

HELA MODULE

**Carlos Sanoja, Jesús Guillen, Leonardo Ward,
Mauricio Marcano, Oscar Moreno, Vincenzo D'Argento**
19-91269, 14-10460, 19-91185, 19-91204, 19-91256, 19-91256, 24287223
Universidad Simón Bolívar

March 8, 2021

Abstract

El siguiente trabajo presenta las etapas del diseño de un prototipo de sistema de luces modular, que permite con el mismo hardware operar diferentes tipos de bombillos; con funcionalidades como encendido con horario, apagado con temporizador y encendido automático en función de la intensidad de la luz de fondo. Se realiza la selección de los componentes adecuados a los requerimientos del proyecto y a los criterios del equipo de trabajo. Se realizó la simulación del funcionamiento del sistema en el software Proteus, y la codificación con la ayuda de MPLABX.

1 Requerimientos

1.1 Requerimientos Generales

Diseñar un prototipo de un sistema de luces modular que permita operar diferentes tipos de bombillos.

1.2 Requerimientos Específicos

- Ir a producción en 4 semanas
- Utilizar alimentación 110 VAC 60Hz
- Un costo en componentes electrónicos de 7 dólares americanos sin incluir el bombillo o la fuente luminosa.
- Utilizar un PIC de 8bits.
- Modo de operación encendido y apagado por sensor de intensidad luminosa.
- Modo de operación encendido por alarma
- Modo de operación de apagado por temporizador: 15,30,45,60 minutos
- El módulo debe tener un método para interactuar con el usuario.
- El módulo debe mantener su modo de operación luego de una falla de energía.
- Utilizar componentes disponibles, asequibles y con soporte en el mercado.
- El módulo se tener métodos para programarse y verificar su funcionamiento en fábrica.
- El costo del ensamblaje de la lámpara se asume es de 7\$
- El costo de los materiales (no electrónicos) que componen la lámpara se asume es de 14\$
- El precio de venta del modulo al publico es de 70\$
- Se desea que el costo de producción total del modulo represente el 50% del costo de venta del producto.

2 Diseño

2.1 Hardware

En la Figura 1 se puede observar el diagrama de bloques de hardware del prototipo. Incluye los componentes esenciales del diseño y su conexión: el cable de corriente, el convertidor AC/DC, el microcontrolador, la pantalla de visualización, los pulsadores, el sensor de intensidad luminosa, el RTC, el relé que alimenta al bombillo o en este caso a una tira LED.

