Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea
BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TRABAJO FIN DE GRADO

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO E INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL DE UN FRIGORÍFICO BASADO EN CELDAS PELTIER

Alumno/Alumna: Fernández, Fernández. Jordan

Director/Directora (1): Oleagordia, Aguirre, Iñigo Javier

Curso: 2017-2018

Fecha: 16- 6-2018

Nombre: Jordan Fernández Fernández
Profesor: Iñigo Javier Oleagordia Aguirre

Indice

Nombre: Jordan Fernández Fernández
Profesor: Iñigo Javier Oleagordia Aguirre

1- MEMORIA

1.1- Introducción

El trabajo fin de grado se basa en la elaboración de un refrigerador cuyo sistema de generación de frío o absorción de calor está basado en celdas peltier. En la actualidad las grandes empresas como BSH Electrodomésticos abaratan al máximo los costes de la fabricación de refrigeradores domésticos. Este aspecto es importante a la hora de definir la precisión que se obtendrá en la temperatura del compartimento.

Realizando un estudio previo de los refrigeradores domésticos se observa que en el 99% de los refrigeradores utilizan un termistor NTC para medir la temperatura del compartimento. El termistor NTC tiene una curva muy característica. Existen otros medidores de temperatura como la PTC, el circuito integrado LM35 etc. Estos otros medidores de temperatura son lineales y muy precisos, ¿Porqué no utilizar un medidor de temperatura lineal y preciso para ahorrar tiempo de computación y la elección de un microcontrolador mas sencillo? La respuesta es el precio, el PVP de una NTC es 0.35€, el de la PTC es de 5€ y el del LM35 1.2€. Traducido a miles de refrigeradores son muchos miles de euros.

Entonces, ¿Cómo consiguen medir la temperatura de una forma precisa? La respuesta es sencilla, linealizando la curva o utilizando tablas donde aparece la temperatura en función de su resistencia. Al elegir la temperatura de este refrigerador solo se puede elegir 0ºC, 1ºC, 2ºC… Un salto de 1ºC, teniendo un error de 0.01ºC en la medición de la temperatura, es un error asumible frente al ahorro económico que supone implementar un sistema de medición de la temperatura mediante NTC.

Este sistema de absorción de calor ya ha sido utilizado en frigoríficos domésticos para la realización de cubitos de hielo en los congeladores americanos. Donde el cubito se realiza en la puerta y no es posible incorporar un tubo refrigerante para enfriar.

1.2- Celda peltier

La celda peltier utilizada es TEC1-12710 , tiene una resistencia de 1.08Ω cuando la cara caliente está a 25ºC. Se utilizará un radiador y un ventilador para forzar la evacuación del calor y mantener la cara caliente en 25ºC.

Las características de esta celda peltier son:

Hot Side Temperature (ºC)	25ºC	50ºC
Qmax (Watts)	85	96
Delta Tmax (ºC)	66	75
Imax (Amps)	10.5	10.5
Vmax (Volts)	15.2	17.4
Module Resistance (Ohms)	1.5	1.65

Tabla1: Características celda peltier TEC1-12710

La temperatura de la cara caliente será de 25ºC

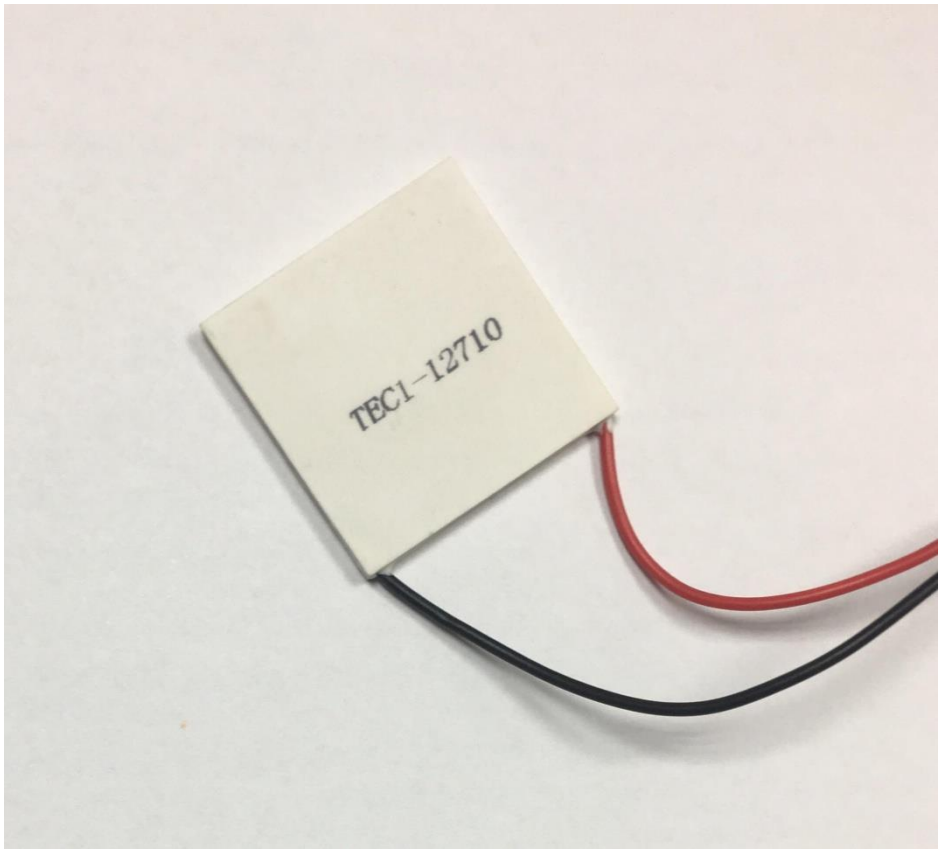


Figura 1: Celda peltier utilizada

Historia de la celda peltier

En 1834 es cuando el físico francés Jean Charles Peltier descubrió este efecto termoeléctrico, en el curso de sus investigaciones sobre la electricidad. Este interesante fenómeno se mantuvo reducido a algunas pequeñas aplicaciones hasta ahora, época en que se comienza a utilizar sus posibilidades con más frecuencia.

El efecto Peltier consiste en hacer pasar una corriente por un circuito compuesto de materiales diferentes cuyas uniones están a la misma temperatura, se produce el efecto inverso al Seebeck (efecto termoeléctrico). En este caso, se absorbe calor en una unión y se desprende en la otra. La parte que se enfría suele estar cerca de los 10º C aprx., mientras que la parte que absorbe calor puede alcanzar rápidamente los 80º C.

Lo que lo hace aún más interesantes es el hecho de que, al invertir la polaridad de alimentación, se invierta también su funcionamiento; es decir: la superficie que antes generaba frío empieza a generar calor, y la que generaba calor empieza a generar frío.

Gracias a los inmensos avances en el campo de semiconductores, hoy en día, se construyen sólidamente y en tamaño de una moneda. Los semiconductores están fabricados con Teluro y Bismuto para ser tipo P o N (buenos conductores de electricidad y malos del calor) y así facilitar el trasvase de calor del lado frío al caliente por el efecto de una corriente continua

Como todo en esta vida, las unidades Peltier también tienen algunos inconvenientes a tener en cuenta. Como el alto consumo eléctrico, o que dependiendo de la temperatura y la humedad puede producirse condensación y en determinadas condiciones incluso puede formarse hielo.

Aprovechamiento.

El fenómeno se aprovecha con más auge a través de las llamadas células Peltier: Alimentando una de estas células PELTIER, se establece una diferencia de temperatura entre las dos caras de la célula PELTIER, esta diferencia depende de la temperatura ambiente donde este situada la célula PELTIER, y del cuerpo que queramos enfriar o calentar. Su uso más bien es para enfriar, ya que para calentar existen las resistencias eléctricas, que son mucho más eficientes en este cometido que las células Peltier, estas son mucho más eficaces refrigerando, ya que su reducido tamaño, las hace ideales para sustituir costosos y voluminosos equipos de refrigeración asistida por gas o agua.

Células Peltier

Las aplicaciones prácticas de estas células son infinitas. La lista podría ser interminable, ya que son muchas las aplicaciones en que es necesario utilizar el frío y al mismo tiempo, el calor. Si observamos la figura, podemos ver que se compone, prácticamente, de dos materiales semiconductores, uno con canal N y otro con canal P, unidos entre sí por una lámina de cobre.

Nombre: Jordan Fernández Fernández
Profesor: Iñigo Javier Oleagordia Aguirre

Si en el lado del material N se aplica la polaridad positiva de alimentación en el lado del material P la polaridad negativa, la placa de cobre de la parte superior enfría, mientras que la inferior calienta. Si en esta misma célula, se invierte la polaridad de alimentación, es decir, se aplica en el lado del material N la polaridad negativa y en el lado del material P la positiva, se invierte la función de calor / frío: la parte superior calienta y la inferior enfría.

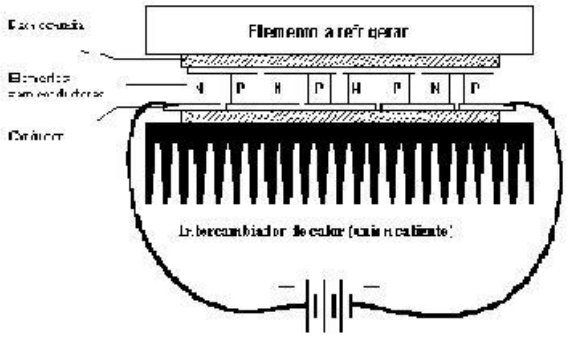


Figura 2: Representación celda peltier

Físicamente los elementos de un módulo Peltier son bloques de 1 mm3 conectado eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo (ver figura).

Los módulos Peltier también funcionan mejor o peor en función de la alimentación que requieran, ya que no todos funcionan con la misma tensión ni corriente. Por consiguiente, cada tipo de módulo se alimenta con la tensión indicada por el fabricante, para evitar que se inutilice en un plazo breve.

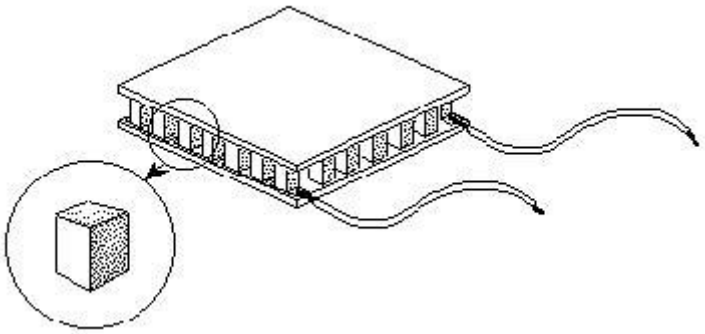


Figura 3: Distribuciones de los módulos peltier

Si tenemos en cuenta sus reducidas dimensiones, unos milímetros escasos, una sola célula puede alcanzar, como máximo una potencia frigorífica de 0,5 watts.

Es decir, que para conseguir potencias frigoríficas de 15 a 20 watts, hay que realizar baterías formadas, como mínimo por 30 o 40 células. De hecho, al aumentar el número

de células, aumenta la superficie irradiante y, por lo tanto, la potencia refrigerante. En resumen, que tanto la dimensión como la potencia calorífica obtenida dependen del número de elementos utilizados por módulo.

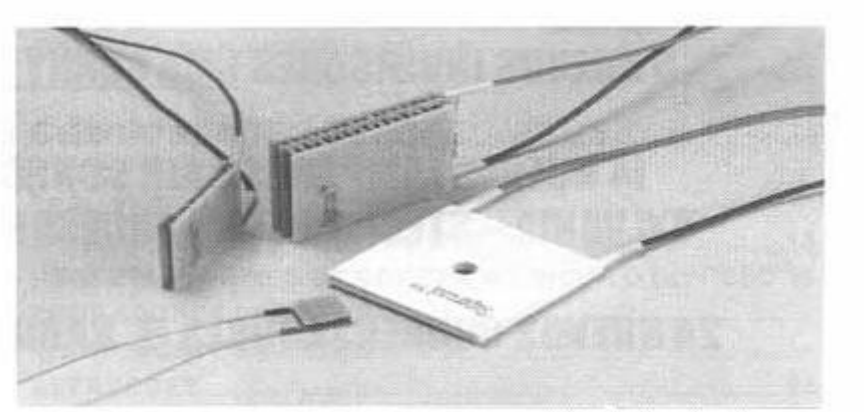


Figura 4: Primeras celdas peltier

Hoy en día, se construyen sólidamente y en tamaño de una moneda. Los semiconductores están fabricados con Teluro y Bismuto para ser tipo P o N (buenos conductores de electricidad y malos del calor) y así facilitar el trasvase de calor del lado frío al caliente por el efecto de una corriente continua.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CÉLULA PELTIER:

Figura 5: Esquema de funcionamiento célula peltier

1.3- Alimentación de las celdas peltier

La alimentación de las celdas peltier se realizará con una tensión continua de 12V, mediante un relé se proporcionará o cortará la corriente del circuito. Cada celca peltier tendrá su propio circuito de alimentación. Este circuito consta de la propia celda peltier, el relé y transistor para abrir el relé.

Mediante la placa de adqusición de datos de Labview, la USB 6211, se abrirá o cerrará el transistor en función de la elección de la temperatura. Existen 3 posibilidades:

$$Caso\ 1: T_{Compartimento} > T_{Deseada}$$

$$Caso\ 2: T_{Compartimento} < T_{Deseada}$$

$$Caso\ 1: T_{Compartimento} = T_{Deseada}$$

Caso 1: Es aquel en el que la temperatura del compartimento del refrigerador es superior a la temperatura para conservar los alimentos que se ha establecido. En este caso las celdas peltier deberán enfriar el compartimento hasta llegar a la temperatura deseada. El sistema implementado cierra el circuito de la bobina del relé para cerrar el circuito de potencia de la celda peltier. El sistema se mantendrá enfriando hasta que la temperatura del refrigerador sea menor que la temperatura deseada

Caso 2: En este caso el circuito se mantendrá abierto, esperando que la temperatura del compartimento sea igual o mayor que la temperatura deseada. En este caso, la USB6211 estará muestreando la temperatura 100 veces por segundo.

Caso 3: En este caso la peltier seguirá enfriando para proporcionar una temperatura ligeramente superior a la temperatura deseada.

¿Por qué cuando alcanza la temperatura deseada sigue enfriando?

Se sigue enfriando puesto que el sistema tiene mucha inercia, es preferible tener 0.1ºC menos de la temperatura que deseamos. El objetivo es tener una temperatura lo más cercana posible a la temperatura deseada, pero que la temperatura real nunca sea mayor de la temperatura deseada.

Esquema Alimentación celda peltier:

Figura 6: Circuito de alimentación de las celdas peltier

1.4- Alimentación bobina del relé

La alimentación de la bobina del relé se realizará con una tensión de 12V. La bobina del relé se controlará con un transistor y este a su vez será controlado mediante la tarjeta de adquisición de datos de labview 6211. El transistor utilizado es: 2N907

La base del transistor se controlará mediante la salida digital de la tarjeta de adqusición de datos de labview 6211

1.5- Alimentación 5V

La alimentación de 5 voltios es necesaria para la alimentación de la bobina del relé. La bobina del relé tendrá 12 voltios pero para polarizar correctamente el transistor que dará corriente a esta bobina es necesario aplicar una tensión de 5 voltios en la base de este.

Para realizar la conversión a 5 voltios utilizaremos un LM7805, admite una tensión de entrada de 12V.

Se colocarán 2 condensadores, una a la entrada de 0.33µF y otro a la salida de 0.1µF para estabilizar la entrada y la salida.

El esquema es el siguiente:

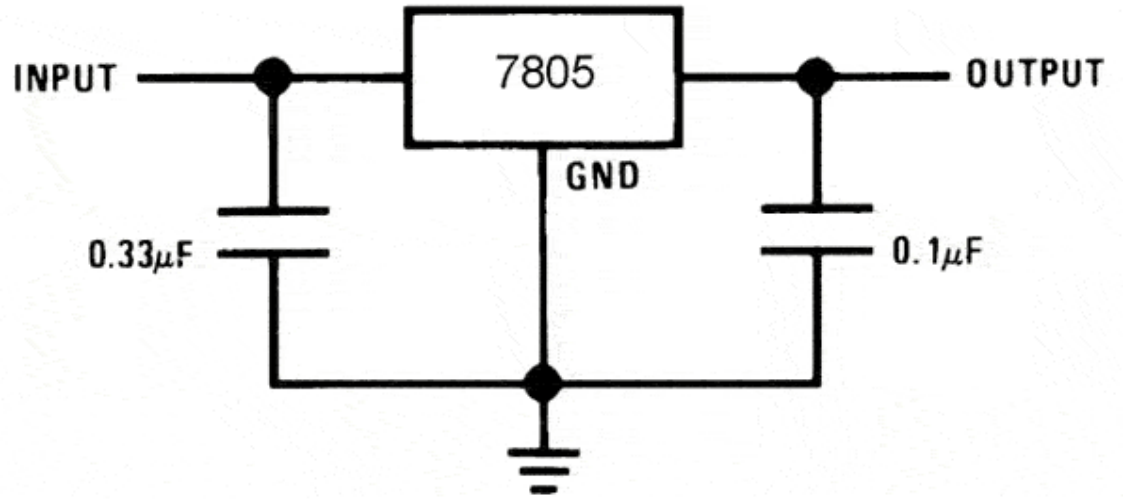


Figura 7: Esquema eléctrico de conexión del C.I. LM7805

1.6- Termostato

Como se ha adelantado anteriormente la sonda de temperatura será un termistor NTC de 10K, utilizando un sistema de corriente constante de 0.15mA obtendremos la señal, mediante un amplificador operacional en modo buffer recogemos esa señal.

