

# AVANCES EN EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED AUTÓNOMO CON INTENSIDAD LUMINOSA ADAPTABLE AL AMBIENTE Y A LA PRESENCIA DE PERSONAS<sup>1</sup>

Fernando Botterón<sup>2</sup>;Guillermo A. Fernández<sup>3</sup>; Romina A. Hoff<sup>4</sup>; Marcela E.Viera<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Trabajo de desarrollo tecnológico, Programa Agrovalor I, Proyecto: Análisis, Diseño e Implementación de un Sistema de Riego Fotovoltaico con Seguidor Solar para Pequeñas Huertas Familiares o Comunitarias.

<sup>2</sup> Director, Dr. Ingeniero Electrónico, [botteron@fio.unam.edu.ar](mailto:botteron@fio.unam.edu.ar)

<sup>3</sup> Integrante, Ingeniero Electrónico, [fernandez@fio.unam.edu.ar](mailto:fernandez@fio.unam.edu.ar)

<sup>4</sup> Integrante, Estudiante de Ingeniería Electrónica, [roandru92@gmail.com](mailto:roandru92@gmail.com); [marcepetty@gmail.com](mailto:marcepetty@gmail.com)

## Resumen

Los reiterados cortes en el servicio de energía eléctrica que existen en nuestra región, están provocan que los usuarios tomen medidas tales como la de adquirir luces de emergencia. Esta situación exige el uso racional de la energía proveniente de la fuente de respaldo. Por lo cual, es necesario que sistemas tales como los de iluminación de emergencia cuenten con alguna función que racionalice su consumo de energía eléctrica. Considerando esto, el presente trabajo muestra los avances en el desarrollo de un sistema de iluminación LED que incluye distintas funciones destinadas al ahorro de energía eléctrica. Por un lado, el sistema propuesto puede funcionar como una lámpara que se enciende durante cierto tiempo, únicamente cuando detecta el movimiento de las personas y la intensidad luminosa en el ambiente no es suficiente. Por otro lado, el usuario puede optar por un funcionamiento convencional, pudiendo apagar y encender la lámpara a gusto. En ambos modos de operación, el sistema propuesto regula la intensidad luminosa de su lámpara LED, adecuándola a la cantidad de luz existente en el ambiente donde se encuentra. Además, el sistema cuenta con una batería, que le permite funcionar de forma autónoma como lámpara de emergencia. A continuación se describe la operación y las partes del prototipo del sistema de iluminación LED desarrollado, como así también los resultados de los ensayos realizados, los cuales han sido satisfactorios, logrando los parámetros y características de diseño deseadas.

**Palabras Clave:** *Iluminación – LED – Autónomo– Intensidad luminosa adaptable.*

## Introducción

El sistema de iluminación LED propuesto en este trabajo, está pensado para iluminación convencional y de emergencia de espacios comunes como ser pasillos, baños, salas de estar, etc. donde no se requiera una intensidad lumínica elevada. Estos lugares tienen la particularidad de que la presencia de personas no es constante y por lo general la iluminación artificial puede quedar encendida, consumiendo energía eléctrica sin ser necesario.

A partir de lo mencionado, este trabajo tiene por objetivo el desarrollo del prototipo de un sistema de iluminación LED que incorpora un detector de movimiento infrarrojo pasivo (PIR) y un resistor variable con la intensidad luminosa (LDR). Estos dos sensores permiten

el encendido automático de su lámpara LED, cuando existe movimiento de personas y la iluminación ambiente se encuentre por debajo de cierto nivel.

El sistema también incorpora una batería de respaldo, por lo cual puede funcionar como luz de emergencia. Durante el tiempo que la lámpara LED permanece encendida, haciendo uso de la técnica de modulación de ancho de pulso (PWM), su luminosidad se adapta a la cantidad de luz existente en el ambiente en que se encuentra instalado el sistema. Las características de adaptación a la presencia de personas y a la intensidad luminosa del ambiente, permiten el ahorro de energía eléctrica. Cabe mencionar, que el prototipo que a continuación se describe, ha sido construido utilizando componentes que pueden conseguirse fácilmente en el mercado nacional.