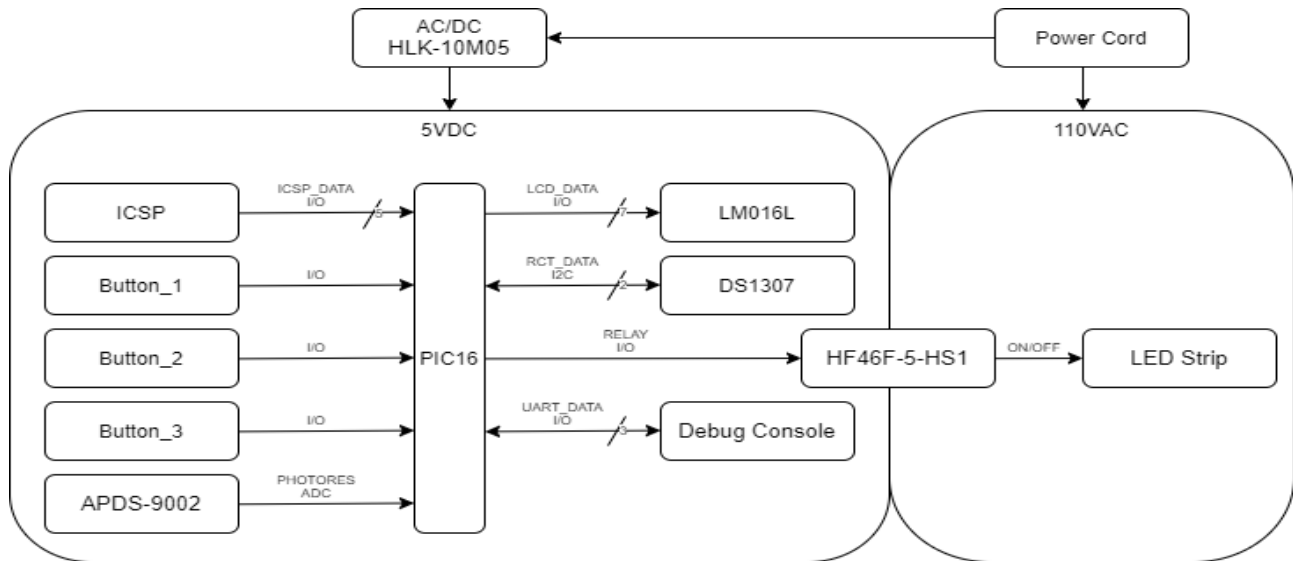


Figure 1: Diagrama de Bloques de Hardware

2.1.1 Alimentación

Se decidió que la fuente de luz a utilizar funcionará con corriente alterna, de esta manera el costo del convertor AC/DC podía mantener bajo ya que sólo debe manejar la potencia del circuito lógico del circuito. Se utilizó convertor AC/DC no aislado capaz de entregar 700mA a 5V con dimensiones de 3x2x2 centímetros, suficiente para el consumo del PIC, la pantalla, el RTC y relé. Este se puede observar en la Figura 2.



Figure 2: Convertor AC/DC 700mA @ 5VDC

2.1.2 Microcontrolador

Los requerimientos funcionales del proyecto son:

- 1 puerto de alimentación de 5V.
- 6 puertos para el manejo de la pantalla LED.
- 3 puerto para los tres pulsadores que controlan el dispositivos.
- 2 puertos I2C para la comunicación con el RTC.
- 1 puerto con ADC para medir el voltaje que cae en el sensor de intensidad luminosa.
- 1 puerto para manejar el relé que alimenta la fuente de luz.
- 2 puertos para la programación del dispositivo vía ICSP.
- 2 puertos para el UART para comprobar el funcionamiento en fabrica.

Debido a la relativamente alta cantidad de pines que se necesitan (17 sin incluir los de alimentación) se escogió el PIC16F1768 de 20 pines, de 8 bits, que puede operar con 5V de alimentación, una velocidad de CPU de 32MHz, con 18 pines programables como I/O, protocolo I2C, 2 canales de ADC de 10 bits resolución, 128 Bytes de memoria persistente para guardar el modo de operación que está ejecutado y es programable con puerto ICSP. El Pinout del dispositivo puede ser observado en la Figura 3.

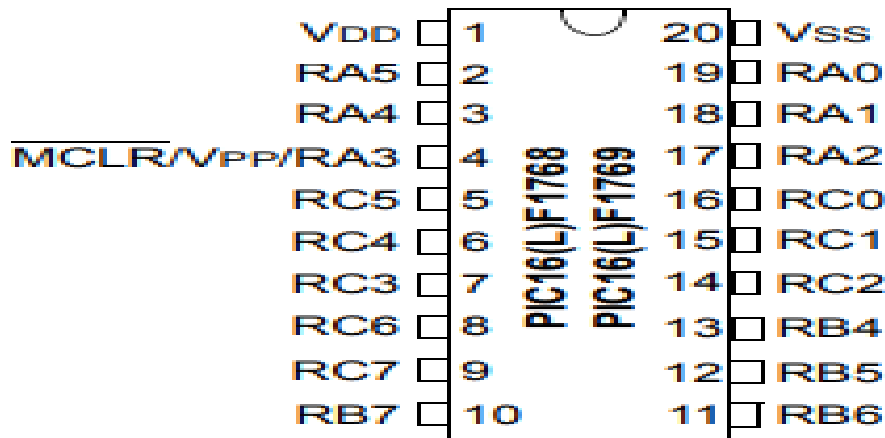


Figure 3: Pinout PIC16F1768

Se puede programar el microcontrolador utilizando un programador ICSP (se puede utilizar para cualquier chip PIC). Las conexiones ICSP se muestran en el siguiente diagrama (Figura 4):

