

DESARROLLO DE UN DIMMER PARA LÁMPARA LED TIPO BULBO ¹

Guillermo A. Fernández²; Jonathan D. Krucheski³; Andrés K. Viera³; Rodrigo G. Amaral³

¹ Experiencia de cátedra, Trabajo integrador de la asignatura Técnicas Digitales 1, carrera Ingeniería Electrónica, Facultad de Ingeniería, UNaM.

² Tutor, Ingeniero Electrónico, fernandez@fio.unam.edu.ar

³ Estudiantes de Ingeniería Electrónica, jonathankrucheski@gmail.com; kenji909@gmail.com; ro_ga11@hotmail.com.ar

Resumen

En este artículo se presenta el diseño y construcción de un circuito dimmer destinado al control de la luminosidad de una lámpara LED tipo bulbo energizada a través de la red eléctrica (es decir con driver integrado). El funcionamiento del circuito propuesto, se basa en el control de potencia por ángulo de disparo de fase inversa (Trailing Edge), alimentado directamente por los 220V de la red. A continuación se muestra el diseño, la construcción y los ensayos de un prototipo de este circuito, el cual fue desarrollado con componentes de bajo costo y asequibles en el mercado local. Los resultados obtenidos han sido aceptables, cumpliendo con las especificaciones de diseño.

Palabras Clave: *Dimmer - Lámpara LED - Control de potencia - Trailing Edge.*

Introducción

Los avances en la tecnología y las crecientes demandas de energía eléctrica han impulsado desarrollos en el área de la iluminación, proponiendo alternativas lámparas alternativas de bajo consumo a las lámparas. Dentro de estas alternativas se destaca la tecnología LED, que si bien es relativamente vieja (los primeros desarrollos fueron en la década de los 60), su uso en la iluminación se hizo popular a mediados del 2006, cuando los adelantos tecnológicos hicieron rentable la utilización de la misma en la iluminación a gran escala (OSRAM, 2015). En nuestro país, la utilización de las lámparas LEDs tipo bulbo, alimentadas directamente desde los 220V de la red, ha tomado un notable impulso en la iluminación en los hogares. Esto se debe principalmente a la reducción en el costo y a la difusión de sus características principales, bajas pérdidas y mayor vida útil (AOD, 2015).

Cuando un ambiente requiere adaptar la intensidad luminosa, por ejemplo para ahorrar energía eléctrica, las lámparas deben conectarse a un circuito denominado dimmer. Este circuito generalmente opera modificando la forma de onda de la tensión aplicada a la lámpara y así variando la potencia desarrollada en la misma. A este modo de control se lo conoce con el nombre de “regulación de potencia por ángulo de disparo” (ETC, 2009).

La implementación de un dimmer con el modo de control mencionado, puede realizarse empleando dos técnicas de encendido de su llave electrónica de potencia. Una de ellas es la denominada de fase directa (Forward Phase) o también conocida como Leading Edge, Triac Dimming o SCR dimming (EPtronics, 2012). En los dimmers que utilizan esta técnica, en cada semiciclo de la tensión de red, su llave electrónica permanece cerrada durante cierto tiempo después del cero en dicha tensión. Luego de esto, la llave electrónica se activa permitiendo la conducción de corriente a través de la lámpara. Esta condición es mantenida hasta que en el semiciclo la tensión de red se anula nuevamente. De esta forma, la tensión aplicada a la lámpara es como la indicada en la Figura 1a. Como puede observarse, para un semiciclo de la tensión de red existe un ángulo de disparo (α) y un ángulo de conducción (β) respectivamente, siendo este último el intervalo de tiempo que está sombreado en la figura. La regulación de la potencia en la lámpara, y por ende de su

luminosidad, es efectuada modificando el ángulo de disparo. A mayor ángulo de disparo, menor tensión eficaz aplicada a la lámpara y menor su luminosidad. Este método es ampliamente utilizado en lámparas con resistencia de tungsteno (incandescente convencionales) y lámparas halógenas.

Otra técnica de disparo de la llave electrónica del dimmer, se conoce con el nombre de fase inversa, Reverse Phase o Trailing Edge. Este caso es semejante al anterior, pero en cada semiciclo de la tensión de red, la lámpara arranca encendida debido que el ángulo de disparo (α) se encuentra al final del semiciclo. Esto puede observarse en la Figura 1b.

