

Unidad 5: Tipos de transistores

Profesor: Ing. Israel Chaves Arbaiza

Curso: Electrónica Básica para Ing. Mecánica



Objetivos de la clase

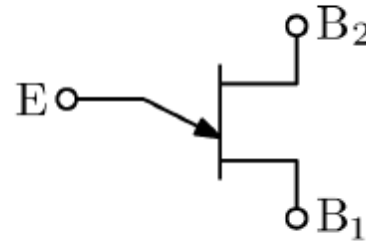
- Conocer el transistor de monounión
- Dominar el comportamiento del Rectificador Controlado de Silicio
- Aplicar el diodo Shockley junto con el DIAC en circuitos de control
- Comprender el uso del DIAC y el TRIAC en conjunto

Transistor Monounión UJT

- Una sola unión NP
- Absorbe poca potencia.

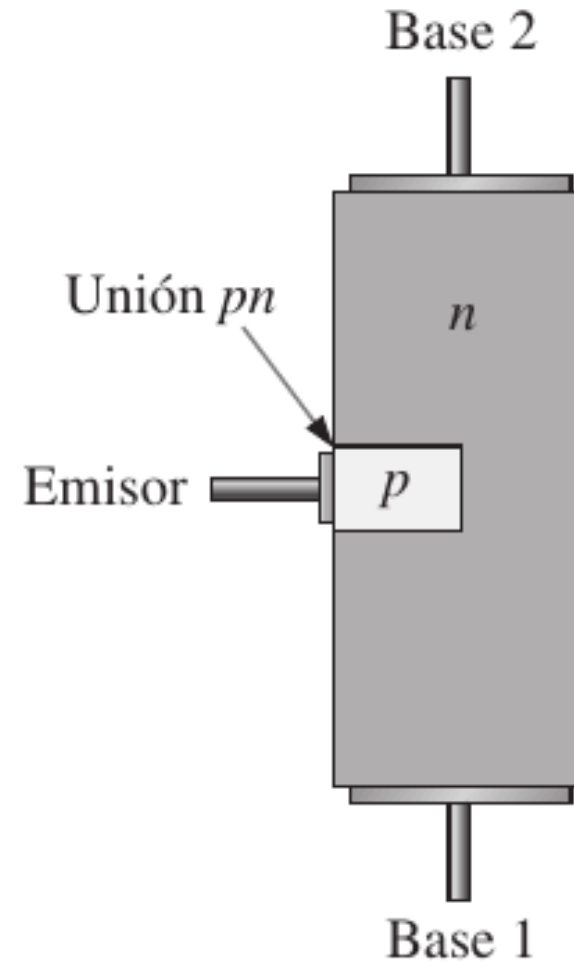
Se puede aplicar en:

- Osciladores
- Controles de fase
- Temporizadores
- Circuitos de disparo
- Fuentes reguladas por corriente o voltaje

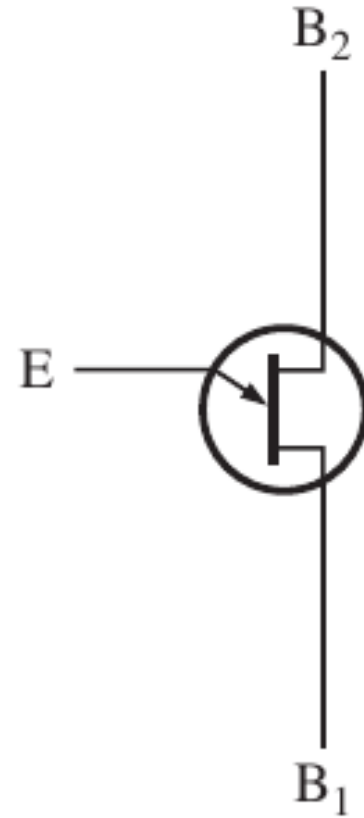


Transistor Monounión UJT

- Una pastilla de material de silicio **tipo N** levemente dopada (resistencia incrementada) tiene dos contactos base fijados a los dos extremos de una superficie y una barra de aluminio **tipo P** ligada a la superficie opuesta.
- Se activa con un voltaje específico



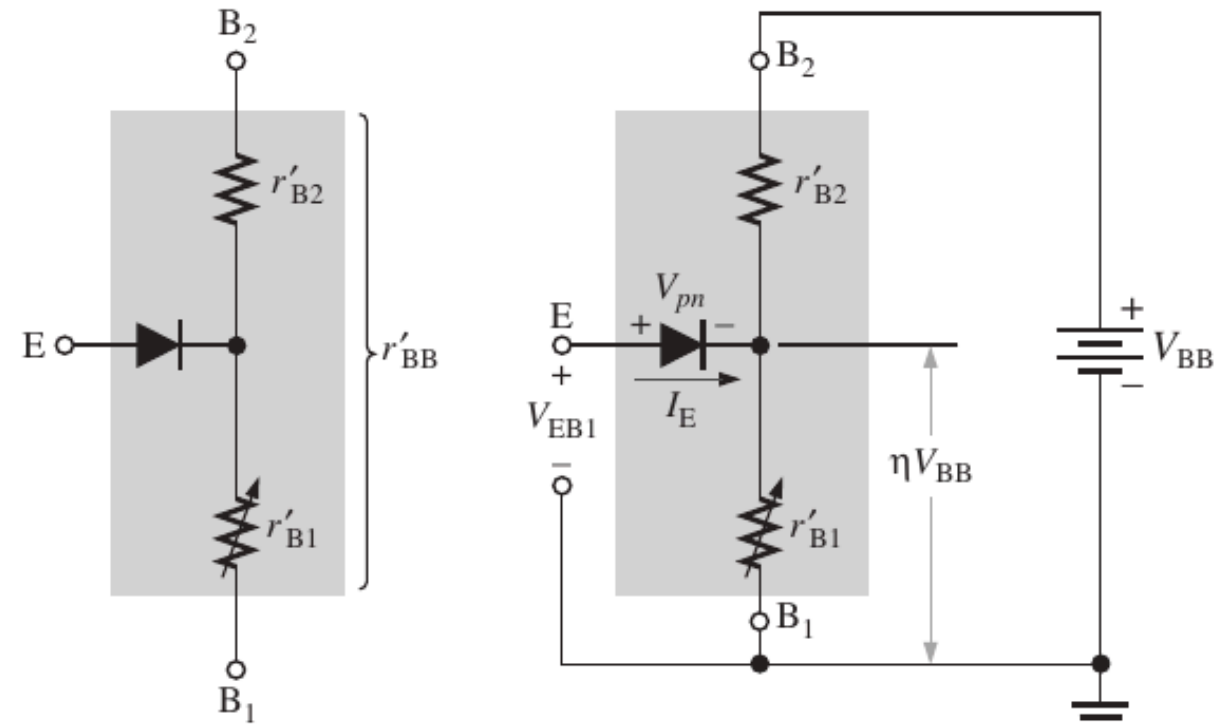
(a) Construcción básica



(b) Símbolo

Transistor Monounión UJT

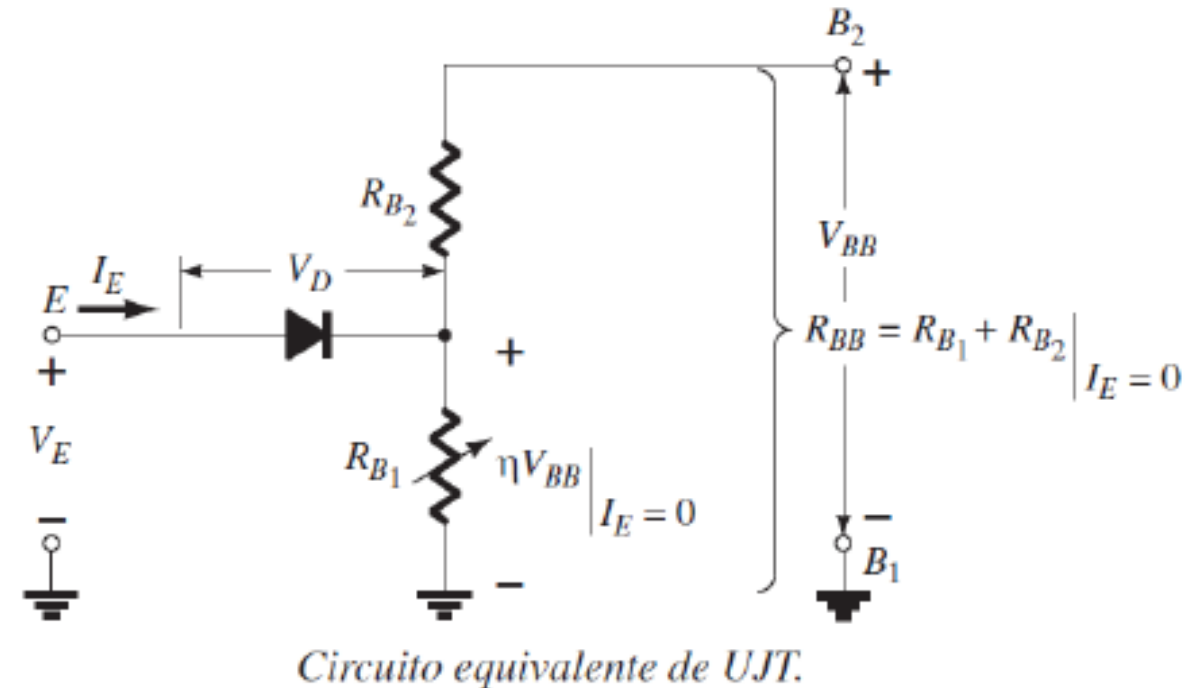
- El circuito equivalente del UJT equivale a dos resistores (uno fijo y uno variable) y un diodo único.
- La resistencia R_{B1} se muestra como un resistor variable puesto que su magnitud variará con la corriente I_E



Transistor Monounión UJT

- R_{B1} , varía de $5k\Omega$ a 50Ω , proporcionalmente al cambio de I_E , a partir de $0\mu A$ a $50\mu A$.
- La resistencia entre las bases B_1 y B_2 , R_{BB} es la resistencia del dispositivo cuando $I_E = 0$.

$$R_{BB} = (R_{B1} + R_{B2}) \Big|_{I_E=0}$$



Transistor Monounión UJT

- R_{BB} oscila de $4k\Omega$ a $10k\Omega$.
- La posición de la barra de aluminio determina los valores de R_{B1} y R_{B2} con $I_E = 0$.
- La magnitud de $V_{R_{B1}}$ (con $I_E = 0$) la determina la regla del divisor de voltaje.
- La letra griega η (eta) denota la **ganancia** del dispositivo.

