

Trabajo práctico 5

TIRISTORES

■ **Autores:**

- Manuel León Parfait - Leg. 406599 (Coordinador)
- Marcos Raúl Gatica - Leg. 402006 (Operador)
- Valentino Rao - Leg. 402308 (Documentador)

■ **Curso:** 3R1

■ **Asignatura:** Dispositivos Electrónicos

■ **Institución:** Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional de Córdoba.

Índice

1. RÚBRICA	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1. Condiciones de trabajo y ensayo	2
3. ACTIVIDAD PRÁCTICA SOBRE SCR	2
3.1. Condición de disparo I_G y corriente de mantenimiento I_H	2
3.1.1. Actividad de laboratorio	2
3.1.2. Actividad de simulación	6
3.2. Obtención de curvas característica del SCR	8
3.2.1. Actividad de laboratorio	9
3.3. Funcionamiento del SCR con corrientes alternas	10
3.3.1. Actividad de simulación	10
4. TIRISTORES DIAC	13
5. TIRISTORES TRIAC	15
5.1. Conclusiones	16
6. Dimmer y controlador de potencia	16
7. INTERPRETACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE	18
8. A.L. 4: Interpretación de las especificaciones del fabricante	18
9. Conclusiones	19
10. Bibliografía, datasheets e instrumentos	19
10.1. Bibliografía	19
10.2. Instrumentos	20
10.3. Datasheets	23



1. RÚBRICA

Tarea	Puntuación	Máximo
<i>Presentación del informe</i>		20 %
<i>Comprender las regiones de operación de los tiristores</i>		30 %
<i>Identificación de las especificaciones de los tiristores desde la hoja de datos</i>		30 %
<i>Defensa de las conclusiones</i>		20 %
Total		100 %

2. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este informe es relevar los parámetros de fabricación de los tiristores: SCR - DIAC - TRIAC. Se analizarán los mismos por medio del simulador LTSpice y por una serie de circuitos en protoboard para identificar las regiones de trabajo de estos dispositivos.

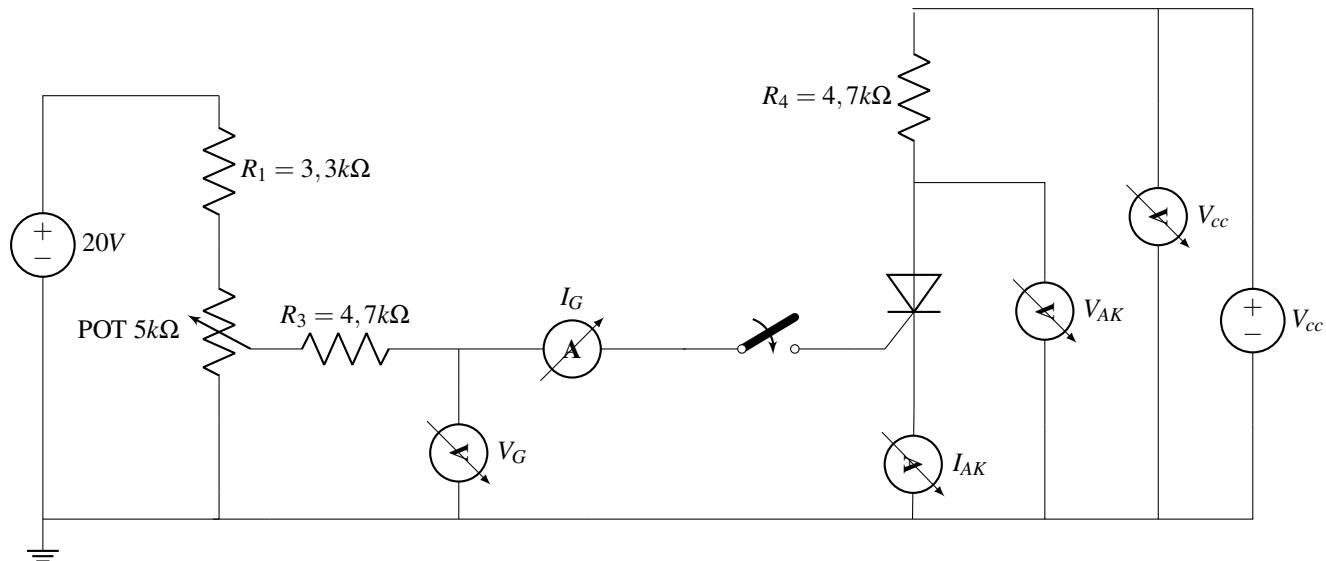
2.1. Condiciones de trabajo y ensayo

3. ACTIVIDAD PRÁCTICA SOBRE SCR

3.1. Condición de disparo I_G y corriente de mantenimiento I_H

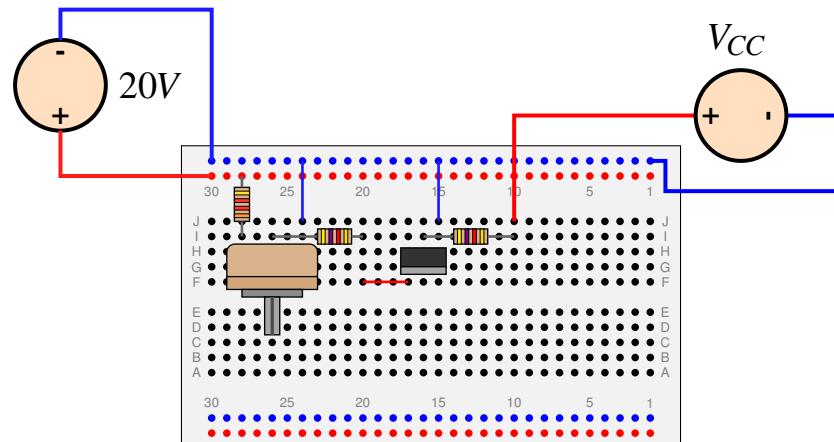
El objetivo de esta actividad es determinar la polarización y le funcionamiento del SCR, tanto en una etapa de simulación como en la correspondiente implementación.

