



Instituto Politécnico Nacional  
Escuela Superior de Computo  
"ESCOM"



**Unidad de Aprendizaje:**  
Instrumentación y control

**Grupo: 5CV2**

**Practica No. 2**  
**"EMPLEO DE SENSORES RESISTIVOS"**

**Integrantes:**

Ramírez Juárez Arturo Yamil  
Suárez López Diego Hipólito  
Zurita Cariño Emmanuel Einar

**Maestro:**

Cervantes De Anda Ismael

**Fecha de entrega:**

28/09/2023

## Contenido





OBJETIVO .....	3
INTRODUCCIÓN TEÓRICA .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
DESARROLLO .....	5
Puente de resistencias.....	5
Amplificador puente básico.....	7
CÁLCULOS.....	8
SIMULACIONES .....	12
CUESTIONARIO .....	13
CONCLUSIONES.....	15
BIBLIOGRAFÍA.....	16

## OBJETIVO

Con el desarrollo de esta práctica se busca aprender a manejar los componentes resistivos y a continuar manejando los instrumentos de medición para encontrar las diferentes variaciones de voltaje que nos arroja la salida del circuito.

Aprenderemos a manejar componentes sensoriales, este caso un sensor de temperatura.

## MATERIAL

ProtoBoard	
Termistor 10K	
LM35	
Resistencia 10K $\Omega$ a $\frac{1}{4}$ W	

## EQUIPO

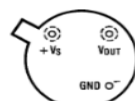
Fuente de <u>alimentación</u> dual	
Multímetro digital	
Generador de funciones	

<b>Osciloscopio de propósito general</b>	
<b>Cables coaxiales con terminal BNC-Caimán</b>	
<b>Cables caimán-caimán</b>	
<b>Cables banana-caimán</b>	
<b>Multímetro digital</b>	

# Datasheet LM35

## Connection Diagrams

TO-46  
Metal Can Package\*

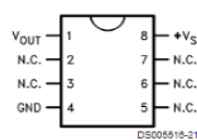


BOTTOM VIEW  
DS005515-1

\*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH  
See NS Package Number H03H

SO-8  
Small Outline Molded Package

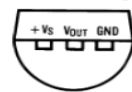


DS005515-21

N.C. = No Connection

Top View  
Order Number LM35DM  
See NS Package Number M08A

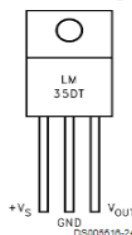
TO-92  
Plastic Package



BOTTOM VIEW  
DS005515-2

Order Number LM35CZ,  
LM35CAZ or LM35DZ  
See NS Package Number Z03A

TO-220  
Plastic Package\*



DS005515-24

\*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT  
See NS Package Number TA03F

# Datasheet LM35

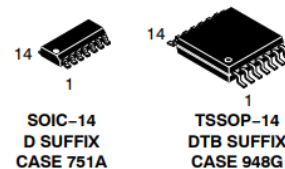
## Single Supply Quad Operational Amplifiers

### LM324, LM324A, LM324E, LM224, LM2902, LM2902E, LM2902V, NCV2902

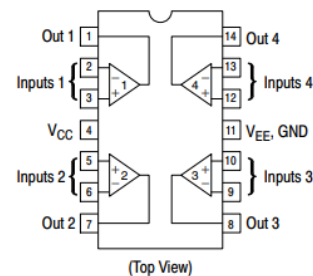
The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

#### Features

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation



#### PIN CONNECTIONS



#### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 10 of this data sheet.

#### DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 11 of this data sheet.

# INTRODUCCIÓN TEÓRICA

## Sensores Resistivos

Los sensores resistivos se basan en el principio de cambio en la resistencia eléctrica debido a algún tipo de influencia externa. La resistencia es una propiedad que se opone al flujo de corriente eléctrica en un conductor. Los cambios en esta resistencia se pueden medir y relacionar con ciertas magnitudes físicas, lo que permite detectar y cuantificar estas magnitudes.