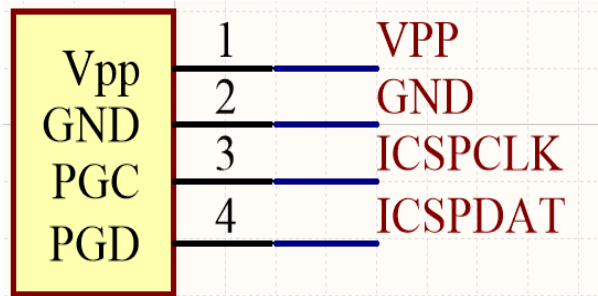


Figure 4: Símbolo para la entrada ICSP en el esquemático

2.1.3 Relé

El dispositivo escogido para suministrar la corriente a la fuente luminosa es el popular relé HF46F-5-HS1 de la marca Hongf, capaz de manejar voltajes entre sus terminales de 110-220 VAC y permitir una corriente máxima de 5 Amperios. Si bien el voltaje de activación del relé es de 5VDC, se utilizó un transistor BC547 en conjunto con una resistencia para evitar que el microcontrolador suministre los 40mA de corriente necesarios para su operación (según su hoja de datos); además de un diodo 1N4007 para el retorno de la corriente cuando se abre el circuito. En la Figura 5 se puede observar la conexión utilizada para la simulación

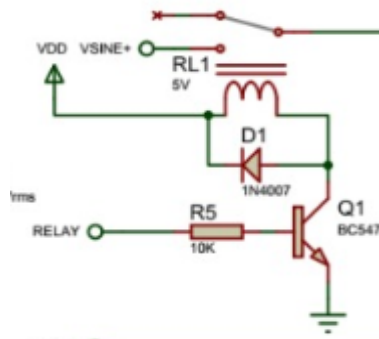


Figure 5: Conexión Relé HF46F-5-HS1

2.1.4 Fuente de luz

Si bien el modulo puede operar con cualquier fuente de luz que opere en 110 o 220 VAC y no consuma más de 5 amperios. Para este diseño se escogió una tira LED AC (110VAC) que viene en presentación de 25 metros, tiene un consumo de 7 Watts por metro, además viene en diferentes colores y puede ser cortada y empataada cada un metro. De esta manera el cliente puede elegir los colores y el tamaño de la tira que desee, hasta un valor teórico de 92 metros continuos (Hay que comprobar en la práctica las perdidas dentro de la misma). La longitud de la tira introduce un costo variable en el modulo que depende de las necesidades del cliente por eso no se incluye en el costo de los componentes electrónicos. La tira se puede observar en la figura 6

