



Instituto Politécnico Nacional

Escuela Superior de Cómputo

Instrumentación

3CV13

Mini Proyecto 1:

“Sistema de control de temperatura automático”

Prof. Maria del Rosario Rocha Bernabé

Equipo N°. 1

Integrantes:

- Edilberto Sergio Valle Ortíz
- Brayan Yosafat Martínez Coronel
- Humberto Israel López Vela

Fecha de Elaboración: 10/04/2021

## Índice

<b>OBJETIVO</b>	<b>2</b>
<b>ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO</b>	<b>2</b>
Condiciones de Operación	2
Especificaciones de los Motores	2
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
Sistema Automático	2
Variables Físicas del Sistema de Medición	3
Sensor RTD (Resistance Temperature Detector)	3
Comparador de Ventana	3
Optoacoplador	3
Relevador	3
Triac	4
Motor Eléctrico	4
<b>CONTENIDO</b>	<b>4</b>
Primera Etapa: Medidor de Temperatura	4
Segunda Etapa: Clasificación	5
Tercera etapa: motores y alarma	7
<b>CÁLCULOS</b>	<b>8</b>
<b>SIMULACIÓN</b>	<b>9</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>9</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>10</b>

## OBJETIVO

Diseñar un sistema de control de temperatura automático que active dos motores (M1 y M2) y una alarma de emergencia cuando se alcance 70°C, a través de un sensor de temperatura (RTD). Estos actuadores estarán controlados por comparadores de ventana.

## ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

### Condiciones de Operación

- El motor M1 se activará entre las temperaturas de 10 °C a 25 °C.
- El motor M2 se activará entre las temperaturas de 35 °C a 60 °C.
- La señal de alarma se activará cuando el sensor detecte 70 °C o más

### Especificaciones de los Motores

Motores de C.A a 127 Volts, potencia de ½ HP (Horse Power) Medio caballo de fuerza.

Cabe resaltar que entre las temperaturas de 25 y 35 grados no debe de estar encendido ningún motor. Y cuando se alcance la temperatura de peligro ningún motor debe de estar funcionando y la señal de alarma debe de ser un buzzer o una alarma que indique peligro.

Se tiene que justificar cada dispositivo que se utilice.

M1		M2	ALARMA
10 °C a 25 °C	Temperatura Ambiente	35 °C a 60 °C.	70 °C o más

Tabla 1. Acciones para cada rango de temperatura.

## INTRODUCCIÓN

Para la realización de este proyecto estaremos tocando ciertos conceptos que consideramos, serán de suma relevancia para la mejor comprensión de la misma, por lo que procederemos a explicarlos.

### Sistema Automático

Un sistema automático hace referencia al concepto de automatización, entendiéndose este último como aquella modificación que tiene como

objetivo el hacer que las tareas que anteriormente se hacían directamente por humanos, ahora pasen a ser realizadas por máquinas.

Por lo que una vez entendiendo el concepto de automatización, podemos intuir que un sistema automático es aquel sistema que no requiere la intervención humana para que pueda funcionar. Ejemplos tenemos en áreas como: electrodomésticos, producción industrial, servicios públicos, etc (ORT, 2013).

### **Variables Físicas del Sistema de Medición**

Como variables físicas entendemos las señales de entrada en un sistema de medición que se convertirán posteriormente usando un sistema de medición (Vargas, 2010). En el caso del presente proyecto estaremos trabajando con una variable de temperatura.

### **Sensor RTD (Resistance Temperature Detector)**

Son sensores de temperatura cuyo fundamento radica en ser comportarse como un conductor en el que las vibraciones de sus átomos alrededor de sus posiciones cambian según el aumento de temperatura que se haya percibido, de tal manera que esto tiene como efecto la reducción de su velocidad media. Por tanto, se implica un coeficiente de temperatura positivo, es decir, un aumento positivo de resistencia con la temperatura (Pallás, 2007).

