

Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Córdoba

## **Trabajo Practico N°5: TIRISTORES**

Dispositivos Electronicos I  
3R2

Documentador y operador: Gaston Grasso 401892  
Coordinador: Angelo Prieto 401012

Fecha de entrega: 4-11-2025



# Índice

<b>1</b>	<b>Introduccion</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>SCR</b>	<b>7</b>
2.1	Condición de disparo y corriente de mantenimiento . . . . .	7
2.1.1	Actividad de laboratorio . . . . .	7
2.1.2	Actividad de simulación . . . . .	9
2.2	Obtención de curva característica . . . . .	11
2.2.1	Actividad de laboratorio . . . . .	12
2.3	Funcionamiento con corriente alterna . . . . .	14
2.3.1	Actividad de simulación . . . . .	14
<b>3</b>	<b>DIAC</b>	<b>17</b>
3.1	Actividad de laboratorio . . . . .	17
<b>4</b>	<b>TRIAC</b>	<b>19</b>
4.1	Polarización y funcionamiento . . . . .	19
4.2	Aplicación: control de disparo (Dimmer) . . . . .	21
4.2.1	Actividad de laboratorio . . . . .	21
4.2.2	Análisis de las gráficas relevadas . . . . .	22
4.2.3	Medición indirecta de la corriente de mantenimiento $I_H$ . . . . .	23
4.2.4	Dependencia de $I_H$ con $I_G$ , $V_G$ y $V_{CC}$ . . . . .	24
4.2.5	Conclusiones . . . . .	24
<b>5</b>	<b>Interpretación de las especificaciones del fabricante</b>	<b>25</b>
5.1	DIAC (DB3) . . . . .	25
5.2	SCR (C106) . . . . .	25
5.3	TRIAC (BT136) . . . . .	26
<b>6</b>	<b>Conclusión</b>	<b>29</b>
6.0.1	QR de datasheets (referencia rápida) . . . . .	30



# Introduccion

En este trabajo práctico se analizan distintos dispositivos pertenecientes a la familia de los tiristores: SCR, DIAC y TRIAC. El objetivo principal es estudiar sus características eléctricas, obtener sus curvas características y comprender su funcionamiento en distintas condiciones de operación, incluyendo el disparo, la conducción y el apagado.

Las actividades combinan mediciones experimentales en laboratorio con simulaciones, lo que permite observar con precisión el comportamiento dinámico de cada dispositivo y, al mismo tiempo, contrastarlo con situaciones reales. A través de estas prácticas, se exploran también algunas aplicaciones típicas de los tiristores, especialmente en el control de potencia y la conmutación de señales.



## SCR

### Condición de disparo y corriente de mantenimiento

#### Actividad de laboratorio

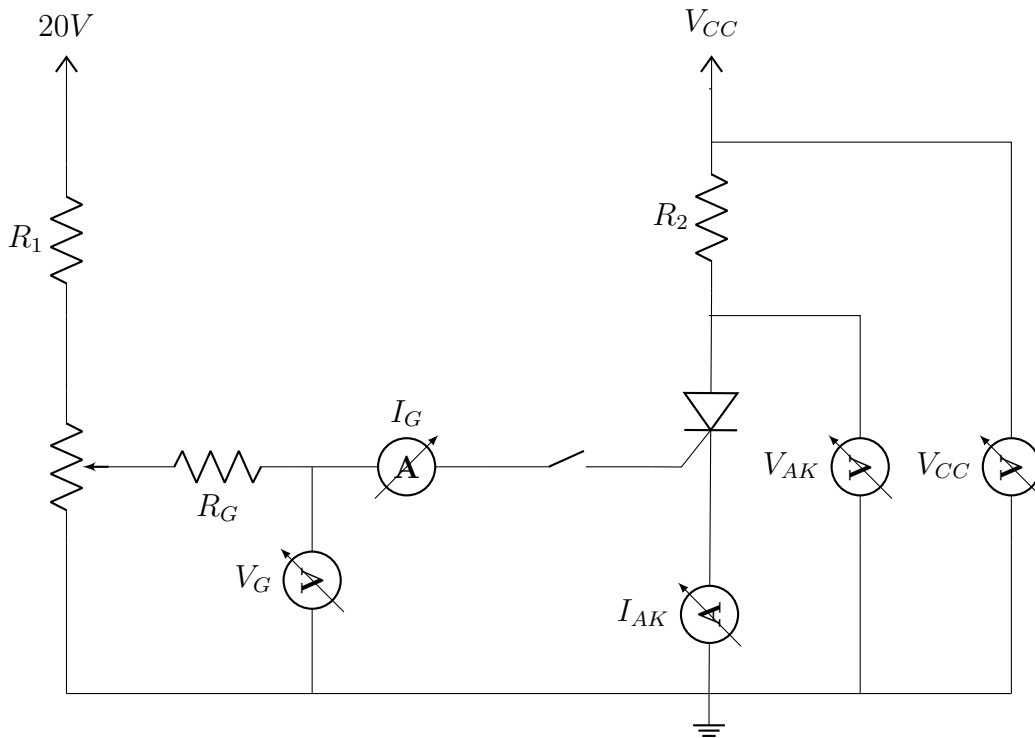


Figura 2.1: circuito implementado en el laboratorio.

Para la realización de la experiencia se siguieron de manera estricta todos los pasos establecidos en las consignas del trabajo. En primer lugar, se armó el circuito según el esquema provisto y se ajustó la tensión  $V_{CC}$  a 0 V. A continuación, se cerró el circuito en el punto donde se preveía la inclusión del interruptor y se procedió a variar el potenciómetro para relevar los valores de  $V_G$  correspondientes a la tabla 2.1

$V_G$ [V]	0	0.057	0.116	0.18	0.238	0.302	0.393	0.485	0.543	0.611
$I_G$ [mA]	0	0.25	0.51	0.8	1.05	1.33	1.74	2.15	2.43	2.81

Cuadro 2.1: valores de  $I_G = f(V_G)$  obtenidos en laboratorio.

Luego, se estableció  $V_G = 0$  V con el circuito cerrado y se configuró  $V_{CC} = 100$  V. A partir de allí, se incrementó lentamente la tensión de compuerta hasta observar un cambio significativo en la corriente  $I_{AK}$ , indicando el disparo del SCR.

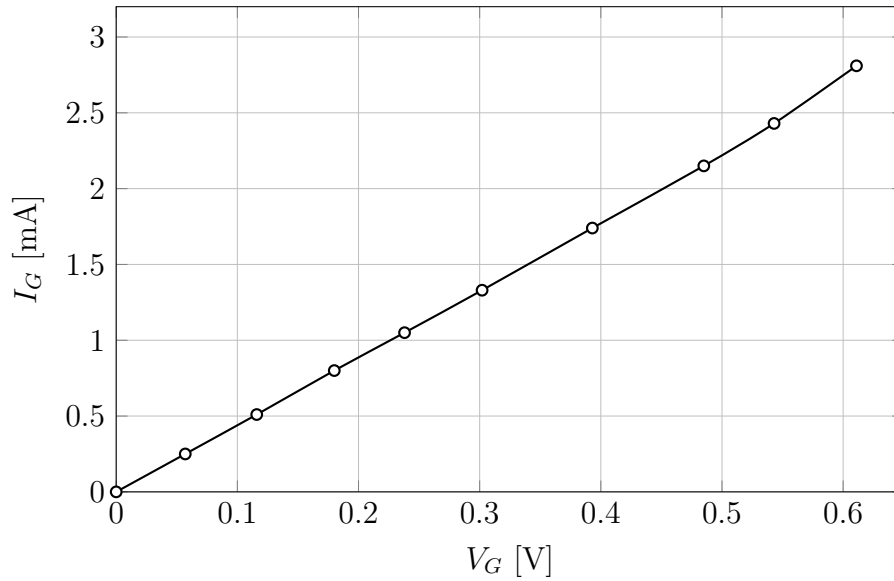


Figura 2.2: Curva característica  $I_G$  en función de  $V_G$ .