## Metodología

El desarrollo del prototipo del sistema, puede dividirse en dos grandes etapas: hardware y software. La primera etapa consiste en: estudio de los distintos tipos de LED y selección del apropiado. Selección de la topología del driver para el control de la luminosidad del LED, construcción en placa experimental y ensayo en laboratorio para verificación de la corriente de salida. Selección de los distintos sensores y detectores, ensayo de sus respectivas etapas de potencia y modo de funcionamiento. Selección del tipo de fuente de alimentación para todo el sistema, construcción en placa experimental y verificación del funcionamiento (tensiones de salida).

En la segunda etapa se procede a seleccionar el microcontrolador y a desarrollar el software encargado del control automático de la intensidad luminosa de la lámpara LED.

Finalmente se realiza el diseño completo del hardware y se construyen las placas definitivas. Actualmente el proyecto se encuentra en la etapa del desarrollo de software.

## Resultados y Discusión

La Figura 1 muestra el diagrama en bloques del sistema de iluminación LED propuesto. El mismo utiliza un microcontrolador ( $\mu\text{C}$ ), que está encargado de comandar la lámpara LED.

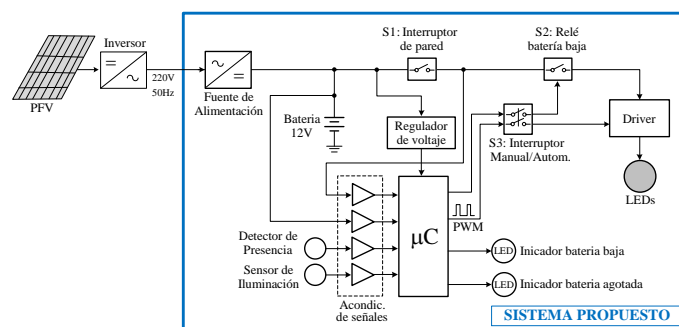


Figura 1: Diagrama en bloques del sistema de iluminación LED.

Si el interruptor S1 se encuentra cerrado, la lámpara LED indicada en la Figura 1 es encendida automáticamente, sólo cuando hay movimiento de personas y la intensidad lumínica del ambiente es deficiente. Para esto, el movimiento de personas delante del detector de presencia hace que active su salida, mientras que el nivel de luminosidad del ambiente produce una tensión a la salida del sensor de luminosidad (confirmado por un LDR) que se inyecta a una entrada analógica del  $\mu\text{C}$ . La información referente a la presencia

de personas y al nivel de luminosidad ambiente, es procesada por el  $\mu\text{C}$  y su programa decide si encenderá o no la lámpara LED. Para que esto se lleve a cabo, el interruptor S3 debe encontrarse en la posición correspondiente al modo manual. El interruptor S1 permite apagar la lámpara LED en cualquier posición del interruptor S3.

El proyecto fue dividido en etapas, las cuales se describen a continuación.

### Driver de la lámpara LED:

Debido a que un LED se comporta como una carga de tensión constante, se lo puede conectar directamente a una fuente de corriente. El voltaje a través del LED es dependiente de las características del dispositivo. Además la intensidad lumínica varía proporcionalmente con la intensidad de corriente, por lo que una fuente de corriente conmutada tipo Buck es adecuada para utilizarla como driver de la lámpara LED, (Steve Winder, 2008). En la Figura 2 se observa el esquema eléctrico de la fuente implementada experimentalmente.

