

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

MT 5004

Laboratorio de Electrónica de Potencia Aplicada

Tarea 4: Control de nivel con SCR
Modalidad virtual

Estudiante

Jose Fabio Navarro Naranjo

Carné

2019049626

Profesora

Johanna Vanessa Muñoz Pérez

Semestre II - 2021

Parte 1: Implementación en simulador

En la figura 2 se muestra la implementación del diagrama del circuito de la figura 1 en el software Proteus, versión 8.11. Es importante mencionar que dicha simulación se realizó con un triac BT136 (por recomendación de la profesora), en vez del SCR C106, esto debido a que no se pudo conseguir dicho elemento. Para efectos de la simulación se utilizó un triac convencional en Proteus, sin embargo, este se configuró con los parámetros de la hoja de datos del BT136, con lo que se consiguió que este elemento funcionara de la manera deseada, además de que se pudo simular de manera completa la implementación en físico. Debido a lo anterior, se dimensionó la resistencia R7 a $4k\Omega$, de modo que se pudiera proporcionar el valor de corriente necesario para el pulso de activación en el gate del triac.

De igual manera, se utilizó un timer NE556N en vez del timer 555, ya que tampoco se pudo conseguir dicho integrado. Para este caso, el timer NE556N tiene un funcionamiento idéntico al 555, ya que está conformado por 2 de estos circuitos integrados.

Por último, se utilizó un bombillo de 12V y 5W, por lo que con estos parámetros se dimensionó el fusible con un valor de 750mA.

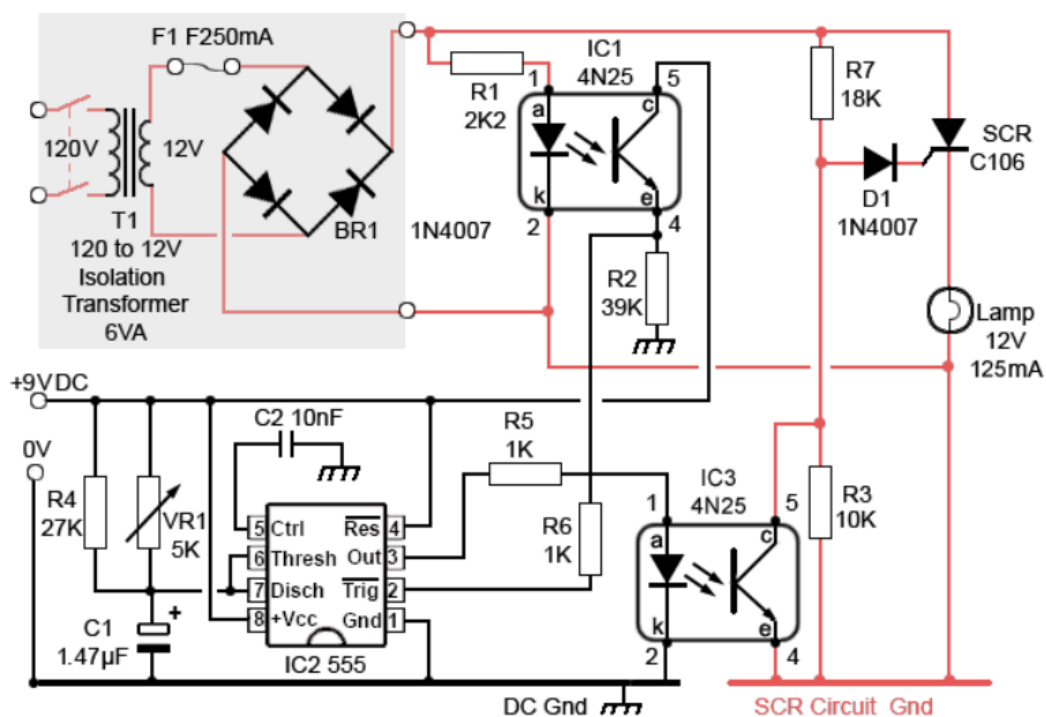


Figura 1. Diagrama del circuito por implementar.

Figura 3. Gráficas solicitadas con el potenciómetro en 0%.

