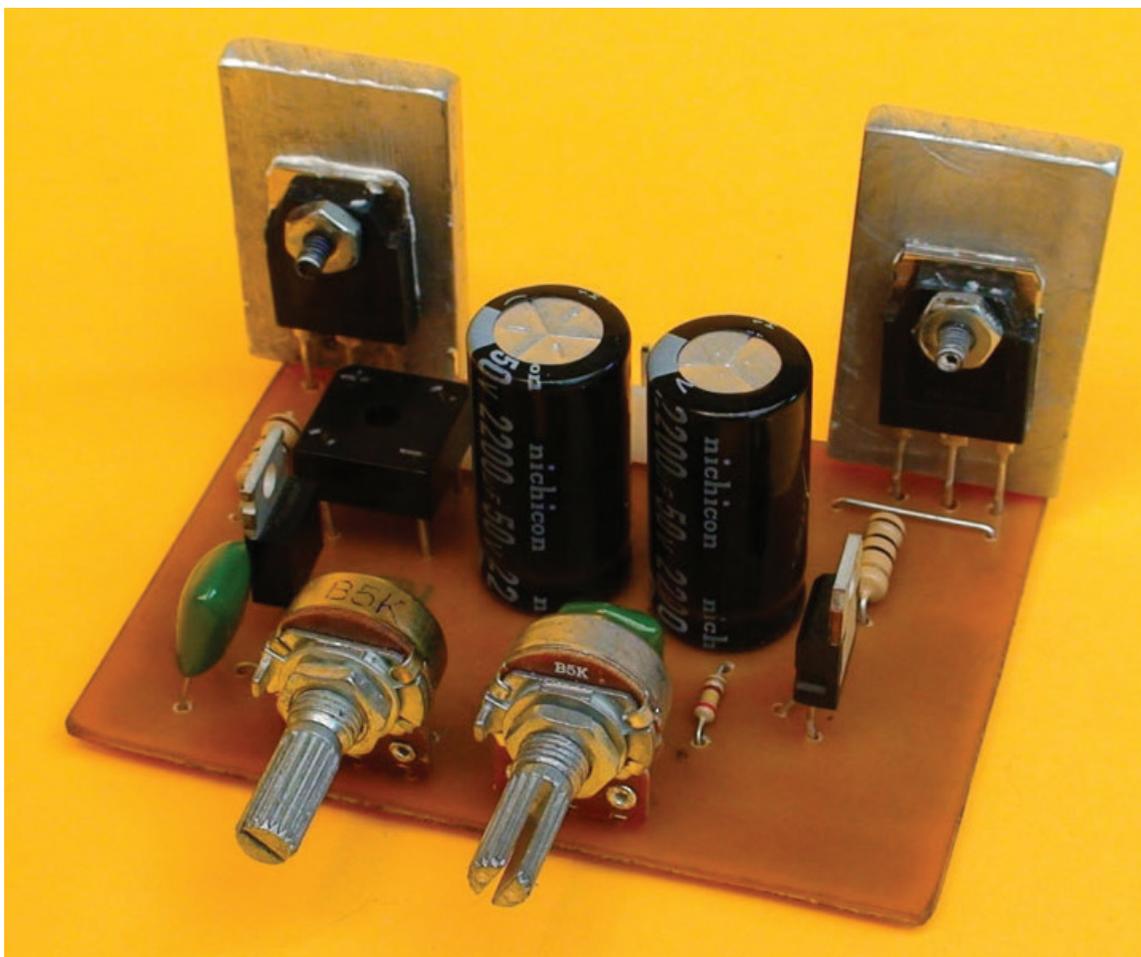


Instituto Técnico
Superior de
Electricidad



Reconocido por el Ministerio de Educación y Ciencias - Resolución N° 391/04

Electrónica Básica



Copyright © 2023 | Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción total o parcial.
Manual preparado por el Instituto Técnico Superior de Electricidad (ITC).

COMPONENTES ELECTRONICOS

BATERIA

Se denomina batería, batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente acumulador, al dispositivo que almacena energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos y que posteriormente la devuelve casi en su totalidad; este ciclo puede repetirse por un determinado número de veces. Se trata de un generador eléctrico secundario; es decir, un generador que no puede funcionar sin que se le haya suministrado electricidad previamente, mediante lo que se denomina proceso de carga.



CONDENSADOR CERAMICO



Son los cerámicos más corrientes. Sus valores de capacidad están comprendidos entre 0.5 pF y 47 nF.

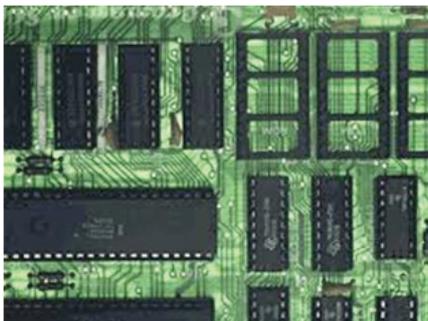
En ocasiones llevan sus datos impresos en forma de bandas de color.

CONDENSADOR ELECTROLITICO

Un condensador electrolítico es un tipo de condensador que usa un líquido iónico conductor como una de sus placas. Típicamente con más capacidad por unidad de volumen que otros tipos de condensadores, son valiosos en circuitos eléctricos con relativa alta corriente y baja frecuencia. Este es especialmente el caso en los filtros de alimentadores de corriente, donde se usan para almacenar la carga, y moderar el voltaje de salida y las fluctuaciones de corriente en la salida rectificada. También son muy usados en los circuitos que deben conducir corriente continua pero no corriente alterna.



CIRCUITO INTEGRADO



Un circuito integrado (CI), también conocido como chip o microchip, es una pastilla pequeña de material semiconductor, de algunos milímetros cuadrados de área, sobre la que se fabrican circuitos electrónicos generalmente mediante fotolitografía y que está protegida dentro de un encapsulado de plástico o cerámica. El encapsulado posee conductores metálicos apropiados para hacer conexión entre la pastilla y un circuito impreso.

DIODO

Es un dispositivo que permite el paso de corriente en una sola dirección. Puede compararse el diodo con una calle de una sola vía. El cátodo se indica con una banda que rodea el cuerpo del diodo



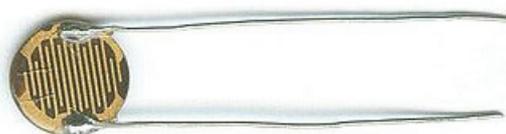
LED



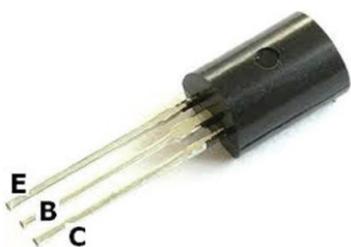
Un diodo semiconductor que emite luz. Se usan como indicadores en muchos dispositivos, y cada vez con mucha más frecuencia, en iluminación. Presentado como un componente electrónico en 1962, los primeros LEDs emitían luz roja de baja intensidad, pero los dispositivos actuales emiten luz de alto brillo en el espectro infrarrojo, visible y ultravioleta. Cuando un LED se encuentra en polarización directa, los electrones pueden recombinarse con los huecos en el dispositivo, liberando energía en forma de fotones. Este efecto es llamado electroluminiscencia y el color de la luz (correspondiente a la energía del fotón) se determina a partir de la banda de energía del semiconductor. Por lo general, el área de un LED es muy pequeña (menor a 1 mm^2), y se pueden usar componentes ópticos integrados para formar su patrón de radiación.

FOTOCELDA

Una fotorresistencia es un componente electrónico cuya resistencia disminuye con el aumento de intensidad de luz incidente. Puede también ser llamado fotorresistor, fotoconductor, célula fotoeléctrica o resistor dependiente de la luz, cuya sigla, LDR, se originan de su nombre en inglés light-dependent resistor. Su cuerpo está formado por una célula o celda y dos patillas. En la siguiente imagen se muestra su símbolo eléctrico.



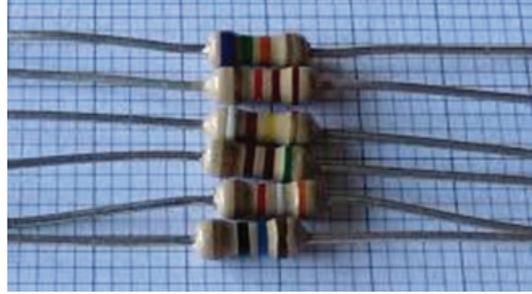
TRANSISTOR



El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. El término «transistor» es la contracción en inglés de transfer resistor («resistencia de transferencia»). Actualmente se encuentran prácticamente en todos los aparatos electrónicos de uso diario: radios, televisores, reproductores de audio y video, relojes de cuarzo, computadoras, lámparas fluorescentes, tomógrafos, teléfonos celulares, etc.

RESISTENCIA

La resistencia eléctrica de un objeto es una medida de su oposición al paso de corriente. Descubierta por Georg Ohm en 1827, la resistencia eléctrica tiene un parecido conceptual a la fricción en la física mecánica. La unidad de la resistencia en el Sistema Internacional de Unidades es el ohmio (Ω). Para su medición en la práctica existen diversos métodos, entre los que se encuentra el uso de un ohmímetro. Además, su cantidad recíproca es la conductancia, medida en Siemens.



