

Acondicionador de Señal

Gabriel O. González-Rodríguez, Alexander Solís-Quesada
gabrielgr01@estudiantec.cr alexsq@estudiantec.cr
Área académica de Ingeniería Mecatrónica
Instituto Tecnológico de Costa Rica

I. DATOS DE ENTRADA: PRUEBA DE CALIBRACIÓN

1. A partir de una prueba de calibración realizada a un sensor de temperatura resistivo con rango de 0°C a 100°C , se reciben los siguientes valores:

Tabla I
VALORES DE TEMPERATURA PARA EL SENSOR DE TEMPERATURA RESISTIVO EN UN RANGO DE 0 A 100 C.

$R_T (\Omega)$	100	108	119	127	131	134	138
$T (^{\circ}\text{C})$	0	20	50	70	80	90	100

2. El sensor permite una corriente máxima de 0,1mA.
3. Se alimenta el circuito con una fuente de tensión de $V_{CC} = 10\text{V}$.

II. LIMITACIÓN DE LA CORRIENTE DE ENTRADA

Se propone el siguiente circuito (Figura 1) de medición para el sensor de temperatura resistivo. Corresponde a un divisor de tensión, en donde el valor de R debe de limitar la corriente para que esta no sobrepase la corriente máxima del sensor de 0,1mA. La resistencia R_T representa donde se colocaría el sensor de temperatura resistivo.

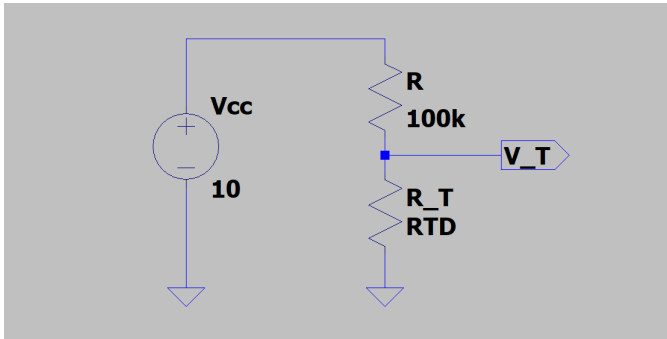


Figura 1. Circuito de medición (divisor de tensión) para el sensor de temperatura resistivo (RTD).

A continuación se muestra el procedimiento utilizado para calcular el valor de R.

$$I = \frac{V_{CC}}{R_{eq}}$$

$$\Rightarrow 0,1\text{mA} = \frac{10\text{V}}{R_{eq}}$$

$$\Rightarrow R_{eq} = 100\text{k}\Omega$$

$$R_{eq} = R + R_T$$

$$\Rightarrow R = R_{eq} - R_T$$

$$\Rightarrow R = 100\text{k}\Omega - 100\Omega$$

$$\Rightarrow R = 99900\Omega$$

Por conveniencia en la selección de componentes se decide utilizar un valor de $100\text{k}\Omega$ para la resistencia R, ya que este es el valor más cercano al obtenido y que sigue manteniendo la corriente en el circuito menor a la corriente máxima permitida por el sensor.

III. TENSIONES DE SALIDA EN EL SENSOR DE TEMPERATURA RESISTIVO

A partir del circuito obtenido en la sección anterior, se utiliza la ecuación de divisor de tensión (Ecuacion 1) para calcular las tensiones de salida del sensor (Tabla II).

$$V_T = V_{CC} \frac{R_T}{R_T + R} \quad (1)$$

Tabla II
TENSIONES DE SALIDA PARA EL RTD DEL CIRCUITO DE MEDICIÓN DE LA FIGURA 1.

$R_T (\Omega)$	100	108	119	127	131	134	138
$T (^{\circ}\text{C})$	0	20	50	70	80	90	100
$V_T (\text{mV})$	9.99	10.78	11.86	12.68	13.08	13.38	13.78

IV. ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL

Se desea acondicionar los valores de tensión obtenidos (Tabla II) a un rango de 0 a 5V, manteniendo el rango de temperatura de 0°C a 100°C . Esto porque los valores obtenidos del sensor son en el orden de los mV y al ser valores tan pequeños son fácilmente confundidos con el ruido, razón por la cual se desean amplificar y así tener una lectura más confiable y sencilla de ver.

IV-A. Acondicionamiento de la señal con un amplificador operacional

IV-A1. Obtención del circuito de medición acondicionado:
Para amplificar la señal se agrega un amplificador operacional no inversor (figura 2) al circuito de medición de la figura 1. Note que la tensión de salida del sensor es la misma que la

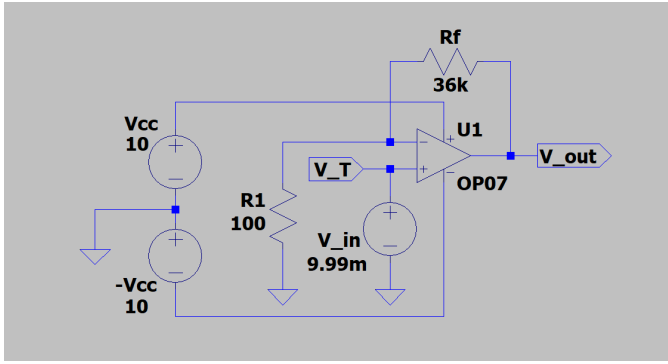


Figura 2. Etapa de acondicionamiento con un amplificador operacional en modo no inversor.

entrada al acondicionador y se denota como V_T , y la tensión de salida del acondicionador se denota como V_{OUT} .

