



## TEMPORIZADOR ACCIONADO POR LUZ PARA AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA <sup>1</sup>

Lucas Ismael Cukla<sup>2</sup>; Eduardo Gabriel Brunner<sup>3</sup>; Guillermo Alfredo Fernández<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Trabajo de Enseñanza de la Ingeniería

<sup>2</sup>Estudiante de Ingeniería Electrónica, autor, [lucascukla1994@gmail.com](mailto:lucascukla1994@gmail.com)

<sup>3</sup>Estudiante de Ingeniería Electrónica, autor, [eduardobrunner94@gmail.com](mailto:eduardobrunner94@gmail.com)

<sup>4</sup>Ingeniero Electrónico, docente tutor, [fernandez@fio.unam.edu.ar](mailto:fernandez@fio.unam.edu.ar)

### Resumen

La mayoría de las familias poseen electrodomésticos u otros artefactos que sólo son utilizados cuando hay personas en la casa. Normalmente artefactos tales como termotanques o equipos eléctricos con funcionamiento en modo reposo (*standby*) como lo es el caso de los televisores, pueden permanecer continuamente encendidos produciendo gastos de energía eléctrica innecesarios. Esto puede evitarse si los mismos son activados sólo durante la presencia de las personas que lo utilizarán. Atendiendo a esta problemática, el presente trabajo propone la implementación de un sistema electrónico capaz de accionar una carga eléctrica (artefacto) en forma automática y temporizada, detectando la luminosidad proveniente de una lámpara incandescente encendida manualmente por el usuario. Esto asegura que el artefacto sea energizado con la presencia de personas en el lugar donde se encuentra el mismo, sin necesidad de realizar modificaciones en su instalación eléctrica. Seguidamente se presenta el diseño y desarrollo de un prototipo del sistema mencionado, mostrándose los resultados referentes a su circuito y a la construcción del mismo.

### Palabras Clave:

*Ahorro de energía eléctrica – Luz – Temporización*

### Introducción

Actualmente nuestro país atraviesa serios inconvenientes en el suministro de energía eléctrica, ocasionados debido a una demanda insatisfecha por las inversiones necesarias tanto en nuevas fuentes de generación como en redes de distribución. Estos inconvenientes se manifiestan en una calidad deficiente en el suministro eléctrico, donde no solo aparecen microcortes y bajas de tensión, sino que también hay cortes imprevistos que afectan a las actividades normales de los usuarios (La Nación, 2016). Para dar una solución a la problemática mencionada, nuestros

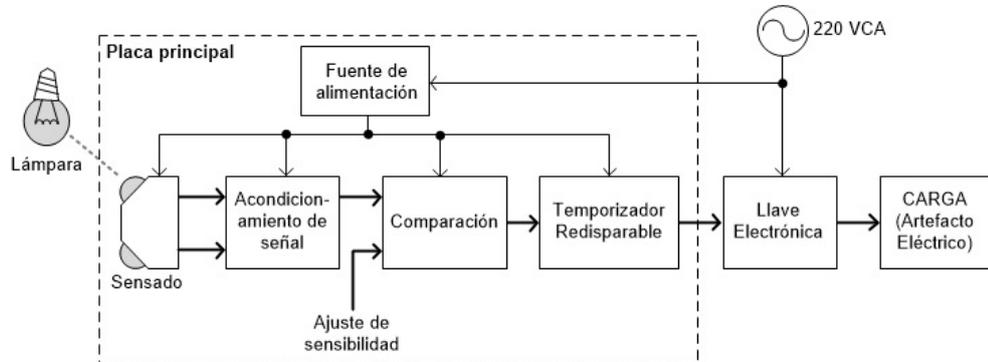


gobernantes están tomando medidas tendientes a incrementar las fuentes de generación y a propiciar el uso racional de la energía. En el primer caso las acciones apuntan a la producción de energía eléctrica a través de fuentes de energía renovables (Primera edición, 2016), mientras que en el segundo caso tienen que ver con la reducción de los subsidios a las tarifas. Como resultado de esto último, las tarifas han presentado un considerable incremento en su precio en los últimos meses (Télam, 2016), por lo cual es recomendable emplear adecuadamente la energía disponible evitando derroches. Si bien desde el estado se aplican las medidas mencionadas, para acelerar la solución a los inconvenientes relacionados al suministro de energía eléctrica, es necesario que los usuarios tomen medidas que apunten al ahorro de la misma.