POTENCIOMETRO



Un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia es variable. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie.

Normalmente, los potenciómetros se utilizan en circuitos de poca corriente. Para circuitos de corrientes mayores, se utilizan los reóstatos, que pueden disipar más potencia.

INTERRUPTOR

Un interruptor eléctrico es en su acepción más básica un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno sus tipos y aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende un bombillo, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas controlado por computadora. Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen mediante un actuante para permitir que la corriente circule. El actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.



SCR



Los rectificadores controlados de silicio SCR se emplea como dispositivo de control. El rectificador controlado de silicio SCR, es un semi conductor que presenta dos estados estables: en uno conduce, y en otro está en corte (bloqueo directo, bloqueo inverso y conducción directa). El objetivo del rectificador controlado de silicio SCR es retardar la entrada en conducción del mismo, ya que como se sabe, un rectificador controlado de silicio SCR se hace conductor no sólo cuando la tensión en sus bornes se hace positiva (tensión de ánodo mayor que tensión de cátodo), sino cuando siendo esta tensión positiva, se envía un impulso de cebado a puerta.

CARACTERISTICAS Y FUNCIONAMIENTO DEL DIODO

DIODO

Un diodo es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido. Este término generalmente se usa para referirse al diodo semiconductor, el más común en la actualidad; consta de una pieza de cristal semiconductor conectada a dos terminales eléctricos.

De forma simplificada, la curva característica de un diodo (I-V) consta de dos regiones: por debajo de cierta diferencia de potencial, se comporta como un circuito abierto (no conduce), y por encima de ella como un circuito cerrado con una resistencia eléctrica muy pequeña. Debido a este comportamiento, se les suele denominar rectificadores, ya que son dispositivos capaces de suprimir la parte negativa de cualquier señal, como paso inicial para convertir una corriente alterna en corriente continua.



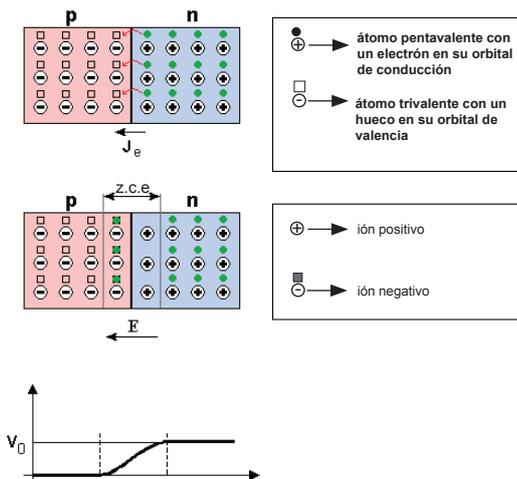
Tipo: Semiconductor

Símbolo electrónico



Configuración: Ánodo y Cátodo

DIODO SEMICONDUCTOR



Un diodo semiconductor moderno está hecho de cristal semiconductor como el silicio con impurezas en él para crear una región que contenga portadores de carga negativa (electrones), llamada semiconductor de tipo n, y una región en el otro lado que contenga portadores de carga positiva (huecos), llamada semiconductor tipo p. Las terminales del diodo se unen a cada región. El límite dentro del cristal de estas dos regiones, llamado una unión PN, es donde la importancia del diodo toma su lugar. El cristal conduce una corriente de electrones del lado n (llamado cátodo), pero no en la dirección opuesta; es decir, cuando una corriente convencional fluye del ánodo al cátodo (opuesto al flujo de los electrones).

Al unir ambos cristales, se manifiesta una difusión de electrones del cristal n al p (J_e). Al establecerse una corriente de difusión, aparecen cargas fijas en una zona a ambos lados de la unión, zona que recibe el nombre de región de agotamiento. A medida que progresa el proceso de difusión, la región de agotamiento va incrementando su anchura profundizando en los cristales a ambos lados de la unión. Sin embargo, la acumulación de iones positivos en la zona n y de iones negativos en la zona p, crea un campo eléctrico (E) que actuará sobre los electrones libres de la zona n con una determinada fuerza de desplazamiento, que se opondrá a la corriente de electrones y terminará deteniéndolos.

Este campo eléctrico es equivalente a decir que aparece una diferencia de tensión

entre las zonas p y n. Esta diferencia de potencial (VD) es de 0,7 V en el caso del silicio y 0,3 V para los cristales de germanio. La anchura de la región de agotamiento una vez alcanzado el equilibrio, suele ser del orden de 0,5 micras pero cuando uno de los cristales está mucho más dopado que el otro, la zona de carga espacial es mucho mayor. Cuando se somete al diodo a una diferencia de tensión externa, se dice que el diodo está polarizado, pudiendo ser la polarización directa o inversa.

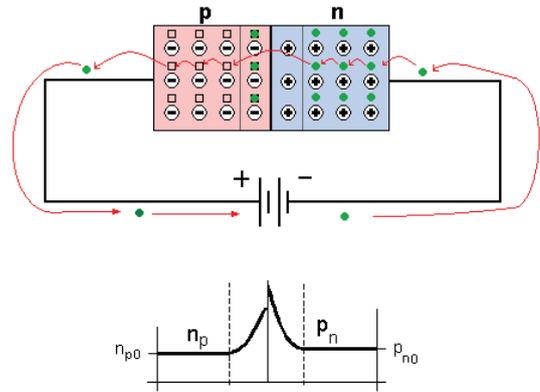
POLARIZACION DIRECTA DE UN DIODO

En este caso, la batería disminuye la barrera de potencial de la zona de carga espacial, permitiendo el paso de la corriente de electrones a través de la unión; es decir, el diodo polarizado directamente conduce la electricidad.

Para que un diodo esté polarizado directamente, se debe conectar el polo positivo de la batería al ánodo del diodo y el polo negativo al cátodo. En estas condiciones podemos observar que:

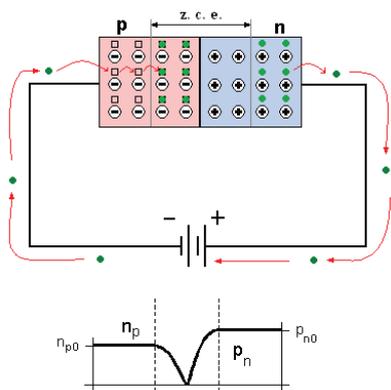
- El polo negativo de la batería repele los electrones libres del cristal n, con lo que estos electrones se dirigen hacia la unión p-n.
- El polo positivo de la batería atrae a los electrones de valencia del cristal p, esto es equivalente a decir que empuja a los huecos hacia la unión p-n.
- Cuando la diferencia de potencial entre los bornes de la batería es mayor que la diferencia de potencial en la zona de carga espacial, los electrones libres del cristal n, adquieren la energía suficiente para saltar a los huecos del cristal p, los cuales previamente se han desplazado hacia la unión p-n.
- Una vez que un electrón libre de la zona n salta a la zona p atravesando la zona de carga espacial, cae en uno de los múltiples huecos de la zona p convirtiéndose en electrón de valencia. Una vez ocurrido esto el electrón es atraído por el polo positivo de la batería y se desplaza de átomo en átomo hasta llegar al final del cristal p, desde el cual se introduce en el hilo conductor y llega hasta la batería.

De este modo, con la batería cediendo electrones libres a la zona n y atrayendo electrones de valencia de la zona p, aparece a través del diodo una corriente eléctrica constante hasta el final.



Polarización directa del diodo pn.

POLARIZACION INVERSA DE UN DIODO



En este caso, el polo negativo de la batería se conecta a la zona p y el polo positivo a la zona n, lo que hace aumentar la zona de carga espacial, y la tensión en dicha zona hasta que se alcanza el valor de la tensión de la batería, tal y como se explica a continuación:

- El polo positivo de la batería atrae a los electrones libres de la zona n, los cuales salen del cristal n y se introducen en el conductor dentro del cual se desplazan hasta llegar a la batería. A medida que los electrones libres abandonan la zona n, los átomos pentavalentes que

Polarización inversa del diodo pn. antes eran neutros, al verse desprendidos de su

electrón en el orbital de conducción, adquieren estabilidad (8 electrones en la capa de valencia, ver semiconductor y átomo) y una carga eléctrica neta de +1, con lo que se convierten en iones positivos.

- El polo negativo de la batería cede electrones libres a los átomos trivalentes de la zona p. Recordemos que estos átomos sólo tienen 3 electrones de valencia, con lo que una vez que han formado los enlaces covalentes con los átomos de silicio, tienen solamente 7 electrones de valencia, siendo el electrón que falta el denominado hueco. El caso es que cuando los electrones libres cedidos por la batería entran en la zona p, caen dentro de estos huecos con lo que los átomos trivalentes adquieren estabilidad (8 electrones en su orbital de valencia) y una carga eléctrica neta de -1, convirtiéndose así en iones negativos.

