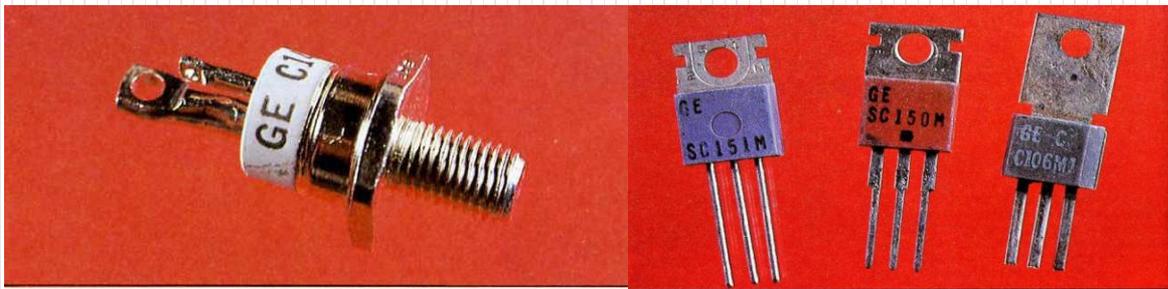


Tiristores y Triac

Tutorial de Electrónica



Introducción

Los **tiristores** y los **triacs** son elementos electrónicos bastante recientes, que, junto con los transistores, han producido una revolución en el mundo de la electrónica al formar parte de casi todos los nuevos dispositivos que se están fabricando, debido a sus enormes ventajas

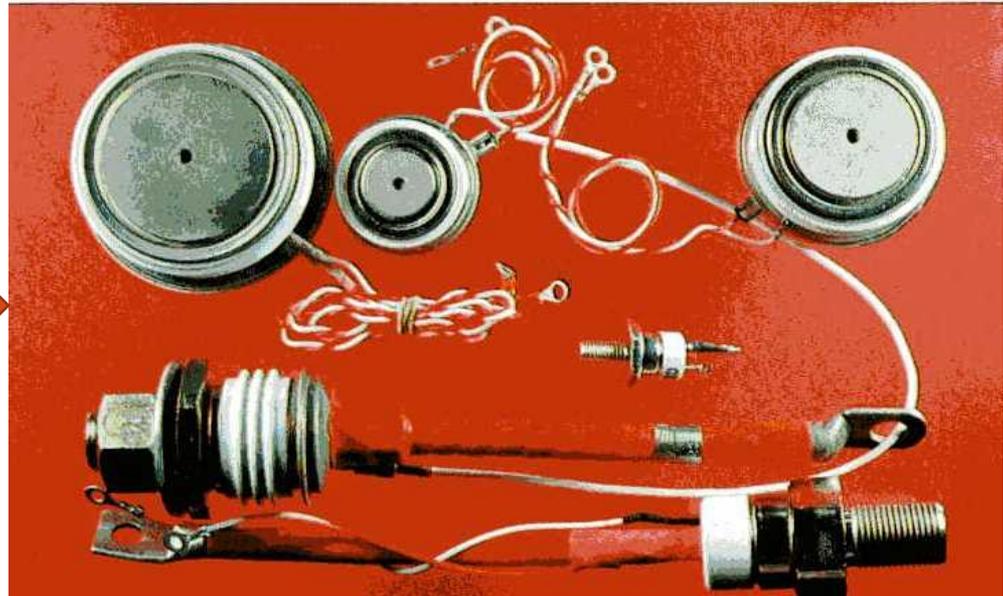
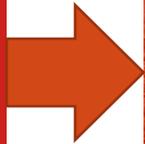
Aparición del Tiristor

Con la llegada de los transistores al mundo de la electrónica hubo una gran revolución. Estos elementos diminutos sustituyeron a los tubos de vacío y de gas, y han mejorado y ampliado muchas aplicaciones electrónicas. Después, apareció un nuevo elemento que sustituyó al tiratrón de gas, "*EL TIRISTOR*". Este nombre proviene de la mezcla de dos palabras **TIRatrón** y **transISTOR**, por lo que se puede deducir que su comportamiento va a ser mezcla de tiratrones y transistores, y sus propiedades aunarán las de ambos. Concretamente, se puede decir que un tiristor está constituido por una pareja de transistores con distintas polaridades y que, de los tres elementos que componen un transistor, tiene dos en común.