Al tratarse de un refrigerador doméstico con una sola medición de la temperatura en uno de los peores puntos del refrigerador es suficiente. Si se quiere obtener un estudio más exhaustivo de la temperatura de todo el refrigerador se pueden color más termistores, cada uno de ellos con su propio circuito acondicionador de señal.

Para acondicionar la señal que obtendremos del termistor NTC utilizaremos:

1- Generador de intensidad
2- El termistor NTC
3- Amplificador operacional en modo Buffer

Esquema del termostato:

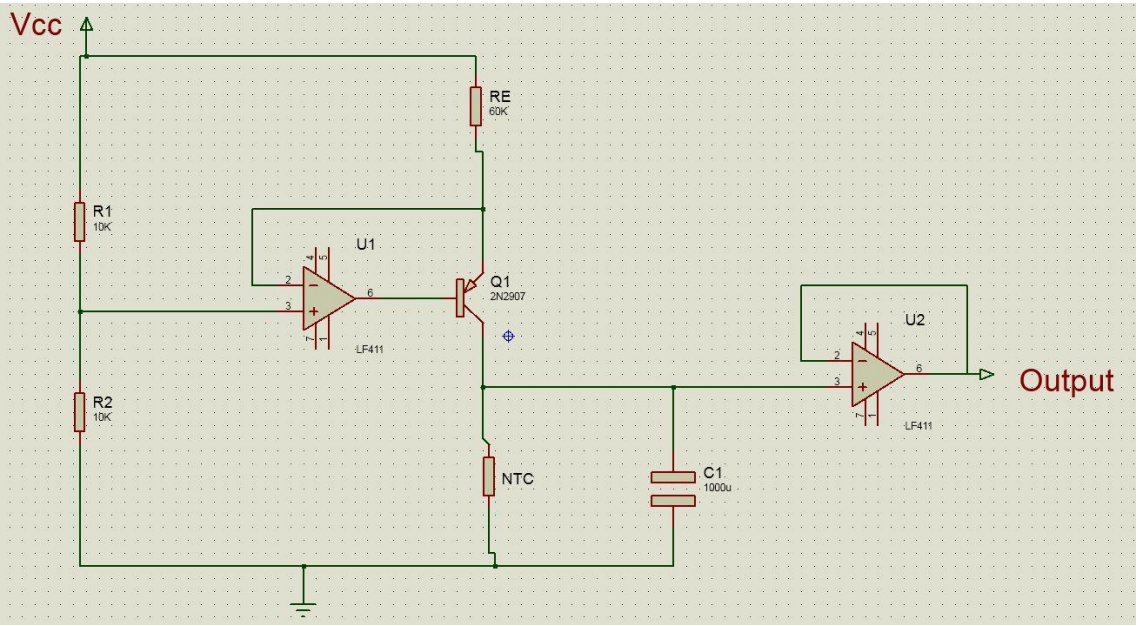


Figura 8: Esquéma del termostato

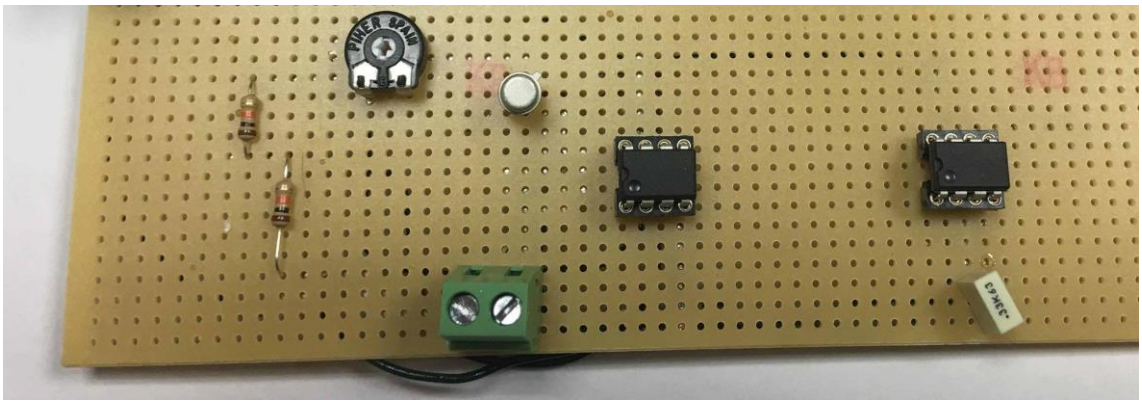


Figura 9: Circuito del termostato

1.6.1- Generador de intensidad

La alimentación del resistor NTC se realiza mediante un generador de intensidad constante. Utilizando el generador de intensidad evitamos que la resistencia de los cables perturbe las mediciones.

La intensidad que se hace circular por el resistor NTC es de 0,15mA.

$$V_{cc} = 12V$$

Mediante las resistencias R1 y R2 y el amplificador operacional U1 se aplica una tensión de 10V en el borne inferior del potenciómetro RE

El potenciómetro RE será de 60KΩ tarado a 13.33KΩ.

Se utilizará un transistor PNP en activa $V_{ec} > 2V$

Mediante la salida – del amplificador operacional se impondrá una tensión de 10 voltios en el borne inferior del potenciómetro RE, con el transistor en activa se generará una corriente de 0.15mA, siempre y cuando la tensión no supere 8 V, puesto que el transistor necesita más de 2V para estar en activa y nuestra fuente es de 12V.

El límite de resistencia de la NTC máxima es de 53.33KΩ, para alcanzar esta resistencia la NTC tiene que alcanzar una temperatura de: 264.9788 ºK , es decir, -8.212ºC. Nuestro sistema y nuestro entorno nunca llegará a -8.212ºC

El amplificador operacional en modo buffer o seguidor de tensión, lo utilizamos para imponer la tensión de 10 V y mediante la salida del mismo controlar el transistor PNP en activa para abrir o cerrar el paso de la corriente y así mantener una corriente de 0.15mA.

El amplificador operacional y el transistor PNP realizan funciones vitales para el funcionamiento del generador de intensidad.

El amplificador operacional elegido ha sido el LF411. Este transistor se ha escogido porque utiliza un JFET en la entrada proporcionando una bajísima corriente de entrada, un bajo offset de tensión en su entrada. Nos proporciona una lectura limpia del divisor de tensión. Además el bajo ruido de salida hará que haya menos error en la apertura del transistor PNP, lo que conlleva a una mejor precisión para proporcionar los 0.15mA al termistor NTC.

Alta impedancia de entrada: $10^{12}\Omega$

Admite voltajes de +- 15V. Nuestra tensión es de 12V

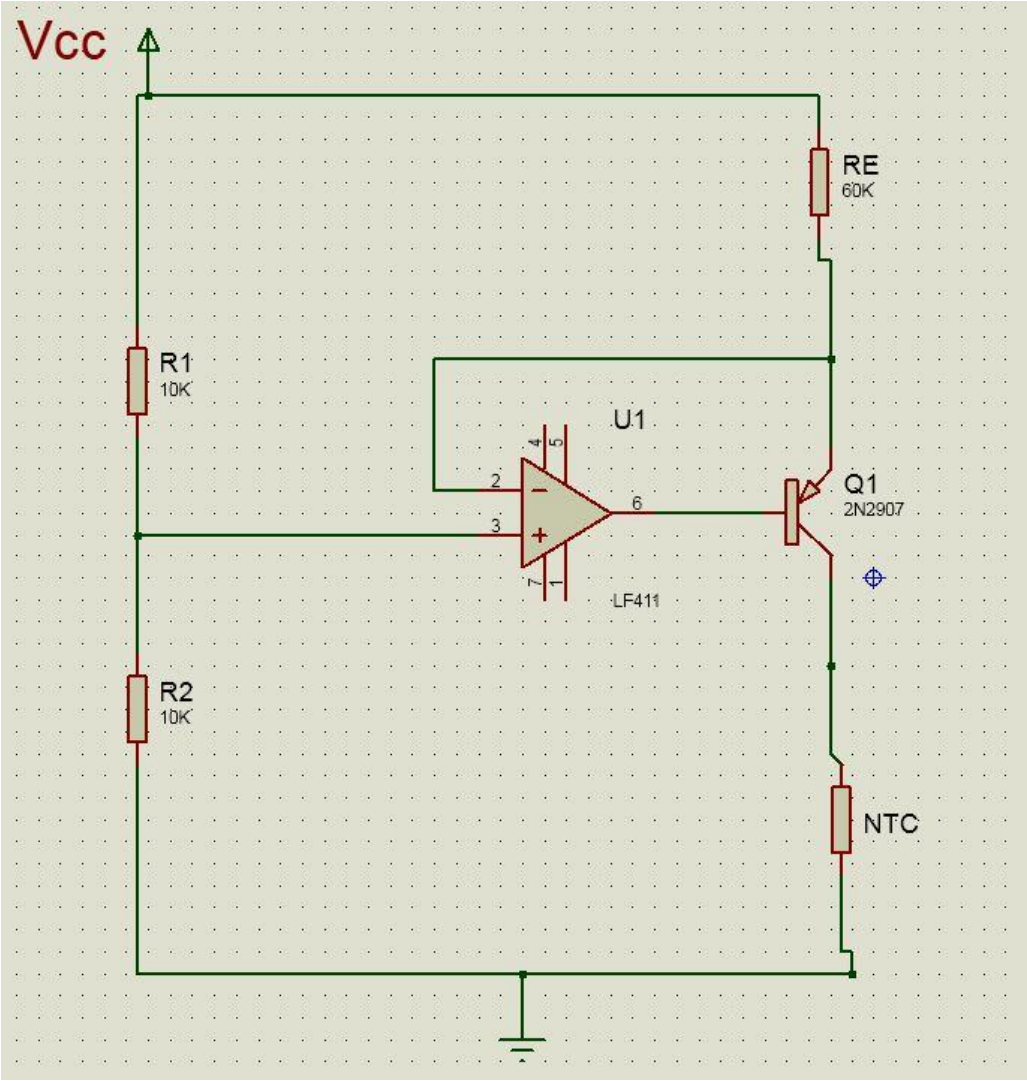


Figura 10: Esquema del generador de intensidad constante

1.6.2- El termistor NTC

Un termistor es un sensor de temperatura por resistencia. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. El término termistor proviene de Thermally Sensitive Resistor. Existen dos tipos de termistor:

- NTC (Negative Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura negativo
- PTC (Positive Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura positivo (también llamado posistor).

Cuando la temperatura aumenta, los tipo PTC aumentan su resistencia y los NTC la disminuyen.

La sonda de temperatura será un termistor NTC, cuya resistencia a 25ºC son 10KΩ. El porqué de la utilización de este componente es muy simple, el precio.

Expresión para calcular la resistencia de un termistor NTC:

$$R_T = R_0 x e^{B(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_0})}$$

Siendo R_T la resistencia a la temperatura T

R_0 corresponde a la resistencia de la NTC a 25ºC (T_0)

El sistema que queremos implementar es un sistema refrigerador y no congelador, es decir tiene que enfriar el recinto sin bajar de 0ºC. La temperatura deseada oscilara de 1 a 5ºC. Siendo el rango de temperaturas de 1ºC y la de 5ºC las tensiones que dará el sistema a esta temperatura son:

$$V_{1ºC} = 4.82V$$

$$V_{5ºC} = 3.92V$$

Los colores que tendrá el termistor serán Marron/Negro/Naranja. El color dorado significa el porcentaje de error que en este caso será del 5%

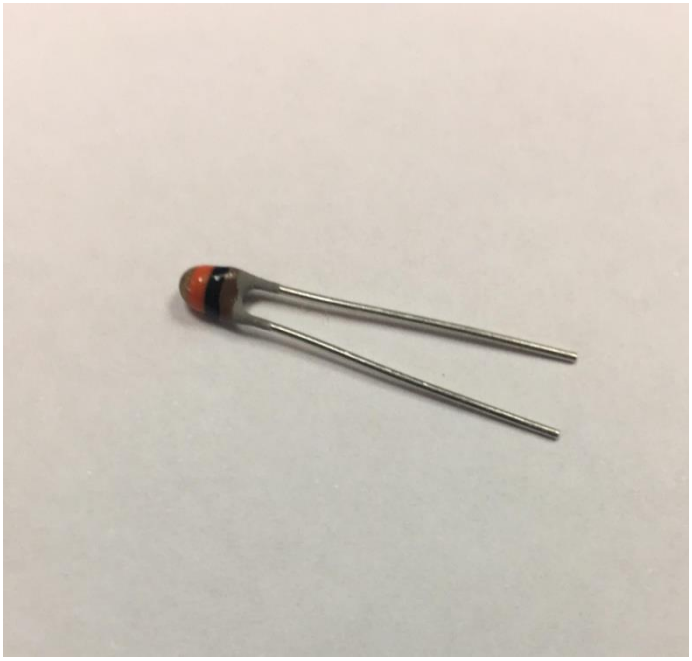


Figura 11: Termistor NTC utilizado

1.6.3- Amplificador operacional en modo Buffer

El amplificador U2 se colocará en modo buffer para adquirir la tensión de la NTC sin interferir en esta. Es decir, en el modo Buffer se toma la tensión pero con una impedancia de entrada muy alta. Esto provoca que podamos medir la tensión sin perturbar la señal al robar corriente.

Como se ha explicado anteriormente el amplificador operacional a utilizar será el LF411 con una alta impedancia de entrada.

Se utiliza un condensador de 0.1 microfaradios para estabilizar la señal de entrada.

1.7- Labview

LabVIEW es un software de ingeniería diseñado para aplicaciones que requieren pruebas, medidas y control con acceso rápido a información de datos y hardware.

La instrumentación virtual se realizará con el entorno Labview de National Instruments. Mediante su tarjeta de adquisición de datos USB-6211

El programa Labview proporciona la programación del funcionamiento del refrigerador así como la monitorización de la temperatura y otras variables que necesitemos medir.

La tarjeta que se utilizará será la tarjeta labview US-6211

Figura 12: Tarjeta de adquisición USB6211 utilizada

Mediante estar tarjeta muestrearemos la tensión proveniente de la NTC y controlaremos la apertura y cierre del transistor de la bobina del relé de alimentación de la celda peltier.

1.7.1- Adquisición de señal

El esquema para la adquisición de señal es el siguiente:

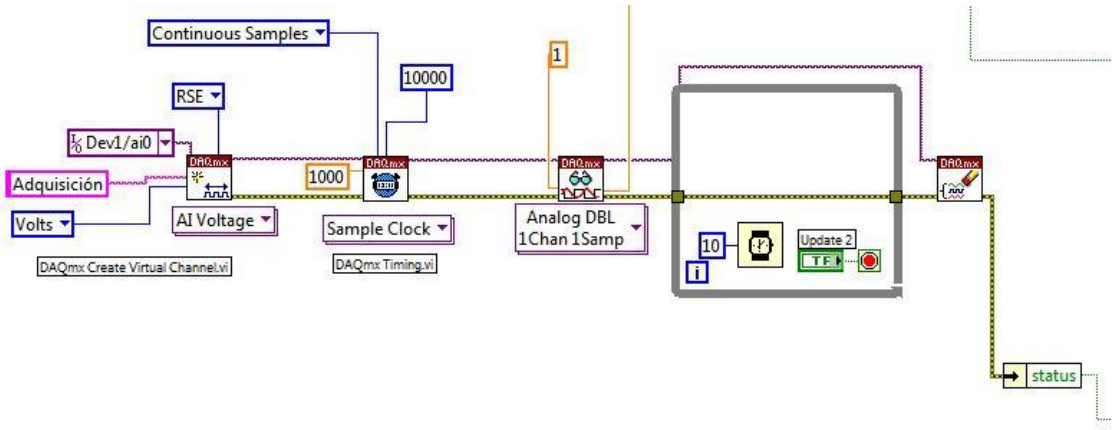


Figura 13: Esquema adquisición analógica

Para adquirir la señal lo primero que se realiza es generar un canal virtual mediante el DAQmx Create Virtual Channel.Vi, en este vi necesitamos proporcionarle al menos 2 entradas, las entradas que se van a proporcionar son:

- El canal analógico por el cual se realizará la adquisición de datos, para ello se crea una constante indicando el canal que se utilizará Dev1/ai0

- Que tipo de conexión de entrada tengo, en nuestro caso conexión referenciada a masa. Si no se indica que la entrada es RSE, el vi toma por defecto RSE

DAQmx timing se configura de la siguiente manera:

- Se crea una constante para indicarle que tome muestras a razón de 1000 cada segundo

- El modo de muestreo se escogerá como muestras continuas ya que se realizará una adquisición continua. Es decir, no se quiere imponer un límite de muestras.

- Número de muestras por canal, al tener un solo canal, se utiliza para indicar el tamaño del buffer.

