

# Tiristores

Dra. Victoria Serrano

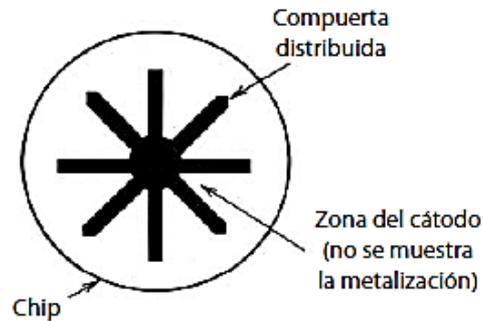
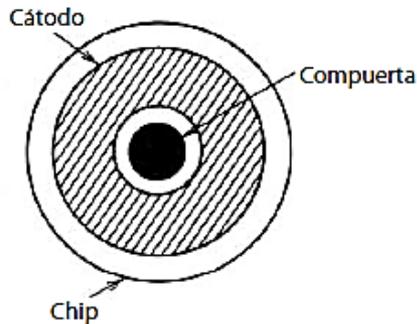
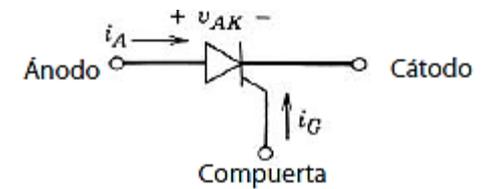
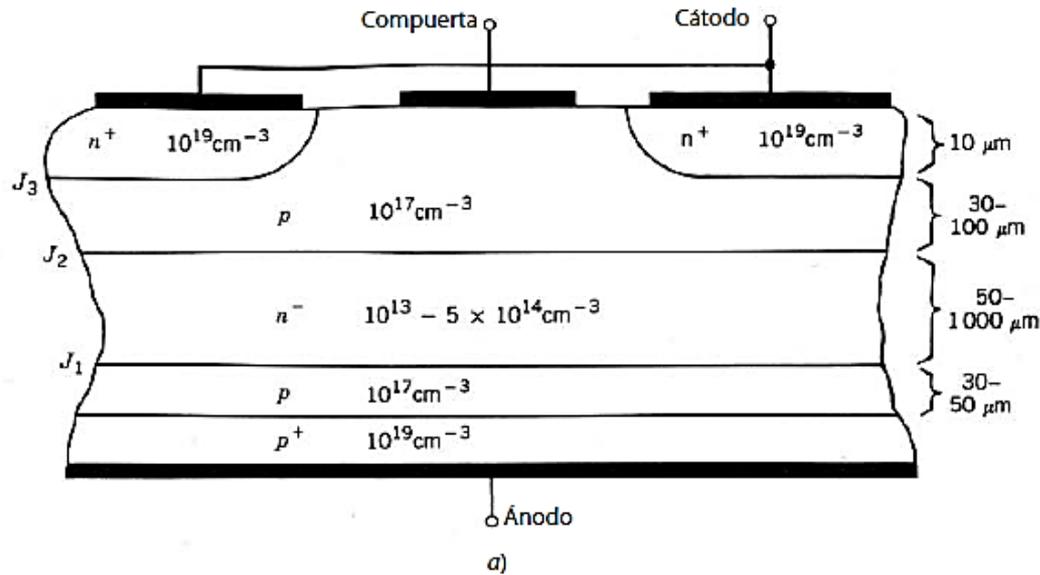
# Introducción

- Conocidos también como SCR (silicon-controlled rectifier) o semiconductores controlados de silicio
- De los tipos más antiguos de dispositivos de potencia de estado sólido
- Tienen la capacidad más alta de manejo de potencia

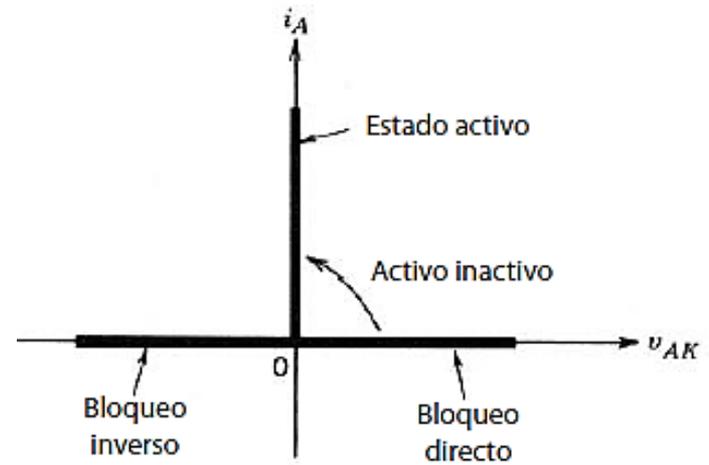
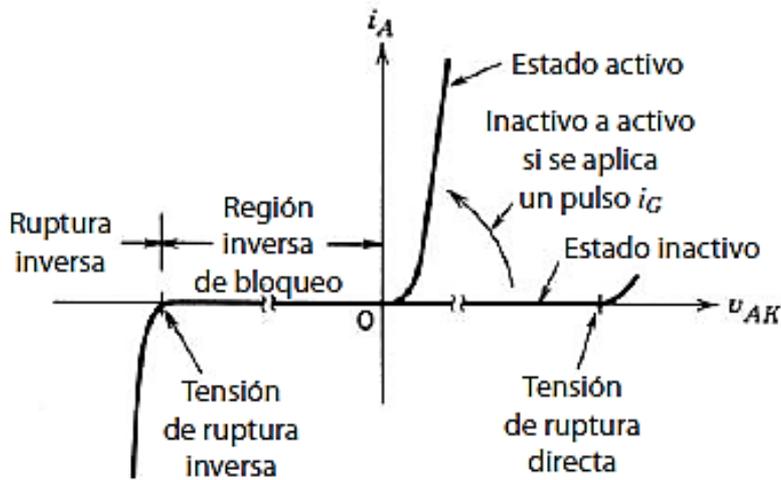
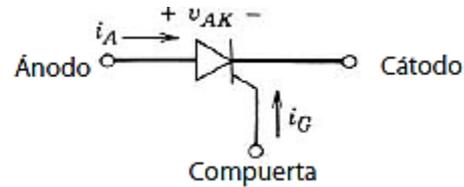
# Características

- Construcción única de cuatro capas
- Son interruptores de bloqueo que se encienden por la terminal (compuerta) de control
- No se apagan por la compuerta

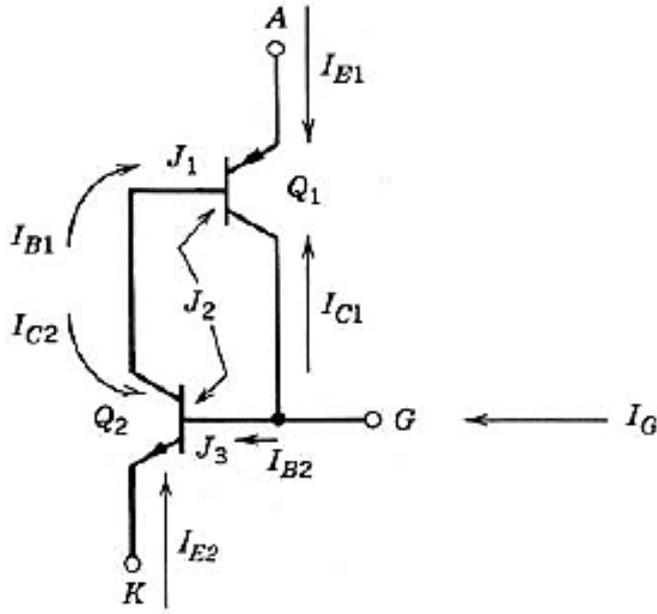
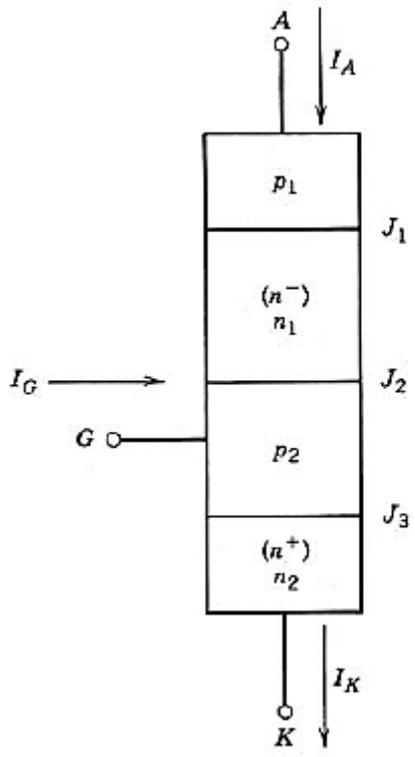
# Estructura Básica y Símbolo