Circuito para polarización



3.1.1. Actividad de laboratorio

Armado de circuito



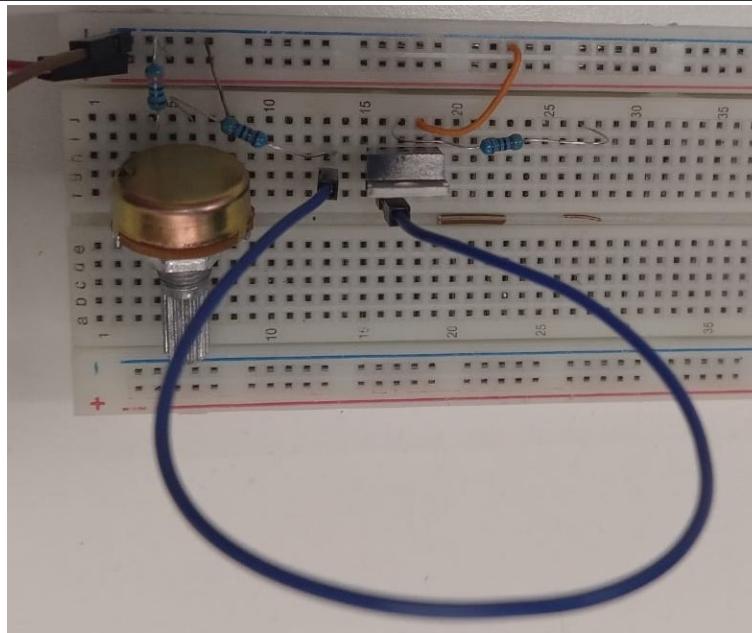


Figura 1: Fotografía del circuito

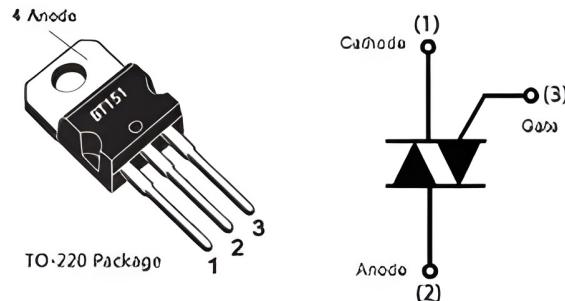
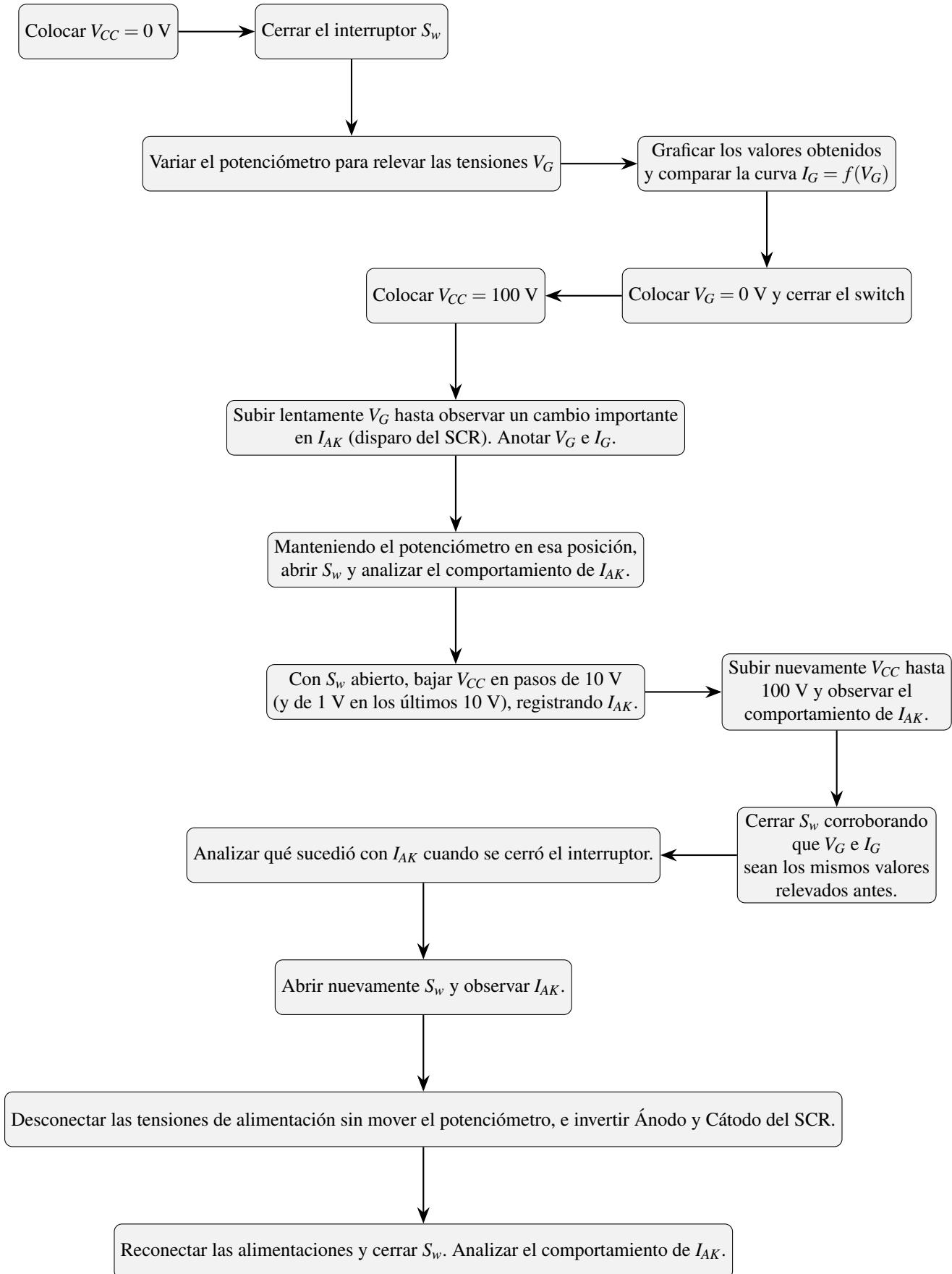


Figura 2: Pines del SCR BT151

Flujo de trabajo



- Analizar y mencionar la alternativa que se presentó para disparar un SCR ¿Cómo la puede explicar? Existe otra manera de disparar el SCR sin corriente en la compuerta ¿Cuál es ese método?

El método de disparo que se usó al principio fue hacer variar la corriente I_G para que el SCR se "encienda", usando como variador el potenciómetro (menos resistencia → más corriente en *Gate*).

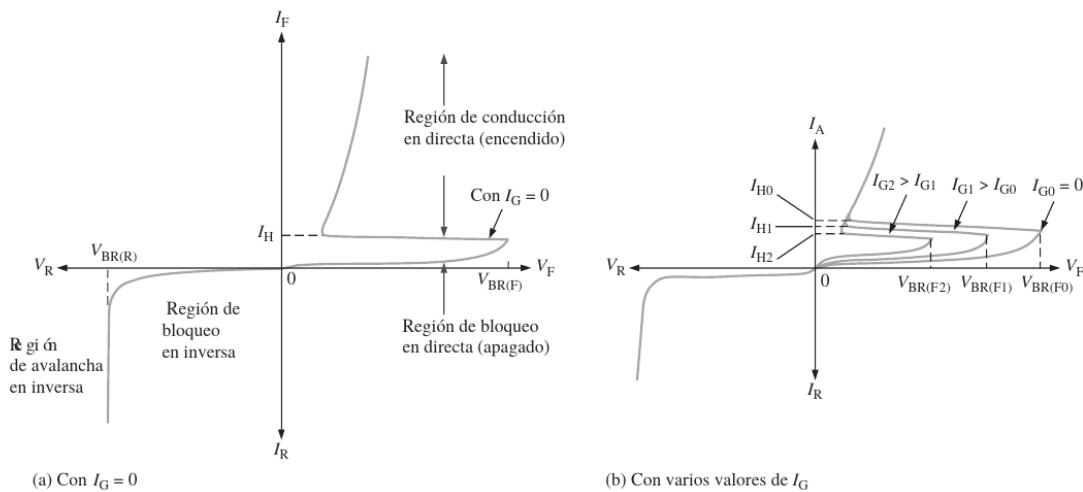


Figura 3: Curvas IG-VG teoría

Con una V_G constante, haciendo variar el potenciómetro, se modifica el valor de la corriente en *Gate* por lo que el SCR se activa según la gráfica a). Esto se puede comprobar midiendo I_{AK} , que pasa de unos μA y bruscamente unos mA .

Con el potenciómetro fijo, se puede activar el SCR subiendo la tensión de *Gate*, tal como expone el gráfico b). Es decir, se puede tener un valor fijo del potenciómetro y con variar la tensión se logra alcanzar el valor de V_{BR} donde el tiristor pasa de polarización bloqueo en directa, a polarización conducción en directa.

- Analizar y sacar conclusiones de las conexiones y mediciones realizadas

Viendo las gráficas, podemos concluir que más allá de un arreglo de tensiones y/o corrientes, activar el SCR significa que debemos inyectar una potencia tal en el *Gate* para que esto suceda. Dicho valor es un punto en la pendiente.

V_{CC} [V]	V_{AK} [V]	I_{AK} [A]
100	730m	21,1m
90	729m	18,7m
80	726m	16,6m
70	724m	14,5m
60	721m	12,4m
50	721m	10,3m
40	728m	8,2m
35	742m	7,2m
30	805m	6m
28,4	28,4	0

V_G [V]	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1
I_G [A]	634μ	936μ	1266μ	1588μ	233m	281m	313m	-	-	-

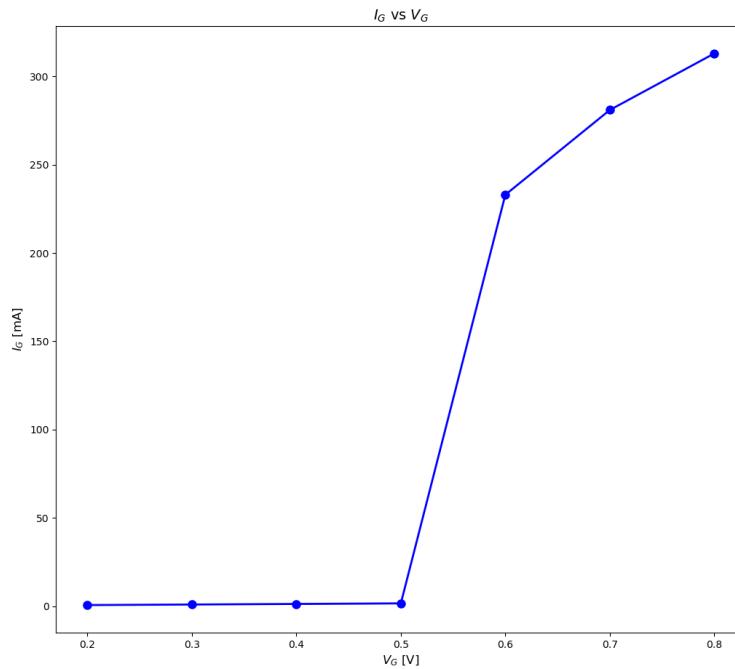
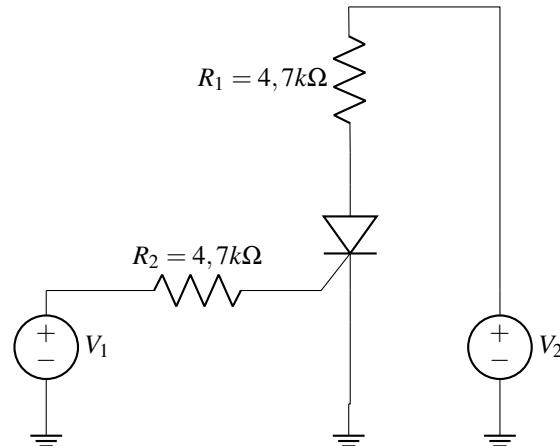


