

Proyecto de desarrollo de un Banco de Pruebas de Fotocontroles Usando la Computadora Industrial Abierta Argentina

J.L Frund, A. Chort, M.D.N. Balducci, F. Vincitorio.

*GeEPI, Facultad Regional Paraná. Universidad Tecnológica Nacional
Almafuerte 10. Paraná, Entre Ríos Argentina
fisicaelectronica@frp.utn.edu.ar*

Abstract— In this paper we present the design pattern and the selection of technologies for the implementation of an automatic control system intended to evaluate the behaviour of fotocontrol units.

Nowadays, there are many types of technologies oriented to reduce the electric consumption in public lighting, mainly composed by luminaries. These luminaries have three componets: the ballast, the lamps and the fotocontrol unit. A dysfunction of the last element produces an increased energetic consumption due to the fact that they stay on all the time. Therefore, it is important to have the equipment capable of predicting failures of the units.

Technically, the design will use a master device, a CIAA, connected to some interface units in and out. These units could be defined as: a control power unit that would be dedicated to dim a reference light source to excite the fotocontrols. A sense unit would be used to measure the light intensity and the system temperature. Finally, a unit which adapts signals and captures the failure on tested fotocotrols.

The whole system, the Master and the Slaves, will be communicated via RS 485 by the ASCII MODBUS protocol.

It is expected that at the end of the design it would be possible to build a proof bank capable of evaluating up to 20 fotocontrols simultaneously and with at least three programmed routines for the evaluation of different conditions.

Resumen— En este trabajo se presentan las pautas de diseño y la selección de tecnologías para la implementación de un banco de pruebas automatizado, destinado al control del funcionamiento de fotocontroles.

Actualmente existen diferentes tipos de tecnologías destinados a la reducción del consumo en sistemas alumbrado público, sistemas que se componen fundamentalmente de luminarias. Estas luminarias poseen tres componentes: el balasto, la lámpara y el fotocontrol. Un mal funcionamiento de este último componente implica un aumento en la energía consumida ya que la luminaria permanecerá siempre encendida. Por esta razón es importante contar con un equipo que permita predecir las fallas en los fotocontroles.

Técnicamente, el diseño se desarrollará en torno a una unidad maestra (CIAA – Computadora Industrial Abierta Argentina), a la que se le conectarán unidades de interfaz de entrada salida. Estas unidades podrían ser definidas como: módulo de potencia que se destinaría al control de los niveles de luz para la excitación de los fotocontroles. La unidad de sensado que tendría como principal función la de medir la intensidad de luz y la temperatura del sistema. Finalmente, la unidad de adaptación de señales y captura del estado de los fotocontroles.

Todo el sistema, Maestros y Esclavos, se comunicarán vía RS485 por el protocolo ASCII MODBUS.

Se espera que al final del diseño se pueda construir un banco de pruebas capaz de evaluar hasta 20 fotocontroles en forma

simultánea y con al menos tres rutinas programadas para la evaluación de diferentes condiciones.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alumbrado público son en la actualidad uno de los sistemas de mayor relevancia socioeconómica. Por una parte, se constituyen como un elemento indispensable en el conjunto de actores que contempla la seguridad urbana y vial en un sentido amplio. Por el otro lado, representan una de las principales fuentes de consumo energético. Tal es así, que con el fin de lograr eficiencia energética surgieron en los últimos años programas destinados a la modernización de los sistemas de APU (Alumbrado Público Urbano). Sin embargo, toda acción tendiente a lograr una mayor eficiencia en iluminación tiene como uno de los principales factores de riesgo a los denominados fotocontroles. En los sistemas APU de la República Argentina predomina el sistema de control distribuido. En estos, por cada luminaria existe un fotocontrol para el manejo de su encendido. En menor escala existen sistemas controlados desde un tablero central y con red eléctrica propia en muchos casos conectados a relojes, en otros conectados a un simple fotocontrol.

A partir de relevamientos realizados en la ciudad de Paraná, como parte del programa PRONUREE, se detectó que hasta un 30% de las luminarias permanecen encendidas 24 horas al día debido a fallos en los fotocontroles. Estas fallas, en general, se encuentran relacionadas con problemas de diseño o de componentes electrónicos.