- Este proceso se repite una y otra vez hasta que la zona de carga espacial adquiere el mismo potencial eléctrico que la batería.

En esta situación, el diodo no debería conducir la corriente; sin embargo, debido al efecto de la temperatura se formarán pares electrón-hueco (ver semiconductor) a ambos lados de la unión produciendo una pequeña corriente (del orden de $1 \mu\text{A}$) denominada corriente inversa de saturación. Además, existe también una denominada corriente superficial de fugas la cual, como su propio nombre indica, conduce una pequeña corriente por la superficie del diodo; ya que en la superficie, los átomos de silicio no están rodeados de suficientes átomos para realizar los cuatro enlaces covalentes necesarios para obtener estabilidad. Esto hace que los átomos de la superficie del diodo, tanto de la zona n como de la p, tengan huecos en su orbital de valencia con lo que los electrones circulan sin dificultad a través de ellos. No obstante, al igual que la corriente inversa de saturación, la corriente superficial de fuga es despreciable.

CURVA CARACTERISTICA DEL DIODO

- Tensión umbral, de codo o de partida (V_γ).

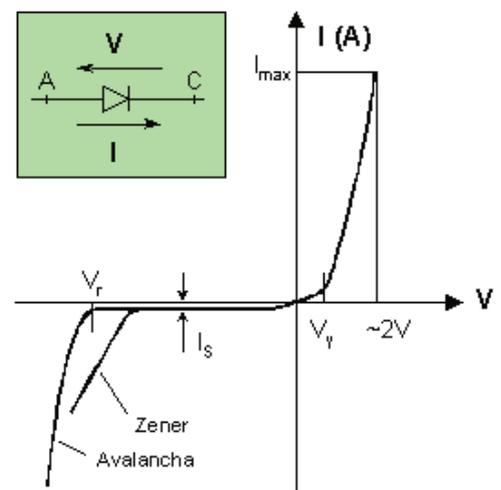
La tensión umbral (también llamada barrera de potencial) de polarización directa coincide en valor con la tensión de la zona de carga espacial del diodo no polarizado. Al polarizar directamente el diodo, la barrera de potencial inicial se va reduciendo, incrementando la corriente ligeramente, alrededor del 1% de la nominal. Sin embargo, cuando la tensión externa supera la tensión umbral, la barrera de potencial desaparece, de forma que para pequeños incrementos de tensión se producen grandes variaciones de la intensidad de corriente.

- **Corriente máxima (I_{max}).**

Es la intensidad de corriente máxima que puede conducir el diodo sin fundirse por el efecto Joule. Dado que es función de la cantidad de calor que puede disipar el diodo, depende sobre todo del diseño del mismo.

- **Corriente inversa de saturación (I_s).**

Es la pequeña corriente que se establece al polarizar inversamente el diodo por la formación de pares electrón-hueco debido a la temperatura, admitiéndose que se duplica por cada incremento de 10°C en la temperatura.



- **Corriente superficial de fugas.**

N

Es la pequeña corriente que circula por la superficie del diodo (ver polarización inversa), esta corriente es función de la tensión aplicada al diodo, con lo que al aumentar la tensión, aumenta la corriente superficial de fugas.

- **Tensión de ruptura (V_r).**

Es la tensión inversa máxima que el diodo puede soportar antes de darse el efecto avalancha.

Teóricamente, al polarizar inversamente el diodo, este conducirá la corriente inversa de saturación; en la realidad, a partir de un determinado valor de la tensión, en el diodo normal o de unión abrupta la ruptura se debe al efecto avalancha; no obstante hay otro tipo de diodos, como los Zener, en los que la ruptura puede deberse a dos efectos:

- **Efecto avalancha (diodos poco dopados).**

En polarización inversa se generan pares electrón-hueco que provocan la corriente inversa de saturación; si la tensión inversa es elevada los electrones se aceleran incrementando su energía cinética de forma que al chocar con electrones de valencia pueden provocar su salto a la banda de conducción. Estos electrones liberados, a su vez, se aceleran por efecto de la tensión, chocando con más electrones de valencia y liberándolos a su vez. El resultado es una avalancha de electrones que provoca una corriente grande. Este fenómeno se produce para valores de la tensión superiores a 6 V.

- **Efecto Zener (diodos muy dopados).**

Cuanto más dopado está el material, menor es la anchura de la zona de carga. Puesto que el campo eléctrico E puede expresarse como cociente de la tensión V entre la distancia d ; cuando el diodo esté muy dopado, y por tanto d sea pequeño, el campo eléctrico será grande, del orden de $3 \cdot 10^5$ V/cm. En estas condiciones, el propio campo puede ser capaz de arrancar electrones de valencia incrementándose la corriente. Este efecto se produce para tensiones de 4 V o menores.

Para tensiones inversas entre 4 y 6 V la ruptura de estos diodos especiales, como los Zener, se puede producir por ambos efectos.

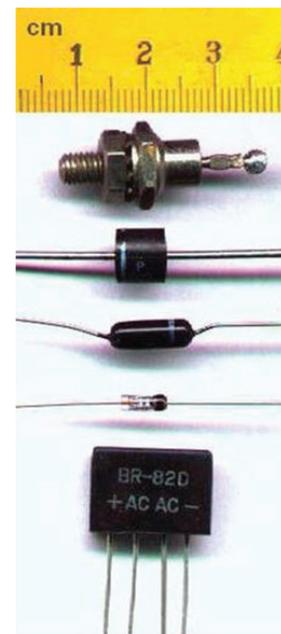
TIPOS DE DIODO SEMICONDUCTOR

Varios diodos semiconductores, abajo: un puente rectificador.

En la mayoría de los diodos, el terminal cátodo se indica pintando una franja blanca o negra.

Existen varios tipos de diodos, que pueden diferir en su aspecto físico, impurezas, uso de electrodos, que tienen características eléctricas particulares usados para una aplicación especial en un circuito.

- **Diodo avalancha:** Diodos que conducen en dirección contraria cuando el voltaje en inverso supera el voltaje de ruptura. Electricamente son similares a los diodos Zener, pero funciona bajo otro fenómeno, el efecto avalancha. Esto sucede cuando el campo eléctrico inverso que atraviesa la unión p-n produce una onda de ionización, similar a una avalancha, produciendo una corriente. Los diodos avalancha están diseñados para operar en un voltaje inverso definido sin que se destruya. La diferencia



entre el diodo avalancha (el cual tiene un voltaje de reversa de aproximadamente 6.2V) y el diodo zener es que el ancho del canal del primero excede la "libre asociación" de los electrones, por lo que se producen colisiones entre ellos en el camino. La única diferencia práctica es que los dos tienen coeficientes de temperatura de polaridades opuestas.

- **Diodo de Silicio:** Suelen tener un tamaño milimétrico y, alineados, constituyen detectores multicanal que permiten obtener espectros en milisegundos. Son menos sensibles que los fotomultiplicadores. Es un semiconductor de tipo p (con huecos) en contacto con un semiconductor de tipo n (electrones). La radiación comunica la energía para liberar los electrones que se desplazan hacia los huecos, estableciendo una corriente eléctrica proporcional a la potencia radiante.

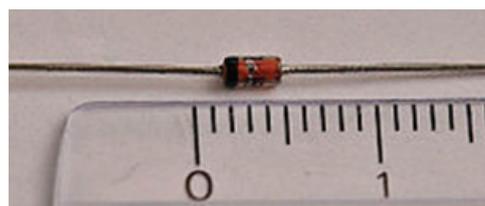
- **Diodo emisor de luz o LED** del acrónimo inglés, light-emitting diode: Es un diodo formado por un semiconductor con huecos en su banda de energía, tal como arseniuro de galio, los portadores de carga que cruzan la unión emiten fotones cuando se recombinan con los portadores mayoritarios en el otro lado. Dependiendo del material, la longitud de onda que se pueden producir varía desde el infrarrojo hasta longitudes de onda cercanas al ultravioleta. El potencial que admiten estos diodos dependen de la longitud de onda que ellos emiten: 2.1V corresponde al rojo, 4.0V al violeta. Los primeros ledes fueron rojos y amarillos. Los ledes blancos son en realidad combinaciones de tres ledes de diferente color o un led azul revestido con un centelleador amarillo. Los ledes también pueden usarse como fotodiodos de baja eficiencia en aplicaciones de señales. Un led puede usarse con un fotodiodo o fototransistor para formar un optoacoplador.

- **Fotodiodos:** Todos los semiconductores están sujetos a portadores de carga ópticos. Generalmente es un efecto no deseado, por lo que muchos de los semiconductores están empacados en materiales que bloquean el paso de la luz. Los fotodiodos tienen la función de ser sensibles a la luz (fotocelda), por lo que están empacados en materiales que permiten el paso de la luz y son por lo general PIN (tipo de diodo más sensible a la luz). Un fotodiodo puede usarse en celdas solares, en fotometría o en comunicación óptica. Varios fotodiodos pueden empacarse en un dispositivo como un arreglo lineal o como un arreglo de dos dimensiones. Estos arreglos no deben confundirse con los dispositivos de carga acoplada.