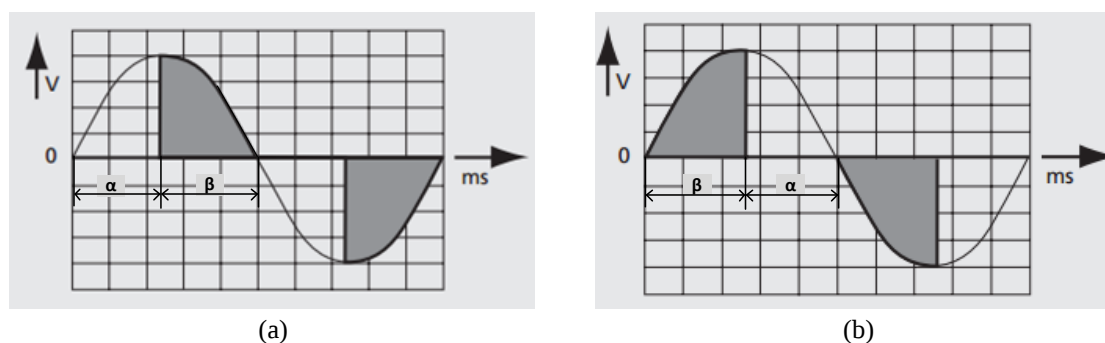


Figura 1. Tensión sobre la lámpara en un dimmer con disparo: (a) Leading Edge; (b) Trailing Edge.

Los dimmers que emplean la técnica de disparo Leading Edge, utilizan como llave electrónica a dispositivos denominados Triacs. Por tal motivo, no pueden emplearse en la dimerización de lámparas LED tipo bulbo, ya que para su correcto funcionamiento, estos dispositivos requieren una corriente de carga considerable respecto a la que implica una lámpara LED tipo bulbo. El uso de los dimmers con la técnica de disparo Leading Edge, en este tipo de lámparas, genera un efecto de parpadeo conocido con el nombre de flicker. Este inconveniente puede evitarse empleando dimmers que operan con el control de potencia de fase inversa o Trailing Edge (Lutron Electronics, 2014).

Atendiendo a lo mencionado, este trabajo tiene como objetivo el desarrollo de un circuito dimmer que pueda operar con una lámpara LED tipo bulbo, empleando el control de potencia por ángulo de disparo de fase inversa (Trailing Edge), a partir de componentes que se consiguen fácilmente en el mercado local. A continuación se describen los procedimientos de diseño, construcción y ensayos del circuito propuesto.

Metodología

A partir del análisis de la operación del dimmer requerido para controlar la luminosidad de la lámpara LED, el prototipo desarrollado posee una llave electrónica de potencia que es comandada por un temporizador monoestable, cuya activación está sincronizada con el cruce por cero de la tensión de red. El monoestable genera el ángulo de conducción de la llave, por lo cual posee un potenciómetro que permite al usuario variar la intensidad luminosa de la lámpara LED a través de la modificación de dicho ángulo.

El temporizador monoestable del dimmer propuesto, ha sido construido en base a un circuito integrado ICM7555 (NE555 de bajo consumo). La salida del monoestable es un pulso de tensión cuya duración determina el ángulo de conducción indicado en la Figura 1a. El inicio del pulso está sincronizado con cada cruce por cero de la tensión de la red, gracias a un circuito RC conectado al terminal de disparo del ICM7555. El ancho del pulso puede modificarse por el usuario a través de un potenciómetro cuyo valor se ha obtenido considerando una variación de luminosidad con un ángulo de disparo que va desde el 2% hasta el 70% de un semiciclo de la tensión de red. Para actuar sobre la potencia de la

lámpara y por ende sobre su luminosidad, el pulso mencionado acciona una llave electrónica constituida por el IGBT G4BC40U.

El circuito propuesto se alimenta directamente desde de la red, utilizando un puente rectificador y un diodo zener de 15 V para energizar el ICM7555.

Una vez definido los componentes del dimmer, se efectuó la simulación del circuito para verificar su funcionamiento. Luego de esto, se ha comprobado la operación de cada una de sus etapas y del conjunto, montando los componentes sobre una placa de pruebas (protoboard). Inicialmente se armó la etapa correspondiente a la regulación de alimentación, donde la tensión de la red es rectificada y regulada a los 15V. Seguido, se añadió el circuito de disparo, formado por la red RC. Luego, se continuó con el armado del circuito monoestable, donde se verifico con la ayuda de un osciloscopio que la señal de disparo activara correctamente el circuito integrado, y que la duración del pulso fuera la requerida. Seguidamente se agregó el IGBT y se conectó a la lámpara LED, para verificar el control de potencia con la carga. Finalmente, habiendo verificado el funcionamiento del circuito experimental, se desarrolló el prototipo del dimmer a partir del diseño y construcción del circuito impreso y el montaje de los componentes en el mismo.

