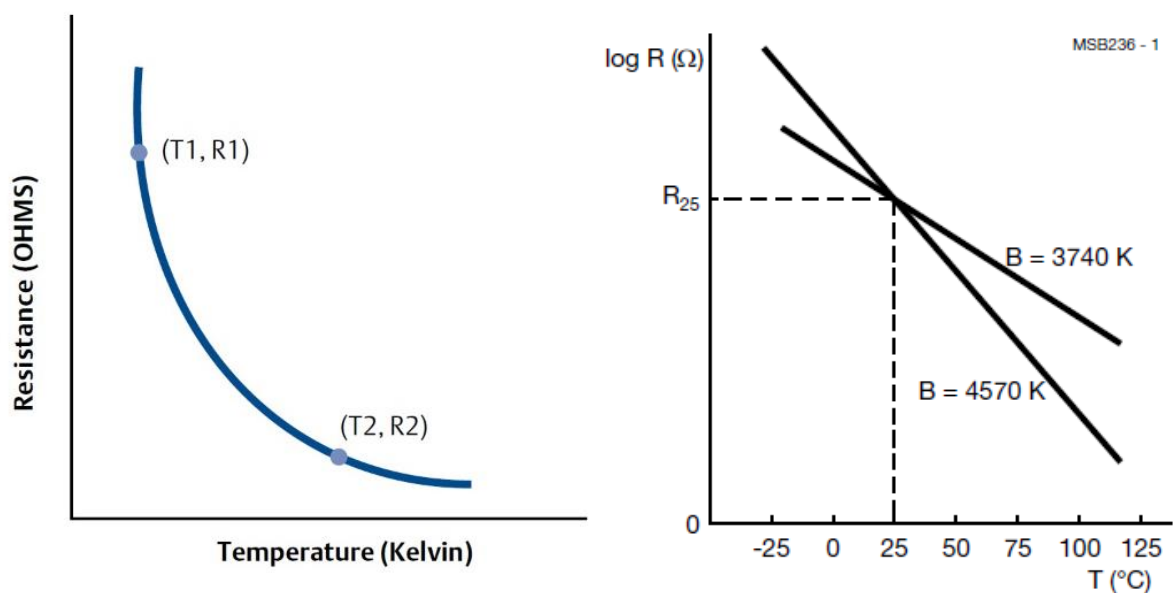


Sensor de temperatura resistivo NTC

¿Cómo trabaja un sensor NTC?

Los sensores de temperatura NTC están hechos de una mezcla de óxidos de metal que se someten a un proceso de sinterización que le confieren una resistencia eléctrica negativa frente a la relación temperatura-resistencia (R/T) como la que se muestra en la figura siguiente.



La pendiente negativa relativamente grande significa que incluso los pequeños cambios de temperatura provocan un cambio significativo en resistencia eléctrica que hace que el sensor NTC sea ideal para medición y control precisos de la temperatura. Las principales características de un sensor NTC se expresan mediante tres importantes parámetros:

Parámetros importantes para un NTC	
Parámetro	Descripción
R_{25}	La resistencia del sensor, en Ω a la temperatura de referencia de 25°C
B	Constante del material expresada en Kelvin
α	Coeficiente de temperatura de resistencia expresada en: $\%/K$ o $\%/^\circ\text{C}$



Resistencia a 25 °C (298.15 K)

La resistencia a 25 °C (sustancialmente a temperatura ambiente) proporciona un punto de referencia conveniente para los termistores. Las tolerancias en R_{25} se deben principalmente a variaciones en la cerámica de fabricación de materiales y tolerancias en las dimensiones del chip. Mediante el uso de material altamente homogéneo composiciones y técnicas patentadas de aserrado de cerámica permitiendo un control preciso de las dimensiones de la viruta, los productos son disponible con tolerancias en R_{25} inferiores al 1 %.

Constante del material **B**

B es una constante del material que controla la pendiente de la R_T característica que puede, al menos en un primer momento, ser representado por la fórmula:

$$R_T = R_{25} e^{B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298.15} \right)}$$

Donde T es la temperatura absoluta del sensor.