# Características I-V



# Modelo Simplificado de un Tiristor



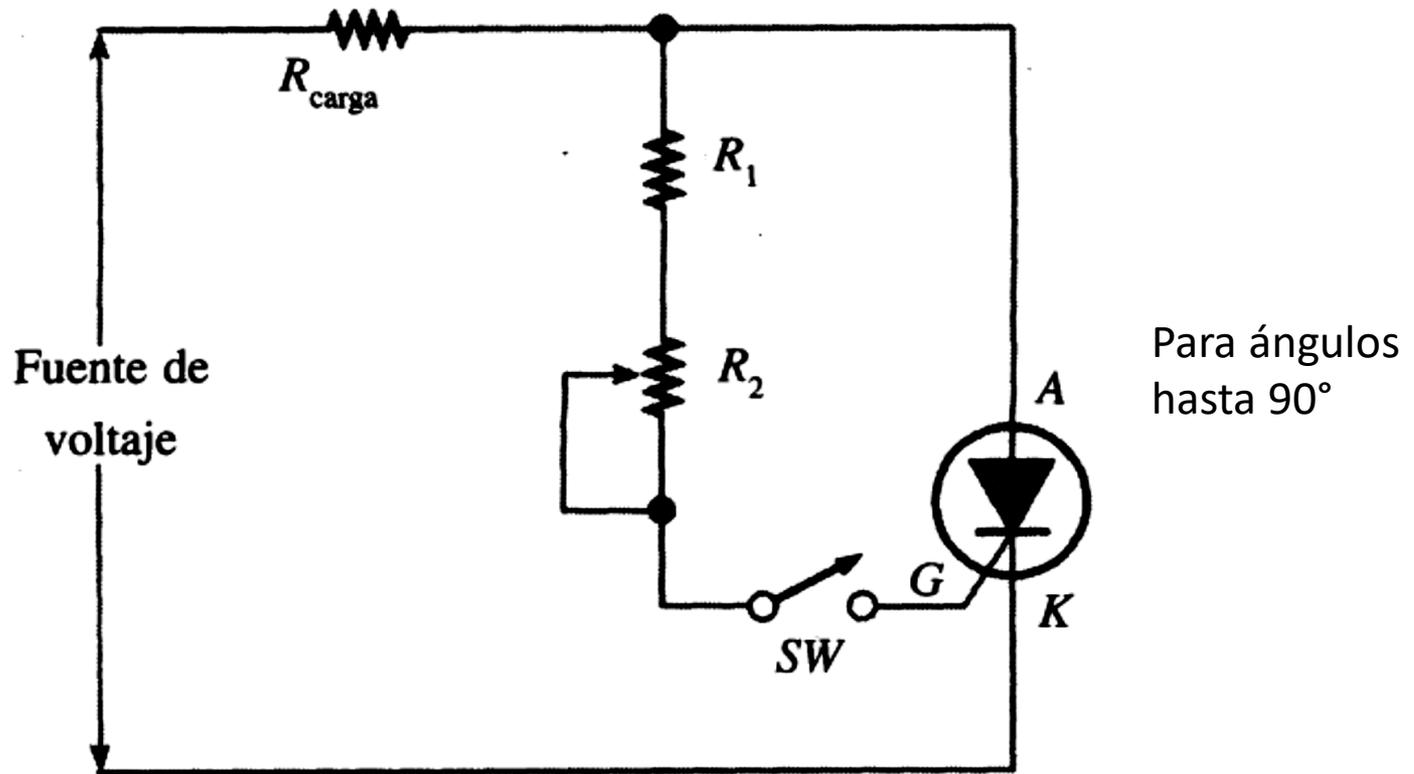
# ¿Cómo funciona el Tiristor?

- <https://www.youtube.com/watch?v=K2ki029r0w8>

Aplicaciones:

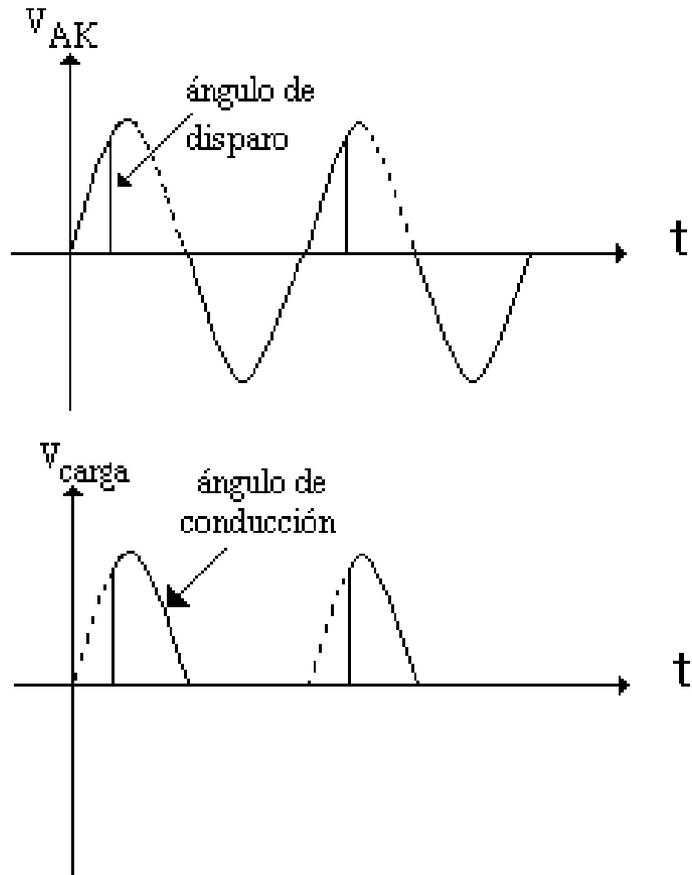
<https://www.youtube.com/watch?v=gn-c000jW2g>

# Circuito Resistivo para el Disparo de SCR



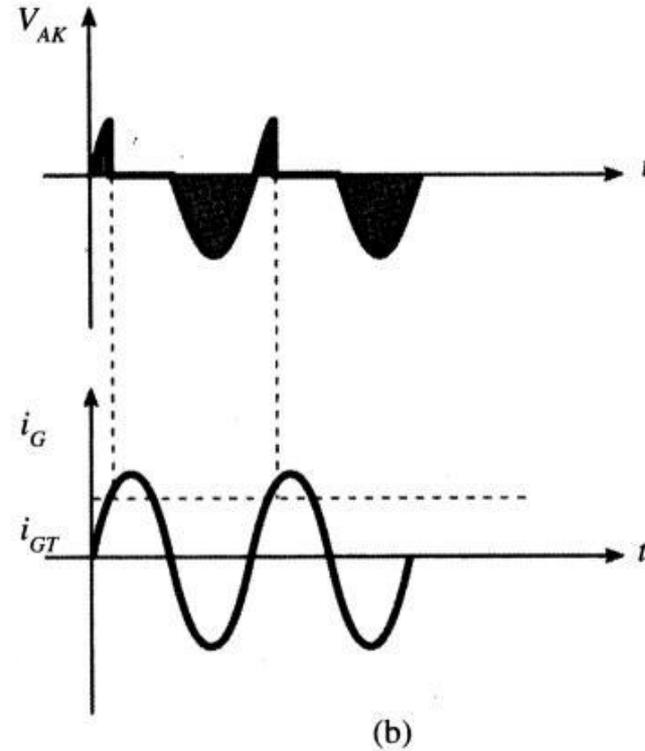
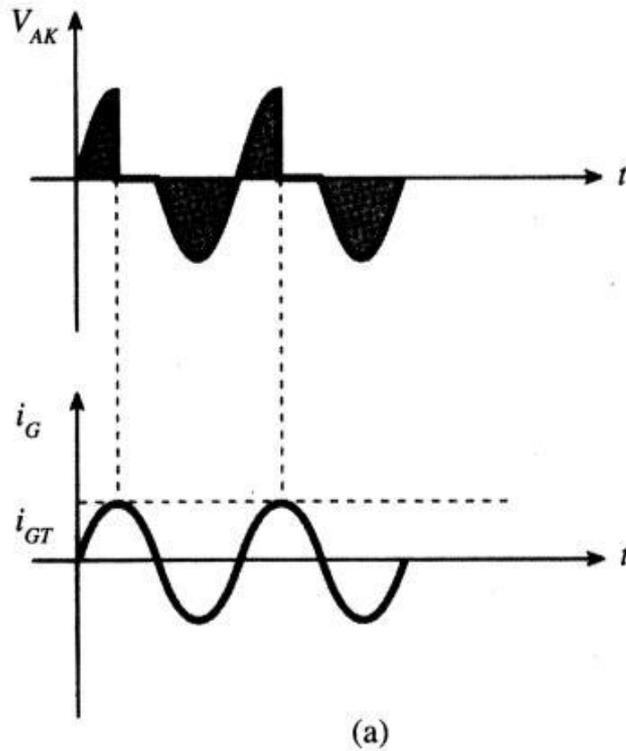
Se presenta un fenómeno parecido a la corriente de recuperación de reversa  $I_{rr}$ . **No aplicar un voltaje directo hasta que no haya transcurrido el tiempo de recobro ( $t_q$ ).**

