

1 Definiciones [1] [2]

Fotodetector (En inglés *Photodetector*). (1947) Cualquiera de varios dispositivos para la detección y medición de la intensidad de radiación óptica a través del efecto fotoeléctrico.

Fotodiodo (En inglés *Photodiode*). (1945) Un dispositivo semiconductor para detectar y para medir energía radiante (como la luz) por medio de su conversión en corriente eléctrica.

Diodo emisor de luz LED (En inglés *Light –emitting diode*). (1970) Un diodo semiconductor que emite luz cuando está sujeto a una tensión aplicada y que se usa como indicador de luz.

Diodo emisor de infrarrojo IRED (En inglés *Infrared–emitting diode*). (1970) Un diodo semiconductor que emite radiación infrarroja cuando está sujeto a una tensión aplicada y que se usa como indicador e iluminador.

Fotocorriente (En inglés *Photocurrent*). (1913) Corriente fotoeléctrica. Un tren de electrones **producidos por efecto fotoeléctrico o fotovoltaico**.

Optoaislador (En inglés *Optoisolator*). Un componente para transmitir una señal eléctrica entre dos partes de un dispositivo no conectados físicamente. Esto asegura que si una parte es elevada a un potencial mayor con respecto a una referencia de tierra, no habrá peligro en el resto del dispositivo estando sujeto a la misma tensión.

Optoelectrónica (En inglés *Optoelectronics*). (1959) Rama de la electrónica que estudia los dispositivos electrónicos que emiten, transmiten, modulan y detectan radiación óptica (donde se incluye la luz).

2 Generalidades de radiación óptica y optoelectrónica [4] [5] [6]

Un dispositivo optoelectrónico se define como aquel que detecta, emite o modifica radiación óptica coherente o incoherente, o utiliza radiación óptica para su operación interna.

Se define la radiación óptica como la energía radiante transmitida por medio de ondas electromagnéticas desde 100 nm hasta 1000 μm . Dentro de este ámbito se incluye la radiación visible al ojo humano (la luz), con longitudes de onda entre 380 a 780 nm y las radiaciones infrarroja y ultravioleta.

Las tres regiones espectrales se manipulan con las mismas técnicas ópticas, figura 1.

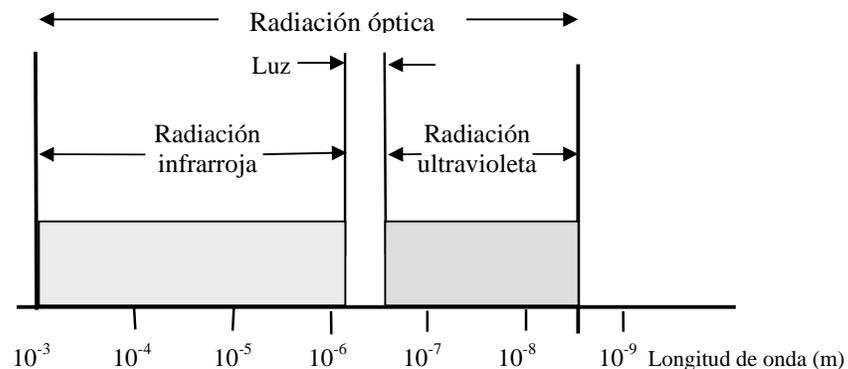


Figura 1 Espectro de radiación óptica

Mientras que el hombre ha usado sus ojos para sentir luz desde llamas y antorchas, ha sido en los últimos dos siglos que se han combinado las funciones eléctricas y ópticas.

Los detectores ópticos o fotodetectores se usan para sentir la energía óptica radiante, que incluye la luz y las radiaciones infrarroja y ultravioleta. Los más comunes son dispositivos pasivos que convierten la energía óptica, ya sea visible o infrarrojo cercano, en una señal de salida eléctrica.

Se considera que se utilizan fuentes de luz de diferente tipo para la emisión de la radiación óptica.

Para el siguiente análisis se utiliza el término luz ya que comúnmente se usan fuentes visibles, pero lo más apropiado es llamarla radiación óptica si no se conoce con exactitud su espectro.

2.1 Breve historia de la optoelectrónica

En 1839 Henry Becquerel fue el primero en observar el efecto fotoeléctrico, en el brillo emitido por un par de electrodos en un electrolito.

También se observó una variación de la conductividad en un bloque sólido de material semiconductor sujeto a una iluminación, y proporcional a la potencia radiante recolectada.

Willoughby Smith fue el primero que observó en 1873 esta fotoconductividad, como un decrecimiento en la resistencia de una barra de selenio cuando esta se exponía a la luz solar. Este año se considera como el nacimiento de la optoelectrónica.

El dispositivo basado en la fotoconductividad se denomina fotoconductor, y tiene aún gran relevancia práctica.

Una lámpara incandescente con un filamento de tungsteno fue el primer dispositivo usado para convertir energía eléctrica en luz vía el calentamiento del conductor.

En 1907 Henry J. Round reportó una emisión de luz amarilla, al aplicar una tensión de 10 V a los electrodos de un cristal de carburo de silicio y igualmente fue reportada en 1923 O. W. Lossev.

Estas observaciones iniciales de detección y emisión de luz, estuvieron olvidadas por mucho tiempo, dado que los mecanismos que causaban los fenómenos no era bien comprendidos. Tampoco se disponía de la tecnología para producir materiales altamente puros y eficientes.

Con el invento de los diodos semiconductores y el transistor, y su posterior explotación comercial, se dio impulso a los dispositivos optoelectrónicos.