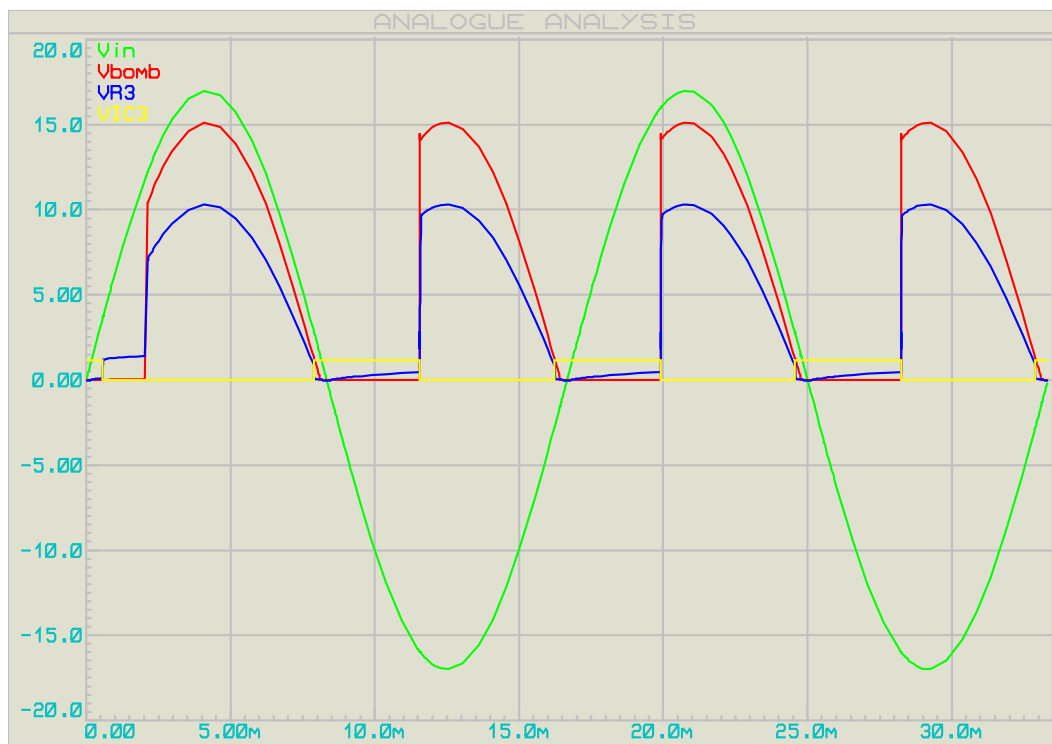


Figura 4. Gráficas solicitadas con el potenciómetro en 50%.

