

Materiales semiconductores

Estructura del átomo

Cómo es bien sabido, el átomo está compuesto de núcleo que contiene subpartículas tales como el protón (con carga positiva) y los neutrones sin carga. En su periferia, orbitando alrededor del núcleo están los electrones con mucha menor masa que las partículas del núcleo (unas 2000 veces menor). Estos electrones pueden ser de dos tipos:

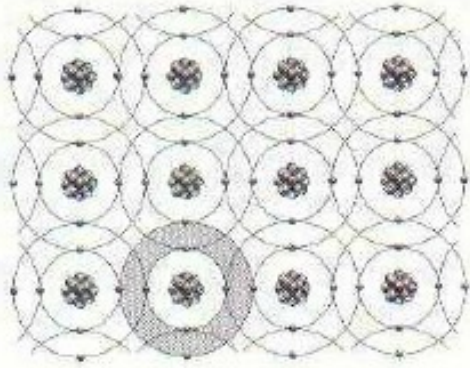
1. Electrones ligados al núcleo: orbitan capas interiores del átomo, cerca de este y muy difícilmente pueden escapar del mismo.
2. Electrones de valencia: orbitan en capas exteriores del átomo, en niveles superiores de energía y pueden escapar en determinadas condiciones del átomo. Del mismo modo, el átomo acepta en tales niveles electrones externos. Los electrones de valencia determinan las propiedades químicas de los materiales.

Son los electrones de valencia los que determinan también las propiedades eléctricas de un material y así tenemos:

1. Materiales conductores (metales): Los metales tienen estructura cristalina, esto es, los núcleos de los átomos que componen un metal están perfectamente ordenados y los electrones de valencia de los mismos están tan débilmente atados a sus respectivos átomos que cada uno de ellos es compartido por todos los átomos de la estructura. Es por ello que en el metal se forma una nube electrónica cuyos electrones son compartidos por toda la estructura y ninguno de ellos está atado particularmente alguno de los átomos.
2. Material aislante: Los electrones de valencia están ligados fuertemente a sus respectivos núcleos atómicos. Los electrones de uno de sus átomos no son compartidos con otros átomos.
3. Materiales semiconductores: Estos materiales se comportan como aislantes a bajas temperaturas pero a temperaturas más altas se comportan como conductores. La razón de esto es que los electrones de valencia están ligeramente ligados a sus respectivos núcleos atómicos, pero no lo suficiente, pues al añadir energía elevando la temperatura son capaces de abandonar el átomo para circular por la red atómica del material. En cuanto un electrón abandona un átomo, en su lugar deja un hueco que puede ser ocupado por otro electrón que estaba circulando por la red.

Los materiales semiconductores más conocidos son: Silicio (Si) y Germanio (Ge), los cuales poseen cuatro electrones de valencia en su último nivel. Por otra parte, hay que decir que tales materiales forman también estructura cristalina.

Hay que destacar que, para añadir energía al material semiconductor, además de calor, también se puede emplear luz



9.1 Representación gráfica de la estructura atómica del germanio o del silicio. Cada átomo utiliza para su estabilidad cuatro electrones de los átomos adyacentes.

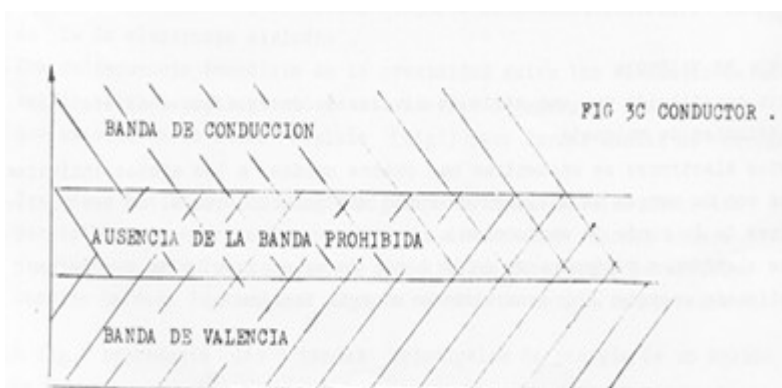
Teoría de bandas

Esta teoría explica el comportamiento de los materiales al paso de la corriente desde una perspectiva más científica.