Los primeros investigadores en semiconductores notaron que los diodos y transistores eran sensitivos a la luz, y debían ser encapsulados en materiales opacos para que operaran apropiadamente. Además notaron que algunos dispositivos emitían luz bajo ciertas condiciones.

Los detectores de luz de silicio ya se comercializaban en los años cincuenta del siglo pasado y a inicios de los años sesenta ya se disponía de diodos emisores de luz. Al principio los costos de estos dispositivos eran elevados, lo que limitó la práctica de la optoelectrónica a aplicaciones especializadas.

Posteriores mejoras en las técnicas de fabricación y producción de materiales bajaron los costos hasta llevar los dispositivos optoelectrónicos hasta el consumidor y la industria. Actualmente la optoelectrónica es una rama tecnológica totalmente consolidada.

2.2 Un poco de historia de aislamiento óptico y cuando se requiere?

Posiblemente se ha escuchado que el aislamiento óptico es muy popular en productos de comunicación de datos.

¿Pero qué es aislamiento óptico? ¿Y porqué tiene tanta demanda?

La información base a 1887 cuando Gustav Hertz descubrió que ciertas superficies liberan electrones cuando son influenciadas por radiación óptica. El trabajo posterior de Max Planck y de Albert Einstein a inicios del siglo veinte, estableció que paquetes de energía, llamados luego fotones, podían transferir sus energías para liberar electrones y liberarlos del metal en una forma matemáticamente predecible.

La aplicación de este fenómeno denominado “efecto fotoeléctrico”, al campo de los semiconductores, es la base para el aislamiento óptico.

La teoría básica del aislamiento óptico presenta que se requieren dos elementos básicos: una fuente de luz (radiación óptica) usualmente un diodo emisor y un fotodetector. Estos dos elementos se colocan uno frente al otro y se insertan en un circuito eléctrico para formar el acople óptico de la radiación emitida. La propiedad clave de un optoacoplador es que hay una brecha aislante entre la fuente de radiación óptica y el fotodetector.

Ninguna corriente pasa a través de la brecha, solo las ondas ópticas deseadas, que representan los datos. Así los dos lados del circuito están efectivamente aislados uno del otro.

La aplicación primaria en comunicación de datos de este aislamiento óptico, es en circuitos de datos punto a punto que cubren una distancia de un poco más de cien metros.

Dado que los dispositivos conectados se presume que tienen diferente alimentación eléctrica, es probable que exista una diferencia de potencial de nivel de tierra entre ellos.

Cuando se presenta tal condición, la tensión del nivel de tierra puede ser diferente, a veces por cientos de volts. Con esta diferencia de tensión de nivel de tierra, puede ocurrir el fenómeno denominado lazo a tierra, en el cual la corriente fluirá a lo largo de una línea de datos, en un esfuerzo por igualar la diferencia de potencial de nivel de tierra entre los dispositivos conectados.

El lazo a tierra puede, al menos, distorsionar la comunicación o dañar el equipo.

El aislamiento óptico resuelve el problema de lazo a tierra al levantar efectivamente la conexión entre la línea de datos y el nivel de tierra en ambos extremos de una línea de transmisión. Si existe una conexión acoplada óptimamente en cada extremo, el tráfico de datos “flota” sobre la volatilidad de las diferencias de tensión de nivel de tierra.

2.3 ¿Qué es aislamiento óptico vs. aislamiento de un transformador?

Una creencia común es que el aislamiento óptico es muy superior al aislamiento de un transformador en cada caso. Esto es verdadero en teoría, ya que el aislamiento óptico brinda una barrera real, mientras que el aislamiento de transformador es un acople diseñado para solamente absorber frecuencias no deseadas.

Pero en la práctica, el aislamiento óptico es un transmisor menos eficiente de energía que el aislamiento de transformador, importante cuando la fuerza de la señal es de consideración. Así el

aislamiento de transformador es a veces la mejor escogencia para aplicaciones de larga distancia en enlaces punto a punto y el aislamiento óptico se vuelve muy caro como solución a muy altas razones de datos. Por esto en el mundo real, el aislamiento de transformador aún se usa.

2.4 ¿Qué es aislamiento óptico vs. protección de aumento súbito de potencia (surge)?

Otra creencia común es que el aislamiento óptico toma el lugar de la protección de aumento súbito de potencia. Después de todo, si el aislamiento óptico brinda una barrera contra los lazos a nivel de tierra, ¿no debería ser una barrera contra transientes también?

Esta creencia falla al tomar en cuenta la diferencia fundamental entre lazos a nivel de tierra y transientes. Los lazos a nivel de tierra tienden ser de larga duración y de relativa baja tensión. Los transientes, por otro lado, tienden a ser de corta duración y de muy alta tensión. Consecuentemente, la cantidad de corriente eléctrica presente instantáneamente por un transiente, debe ser enrutada seguramente al nivel de tierra.

Un optoacoplador puede ser destruido por un transiente de alta tensión que exceda su máximo valor. En realidad, el transiente no logra pasar la barrera, y los componentes en el otro lado del optoacoplador no serán molestados. Pero los componentes del lado receptor del golpe (usualmente el lado de la línea analógica) serán dañados.

En cualquier caso, la unidad no será capaz de pasar más datos. Lo que se necesita es protección a transientes, como un diodo de silicio de avalancha colocado en frente del optoacoplador, justo donde la línea entra desde el mundo externo. Estos protectores responden instantáneamente, y derivan grandes cantidades de corriente eléctrica a chasis aterrizado.

Esta corriente eléctrica peligrosa no está permitida alrededor de un circuito y daña componentes, incluso el optoacoplador. Entonces solo así un optoacoplador puede hacer el trabajo de proveer una barrera constante a bajas tensiones de lazo a nivel de tierra.