# Forma de Onda del SCR



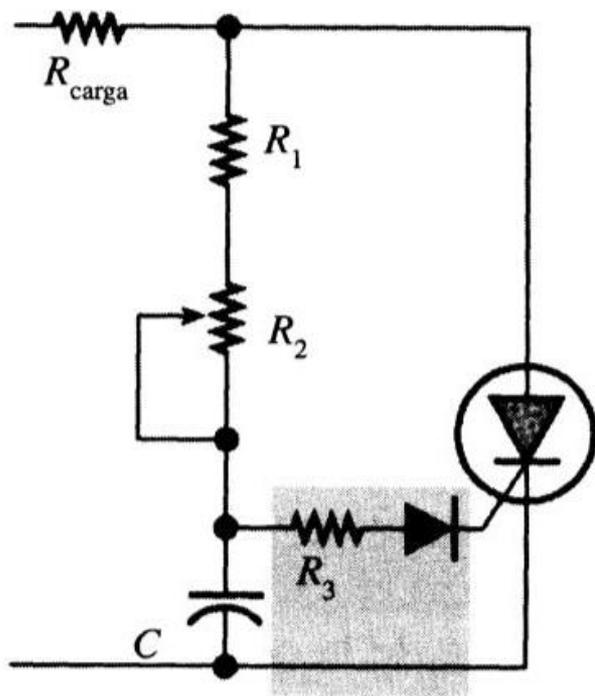
- Ángulo de Disparo ( $\alpha$ ): número de grados de un ciclo AC que transcurren antes que el SCR pase al estado de conducción.
- Ángulo de Conducción: número de grados de un ciclo AC durante los cuales el SCR está en conducción.

# Ángulos de Disparo del SCR



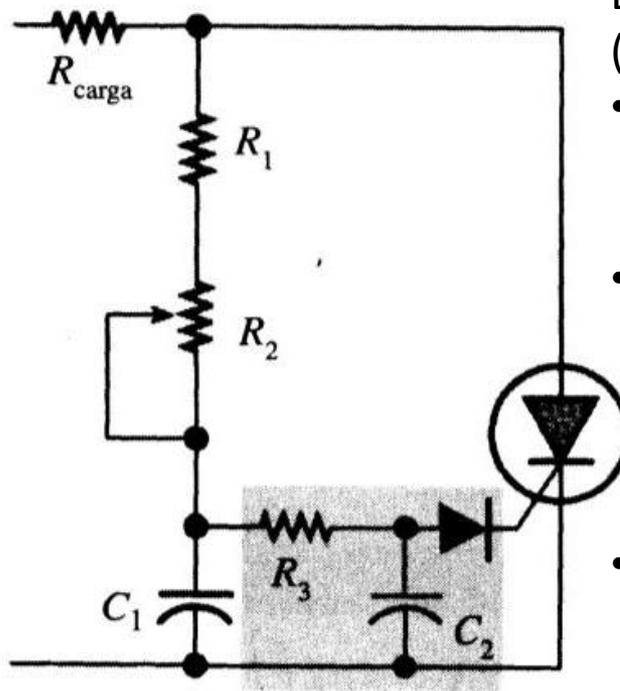
$R_2$  mayor

# Circuitos de Control de Compuerta para un SCR



(a)

Para ángulos mayores a  $90^\circ$

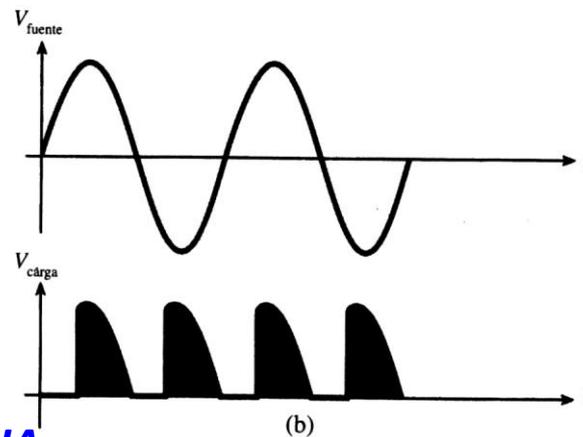
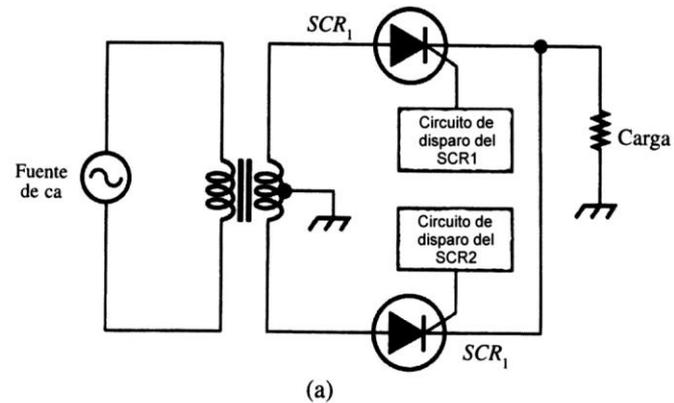


(b)

En la práctica (aproximaciones):

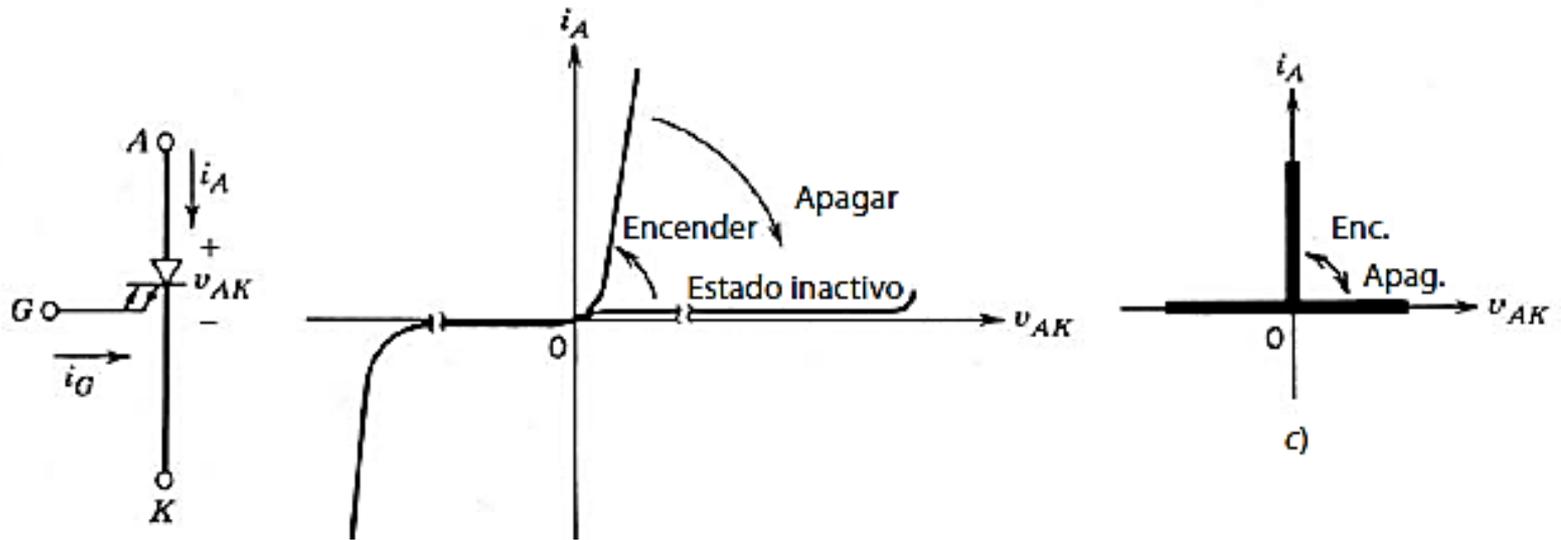
- Primera constante de tiempo  $R_1 C$  para 60 Hz, puede estar entre 1 y 2 ms.
- Segunda constante de tiempo  $(R_1 + R_2) C$  se utiliza un valor mayor que el periodo de la señal (ejm: 20ms).
- Tercera constante de tiempo  $R_3 C_2$  se utiliza un valor algo superior a la primera constante de tiempo (ejm: 4ms)