Resultados y Discusión

La Figura 2 muestra el diagrama de bloques que representa a las etapas del circuito correspondiente al dimmer desarrollado.

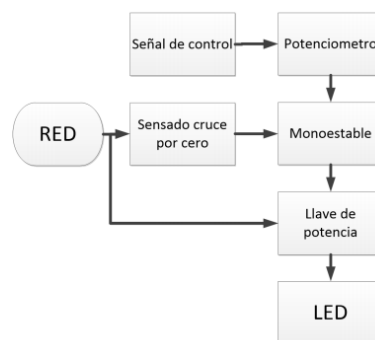


Figura 2. Diagrama de bloques del circuito.

La señal de control indicada en la Figura 2, corresponde a la posición del cursor del potenciómetro que el usuario puede modificar para ajustar la intensidad luminosa de la lámpara LED. En la Figura 3 puede observarse el circuito obtenido a partir del diagrama de bloques anterior.

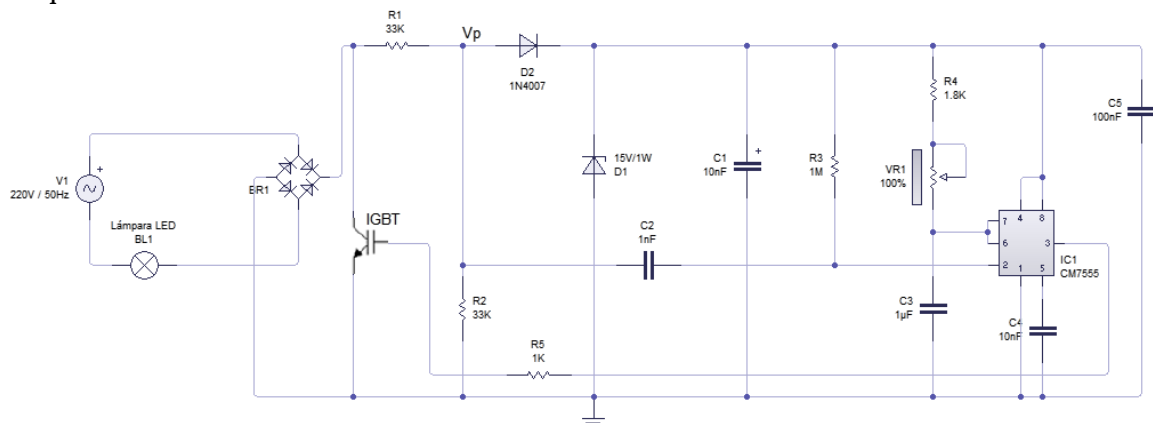


Figura 3. Esquema del circuito eléctrico del dimmer.

Analizando el circuito de la Figura 3, puede notarse que en el punto V_p se produce una tensión rectificada de onda completa con una frecuencia de 100 Hz. Esta tensión se aplica al circuito R2C2 y produce pulsos en bajo a la entrada del ICM7555 (configurado como monoestable) con cada cruce por cero en la tensión de red. Esta señal de disparo, sincronizada con la tensión de red, provoca un pulso de duración ajustable a la salida del ICM7555, que genera el tiempo de conducción de la llave electrónica durante cada semiciclo de dicha tensión. En la Figura 4 se observan ambas señales, donde el pulso de salida del ICM7555 ha sido ajustado a 5ms.

