

## CONTROL DE LED DE ALTA LUMINOSIDAD CON PSoC UTILIZANDO PANELES SOLARES

### **Diego O. Zarratea**

Alumno/Investigador de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina  
diegozarratea@gmail.com

### **Omar A. Bauernfeind**

Alumno/Investigador de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina  
obauern@hotmail.com

### **Fernando Botterón**

Profesor/Investigador de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina  
botteron@fio.unam.edu.ar

**Resumen.** Este trabajo describe los principales aspectos acerca del diseño de un sistema que realiza un control de corriente sobre LEDs de alta luminosidad pensados para su utilización en iluminación vial. El sistema posee como fuente de alimentación principal una batería de gel la cual se carga utilizando un panel fotovoltaico (PFV), efectuándose el monitoreo de la tensión y corriente de la misma. En este esquema de control, se prevé la operación del PFV en el punto de máxima potencia mediante un algoritmo de seguimiento del mismo (MPPT). El dispositivo principal encargado de efectuar las tareas de control y comando, se denomina PSoC (Programable System on Chip); el mismo es un sistema embebido que presenta en un solo chip la integración en gran escala de dispositivos programables, analógicos y digitales.

**Palabras-clave:** LEDs de potencia, PSoC, MPPT.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Hoy en día, la utilización de lámparas con tecnología LED (*Light-Emitter Diode*), está siendo puesta en práctica gracias a sus grandes ventajas como ser: larga vida útil, fácil utilización, sumados a un reducido tamaño y consumo eléctrico.

La luz emitida por estos LEDs es controlada por la corriente circulante a través

de los mismos. El sistema que aquí se presenta, resulta en un sistema de control a lazo cerrado, donde la corriente a través del LED debe ser realimentada hacia una unidad de procesamiento; esta última controla y comanda un actuador lográndose así la regulación del valor deseado de la corriente a la salida.

En este caso, la unidad de procesamiento utilizada es un Microcontrolador denominado PSoC cuyo código es CY8C3866AXI-040, el cual tiene como ventaja principal la posibilidad de programación interna de periféricos digitales y analógicos. Estos últimos, normalmente se incorporan como parte del hardware adicional a un Microcontrolador ( $\mu$ C).

La alimentación del sistema de control mencionado proviene de una batería, la cual es recargada durante el día a través de la conversión de la energía solar a eléctrica realizada por un PFV de 30W.

El proceso de carga de batería se realiza respetando las diferentes etapas de carga de la misma, para así aumentar su vida útil, por lo que es necesario conocer tanto la tensión como la corriente de carga en todo momento, Cypress Semiconductor (2009-2013).

A su vez el sistema de carga extraerá la mayor energía posible del PFV, mediante el algoritmo MPPT (*Maximum power point tracking*) Perturba y Observa (P&O), para así maximizar el producto tensión/corriente.

Las variables que intervienen en el control serán sensadas, y luego acondicionadas internamente en el  $\mu\text{C}$  PSoC, utilizando periféricos analógicos programables.

Tanto el PFV, como la batería, proporcionan tensiones mayores a las requeridas en cada proceso. Por lo tanto esto da lugar a seleccionar convertidores CC-CC del tipo *buck* o reductores, para procesar y acondicionar las tensiones y corrientes, tanto de la batería, como de los LEDs.

## 2. SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control consta básicamente de dos etapas como se explicó anteriormente, las mismas son:

### Control de carga de batería

En la Fig. 1 se presenta un diagrama en bloques de esta etapa. En la misma pueden observarse las siguientes entradas/salidas:  
 Entrada control del convertidor CC-CC;  
 2 Salidas de tensiones de sensores de corriente;  
 2 Salidas de divisores de tensión para medir tensiones tanto del PFV como la batería.

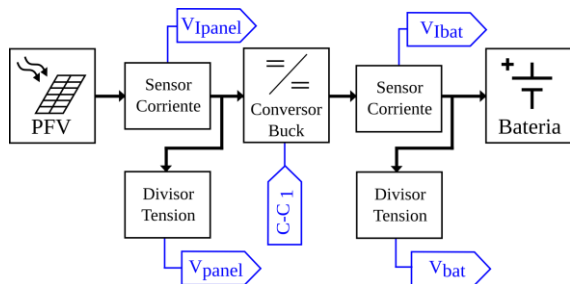


Figura 1. Diagrama en bloques, etapa carga de batería.

### PFV: extracción de Máxima Potencia

Para el proceso de carga de la batería, se implementa el algoritmo de seguimiento del máximo punto de potencia (MPPT), denominado: perturbar y observar (P&O), el funcionamiento del mismo puede verse en la Fig. 2, donde “PWM++” y “PWM--”, hacen referencia a un aumento o disminución respectivamente, del ciclo útil de la llave que

comanda el convertidor CC-CC utilizado en esta etapa.