DAQmx read, se utiliza para leer las muestras del buffer, se configura de la siguiente manera:

- Se indica que debe de leer de 1 canal 1 muestra,

- La salida de datos irá directamente al formula node. El valor de lectura son los voltios, posteriormente en formula node se convertirá en el valor de la temperatura

DAQmx Clear Task

Se utiliza para finalizar la tarea y borrarla, así como finalizar el canal.

Bucle while anterior al DAQmx Clear Task

Se necesita este bucle para evitar una asociación innecesaria de memoria. Requisitos para utilizar el DAQmx clear Task

1.7.2- Lógica

El esquema para la lógica es el siguiente:

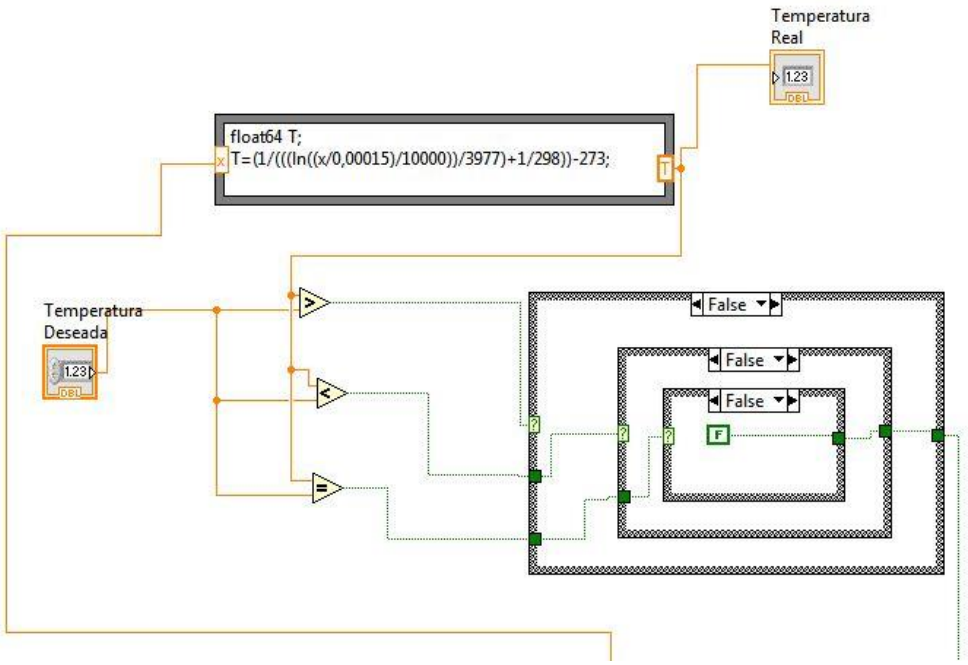


Figura 14: Esquema de la lógica

Una vez se ha medido la señal o voltaje, utilizaremos la fórmula:

$$T = (\frac{Ln\left(\frac{R_{NTC}}{R_0}\right)}{B} + \frac{1}{T_0})^{-1}\ (ºK)$$

Despejando con los valores que tenemos utilizaremos la formula final:

$$T = \frac{1}{\frac{Ln\left(\frac{x}{0.00015}\right)}{10000} + \frac{1}{298}} - 273\ (ºC)$$

Una vez obtenida la temperatura real se comparará con la temperatura deseada. Mediante una estrutura case anidad se obtendrá todos los casos posibles:

$$Caso\ 1: T_{Compartimento} > T_{Deseada}$$

$$Caso\ 2: T_{Compartimento} < T_{Deseada}$$

$$Caso\ 3: T_{Compartimento} = T_{Deseada}$$

Caso 1: Es aquel en el que la temperatura del compartimento del refrigerador es superior a la temperatura para conservar los alimentos que se ha establecido. En este caso las celdas peltier deberán enfriar el compartimento hasta llegar a la temperatura deseada.

Caso 2: En este caso el circuito se mantendrá abierto, esperando que la temperatura del compartimento sea igual o mayor que la temperatura deseada.

Caso 3: En este caso la peltier seguirá enfriando para proporcionar una temperatura ligeramente superior a la temperatura deseada.

Dependiendo en que caso se encuentre el sistema la lógica dará un True para cuando se necesite enfriar el comportamiento on un False para cuando no necesitemos enfriarlo.

Para realizar la estructura if se realiza una composición de estructura case anidadas con dos valores cada estructura False y True.

La primera comparación refleja si la temperatura real es mayor que la deseada, si es así, directamente la estructura case proporcionará un True a la salida digital. Si es false actua la segunda comparación

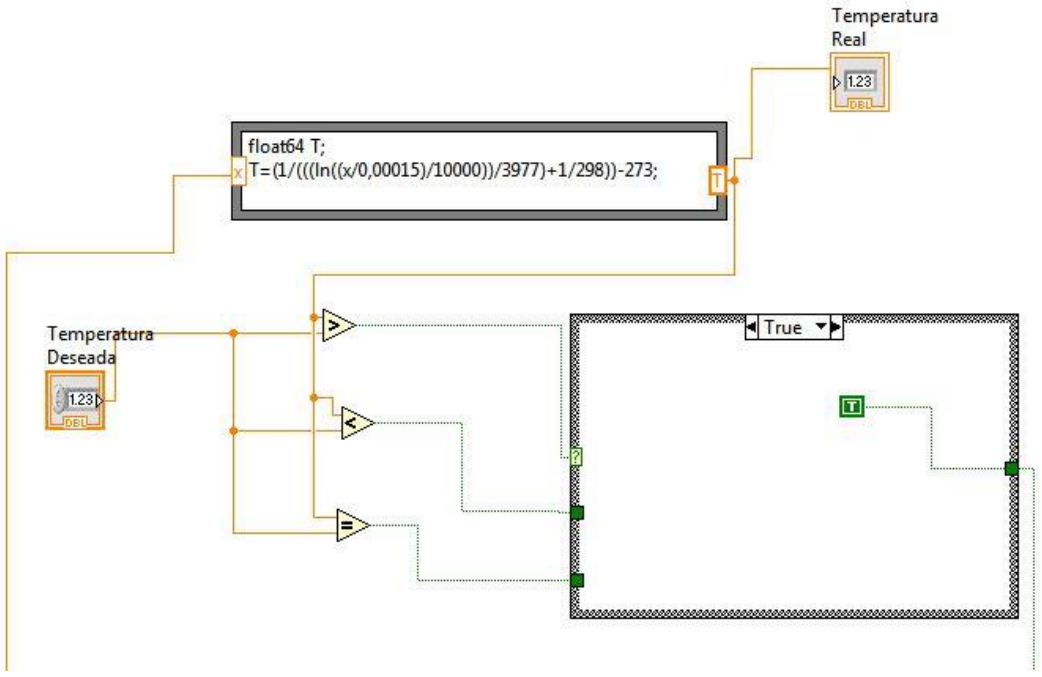


Figura 15: Lógica para el caso 1

La segunda comparación especifica si la temperatura real es menor que la deseada, si es así, la estrucutra case proporcionará un false para que el frigorífico deje de enfriar

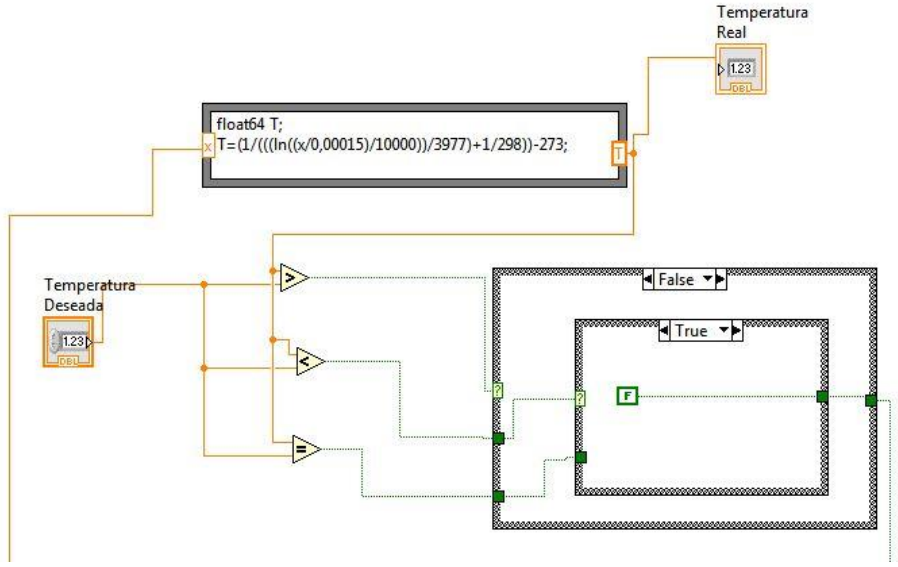


Figura 16: Lógica para el caso 2

La tercera comparación especifica si ambas temperaturas son iguales. En este caso, se proporcionará un true a la salida digital.

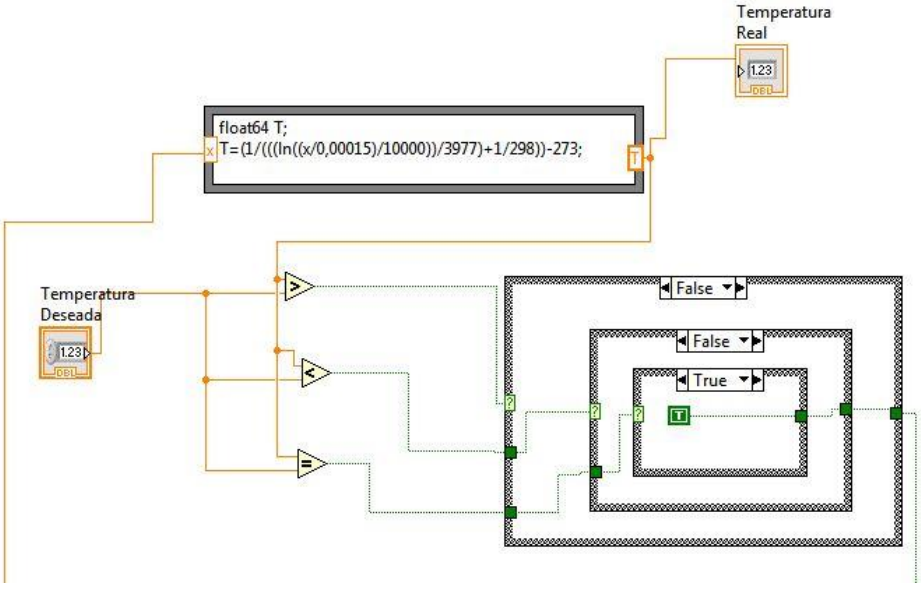


Figura 17: Lógica para el caso 3

$$True = salida\ digital\ activa$$

$$False = salida\ digital\ nula$$

1.7.3- Generador de señal

El esquema para la generación de señal es:

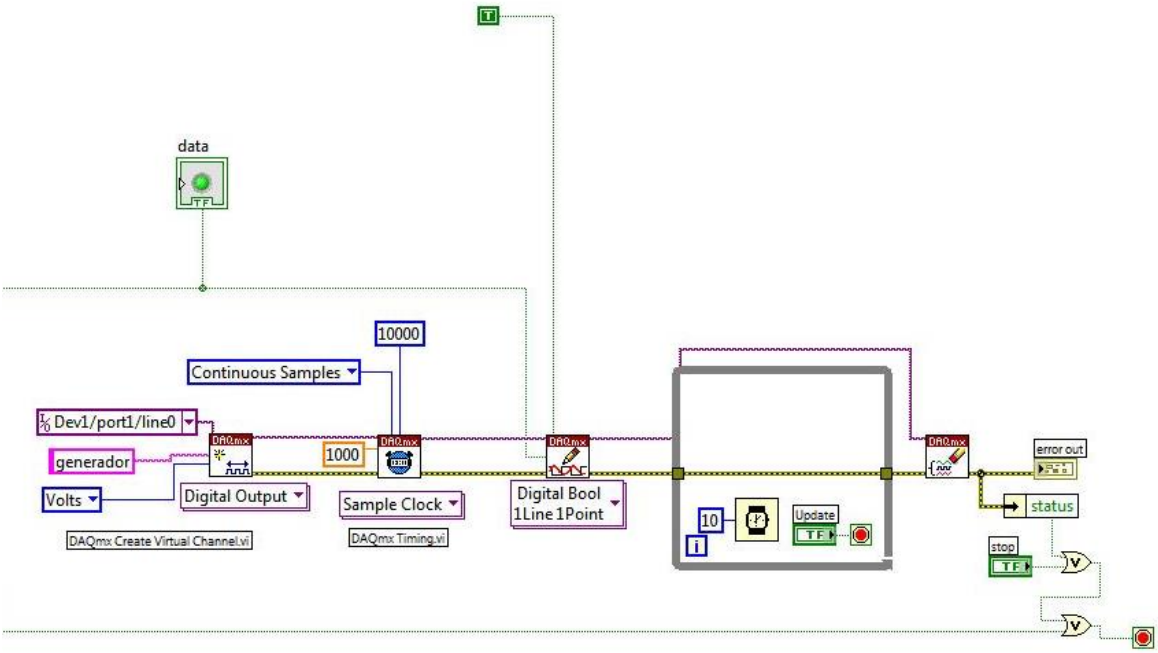


Figura 18: Esquema de la generación de señal digital

Para generar la señal digital lo primero que se realiza es generar un canal virtual mediante el DAQmx Create Virtual Channel.Vi, en este vi necesitamos proporcionarle al menos 2 entradas, las entradas que se van a proporcionar son:

- El canal digital por el cual se realizará la generación de datos, para ello se crea una constante indicando el canal que se utilizará Dev1/port1/line0

- Que tipo de conexión de salida tengo, en nuestro caso conexión referenciada a masa. Si no se indica que la entrada es RSE, el vi toma por defecto RSE

DAQmx timing se configura de la siguiente manera:

- Se crea una constante para indicarle que genere muestras a razón de 1000 cada segundo

- El modo de muestreo se escogerá como muestras continuas ya que se realizará una generación continua. Es decir, no se quiere imponer un límite de señales generadas.

- Número de muestras por canal, al tener un solo canal, se utiliza para indicar el tamaño del buffer.

DAQmx write se configura de la siguiente manera:

Solo se necesitan dos parámetros.

- Los datos de salida, será el true o el false que proviene de la estructura case anidada

- Autostart, mediante el True se especifica que el vi empiece de forma automática

- Se especifica que la salida será 1 solo puerto

DAQmx Clear Task

Se utiliza para finalizar la tarea y borrarla, así como finalizar el canal.

Bucle while anterior al DAQmx Clear Task

Se necesita este bucle para evitar una asociación innecesaria de memoria. Requisitos para utilizar el DAQmx clear Task

2- CÁLCULOS

2.1- Acondicionador de señal

Características NTC, obtenidas del datasheet del propio fabricante:

$$R_{25ºC} = 10K\Omega$$

$$\beta = 3977\ ºK$$

Cálculo de R1:

$$V_{cc} = 12V$$

$$R_2 = 10K\Omega$$

$$V_r = 2V = R_1 x \frac{12}{R_1 + 10k\Omega}$$

$$R_1 = 2K\Omega$$

Cálculo de Re:

$$R_e = \frac{V_{cc} - V_r}{I_L} = \frac{12 - 10}{0.15\ mA} = 13.33K\Omega$$

Para que el transistor trabaje en activa necesitamos tener $V_{ec} > 2V$. Para saber si se cumple esta condición. La tensión que soporta la NTC tendrá que ser como máximo 8V. A continuación se calcula la tensión que soporta la NTC para 1ºC y para 5ºC

$$R_{1ºC} = 10K\Omega x e^{3977(\frac{1}{274} - \frac{1}{298})} = 32.1864K\Omega$$

$$R_{5ºC} = 10K\Omega x e^{3977(\frac{1}{278} - \frac{1}{298})} = 26.12K\Omega$$

$$I_L = 0.15mA$$

$$V_{1ºC} = R_{1ºC} x I_L = 4.82\ V$$

$$V_{5ºC} = R_{1ºC} x I_L = 3.918\ V$$

Se comprueba que el transistor actuará perfectamente en el rango en el cual vamos a trabajar.

2.2- Auto calentamiento termistor NTC

$$P = VxI = d(T - T_a) + C_p m\frac{dT}{dt}$$

$d = 7\frac{mW}{ºK}$ (Datasheet fabricante)

En régimen permanente (equilibrio térmico) $\frac{dT}{dt} = 0$

$$P = VxI = d(T - T_a)$$

Para una temperatura de 1ºC, la temperatura que se mide es:

$$T_{1ºC} = \frac{VxI}{d} + T_a = \frac{4.82Vx0.15mA}{7\frac{mW}{ºK}} + 274ºK = 274.103ºK = 1.1032ºC$$

Para una temperatura de 5ºC, la temperatura que se mide es:

$$T_{1ºC} = \frac{VxI}{d} + T_a = \frac{3.918Vx0.15mA}{7\frac{mW}{ºK}} + 278ºK = 278.0839ºK = 5.0839ºC$$

Se observa que el mayor aumento es cuando tenemos 1ºC. El aumento es de 0.1032 ºC, al tratarse de un refrigerador en el cual no se van a introducir objetos en los que esta diferencia pueda afectar a su composición y deteriorarse. Asumiremos este error.