2.5 Un poco de historia de los optoacopladores

En general el término optoacoplador se aplica a un dispositivo que consiste de una fuente tipo IRED (diodo emisor de infrarrojo) de GaAs (Arseniuro de Galio) y un fotodetector, montados muy cercanos para un buen acople óptico (o sea en línea de enlace óptico pero aislados eléctricamente).

Su nombre implica que puede ser un optoacoplador o un optoaislador, ya que acopla señales ópticas pero aísla a nivel eléctrico el nivel de tierra de un circuito a otro.

La posibilidad de tener diferentes tierras aisladas asegura por ejemplo, que un paciente en un hospital puede estar monitoreado, y estar libre de potenciales golpes eléctricos, mientras que se eliminan corrientes de lazo a tierra.

La acción de este dispositivo es muy similar a un relevador electromecánico que tiene una bobina, la cual al estar energizada, hace que se cierren los contactos. Esto completa un circuito y permite que fluya la corriente.

Los optoacopladores han evolucionado desde una curiosidad imperfecta de laboratorio a finales de los años cincuenta, hasta las primeras unidades disponibles comercialmente en 1964, que eran optoacopladores sensitivos a la luz SCR (Silicon Controller Rectifier), hechos por GE.

Al año siguiente los fabricantes usaron por primera vez procesos de fase líquida epitaxial.

En 1971 los primeros optoacopladores usaron dieléctricos de vidrio. En 1975 el primer acoplador con un IRED mostró un tiempo de vida media de cuatro millones de horas a 55 °C. Luego la confiabilidad incrementó a seis millones de horas en 1981.

El progreso desde entonces ha incrementado la confiabilidad, ha reducido los costos de fabricación, comprimido los tamaños y anulando la degradación CTR (Current Transfer Ratio).

Los fotodetectores no presentan los problemas de fabricación que los emisores. Por ello los emisores se atrasaron en su desarrollo por más de veinte años respecto a los fotodetectores. Los fotodetectores de silicio tienen una respuesta amplia de cerca de 700 nm a 950 nm con un pico entre 750 nm a 900 nm.

3 Generalidades de un optoacoplador [3] [4] [6]

En general un optoacoplador (optoaislador) tiene tres elementos:

Un emisor de infrarrojo, un medio transparente y un fotodetector de infrarrojo sintonizado a la longitud de onda del emisor.

El emisor puede ser una lámpara incandescente, una lámpara de neón, un IRED o un LED. El medio puede ser un aislador transparente, una fibra óptica, aire o vidrio. El fotodetector puede ser un fotodiodo, un fototransistor, un fotoFET a alguna combinación integrada de ellos.

Esto produce diversas posibilidades de características de entrada, salida y acople.

La combinación emisor/detector debe ser lo más acoplada posible en términos ópticos. Por ejemplo Motorola, usa una IRED de bajo costo de 940 nm que no se acopla exactamente a un fotodetector.

El término optoacoplador en términos prácticos se aplica a un dispositivo que consiste de una fuente tipo IRED (diodo emisor de infrarrojo) de GaAs (Arseniuro de Galio) y un fotodetector, montados muy cercanos para un buen acople óptico (o sea en línea de enlace óptico) pero aislados eléctricamente).

3.1 Ventajas

1. Excelente aislamiento cerca de $10^{11} \Omega$ en paralelo con 1 pF.
2. Buena linealidad entre corriente de entrada y de salida
3. Compatible con transistores y de circuitos lógicos
4. Alta velocidad.
5. Larga vida.
6. Resistente a la vibración.
7. Alta razón de transferencia de corriente.

La interfaz de señales digitales con dispositivos reales es realizada con optoacopladores. El problema surge al unir un circuito lógico con un dispositivo del mundo real que opera en AC o con un DC elevado. Pueden usarse en aplicaciones que requieren aislamiento eléctrico cuando la salida baja DC de un sistema digital controle un motor AC. Ya que los circuitos lógicos son incapaces de entregar AC, un AC inducido puede causar problemas en el circuito lógico, por esto se requiere aislamiento eléctrico.

Pueden usarse en aplicaciones donde una salida de un nivel alto desde un dispositivo medidor alimenta a un circuito controlado por un microprocesador, o detener la operación en un punto determinado, como en una línea de ensamble.

3.2 Optoacopladores de plástico

En un ambiente industrial comúnmente se presentan altas tensiones, campos magnéticos y ruido, y la confiabilidad es crítica para evitar paros y asegurar la exactitud de los datos.

Para este ambiente es donde se diseñan los optoacopladores, para aislar altas tensiones y separar señales no deseadas, siguiendo normas regulatorias como IEC (International Electrotechnical Commission), UL (Underwriters Laboratories, Inc.), CSA (Canadian Standard Association) y EN (European Union).

El propósito primario de un optoacoplador es brindar tanto aislamiento eléctrico como separación de señales. La popularidad de los optoacopladores se debe a su costo efectivo. Pueden ser usados en un arreglo de aplicaciones de aislamiento que van desde alimentación de potencia y circuitos de control de motores hasta comunicaciones de datos e interfaces digitales.

Algunos productos incluyen salida de fototransistor, salida analógica y digital, desempeño de alta velocidad y alta ganancia, manejadores de transistores de compuerta aislada y módulos de potencia inteligentes, sensores inteligentes de corriente eléctrica y otras aplicaciones específicas.

4 Conceptos básicos del optoacoplador

El optoacoplador es un componente simple con un emisor y un fotodetector, juntos en un solo paquete, aislados eléctricamente por un medio aislante transparente.

