

Saber más

El primer tiristor fue desarrollado en el año 1956 y su estructura interna está basada en los diodos Schockley, que están constituidos por cuatro capas de material P-N.

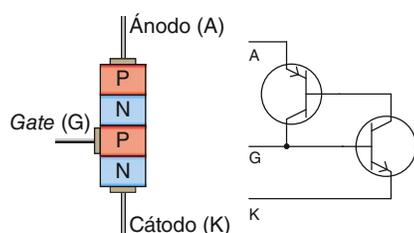


Figura 7.30. Composición de un tiristor y circuito equivalente.

6. Tiristor

El tiristor es un dispositivo semiconductor que trabaja en conmutación y que es controlado mediante una corriente débil aplicada en uno de sus terminales.

La familia de tiristores está formada principalmente por los siguientes componentes:

- Tiristor SCR.
- Tiristor GTO.
- Triac.
- Diac.
- Variantes ópticos de algunos de ellos.

6.1. Tiristor SCR

Es un dispositivo semiconductor que permite conmutar cargas como si de un interruptor se tratase. La parte de potencia, que controla la carga, se comporta de forma similar a un diodo. Sin embargo, a diferencia de este, el tiristor dispone de un terminal o patilla denominada puerta o *gate*, que se utiliza para controlar a voluntad el paso o no de corriente, como lo haría un relé.

El tiristor también es conocido como rectificador controlado de silicio o SCR debido a su denominación en inglés *silicon controlled rectifier*.

El símbolo del tiristor es:

Denominación	Símbolo IEC	Símbolo ANSI	Identificador
Tiristor SCR			D

Tabla 7.2. Tiristor SCR.

Un tiristor está formado por cuatro capas de material P-N, de forma que su circuito equivalente corresponde a la conexión de dos transistores, como se muestra en la figura 7.30.

Dispone de tres terminales denominados ánodo (A), cátodo (K) y puerta (G). El cátodo se polariza positivamente a través de la carga y el ánodo debe estar conectado al negativo de la fuente de tensión.

Se puede decir que un tiristor es un interruptor unidireccional de estado sólido, por lo que tiene dos estados: bloqueado (*OFF*), que impide el paso de la corriente, o activo (*ON*), que permite el paso de la corriente a través de él. En el primer caso, se comporta como un interruptor abierto, y en el segundo, como un interruptor cerrado.

Con un tiristor SCR es posible gestionar corrientes elevadas controlando su puerta G con una corriente muy baja.

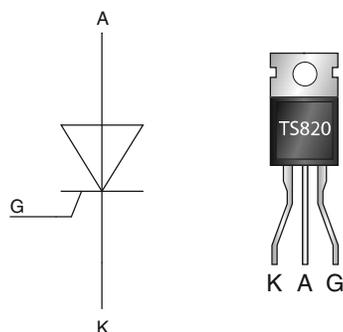


Figura 7.31. Identificación de terminales.

Actividades

8. Localiza en internet y descarga las hojas de características de los siguientes modelos de tiristores:

TS820, BT151, VS-50RIA120, BT169G, BTW68, C106

¿Cuál es la tensión y la corriente máxima de trabajo en cada uno de ellos?

6.1.1. Funcionamiento en corriente continua del SCR

El tiristor SCR entra en conducción cuando se le aplica un pulso positivo en el terminal de puerta G respecto al ánodo. En esta situación, aunque desaparezca la señal de puerta, el tiristor continúa en conducción o cebado. Para que el tiristor deje de conducir, es necesario interrumpir momentáneamente el paso corriente por el cátodo (S_2 en la figura), o cortocircuitar temporalmente las patillas del ánodo y cátodo (S_3 en la figura). De esta forma, el semiconductor se desceba y vuelve al estado de bloqueo y sin conducción de corriente.