2.3- Celda peltier:

Al aplicar una tensión de 12V obtenemos una intensidad de 8ª, por lo tanto:

$$R_{Celda\ peltier} = 1.5\Omega$$

Esta resistencia varía según la temperatura de la cara caliente de la celda peltier. Se incorpora un radiador y un ventilador para mantener esta cara a 25ºC

$$I_{Celda\ peltier} = \frac{V_{cc}}{R_{Celda\ peltier}} = \frac{12}{1.5} = 8\ Amperios$$

2.3.1- Delta de T

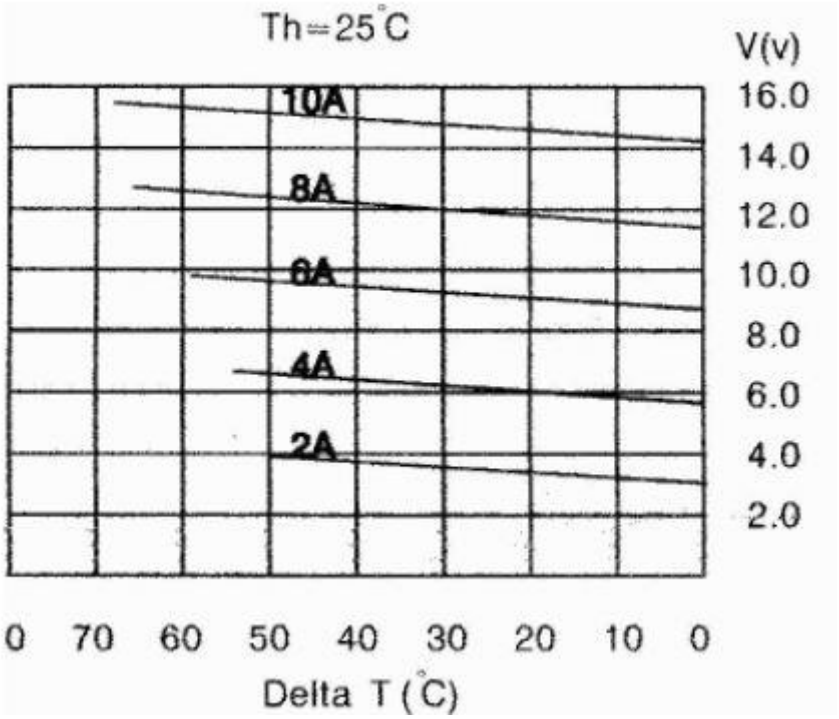


Figura 19: Grafico obtención Delta de T

Como se ha mencionado se mantiene la cara caliente de la celda peltier a 25ºC, puesto que circulará una corriente de 8A a una tensión de 12V. Obtenemos el Delta de T.

$$Delta\ de\ T = 25ºC$$

2.3.2- Calor absorbido por la celda peltier:

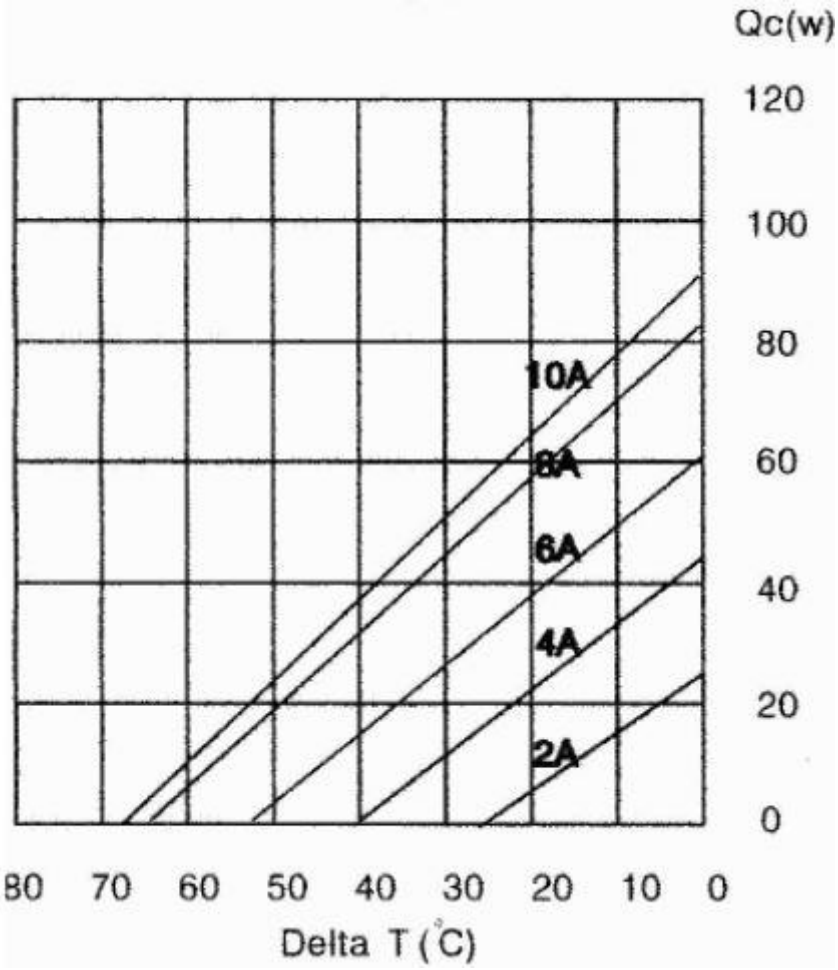


Figura 20: Grafico para la obtención de la potencia o calor absorbido

Una vez obtenido un Delta de T de 25ºC y sabiendo la intensidad a la que trabaja la celda peltier se obtiene el calor absorbido

$$Q_c = 50W$$

Cuanto más pequeño sea la diferencia de temperaturas entre la cara fría y la cara caliente más potencia disipará.

2.3.3- Cálculo del tiempo necesario para enfriar el habitáculo

$$Densidad_{aire} = 1.22\frac{Kg}{m^3}$$

$C_{específico\ aire} = 1.012\,\frac{J}{g^oK}$ (Asumiendo condiciones de: Altura 194m, tª=23ºC, humedad= 40.85%, Presión= 760mmHg)

$$Tiempo = \frac{Energía}{Potencia} = \frac{C_{especifico\ aire} x\ masa\ aire\ x\ (T_{inicial} - T_{final})}{Q_c}$$

Se tiene que calcular la masa del aire, para ello se necesita el volumen interior del refrigerador, es decir, el aire que vamos a enfriar:

$$Volumen_{Refrigerador} = 0.36x0.23x0.2\ m^3 = 0.01656m^3$$

Utilizando la densidad del aire se obtiene la masa del aire:

$$Masa_{aire} = 1.22x0.01656 = 0.0202\ Kg = 20.2\ gramos$$

Una vez obtenido los datos que hacían falta se calcula el tiempo:

$$Tiempo = \frac{1.012x20.2x(298 - 278)}{50} = 8.1769\ Segundos$$

2.3.4- Potencia eléctrica necesaria

Los efectos a tener en cuenta para calcular la potencia eléctrica en una célda peltier son el efecto peltier, Thomson y Jule. Como se trabaja en régimen permanente el efecto Thomson se puede despreciar.

Cuando aplicamos una diferencia de potencial sobre la celda peltier se producirá una cesión de calor por unidad de tiempo en la cara caliente igual a:

$$Q_{PC} = \alpha T_c I$$

Donde Tc es la temperatura de la cara caliente, α es el coeficiente de Seebeck e I la intensidad que atraviesa a la celda peltier. Del mismo modo la cesión de calor por unidad de tiempo en la cara fría es:

$$Q_{PF} = \alpha T_f I$$

Siendo T_f la temperatura de la cara fría.

Por otro lado si se considera el efecto Jule, las pérdidas por unidad de tiempo se reparten la mitad para cada cara de la celda peltier:

$$Q_J = \frac{1}{2} I^2 R$$

Donde R es la resistencia de la celda peltier.

La diferencia de temperaturas entre ambas caras producirá un efecto de conducción térmica entre la cara caliente y la cara fría:

$$Q_{CT} = \frac{T_c - T_f}{R_{th}}$$

Donde R_{TH} representa la resistencia térmica entre la cara caliente y la cara fría. El flujo calorífico neto absorbido por la cara fría será:

$$Q_F = Q_{PF} - Q_J - Q_{CT} = \alpha T_F I - \frac{1}{2} I^2 R - \frac{T_C - T_F}{R_{TH}}$$

Mientras que el calor cedido que debe disipar la cara caliente será:

$$Q_C = Q_{PF} + Q_J - Q_{CT} = \alpha T_F I - \frac{1}{2} I^2 R - \frac{T_C - T_F}{R_{TH}}$$

La potencia eléctrica suministrada será la diferencia entre los flujos caloríficos de disipación y de absorción

$$P_e = Q_c - Q_F = \alpha \Delta T I + I^2 R$$

Valor típico del coeficiente de seebeck $\alpha = -9.35 \frac{mV}{ºK}$=-0.00935$\frac{V}{ºK}$

ΔT=25ºC=25ºK. Es una diferencia de temperaturas, por lo tanto da igual si son grados centígrados o grados kelvin.

I=8A

R=1.5Ω

$$P_e = 1.87 + 96 = 97.87\ W$$

3- ESQUEMAS ELÉCTRICOS

Esquema de montaje alimentación 5V

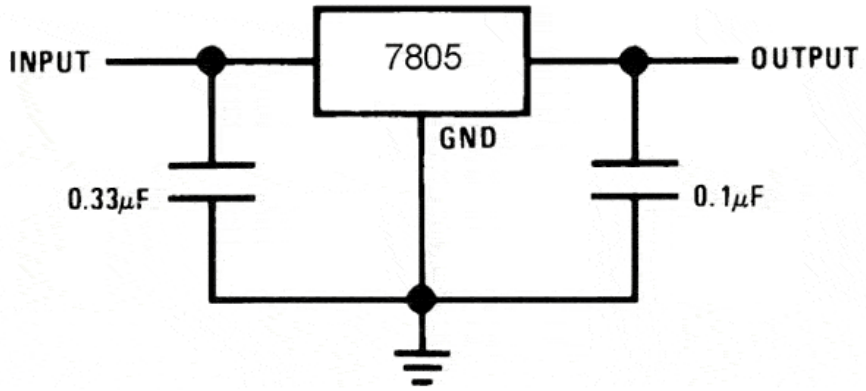


Figura 7: Esquema eléctrico de conexión del C.I. LM7805

Esquema de Adquisición de la señal

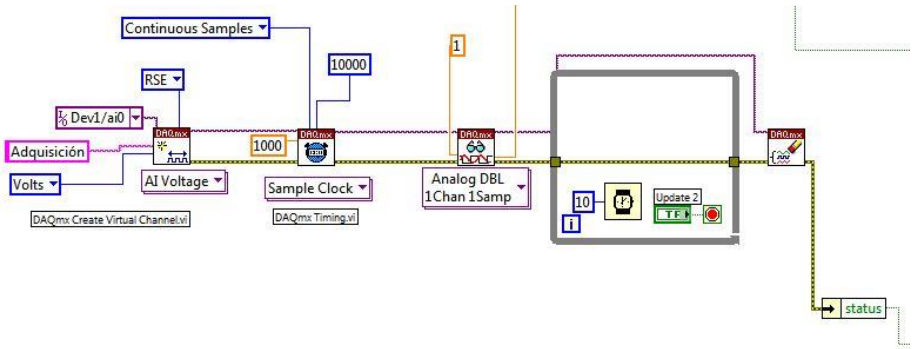


Figura 13: Esquema adquisición analógica

Esquema de generación de señal digital

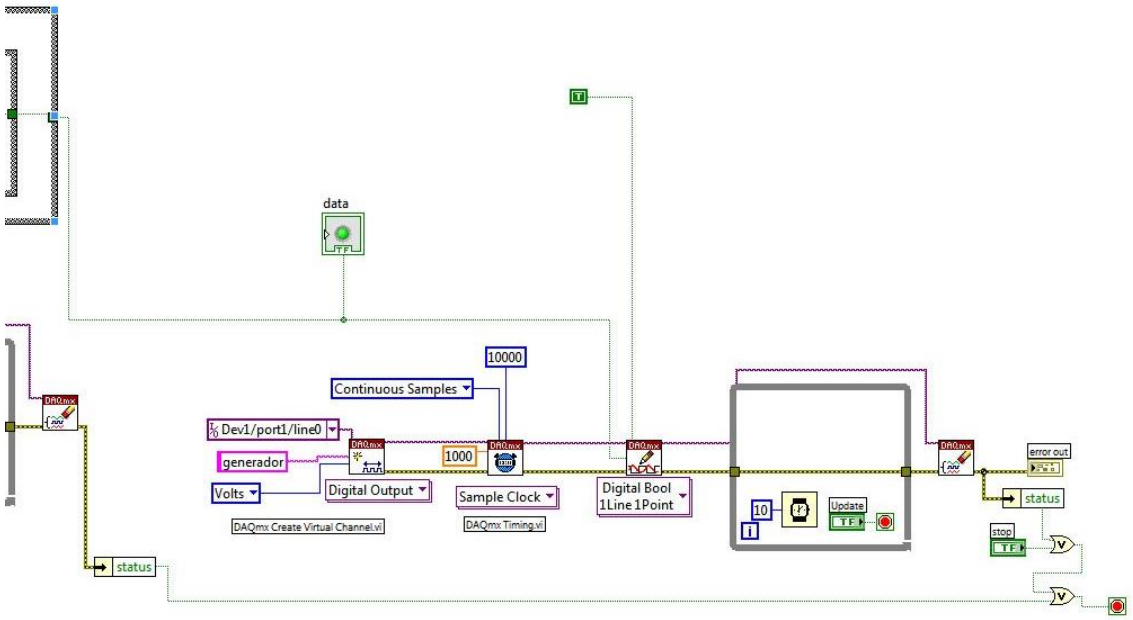


Figura 15: Esquema de la generación de señal digital

Esquema de la lógica:

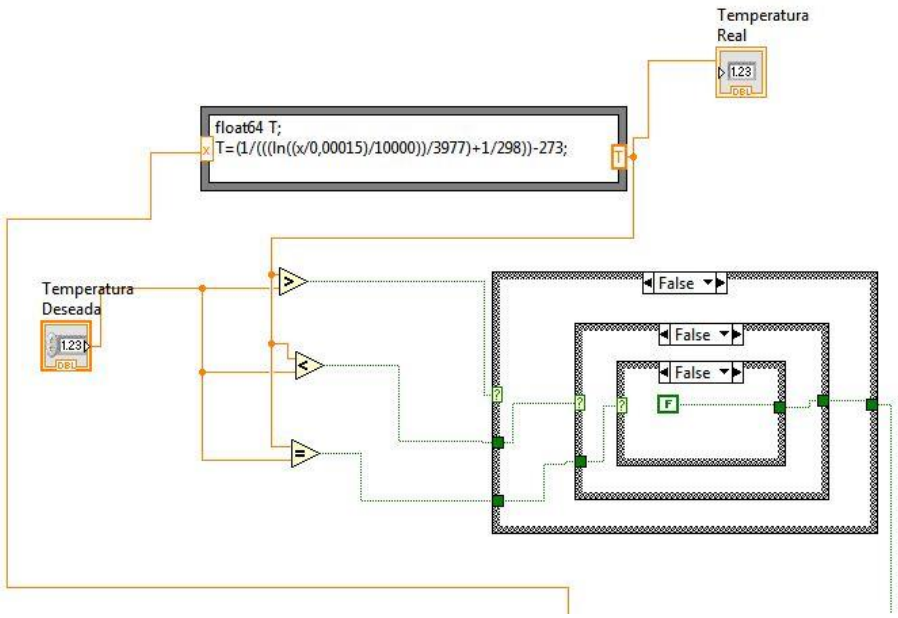


Figura 14: Esquema de la lógica

Fotos montaje Real

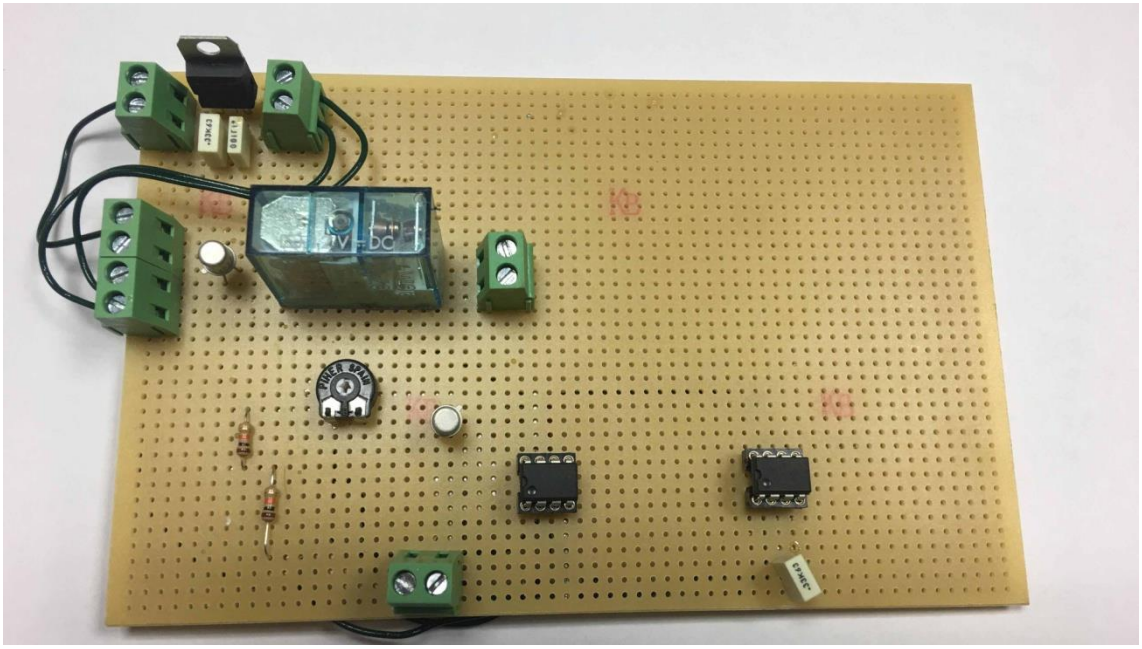


Figura 21: Circuito completo

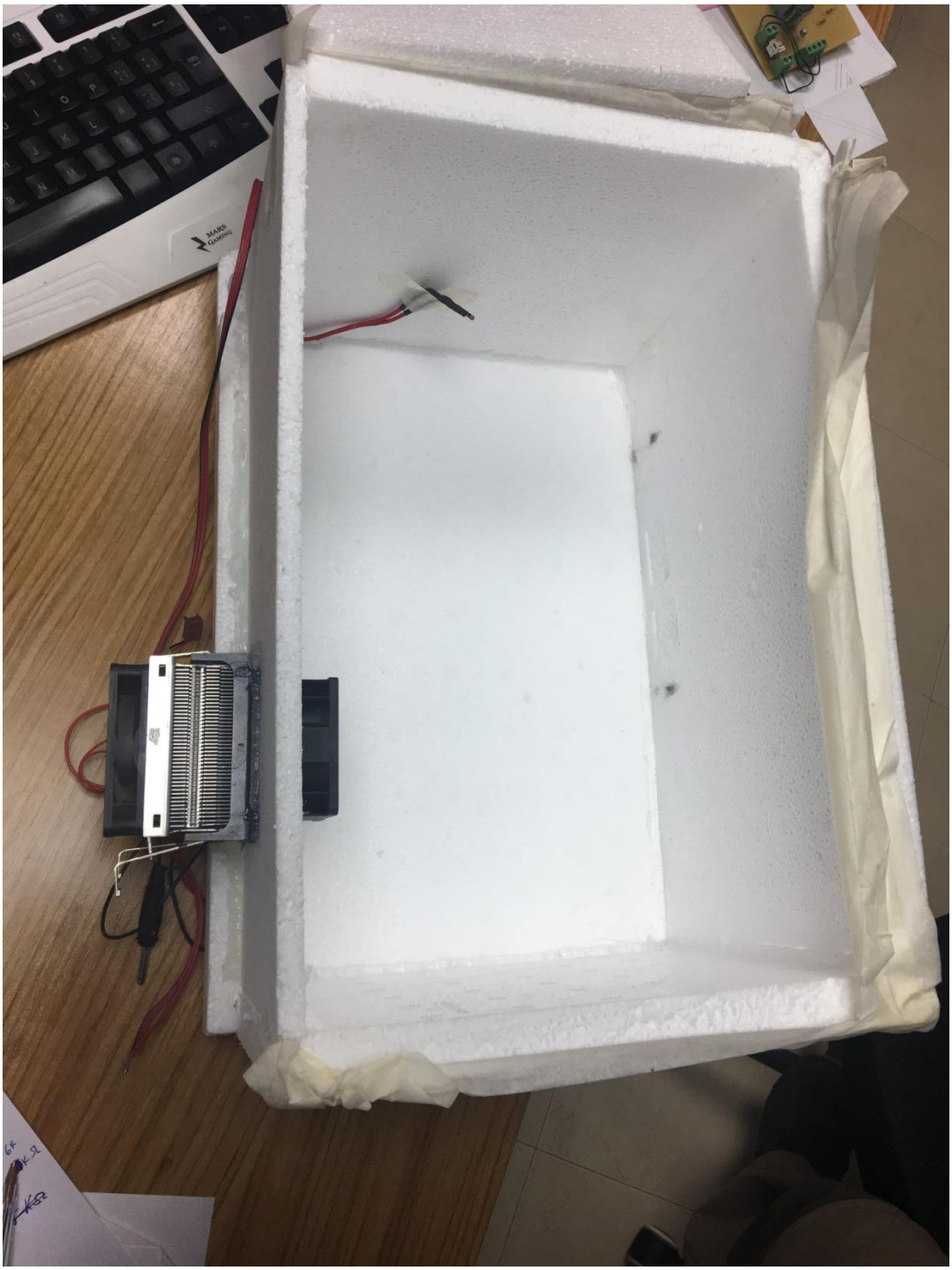


Figura 22: Cajón refrigerador y montaje radiador celda peltier

Figura 23: Cajón refrigerador y montaje NTC

4- RESULTADOS OBTENIDOS

4.1- Simulación

Las simulaciones se realizarán mediante el entorno Proteus.

Proteus es un software de automatización de diseño electrónico que permite simular circuitos electrónicos y monitorizar posibles fallos o defectos. Resulta indispensable realizar prototipos virtuales antes de realizar un prototipo real. Proteus permite conectar una tarjeta virtual de adquisición de datos que puede ser enlazada con Labview.

Permite monitorizar todas las tensiones y corrientes, variaciones en resistencias etc

Fotos simulación

Foto simulación a una temperatura de 1ºC, adquirimos la señal de 4.8V

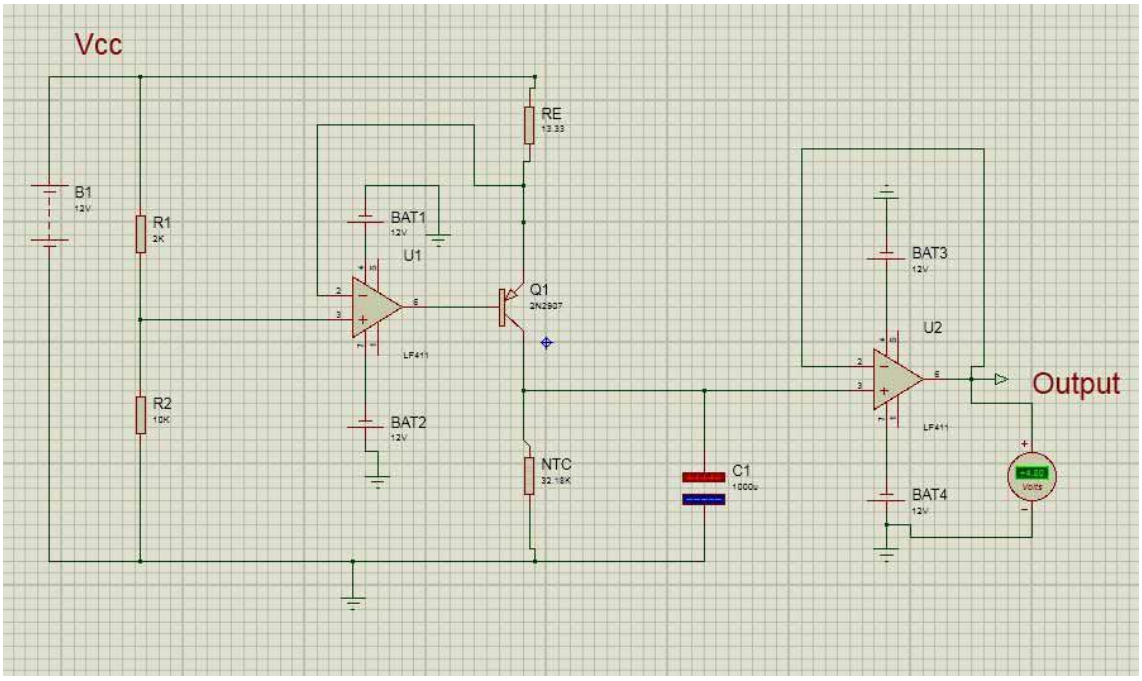


Figura 24: Simulación en Proteus para temperatura de 1ºC

Foto simulación a una temperatura de 5ºC, adquirimos la señal de 3.9V

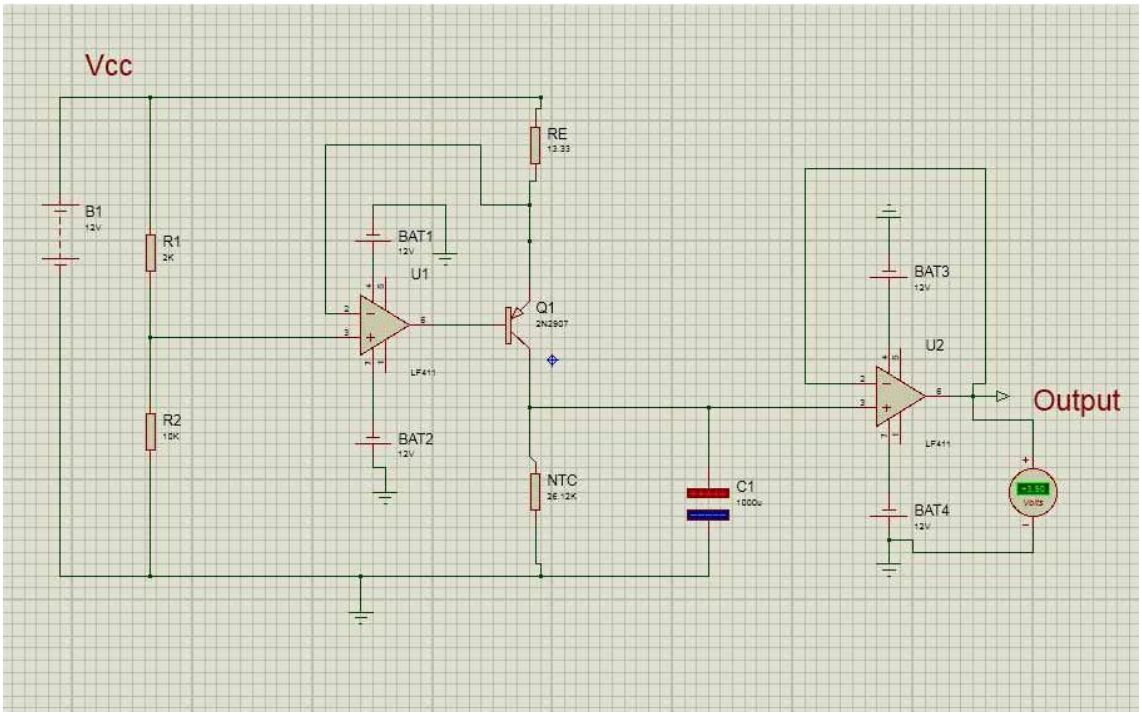


Figura 25: Simulación en Proteus para temperatura de 5ºC

4.2- Tiempo de enfriamiento:

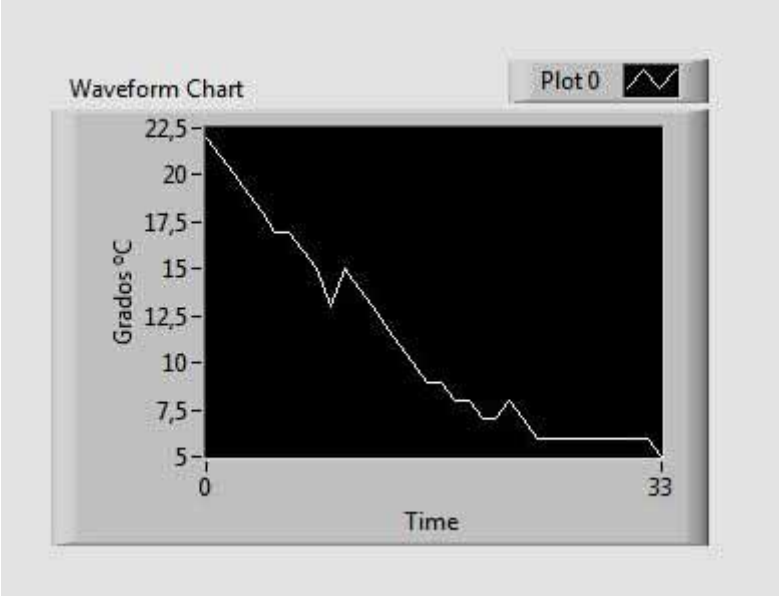


Figura 26: Gráfica de temperatura/minutos

El tiempo que ha tardado el refrigerador en llegar a 5ºC ha sido de 33 minutos. El tiempo esperado era de 8.1769 segundos. Se ha producido una pérdida de potencia por las paredes y las uniones del refrigerador. A continuación se calcula la potencia real y la cantidad de potencia en porcentaje que se ha perdido por un mal aislamiento.

$$Potencia_{Real} = \frac{Energía}{Tiempo} = \frac{C_{especifico\ aire} x\ masa\ aire\ x\ (T_{inicial} - T_{final})}{1980}$$
$$= \frac{1.012\ x\ 20.2\ x\ (298 - 278)}{1980} = 0.2065W$$

La perdida en tanto porciento ha sido de:

$$\%_{perdida\ de\ potencia} = 100 - \frac{0.2065\ x\ 100}{50} = 99.587\%$$

Es una pérdida de casi el 100% de la potencia. En este caso al poder enfriar el aire en 33 minutos y sabiendo que no se introducirán productos que necesiten un control exhaustivo de la temperatura y la apertura de una media de 3 veces al día. Se acepta esta pérdida de potencia.

4.3- Adquisición de señal

$$Caso\ 1: T_{Compartimento} > T_{Deseada}$$

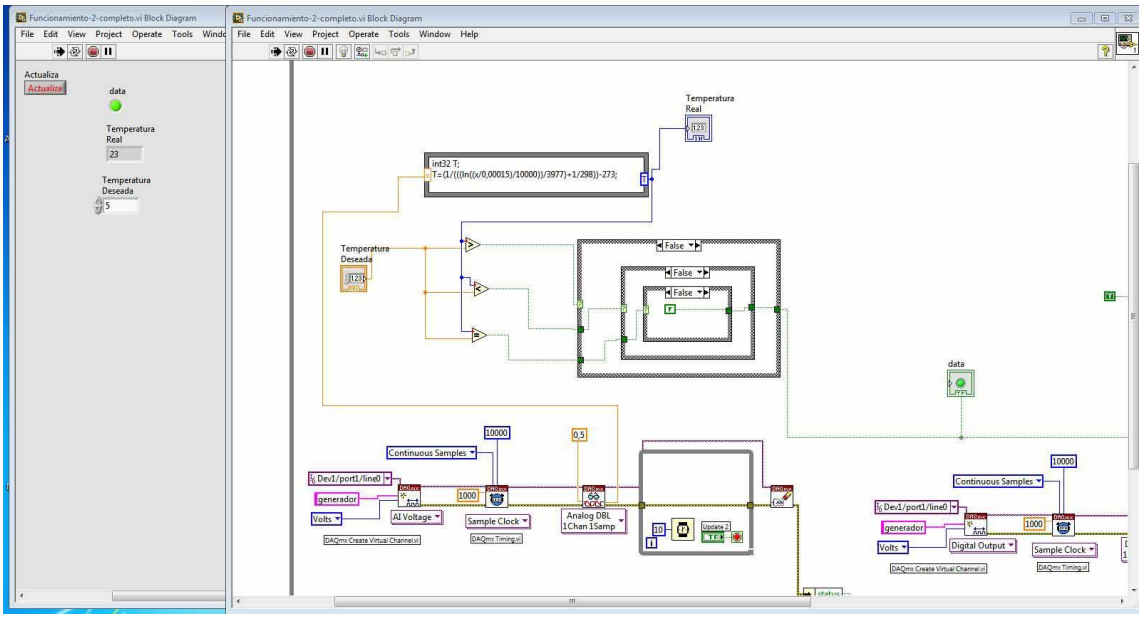


Figura 27: Representación funcionamiento Tª compartimento>Tª deseada

Se puede observar que si la temperatura del interior del refrigerador es mayor que la temperatura deseada se activa la señal Data para activar la salida digital y cerrar el circuito de alimentación de la peltier.