El amplificador operacional utilizado posee la siguiente relación entre la tensión que recibe de entrada y la tensión de salida (ecuación 2).

$$V_{OUT} = V_{IN} \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) \quad (2)$$

El factor $\left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right)$ corresponde a la ganancia de amplificador operacional y se elige de forma que las tensiones de salida de la tabla II se puedan amplificar al rango deseado (0V - 5V). Para esto, se calculan los valores de R_f y R_1 a partir de las tensiones máximas, tanto la obtenida (13.78 mV) como la deseada (5 V).

$$\begin{aligned} 5V &= \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) 13,78mV \\ \Rightarrow \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) &= \frac{5V}{13,78mV} \\ \Rightarrow \frac{R_f}{R_1} &= 362,85 - 1 \\ \Rightarrow \frac{R_f}{R_1} &= 361,85 \end{aligned}$$

Para aproximar el valor de ganancia requerido se proponen los siguientes valores para las resistencias: $R_f = 36k\Omega$ y $R_1 = 100\Omega$. Obteniendo con estos una amplificación de 360 con respecto a la señal original.

Una vez obtenida la ganancia requerida, se calculan los valores de tensión de salida acondicionados al rango deseado con la ecuación 2. Estos se presentan en la tabla III.

Tabla III
TENSIONES DE SALIDA ACONDICIONADAS A PARTIR DEL CIRCUITO DE LA FIGURA 2.

$R_T (\Omega)$	100	108	119	127	131	134	138
$T (^{\circ}C)$	0	20	50	70	80	90	100
V_T (mV)	9.99	10.78	11.86	12.68	13.08	13.38	13.78
V_{OUT} (V)	3.60	3.88	4.27	4.57	4.71	4.82	4.96

IV-A2. Simulación en LTSpice: Al simular el circuito de la figura 2, asignándole a la fuente V_{IN} las tensiones de salida del sensor (V_T), se obtienen las siguientes tensiones acondicionadas (tabla IV). El modelo del amplificador operacional utilizado corresponde al OP07 de Analog Devices.

Tabla IV
TENSIONES DE SALIDA SIMULADAS PARA LA ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO CON UN AMP.OP. (FIGURA 2.)

$R_T (\Omega)$	100	108	119	127	131	134	138
$T (^{\circ}C)$	0	20	50	70	80	90	100
V_T (mV)	9.99	10.78	11.86	12.68	13.08	13.38	13.78
V_{OUT} (V)	3.53	3.81	4.20	4.49	4.63	4.73	4.88

IV-B. Acondicionamiento de la señal con un amplificador de instrumentación

IV-B1. Obtención del circuito de medición acondicionado: Se utiliza un amplificador de instrumentación modelo LT1167 de Analog Devices. A partir de la hoja de datos se obtiene la siguiente relación entre la tensión de entrada recibida y la tensión de salida (ecuación 3).

$$V_{OUT} = V_{IN} \left(\frac{49,4k\Omega}{R_G} + 1 \right) \quad (3)$$

Sabemos que la ganancia deseada es de $G = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = 361,85$. Despejando R_G de la ecuación 3 obtenemos la ecuación 4.

$$R_G = \frac{49,4k\Omega}{G - 1} \quad (4)$$

Desarrollando,

$$\begin{aligned} R_G &= \frac{49,4k\Omega}{361,85 - 1} \\ R_G &= 136,9\Omega \end{aligned}$$

Se elije utilizar $R_G = 140$ por conveniencia en la selección de componentes. Una vez obtenido el valor de R_G se define el circuito de la figura 3 para la etapa de acondicionamiento con amplificador de instrumentación.

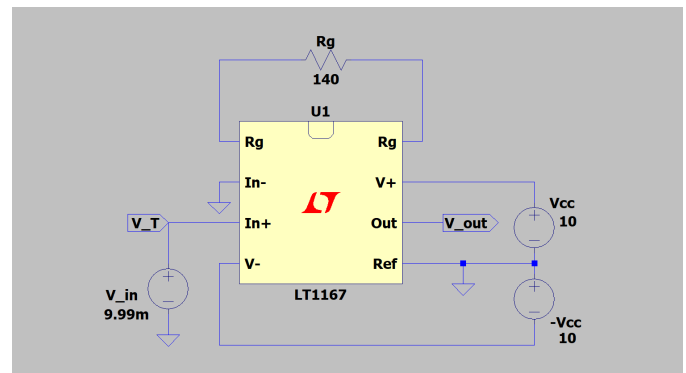


Figura 3. Etapa de acondicionamiento con un amplificador operacional de instrumentación.

IV-B2. Simulación en LTSpice: Al simular el circuito de la figura 3, asignándole a la fuente V_{IN} las tensiones de salida del sensor (V_T), se obtienen las siguientes tensiones acondicionadas (tabla V).

Tabla V
TENSIONES DE SALIDA SIMULADAS PARA LA ETAPA DE
ACONDICIONAMIENTO CON UN AMP. DE INSTRUMENTACIÓN (FIGURA 3).

R_T (Ω)	100	108	119	127	131	134	138
T ($^{\circ}C$)	0	20	50	70	80	90	100
V_T (mV)	9.99	10.78	11.86	12.68	13.08	13.38	13.78
V_{OUT} (V)	3.61	3.89	4.28	4.58	4.72	4.83	4.97