

Los diodos y sus aplicaciones.

Breve resumen.

En este trabajo se pretende realizar un resumen acerca algunos de los tipos de diodos existentes, encunto a sus características, su principio de funcionamiento, sus modos de conexion mas comunes y las aplicaciones de los diodos mas usados en electronica como el caso de los diodos Varicap, Zener, LED, el Diodo Schottky, diodo Tunel, los fotodiodos etc..

Introducción

Un **diodo** (del griego "dos caminos") es un dispositivo semiconductor que permite el paso de la corriente eléctrica en una única dirección con características similares a un interruptor. 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 corto circuito con muy pequeña resistencia eléctrica.

Debido a este comportamiento, se les suele denominar **rectificadores**, ya que son dispositivos capaces de convertir una corriente alterna en corriente continua. Su principio de funcionamiento está basado en los experimentos de Lee De Forest.

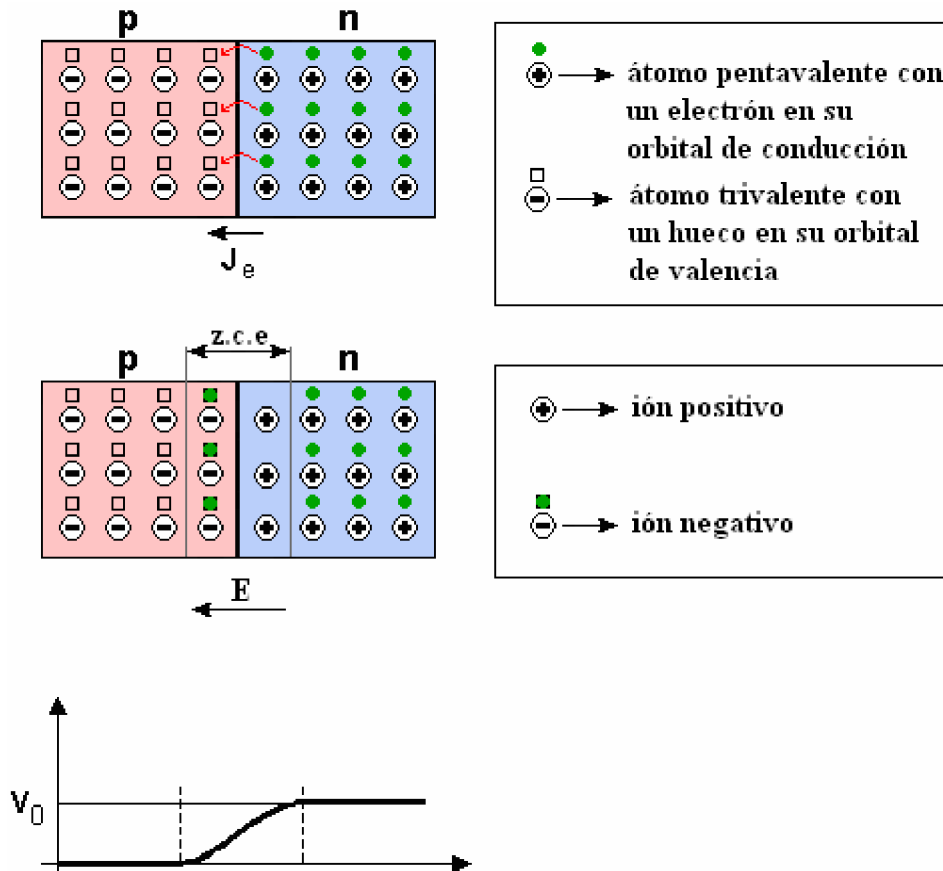
Los primeros diodos eran **válvulas grandes en chips** o **tubos de vacío**, también llamadas **válvulas termoiónicas** constituidas por dos electrodos rodeados de vacío en un tubo de cristal, con un aspecto similar al de las lámparas incandescentes. El invento fue realizado en 1904 por John Ambrose Fleming, de la empresa Marconi, basándose en observaciones realizadas por Thomas Alva Edison.- Al igual que las lámparas incandescentes, los tubos de vacío tienen un filamento (el cátodo) a través del que circula la corriente, calentándolo por efecto Joule. El filamento está tratado con óxido de bario, de modo que al calentarse emite electrones al vacío circundante; electrones que son conducidos electrostáticamente hacia una placa característica corvada por un muelle doble cargada positivamente (el ánodo), produciéndose así la conducción. Evidentemente, si el cátodo no se calienta, no podrá ceder electrones. Por esa razón los circuitos que utilizaban válvulas de vacío requerían un tiempo para que las válvulas se calentaran antes de poder funcionar y las válvulas se quemaban con mucha facilidad.

Tipos de válvula diodo

- Diodo de alto vacío
- Diodo de gas
- Rectificador de mercurio

Diodo pn o Unión pn

Los **diodos pn**, son uniones de dos materiales semiconductores extrínsecos tipos p y n, por lo que también reciben la denominación de **unión pn**. Hay que destacar que ninguno de los dos cristales por separado tiene carga eléctrica, ya que en cada cristal, el número de electrones y protones es el mismo, de lo que podemos decir que los dos cristales, tanto el p como el n, son neutros. (Su carga neta es 0).