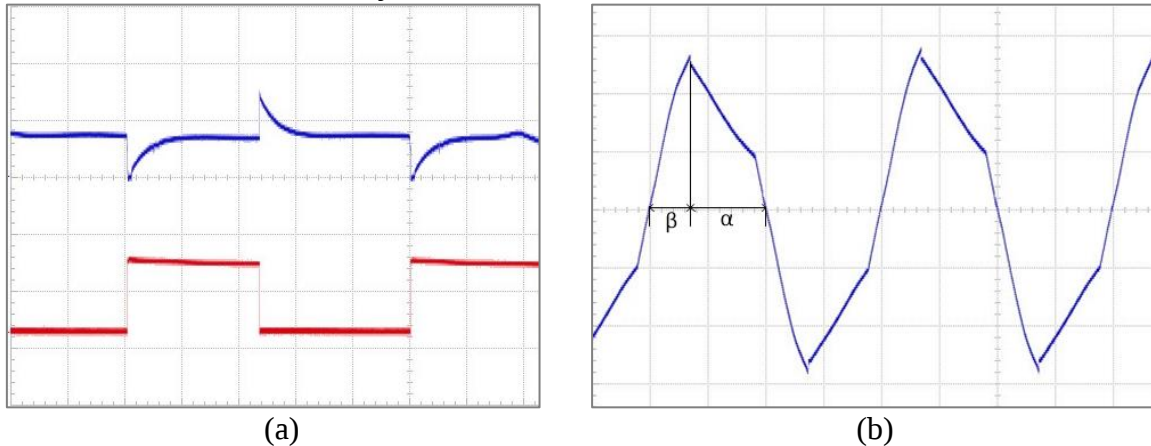


Figura 4. (a) Ensayo del detector de cruce por cero (señal de disparo: azul; salida del ICM755: rojo) Esc: 5V, 2ms. (b) Tensión sobre la lámpara Esc: 100V, 5ms.

En la figura 5 podemos ver la forma de onda de la tensión aplicada a la lámpara. En la misma puede observarse el recorte que se produce en la onda al superarse el ángulo de conducción (β).

En la figura 6 se muestra una fotografía del circuito terminado y en funcionamiento. Como puede observarse, fue montado sobre una placa de madera para su presentación.

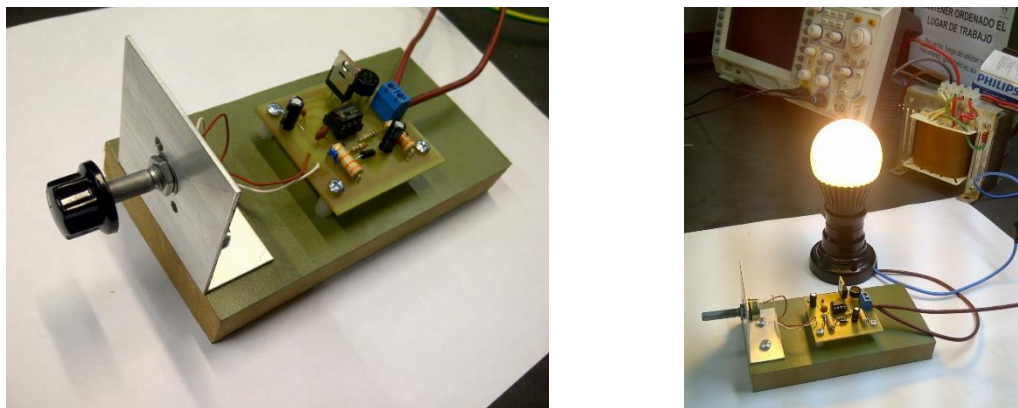


Figura 6. Fotos del prototipo del dimmer.

Conclusiones

Se logró diseñar y construir un circuito que cumpla con los requerimientos necesarios para realizar el control de luminosidad en una lámpara LED tipo bulbo. Para esto se utilizaron componentes económicos y fáciles de conseguir en el mercado local. El desempeño del circuito obtenido ha sido aceptable dentro del rango de variación luminosidad que se ha especificado, al intentar aproximarse al 100% de luminosidad en la lámpara se apreció un

parpadeo en la misma. Por este motivo, el trabajo queda abierto a la resolución del inconveniente mencionado.

Por otra parte, el trabajo permitió aplicar todos los pasos para el desarrollo de un prototipo de circuito electrónico. Se han integrado los conocimientos adquirido en la asignatura, realizando el análisis del funcionamiento y el posterior diseño del circuito. Los conocimientos de otras asignaturas, permitieron llevar adelante la construcción del circuito impreso y el montaje de los componentes.

Referencias

Advanced Optronics Devices, AOD, Brazil (2015). *LED vs Fluorescent Compacta vs Incandescentes*.

<http://www.aodbrazil.com/aod/spanish/impresario/catalogos/LED_CFL_Lampadas-Incandescentes.pdf> Último acceso 07/08/2015.

EPtronics (2012). *Application Note 112: LED Driver Dimming Methods*.

<<http://www.eptronics.com/documents/Dimming%20Methods%20AppNote.pdf>> Último acceso 07/08/2015.

ETC Inc. (2009). *Dimming Technologies: Choosing the right dimmer for your application*.

<https://www.etcconnect.com/uploadedFiles/Main_Site/Documents/Public/White_Papers/WP_Dimming_Technologies.pdf> Último acceso 07/08/2015.

Lutron Electronics Co. (2014). *Controlling LEDs*.

<http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/367-2035_LED_white_paper.pdf> Último acceso 07/08/2015.

OSRAM (2015). *La Historia del LED*. <http://www.osram.es/osram_es/noticias-y-conocimiento/led-home/conocimiento-profesional/basicos-led/historia-del-led/index.jsp> Último acceso 07/08/2015.