



**Instituto Politécnico
Nacional
Escuela Superior de
Computo**



Unidad de Aprendizaje:

Instrumentación y control

Grupo: 5CV4

Practica No. 2

“Empleo de sensores resistivos”

Integrantes de equipo: Arzate Salazar Emiliano

Bautista Ríos Alfredo

Galicia Rodríguez Andrés

Profesor: Cervantes De Anda Ismael

Fecha de entrega:

25/Marzo/2024

Índice

Objetivo	1
Introducción teórica.....	1
Sensores Resistivos.....	1
Tipos comunes de sensores resistivos:	1
Sensor LM35	2
Desarrollo	2
Puente de resistencias.....	2
Tabla 1	4
Amplificador puente basico	5
Tabla 2	5
Cálculos	6
Resistencia del termistor:	6
Simulaciones	10
Cuestionario	12
Referencias:	14

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.

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. Se suelen utilizar en circuitos de detección de luz y oscurecimiento.
- Termistores: Son resistencias que cambian su valor con la temperatura.

Dentro de los termistores se pueden seccionar los sensores en dos tipos:

- 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.

Además de los mencionados existen los siguientes:

- Sensores de fuerza resistiva (FSR): Cambian su resistencia en función de la presión o fuerza aplicada sobre ellos.
- Potenciómetros: Aunque se usan principalmente como divisores de voltaje o para controlar la corriente, la resistencia de un potenciómetro varía con la posición de su cursor, y puede usarse 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°C hasta 150°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 como se observa en la Figura 1.

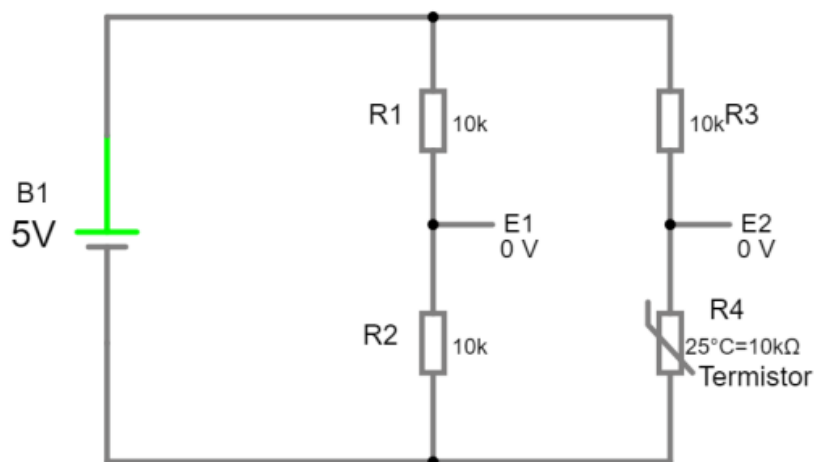


Figura 1: Puente de Weanstone

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.

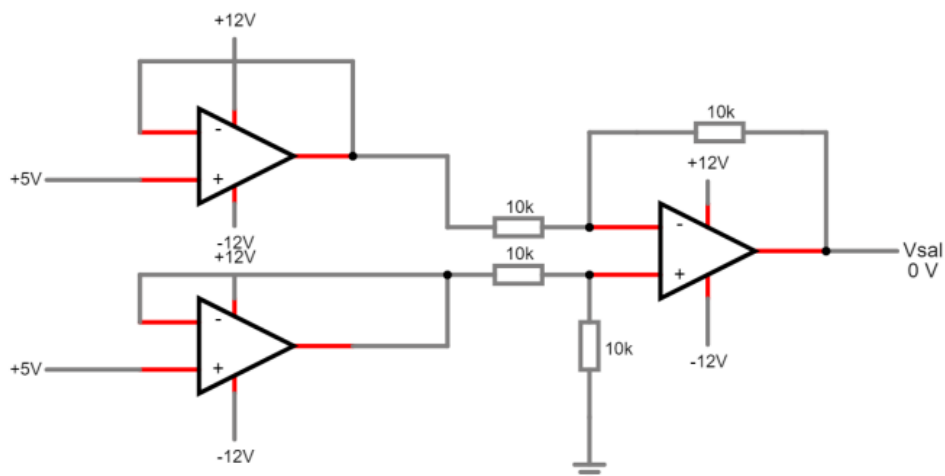


Figura 2: Seguidores de Voltaje a OPAMP restador

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.