### Tipos comunes de sensores resistivos:

Resistencias Dependientes de la Luz (LDR): Su resistencia varía con la cantidad de luz incidente. Son comúnmente utilizados en circuitos de detección de luz y oscurecimiento.

Termistores: Son resistencias que cambian su valor con la temperatura. Hay dos tipos principales:

NTC (Negative Temperature Coefficient): Su resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura.

PTC (Positive Temperature Coefficient): Su resistencia aumenta a medida que aumenta la temperatura.

Sensores de fuerza resistiva (FSR): Cambian su resistencia en función de la presión o fuerza aplicada sobre ellos.

Potenciómetros: Aunque son principalmente utilizados como divisores de voltaje o para controlar la corriente, la resistencia de un potenciómetro varía con la posición de su cursor, y esto puede ser utilizado en aplicaciones de detección de posición o rotación.

## Sensor LM35

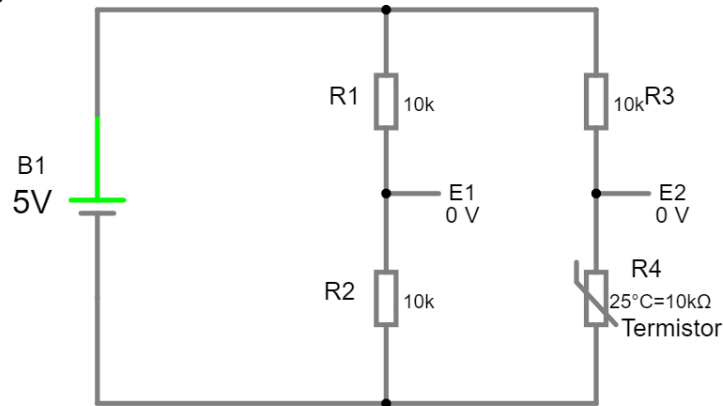
El LM35 es un sensor de temperatura. Sin embargo, no es resistivo como los termistores; en cambio, es un sensor de temperatura lineal con una salida de voltaje proporcional a la temperatura Celsius (Centígrada). Tiene varias ventajas sobre los sensores resistivos, como los termistores:

1. Salida lineal: El LM35 produce una salida de voltaje que varía linealmente con la temperatura. Típicamente, tiene una sensibilidad de  $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ , lo que significa que por cada grado Celsius de aumento en la temperatura, la salida aumenta en 10 mV.
2. No requiere calibración externa: Dado que su salida es lineal y calibrada en grados Celsius, el LM35 no necesita ningún tipo de calibración externa.
3. Rango de operación: Por lo general, el LM35 puede medir temperaturas desde  $-55^{\circ}\text{C}$  hasta  $150^{\circ}\text{C}$ , aunque existen versiones que pueden medir en otros rangos.
4. Precisión: Dependiendo del modelo específico, el LM35 puede tener una precisión de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  a temperatura ambiente.
5. Bajo consumo de energía: A diferencia de algunos sensores resistivos que requieren corriente constante para operar, el LM35 tiene un consumo de corriente muy bajo, lo que lo hace adecuado para aplicaciones con baterías.

