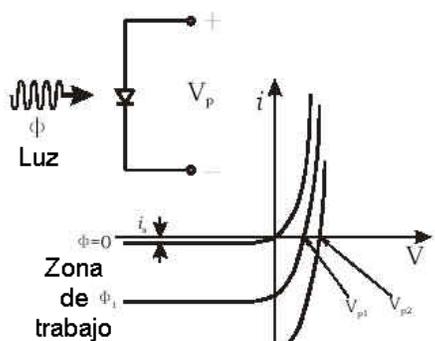


Fotodiodo.- Diodo detector de luz

El fotodiodo se parece mucho a un diodo semiconductor común, pero tiene una característica que lo hace muy especial: es un dispositivo que conduce una cantidad de corriente eléctrica proporcional a la cantidad de luz que lo incide (lo ilumina).

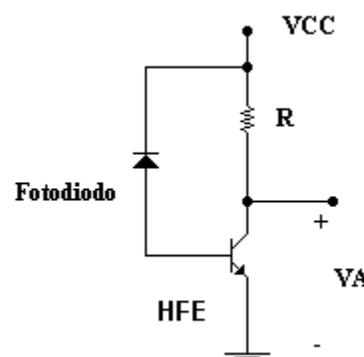


Curvas características de un fotodiodo

Esta corriente eléctrica fluye en sentido opuesto a la flecha del diodo y se llama corriente de fuga.

El fotodiodo se puede utilizar como dispositivo detector de luz, pues convierte la luz en electricidad y esta variación de electricidad es la que se utiliza para informar que hubo un cambio en el nivel de iluminación sobre el fotodiodo.

Ejemplos de fotodiodos



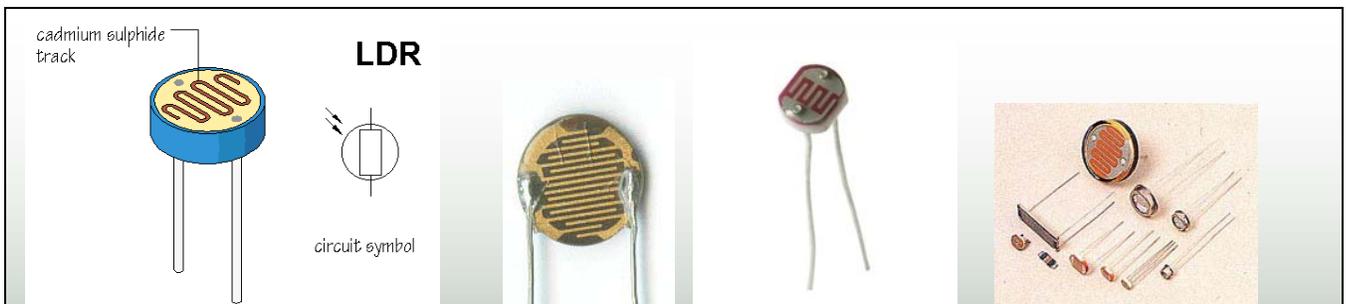
Circuito de polarización

Si el fotodiodo es polarizado en directa, la luz que incide no tendría efecto sobre él y se comportaría como un diodo semiconductor normal. (Recuerde, el fotodiodo trabaja en inversa).

La mayoría de los fotodiodos vienen equipados con un lente que concentra la cantidad de luz que lo incide, de manera que su reacción a la luz sea más evidente.

A diferencia del LDR o fotorresistencia, el fotodiodo responde a los cambios de oscuridad a iluminación y viceversa con mucha más velocidad, y puede utilizarse en circuitos con tiempo de respuesta más pequeño. Esta cualidad también la tienen los fototransistores que serán vistos al final de este apunte.

EL LDR



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 siglas, LDR, se originan de su nombre en inglés light-dependent resistor. El LDR es fabricado con materiales de estructura cristalina, y utiliza sus propiedades fotoconductoras. Los cristales utilizados más comunes son: sulfuro de cadmio y seleniuro de cadmio. El valor de la fotorresistencia (en Ohmios) no varía de forma instantánea cuando se pasa de luz a oscuridad o al contrario.

Esto hace que el LDR no se pueda utilizar en muchas aplicaciones, especialmente aquellas que necesitan de mucha exactitud en cuanto a tiempo para cambiar de estado (oscuridad a iluminación o iluminación a oscuridad) y a exactitud de los valores de la fotorresistencia al estar en los mismos estados anteriores.

Fototransistor

Un fototransistor es, en esencia, lo mismo que un transistor normal, solo que puede trabajar de 2 maneras diferentes:

- **Como un transistor normal** con la corriente de base (I_{Bn}), modo normal.
- **Como fototransistor**, cuando la luz que incide en este elemento hace las veces de corriente de base. (I_{λ}), (modo de iluminación).