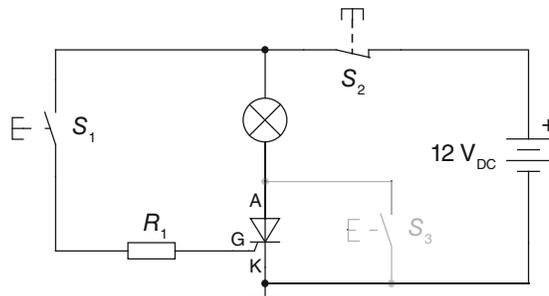


Figura 7.33. Circuito básico de un tiristor trabajando como interruptor en corriente continua.

6.1.2. Funcionamiento en corriente alterna del SCR

En un circuito alimentado por corriente alterna, el tiristor se comporta como un rectificador controlado y, por tanto, el resultado en la carga es una señal de corriente continua. En este caso, el tiristor conduce durante los semiciclos positivos y deja de hacerlo durante los ciclos negativos. Así, de forma contraria al funcionamiento visto en corriente continua, el tiristor se desceba de forma automática cuando la señal de alterna pasa por cero.

Si la señal aplicada en la puerta está en fase con la de la fuente de tensión AC, la potencia en la carga es completa. A medida que aumenta el desfase de la señal del terminal de puerta con respecto a la de la fuente de tensión, la potencia en la carga baja proporcionalmente. De esta forma, controlado el desfase de la puerta entre 0 y 180°, es posible recortar en mayor o menor medida los semiciclos rectificadas y, por tanto, entregar una potencia variable en la carga.

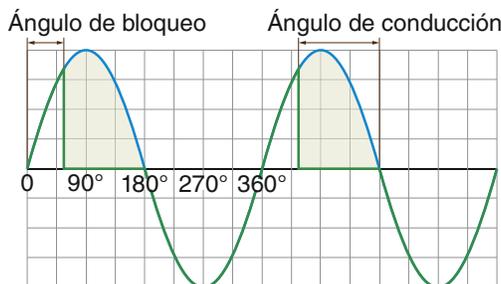


Figura 7.34. Control del ángulo de fase en tiristor.

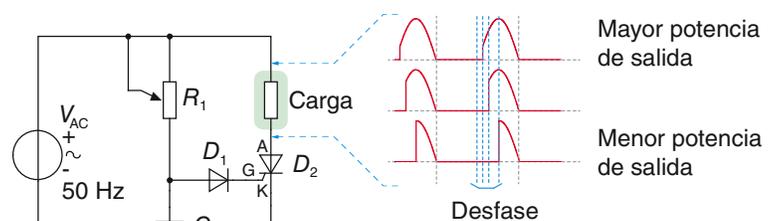


Figura 7.35. Circuito pasivo para el control de fase de un tiristor en CA.

A esta forma de trabajo del tiristor se la denomina «control de fase» y se utiliza para regular la luminosidad en lámparas incandescentes o variar la velocidad de motores eléctricos.

El control de fase se puede hacer por medios pasivos, a través de una resistencia y un condensador, o de forma más precisa, por medios activos, mediante transistores o algún dispositivo de disparo de tiristores.



Figura 7.32. Identificación de los terminales de un tiristor de potencia.

Recuerda

Principales características del tiristor:

I_{GT} : corriente de disparo de la puerta G.

V_{GT} : tensión de disparo de la puerta G.

I_H : corriente de mantenimiento. Es el valor de corriente en el terminal G del que se debe bajar para que el tiristor deje de conducir.

$I_{máx}$: corriente máxima que soporta el tiristor

$V_{máx}$: tensión máxima de trabajo.

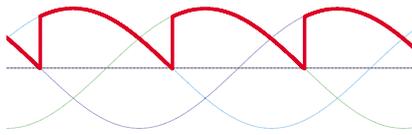


Figura 7.36. Señal resultante de un rectificador controlado trifásico.

6.1.3. Aplicaciones de los SCR

Una de las aplicaciones en las que más se utilizan los tiristores del tipo SCR es para el control de cargas de potencia mediante los denominados «rectificadores controlados de silicio».

