

# Fotocontrolador programable

## (Programmable photocontroller)

Carlos A. Bazán-Prieto y Leonardo Pacheco González

**Resumen**—A photocontroller is a circuit capable of controlling the lighting on streets, gardens and walkways. Their operating principle is based on allowing the lighting of the lamp at night and turning off during the day, based on measuring the level of illumination. In the public lighting in Cuba, different types of photocontroller are used. Many of them have problems with proper operation, resulting in increased power consumption and shortening the life of the luminaire. In this paper the basic types of photocontroller are studied and proposed the most appropriate. Finally we propose a microcontroller-based photocontroller and a centralized architecture. Other functions related to power saving and extending the life of the luminaire are also proposed.

**Palabras Claves**—Lighting, Photocontroller, Power Saving.

### I. INTRODUCCIÓN

La iluminación pública es hoy en día un feudo casi exclusivo de las lámparas de vapor de sodio, tanto de alta como baja presión. La razón fundamental consiste en la eficacia luminosa de estas lámparas, que permite convertir cada watt en una cantidad que varía entre 130 y 170 lúmenes. Aunque ya existen LED en el mercado con capacidad para alcanzar hasta los 150 lúmenes por watt, la mayoría de LEDs comerciales proporcionan entre 80 y 100 lúmenes. En ambos tipos de luminarias, se hace necesario el uso de un circuito capaz de controlar el funcionamiento diario. Este tipo de circuito consiste, en su mayoría, en la utilización de un mecanismo actuador ante la respuesta de un elemento fotosensible, capaz de permitir el encendido de la luminaria durante la noche y el apagado durante el día. Este tipo de circuito es conocido como Fotocontrolador.

Los Fotocontroladores se pueden clasificar según su estructura y funcionamiento en: electromecánicos y electrónicos. Los electromecánicos son fundamentalmente pasivos y están formados básicamente por un elemento fotoresistivo del tipo LDR (*light dependent resistor*), que varía su valor resistivo en función de la iluminación y un relé como elemento actuador final. Los electrónicos utilizan dispositivos fotosensibles como el LDR u otros como fototransistores o fotodiodos. Tienen además circuitos electrónicos activos y generalmente un relé como elemento actuador final. Estos tienen además de su función principal, otras prestaciones como la incorporación de histéresis en los niveles de iluminación y demoras en la conmutación ante variaciones bruscas de iluminación, entre otras.

Los esquemas de alumbrado tradicionales utilizan dos arquitecturas de encendido de luminarias:

➤ Centralizado: un Fotocontrolador actúa sobre un

conmutador electromagnético, que conjuntamente con otros circuitos de protección, controlan varias luminarias.

➤ Distribuido: cada luminaria se controla directamente con un Fotocontrolador.

En Cuba, la mayoría de los esquemas de alumbrado tienen una arquitectura distribuida. Las luminarias incorporan en el cuerpo de la luminaria un conector del tipo "empujar y girar", de tres terminales F, N y OUT, donde se conecta el Fotocontrolador y cumplen con los requerimientos de las normas ANSI C136.10-1996 [1]. Los Fotocontroladores que se utilizan en Cuba para las luminarias públicas en estos esquemas distribuidos, son en su mayoría de la familia CRL-JL, de la compañía CR Technology Systems [2].

El objetivo de este trabajo es estudiar los fundamentales tipos de Fotocontroladores utilizados en Cuba a partir del funcionamiento de su circuito y de los resultados de su funcionamiento. Como resultado de este estudio, se deben presentar las principales ventajas y desventajas de cada uno. Finalmente proponer un Fotocontrolador y una arquitectura apropiados a las condiciones de funcionamiento actuales en Cuba.

### II. ESTUDIO DE FOTOCONTROLADORES

Los fotocontroladores de la serie CRL-JL-201 están fabricados para controlar automáticamente el alumbrado de calles, jardines o pasillos, de acuerdo con el nivel de la luz natural. En la Fig. 1 se presenta su aspecto exterior.