El enfriamiento del compartimento terminará cuando la temperatura real sea menor que la deseada

$Caso\ 2: T_{Compartimento} < T_{Deseada}$

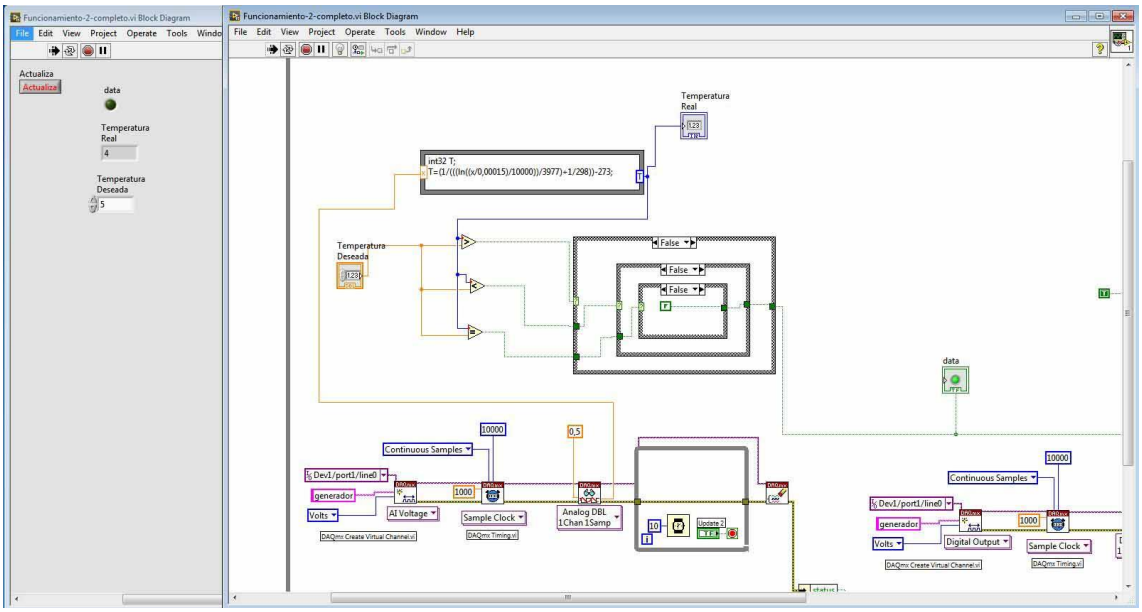


Figura 28: Representación funcionamiento Tª compartimento < Tª deseada

Se puede observar que si la temperatura del interior del refrigerador es menor que la temperatura deseada la señal Data pasa a estar apagada, por lo tanto la salida será un 0 y la celda peltier no enfriará

$Caso\ 1: T_{Compartimento} = T_{Deseada}$

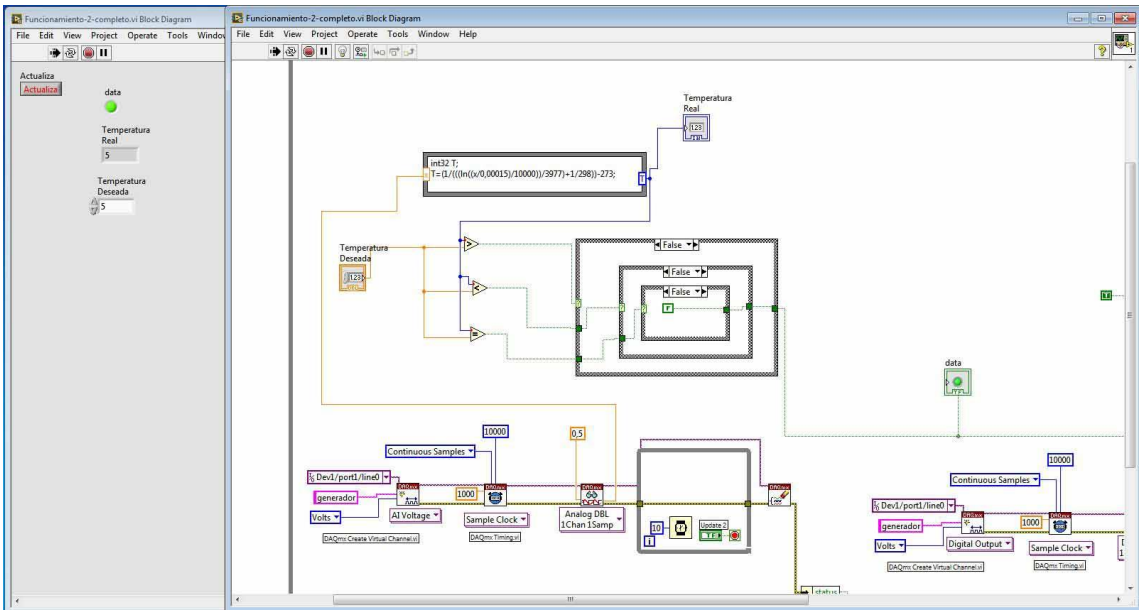


Figura 29: Representación funcionamiento Tª compartimento = Tª deseada

Se puede observar que si la temperatura del compartimento es igual que la temperatura deseada el refrigerador sigue enfriando hasta que esta sea mayor.

5- BIBLIOGRAFÍA

http://www.elai.upm.es/moodle/pluginfile.php/1834/mod_resource/content/0/laboratorio/Pract4RAPeltierv1.pdf

http://materias.df.uba.ar/labo4aa2014c1/files/2012/07/Efecto-Peltier.pdf

Besançon, Robert M. (1985). *The Encyclopedia of Physics*. Van Nostrand Reinhold Company.

Rowe, D. M. (2006). *Thermoelectrics Handbook:Macro to Nano*. Taylor & Francis.

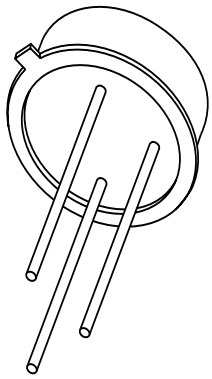
http://www.ni.com/product-documentation/5434/en/

Apuntes de la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao

6-ANEXOS

Nombre: Jordan Fernández Fernández
Profesor: Iñigo Javier Oleagordia Aguirre

DATA SHEET



2N2907; 2N2907A
PNP switching transistors

Product specification
Supersedes data of September 1994
File under Discrete Semiconductors, SC04

1997 May 30

Philips
Semiconductors

PHILIPS

PNP switching transistors 2N2907; 2N2907A

FEATURES

- High current (max. 600 mA)
- Low voltage (max. 60 V).

APPLICATIONS

- Switching and linear amplification.

DESCRIPTION

PNP switching transistor in a TO-18 metal package.
NPN complements: 2N2222 and 2N2222A.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case

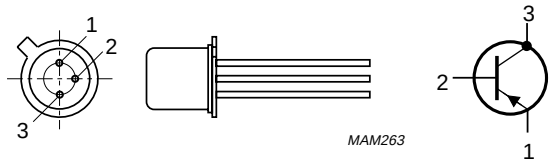


Fig.1 Simplified outline (TO-18) and symbol.

QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter	–	–60	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base			
	2N2907		–	–40	V
	2N2907A		–	–60	V
I_C	collector current (DC)		–	–600	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25$ °C	–	400	mW
h_{FE}	DC current gain	$I_C = -150$ mA; $V_{CE} = -10$ V	100	300	
f_T	transition frequency	$I_C = -50$ mA; $V_{CE} = -20$ V; f = 100 MHz	200	–	MHz
t_{off}	turn-off time	$I_{Con} = -150$ mA; $I_{Bon} = -15$ mA; $I_{Boff} = 15$ mA	–	300	ns

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter	–	–60	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base; I_C < –100 mA			
	2N2907		–	–40	V
	2N2907A		–	–60	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	–	–5	V
I_C	collector current (DC)		–	–600	mA
I_{CM}	peak collector current		–	–800	mA
I_{BM}	peak base current		–	–200	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25$ °C	–	400	mW
		$T_{case} \leq 25$ °C	–	1.2	W
T_{stg}	storage temperature		–65	+150	°C
T_j	junction temperature		–	200	°C
T_{amb}	operating ambient temperature		–65	+150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j\text{-}a}$	thermal resistance from junction to ambient	in free air	438	K/W
$R_{th\ j\text{-}c}$	thermal resistance from junction to case		146	K/W

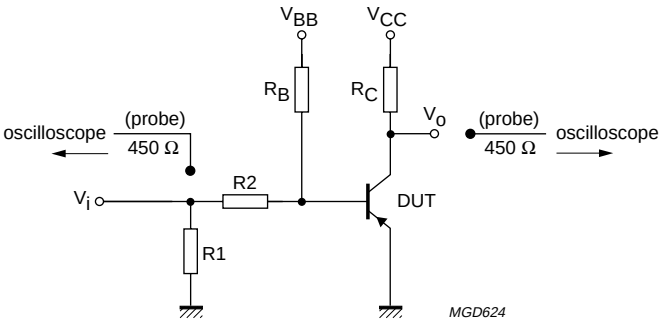
CHARACTERISTICS

T_{amb} = 25 °C unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector cut-off current				
	2N2907	I_E = 0; V_{CB} = –50 V	–	–20	nA
		I_E = 0; V_{CB} = –50 V; T_{amb} = 150 °C	–	–20	µA
I_{CBO}	collector cut-off current				
	2N2907A	I_E = 0; V_{CB} = –50 V	–	–10	nA
		I_E = 0; V_{CB} = –50 V; T_{amb} = 150 °C	–	–10	µA
I_{EBO}	emitter cut-off current	I_C = 0; V_{EB} = –5 V	–	–50	nA
h_{FE}	DC current gain	V_{CE} = –10 V			
	2N2907	I_C = –0.1 mA	35	–	
		I_C = –1 mA	50	–	
		I_C = –10 mA	75	–	
		I_C = –150 mA; note 1	100	300	
		I_C = –500 mA; note 1	30		
h_{FE}	DC current gain	V_{CE} = –10 V			
	2N2907A	I_C = –0.1 mA	75	–	
		I_C = –1 mA	100	–	
		I_C = –10 mA	100	–	
		I_C = –150 mA; note 1	100	300	
		I_C = –500 mA; note 1	50	–	
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	I_C = –150 mA; I_B = –15 mA; note 1		–400	mV
		I_C = –500 mA; I_B = –50 mA; note 1		–1.6	V
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage	I_C = –150 mA; I_B = –15 mA; note 1		–1.3	V
		I_C = –500 mA; I_B = –50 mA; note 1		–2.6	V
C_c	collector capacitance	I_E = i_e = 0; V_{CB} = –10 V; f = 1 MHz	–	8	pF
C_e	emitter capacitance	I_C = i_c = 0; V_{EB} = –2 V; f = 1 MHz	–	30	pF
f_T	transition frequency	I_C = –50 mA; V_{CE} = –20 V; f = 100 MHz; note 1	200	–	MHz
Switching times (between 10% and 90% levels); see Fig.2					
t_{on}	turn-on time	I_{Con} = –150 mA; I_{Bon} = –15 mA; I_{Boff} = 15 mA	–	45	ns
t_d	delay time		–	15	ns
t_r	rise time		–	35	ns
t_{off}	turn-off time		–	300	ns
t_s	storage time		–	250	ns
t_f	fall time		–	50	ns

Note

1. Pulse test: $t_p \leq 300$ µs; $\delta \leq 0.02$.

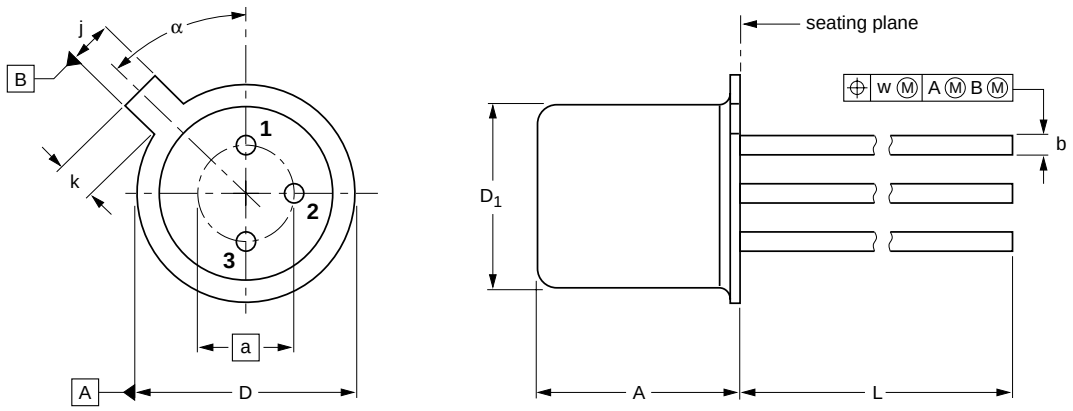


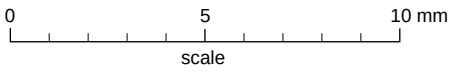
V_i = –9.5 V; T = 500 µs; t_p = 10 µs; $t_r = t_f \leq 3$ ns.
R1 = 68 Ω; R2 = 325 Ω; R_B = 325 Ω; R_C = 160 Ω.
V_{BB} = 3.5 V; V_{CC} = –29.5 V.
Oscilloscope input impedance Z_i = 50 Ω.

Fig.2 Test circuit for switching times.

PACKAGE OUTLINE

Metal-can cylindrical single-ended package; 3 leads **SOT18/13**





DIMENSIONS (millimetre dimensions are derived from the original inch dimensions)

UNIT	A	a	b	D	D_1	j	k	L	w	α
mm	5.31 4.74	2.54	0.47 0.41	5.45 5.30	4.70 4.55	1.03 0.94	1.1 0.9	15.0 12.7	0.40	45°

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT18/13	B11/C7 type 3	TO-18				97-04-18

DEFINITIONS

Data sheet status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

Philips Semiconductors – a worldwide company

Argentina: see South America

Australia: 34 Waterloo Road, NORTH RYDE, NSW 2113,
Tel. +61 2 9805 4455, Fax. +61 2 9805 4466

Austria: Computerstr. 6, A-1101 WIEN, P.O. Box 213,
Tel. +43 1 60 101, Fax. +43 1 60 101 1210

Belarus: Hotel Minsk Business Center, Bld. 3, r. 1211, Volodarski Str. 6,
220050 MINSK, Tel. +375 172 200 733, Fax. +375 172 200 773

Belgium: see The Netherlands

Brazil: see South America

Bulgaria: Philips Bulgaria Ltd., Energoproject, 15th floor,
51 James Bourchier Blvd., 1407 SOFIA,
Tel. +359 2 689 211, Fax. +359 2 689 102

Canada: PHILIPS SEMICONDUCTORS/COMPONENTS,
Tel. +1 800 234 7381

China/Hong Kong: 501 Hong Kong Industrial Technology Centre,
72 Tat Chee Avenue, Kowloon Tong, HONG KONG,
Tel. +852 2319 7888, Fax. +852 2319 7700

Colombia: see South America

Czech Republic: see Austria

Denmark: Prags Boulevard 80, PB 1919, DK-2300 COPENHAGEN S,
Tel. +45 32 88 2636, Fax. +45 31 57 0044

Finland: Sinikalliontie 3, FIN-02630 ESPOO,
Tel. +358 9 615800, Fax. +358 9 61580920

France: 4 Rue du Port-aux-Vins, BP317, 92156 SURESNES Cedex,
Tel. +33 1 40 99 6161, Fax. +33 1 40 99 6427

Germany: Hammerbrookstraße 69, D-20097 HAMBURG,
Tel. +49 40 23 53 60, Fax. +49 40 23 536 300

Greece: No. 15, 25th March Street, GR 17778 TAVROS/ATHENS,
Tel. +30 1 4894 339/239, Fax. +30 1 4814 240

Hungary: see Austria

India: Philips INDIA Ltd, Shivsagar Estate, A Block, Dr. Annie Besant Rd.
Worli, MUMBAI 400 018, Tel. +91 22 4938 541, Fax. +91 22 4938 722

Indonesia: see Singapore

Ireland: Newstead, Clonskeagh, DUBLIN 14,
Tel. +353 1 7640 000, Fax. +353 1 7640 200

Israel: RAPAC Electronics, 7 Kehilat Saloniki St, PO Box 18053,
TEL AVIV 61180, Tel. +972 3 645 0444, Fax. +972 3 649 1007

Italy: PHILIPS SEMICONDUCTORS, Piazza IV Novembre 3,
20124 MILANO, Tel. +39 2 6752 2531, Fax. +39 2 6752 2557

Japan: Philips Bldg 13-37, Kohnan 2-chome, Minato-ku, TOKYO 108,
Tel. +81 3 3740 5130, Fax. +81 3 3740 5077

Korea: Philips House, 260-199 Itaewon-dong, Yongsan-ku, SEOUL,
Tel. +82 2 709 1412, Fax. +82 2 709 1415

Malaysia: No. 76 Jalan Universiti, 46200 PETALING JAYA, SELANGOR,
Tel. +60 3 750 5214, Fax. +60 3 757 4880

Mexico: 5900 Gateway East, Suite 200, EL PASO, TEXAS 79905,
Tel. +9-5 800 234 7381

Middle East: see Italy

Netherlands: Postbus 90050, 5600 PB EINDHOVEN, Bldg. VB,
Tel. +31 40 27 82785, Fax. +31 40 27 88399

New Zealand: 2 Wagener Place, C.P.O. Box 1041, AUCKLAND,
Tel. +64 9 849 4160, Fax. +64 9 849 7811

Norway: Box 1, Manglerud 0612, OSLO,
Tel. +47 22 74 8000, Fax. +47 22 74 8341

Philippines: Philips Semiconductors Philippines Inc.,
106 Valero St. Salcedo Village, P.O. Box 2108 MCC, MAKATI,
Metro MANILA, Tel. +63 2 816 6380, Fax. +63 2 817 3474

Poland: Ul. Lukiska 10, PL 04-123 WARSZAWA,
Tel. +48 22 612 2831, Fax. +48 22 612 2327