# Control de Potencia Rectificada de Onda Completa



Data de Fabricante: [SCR 50RIA](#)

# Desactivación por puerta de tiristores (GTO)



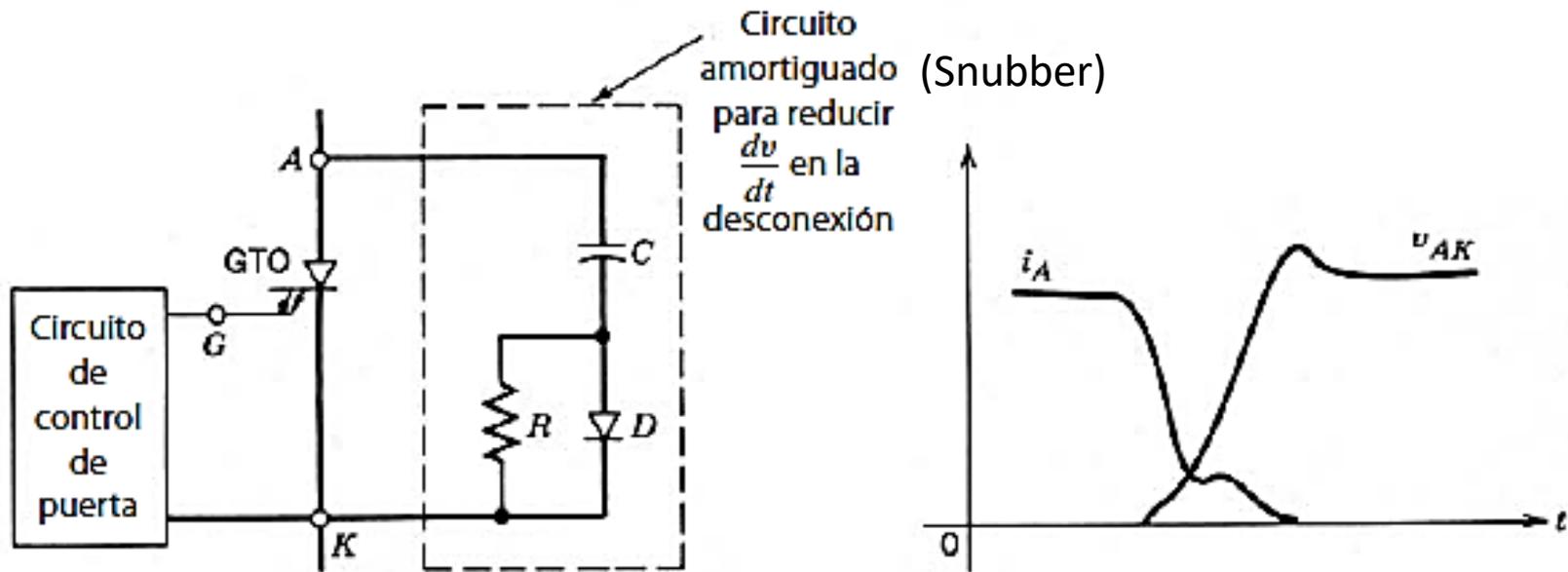
# Características del GTO

- Se enciende por medio de un impulso de corriente de compuerta de corta duración
- Se mantiene encendido sin más corriente de compuerta una vez activo
- Para apagarlo se aplica una tensión de compuerta a cátodo negativa para que fluya una corriente de compuerta negativa bastante grande ( $\mu\text{s}$ )
- Bloquean voltajes negativos (magnitud depende de los detalles del circuito amortiguador)

# Características del GTO

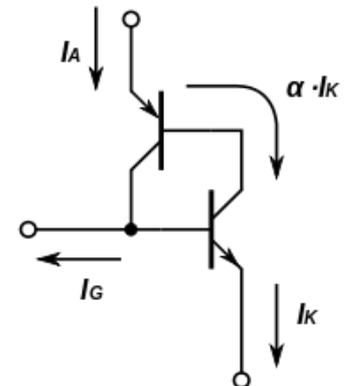
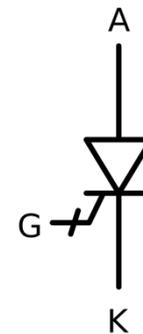
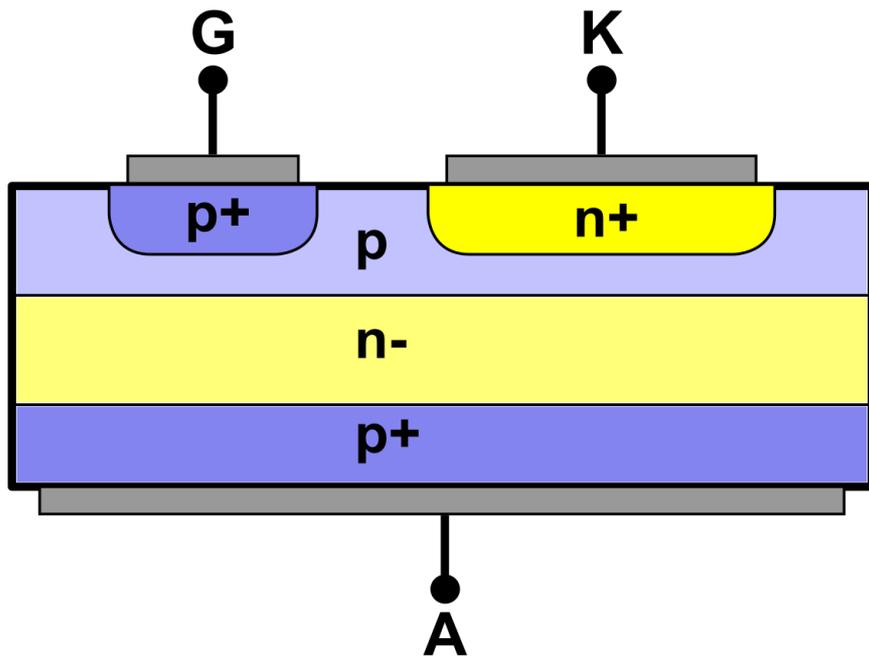
- Voltaje de estado activo: 2-3 V
- Velocidades de conmutación: unos cuantos  $\mu\text{s}$  hasta 25  $\mu\text{s}$
- Capacidad de voltajes: hasta 4.5 kV
- Capacidad de corriente: hasta unos cuantos kA
- Frecuencia de conmutación: 100xHz hasta 10 kHz

