

Ensayos

Diseño y construcción de dispositivos

para el control de iluminación y de temperatura basados en transductores eléctricos

Resumen

El presente trabajo describe la forma en que se desarrollaron dos aplicaciones clásicas de los transductores y sensores eléctricos. Se diseñaron dos circuitos en los cuales se aprovechan las características eléctricas de esos componentes. El primero de los circuitos tiene como función controlar el encendido y apagado de un dispositivo de iluminación, con ayuda de fotoresistor, el cual es un dispositivo cuya resistencia eléctrica está en función de la intensidad de luz recibida. El segundo circuito controla un ventilador para regular la temperatura de un lugar cerrado o a la intemperie, y esta basado en un sensor de temperatura (LM35) que genera un voltaje proporcional a la temperatura recibida. Ambos circuitos tienen un comportamiento similar, por lo que en su construcción se diseñan etapas comunes.

Abstract

This article describes how two classical applications of electrical transducers and sensors were developed. Two circuits were developed by taking advantage of the theoretical foundations of these components. The function of the first circuit is to control the light in a specific area by means of a photoresistor which has an electrical resistance that is a function of the light received. The second circuit controls the temperature of an enclosed area or an outdoor area. This is based on a temperature sensor (LM35) which gives a voltage which is proportional to the temperature received. Both circuits behave in a similar manner and so there are common stages in their construction.

Abstrait

Ce travail décrit comment se sont développées deux applications classiques de transducteurs et senseurs électriques. On a dessiné deux circuits dans lesquels on a tiré parti des caractéristiques électriques de ces composants. La fonction du premier des circuits est de contrôler l'allumage et l'extinction d'un dispositif d'illumination, à l'aide d'un photoresistor, dispositif dont la résistance électrique est en rapport avec l'intensité de la lumière reçue. Le second circuit contrôle un ventilateur pour régler la température d'un lieu fermé, ou sujet aux intempéries. Il est fondé sur un senseur de température (LM35) qui produit un voltage proportionnel à la température reçue. Les deux circuits ont un comportement similaire, on a donc conçu des étapes communes dans leur construction.

Felipe Santiago E.*
Emmanuel Aparicio V.**
Gerardo I. Palafox A.**

Introducción

Infinidad de sistemas electrónicos están construidos con base en transductores y sensores eléctricos. Un transductor eléctrico es un dispositivo que permite convertir algún tipo de energía en una señal eléctrica, la cual puede fácilmente ser transmitida, amplificada o filtrada [4]. Existen diversos transductores para monitorear diferentes parámetros físicos, tales como: intensidad luminosa, temperatura, cambio de posición y/o velocidad, etc.

Un sensor, a diferencia de un transductor, produce un voltaje o corriente proporcional a la magnitud física que detecta.

Se presenta el diseño de dos circuitos, cada uno con el objetivo de controlar un dispositivo eléctrico para regular la intensidad de un parámetro físico. El primero controla una lámpara para mantener iluminada alguna área determinada, para ello se utiliza un fotoresistor el cual es un dispositivo cuya resistencia eléctrica esta en función de la intensidad luminosa existente. Cuando la iluminación es mínima, el circuito provoca el encendido de la lámpara de corriente alterna para evitar la oscuridad total, la lámpara permanece encendida hasta que se detecte una iluminación mayor a la que proporciona la lámpara (idealmente, la del sol). El segundo

* Profesor investigador del Instituto de Electrónica y Computación y

** Alumnos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca

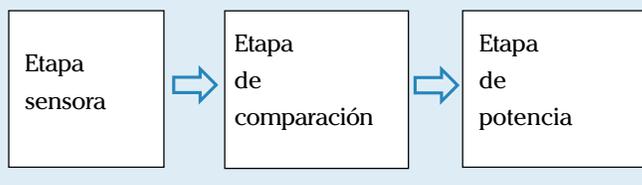
circuito controla un ventilador que se encarga de regular la temperatura ambiental, pretendiendo que se mantenga dentro de un rango determinado. Cuando la temperatura sobrepasa un límite superior, el circuito provoca la activación del ventilador, el cual permanecerá encendido hasta que se alcance un límite inferior. Los límites superior e inferior de temperatura se establecen de acuerdo al rango que se desee manejar.

