

**TECNOLOGIA****IES "Gonzalo Anaya" XIRIVELLA****Nombre:** ..... **Grupo:** .....**Actividad: "Interruptor crepuscular"**

1.- Realiza un proyecto que consista en el diseño, construcción y memoria de un interruptor crepuscular, el cuál encenderá una bombilla al hacerse de noche y la apagará cuando se hace de día, que funcione conectado a la red de 220 v. Utiliza un Tiristor (SCR) para implementarlo. Completa los apartados del método de proyectos.

## SOLUCIÓN:

### ÍNDICE

- 1º Búsqueda de la Información.
- 2º Presentación de varias opciones y selección de una de ellas.
- 3º Diseño del prototipo.
- 4º Construcción del prototipo.
- 5º Pruebas y ensayos.
- 6º Presupuesto.
- 7º Apéndice.

1º Búsqueda de la Información.

### EL TIRISTOR o SCR (Silicon Controlled Rectifier)

Es un semiconductor de silicio, constituido por cuatro capas alternas de tipo PNPN. Dispone de tres terminales accesibles denominados ánodo, cátodo y puerta, siendo este último el electrodo de control. Este semiconductor funciona básicamente como un diodo rectificador controlado, permitiendo circular la corriente en un solo sentido.

Mientras no se aplique ninguna tensión en la puerta del tiristor no se inicia la conducción y en el instante en que se aplique dicha tensión, el tiristor comienza a conducir. Una vez cebado, podemos anular la tensión de puerta y el tiristor continuará conduciendo hasta que la corriente de carga pase por cero. Trabajando en c.a. el tiristor se desexcita en cada alternancia o ciclo.

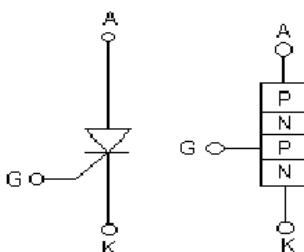
Su símbolo es:

Donde:

A = Ánodo

K = cátodo

G = Puerta de cebado o disparo.



### DESCRIPCIÓN GENERAL

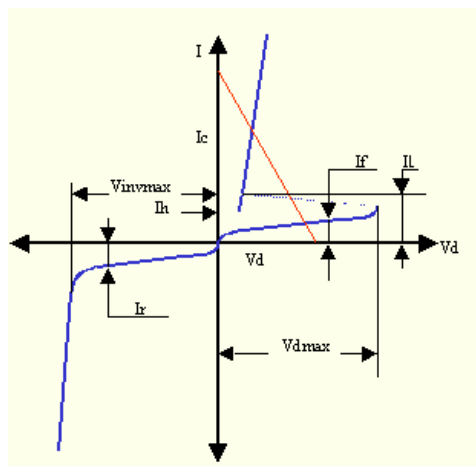
Cuando el voltaje del ánodo se hace positivo con respecto al cátodo, las uniones  $J_1$  (pn) y  $J_3$  (pn) tienen polarización directa o positiva. La unión  $J_2$  (np) tiene polarización inversa, y solo fluirá una pequeña corriente de fuga del ánodo al cátodo. Se dice entonces que el tiristor está en condición de bloqueo directo o en estado desactivado llamándose a la corriente fuga corriente de estado inactivo  $I_D$ .

Si el voltaje ánodo a cátodo  $V_{AK}$  se incrementa a un valor lo suficientemente grande la unión  $J_2$  polarizada inversamente entrará en ruptura. Esto se conoce como ruptura por avalancha y el voltaje correspondiente se llama voltaje de ruptura directa  $V_{BO}$ . Dado que las uniones  $J_1$  y  $J_3$  ya tienen polarización directa, habrá un movimiento libre de portadores a través de las tres uniones que provocará una gran corriente directa del ánodo. Se dice entonces que el dispositivo está en estado de conducción, activado o cebado.

Como valores importantes para definir el funcionamiento de un tiristor se suelen considerar:

- Tensión máxima inversa soportable ( $V_{inmax}$ ) entre A y K.
- Tensión directa máxima soportable ( $V_{dmax}$  o  $V_{BO}$ ).
- Caída de tensión directa durante la conducción ( $V_d$ ).
- Corriente de continua o eficaz en funcionamiento ( $I_c$ ).
- Corrientes de fuga directa ( $I_f$ ) e inversa ( $I_r$ ).
- Corriente de reposo o mantenimiento ( $I_h$ ).
- Corriente de enganche ( $I_L$ ).