En los hogares, artefactos eléctricos tales como televisores, termotanques y otros, generalmente permanecen continuamente encendidos aunque las personas que lo utilizan no se encuentren presentes. Con el fin de evitar este gasto innecesario de energía, el presente trabajo propone un sistema electrónico que energice en forma automática algunos artefactos eléctricos, únicamente ante la presencia de personas en el hogar. El sistema propuesto realiza el sensado de luz de una lámpara y cuando la misma es encendida por el usuario, activa al artefacto durante cierto tiempo. A continuación se describe las partes constitutivas, la operación del sistema propuesto y los ensayos de laboratorio efectuados. Cabe mencionar que éste trabajo fue desarrollado en el marco del trabajo integrador final de la asignatura Técnicas Digitales 1, correspondiente al cuarto año de la carrera Ingeniería en Electrónica.

### **Metodología**

Para el desarrollo de este trabajo, inicialmente se ha analizado la problemática, luego se propuso una solución implementable a través de un circuito electrónico el cual ha sido simulado, construido y ensayado para verificar su operación. A partir del análisis realizado se propone un circuito cuyo diagrama de bloques se muestra en la Figura 1. A continuación se explica el funcionamiento del sistema propuesto a través de éste diagrama.



**Figura 1:** Diagrama de bloques del temporizador para ahorro de energía eléctrica.

Como puede apreciarse en la Figura 1, todo el sistema toma energía de la red eléctrica a través de una fuente de alimentación, la cual proporciona la tensión de alimentación adecuada para las demás partes del circuito. El sistema propuesto mide la intensidad de la luz proveniente de una lámpara y del ambiente mediante dos sensores que apuntan a direcciones diferentes, enviando las mediciones a la etapa de acondicionamiento de señal. Si la luminosidad de la lámpara es mayor a la del ambiente, entonces la etapa de comparación del circuito activa el temporizador, cuya salida activa por cierto tiempo la carga mediante una llave electrónica. En caso de que la lámpara se apague, la carga se desactiva luego de finalizar la temporización ajustada. Debido a que el temporizador es del tipo redisparable, la carga se mantiene activa mientras la lámpara se encuentre encendida. El circuito propuesto también posee un ajuste de sensibilidad a la intensidad luminosa, que hace posible instalarlo en una amplia variedad de ambientes.



Una vez realizado el diseño del circuito, el mismo se ha simulado y luego construido en una placa de pruebas (protoboard), donde se efectuaron ensayos comprobando el correcto funcionamiento del circuito mediante un osciloscopio digital donde se visualizó la salida del temporizador y la duración en que permaneció activa al encender una lámpara. También se verificó el funcionamiento correcto de la llave electrónica, utilizando como carga un caloventor con consumo de 8 A. Luego de comprobar el funcionamiento a través de los ensayos, se construyó un prototipo del circuito, implementándose el mismo en dos placas de circuito impreso. Una de ellas contiene la llave electrónica y la otra (Placa principal) el resto de las partes indicadas en la Figura 1. A continuación se describen cada una de las placas mencionadas.