Figura 4: Curva $I_G = f(V_G)$

3.1.2. Actividad de simulación

Circuito para la simulación



Flujo de trabajo

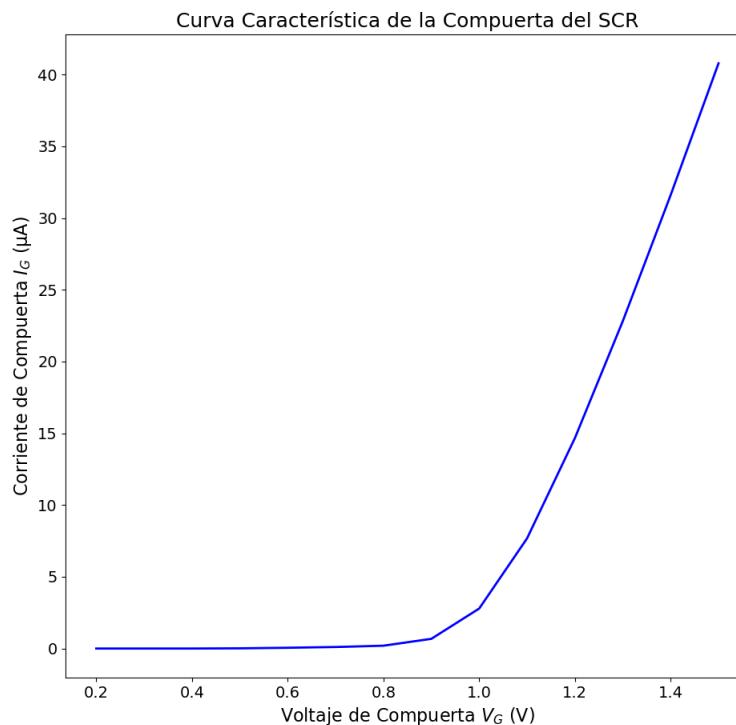
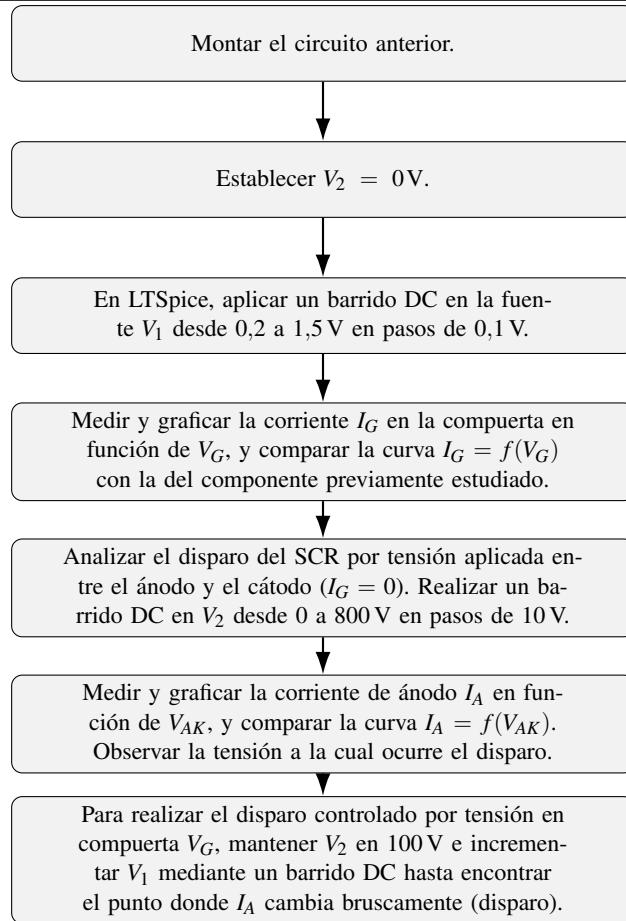


Figura 5: Curva $I_G = f(V_G)$ LtSpice

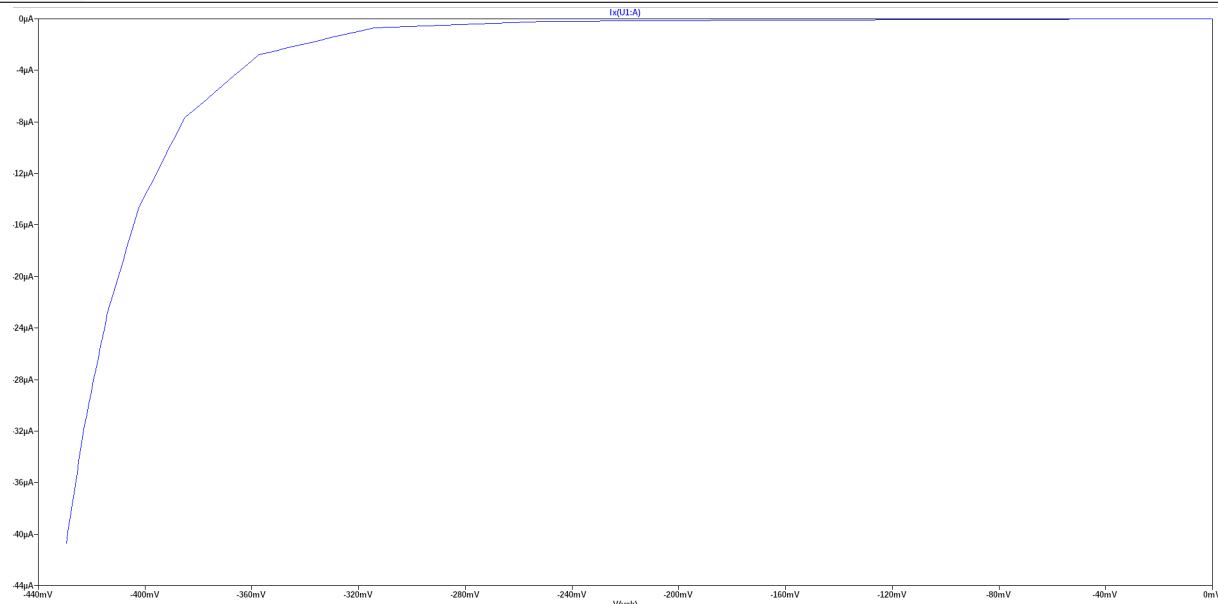
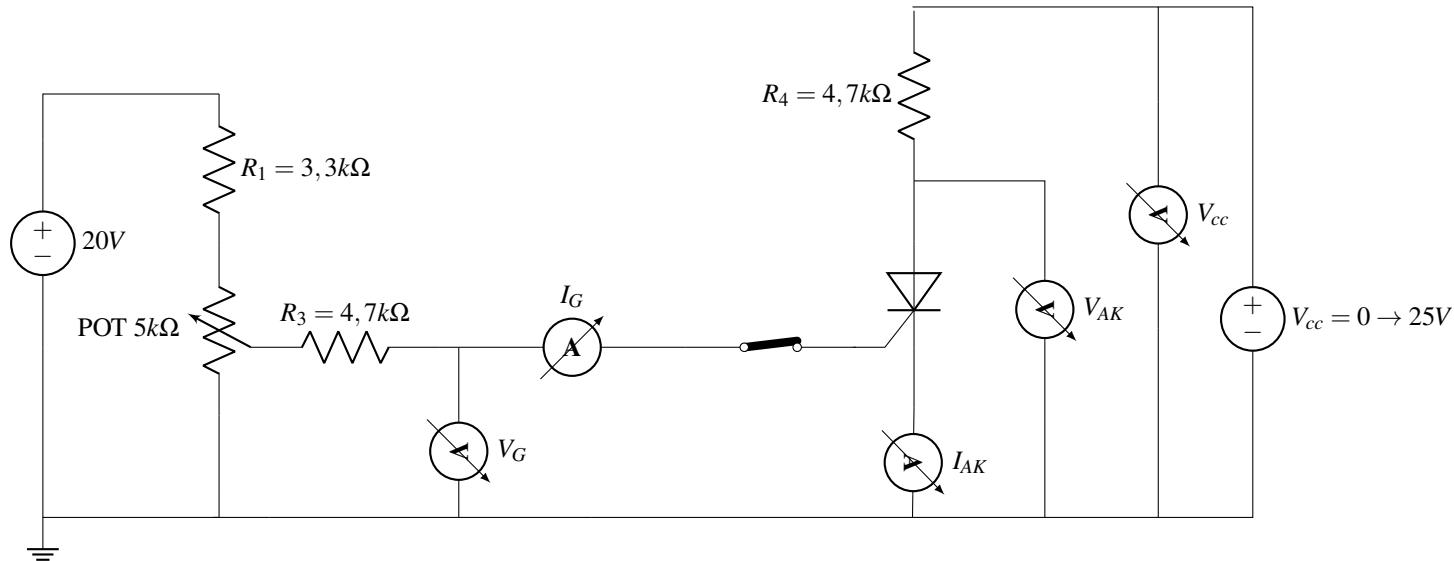