La corriente del ánodo debe ser mayor que un valor conocido como corriente de enganche  $I_L$ , a fin de mantener la cantidad requerida de flujo de portadores a través de la unión; de lo contrario, al reducirse el voltaje del



ánodo al cátodo, el dispositivo regresará a la condición de bloqueo. La corriente de enganche,  $I_L$ , es la corriente del ánodo mínima requerida para mantener el tiristor en estado de conducción inmediatamente después de que ha sido activado y se ha retirado la señal de la compuerta.

Una vez que el tiristor es activado, se comporta como un diodo en conducción y ya no hay control sobre el dispositivo. El tiristor seguirá conduciendo. Sin embargo si se reduce la corriente directa del ánodo por debajo de un nivel conocido como corriente de mantenimiento  $I_H$ , se genera una región de agotamiento alrededor de la unión  $J_2$  debida al número reducido de portadores; el tiristor estará entonces en estado de bloqueo. La corriente de mantenimiento  $I_H$  es del orden de los miliamperios y es menor que la corriente de enganche,  $I_L > I_H$ . La corriente de mantenimiento  $I_H$  es la corriente del ánodo mínima para mantener el tiristor en estado de régimen permanente.

Cuando el voltaje del cátodo es positivo con respecto al del ánodo, la unión  $J_2$  tiene polarización directa, pero las uniones  $J_1$  y  $J_3$  tienen polarización inversa. Esto es similar a dos diodos conectados en serie con un voltaje inverso a través de ellos. El tiristor estará en estado de bloqueo inverso y una corriente de fuga inversa, conocida como corriente de fuga inversa  $I_R$ , fluirá a través del dispositivo.

### MONTAJE BÁSICO

#### Conectado a corriente continua.

Normalmente el Tiristor se comporta como un circuito abierto hasta que activa su puerta (G) con una pequeña corriente (se cierra el interruptor S) y así este conduce y se comporta como un diodo en polarización directa.

Si no existe corriente en la puerta el tristor no conduce.

Después de ser activado el tiristor, éste se queda conduciendo y se mantiene así, aunque desaparezca la corriente de puerta. Si se desea que el tristor deje de conducir, el voltaje +V debe ser reducido a 0 Voltios.

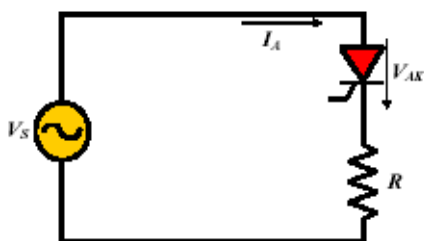
Si se disminuye lentamente el voltaje (tensión), el tristor seguirá conduciendo hasta que pase una cantidad de corriente menor a la llamada "corriente de mantenimiento o de retención  $I_H$ ", lo que causará que el tiristor deje de conducir aunque la tensión **VG** (voltaje de la puerta con respecto a tierra) no sea cero.

Como se puede ver el tiristor, tiene dos estados:

- 1- Estado de conducción, en donde la resistencia entre ánodo y cátodo es muy baja.
- 2- Estado de bloqueo, donde la resistencia es muy elevada.

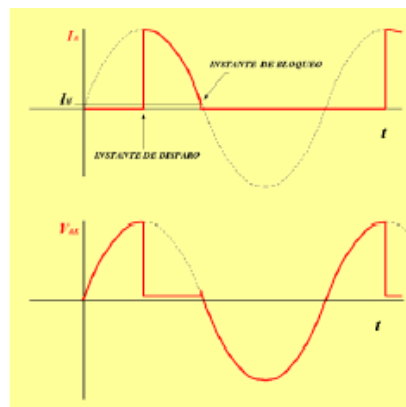
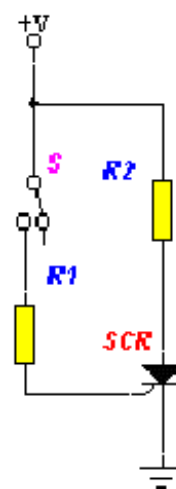
#### Conectado a corriente alterna.

El comportamiento es parecido a la corriente continua. Con las consideraciones siguientes.



El Tiristor sólo se puede cebar en los semiciclos positivos, en los negativos la polarización inversa  $V_{AK}$ , no lo permite.