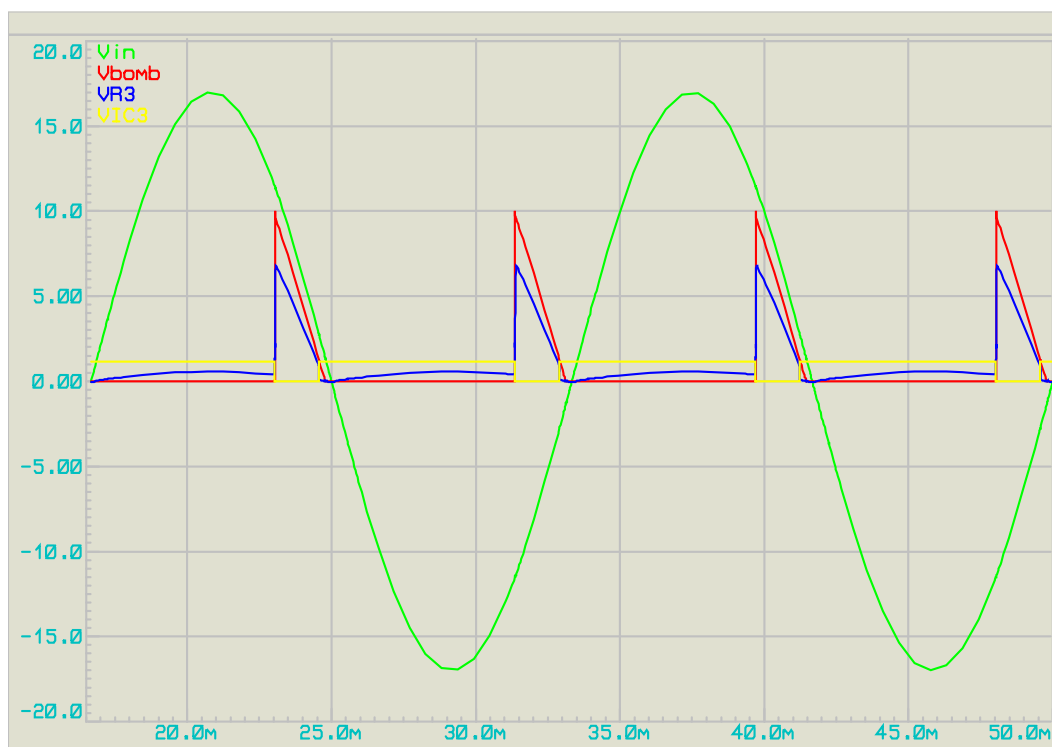


Figura 5. Gráficas solicitadas con el potenciómetro en 100%.

Por otra parte, a continuación se muestra la descripción y función de cada componente utilizado en el montaje del circuito de la figura 2.

- R1: La función de esta resistencia es evitar que se queme el diodo del IC1 (4N25), ya que de no ser por esta resistencia, este diodo quedaría conectado entre la onda rectificada y la tierra, de modo que no podría soportar tanta tensión y se quemaría.
- R2: la función de R2 es evitar que se queme el transistor del optotransistor IC1, ya que cuando este transistor se polariza y conduce (por efecto del diodo), el único componente que evita que este elemento quede en corto es R2.
- R3: la función de esta resistencia es aumentar la tensión en el ánodo del diodo D5, ya que cuando el transistor del IC3 está polarizado, el ánodo está prácticamente conectado a tierra (por esto el diodo no se polariza cuando el optotransistor está activado), Luego, cuando el optotransistor se desactiva, el ánodo ya no está conectado a tierra, sino que esta resistencia provoca que haya una diferencia de potencial mayor que permite que el diodo se active.
- R4: esta resistencia tiene como función sumarse al potenciómetro para enviar una señal específica de tensión del Threshold del 556, y que de esta manera, los comparadores dentro del 556 puedan recibir esta señal, y definir el comportamiento del 556. Este elemento se conecta en paralelo para que cuando el potenciómetro esté en 0%, la entrada del pin Threshold quede conectada directamente a la alimentación.
- R5: esta resistencia tiene como función disminuir la corriente que sale del timer 556, para evitar sobrecargas en el optotransistor IC3, y que de esta manera el transistor opere correctamente y en los rangos deseados.
- R6: esta resistencia lo que hace es regular la corriente que le llega al 556 en el trigger, ya que de no ser por ella, cuando el optotransistor (IC1) se activa, este puerto recibe por completo la tensión de alimentación DC.
- R7: esta resistencia sirve para regular la corriente del pulso que activa al Triac, de modo que se debe dimensionar acorde a la corriente necesaria de activación en el gate.
- F1: el fusible está conectado en forma preventiva, de modo que en el caso de que exista un valor de corriente que pueda dañar los componentes del circuito este tiene como función quemarse e impedir el flujo de corriente hacia el resto del circuito. Este componente se dimensiona con base al bombillo para este caso, ya que esta es la carga.

- D1, D2, D3, D4: este grupo de diodos funcionan como un puente rectificador de onda completa para la señal de corriente alterna proveniente del transformador, de modo que se transforma en una señal de corriente directa (opera solo con valores mayores o iguales a 0).
- D5: la función de este diodo es generar el pulso de corriente en el gate del triac, de manera que genera este pulso únicamente cuando se logra que la tensión entre sus terminales sea la necesaria para la polarización. Este diodo no permanece encendido durante todo el tiempo debido a que la tensión que recibe de R7 no es constante, sino que oscila entre 0 y el valor pico de la tensión de entrada, por este motivo es que se activa únicamente durante ciertos puntos del periodo.
- TRIAC (U2): este elemento de potencia se activa mediante los pulsos de corriente en el gate. Al activarse (o desactivarse) este elemento permite que el bombillo se encienda (o se apague).
- L1 (Lámpara): la lámpara o bombillo en este caso actúa como carga, y debido a la luz que emite permite observar el funcionamiento del circuito de control sobre él.
- IC1 (4N25): permanece activo durante la mayoría de tiempo y se desactiva en los cruces por cero de la onda de entrada debido a que el diodo no recibe la tensión necesaria para polarizarse, debido a esto, en el cruce por cero el transistor tampoco conduce, y el IC2 (556) capta esta señal en el Trigger.
- IC2 (556): este integrado funciona como un “timer” o reloj que emite pulsos de una duración determinada por el valor del potenciómetro, los cuales polarizan el optotransistor IC3, y de esta manera, en la transición entre los periodos de conducción y no conducción del transistor del IC3 (flancos de caída) es que se emite, en el diodo D5, el pulso necesario para que el Triac comience a conducir y así se activa al bombillo hasta el siguiente cruce por cero.
- IC3 (4N25): este optotransistor se polariza gracias a los pulsos proveniente del timer 556. Mientras esté polarizado, la mayoría de la corriente que ingresa por la rama de R7 fluirá por ahí, de modo que pone al ánodo del diodo D5 en corto con tierra y por eso dicho diodo no se activa y no permite que se dé el pulso de activación.
- RV1 (Potenciómetro): Este elemento se encarga de variar el comportamiento de los pulsos que emite el 566, y por ende, el comportamiento de la carga y del resto del circuito.