Figura 6: Curva $I_A = f(V_{AK})$ LtSpice

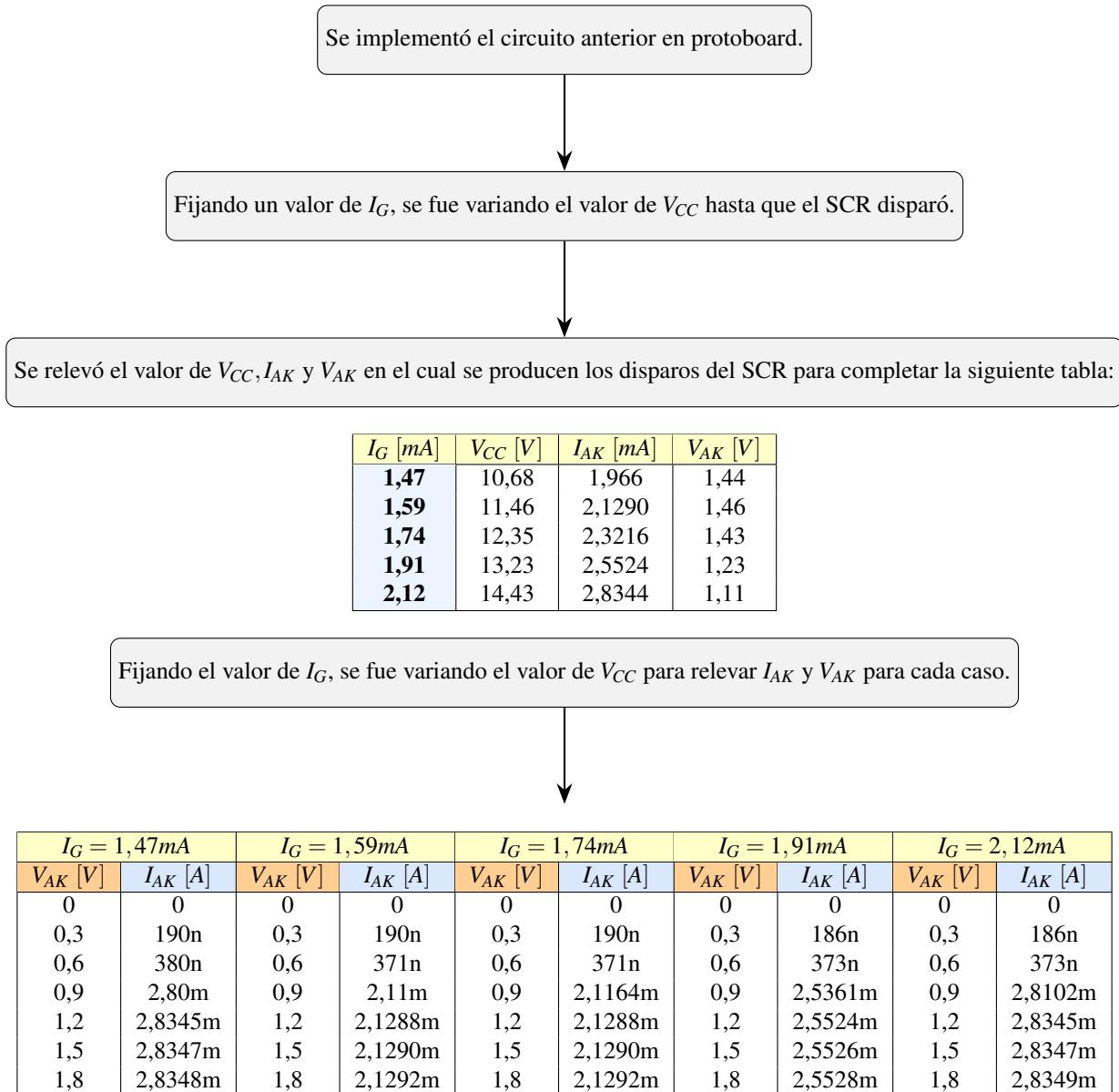
3.2. Obtención de curvas característica del SCR

El objetivo de esta actividad es lograr un relevamiento de los puntos de trabajo para graficar las curvas características.

Circuito para curvas características



3.2.1. Actividad de laboratorio



Preguntas

- Conclusões de los valores obtenidos en la primera tabla observando cómo varía el valor de V_{CC} al cual se produce el disparo del SCR con cada nuevo valor de I_G que se ensaya

Con los datos obtenidos se puede observar que a mayor corriente de compuerta I_G , menor es la tensión V_{AK} necesaria para que el SCR dispare. Esto se debe a que una mayor corriente en la compuerta facilita la conducción en la unión PN, haciendo que el dispositivo dispare antes.

- Graficar en el mismo par de ejes cartesianos los datos relevados en la última tabla que corresponden a la familia de curvas $I_{AK} = f(V_{AK})$ para cada diferente valor de I_G . Si es necesario, retome el circuito y revele a su necesidad valores intermedios que le permitan realizar una mejor curva.

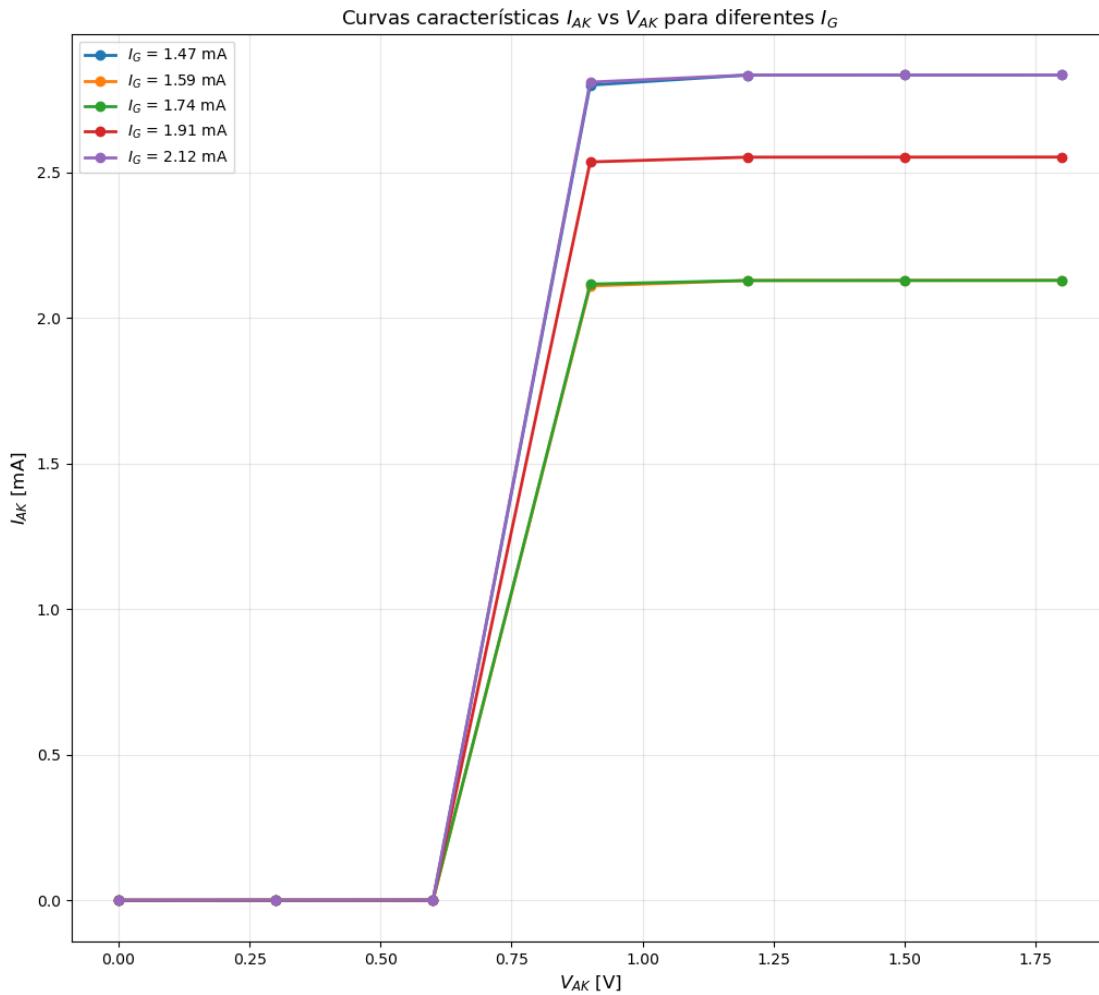


Figura 7: $I_{AK} = f(V_{AK})$ para cada I_G

■ **Elaborar conclusiones del gráfico realizado.**

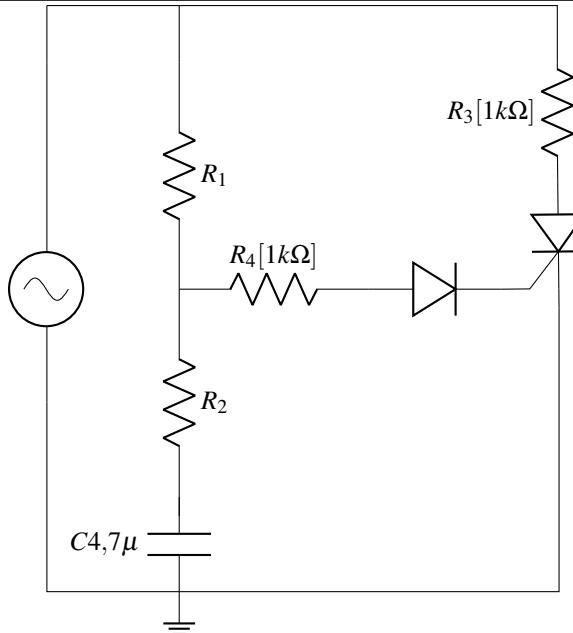
En el gráfico se puede observar que el SCR está en región de bloqueo en directa hasta $V_{AK} = 0,6\text{V}$ para todos los valores de I_G . A partir de ese punto, la corriente I_{AK} se dispara indicando que el SCR comenzó a conducir. Se puede ver que a mayor corriente de compuerta I_G , hay una mayor pendiente y aumenta la corriente I_{AK} para un mismo valor de V_{AK} . Esto demuestra que a más corriente de compuerta, mayor es la corriente entre anodo y cátodo.

3.3. Funcionamiento del SCR con corrientes alternas

El objetivo de esta actividad es determinar el funcionamiento del SCR en corriente alterna y el proceso de apagado del mismo.

3.3.1. Actividad de simulación

Círcuito para la simulación



Flujo de trabajo

Armar el circuito en un entorno de simulación.

Lanzar la simulación y graficar V_{in} , V_{R3} e I_G .

Variar el parámetro p que simula un potenciómetro de $5\text{k}\Omega$.
Se recomienda usar el comando .STEP con varios valores, por ejemplo: 100, 1k, 3k y 4.9k.

Preguntas

- Debe explicar brevemente el funcionamiento del circuito. Principalmente justificar el uso del capacitor en el circuito de la compuerta.

El circuito es de un disparo de SCR con control de fase, permite regular la potencia entregada a una carga resistiva. El tiristor conduce solo durante parte del semiciclo de la señal senoidal V_1 , al variar la fase de disparo se controla cuánta parte de la onda llega a la carga (potencia promedio se entrega).