Definimos **Banda de Valencia (BV)** al conjunto de energía que poseen los electrones de valencia.

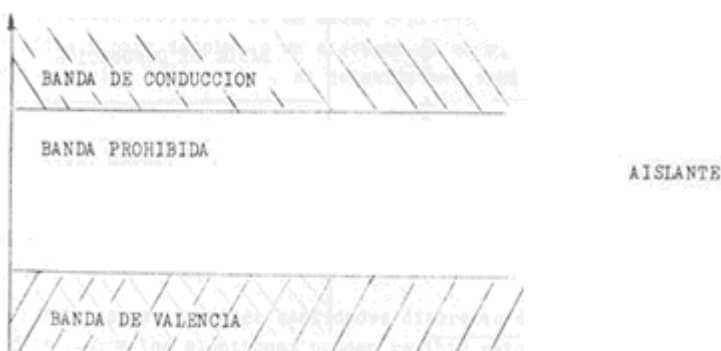
Definimos **Banda de Conducción (BC)** al conjunto de energía que poseen los electrones para desligarse de sus átomos. Los electrones que estén en esta banda pueden circular por el material si existe una tensión eléctrica que los empuje entre dos puntos.

En base a estos dos conceptos tenemos tres casos:



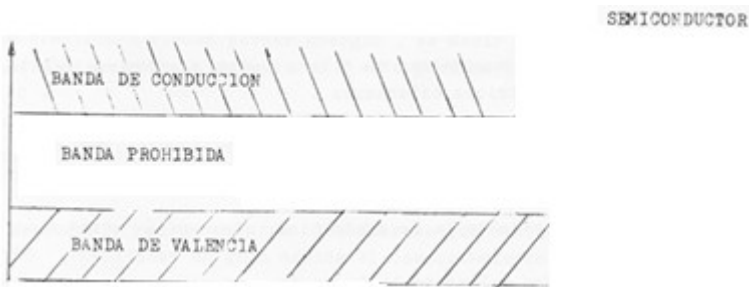
con opción de circular por el medio.

- **Conductor:** En este caso la Energía de la banda de valencia es mayor que la de los electrones de la banda de conducción. Así pues, las bandas se superponen y muchos electrones de valencia se sitúan sobre la de conducción con suma facilidad y, por lo tanto



- **Aislante:** En este caso la energía de la banda de conducción es mucho mayor que la energía de la banda de valencia. En este caso, existe una brecha entre la banda de valencia y la de conducción de modo que, los electrones de valencia no pueden acceder a la **banda de conducción que estará**

vacía. Es por ello que el aislante no conduce. Sólo a temperaturas muy altas, estos materiales son conductores.



1. **Semiconductores:** En este caso, la banda de conducción sigue siendo mayor que la banda de valencia, pero la brecha entre ambas es mucho más pequeña, de modo que, con un incremento pequeño de energía, los

electrones de valencia saltan a la banda de conducción y puede circular por el medio. Cuando un electrón salta desde la banda de valencia a la de conducción deja un hueco en la banda de valencia que, aunque parezca extraño, también se considera portador de corriente eléctrica.

En resumen: en los semiconductores hay dos tipos de portadores de corriente eléctrica:

- Los electrones: con carga negativa
- Los huecos con carga positiva.