### **Resultados y Discusión**

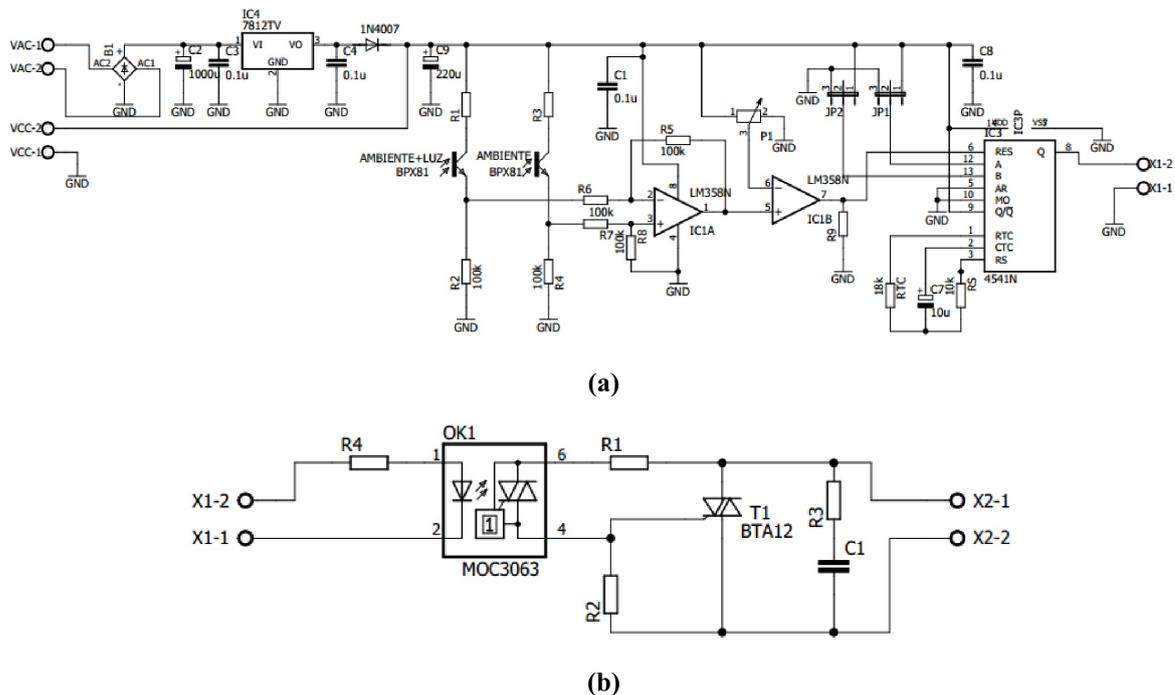
En el prototipo desarrollado, el sensado de intensidad luminosa se realiza a través de dos fototransistores (L51P3C). La corriente de salida que proporciona cada uno de los fototransistores, es convertida a tensión según puede observarse en el circuito de la Figura 2. Estas tensiones, con amplitud dependiente de la intensidad luminosa captada por cada fototransistor, son restadas mediante un amplificador diferenciador con ganancia unitaria que forma parte de la etapa de acondicionamiento de señal. Debido a que uno de los fototransistores del sistema apunta a la lámpara, cuando la misma se encuentra encendida, la tensión de salida del amplificador diferenciador posee un valor considerable, mientras que con la lámpara apagada la tensión es cercana a cero.

Como puede verse en la Figura 2, la tensión obtenida de la resta es comparada con un voltaje de referencia que depende del preset P1 y que constituye el ajuste de sensibilidad indicado en la Figura 1. Este ajuste de sensibilidad asegura que el temporizador no se active con variaciones mínimas en la luminosidad que son producidas sin intervención humana (por ejemplo, debido a la luz que ingresa por una ventana ante la presencia del sol), ya que estas pueden producir una diferencia considerable en la salida generada por los fototransistores y se produzca el disparo no deseado del temporizador.



Tanto el amplificador restador como el comparador de tensión, son implementados utilizando el circuito integrado LM358 el cual posee dos amplificadores operacionales y además puede alimentarse con fuente de tensión asimétrica (Fairchild Semiconductor, 2002) simplificando esto los requerimientos de la fuente del circuito.

En cuanto a la fuente de alimentación del sistema, la misma posee un transformador de 220/15 cuyo bobinado secundario se conecta a los bornes VAC-x indicados en la Figura 2. La tensión del secundario es rectificada mediante un puente de diodos y regulada a 12 V a través del circuito integrado LM7812. La fuente de alimentación también puede energizarse alternativamente a través de una tensión de corriente continua de 9 a 15 V, la cual debe aplicarse en los bornes VCC-x indicados en la Figura 2.



**Figura 2:** Circuito correspondiente a: (a) Placa principal; (b) Llave electrónica.

La salida del comparador de tensión es la que produce el disparo del temporizador que acciona la carga del circuito. Para la implementación del temporizador se utiliza el circuito integrado CD4541 debido a que el mismo posee bajo consumo de energía (tecnología CMOS) y es de bajo



costo (National Semiconductor, 1995). Cuando este dispositivo recibe una señal de disparo del comparador de tensión, su salida produce un estado alto cuya duración puede calcularse a través de la siguiente ecuación:

$$T = 2,3 \cdot k \cdot R_{tc} \cdot C_{tc} \quad (1)$$

Para el circuito propuesto, los valores de  $R_{tc}$  y  $C_{tc}$  indicados en la ecuación (1) son fijos y la temporización puede ajustarse modificando el valor de  $k$  según la posición de los jumpers JP1 y JP2 que se indican en la Figura 2a. La Tabla 1 indica las temporizaciones que pueden obtenerse según las posiciones de estos jumpers.