El capacitor en la compuerta junto al divisor R_1 y R_2 , con el diodo, permite retrasar el momento en el que el SCR recibe el pulso de disparo en cada semiciclo:

- I. Al comienzo del semiciclo, el capacitor se carga por medio de R_1 , R_2 y D_1 .
- II. Cuando la tensión en el capacitor alcanza la tensión de disparo del diodo y del gate del SCR, el capacitor descarga a tierra. El *Gate* del SCR "vió" un pulso, por lo que se enciende.
- III. La carga queda conectada al suministro hasta que la corriente de línea cae a cero (sería el fin del semiciclo).

El potenciómetro modifica la constante de tiempo $\tau = R_{eq} \cdot C_1$. Así controla cuánto tarda el capacitor en cargarse y por lo tanto, en qué punto del semiciclo dispara el SCR:

- Menor resistencia → el capacitor carga más rápido → El SCR se dispara antes y hay más potencia en la carga.
- Mayor resistencia → el capacitor se carga más lento → El SCR dispara más tarde y hay menos potencia en la carga.

- Tome una de las simulaciones y analice las corrientes I_G en el momento de disparo y la corriente I_{AK} en el momento de apagado ;Coincide con el valor esperado?

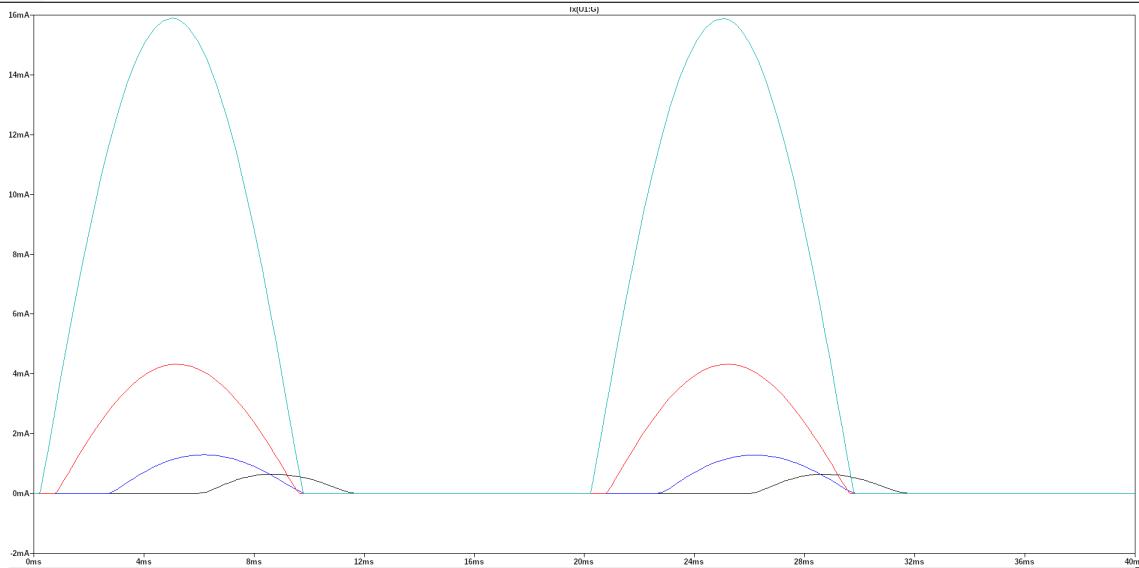


Figura 8: Corriente en el *Gate* del SCR

Nótese cómo en milisegundos, la corriente en el *Gate* sube hasta cierto valor hasta que el capacitor termina de cargarse y se descarga a tierra. Por lo que el *Gate* ve un pulso de corriente lo suficiente para activar el SCR.

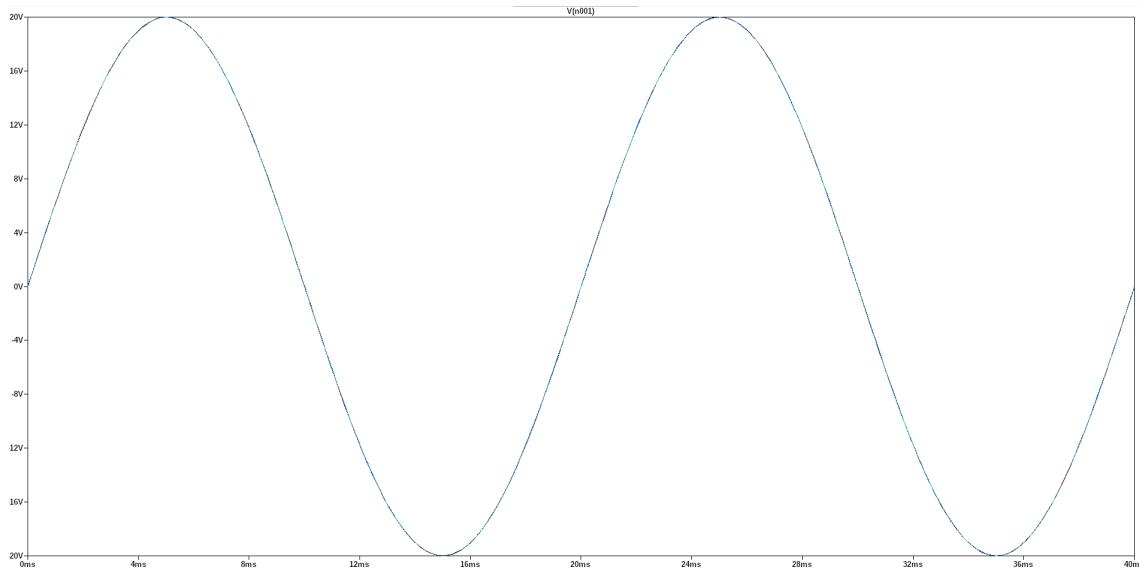


Figura 9: Sinusoidal de la fuente

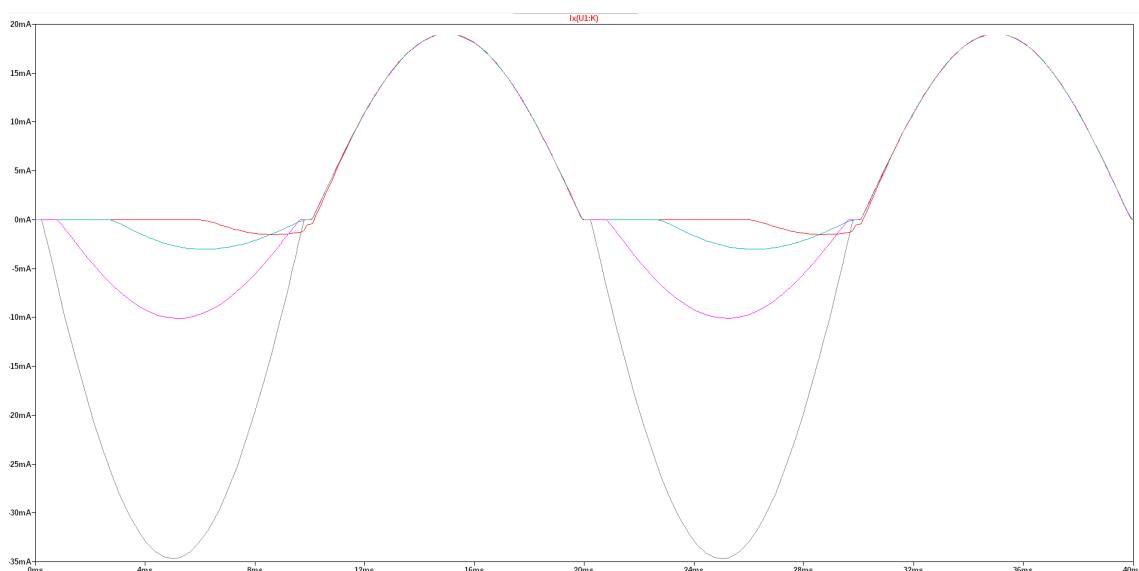


Figura 10: Corriente ánodo cátodo para distintos valores de R_2

Nótese que, para $R_2 = 0$, la onda sinoidal de la fuente entra casi completa a la carga y a medida que aumenta, entran solo ciertos semicírculos de la fuente (porque el capacitor se carga instantáneamente).

■ Identificar el ángulo mínimo y máximo que puede controlar. Exprese en grados ($^{\circ}$)

El ángulo mínimo de disparo se da para $R_2 = 0\Omega$, en este caso el capacitor se carga instantáneamente y el SCR dispara casi al comienzo del semicírculo $\simeq 0^{\circ}$. El ángulo máximo se da para $R_2 = 4K9\Omega$, en este caso el capacitor se carga muy lentamente y el SCR dispara casi al final del semicírculo $\simeq 180^{\circ}$.

Notas del documentador: SCR

Debido a la disponibilidad de las fuentes de 600V en el laboratorio tuvimos que hacer el trabajo junto a otros grupos.

4. TIRISTORES DIAC

Los DIACS y TRIACS tienen la capacidad de trabajar en ambos sentidos de polarización, en la primera actividad se identificó la tensión de conmutación del DIAC

En esta actividad, se procedió a relevar la curva característica de un DIAC DB3. Para ello, se montó el circuito de la figura 13 de la guía y se incrementó progresivamente la tensión de alimentación V_{CC} (referida como V_1 en la tabla de mediciones).

Los resultados de la medición, visibles en la tabla de la página 10, demuestran el comportamiento distintivo del dispositivo. Inicialmente, en la **zona de bloqueo**, se observa que al aumentar V_{CC} desde 0V hasta 30V, la tensión en el DIAC (V_{AK}) es idéntica a la de la fuente, mientras que la corriente I_A se mantiene en 0 mA. Esto indica que el DIAC se comporta como un circuito abierto de muy alta resistencia.

