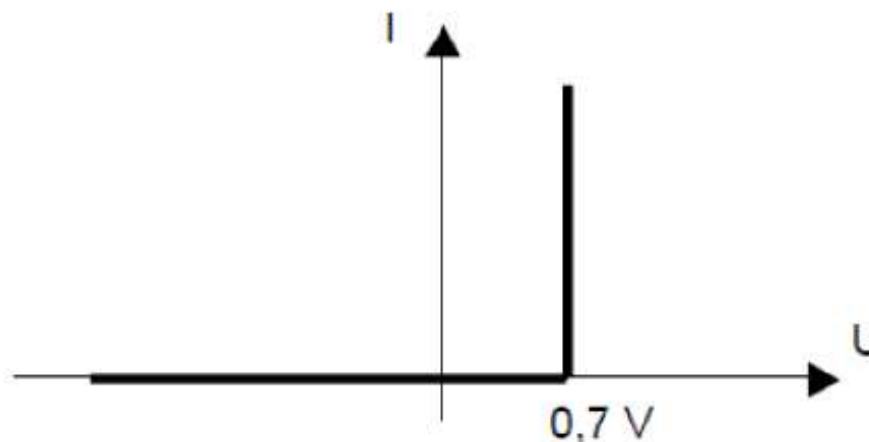


Diodo polarizado en sentido inverso



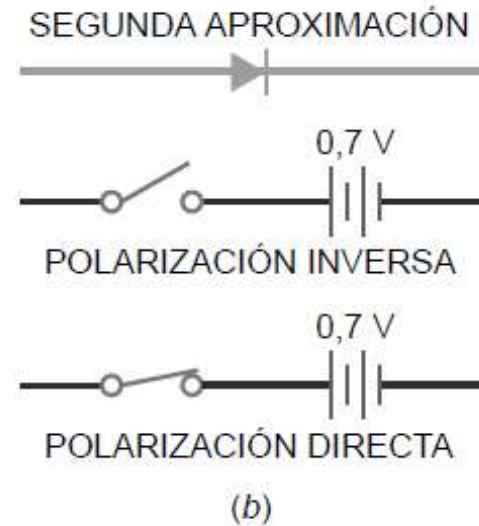
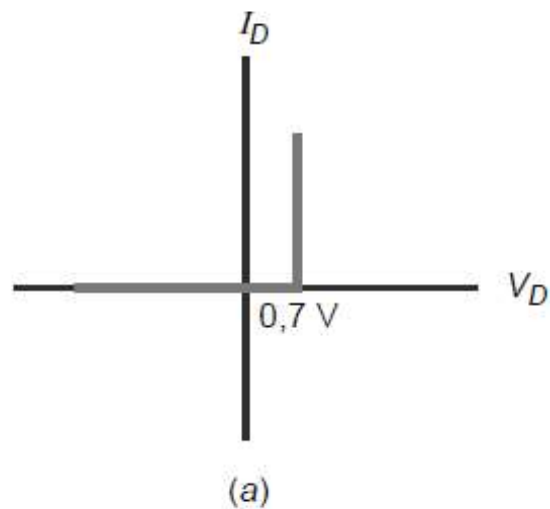
Característica V-A

La gráfica de la derecha muestra la característica V-A de un diodo ideal. El dibujo indica que no hay corriente hasta que aparecen 0,7 V en el diodo. En este punto, el diodo comienza a conducir. De ahí en adelante sólo caerán 0,7 V en el diodo, *independientemente* del valor de la corriente.



Circuitos Electrónicos: El diodo

Modelo: 2da Aproximación



Por otro lado, cuando la tensión Thevenin es menor que 0.7 V, el interruptor se abre. En este caso, no circulará corriente a través del diodo.

Ejemplo

Un diodo tiene una potencia máxima de 5 W. Si la tensión del diodo es de 1,2 V y su corriente es de 1,75 A. ¿Cuál es la disipación de potencia? ¿Se destruirá el diodo?