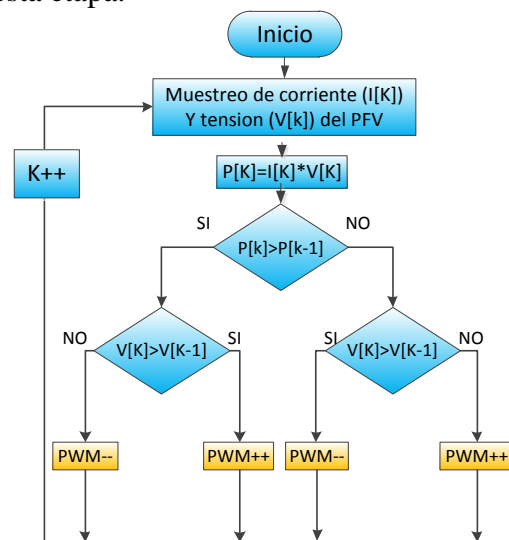


Figura 2. Diagrama de flujo, implementación algoritmo P&O MPPT.

### Control de Alimentación de LED

El LED se alimenta con una tensión entre 10V y 11V, con un consumo de potencia de 10W. El valor de corriente nominal que circula por el mismo es de 1A, permitiendo una ondulación máxima de 0,05A.

El controlador implementado es del tipo ON-OFF. Al ser la corriente inferior al valor deseado, se aumentará el ciclo útil de la llave; en caso de sobrepasarse este valor, el ciclo útil disminuirá. Para llevar a cabo esto, por medio de periféricos digitales y analógicos se implementa en PSoC un comparador con histéresis.

### Sensado de corriente:

El sensado de corriente entrante al LED será realizado por medio de un shunt. (W. Y. Leung, T. Y. Man, M. Chan) de 10m $\Omega$ . Este esquema puede verse en la Fig. 3.

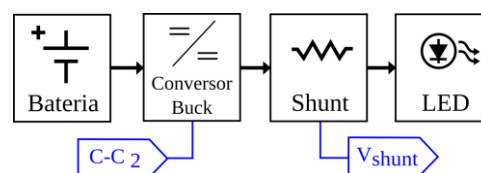


Figura 2. Diagrama en bloques, etapa alimentación LED.

## Sistema de control y comando:

Vinculadas a las Fig. 1 y Fig. 3 se incorpora el  $\mu\text{C}$  PSoC, teniéndose como salidas, las señales de comando para los convertidores CC-CC. El diagrama de bloques general de este sistema, se observa en la Fig. 4.

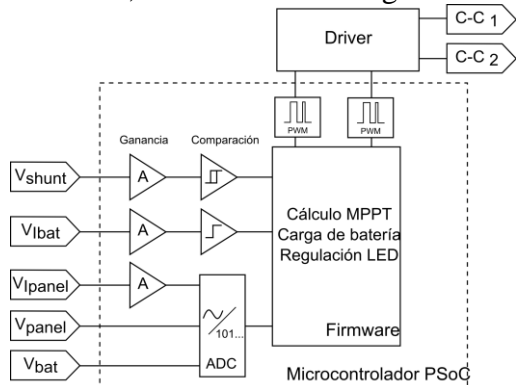


Figura 3. Diagrama en bloques.  
Entradas/salidas al PSoC.

### 3. DISEÑO DE LOS CONVERTORES CC/CC TIPO BUCK

Los reguladores conmutados son utilizados actualmente en la mayoría de los equipamientos electrónicos, como parte del sistema de alimentación de una diversa gama de equipamientos.

Como se mencionó más arriba, en este proyecto se utilizarán dos convertidores CC-CC tipo buck, cuya topología se muestra en la Fig. 5.

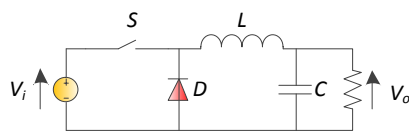


Figura 4. Circuito eléctrico del convertidor CC-CC utilizado.

Donde  $V_i$  es la tensión de entrada, y  $V_o$  la tensión de salida al convertidor respectivamente. Para la llave conmutadora ( $S$ ) se utilizará un MOSFET; se tienen además, un diodo rápido ( $D$ ), la bobina ( $L$ ) y un capacitor ( $C$ ), conformando estos dos últimos el filtro de salida del buck.

Los parámetros a diseñar son: la capacitancia  $C$ , la inductancia  $L$ , en base al ciclo útil de conmutación de la llave,  $d$ .

Deben también seleccionarse el diodo  $D$  y el MOSFET de manera que cumplan con los requisitos necesarios de corriente y tensión, Cypress Semiconductor (2009-2013).

Los cálculos fueron realizados partiendo como base del cálculo del ciclo útil mínimo  $d_{MIN}$  y máximo  $d_{MAX}$ . Luego se calculó la inductancia  $L$  y la capacitancia  $C$  de manera de obtener la ondulación deseada a la salida para la frecuencia de conmutación  $f_s$ . Los valores obtenidos en ambos casos son presentados en la Tabla 1.