## DESARROLLO

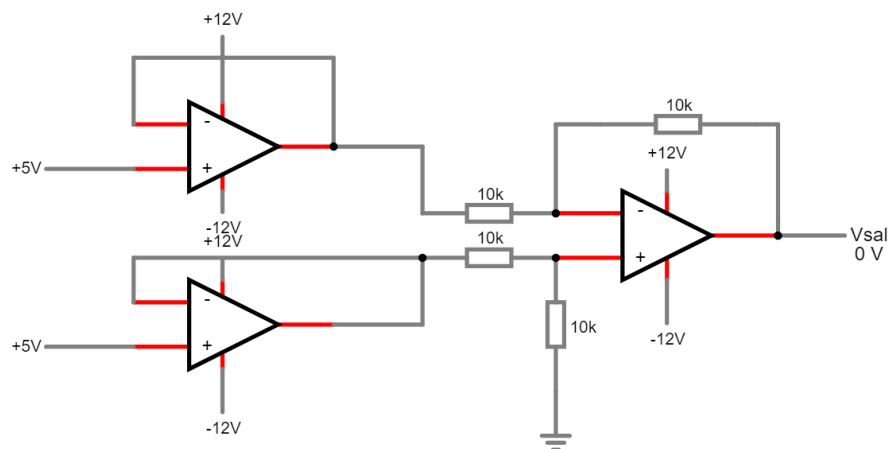
### *Puente de resistencias*

Esta parte de la práctica consiste en colocar 2 resistencias de 10K ohms en serie, y en paralelo a estas, colocamos otra resistencia de 10K en serie al termistor de 10K



Cabe aclarar que se tienen que utilizar resistencias del mismo valor que el termistor cuando está a temperatura ambiente, en ese caso a 10K.

Después de armar el puente de resistencias, armamos el circuito usando amplificadores operacionales, en este caso usamos el integrado LM324, el cual contiene 4 amplificadores operacionales.



Como podemos observar, los primeros 2 amplificadores están en configuración de seguidor de voltaje, lo que significa que el valor de voltaje a la entrada es el mismo que arroja en la salida. Por lo cual, las salidas de cada seguidor son las entradas a un amplificador operacional en la configuración de restador, cada entrada al restador tiene un valor de aproximadamente 2.5V ya que pasan por las resistencias de 10Kohm. Y la salida del restador debe de dar aproximadamente 0V

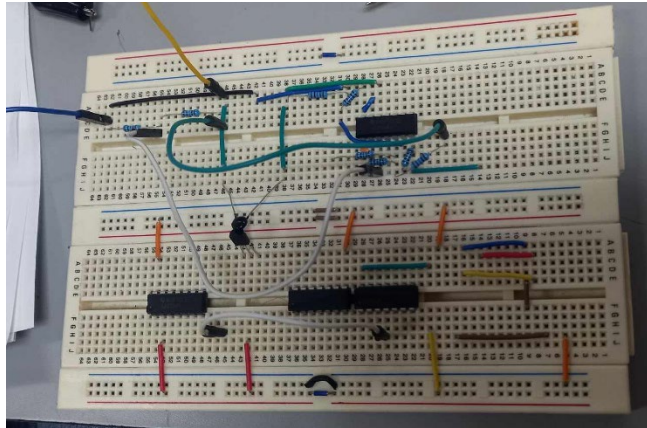


Figura # 1 Circuito armado usando el LM324

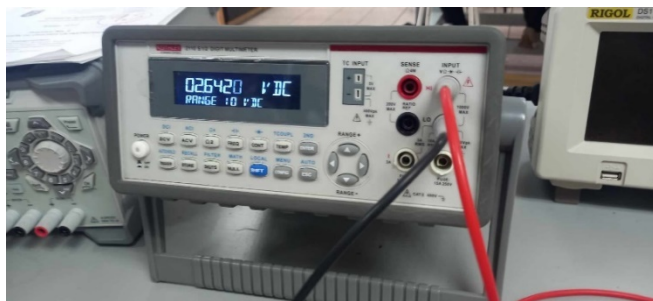


Figura # 2 Entrada 1



Figura # 3 Entrada 2

Temperatura del termistor (°C)	E1 medido (V)	E2 medido (V)	E1-E2 medido (V)	Vsal medido (V)	Resistencia del termistor calculado (Ω)
27.62	2.5022	2.5	2.2mV	344.5mV	69.107 k
28.633		2.36	142.2mV	345.1mV	68.8611 k
29.725		1.63	872.2mV	344.1mV	68.9334 k
30.810		1.34	1.1622	343.5mV	68.9374 k
36.447		0.5	2.0022	342.4mV	68.3732 k
40.293		0.38	2.1222	342.1mV	67.9158 k