### **Comparador de Ventana**

Un comparador de ventana es aquel circuito que nos permite monitorear un voltaje de entrada e indicar cuando su voltaje está arriba o abajo de los límites prescritos. También es conocido como detector límite de doble extremo (Coughlin y Driscoll, 1993).

### **Optoacoplador**

Un optoacoplador es simplemente una cápsula que contiene un LED infrarrojo y un fotodetector semejante a un diodo de silicio, un par Darlington de transistores, o un SCR. En general este componente funciona como un interruptor que se activa cuando el diodo emite luz hacia el fotodetector (Boylestad, 2009).

### **Relevador**

Un relevador es un dispositivo que funciona mediante una variación de un circuito eléctrico, para poner en operación otros aparatos en el mismo o en otro circuito. Están diseñados para aprovechar el efecto electromagnético producido en un núcleo de hierro (Fuentes, 2018).

## Triac

El triac es fundamentalmente un diac con una terminal de compuerta para controlar las condiciones de encendido del dispositivo bilateral en cualquiera de las dos direcciones. En otras palabras, para cualquier dirección la corriente de compuerta puede controlar la acción del dispositivo de una manera muy parecida a la demostrada para un SCR (Boylestad, 2009).

## Motor Eléctrico

Un motor es un componente electromecánico, puesto que tiene como función el convertir una determinada energía eléctrica en una determinada cantidad de energía mecánica (Boylestad, 2004).

# CONTENIDO

Como podemos observar, el problema a resolver no es trivial a primera vista, por lo que conviene separar el problema en partes pequeñas. Dividamos el proceso en tres partes: medidor de temperatura, clasificador de temperatura y acción a ejecutar.

La primera parte sí es trivial, ya que, durante el primer parcial hemos hecho justamente circuitos que nos han ayudado a convertir una temperatura en voltaje, a grandes rasgos, la primera etapa recibe una temperatura y entrega un voltaje, este voltaje en la segunda etapa determina en cuál de los cuatro rangos estará, dependiendo de ello, se activará un determinado mecanismo, ya sea el motor M1, el M2, la alarma o no realizar nada, a esto último lo denominaremos como nuestra tercera etapa.

## Primera Etapa: Medidor de Temperatura

Debemos de considerar que se usará una RTD, y que la entrada irá de 10 °C o mayores temperaturas. Una Pt-100 será suficiente para el rango solicitado, conociendo que su ecuación está dada por (Wu, 2018):

$$R(T) = R_0[1 + 3.9083 \times 10^{-3}T - 5.775 \times 10^{-7}T^2], \text{ donde } R_0 = 100\Omega \quad (1)$$

Además, el cambio de resistencia de una RTD no es muy alto, por lo que el voltaje que entreguemos no debemos esperar que sea alto sin otra etapa de ganancia, y que el offset de los amplificadores no debe ser muy grande, es por esa razón que se escoge el modelo TL084, que apenas tiene un offset de 0.015 volts.

Se propone la siguiente configuración:

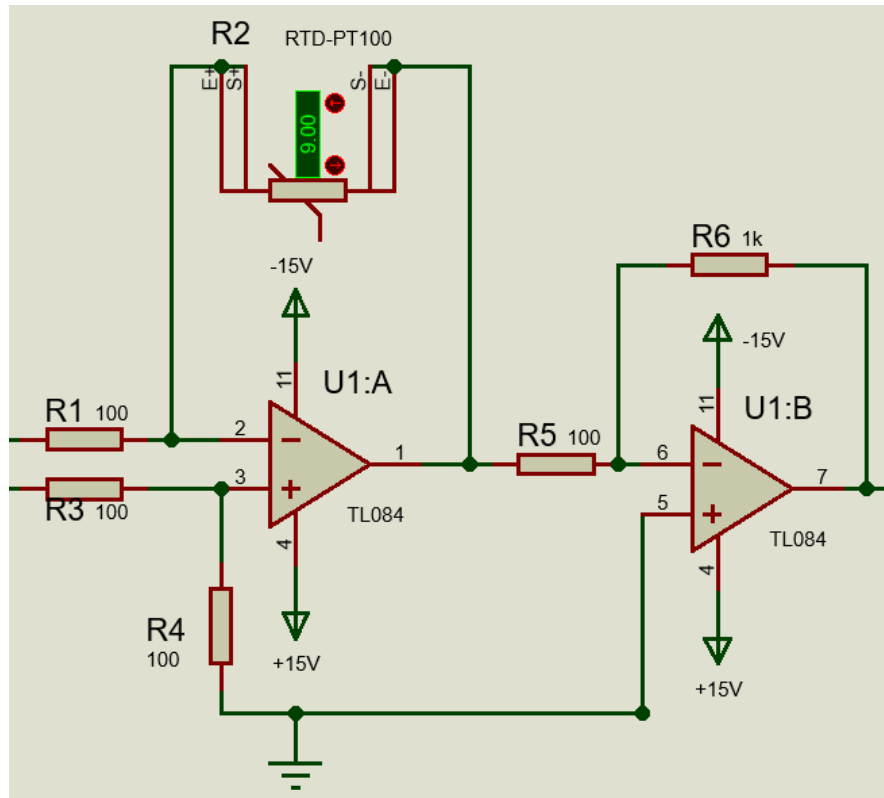


Figura 1. Circuito para medir la temperatura.

Entonces, conocemos que si el voltaje en ambas entradas es el mismo, entonces la salida, y aplicando una ganancia de 10, tendremos lo siguiente:

$$V_o(R) = -10V_{in} \left[ \frac{100(100+R)}{100(100+100)} - \frac{R}{100} \right] \text{ donde } R \text{ es (1)}$$

## Segunda Etapa: Clasificación

Como lo mencionan las especificaciones de la práctica, se usarán comparadores de ventana para determinar si el voltaje de salida de la primera etapa está o no dentro. Primero veamos cómo es un comparador de ventana, que consta de dos comparadores (*How to Build a Window Comparator Circuit*, 2018).

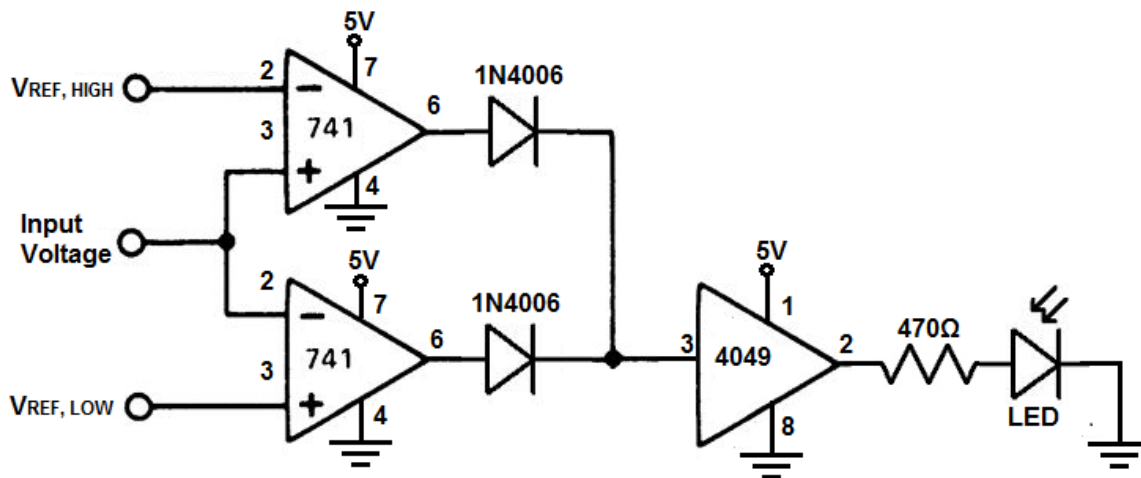


Fig. 2 comparador de ventana con 4049.