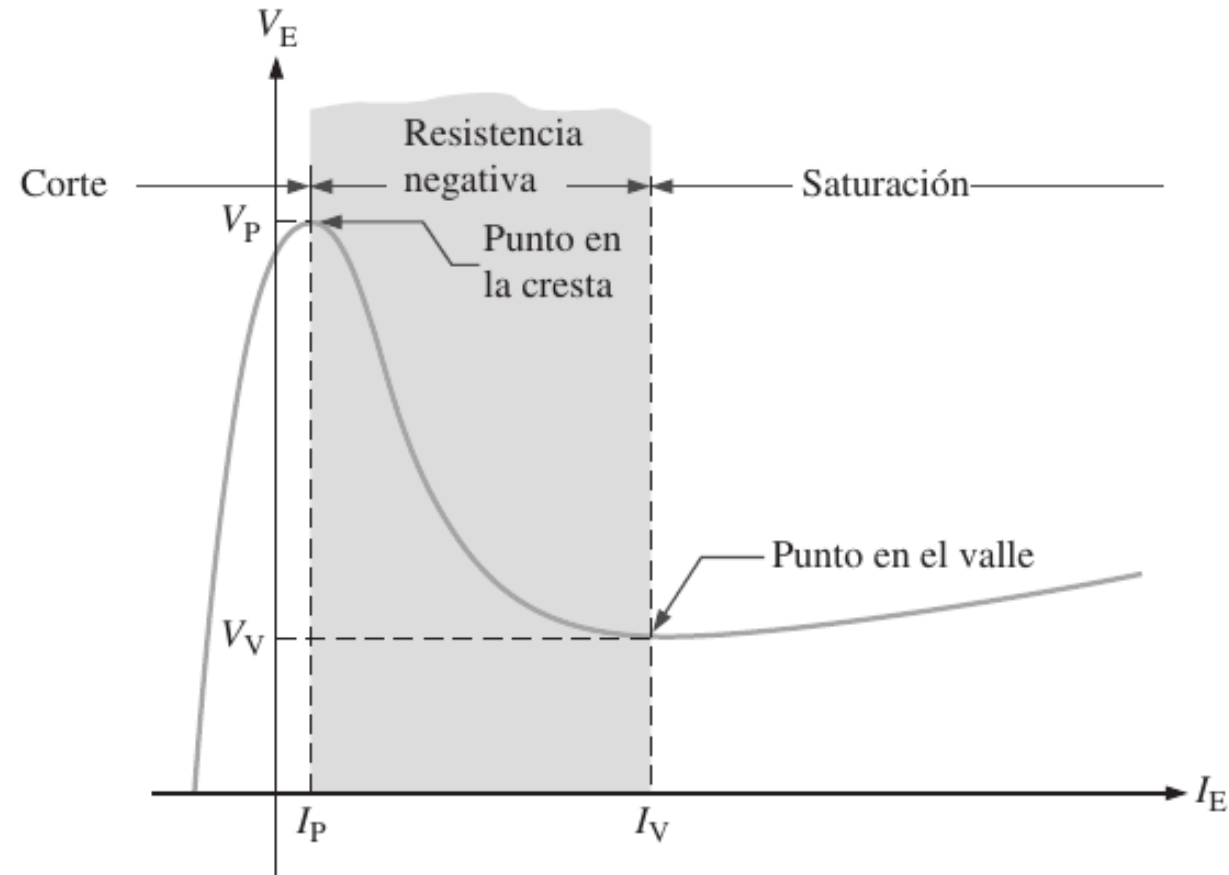
$$V_{R_{B1}} = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \eta V_{BB} \Big|_{I_E=0}$$
$$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \Big|_{I_E=0} = \frac{R_{B1}}{R_{BB}}$$

Transistor Monounión UJT

En potenciales de emisor aplicados, V_E , mayores a la suma de ηV_{BB} y la caída del voltaje directa del diodo V_D ($0.35 \rightarrow 0.70$ V), el diodo se encenderá.

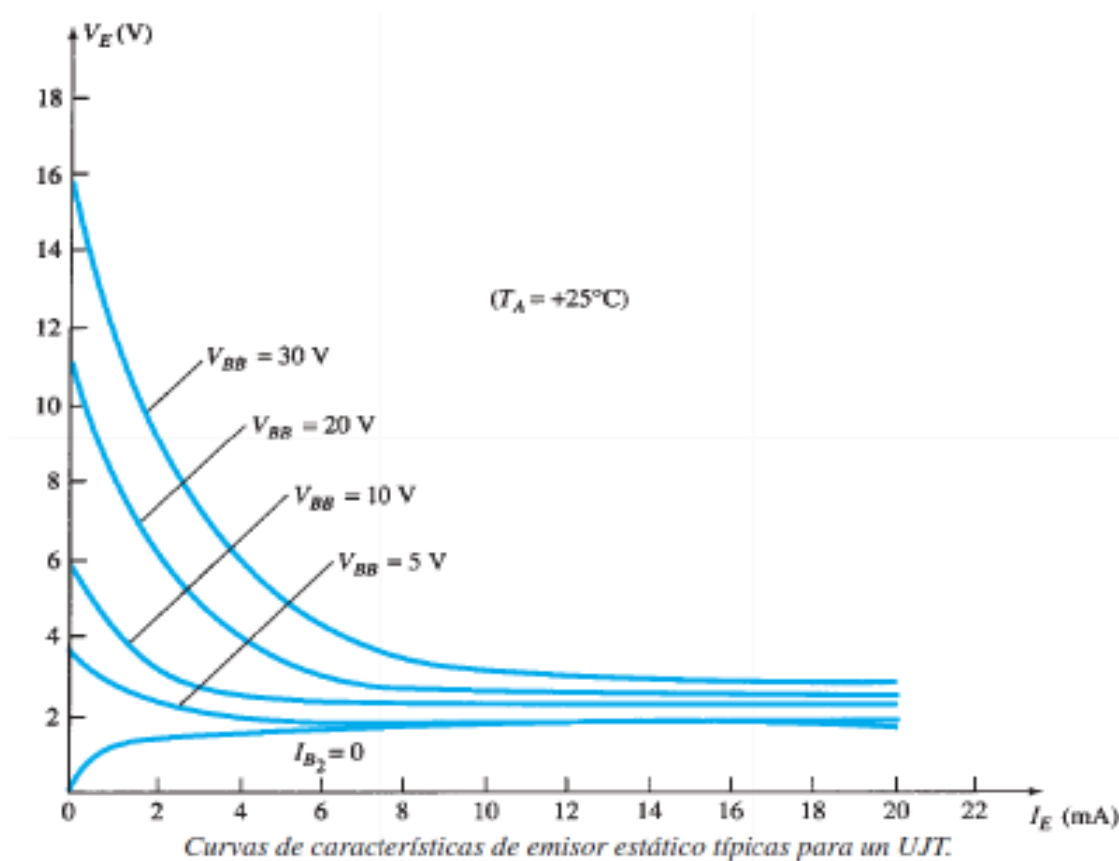
El potencial de encendido es

$$V_P = \eta V_{BB} + V_D$$



Transistor Monounión UJT

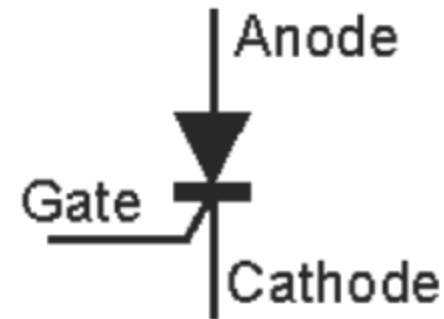
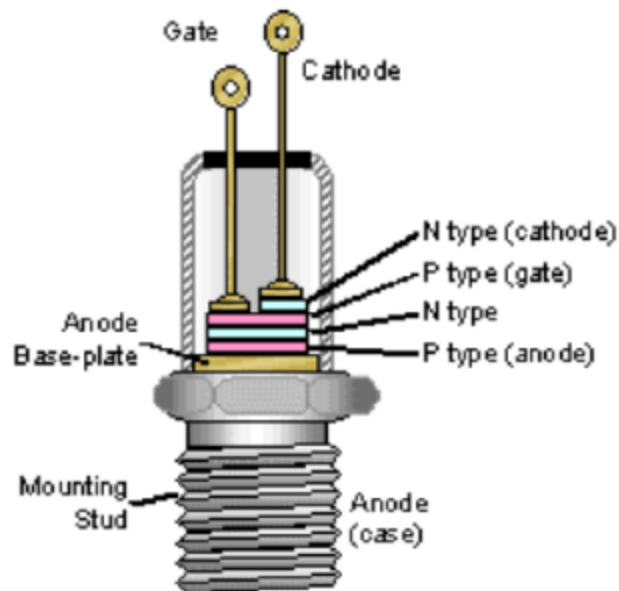
- La intersección de cada curva con el eje vertical es el valor correspondiente de V_P
- Para valores fijos de η y V_D , la magnitud de V_P variará como V_{BB} .



$$V_P \uparrow = \underbrace{\eta V_{BB} \uparrow}_{\text{fijo}} + V_D \uparrow$$

Rectificador Controlado de Silicio SCR

- Presentado por *Bell Telephone Laboratories* en 1956; se utiliza para controlar la activación de dispositivos, **a manera de interruptor**.
- **Puede controlar potencias altas**, como 10 MW, con valores nominales individuales hasta de 2000 A a 1800 V.
- Su intervalo de frecuencia de aplicación ronda los 50 kHz, lo que permite que se utilice para calefacción por inducción ó limpieza ultrasónica.

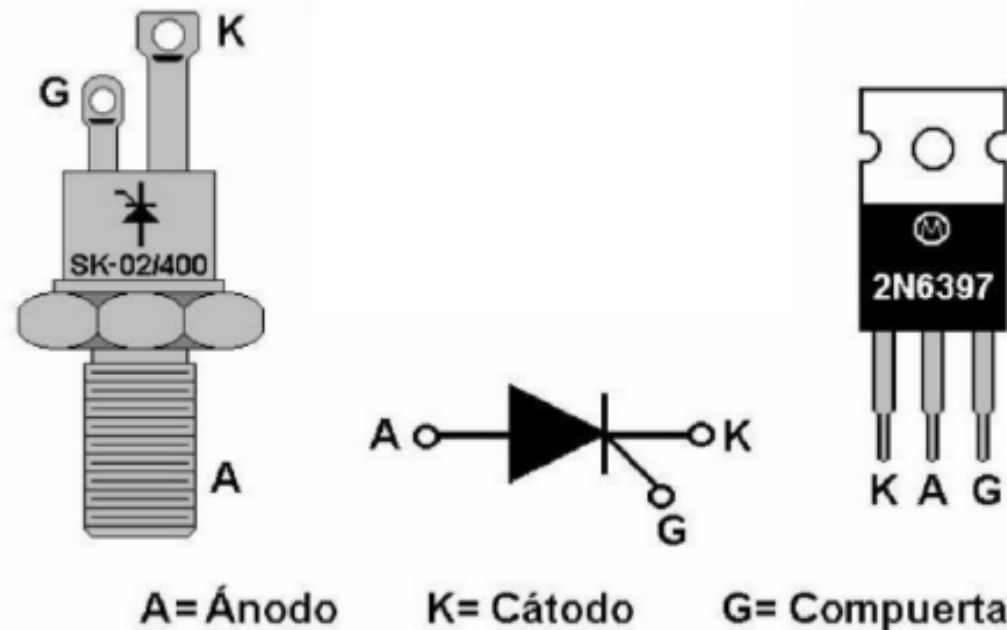


Rectificador Controlado de Silicio SCR

El SCR es un rectificador, construido de silicio con una tercera terminal para propósitos de control.