Manteniendo el potenciómetro en la posición correspondiente al disparo, se abrió el circuito y se analizó el comportamiento de la corriente  $I_{AK}$ . Con el circuito abierto, se disminuyó la tensión  $V_{CC}$  en pasos de 10 V, y en pasos de 1 V cercano al punto de apagado del SCR, registrando la corriente  $I_{AK}$  en cada caso, que se encuentran en la tabla 2.2. Posteriormente, se volvió a aumentar gradualmente  $V_{CC}$  hasta alcanzar nuevamente los 100 V, observando la evolución de  $I_{AK}$  en este proceso.

$V_{CC}$ [V]	96.6	86.6	76	63.8	53	45.5	43.5	41.4	39.1	37.95	36.92
$V_{AK}$ [V]	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.71	0.716	0.723	0.742	0.757	36.92
$I_{AK}$ [mA]	21	20	15	13	9	8	8	8	8	8	0

Cuadro 2.2: valores de obtenidos en laboratorio.

Con la tensión restituida a 100 V, se cerró nuevamente el circuito verificando que los valores de  $V_G$  e  $I_G$  coincidieran con los obtenidos previamente. Se analizó el comportamiento de  $I_{AK}$  al cerrar el circuito y, luego, se abrió nuevamente para observar la variación correspondiente en la corriente.

Finalmente, se desconectaron las alimentaciones sin modificar la posición del potenciómetro y se invirtieron las conexiones del ánodo y cátodo del SCR. Se reconectaron las fuentes, se cerró el circuito y se estudió el comportamiento de  $I_{AK}$  bajo esta nueva configuración.

La alternativa planteada para disparar el SCR implica la aplicación de una corriente  $I_G$  en la compuerta del dispositivo. Esto dispara el dispositivo ya que la aplicación de esta corriente reduce la tensión de ruptura, tensión a la cual se dispara el dispositivo. Otra forma de disparar el SCR sin corriente en la compuerta, es alcanzando la tensión de ruptura para  $I_G = 0$ , tensión que es muy alta (mayor a 600V para el dispositivo que utilizamos).



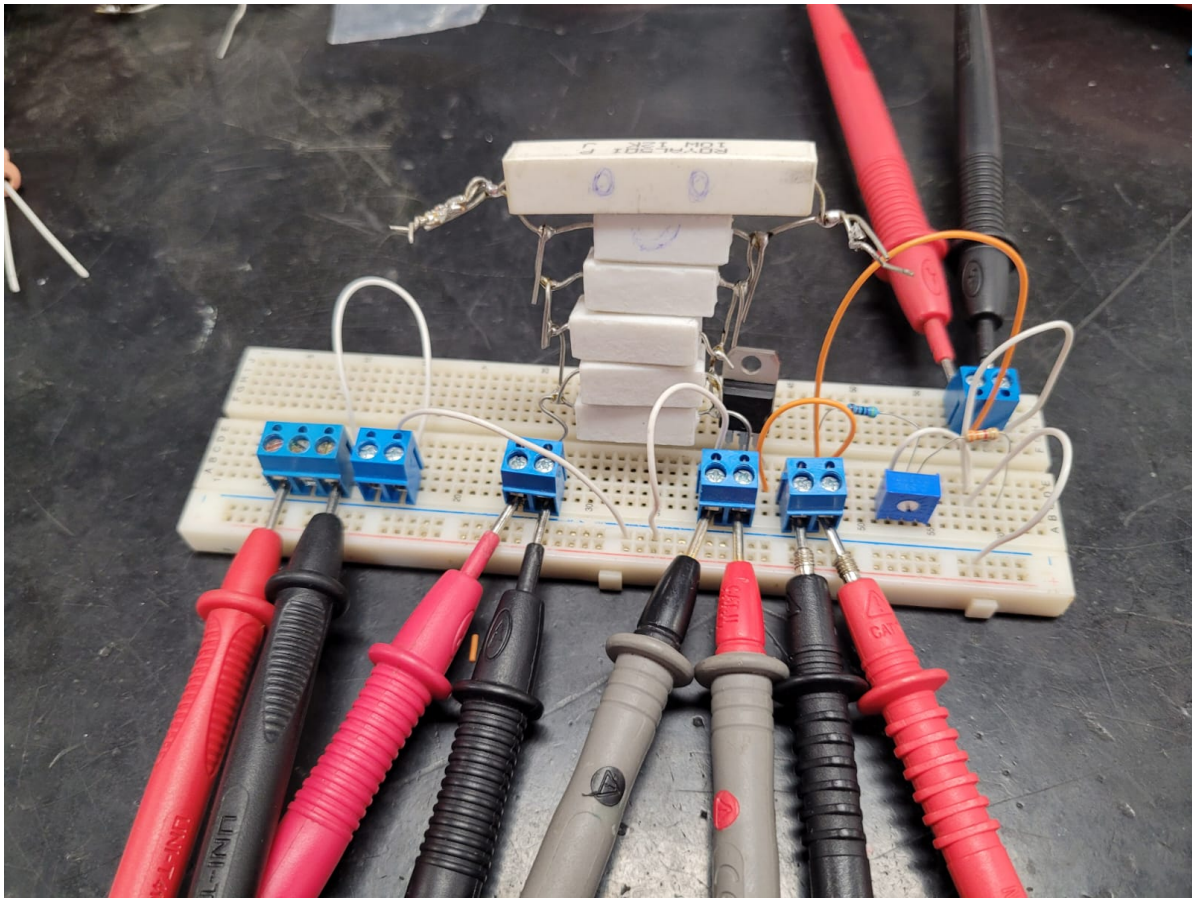


Figura 2.3: Circuito para experimentacion armado utilizando un paralelo de 6 resistencias de potencia.

## Actividad de simulación

### 1) Montaje

Se armó el circuito indicado con  $R_1 = R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$ . Nodos:  $V_g$  (compuerta),  $V_a$  (ánodo),  $V_k$  (cátodo = 0 V).

### 2-4) $V_2 = 0$ y barrido de $V_1$ — Curva $I_G = f(V_G)$

Directiva: `.dc V1 0 0.7 0.01` ( $0 \rightarrow 0,7 \text{ V}$ , paso 10 mV). Se graficó  $I_G = I(U2 : G)$  vs.  $V_G = V(V_g) - V(V_k)$ .

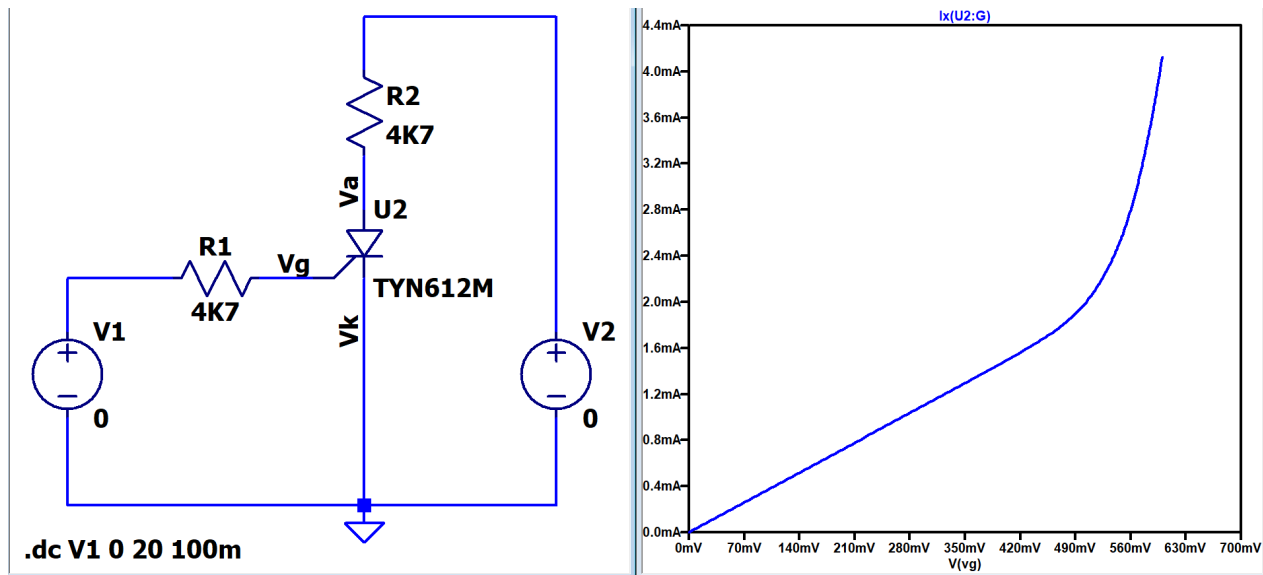


Figura 2.4:  $I_G$ – $V_G$  con  $V_2 = 0$  V.