**Tabla 1:** Diferentes temporizaciones según las posiciones de los jumpers JP1 y JP2

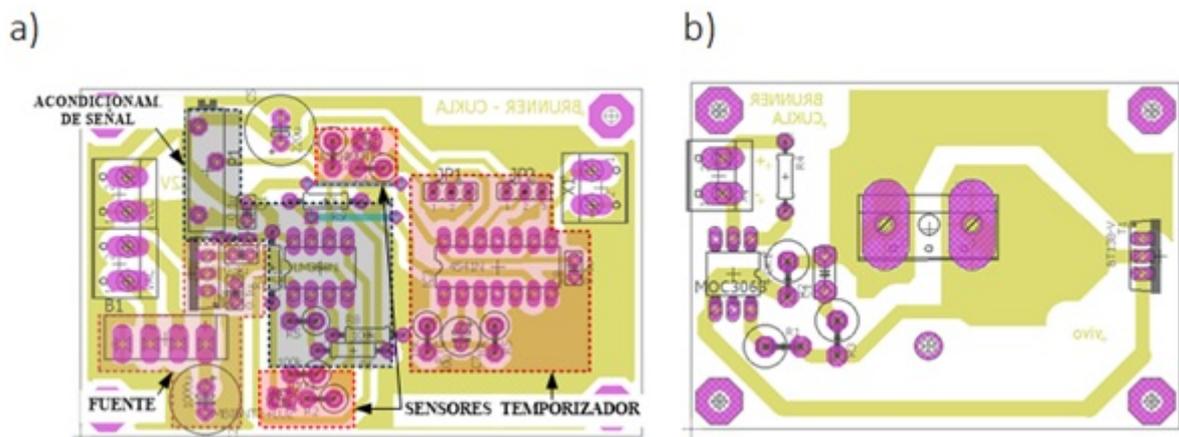
JP1 (A)	JP2 (B)	$k (2^{N-1})$	Temporización aprox. ( $R_{tc} = 18 \text{ k}\Omega$ ; $C_{tc} = 10\mu\text{F}$ )
0 (Derecha)	0 (Derecha)	4096	53 seg.
0 (Derecha)	1 (Izquierda)	512	3 min. y 32 seg.
1 (Izquierda)	0 (Derecha)	128	28 min. y 16 seg.
1 (Izquierda)	1 (Izquierda)	32768	3 horas y 32 min.

Debido a que la carga a manejar por el circuito es de potencia y opera con tensión de corriente alterna, la salida del temporizador CD4541 está conectada a una llave electrónica construida en otra placa. Como puede observarse en el circuito de la Figura 2b, la llave electrónica posee un optoacoplador con detector de cruce por cero (Motorola, 1995) para aislar la parte lógica de la de potencia y así evitar daños al circuito de temporización en caso de desperfectos en la carga. El optoacoplador en su salida maneja un triac (ST Microelectronics, 2002) el cual va conectado en serie con la carga (artefacto eléctrico) para controlar el flujo de corriente en la misma y así

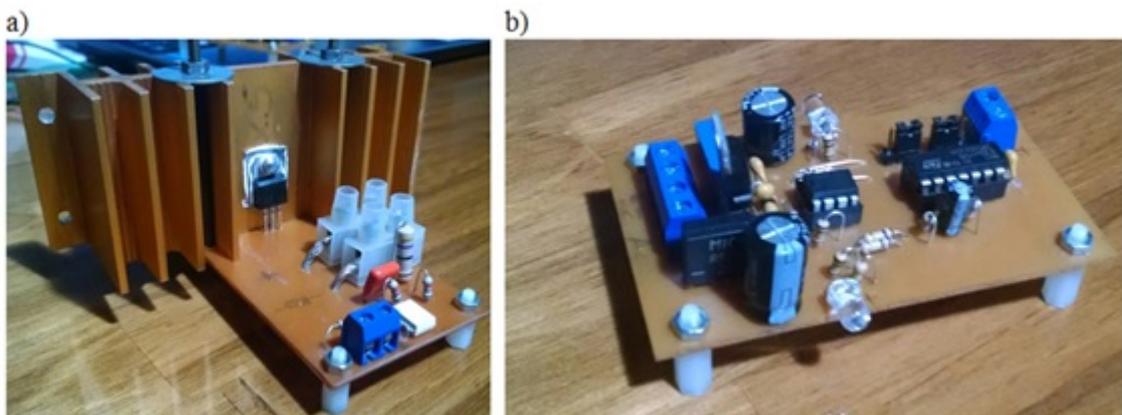


conectarla o no a la red eléctrica de donde toma energía.