Procedemos a llenar la tabla con para 10 valores diferentes de temperatura, todos medidos al acercar una fuente de calor al termistor:

Temperatura del Termistor (°C)	Vs medido (V)	Resistencia del termistor calculado (Ω)
30.014	0.71	33.0985 k
35.030	1.60	14.5312 k
40.403	1.85	12.432 k
45.124	2.31	9.848 k
50	2.39	9.4142 k
55	2.41	9.2323 k
60	2.42	9.0909 k
65	2.42	8.9876 k
70	2.42	8.8842 k
75	2.42	8.7809 k



Figura # 5 Medición de temperatura y Vs1

## CÁLCULOS

Se muestran a continuación los cálculos realizados para obtener la resistencia del termistor en:

Puente de resistencias

$$x_1 = 27^{\circ}\text{C} \text{ a } x_2 = 87^{\circ}\text{C}$$

$$Y_1 = 270 \text{ mV } Y_2 = 800 \text{ mV}$$

$$E_1 \text{ y } E_2 = 2.5 \text{ V, } E = 5 \text{ V}$$

$$m = (y_2 - y_1)/(x_2 - x_1) = (0.8 \text{ V} - 0.27 \text{ V})/(87^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}) = 8.83$$

$$R = \left(\frac{Rg}{2}\right) \left(\frac{E - V_{sen}}{V_{sal}}\right)$$

$$V_{sen} = m * Temp = 8.83 * 27^{\circ}C = 238.5mv$$

$$V_x = 2.5V, V_y = 238.5mv$$

$$Para\ 27^{\circ}C\ R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 238.5mv}{0.3445mv}\right) = 69.107k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 8.83 * 28^{\circ}C = 247.24mv$$

$$Para\ 28^{\circ}C\ R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 247.24mv}{0.3451mv}\right) = 68.8611k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 8.83 * 29^{\circ}C = 256.07mv$$

$$Para\ 29^{\circ}C\ R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 256.07mv}{0.3441mv}\right) = 68.9334k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 8.83 * 30^{\circ}C = 264.9mv$$

$$Para\ 30^{\circ}C\ R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 264.9mv}{0.3435mv}\right) = 68.9374k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 8.83 * 36^{\circ}C = 317.88mv$$

$$Para\ 36^{\circ}C\ R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 317.88mv}{0.3424mv}\right) = 68.3732k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 8.83 * 40^{\circ}C = 353.2mv$$

$$Para\ 40^{\circ}C\ R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 353.2mv}{0.3421mv}\right) = 67.9158k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 8.83 * 50^{\circ}C = 441.5mv$$

$$Para\ 50^{\circ}C\ R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 441.5mv}{0.3413mv}\right) = 66.6252k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 8.83 * 60^{\circ}C = 529.8mv$$

$$Para\ 60^{\circ}C\ R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 529.8mv}{0.3404mv}\right) = 65.6609k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 8.83 * 70^{\circ}C = 618.1mv$$

$$Para\ 70^{\circ}C\ R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 618.1mv}{0.3396mv}\right) = 64.5156k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 8.83 * 87^{\circ}C = 768.21mv$$

$$Para 87^{\circ}C R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 768.21mv}{0.3384mv}\right) = 62.5265k\Omega$$

Amplificador puente básico

$$x_1 = 30^{\circ}C \text{ a } x_2 = 75^{\circ}C$$

$$Y_1 = 300 mV \text{ } Y_2 = 750mV$$

$$E_1 \text{ y } E_2 = 5 V$$

$$m = (y_2 - y_1)/(x_2 - x_1) = (750mV - 300mV)/(75^{\circ}C - 30^{\circ}C) = 10$$

$$V_{sen} = m * Temp = 10 * 30^{\circ}C = 0.3v$$

$$Para 30^{\circ}C R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 0.3v}{0.71v}\right) = 33.0985k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 10 * 35^{\circ}C = 0.35v$$