# Transitorio de Desconexión de la Puerta

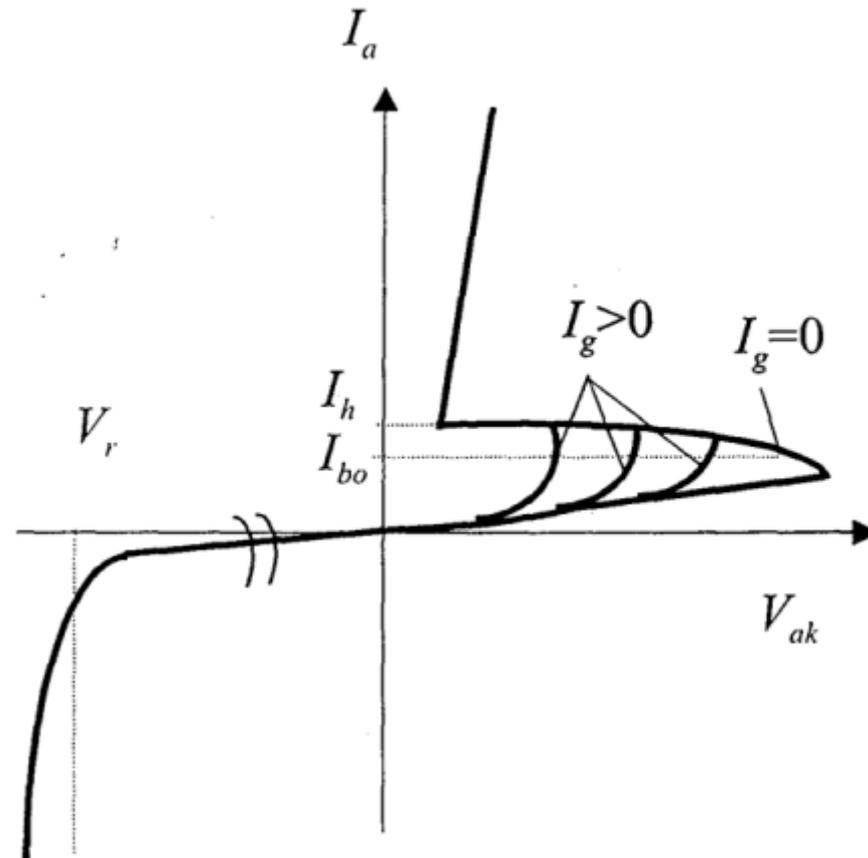


# Tiristores Apagados por Compuerta-GTO

- Estructura interna

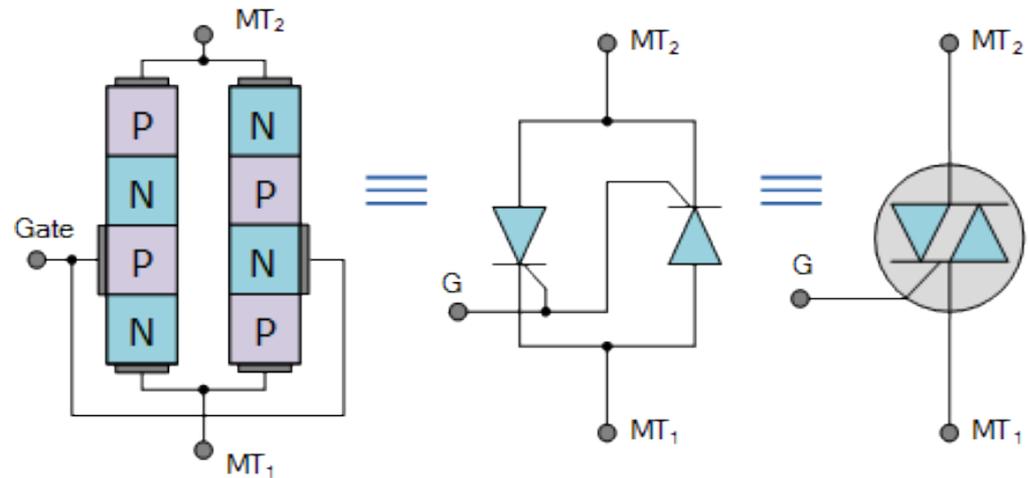
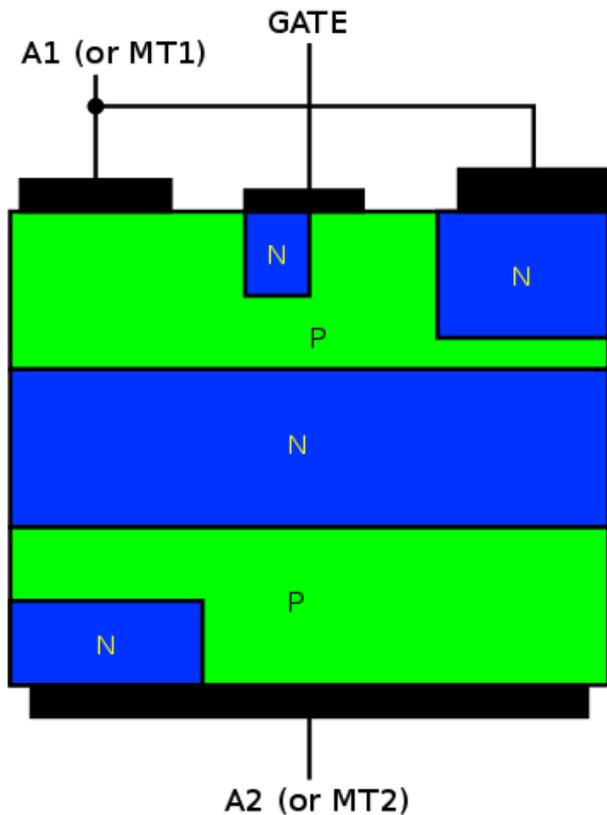