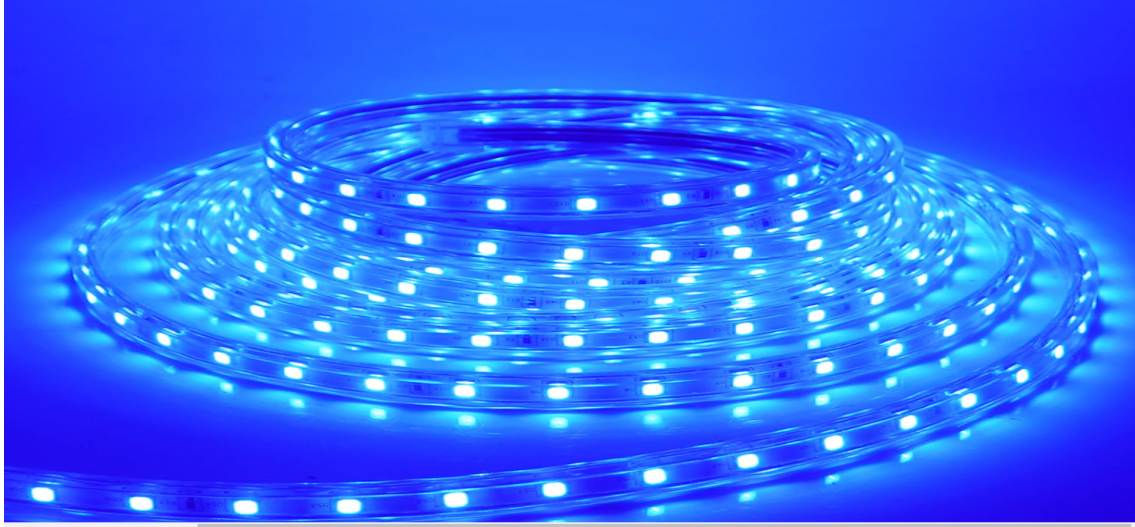


Figure 6: Tira LED AC Azul

2.1.5 Sensor de intensidad luminosa

Como sensor de intensidad luminosa se escogió el APDS-9002 de la empresa Avago Technologies. Este aparte de un diminuto tamaño de 2mm, puede operar con alimentación de 5V. Se necesita un ADC de alta resolución para medir el voltaje que cae en la resistencia de carga, ya que esta puede llegar a estar en el orden de los 20uA. En la figura 7 se puede observar el diagrama de conexión.

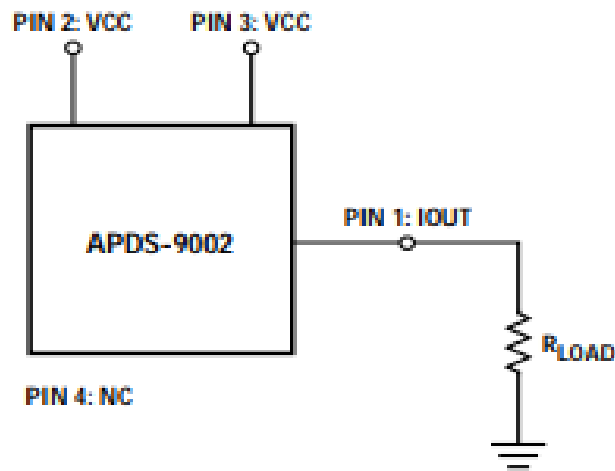


Figure 7: Sensor de intensidad luminosa

2.1.6 RTC

Se escogió un modulo RTC comercial, basado en el DS1307 de Maxim Integrated, este puede operar con alimentación de 5V, posee una porta batería y un circuito cargador para la misma. De esta manera el modulo puede mantener la hora a pesar de una falla con el suministro de la energía AC y continuar con el tiempo de ejecución correcto cuando se restablezca. En la figura 8 se puede observar fotos reales de modulo RTC.

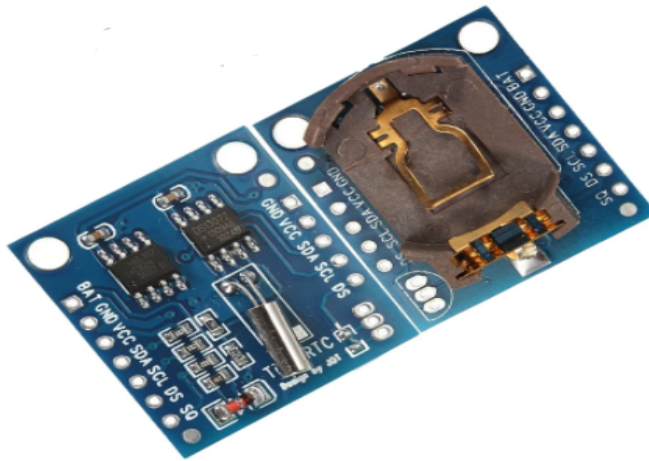


Figure 8: Módulo RTC basado en el DS1307 con porta batería

2.1.7 Interfaz del usuario

Se escogió una pantalla LCD de 16x2 como interfaz con el usuario debido a su practicidad y bajo costo. En conjunto con tres botones tipo pulsadores en configuración pull-up que le permiten al usuario interactuar con el modulo para seleccionar sus modos de operación. En la figura 9 se puede observar estos componentes en la simulación