Formación de la zona de carga espacial

Al unir ambos cristales, se manifiesta una difusión de electrones del cristal n al p (J_e).

Al establecerse estas corrientes aparecen cargas fijas en una zona a ambos lados de la unión, zona que recibe diferentes denominaciones como **zona de carga espacial**, **de agotamiento**, **de deplexión**, **de vaciado**, etc.

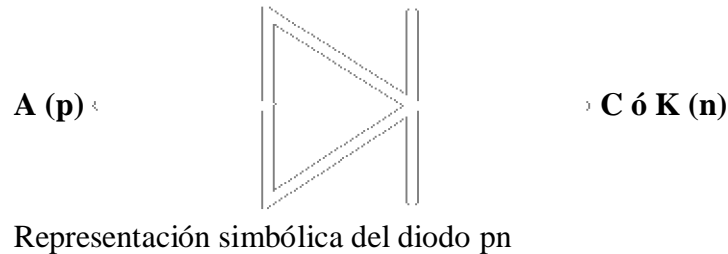
A medida que progresa el proceso de difusión, la zona de carga espacial va incrementando su anchura profundizando en los cristales a ambos lados de la unión. Sin embargo, la acumulación de iones positivos en la zona n y de iones negativos en la zona p, crea un campo eléctrico (E) que actuará sobre los 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 (V_0) es de 0,7 V en el caso del silicio y 0,3 V si los cristales son de germanio.

La anchura de la zona de carga espacial 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.

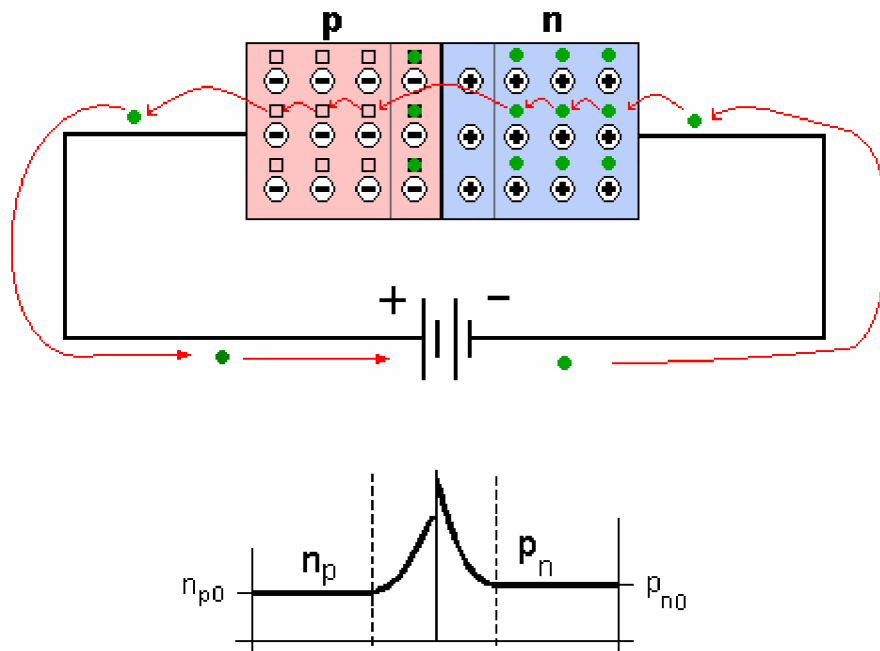
Al dispositivo así obtenido se le denomina diodo, que en un caso como el descrito, tal que no se encuentra sometido a una diferencia de potencial externa, se dice que no está polarizado. Al extremo p, se le denomina ánodo, representándose por la letra A, mientras que la zona n, el cátodo, se representa por la letra C (o K).

Existen también diodos de protección térmica los cuales protegen son capaces de proteger cables.



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**.

Polarización directa



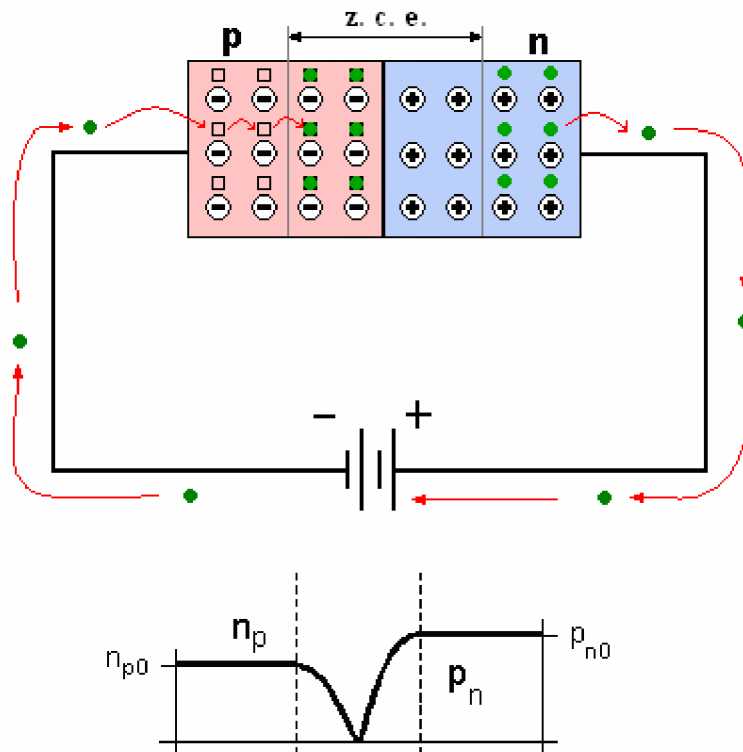
En este caso, la batería disminuye la barrera de potencial de la zona de carga espacial, permitiendo el paso de la corriente de electrones a través de la unión; es decir, el diodo polarizado directamente conduce la electricidad.