# Características de Salida V-I del GTO

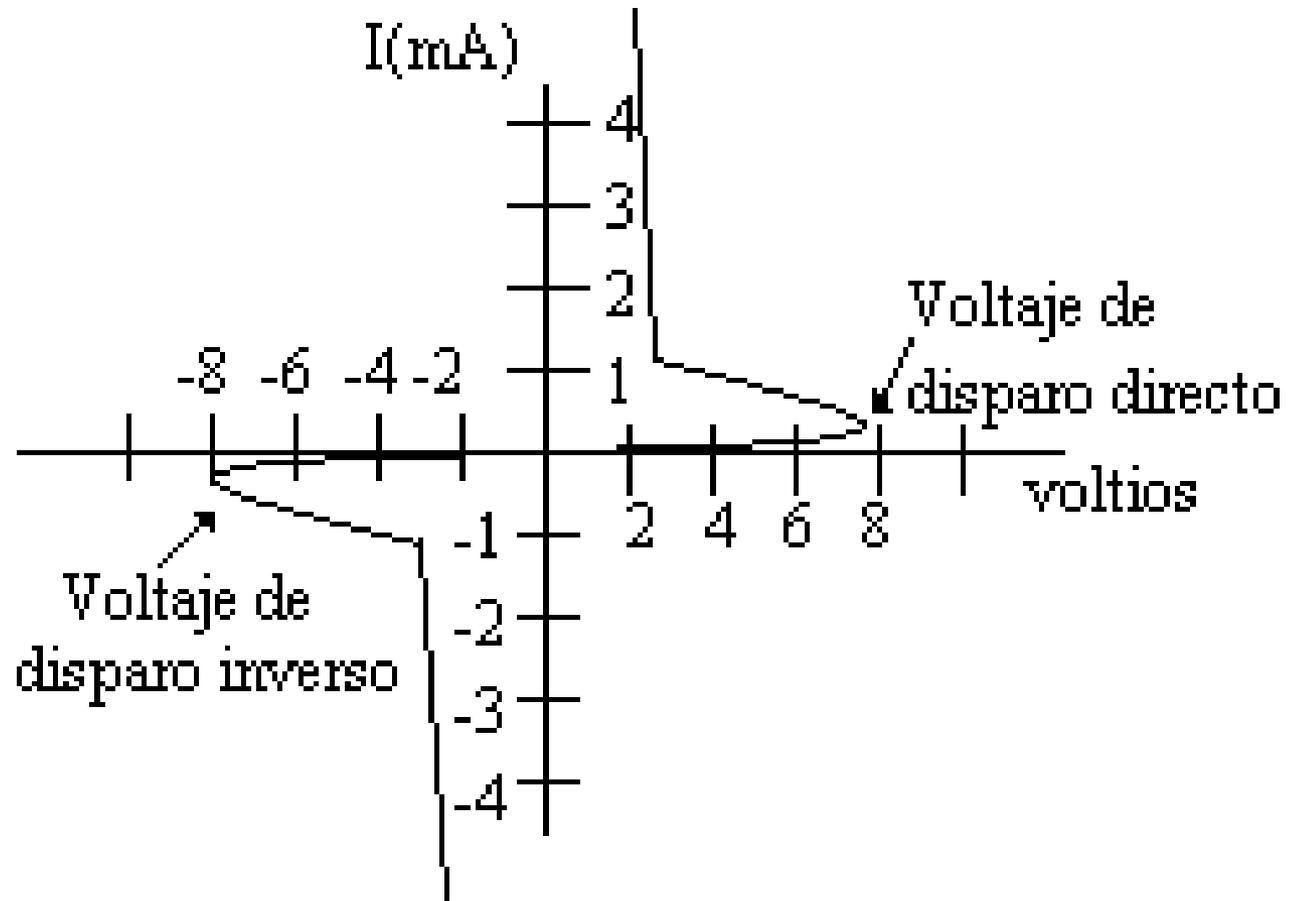


# Tríodo de Corriente Alterna TRIAC

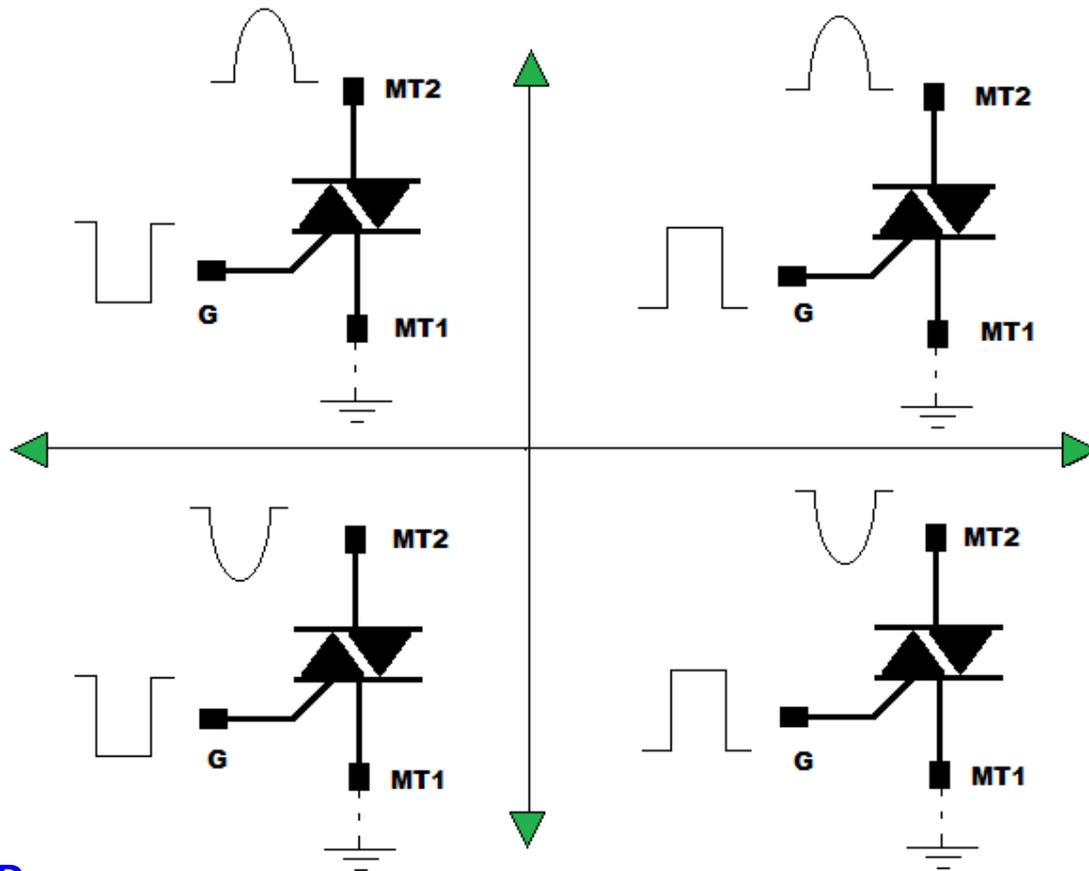
- Estructura Interna



# Características de Salida V-I del TRIAC



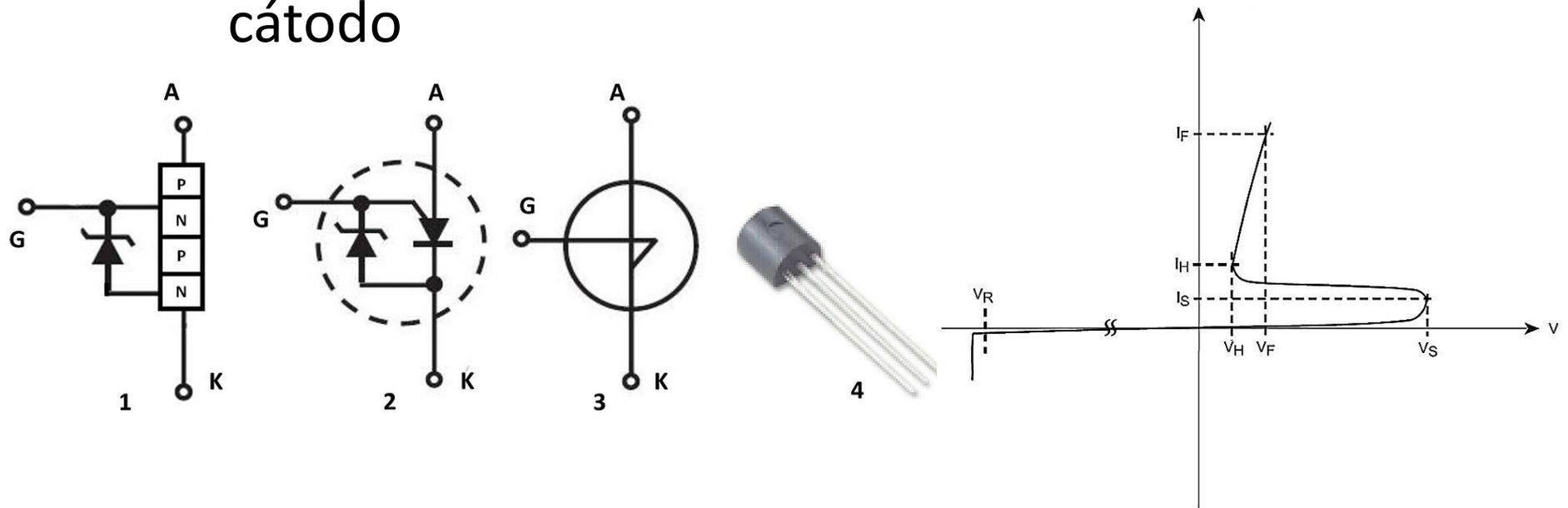
# Funcionamiento-Disparo en los Cuatro Cuadrantes



**TRIAC MAC16D**

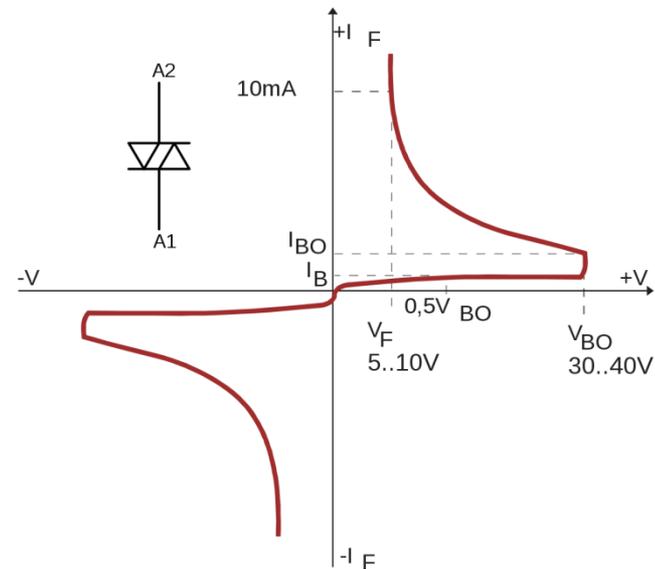
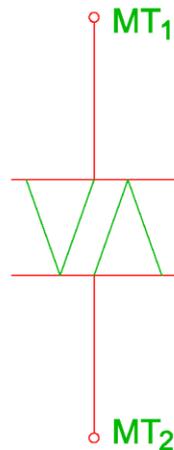
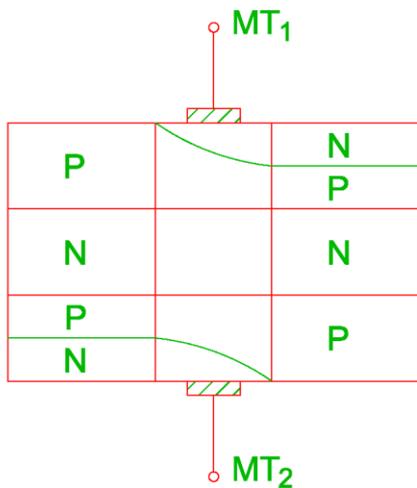
# Dispositivos y circuitos para el comando de tiristores