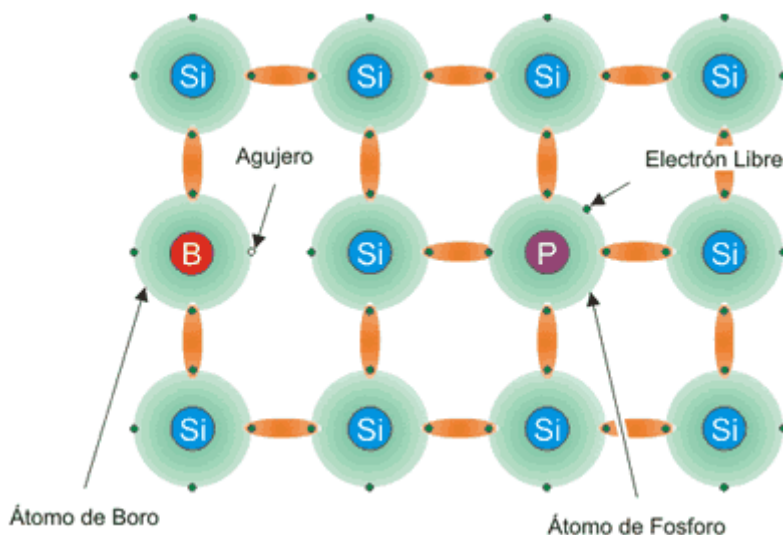
A los materiales semiconductores puros se les conoce como semiconductores intrínsecos.

Semiconductores extrínsecos

Son materiales semiconductores puros contaminados con impurezas en mínimas proporciones (una partícula entre un millón). A este proceso de contaminación se le denomina dopaje.

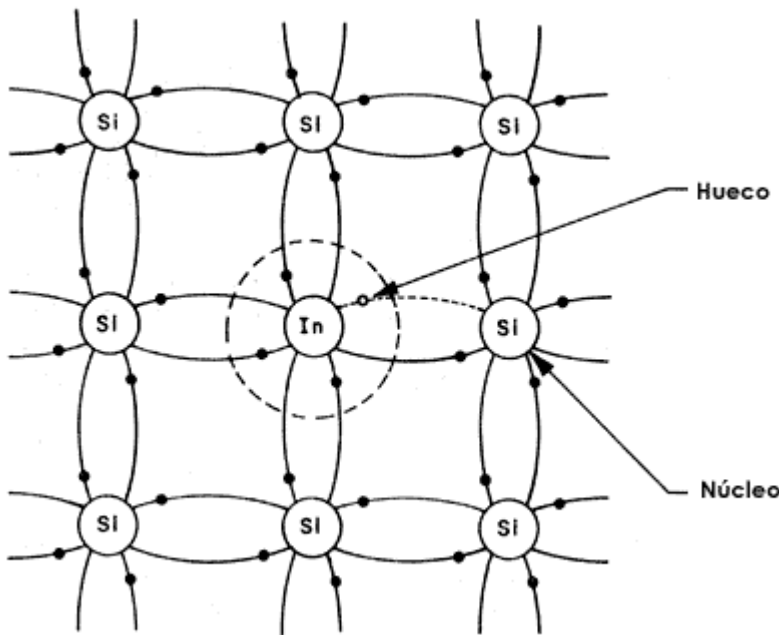
Según el tipo de dopaje que se le realice al material existen dos tipos:

- Tipo N: En este caso se contamina el material con átomos de valencia 5, como son Fósforo (P), Arsénico (As) o Antimonio (Sb). Al introducirlos, fuerza al quinto electrón de este átomo a vagar por el material semiconductor, pues no encuentra un lugar estable en el que situarse. Al conjunto de estos electrones se les llama electrones mayoritarios.



Al material tipo N se le denomina también donador de electrones.