Fig. 1. Fotocontrolador de la serie CRL-JL-201.

Estos Fotocontroladores se pueden utilizar en arquitecturas distribuidas, como se muestra en la Fig. 2, o en arquitecturas centralizadas conjuntamente con protección automática magneto térmica (*breaker*) en el circuito de salida y la conexión/desconexión mediante un contactor magnético para conmutar varios circuitos de carga.

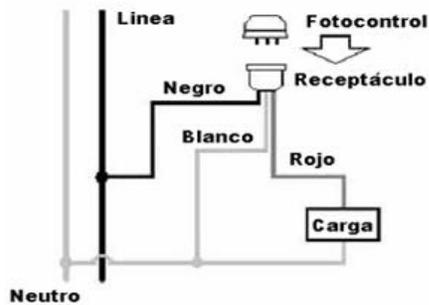


Fig. 2. Esquema de conexión en la arquitectura distribuida.

Existen varios modelos de Fotocontroladores que se pueden clasificar como electromecánicos. Por ejemplo el CRL-JL-201, CRL-JL-202 [2]. Estos están compuestos por los siguientes elementos:

- Un relé electromagnético de alta corriente o bimetálico calentado por elemento resistivo, encargado de conmutar el encendido de la lámpara.
- Una LDR: encargada del censado del nivel de iluminación.
- Un varistor de óxido metálico (MOV): para la protección contra elevados picos de tensión por pequeños intervalos de tiempo.

Del análisis de sus componentes y de los resultados de la explotación de estos tipos de dispositivos, se pueden enumerar las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas:

- Poseen un diseño simple, de fácil implementación.
- El costo de construcción es relativamente bajo.

Desventajas:

- La LDR es de potencia y trabaja directamente de la alimentación, lo que provoca averías.
- La vida útil depende principalmente de las limitaciones de conmutación del relé [3].
- Carece de histéresis en los niveles de iluminación y demoras en la conmutación ante variaciones bruscas de iluminación.

Otros modelos de Fotocontroladores que se pueden clasificar como electrónicos. Por ejemplo el CRL-JL-204 [2]. Están compuestos por los siguientes elementos:

- Un relé electromagnético de alta corriente encargado de conmutar el encendido de la lámpara.
- Una LDR: encargada del censado del nivel de iluminación.
- Un varistor de óxido metálico (MOV): para la protección contra picos elevados de tensión por pequeños intervalos de tiempo.
- Una fuente capacitiva de baja tensión, para alimentar al circuito electrónico.
- Circuito electrónico basado en Amplificadores Operacionales o Microcontrolador, encargado de comparar los niveles de iluminación con histéresis y demora en la conmutación ante variaciones bruscas de iluminación.

Del análisis de sus componentes y de los resultados de la explotación de estos tipos de dispositivos, se pueden enumerar las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas:

- Funcionamiento más preciso.
- Histéresis y demora configurables en la conmutación, ante cambios de iluminación.

Desventajas:

- La fuente de alimentación capacitiva de baja tensión utiliza un diodo zener como limitador de tensión. Este tipo de fuente depende de la carga, por lo que las conmutaciones del relé provocan la sobrecarga del diodo zener, su calentamiento y ruptura; que se hace crítico ante las subidas de tensión en los circuitos de alumbrado.
- Mayor complejidad y probabilidad de fallas de componentes electrónicos. Aquí influye la calidad de los componentes electrónicos empleados.

La histéresis en los niveles de iluminación impide que ocurran oscilaciones en la conmutación y la consecuente degradación de los contactos eléctricos. Las variaciones bruscas de iluminación, ocasionadas por destellos luminosos de los autos o relámpagos, también pueden provocar falsas conmutaciones del alumbrado. Estos efectos se pueden reducir con el empleo de demoras en el mecanismo de procesamiento del nivel de iluminación. Los efectos descritos anteriormente también inciden en la reducción de la vida útil de las luminarias. Por estas razones, es recomendable emplear Fotocontroladores electrónicos que permitan configurar la histéresis y la demora en la conmutación, ante cambios de iluminación.

