

Prototipo de circuito electrónico de control en sistema de iluminación intermitente para seguridad vial

CABRERA-VILLASEÑOR, Héctor Ulises*†, PARTIDA-CARVAJAL, Carlos Alberto, GUÍZAR-MARTÍNEZ, Gonzalo y AMEZCUA-CASTREJÓN, Román

Universidad Tecnológica de Jalisco

Recibido Abril 17, 2017; Aceptado Junio 2, 2017

Resumen

En el presente documento se describen los análisis y resultados del proyecto consistente en el diseño de un prototipo de un circuito electrónico útil para llevar a cabo el control de un sistema de iluminación con tecnología LED, empleado como indicador de advertencia y seguridad vial en tramos carreteros que se encuentran en reparación o con remodelaciones, con el fin principal de salvaguardar la integridad de los trabajadores y de los automovilistas. El arreglo electrónico diseñado consta de una tarjeta de circuito impreso, así como componentes pasivos y activos para controlar la secuencia de iluminación de un señalamiento a base de LEDs (emulando forma de flechas). De tal manera que, a través del circuito en cuestión, se logre llevar a cabo la manipulación del sentido de la indicación (derecha o izquierda), además de controlar la frecuencia con la que se realiza la intermitencia. Los principales componentes utilizados son los circuitos integrados para temporización así como un contador de décadas, con los cuales se envían los pulsos a los *relays* que conmutan el estado de los LEDs indicadores.

Control, seguridad, prototipo, temporización.

Abstract

This document describes the analysis and results of the project consisting of the design of a prototype of an electronic circuit useful to carry out the control of a lighting system with LED technology, used as an indicator of road safety and warning on road sections that are in repair or remodeling, with the main purpose of safeguarding the integrity of workers and motorists. The designed electronic arrangement consists of a printed circuit board as well as passive and active components to control the lighting sequence of LED-based signaling (emulating arrow shapes). In such a way, it is possible through the circuit in question to manipulate the direction of the indication (right or left), in addition to controlling the frequency with which the blinking is performed. The main components used are integrated circuits for timing as well as a decades counter, which sends the pulses to relays that change the status of the indicator LEDs.

Control, safety, prototype, timing

Citación: CABRERA-VILLASEÑOR, Héctor Ulises, PARTIDA-CARVAJAL, Carlos Alberto, GUÍZAR-MARTÍNEZ, Gonzalo y AMEZCUA-CASTREJÓN, Román. Prototipo de circuito electrónico de control en sistema de iluminación intermitente para seguridad vial. *Revista de Investigación y Desarrollo* 2017, 3-8: 41-47

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ulises.cabrera@utj.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La información contenida en este artículo forma parte del trabajo realizado y la metodología empleada para el desarrollo del prototipo de un circuito de control del sistema de señalamiento luminoso que se emplea como método preventivo de seguridad en tramos carreteros con obras de trabajos en proceso.

Durante el desarrollo del proyecto, se llevaron a cabo las siguientes etapas: Diagnóstico de necesidades, análisis del caso presentado, cálculos pertinentes, selección de componentes adecuados, implementación en tablilla experimental de circuitos eléctricos (denominada en el idioma inglés, *protoboard*), mediciones eléctricas, diseño en software del circuito impreso, impresión de la tarjeta diseñada, montaje de componentes y las pruebas funcionales del prototipo.

La función del prototipo de circuito implementado es generar señales eléctricas pulsantes que estimulen, empleando una configuración de polarización de transistor de unión bipolar (por sus siglas en inglés, *BJT*) del tipo *npn*, la activación (*conmutación*) de relevadores electromecánicos, del tipo *normalmente abiertos*, permitiendo o impidiendo el paso de corriente a través de los diodos LED (por sus siglas en inglés, de *Light Emitter Diode*) que conforman el panel luminoso.

Una de las ventajas del sistema de control en el prototipo desarrollado es que se puede variar la temporización de los pulsos generados que se ajusta a través de un *potenciómetro*, donde los pulsos son ondas cuadradas, con estados lógicos: 0 binario a 0 V y 1 binario a 5 V. Una vez obtenidos los pulsos, se llevó a cabo el filtrado de las señales para evitar ruido a alteren el funcionamiento del sistema.

Los pulsos llegan hasta un circuito integrado que permite realizar un conteo de décadas que, a su vez, conmutan los ya mencionados relevadores del tipo electromecánico (conocidos también como *relays*).