Del Tiratrón al Tiristor

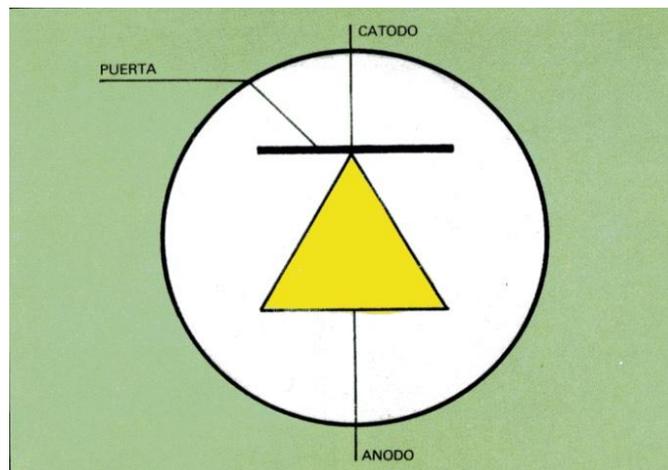
El tiristor sustituyó a las válvulas de tiratrón debido a sus innumerables ventajas sobre estas. Por el hecho de que el tiristor sea un elemento sólido no tenemos que efectuar un precalentamiento, el volumen que ocupan estos elementos es mucho más reducido que el del tiratrón, y esta es una cualidad muy apreciada hoy en día, ya que se tiende a que todos los circuitos sean integrados y ocupen el menor espacio posible, con la ventaja sobreañadida del peso del tiristor sobre las válvulas. Otras ventajas son la posibilidad de trabajo en todas las posiciones, poca dependencia de la corriente (esta ventaja va siendo cada vez más importante debido a las fluctuaciones en tensión y corriente producidas por los propios aparatos electrónicos), **velocidad elevada de conmutación** (imprescindible, hoy en día, en cualquier dispositivo electrónico), vida media muy larga e insensibilidad a las sobrecargas (estas dos últimas, ciertamente interesantes desde el punto de vista comercial).

De la válvula al estado sólido



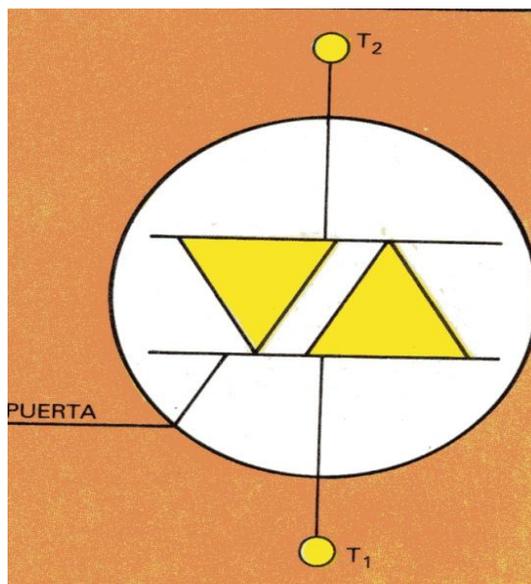
Familia de Tiristores

Los elementos más comunes que engloba esta familia son: los **tiristores** propiamente dichos o **SCR** (**R**ectificador **C**ontrolado de **S**ilicio), los **triacs**, los **fototiristores**, el conmutador unilateral de silicio, el conmutador bilateral de silicio, los tiristores bloqueables, etc. Los más importantes son los SCR, que es a lo que comúnmente se le llama tiristor: son elementos unidireccionales con tres terminales: ánodo, cátodo y puerta.