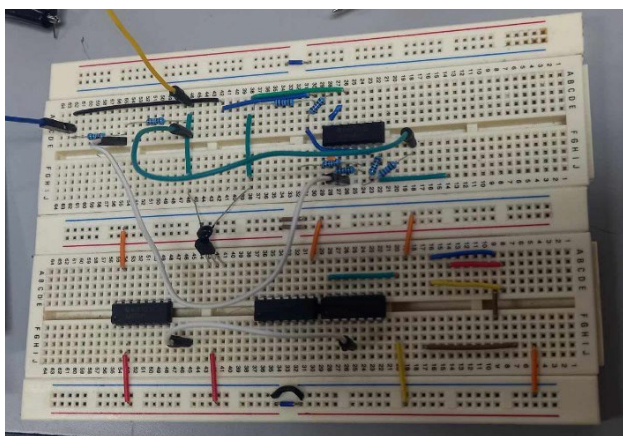


Figura 3: Armado Circuito 1

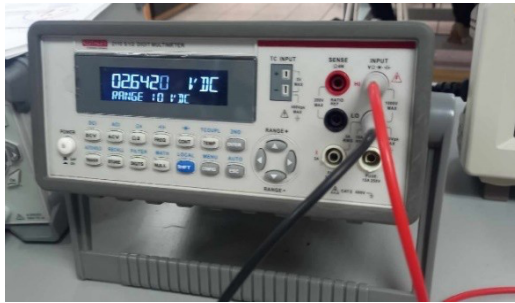


Figura 4: E1

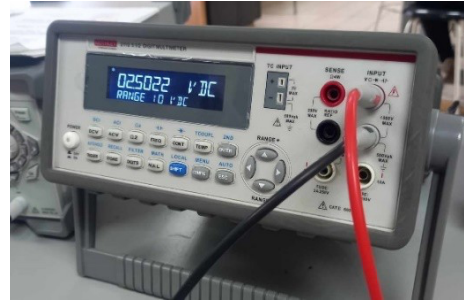


Figura 5: E2

Tabla 1

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
50.127		0.14	2.3622	341.3mV	66.6252 k
60.861		0.05	2.4522	340.4mV	65.6609 k
70.251		0.03	2.4722	339.6mV	64.5156 k
87.162		0.01	2.4922	338.4mV	62.5256 k

Amplificador puente basico

Continuamos ahora armando el circuito de la Figura 6.

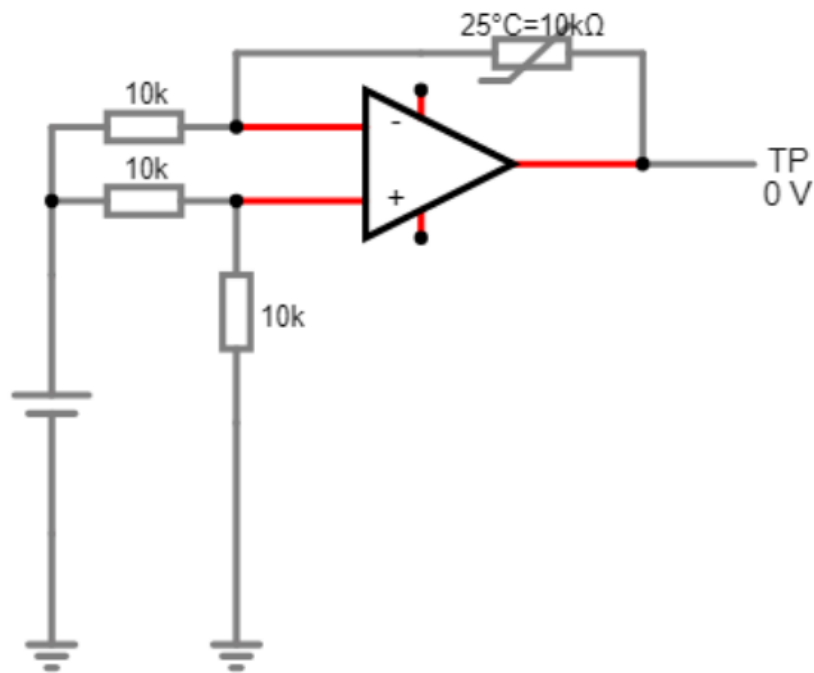


Figura 6: OPAMP tipo puente

Procedemos a llenar la tabla para 10 valores diferentes de temperatura, todos medidos al acercar una fuente de calor en este caso fuego de un encendedor al termistor:

Tabla 2

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 7: Medicion de temperatura y Vsal 1

Cálculos

Resistencia del termistor:

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

$$y_1 = 270mV \text{ a } y_2 = 800mV$$

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

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{0.8 - 0.27}{87 - 27} = 8.83$$

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

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

$$V_x = 2.5V, \quad V_y = 238.5mV$$

Para $27^{\circ}C$

$$R = \left(\frac{10k\Omega}{2} \right) \left(\frac{5V - 238.5mV}{0.3445mV} \right) = 69.107k\Omega$$

Para 28°C

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

$$R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5V - 247.24mV}{0.3451mV}\right) = 68.8611k\Omega$$

Para 29°C

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

$$R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5V - 256.07mV}{0.3441mV}\right) = 68.9334k\Omega$$

Para 30°C

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

$$R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5V - 264.9mV}{0.3435mV}\right) = 68.9374k\Omega$$

Para 36°C

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

$$R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5V - 317.88mV}{0.3424mV}\right) = 68.3732k\Omega$$

Para 40°C

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

$$R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5V - 353.2mV}{0.3421mV}\right) = 67.9158k\Omega$$

Para 50°C

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

$$R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5V - 441.5mV}{0.3413mV}\right) = 66.6252k\Omega$$

Para 60°C

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

$$R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5V - 529.8mV}{0.3404mV}\right) = 65.6609k\Omega$$

Para 70°C

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

$$R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5V - 618.1mV}{0.3396mV}\right) = 64.5156k\Omega$$

Para 87°C

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

$$R = \left(\frac{10k\Omega}{2}\right) \left(\frac{5V - 768.21mV}{0.3384mV}\right) = 62.5265k\Omega$$

Amplificador puente básico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Simulaciones