### III. PROPUESTA DE FOTOCONTROLADOR

Tomando en cuenta los resultados anteriores, que proponen como más adecuados los Fotocontroladores electrónicos, en este trabajo se propone uno basado en Microcontroladores. Para solventar la desventaja de las fuentes capacitivas, se propone que el dispositivo sea de estado sólido, o sea, que el elemento actuador de salida sea semiconductor (por ejemplo un TRIAC). Además, los componentes electrónicos deben ser de elevada calidad. Con estas condiciones, es evidente que el precio de producción del dispositivo aumenta. Por esa razón, se considera adecuado emplear una arquitectura centralizada, donde este fotocontrolador maneje un contactor magnético, conjuntamente con otros elementos de protección que incluyan al controlador y las luminarias.

El Microcontrolador seleccionado es el PIC12F675, por ser de los más pequeños y económicos, y cumplir con los requerimientos de contener convertidor análogo-digital, contadores-temporizadores, puertos de entrada-salida, memoria interna, entre otras características propias de la aplicación [4]. Además, se dispone de la información y de las herramientas de software necesarias para su programación. En la Fig. 3 se presenta el algoritmo de la aplicación. La demora utilizada es programable, usualmente del orden de decenas de segundos. *I* es el nivel de iluminación, *ION* es el nivel de iluminación de encendido de la lámpara, *IOFF* es el nivel de

iluminación de apagado de la lámpara y el intervalo entre  $ION$  y  $IOFF$  es la histéresis del proceso. Todos estos parámetros son configurables en el programa.

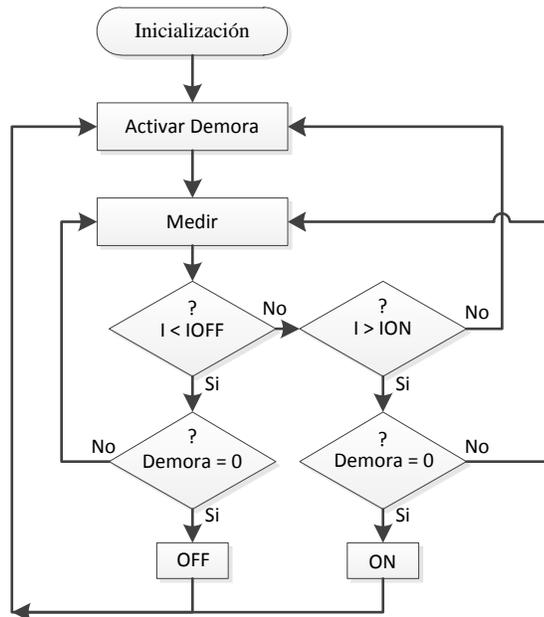


Fig. 3. Algoritmo de control del Fotocontrolador.

En el proceso de diseño y puesta a punto del fotocontrolador basado en el PIC 12F675 se utilizaron distintas herramientas de software. Para el diseño y simulación del programa se utilizó MPLAB IDE v8.50 y PIC C Compiler v4.084 de la Compañía Custom Computer Services (CCS) [5] y PROTEUS 7.7 [6] para el diseño del circuito y las pruebas integradas de hardware y software. Con el empleo del componente *TORCH\_LDR* se pudo simular las variaciones del nivel de iluminación sobre el elemento fotosensible LDR. En la Fig. 4 se muestra el circuito simplificado, donde se observa la lectura de la iluminación y el manejo de la carga.