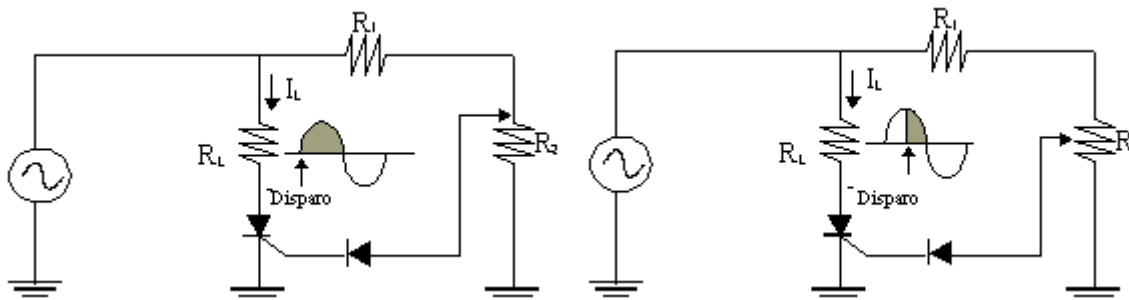
Por otra parte cuando desaparece la tensión  $V_{AK}$  o la corriente  $I_A$  es inferior a  $I_H$  pasará automáticamente a corte abriendo el circuito de ánodo.



2º Presentación de varias opciones y selección de una de ellas.

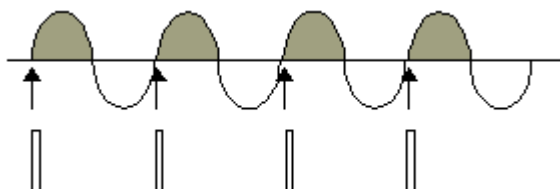
Una aplicación muy frecuente de los SCR es el control de potencia en alterna en reguladores (*dimmer*) de lámparas, calentadores eléctricos y motores eléctricos.

En la Figura siguiente se muestra un circuito de control de fase de media onda y resistencia variable. Entre los terminales A y B se aplican 220 V (AC).  $R_L$  representa la resistencia de la carga (por ejemplo un elemento calefactor o el filamento de una lámpara).  $R_1$  es una resistencia limitadora de la corriente y  $R_2$  es un potenciómetro que ajusta el nivel de disparo para el SCR. Mediante el ajuste del mismo, el SCR se puede disparar en cualquier punto del ciclo positivo de la onda en alterna entre 0 y 180°.



Cuando el SCR se dispara cerca del principio del ciclo (aproximadamente a 0°), como en la Figura (a), conduce durante aproximadamente 180° y se transmite máxima potencia a la carga. Cuando se dispara cerca del pico positivo de la onda, como en la Figura (b), el SCR conduce durante aproximadamente 90° y se transmite menos potencia a la carga. Mediante el ajuste de  $R_x$ , el disparo puede retardarse, transmitiendo así una cantidad variable de potencia a la carga.

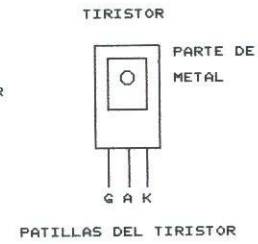
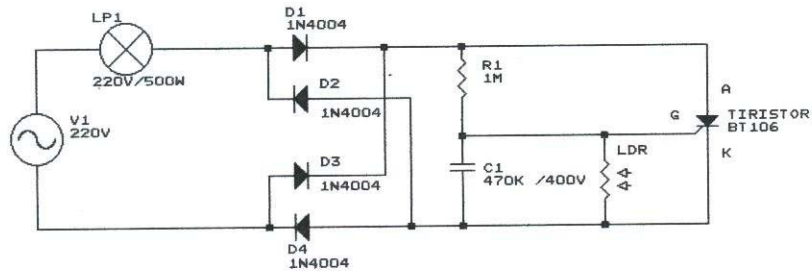
Cuando la entrada en AC es negativa, el SCR se apaga y no conduce otra vez hasta el siguiente disparo durante el ciclo positivo. Es necesario repetir el disparo en cada ciclo como se ilustra en la Figura siguiente. El diodo se coloca para evitar que voltaje negativo en AC sea aplicado a la puerta del SCR.



Como se puede apreciar sólo se puede controlar el semiciclo positivo, por lo que he optado por realizar la rectificación de la onda completa para generar el control de los dos semiciclos (por lo que ya no será necesario el diodo para proteger la puerta. Por otra parte he sustituido la resistencia ajustable del esquema anterior por una resistencia dependiente de la luz (LDR) y un condensador. De manera que cuando se oscurezca dicha resistencia, su valor óhmico aumente lo suficiente como para cebar el Tiristor.