- Interruptor Unilateral de Silicio – SUS
  - Conduce en una sola dirección de ánodo a cátodo cuando el voltaje en el ánodo es mayor que en el cátodo



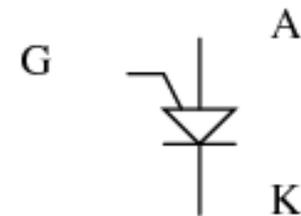
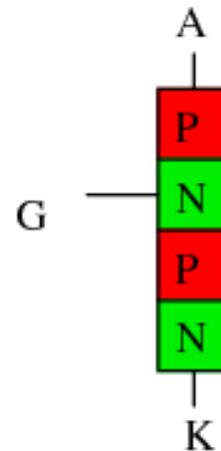
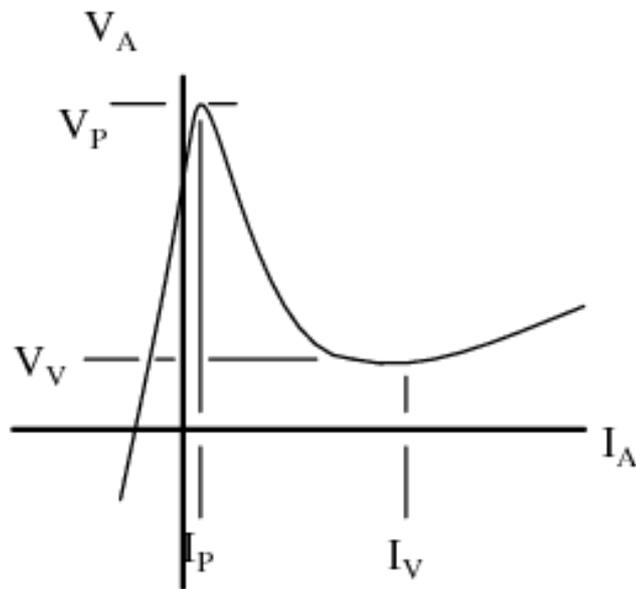
# Dispositivos y circuitos para el comando de tiristores

- Diodo de Corriente Alterna – DIAC
  - Conduce corriente después que se ha alcanzado la tensión de disparo



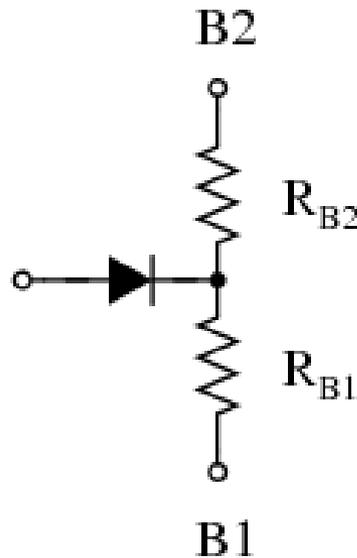
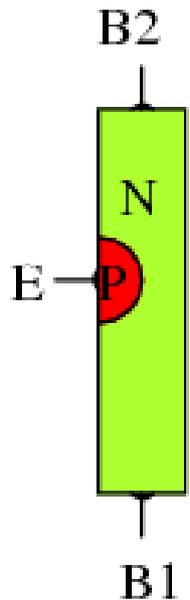
# Dispositivos y circuitos para el comando de tiristores

- Transistor de unijuntura – UJT
  - Contiene dos zonas semiconductoras



# Transistor de unijuntura – UJT

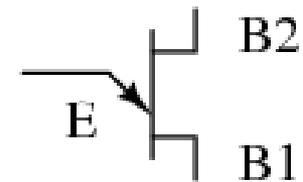
Típicamente utilizado en un circuito llamado *oscilador de relajación*



$$R_{BB0} = R_{B1} + R_{B2}$$

$$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

$$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{BB0}}$$



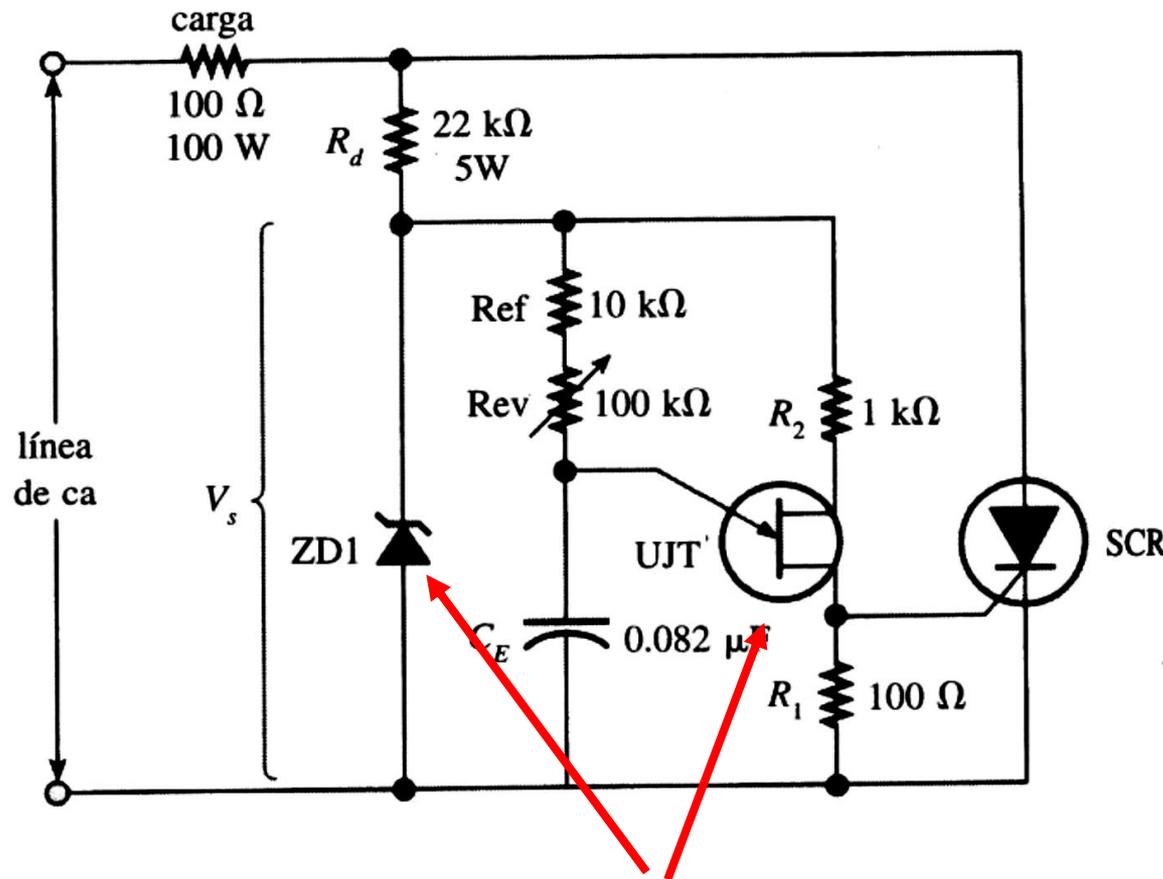
$\eta =$  Razón de resistencias o factor intrínseco

$$V_E > V_k + V_D \rightarrow UJT \text{ conduce (Vp)}$$

Cuando V en UJT disminuye hasta el **voltaje de valle (Vv)**, si  $I_E > I_V$ , UJT continuará conduciendo

[UJT NTE6400](#)