Al variar este valor de resistencia, varía la tensión que ingresa en el Threshold y por ende, el 556 toma distintas decisiones con los comparadores y el flip-flop, de modo que se modifica el ciclo de trabajo de los pulsos de la salida, y dichos pulsos activan (o desactivan) al IC3, y de esta manera provocan que el diodo D5 pueda o no conducir.

- C1: este capacitor se encarga (junto con el potenciómetro) de definir el ciclo de trabajo del pulso de salida, ya que como está conectado al threshold del 555 (que está conectado a un comparador en el interior) lo que se hace es cargarse hasta cambiar la salida del comparador y cambiar el estado del flip-flop en el interior. En este caso varía el ciclo de los pulsos ya que dependiendo del valor del potenciómetro, este capacitor se carga con mayor o menor velocidad y esto hace que el 555 (por su funcionamiento) varíe el tiempo en alto y bajo del pulso.
- C2: este capacitor se conecta en la entrada CTRL (Control Voltage) de modo que permite estabilizar el voltaje de referencia que utilizan los comparadores que se encuentran en el interior del 556.
- BAT1: esta fuente sirve como alimentación para la sección del circuito en DC, en donde alimenta al timer 556 y demás componentes necesarios para el funcionamiento de este. Además proporciona la corriente necesaria para el funcionamiento del transistor del optotransistor IC1.

Ahora, se realizó un cambio en el valor de C1 a 2uF, de modo que se obtuvieron las 2 siguientes gráficas los extremos del potenciómetro.