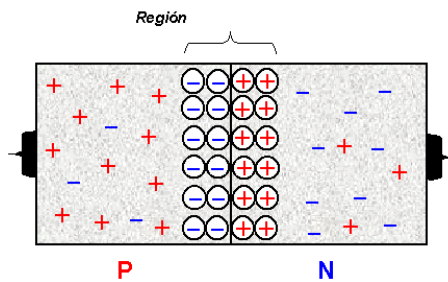
- Tipo P: En este caso se contamina el material semiconductor con átomos de valencia 3, como son Boro (B), Galio (Ga) o Indio (In). Si se introduce este átomo en el material, queda un hueco donde debería ir un electrón. Este hueco se mueve fácilmente por la estructura como si fuese un portador de carga positiva. En este caso, los huecos son portadores mayoritarios.



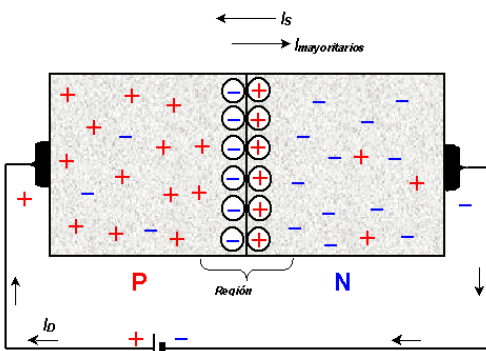
Al material tipo P se le denomina donador de huecos (o aceptador de electrones).

Resumen: Los semiconductores tipo N tienen exceso de portadores de carga negativos (electrones) y los semiconductores tipo P tienen exceso de portadores de carga positiva (huecos).

El diodo



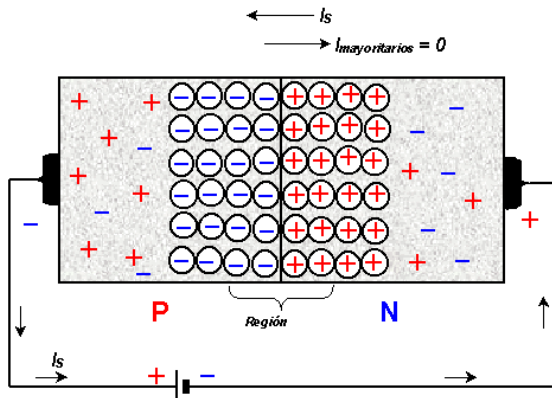
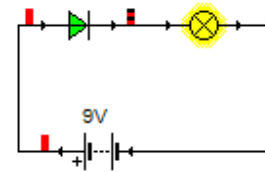
El diodo es un componente electrónico que consiste simplemente en la unión de dos cristales semiconductores extrínsecos, uno tipo N y otro tipo P. Al unirlos, parte del exceso de electrones del tipo N pasa al cristal tipo P, y parte de los huecos del tipo P pasan al cristal tipo N. Creándose en la unión una franja llamada zona de transición que tiene un campo eléctrico que se comporta como una barrera que se opone al paso de más electrones desde la zona N hacia la zona P y de huecos desde la zona P a la zona N.



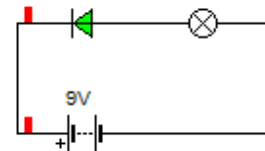
¿Qué pasaría si se conecta un diodo a una pila? Pueden ocurrir dos casos:

- Polarización **directa**: En este caso se conecta el polo positivo al cristal P y el polo negativo al cristal N. Esto hace que la zona

de transición se haga mucho más estrecha, rompiendo la barrera y permitiendo libremente el paso de la corriente. En este caso, **el diodo conduce**.

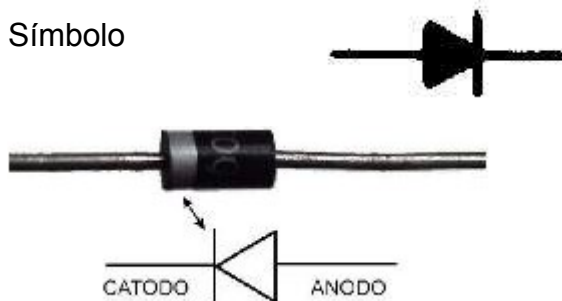


- Polarización **inversa**: En este caso el polo positivo se conecta al cristal N y el polo negativo al cristal P. Esto hace que la zona de transición se haga mucho más ancha, reforzando la barrera que impide el paso de la corriente. En este caso **el diodo no conduce**.