Al alcanzar los $V_{CC} = 32V$, se produce el **disparo** o *breakdown* del componente. En este instante, la corriente I_A salta bruscamente a 1.74 mA, y la tensión V_{AK} a través del dispositivo cae a 23.8V. Este punto de inflexión define la **tensión de ruptura (V_{BO})** del DIAC, que en nuestro ensayo se sitúa alrededor de los 30-32V.

Una vez disparado, el DIAC entra en la **zona de conducción**. Aumentos posteriores en V_{CC} (desde 34.3V a 50V) provocan un incremento en la corriente I_A (de 2.24 mA a 5.92 mA). Notablemente, la tensión V_{AK} se mantiene relativamente constante en un valor bajo, estabilizándose alrededor de 22-23V. Este comportamiento valida el modelo del DIAC como un interruptor bidireccional que se activa por tensión, fundamental para su aplicación en el disparo de TRIACs.

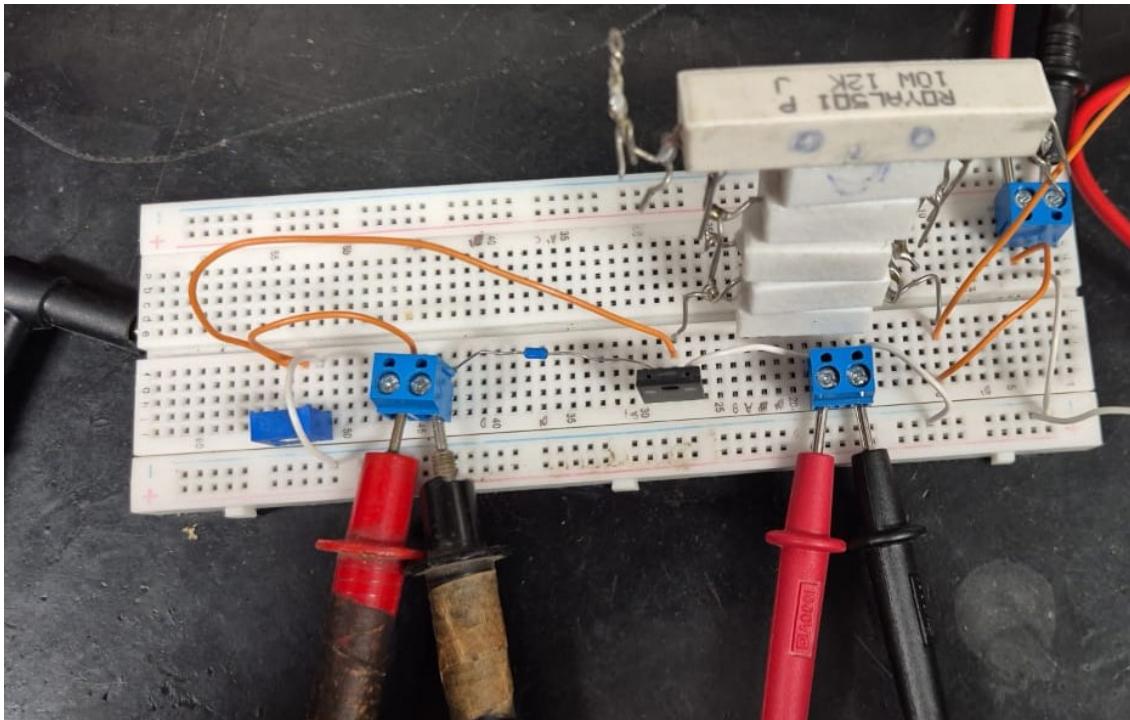
**Figura 11:** Implementación DIAC

Tabla 1: Valores del DIAC relevados en el laboratorio.

Vcc (V)	VAK (V)	IA (mA)
0	0	0
5	5	0
10	10	0
15	15	0
20	20	0
22	22	0
25	25	0
28	28	0
30	30	0
32	23.8	1.74
34.3	23.4	2.24
40.4	22.6	3.72
45	22.2	4.9
50	21.9	5.92

La curva que relaciona a I_A con V_{AK} es la siguiente:

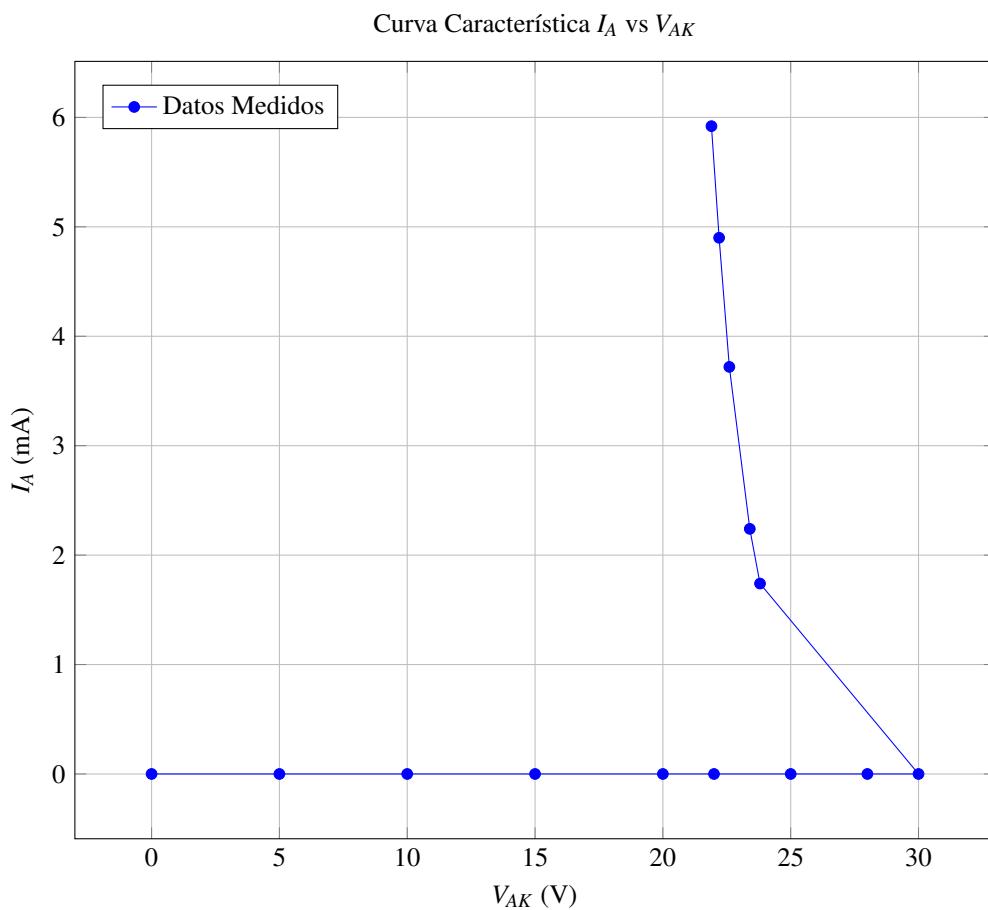


Figura 12: Curva característica I_A vs V_{AK} del dispositivo.

Notas del documentador: DIAC

En esta actividad tuvimos los mismos problemas que antes: problemas con la disponibilidad con las fuentes y problemas de medición con la proto y los multímetros

5. TIRISTORES TRIAC

Para la actividad 5, se analizó el comportamiento de un TRIAC BT137 controlado por un DIAC en su compuerta, según el esquema de la figura 14, donde se fijaron distintas tensiones de alimentación V_{CC} (80V, 130V, etc.) y se midió la corriente de ánodo (I_A) en función de la corriente de compuerta (I_G).

El análisis de dichas mediciones revela los tres estados fundamentales del TRIAC: Primero, se comprueba el **estado de bloqueo**. Con $V_{CC} = 100V$ aplicados, una corriente de compuerta $I_G = 523,3\mu A$ (generada por $V_G = 15V$) es insuficiente para activar el dispositivo, resultando en una corriente de ánodo $I_A = 0$. Segundo, se identifica el **disparo**. Las notas indican un punto de disparo claro donde se requiere una corriente de compuerta $I_{GT} \approx 3,4mA$ (con $V_G = 3,2V$) para que el TRIAC se encienda y permita el flujo de una corriente de carga $I_A = 37,6mA$. Esto demuestra la función de control del dispositivo: una pequeña corriente de compuerta conmuta una corriente de carga mucho mayor. Finalmente, y de manera crucial, las mediciones demuestran el **efecto de enganche (latching)**. Se registra un punto donde, tras el disparo, la corriente de compuerta se reduce a $I_G = 0mA$ (con V_G residual de 0.7V), pero el TRIAC **permanece encendido**, sosteniendo una corriente de carga $I_A = 16,3mA$. Este fenómeno es la característica principal de un tiristor: una vez activado, ya no necesita la señal de disparo para seguir conduciendo. El dispositivo solo se apagará si la corriente de carga I_A cae por debajo de la **corriente de mantenimiento (I_H)**.

Tabla 2: Valores del TRIAC relevados en el laboratorio.