En la figura 2 se ilustran esquemáticos de diversas configuraciones de salida y los símbolos esquemáticos de optoacopladores comunes. Las señales son transmitidas entre los dos elementos aislados eléctricamente por medio de la trayectoria óptica. Los dos elementos no pueden tener las funciones inversas, al no haber conexiones eléctricas entre ellos la señal solo tiene una dirección.

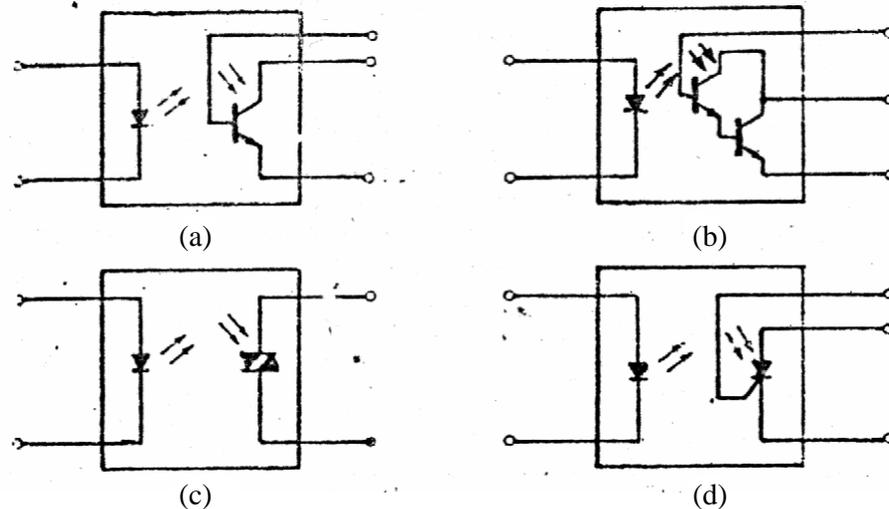


Figura 2 Esquemáticos de optoacopladores más comunes (a) Salida con fototransistor, (b) Salida con fotodarlington, (c) Salida conmutador bilateral activado por luz (d) Salida LASCR

4.1 Parámetros de un optoacoplador

4.1.1 Emisor de un optoacoplador

El principal interés del emisor de un optoacoplador se centra en la eficiencia de acople con el fotodetector. Se desea baja resistencia, por lo que el optoacoplador hecho de GaAs es la mejor escogencia. Además una tensión baja en directo es recomendable. Pero esto no es tan crucial como la ganancia y el ancho de banda.

Las consideraciones ópticas en un optoacoplador son drásticamente diferentes en un emisor discreto, que tiene un patrón de emisión en forma anular (anillo) alrededor de la zona de soldadura central. Esto brinda una gran razón de área emisora aparente a real.

Un optoacoplador tiene un área emisora lo más pequeña posible. Hay también una zona de soldadura desplazada en el sustrato del circuito integrado, lo que asegura contra sombras en la zona emisora y resulta en cercano acople con el fotodetector.

4.1.2 Detector de un optoacoplador

Se puede usar un fotodiodo como fotodetector, pero esto requiere añadir un amplificador para la conducción apropiada. Es costosa e ineficiente la amplificación externa. Por ello el optoacoplador integrado tiene un fotodetector integrado con dos métodos:

- Usar un fototransistor con su unión colector base como región de detección de luz.
- Usar un fotodiodo con un transistor separado en el circuito integrado para amplificar la fotocorriente del fotodiodo.

A pesar de ser menos caro de fabricar, el fototransistor tiene lenta velocidad de conmutación y problemas de linealidad, figura 3.