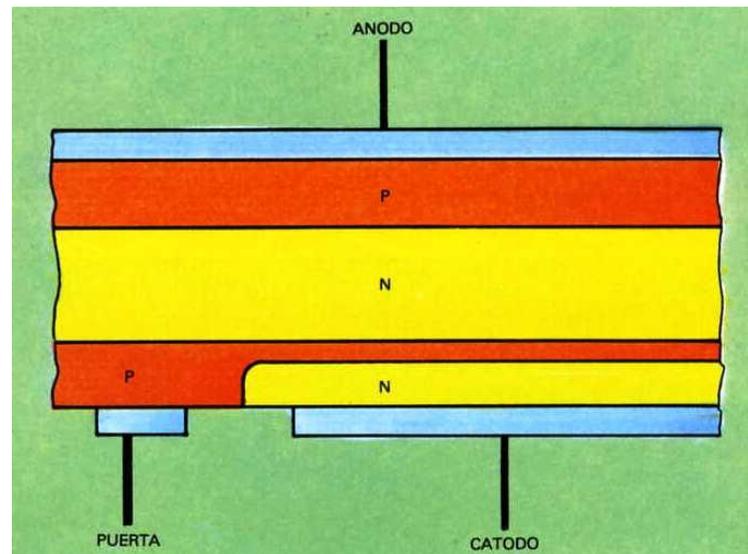
Familia de Tiristores. El Triac

Otro de los más importantes es el **triac**, muy parecido al **SCR**, pero se diferencia en que el triac es **bidireccional**, es decir, una vez que le aplicamos la señal de mando a la puerta, la corriente que pasa puede circular en los dos sentidos, mientras que en el SCR, al ser unidireccional, sólo puede circular en un sentido.



¿De que esta formado un Tiristor?

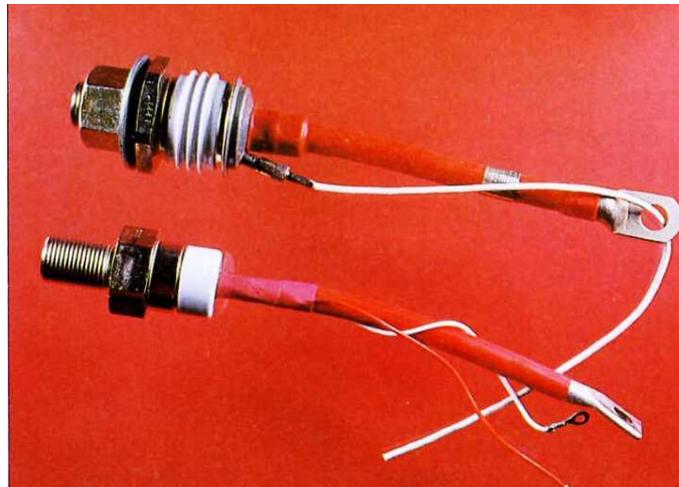
Un tiristor es un semiconductor de silicio formado por cuatro capas **N** y **P** alternándose, es decir, se coloca una P seguida de una N y a continuación otra P seguida de otra N. Están formados por tres terminales, un **ánodo**, un **cátodo** y la **puerta**. Los electrones en el interior del tiristor circulan del cátodo al ánodo y esta corriente de electrones está controlada por el otro terminal denominado puerta.



Utilidades de los tiristores

Un tiristor tiene muchas utilidades, de ahí viene su éxito comercial en los últimos años, entre las más destacables se encuentran las siguientes:

- Puede usarse como interruptor dentro de un circuito
- Como rectificador de corriente alterna
- Como convertidor de corriente continua a corriente alterna
- Para estabilizar temperatura, tensiones, etc.