Para que un diodo esté polarizado directamente, tenemos que 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 inversa



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:

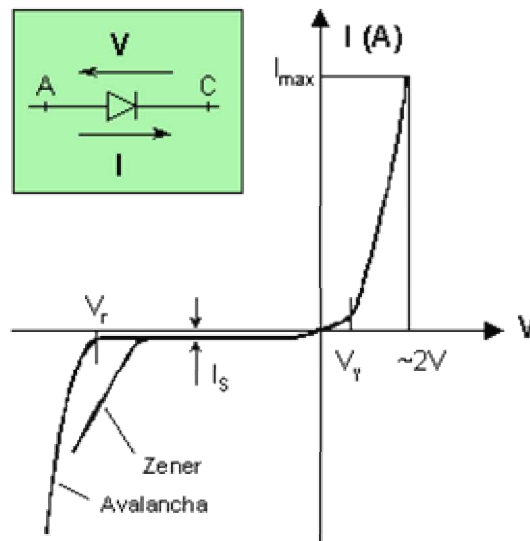
- El polo positivo de la batería atrae a los electrones libres de la zona n, los cuales salen del cristal n y se introducen en el conductor dentro del cual se desplazan hasta llegar a la batería. A

medida que los electrones libres abandonan la zona n, los átomos pentavalentes que 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 μA) 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 característica del diodo



- **Tensión umbral, de codo o de partida (V_y).**

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° en la temperatura.
- **Corriente superficial de fugas**.
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.

Modelos matemáticos

El modelo matemático más empleado es el de **Shockley** (en honor a William Bradford Shockley) que permite aproximar el comportamiento del diodo en la mayoría de las aplicaciones. La ecuación que liga la intensidad de corriente y la diferencia de potencial es:

$$I = I_S \left(e^{\frac{qV_D}{nkT}} - 1 \right)$$

Donde:

- I es la intensidad de la corriente que atraviesa el diodo
- V_D es la diferencia de tensión entre sus extremos.
- I_S es la corriente de saturación (aproximadamente $10^{-12}A$)
- q es la carga del electrón cuyo valor es $1.6 * 10^{-19}$
- T es la temperatura absoluta de la unión
- k es la constante de Boltzmann
- n es el coeficiente de emisión, dependiente del proceso de fabricación del diodo y que suele adoptar valores entre 1 (para el germanio) y del orden de 2 (para el silicio).
- El término $V_T = kT/q = T/11600$ es la tensión debida a la temperatura, del orden de 26 mV a temperatura ambiente (300 K ó 27 °C).

Con objeto de evitar el uso de exponenciales (a pesar de ser uno de los modelos más sencillos), en ocasiones se emplean modelos más simples aún, que modelan las zonas de funcionamiento del diodo por tramos rectos; son los llamados **modelos de continua** o de **Ram-senál** que se muestran en la figura. El más simple de todos (4) es el *diodo ideal*.

Otros tipos de diodos semiconductores



Diodo doble 6CH2P (6X2II) de fabricación rusa usado como rectificador de onda media

Diodo LED

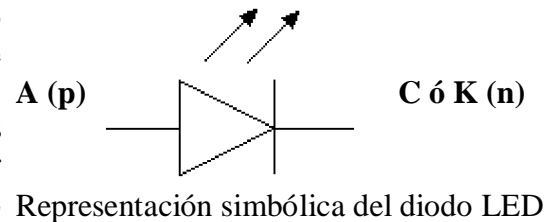
Diodo emisor de luz, también conocido como **LED** (acrónimo del inglés de *Light-Emitting Diode*) es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz coherente de espectro reducido cuando se polariza de forma directa la unión PN del mismo y circula por él una corriente eléctrica. Este fenómeno es una forma de electroluminiscencia. El color (longitud de onda), depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo y puede variar desde el ultravioleta, pasando por el visible, hasta el infrarrojo. Los diodos emisores de luz que emiten luz ultravioleta también reciben el nombre de UV LED (*UltraViolet Light-Emitting Diode*) y los que emiten luz infrarroja suelen recibir la denominación de IRED (*Infra-Red Emitting Diode*).

Principio de funcionamiento.