Desde un punto de vista tecnológico existen tres tipos de topologías aplicadas a estos componentes en los sistemas APU (Alumbrado Público Urbano), los electromecánicos basados en bimetalicos y LDR (Ligth Dependent Resistor), los híbridos que integran electrónica para la reducción de fenómenos de histéresis pero dependen de un bimetalico y los totalmente electrónicos, que en algunos casos utilizan microcontroladores.

Las fallas se detectan fundamentalmente en los equipos denominados híbridos o totalmente electrónicos. [1]

En todos los casos el mal funcionamiento de los fotocontroles deriva en pérdidas de eficiencia energética en los sistemas de iluminación urbana y en un costo oculto todavía mayor. El reemplazo de los fotocontroles defectuosos implica un movimiento logístico de importancia.

Consultados diferentes organismos dedicados a la gestión de los sistemas APU se estableció la necesidad del desarrollo de equipamientos automatizados capaces de evaluar el desempeño de los fotocontroles. A partir de esto, se comenzó diseñando y construyendo un banco de pruebas automatizado, cuyo núcleo central es una CIAA.

En este trabajo se presentan las pautas de diseño y desarrollo precedentes a la construcción de un sistema que permita evaluar, de acuerdo a las normas IRAM AADL J2024 y J2025, el desempeño de fotocontroles comerciales de zócalo tipo Nema. Se explican además, los criterios adoptados para la selección de cada una de las funciones así como también el tipo de tecnología para su operación.

Un conjunto de tres placas controladoras, en configuración Esclavo, serán las encargadas de adaptar señales y controlar el manejo de los circuitos de potencia. Para complementar el funcionamiento del sistema se instalará un analizador de energía que será usado para la medición de las cargas conectadas a los fotocontroles. Lámparas de sodio, mercurio e incandescentes con sus respectivos equipos auxiliares serán las cargas de prueba que deberán manejar los fotocontroles a ser ensayados.

Se espera que al final de la construcción el equipamiento pueda ser replicado y transferido a los organismos de gestión de APU que demuestren interés.

Este proyecto se encuentra en desarrollo con fondos provenientes Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, contándose con un presupuesto superior a los \$ 60.000.

II. ESPECIFICACIONES GENERALES

El diseño de un banco de pruebas para fotocontroles debe considerar una serie de aspectos relacionados con los dispositivos a ser analizados. El primero de ellos es que son dispositivos sensibles al nivel de luz y por lo tanto deberán ser expuestos a una fuente de características espectrales similares a la luz del sol. Además el nivel de luz deberá ser variable con una rampa de crecimiento y decrecimiento similar a las observadas en la naturaleza. El segundo aspecto a tener en cuenta es que los fotocontroles deben ubicarse en la cercanía de las cargas, dado que en la mayor parte de los artefactos el fotocontrol se monta en la parte superior de la luminaria. Así, el cableado solo tiene unos pocos centímetros. Es igualmente importante tener en cuenta es la tensión de operación, los fotocontroles deben ser capaces de operar en un rango de tensiones de 198 V a 242 V, de acuerdo con las especificaciones solicitadas a la red de distribución.

Cada una de las condiciones de entrada deberá ser controlada a la salida, entendiéndose que la señal de salida corresponde a la tensión de alimentación de la carga.

Las variables de entrada pueden ser resumidas en el siguiente listado:

- Tensión de alimentación variable.
- Nivel de luz.
- Rampa de crecimiento del nivel de luz.
- Ciclo de operaciones.
- Tipo de carga.
- Consumo total del sistema.

Las variables de salida básicamente se encuentran resumidas en:

- Rango de operación del fotocontrol.
- Nivel de luz de encendido.
- Nivel de histéresis.
- Cantidad de conmutaciones.
- Respuesta al tipo de carga.
- Respuesta a cargas con fallas (lámpara agotada, balasto dañado).

Cada una de las variables de entrada generará una respuesta de salida que deberá ser registrada por el banco de pruebas.