El esquema que utilizo es el siguiente:

## INTERRUPTOR CREPUSCULAR



### LISTADO DEL MATERIAL

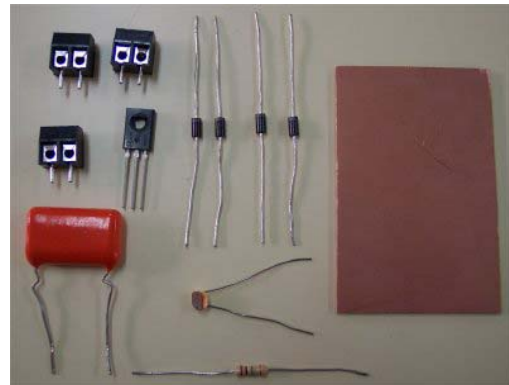
- D1 = 1N4004 o 1N4007
- D2 = 1N4004 o 1N4007
- D3 = 1N4004 o 1N4007
- D4 = 1N4004 o 1N4007
- R1 = 1M 1/4W
- C1 = 470K /400V
- TIRISTOR (SCR) = BT 106
- LDR = RESISTENCIA DEPENDIENTE DE LA LUZ
- 3 REGLETAS PARA CIRCUITO IMPRESO DE DOS TERMINALES

### 3º Diseño del prototipo.

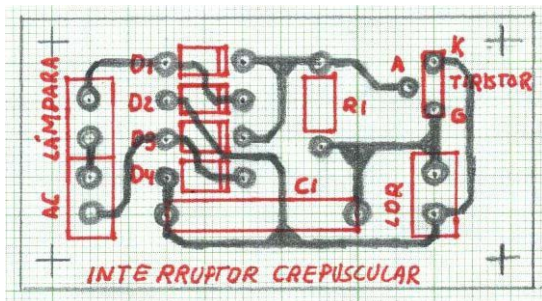
Siguiendo las normas de diseño de los circuitos impresos, se implementa el circuito anterior sobre papel milimetrado de forma manual.

Partiendo de los componentes:

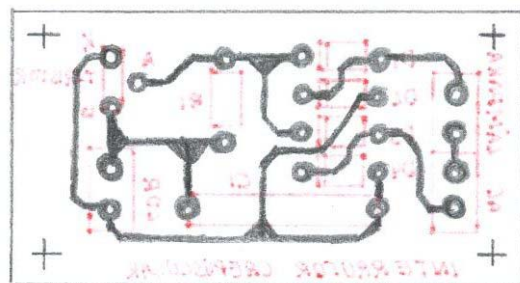
- D1 = 1N4004 a 1N4007
- D2 = 1N4004 a 1N4007
- D3 = 1N4004 a 1N4007
- D4 = 1N4004 a 1N4007
- R<sub>1</sub> = 1M potencia 1/8 w (1.000.000 ohmios)
- C<sub>1</sub> = 470k tensión 400v (470nf)
- TIRISTOR (SCR) = BT 106 o C106D1
- LDR = Resistencia dependiente de la luz
- 3 Regletas para circuito impreso de dos terminales.
- Placa de circuito impreso de dimensiones 67x 36 mm.



A continuación pueden verse tanto el lado de componentes como el lado de pistas sobre papel milimetrado:

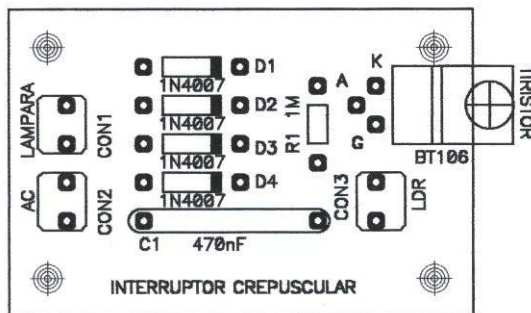


Lado de Componentes

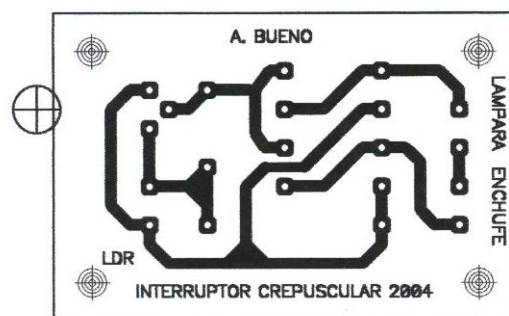


Lado de Pistas

Puede realizarse el diseño de forma mecánica en lugar de manual, con ayuda de programas específicos para este fin como lo son OrCAD, Tango u otros. A continuación puede verse como quedaría el diseño con un programa de este tipo. La terminación es mucho mejor y más completa. La dimensión real de la placa para este caso es 60 x 40 mm.