Justificación

Contar con un control electrónico de la secuencia que realizan los LEDs que se contienen en el panel del sistema preventivo de iluminación, resulta indispensable, puesto que la intermitencia que tienen este tipo de señalamientos representa una mayor advertencia de tipo visual para los conductores que circulan por las vialidades y, más aún, en las redes carreteras, donde las velocidades de los vehículos son mayores que dentro de las ciudades.

Por lo anterior, es necesario desarrollar un circuito de control para que se pueda llevar a cabo la intermitencia luminosa de arreglos de LEDs, de manera que tanto la dirección de la figura que forma (flechas) y la frecuencia de oscilación sean ajustable según se requiera.

Problema

La principal necesidad presentada es que exista el control para la ejecución de las secuencias mostradas en los LEDs. Por lo cual se debe diseñar un prototipo para el sistema de control, que cuente con un temporizador y el respectivo registro de corrimiento (efectuado con el contador de décadas). Asimismo que se controle el sentido en que las secuencias se lleven a cabo.

Hipótesis

El prototipo de circuito, permitirá manipular la indicación luminosa en cuanto a tiempos y dirección de ejecución de secuencias.

Además, con los componentes montados de manera adecuada en la PCB, la vuelve compacta en sus dimensiones, lo que representa una ventaja significativa.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un prototipo electrónico en tarjeta de circuito impreso para el control de secuencias de luces con LEDs, aplicable a un sistema indicador de seguridad vial.

Objetivos específicos

- Obtener la información de las especificaciones técnicas requeridas por el sistema
- Analizar los requerimientos recabados para la selección de componentes
- Ensamblar en tarjeta experimental (protoboard) los componentes y llevar a cabo las mediciones eléctricas, así como las pruebas de funcionalidad
- Diseñar en software especializado, el circuito para la implementación de la tarjeta correspondiente
- Montar los componentes activos y pasivos en el prototipo de tarjeta diseñada e impresa en placa de cobre
- Validar el funcionamiento del prototipo diseñado.

Marco Teórico

Circuitos temporizadores

En el área de la Electrónica Digital, los circuitos de lógica secuencial juegan un papel trascendental, dado que, a diferencia de los dispositivos digitales combinacionales, realizar funciones lógicas que se repitan y se “memoricen” depende en gran medida de la frecuencia en la que los cambios se lleven a cabo. Para el caso del presente proyecto, controlar los tiempos de encendido y apagado de los conjuntos de LEDs requeridos para realizar la indicación de dirección del señalamiento luminoso, conllevan a emplear y configurar (a nivel *hardware*) dispositivos electrónicos con circuitos integrados que den la frecuencia necesaria de oscilación. El circuito integrado en el prototipo diseñado es el *temporizador 555*, dispositivo que consta de ocho terminales y que, de acuerdo a la configuración deseada, controla la frecuencia de oscilación por medio de elementos pasivos (resistores y capacitores).

Cabe señalar que se para el sistema, se requiere que la cantidad de ciclos a ejecutar, la secuencia de conmutaciones debe ser de manera indefinida, es decir, que se repitan constantemente mientras se esté utilizando. Esta modalidad de funcionamiento se le denomina *astable*. La figura 1 muestra el diagrama esquemático para la función astable del temporizador 555.

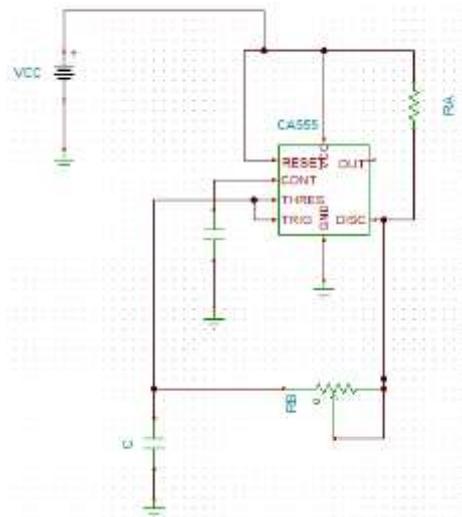


Figura 1 Diagrama esquemático para el funcionamiento astable del temporizador 555