SOLUCIÓN

$$P_D = (1,2 \text{ V})(1,75 \text{ A}) = 2,1 \text{ W}$$

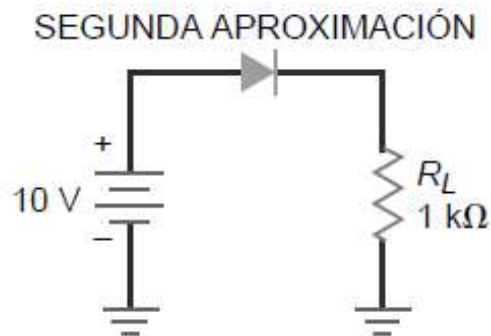
Es menor que la potencia máxima, por tanto, el diodo no se destruirá.

PROBLEMA PRÁCTICO Continuando con el Ejemplo 3.2, ¿cuál será la disipación de potencia si la tensión en el diodo es de 1,1 V y la corriente es de 2 A?

Ejemplo

Utilice la segunda aproximación para calcular la tensión en la carga, la corriente en la carga y la potencia del diodo en el circuito de la Figura .

Figura



SOLUCIÓN Puesto que el diodo está polarizado en directa, es equivalente a una batería de 0,7 V. Esto significa que la tensión en la carga es igual a la tensión de fuente menos la caída de tensión en el diodo:

$$V_L = 10 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 9,3 \text{ V}$$

Aplicando la ley de Ohm, obtenemos la corriente en la carga:

$$I_L = \frac{9,3 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 9,3 \text{ mA}$$

La potencia del diodo es:

$$P_D = (0,7 \text{ V})(9,3 \text{ mA}) = 6,51 \text{ mW}$$

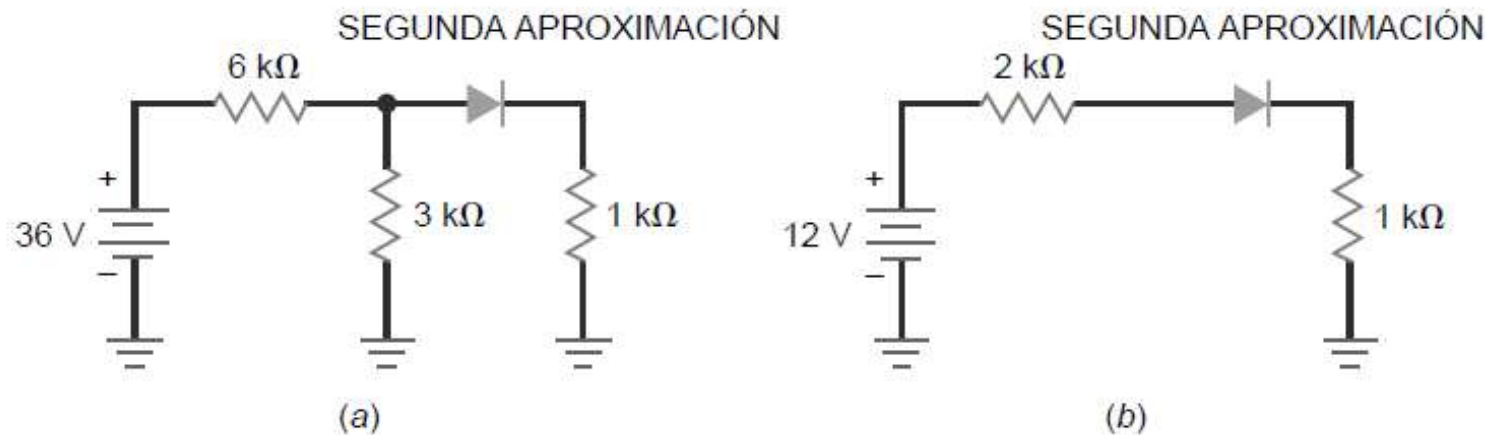
PROBLEMA PRÁCTICO

En el circuito de la Figura , cambie la tensión de la fuente a 5 V y calcule la nueva tensión en la carga y la potencia del diodo.