En los circuitos desarrollados fue fundamental la utilización de amplificadores operacionales en diferentes configuraciones. Se utilizaron para el acoplamiento de impedancias, como amplificadores de voltaje y sobre todo como comparadores de voltaje.

Descripción de los proyectos

Ambos circuitos poseen un diseño de construcción muy similar en lo que se refiere a las etapas de su funcionamiento, por lo que para ambos se muestra una descripción a bloques común en la figura 1.

FIGURA 1
DIAGRAMA A
BLOQUES DE
LOS PROYECTOS



Etapa sensora

Es en esta etapa donde el sensor detecta la intensidad de la iluminación o temperatura y proporciona un valor, ya sea de resistencia o voltaje, proporcional al parámetro físico correspondiente.

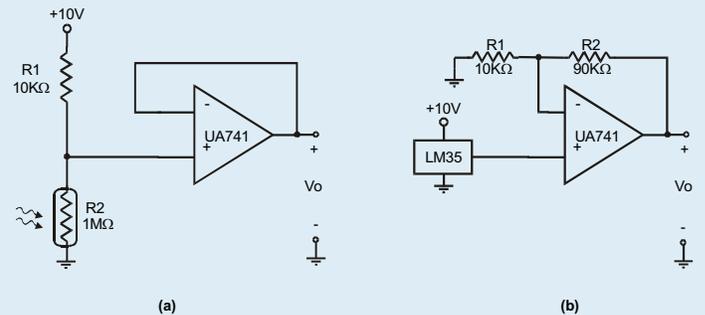
En el caso de la celda fotoconductiva (o fotoresistor) [1], presenta un cambio de resistencia como respuesta a la variación de la iluminación: a menor iluminación, mayor resistencia y a mayor iluminación menor resistencia. Conectando al fotoresistor en serie con un resistor de valor fijo, y alimentando a ambos con un voltaje establecido, permite obtener diferentes niveles de voltaje en función de la intensidad luminosa. Pero debido a la alta impedancia que esta red presenta en su salida, se le conecta un amplificador operacional con una configuración de seguidor de voltaje.

Por otro lado, como sensor de temperatura se utiliza un LM35 [3], el cual es un circuito integrado que da como respuesta un voltaje determinado por cada grado centígrado, la relación es de 10 mV/°C, para ello se introduce una etapa de amplificación para mejorar su respuesta. En la figura 2 se muestra la etapa sensora de ambos proyectos.

FIGURA 2

ETAPA SENSORA

(a) para el control de iluminación y
(b) para el control de temperatura



Etapa de comparación

Esta etapa permite hacer las comparaciones necesarias para determinar en que estado se encuentra la salida del circuito. Por ejemplo, cuando la intensidad luminosa que incide en el fotoresistor es baja, al oscurecer, la señal de voltaje generada es alta y con el comparador de nivel se determina si es lo suficientemente alta como para activar la etapa de potencia y ocasionar que el foco encienda.

El tipo de comparador de nivel de voltaje que se emplea en ambas aplicaciones es un *comparador no inversor con histéresis* y está basado en un amplificador operacional de propósito general. Este circuito recibe una señal de voltaje en una entrada y la compara con un voltaje de referencia, proporcionando uno de dos estados en su salida, voltaje de saturación positivo o voltaje de saturación negativo [2], que se considerarán como encendido y apagado, respectivamente.

Siempre que un circuito que cambia de un estado a un segundo estado con cierta señal y entonces regresa del segundo al primer estado con otra señal de entrada diferente, se dice que el circuito exhibe *histéresis* [2]. Por lo tanto un *comparador no inversor con histéresis* es aquel que proporciona un voltaje de saturación positivo cuando la señal de entrada rebasa un voltaje de umbral superior (V_{UT}) y un voltaje de saturación negativo cuando la señal de entrada desciende por debajo de un voltaje de umbral inferior (V_{LT}). En la figura 3 se muestra en forma gráfica este concepto.