Empleo del Tiristor

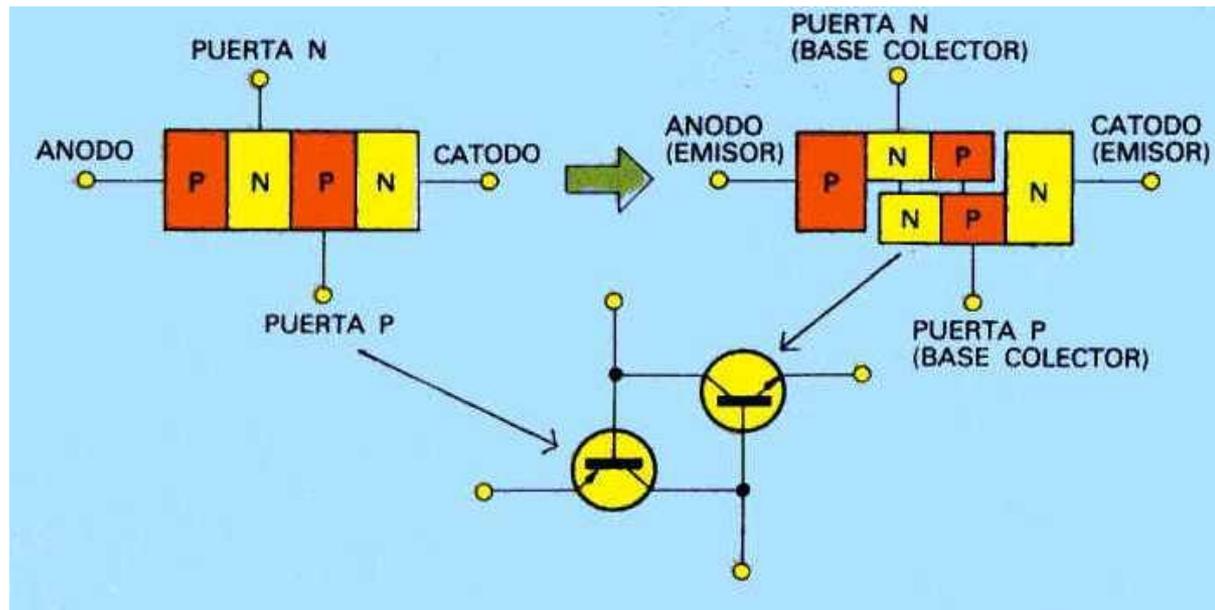
El dispositivo formado por los tres terminales: **ánodo**, **cátodo** y **puerta**, puede ser usado para cumplir distintas funciones. Podemos emplear un tiristor para interrumpir la corriente, puede ser usado como interruptor y, por tanto, sustituir a los interruptores mecánicos que se colocan en los circuitos. Debido a que podemos ajustar el momento de cebado, un tiristor puede ser usado para gobernar la potencia o corriente de salida. También sabemos que la corriente que circula por un tiristor sólo puede tener un sentido y por lo tanto podemos usar este dispositivo como si fuera un **diodo**. Otra función que puede desempeñar es la de amplificador, ya que la corriente de mando puede ser muy débil, mientras que la corriente que circula por el tiristor puede llegar a ser grande, produciéndose por lo tanto una ganancia en la corriente.

Funcionamiento de un Tiristor

Con el elemento de control denominado **puerta** se puede mantener el suficiente control para que el tiristor esté en corte durante un tiempo. Si aplicamos una corriente en la puerta, el tiristor puede alcanzar el estado de conducción. Pero, una vez que esté conduciendo, la puerta deja de ser el elemento de control y ya no puede hacer que el tiristor vuelva a estar en corte, ni que conduzca más. La única forma de hacer que la puerta vuelva a controlar al dispositivo es interrumpiendo el camino de la corriente entre los terminales **ánodo** y **cátodo**.

Modo de funcionamiento de un Tiristor

La mejor forma de explicar el modo en que funciona un tiristor es considerándolo como dos transistores bipolares **PNP** y **NPN**. El montaje va a constar de un PNP y de un NPN conectados de forma que obtengamos una realimentación positiva.



Funcionamiento de un tiristor

Durante la explicación vamos a denominar a los componentes del primer circuito P1, N2, P2 y a los del segundo N1, P1, N2. Supongamos que el ánodo, que corresponde a la región de P2 de lo que denominamos "*primer circuito*", sea más positivo con relación al cátodo, que será la región N1 de lo que denominamos "*segundo transistor*". Entre las uniones de los semiconductores se van a producir emisiones de portadores positivos y negativos. Cada transistor por separado va a funcionar como un transistor normal, luego, al atravesar las uniones, se va a producir un intenso campo eléctrico. En el transistor PNP se va a producir una corriente de colector determinada, I_{c1} , y en el NPN se producirá otra corriente de colector, I_{c2} . La corriente total de ánodo, I_a , va a ser la suma de las dos corrientes de colector más la suma de una corriente residual o de fuga, es decir, $I_a = I_{c1} + I_{c2} + (\text{Corriente Residual})$.