**Lectura:** curva con umbral alrededor de 0,55–0,65 V y crecimiento exponencial; coincide con la  $I$ – $V$  de una unión  $p$ – $n$  directa (igual forma que un diodo o  $I_B$ – $V_{BE}$  de un BJT). Para  $V_G = 0,70$  V se observa  $I_G \approx 4$  mA.

### 5–6) Disparo por sobretensión con compuerta abierta ( $I_G = 0$ )

Se abre compuerta (sin excitación en  $V_1$ ) y se barre  $V_2$ : .dc V2 0 800 10. Se grafica  $I_A = I(U2 : A)$  en función de  $V_{AK} = V(V_a) - V(V_k)$ .

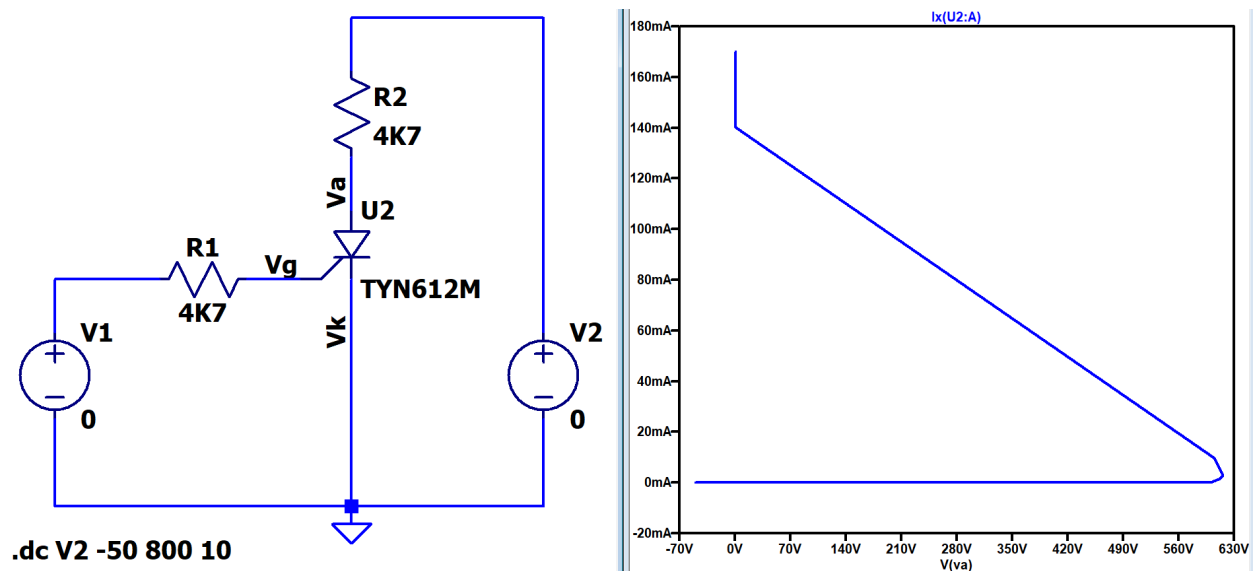


Figura 2.5:  $I_A = f(V_{AK})$  con  $I_G = 0$  (breakover).

**Lectura:** corriente de fuga baja hasta alcanzar el *breakover*; en el modelo usado ocurre

cerca de  $V_{BO} \approx 6 \times 10^2$  V. Luego aparece la región de resistencia diferencial negativa y el enclavamiento: el SCR queda en conducción hasta que  $I_A < I_H$ .

### 7) Disparo por compuerta a $V_2 = 100$ V

Se fija  $V_2 = 100$  V y se barre  $V_1$ : .dc V1 0 20 0.01. Se monitorea el salto de  $I_A$  para detectar el disparo controlado por compuerta.

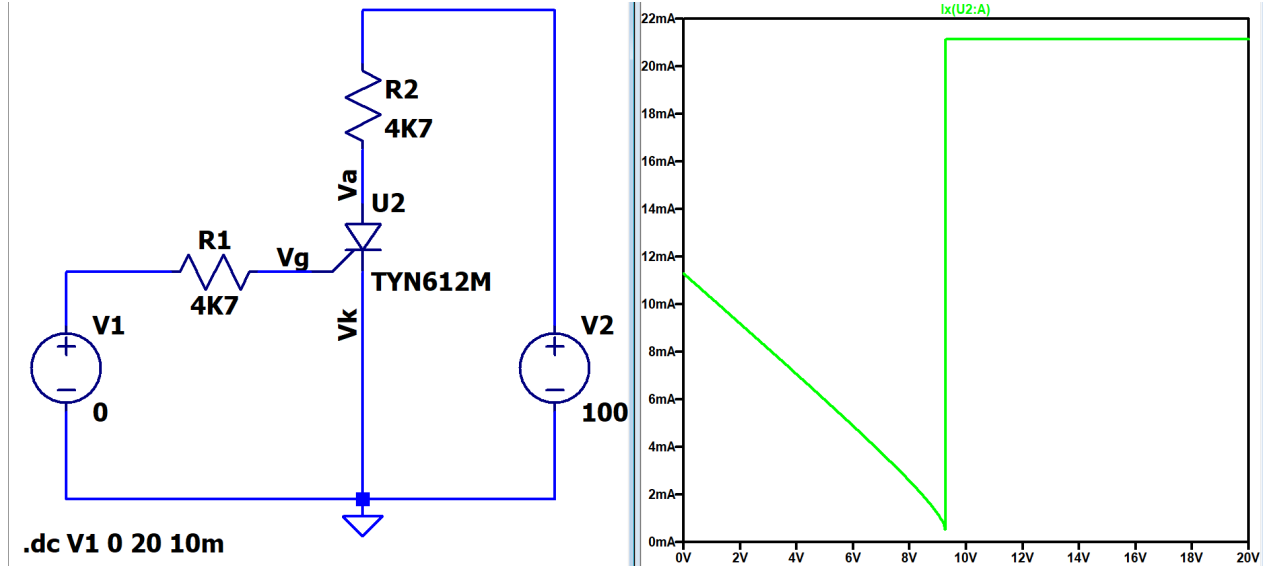


Figura 2.6:  $V_2 = 100$  V. Barrido de  $V_1$  y cambio brusco de  $I_A$  (disparo).

**Lectura y estimación:** el disparo ocurre a  $V_{1,\text{trig}} \approx 9,8\text{--}10$  V. Aproximando  $V_{GK(\text{ON})} \simeq 0,6$  V:

$$I_{G,\text{trig}} \approx \frac{V_{1,\text{trig}} - 0,6}{4,7 \text{ k}\Omega} \approx 2 \text{ mA}.$$

Tras el disparo,  $I_A$  queda fijada por  $V_2$  y  $R_2$  (enclavamiento).

- $I_G - V_G$ : misma forma que un diodo; umbral  $\sim 0,6$  V.
- Con  $I_G = 0$ : disparo por *breakover* a  $V_{BO} \sim 600$  V y enclavamiento.
- Con  $V_2 = 100$  V: disparo por compuerta con  $I_{G,\text{trig}}$  del orden de mA.

## Obtención de curva característica

Con la experiencia de la actividad anterior, se buscará controlar el disparo del SCR mediante diferentes corrientes  $I_G$ . Además, se identificará si efectivamente la conmutación de inactivo a activo se da a diferentes valores de  $V_{AK}$ .

## Actividad de laboratorio

Para la realización de la actividad se siguieron los pasos detallados en la guía de trabajo. En primer lugar, se armó el circuito de la Fig. 2.1.

A continuación, se completaron los valores de la tabla 2.3 fijando el valor de  $I_G$  y variando la tensión  $V_{CC}$  hasta observar el disparo del SCR. Para cada caso se relevaron los valores de  $V_{CC}$ ,  $I_{AK}$  y  $V_{AK}$  correspondientes al punto de disparo.

