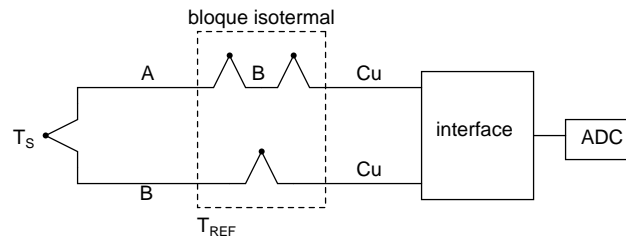


## Ejemplo Termopares

Se desea usar un termopar tipo K<sup>1</sup> para medir una temperatura en el rango de  $150^{\circ}C$  a  $500^{\circ}C$  con una precisión de  $\pm 1^{\circ}C$ . El sistema usará un termopar de referencia conectado a un bloque isothermal mantenido a una temperatura  $T_{REF}$ . El interface entre el bloque isothermal y el circuito de acondicionamiento será a través de alambres de Cobre. Un ADC que acepta una entrada en el rango de  $0V$  a  $+5V$  estar conectado a la salida del circuito de acondicionamiento.



1. Determine el voltaje que debe aparecer en la entrada del circuito de acondicionamiento para los extremos del rango a medirse (o sea, a  $150^{\circ}C$  y  $500^{\circ}C$ ). Asuma que  $T_{REF} = 25^{\circ}C$ .

Respuesta:

La tabla para termopares tipo K indica lo siguientes valores:

$$\begin{aligned} V(25^{\circ}C) &= 1mV \\ V(150^{\circ}C) &= 6.138mV \\ V(500^{\circ}C) &= 20.644mV \end{aligned}$$

Si el bloque isothermal está a temperatura ambiente ( $25^{\circ}C$ ) entonces la entrada al interface esta  $1mV$  por debajo del voltaje producido por el termopar.

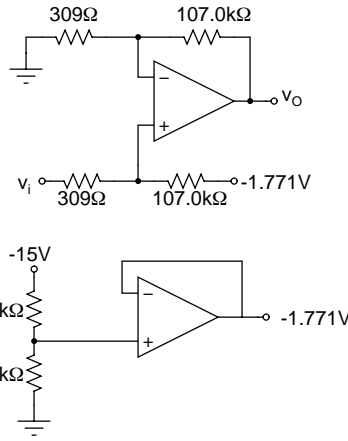
$$\begin{aligned} V_i(150^{\circ}C) &= 5.138mV \\ V_i(500^{\circ}C) &= 19.644mV \end{aligned}$$

2. Diseñe el circuito de acondicionamiento. Use valores estándares de resistencia. Verifique que puede mantener el error por debajo al equivalente a  $\pm 1^{\circ}C$  como requiere el diseño. Asuma que  $T_{REF} = 25^{\circ}C$ .

Respuesta:

---

<sup>1</sup>Puede encontrar la tabla de referencia del termopar en el siguiente enlace: <http://instrumentation-central.com/pages/thermocouple-reference-table.htm>



La ganancia total es

$$A_v = \frac{5V}{19.644mV - 5.138mV} = 344.685V/V$$

En la salida del circuito debemos restar

$$v_{DC} = 344.685 \times 5.138mV = 1.771V$$

La ganancia deseada puede obtenerse con una etapa sin inversión usando  $R_2 = 107.0k\Omega$  y  $R_1 = 309\Omega$ , ambas resistencias de precisión con tolerancia de 1%. Se obtiene  $A_v = 107.0k\Omega/309\Omega = 346.3V/V$ , menos de un 0.5% sobre el valor deseado.

El voltaje de  $-1.771V$  puede obtenerse de la fuente de  $-15V$  usando un divisor de voltaje. Esto requiere que la razón entre las resistencias sea

$$\begin{aligned} 1.771 &= 15 \frac{R_A}{R_A + R_B} \\ R_A &= (R_A + R_B) \frac{1.771}{15} \\ \frac{13.229}{15} R_A &= \frac{1.771}{15} R_B \\ R_B &= \frac{13.229}{1.771} R_A = 7.47 R_A \end{aligned}$$

Los valores mostrados producen un error cercano al 0.1%.

- Suponga que  $T_{REF}$  varia entre  $20^\circ C$  y  $30^\circ C$ . Suponga que para eliminar el error debido a estas variaciones se conecta al bloque isothermal un segundo sensor de temperatura con sensibilidad igual  $10mV/^\circ C^2$ . Modifique su diseño para incorporar esta segunda medida de tal modo que corrija el error debido a variaciones en  $T_{REF}$ . Para simplificar su diseño, use una aproximación lineal para el voltaje del termopar de referencia.

Respuesta:

La ganancia total sigue siendo igual a la ya encontrada;

$$A_v = \frac{5V}{20.644mV - 6.138mV} = 344.685V/V$$

---

<sup>2</sup>O sea, que produce un voltaje igual a  $10mV \times T_{REF}$ .

En la salida del circuito debemos añadir el voltaje que la junta de referencia sustrae de la señal;

$$V_r(20^\circ C) = 0.798mV$$

$$V_r(30^\circ C) = 1.203mV$$

Como los voltajes son pequeños, es mejor hacer la corrección se hace en la salida del circuito, lo que requiere que se añadan

$$V_{ro}(20^\circ C) = 275.06mV$$

$$V_{ro}(30^\circ C) = 414.66mV$$

Hay que añadir una segunda etapa de *span and zero* que actúe el valor provisto por el segundo sensor de temperatura, cuya salida es igual a  $200mV$  y  $300mV$  a  $20^\circ$  y  $30^\circ$ , respectivamente. Para este circuito

$$A_{v2} = \frac{414.66 - 275.06}{100} = 1.396V/V$$

La ganancia puede obtenerse de resistencias  $2.15k\Omega$  y  $1.54k\Omega$  con 1 % de precisión.

Esta parte requiere que se reste un *offset* de  $4.14mV$ , que puede combinarse con el que requiere la etapa principal, igual a

$$v_{offset} = 344.685 \times 6.138mV = 2.116V$$

que también debe ser restado, así que

$$v_{DC} = 2.12V$$

Terminamos con el siguiente circuito.

