

Trabajo práctico N°5

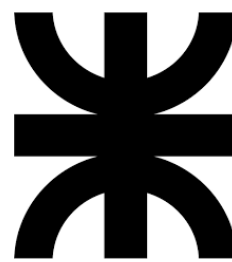
■ Autores:

- Mariano Alberto Condori - Leg. 406455 (Coordinador)
- Ignacio Ismael Perea - Leg. 406265 (Operador)
- Gonzalo Ezequiel Filsinger - Leg. 403797 (Operador/Doc.)
- Marcos Acevedo - Leg. 402898 (Doc)

■ Curso: 3R1

■ Asignatura: Dispositivos Electrónicos.

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



U
T
N

F
R
C

Índice

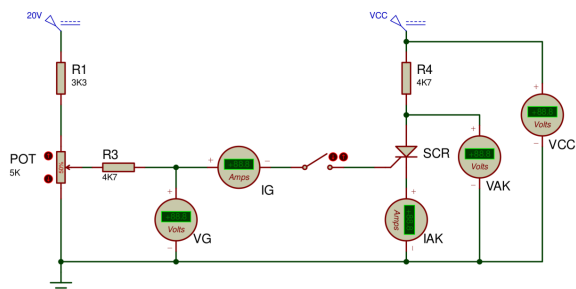
| | |
|---|----------|
| 1. Actividad 1: Condiciones I_G e I_H. | 1 |
| 1.1. Actividad de Laboratorio | 1 |
| 1.2. Simulación | 2 |
| 2. Actividad 2: Curvas características del SCR | 3 |
| 2.1. Actividad de Laboratorio | 3 |
| 3. Actividad 4: DIAC | 4 |
| 3.1. Actividad de Laboratorio | 4 |
| 4. Actividad 5: Polarización y func. del TRIAC | 5 |
| 4.1. Actividad de Laboratorio | 5 |
| 5. Actividad 6: Control de disparo del TRIAC | 6 |
| 5.1. Actividad de Laboratorio | 6 |
| 6. Actividad 7: Interpretación del Datasheet | 7 |
| 6.1. Parametros del DIAC | 7 |
| 6.2. Parametros del SCR | 7 |
| 6.3. Parametros del TRIAC | 8 |
| 6.4. Datos no encontrados | 8 |

1. Actividad 1: Condiciones I_G e I_H .

1.1. Actividad de Laboratorio

- 3 Multimetros
- SCR TIC106M
- Resistores de 3300Ω y dos de 4700Ω
- Potenciómetro de 5000Ω
- 2 Fuentes de alimentación

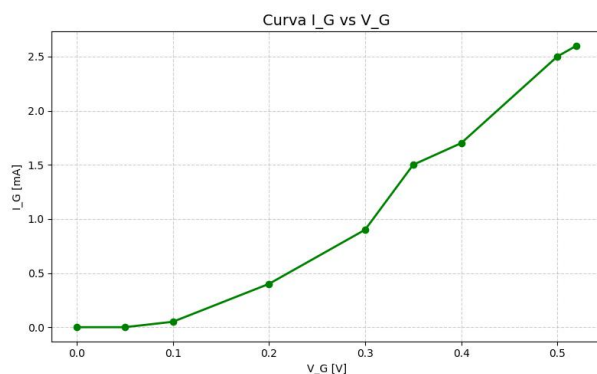
Procedimiento Para esta actividad se implementó el siguiente circuito:



Primero se dejó la fuente V_{CC} en 0, se cerró el interruptor y se empezó a variar el potenciómetro para obtener valores de V_G e I_G .

Tabla 1: Datos de Voltaje y Corriente

| | | | | | | | |
|------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|
| V_G [V] | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,5 | 0,52 |
| I_G [mA] | 0,4 | 0,9 | 1,5 | 1,7 | 2,0 | 2,5 | 2,6 |



Luego se colocó V_G en 0 y se cerró el interruptor y se colocó V_{CC} en 100V. Lentamente aumentamos el valor V_G hasta ver un cambio en I_{AK} .

Dejamos el potenciómetro en el valor que nos dió el disparo y abrimos el interruptor, observando que sucede con I_{AK} .

Ahora manteniendo la llave abierta, bajamos V_{CC} en pasos de 10V, y los ultimos 10V en pasos de 1V. Luego volver a aumentar V_{CC} hasta 100V.