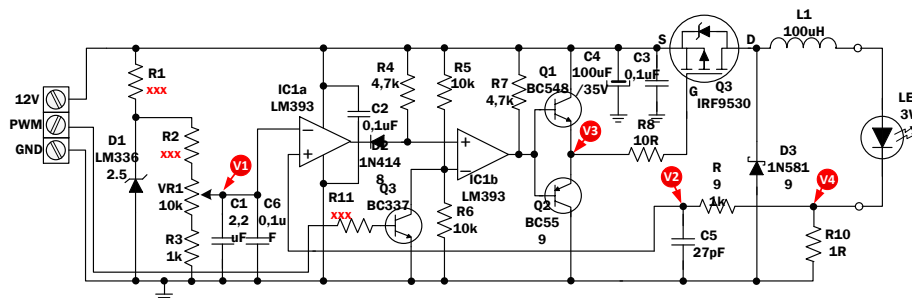
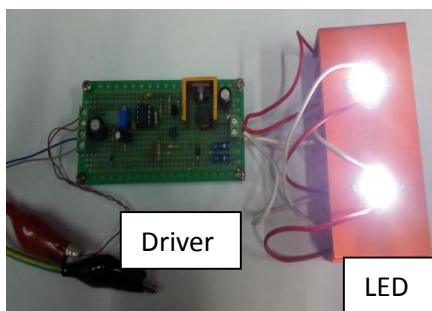
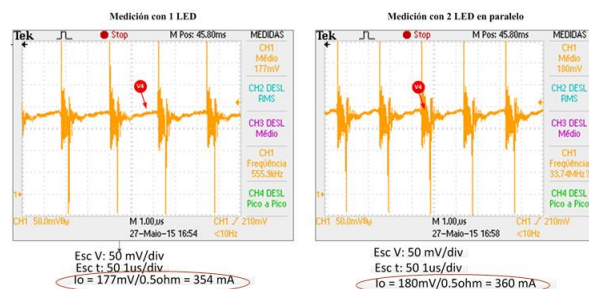


Figura 2: Esquema eléctrico del driver de la lámpara LED.

En la Figura 3a se muestra el driver de la lámpara LED, construido en una placa experimental. En la Figura 3b se presenta los resultados del ensayo de la corriente de salida ante la variación de carga. En esta figura se observa que la corriente permanece prácticamente constante al variar la carga entre un LED y dos LEDs en paralelo.



(a)



(b)

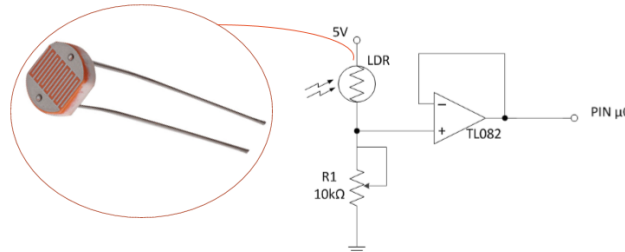
Figura 3: Driver de la lámpara LED: (a) Foto del circuito experimental; (b) Ensayo de variación de corriente de salida.

### Detección de movimiento:

Se ha seleccionado el detector de movimiento infrarrojo pasivo (PIR) HC-SR501 (PIR Motion Detector, 2015). El mismo es denominado pasivo ya que recibe las emisiones infrarrojas, que mediante la lente de Fresnell son encausadas al sensor piroeléctrico que se encuentra en su interior. El detector posee un circuito interno que capta las variaciones en la salida del sensor y las convierte en un estado lógico alto para indicar que hay movimiento de una persona en su zona de detección.

### *Sensado de luminosidad:*

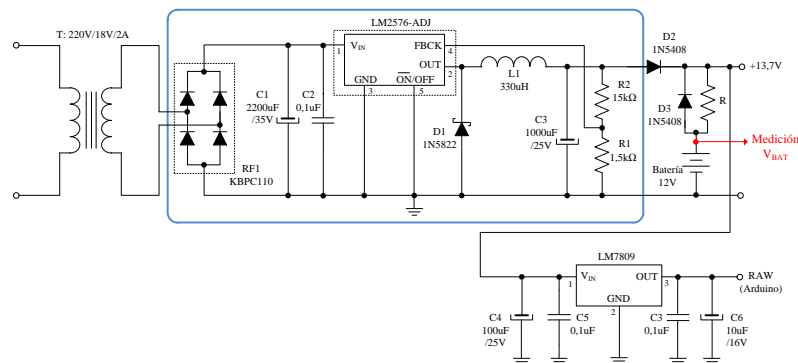
El sensor empleado en esta etapa es un resistor variable con la luz incidente (LDR). Su funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico. El LDR es construido a partir de un semiconductor (sulfuro de cadmio), el cual tiene la capacidad de variar su resistencia eléctrica según la cantidad de luz incidente (light dependent resistors, 2015). En la figura 4 se observa el LDR con su correspondiente etapa de acondicionamiento de la señal.