$$Para 35^{\circ}C R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 0.35v}{1.60v}\right) = 14.5312k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 10 * 40^{\circ}C = 0.4v$$

$$Para 40^{\circ}C R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 0.4v}{1.85v}\right) = 12.432k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 10 * 45^{\circ}C = 0.45v$$

$$Para 45^{\circ}C R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 0.45v}{2.31v}\right) = 9.848k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 10 * 50^{\circ}C = 0.5v$$

$$Para 50^{\circ}C R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 0.5v}{2.39v}\right) = 9.4142k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 10 * 55^{\circ}C = 0.55v$$

$$Para 55^{\circ}C R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 0.55v}{2.41v}\right) = 9.2323k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 10 * 60^{\circ}C = 0.6v$$

$$Para 60^{\circ}C R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5v - 0.6v}{2.42v}\right) = 9.0909k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 10 * 65^{\circ}C = 0.65v$$

$$Para\ 65^{\circ}C\ R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right)\left(\frac{5v - 0.65v}{2.42v}\right) = 8.9876k\Omega$$

$$V_{sen} = m * Temp = 10 * 70^{\circ}C = 0.7v$$

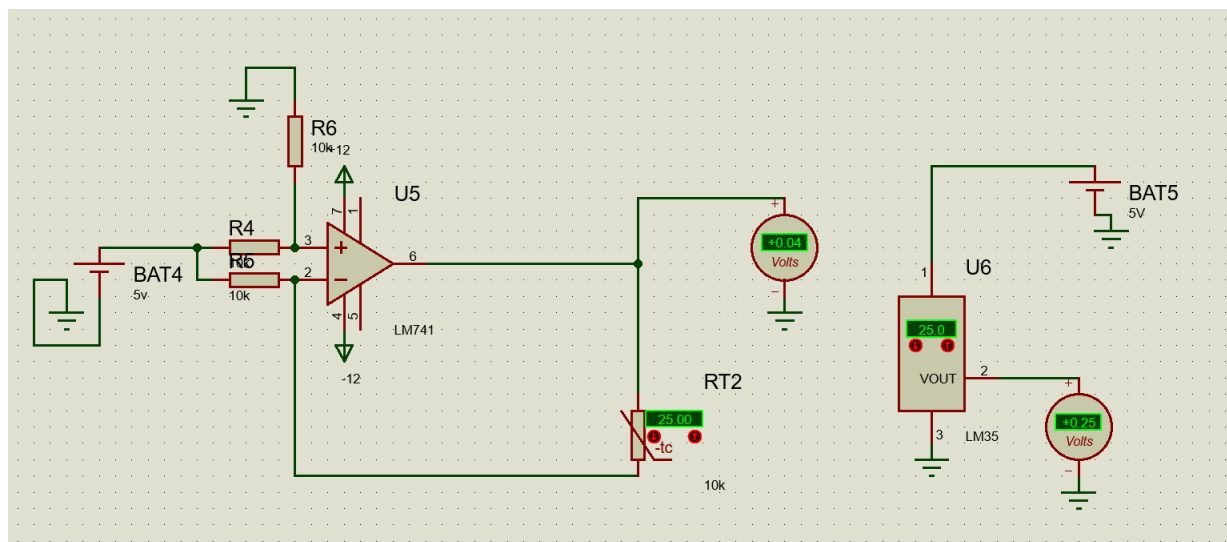
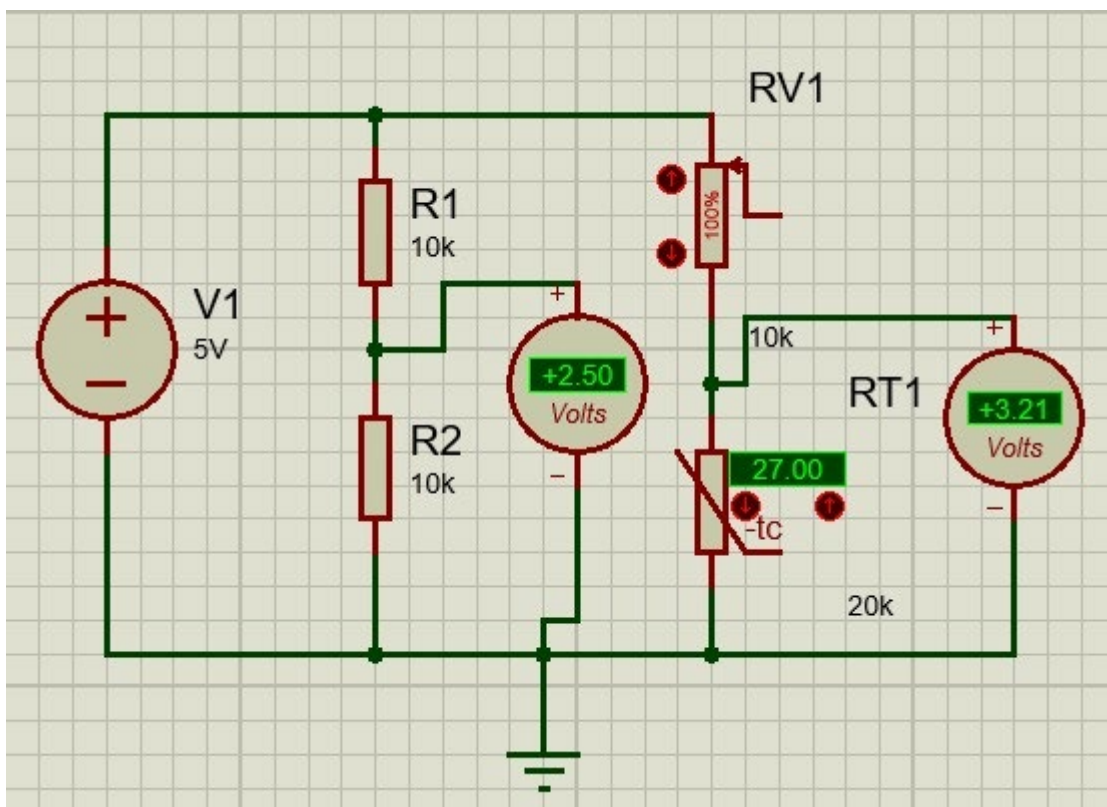
$$Para\ 70^{\circ}C\ R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right)\left(\frac{5v - 0.7v}{2.42v}\right) = 8.8842k\Omega$$