Portugal: see Spain

Romania: see Italy

Russia: Philips Russia, Ul. Usatcheva 35A, 119048 MOSCOW,
Tel. +7 095 755 6918, Fax. +7 095 755 6919

Singapore: Lorong 1, Toa Payoh, SINGAPORE 1231,
Tel. +65 350 2538, Fax. +65 251 6500

Slovakia: see Austria

Slovenia: see Italy

South Africa: S.A. PHILIPS Pty Ltd., 195-215 Main Road Martindale,
2092 JOHANNESBURG, P.O. Box 7430 Johannesburg 2000,
Tel. +27 11 470 5911, Fax. +27 11 470 5494

South America: Rua do Rocio 220, 5th floor, Suite 51,
04552-903 São Paulo, SÃO PAULO - SP, Brazil,
Tel. +55 11 821 2333, Fax. +55 11 829 1849

Spain: Balmes 22, 08007 BARCELONA,
Tel. +34 3 301 6312, Fax. +34 3 301 4107

Sweden: Kottbygatan 7, Akalla, S-16485 STOCKHOLM,
Tel. +46 8 632 2000, Fax. +46 8 632 2745

Switzerland: Allmendstrasse 140, CH-8027 ZÜRICH,
Tel. +41 1 488 2686, Fax. +41 1 481 7730

Taiwan: Philips Semiconductors, 6F, No. 96, Chien Kuo N. Rd., Sec. 1,
TAIPEI, Taiwan Tel. +886 2 2134 2865, Fax. +886 2 2134 2874

Thailand: PHILIPS ELECTRONICS (THAILAND) Ltd.,
209/2 Sanpavuth-Bangna Road Prakanong, BANGKOK 10260,
Tel. +66 2 745 4090, Fax. +66 2 398 0793

Turkey: Talatpasa Cad. No. 5, 80640 GÜLTEPE/ISTANBUL,
Tel. +90 212 279 2770, Fax. +90 212 282 6707

Ukraine: PHILIPS UKRAINE, 4 Patrice Lumumba str., Building B, Floor 7,
252042 KIEV, Tel. +380 44 264 2776, Fax. +380 44 268 0461

United Kingdom: Philips Semiconductors Ltd., 276 Bath Road, Hayes,
MIDDLESEX UB3 5BX, Tel. +44 181 730 5000, Fax. +44 181 754 8421

United States: 811 East Arques Avenue, SUNNYVALE, CA 94088-3409,
Tel. +1 800 234 7381

Uruguay: see South America

Vietnam: see Singapore

Yugoslavia: PHILIPS, Trg N. Pasica 5/v, 11000 BEOGRAD,
Tel. +381 11 625 344, Fax.+381 11 635 777

For all other countries apply to: Philips Semiconductors, Marketing & Sales Communications,
Building BE-p, P.O. Box 218, 5600 MD EINDHOVEN, The Netherlands, Fax. +31 40 27 24825

Internet: http://www.semiconductors.philips.com

SCA54

Printed in The Netherlands 117047/00/02/pp8 Date of release: 1997 May 30 Document order number: 9397 750 02224

Let's make things better.

Philips Semiconductors

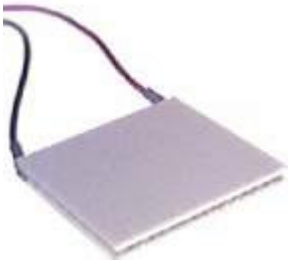
PHILIPS

Thermoelectric Cooler

TEC1-12710

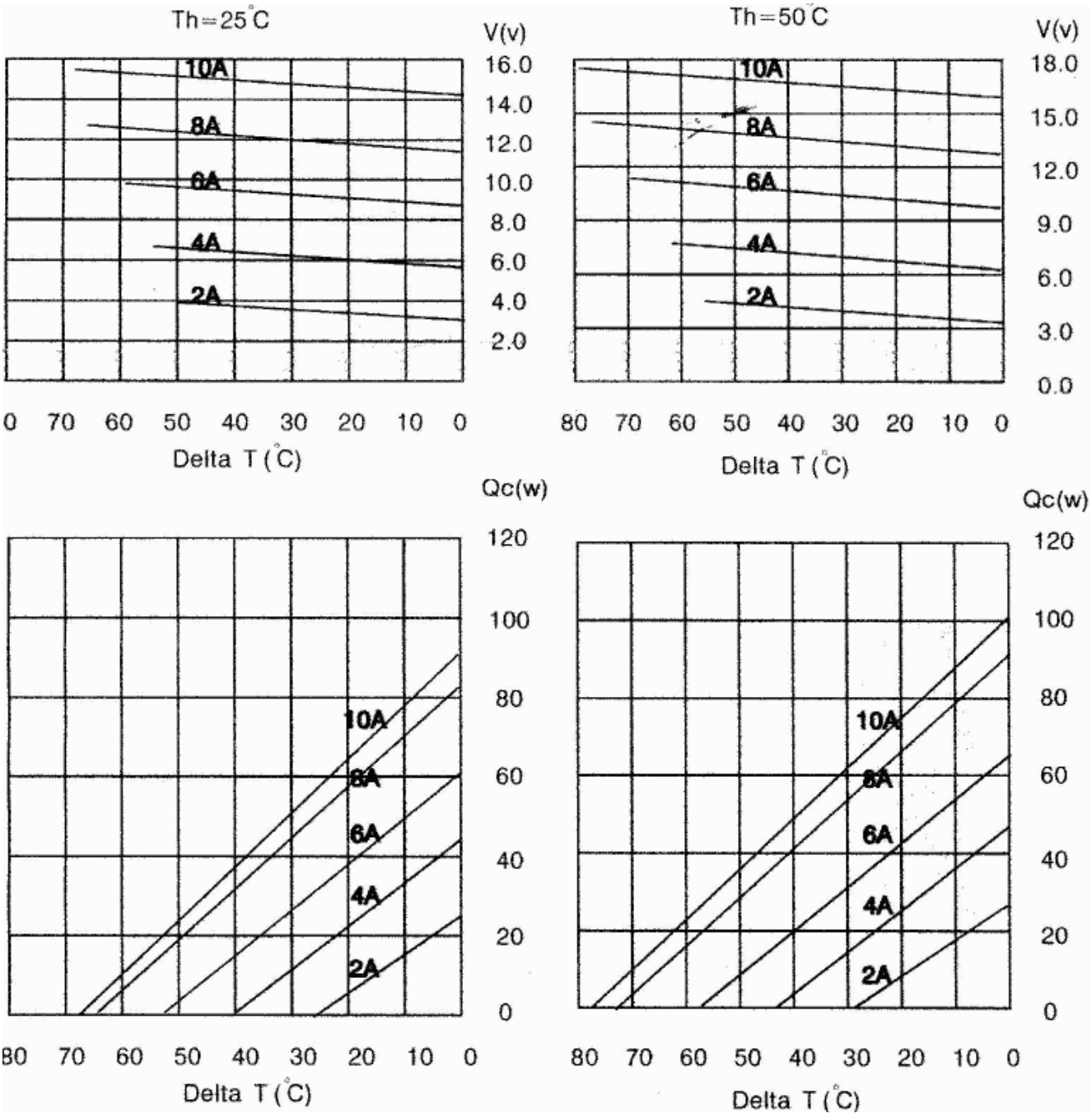
Performance Specifications

Hot Side Temperature (º C)	25º C	50º C
Qmax (Watts)	85	96
Delta Tmax (º C)	66	75
Imax (Amps)	10.5	10.5
Vmax (Volts)	15.2	17.4
Module Resistance (Ohms)	1.08	1.24

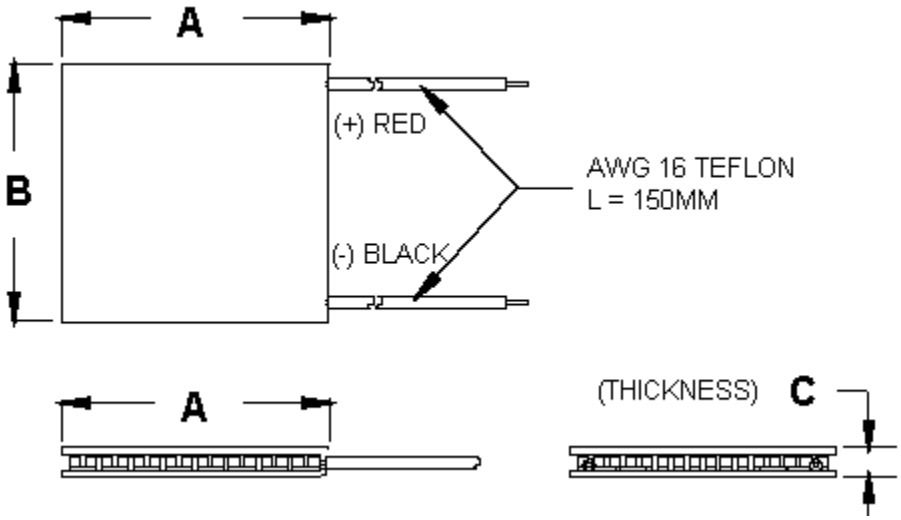


Performance curves on page 2

 Rev 2.03



 Rev 2.03



Ceramic Material: Alumina (Al_2O_3)
Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

Size table:

A	B	C			
40	40	3.3			

Operating Tips

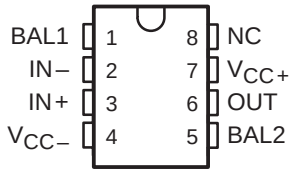
- Max. Operating Temperature: 138°C
- Do not exceed Imax or Vmax when operating module.
- Life expectancy: 200,000 hours
-
- Please consult HB for moisture protection options (seeling).
- Failure rate based on long time testings: 0.2%.

 Rev 2.03

SLOS011C – MARCH 1987 – REVISED OCTOBER 1997

- **Low Input Bias Current, 50 pA Typ**
- **Low Input Noise Current, 0.01 pA/$\sqrt{\text{Hz}}$ Typ**
- **Low Supply Current, 2 mA Typ**
- **High Input impedance, 10^{12} Ω Typ**
- **Low Total Harmonic Distortion**
- **Low 1/f Noise Corner, 50 Hz Typ**
- **Package Options Include Plastic Small-Outline (D) and Standard (P) DIPs**

D OR P PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

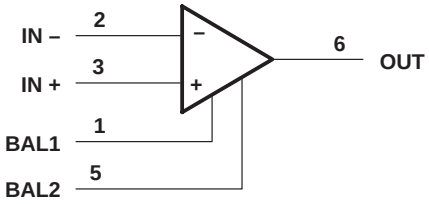
description

This device is a low-cost, high-speed, JFET-input operational amplifier with very low input offset voltage and a maximum input offset voltage drift. It requires low supply current, yet maintains a large gain-bandwidth product and a fast slew rate. In addition, the matched high-voltage JFET input provides very low input bias and offset currents.

The LF411 can be used in applications such as high-speed integrators, digital-to-analog converters, sample-and-hold circuits, and many other circuits.

The LF411C is characterized for operation from 0°C to 70°C. The LF411I is characterized for operation from –40°C to 85°C.

symbol



AVAILABLE OPTIONS

T_A	V_{IO}max AT 25°C	PACKAGE	
		SMALL OUTLINE (D)	PLASTIC DIP (P)
0°C to 70°C	2 mV	LF411CD	LF411CP
–40°C to 85°C	2 mV	LF411ID	LF411IP

The D packages are available taped and reeled. Add the suffix R to the device type (i.e., LF411CDR).

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC+} . . . . . 18 V
Supply voltage, V_{CC-} . . . . . –18 V
Differential input voltage, V_{ID} . . . . . ±30 V
Input voltage, V_I (see Note 1) . . . . . ±15 V
Duration of output short circuit . . . . . Unlimited
Continuous total power dissipation . . . . . 500 mW
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package . . . . . 197°C/W
P package . . . . . 104°C/W
Storage temperature range, T_{stg} . . . . . –65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds . . . . . 260°C

NOTES: 1. Unless otherwise specified, the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.
2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51, except for through-hole packages, which use a trace length of zero.

recommended operating conditions

	C SUFFIX		I SUFFIX		UNIT
	MIN	MAX	MIN	MAX	
Supply voltage, V_{CC+}	3.5	18	3.5	18	V
Supply voltage, V_{CC-}	–3.5	–18	–3.5	–18	V
Operating free-air temperature, T_A	0	70	–40	–85	°C

electrical characteristics over operating free-air temperature range, $V_{CC\pm}$ = ±15 V (unless otherwise specified)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		T_A		MIN	TYP	MAX	UNIT
				LF411C	LF411I				
V_{IO}	Input offset voltage	V_{IC} = 0,	R_S = 10 kΩ	25°C	25°C		0.8	2	mV
α_{VIO}	Average temperature coefficient of input offset voltage	V_{IC} = 0,	R_S = 10 kΩ				10	20†	µV/°C
I_{IO}	Input offset current‡	V_{IC} = 0		25°C	25°C		25	100	pA
				70°C	85°C			2	nA
I_{IB}	Input bias current‡	V_{IC} = 0		25°C	25°C		50	200	pA
				70°C	85°C			4	nA
V_{ICR}	Common-mode input voltage range					±11	–11.5 to 14.5		V
V_{OM}	Maximum peak output-voltage swing	R_L = 10 kΩ				±12	±13.5		V
A_{VD}	Large-signal differential voltage	V_O = ±10 V,	R_L = 2 kΩ	25°C	25°C	25	200		V/mV
				0°C to 70°C	–40°C to 85°C	15	200		
r_i	Input resistance	T_J = 25°C					10^{12}		Ω
CMRR	Common-mode rejection ratio	R_S ≤ 10 kΩ				70	100		dB
k_{SVR}	Supply-voltage rejection ratio	See Note 3				70	100		dB
I_{CC}	Supply current						2	3.4	mA

† At least 90% of the devices meet this limit for α_{VIO}.
‡ Input bias currents of an FET-input operational amplifier are normal junction reverse currents, which are temperature sensitive. Pulse techniques must be used that will maintain the junction temperatures as close to the ambient temperature as possible.
NOTE 3: Supply-voltage rejection ratio is measured for both supply magnitudes increasing or decreasing simultaneously.

operating characteristics, $V_{CC\pm}$ = ±15 V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR	Slew rate		8	13		V/μs
B_1	Unity-gain bandwidth		2.7	3		MHz
V_n	Equivalent input noise voltage	f = 1 kHz, R_S = 20 Ω		18		nV/√Hz
I_n	Equivalent input noise current	f = 1 kHz		0.01		pA/√Hz

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp (3)
LF411CD	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
LF411CDE4	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
LF411CDR	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
LF411CDRE4	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
LF411CP	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-NC-NC-NC
LF411CPE4	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-NC-NC-NC
LF411ID	OBSOLETE	SOIC	D	8		TBD	Call TI	Call TI
LF411IDR	OBSOLETE	SOIC	D	8		TBD	Call TI	Call TI
LF411IP	OBSOLETE	PDIP	P	8		TBD	Call TI	Call TI

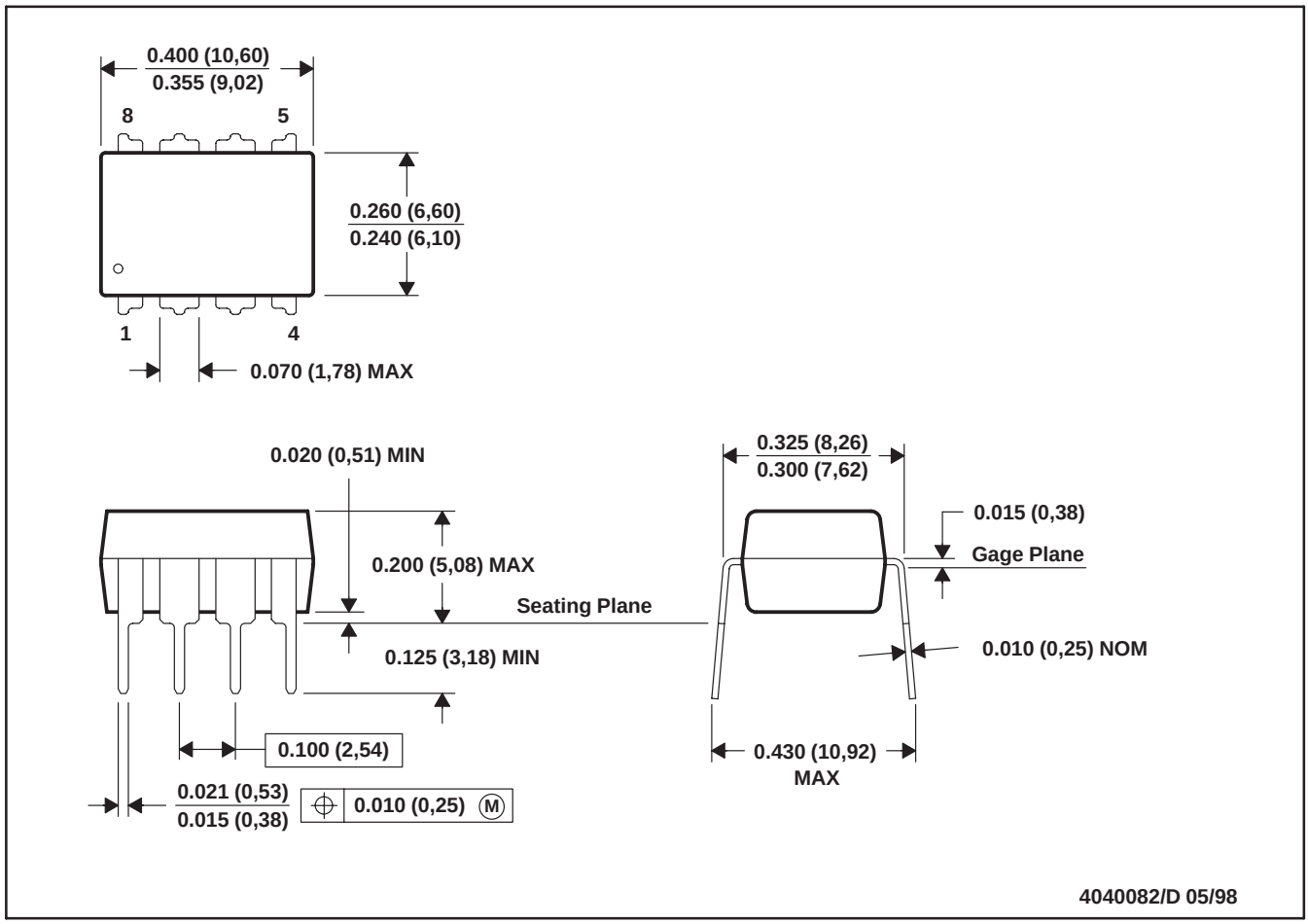
(1) The marketing status values are defined as follows:
ACTIVE: Product device recommended for new designs.
LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.
NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.
PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.
OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS) or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check http://www.ti.com/productcontent for the latest availability information and additional product content details.
TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.
Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.
Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