El funcionamiento físico consiste en que, en los materiales semiconductores, un electrón al pasar de la banda de conducción a la de valencia, pierde energía; esta energía perdida se puede manifestar en forma de un fotón desprendido, con una amplitud, una dirección y una fase aleatoria. El que esa energía perdida al pasar 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) va a depender principalmente del tipo de material semiconductor. Cuando un diodo semiconductor se polariza directamente, los huecos de la zona p se mueven hacia la zona n y los electrones de la zona n hacia la zona p; 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 o "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 o "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 sólo es visible en diodos como los LEDs 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 sólo 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 una 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. Valores típicos de corriente directa de polarización de un LED corriente están comprendidos entre los 10 y los 40 mA. En general, los LEDs 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).

Como dato curioso tenemos que el primer LED que emitía en el espectro visible fue desarrollado por el ingeniero de General Electric Nick Holonyak en 1962

En corriente continua (CC), todos los diodos emiten una 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). Indudablemente, la frecuencia de la radiación emitida y, 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 LED e IRED, 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.

<i>Compuestos empleados en la construcción de LED.</i>		
Compuesto	Color	Long. de onda
Arseniuro de galio (GaAs)	Infrarrojo	940nm
Arseniuro de galio y aluminio (AlGaAs)	Rojo e infrarrojo	890nm
Arseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	Rojo, naranja y amarillo	630nm
Fosfuro de galio (GaP)	Verde	555nm
Nitruro de galio (GaN)	Verde	525nm
Seleniuro de zinc (ZnSe)	Azul	
Nitruro de galio e indio (InGaN)	Azul	450nm
Carburo de silicio (SiC)	Azul	480nm
Diamante (C)	Ultravioleta	
Silicio (Si)	En desarrollo	

Los primeros diodos construidos fueron los diodos infrarrojos y de color rojo, permitiendo el desarrollo tecnológico posterior la construcción de diodos para longitudes de onda cada vez menores. En particular, los diodos azules fueron desarrollados a finales de los 90 por Shuji Nakamura, añadiéndose a los rojos y verdes desarrollados con anterioridad, lo que permitió, por combinación de los mismos, la obtención de luz blanca. El diodo de seleniuro de zinc puede emitir también luz blanca si se mezcla la luz azul que emite con la roja y verde creada por fotoluminiscencia. La más reciente innovación en el

ámbito de la tecnología LED son los diodos ultravioletas, que se han empleado con éxito en la producción de luz blanca al emplearse para iluminar materiales fluorescentes.

Tanto los diodos azules como los ultravioletas son caros respecto de los más comunes (rojo, verde, amarillo e infrarrojo), siendo por ello menos empleados en las aplicaciones comerciales.

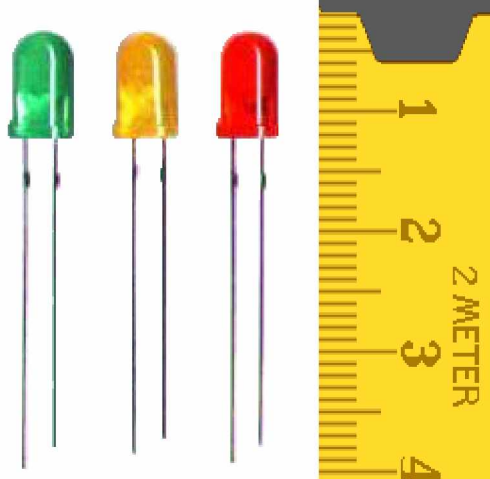
Los LEDs comerciales típicos están diseñados para potencias del orden de los 30 a 60 mW. En torno a 1999 se introdujeron en el mercado diodos capaces de trabajar con potencias de 1 W para uso continuo; estos diodos tienen matrices semiconductoras de dimensiones mucho mayores para poder soportar tales potencias e incorporan aletas metálicas para disipar el calor (ver convección) generado por efecto Joule.

Hoy en día, se están desarrollando y empezando a comercializar LEDs con prestaciones muy superiores a las de unos años atrás y con un futuro prometedor en diversos campos, incluso en aplicaciones generales de iluminación. Como ejemplo, se puede destacar que Nichia Corporation ha desarrollado LEDs de luz blanca con una eficiencia luminosa de 150 lm/W, utilizando para ello una corriente de polarización directa de 20 mA. Esta eficiencia, comparada con otras fuentes de luz en términos de eficiencia sólo, 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.^[1]

El comienzo del siglo XXI ha visto aparecer los diodos OLED (LED orgánicos), fabricados con materiales polímeros orgánicos semiconductores. Aunque la eficiencia lograda con estos dispositivos está lejos de la de los diodos inorgánicos, 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 a color.

Una solución tecnológica que pretende aprovechar las ventajas de la eficiencia alta de los LEDs típicos (hechos con materiales inorgánicos principalmente) y los costes menores de los OLEDs (derivados del uso de materiales orgánicos) son los Sistemas de Iluminación Híbridos (Orgánicos/Inorgánicos) basados en diodos emisores de luz. Dos ejemplos de este tipo de solución tecnológica los está intentado comercializar la empresa Cyberlux con los nombres de Hybrid White Light (HWL) (Luz Blanca Híbrida) y Hybrid Multi-color Light (HML) (Luz Multicolor Híbrida), cuyo resultado, puede producir sistemas de iluminación mucho más eficientes y con un coste menor que los actuales.^[2]

Ejemplos de diodos



Aplicaciones del diodo LED.