$I_G$ [mA]	$V_{CC}$ [V]	$I_{AK}$ [mA]	$V_{AK}$ [V]
2.92	600	127.51	0.7
2.96	465	98.79	0.7
2.98	398	84.53	0.7
3.00	345	73.25	0.7
3.02	295	62.62	0.7

Cuadro 2.3: relevamiento de disparo del SCR para diferentes valores de  $I_G$ .

Posteriormente, se procedió a completar los valores de la 2.4, nuevamente fijando el valor de  $I_G$  y variando  $V_{CC}$ . En cada caso se registraron los valores de  $I_{AK}$  y  $V_{AK}$ . Se tuvo en cuenta ajustar los valores de corrientes y tensiones según las características del dispositivo utilizado. Esto se hace con el objetivo de obtener la curva característica del dispositivo, la cual se grafica en la figura 2.7.

$I_G = 2.92mA$		$I_G = 2.96mA$		$I_G = 2.98mA$		$I_G = 3.00mA$		$I_G = 3.02mA$	
$V_{AK}$ [V]	$I_{AK}$ [mA]	$V_{AK}$ [V]	$I_{AK}$ [mA]	$V_{AK}$ [V]	$I_{AK}$ [mA]	$V_{AK}$ [V]	$I_{AK}$ [mA]	$V_{AK}$ [V]	$I_{AK}$ [mA]
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
50	0.000	50	0.000	50	0.000	50	0.000	50	0.000
100	0.000	98	0.000	100	0.000	100	0.000	98.3	0.000
200	0.000	148	0.000	147.5	0.000	148.2	0.000	148	0.000
300	0.000	197.5	0.000	198	0.000	200	0.000	200	0.000
350	0.000	247.5	0.000	250	0.000	247	0.000	247.5	0.638
400	0.000	296.1	0.000	296.3	0.000	297	0.000	297.5	0.53
450	0.000	343.5	0.000	346	0.000	320.8	0.89	0.7	62.62
500	0.000	392.4	0.000	0.7	84.53	0.7	73.25	-	-
550	0.000	443.6	0.000	-	-	-	-	-	-
600	0.000	0.7	98.79	-	-	-	-	-	-
0.7	127.51	-	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 2.4: Tabla de  $I_{AK} = f(V_{AK})$  para distintos valores de  $I_G$ .

Con estos resultados se puede demostrar lo afirmado en el ejercicio anterior, que la tensión de ruptura o disparo del SCR disminuye con la aplicación de una corriente en la compuerta

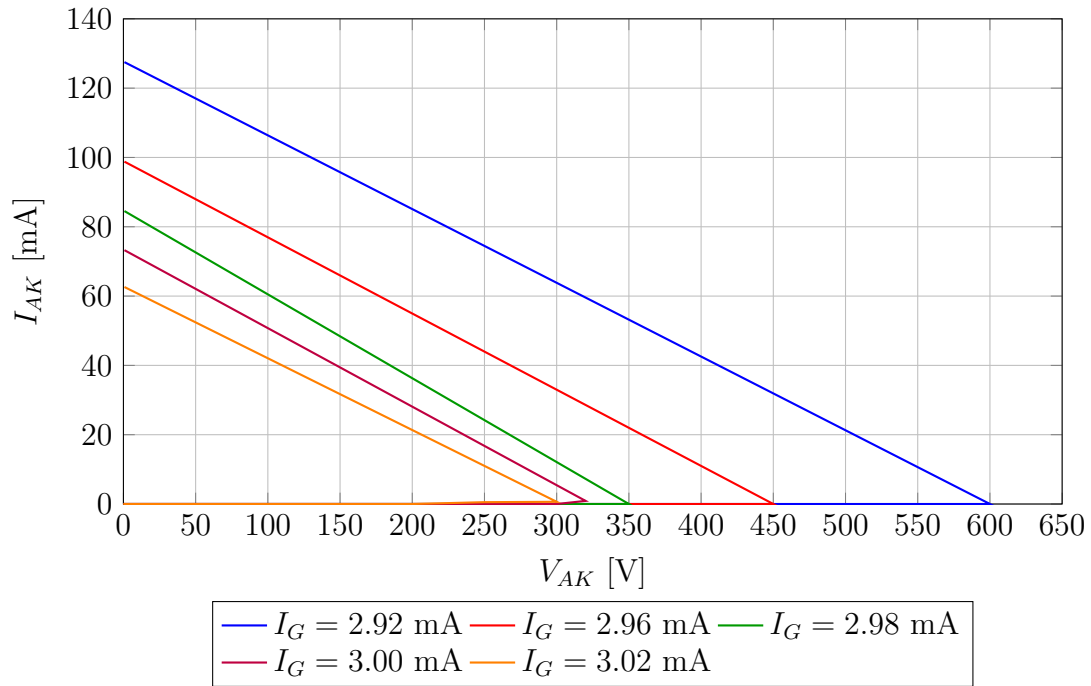


Figura 2.7: Curvas características  $I_{AK}(V_{AK})$  del SCR para distintos  $I_G$ .

del dispositivo. Además, la curva característica obtenida se asemeja a lo estudiado en la teoría.

## Funcionamiento con corriente alterna

En esta actividad se estudian dos aspectos fundamentales del funcionamiento del SCR: el control de disparo y el proceso de apagado. Estas características resultan esenciales en aplicaciones donde es necesario regular la transferencia de potencia hacia una carga a partir de una fuente de corriente alterna.

La experiencia se desarrolla íntegramente en un entorno de simulación, lo cual ofrece ventajas significativas respecto de una práctica de laboratorio convencional. La simulación permite visualizar con mayor detalle las formas de onda involucradas y facilita la realización de múltiples ensayos modificando parámetros como la tensión de alimentación o el valor de componentes específicos. Gracias a ello, es posible analizar con mayor precisión el comportamiento del dispositivo y comprender de manera más completa su dinámica de conducción y bloqueo.

### Actividad de simulación

#### 2) Señales observadas $V_{in}$ , $V_{R3}$ e $I_G$

En la simulación se cruzaron en una misma gráfica: tensión de entrada  $V_{in}$ , caída en la carga  $V_{R3}$  y corriente de compuerta  $I_G$ . El barrido por `.STEP` genera familias de curvas para distintas posiciones del potenciómetro.

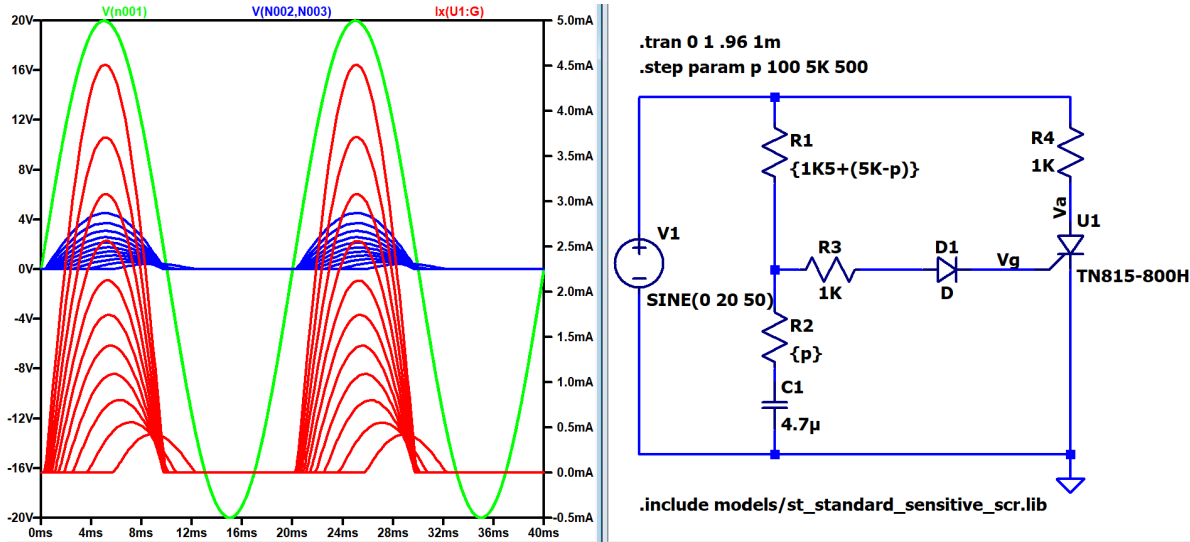


Figura 2.8: Resultados:  $V_{in}$  (verde),  $V_{R3}$  (azul) e  $I_G$  (rojo) para varios  $p$ .