En resumen: un diodo es tal que permite el paso de la corriente en un sentido (cuando tiene polarización directa) y no lo permite en el otro sentido (polarización inversa).

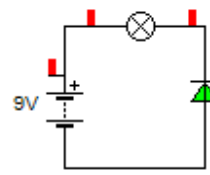
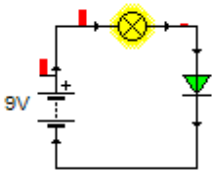
Símbolo



El contacto que se corresponde con el cristal semiconductor tipo P se llama ánodo (terminal positivo) y se simboliza con un pequeño triángulo y el cristal semiconductor tipo N se llama cátodo (terminal negativo) y se simboliza con una pequeña línea vertical.

Los diodos vienen forrados de una cápsula de plástico (normalmente negra) y un anillo de color blanco que indica el cátodo.

Ejemplo de funcionamiento:

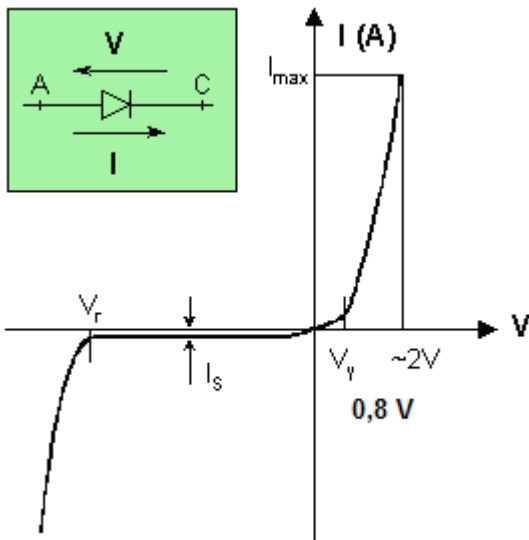


En el primer circuito tenemos un ejemplo en el que se muestra un diodo con polarización directa: en este caso, deja pasar la corriente porque el ánodo está conectado al polo positivo y el cátodo al polo negativo. Es por eso que la lámpara funcionaría.

En el segundo circuito tenemos un ejemplo en el que se muestra un diodo con polarización inversa: en este caso, deja pasar la corriente porque el cátodo está conectado al polo negativo y el ánodo al polo positivo. Es por eso que la lámpara no funcionaría.

Curvas características

Cada modelo de diodo que da un fabricante tiene asociada la llamada curva característica, que mide la intensidad de corriente que atraviesa el diodo en función de la tensión que hay entre los dos extremos de la misma. La curva presenta dos regiones:



1. Polarización directa (Tensión positiva): Se corresponde con la zona derecha de la gráfica según el eje de tensión (V). De entrada el diodo no empieza a conducir, pero cuando alcanza cierto valor (de 0,3 a 0,8 V según modelo) conduce con facilidad, ofreciendo una resistencia mínima al paso de la corriente. Esta tensión a partir de la cual conduce el diodo en polarización directa se llama tensión umbral (V_V). En la gráfica $V_V = 0,8 \text{ V}$.

2. Polarización inversa (tensión negativa): En este caso, ya se dijo que el diodo no deja pasar la corriente. Se corresponde con la zona izquierda de la gráfica según el eje de tensión (V). En realidad, si la tensión es muy elevada, el diodo si deja pasar la corriente. Este valor de tensión se llama tensión de ruptura (V_r). Normalmente $V_r = 50 \text{ V}$

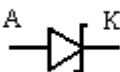
Resumen:

- El diodo actúa como un interruptor cerrado en polarización directa (deja pasar corriente) y como un interruptor abierto en polarización inversa (no deja pasar corriente).