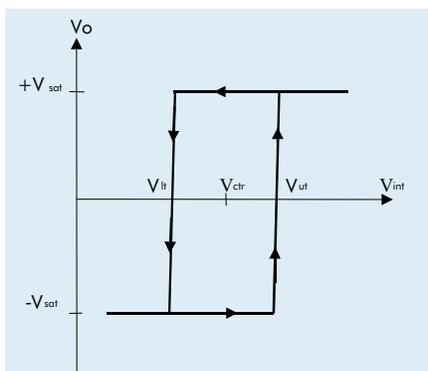


FIGURA 3 COMPORTAMIENTO DE UN COMPARADOR CON HISTÉRESIS

El voltaje de histéresis (V_H) se obtiene mediante la diferencia de los voltajes de umbral superior e inferior. Los voltajes de umbral superior (V_{UT}) e inferior (V_{LT}) pueden encontrarse por las siguientes ecuaciones:

$$V_{UT} = V_{ref} \left(1 + \frac{1}{n} \right) - \frac{-V_{sat}}{n}$$

$$V_{LT} = V_{ref} \left(1 + \frac{1}{n} \right) - \frac{+V_{sat}}{n}$$

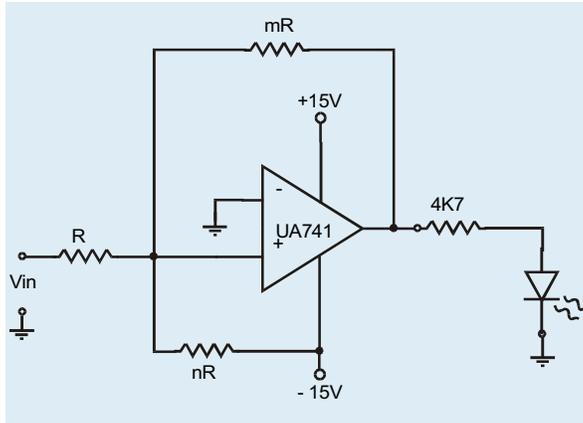
Por lo que el voltaje de histéresis se expresa como sigue:

$$V_H = V_{UT} - V_{LT} = \frac{(+V_{sat}) - (-V_{sat})}{n}$$

La histéresis es necesaria para que los circuitos no oscilen, y tiene diferentes efectos en cada una de las aplicaciones. Para el circuito que controla al dispositivo de luz, el sistema está apagado si detecta una iluminación intensa (luz solar), y en la medida en que la luz disminuye, cuando la etapa sensora proporciona el valor de V_{UT} , el circuito produce la activación de un foco, con lo cual se ilumina el ambiente, por lo tanto la salida del comparador tiende hacia la izquierda de la gráfica, pero no es lo suficientemente grande como para hacer que el foco se apague. El foco se apagará hasta que la luz sea suficiente para que la etapa sensora proporcione un voltaje menor a V_{LT} .

En el caso del circuito que regula la temperatura, la histéresis es importante debido a que la temperatura es un parámetro que tarda en uniformarse en el medio, por lo que su cambio en un punto es oscilatorio, mientras no se uniformice. De esta forma, a través de un comparador que presente histéresis, el sistema activa un ventilador cuando se alcanza una temperatura de 29°C y lo apaga hasta que la temperatura disminuya a los 24°C . Cabe recordar que la etapa sensora devuelve un voltaje en función de la temperatura recibida. El circuito empleado en ambas aplicaciones es el mismo (ver figura 4), excepto que los valores de las resistencias son distintos debido a que de ellos dependen los niveles de voltaje inferior y superior que definen la histéresis. En la salida de la etapa de histéresis se utiliza un acoplador óptico (MOC3011) que sirve de interfaz entre la etapa de comparación y la etapa de potencia.