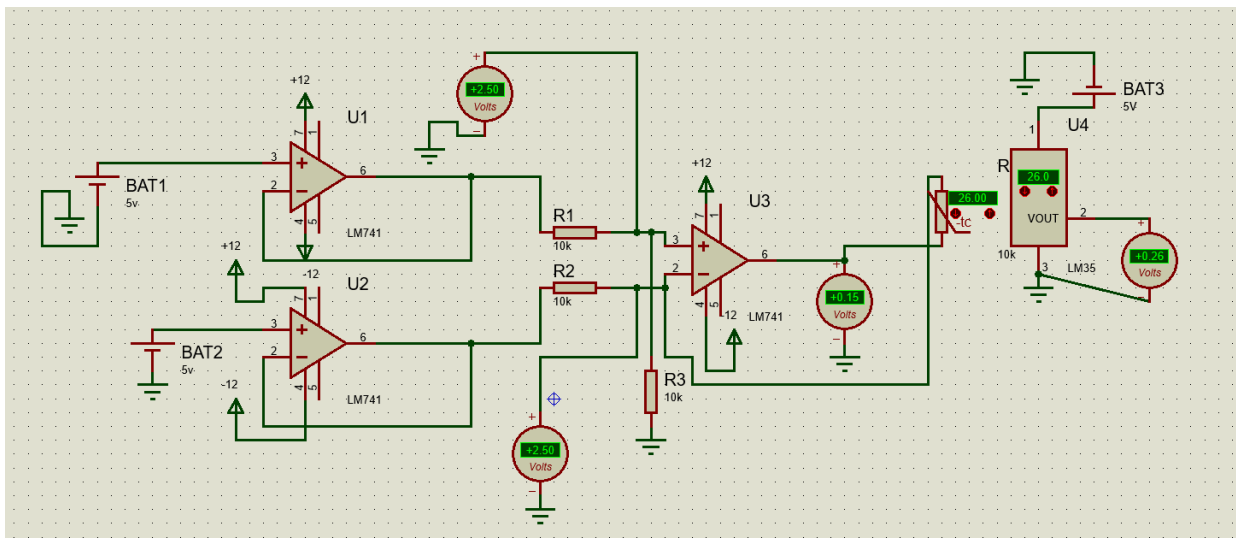
$$V_{sen} = m * Temp = 10 * 75^{\circ}C = 0.75v$$