- En realidad, el diodo sólo deja pasar la corriente en directa sólo si se supera la tensión umbral (que es pequeña)
- El diodo, en principio, no deja pasar la corriente en inversa, pero la realidad es que a partir de la tensión de ruptura (que es alta) deja pasarla

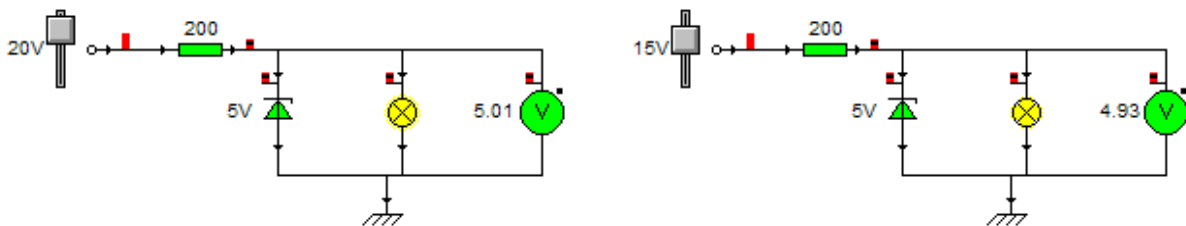
Tipos de diodos

- Diodo Zéner: (de avalancha o ruptura): Es un diodo especialmente diseñado para trabajar siempre en inversa. Se usa para estabilizar la tensión.

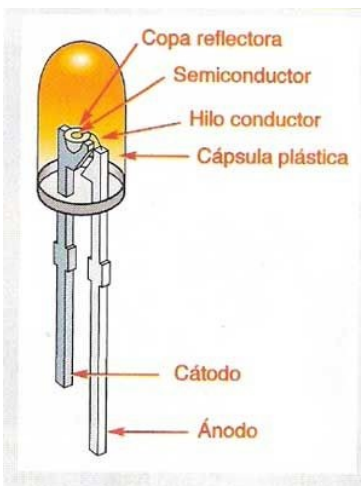
Símbolo: 

Los **diodos Zener** mantienen la tensión entre sus terminales prácticamente constante en un amplio rango de [intensidad](#)

Eligiendo la [resistencia](#) R y las características del diodo, se puede lograr que la tensión de la bombilla permanezca prácticamente constante dentro de unos límites.



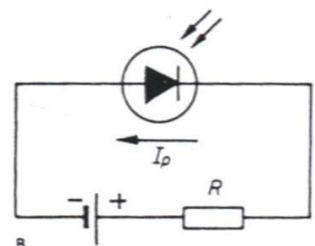
Fíjate en estos circuitos: aunque el primer circuito tiene una batería de 20 V en serie con una resistencia de 200 ohmios y en el segundo caso tenemos una batería con mucho menos voltaje (15 V) con la misma resistencia, la tensión que soporta la pila apenas ha variado (léase el voltímetro). Esto es gracias al diodo zéner.



- Diodo LED: diodo emisor de luz. El cátodo (+) es el contacto de menor longitud que el ánodo (-).



- Fotodiodo: Al incidir luz sobre el diodo, se incrementa la circulación de corriente en inversa.