#### 3) Variación del parámetro $p$ (`.STEP`)

Al aumentar  $p$  crece la constante de tiempo  $R_2C_1$  y el pulso de  $I_G$  se retrasa, incrementando el ángulo de disparo  $\alpha$  y reduciendo el valor eficaz en la carga. Para  $p$  pequeño,  $I_G$  aparece temprano (menor  $\alpha$ ) y la potencia transferida es mayor.

#### 4a) Explicación de funcionamiento y rol del capacitor

El lazo  $R_1-R_2-C_1$  genera un desfase y conforma un pulso en la compuerta a cada semiciclo positivo de  $V_{in}$  (a través de  $R_3$  y  $D_1$ ). Cuando  $V_{GK}$  supera el umbral y  $I_G \geq I_{G,\text{trig}}$ , el SCR conmuta y  $V_{R3}$  replica el semiciclo restante de  $V_{in}$  hasta el cruce por cero. El capacitor  $C_1$  es clave: fija la constante de tiempo con  $R_2$  para mover  $\alpha$ , y además proporciona un pulso de compuerta bien definido (limitando corriente continua por la unión  $G-K$  y mejorando la inmunidad a ruidos).

#### 4b) Corrientes en disparo y apagado

**En el disparo.** De la familia de curvas rojas ( $I_G$ ) se mide el pico en el instante en que  $V_{R3}$  sube abruptamente. En la simulación, según  $p$ ,

$$I_{G,\text{trig}} \approx 0,5 \text{ mA a } 4,5 \text{ mA},$$

coherente con un SCR sensible (mA).

**En el apagado.** Con carga resistiva pura, el apagado ocurre por cruce por cero de la corriente; por lo tanto la corriente de ánodo-cátodo en el instante de apagado verifica

$$I_{AK}(t_{\text{off}}) \approx 0 \text{ A } (< I_H),$$

lo cual coincide con lo esperado teóricamente: el enclavamiento se pierde cuando  $I_{AK} < I_H$  y, con  $R$  puro, eso sucede exactamente en el cruce por cero.

#### 4c) Ángulo mínimo y máximo controlable ( $\alpha$ )

Se midió el retardo desde el cruce por cero de  $V_{in}$  hasta el frente de subida de  $V_{R3}$  en cada semiciclo y se convirtió a grados mediante

$$\alpha [^\circ] = 180^\circ \frac{t_d}{T/2}, \quad T = 20 \text{ ms (50 Hz)}.$$

De la simulación:

$$\alpha_{\min} \approx 25^\circ \quad (p \simeq 0,1 \text{ k}\Omega), \quad \alpha_{\max} \approx 155^\circ \quad (p \simeq 4,9 \text{ k}\Omega).$$

Los límites no llegan exactamente a  $0^\circ/180^\circ$  por el umbral  $V_{GK}$ , la corriente de disparo requerida y el recorte del circuito de compuerta.

#### Notas de implementación

Para reproducibilidad, medir  $\alpha$  con cursores sobre  $V_{in}$  y  $V_{R3}$ , y calcular  $I_G$  con  $I(U1:G)$ . En LTspice, activar *Add Trace* y graficar por paso (*Plot Settings*  $\rightarrow$  *Add Trace*  $\rightarrow$  *Function: last/first*) para leer  $\alpha_{\min}$  y  $\alpha_{\max}$  por cada  $p$ .





# DIAC

Objetivo: determinar la polarización y funcionamiento del DIAC.

## Actividad de laboratorio

Para la realización de la actividad se siguieron los pasos establecidos. En primer lugar, se armó el circuito de la figura 3.1 seleccionando un valor de resistencia de  $4.7K\Omega$ , suficiente de acuerdo con la información provista en el datasheet del DIAC.

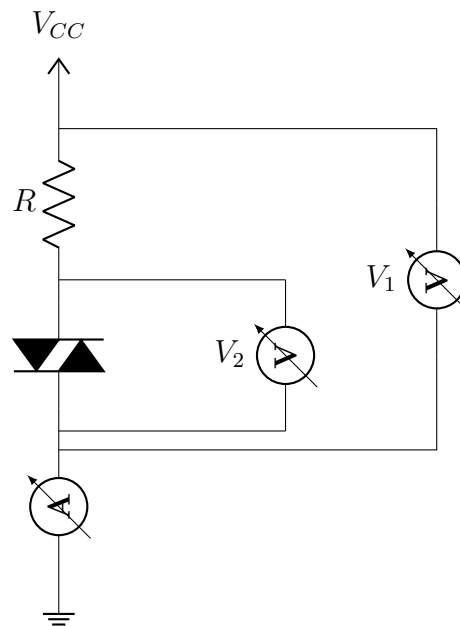


Figura 3.1: circuito implementado en el laboratorio.

A continuación, se varió la tensión alimentación  $V_{CC}$  desde 0 V hasta 50 V siguiendo los valores indicados en la tabla correspondiente. Para cada caso se midieron la corriente circulante y la caída de tensión en el DIAC.

Luego, se invirtieron los terminales del DIAC y se repitieron las variaciones y mediciones detalladas en los pasos anteriores.

En la tabla 3.1 se puede observar los valores obtenidos, que son los mismos para las dos polarizades del DIAC. En la figura 3.2 se grafican dichos valores.

$V_{CC}$ [V]	0	10	20	30	32	34	40	45	50
$V_{AK}$ [V]	0	10	20	30	23.8	23.4	22.6	22.2	21.9
$I_{AK}$ [mA]	0	0	0	0	1.74	2.24	3.72	4.9	5.92

Cuadro 3.1: relevamiento de disparo del SCR para diferentes valores de  $I_G$ .

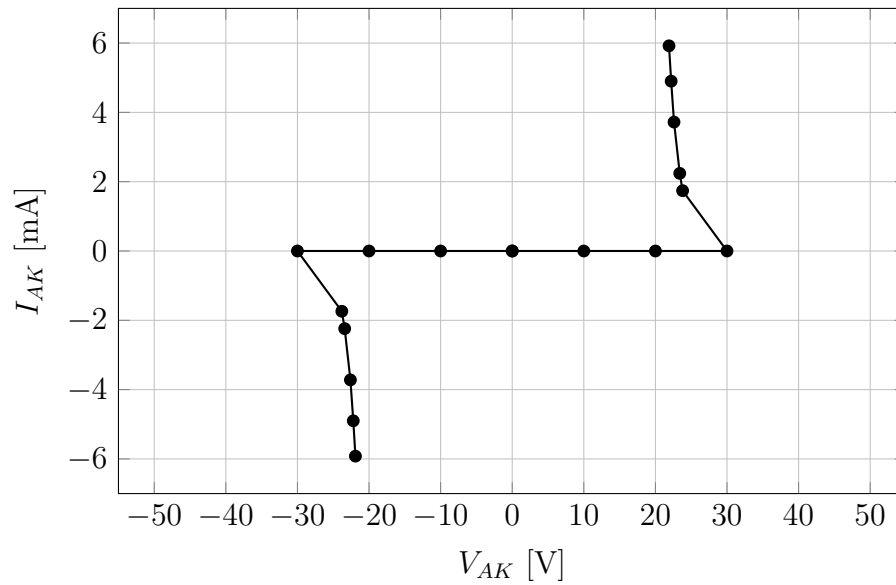


Figura 3.2: curva  $I_{AK} = f(V_{AK})$  del DIAC.