Se escogió el silicio por sus altas capacidades de temperatura y potencia.

La tercera terminal, llamada **Compuerta** , determina cuándo el rectificador cambia de abierto a cortocircuito.

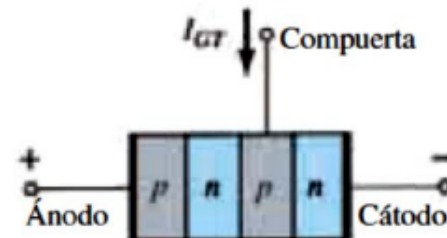
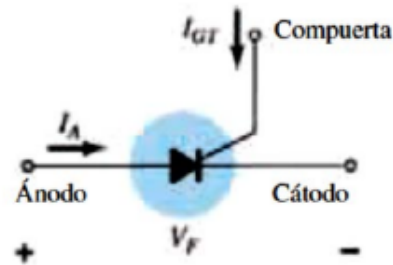


Rectificador Controlado de Silicio SCR

En la región de conducción, cuando está en cortocircuito, la resistencia dinámica del SCR está entre los $0,01\Omega$ y los $0,1\Omega$. Por el contrario, la resistencia inversa, suele ser de $100k\Omega$ ó más.

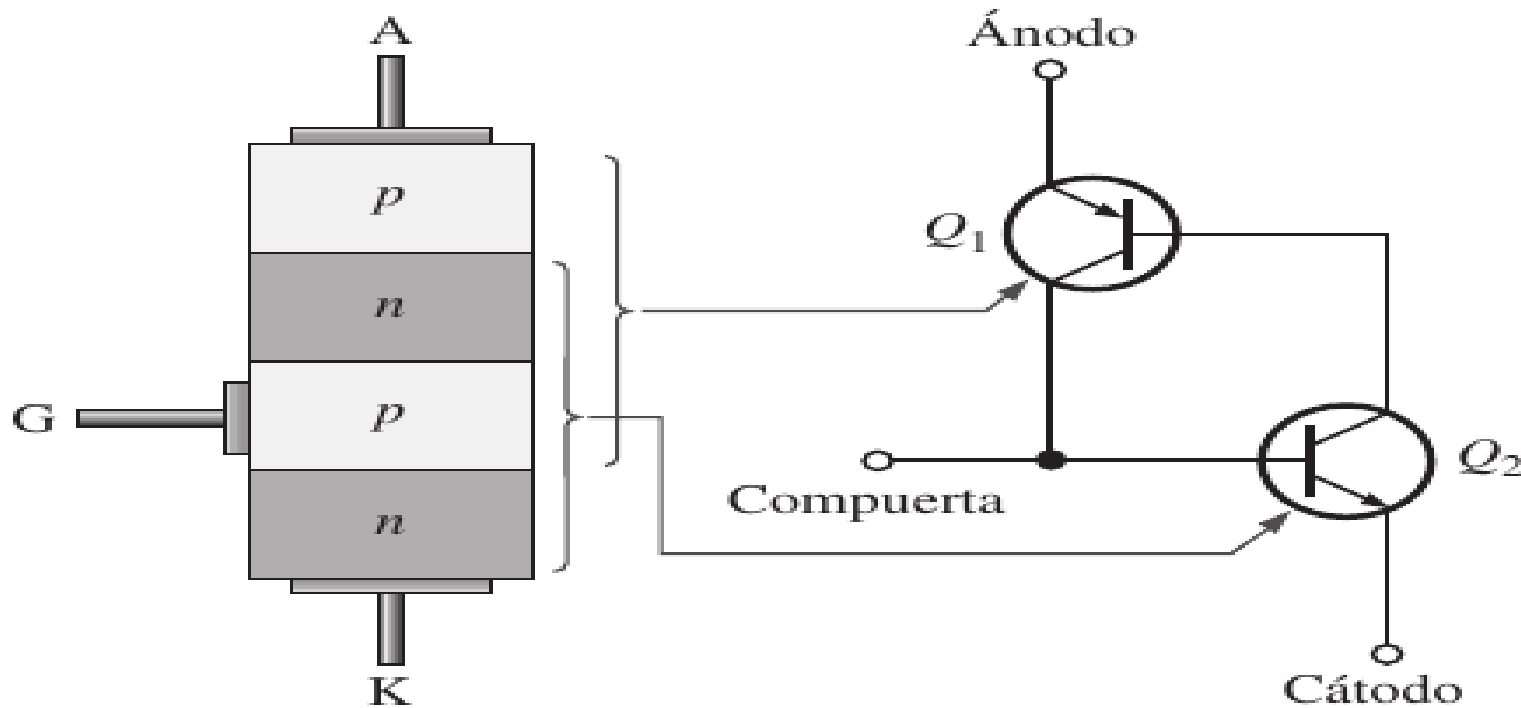
Para que se establezca la conducción directa:

1. Se debe aplicar un pulso de magnitud suficiente a la compuerta, para establecer el encendido en la compuerta.
2. El ánodo debe tener un voltaje positivo respecto al cátodo, y la corriente debe ingresar por el ánodo.



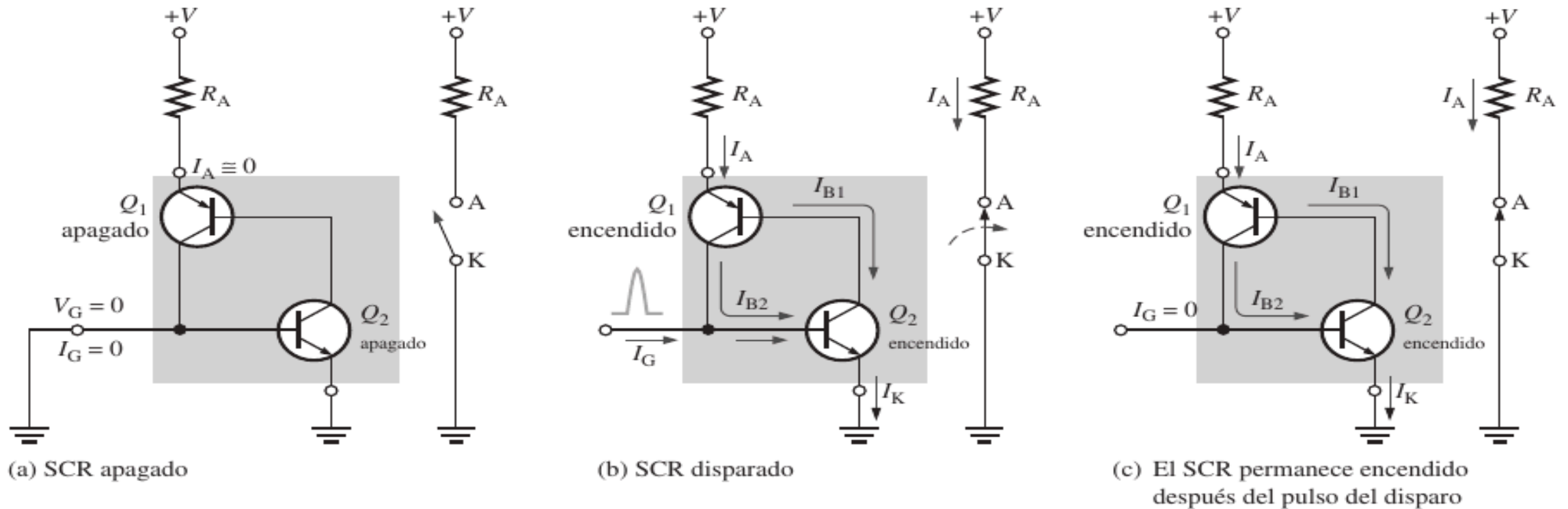
Rectificador Controlado de Silicio SCR

El circuito equivalente del SCR, se representa con 2 transistores BJT, uno de tipo PNP y el otro tipo NPN.



Rectificador Controlado de Silicio SCR

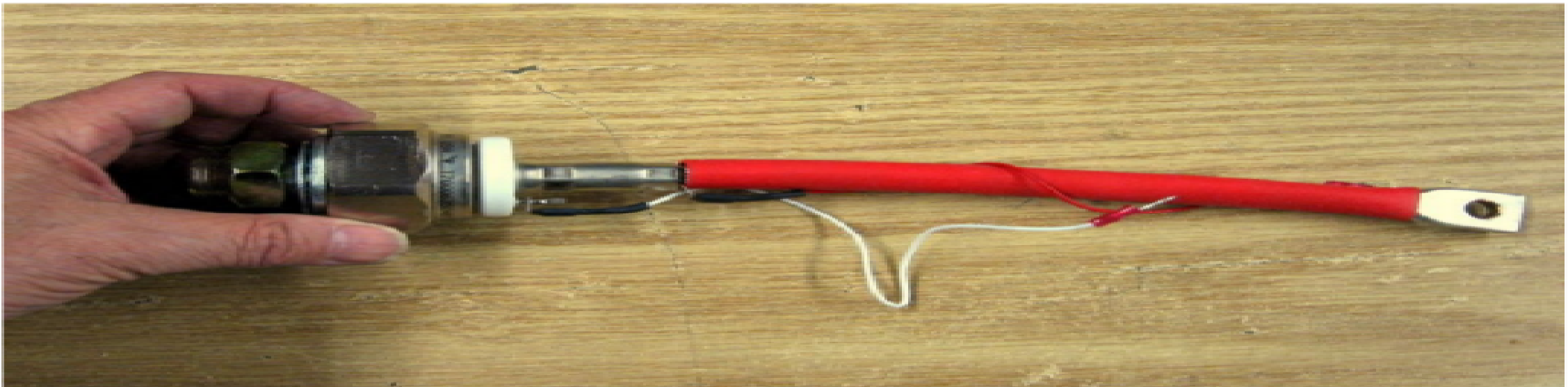
Su comportamiento, incluyendo el disparo, se observa en la siguiente imagen:



Rectificador Controlado de Silicio SCR

Los tiempos de encendido de un SCR, varían según las corrientes que controle:

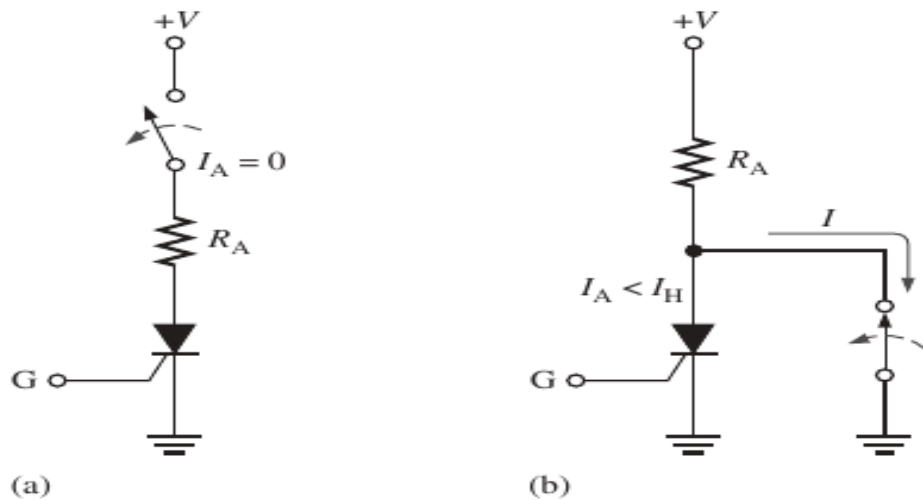
- Para dispositivos de baja potencia, los tiempos de encendido típicos rondan de $0,1\mu s$ a $1\mu s$
- Mientras que para corrientes entre 100 A y 400 A, pueden tener tiempos de 10 a 25 μs



Rectificador Controlado de Silicio SCR

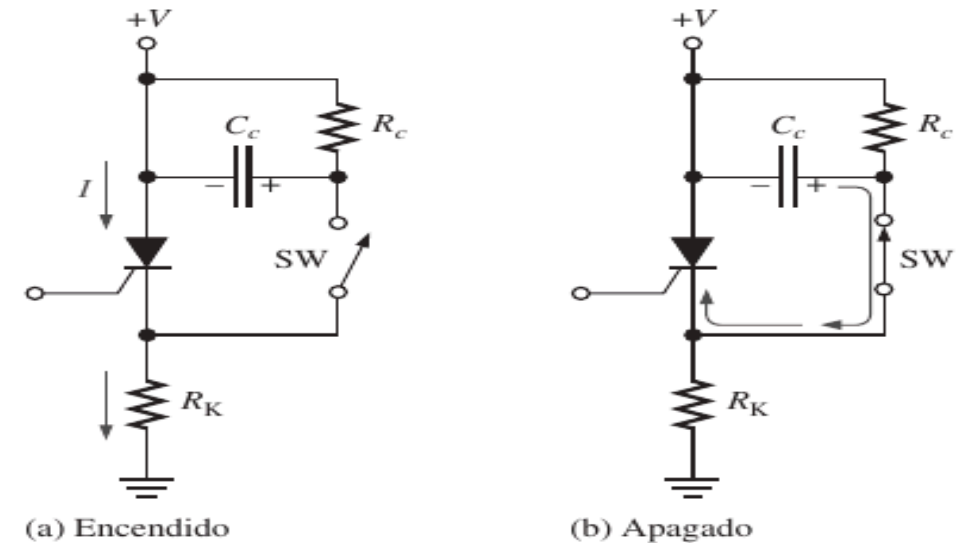
Para apagar el SCR, la única manera es quitar la corriente del Anodo, para ello existen 2 métodos:

1. **Interrupción de corriente en el ánodo**, donde por algún tipo de interruptor, se quita la corriente que entra al ánodo.
2. **Conmutación forzada**, acá el interruptor se ubica en paralelo al SCR, en lugar de ubicarlo en serie. Este método es el preferido, más eficiente y seguro.



▲ FIGURA 11-11

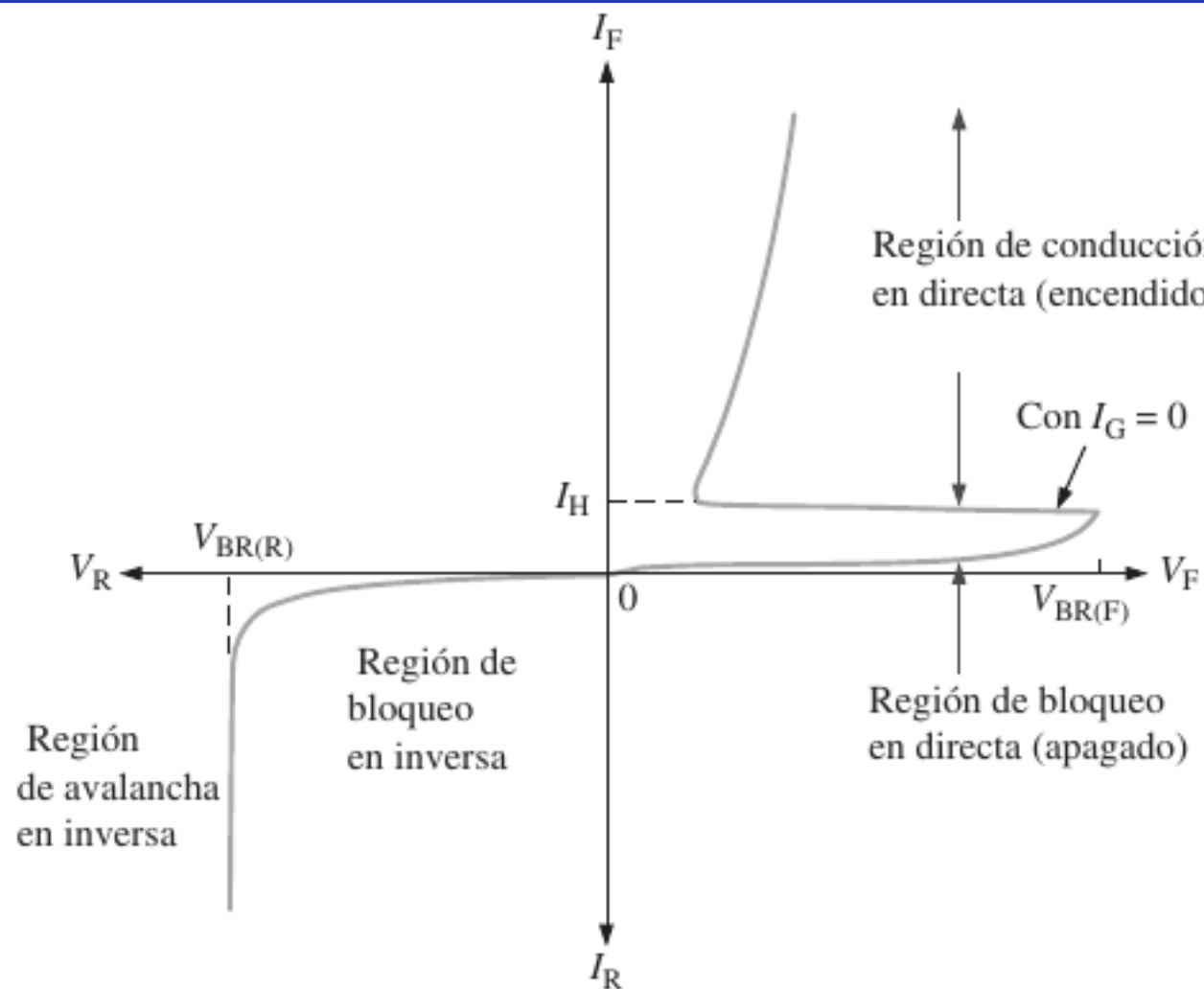
El SCR se apaga por la interrupción de la corriente en el ánodo.



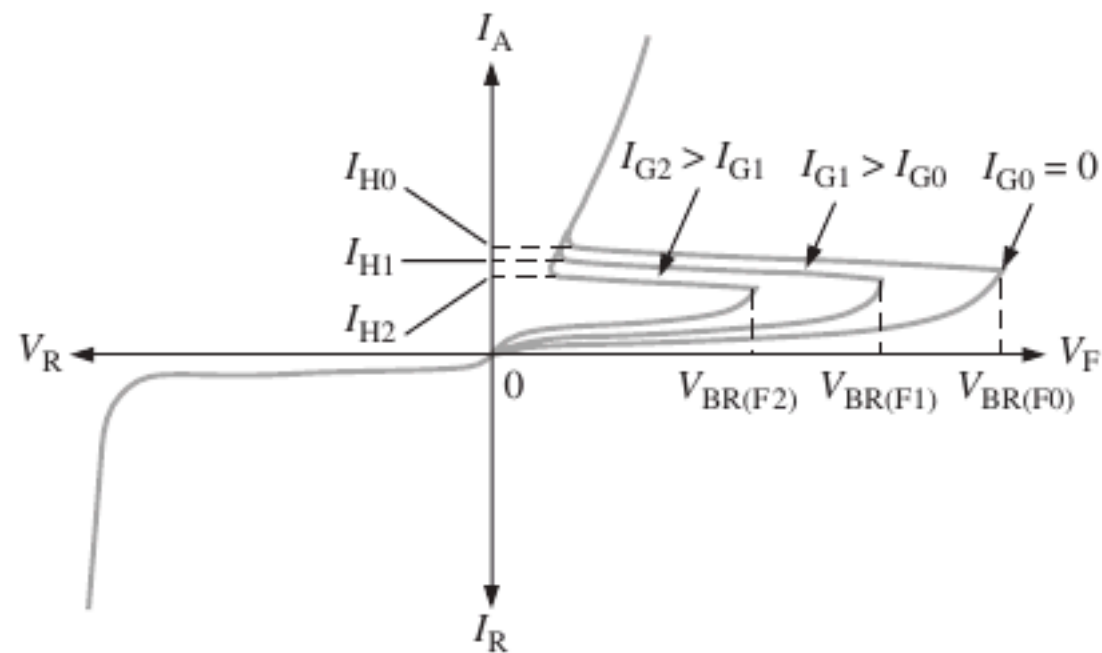
▲ FIGURA 11-12

El SCR se dispara por conmutación forzada.