Tabla 1: Parámetros de controladores CC-CC

	Panel - Batería	Batería - LED
$L(\text{mH})$	1,4	3,67
$C(\mu\text{F})$	100	120
$f_s(\text{kHz})$	20,1	4,98

La selección del MOSFET depende del pico de corriente, corriente rms y la caída de tensión en directa (topología *buck*). Se opta por el MOSFET CSD18532KCS de la firma Texas Instruments, ya que para ambos casos este reúne los requisitos. El driver seleccionado para el mismo es el TPS2033 de Texas Instruments.

El diodo debe presentar una respuesta rápida, mínima tensión de umbral, soportar la corriente de trabajo y presentar una reducida corriente de recuperación inversa. En base a esto, se selecciona el diodo Schottky 1N5822.

### 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos hasta la fecha son los siguientes:

#### Acondicionamiento interno de variables

Para la realización de ensayos se cuenta con el kit de desarrollo PSoC CY8CKIT-030. En el mismo se realizó el ensayo de acondicionamiento de la tensión de salida del shunt utilizado para medir la corriente controlada que el LED drena de la batería.

El ensayo se realizó alimentándose el shunt con una fuente de corriente variable y

midiéndose luego la tensión en bornes del mismo. Esta tensión ingresa a un pin de acondicionamiento de la placa de desarrollo con un ajuste de ganancia de valor igual a 50 y posterior conversión Analógica-Digital. El valor obtenido se visualizó en un *display* LCD programable. La relación tensión-corriente obtenida, se muestra en la Fig. 6.

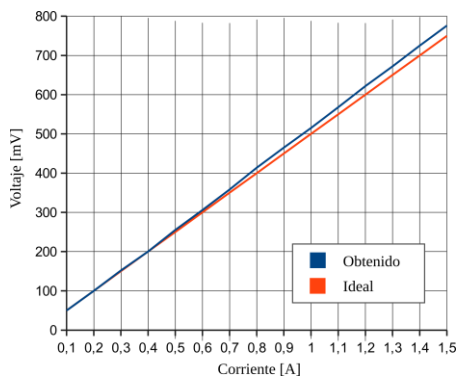


Figura 6: Resultado del acondicionamiento y conversión AD de tensión sobre el shunt.

Como se puede observar en la figura anterior, los resultados del acondicionamiento son aceptables, obteniéndose un error máximo de 0,05A para el extremo de la curva, o sea, 5% del valor ideal, y un error del 3% en cuanto a la corriente nominal que drenará el LED.

### Simulación del control de corriente en el LED.

Se realizó la simulación en el software PSIM del controlador para el sistema batería-LED, utilizándose una fuente de corriente controlada por tensión para modelar al LED. En la Fig. 7 y la Fig. 8 se presentan los resultados de la simulación.

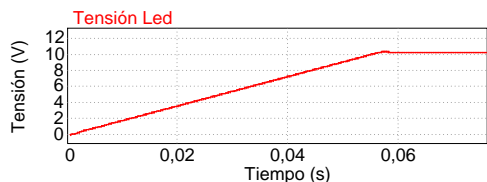


Figura 7: Tensión de salida del convertidor CC-CC. Tensión sobre el LED.

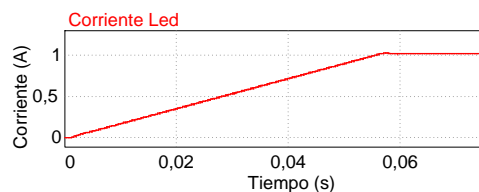


Figura 8: Corriente en el LED.

Teniendo en cuenta que el objetivo es la iluminación, el tiempo de establecimiento es aceptable; ya que el ojo humano no apreciaría este tiempo. Analizando el sobrepaso de las respuestas indicadas: respecto a la tensión sobre el LED, el mismo resulta dentro de los límites admisibles (menor a 11V). Lo mismo sucede con el sobrepaso de corriente (menor a 1,05A).

## 5. CONCLUSIONES

El diseño presentado no posee autonomía garantizada ya que depende básicamente del clima. Este inconveniente se solucionaría si se incorpora al proyecto la posibilidad de cargar la batería mediante la red eléctrica cuando no se cuente con días de sol. Se destaca la utilización del PSoC, ya que simplifica el diseño del sistema de control y acondicionamiento de variables externas.

## 6. REFERENCIAS

ANSHUL GULATI, SRINIVAS NVNS – AN56778 - PowerPSoC® – MPPT Solar Charger with Integrated LED Driver, Rev \*G - Cypress Semiconductor, 2012.

CYPRESS SEMICONDUCTOR – PSoC3: CY8C38 Family Data Sheet Rev \*H - Cypress Semiconductor, 2009.

W. Y. LEUNG, T. Y. MAN, M. CHAN – A High-Power-LED Driver with Power-Efficient Current Sensing Circuit LED - Hong Kong University of Science & Technology, 2008.

MIHNEA ROSU-HAMZESCU, SERGIU OPREA – AN1521 Practical Guide to Implementing Solar Panel MPPT Algorithms - Microchip Technology Inc., 2013.