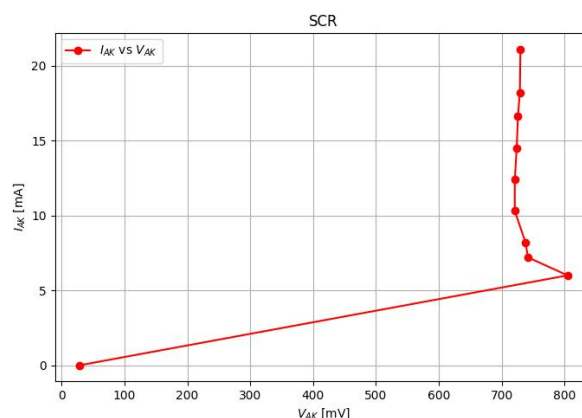
Cerramos el interruptor y comprobamos que los valores de V_G e I_G son los mismos que al principio.

Abrimos el interruptor y analizamos que sucede con I_{AK} .

Desconectamos las tensiones de alimentación sin mover nada y luego las volvemos a conectar, cerramos el interruptor y analizamos el comportamiento de I_{AK} .

Tabla 2: Datos de V_{CC} , V_{AK} e I_{AK}

| V_{CC} [V] | V_{AK} [mV] | I_{AK} [mA] |
|--------------|---------------|---------------|
| 100 | 730 | 21,1 |
| 90 | 729 | 18,2 |
| 80 | 726 | 16,6 |
| 70 | 724 | 14,5 |
| 60 | 721 | 12,4 |
| 50 | 721 | 10,3 |
| 40 | 738 | 8,2 |
| 35 | 742 | 7,2 |
| 30 | 805 | 6,0 |
| 28,4 | 28,4 | 0 |

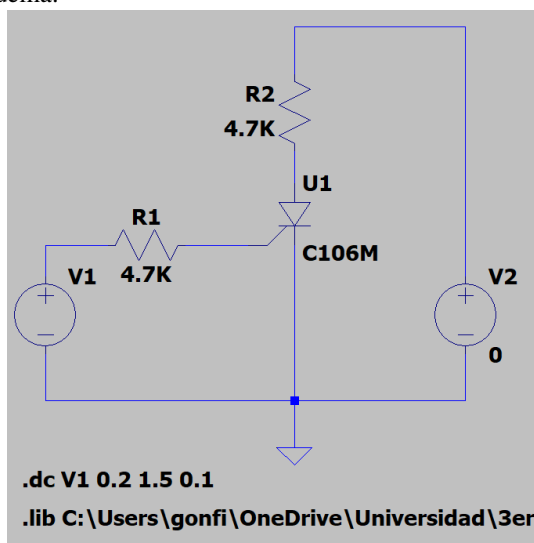


Análisis de Resultados

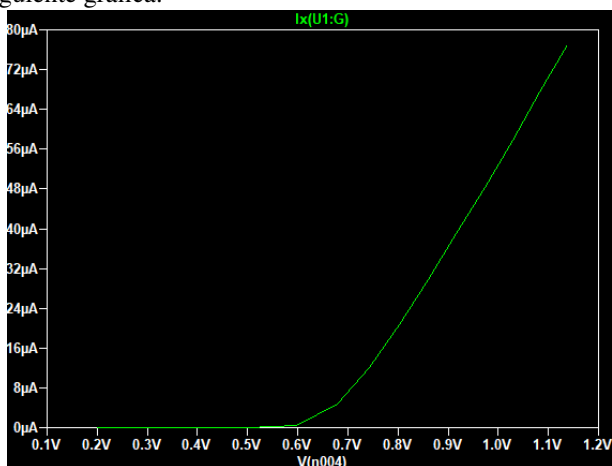
- I. El metodo que se nos presenta es disparo por corriente de compuerta ya que al llegar a un valor de V_G suficiente como para disparar I_G el SCR conduce para un cierto valor menor de V_{AK} , a la hora de abrir el interruptor el SCR sigue conduciendo hasta que la corriente baja de I_H como se puede observar en la grafica. El SCR puede encenderse sin que se active la compuerta incrementando el voltaje V_{AK} hasta que este supere el voltaje de V_{BR} .
- II. Las conclusiones que se pueden obtener de la experiencia realizada es que la curva $I_G = f(V_G)$ que observamos al principio de las actividades de laboratorio es similar a la de un diodo, ya que dispara la corriente a partir de un cierto valor de V_G .

1.2. Simulación

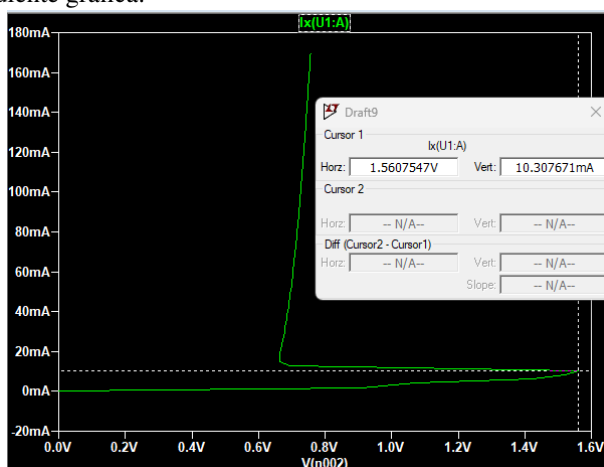
Para la simulación del circuito utilizamos el siguiente esquema:



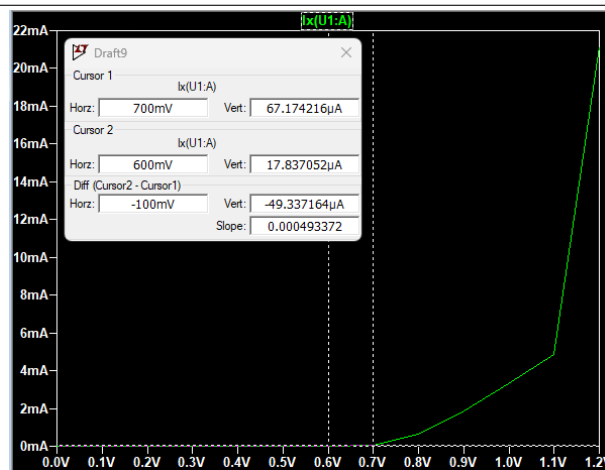
Primero establecemos la fuente V_2 en 0V y variamos la fuente V_1 de 0.2V a 1.5V en pasos de 0.1V, obteniendo la siguiente gráfica:



Ahora Analizaremos el disparo, para ello variaremos la fuente V_2 de 0V a 800V en pasos de 10V, obteniendo la siguiente gráfica:



Por ultimo realizaremos un disparo controlado, dejaremos la fuente V_2 en 100V y variaremos la fuente V_1 hasta encontrar un punto donde I_A cambie bruscamente, obteniendo la siguiente gráfica:



En la primera simulacion observamos que la curva tiene un comportamiento similar al de un diodo, con una caída de tensión directa de aproximadamente 0.7V. En la segunda simulacion observamos que el SCR se dispara alrededor de los 1.56V. En la tercera simulacion con V_2 en 100V, el SCR empieza a conducir entre los 0.6V y los 0.7V como se observa en la grafica.

2. Actividad 2: Curvas características del SCR

2.1. Actividad de Laboratorio

- SCR TIC106D.
- Fuente de alimentación DC 0 a 600V.
- Dos multímetros.
- Potenciometro de 5k Ω .
- Resistores varios.

Procedimiento Para esta actividad se implementó el circuito mostrado anteriormente.

Primero fijamos un valor de I_G y variamos V_{CC} hasta observar el disparo del SCR, anotando los valores de V_{AK} e I_{AK} .

| I_G [μ A] | V_{CC} [V] | I_{AK} [mA] | V_{AK} [V] |
|------------------|--------------|---------------|--------------|
| 10 | 95 | 19.8 | 1.25 |
| 20 | 80 | 16.5 | 1.10 |
| 30 | 65 | 13.0 | 0.95 |
| 40 | 55 | 10.2 | 0.84 |
| 50 | 45 | 7.6 | 0.75 |

Tabla 3: Datos de Medición

Ahora realizamos el mismo procedimiento pero para cada vez un valor de I_G variamos V_{CC} para obtener V_{AK} desde 0 hasta 15V.

Tabla 4: Tabla 3: Datos de Medición (Curvas I-V)

Parte 1: $I_G = 50 \mu A$ a $I_G = 30 \mu A$

| $I_G = 50 \mu A$ | | $I_G = 40 \mu A$ | | $I_G = 30 \mu A$ | |
|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|
| V_{AK} [V] | I_{AK} | V_{AK} [V] | I_{AK} | V_{AK} [V] | I_{AK} |
| 300mV | 180nA | 300mV | 180nA | 300mV | 187nA |
| 600mV | 373nA | 600mV | 373nA | 600mV | 373nA |
| 800mV | 13,48 μ A | 700mV | 430nA | 700mV | 436nA |
| 900mV | 31,6 μ A | 800mV | 13 μ A | 900mV | 14 μ A |
| 1,0V | 45,26 μ A | 1,0V | 45,26 μ A | 1,0V | 38,53 μ A |
| 1,2V | 66,9 μ A | 1,1V | 53 μ A | 1,2V | 40,06 μ A |
| 1,5V | 87,4 μ A | 1,2V | 53,9 μ A | 1,4V | 42,07 μ A |

Parte 2: $I_G = 20 \mu A$ a $I_G = 10 \mu A$

| $I_G = 20 \mu A$ | | $I_G = 10 \mu A$ | |
|------------------|---------------|------------------|--------------|
| V_{AK} [V] | I_{AK} | V_{AK} [V] | I_{AK} |
| 400mV | 250nA | 200mV | 124nA |
| 700mV | 436nA | 600mV | 373nA |
| 800mV | 11,3 μ A | 700mV | 436nA |
| 900mV | 23,5 μ A | 800mV | 8,5 μ A |
| 1,2V | 27,33 μ A | 1,1V | 14 μ A |
| 1,4V | 27,5 μ A | 1,4V | 14,5 μ A |
| 1,5V | 27,6 μ A | 2,0V | 22 μ A |

En base a los datos obtenidos, podemos graficar las curvas I_{AK} vs V_{AK} para los distintos valores de I_G .