Rectificador Controlado de Silicio SCR

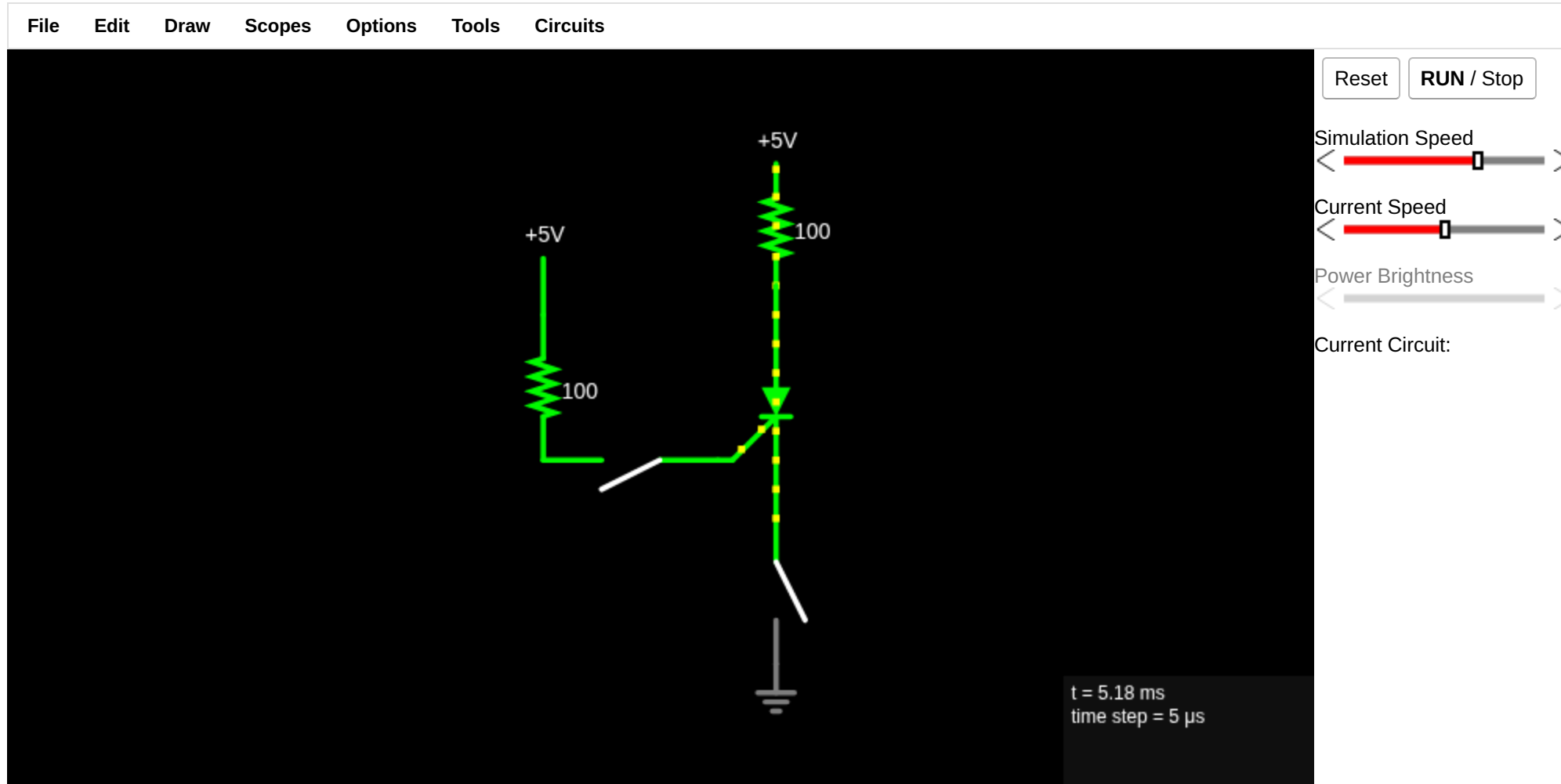


(a) Con $I_G = 0$



(b) Con varios valores de I_G

Rectificador Controlado de Silicio SCR

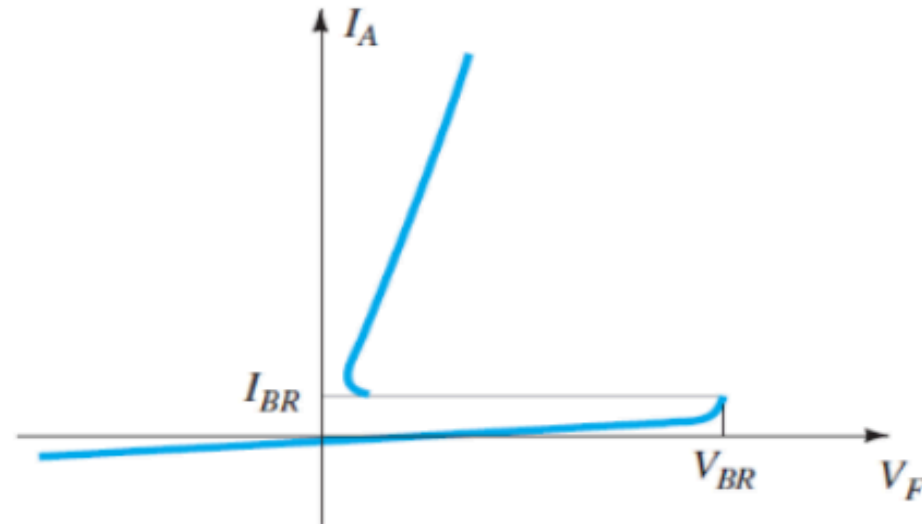
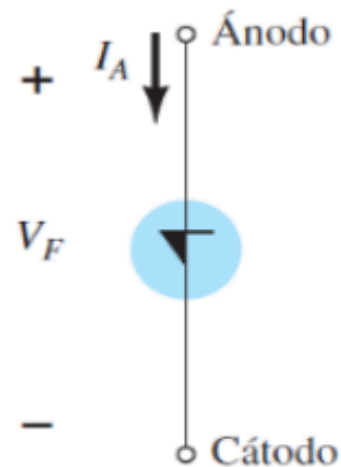
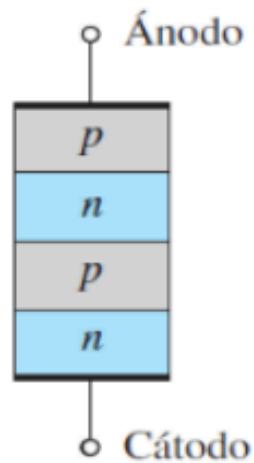


Diodo Shockley

Es un diodo **PNPN** de cuatro capas, pero con sólo dos terminales externas.

Sus características son las mismas que el SCR, pero con $I_G = 0$

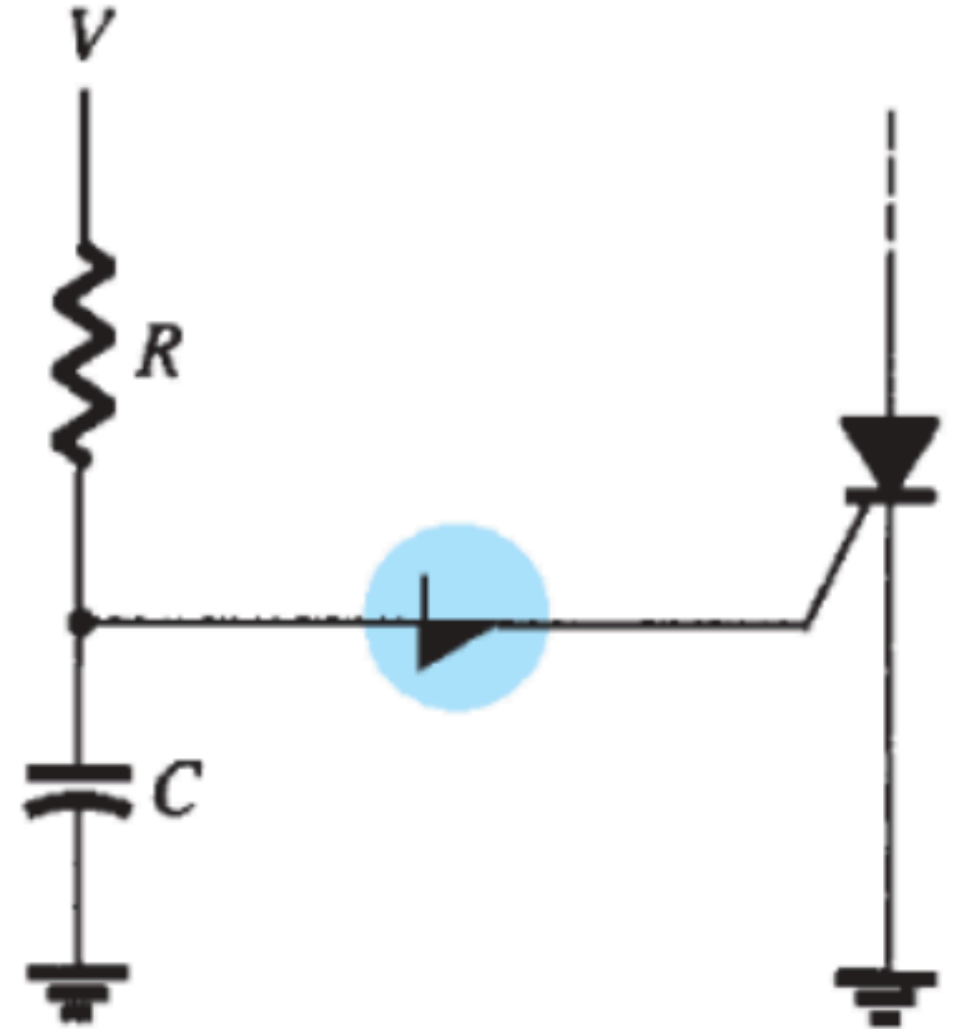
El dispositivo estará en abierto (*apagado*) hasta que se alcance su voltaje de conducción, en ese momento, entra en cortocircuito (*encendido*)



Aplicación de Shockley como

Comúnmente, el Shockley se usa como interruptor de disparo para un SCR.

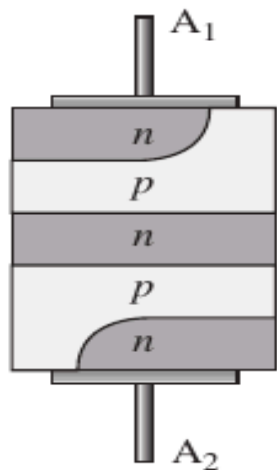
Cuando se energiza el circuito, el voltaje en el capacitor comienza a cargarlo, hasta llegar al voltaje necesario para activar el diodo; y en consecuencia, se dispara el SCR.



DIAC

Es una combinación inversa en paralelo de dos terminales de capas semiconductoras que permiten la activación ó disparo en cualquier dirección.