Considerando la figura como ejemplo, el LM741 es mucho más barato que un TL084, además, no es tan importante su offset ni su salida máxima, ya que solo lo usamos para determinar si está o no en el rango. Si el voltaje de entrada es menor al mínimo voltaje, entonces uno de los amplificadores dará negativo y el otro positivo (ya que uno es inversor, y el otro es no inversor a propósito).

En caso de que el voltaje de entrada esté en el rango, quiere decir que ambos darán el mismo signo, pero recordemos que los diodos sólo permiten el paso hacia una dirección, por lo que estarán entregando 0 volts, en caso contrario, entregará, de acuerdo con la hoja de datos, la relación entre salida / entrada es típicamente de 200, donde el voltaje de salida va a  $\pm 10$  volts con 15 V de suministro, entonces, con 5, estaremos recibiendo 3.33 V de saturación más un offset, lo cual es suficiente para un 1 lógico (Texas Instruments, 2015).

La compuerta not 4049 hará que el  $3.33 + \text{offset}$  sea un 0, y que el 0 sean 5 V, por lo que solo tenemos que calcular los voltajes de los comparadores. Eso simplifica mucho las cosas para la siguiente etapa, ya que esta entrega un 'sí' o un 'no'.

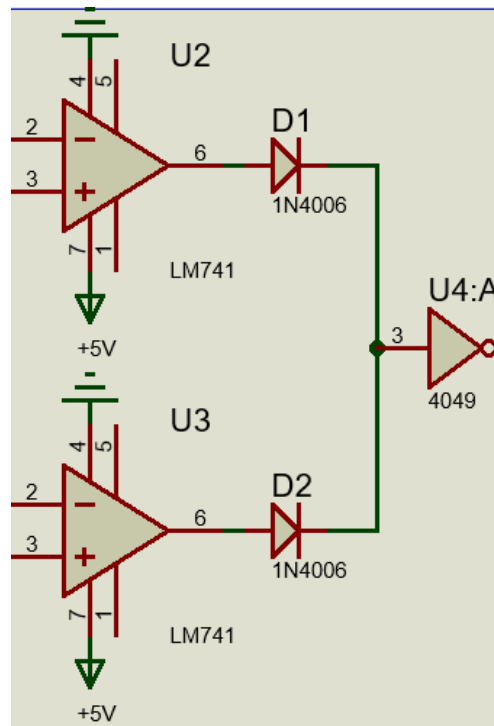


Figura 3. Comparador de ventana en proteus.

### Tercera etapa: motores y alarma

Recordemos que los 5 volts son especialmente útiles para prender leds, algo que viene bien porque el motor es de corriente alterna, mientras que todo lo hemos manejado con corriente directa, por ello es que se escogieron esos voltajes de salida de la etapa anterior. Ahora con un optoacoplador y un TRIAC podemos hacer que el circuito de corriente directa active los de corriente alterna (Marin, 2020).

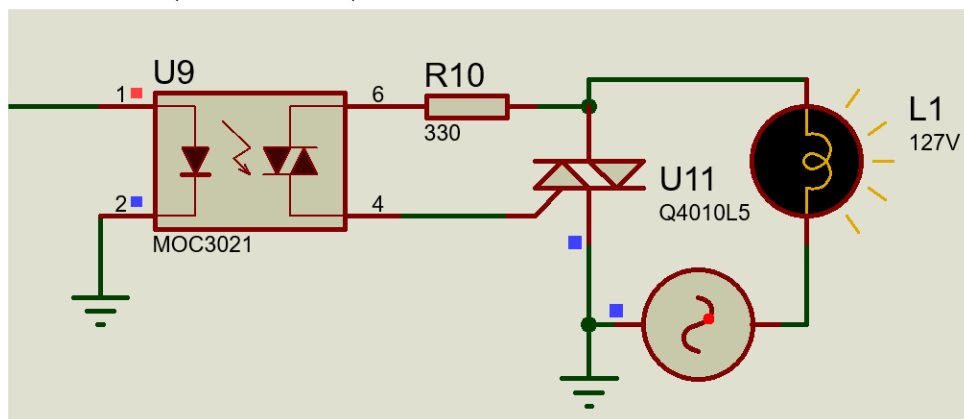


Figura 4. Circuito usando el optoacoplador

El circuito de la figura 4 fue el mismo que se empleó para el encendido entre 10°C a 25°C y de 35°C a 60°C, en estos se encendió una lámpara simulando la carga de un motor de corriente alterna a 127V. En este circuito básicamente



el trabajo de MOC3021 es que al recibir un voltaje de entrada necesario para encender su led interno, el receptor de este se percata de ello cerrando así el circuito por el cual trabaja el motor o lámpara.