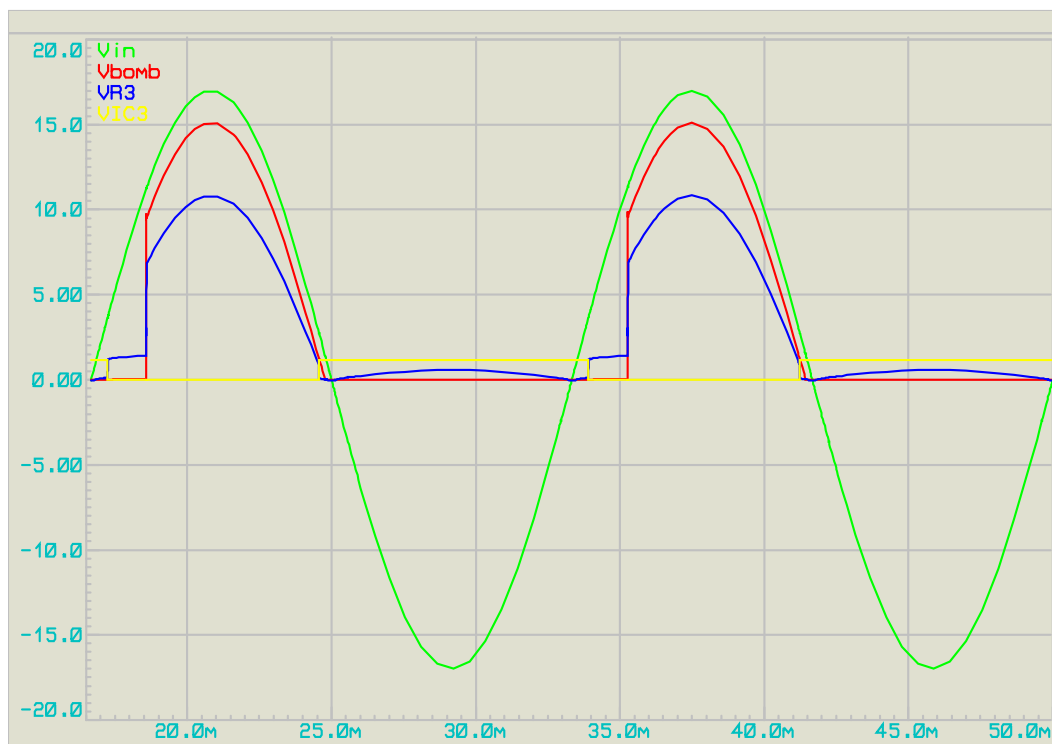


Figura 6. Gráficas solicitadas con el potenciómetro al 100% y C1 de 2uF.

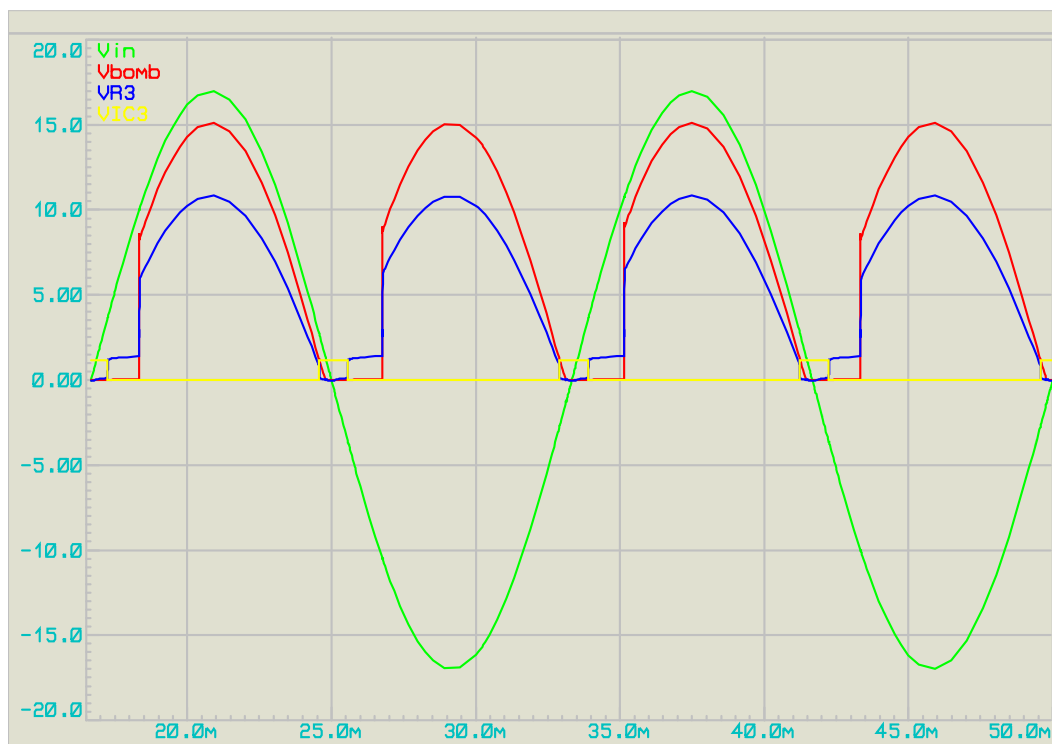


Figura 7. Gráficas solicitadas con el potenciómetro al 0% y C1 de 2uF.

Primero, es importante mencionar que al cambiar el valor de C1 a 2uF no hubo ningún cambio significativo en el caso en el que el potenciómetro está a un 0%.

Por otra parte, para el caso en el que el potenciómetro está al 100%, lo que sucedió fue que se duplicó el periodo de los pulsos que emite el 556, de modo que el periodo pasó de ser la mitad del periodo de la onda de alimentación a ser ahora igual a dicho periodo. Por este motivo, es que ahora el bombillo se activa por periodos más largos que coinciden casi con un semiperiodo de la onda de alimentación. También, es importante mencionar que ahora el pulso en el diodo se genera casi al inicio del semiciclo de la onda, por lo que el bombillo se activa por mucho más tiempo. De igual manera, se puede observar que el pulso en el bombillo no se genera justo en el flanco de bajada del pulso del 556, si no que se activa poco después. Esto se puede deber a la configuración que existe entre el diodo D5, R3 y el transistor del optotransistor IC3.