V_G [V]	$V_i = 80V$		$V_i = 130V$			$V_i = 180V$		
	I_G [mA]	I_A [mA]	V_G [V]	I_G [mA]	I_A [mA]	V_G [V]	I_G [mA]	I_A [mA]
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	10	0	0	10	0	0
20	0	0	20	0	0	20	0	0
30	0	0	30	0	0	30	0	0
31	0	0	31	0	0	32	0	31.7
32	3.4	3.4	31.6	4.53	4.57	—	—	—
23.3	3.8	3.9	28.4	4.53	4.53	—	—	—
23.1	4.15	4.15	0.3	0	26.7	—	—	—
23.2	4.6	4.8	—	—	—	—	—	—
23.2	4.3	6	—	—	—	—	—	—
23.3	4.1	6.2	—	—	—	—	—	—
0.7	0	16.3	—	—	—	—	—	—

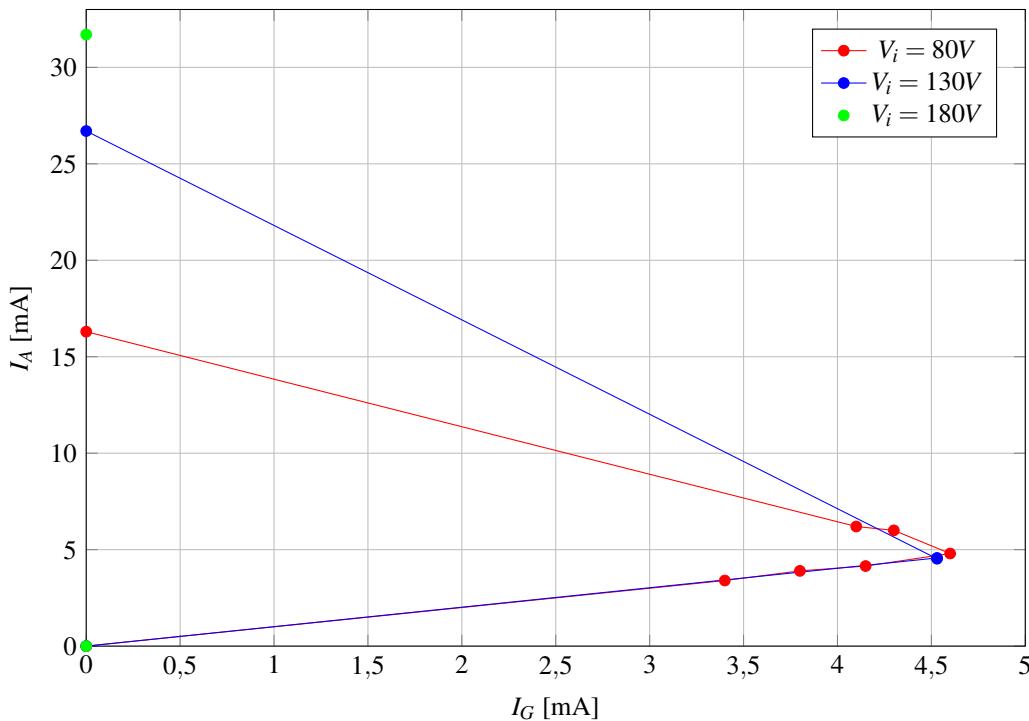


Figura 13: Familia de curvas experimentales $I_A = f(I_G)$ para distintos valores de V_i

5.1. Conclusiones

Nos pareció raro comparar I_G con I_A , pero podemos ver que para una mayor VCC aumentamos el valor de disparo en la tensión V_G , la curva nos queda aceptable, pero para $VCC = 180V$, el disparo ocurre demasiado rápido y no pudimos medir la curva correctamente

Notas del documentador: TRIAC

Tuvimos inconvenientes para hacer disparar el triac en 180V, solamente pudimos medir después del disparo la I_A

6. Dimmer y controlador de potencia

En esta actividad final se analiza la aplicación más común de los tiristores: el control de potencia en corriente alterna (CA) mediante un circuito "dimmer". El objetivo es observar el funcionamiento del TRIAC en un circuito real alimentado por la red eléctrica. El circuito, detallado en la Figura 15, utiliza un TRIAC (TIC 226) como interruptor principal en serie con la carga. El control de este interruptor se logra mediante una red de disparo compuesta por un DIAC, un capacitor, y una resistencia variable (potenciómetro) de 250K. El principio de funcionamiento es el **control de ángulo de fase**. En cada semiciclo de la onda de CA de entrada, el capacitor se carga a través del potenciómetro. La velocidad de esta carga es determinada por la constante de tiempo RC, la cual se ajusta variando la resistencia del potenciómetro. Cuando la tensión acumulada en el capacitor alcanza la tensión de ruptura (V_{BO}) del DIAC (indicada como 30V en el diagrama), el DIAC se dispara. Al dispararse, actúa como un interruptor cerrado y descarga abruptamente el capacitor sobre la compuerta (Gate) del TRIAC.

El pulso de corriente (I_G) dispara al TRIAC, poniéndolo en estado de conducción. Una vez encendido, el TRIAC permite que la corriente fluya hacia la carga durante el **resto** de ese semiciclo. Cuando la onda de CA cruza por cero, la corriente que atraviesa el TRIAC cae por debajo de su corriente de mantenimiento (I_H), provocando su **apagado natural** (conmutación natural). El proceso se repite idénticamente en el siguiente semiciclo, pero con polaridad opuesta, gracias a la naturaleza bidireccional del DIAC y el TRIAC.

El efecto de "dimmer" (atenuación) se logra al variar el potenciómetro:

- **Resistencia alta:** El capacitor tarda más en cargarse. El disparo del TRIAC ocurre tarde en el semiciclo. Se entrega poca potencia a la carga (luz tenue).
- **Resistencia baja:** El capacitor se carga rápidamente. El disparo del TRIAC ocurre temprano en el semiciclo. Se entrega mucha potencia a la carga (luz intensa).

De esta forma, el circuito controla la potencia transferida a la carga ajustando el ángulo de fase en el que comienza la conducción.