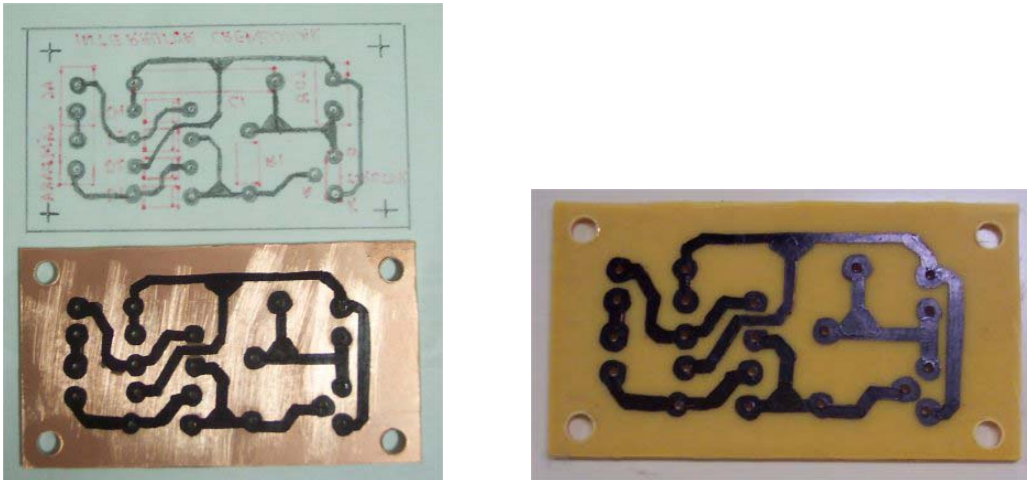
Lado de Componentes



Lado de Pistas

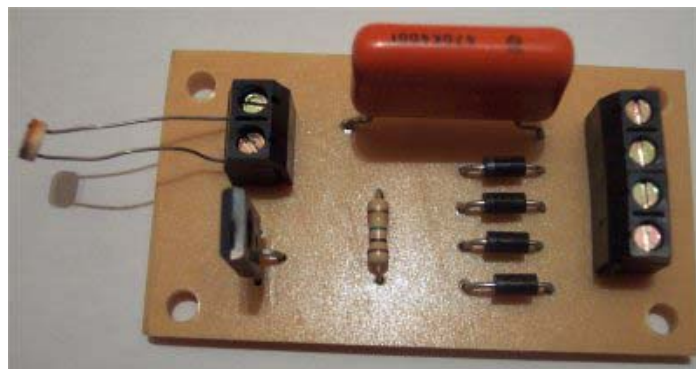
#### 4º Construcción del prototipo.

Ahora paso a transferir el diseño a la placa virgen, y a su posterior atacado con ácido, que queda como sigue:



Por último se montan todos los componentes y se sitúan los tornillos de sujeción para anclarlo en una caja.

Las resistencias y el condensador no tienen polaridad por lo que pueden colocarse en cualquier posición, sin embargo, hay que tener especial cuidado en la colocación del tiristor, para ajustarlo doblar ligeramente la patilla central hacia delante, de manera que coincida con el agujero para el ánodo (A). Observar también la posición de los diodos, todos deben colocarse con el cátodo en la misma posición. Por último, tener en cuenta que la parte accesible de las regletas debe estar hacia fuera del circuito. En la fotografía se observa la posición real de todos los componentes.



Con esto queda el montaje terminado.

### 5° Pruebas y ensayos.

Se conecta la lámpara en los terminales del conector CON1, y un enchufe macho en los terminales del conector CON2.



Conectado el enchufe a la red de 220v, comprobamos como la lámpara esta apagada con la intensidad luminosa del día, y sin embargo cuando tapamos la LDR o se hace de noche, luce la bombilla . Con esto se comprueba el correcto funcionamiento del interruptor crepuscular.





6° Presupuesto.