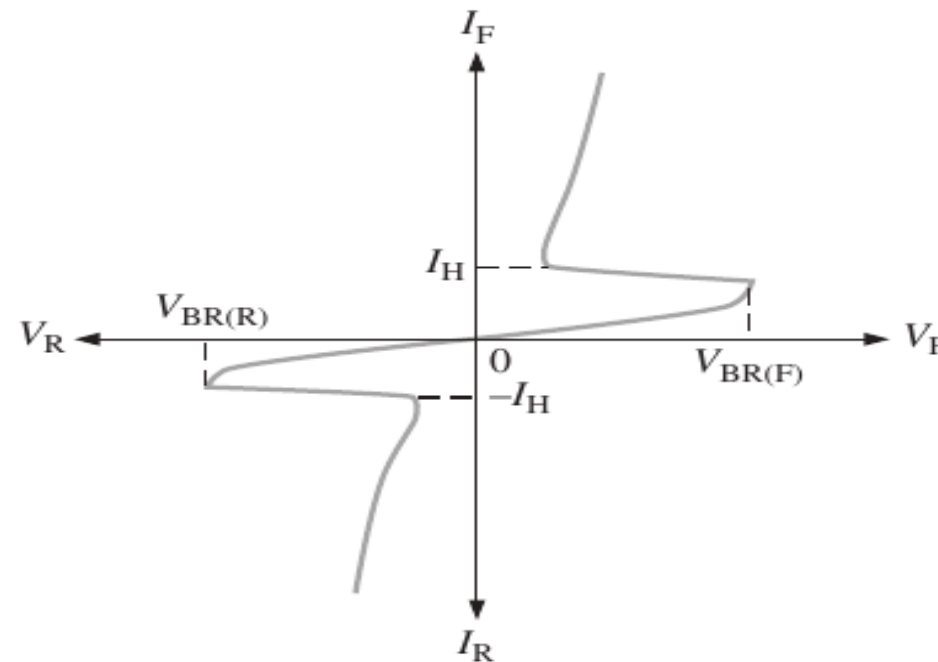
Se puede aprovechar al máximo la condición de encendido en cualquiera de las dos direcciones en aplicaciones de CA.



(a) Construcción básica

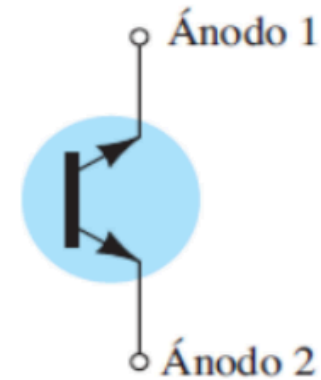
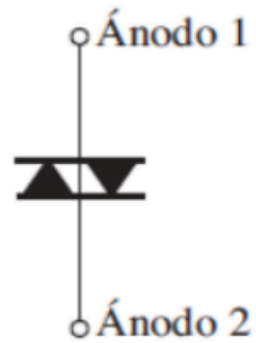
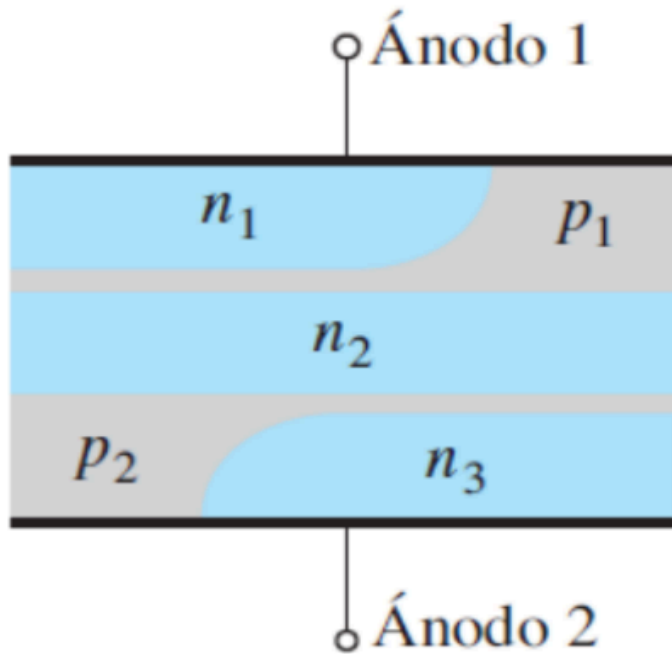


(b) Símbolo



DIAC

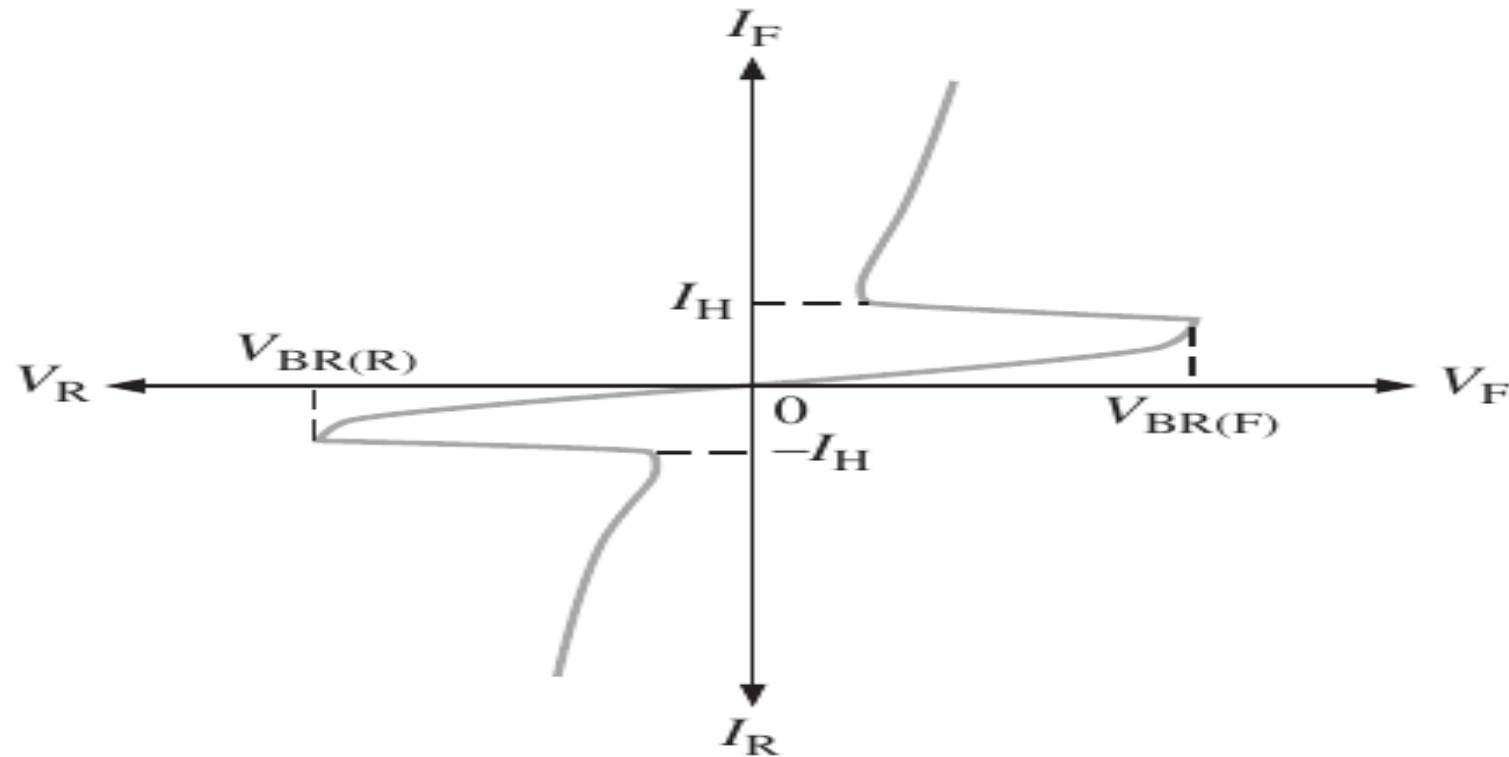
Ninguna de las capas se designa como cátodo, cuando el ánodo 1 es positivo respecto al ánodo 2, el ánodo 2 se comporta como cátodo, y viceversa.



DIAC

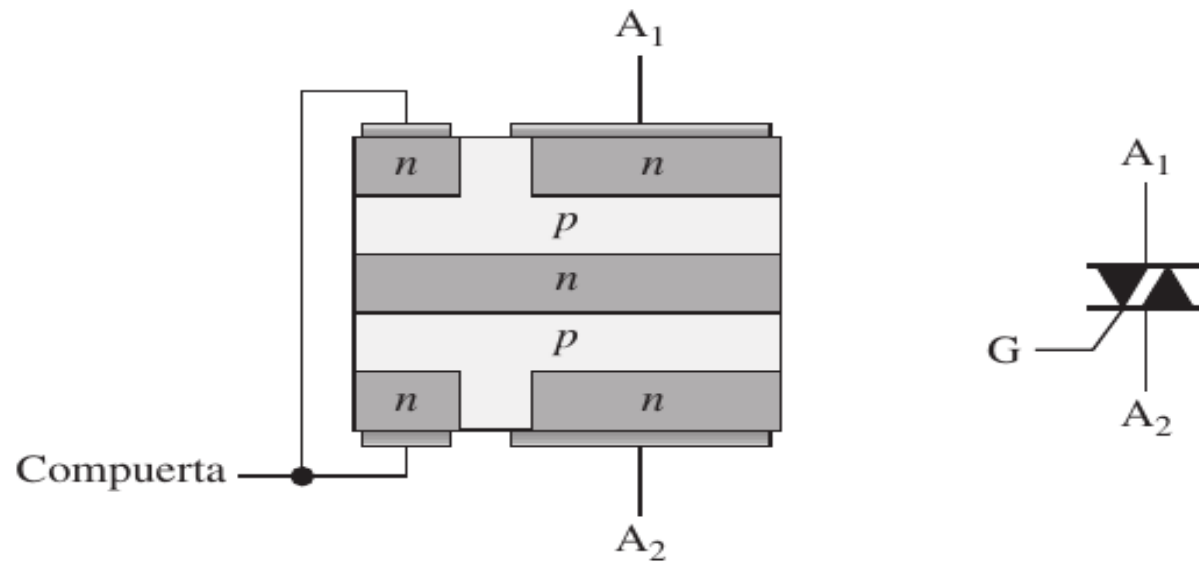
Los voltajes de ruptura son muy parecidos en cuanto a magnitud, pero pueden variar desde un mínimo de 28 V y hasta un máximo de 42 V.

Los niveles de corriente (I_{BR1} e I_{BR2}) también son de magnitud muy parecida para cada dispositivo.