Rectificadores controlados

Se configuran en forma de puente, combinados o no con diodos, y pueden ser semicontrolados o totalmente controlados. Estos pueden diseñarse tanto para sistemas monofásicos como trifásicos.

Su uso está ampliamente extendido en aplicaciones industriales para el control y regulación de velocidad de motores eléctricos.

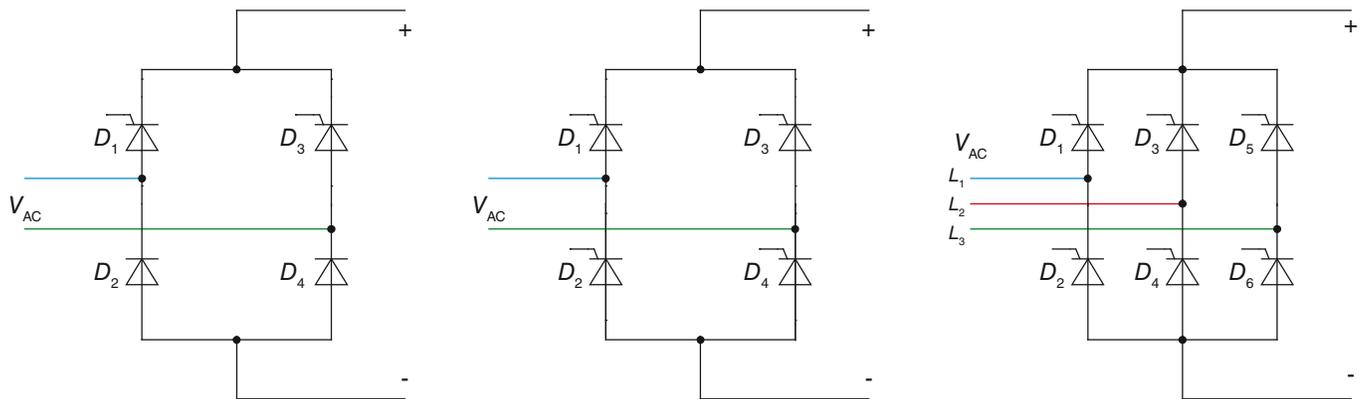


Figura 7.37. Rectificador monofásico semicontrolado. Rectificador monofásico totalmente controlado. Rectificador trifásico totalmente controlado.

En este tipo de rectificadores, la dificultad recae en sincronizar el control de fase de cada una de las puertas de los tiristores que intervienen en el circuito. Así, cuanto mayor sea el número de tiristores empleados, mejor control se tendrá de la señal de salida, pero más complejo es el circuito de disparo de los terminales de puerta para controlar el desfase.

Actividades

9. Utilizando un programa de simulación electrónica, monta el circuito de la figura y observa las señales en los osciloscopios, en función de cómo se varía el valor del potenciómetro y, por tanto, el desfase de la señal en el terminal de puerta G del tiristor respecto a la de la alimentación.

Coloca un voltímetro DC en paralelo con la carga y comprueba cómo varía el valor de la tensión en función del desfase. ¿Cuáles son los valores máximo y mínimo que se puede conseguir?

Si el simulador lo permite, observa las dos señales en un mismo osciloscopio y compáralas entre sí. ¿Qué ocurre con los semiciclos negativos de la señal de alterna?

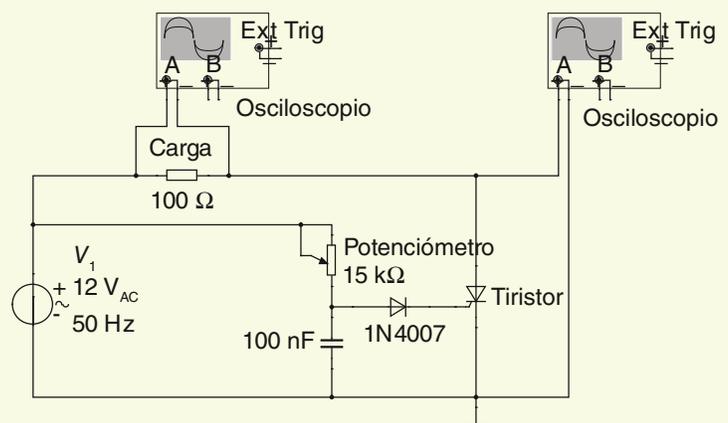


Figura 7.38. Circuito para simular el control de fase de un tiristor.