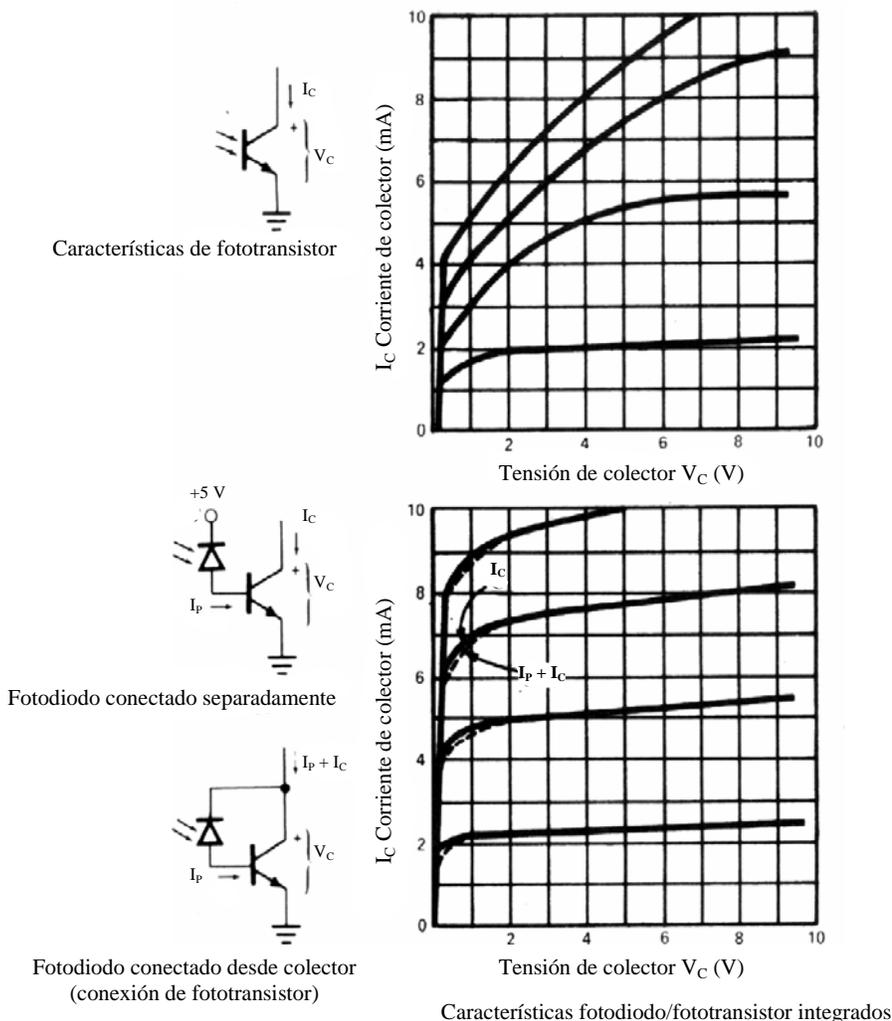


Figura 3 Linealidad de fotodiodos vs. fototransistores (Tomado de Hewlett – Packard)

El principal contribuyente a la no linealidad es la corriente de colector que fluye en la unión base colector. Esto reduce la región de vaciado colector base lo que hace decrecer la responsividad.

La corriente de colector no fluye en la combinación fotodiodo/transistor, aún si el cátodo del fotodiodo se conecta al colector.

Esto se conoce como una conexión de fototransistor de un optoacoplador, figura 3. Se obtiene linealidad óptima al mantener una tensión fija a través del fotodiodo.

Para un diseño satisfactorio con optoacopladores, se requiere entender sus parámetros. Al trabajar a bajas frecuencias, se establecen solo los parámetros DC los cuales son parámetros de entrada, de salida y de razón de transferencia de corriente.

La razón de transferencia de corriente (CTR) es la razón de la corriente de entrada a la corriente de salida en un optoacoplador (a una alimentación específica), y se representa por η . Este valor depende de la eficiencia del IRED y el espaciado entre los elementos de entrada y de salida. Además el área sensitiva y la ganancia del detector también juegan su papel.

Los parámetros de entrada DC que definen los parámetros eléctricos del IRED son (ver figura 4):

1. La corriente a favor del diodo I_F
2. La tensión a favor del diodo V_F
3. La tensión máxima en reversa V_R

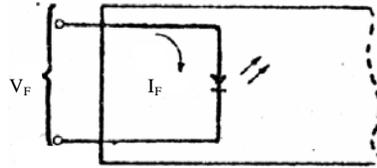


Figura 4 Parámetros de entrada de un IRED

Debido a que la salida DC y los parámetros de transferencia difieren dependiendo del tipo de elemento detector utilizado, se realiza una clasificación separada de acuerdo al tipo de detector.

El fototransistor y el fotodarlington operan con los mismos principios en un optoacoplador. La unión colector base (CB) se incrementa con un fotodiodo que controla un transistor.

Así, la radiación óptica que incide en la unión, genera pares electrón hueco, los cuales son barridos a través de la unión por el campo eléctrico desarrollado en la región de vaciado. Los parámetros para el fotodarlington y el fototransistor son:

1. La corriente continua máxima en el colector (de salida) I_C
2. La tensión de ruptura máxima colector base $V_{(BR)CBO}$
3. La tensión de ruptura máxima colector emisor $V_{(BR)CEO}$
4. La tensión de ruptura máxima emisión colector $V_{(BR)ECO}$

Los optoacopladores que usan un conmutador bilateral activado por luz en la salida, se diseñan para aplicaciones que requieran aislamiento en el disparo de un triac, aislamiento a baja corriente, conmutación AC y alto aislamiento eléctrico. Los parámetros para este dispositivo son:

1. La corriente en estado encendido máxima rms $I_{T(RMS)}$
2. La tensión máxima de terminal de salida repetitiva estado pagado V_{DRM} .
3. La tensión en reversa máxima V_{TM} .

Los parámetros de transferencia de un dispositivo optoacoplado como los mencionados, son una medida de la razón de corriente transmitida entre los elementos de entrada y de salida. Para fototransistores y fotodarlington, los parámetros son:

1. La razón CTR η de la mínima corriente alta de salida del colector a la corriente del diodo emisor a un VCE e I_F dado.
2. Tensión de saturación colector emisor $V_{CE(sat)}$

Para un conmutador bilateral activado por luz y LASCR los parámetros son:

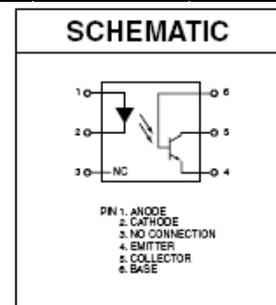
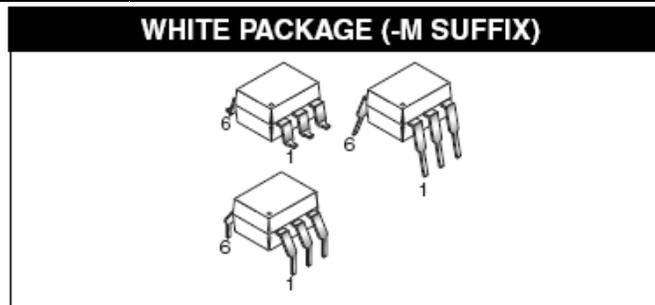
1. La corriente máxima de disparo del IRED requerida para activar que la salida I_{fi} .
2. La corriente de mantenimiento requerida para que la salida se mantenga I_H .

Las especificaciones de tres optoacopladores (4N33, 4N26 y MOC3010) se presentan en la tabla 1.