# TRIAC

## Polarización y funcionamiento

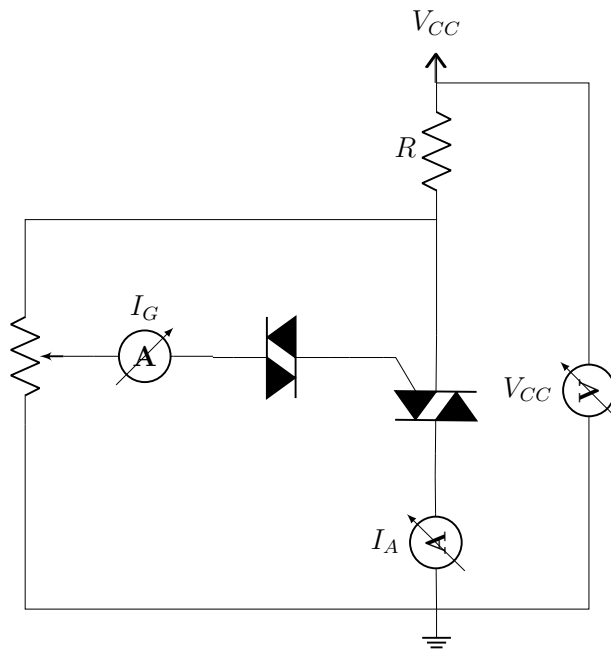


Figura 4.1: circuito implementado en el laboratorio.

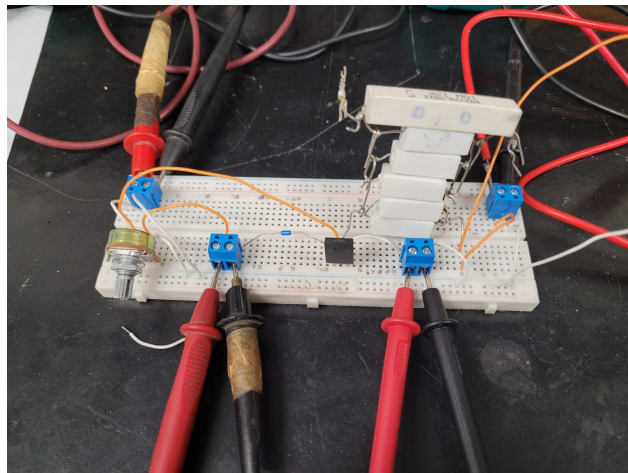


Figura 4.2: Circuito implementado en una protoboard.

$V_1$ [V]	$V_{CC} = 80$ V		$V_{CC} = 130$ V		$V_{CC} = 180$ V	
	$I_G$ [ $\mu$ A]	$I_A$ [mA]	$I_G$ [ $\mu$ A]	$I_A$ [mA]	$I_G$ [ $\mu$ A]	$I_A$ [mA]
0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0
31.6			4.53	4.57		
32	3.4	3.4			0	37.1
33.0	3.8	3.9				
33.1	4.15	4.15				
33.2	4.6	4.8				
33.3	4.7	6.2				
23.4			4.53	4.57		
23.3	3.8	3.9				
23.1	4.15	4.15				
23.2	4.6	4.8				
23.7	4.3	6.0				
0.3			0	26.7		
50					0	0
0	0	16.3				

Cuadro 4.1: Relevamiento de puntos para el trazado de  $I_A = f(I_G)$  con tres valores de  $V_{CC}$ .

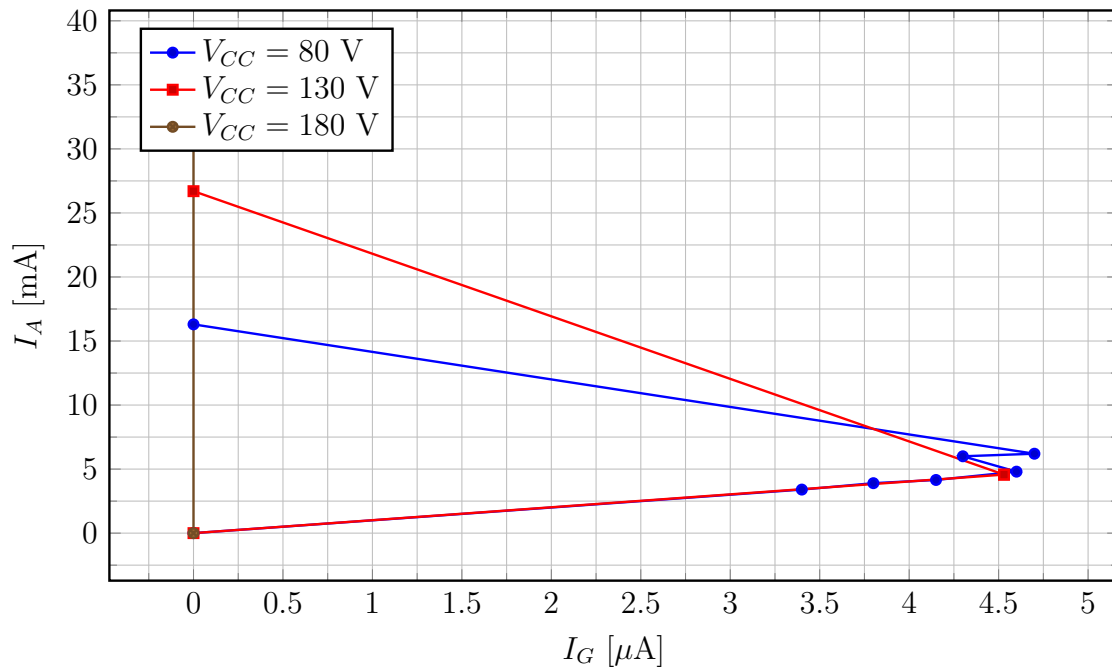


Figura 4.3: Curvas características  $I_A = f(I_G)$  para  $V_{CC} \in \{80, 130, 180\}$  V.

**Conclusiones.** Las curvas  $I_A = f(I_G)$  muestran un umbral de disparo  $I_{G,th}$ : por debajo de ese valor la conducción es nula; superado,  $I_A$  crece con alta pendiente (modo de disparo/latch). Con mayor  $V_{CC}$ , el dispositivo sostiene corrientes de ánodo más grandes para valores similares de  $I_G$ , y el mantenimiento de conducción (holding) aparece a corrientes mayores. Los puntos ( $I_G=0$ ,  $I_A>0$ ) registrados en  $V_{CC} = 80$  y  $180$  V evidencian el estado mantenido tras el disparo. La región cercana al umbral presenta mayor dispersión, esperable por tolerancias y efectos térmicos. En síntesis, los datos son consistentes con el mecanismo de disparo y su dependencia con la tensión de alimentación.

## Aplicación: control de disparo (Dimmer)

### Actividad de laboratorio

1. Se conectó el transformador de aislamiento a la red eléctrica y luego el osciloscopio a la salida del transformador. Esto permitió aislar galvánicamente el instrumento del circuito dimmer, evitando cruces de potencial con la línea.
2. Se llevó el potenciómetro al valor óhmico máximo.
3. Se observó la forma de onda en el osciloscopio y se graficó la tensión sobre la carga resistiva (lámpara incandescente de 20 W).
4. Se variaron las posiciones del potenciómetro registrando tres oscilogramas representativos: resistencia máxima, intermedia y mínima.

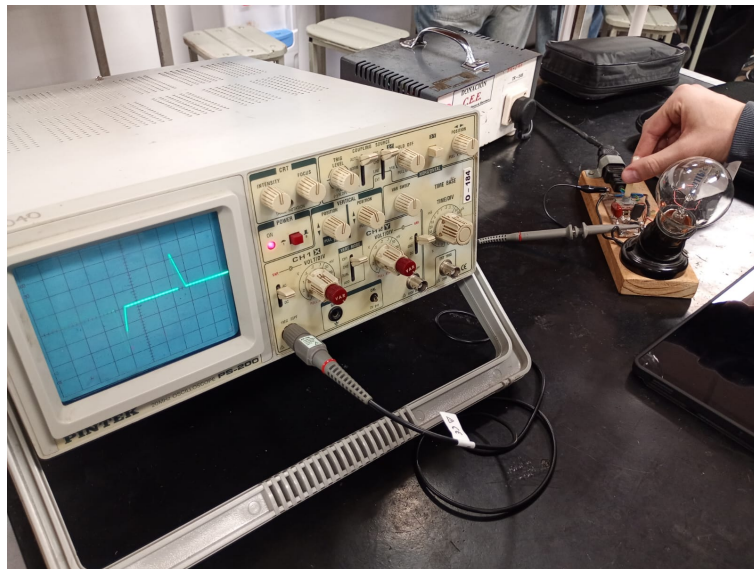
5. Finalmente, se estimó la corriente de mantenimiento  $I_H$  del TRIAC mediante un método indirecto, a partir de la tensión de red y la resistencia equivalente de la lámpara.