Para determinar los dos semiciclos de una señal periódica de forma rectangular (t_1 y t_2) que forman el periodo T , de acuerdo a la ecuación $T = t_1 + t_2$ (fig. 2), debe diseñarse un circuito con elementos pasivos (resistor y capacitor, RC), de acuerdo a los siguientes cálculos (ecuaciones 1 y 2):

$$t_1 = 0.693(R_1)C \quad (1)$$

$$t_2 = 0.693(R_1 + R_2)C \quad (2)$$

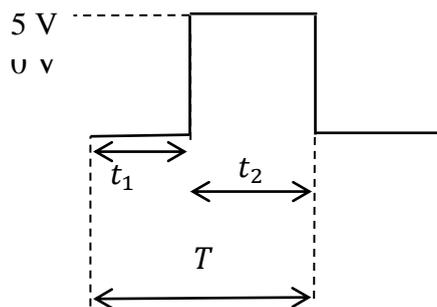


Figura 2 Forma de onda de salida del temporizador 555

Contador de décadas (decenas)

El componente usado para llevar a cabo el conteo del conjunto de LEDs es el CI 4017, mismo que responde a los pulsos que envía el CI 555.

Este tipo de secuencias son denominadas así debido a que el conteo binario se lleva en decenas, desde 0000 (cero decimal) a 1001 (nueve decimal). Los arreglos lógicos que permiten llevar a cabo estas secuencias son los *flip-flops*, aunque existen circuitos integrados, como es el caso del 4017, como el que se usa en el prototipo aquí descrito, que contienen esa función y sirve para dividir los pulsos recibidos del temporizador, exactamente entre 10.

Relevadores

La etapa que permite la conmutación de los estados de los LEDs a controlar son dispositivos electromecánicos, denominados relevadores o relays. Estos dispositivos electromecánicos constan de una bobina, misma que al tener corriente circulando a través de sus espiras, genera un campo magnético que dispara mecánicamente los contactos que posee, que son clasificados como *normalmente abiertos* y *normalmente cerrados*.

En el caso aquí descrito, se emplean los contactos normalmente abiertos, mismos que al cerrarse permiten el paso de la corriente impulsada por la fuente externa de 12 V, de tal forma que se lleven cabo los estados de encendido y apagado del arreglo de los LEDs indicadores.

Tarjeta de Circuito Impreso

Los componentes eléctricos y electrónicos son fijados en una tarjeta que contiene las pistas conductoras y los orificios para sujeción con soldadura.

Dichas tarjetas o placas son denominadas Tarjetas de Circuito Impreso (*PCB*, por sus siglas en inglés, *Printed Circuit Board*) son la base para el montaje de los componentes a utilizar.

En este proyecto, se realizó el diseño a través de software especializado, *Eagle* (de *Autodesk Inc.*), mismo que es útil para elaborar desde un diagrama esquemático hasta su exportación a un PCB, con herramientas variadas, entre ellas, el *autorruteo* de pistas conductoras. Con el diseño asistido por computadora en el programa *Eagle*, se usó para el prototipo, la tecnología de *Pin-in-hole (PIH)*, por sus siglas en inglés) que consiste en tener perforaciones entre las dos caras de la PCB para aplicar la soldadura y fijar los componentes en sus terminales al *pad* de material conductor.

Metodología de Investigación

Basándose en la metodología aplicada práctica, las especificaciones de los componentes usados en el diseño del prototipo y los requerimientos del sistema a implementar, se logran realizar los análisis en los resultados obtenidos, comparando con las expectativas que se plantearon, lo que ha permitido determinar la funcionalidad del circuito implementado.

Con los datos de las necesidades técnicas se llevó a cabo el análisis de cada parámetro involucrado, siendo los principales, las tensiones eléctricas de alimentación y de los pulsos generados, así como las frecuencias de oscilación y la intensidad de corriente. Con los datos derivados se procedió al montaje de componentes y la medición eléctrica de los parámetros ya mencionados, además de monitorear la temperatura disipada por los componentes, de manera que se corroboró que soporte los niveles indicados en las especificaciones. Las figuras 3 y 4 muestran el montaje en protoboard de los componentes donde se validó el funcionamiento.

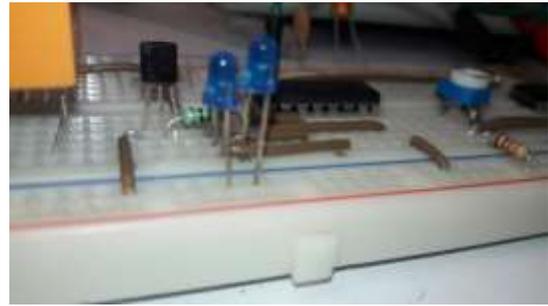


Figura 3 Montaje y pruebas en protoboard (vista lateral)