Antiguo display LED de una calculadora.



Una pequeña linterna a pilas con LEDs.



Pantalla de LEDs en el Estadio de los [Arkansas Razorbacks](#).



La pantalla en [Fremont Street](#) en [Las Vegas](#) es actualmente la más grande del mundo.

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.

Los LEDs 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 (el mayor del mundo, del NASDAQ, tiene 36,6 metros de altura y está en Times Square, Manhattan). 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 LED.

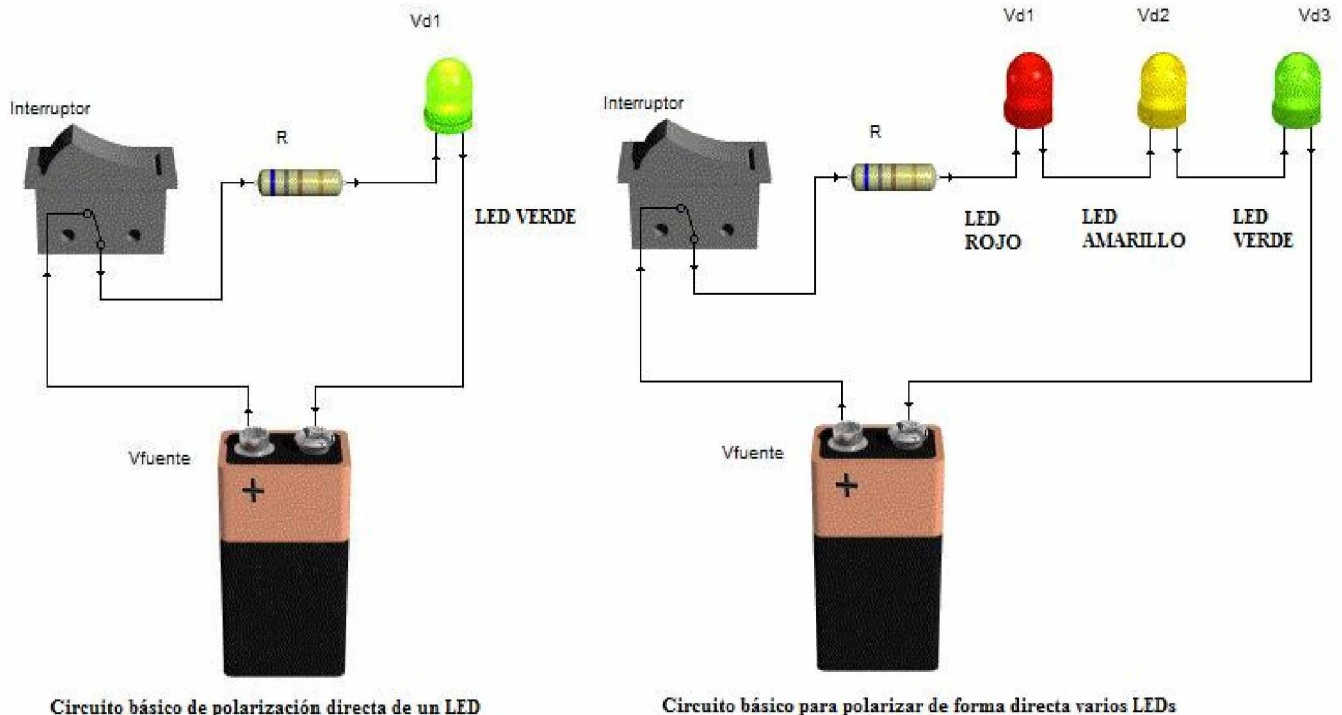
El uso de diodos LED en el ámbito de la iluminación (incluyendo la señalización de tráfico) es moderado y es previsible que se incremente en el futuro, ya que sus prestaciones son superiores a las de la lámpara incandescente y la lámpara fluorescente, desde diversos puntos de vista. La iluminación con LEDs 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 LEDs 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). Todo ello pone de manifiesto las numerosas ventajas que los LEDs ofrecen.

Los LEDs de Luz Blanca son uno de los desarrollos más recientes y se pueden considerar como un intento muy bien fundamentado para sustituir las bombillas actuales por dispositivos mucho más ventajosos. En la actualidad se dispone de tecnología que consume un 92% menos que las bombillas incandescentes de uso doméstico común y un 30% menos que la mayoría de los sistemas de iluminación fluorescentes; además, estos LEDs pueden durar hasta 20 años y suponer un 200% menos de costes totales de propiedad si se comparan con las bombillas o tubos fluorescentes convencionales.^[3] Estas características convierten a los LEDs de Luz Blanca en una alternativa muy prometedora para la iluminación.

También se utilizan en la emisión de señales de luz que se transmiten a través de fibra óptica.