A. Especificaciones para el diseño del gabinete.

El gabinete en el que se instalará el banco de pruebas de fotocontroles deberá ser capaz de soportar temperaturas elevadas y un nivel de carga mecánica importante (de 50 kg a 80 kg entre balastos y transformadores). Las dimensiones mínimas deberán ser de 800 mm de ancho, 300 mm de profundidad y 1200 mm de altura. Dentro de este deberá existir una bandeja sobre la que se montarán las diferentes partes del sistema. El interior del gabinete, deberá ser metálico, se necesitarán al menos dos divisiones. La principal será aquella que albergue un total de 20 fotocontroles de tipo nema distribuidos de manera de no generar sombras o superposición. Una segunda división, con un circuito de ventilación, contendrá las cargas. Estas cargas serán de diferentes tipos tales como sodio de 70 W, mercurio o sodio de 150 W / 250 W, mercurio o sodio de 400 W, halógenas de 150 a 500 W.

Con el fin de reducir los costos, el montaje de la electrónica de medición y control, inicialmente propuesto como un tercer módulo lateral, será reemplazado por un gabinete de tipo plástico montado sobre la puerta frontal del gabinete metálico.

Las canalizaciones eléctricas se realizarán mediante el uso de rieles pasa cables de tipo industrial ranurados, tanto en la bandeja como en la puerta principal. El cableado de control que irá desde la puerta hasta la bandeja contará con canalizaciones flexibles para protección del cableado.

B. Especificaciones de diseño para el controlador.

El sistema de mando del banco de pruebas se plantea con una configuración estándar de tipo Maestro –Esclavo, donde por requerimiento del proyecto, el Maestro, debe ser una Computadora Industrial Abierta Argentina CIAA o bien su versión educativa en un sistema de menores prestaciones.

Dadas las características de la CIAA y la imposibilidad de adaptarse para la operación de cargas de alta potencia así como la de adaptar señales de entrada de alta tensión, se implementarán etapas transductoras de potencia (Esclavos).

Dentro del conjunto de las placas denominadas Esclavos podemos definir el siguiente grupo:

- Placa de entrada para la adaptación de señales de alta tensión.
- Placa de sensado de niveles de temperatura e intensidad de luz.
- Placa de control de potencia.
- Placa de alimentación.

Tanto la CIAA como las placas de tipo Esclavas se deberán montar en gabinetes estandarizados de tipo DIN (Deutsches Institut für Normung) de ocho módulos que

posteriormente serán instalados en el gabinete frontal de control.

III. DISEÑO

A. Computadora Industrial Abierta Argentina.

La Computadora Industrial Abierta Argentina mostrada en la Fig. 1, puede ser definida como un sistema de tipo embebido. Basada en un microprocesador dedicado y con múltiples entradas y salidas.



Fig. 1. Fotografía de una placa correspondiente a la CIAA.

En el caso del modelo industrial [2] el procesador es un NXP, Dual-core Cortex-M4 + Cortex-M0 de 204MHz con una memoria SDRAM 64Mbit, 143MHz. La configuración general puede ser resumida en el siguiente listado.

Interfaces de comunicación:

- Ethernet.
- USB On-The-Go.
- RS232.
- RS485.
- CAN.

Entradas/Salidas

- 7 Entradas digitales.
- 4 Entradas analógicas
- 4 Salidas Open-Drain.
- 4 Salidas a Relé.
- 1 Salida Analógica.
- LV-GPIO.

El listado completo de especificaciones, atributos y funcionalidad pueden ser obtenidos de [2].

B. Modulo de control de potencia.

El denominado módulo o placa de control de potencia se diseñó con el fin de controlar tensiones y corrientes elevadas. Dos funciones se destacan en importancia: el control de la fuente de luz de excitación y el manejo del transformador de variación de tensión de alimentación de los fotocontroles.

En las especificaciones antes mencionadas, se indicó que para la correcta evaluación de los fotocontroles sería necesario contar con una fuente de luz de características cromáticas similares a la luz del sol. Para ello un conjunto de cuatro grupos de lámparas halógenas con filtros espectrales se seleccionaron para ser distribuidas dentro del gabinete, con el fin de simular la posición relativa de los fotocontroles respecto del sol. Cada grupo será excitado en forma independiente para brindar un rango de intensidad

luminosa variable. Dentro de las diferentes posibles opciones de control de iluminación se seleccionó un pulsador reductor PWM (Pulse width modulation), alimentado desde un rectificador directamente conectado a línea de alimentación. En la Fig. 2 se muestra la configuración de salida adoptada, basada en un MOSFET IRF840 de 8A 500V.