## Análisis de las gráficas relevadas

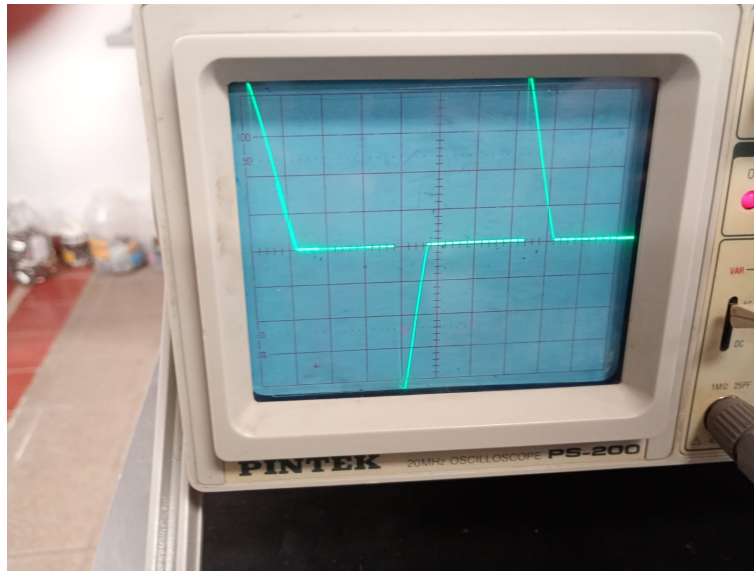
En el dimmer con DIAC-TRIAC, el ángulo de disparo  $\alpha$  está determinado por la constante de tiempo  $RC$  del circuito de compuerta. Al aumentar el valor del potenciómetro, crece  $\tau = RC$  y la tensión del capacitor tarda más en alcanzar el *breakover* del DIAC ( $\approx 30$  V), por lo que  $\alpha$  aumenta y la potencia en la carga disminuye.

De las tres capturas obtenidas:

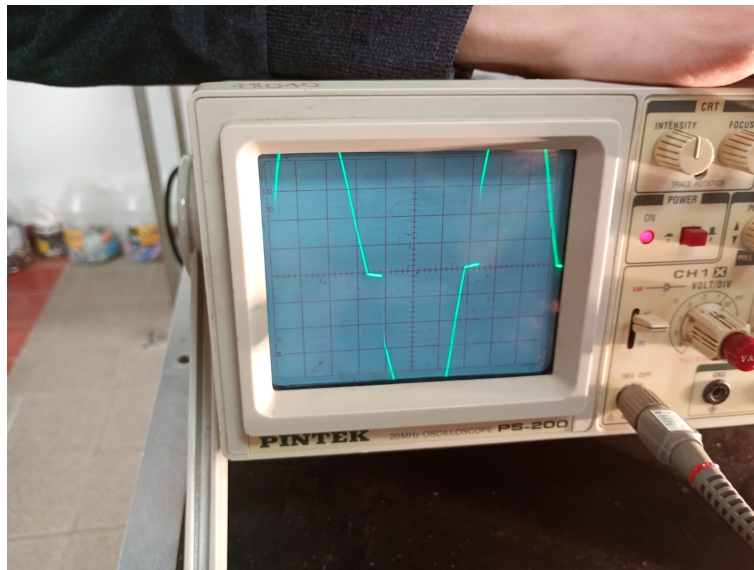
- **Potenciómetro al máximo (mayor  $R$ ):** La conducción inicia tarde en cada semiciclo ( $\alpha$  grande), y se observa un recorte pronunciado al comienzo de cada semiciclo. La potencia disipada en la carga es baja.



- **Posición intermedia:**  $\alpha$  medio. El intervalo de conducción crece y la tensión eficaz en la carga aumenta. Se mantiene la simetría entre semiciclos, lo que indica un disparo parejo por el DIAC.



- **Potenciómetro al mínimo (menor  $R$ ):**  $\alpha$  pequeño. El TRIAC conduce casi todo el semiciclo y la tensión eficaz sobre la carga se aproxima a la de la red. La lámpara ilumina con máxima intensidad.



En los tres casos se observa que el TRIAC se apaga en las proximidades del cruce por cero, lo que corresponde al instante donde la corriente de carga cae por debajo de la corriente de mantenimiento  $I_H$ .

### Medición indirecta de la corriente de mantenimiento $I_H$

Para estimar  $I_H$ , se consideró que la lámpara de 20 W a 220 V presenta una resistencia media:

$$R_L = \frac{V_{\text{RMS}}^2}{P} = \frac{220^2}{20} \approx 2420 \, \Omega.$$

La tensión de pico de la red es  $V_m = 311$  V, por lo tanto:

$$I_{\max} = \frac{V_m}{R_L} \approx 0.128 \text{ A.}$$

A partir de las oscilografías, el apagado se produce muy próximo al cruce por cero, correspondiente a  $\beta \approx 175^\circ$ . Sustituyendo en:

$$I_H = \frac{V_m}{R_L} \sin(\beta),$$

se obtiene:

$$I_H = 0.128 \sin(175^\circ) \approx 0.011 \text{ A.}$$

Por lo tanto, la corriente de mantenimiento estimada es aproximadamente:

$$I_H \approx 11 \text{ mA,}$$

valor coherente con los TRIACs de uso general (TIC-226, BT136, etc.), que presentan  $I_H$  típico entre 5 mA y 25 mA según hoja de datos.

### Dependencia de $I_H$ con $I_G$ , $V_G$ y $V_{CC}$

El valor de  $I_H$  es una característica interna del TRIAC y no depende directamente del disparo, sino de las corrientes de carga. Los parámetros  $I_G$  y  $V_G$  sólo determinan el instante de encendido (ángulo  $\alpha$ ), mientras que  $V_{CC}$  fija la amplitud de la corriente máxima. A mayor  $V_{CC}$  (mayor tensión de red), la corriente de carga crece y el apagado se produce más cerca del cruce por cero, reduciendo ligeramente el ángulo  $\beta$ .

### Conclusiones

- El dimmer permite controlar la potencia en la carga variando el ángulo de disparo  $\alpha$  mediante la constante de tiempo  $RC$ .
- El DIAC garantiza disparos simétricos en ambos semiciclos, evitando deformaciones asimétricas en la forma de onda.
- La corriente de mantenimiento  $I_H$  fue determinada indirectamente como  $I_H \approx 11$  mA, en buen acuerdo con valores típicos de dispositivos comerciales.
- Se verificó que el apagado del TRIAC ocurre próximo al cruce por cero, cumpliendo el comportamiento teórico esperado.
- Las oscilografías confirman el recorte controlado del semiciclo y la variación suave del valor eficaz al girar el potenciómetro.



# Interpretación de las especificaciones del fabricante

## DIAC (DB3)

Dispositivo bidireccional de disparo por tensión (*breakover*). Conduce cuando la tensión entre sus terminales supera  $V_{BO}$  (en cualquiera de las dos polaridades) y luego cae a un valor menor por el *breakback* dinámico.

Parámetro	Símbolo	Valor (DB3)	Significado
Tensión de disparo	$V_{BO}$	32 V típ; 28–36 V	Tensión a la que el DIAC entra en conducción.
Simetría de $V_{BO}$	$ V_{BO1}  -  V_{BO2} $	$\leq 3 \text{ V}$	Diferencia de $V_{BO}$ entre semicírculos.
Corriente de disparo	$I_{BO}$	$\leq 50 \text{ mA}$	Corriente al momento del disparo.
Breakback dinámico	$\Delta V$	$\leq 5 \text{ V}$	Caída de tensión inmediata luego del disparo.
Corriente pico en pulso	$I_C$	2.0 A (10 ms, 120 pps)	Límite de corriente de pico permitida.