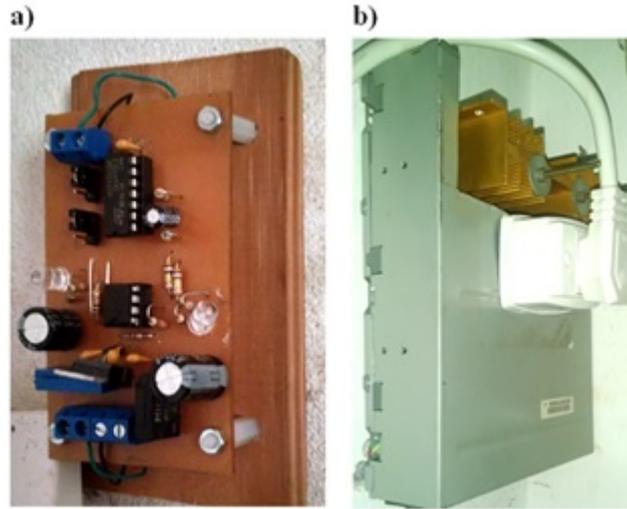
La Figura 3 muestra el diseño de los circuitos impresos, en la misma se puede observar que las pistas conductoras relacionadas al triac de la llave electrónica son anchas para corrientes de hasta 10 A. En las Figuras 4 y 5 se pueden apreciar las imágenes del prototipo finalizado.



**Figura 3:** Diseño de los circuitos impresos para:(a)Placa principal;(b)Llave electrónica.



**Figura 4:** Imágenes del prototipo desarrollado: (a) Llave electrónica; (b) Placa principal.



**Figura 5:** Imágenes del prototipo instalado: **(a)** Placa principal; **(b)** Llave electrónica.

Se ensayó cada parte por separado en una protoboard, para luego unir las y verificar el funcionamiento del sistema. Se utilizó el flash de un teléfono celular para activar el circuito y se midió el tiempo en alto a la salida con un osciloscopio digital. Los ensayos realizados demostraron efectivamente que mientras la luz estaba encendida la salida estaba activa, y luego de apagada la luz la salida permanecía activa durante un cierto tiempo, el cual estaba programado. También la interfaz de control potencia manejó cargas de potencias altas, lo que es esperado si se quiere manejar un termotanque por ejemplo.

## Conclusiones



En base a los resultados obtenidos durante los ensayos descriptos es posible afirmar que el prototipo diseñado se puede implementar en hogares de manera relativamente sencilla, brindando beneficios a largo plazo en cuanto a ahorros de energía respecta. Numerosas familias pueden adquirir este sistema ya que además de su rentabilidad, es de simple incorporación en hogares, de esta manera disminuiría gradualmente el consumo de energía eléctrica tanto a nivel local como provincial o nacional. En cuanto a los conocimientos adquiridos durante el proyecto, cabe destacar que han contribuido enormemente con nuestra experiencia práctica, tanto en la parte de diseño y ejecución del proyecto, complementando también ciertos aspectos teóricos de la asignatura.

### Referencias

La Nación. (2016). Más de 90.000 hogares sufrieron falta de luz.

<http://www.lanacion.com.ar/1922152-mas-de-90000-hogares-sufrieron-falta-de-luz>

Primera Edición. (2016). Convocatoria para potenciar la generación de energías renovables

<http://www.primeraedicion.com.ar/nota/221020/convocatoria-para-potenciar-la-generacion-de-energias-renovables.html>

Telam. (2016). Habrá aumentos de hasta 300% en las tarifas eléctricas a partir de febrero

<http://www.telam.com.ar/notas/201601/134324-tarifas-elctricidad-aumentos.html>

Fairchild Semiconductor (2002). *LM358 Data Sheet*.

<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/fairchild/LM358.pdf>

Motorola (1995). *MOC3063 Data Sheet*.

<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/motorola/MOC3061.pdf>

National Semiconductor (1995). *CD4541 Data Sheet*.

[http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets/150/109625\\_DS.pdf](http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets/150/109625_DS.pdf)

St Microelectronics(2002). *BTA12 Data Sheet*.

<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/stmicroelectronics/7473.pdf>

Fairchild Semiconductor (2005). *LM7812Data Sheet*.

<http://pepina.org/pdf/integral/lm78xx.pdf>