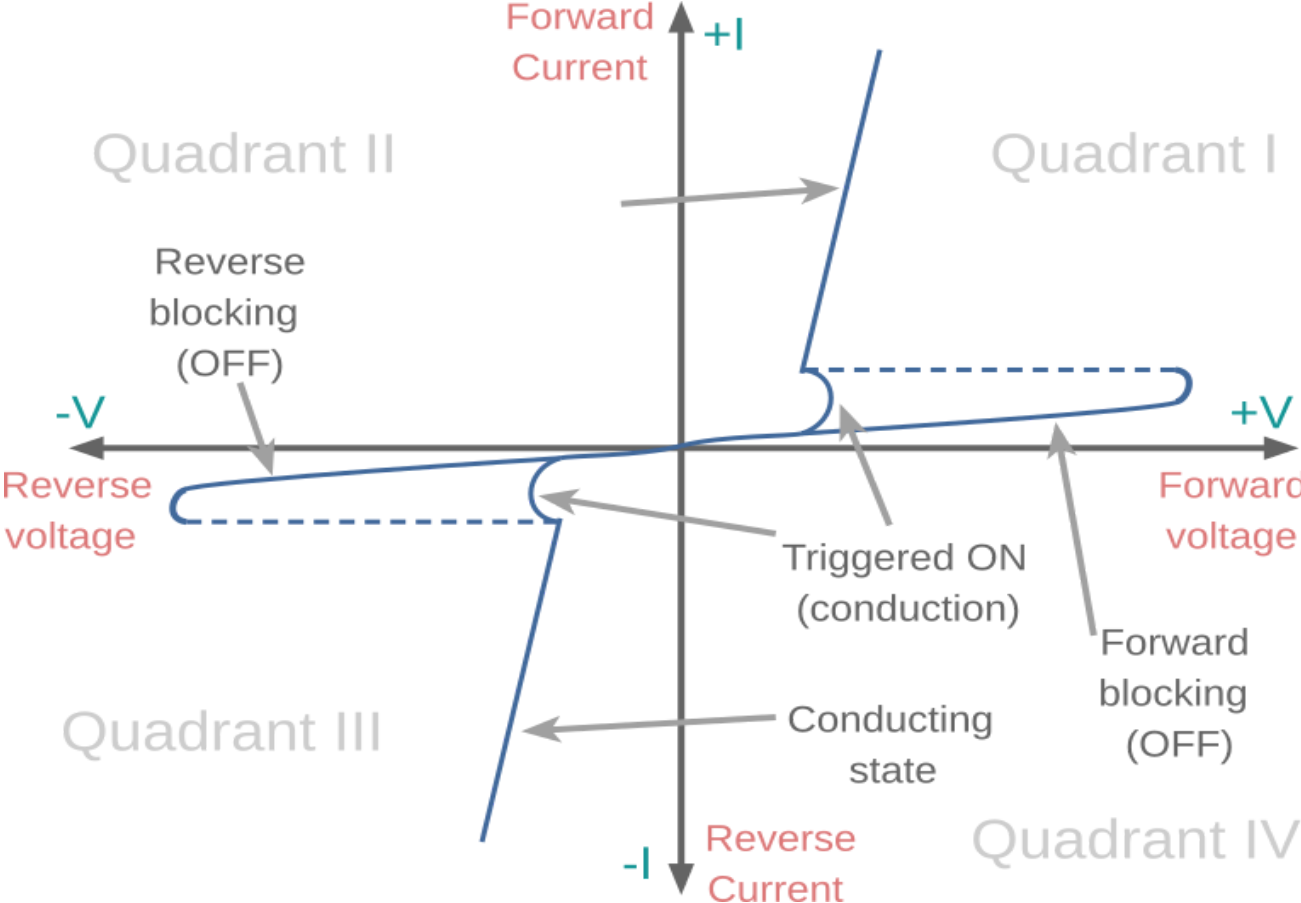


TRIAC

Es básicamente un DIAC con una terminal de compuerta para controlar el encendido, ó lo que es igual, un SCR que puede trabajar en cualquiera de los semiciclos de CA.



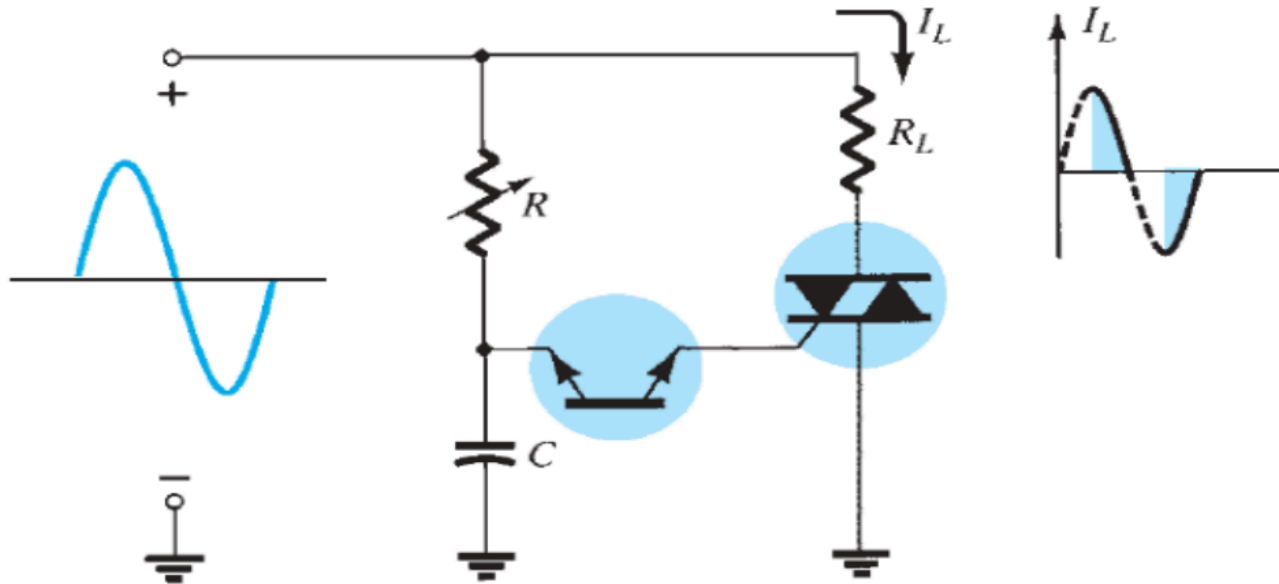
TRIAC



Aplicación común: Control de fase (potencia)

Acá se controla la potencia de CA suministrada a la carga encendiéndose y apagándose durante las regiones positiva y negativa de la señal senoidal de entrada.

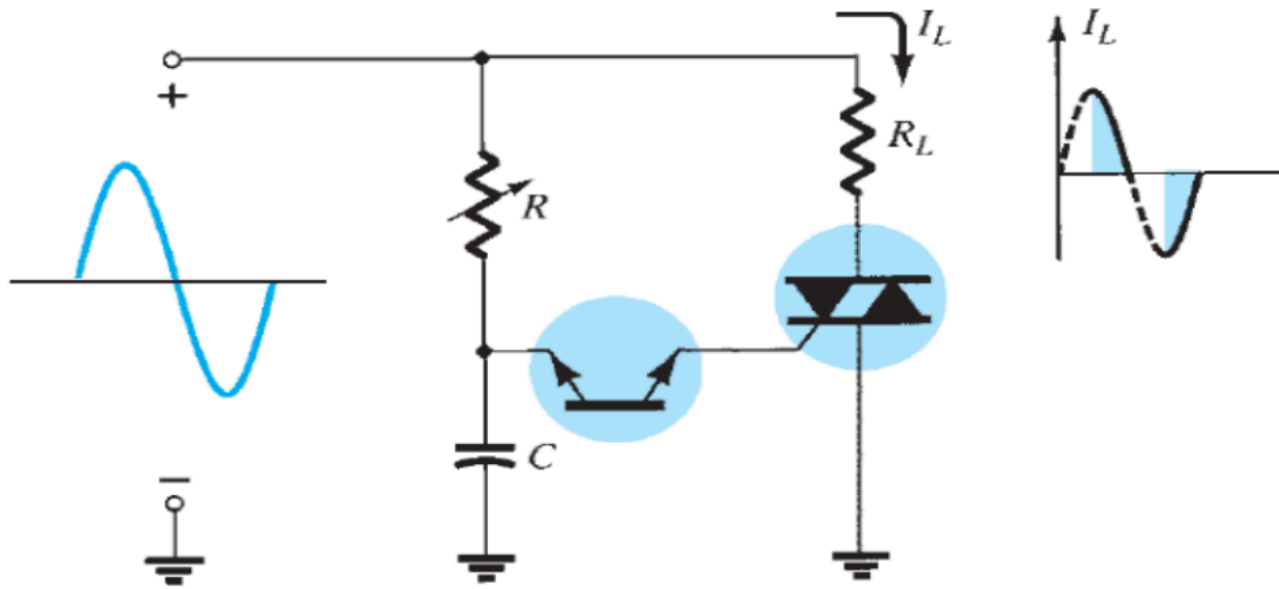
La acción de este circuito durante la parte positiva de la señal de entrada es muy parecida a la encontrada por el diodo Shockley.



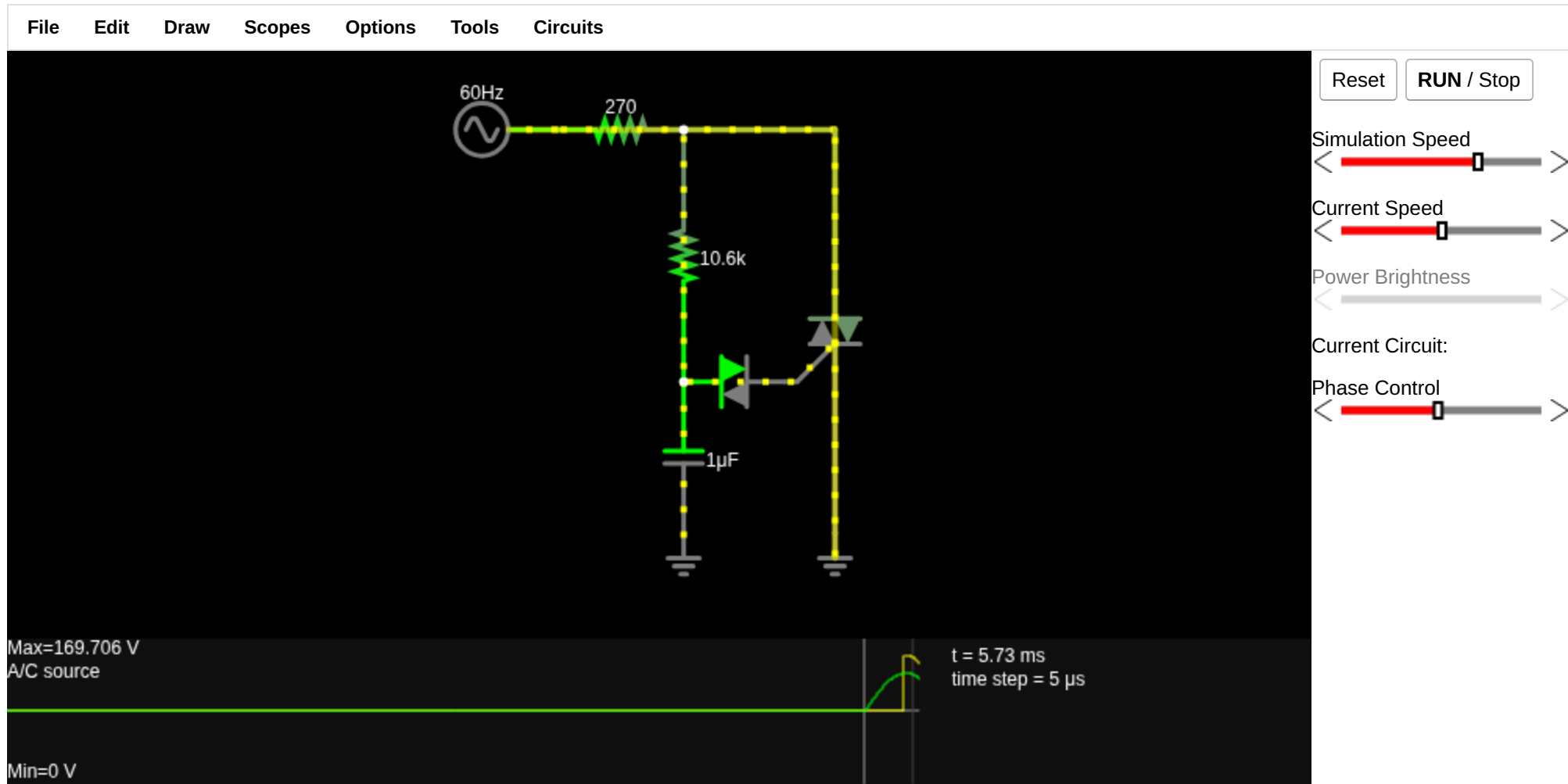
Aplicación común: Control de fase (potencia)

La ventaja de esta configuración es que durante la parte negativa de la señal de entrada se obtendrá el mismo tipo de respuesta ya que tanto el DIAC como el TRIAC se pueden encender en la dirección inversa.