Funcionamiento de un Tiristor

Con la mayoría de los transistores vamos a obtener una corriente de ánodo prácticamente igual a la de fuga, al ser pequeñas las corrientes de colector, lo que implicaría que, a pesar de estar directamente polarizada, la estructura **PNPN** permaneciera bloqueada presentando una elevada impedancia. Al aumentar la corriente de fuga van a incrementarse la corriente y la ganancia. La corriente de ánodo va a tomar un valor muy alto. Se dice entonces que el tiristor está en estado conductor (o disparado). Este aumento de la corriente de fuga como cebado sucede por aumento de la tensión aplicada entre ánodo y cátodo y es **desaconsejable**.

Funcionamiento de un Tiristor

Otra forma de cebar al tiristor es "*por puerta*", para ello, primero polarizamos el tiristor directamente, como en el caso anterior, luego se inyecta un impulso positivo en la puerta, es decir, una corriente a la que se denomina I_g . La base del transistor NPN va a recibir una corriente I_g ; la corriente de colector de dicho transistor se va inyectar en la base del transistor PNP y, como hemos dicho que los dos transistores están conectados de forma que se produzca una realimentación positiva, la corriente de colector del transistor PNP se va a aplicar de nuevo en la base del primer colector, esto es, del NPN. Si el producto de las ganancias de los dos transistores es menor que la unidad, el tiristor no se va a cebar. En caso contrario, es decir, si el producto de las ganancias de los dos transistores tiende a uno, el tiristor va a empezar a conducir.

Cebado del Tiristor

El que las ganancias sean menores que la unidad o que tiendan a uno va a depender de que la corriente de puerta sea grande o no. En cuanto se produce el cebado, la realimentación va a provocar que los dos transistores empiecen a conducir a saturación. Desde el momento en que se produzca la conducción, los transistores van a seguir conduciendo mientras el circuito exterior al que esté conectado el tiristor mantenga la corriente I_a , sin importar que dejemos de enviar la corriente conectada a la **puerta**.

Cebado del Tiristor

Al aplicar una señal de mando a la puerta del tiristor, modificamos la tensión de cebado de éste. Cuando tenemos una corriente de puerta, I_g , nula, el tiristor no se ceba hasta que se alcanza la tensión de disparo entre ánodo y cátodo. Según vamos haciendo que aumente la corriente de puerta, va disminuyendo el valor de la tensión de disparo. Cuando llegamos al límite, el tiristor se comporta como un diodo, es decir, para una corriente de puerta lo suficientemente elevada, la menor tensión de ánodo va a hacer que el tiristor conduzca.

Cebado de un Tiristor

Como puede suponerse, es posible que el cebado se produzca en un momento inoportuno, es decir, cuando no deseemos que esto ocurra y, para prevenirlo, se puede conectar un resistor en paralelo con la unión puerta cátodo, lo que es muy importante cuando la ganancia del transistor **PNP** que constituye el tiristor es elevada. Normalmente no vamos a necesitar añadir el resistor, ya que casi todos los fabricantes integran un resistor de difusión entre la puerta y el cátodo del tiristor con un cortocircuito **puerta-emisor**. Cuando aumentamos el valor de la corriente de puerta para que se produzca el cebado del tiristor, el resistor en paralelo que le han incluido mejora mucho las características del elemento en bloqueo, es decir, cuando aún no está cebado, y aumenta la inmunidad ante transistores parásitos.

Cebado de un Tiristor

Hemos visto que con un impulso en la puerta podemos hacer que empiece a conducir un tiristor. En principio, este impulso sólo afecta a una pequeña zona que se denomina **zona primaria** de cebado. Después de un cierto tiempo, el estado de conducción se propagará a todo el dispositivo, este período se denomina **tiempo de precondicionamiento**. Este tiempo depende mucho de la corriente que le apliquemos a la puerta y, prácticamente, no depende de la tensión entre el ánodo y el cátodo. Para que se produzca el cebado, el tiristor debe conducir una corriente suficiente, cuyo valor mínimo recibe el nombre de **corriente de enganche**. Por lo tanto, si suprimimos el impulso de la puerta antes de que la corriente de ánodo alcance el valor de la corriente de enganche, no conseguiremos cebar al tiristor. Una vez que hemos conseguido el cebado, es suficiente con una corriente de ánodo igual a la corriente de mantenimiento, la cual es dos veces inferior a la de enganche.