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

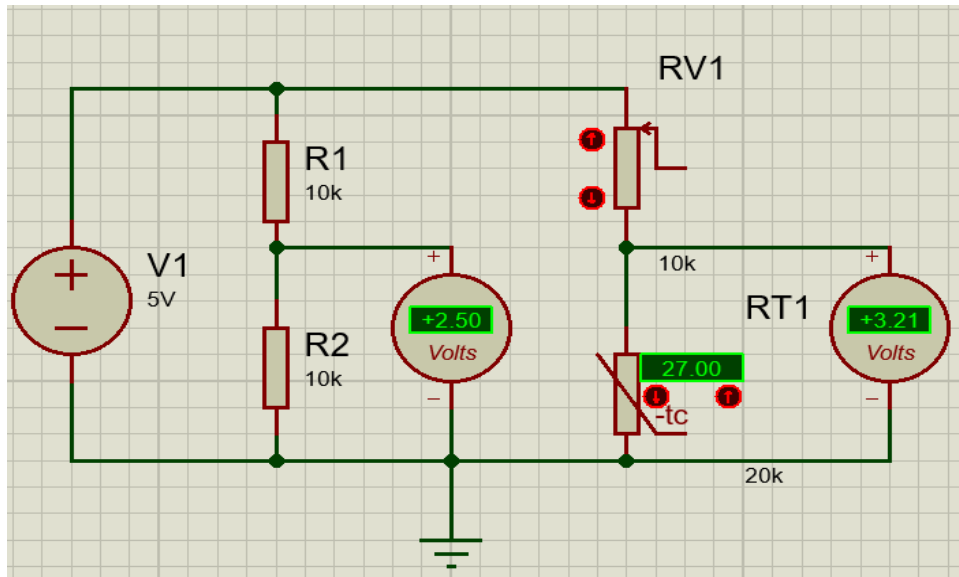


Figura 8: Simulación de Puente de Weanston

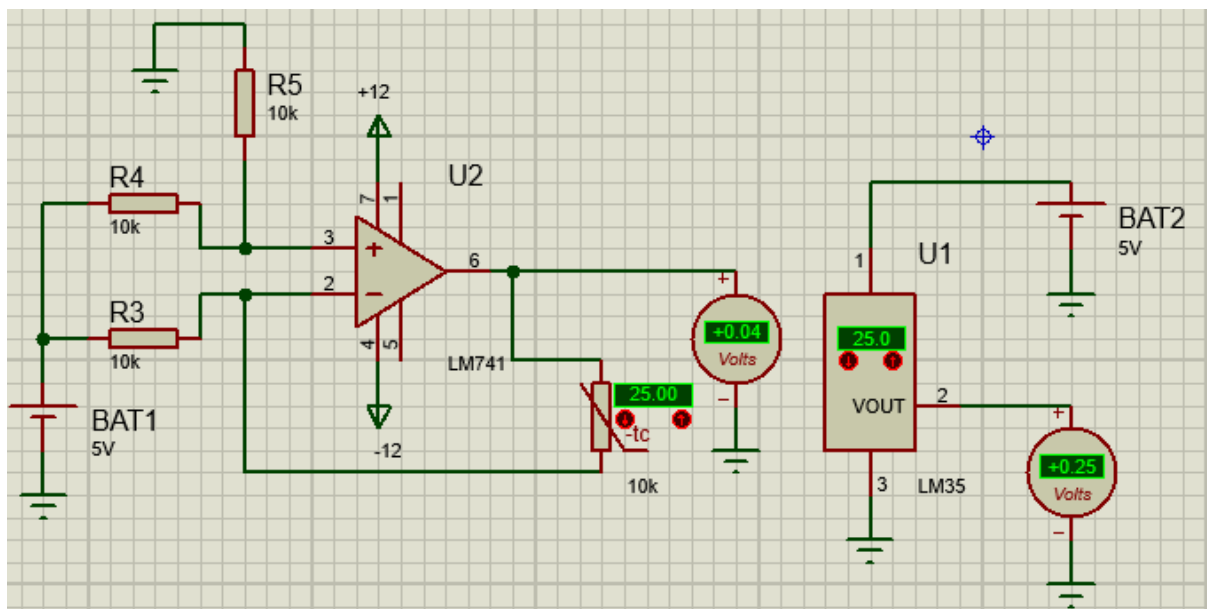


Figura 9: Simulacion de OPAMP tipo puente

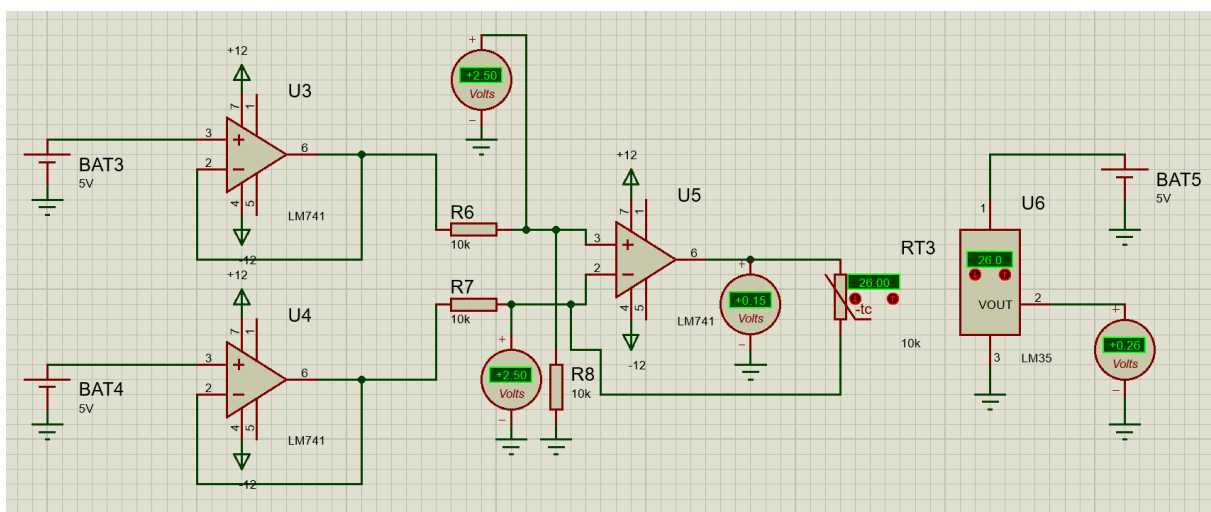


Figura 10: Simulacion de seguidores de voltaje a OPAMP tipo restador

Cuestionario

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

Las diferencias entre los circuitos empleados en esta práctica se centran primordialmente en su finalidad y disposición. El primer conjunto de circuitos está elaborado para evaluar la resistencia de un termistor en un puente de resistencia, seguido de procesar esa señal mediante una serie de amplificadores operacionales. Este diseño brinda una amplia flexibilidad y precisión en la medición y procesamiento de la señal. Por otro lado, el circuito de la segunda parte es un simple amplificador de puente destinado a amplificar la señal del termistor. Esta configuración es más sencilla y directa, lo que podría ser beneficioso en ciertos contextos.