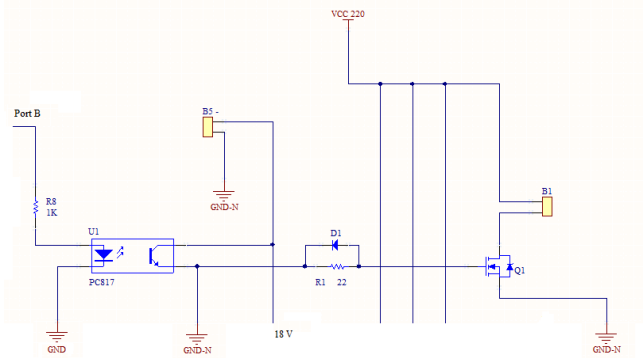


Fig. 2. Esquema eléctrico del circuito de salida de control de potencia de iluminación, basado en MOSFET IRF840 de International Rectifier. El terminal B1 se conecta a la lámpara de iluminación y el B5 a la fuente aislada de corriente continua de 18 V.

Como circuito de excitación de los MOSFET se seleccionaron etapas optoacopladas, alimentadas con una fuente aislada de 18 V. Como dispositivo de aislación se seleccionó el PC 817, el que será comandado por un microcontrolador PIC16F883.

El microcontrolador se seleccionó, a partir de la posibilidad de contar con un puerto de tipo USART para el manejo de las comunicaciones vía RS485.

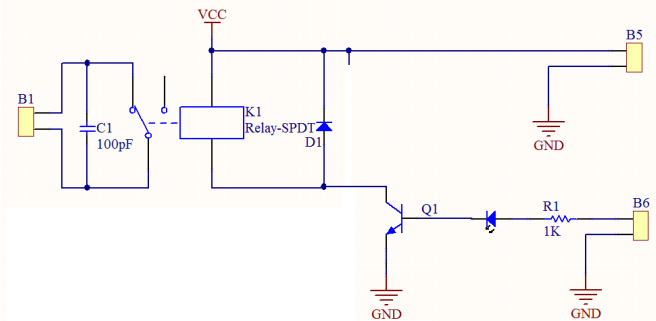


Fig. 3. Salidas de tipo relé para el control de tensión de entrada. El terminal B6 se conecta directamente al PORTC del microcontrolador mientras el B5 controla contactores de potencia que alimentarán desde un transformador de 2,5 KVA el conjunto lámpara-fotocontrol

Para la segunda función de control, el manejo de los niveles de alimentación de tensión de entrada, se seleccionó como elemento de potencia un transformador con múltiples devanados secundarios y con una potencia de 2,5 KVA. Este permite regular en pasos de 5 V la tensión de salida desde los 190 V hasta 250V. En el caso particular de esta aplicación se utilizarán únicamente los devanados de 195 V y 245 V los que se conectarán mediante contactores a la carga (Conjunto de 20 fotocontroles con cargas de 50 W a 400 W). Desde el circuito impreso cada uno de los contactores será comandado por salidas relé de 7 A 220 V con circuito de atenuación de conmutación, tal como se muestra en la Fig. 3.

C. Modulo de mediciones de intensidad luminosa y temperatura.

Para poder proveer a la CIAA de las condiciones de operación y por lo tanto de control de la placa de potencia, se diseñó una placa de mediciones de dos parámetros fundamentales: Intensidad de luz y temperatura de operación. El primero de estos es de tipo variable de entrada en el lazo cerrado de control. La segunda una variable de funcionamiento y/o alarma.

Para el sensado del nivel de intensidad luminosa se seleccionó el sensor OPT3001, de Texas Instrument, un sensor integrado con salida digital en el que se destacan las siguientes características

- Filtrado óptico de precisión para que coincida Ojo humano: rechazo >99% (típico) de IR.
- Ajuste automático de escala simplifica software y asegura configuración adecuada.
- Rango de medición: 0.01 lux a 83 Klux.
- 23 bit efectivos en rango dinámico con ganancia automática.
- I2C comunicación

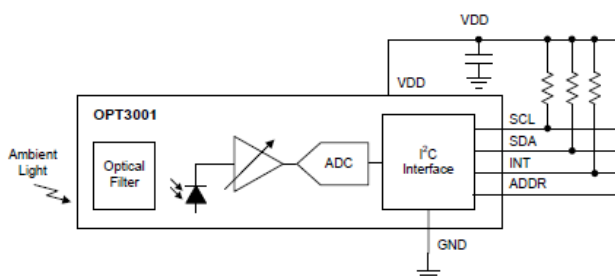


Fig. 4. Esquema de bloques del OPT3001, cortesía de TI®.