Lo que sucede acá, es que el capacitor C1, como se mencionó anteriormente se carga debido a la tensión que recibe por parte de las resistencias (potenciómetro y R4) y se descarga debido a que está conectado a la terminal Discharge del 556 cuando el transistor del interior del 556 se polariza. Sin embargo, esta descarga se da justo cuando se dan los pulsos en la salida. En este caso como la capacitancia es mayor el capacitor dura más en cargarse. Al observar la figura 1, se nota que dicho capacitor se encuentra conectado al Threshold y al Discharge. Asimismo, al observar el diagrama interno del 555 (figura 8) se observa que el Threshold se encuentra conectado a un comparador que tiene como referencia dos tercios de la alimentación, es por esto que cuando el capacitor alcanza ese valor el comparador cambia la salida que emite hacia el flip-flop. Sin embargo, es importante recordar que, de manera muy general se puede decir que, el 555 está sincronizado con los cruces por 0, entonces, como en este caso el capacitor tarda más en cargarse, no logra descargarse con la misma frecuencia anterior, ya que debe seguir la sincronización con los cruces por cero, y es por esto que se cambia la frecuencia de los pulsos.

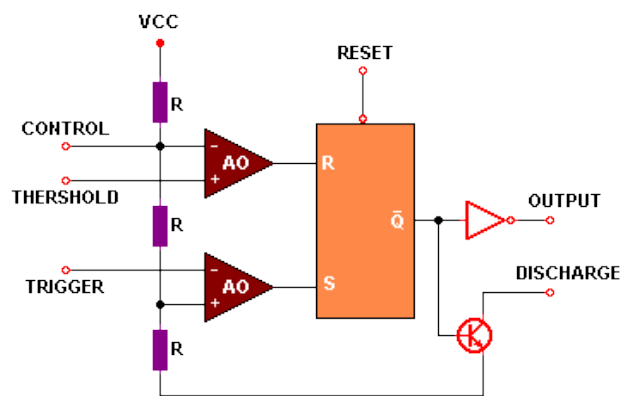


Figura 8. Diagrama interno del circuito integrado 555.

Esto no sucede en el caso en que el potenciómetro está al 0% ya que, para este caso, el capacitor queda sometido a una diferencia de potencial mayor, por lo que se carga con

mayor velocidad y logra seguir sincronizado con los cruces por cero de la onda de alimentación.

Parte 2: Implementación en protoboard

Primero, es importante mencionar que las fotografías y el video para la verificación de este circuito se encuentran en el enlace que se muestra en los anexos, el cual lleva a una carpeta de One Drive.

Ahora, se muestra en la tabla 1 las mediciones de la tensión en la resistencia 1, la cual corresponde a la tensión rectificada luego del puente de diodos, la tensión en la carga (el bombillo) y la luz emitida por el bombillo. Es importante mencionar que para estas mediciones se tomó como referencia la tierra AC que se muestra en la figura 1.

Para las mediciones de la luz se utilizó la aplicación “Photometer PRO”, la cual muestra que el sensor del teléfono móvil utilizado tiene una resolución de 1,0.

Asimismo, el valor de la incertidumbre para estas mediciones es de $\pm(0,8\% + 3)$ según la hoja de datos del multímetro, donde el 3 corresponde a 3 unidades de la resolución, por lo que para mediciones entre 2V y 20V la resolución es de 1mV, entonces el 3 anterior representa 3mV, y para mediciones entre 20V y 200V, la resolución es de 10mV, por lo que el 3 representa 30mV. Por este motivo, la incertidumbre de cada dato se muestra por separado en cada celda, siguiendo la siguiente ecuación:

$$I = DATO \times 0,8\% + 3 \times 10^{-3}; \text{ para } 2 \leq DATO \leq 20$$

$$I = DATO \times 0,8\% + 30 \times 10^{-3}; \text{ para } 20 \leq DATO \leq 200$$

Tabla 1. Medición experimental de tensión en R1, tensión en la carga y luz en el bombillo.