EMITIDO POR: Antonio Bueno	Sr. D.: Antonio Bueno
N.I.F.: Antonio Bueno	N.I.F.: Antonio Bueno

PRESUPUESTO N°: 2005-2	FECHA: 14-01-2005
------------------------	-------------------

**COSTES DIRECTOS: (materias primas + mano de obra )**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
<b>MATERIALES:</b>			
Resistencia de 1M 1/8w	1	0,02€	0,02€
Condensador de 470k / 400v	1	0,18€	0,18€
Diodo 1N4004	4	0,12€	0,48€
Resistencia LDR (VT43N2)	1	1,18€	1,18€
Tiristor C106D1	1	0,98€	0,98€
Regleta doble para circuito impreso	3	0,27€	0,81€
Placa de circuito impreso de una cara (60x40 mm)	0,0024 m <sup>2</sup>	253,93€/m <sup>2</sup>	0,61€
<b>MANO DE OBRA:</b>			
oficial:	2 horas	9 €/hora	18 €
<b>TOTAL COSTES DIRECTOS:</b>			<b>Cd</b> 22,26 €

LOS COSTES INDIRECTOS (Seguridad social, Impuestos, Alquileres, Energía, créditos bancarios, etc. ) SERÁN EL 8% DE LOS COSTES DIRECTOS (Cd *0,08):	<b>Ci</b>	1,78 €
<b>TOTAL COSTE DE PRODUCCIÓN (Cd + Ci)</b>	<b>Cp</b>	24,04 €
COMERCIALIZACIÓN ( Coste que se genera al realizar las ventas ): 5% DEL COSTE DE PRODUCCIÓN (Cp *0,05)	<b>Cm</b>	1,20 €
BENEFICIO: 15 % DEL COSTE DE PRODUCCIÓN (Cp * 0,15)	<b>B</b>	3,60 €
<b>PRECIO TOTAL DEL PRODUCTO (Cp + Cm + B)</b>	<b>Pt</b>	28,84 €
IVA ( Impuesto del valor añadido que se paga a hacienda ): 16% DEL PRECIO TOTAL DEL PRODUCTO ( Pt * 0,16)	<b>IVA</b>	4,61 €
<b>TOTAL (Pt +IVA)</b>	<b>PVP</b>	<b>33,45 €</b>

## 7° Apéndice.

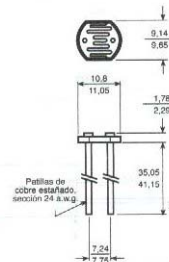
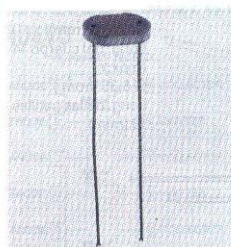
Hojas características de la LDR, del diodo y del Tiristor.

## Características de la LDR (VT43N2)

Símbolo	Significado	Cantidad	Unidad
	Respuesta espectral de pico (nom).	550	nm
$R_{10LUX}$	Resistencia de la célula a 10Lux (mín-máx)	8-24	K $\Omega$
$R_{OSC}$	Resistencia en la oscuridad (mín).	300	k $\Omega$
$V_{MAX}$	Pico máximo de tensión.	250	V
$P_{MAX}$	Disipación de potencia máxima.	400	mW
	Tiempo de subida (norm.)	90	ms
	Tiempo de bajada (norm.)	18	ms
$T_{STG}$	Temperatura de funcionamiento	de -40 a +75	°C

Aspecto físico de la LDR :

**VT43N2**



## Características del diodo 1N4004

Símbolo	Significado	Cantidad	Unidad
$V_{RRM}$	Tensión inversa de pico repetitivo máx.	400	V
$I_{FAVM}$	Corriente media directa	1	A
$I_{FRM}$	Corriente directa de pico repetitivo máx	10	A
$I_{FSM}$	Corriente directa de pico transitorio, $t < 10$ ms	50	A
$V_{FM}$	Caída de tensión directa máxima para $I_F = 1$ A	1,1	V
$I_{RRM}$	Corriente inversa máxima de cresta media a $V_{RRM}$ .	10	$\mu$ A

Aspecto físico del diodo :



Long. 5mm  $\varnothing$  3mm  $\varnothing$  de las patillas 0,8mm

## Características del tiristor C 106D1

Símbolo	Significado	Cantidad	Unidad
$V_{RRM}$	Tensión de pico repetitivo.	400	V
$V_{DWM}$	Tensión máxima de trabajo.	400	V
$V_{GT}$	Tensión máxima de puerta para el cebado.	1,2	V
$I_{TM}$	Intensidad media máxima.	3,2	A
$I_{GT}$	Intensidad máxima de puerta para el cebado.	0,2	mA

Aspecto físico del tiristor :