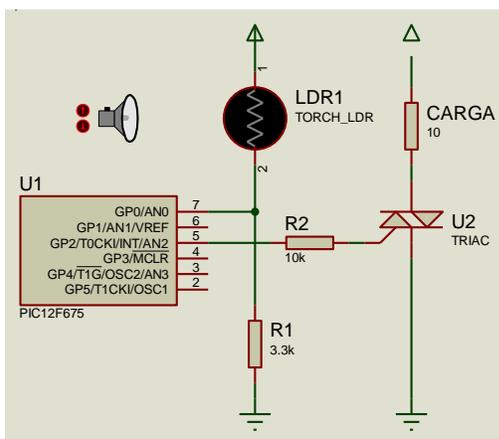


Fig. 4. Circuito simplificado del Fotocontrolador.

El empleo del microcontrolador permite que además de las funciones fundamentales que fueron descritas, se puedan añadir otras funciones. Uno de los objetivos del adecuado funcionamiento del Fotocontrolador, es el ahorro de energía y el alargamiento de la vida útil de la luminaria. En ese sentido

se propone utilizar dos circuitos de salida para manejar los dos correspondientes circuitos de carga. Esta variante se aplicaría en esquemas de iluminación de dobles luminarias como es el caso de calles con separador central. El encendido de las dobles luminarias se hará de forma alternada, en horarios de poca actividad asociado a la madrugada. Un algoritmo de estimación de duración de la noche, relacionado con los momentos de encendido y apagado de las luminarias, será el encargado de controlar este proceso. De esta forma se dispondrá de un Fotocontrolador programable, que se podrá adaptar mejor a distintas condiciones.

#### IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó un estudio de los tipos de Fotocontroladores más utilizados en Cuba. Se presentaron las principales ventajas y desventajas de cada uno, a partir de su clasificación general en Fotocontroladores electromecánicos y Fotocontroladores electrónicos. La histéresis y las demoras que introducen los del tipo electrónico impiden que ocurran oscilaciones en la conmutación y la consecuente degradación de los contactos eléctricos y la ruptura o disminución del tiempo de vida de las luminarias. A partir de los análisis realizados, se propone una variante de Fotocontrolador electrónico basado en microcontrolador. Se propone también como más adecuadas las arquitecturas centralizadas con el Fotocontrolador programable propuesto, así como alternativas de ahorro de energía asociados al control de alumbrado en horarios de poca actividad. Actualmente se dispone de un prototipo y se trabaja en su perfeccionamiento, así como en el diseño del gabinete de control centralizado.

#### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a los ingenieros y estudiantes, de la *Fábrica de Fusibles y Desconectivos*, y la *Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas*, respectivamente; que en el marco del proyecto de colaboración entre estas dos entidades, aportaron a la realización de este trabajo.

#### REFERENCIAS

- [1] *Standard for Plug-In, Looking Type Photocontrols for Use with Area Lighting UL773*, 4th Edition, dated Jan 19th, 1995.
- [2] CR Technology Systems (2013, jun. 19). "Photocontrols CRL-JL," Available in: <http://www.crtsgroup.com>
- [3] OMRON ELECTRONIC COMPONENTS LLC (2015, mar. 16). "PCB Relay G2RL," Available in: <http://www.omron.com>
- [4] Microchip Technology Inc. (2008, feb. 12). "PIC12F675 Data Sheet," Available in: <http://www.microchip.com>
- [5] *Custom Computer Services, INC. C Compiler Reference Manual*. Brookfield, WI, E.U, 2007.
- [6] Labcenter Electronics. (2008, mar. 21). About PROTEUS Demo, PROTEUS VSM CO-SIMULATION. Available in: <http://www.labcenter.co.uk>

**Carlos Alberto Bazán Prieto.** Ingeniero Electrónico. Máster en Electrónica. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular. Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba. [cabazan@uclv.edu.cu](mailto:cabazan@uclv.edu.cu)  
**Leonardo Pacheco González.** Ingeniero Eléctrico. Especialista Eléctrico. Departamento de Ingeniería y Desarrollo. Fábrica de Fusibles y Desconectivos. Santa Clara, Cuba.