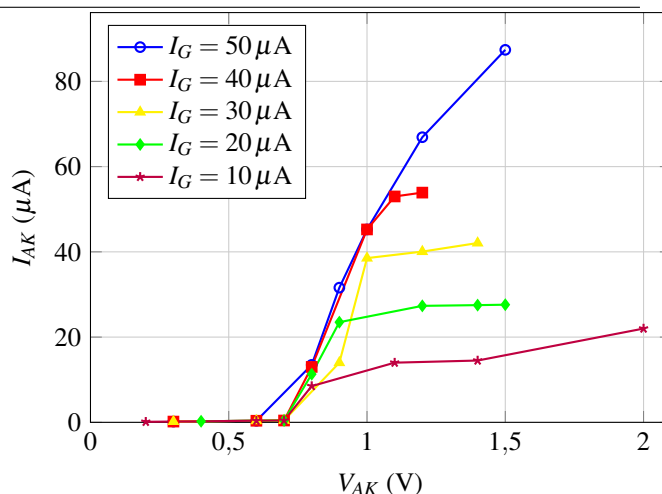


Figura 1: Curvas I_{AK} vs V_{AK} para distintos valores de I_G . Las corrientes están en μA .

Analisis de Resultados

a) Conclusiones sobre la Tabla 2

Se observa que al aumentar la corriente de compuerta I_G , el valor de tensión V_{CC} necesario para disparar el SCR disminuye. Esto ocurre porque una mayor I_G facilita la conducción del dispositivo al inyectar más portadores en la región interna, reduciendo el umbral de disparo. Por lo tanto, existe una relación inversa entre I_G y la tensión de disparo V_{AK} .

c) Conclusiones del gráfico

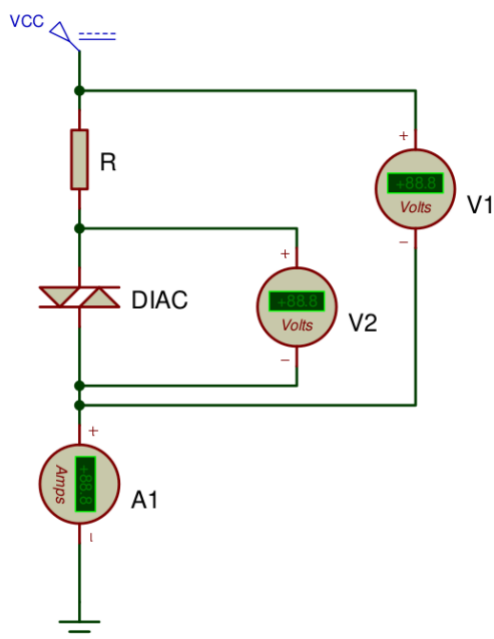
Las curvas $I_{AK} = f(V_{AK})$ muestran que, al aumentar I_G , el SCR conduce con menor tensión V_{AK} , desplazando el punto de disparo hacia la izquierda. Después del disparo, la corriente crece bruscamente y el dispositivo entra en una zona de baja resistencia. También se observa histéresis, al disminuir la tensión, el SCR se apaga recién cuando I_{AK} cae por debajo de la corriente de mantenimiento I_H .

3. Actividad 4: DIAC

3.1. Actividad de Laboratorio

- DIAC DB3.
- Dos multímetros.
- Resistores varios.
- Fuente de alimentación de 0 a 600V.

Procedimiento Se montó el siguiente circuito:



Variamos la tensión de alimentación de 0 a 50V, midiendo la corriente y caída de tensión en el DIAC. Luego invertimos los terminales del DIAC y repetimos el procedimiento anterior.

Como resultados obtenemos las siguientes tablas y el siguiente gráfico:

| V_{CC} [V] | V_{AK} [V] | I_A [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 |

Tabla 5: Mediciones de I_A frente a V_{AK} .

| V_{CC} [V] | V_{AK} [V] | I_A [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 | -23.7 | -1.72 |
| 34.3 | -23.4 | -2.26 |
| 40.4 | -22.6 | -3.7 |
| 45 | -22.2 | -4.8 |
| 50 | -21.9 | -5.9 |

Tabla 6: Mediciones de I_A frente a V_{AK} .