Finalmente para la parte de la alarma se utilizó un buzzer el cual trabaja con corriente directa de 24V, y para seguir con la idea de aislar los circuitos se utilizó un relevador de 5V el cual al ser activado cierra el circuito y hace funcionar al buzzer cuando se tiene una temperatura mayor o igual a 70°C

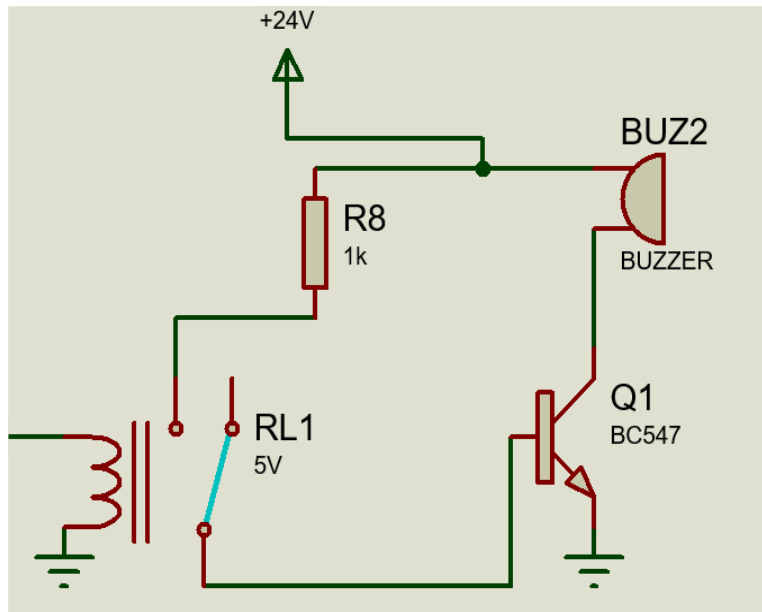


Figura 5. Circuito usando el relevador

## CÁLCULOS

Retomando la ecuación de salida de la primera fase, la convertimos a una función de voltaje que depende de la temperatura, por lo que la siguiente fase solo debe preocuparnos los comparadores de ventana. El offset es de 0.15, porque la ganancia es de 10, entonces  $0.015 \times 10 = 0.15$ .

$$V_o = -10V_{in} \left[ \frac{(100+R)}{(100+100)} - \frac{R}{100} \right]$$

$$V_o = -10V_{in} \left[ \frac{1}{2} + \frac{R}{200} - \frac{R}{100} \right]$$

$$V_o = -10V_{in} \left[ \frac{1}{2} - \frac{R}{200} \right]$$

$$V_o = -5V_{in} \left[ 1 - \frac{100[1+3.9083 \times 10^{-3}T - 5.775 \times 10^{-7}T^2]}{100} \right] \text{ sustituyendo (1)}$$

$$V_o = -5[(1 - (1 + 3.9083 \times 10^{-3}T - 5.775 \times 10^{-7}T^2))]$$

$$V_o(T) = 5V_{in} (3.9083 \times 10^{-3}T - 5.775 \times 10^{-7}T^2) \text{ sea } V_{in} = 3 \text{ Volts}$$

$$V_o(T) = 15 (3.9083 \times 10^{-3} T - 5.775 \times 10^{-7} T^2) \text{ Volts, ahora considerando el offset}$$

$$V_o(T) = 15 (3.9083 \times 10^{-3} T - 5.775 \times 10^{-7} T^2) + 0.15 \text{ Volts} \quad (2)$$