## SCR (C106)

Tiristor unidireccional. Se dispara con corriente de compuerta  $I_{GT}$  o por sobrepaso de  $dV/dt$ , y se mantiene conduciendo mientras  $I_T \geq I_H$ .

Parámetro	Símbolo	Valor	Significado
Tensión de bloqueo rep.	$V_{DRM}, V_{RRM}$	200/400/600 V	Máx. tensión repetitiva en estado de corte (F/R).
Corr. on-state (RMS)	$I_{T(RMS)}$	4.0 A	Corriente eficaz admisible a 80°C.
Corr. on-state (prom.)	$I_{T(AV)}$	2.55 A	Corriente promedio para 180° (a 80°C).
Corriente de sobrecarga	$I_{TSM}$	20 A	Pico no repetitivo (1/2 ciclo, 60 Hz, $T_J=110^\circ\text{C}$ ).
Corr. de fuga	$I_{DRM}, I_{RRM}$	10/100 $\mu\text{A}$	Fuga a $V_{DRM}/V_{RRM}$ , 25/110°C.
Corr. disparo de compuerta	$I_{GT}$	15–35 $\mu\text{A}$ típ; $\leq 200\text{--}500 \mu\text{A}$	Corriente mínima en compuerta para disparo.
Tensión de compuerta	$V_{GT}$	0.4–0.8 V típ; $\leq 1.0 \text{ V}$	Tensión en compuerta al disparo.
Tensión on-state	$V_T (V_{TM})$	$\leq 2.2 \text{ V}$ (@ 4 A)	Caída directa en conducción.
Corriente de enganche	$I_L$	0.20–0.35 mA típ	Corriente mínima para quedar enganchado tras disparo.
Corriente de mantenimiento	$I_H$	0.07–0.33 mA típ; $\leq 2\text{--}6 \text{ mA}$	Corriente mínima para sostener conducción.
Resistencia térmica j–c	$R_{\theta JC}$	3.0 °C/W	De unión a cápsula.
Resistencia térmica j–a	$R_{\theta JA}$	75 °C/W	De unión a ambiente.
Tiempo de encendido	$t_{gt}$	<i>No especificado</i>	Tiempo controlado por compuerta hasta conducción.
Tiempo de apagado	$t_q$	<i>No especificado</i>	Intervalo tras la conmutación para recuperar bloqueo.

## TRIAC (BT136)

Tiristor bidireccional (dos SCR anti-serie con compuerta común). Se dispara en cuatro cuadrantes; parámetros dependen de la variante (-500/-600/-800) y del cuadrante de disparo.

Parámetro	Símbolo	Valor	Significado
Tensión de bloqueo rep.	$V_{DRM}, V_{RRM}$	500/600/800 V	Tensión repetitiva en corte.
Corr. on-state (RMS)	$I_{T(RMS)}$	4.0 A	A $T_{mb} \leq 107^{\circ}\text{C}$ , onda senoidal.
Corriente de sobrecarga	$I_{TSM}$	25 A (20 ms); 27 A (16.7 ms)	Pico no repetitivo.
Corriente de compuerta	$I_{GT}$	5–100 mA según cuadrante/serie	Mínima corriente de disparo.
Tensión de compuerta	$V_{GT}$	0.7–1.5 V	Tensión en compuerta al disparo.
Corriente de mantenimiento	$I_H$	5–30 mA	Corriente mínima para sostener conducción.
Tensión on-state	$V_T$	1.4 V típ; 1.7 V máx (@ 5 A)	Caída en conducción.
Tiempo de encendido	$t_{gt}$	$\leq 2 \mu\text{s}$	Tiempo controlado por compuerta hasta conducción.
Tiempo de apagado	$t_q$	<i>No especificado</i>	En TRIAC se usan $dV/dt$ y $dI/dt$ de conmutación.
Resistencia térmica j–mb	$R_{\theta j-mb}$	3.0 K/W (ciclo completo)	Unión a base de montaje.
Resistencia térmica j–a	$R_{\theta j-a}$	60 K/W (aire libre)	Unión a ambiente.
Temp. de almacenamiento	$T_{STG}$	–40 a $+150^{\circ}\text{C}$	Rango de almacenamiento.
Temp. de juntura	$T_J$	– a $+125^{\circ}\text{C}$ (operación)	Límite de operación de la juntura.

### Notas de uso/medición

- $V_{DRM}/V_{RRM}$  se ensayan con fuente senoidal 50–60 Hz. En TRIAC, capacidades de conmutación se caracterizan mediante  $dV_{com}/dt$  y  $dI_{com}/dt$  (no siempre hay  $t_q$  explícito).
- En TRIAC el  $I_{GT}$  varía por cuadrante ( $T2\pm/G\pm$ ); elegir variante (serie F/G) según la sensibilidad requerida de compuerta.
- $I_L$  y  $I_H$  delimitan el disparo/retención: diseñar la red de disparo para garantizar  $I_T > I_L$  durante el flanco y  $I_T > I_H$  en régimen.



## Conclusión

En el trabajo se caracterizaron los mecanismos de disparo y retención de tiristores (SCR/TRIAC) y el uso del DIAC como elemento de arranque, contrastando mediciones, simulaciones y aplicación práctica (dimmer). Los resultados son coherentes entre sí y con la teoría.

### Hallazgos principales

- La curva  $I_G$ – $V_G$  de compuerta mostró umbral en 0,55–0,65 V y crecimiento exponencial; para  $V_G \approx 0,70$  V se midió  $I_G \sim 4$  mA, consistente con una unión  $p$ – $n$ .
- En el SCR, las barridas evidenciaron disparo con  $I_{G,th}$  bien definido y enclavamiento: luego del disparo, la conducción se mantiene mientras  $I_A > I_H$ . La pérdida de conducción coincide con el cruce por cero cuando  $I_A < I_H$ .
- El DIAC (DB3) presentó disparo por sobretensión cercano al valor típico de hoja de datos ( $V_{BO} \approx 32$  V) y buena simetría entre semiciclos, lo que estabiliza el disparo del TRIAC en AC.
- En el TRIAC (BT137X) se verificó comportamiento análogo al SCR pero bidireccional, con disparo por cuadrantes según  $V_G$  y  $I_G$ ; las curvas  $I_A = f(I_G)$  para  $V_{CC} \in \{80, 130, 180\}$  V mostraron mayor pendiente y mayor corriente sostenida a medida que aumenta  $V_{CC}$ .
- En el dimmer  $R$ – $C$ –DIAC–TRIAC, el ángulo de disparo  $\alpha$  se controló vía  $\tau = RC$ : al incrementar  $R$ , crece  $\tau$  y el disparo se retrasa (menor valor eficaz en la carga). La tensión pico considerada fue la de red ( $V_p = \sqrt{2} V_{rms}$ ).
- La  $I_H$  se estimó *indirectamente* observando el instante de extinción: si próximo al cruce por cero el TRIAC deja de conducir aun con compuerta abierta, entonces  $I_{carga}(t_{off}) < I_H$ . Esta condición se verificó sin ambigüedad en las formas de onda medidas.

### Implicancias de diseño

- La red de disparo debe garantizar  $I_T > I_L$  durante el frente y  $I_T > I_H$  en régimen, considerando tolerancias y temperatura.
- Para cargas inductivas o redes ruidosas, es recomendable un *snubber*  $R$ – $C$  para limitar  $dv/dt$  y evitar disparos espurios.
- La elección del DIAC y el dimensionamiento de  $R$ – $C$  fijan el rango útil de  $\alpha$  y la repetibilidad entre semiciclos.

En síntesis, las mediciones y simulaciones confirman el modelo: el disparo está regido por  $I_G$  (o  $V_{BO}$  con DIAC), la retención por  $I_H$ , y el control de potencia en AC se logra modulando  $\alpha$  vía  $\tau = RC$ . El conjunto de resultados respalda los criterios de diseño propuestos y explica las limitaciones prácticas observadas.

### QR de datasheets (referencia rápida)



DIAC DB3



TRIAC BT137X



SCR TYN612

Figura 6.1: Códigos QR a las hojas de datos utilizadas para este trabajo práctico.