DIODO ZENER

El diodo Zener es un diodo de cromo¹ que se ha construido para que funcione en las zonas de rupturas, recibe ese nombre por su inventor, el Dr. Clarence Melvin Zener. El diodo Zener es la parte esencial de los reguladores de tensión casi constantes con independencia de que se presenten grandes variaciones de la tensión de red, de la resistencia de carga y temperatura.

Son mal llamados a veces diodos de avalancha, pues presentan comportamientos similares a estos, pero los mecanismos involucrados son diferentes. Además si el voltaje de la fuente es inferior a la del diodo éste no puede hacer su regulación característica.



Pequeño diodo Zener

Tipo: Semiconductor

Símbolo electrónico

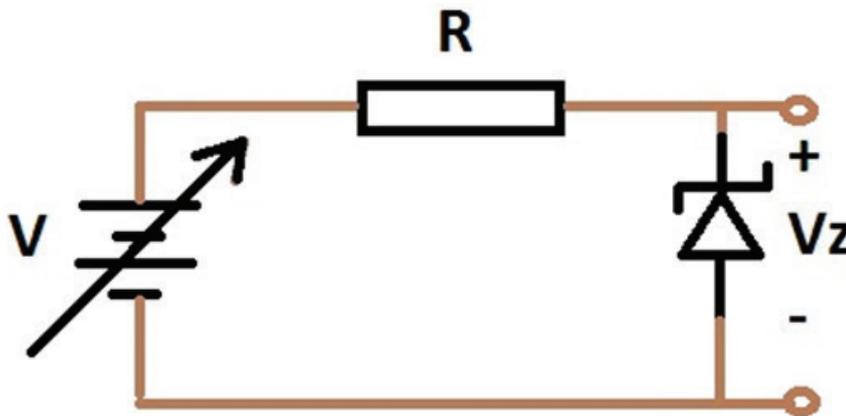


Configuración: Ánodo y Cátodo
(se polariza inversamente, con respecto al diodo convencional)

Características

Si a un diodo Zener se le aplica una corriente eléctrica del ánodo al cátodo (polarización directa) toma las características de un diodo rectificador básico (la mayoría de casos), pero si se le suministra corriente eléctrica de cátodo a ánodo (polarización inversa), el diodo sólo dejará pasar una tensión constante. No actúa como rectificador sino como un estabilizador de tensión

En conclusión: el diodo Zener debe ser polarizado al revés para que adopte su característica de regulador de tensión. En la siguiente figura se observa su uso como regulador de tensión:



Variando la tensión V a valores mayores que la tensión de ruptura del zener, V_z se mantiene constante. Su símbolo es como el de un diodo normal pero tiene dos terminales a los lados. Este diodo se comporta como un diodo convencional en condiciones de alta corriente porque cuando recibe demasiada corriente se quema.

LED



Ledes de 5 mm, de color rojo, verde y azul.

Tipo: pasivo optoelectrónico

Principio de funcionamiento: electroluminiscencia

Invencción: Nick Holonyak (1962).

Símbolo electrónico



Configuración: ánodo y cátodo

Un led1 (del acrónimo inglés LED, light-emitting diode: 'diodo emisor de luz'; el plural aceptado por la RAE es ledes2) es un componente optoelectrónico pasivo y, más concretamente, un diodo que emite luz.

Visión general

Los ledes se usan como indicadores en muchos dispositivos y en iluminación. Los primeros ledes emitían luz roja de baja intensidad, pero los dispositivos actuales emiten luz de alto brillo en el espectro infrarrojo, visible y ultravioleta.

Debido a su capacidad de operación a altas frecuencias, son también útiles en tecnologías avanzadas de comunicaciones y control. Los ledes infrarrojos también se usan en unidades de control remoto de muchos productos comerciales incluyendo equipos de audio y video.

Formas de determinar polaridad

Formas de determinar la polaridad de un led de inserción

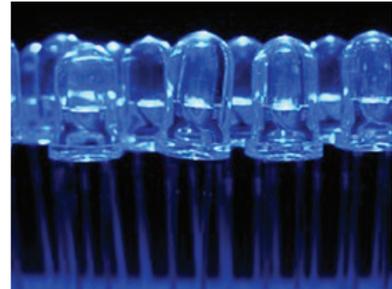
Existen tres formas principales de conocer la polaridad de un led:

- La pata más larga siempre va a ser el ánodo.
- En el lado del cátodo, la base del led tiene un borde plano.
- Dentro del led, la plaqueta indica el ánodo. Se puede reconocer porque es más pequeña que el yunque, que indica el cátodo.

Ventajas y desventajas

Ventajas

Los ledes presentan muchas ventajas sobre las fuentes de luz incandescente y fluorescente, tales como: el bajo consumo de energía, un mayor tiempo de vida, tamaño reducido, resistencia a las vibraciones, reducida emisión de calor, no contienen mercurio (el cual al exponerse en el medio ambiente es altamente nocivo), en comparación con la tecnología fluorescente, no crean campos magnéticos altos como la tecnología de inducción magnética, con



los cuales se crea mayor radiación residual hacia el ser humano; reducen ruidos en las líneas eléctricas, son especiales para utilizarse con sistemas fotovoltaicos (paneles solares) en comparación con cualquier otra tecnología actual; no les afecta el encendido intermitente (es decir pueden funcionar como luces estroboscópicas) y esto no reduce su vida promedio, son especiales para sistemas antiexplosión ya que cuentan con un material resistente, y en la mayoría de los colores (a excepción de los ledes azules), cuentan con un alto nivel de fiabilidad y duración.

Los ledes tienen la ventaja de poseer un tiempo de encendido muy corto (menor de 1 milisegundo) en comparación con las luminarias de alta potencia como lo son las luminarias de alta intensidad de vapor de sodio, aditivos metálicos, halogenuro o halogenadas y demás sistemas con tecnología incandescente.

La excelente variedad de colores en que se producen los ledes ha permitido el desarrollo de nuevas pantallas electrónicas de texto monocromáticas, bicolores, tricolores y RGB (pantallas a todo color) con la habilidad de reproducción de vídeo para fines publicitarios, informativos o para señalización.

Desventajas

Según un estudio reciente parece ser que los ledes que emiten una frecuencia de luz muy azul, pueden ser dañinos para la vista y provocar contaminación lumínica.⁴ Los ledes con la potencia suficiente para la iluminación de interiores son relativamente caros y requieren una corriente eléctrica más precisa, por su sistema electrónico para funcionar con voltaje alterno, y requieren de disipadores de calor cada vez más eficientes en comparación con las bombillas fluorescentes de potencia equiparable.

Funcionamiento

Cuando un led se encuentra en polarización directa, los electrones pueden recombinarse con los huecos en el dispositivo, liberando energía en forma de fotones. Este efecto es llamado electroluminiscencia y el color de la luz (correspondiente a la energía del fotón) se determina a partir de la banda de energía del semiconductor. Por lo

general, el área de un led es muy pequeña (menor a 1 mm²), y se pueden usar componentes ópticos integrados para formar su patrón de radiación. Comienza a lucir con una tensión de unos 2 Voltios.

Ledes rojos, verdes y amarillos

En los años sesenta el led se comenzó a producir industrialmente. Solo se podían construir de color rojo, verde y amarillo, con poca intensidad de luz y se limitaba su utilización a mandos a distancia (controles remotos) y electrodomésticos, como indicadores para señalar el encendido y apagado.

Ledes ultravioletas y azules

A finales de los años noventa se inventaron los ledes ultravioletas y azules.

Ledes blancos

Gracias a la invención de los ledes azules se dio el paso al desarrollo del led blanco, que es un led de luz azul con recubrimiento de fósforo que produce una luz amarilla. La mezcla del azul y el amarillo produce una luz blanquecina denominada «luz de luna» que consigue alta luminosidad (7 lúmenes unidad), con lo cual se ha logrado ampliar su utilización en otros sistemas de iluminación.

Aplicaciones

Los ledes en la actualidad se pueden acondicionar o incorporarse en un porcentaje mayor al 90 % a todas las tecnologías de iluminación actuales, casas, oficinas, industrias, edificios, restaurantes, arenas, teatros, plazas comerciales, gasolineras, calles y avenidas, estadios (en algunos casos por las dimensiones del estadio no es posible porque quedarían espacios oscuros), conciertos, discotecas, casinos, hoteles, carreteras, luces de tráfico o de semáforos, señalizaciones viales, universidades, colegios, escuelas, estacionamientos, aeropuertos, sistemas híbridos, celulares, pantallas de casa o domésticas, monitores, cámaras de vigilancia, supermercados, en transportes (bicicletas, motocicletas, automóviles, camiones tráiler, etc.), en linternas de mano, para crear pantallas electrónicas de led (tanto informativas como publicitarias) y para cuestiones arquitectónicas especiales o de arte culturales. Todas estas aplicaciones se dan gracias a su diseño compacto.



Ledes aplicados al automovilismo, vehículo con luces diurnas de ledes.



Vestuario Led para espectáculos escénicos, creado por Beo Beyond.