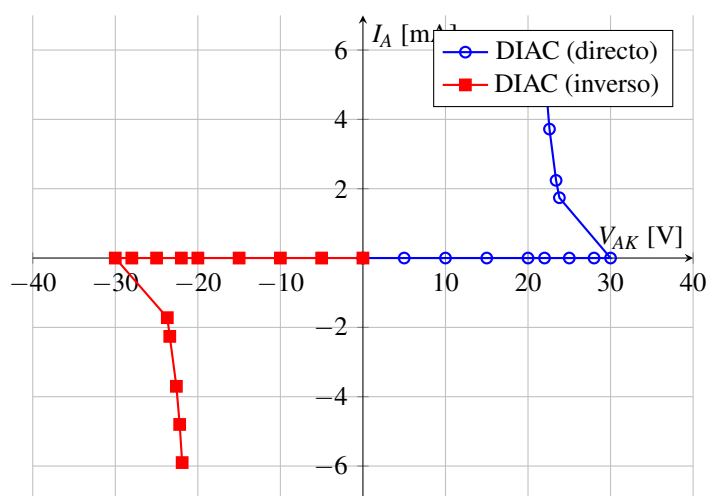


Figura 2: Curva experimental I_A frente a V_{AK} para ambas polaridades.

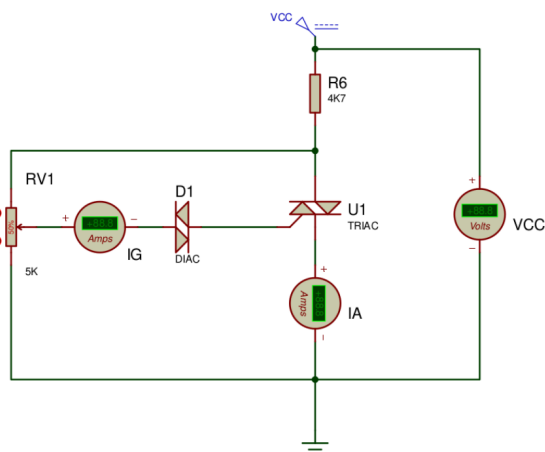
Análisis de Resultados Como podemos observar en la figura de arriba, en el DIAC el voltaje V_{AK} se eleva lentamente hasta llegar a un punto de ruptura, donde la corriente aumenta rápidamente y el voltaje cae abruptamente. Este comportamiento es similar al de un SCR visto anteriormente, pero en este caso, también es posible hacerlo en la dirección inversa, ya que el DIAC es un dispositivo simétrico, tal y como vemos en la segunda parte en donde se obtuvo la gráfica para la polaridad inversa.

4. Actividad 5: Polarización y func. del TRIAC

4.1. Actividad de Laboratorio

- TRIAC BT137
- DIAC DB3
- Dos Multímetros
- Dos fuentes de alimentación
- Potenciómetro $5k\Omega$

Procedimiento Para esta actividad se implementó el siguiente circuito:



Primero variamos el potenciómetro de forma que V_G quede a potencial de cero volts cuando la fuente esta conectada. Ahora colocamos la fuente de alimentación en 50V y aumentamos lentamente V_G observando permanentemente I_G e I_A . Determinamos el momento donde el dispositivo se dispara.

Bajamos el valor de V_G a cero y observamos lo que pasa con I_A .

Ahora subimos El valor de V_{cc} a 100V y repetimos los pasos anteriores.

Luego subimos El valor de V_{cc} a 150V y repetimos los pasos anteriores.

Y finalmente obtenemos el siguiente grafico dado por las siguientes tablas:

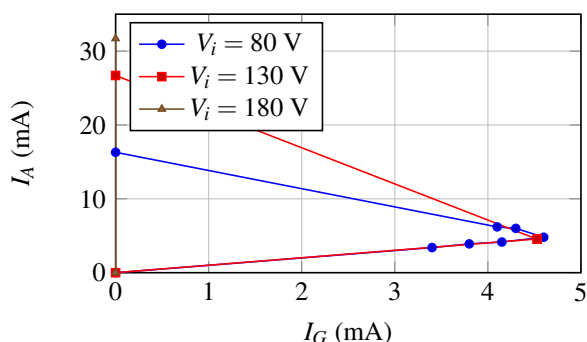


Figura 3: Curvas I_A vs I_G para las tres tensiones de alimentación.

| $V_i=80V$ | | | $V_i=130V$ | | |
|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| $V_G[V]$ | $I_G[mA]$ | $I_A[mA]$ | $V_G[V]$ | $I_G[mA]$ | $I_A[mA]$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 |
| 31 | 0 | 0 | 31 | 0 | 0 |
| 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 | - | - | - |

| $V_i=180V$ | | |
|------------|-----------|-----------|
| $V_G[V]$ | $I_G[mA]$ | $I_A[mA]$ |
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 |
| 32 | 0 | 31.7 |
| - | - | - |
| - | - | - |
| - | - | - |
| - | - | - |
| - | - | - |
| - | - | - |
| - | - | - |
| - | - | - |

Análisis de Resultados Según las tablas obtenidas podemos ver como para mayores valores de tensión de alimentación, el TRIAC se dispara con menores valores de corriente de compuerta. Esto se debe a que al aumentar la tensión de alimentación, la corriente a través del dispositivo también aumenta, lo que facilita el disparo del TRIAC con una corriente de compuerta menor.