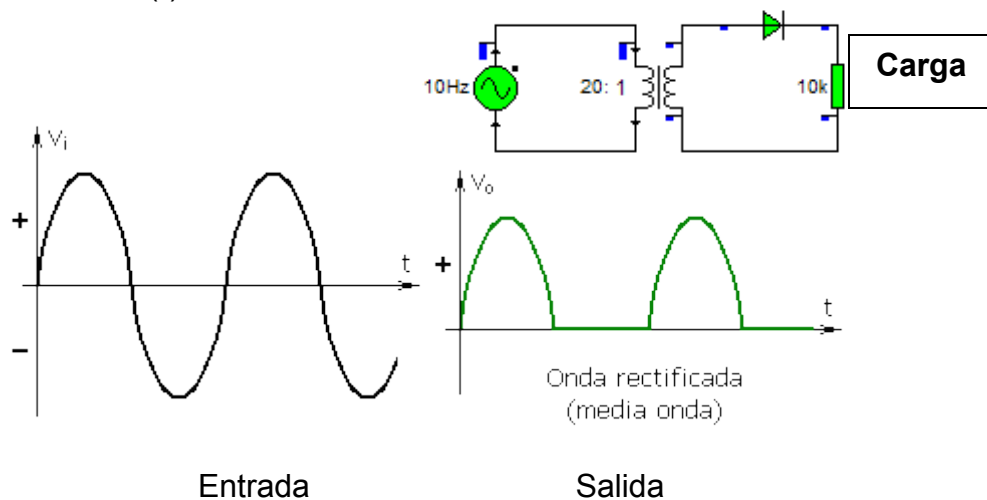
Aplicaciones del diodo

Las aplicaciones del diodo son múltiples. Sin embargo, la aplicación más conocida e importante es la que lo emplea como rectificador. Un rectificador es un sistema capaz de convertir una señal de entrada alterna senoidal en otra que tenga el mismo sentido, paso previo para convertir corriente alterna en continua. Antes de rectificar la corriente, se emplea un transformador que reduce el valor de la tensión.

Ejemplos:

- Rectificador de media onda:

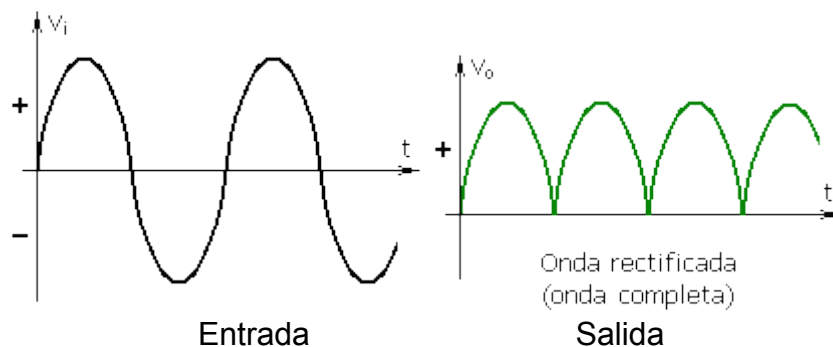
Es un rectificador que consta de un solo diodo, el cual sólo deja pasar media onda de la señal alterna. Así, se elimina la parte negativa de la onda alterna. Esto se debe a que el diodo sólo permite el paso de la corriente si está polarizado directamente. Esto es, si la corriente sigue el sentido del ánodo (+) al cátodo (-).



Inconveniente: Se pierde la mitad de la potencia del generador.

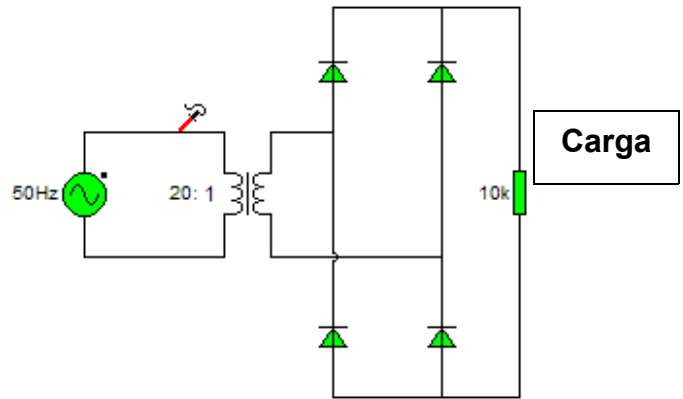
- Rectificador de onda completa

Un **Rectificador de onda completa** es un circuito empleado para convertir una señal de corriente alterna de entrada (V_i) en corriente continua de salida (V_o) pulsante. A diferencia del rectificador de media onda, en este caso, la parte negativa de la señal se convierte en positiva o bien la parte positiva de la señal se convertirá en negativa, según se necesite una señal positiva o negativa de corriente continua.