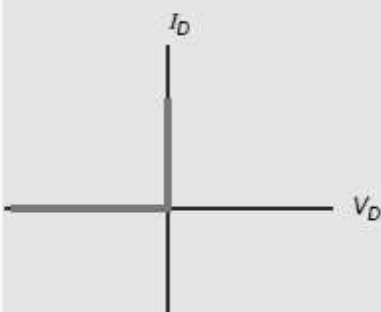
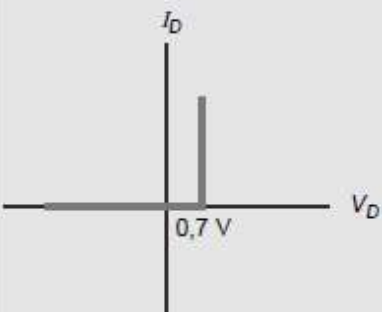
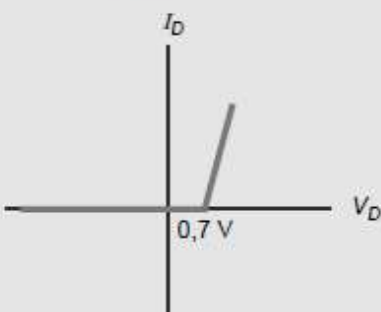
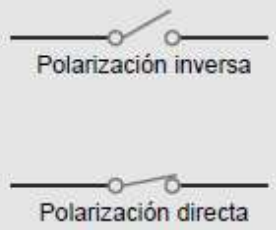
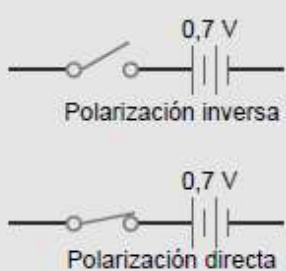
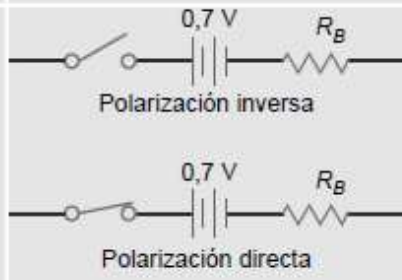
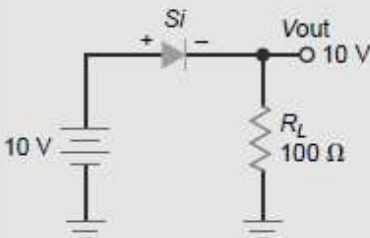
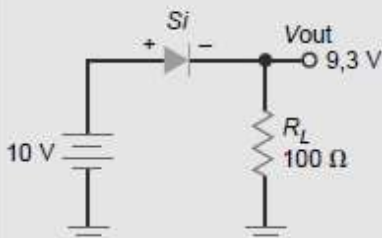
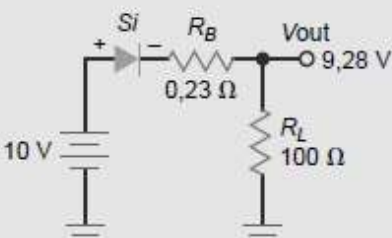
Ejemplo

Calcule la tensión en la carga, la corriente en la carga y la potencia del diodo en el circuito de la Figura (a) utilizando la segunda aproximación.

Figura (a) Circuito original. (b) Circuito simplificado utilizando el teorema de Thevenin.



Circuitos Electrónicos: El diodo

	Primera o ideal	Segunda o práctica	Tercera
Se usa en	Detección de averías o análisis rápidos	Análisis de nivel técnico	Análisis de alto nivel o de nivel de ingeniería
Curva del diodo			
Circuito equivalente	 Polarización inversa Polarización directa	 0,7 V Polarización inversa 0,7 V Polarización directa	 0,7 V R_B Polarización inversa 0,7 V R_B Polarización directa
Ejemplo de circuito			

FIN de 1ra parte