6.2. Tiristor GTO

El tiristor GTO nació para solucionar los inconvenientes que presentan los SCR de mantenerse cebados o en conducción, a pesar de retirarse corriente de control del terminal de puerta.

Así, en este tipo de tiristores, cuando al terminal G se le aplica una tensión de valor positivo respecto al cátodo, el tiristor entra en conducción, permaneciendo en esta situación hasta que se aplica una tensión de valor negativo en el mismo terminal.

El símbolo de este tiristor es el siguiente:

Denominación	Símbolo IEC	Símbolo ANSI	Identificador
Tiristor GTO (dos formas)			D

Tabla 7.3. Tiristor GTO.

Y su circuito de control básico:

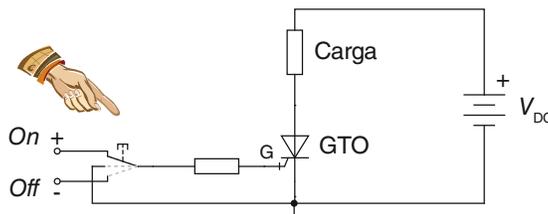


Figura 7.39. Control de un GTO.

6.3. Triac

Un Triac es el equivalente dos tiristores conectados en antiparalelo, en los cuales los terminales de puerta G se encuentran unidos en un mismo punto y se controlan a la vez.

El Triac es ideal para controlar cargas en corriente alterna, ya que permite el paso tanto de los semiciclos positivos como lo negativos.

Se puede decir que un Triac es un interruptor de estado sólido para corriente alterna, que dispone de tres terminales, denominados A1, A2 y G, y cuyo símbolo es el siguiente:

Denominación	Símbolo IEC	Símbolo ANSI	Identificador
Triac			D

Tabla 7.4. Triac.

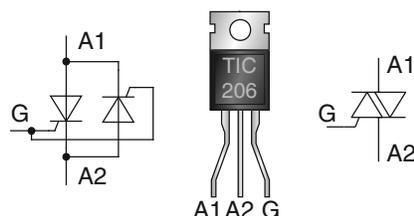


Figura 7.40. Circuito equivalente e identificación de patillas de un Triac.

Saber más

GTO viene del inglés *gate turn-off thyristor*, que significa tiristor de apagado por puerta.

Su sencillo control de puerta los hace ideales para el control de cargas, como motores eléctricos, mediante conmutación.

6.3.1. El Triac como interruptor

Para hacer funcionar el Triac como interruptor basta polarizar el terminal de puerta con los valores de tensión y corriente que dicta el fabricante en su hoja de características.

La carga a conectar siempre debe ser de corriente alterna, sin embargo, el disparo de la puerta se puede hacer tanto en alterna como en continua. En ambos casos el tiristor solamente pasa al estado conducción cuando la puerta está activada, y al modo de bloqueo cuando la puerta deja de hacerlo.