Tabla 1 Especificaciones [7] [8]

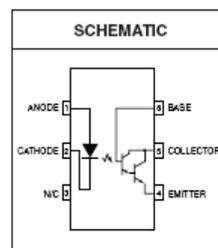
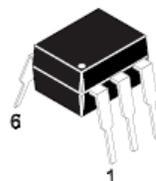
4N26 (Optoacoplador transistor)

		Mínimo	Típico	Máximo	Unidades
Entrada	I_F			80	mA
	V_F ($I_F = 10$ mA)		1,1	1,5	V
	V_R			3,0	V
Salida	I_C			100	mA
	$V_{(BR)CBO}$	70		3,0	V
	$V_{(BR)CBO}$	30			V
	$V_{(BR)ECO}$	7			V
Parámetros acoplados	CTR ($I_F = 10$ mA, $V_{CE} = 10$ V)	20			%
	$V_{ce(sat)}$ ($I_F = 50$ mA, $I_C = 2$ mA)		0,1	0,5	V



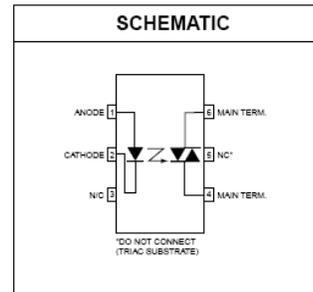
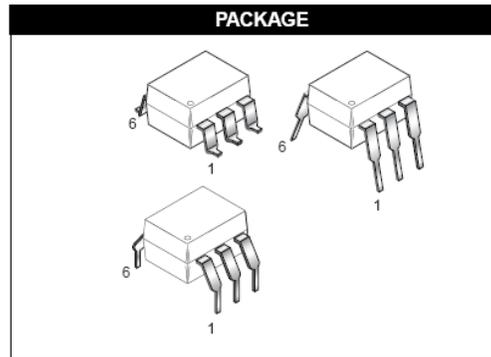
4N33 (Optoacoplador Darlington)

		Mínimo	Típico	Máximo	Unidades
Entrada	I_F			80	mA
	V_F ($I_F = 10$ mA)		1,2	1,5	V
	V_R			3,0	V
Salida	I_C	30		100	mA
	$V_{(BR)CBO}$	30		3,0	V
	$V_{(BR)CBO}$	30			V
	$V_{(BR)ECO}$	5			V
Parámetros acoplados	I_C ($I_F = 10$ mA, $V_{CE} = 10$ V)	50			mA
	$V_{ce(sat)}$ ($I_F = 50$ mA, $I_C = 2$ mA)			1,0	V



MOC3010 (Optoacoplador para manejo de triac)

		Mínimo	Típico	Máximo	Unidades
Entrada	I_F			60	mA
	$V_F (I_F = 10 \text{ mA})$		1,2	1,5	V
	V_R			3,0	V
Salida	$I_{T(RMS)}$			100	mA
	V_{DRM}			250	V
	$V_{TM} (I_T = 100 \text{ mA})$		2,5	3,0	V
Parámetros acoplados	I_{FT}			15	mA
	I_H		100	1,0	μA



5 Ejemplos de aplicación [3] [6]

5.1 Casos de desplazadores de nivel

Cuando un circuito digital requiere aceptar entradas desde un dispositivo de mayor tensión, se debe desplazar el nivel de tensión de la señal de entrada al otro. Si la entrada es una señal DC, se logra la interfaz con el circuito lógico por medio de un optoacoplador sin vínculo eléctrico (los dos circuitos no comparten tierra común).

La ventaja de esto es que cualquier ruido o pico de tensión de la señal respecto a la tierra en el circuito, no se entrega directamente al circuito lógico.

Un optoacoplador puede ser usado para convertir señales AC a niveles lógicos de +5 V, aislando los circuitos lógicos de la tensión alta AC.

La figura 5 muestra un optoacoplador con una tensión de entrada de 12 V, que se convierte a 5 V lógicos. Aquí se utiliza un 4N33. La entrada de 12 V causa que la salida del optoacoplador sea alta. Además cualquier ruido de modo común es rechazado debido al diodo de la entrada.

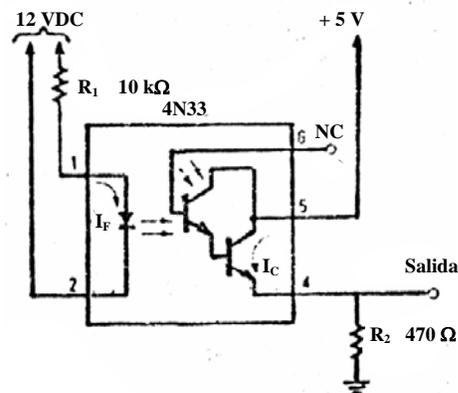


Figura 5 Circuito usado para manejar una entrada TTL

Cuando se presenta una señal de 12 VDC a la entrada, la corriente fluye por R_1 y el IRED se enciende y su radiación IR emitida incide en el fotodarlington y este conduce. Se usa el fotodarlington por su alto valor de CTR, que permite que suficiente corriente pase a través de R_2 para desarrollar la tensión requerida a la salida para un uno lógico.

Al quitar los 12 V, se apaga el fotodarlington y R_2 pone la salida en baja (en aplicaciones de baja velocidad como conexión de relevadores, la entrada de base se mantiene sin conectar, pero en circuitos de alta velocidad se usa la entrada de base para incrementar la velocidad).

Al diseñar circuitos similares para diversas entradas DC, hay que recordar que el valor de R_2 está determinado por los parámetros de entrada de la compuerta lógica que está siendo alimentada. El valor de R_2 esta dado por:

$$R_2 < \frac{V_{IL}}{I_{IL}}$$

Donde V_{IL} es la entrada de bajo nivel de la compuerta e I_{IL} es la entrada del nivel bajo. El valor de R_1 se encuentra resolviendo para I_C :

$$I_C = \frac{V_{IH}}{R_2}$$

Donde V_{IH} es la entrada de nivel alto de la compuerta manejada y R_2 está en ohm.