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

La elección de qué circuito resulta más beneficiosa dependiendo del contexto y del objetivo. Si el propósito es medir con precisión la resistencia del termistor y procesar la señal, entonces el primer conjunto de circuitos podría ser más ventajoso debido a su configuración más compleja. Este circuito ofrece una mayor flexibilidad en el procesamiento de la señal y puede adaptarse a una variedad 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.

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

Hay diversas alternativas para realizar las mediciones. Se puede emplear un osciloscopio para medir directamente la señal en diferentes puntos del circuito, proporcionando una visión detallada de cómo varía la señal con el tiempo. Otra opción es utilizar un multímetro digital para medir la resistencia, corriente o voltaje en diferentes puntos del circuito, como se realizó en esta práctica, para verificar el correcto funcionamiento de todas las partes del circuito. También se podría considerar el uso de un analizador de espectro si se desea examinar las frecuencias presentes en la señal, o un medidor de temperatura auxiliar conectado 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. Este dispositivo, un termómetro de inmersión por resistencia del tipo RTD, consiste en un alambre de platino que varía su resistencia eléctrica con la temperatura. Los termopares son otra opción viable. Sin embargo, la elección del transductor adecuado puede depender de factores como el rango de temperatura del horno y la precisión requerida.

Conclusiones

Los sensores resistivos desempeñan un papel crucial en diversas aplicaciones contemporáneas. Su capacidad para convertir cambios físicos, como la temperatura, en cambios de resistencia eléctrica, permite a los ingenieros diseñar circuitos que respondan a las condiciones del entorno, lo cual es esencial para el funcionamiento de muchos dispositivos electrónicos cotidianos. Es vital emplear correctamente estos sensores para garantizar la precisión y fiabilidad de las mediciones, ya que un uso incorrecto podría generar lecturas erróneas con consecuencias graves, especialmente en aplicaciones críticas como el control de temperatura en hornos industriales o el monitoreo médico. Además, son vitales para el control de procesos en diversas industrias, desde la manufactura hasta la medicina, al proporcionar datos precisos y confiables que optimizan operaciones y garantizan la seguridad. En electrónica y ingeniería eléctrica, los sensores resistivos son componentes fundamentales en una amplia gama de dispositivos y sistemas, desde termostatos hasta sistemas de control industrial avanzados. En investigación y desarrollo, facilitan la medición precisa de diversos parámetros físicos, contribuyendo al avance del conocimiento en campos como la física, la química y la biología. Por último, tienen un impacto significativo en la vida diaria, regulando el clima en hogares y electrodomésticos para brindar mayor comodidad y seguridad.

Referencias:

1. Sensores Resistivos. Introducción.
(2015). [https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/TEMA%20%20-%20SENSORES%20RESISTIVOS%20\(PRIMERA%20PARTE\).pdf](https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/TEMA%20%20-%20SENSORES%20RESISTIVOS%20(PRIMERA%20PARTE).pdf)
2. Introduccion a los sensores.
(2015). https://tableroalparque.weebly.com/uploads/5/1/6/9/51696511/introducci3n_a_los_sensores.pdf
3. Administrador. (2018, 17 enero). LM35 - El sensor de temperatura más popular. HeTPro-Tutoriales. <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/lm35/>
4. Técnico. (2020, 31 julio). Sensor LM35: ¿Qué es?, ¿Cómo funciona?, Características. Actualidad Tecnológica. <https://actualidadtecnologica.com/lm35/>
5. Cómo medir la temperatura con sensores RTD. (2023, 30 agosto). Soluciones de Adquisición de Datos (DAQ). <https://dewesoft.com/es/blog/medir-temperatura-con-sensores-rtd>