Debe destacarse que este sensor se encuentra filtrado respecto del contenido de IR de la fuente de luz, teniendo una respuesta espectral específica y coincidente con la respuesta espectral del ojo humano. Esta capacidad asegura en el diseño la capacidad de determinar el encendido de los fotocontroles en el nivel definido en la norma IRAM J2024, independientemente del contenido de IR que sí es detectado por el sensor de los fotocontroles.

El principal inconveniente de este circuito integrado son sus reducidas dimensiones ya que se fabrica en un encapsulado USON6 de 2 mm x 2mm x 0.65 mm, área en la que se disponen 6 pads sin pines salientes del cuerpo del sensor.

Para la segunda función de sensado se seleccionó el TMP100 de Texas Instruments. Un sensor de temperatura también digital y con conexión de datos I2C, siendo las características principales:

- Salida digital de datos SMBus™ /I2C, Twowire™.
- Resolución 9/12 bits seleccionables.
- Precisión $\pm 1^\circ\text{C}$.
- Encapsulado 6 pin SOT-23
- 2 pines de direccionamiento

El conjunto de sensores de temperatura e intensidad luminosa que serán distribuidos dentro del gabinete, serán controlados por un microcontrolador PIC 18F26J50 cuyas especificaciones se resumen en:

- 28 Pines.
- 64 K memoria de programa.

- 3776 SRAM Bytes.
- 16 pines reprogramables.
- 2 timers 8 bit/3 timers 16 bit.
- 2 módulos ECCP/(PWM).
- 2 EUSART.
- 2 MSSP->SPI w/DMA/I2C.
- 10 entradas analógicas ADC 10 bit.
- 2 Comparadores.
- RTCC.
- USB.

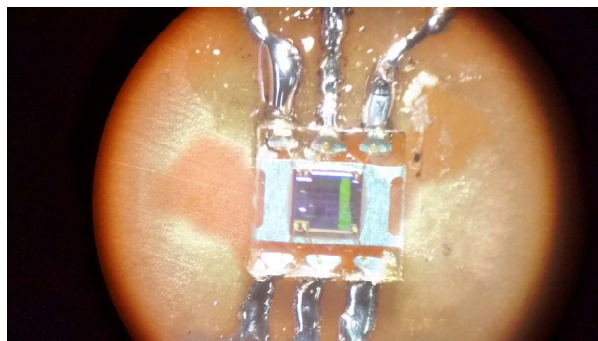


Fig. 5. Imagen de sensor OPT3001 soldado sobre circuito impreso visualizado mediante lupa estereoscópica Moticam 30x de zoom.

El micro controlador funcionará como Esclavo de la CIAA, dentro del lazo de comunicación. En todo momento se diseñará una estrategia de control en la que este se encuentre leyendo los sensores a la espera de directivas de la CIAA. Cuando la consulta de uno de los dos registros (LUX o $^\circ\text{C}$) sea demandada por la CIAA, este equipo transmitirá la información solicitada.

Muchas de las entradas/salidas digitales que no se utilizan se llevaron a bornera para posteriores desarrollos. Es conveniente mencionar que este microcontrolador posee internamente un bloque funcional RTCC (Real time clock and calendar) que puede ser configurado para posibles futuras aplicaciones o funciones. Todos los registros de información se configurarán para que puedan ser leídos por MODBUS ASCII por la CIAA.

De acuerdo con las especificaciones originales de diseño los registros a utilizar serán:

- Iluminancia en lux (Float - 4 bytes).
- Temperatura en $^\circ\text{C}$ (Float - 4 byte).
- Registros entradas digitales.
- Registros salidas digitales.
- Valores RTCC interno de micro controlador

La función principal del programa que ejecutará el microcontrolador es muy sencilla. Básicamente leerá los dos sensores y los almacenará en memoria. Cuando por comunicación MODBUS se solicite uno de estos registros será enviado al Maestro. Esta función principal del microcontrolador deberá mantener corriendo el RTCC y actualizando los registros. Los demás registros de entrada salida, también deberán ser actualizados para que la CIAA tenga acceso a los pines del microcontrolador en el momento que lo desee.