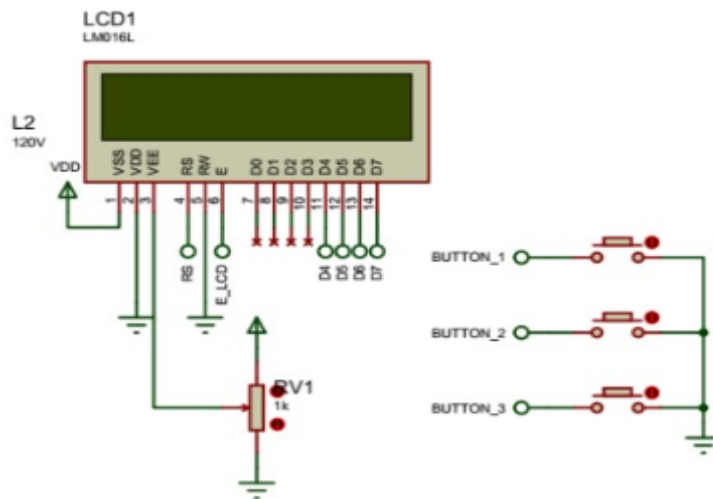


Figure 9: Pantalla LCD y botones

2.2 Software

En la Figura 10 se puede observar el diagrama de bloques del software para el microcontrolador, se pueden distinguir 6 subsistemas: i) el que controla la pantalla LDC, ii) el que configura y obtiene la hora del RTC, iii) el que obtiene la información del sensor de intensidad luminosa, iv) la lógica de los botones, v) el sistema que guarda y obtiene datos de la memoria persistente y vi) la lógica de encendido y apagado de las luces que integra la información de los demás subsistemas para determinar en que estado deben estar.

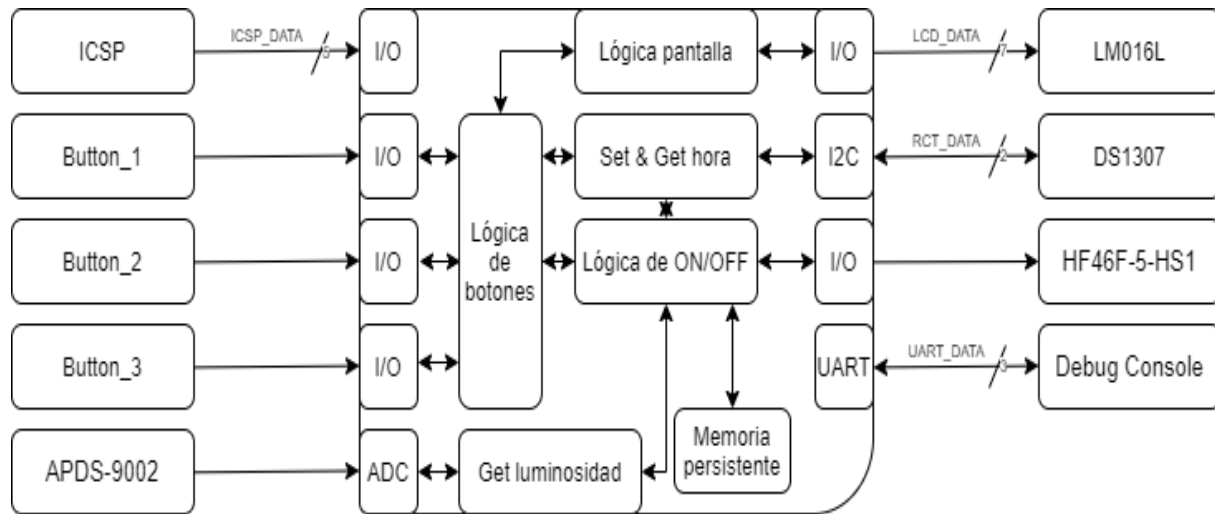


Figure 10: Diagrama de Bloques de Software

2.2.1 Implementación

A nivel de código, luego de inicializar el sistema y las variables necesarias, el programa fluye de la siguiente manera:

1. Se obtiene la hora del RTC.
2. Se inicializa la pantalla LED.
3. Se muestra la hora en la pantalla.
4. Se realiza la lectura de los pulsadores.
5. De haberse presionado el botón de "select" se refresca la pantalla,
6. Se espera que el usuario presione otro de los botones para decidir que pantalla es la siguiente:
 - Pantalla 1: Muestra la hora actual de dispositivo, es la primera pantalla que se muestra cuando se enciende el modulo.
 - Pantalla 2: Para programar la hora del dispositivo
 - Pantalla 3: Para seleccionar el modo de encendido y apagado automático por hora.
 - Pantalla 4: Para seleccionar el modo de encendido automático por intensidad luminosa del ambiente.