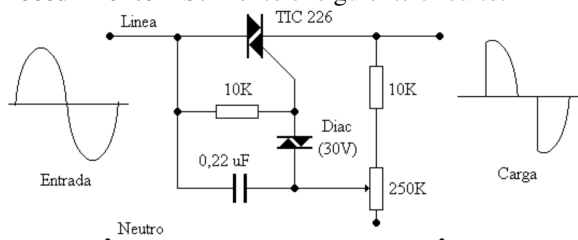
Con respecto al grafico comparando I_A vs I_G , podemos observar que efectivamente cuando se aumenta la tensión de alimentación, se necesitan menores valores de corriente de compuerta para que el TRIAC conduzca. Lo unico malo fue que para 180V el disparo ocurre tan rápido que no pudimos medir la corriente de compuerta, pero si la corriente de anodo.

5. Actividad 6: Control de disparo del TRIAC

5.1. Actividad de Laboratorio

- Circuito Dimmer.
- Transformador de aislación.
- Multímetro, osciloscopio analógico y punta de medición.

Procedimiento Se montó el siguiente circuito:



Conectamos el transformador de aislación a la red eléctrica y luego conectamos el osciloscopio a la salida del transformador.

Llevamos el potenciómetro hacia el valor óhmico más alto, observamos y graficamos la forma de onda observada en el osciloscopio.

Ahora variamos el valor del potenciómetro mientras observamos la forma de onda en el osciloscopio, graficando las diferentes formas de onda obtenidas para distintos valores del potenciómetro.

Luego medimos con el osciloscopio el valor de I_H que produce el apagado del TRIAC al final de cada semiciclo.

Observando la forma de onda a la salida del TRIAC obtuvimos las siguientes gráficas:

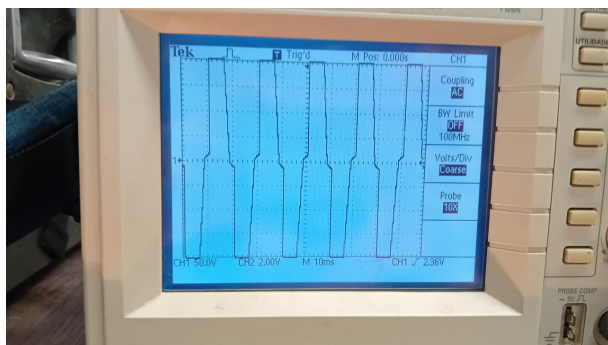


Figura 4: Salida del TRIAC con el potenciómetro en su valor mínimo.

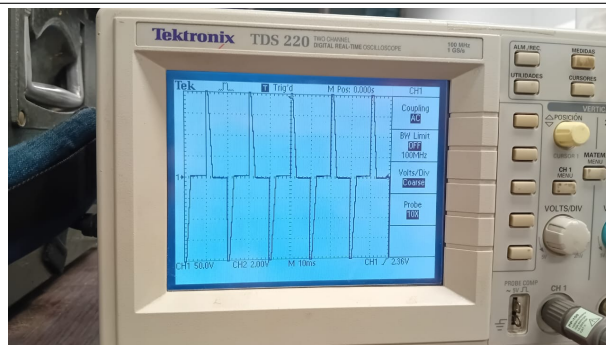


Figura 5: Salida del TRIAC con el potenciómetro en un valor intermedio.

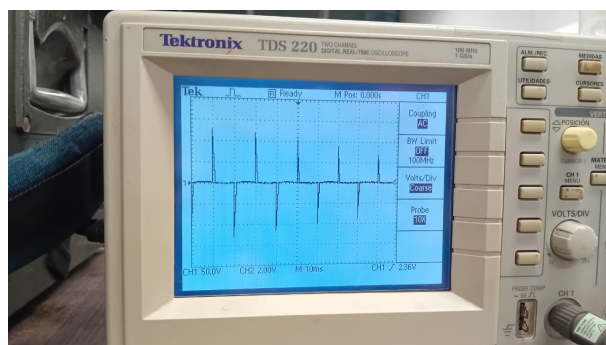


Figura 6: Salida del TRIAC con el potenciómetro en su valor máximo.