# Oscilador de Relajación con UJT



Puede ser utilizado para el disparo de un SCR o TRIAC

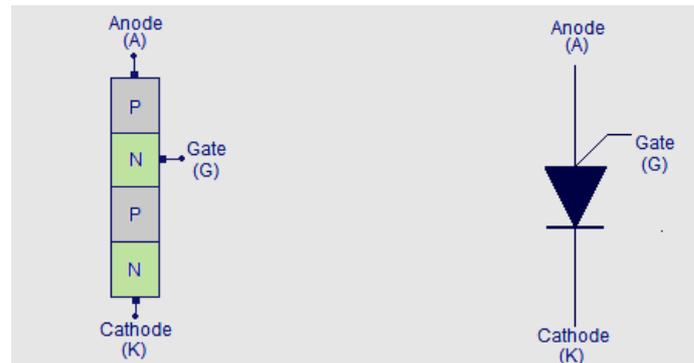
$$R_{E \text{ máx}} = \frac{V_S - V_P}{I_P}$$

$$R_{E \text{ mín}} = \frac{V_S - V_P}{I_V}$$

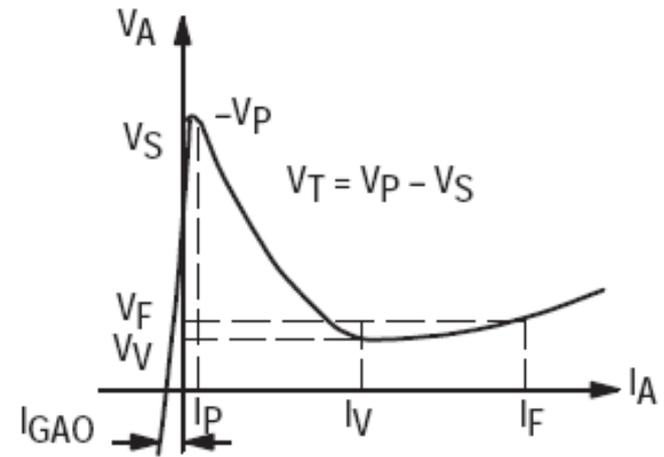
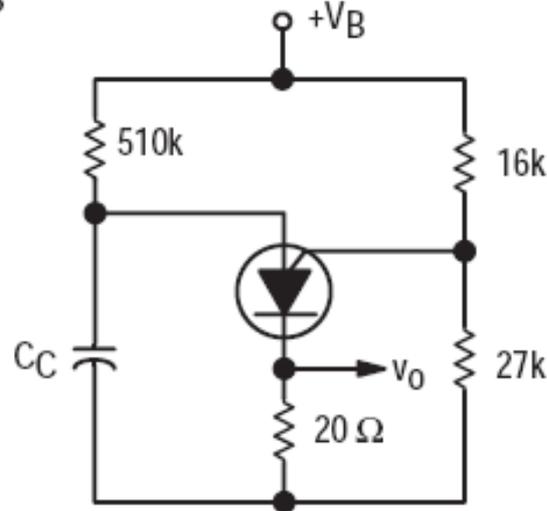
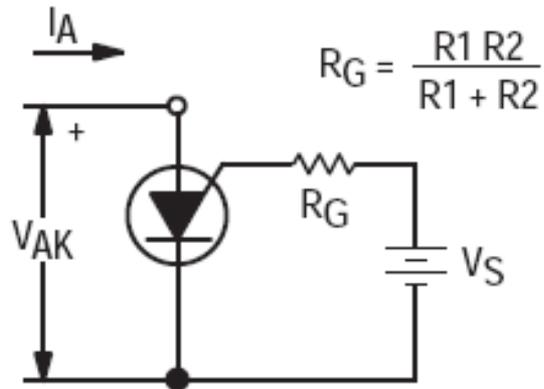
No funciona para voltajes negativos. Por ello se coloca un zener

# Dispositivos y circuitos para el comando de tiristores

- Transistor de Unijuntura Programable – PUT
  - Funcionamiento similar al UJT
  - Se utiliza como oscilador y base de tiempos
  - El diseñador puede definir  $I_P$ ,  $I_V$ ,  $V_P$  mediante  $R_G$ .
  - La compuerta se conecta a un divisor de tensión  $\Rightarrow$  permite variar la frecuencia de oscilación sin modificar la constante de tiempo RC



# Oscilador de relajación con PUT

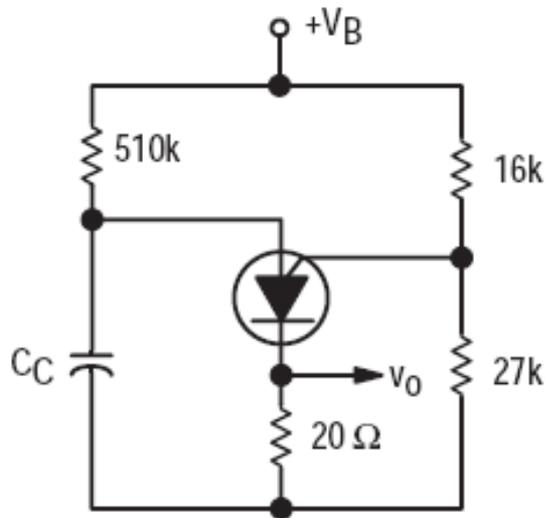


Ventaja: inmunidad al ruido

[PUT 2N6027](#)

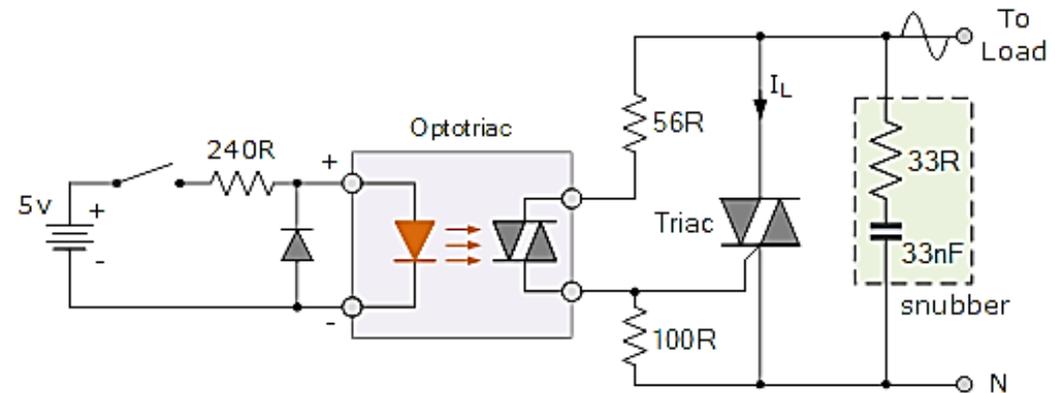
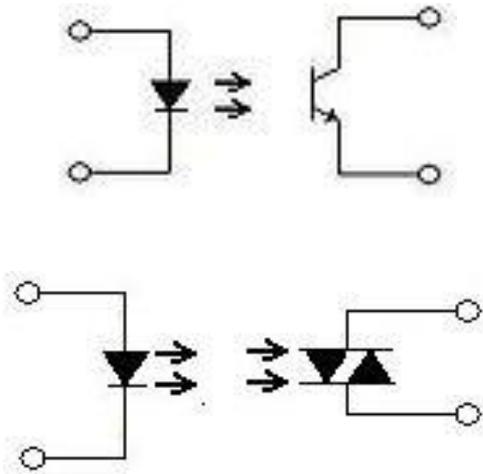
# Ejemplo

- ¿Cuál es el valor de la corriente pico y la corriente valle para el circuito mostrado en la figura, asumiendo  $V_B = 10V$ .



# Optoacopladores para el control del TRIAC

- Funciona como un interruptor activado por luz LED que satura un dispositivo electrónico (fototransistor o fototriac)
- Curvas de tensión/luz del LED no son lineales



# Dispositivos con cruce por cero

- Forma sencilla de medir la frecuencia de red
- Rectificar el desfase angular introducido por transformadores utilizados para la medición de tensión
- Determinar el momento para conmutar una carga por medio de relé o relé de estado sólido (sólo se conectan/desconectan en el cruce por cero en sentido ascendente). De otro modo, se generan armónicos cuando se conecta la carga en tensión
- Para realizar regulación de potencia (dimmer) con un SSR. Se sincroniza la señal de disparo del SSR con la frecuencia de red para evitar provocar parpadeos en la carga
- Aplicaciones de sonido y conmutación

## [Cruce por cero con optoacoplador](#)

# Selección del Optoacoplador

- Entrada del optoacoplador
  - Caída de voltaje típica del LED
  - Corriente máxima que puede soportar el LED
  - Disipación de potencia máxima
- Salida del optoacoplador
  - Una tensión nominal máxima en estado bloqueado
  - Corriente RMS de estado encendido
  - Disipación de potencia máxima

# Selección del Optoacoplador

- Aislamiento de alto voltaje
- Aislamiento de ruido
- Ganancia de corriente
- Tamaño del optoacoplador
- Razón de transferencia de corriente (CTR)
- Velocidad de conmutación

# Dispositivos de protección contra sobrevoltajes transitorios

- [Video](#)