Formas de cebar al Tiristor

Un tiristor puede estar en dos estados, a saber, **bloqueo** o **conducción**:

- El **estado de bloqueo** es equivalente al estado de corte de los transistores y se produce cuando hay una polarización inversa.
- El **estado de conducción** se produce cuando hay una polarización directa y además el tiristor está cebado. Por lo tanto es muy importante buscar formas para conseguir cebar al tiristor.

Formas de cebar al Tiristor

Sabemos que en un transistor la corriente de colector es proporcional a la corriente de emisor. Nuestro propósito es conseguir cebar a un tiristor y para ello es necesario que aumente mucho la corriente de colector de los dos transistores, por lo que el primer objetivo será lograr que aumente la corriente de emisor para que esto traiga consigo un incremento de la corriente de colector.

Este incremento de corriente se consigue aumentando la tensión entre el ánodo y el cátodo del tiristor, lo que produce un aumento de la corriente de fuga y esto, a su vez, producirá un aumento de la corriente de emisor.

Formas de cebar al Tiristor

Otra forma consiste en aplicar una corriente en la base del primer transistor y por la realimentación entre los dos transistores va a ir aumentando la corriente de emisor.

Con un aumento de temperatura podemos conseguir que la corriente de fuga del transistor aumente considerablemente.

También podemos usar la capacidad, C , que presenta la unión PN. Si hacemos crecer bruscamente la tensión entre el ánodo y el cátodo, esta capacidad, C , se va a cargar con una corriente capaz de producir el cebado del tiristor.

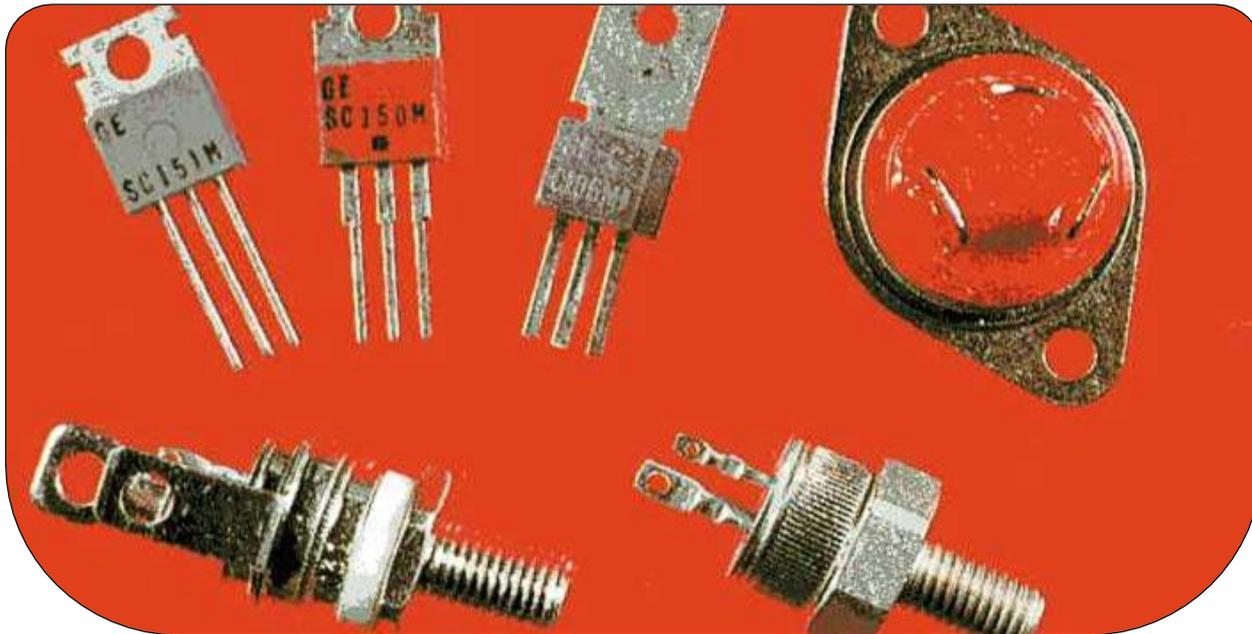
Corrientes de fuga del Tiristor

Dentro de un tiristor hemos hablado de la corriente de fuga como un factor muy importante ya que es la que limita a estos dispositivos. Hay dos tipos de corrientes de fuga, las **directas** y las **inversas**. Tenemos dos formas de medirlas: por el método de corriente continua y por el método del osciloscopio. En el primero, se usa un generador de corriente variable, un **voltímetro** y un **amperímetro**. Si usamos el segundo método podemos medir los valores de pico. El generador de tensión lo obtenemos por rectificación de media onda de una tensión sinusoidal.