D. Interfaz de seguimiento de los fotocontroles.

Para el diseño de un dispositivo que realice el seguimiento de del estado de los fotocontroles (encendido o apagado), se fijaron las siguientes pautas:

- Interfaz basada en microcontrolador.
- 20 entradas digitales optoacopladas.
- Comunicación con la CIAA mediante MODBUS RS485.
- Gabinete DIN de 8 módulos contenedor que exista en el mercado y de fácil montaje.
- Conexionado flexible.

Como núcleo del diseño se seleccionó el PIC18F26J50, de la firma Microchip. Es un microcontrolador de fácil acceso en el mercado local con gran disponibilidad de información para su implementación y programación.

El microcontrolador está diseñado para un bajo consumo y la estructura de cada sentencia está optimizada para utilizar compiladores de lenguaje C. Posee una matriz de reconexión de pines-puertos lo que nos permite optimizar el diseño del PCB al momento de utilizar periféricos internos.

La principal función de esta placa es la de controlar el estado de encendido o apagado de cada uno de los fotocontroles en el momento del ensayo, independientemente del programa en ejecución. Para esto es necesario poder controlar la existencia de tensión sobre la carga a la salida del fotocontrol. Este nivel de tensión es de 220 V de corriente alterna por lo que se deberá adaptar y aislar los valores de tensión para su lectura. Para esto se diseñó un circuito de entrada a la placa basado en dispositivos optoacopladores tales como el mostrado en la Fig. 6.

Entre la resistencia R1 y el capacitor C1, se implementa un filtro pasa bajos que permite utilizar solo medio lóbulo de la señal de alterna sin que el microcontrolador detecte los cruces por cero. El diodo zener D1, de 16v, mantiene la tensión regulada para que se pueda conectar el diodo emisor del optoacoplador, mediante la resistencia R41.

Del lado del circuito lógico, el optoacoplador posee un fototransistor. Este saturaría cuando hay tensión a la entrada del circuito obteniendo así una lógica negada.

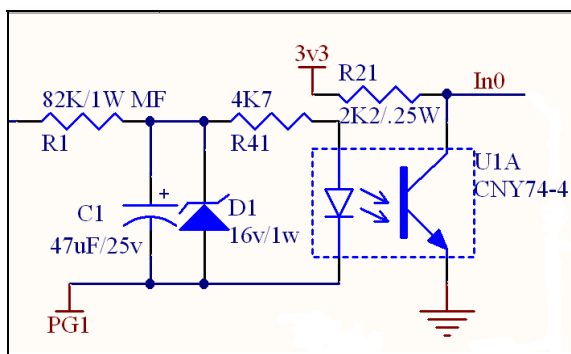


Fig. 6. Esquema eléctrico del circuito de entrada a la interfaz de captura de estado de los fotocontroles, basado en optoacopladores múltiples. Desde la resistencia de 82K y un diodo en serie con esta se toma la señal de salida del fotocontrol. Con este circuito se aísla y adapta la tensión de 220 V a valores aceptados por la lógica de control

Al momento de decidir el cableado de las entradas, se optó por utilizar un pin en común (en este caso se llama PG1). Esto debido a que originalmente se requeriría contar 40 puntos de conexión 2 para cada fotocontrol. Así, se

originaría una placa de gran tamaño lo que en la práctica resultaría muy difícil de implementar.

El sistema de comunicación Maestro-Esclavo se estandarizó en esta y en los otros módulos a partir de una interfaz RS485, sobre la salida de la USART de los microcontroladores. Se decidió utilizar el transeceptor DS75176, cuya fabricación la realizan varias empresas y es de fácil acceso. Este circuito integrado es de 8 pines y posee una línea de transmisión y otra de recepción del lado lógico. También posee dos líneas de control para habilitar el buffer de transmisión o el de recepción, de particular utilidad, ya que el protocolo RS485 es Half Duplex. Con esto se evitaría tener datos a la entrada del microcontrolador al momento que estamos transmitiendo.