Conexión

Para conectar LEDs de modo que iluminen de forma continua, deben estar polarizados directamente, es decir, con el polo positivo de la fuente de alimentación conectando 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 excede los límites admisibles (Esto se puede hacer de forma sencilla con una resistencia R en serie con los LEDs). Unos circuitos sencillos que muestran cómo polarizar directamente LEDs son los siguientes:



Circuito básico de polarización directa de un LED

Circuito básico para polarizar de forma directa varios LEDs

La diferencia de potencial Vd 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 V a 2,2 V
- Naranja = 2,1 V a 2,2 V
- Amarillo = 2,1 V a 2,4 V
- Verde = 2 V a 3,5 V
- Azul = 3,5 V a 3,8 V
- Blanco = 3,6 V

Luego mediante la ley de Ohm, puede calcularse la resistencia R adecuada para la tensión de la fuente $Vfuente$ que utilizemos.

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

El término I , en la fórmula, se refiere al valor de corriente para la intensidad luminosa que necesitamos. Lo común es de 10 mA para LEDs de baja luminosidad y 20 mA para LEDs de alta luminosidad; un valor superior puede inhabilitar el LED o reducir de manera considerable su tiempo de vida.

Otros LEDs de una mayor capacidad de corriente conocidos como LEDs de potencia (1 W, 3 W, 5 W, etc.), pueden ser usados a 150 mA, 350 mA, 750 mA o incluso a 1000 mA dependiendo de las características opto-eléctricas 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 LEDs eficientes.

Diodo Varicap



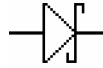
Símbolo del diodo varicap

El **Diodo de capacidad variable** o **Varactor** (Varicap) es un tipo de diodo que basa su funcionamiento en el fenómeno que hace que la anchura de la barrera de potencial en una unión PN varíe en función de la tensión inversa aplicada entre sus extremos. Al aumentar dicha tensión, aumenta la anchura de esa barrera, disminuyendo así la capacidad del diodo. De este modo se obtiene un condensador variable controlado por tensión. Los valores de capacidad obtenidos van desde 1 a 500 pF. La tensión inversa mínima tiene que ser de 1 V.

La aplicación de estos diodos se encuentra, sobre todo, en la sintonía de TV, modulación de frecuencia en transmisiones de FM y radio y en los osciladores controlados por voltaje (Oscilador controlado por tensión).

En tecnología de microondas se pueden utilizar como limitadores: al aumentar la tensión en el diodo, su capacidad varía, modificando la impedancia que presenta y desadaptando el circuito, de modo que refleja la potencia incidente.

Diodo Schottky



Símbolo del diodo Schottky.

El **diodo Schottky** o **diodo de barrera Schottky**, llamado así en honor del físico alemán Walter H. Schottky, es un dispositivo semiconductor que proporciona conmutaciones muy rápidas entre los estados de conducción directa e inversa (menos de 1ns en dispositivos pequeños de 5 mm de diámetro) y muy bajas tensiones umbral (también conocidas como tensiones de codo, aunque en inglés se refieren a ella como "knee", o sea, de rodilla). La tensión de codo es la diferencia de potencial mínima necesaria para que el diodo actúe como conductor en lugar de circuito abierto; esto, claro, dejando de lado la región Zener, que es cuando más bien existe una diferencia de potencial lo suficientemente negativa para que -a pesar de estar polarizado en contra del flujo de corriente- éste opere de igual forma como lo haría regularmente.

Funcionamiento

A frecuencias bajas un diodo normal puede conmutar fácilmente cuando la polarización cambia de directa a inversa, pero a medida que aumenta la frecuencia el tiempo de conmutación puede llegar a ser muy alto, poniendo en peligro el dispositivo.

El diodo Schottky está constituido por una unión metal-semiconductor (barrera Schottky), en lugar de la unión convencional semiconductor P - semiconductor N utilizada por los diodos normales.

Así se dice que el diodo Schottky es un dispositivo semiconductor "*portador mayoritario*". Esto significa que, si el cuerpo semiconductor está dopado con impurezas tipo N, solamente los portadores tipo N (electrones móviles) desempeñarán un papel significativo en la operación del diodo y no se realizará la recombinación aleatoria y lenta de portadores tipo N y P que tiene lugar en los diodos rectificadores normales, con lo que la operación del dispositivo será mucho más rápida.

Características

La alta velocidad de conmutación permite rectificar señales de muy altas frecuencias y eliminar excesos de corriente en circuitos de alta intensidad.

A diferencia de los diodos convencionales de silicio, que tienen una tensión umbral —valor de la tensión en directa a partir de la cual el diodo conduce— de 0,7 V, los diodos Schottky tienen una tensión umbral de aproximadamente 0,2 V a 0,4 V empleándose, por ejemplo, como protección de descarga de células solares con baterías de plomo ácido.

La limitación más evidente del diodo de Schottky es la dificultad de conseguir resistencias inversas relativamente elevadas cuando se trabaja con altos voltajes inversos pero el diodo Schottky encuentra una gran variedad de aplicaciones en circuitos de alta velocidad para computadoras donde se necesiten grandes velocidades de conmutación y mediante su poca caída de voltaje en directo permite poco gasto de energía, otra utilización del diodo Schottky es en variadores de alta gama para que la corriente que vuelve desde el motor al variador no pase por el transistor del freno y este no pierda sus facultades.