Fabricación del Tiristor

Al igual que nos ocurría con los transistores, con los tiristores tenemos varias técnicas para fabricarlos. Entre ellas se encuentran la técnica de difusión y aleación, la de todo difusión, estructura planar, estructura epitaxial, contactos, etc.

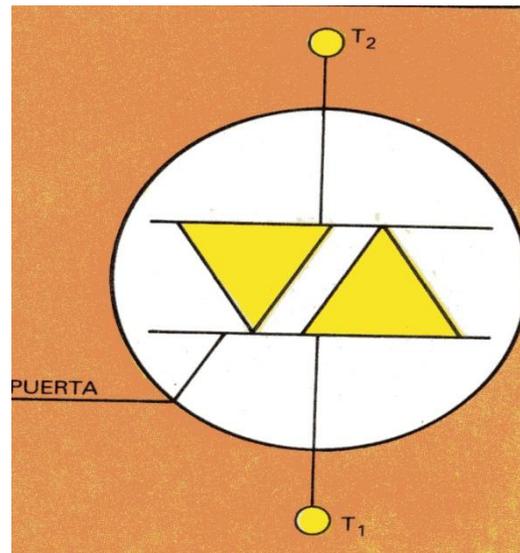




El Triac

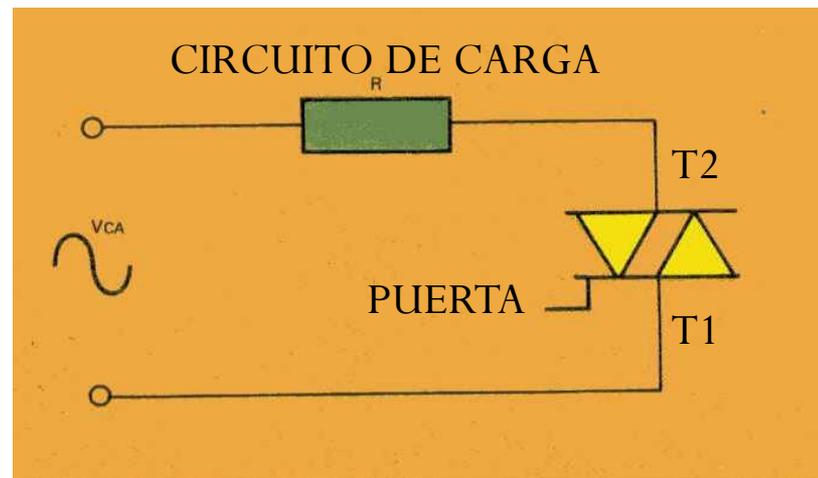
El Triac

El triac es un elemento que pertenece a la familia de los tiristores. Es como los tiristores que acabamos de explicar, salvo en que es **bidireccional**, es decir, cuando el triac empieza a circular permite que la corriente circule en los dos sentidos y no sólo en uno, como estaba obligada a hacerlo la corriente que circulaba por los tiristores unidireccionales.



¿Cómo está formado un Triac?

El triac es un elemento semiconductor que, al igual que los tiristores, está formado por tres electrodos, uno denominado "*puerta*" es el electrodo de mando, y los otros dos son los principales de conducción T1 y T2 (sin polaridad). Los triacs también pueden pasar de un estado de bloqueo a un estado de conducción, pero en los dos sentidos de polarización, y volver al estado de bloqueo por inversión de la tensión o porque la corriente disminuya por debajo de un cierto valor al que se denomina valor de mantenimiento, I_h .