$$Para\ 75^{\circ}C\ R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right)\left(\frac{5v - 0.75v}{2.42v}\right) = 8.7809k\Omega$$

## SIMULACIONES

Se muestra a continuación las simulaciones realizadas para comprobar los resultados medidos y calculados.





## CUESTIONARIO

1. Diga que diferencias tienen los circuitos que se utilizaron en esta práctica.

Las diferencias entre los circuitos utilizados en esta práctica radican principalmente en su propósito y configuración. El primer conjunto de circuitos está diseñado para medir la resistencia de un termistor en un puente de resistencia y luego procesar esa señal a través de una serie de amplificadores operacionales. Este diseño permite una gran flexibilidad y precisión en la medición y el procesamiento de la señal. Por otro lado, el circuito de la segunda parte es un amplificador de puente básico que parece estar diseñado para amplificar la señal del termistor. Este diseño es más simple y directo, lo que puede ser beneficioso en ciertas aplicaciones.

2. ¿Cuál de los circuitos resulta más ventajoso de utilizar? ¿Por qué?

En cuanto a qué circuito es más ventajoso, depende del contexto y del objetivo. Si el objetivo es medir con precisión la resistencia del termistor y procesar esa señal, entonces el primer conjunto de circuitos podría ser más ventajoso debido a su configuración más compleja. Este circuito permite una gran flexibilidad en el procesamiento de la señal y pueden adaptarse a una amplia gama de aplicaciones.

Sin embargo, si el objetivo es simplemente amplificar la señal del termistor, entonces el segundo circuito podría ser más ventajoso debido a su simplicidad y eficiencia. Este diseño es más directo y puede ser más fácil de implementar en ciertas aplicaciones.

### 3. ¿De qué otra manera se pueden realizar las mediciones?

Existen varias formas alternativas de realizar las mediciones. Una opción podría ser utilizar un osciloscopio para medir directamente la señal en diferentes puntos del circuito. Esto podría proporcionar una visión más detallada de cómo cambia la señal a lo largo del tiempo. Otra opción podría ser utilizar un multímetro digital para medir la resistencia, la corriente o el voltaje en diferentes puntos del circuito como lo realizado en esta práctica. Esto podría ser útil para verificar que todas las partes del circuito estén funcionando correctamente. Finalmente, también se podría considerar el uso de un analizador de espectro si se está interesado en examinar las frecuencias presentes en la señal. O con el uso de un medidor de temperatura conectado de forma auxiliar a los circuitos.

### 4. Para medir la temperatura dentro de un horno ¿qué transductor utilizaría?

Para medir la temperatura dentro de un horno, se podría utilizar un transductor de temperatura PT100. Un Pt100 es un termómetro de inmersión por resistencia del tipo RTD (Dispositivo Termo Resistivo). Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

Este tipo de transductores se utilizan principalmente para medir la temperatura en procesos industriales, como la temperatura de una caldera, de un horno, de una línea de producción, etc.