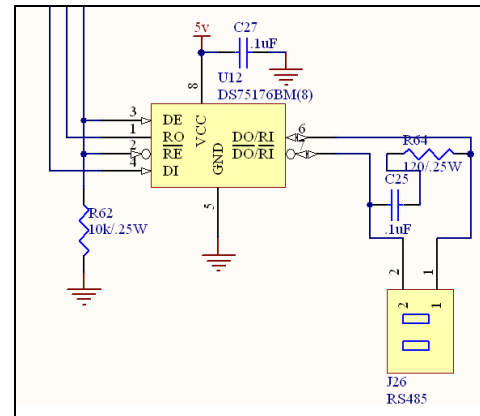


Fig. 7. Esquema eléctrico del circuito de comunicación Maestro Esclavo, basado en el DS5176. Este se conecta en forma directa al puerto de comunicaciones del microcontrolador (dependiendo el modelo usado en cada módulo).

IV. DISCUSIÓN

En este trabajo han sido presentadas las pautas de diseño solicitadas para el desarrollo y construcción de un banco de pruebas automatizado para la evaluación de fotocontroles.

No quedan dudas acerca de la necesidad de contar con dispositivos que permitan a las entidades de gestión de sistema APU, evaluar partidas de estos dispositivos antes de su instalación definitiva en la vía pública. Poder tener certezas respecto de la confiabilidad de estos componentes, no solo generará un ahorro energético y su consiguiente reducción de gases de efecto invernadero, sino que además reducirá notablemente los costos operativos de estas reparticiones.

La primera pauta de diseño proviene del organismo financiador del proyecto bajo el que se desarrolla este trabajo, debiéndose usar la CIAA como una forma de promover la aplicación de este sistema embebido de fabricación nacional. A partir de esta, se plantearon diferentes condiciones, surgidas a partir de las propias limitaciones de la CIAA.

Se propusieron tres módulos generales de adaptación de señales y se establecieron estrategias para su diseño. Además, se definieron los parámetros constructivos del sistema, tales como gabinetes y tableros.

En etapas posteriores se evaluará el funcionamiento y la respuesta del sistema a cada una de las rutinas programadas en la CIAA.

V. CONCLUSIÓN

Las pautas de diseño aquí presentas y las soluciones propuestas constituyen el primer eslabón del desarrollo de un proyecto que pretende expandir el campo de aplicaciones de la Computadora Industrial Abierta Argentina. Se han propuesto soluciones a las limitaciones propias de este dispositivo y se ha avanzado en el diseño de cada una de las etapas necesarias para el correcto funcionamiento del banco de pruebas.

Se espera en los próximos meses converger hacia la implementación y puesta en funcionamiento del sistema.

En etapas posteriores se evaluarán partidas pilotos de fotocontroles que ya han sido gestionadas en donación entre los diferentes fabricantes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es posible gracias al financiamiento del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina y a CADIEEL.

Al Laboratorio de Física de la Facultad Regional Paraná de la Universidad Tecnológica Nacional y sus Integrantes que día a día comparten el lugar físico de trabajo.

A Josefina Griemberg por su permanente asesoramiento en los aspectos formales del desarrollo del proyecto.

REFERENCES

- [1] Balducci D.M. Nicolás, Frund José Luis, Romero Gustavo, Vincitorio Fabio M. Determinación de la incidencia de los fotocontroles en la eficiencia energética del alumbrado público urbano. Actas del Octavo Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería. EnIDI 2015, Los Reyunos, San Rafael. Mendoza, Argentina.
- [2] Computadora Abierta Industrial Argentina. <http://www.proyecto-ciaa.com.ar/>
- [3] Trujillo Jesús Quinteros. Taller de electricidad I. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040019/html/lecciones/fotocontroles.htm>.
- [4] Assaf, Leonardo, Estévez Miguel A, Pandom Raúl, Buseo Santiago. Dimensionando el potencial de ahorro energético nacional por la aplicación de regulaciones de eficiencia energética en los sistemas de iluminación. Actas del XI Congreso Iberoamericano de Iluminación, Lux América 2012. Pag. 291-293.
- [5] Microchip. PIC 16F882/883/884/886/887 Data Sheet 2007. Microchip Technology Inc.
- [6] Microchip. PIC18F26J50 Data Sheet 2011. Microchip Technology Inc
- [7] IRAM AADL J2024 y J2025.