Se pueden utilizar las dos en forma simultánea, aunque el fototransistor se utiliza principalmente con el terminal de la base sin conectar. ($I_B = 0$), incluso en algunos fototransistores no esta disponible dicho terminal.

La corriente de base total es igual a corriente de base (modo normal) + corriente de base (por iluminación): $I_{BT} = I_{Bn} + I_{\lambda}$

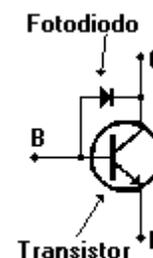
Si se desea aumentar la sensibilidad del fototransistor, debido a la baja iluminación, se puede incrementar la corriente de base (I_B), con ayuda de polarización externa

El circuito equivalente de un fototransistor, es un transistor común con un fotodiodo conectado entre la base y el colector, con el cátodo del fotodiodo conectado al colector del transistor y el ánodo a la base.

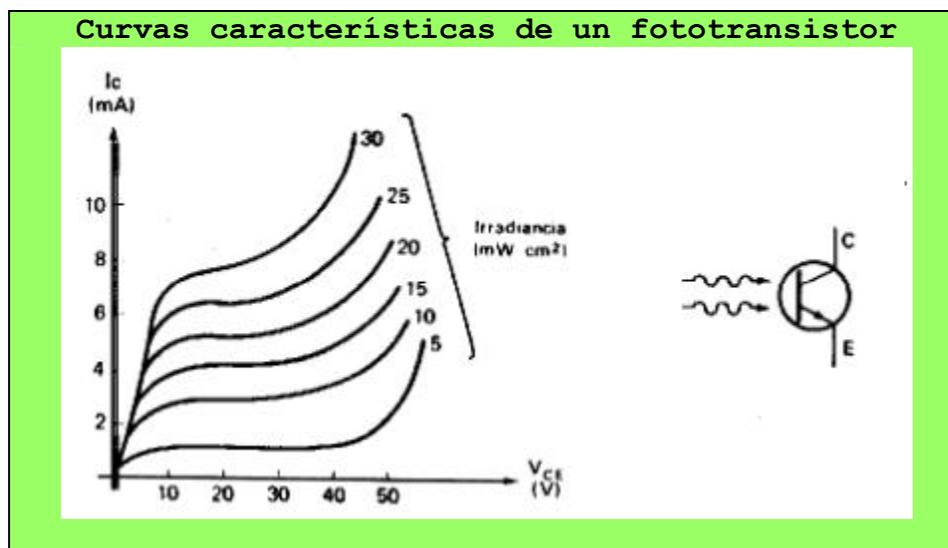
Ejemplos de fototransistores



En el gráfico se puede ver el circuito equivalente de un fototransistor. Se observa que está compuesto por un fotodiodo y un transistor. La corriente que entrega el fotodiodo (circula hacia la base del transistor) se amplifica β veces, y es la corriente que puede entregar el fototransistor.



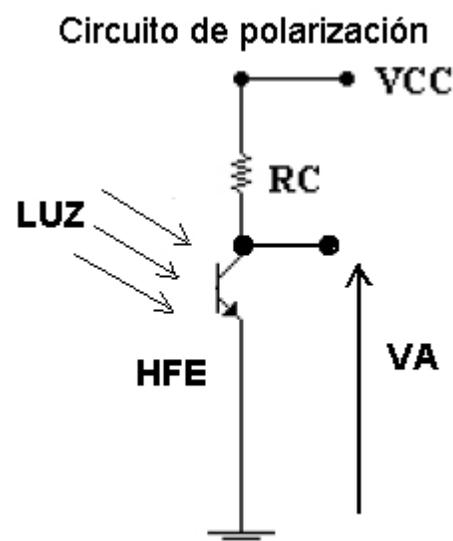
El fototransistor es muy utilizado para aplicaciones donde la detección de iluminación es muy importante. Como el fotodiodo, tiene un tiempo de respuesta muy corto, solo que entrega una corriente eléctrica mayor.



En la figura podemos observar un circuito simple de polarización del fototransistor.

Mediante la elección adecuada del valor de R es posible lograr que el transistor se sature con cierta iluminación y que se corte con cierta oscuridad.

Los fototransistores también suelen venir con un lente que concentra la cantidad de luz que incide, con el objetivo de mejorar la sensibilidad del dispositivo.



Generalidades sobre fotodiodos y fototransistores

Los fotodiodos y fototransistores de silicio son sensibles en la zona de 400 nm hasta 1100 nm.

Dado que la mayor sensibilidad está en los 880 nm, los rayos infrarrojos pueden ser detectados especialmente bien por los componentes de silicio.

Fotodiodos y fototransistores se pueden suministrar en resina de epoxi negra, la cual reduce la sensibilidad en el espectro visible.