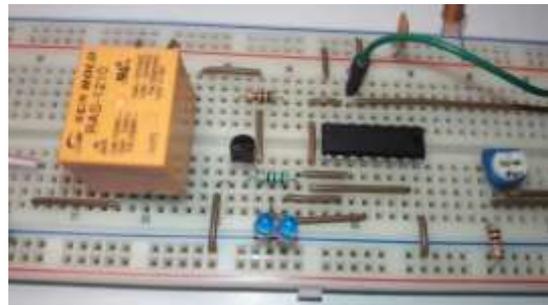


Figura 4 Montaje y pruebas en protoboard (vista superior)

Es importante señalar que las figuras mostradas solo se verifica la activación de un relevador, posteriormente se efectuó para tres relevadores y conmutando los arreglos LEDs del tipo que se emplean en el panel indicador.

Tipo de Investigación

La investigación aplicada es el tipo de investigación a la que pertenece el presente documento, debido a que el fin principal del proyecto es apoyar con un prototipo electrónico para un sistema de control usado en un indicador luminoso para seguridad en tramos de autopistas, brindando seguridad a los automovilistas que usan las vías, así como a empleados de la empresa que realiza las labores de reparación.

Resultados

Después de realizar el montaje e implementación del circuito en protoboard, se comprobó el funcionamiento requerido para el panel de LEDs, pudiendo manipularse el sentido que se desea indicar con la intermitencia de las luces y la frecuencia de los pulsos.

De tal forma que se procedió al diseño de la PCB y el montaje de los componentes, comprobando que el prototipo funciona tal y como se contempló durante la etapa de diseño.

En las figuras 5 y 6 se pueden observar el circuito impreso diseñado en software y la placa impresa con los componentes colocados y conectados.

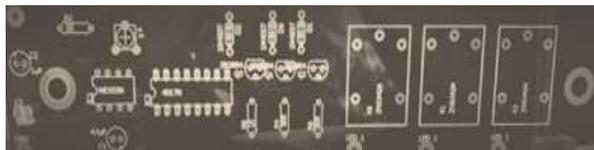


Figura 5 Circuito impreso diseñado

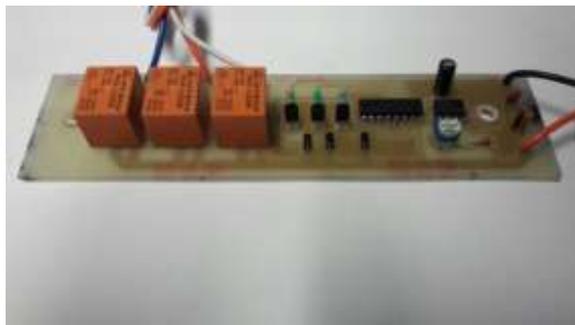


Figura 6 Prototipo de circuito electrónico de control, montado y verificado

Conclusiones

Con las mediciones realizadas, desde la etapa en la que se utilizó el protoboard para el montaje de componentes, se logró comprobar el funcionamiento adecuado del arreglo electrónico del prototipo para el sistema de control referido.

Corroborar el funcionamiento de los componentes montados de manera provisional permite hacer ajustes necesarios en los componentes empleados, de tal manera que, cuando se monten en la PCB, exista la seguridad de su funcionamiento.

Como punto importante del trabajo aquí presentado, está la colaboración con el sector productivo, especialmente con las Micros Pequeñas y Medianas Empresas (MIPyME), debido a que, por lo general, cuentan con recursos financieros limitados, requieren apoyos, en este caso del ámbito académico, como son las Instituciones de Educación Superior (IES). A su vez, colaborar en este tipo de proyectos, tal es el caso del trabajo presentado en este documento, permite a los grupos de investigación, cuerpos colegiados y cuerpos académicos, “aterrizar” los trabajos de investigación.

Agradecimiento

Se agradece y reconoce la valiosa colaboración de los estudiantes de la carrera de TSU-Mecatrónica área Automatización, de la Universidad Tecnológica de Jalisco:

Rigoberto Bruno Maldonado
Jonathan Manuel Ocháa González
Juan Manuel Sanabria Rodríguez

Referencias

Harper, G. E. (2003). *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. México: Limusa.

Sun Hold Electric Inc. (2010). Obtenido de http://www.sunhold.com/product_2.php?SNO2=42&SNO3=199&Vcode=109

Texas Instruments Incorporated. (2017). Obtenido de <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm555.pdf>

Texas Instruments Incorporated. (2017).
Obtenido de
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4017b.pdf>

Tocci, R. J. (2007). *Sistemas digitales: principios y aplicaciones*. México: Pearson Educación.