**Figura 3: LDR con su etapa de acondicionamiento de la señal.**

### *Fuente de alimentación:*

En la Figura 5 se observa la fuente de tensión conmutada tipo Buck, utilizada para energizar a todo el sistema de iluminación, inclusive para cargar a la batería de respaldo.



**Figura 4: Fuente de tensión conmutada tipo Buck.**

Esta fuente posee un transformador reductor, un rectificador tipo puente y un regulador de tensión LM2576-ADJ (Texas Instrument, 2013), configurado con una tensión de salida de 13,7V como para mantener la carga de la batería. En la parte inferior de la figura mencionada, también se puede observar el regulador LM7809 (Fairchild, 2012) el cual proporciona la tensión de alimentación para el microcontrolador.



**Figura 6: Foto de la fuente de alimentación en placa experimental.**

En la Figura 6 puede apreciarse se observa una foto del circuito experimental de la fuente, el cual ha sido ensayo con diferentes corrientes de carga, hasta un máximo de 2A. Debido a que el ensayo fue realizado energizando la fuente a partir de un variac (en lugar del

transformador), su salida presentó un ripple elevado, con una tensión promedio de salida inferior a 13,7V (tensión de flote para la batería).

### **Microcontrolador:**

El microcontrolador utilizado es el ATmega328, montado en una plataforma digital de nombre comercial Arduino Pro Mini (Arduino, 2015). Esta plataforma cuenta con catorce pines digitales de entrada/salida (de los cuales seis pueden utilizarse como salidas PWM), seis entradas analógicas y un reloj interno de 16 MHz. Además posee una memoria interna de 32kB, 2kB de SRAM y 1kB de EEPROM. Esta plataforma ha sido seleccionada debido a que es ampliamente difundida y fácil de conseguir en el mercado local. Por otra parte, es fácil de programar, (Monk, 2014).

### **Conclusiones**

Para lograr un sistema eficiente desde el punto de vista energético, se buscó que la topología de las fuentes de corriente y tensión, tengan un alto rendimiento, adoptando por ello la topología Buck, su desempeño se comprobó mediante los ensayos realizados sobre las placas experimentales construidas. Se comprobó también que la corriente entregada por el driver para el LED es prácticamente constante. Como no se contaba con el transformador adecuado para la fuente de tensión, se ensayó con un variac el cual provoca una caída de tensión de salida de la fuente de alimentación, no permitiendo lograr los resultados esperados.

También se pudo comprobar el funcionamiento del detector de presencia y del sensor de luminosidad ambiente. Todo esto lleva a decir que se obtuvieron resultados satisfactorios del hardware desarrollado.

### **Referencias**

Arduino, (2015). *Arduino Pro Mini*. < [www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini](http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini).(ultimo acceso 10/08/2015).

FAIRCHILD, (2012). *LM78XX/LM78XXA 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator*.  
<<http://pdf.datasheetcatalog.net/datasheet/fairchildsemiconductor/LM7809.pdf>

*HC-SR501 PIR Motion Detector*,(2015). <[www.mpja.com/download/31227sc.pdf](http://www.mpja.com/download/31227sc.pdf).

*Light dependent resistors*, (2015).  
<[www.bitek.tuvitak.gov.tr/gelising/electronik/dosyalar/40/LDR\\_NSL15\\_M51.pdf](http://www.bitek.tuvitak.gov.tr/gelising/electronik/dosyalar/40/LDR_NSL15_M51.pdf).

Simon Monk, (2014). *Programing Arduino Next Step Going Further whit Sketches*

Steve Winder, (2008). *Power Supplies for LED Driving:*

Texas instrument, (2013). *LM2576/LM2576HV Series SIMPLE SWITCHER® 3A Step-Down Voltage Regulator*.