Lo que define las propiedades de sensibilidad al espectro de un fotodiodo (o de un fototransistor) es el material semiconductor que

se emplea en la construcción. Los fotodiodos están contruidos de silicio, sensible a la luz visible (longitud de onda de hasta 1,1 μm), de germanio para luz infrarroja (longitud de onda hasta aproximadamente 1,8 μm), y los hay de otros materiales semiconductores. El rango de espectro es:

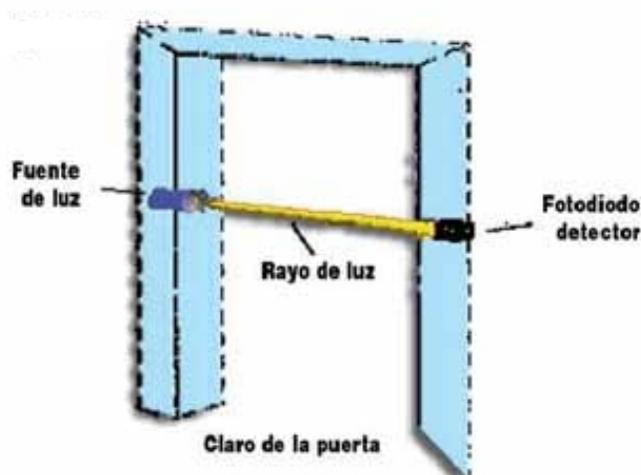
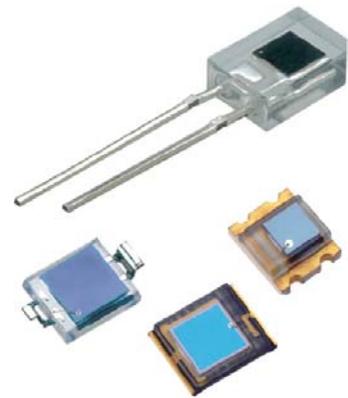
	Silicio:	190-1100 nm
	Germanio:	800-1700 nm
Indio galio arsénico (InGaAs):		800-2600 nm
Sulfuro de plomo:		1000-3500 nm

Aplicaciones de Fotodiodos

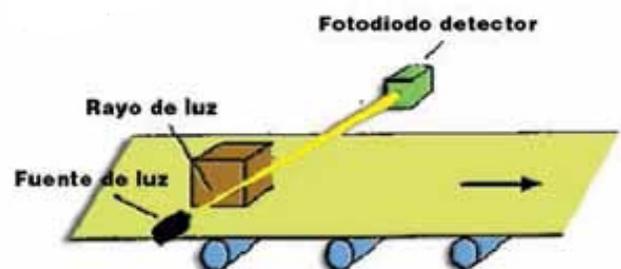
- Transmisiones rápidas de datos
- Aparatos de medición ópticos
- Cortinas de luz

Aplicaciones para fototransistores

- Conmutadores ópticos (p. e. Barreras de luz)
- Sensores claro-oscuro
- Transmisión simple de datos de baja velocidad



Ejemplo de aplicaciones



Los sensores ópticos mejoran el confort y la seguridad del automóvil

Hace treinta años, se utilizó el primer fotorresistor de sulfuro de cadmio en un turismo para encender y apagar automáticamente los faros en función de la luz ambiente. Actualmente, la tecnología básica que se utiliza para detectar luz es la de los fotodiodos y fototransistores de silicio, con lo que las aplicaciones electrónicas para la carrocería se han ampliado considerablemente.

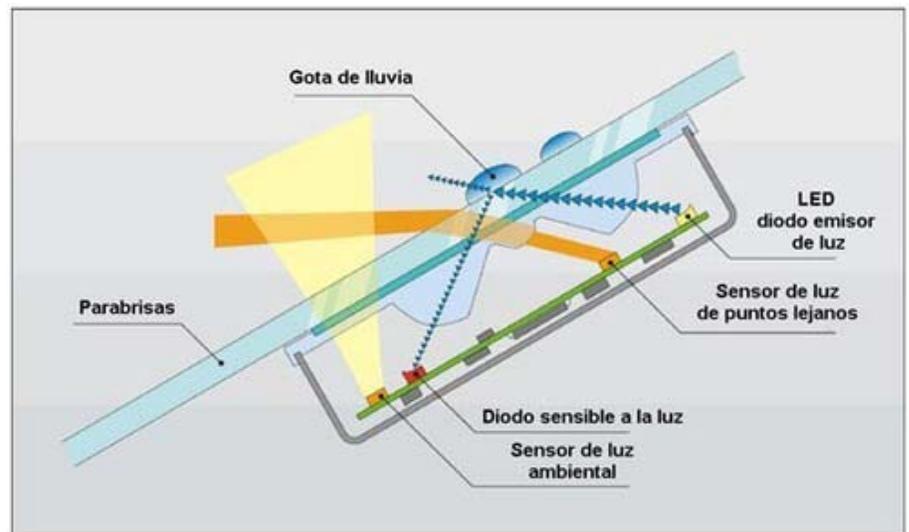
En la mayoría de los casos, los fotodiodos se utilizan en aplicaciones para automoción porque la sensibilidad a la corriente de luz y la longitud de onda se mantiene lineal a las temperaturas habituales de la electrónica de la carrocería, que oscilan entre -40° y $+85^{\circ}\text{C}$. En comparación con los fotodiodos, la ganancia de corriente continua y la corriente en la oscuridad de los fototransistores varían más con la temperatura. La ventaja de los fototransistores sobre los fotodiodos es que, con la misma cantidad de luz, la corriente de salida es mucho mayor, con lo que podría prescindirse de la amplificación.