Luego se resuelve para I_F :

$$I_F = \frac{I_C}{\eta}$$

Donde η es la CTR del optoacoplador. El valor de CTR se encuentra en la hoja de datos con I_C en los parámetros acoplados y se obtiene:

$$\eta = \frac{I_C}{I_F} = \frac{50}{10} = 5$$

Ahora el valor nominal de R_1 es:

$$R_1 = \frac{(V_{IN} - V_F)}{I_F}$$

Como ejemplo se calculan los valores para R_1 y R_2 de la figura 4, asumiendo que la compuerta manejada es un 7400 común.

Para este caso, los parámetros de entrada son: $V_{IL} = 0,8 \text{ V}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$ e $I_{IL} = -1,6 \text{ mA}$. Por ello el valor de R_2 es:

$$R_2 < \frac{V_{IL}}{I_{IL}} = \frac{0,8 \text{ V}}{1,6 \text{ mA}} < 500 \text{ ohm}$$

Escogiendo R_2 como 470Ω (comercial) se resuelve para I_C :

$$I_C = \frac{V_{IH}}{R_2} = \frac{2 \text{ V}}{470 \Omega} = 4,3 \text{ mA}$$

Donde 2 V es la tensión de entrada en nivel alto.

El valor de I_F se encuentra como:

$$I_F = \frac{I_C}{\eta} = \frac{4,3}{5} = 1 \text{ mA}$$

Considerando que los valores de I_F e I_C calculados no exceden los valores máximos del 4N33 se resuelve para R_1 :

$$R_1 = \frac{(V_{IN} - V_F)}{I_F} = \frac{12 \text{ V} - 1,2 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 10,8 \text{ k}\Omega$$

El valor más próximo es $10 \text{ k}\Omega$.

Al reducir el valor de R_1 se aumenta el efecto de carga en la fuente de la señal y decrece CTR. Por ejemplo, en un circuito similar con R_1 escogido para producir un valor de I_F de 20 mA , CTR es solo 46% .

El circuito de la figura 6 convierte una entrada de 24 V a 5 V invertido. Esto es, una entrada alta causa una salida baja.

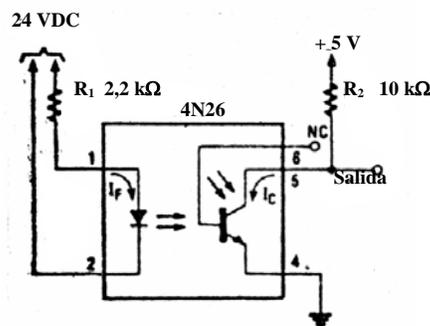


Figura 6 Conexión a la base del 4N26 para incrementar la velocidad

Cuando una señal de 24 V está presente, la corriente fluye a través del IRED y el fototransistor conduce. Debido a que la salida del dispositivo es tomada del colector, la entrada a la compuerta lógica es baja.

Cuando se quita la señal de entrada, el fototransistor se apaga y el R₂ pone la salida en alto. El 4N26 se usa aquí debido al bajo valor de V_{CE(sat)}.

El valor de la resistencia R₂ no es crítico. El valor nominal para R₁ para cualquier tensión de entrada es:

$$R_1 = \frac{(V_{IN} - V_F)}{I_F}$$

Donde $I_F = \frac{\left[\frac{(V_{CC} - V_{CE(sat)})}{R_2} + I_{IL} \right]}{\eta}$.

El valor de I_F garantiza que el fototransistor se sature. El valor de R₁ cuando la tensión de entrada es 24 V se encuentra fácilmente. Suponer que la compuerta manejada es 7400. Dado que R₂ es 10 kΩ y que la compuerta requiere una corriente de entrada de -1,6 mA, entonces:

$$I_F = \frac{\left[\frac{(5V - 0,4V)}{10 \text{ k}\Omega} + 0,0016 \text{ mA} \right]}{0,2} = 10,3 \text{ mA}$$

Se encuentra el valor de R₁ como:

$$R_1 = \frac{(24 \text{ V} - 1,2 \text{ V})}{10,3 \text{ mA}} = 2,2 \text{ k}\Omega$$

En la figura 7 se ilustra un circuito no inversor que convierte una señal de 120 VAC a 5 V lógicos. Para medio ciclo de la entrada AC la corriente fluye por el IRED y para el otro medio ciclo fluye por el diodo D₁. Durante cada medio ciclo, el fotodarlington conduce, lo que causa una tensión pulsante DC que se desarrolla a través de R₂, la cual es filtrada por el condensador C₁.

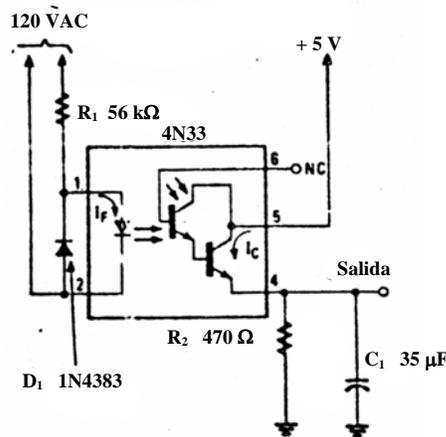


Figura 7 Circuito no inversor para convertir 120 VAC a niveles lógicos de 5 V

La tensión a través de C₁ hace que la entrada a la compuerta sea alta. Cuando se remueve la entrada AC, el fotodarlington se apaga. La tensión a través de C₁ cae conforme el condensador se descarga a través de R₂, lo cual determina la entrada baja a la compuerta.