En la práctica, B varía un poco con la temperatura y es por lo tanto definido entre dos temperaturas: 25 °C y 85 °C por la fórmula:

$$B_{25/85} = \frac{\ln \left(\frac{R_{85}}{R_{25}} \right)}{\left(\frac{1}{358.15} - \frac{1}{298.15} \right)}$$

$B_{25/85}$ (expresado en K) se utiliza normalmente para caracterizar y comparar diferentes tipos de materiales. La tolerancia en $B_{25/85}$ es causada principalmente por tolerancias de composición del material y condiciones de sinterización.

En la mayoría de los casos, se requiere curvas de mayor precisión que las exponenciales puras. Es por eso por lo que cada curva se define por una ecuación de tercer grado, como se muestra a continuación:



$$R_T = R_{25} e^{A + \frac{B}{T} + \frac{C}{T^2} + \frac{D}{T^3}}$$

O, de la formula anterior, despejamos T en función de R_T :

$$T = \frac{1}{A_1 + B_1 \ln\left(\frac{R_T}{R_{25}}\right) + C_1 \ln\left(\frac{R_T}{R_{25}}\right)^2 + D_1 \ln\left(\frac{R_T}{R_{25}}\right)^3}$$

Todas las constantes arriba mencionadas, se encuentran disponibles en sus respectivas hojas de datos, o se puede hallar de manera empírica.

Coeficiente de temperatura de resistencia

El coeficiente de temperatura de la resistencia α expresa la sensibilidad de un sensor a los cambios de temperatura. Se define como:

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{\Delta R}{\Delta T}$$

También se puede reescribir para encontrar:

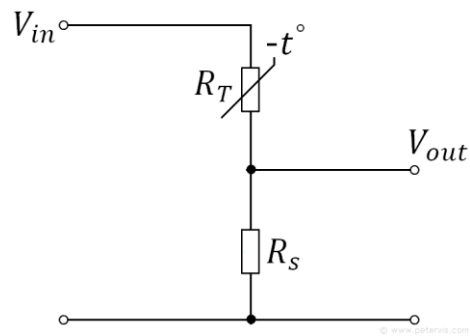
$$\alpha = \frac{\Delta B}{T^2}$$

Es decir, como se observa en la ultima ecuación, la sensibilidad de α depende de la sensibilidad de **B**.

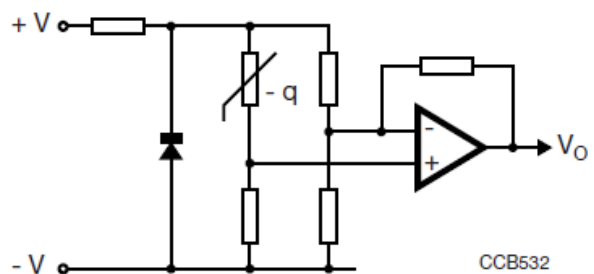
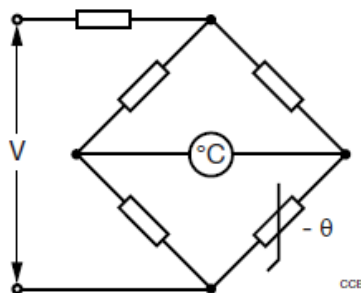


Formas de medición de temperatura:

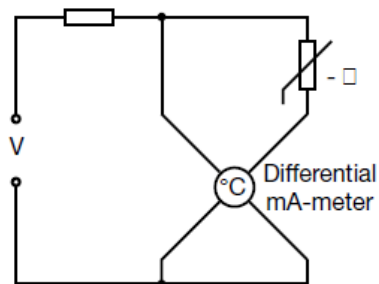
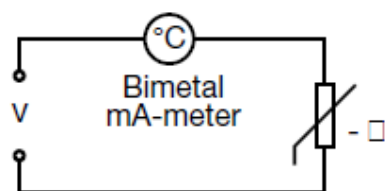
- Divisor de tensión:



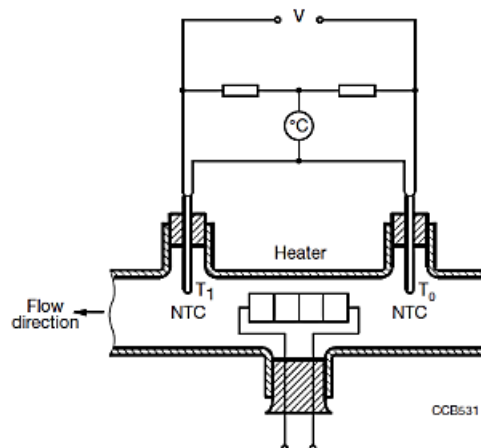
- Puente de Wheatstone:



- Por corriente:

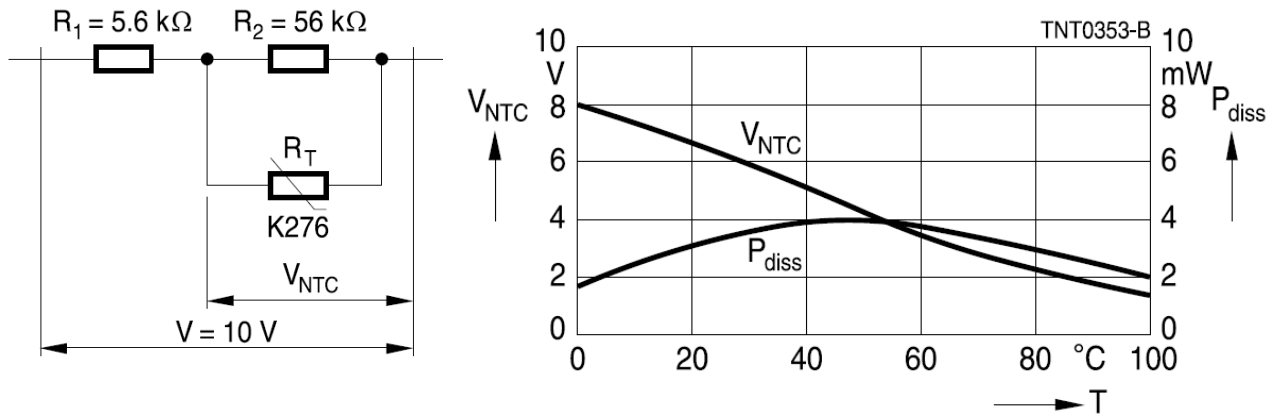


- Medición de temperatura y caudal

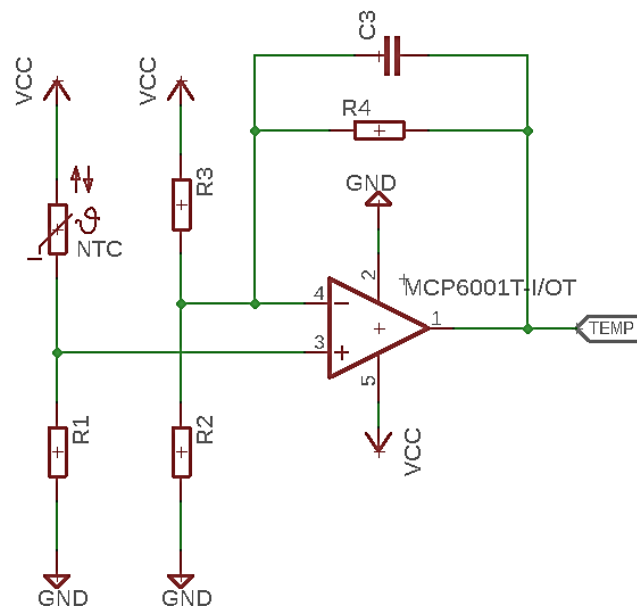


Linealización de un NTC

➤ Resistor en paralelo



➤ Con amplificador operacional



Este circuito de detección de temperatura utiliza una resistencia en serie con un sensor de coeficiente de temperatura negativo (NTC) para formar un divisor de tensión, que tiene el efecto de producir una señal de salida que es **lineal** sobre la temperatura.

El circuito utiliza un amplificador operacional en una configuración no inversora con un offset, lo que ayuda a utilizar la resolución completa del ADC y aumentar la precisión de la medición.



Premisas de diseño

1. Elegir un amplificador operacional en una región operativa lineal. La salida debe ser "rail to rail" (en lo posible). La salida lineal para el MCP6002 es de 0.025 V a 4.975 V. Tomamos de 0.05 V a 4.9 V.
2. Elegir R_1 según el rango de temperatura y el valor de NTC.
3. El uso de resistencias de alto valor puede degradar el margen de fase del amplificador e introducir ruido adicional en el circuito. Se recomienda utilizar valores de resistencia de alrededor de 10 K Ω o menor.
4. Un capacitor colocado en paralelo con la resistencia de retroalimentación limitará el ancho de banda del amplificador operacional, mejorará la estabilidad y ayudará a reducir el ruido.

