



Sensor de temperatura resistivo PTC

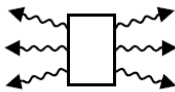


Clasificación de los sensores PTC

En cuanto a sus posibilidades de aplicación, los termistores PTC se pueden dividir de la siguiente manera:

a) Por su función:

PTC calentado directamente



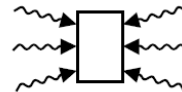
Calor generado dentro de mismo PTC



PTC de potencia

Aplicaciones donde la resistencia eléctrica es determinada por la corriente que circula a través del PTC

PTC calentado indirectamente



El calor es provisto por el medio ambiente



Sensor de temperatura PTC

Aplicaciones donde la resistencia eléctrica es determinada principalmente por la temperatura del medio circundante

b) Por aplicación:

PTC de potencia	Sensor PTC
Fusible: Corto circuito – sobre corriente	Limitadores de temperatura: Protección de sobre temperatura Protección de un motor
Switch: Arranque de motores - Swtiching	
Elemento calefactor	
Sensor de nivel	
Resistor: limitadores de corriente de arranque (inrush current)	



Los termistores PTC cerámicos se utilizan en lugar de los fusibles convencionales para proteger cargas como motores, transformadores o circuitos electrónicos contra sobre corriente. No solo responden inadmisiblemente altas corrientes, sino también si se excede un límite de temperatura preestablecido. Los fusibles de termistor limitan la potencia disipación del circuito general aumentando su resistencia y reduciendo así la corriente a un valor residual mínimo. A diferencia de los fusibles convencionales, no es necesario reemplazarlos después de eliminación de la falla, pero reanudan su función protectora inmediatamente después de un breve tiempo de enfriamiento.

A diferencia de otros sensores, los PTC cerámicos siempre regresan a su valor de resistencia inicial, incluso después de frecuentes ciclos de calentamiento/enfriamiento.

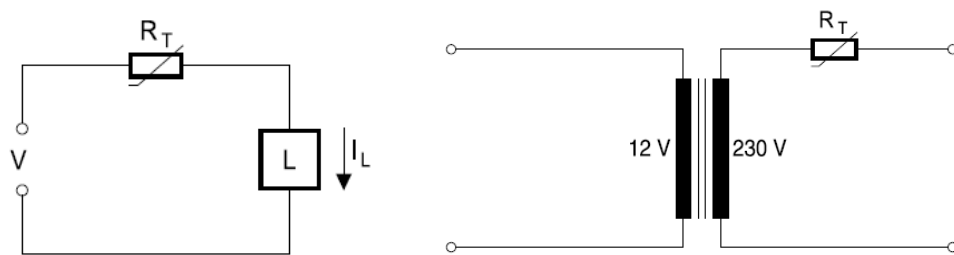


Figura 1: Circuitos de protección

Definición

Un termistor PTC es una resistencia semiconductora térmicamente sensible. Su valor de resistencia aumenta bruscamente luego de superar una temperatura definida como temperatura de referencia.

Estructura y funcionamiento

Los termistores PTC están hechos de cerámica policristalina dopada a base de titanato de bario. Generalmente, la cerámica es conocida como un buen material aislante con una alta resistencia y dopando la cerámica con materiales de mayor valencia se consigue una baja resistencia que la de la red cristalina. Parte de los iones de bario y titanio en la red cristalina se reemplaza con iones de valencias más altas para obtener un número específico de electrones libres que hacen que la cerámica sea conductora.

La estructura material se compone de muchos cristales individuales (ver figura 1). En el borde de estos se forman monocristales, los llamados límites de grano, barreras potenciales. Impiden que electrones libres se difundan en áreas adyacentes. El resultado es una alta resistencia de los límites de grano. Sin embargo, este efecto se neutraliza a



bajas temperaturas. Altas propiedades dieléctricas y polarización repentina en los límites de grano previenen la formación de barreras potenciales a bajas temperaturas permitiendo un flujo suave de electrones libres.

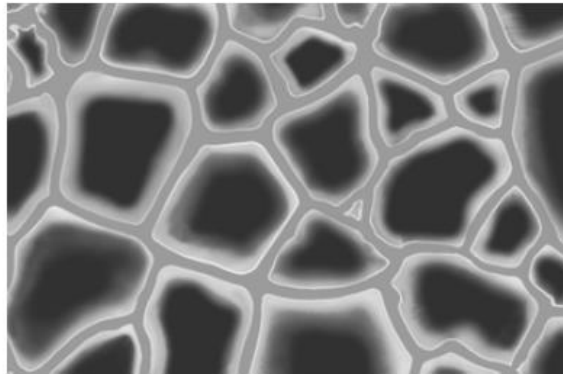


Figura 2: Representación esquemática de la estructura policristalina de un PTC.