Análisis de Resultados Al variar el valor del potenciómetro, se modifica el ángulo de disparo del TRIAC, lo que a su vez afecta la forma de onda de salida.

Cuando el potenciómetro está en su valor mínimo, el TRIAC se dispara casi al inicio de cada semiciclo, permitiendo que la mayor parte de la onda de entrada pase a la salida, como se observa en la Figura 4.

Al aumentar el valor del potenciómetro a un valor intermedio, el ángulo de disparo se retrasa, lo que resulta en una forma de onda de salida que comienza más tarde en cada semiciclo, como se muestra en la Figura 5.

Finalmente, cuando el potenciómetro está en su valor máximo, el TRIAC se dispara muy tarde en cada semiciclo, permitiendo que solo una pequeña porción de la onda de entrada llegue a la salida, como se observa en la Figura 6. Este comportamiento es característico de los circuitos de control de fase utilizando TRIACs, donde el ajuste del ángulo de disparo permite controlar la potencia entregada a la carga conectada al TRIAC.

Como ejemplo se puso una lámpara como carga, y el gráfico obtenido de esta con respecto a la entrada fueron los siguientes:

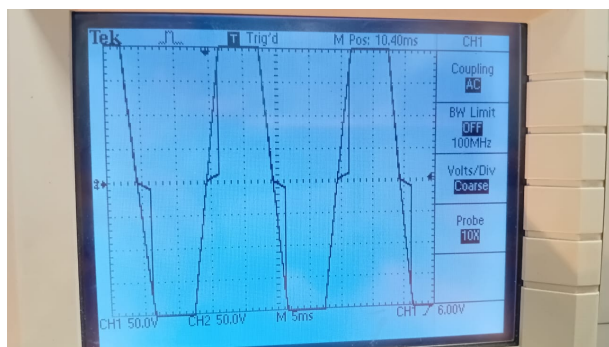


Figura 7: Salida del TRIAC con el potenciómetro en su valor mínimo.

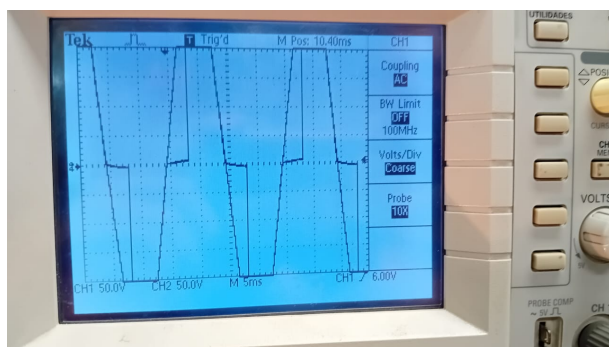


Figura 8: Salida del TRIAC con el potenciómetro en un valor intermedio.

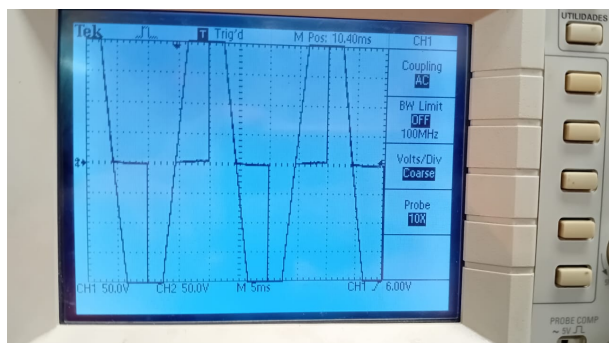


Figura 9: Salida del TRIAC con el potenciómetro en su valor máximo.

6. Actividad 7: Interpretación del Datasheet

6.1. Parámetros del DIAC

- **VBO** (Voltaje de ruptura): Es el voltaje al cual el DIAC comienza a conducir corriente en ambas direcciones. En este caso, es de 28V el mínimo, 32V el típico y 36V el máximo.
- **IBO** (Corriente de ruptura): Es la corriente que fluye a través del DIAC cuando alcanza el voltaje de ruptura. En este caso, es de 50 μ A.
- **ΔV** (Diferencia de voltaje): Es la diferencia de voltaje entre el punto de ruptura y el voltaje de alimentación. En este caso, es de 5V.
- **IR** (Corriente filtrada): Es la corriente que se filtra por el dispositivo tanto en directa como inversa. En este caso, es de 10 μ A.
- **IP** (Corriente pico): Es la corriente máxima que puede soportar el DIAC en un pulso corto. En este caso, es de 0.3A.