Los diodos infrarrojos (IRED) se emplean desde mediados del siglo XX en mandos a distancia de televisores, habiéndose generalizado su uso en otros electrodomésticos como equipos de aire acondicionado, equipos de música, etc., y, en general, para aplicaciones de control remoto así como en dispositivos detectores, además de ser utilizados para transmitir datos entre dispositivos electrónicos como en redes de computadoras y dispositivos como teléfonos móviles, computadoras de mano, aunque esta tecnología de transmisión de datos ha dado paso al bluetooth en los últimos años, quedando casi obsoleta.

Los ledes se emplean con profusión en todo tipo de indicadores de estado (encendido/apagado) en dispositivos de señalización (de tránsito, de emergencia, etc.) y en paneles informativos. También se emplean en el alumbrado de pantallas de cristal líquido de teléfonos móviles, calculadoras, agendas electrónicas, etc., así como en bicicletas y usos similares. Existen además impresoras con ledes.

La iluminación con ledes presenta indudables ventajas: fiabilidad, mayor eficiencia energética, mayor resistencia a las vibraciones, mejor visión ante diversas circunstancias de iluminación, menor disipación de energía, menor riesgo para el medio ambiente, capacidad para operar de forma intermitente de modo continuo, respuesta rápida, etc. Asimismo, con ledes se pueden producir luces de diferentes colores con un rendimiento luminoso elevado, a diferencia de muchas de las lámparas utilizadas hasta ahora que tienen filtros para lograr un efecto similar (lo que supone una reducción de su eficiencia energética).

Las temperaturas de color más destacadas que encontramos en los LED son:

- **Blanco frío:** es un tono de luz fuerte que tira a azulado. Aporta una luz parecida a la de los fluorescentes.
- **Blanco cálido:** el tono de luz tira hacia amarillo como los halógenos.
- **Blanco neutro o natural:** aporta una luz totalmente blanca, como la luz de día.
- **RGB:** el LED está permitiendo en muchos productos conseguir diferentes colores. Quedan muy luminosos ya que es el propio LED el que cambia de color, no se usan filtros.

Cabe destacar también que diversas pruebas realizadas por importantes empresas y organismos han concluido que el ahorro energético varía entre el 70 y el 80 % respecto a la iluminación tradicional que se utiliza hasta ahora. Todo ello pone de manifiesto las numerosas ventajas que los ledes ofrecen en relación al alumbrado público.

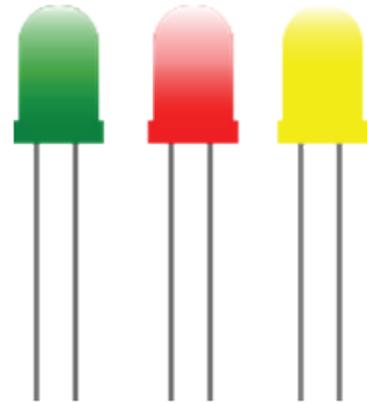
Los ledes de luz blanca son uno de los desarrollos más recientes y pueden considerarse como un intento muy bien fundamentado para sustituir los focos o bombillas actuales (lámparas incandescentes) por dispositivos mucho más ventajosos. En la actualidad se dispone de tecnología que consume el 92 % menos que las lámparas incandescentes de uso doméstico común y el 30 % menos que la mayoría de las lámparas fluorescentes; además, estos ledes pueden durar hasta 20 años. Estas características convierten a los ledes de luz blanca en una alternativa muy prometedora para la iluminación.

ser completamente visible bajo la luz del sol), altísima resistencia a impactos.

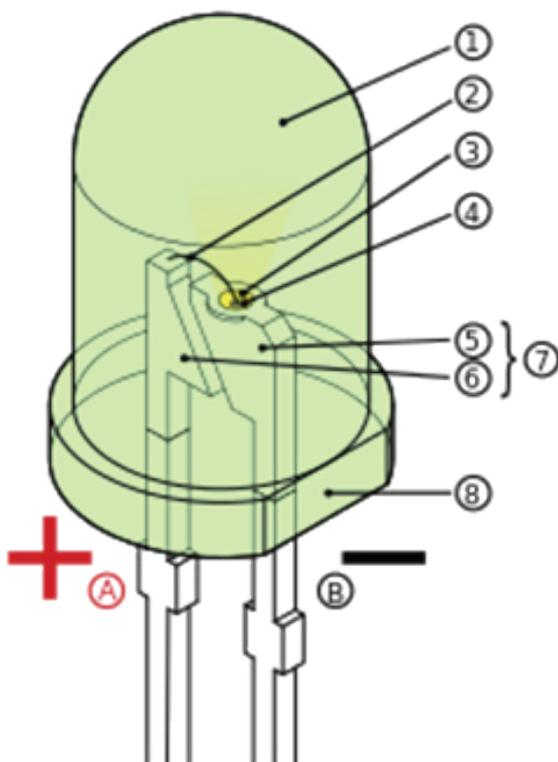
Tecnología de fabricación

En corriente continua (CC), todos los diodos emiten cierta cantidad de radiación cuando los pares electrón-hueco se recombinan; es decir, cuando los electrones caen desde la banda de conducción (de mayor energía) a la banda de valencia (de menor

energía) emitiendo fotones en el proceso. Indudablemente, por ende, su color dependerá de la altura de la banda prohibida (diferencias de energía entre las bandas de conducción y valencia), es decir, de los materiales empleados. Los diodos convencionales, de silicio o germanio, emiten radiación infrarroja muy alejada del espectro visible. Sin embargo, con materiales especiales pueden conseguirse longitudes de onda visibles. Los ledes e IRED (diodos infrarrojos), además, tienen geometrías especiales para evitar que la radiación emitida sea reabsorbida por el material circundante del propio diodo, lo que sucede en los convencionales.



Hoy en día se están desarrollando y empezando a comercializar ledes con prestaciones muy superiores a las de hace unos años y con un futuro prometedor en diversos campos, incluso en aplicaciones generales de iluminación. Como ejemplo, se puede destacar que se ha desarrollado ledes de luz blanca con una eficiencia luminosa de 150 lm/W utilizando para ello una corriente de polarización directa de 20 miliamperios (mA). Esta eficiencia, comparada con otras fuentes de luz solamente en términos de rendimiento, es aproximadamente 1,7 veces superior a la de la lámpara fluorescente con prestaciones de color altas (90 lm/W) y aproximadamente 11,5 veces la de una lámpara incandescente (13 lm/W). Su eficiencia es incluso más alta que la de la lámpara de vapor de sodio de alta presión (132 lm/W), que está considerada como una de las fuentes de luz más eficientes. 11



- A: ánodo**
B: cátodo
1: lente/encapsulado epóxico (cápsula plástica).
2: contacto metálico (hilo conductor).
3: cavidad reflectora (copa reflectora).
4: terminación del semiconductor
5: yunque
6: poste
7: marco conductor
8: borde plano

Explicación detallada de funcionamiento

El funcionamiento normal consiste en que, en los materiales conductores, un electrón, al pasar de la banda de conducción a la de valencia, pierde energía; esta energía perdida se manifiesta en forma de un fotón desprendido, con una amplitud, una dirección y una fase aleatoria. El que esa energía perdida, cuando pasa un electrón de la banda de conducción a la de valencia, se manifieste como un fotón desprendido o como otra forma de energía (calor por ejemplo) depende principalmente del tipo de material semiconductor. Cuando un diodo semiconductor se polariza directamente, los huecos de la zona positiva se mueven hacia la zona negativa y los electrones se mueven de la zona negativa hacia la zona positiva; ambos desplazamientos de cargas constituyen la corriente que circula por el diodo.

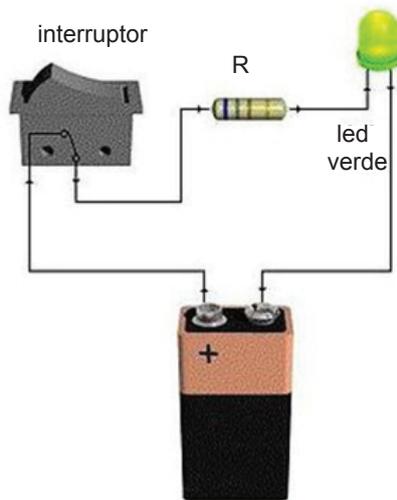
Si los electrones y huecos están en la misma región, pueden recombinarse, es decir, los electrones pueden pasar a "ocupar" los huecos "cayendo" desde un nivel energético superior a otro inferior más estable. Este proceso emite con frecuencia un fotón en semiconductores de banda prohibida directa (direct bandgap) con la energía correspondiente a su banda prohibida (véase semiconductor). Esto no quiere decir que en los demás semiconductores (semiconductores de banda prohibida indirecta (indirect bandgap) no se produzcan emisiones en forma de fotones; sin embargo, estas emisiones son mucho más probables en los semiconductores de banda prohibida directa (como el nitruro de galio) que en los semiconductores de banda prohibida indirecta (como el silicio).