Cabe destacar que los ciclos de encendido y apagado de las luces, al momento de ser necesarios, son temporizados haciendo uso de contadores de ciclo. Para determinar el número de ciclos correcto, de modo que las luces cambiaran de estado en un tiempo prudencial, se realizó un proceso iterativo en el que se hicieron pruebas con distintos valores, hasta determinar el más apropiado.

Adicionalmente, se cuenta con un control de rebote por software para el caso del botón de selección de modos.

3 Resultados

Se realizó la simulación del circuito propuesto en Proteus, en la Figura 13 se puede apreciar el diseño realizado.

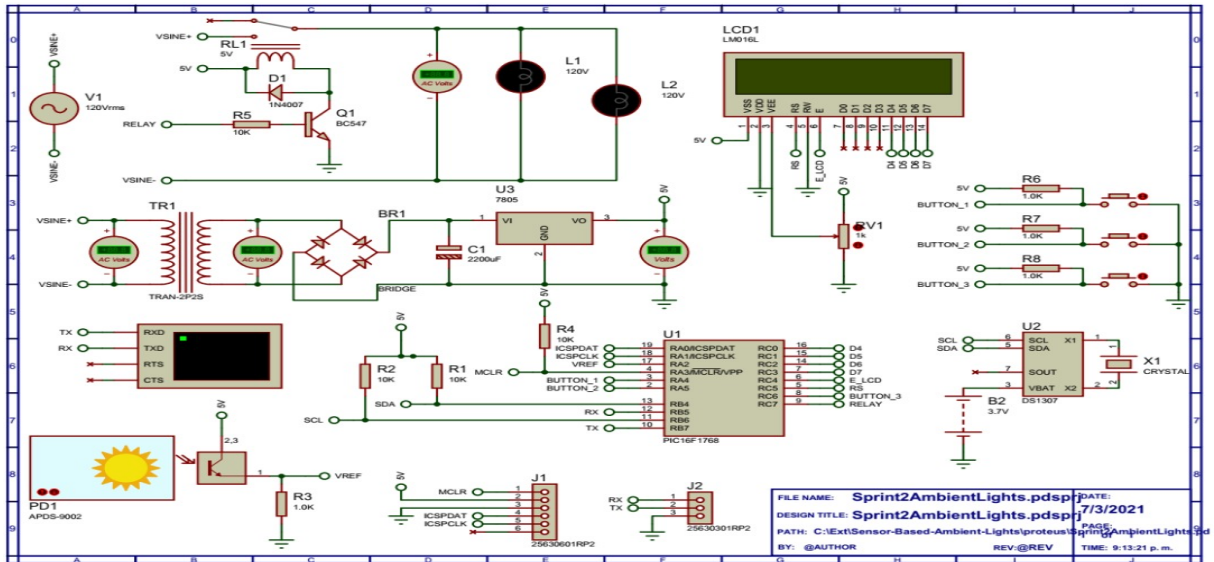


Figure 11: Modelo del circuito en Proteus

Al finalizar, los resultados finales de costo de fabricación pueden ser observados en el BOM (Bill of Materials), así como también las especificaciones de cada componente. En la siguiente tabla se muestran las principales conclusiones:

Costo	1 unidad	100 unidades	1000 unidades
Costo Componentes Electrónicos (sin tira LED)	\$7.17	\$6.83	\$6.70
Costo Componentes Electrónicos (con 2 metros tira LED)	\$10.65	\$10.31	\$10.18
Costo de producción	\$31.65	\$31.31	\$31.18

Table 1: Análisis de costo de producción

Si se le suman los costo de ensamblaje (7\$) y el costo de los materiales de lampara en (14\$), el costo de producción de Hela Module con dos metros de tira LED se eleva a aproximadamente a los 31.2\$ lo que representa el 44.5% del valor del precio de venta deseado de 70\$. Si el cliente desea mayor longitud en la tira el costo es de 1.74\$ por cada metro adicional por lo que el precio final varia en función de la longitud de la tira.

Se puede concluir que el costo de producción de Hela Module se encuentra dentro del margen establecido en los requerimientos.

References

- [1] Powell, B. *Design Patterns for Embedded Systems in C: An Embedded Software Engineering Toolkit*. 2010
- [2] Pressman, R. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. 2014
- [3] White, E. *Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software*. 2011