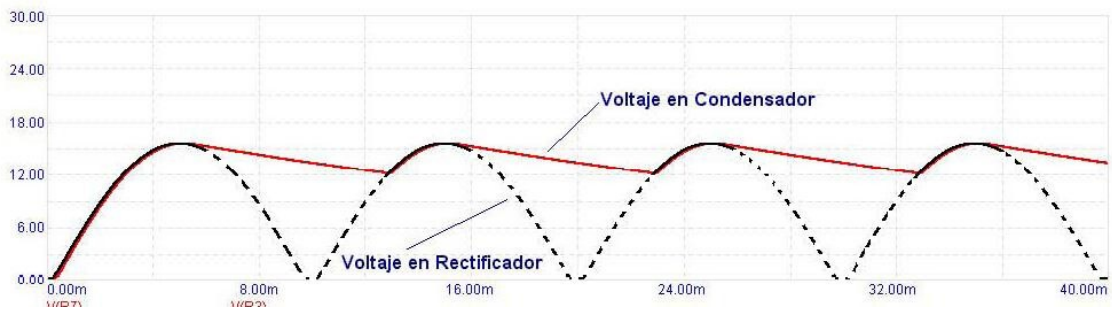
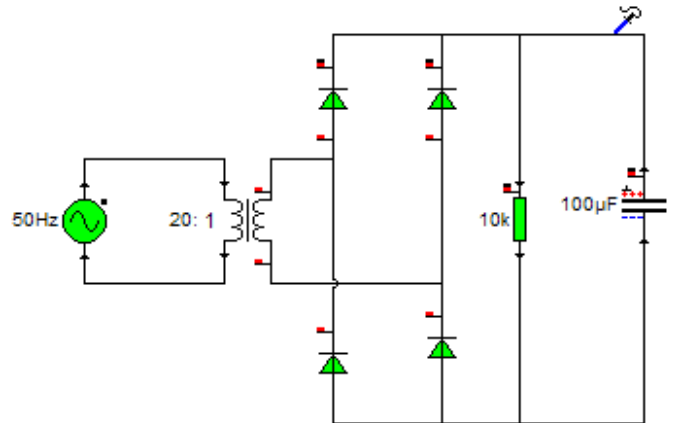


Hay varios rectificadores de onda completa, pero el más conocido es el puente rectificador o puente de Graetz.

En este caso se emplean cuatro diodos tras el transformador.

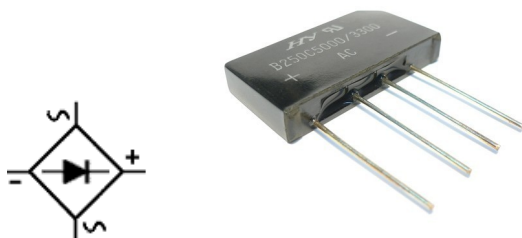


Pero como se puede comprobar en el gráfico anterior, la señal de salida es pulsante y lo que se busca es una señal continua. Para eso se debe filtrar la señal con condensadores.



El voltaje en condensador sería aquel que tiene a la salida del rectificador. Fíjate que la señal no es del todo continua, pero se puede dar por continua en la práctica.

Hoy en día los fabricantes han integrado en un mismo componente los cuatro diodos y el condensador formando lo que se llama **puente rectificador** que tiene cuatro contactos: dos conectados a la salida del transformador (contactos de corriente alterna) y los otros dos actuando como polos en corriente continua (positivo y negativo). Su símbolo es...



Aspecto real (obsérvese los cuatro contactos)