Si se ajusta el R, podemos controlar el ángulo de conducción. Existen unidades disponibles capaces de manejar cargas de más de 10 kW.



Ejemplo DIAC y TRIAC

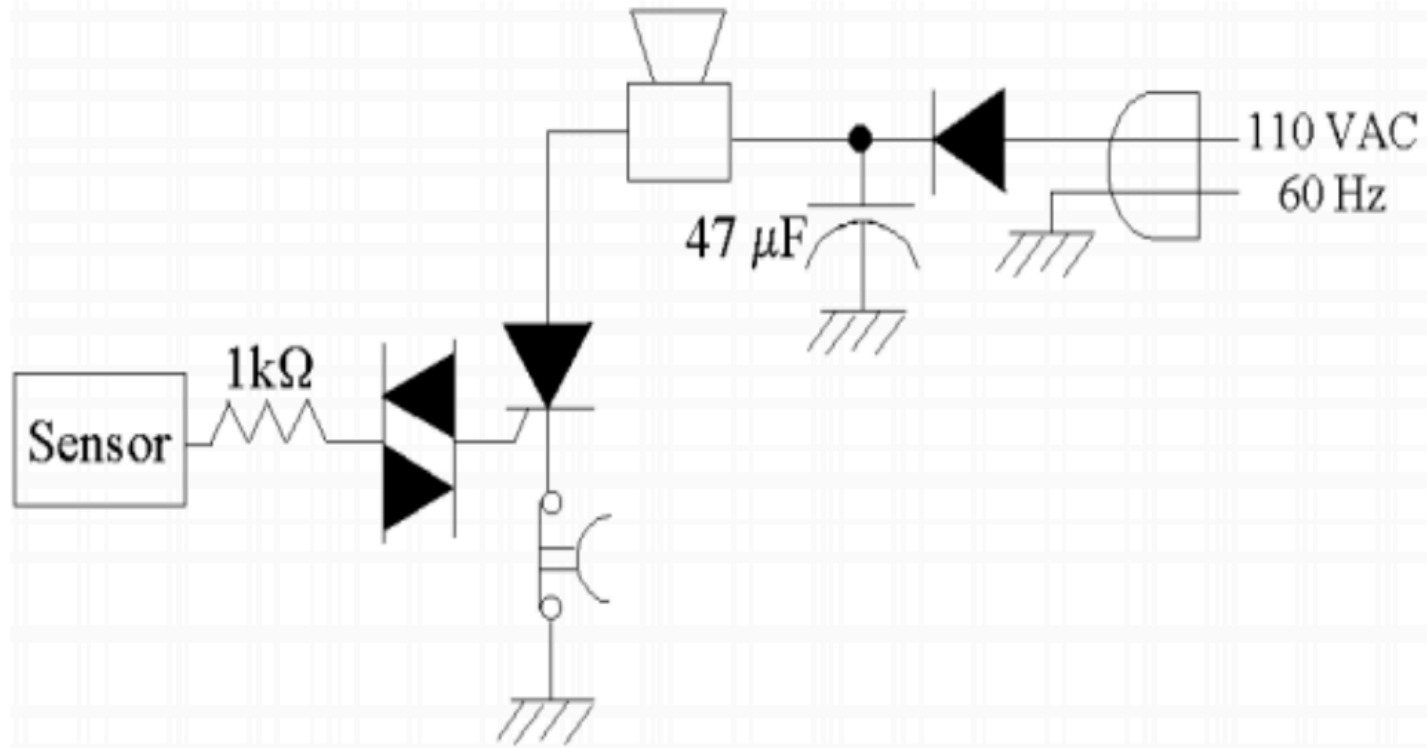


Notas importantes

- Los temas de la unidad 5 se pueden encontrar en el capítulo 11 del Floyd
- Revisar especialmente los ejemplos 11-2, 11-3, y 11-4

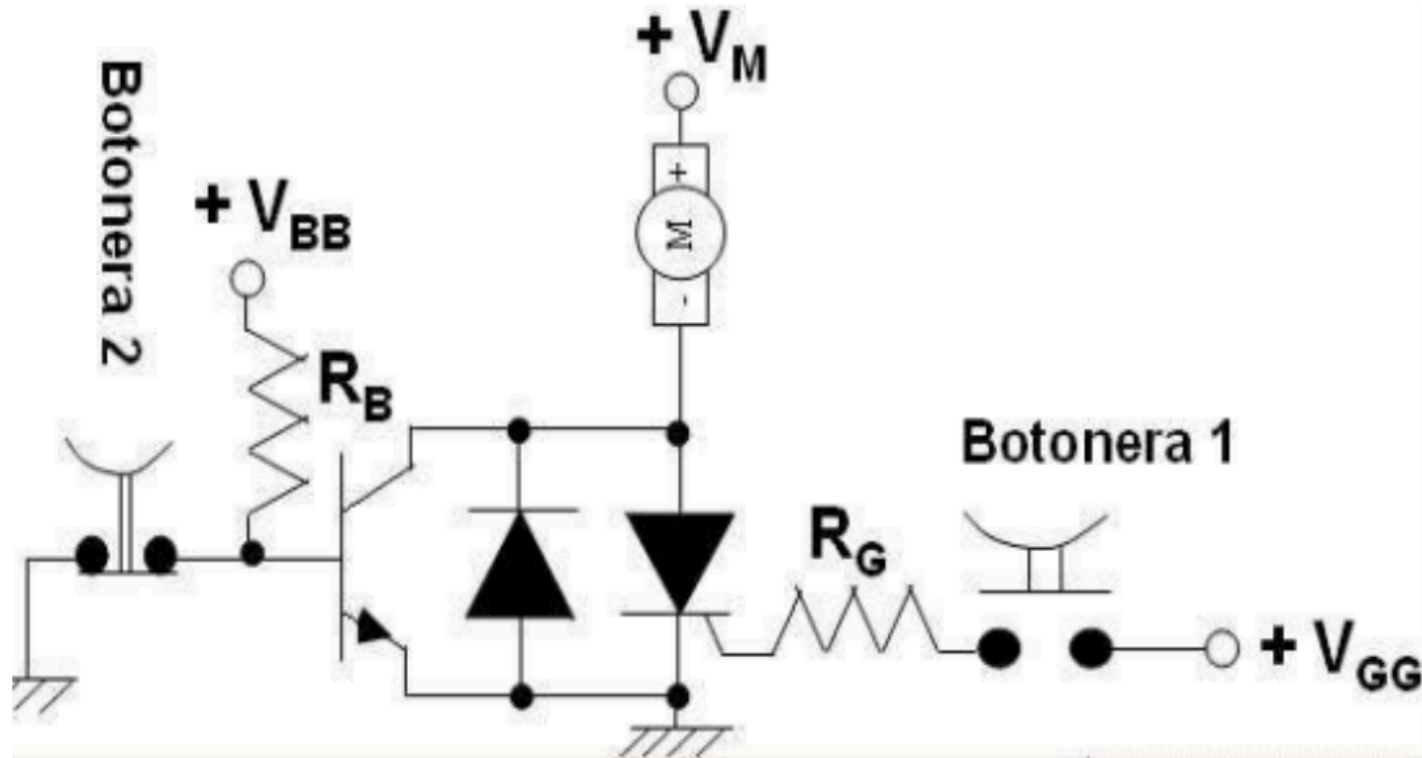
Ejemplo 1

Explique el funcionamiento de este circuito.



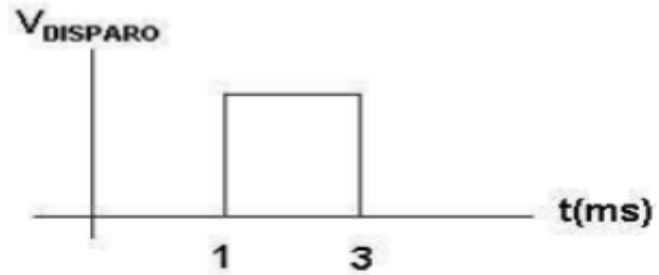
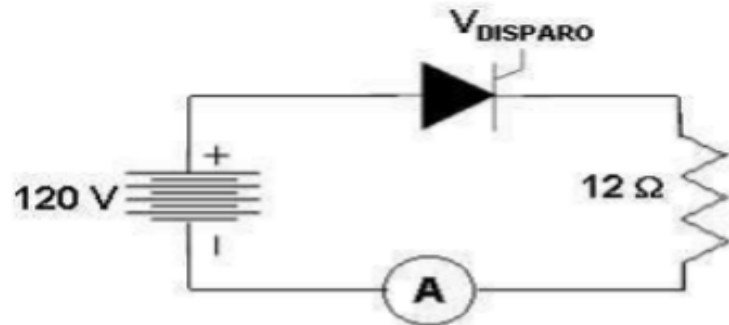
Ejemplo 2

¿Cuál es la reacción del motor cuando se presionan las botoneras 1 y 2? Explique



Ejercicio 1

¿Cuál sería la medición instantánea del amperímetro en cada caso?



$$I(0) = \underline{\hspace{2cm}}$$
$$I(2 \text{ ms}) = \underline{\hspace{2cm}}$$
$$I(4 \text{ ms}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Ejercicio 2

¿Cuál es el valor mayor de la resistencia R para que el SCR no se abra?