La emisión espontánea, por tanto, no se produce de forma notable en todos los diodos y solo es visible en diodos como los ledes de luz visible, que tienen una disposición constructiva especial con el propósito de evitar que la radiación sea reabsorbida por el material circundante, y una energía de la banda prohibida coincidente con la correspondiente al espectro visible. En otros diodos, la energía se libera principalmente en forma de calor, radiación infrarroja o radiación ultravioleta. En el caso de que el diodo libere la energía en forma de radiación ultravioleta, se puede conseguir aprovechar esta radiación para producir radiación visible mediante sustancias fluorescentes o fosforescentes que absorban la radiación ultravioleta emitida por el diodo y posteriormente emitan luz visible.

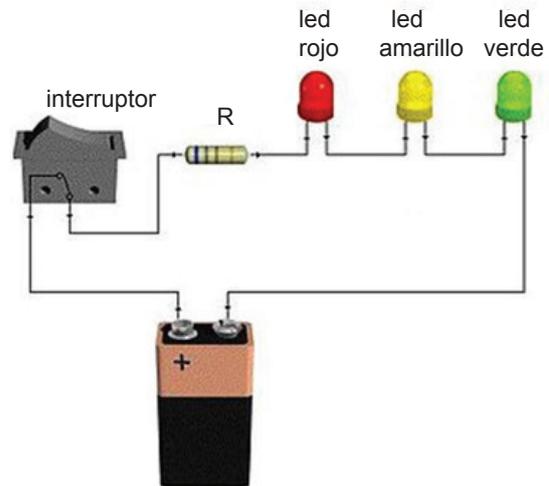
El dispositivo semiconductor está comúnmente encapsulado en una cubierta de plástico de mayor resistencia que las de vidrio que usualmente se emplean en las lámparas incandescentes. Aunque el plástico puede estar coloreado, es solo por razones estéticas, ya que ello no influye en el color de la luz emitida. Usualmente un led es una fuente de luz compuesta con diferentes partes, razón por la cual el patrón de intensidad de la luz emitida puede ser bastante complejo.

Para obtener buena intensidad luminosa debe escogerse bien la corriente que atraviesa el led. Para ello hay que tener en cuenta que el voltaje de operación va desde 1,8 hasta 3,8 voltios aproximadamente (lo que está relacionado con el material de fabricación y el color de la luz que emite) y la gama de intensidades que debe circular por él varía según su aplicación. Los valores típicos de corriente directa de polarización de un led corriente están comprendidos entre los 10 y los 40 mA. En general, los ledes suelen tener mejor eficiencia cuanto menor es la corriente que circula por ellos, con lo cual, en su operación de forma optimizada, se suele buscar un compromiso entre la intensidad luminosa que producen (mayor cuanto más grande es la intensidad que circula por ellos) y la eficiencia (mayor cuanto menor es la intensidad que circula por ellos).

Diagramas



Circuito básico de polarización directa de un solo led.



Circuito básico para polarizar varios ledes de manera directa.

Para conectar ledes de modo que iluminen de forma continua, deben estar polarizados directamente, es decir, con el polo positivo de la fuente de alimentación conectado al ánodo y el polo negativo conectado al cátodo. Además, la fuente de alimentación debe suministrarle una tensión o diferencia de potencial superior a su tensión umbral. Por otro lado, se debe garantizar que la corriente que circula por ellos no exceda los límites admisibles, lo que dañaría irreversiblemente al led. (Esto se puede hacer de manera sencilla con una resistencia R en serie con los ledes). En las dos imágenes de la derecha pueden verse unos circuitos sencillos que muestran cómo polarizar directamente ledes.

La diferencia de potencial varía de acuerdo a las especificaciones relacionadas con el color y la potencia soportada.

En términos generales, pueden considerarse de forma aproximada los siguientes valores de diferencia de potencial:

- Rojo = 1,8 a 2,2 voltios.
- Anaranjado = 2,1 a 2,2 voltios.
- Amarillo = 2,1 a 2,4 voltios.
- Verde = 2 a 3,5 voltios.
- Azul = 3,5 a 3,8 voltios.
- Blanco = 3,6 voltios.

Luego, mediante la ley de Ohm, puede calcularse la resistencia R adecuada para la tensión de la fuente V_{fuente} que utilizemos.

$$R = \frac{V_{fuente} - (V_{d1} + V_{d2} + \dots)}{I}$$

En la fórmula, el término I se refiere al valor de corriente para la intensidad luminosa que necesitamos. Lo común es de 10 miliamperios para ledes de baja luminosidad y 20 mA para ledes de alta luminosidad; un valor superior puede inutilizar el led o reducir de manera considerable su tiempo de vida.

Otros ledes de una mayor capacidad de corriente, conocidos como ledes de potencia (1

W, 3 W, 5 W, etc.), pueden ser usados a 150 mA, 350 mA, 750 mA o incluso a 3000 mA dependiendo de las características optoeléctricas dadas por el fabricante.

Cabe recordar que también pueden conectarse varios en serie, sumándose las diferencias de potencial en cada uno. También se pueden hacer configuraciones en paralelo, aunque este tipo de configuraciones no son muy recomendadas para diseños de circuitos con ledes eficientes.

TECNOLOGIAS RELACIONADAS

OLED

Diodo orgánico de emisión de luz

El comienzo del siglo XXI ha visto aparecer los diodos OLED (ledes orgánicos), fabricados con materiales polímeros orgánicos semiconductores. Aunque la eficiencia lograda con estos dispositivos está lejos de la de los diodos inorgánicos, y son biodegradables, su fabricación promete ser considerablemente más barata que la de aquellos, siendo además posible depositar gran cantidad de diodos sobre cualquier superficie empleando técnicas de pintado para crear pantallas en color.

El OLED (organic light-emitting diode: 'diodo orgánico de emisión de luz') es un diodo basado en una capa electroluminiscente que está formada por una película de componentes orgánicos que reaccionan a un determinado estímulo eléctrico, generando y emitiendo luz por sí mismos. No se puede hablar realmente de una tecnología OLED, sino más bien de tecnologías basadas en OLED, ya que son varias las que hay, dependiendo del soporte y finalidad a la que vayan destinados. Su aplicación es realmente amplia, mucho más que cualquier otra tecnología existente. Pero además, las tecnologías basadas en OLED no solo tienen una aplicación puramente como pantallas reproductoras de imagen, sino que su horizonte se amplía al campo de la iluminación, privacidad y otros múltiples usos que se le pueda dar. Las ventajas de esta nueva tecnología son enormes, pero también tiene una serie de inconvenientes, aunque la mayoría de estos son totalmente circunstanciales y desaparecerán, en unos casos, conforme se siga investigando en este campo, y en otros, conforme vaya aumentando su uso y producción.

Una solución tecnológica que pretende aprovechar las ventajas de la eficiencia alta de los ledes típicos (hechos con materiales inorgánicos principalmente) y los costes menores de los OLED (derivados del uso de materiales orgánicos) son los sistemas de iluminación híbridos (orgánicos/inorgánicos) basados en diodos emisores de luz.

TRANSISTOR



El tamaño de un transistor guarda relación con la potencia que es capaz de manejar.

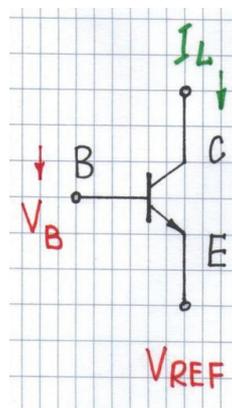
Tipo:

Semiconductor

Configuración:

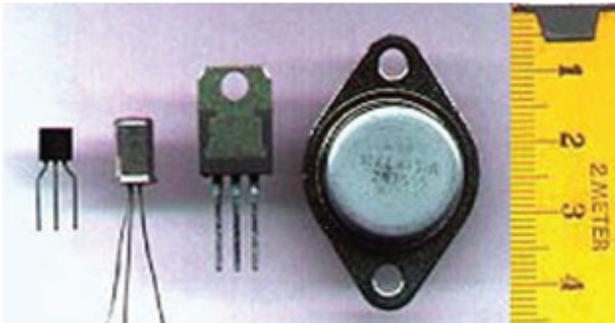
Emisor, base y colector

Símbolo electrónico



El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor utilizado para entregar una señal de salida en respuesta a una señal de entrada.¹ Cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. El término «transistor» es la contracción en inglés de transfer resistor («resistor de transferencia»). Actualmente se encuentran prácticamente en todos los aparatos electrónicos de uso diario: radios, televisores, reproductores de audio y video, relojes de cuarzo, computadoras, lámparas fluorescentes, tomógrafos, teléfonos celulares, entre otros.

TIPOS DE TRANSISTOR



Distintos encapsulados de transistores.