Los **termopares** son una opción viable, ya que son transductores de composición sencilla que producen una pequeña diferencia en la potencia debido a la diferencia de temperatura entre sus extremos.

Sin embargo, la elección del transductor adecuado puede depender de varios factores, como el rango de temperatura del horno, la precisión requerida, entre otros.



## CONCLUSIONES

Los sensores resistivos son componentes esenciales en una amplia gama de aplicaciones en la actualidad. Su capacidad para convertir cambios físicos, como la temperatura, en cambios de resistencia eléctrica, permite a los ingenieros diseñar circuitos que pueden responder a las condiciones del entorno. Esto es esencial para el funcionamiento de muchos dispositivos electrónicos que usamos a diario.

El correcto uso de estos sensores es crucial para garantizar la precisión y fiabilidad de las mediciones. Un uso incorrecto puede llevar a lecturas erróneas, lo que podría tener consecuencias graves, especialmente en aplicaciones críticas como el control de temperatura en un horno industrial o el monitoreo de la temperatura corporal en un entorno médico.

Además, los sensores resistivos son vitales para el monitoreo y control de procesos en diversas industrias, desde la manufactura hasta la medicina. Su importancia radica en su capacidad para proporcionar datos precisos y confiables que permiten a las empresas optimizar sus operaciones y garantizar la seguridad.

En el mundo de la electrónica y la ingeniería eléctrica, los sensores resistivos son componentes fundamentales. Forman parte integral de numerosos dispositivos y sistemas, desde termostatos domésticos hasta sistemas de control industrial avanzados.

En el ámbito de la investigación y el desarrollo, los sensores resistivos también juegan un papel importante. Permiten a los científicos medir con precisión una variedad de parámetros físicos, lo que facilita el avance del conocimiento en campos tan diversos como la física, la química y la biología.

Por último, pero no menos importante, los sensores resistivos también tienen un impacto significativo en nuestra vida cotidiana. Desde el control del clima en nuestros hogares hasta la regulación de la temperatura en nuestros electrodomésticos, estos sensores nos permiten vivir con mayor comodidad y seguridad.

## BIBLIOGRAFÍA

- LibreTexts Español. (2023). 2: Sensores resistivos. Recuperado de: <https://bing.com/search?q=Importancia+del+aprendizaje+de+los+Sensores+Resistivos+para+los+estudiantes>
- Cartagena99. (2023). Sensores resistivos. Objetivos. Recuperado de: <https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/TEMA%202%20-%20SENSORES%20RESISTIVOS%20%28PRIMERA%20PARTE%29.pdf>
- Escritores.org. (2023). Sensores resistivos. Recuperado de: [https://www.esritores.org/libros/?task=callelement&format=raw&item\\_id=7788&element=23eb5d5e-8e93-44b9-98b1-c7182211c415&method=download](https://www.esritores.org/libros/?task=callelement&format=raw&item_id=7788&element=23eb5d5e-8e93-44b9-98b1-c7182211c415&method=download)
- UDG. (2023). Sensores y transductores. Recuperado de [http://www.cutonala.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/sensores\\_y\\_transductores.pdf](http://www.cutonala.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/sensores_y_transductores.pdf)
- Studocu. (2023). CONEXIÓN DE SENSORES RESISTIVOS. Recuperado de <https://www.studocu.com/co/document/universidad-tecnologica-de-pereira/laboratorio-de-fisica-de-transductores/conexion-de-sensores-resistivos/8684852>
- LibreTexts Español. (2023). 10.4: Sensores resistivos. Recuperado de <https://bing.com/search?q=Beneficios+del+aprendizaje+de+los+Sensores+Resistivos>
- NTC Sensors. (2023). Qué es el sensor resistivo? Recuperado de [https://www.ntcsensors.com/Qu\\_\\_es\\_el\\_sensor\\_resistivo\\_/](https://www.ntcsensors.com/Qu__es_el_sensor_resistivo_/)