La resistencia PTC está compuesta por la resistencia límite del cristal y la resistencia individual del grano. Ésta última es fuertemente dependiente de la temperatura.

$$R_{PTC} = R_{Grano} + R_{perímetro}$$

Por encima de la temperatura de Curie, la constante dieléctrica y la polarización disminuyen tanto que hay un fuerte crecimiento de las barreras potenciales y por lo tanto de la resistencia. En un cierto rango de temperatura por encima de la temperatura de Curie T_C , la resistencia del termistor PTC aumenta exponencialmente.

Más allá del rango del coeficiente de temperatura positivo α , el número de portadores de cargas libres aumenta por activación térmica. La resistencia luego disminuye y exhibe una temperatura negativa.

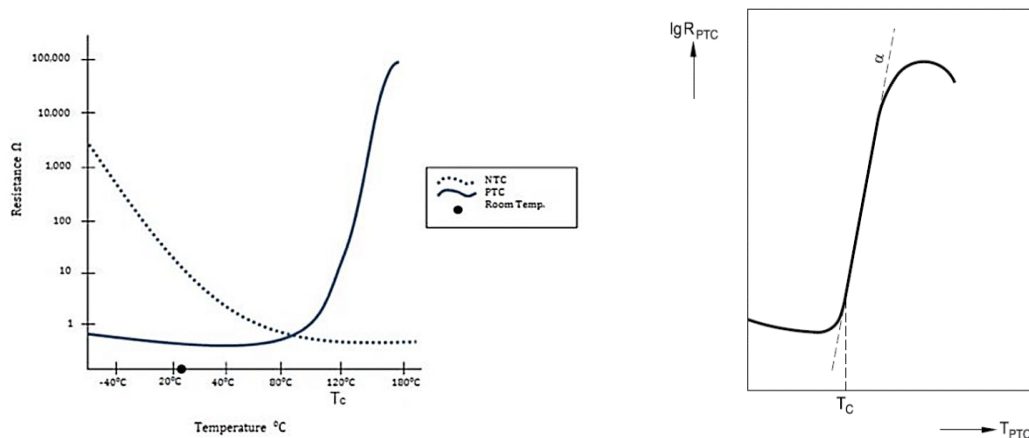


Figura 3: Comportamiento de un PTC



T_C = temperatura de Curie

α = coeficiente de temperatura

Con el aumento de la temperatura, la resistencia del termistor PTC inicialmente disminuye y luego aumenta abruptamente. Más allá del rango de lo positivo coeficiente de temperatura a la resistencia de nuevo disminuye.

Coeficiente de temperatura α

El coeficiente de temperatura α se define como el cambio relativo en la resistencia referido al cambio de temperatura y se puede calcular para cada punto en la curva R/T.

$$\alpha = \frac{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{T_2 - T_1}$$

Los valores de α para los tipos de sensores se relacionan solo con el rango de temperatura en la región lineal de la curva, que es de interés primordial para muchas aplicaciones.

Formas de utilizar UN sensor PTC

- Con resistencia en paralelo

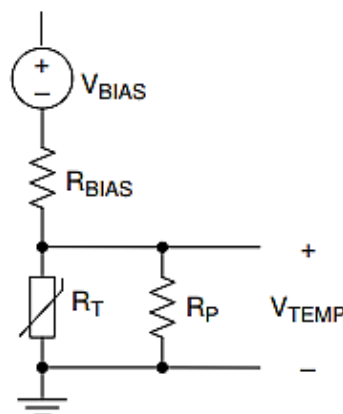


Figura 4: Circuito de linealización con resistencia R_P



➤ Con operacional

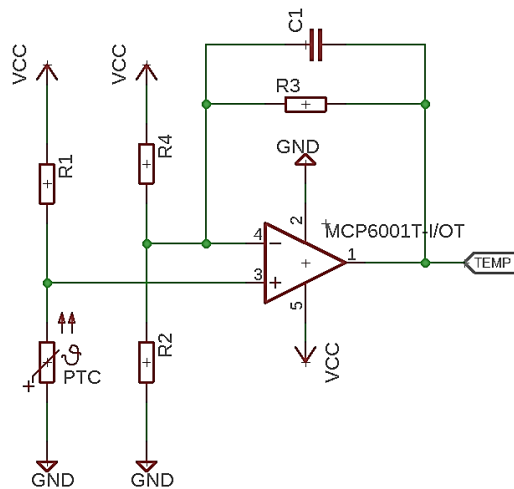


Figura 5: Circuito de linealización con operacional

Este circuito de detección de temperatura utiliza una resistencia en serie con un sensor de coeficiente de temperatura positivo (PTC) 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 PTC.
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:

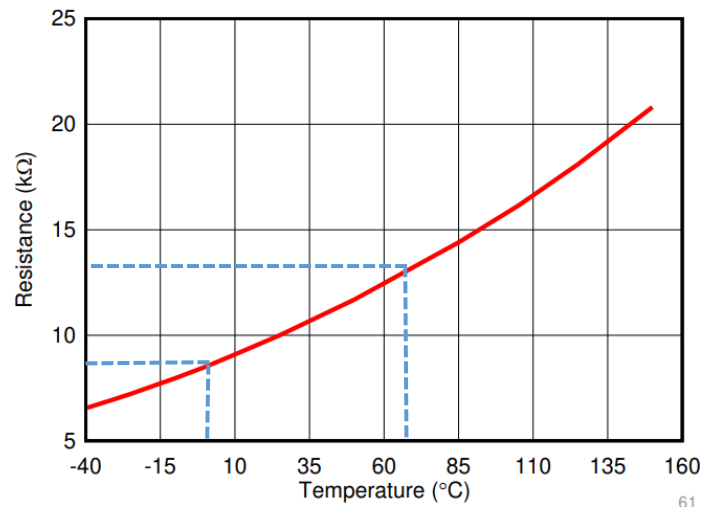


Figura 6: Curva de respuesta del sensor TI-TMP61

$$R_{PTCmin} = R_{NTC @ 0^\circ} = 8525 \, \Omega$$

$$R_{PTCmax} = R_{NTC @ 50^\circ} = 11611 \, \Omega$$

$$R_1 = \sqrt{R_{PTC @ 0^\circ} R_{PTC @ 50^\circ}}$$

- 2- Cálculo del rango de tensión de entrada

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

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

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

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



4- Resolvemos el paralelo entre R_2 y R_4 y seleccionamos un valor de $R_4 = 1k$

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

5- Cálculo de R_2 y R_4

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

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

6- Luego de calcular y seleccionar un valor comercial más cercano de R_2 y R_3 , calcularemos la ganancia actual

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

7-

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

Aproximación de la curva

Dado que no hay un modelo matemático de la curva obtenida del datasheet del TMP61, haremos una aproximación de esta para poder simular en LTSpice.

$$R(T) = k e^{a T}$$

$$\begin{cases} R(0) = 8525 \\ R(50) = 11611 \end{cases}$$



$$R(0) = k e^{a \cdot 0} = 8525 \Rightarrow$$

$$R(0) = k = 8525$$

$$R(T) = 8525 e^{a T}$$

$$R(50) = 8525 e^{a \cdot 50} = 11611 \Rightarrow$$

$$e^{a \cdot 50} = \frac{11611}{8525} \Rightarrow$$

$$\ln(e^{a \cdot 50}) = \ln\left(\frac{11611}{8525}\right) \Rightarrow$$

$$a \cdot 50 \ln(e^1) = \ln\left(\frac{11611}{8525}\right) \Rightarrow$$

$$a \cdot 50 = \ln\left(\frac{11611}{8525}\right) \Rightarrow$$

$$a = \frac{\ln\left(\frac{11611}{8525}\right)}{50} \cong 6,178 \cdot 10^{-3}$$

Reemplazando y dividiendo por 1000:

$$R(T) = 8,525 e^{6,178 \cdot 10^{-3} T}$$



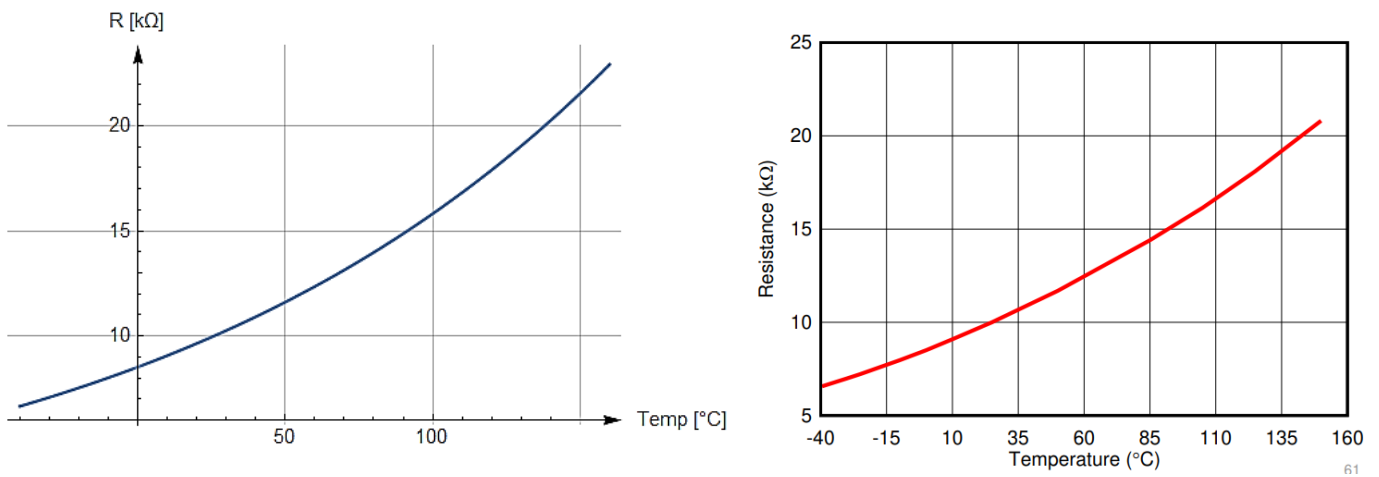


Figura 7: Izquierda, aproximación de la curva, derecha, curva de la hoja de datos