Aplicaciones del diodo Schottky

El diodo Schottky se emplea en varios circuitos integrados de lógica TTL. Por ejemplo los tipos ALS y AS permiten que los tiempos de conmutación entre los transistores sean mucho menores puesto que son más superficiales y de menor tamaño por lo que se da una mejora en la relación velocidad/potencia. El tipo ALS permite mayor potencia y menor velocidad que la LS, mientras que las AL presentan el doble de velocidad que las Schottky TTL con la misma potencia.

Fotodiodo



Símbolo del fotodiodo.

Un **fotodiodo** es un semiconductor construido con una unión PN, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Para que su funcionamiento sea correcto se polariza inversamente, con lo que se producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz. Debido a su construcción, los fotodiodos se comportan como células fotovoltaicas, es decir, en ausencia de luz exterior generan una tensión muy pequeña con el positivo en el ánodo y el negativo en el cátodo. Esta corriente presente en ausencia de luz recibe el nombre de corriente de oscuridad.

Principio de funcionamiento

Un fotodiodo es una unión P-N o estructura P-I-N. Cuando una luz de suficiente energía llega al diodo, excita un electrón dándole movimiento y crea un hueco con carga positiva. Si la absorción ocurre en la zona de agotamiento de la unión, o a una distancia de difusión de él, estos portadores son retirados de la unión por el campo de la zona de agotamiento, produciendo una fotocorriente.

Fotodiodos de avalancha Tienen una estructura similar, pero trabajan con voltajes inversos mayores. Esto permite a los portadores de carga fotogenerados el ser multiplicados en la zona de avalancha del diodo, resultando en una ganancia interna, que incrementa la respuesta del dispositivo.

Composición



Fotodiodo.

El material empleado en la composición de un fotodiodo es un factor crítico para definir sus propiedades. Suelen estar compuestos de silicio, sensible a la luz visible (longitud de onda de hasta $1\mu\text{m}$); germanio para luz infrarroja (longitud de onda hasta aprox. $1,8\mu\text{m}$); o de cualquier otro material semiconductor.

Material	Longitud de onda (nm)
Silicio	190–1100
Germanio	800–1700
Indio galio arsénico (InGaAs)	800–2600
sulfuro de plomo	<1000-3500

También es posible la fabricación de fotodiodos para su uso en el campo de los infrarrojos medios (longitud de onda entre 5 y $20\mu\text{m}$), pero estos requieren refrigeración por nitrógeno líquido.

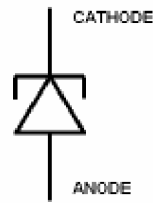
Antiguamente se fabricaban exposímetros con un fotodiodo de selenio de una superficie amplia.

Investigación

La investigación a nivel mundial en este campo se centra (en torno a 2005) especialmente en el desarrollo de células solares económicas, miniaturización y mejora de los sensores CCD y CMOS, así como de fotodiodos más rápidos y sensibles para su uso en telecomunicaciones con fibra óptica.

Desde 2005 existen también semiconductores orgánicos. La empresa *NANOIDENT Technologies* fue la primera en el mundo en desarrollar un fotodetector orgánico, basado en fotodiodos orgánicos.

Diodo túnel



Símbolo del Diodo túnel

El **Diodo túnel** es un diodo semiconductor que tiene una unión *pn*, en la cual se produce el efecto túnel que da origen a una conductancia diferencial negativa en un cierto intervalo de la característica corriente-tensión.

La presencia del tramo de resistencia negativa permite su utilización como componente activo (amplificador/oscilador).

También se conocen como **diodos Esaki**, en honor del hombre que descubrió que una fuerte contaminación con impurezas podía causar un efecto de tunelización de los portadores de carga a lo largo de la zona de agotamiento en la unión.

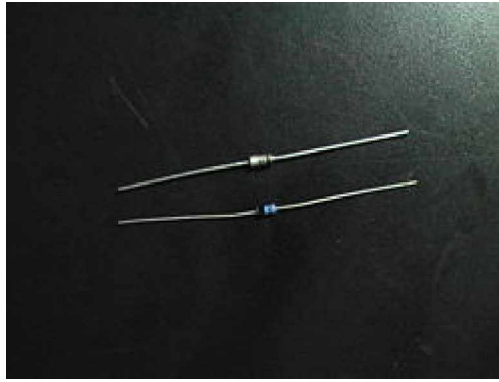
Características, principio de funcionamiento y aplicaciones.

Una característica importante del diodo túnel es su resistencia negativa en un determinado intervalo de voltajes de polarización directa. Cuando la resistencia es negativa, la corriente disminuye al aumentar el voltaje. En consecuencia, el diodo túnel puede funcionar como amplificador, como oscilador o como biestable. Esencialmente, este diodo es un dispositivo de baja potencia para aplicaciones que involucran microondas y que están relativamente libres de los efectos de la radiación.