5.2 Control de carga

La interfaz de un circuito digital con un dispositivo práctico de carga más grande, comúnmente hace que la salida lógica controle una carga de 120 VAC.

El circuito con relevador de la figura 8 puede ser usado para esa aplicación.

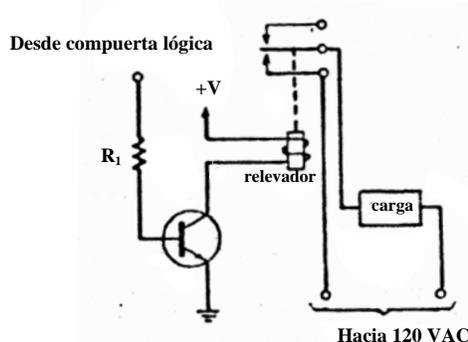


Figura 8 Circuito lógico en interfaz con un relevador

Sin embargo muchos diseños pueden excluir el uso de relevadores. Los diseños de la figura 8 y 9 brindan aislamiento eléctrico y control son las desventajas del relevador. La figura 9 puede ser usado para manejar pequeñas cargas AC, usando el MOC3010.

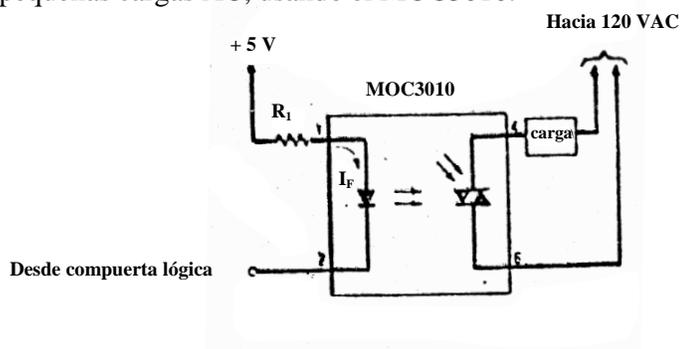


Figura 9 MOC3010 usado en aplicaciones AC pequeñas

Cuando la salida de la compuerta es baja, la corriente fluye por el IRED. Si \$I_F\$ es igual a \$I_{FT}\$, el conmutador bilateral se dispara, conduce en ambas direcciones y la potencia es entregada a la carga durante los ciclos positivos y negativos. Al ser alta la salida de la compuerta, \$I_F\$ se reduce debajo de \$I_H\$ y se apaga el conmutador.

El valor máximo de \$R_1\$ es dado por:

$$R_1 \leq \frac{V_{CC \text{ min}} - V_{F \text{ max}} - V_{OL}}{I_{FT}}$$

Donde \$V_F\$ e \$I_{FT}\$ son parámetros del dispositivo usado y \$V_{OL}\$ es la tensión de salida de nivel bajo de la compuerta lógica.

Se escoge el valor de \$R\$ lo mayor disponible y que sea menor al valor calculado. Se debe recordar que la compuerta lógica debe ser capaz de sumir una corriente \$I_{FT}\$ con algún margen de seguridad. La mayor potencia de la carga que el MOC 3010 puede manejar es 12 W.

El circuito de la figura 10 supera la limitación de conmutación de potencia. La salida del MOC3010 maneja un triac. El valor de R_1 se calcula como en el caso anterior.

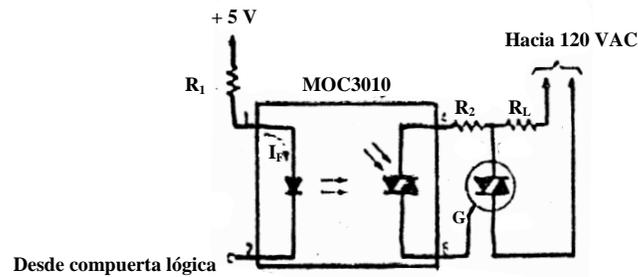


Figura 10 MOC3010 usado para disparar un triac para cargas mayores

La mínima corriente requerida para disparar el triac determina el valor máximo para R_2 , mientras que la disipación de potencia de la compuerta del triac determina el valor mínimo de R_2 . El valor de R_2 máximo es:

$$R_2 = \frac{2V_s - V_{TM} - R_L}{I_{GM}}$$

Donde V_{TM} es el parámetro de salida del optoacoplador. I_{GM} es la máxima corriente de compuerta el disparo del triac y V_s es la alimentación AC.

Referencias

- [1] Webster Ninth New Collegiate Dictionary. (1988). Springfield, MA, Merriam-Webster.
- [2] Ed. Clugston M. J. *The New Penguin Dictionary of Science*. (1998). New York, Penguin Books.
- [3] Martin V. D. (1998). *Optoelectronics: Volumen 2*, H. W. Sams, Prompt.
- [4] Marín Naranjo L. D. (1987). *Optoelectrónica*, Instituto Costarricense de Electricidad ICE, Departamento de entrenamiento, Oficina Capacitación Telecomunicaciones.
- [5] Marín Naranjo L. D. (2007). Texto del curso *Radiometría y fotometría*, Universidad de Costa Rica, Escuela Ingeniería Eléctrica.
- [6] Marín Naranjo L. D. (2004). Texto del curso *Optoelectrónica* Universidad de Costa Rica, Escuela Ingeniería Eléctrica.
- [7] http://www.electan.com/catalog/optoelectronica-optoacopladores-c-70_74.html
- [8] <http://www.datasheetcatalog.com/>