De la ecuación (2), la salida a los distintos grados está dada por la siguientes valores:

$$V_o(T) = 15 (3.9083 \times 10^{-3} T - 5.775 \times 10^{-7} T^2) + 0.15 \text{ Volts}$$

$$V_o(10^\circ\text{C}) = 0.73537 \text{ Volts redondeado a } 0.7353 \text{ Volts}$$

$$V_o(25^\circ\text{C}) = 1.61019 \text{ Volts redondeado a } 1.6102 \text{ Volts}$$

$$V_o(35^\circ\text{C}) = 2.19124 \text{ Volts redondeado a } 2.1912 \text{ Volts}$$

$$V_o(60^\circ\text{C}) = 3.63628 \text{ Volts redondeado a } 3.6363 \text{ Volts}$$

$$V_o(70^\circ\text{C}) = 4.21126 \text{ Volts redondeado a } 4.2112 \text{ Volts}$$

Recordemos que la salida de la segunda fase estará dada por:

$$V = 0 \text{ si está fuera del rango; } 5 \text{ si está dentro del rango}$$

## SIMULACIÓN

A continuación se presenta un enlace al video donde presentamos la simulación del proyecto:

<https://drive.google.com/file/d/1jwEuQLtjrTLolXB8SFXc5o58hTgMvx-Q/view?usp=sharing>

## CONCLUSIONES

Se construyó un circuito que lograra activar diferentes mecanismos a partir de la salida que entregaba un sensor RTD Pt100 suficiente para construir el sistema automático de motores y alarma.

El proyecto resultó ilustrativo para nosotros pues nos permitió diseñar un circuito que partiera desde el mecanismo de medición hasta el accionamiento de otros mecanismos basados en las entradas del primero.

Durante el proceso de simulación del mismo nos encontramos con la dificultad de encontrar un elemento que hiciera de motor en Proteus, pero lo resolvimos colocando una carga equivalente a las especificaciones de los motores solicitados.

## REFERENCIAS

Wu, J. (2018, Jun). *A Basic Guide to RTD Measurements*. Texas Instruments.

<https://www.ti.com/lit/an/sbaa275/sbaa275.pdf>

*How to Build a Window Comparator Circuit*. (2018). Learning about Electronics.

<http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Window-comparator-circuit.php>

ORT, N. (2013). *Sistemas automáticos y sus diagramas de bloques*.

Recuperado el 10 de Abril de 2021, desde

<https://campus.almagro.ort.edu.ar/educaciontecnologica/articulo/369736/sistemas-automaticos-y-sus-diagramas-de-bloques>

Boylestad, R. (2009). *Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos*

*Electrónicos*. México: PEARSON. Cap 17.

Pallás, R. (2007). *Sensores y acondicionadores de señal* (4ta ed.). México:

Alfaomega. Cap 2.

Coughlin, R., y Driscoll, F. (1993). *Circuitos integrados lineales y amplificadores*

*operacionales* (4th ed.). México: Prentice-Hall Hispanoamericana. Cap 4.

Boylestad, R. (2004). *Introducción al análisis de circuitos* (10ta ed.). México:

Pearson Educación. Cap 4.

Fuentes, C. (2018). *Relevadores*. Recuperado el 10 de Abril de 2021, desde

[https://www.cecyl3.ipn.mx/estudiantes/plan%20continuidad/Archivo%20comprimido12/SCA\\_RELEVADORES.pdf](https://www.cecyl3.ipn.mx/estudiantes/plan%20continuidad/Archivo%20comprimido12/SCA_RELEVADORES.pdf)

Vargas, J. (2010). *Cuáles son las variables típicas de medición en un proceso.*

Texas Instruments. (2015). *LM741 Operational Amplifier*. Recuperado el 10 de Abril de 2021, desde <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm741.pdf>

Marin, N. (2020). *Tutorial LM335*. Recuperado el 10 de Abril de 2021, desde <https://youtu.be/b-hm8u0sBBs>