Sensor de lluvia

A modo de ejemplo, un sensor de lluvia está formado por un diodo emisor de luz infrarroja y un fotodiodo para detectar la cantidad de luz emitida que el vidrio refleja. La luz infrarroja se emite a través del cuerpo del sensor con un ángulo preciso, se refleja dentro del vidrio del parabrisas y vuelve al fotodiodo.

Cuando empieza a llover, las gotas que caen sobre el vidrio hacen que parte de la luz se refracte y que menos luz vuelva reflejada al fotodiodo. A medida que la lluvia arrecia, la cantidad de luz que vuelve reflejada a la superficie del detector disminuye.

Llega un momento en que la corriente de salida es inferior a un umbral definido y el sensor indica "lluvia". También detecta nieve.



Cuando un microcontrolador recibe esta señal, el sensor activa los brazos portaescobillas y regula su velocidad.



En las aplicaciones de electrónica de carrocería, los sensores de luz ambiente se utilizan para ajustar la intensidad de la iluminación de los paneles de instrumentos y las pantallas LCD de los sistemas de navegación con GPS, el sistema de climatización y las pantallas de los reproductores DVD. Por ejemplo, a medida que oscurece, la iluminación del panel de instrumentos se ajusta para proporcionar una visibilidad óptima y no deslumbrar al conductor. Si se utilizan estos sensores, puede suprimirse la molesta función que atenúa automáticamente el brillo de los instrumentos y pantallas al encender los faros durante el día. La principal prestación de un sensor de luz ambiente es copiar la sensibilidad del ojo humano entre 380 y 780 nm, las longitudes de onda visibles.

Los fotodiodos desempeñan una función en el control de la climatización porque determinan el ángulo en que incide la luz solar y, en combinación con un termistor, ajustan la velocidad del ventilador y la temperatura. Para determinar el ángulo del sol, el fotodiodo utiliza una función de la iluminancia en la que un pico se corresponde con el sol en su vértice. El componente más apropiado para esta aplicación es un fotodiodo con termistor NTC integrado.

El sensor de lluvia ofrece aún más posibilidades. Por ejemplo se lo puede usar para cerrar ventanas y techos corredizos automáticamente. Equipados con un sensor adicional de luz, puede controlar a las luces del auto: se activa cuando oscurece o al ingresar a un túnel sin mediar la intervención del conductor.

Sensor de túnel

Para que el sistema detecte un túnel, se requieren las señales de dos sensores. El primer sensor tiene un campo de visión amplio y está orientado para "mirar hacia arriba", con un periodo de tiempo medio de movimiento relativamente largo que impide que las luces se enciendan y apaguen cíclicamente. El segundo sensor, el sensor de túnel, tiene un campo de visión estrecho y está orientado para "mirar hacia delante", con un periodo de tiempo medio de movimiento relativamente corto. De esta manera, el sensor de túnel puede reaccionar rápidamente ante cambios súbitos de luz, encender los faros y, posiblemente, atenuar la iluminación de los instrumentos al entrar en un túnel. El sensor que "mira hacia delante" impide que las luces se enciendan y apaguen rápidamente al pasar por debajo de un puente o una densa arboleda. En estos casos, el sensor todavía "verá" luz delante.

Cuando se entra en un túnel, la señal del sensor de túnel disminuye, mientras que la del sensor con campo de visión amplio se mantiene alta; por lo tanto, se encenderán los faros. Por el contrario, cuando se salga del túnel, la señal de este sensor será alta, mientras que la del sensor con campo de visión amplio será baja, así que los faros se apagarán. El controlador puede distinguir fácilmente las dos situaciones por los diferentes periodos medios de movimiento.

El uso de sensores ópticos, especialmente fotodiodos y fototransistores, en aplicaciones de electrónica de la carrocería contribuye a aportar la seguridad y confort que los consumidores demandan. Aunque estos sistemas se encuentran actualmente sólo en coches de gama alta, pronto estarán presentes en vehículos de todos los segmentos de precios, como es habitual en las aplicaciones para automoción.