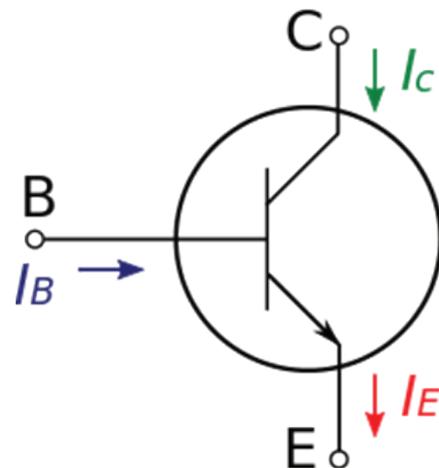
Transistor de unión bipolar

El transistor de unión bipolar (o BJT, por sus siglas del inglés bipolar junction transistor) se fabrica sobre un monocristal de material semiconductor como el germanio, el silicio o el arseniuro de galio, cuyas cualidades son intermedias entre las de un conductor eléctrico y las de un aislante. Sobre el sustrato de cristal se contaminan en forma muy controlada tres zonas sucesivas, N-P-N o P-N-P, dando lugar a dos uniones PN.

Las zonas N (en las que abundan portadores de carga Negativa) se obtienen contaminando el sustrato con átomos de elementos donantes de electrones, como el arsénico o el fósforo; mientras que las zonas P (donde se generan portadores de carga Positiva o «huecos») se logran contaminando con átomos aceptadores de electrones, como el indio, el aluminio o el galio. La tres zonas contaminadas, dan como resultado transistores PNP o NPN, donde la letra intermedia siempre corresponde a la región de la base, y las otras dos al emisor y al colector que, si bien son del mismo tipo y de signo contrario a la base, tienen diferente contaminación entre ellas (por lo general, el emisor está mucho más contaminado que el colector).

El mecanismo que representa el comportamiento semiconductor dependerá de dichas contaminaciones, de la geometría asociada y del tipo de tecnología de contaminación (difusión gaseosa, epitaxial, etc.) y del comportamiento cuántico de la unión.

Diagrama de Transistor NPN



Transistor de efecto de campo

El transistor de efecto de campo de unión (JFET), fue el primer transistor de efecto de campo en la práctica. Lo forma una barra de material semiconductor de silicio de tipo N o P. En los terminales de la barra se establece un contacto óhmico, tenemos así un transistor de efecto de campo tipo N de la forma más básica. Si se difunden dos regiones P en una barra de material N y se conectan externamente entre sí, se producirá una puerta. A uno de estos contactos le llamaremos surtidor y al otro drenador.

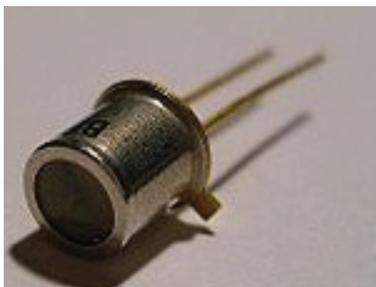


Aplicando tensión positiva entre el drenador y el surtidor y conectando la puerta al surtidor, estableceremos una corriente, a la que llamaremos corriente de drenador con polarización cero. Con un potencial negativo de puerta al que llamamos tensión de estrangulamiento, cesa la conducción en el canal.

El transistor de efecto de campo, o FET por sus siglas en inglés, que controla la corriente en función de una tensión; tienen alta impedancia de entrada.

- Transistor de efecto de campo de unión, JFET, construido mediante una unión PN.
- Transistor de efecto de campo de compuerta aislada, IGFET, en el que la compuerta se aísla del canal mediante un dieléctrico.
- Transistor de efecto de campo MOS, MOSFET, donde MOS significa Metal-Óxido-Semiconductor, en este caso la compuerta es metálica y está separada del canal semiconductor por una capa de óxido.

Fototransistor

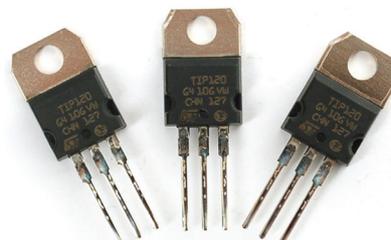


Los fototransistores son sensibles a la radiación electromagnética en frecuencias cercanas a la de la luz visible; debido a esto su flujo de corriente puede ser regulado por medio de la luz incidente. Un fototransistor es, en esencia, lo mismo que un transistor normal, sólo que puede trabajar de 2 maneras diferentes:

- Como un transistor normal con la corriente de base (IB) (modo común);
- Como fototransistor, cuando la luz que incide en este elemento hace las veces de corriente de base. (IP) (modo de iluminación).

Transistores y electrónica de potencia

Con el desarrollo tecnológico y evolución de la electrónica, la capacidad de los dispositivos semiconductores para soportar cada vez mayores niveles de tensión y corriente ha permitido su uso en aplicaciones de potencia. Es así como actualmente los transistores son empleados en convertidores estáticos de potencia, controles para motores y llaves de alta potencia (principalmente inversores), aunque su principal uso está basado en la amplificación de corriente dentro de un circuito cerrado.



El transistor bipolar como amplificador

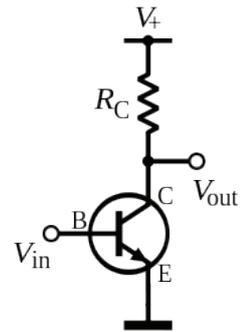
El comportamiento del transistor se puede ver como dos diodos (Modelo de Ebers-Moll), uno entre base y emisor, polarizado en directo y otro diodo entre base y colector, polarizado en inverso. Esto quiere decir que entre base y emisor tendremos una tensión igual a la tensión directa de un diodo, es decir 0,6 a 0,8 V para un transistor de silicio y unos 0,4 para el germanio.

Lo interesante del dispositivo es que en el colector tendremos una corriente proporcional a la corriente de base: $I_C = \beta I_B$, es decir, ganancia de corriente cuando $\beta > 1$. Para transistores normales de señal, β varía entre 100 y 300.

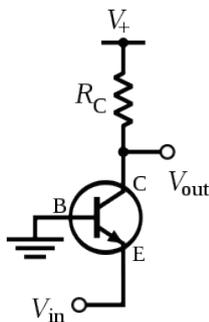
Entonces, existen tres configuraciones para el amplificador:

Emisor común

La señal se aplica a la base del transistor y se extrae por el colector. El emisor se conecta a las masas tanto de la señal de entrada como a la de salida. En esta configuración se tiene ganancia tanto de tensión como de corriente.



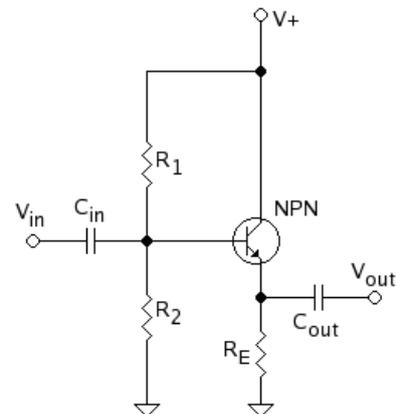
Base común



La señal se aplica al emisor del transistor y se extrae por el colector. La base se conecta a las masas tanto de la señal de entrada como a la de salida. En esta configuración se tiene ganancia sólo de tensión. La impedancia de entrada es baja y la ganancia de corriente algo menor que uno, debido a que parte de la corriente de emisor sale por la base.

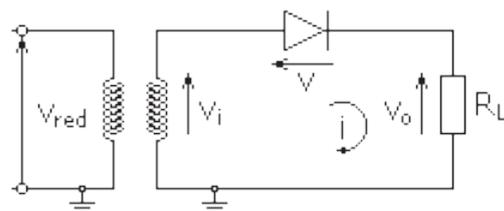
Colector común

La señal se aplica a la base del transistor y se extrae por el emisor. El colector se conecta a las masas tanto de la señal de entrada como a la de salida. En esta configuración se tiene ganancia de corriente, pero no de tensión que es ligeramente inferior a la unidad. La impedancia de entrada es alta, aproximadamente $\beta + 1$ veces la impedancia de carga. Además, la impedancia de salida es baja, aproximadamente β veces menor que la de la fuente de señal.



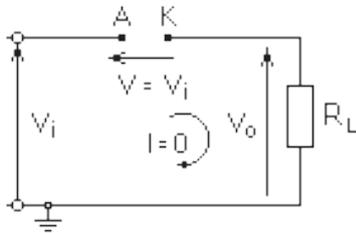
RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA

El rectificador de media onda es un circuito empleado para eliminar la parte negativa o positiva de una señal de corriente alterna de lleno conducen cuando se polarizan inversamente. Además su voltaje es positivo.



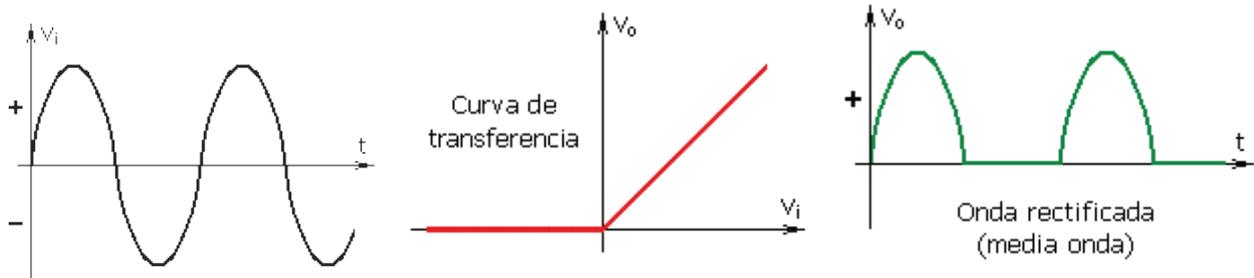
Polarización directa ($V_i > 0$)

En este caso, el diodo permite el paso de la corriente sin restricción. Los voltajes de salida y de entrada son iguales, la intensidad de la corriente puede calcularse mediante la ley de ohm.