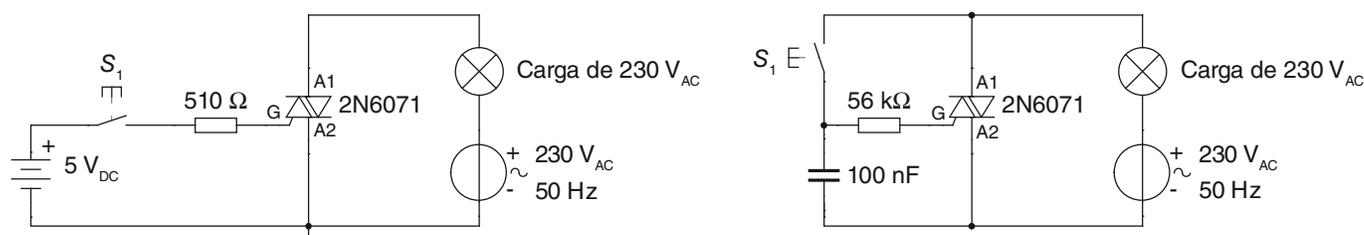


Figura 7.41. Triac en conmutación: controlado con corriente continua (izq.) y controlado con corriente alterna (dcha.).

Saber más

Al contrario que en un tiristor, un Triac no se mantiene cebado aunque por el terminal G deje de pasar corriente, ya que al estar la carga conectada a una fuente de corriente alterna cualquiera de los ánodos son desconectados cuando la señal sinodal pasa por cero.

6.3.2. Control de fase de un Triac

En el Triac, al ser un interruptor bidireccional, el control de fase se hace en ambas semiondas, pudiéndose regular la potencia de las cargas que funcionan en corriente alterna, de forma similar a como se hace con el SCR en corriente continua.

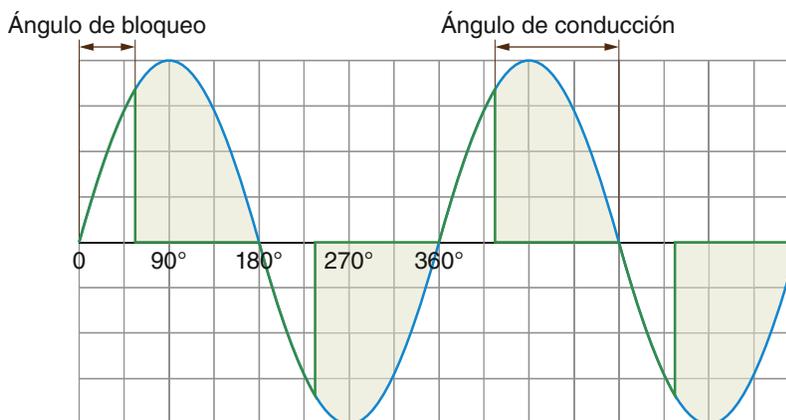


Figura 7.42. Ángulo de conducción de un Triac.

La forma más sencilla para controlar el ángulo de conducción es utilizando un circuito de tipo pasivo de resistencias y condensadores, donde el ajuste se hace mediante un potenciómetro o resistencia ajustable.

Saber más

Los Triac se han estado utilizando durante años para la construcción de reguladores de luminosidad o dimmers de lámparas incandescentes. En la actualidad, tiene gran aplicación para la regulación de velocidad en motores universales de electrodomésticos.

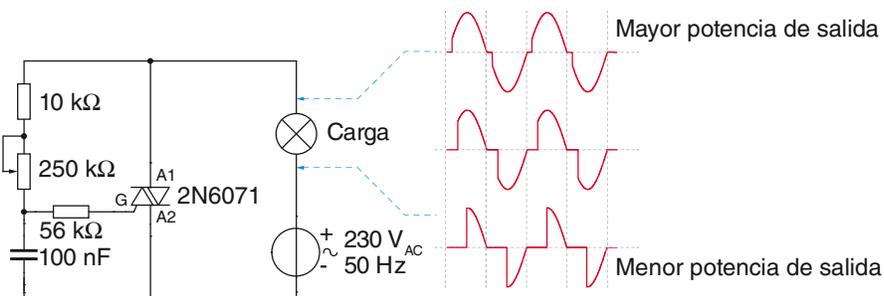


Figura 7.43. Circuito pasivo para el control de fase o ángulo de conducción de un Triac.