6.2. Parámetros del SCR

- **VDRM** (Voltaje máximo directo de bloqueo): Es el voltaje máximo que el SCR puede soportar en polarización directa sin dispararse. En este caso, es de 600V.
- **IT(RMS)** (Corriente RMS máxima): Es la corriente máxima que el SCR puede manejar en condiciones normales de operación. En este caso, es de 4A.
- **IT(AV)** (Corriente media máxima): Es la corriente media máxima que el SCR puede manejar en un ciclo completo. En este caso, es de 2.55A.
- **ITSM** (Corriente de pulso máxima): Es la corriente máxima que el SCR puede manejar en un pulso corto. En este caso, es de 20A.
- **IDRM** (Corriente de fuga en bloqueo directo): Es la corriente que fluye a través del SCR cuando está en polarización directa pero no está disparado. En este caso, es de 10 μ A.
- **IGT** (Corriente de disparo): Es la corriente mínima que se debe aplicar a la compuerta para disparar el SCR. En este caso, es de 15 μ A la típica y 200 μ A la máxima.
- **VGT** (Voltaje de disparo): Es el voltaje mínimo que se debe aplicar a la compuerta para disparar el SCR. En este caso, es de 0.4V la mínima, 0.6V la típica y 0.8V la máxima.
- **IH** (Corriente de mantenimiento): Es la corriente mínima que debe fluir a través del SCR para mantenerlo en estado de conducción después de haber sido disparado. En este caso, es de 0.19mA la típica y 3mA la máxima.
- **tgt** (Tiempo de disparo): Es el tiempo que tarda el SCR en cambiar de estado de bloqueo a estado de conducción después de que se aplica la corriente de disparo a la compuerta. En este caso, es de 1.2 μ s.

- **t_q** (Tiempo de apagado): Es el tiempo que tarda el SCR en volver al estado de bloqueo después de que la corriente a través de él cae por debajo de la corriente de mantenimiento. En este caso, es de 40μs.
- **R_{θJC}** (Resistencia térmica unión a carcasa): Es la resistencia térmica entre la unión del SCR y su carcasa. En este caso, es de 3°C/W.
- **R_{θJA}** (Resistencia térmica unión a ambiente): Es la resistencia térmica entre la unión del SCR y el ambiente. En este caso, es de 75°C/W.

6.3. Parametros del TRIAC

- **V_{DRM}** (Voltaje máximo directo de bloqueo): Es el voltaje máximo que el TRIAC puede soportar en polarización directa sin dispararse. En este caso, es de 600V.
- **I_{T(RMS)}** (Corriente RMS máxima): Es la corriente máxima que el TRIAC puede manejar en condiciones normales de operación. En este caso, es de 8A.
- **I_{TSM}** (Corriente pico de estado de conducción de sobretensión no repetitiva) : Es la corriente máxima que el TRIAC puede manejar en un pulso corto de sobretensión. En este caso, es de 60A.
- **I_{GT}** (Corriente de disparo): Es la corriente mínima que se debe aplicar a la compuerta para disparar el TRIAC. En este caso, es de 10mA.
- **V_{GT}** (Voltaje de disparo): Es el voltaje mínimo que se debe aplicar a la compuerta para disparar el TRIAC. En este caso, es de 1.5V.
- **I_H** (Corriente de mantenimiento): Es la corriente mínima que debe fluir a través del TRIAC para mantenerlo en estado de conducción después de haber sido disparado. En este caso, es de 20mA.
- **V_{TM}** (Caída de voltaje en estado de conducción): Es el voltaje que cae a través del TRIAC cuando está en estado de conducción. En este caso, es de 1.3V el mínimo y 1.65V el máximo.
- **t_{gt}** (Tiempo de disparo): Es el tiempo que tarda el TRIAC en cambiar de estado de bloqueo a estado de conducción después de que se aplica la corriente de disparo a la compuerta. En este caso, es de 2μs.
- **R_{θj-mb}** (Resistencia térmica unión a base de montaje): Es la resistencia térmica entre la unión del TRIAC y la base de montaje. En este caso, es de 2°C/W.
- **R_{θj-a}** (Resistencia térmica unión a ambiente): Es la resistencia térmica entre la unión del TRIAC y el ambiente. En este caso, es de 60°C/W.
- **T_{STG}** (Temperatura de almacenamiento): Es el rango de temperatura en el cual el TRIAC puede ser almacenado sin sufrir daños. En este caso, es de -40°C a 150°C.

- **T_J** (Temperatura de unión): Es el rango de temperatura en el cual el TRIAC puede operar sin sufrir daños. En este caso, es de 125°C.

6.4. Datos no encontrados

Para TRIAC:

- **t_q** (Tiempo de apagado): Es el tiempo que tarda el TRIAC en volver al estado de bloqueo después de que la corriente a través de él cae por debajo de la corriente de mantenimiento. No se encontró dicho dato en el datasheet.

Para DIAC:

- **I_C** (Desconocido): No se encontró dicho dato en el datasheet.