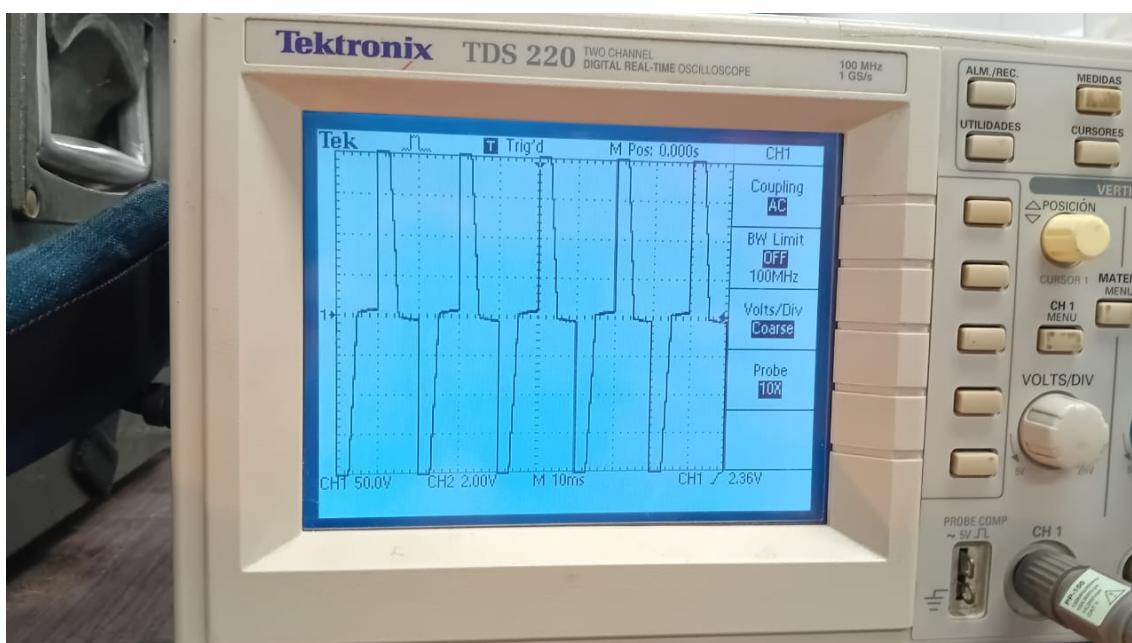


Figura 14: Disparo del triac con la menor resistencia

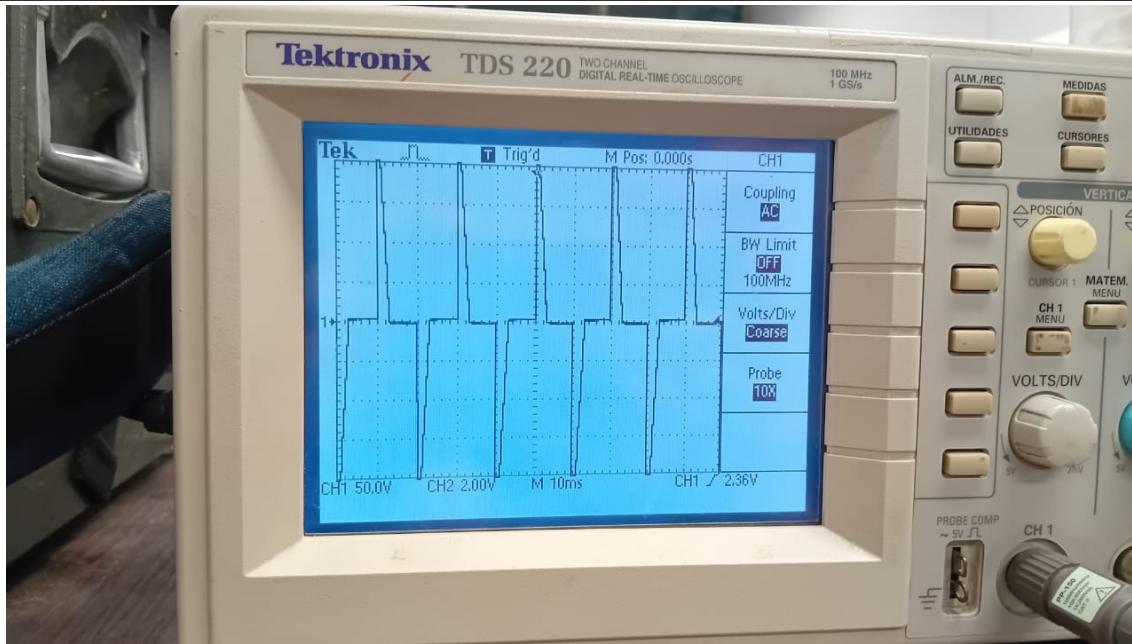


Figura 15: Disparo del triac con una resistencia media

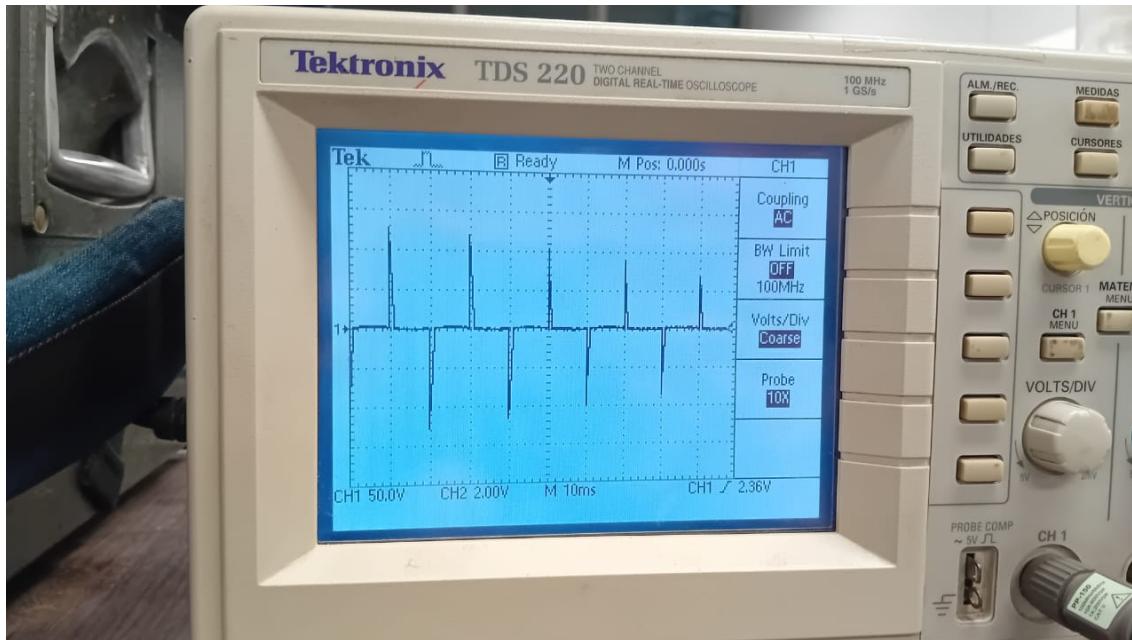


Figura 16: Disparo del triac con la mayor resistencia

Notas del documentador: Dimmer

En esta experiencia tuvimos problemas con la red eléctrica, ya que quemamos 2 puntas de osciloscopio e hicimos saltar la térmica del banco de trabajo, pero si logramos medir correctamente la experiencia

7. INTERPRETACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

8. A.L. 4: Interpretación de las especificaciones del fabricante

En esta sección revisarán algunos parámetros dados por el fabricante. El objetivo es continuar familiarizándose con los parámetros expresados en los datasheet.

Notas del documentador: hoja de datos

"Los datasheets correspondientes están en el apartado de *Bibliografía, datasheets e instrumentos*."

Análisis DIAC-DB3

Parámetro	Valor típico / rango	Significado
V_{BO}	32V	Tensión de ruptura o tensión de disparo
$I_{BO(max)}$	50 μ A	Corriente máxima de disparo
ΔV_{min}	5V	Tensión de ruptura dinámica
$I_{B(mas)}$	10 μ A	Corriente de fuga

Análisis SCR-C106

Parámetro	Valor típico / rango	Significado
$V_{DRM} o V_{RRM}$	100V(Serie A)	Tensión de disparo
$I_{T(RMS)}$	4A	Corriente eficaz en conducción
$I_{T(AV)}$	2,55A	Corriente promedio en conducción
$I_{T(TSM)}$	20A	Corriente de pico máxima
$I_{DRM} O I_{RRM}$	10 μ A	Corriente de fuga
I_{GT}	200 μ A	Corriente de disparo de compuerta
V_{GT}	0,4 _{min} / 1 _{max} V	Voltaje de disparo de compuerta
I_H	0,3 _{min} / 3 _{max} mA	Corriente de mantenimiento
t_{gt}	1,2 μ s	Tiempo de encendido
t_q	40 μ s	Tiempo de apagado
$R_{\theta JC}$	3°C/W	Resistencia térmica de juntura a encapsulado
$R_{\theta JA}$	75°C/W	Resistencia térmica de juntura a ambiente

Análisis SCR-C106

Parámetro	Valor típico / rango	Significado
$V_{DRM} o V_{RRM}$	600V	Tensión de disparo
$I_{T(RMS)}$	4A	Corriente eficaz en conducción
$I_{T(TSM)}$	25A(20ms)	Corriente de pico máxima
I_{GT}	5mA	Corriente de disparo de compuerta
V_{GT}	0,7 _{TYP} / 1,5 _{max} V	Voltaje de disparo de compuerta
I_H	5 _{TYP} / 15 _{max} mA	Corriente de mantenimiento
V_T	1,4 _{TYP} / 1,7 _{max} V	Tensión de caída en conducción
t_{gt}	2 μ s	Tiempo de encendido
t_q	---	Tiempo de apagado
R_{thj-mb}	3K/W	Resistencia térmica de juntura a base de montaje
R_{thj-a}	60K/W	Resistencia térmica de juntura a ambiente
T_{STG}	-40 _{min} / 150 _{max} °C	Temperatura de almacenamiento
T_J	125°C	Temperatura de juntura máxima



9. Conclusiones

La realización de este trabajo práctico fue caótico debido a las condiciones de realización, mucha gente amontonada en un mismo espacio y los errores que llevaron a la quema de las puntas, hicieron que la experiencia no fuera la mejor. A pesar de esto, pudimos demostrar el funcionamiento de los dispositivos en su totalidad.

10. Bibliografía, datasheets e instrumentos

10.1. Bibliografía

- Floyd, Thomas L. Principles of Electric Circuits: Conventional Current Version.
- Clases teóricas de la asignatura "Dispositivos Electrónicos".
- Datasheets de los instrumentos proporcionados por los fabricantes.

10.2. Instrumentos



(a) Multimetro 1



(b) Multimetro 2

Figura 17: Instrumentos



(a) Multimetro 3



(b) Multimetro 4

Figura 18: Instrumentos

1) Multímetro

- **Fabricante:** Pro'sKit
- **Modelo:** MT-1706 CAT 1000V
- **Serie:** MT-17XX

Información de mediciones	
Tensión CC 60V - Res: 10mV	$\pm 0,5\%$ + 3 dig.
Temperatura [°C] -20 a 1000°C - Res: 1°C	$\pm 1,0\%$ lectura + 3 dig.
hFE [npn, pnp] $I_B \sim 10\mu A$ $V_{CE} \sim 2,8V$	$0 \sim 2000$
Corriente continua 6mA - Res: 0,001mA 60mA - Res: 0,01mA	$\pm (0,8\% \text{ Lectura} + 3\text{dig.})$

2) Multímetro

- **Fabricante:** UNI-T
- **Modelo:** UT60B
- **Serie:** UT60

Información de mediciones	
Tensión CC Autorango(400mV-4V)	$\pm 0,5\%$ + 1 dig.
Corriente continua Autorango($400\mu A$ - $4000\mu A$)	$\pm (1\% \sim 3\text{dig}$ Lectura + 3dig.)

3) Multímetro - Osciloscopio - Generador de señales

Información de las mediciones	
Tensión CC 9,999V/99,99V/999,99V	$\pm (0,5\% + 3)$
Tensión AC 9,999V/99,99V/750V	$\pm (1\% + 3)$
Corriente CC $9999\mu A \rightarrow 9,999A$	$\pm (1,2\% + 3)$
Corriente AC $9999\mu A \rightarrow 9,999A$	$\pm (1,5\% + 3)$

4) Pinza amperométrica

Información de las mediciones	
Tensión CC 400mV → 0,1mV 4V → 0,001V 40V → 0,01V 400V → 0,1V 600V → 1V	$\pm (0,8\% \text{ reading} + 5 \text{ digits})$



Figura 19: Fuente de alimentación UNIT-T

- **Fabricante:** UNIT-T
- **Modelo:** UTP3315TFL-II
- **Serie:** UTP3313TFL-II / UTP3315TFL-II

Información de valores	
Tensión Output 0 a 30V V_{CC}	0,5 % + 20mV
Corriente Output 0 a 5A	0,5 % + 10mA
Ondulación y ruido	2mVRMS

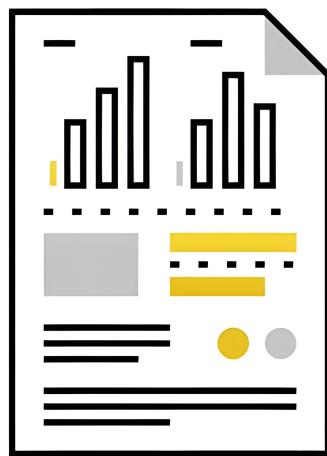
- **Fuente de tensión alterna**

- **Fabricante:** GW INSTEK
- **Modelo:** SFG-2120
- **Serie:** SFG-2100 Series



Figura 20

10.3. Datasheets



DataSheets