FIGURA 4
CIRCUITO
COMPARADOR
NO-INVERSOR
CON HISTÉRESIS,
m AJUSTA EL
ANCHO DE LA
HISTÉRESIS Y n EL
VOLTAJE CENTRAL



Etapa de potencia

En esta etapa se hace accionar un ventilador en el circuito controlador de temperatura o un foco en el caso del circuito de iluminación. Esto se hace cuando la respuesta de la etapa anterior proporciona la señal de activación. El acoplador óptico utilizado tiene la salida en un diac, el cual es un dispositivo que conduce corriente en ambas direcciones una vez que se alcanza su voltaje de ruptura [4]. El diac es necesario en el circuito, ya que con el se dispara un triac, el cual es un interruptor de corriente alterna controlado desde una terminal conocida como compuerta [4]. Se utiliza un triac como actuador debido a que se requiere que el

circuito trabaje con cargas comunes, es decir, lámparas incandescentes o ventiladores comerciales. En la figura 5(c) se muestra el circuito correspondiente a la etapa de potencia, mostrando además la estructura interna del acoplador óptico (a) y las terminales del triac (b).

Alimentación de los Circuitos

Al iniciar con los circuitos se buscaba que estos fueran compactos y con un número reducido de componentes, para de esta forma, minimizar su costo. La fuente de alimentación es una parte determinante en ese aspecto, por lo que para alcanzar tal meta, se utilizó una fuente basada en diodos zener, la cual tiene como característica importante que no requiere transformador. La tensión de entrada se divide con un par de impedancias, después se toma cada uno de los ciclos y se almacena en un capacitor con la polaridad adecuada, para lograr que la fuente sea simétrica. Los niveles de voltaje deseados (+/- 15V) se obtienen conectando en paralelo con el capacitor un diodo zener con su resistencia de limitación en serie. En la figura 6 se muestra el diagrama de la fuente de alimentación.

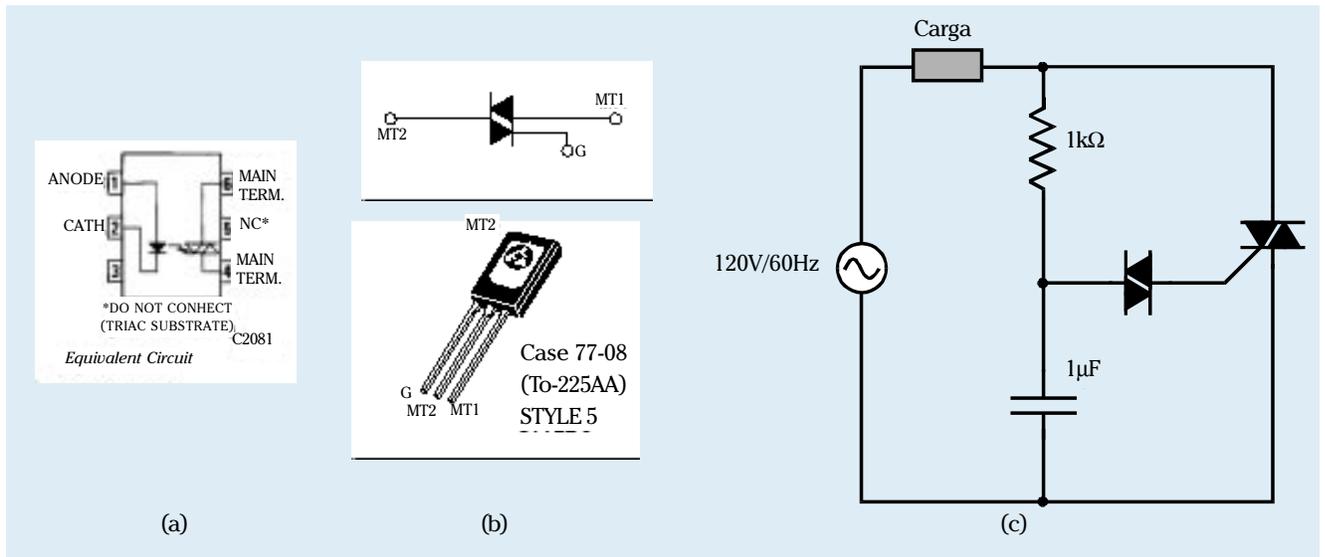


FIGURA 5 ETAPA DE POTENCIA
(a) Estructura interna del MOC3011 [3]
(b) Terminales del triac [3]
(c) Circuito correspondiente a la etapa de potencia