Procedimiento de diseño

- 1- Calculamos el valor de R_1 con el fin de producir una salida de tensión lineal. Utilizaremos los valores máximos mínimos de resistencia en el rango requerido por la aplicación:



Temperature measurement	B57164
Leaded NTCs, lead spacing 5 mm	K164

B57164K0103K000						
R/T No.	2904					
T (°C)	$B_{25/100} = 4300 \text{ K}$, $R_{25} = 10000 \Omega$, $T_R = 25 \text{ °C}$, $\Delta R_R/R_R = \pm 10\%$					
	$R_{nom}[\Omega]$	$R_{min}[\Omega]$	$R_{max}[\Omega]$	$\Delta R_R/R_R[\pm\%]$	$\Delta T[\pm^\circ\text{C}]$	$\alpha (\%/K)$
-55.0	1214600	899810	1529400	25.9	3.6	7.3
-50.0	844390	636740	1052000	24.6	3.4	7.1
-45.0	592430	454250	730620	23.3	3.3	7.0
-40.0	419380	326650	512120	22.1	3.2	6.9
-35.0	299480	236730	362220	21.0	3.1	6.7
-30.0	215670	172890	258460	19.8	3.0	6.5
-25.0	156410	127050	185760	18.8	3.0	6.3
-20.0	114660	94315	135000	17.7	2.9	6.2
-15.0	84510	70351	98669	16.8	2.8	6.0
-10.0	62927	52981	72872	15.8	2.7	5.8
-5.0	47077	40067	54087	14.9	2.6	5.6
0.0	35563	30581	40545	14.0	2.6	5.5
5.0	27119	23550	30688	13.2	2.5	5.3
10.0	20860	18285	23434	12.3	2.4	5.2
15.0	16204	14332	18076	11.6	2.3	5.0
20.0	12683	11315	14052	10.8	2.2	4.9
25.0	10000	9000	11000	10.0	2.1	4.7
30.0	7942	7087	8797	10.8	2.3	4.6
35.0	6327	5602	7051	11.5	2.6	4.5
40.0	5074	4459	5689	12.1	2.8	4.3
45.0	4103	3579	4627	12.8	3.0	4.2
50.0	3336	2889	3783	13.4	3.3	4.1



$$R_{NTCmax} = R_{NTC @ -5^{\circ}} = 47077 \, \Omega$$

$$R_{NTCmin} = R_{NTC @ 40^{\circ}} = 5074 \, \Omega$$

$$R_1 = \sqrt{R_{NTC @ 0^{\circ}} R_{NTC @ 40^{\circ}}}$$

2- Cálculo del rango de tensión de entrada

$$V_{inMin} = V_{cc} \frac{R_1}{R_{NTCmax} + R_1}$$

$$V_{inMax} = V_{cc} \frac{R_1}{R_{NTCmin} + R_1}$$

3- Cálculo de la ganancia requerida para aprovechar el rango del operacional (y ADC)

$$G_{ideal} = \frac{V_{outMax} - V_{outMin}}{V_{inMax} - V_{inMin}}$$

4- Resolvemos el paralelo entre R2 y R3 y seleccionamos un valor de R4 = 1k

$$(R_2 || R_3)_{ideal} = \frac{R_4}{G_{ideal} - 1}$$

5- Cálculo de R2 y R3

$$R_3 = \frac{R_4 V_{cc}}{V_{inMax} G_{ideal} - V_{outMax}}$$

$$R_2 = \frac{(R_2 || R_3)_{ideal} R_3}{R_3 - (R_2 || R_3)_{ideal}}$$



- 6- Luego de calcular y seleccionar un valor comercial más cercano de R2 y R3, calcularemos la ganancia actual

$$G_{actual} = \frac{(R_2 || R_3) + R_4}{(R_2 || R_3)}$$

- 7-

$$V_{out} = V_{cc} \frac{R_1}{(R_{NTC} + R_1)} \frac{(R_2 || R_3) + R_4}{(R_2 || R_3)} - \left(\frac{R_4}{R_3} V_{cc} \right)$$