VR1 (V)	Vcarga (V)	Luminosidad (± 1 lx)
$27,8 \pm 0,3$	$0,000 \pm 0,003$	0
$27,7 \pm 0,3$	$0,000 \pm 0,003$	0
$27,0 \pm 0,2$	$0,600 \pm 0,008$	1
$26,7 \pm 0,2$	$1,20 \pm 0,01$	2
$26,1 \pm 0,2$	$1,90 \pm 0,02$	3
$26,0 \pm 0,2$	$3,60 \pm 0,03$	28
$25,6 \pm 0,2$	$5,30 \pm 0,05$	66
$25,4 \pm 0,2$	$6,40 \pm 0,05$	176
$25,1 \pm 0,2$	$8,10 \pm 0,07$	285
$24,7 \pm 0,2$	$9,80 \pm 0,08$	380
$24,4 \pm 0,2$	$11,5 \pm 0,1$	531
$23,5 \pm 0,2$	$13,9 \pm 0,1$	990
$23,0 \pm 0,2$	$16,3 \pm 0,1$	1224
$22,2 \pm 0,2$	$18,8 \pm 0,2$	1648
$22,0 \pm 0,2$	$19,5 \pm 0,2$	1851

Asimismo, es importante mencionar que el multímetro utilizado no presenta la opción de “True RMS”, por lo que las mediciones se realizaron con el modo normal para tensiones AC. Sin embargo, las mediciones a pesar de no tener los valores RMS reales, sirven como representación para observar y analizar el comportamiento del circuito.

A continuación, en la Figura 9 y Figura 10 se muestran las respectivas gráficas del voltaje en la carga y la luminosidad en el bombillo en función de los cambios en la tensión de la resistencia 1.

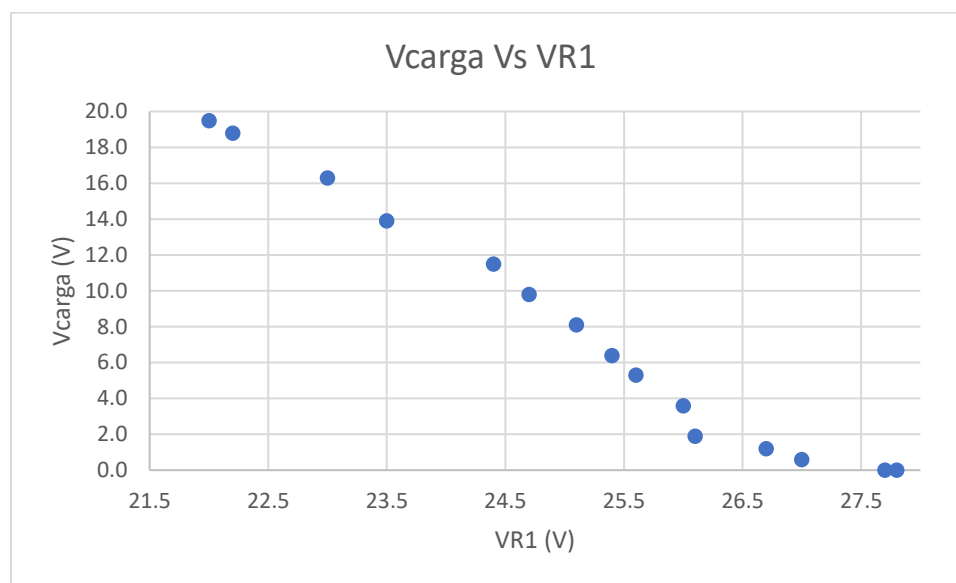


Figura 9. Gráfica de tensión en la carga vs la tensión en la resistencia 1.

Como se observa en la Figura 9, se puede decir que la tensión en la carga cambia casi de manera lineal respecto a los cambios que ocurren en la tensión de la resistencia 1. Por lo que se puede decir que la tensión en la carga es inversamente proporcional a la tensión en la resistencia uno, de modo que conforme la tensión en la resistencia uno aumenta, la tensión en la carga disminuye. También es importante mencionar que el valor de mayor tensión obtenido para la resistencia uno se midió cuando el potenciómetro estaba al 100%, donde se obtuvo el menor valor de tensión en la carga; y por el contrario, el menor valor de tensión medido en la resistencia 1 se obtuvo cuando el potenciómetro estaba en 0%, donde se obtuvo el mayor valor de tensión para la carga. Lo anterior coincide con tanto con la teoría del circuito, como con la simulación realizada en el software Proteus. Por otra parte, el hecho de que no se observe una relación perfectamente lineal se puede deber a diversos factores, tales como errores en el proceso de medición, problemas con el instrumento de medición o pequeñas diferencias en el funcionamiento del circuito con respecto a la parte teórica, que bien no alteran el funcionamiento del mismo, pero si generar diferencias en las mediciones a una menor escala.