Polarización inversa ($V_i < 0$)

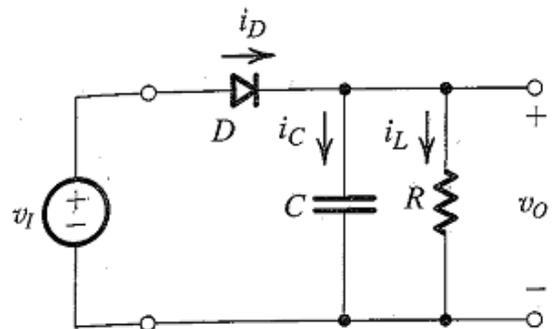
En este caso, el diodo no conduce, quedando el circuito abierto. No existe corriente por el circuito, y en la resistencia de carga R_L no hay caída de tensión, esto supone que toda la tensión de entrada estará en los extremos del diodo:

$$\begin{aligned} V_o &= 0 \\ V_{\text{diodo}} &= V_i \\ I &= 0 \end{aligned}$$

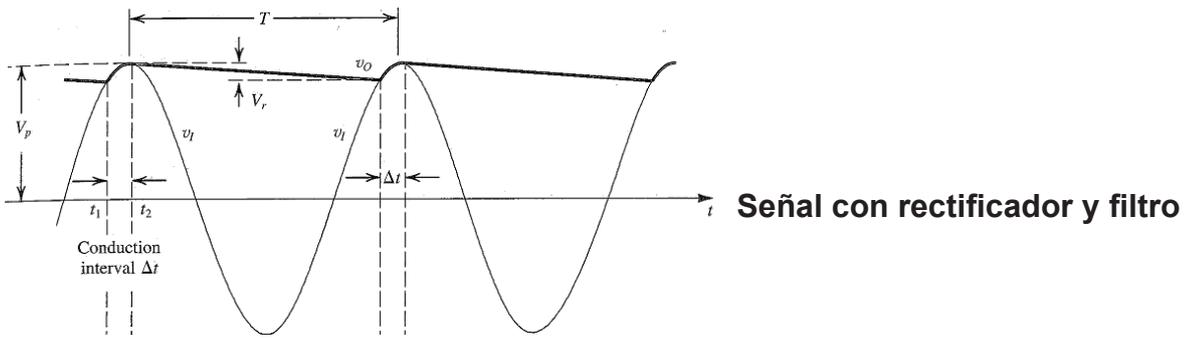
Tensión rectificada**RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA CON FILTRO RC (DIODO IDEAL)**

Un circuito RC sirve como filtro para hacer que el voltaje alterno se vuelva directo casi como el de una batería, esto es gracias a las pequeñas oscilaciones que tiene la salida del voltaje, las cuales son prácticamente nulas.

La primera parte del circuito consta de una fuente de voltaje alterna, seguido de un diodo que en esta ocasión será ideal (simplemente para facilitar la comprensión del funcionamiento) y finalmente el filtro RC.

**Circuito rectificador con filtro****El circuito funciona de la siguiente manera:**

1. Entra la señal alterna al circuito, la cual se rectifica con el diodo. (Solo permite pasar un semi-ciclo de la señal, que en este caso es el semi-ciclo positivo)
2. En el momento que el voltaje sale del diodo el condensador se empieza a cargar y la caída de voltaje se recibe en la resistencia.
3. En el entender que es lo que está pasando y como calcular el filtro.



$$I_L = \frac{V_P}{R}$$

$$V_r = \frac{V_P}{2} fCR$$

$$i_{Dprom} = I_L \left(1 + \pi \sqrt{\frac{V_P}{2V_r}} \right)$$

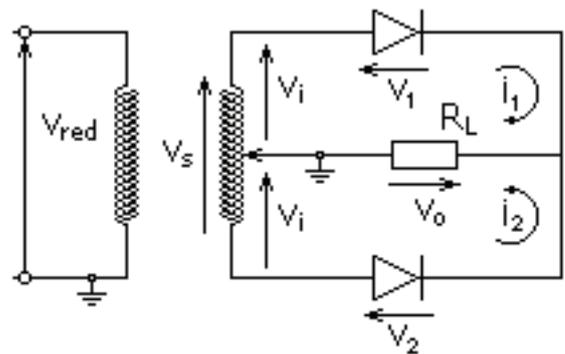
$$i_{Dmax} = I_L \left(1 + 2\pi \sqrt{\frac{V_P}{2V_r}} \right)$$

RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA

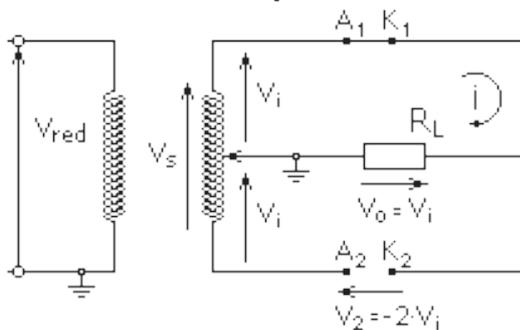
Un rectificador de onda completa es un circuito empleado para convertir una señal de corriente alterna de entrada (Vi) en corriente continua de salida (Vo) pulsante. A diferencia del rectificador de media onda, en este caso, la parte negativa de la señal se convierte en positiva o bien la parte positiva de la señal se convertirá en negativa, según se necesite una señal positiva o negativa de corriente continua. Existen dos alternativas, bien empleando dos diodos o empleando cuatro (puente de Graetz).

Rectificador con dos diodos

En el circuito de la figura, ambos diodos no pueden encontrarse simultáneamente en directa o en inversa, ya que las diferencias de potencial a las que están sometidos son de signo contrario; por tanto uno se encontrará polarizado inversamente y el otro directamente. La tensión de entrada (Vi) es, en este caso, la media de la tensión del secundario del transformador.



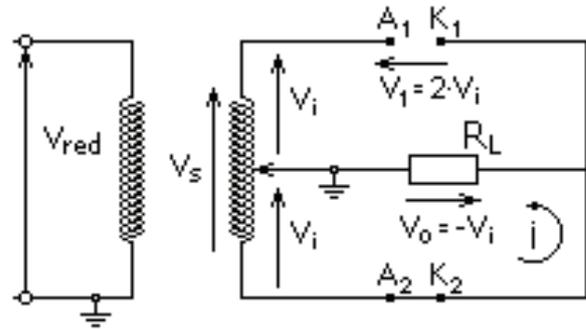
Tensión de entrada positiva



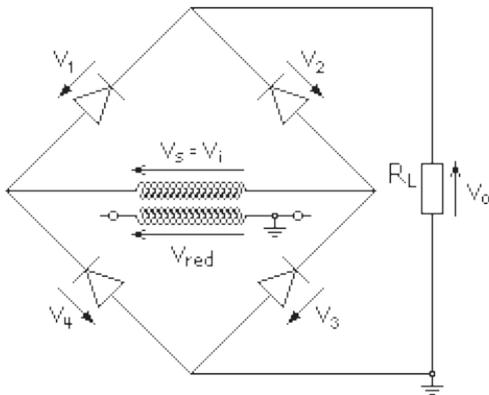
El diodo 1 se encuentra en polarización directa (conduce), mientras que el 2 se encuentra en inversa (no conduce). La tensión de salida es igual a la de entrada. Nota: los diodos en posición directa conducen altas corrientes, en posición inversa alta tensión.

Tensión de entrada negativa

El diodo 2 se encuentra en polarización directa (conduce), mientras que el diodo 1 se encuentra en polarización inversa (no conduce). La tensión de salida es igual a la de entrada pero de signo contrario. El diodo 1 a de soportar en inversa la tensión máxima del secundario .



Puente Rectificador de doble onda



En este caso se emplean cuatro diodos con la disposición de la figura. Al igual que antes, sólo son posibles dos estados de conducción, o bien los diodos 1 y 3 están en directa y conducen (tensión positiva) o por el contrario son los diodos 2 y 4 los que se encuentran en directa y conducen (tensión negativa). A diferencia del caso anterior, ahora la tensión máxima de salida es la del secundario del transformador (el doble de la del caso anterior), la misma que han de soportar los diodos en inversa, al igual que en el rectificador con dos diodos. Esta es la configuración

usualmente empleada para la obtención de onda continua.

Tensión rectificada

V_o (corriente continua de salida) = V_i (corriente alterna de entrada) = $V_s/2$ en el rectificador con diodos.

$V_o = V_i = V_s$ en el rectificador con puente de Graetz.

Si consideramos la caída de tensión típica en los diodos en conducción, aproximadamente 0,6V; tendremos que para el caso del rectificador de doble onda la

$V_o = V_i - 1,2V.$