Pruebas y resultados

Primeramente se implementó el control de iluminación y las pruebas hechas al circuito, en un principio no reportaron resultados satisfactorios, ya que no coincidían con lo esperado. El circuito presentaba oscilación, es decir, la luz que producía el foco era suficiente para hacer que el circuito lo apagara y en cuanto esto sucedía, la ausencia de luz provocaba que el foco se encendiera y así sucesivamente. Esta situación indicaba que la histéresis considerada para el circuito comparador no era la adecuada. Esto se resolvió mediante la ampliación de la histéresis en el circuito comparador, y con ello se conseguía que el voltaje debido a la luz del foco, fuera lo suficientemente baja como para considerar que el foco debía apagarse. El circuito controlador de temperatura no reportó inconvenientes, en realidad este circuito funcionó muy bien desde un principio.

Conclusiones

Al término de este trabajo, hemos construido dos circuitos capaces de resolver problemas que se presentan con frecuencia en la vida cotidiana y aunque no con certeza, nos atrevemos a pensar que el costo de producción de estos circuitos no son muy elevados.

Además de ello hemos cumplido con una finalidad didáctica, la de poner en práctica los conocimientos teóricos sobre los transductores y sensores eléctricos, los amplificadores operacionales y circuitos de acoplamiento que en la materia de Metrología y Transductores se adquieren.

Cabe mencionar que existen diseños similares, sin embargo los diseños presentados son bastante confiables, ya que cuentan con circuitos de comparación con los que se evitan problemas debidos a interferencias del medio **T**

Referencias

1. COOPER WILLIAM D., HELFRICK ALBERT D., 1997 Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición. (Ed. PPH).
2. COUGHLIN ROBERT 1997 Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales. (Ed. PPH).
3. National Semiconductor 1995 National Data Acquisition Data Book. (Ed. National Semiconductor).
4. TIMOTHY J. MALONEY 1997 Electrónica Industrial, (Ed. PPH).

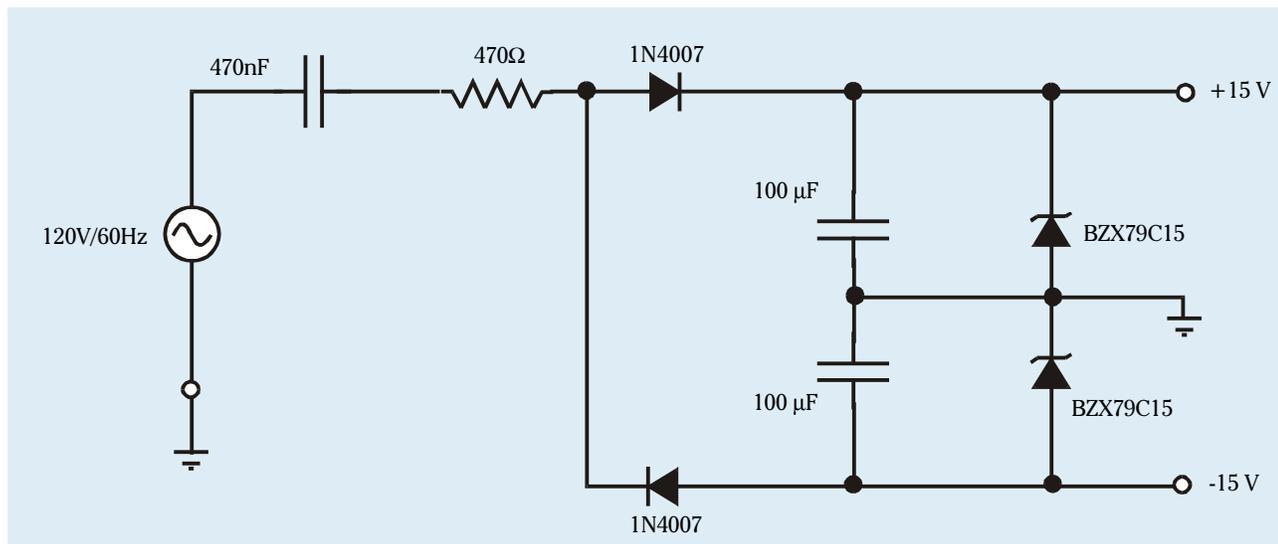


FIG. 6 ALIMENTACIÓN DE LOS CIRCUITOS