Por último, en la Figura 10, se presenta la gráfica que muestra cómo cambia la luminosidad del bombillo respecto a los cambios en la tensión en R1, producto de los cambios en el potenciómetro. Se puede observar que la gráfica tiende a tener un comportamiento

exponencial inverso, es decir, la luminosidad del bombillo disminuye de manera exponencial conforme aumenta la tensión en la resistencia 1, o visto desde el otro lado, se podría decir que la luminosidad del bombillo aumenta exponencialmente con la disminución en la tensión de R1. Por otra parte, al igual que para la gráfica anterior, las mediciones son consistentes con la teoría, ya que la mayor luminiscencia se alcanza cuando el potenciómetro está en 0%, y el valor donde el bombillo se apaga se alcanza con el potenciómetro al 100%. El hecho de que la gráfica no se observe perfectamente exponencial se debe principalmente al instrumento de medición utilizado (teléfono celular), ya que dicho instrumento no está diseñado para realizar este tipo de mediciones con gran exactitud. Lo anterior se confirma debido a que se observaron cambios bastante bruscos en las mediciones con movimientos muy pequeños en el dispositivo móvil.

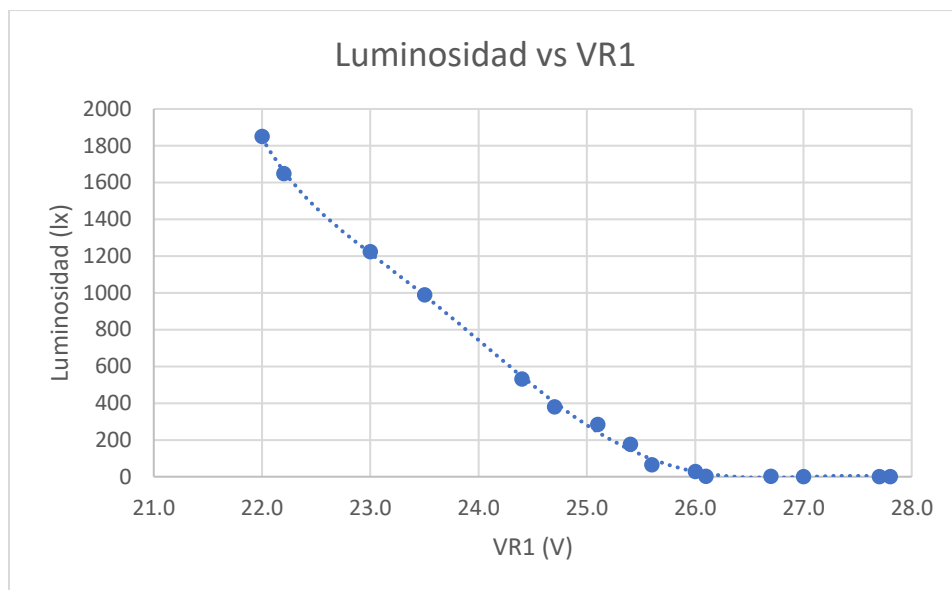


Figura 10. Gráfica de luminosidad en el bombillo vs la tensión en la resistencia 1.

Parte 3: Implementación en tarjeta de prototipo

Por último, para esta sección las imágenes y el video que muestran las conexiones y el funcionamiento del circuito implementado en la tarjeta de prototipo se encuentran en el enlace que se adjunta en los anexos, el cual lleva a una carpeta de One Drive con toda la documentación necesaria para la evaluación de esta tarea.

Anexos

- **Anexo 1:** Enlace para la carpeta de archivos de la tarea.

En el siguiente enlace lleva a una carpeta dónde se encuentran las imágenes y videos para la implementación del circuito tanto en protoboard, como en la tarjeta de prototipo. Asimismo, allí se encuentran los archivos de la simulación en Proteus.

https://estudianteccr-my.sharepoint.com/:f/g/personal/josefabio1127_estudiantec_cr/EnlWn58rESBHodapQWA_Y4UBqPLkRcEA20ShjFRcARHWsA?e=1w82Tv

En caso de que el vínculo no funcione correctamente o genere errores, por favor contactarme a josefabio1127@gmail.com o josefabio1127@estudiantec.cr