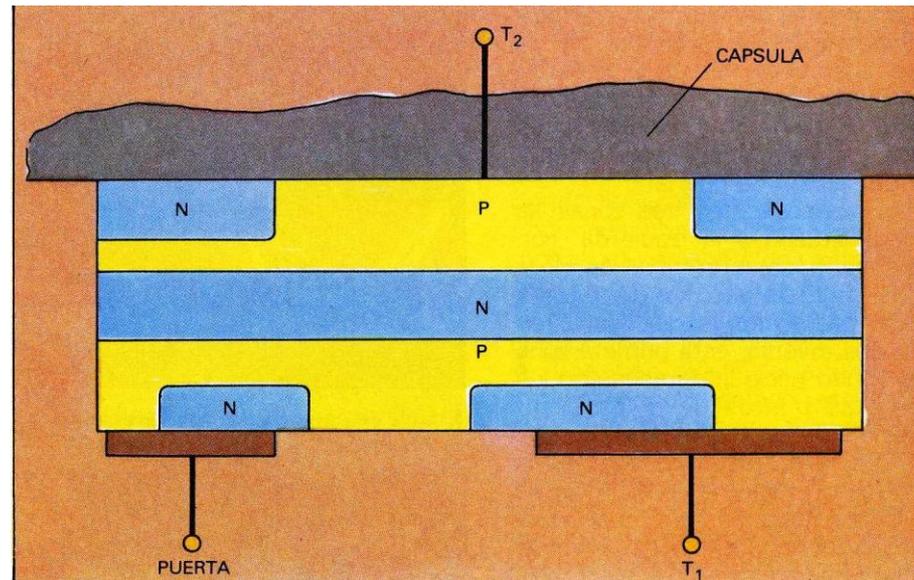


¿Cómo está formado un Triac?

Con un circuito en el que coloquemos dos tiristores en antiparalelo podemos conseguir los mismos efectos que con un triac. Sin embargo, el triac tiene varias ventajas frente a este tipo de montajes que podrían suplirle. Por ejemplo, una de las desventajas de formar un circuito con dos tiristores en antiparalelo es que sólo podemos gobernar las puertas mediante un transformador de impulsos, mientras que en el triac sólo necesitamos un circuito de mando formado por un electrodo de disparo. La otra ventaja de los triacs consiste en pasar del estado bloqueado al de conducción con independencia de las polaridades de puerta o de ánodo.

Estructura interna de un Triac

Un triac puede obtenerse por diversas estructuras de capas de difusión, estando constituido por **dos tiristores**. Podemos dividir al triac en dos mitades, siendo cada una de ellas un tiristor. En la primera mitad tenemos un tiristor que conduce en un sentido y en la otra mitad tenemos otro tiristor que conduce en el sentido inverso. La puerta se constituye por dos capas de tipos opuestos N y P.



Cebado del Triac

Al igual que los tiristores, un triac necesita cebarse para empezar a conducir. Como el triac está formado por dos tiristores vamos a tener dos ánodos a los que llamaremos $A1$ y $A2$, con tensiones $V1$ y $V2$ respectivamente, vamos a tener una sola puerta y tomaremos la $V1$ como tensión de referencia, la cual suele ser siempre cero, para definir las distintas polarizaciones que se pueden producir en los cuatro cuadrantes posibles. Estos cuatro cuadrantes vienen definidos según sea el signo de la tensión del ánodo segundo, $V2$, y el signo de la tensión de puerta, V_g . Los triacs pueden dispararse por una corriente de puerta negativa o positiva.

Elementos de disparo

Normalmente se suelen usar elementos de disparo tanto para los triacs como para los tiristores. Algunos de los más importantes son: el diac, el conmutador unilateral de silicio (**SUS**), el conmutador bilateral de silicio (**SBS**), el transistor de unión (**UJT**), el transistor de unión programable (**PUT**), etc.

Elementos de disparo

El **diac** es un elemento simétrico que no posee polaridad. La tensión de disparo suele cogerse alrededor de los **30 voltios**. Estos elementos son muy utilizados para conseguir variadores de potencia muy simples.

El **SUS**, conmutador unilateral de silicio, se usa principalmente para el disparo de tiristores; está constituido por un tiristor muy pequeño, con puerta de ánodo al que asocia un diodo de avalancha de baja tensión entre puerta y cátodo. El SBS se deriva del SUS, esta formado por dos SUS idénticos en antiparalelo. El SBS se usa más con los triacs y, al igual que ellos, funciona en los dos sentidos.

Fin del Tutorial