6.4. Diac

Un Diac es un dispositivo semiconductor de la familia de los tiristores, cuyo circuito equivalente corresponde con dos diodos conectados en antiparalelo. Dispone de dos terminales sin polaridad que normalmente se denominan A1-A2. Se puede considerar como un interruptor bidireccional, que no entra en conducción hasta que se ha superado su tensión de disparo, que suele ser de 30 V.

Denominación	Símbolo IEC	Símbolo ANSI	Identificador
Diac		 Dos formas	D

Tabla 7.5. Diac.

El Diac se utiliza para gestionar el ciclo de disparo de la puerta de los Triac y, por tanto, se conecta en serie con este terminal, pudiéndose emplear tanto en circuitos de control de fase como en circuitos que utilizan el Triac como interruptor.



Figura 7.44. Diac.

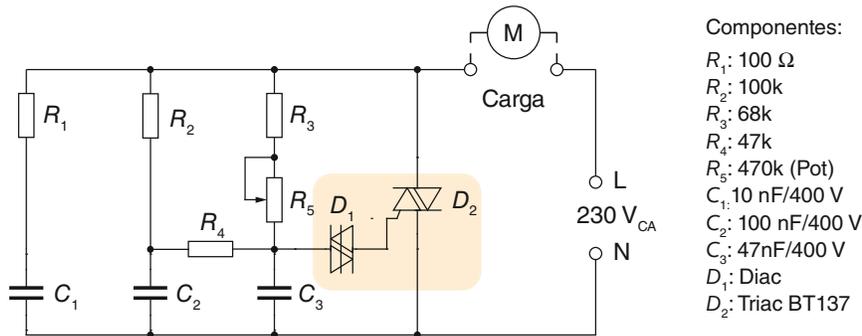


Figura 7.45. Circuito regulador con Triac y control de puerta con Diac.

6.5. Optodiac

Es un optoacoplador que se presenta en formato DIL (*dual in-line package*) y permite optoaislar el circuito de control de un Triac de su etapa de potencia.

Dispone de un LED emisor de luz que debe ser polarizado mediante una resistencia. Así, cuando dicho LED es alimentado y emite luz, el optodiac conduce, activando el terminal G del Triac y, por tanto, la carga conectada a él.

El siguiente circuito muestra un ejemplo de un optoaislador basado en Diac que conmuta un Triac para controlar una carga a 230 V_{CA}, mediante un circuito de mando de 5 V_{DC}.

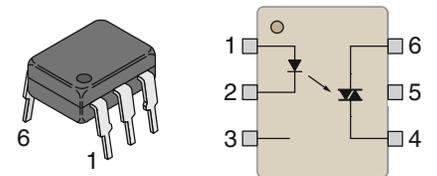


Figura 7.46. Encapsulado y patillaje del optodiac MOC3011.

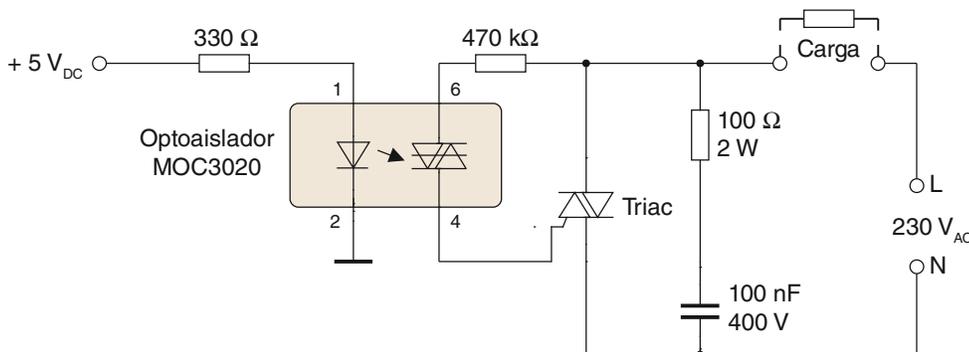


Figura 7.47. Circuito de disparo de un Triac con un optodiac controlado con 5 V_{DC}.