Diodo Zener




Fotografía de un Diodo Zener

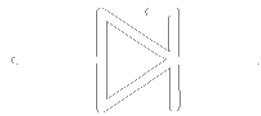


Dos Diodos Zener

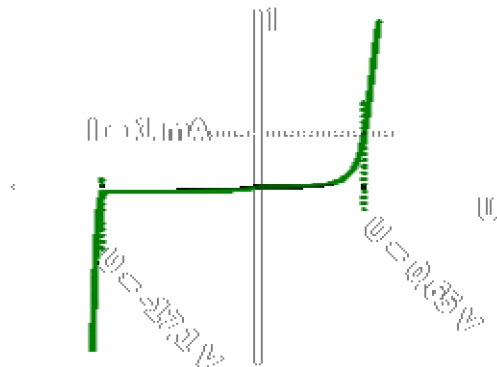
Un **diodo Zener**, es un diodo de silicio que se ha construido para que funcione en las zonas de rupturas. Llamados a veces diodos de avalancha o de ruptura, el diodo zener es la parte esencial de los reguladores de tensión casi constantes con independencia de que se presenten grandes variaciones de la tensión de red, de la resistencia de carga y temperatura.

Símbolo esquemático

El diodo Zener se representa en los esquemas con el siguiente símbolo: en cambio el diodo normal no presenta esa curva en las puntas: 



Símbolo esquemático del diodo zener



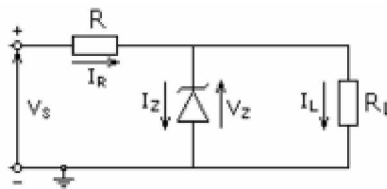
Voltaje zener: el diodo está polarizado en forma inversa, obsérvese que la corriente tiene un valor casi nulo mientras que el voltaje se incrementa rápidamente, en este ejemplo fue con 17 voltios.

Resistencia Zener Un diodo zener, como cualquier diodo, tiene cierta resistencia interna en sus zonas P y N; al circular una corriente a través de éste se produce una pequeña caída de tensión de ruptura.

En otras palabras: si un diodo zener está funcionando en la zona zener, un aumento en la corriente producirá un ligero aumento en la tensión. El incremento es muy pequeño, generalmente de una décima de voltio.

Los **diodos Zener** mantienen la tensión entre sus terminales prácticamente constante en un amplio rango de intensidad y temperatura, cuando están polarizados inversamente, por ello, este tipo de diodos se emplean en circuitos estabilizadores o reguladores de la tensión tal y como el mostrado en la figura.

Eligiendo la resistencia R y las características del diodo, se puede lograr que la tensión en la carga (R_L) permanezca prácticamente constante dentro del rango de variación de la tensión de entrada V_S .



Para elegir la resistencia limitadora R adecuada hay que calcular primero cuál puede ser su valor máximo y mínimo, después elegiremos una resistencia R que se adecue a nuestros cálculos.

$$R_{min} = \frac{V_{smax} - V_z}{I_{Lmin} + I_{zmax}}$$

$$R_{max} = \frac{V_{smin} - V_z}{I_{Lmax} + I_{zmin}}$$

Donde:

1. R_{min} es el valor mínimo de la resistencia limitadora.
2. R_{max} es el valor máximo de la resistencia limitadora.
3. V_{smax} es el valor máximo de la tensión de entrada.
4. V_{smin} es el valor mínimo de la tensión de entrada.
5. V_z es la tensión Zener.
6. I_{Lmin} es la mínima intensidad que puede circular por la carga, en ocasiones, si la carga es desconectable, I_{Lmin} suele tomar el valor 0.
7. I_{Lmax} es la máxima intensidad que soporta la carga.
8. I_{zmax} es la máxima intensidad que soporta el diodo Zener.
9. I_{zmin} es la mínima intensidad que necesita el diodo zener para mantenerse dentro de su zona zener o conducción en inversa (1mA).

La resistencia que elijamos, debe estar comprendida entre los dos resultados que hemos obtenido.

La resistencia de carga del circuito (RL) debe cumplir la siguiente formula:

$$RL = \frac{V_z}{I_{Lmax}}$$

Aplicaciones.

Los diodos Zener generan ruido. Por esa característica, son usados en los generadores de ruido y puentes de ruido.

Conclusiones.

Podemos decir que el surgimiento de los Diodos ha proporcionado un gran avance a la ciencia no solo a la electrónica sino a la ciencia de forma general porque casi todos equipos que tenemos en la actualidad funcionan con componentes eléctricos y con presencia de diodo en sus circuitos.

Bibliografía.

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Diodo>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Diodo_Varicap
- http://es.wikipedia.org/wiki/Diodo_Schottky
- www.unicrom.com/Tut_fotodiodo

Breve biografía del autor.

Andy Willian Mesa Mederos, estudiante de 3er año de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Ciudad de Santa Clara. Provincia de Villa Clara. Cuba. Estudiante vinculado a investigaciones con el Centro de Estudios de Energía y Tecnologías Ambientales (CEETA) de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UCLV.

País: Cuba.

Ciudad: Santa Clara.

Fecha de elaboración: 11 de diciembre de 2008.