(3) MSL, Peak Temp. -- The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

MPDI001A – JANUARY 1995 – REVISED JUNE 1999

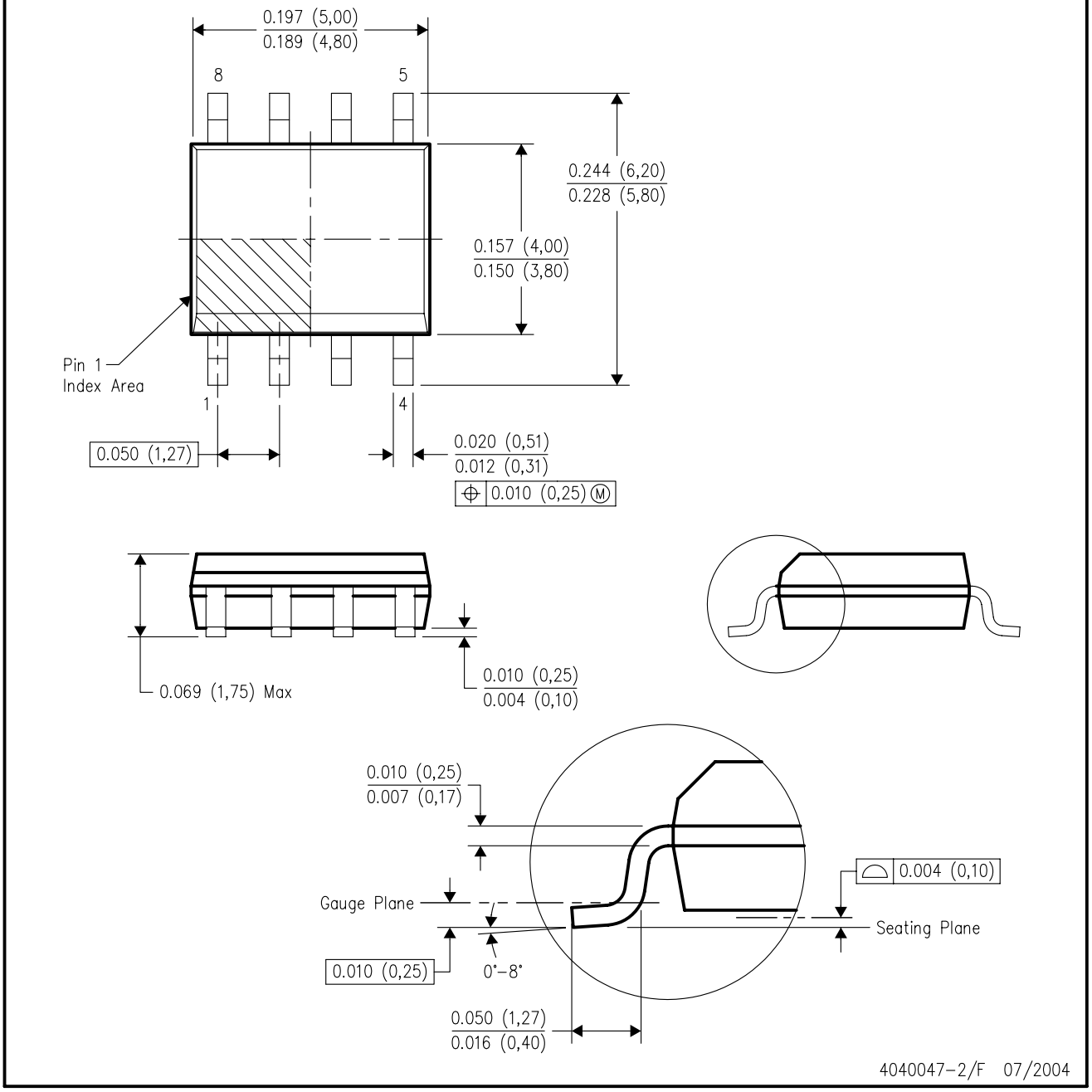
P (R-PDIP-T8) **PLASTIC DUAL-IN-LINE**



NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Falls within JEDEC MS-001

For the latest package information, go to http://www.ti.com/sc/docs/package/pkg_info.htm

D (R–PDSO–G8) PLASTIC SMALL–OUTLINE PACKAGE



NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0.006 (0,15).
D. Falls within JEDEC MS–012 variation AA.

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

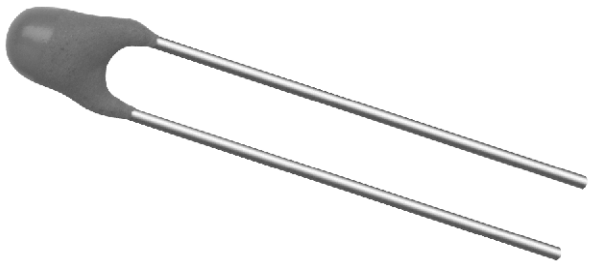
Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products		**Applications**	
Amplifiers	amplifier.ti.com	Audio	www.ti.com/audio
Data Converters	dataconverter.ti.com	Automotive	www.ti.com/automotive
DSP	dsp.ti.com	Broadband	www.ti.com/broadband
Interface	interface.ti.com	Digital Control	www.ti.com/digitalcontrol
Logic	logic.ti.com	Military	www.ti.com/military
Power Mgmt	power.ti.com	Optical Networking	www.ti.com/opticalnetwork
Microcontrollers	microcontroller.ti.com	Security	www.ti.com/security
		Telephony	www.ti.com/telephony
		Video & Imaging	www.ti.com/video
		Wireless	www.ti.com/wireless

Mailing Address: Texas Instruments
Post Office Box 655303 Dallas, Texas 75265

NTC Thermistors, Accuracy Line



FEATURES

- Accuracy over a wide temperature range
- High stability over a long life
- Excellent price/performance ratio
- Old part number was 2322 640 3/4/6....
- Component in accordance to RoHS 2002/95/EC and WEEE 2002/96/EC

APPLICATIONS

- Temperature sensing and control

These thermistors have a negative temperature coefficient. The device consists of a chip with two tinned solid copper-plated leads. It is grey lacquered and colour coded, but not insulated.

PACKAGING

The thermistors are packed in bulk or tape on reel;
see code numbers and relevant packaging quantities.

MARKING

The thermistors are marked with coloured bands; see dimensions drawing and “Electrical data and ordering information”.

MOUNTING

By soldering in any position.

QUICK REFERENCE DATA	
PARAMETER	**VALUE**
Resistance value at 25 °C	3.3 Ω to 470 kΩ
Tolerance on R_{25} - value	± 2 %; ± 3 %; ± 5 %; ± 10 %
Tolerance on $B_{25/85}$ - value	± 0.5 % to ± 3 %
Maximum dissipation	500 mW
Dissipation factor δ (for information only)	7 mW/K 8.5 mW/K (for 640..338 to 689)
Response time	1.2 s
Thermal time constant τ (for information only)	15 s
Operating temperature range: at zero dissipation; continuously at zero dissipation; for short periods at maximum dissipation (500 mW)	 - 40 to + 125 °C ≤ 150 °C 0 to 55 °C
Climatic category	40/125/56
Mass	≈ 0.3 g

ELECTRICAL DATA AND ORDERING INFORMATION

R_{25}	$B_{25/85}$ - VALUE		UL APPROVED	12NC ORDERING CODE 2381 640 6....[1)]	SAP MATERIAL NO. NTCLE100E3.....[2)]	COLOR CODE[3)]		
(Ω)	(K)	(± %)	(Y/N)			I	II	III
3.3	2880	3	N	*338	338*B0	orange	orange	gold
4.7	2880	3	N	*478	478*B0	yellow	violet	gold
6.8	2880	3	N	*688	688*B0	blue	grey	gold
10	2990	3	N	*109	109*B0	brown	black	black
15	3041	3	N	*159	159*B0	brown	green	black
22	3136	3	N	*229	229*B0	red	red	black
33	3390	3	Y	*339	339*B0	orange	orange	black
47	3390	3	Y	*479	479*B0	yellow	violet	black
68	3390	3	Y	*689	689*B0	blue	grey	black
100	3560	0.75	N	*101	101*B0	brown	black	brown
150	3560	0.75	N	*151	151*B0	brown	green	brown
220	3560	0.75	N	*221	221*B0	red	red	brown
330	3560	0.75	N	*331	331*B0	orange	orange	brown
470	3560	0.75	N	*471	471*B0	yellow	violet	brown
680	3560	0.75	N	*681	681*B0	blue	grey	brown
1000	3528	0.5	N	*102	102*B0	brown	black	red
1500	3528	0.5	N	*152	152*B0	brown	green	red

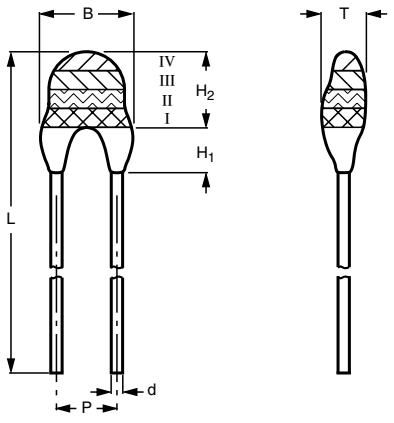
ELECTRICAL DATA AND ORDERING INFORMATION

R_{25}	$B_{25/85}$ - VALUE		UL APPROVED	12NC ORDERING CODE 2381 640 6....[1]	SAP MATERIAL NO. NTCLE100E3.....[2]	COLOR CODE[3]		
(Ω)	(K)	(± %)	(Y/N)			I	II	III
2000	3528	0.5	N	*202	202*B0	red	black	red
2200	3977	0.75	Y	*222	222*B0	red	red	red
2700	3977	0.75	Y	*272	272*B0	red	violet	red
3300	3977	0.75	Y	*332	332*B0	orange	orange	red
4700	3977	0.75	Y	*472	472*B0	yellow	violet	red
5000	3977	0.75	Y	*502	502*B0	green	black	red
6800	3977	0.75	Y	*682	682*B0	blue	grey	red
10 000	3977	0.75	Y	*103	103*B0	brown	black	orange
12 000	3740	2	Y	*123	123*B0	brown	red	orange
15 000	3740	2	Y	*153	153*B0	brown	green	orange
22 000	3740	2	Y	*223	223*B0	red	red	orange
33 000	4090	1.5	N	*333	333*B0	orange	orange	orange
47 000	4090	1.5	N	*473	473*B0	yellow	violet	orange
50 000	4190	1.5	N	*503	503*B0	green	black	orange
68 000	4190	1.5	N	*683	683*B0	blue	grey	orange
100 000	4190	1.5	N	*104	104*B0	brown	black	yellow
150 000	4370	2.5	Y	*154	154*B0	brown	green	yellow
220 000	4370	2.5	Y	*224	224*B0	red	red	yellow
330 000	4570	1.5	N	*334	334*B0	orange	orange	yellow
470 000	4570	1.5	N	*474	474*B0	yellow	violet	yellow

Notes

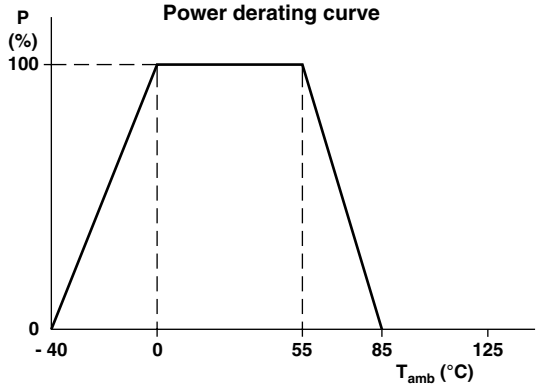
1. Replace * in 12NC by 2 for 10 %, 3 for 5 %, 6 for 3 %, 4 for 2 %
2. Replace * in SAP by K for 10 %, J for 5 %, H for 3 %, G for 2 %
3. For R_{25} ± 2 % band IV is red, ± 3 % band IV is orange, ± 5 % band IV is gold and ± 10 % band IV is silver

DIMENSIONS in millimeters



2381 640 6.338 to 6.474

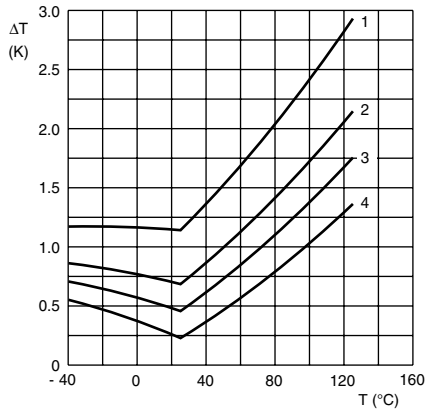
DERATING AND TEMPERATURE TOLERANCES



PHYSICAL DIMENSIONS FOR RELEVANT TYPE

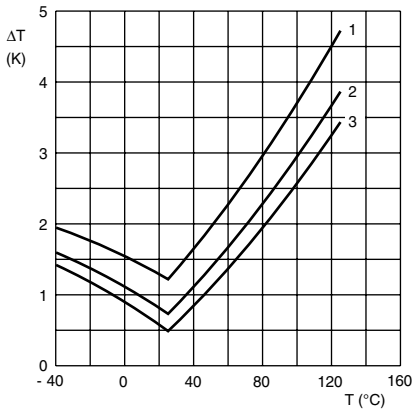
CODE NUMBER 2381 640	Bmax	d	H_1		H_2 MAX	L	P	Tmax
			MIN.	MAX.				
6.338 to 6.221	5.0	0.6 ± 0.06	1.0	4.0	6.0	24 ±1.5	2.54	4.0
6.331 to 6.474	3.3 ± 0.5	0.6 ± 0.06	-	2.0 ± 1.0	6.0	24 ± 1.5	2.54	3.0

TEMPERATURE DEVIATION AS A FUNCTION OF THE AMBIENT TEMPERATURE



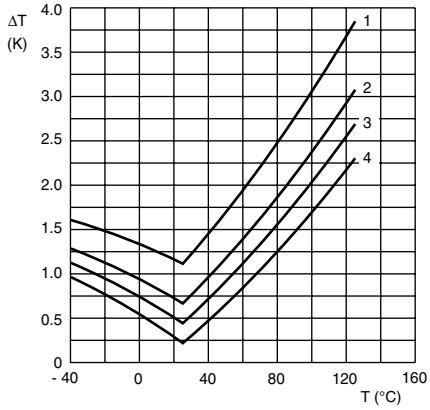
Curves valid for 2.2 to 10 kΩ
Curve 1: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 5 %
Curve 2: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 3 %
Curve 3: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 2 %
Curve 4: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 1 %
(for 2381 640 5.... series only)

TEMPERATURE DEVIATION AS A FUNCTION OF THE AMBIENT TEMPERATURE



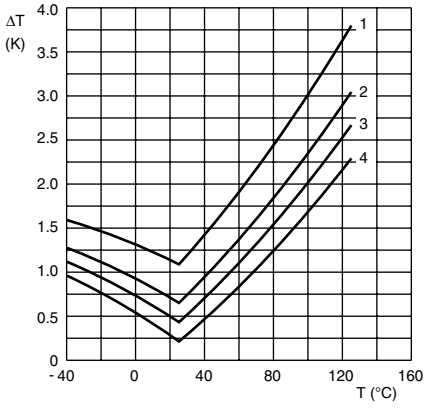
Curves valid for 12 to 22 kΩ
Curve 1: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 5 %
Curve 2: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 3 %
Curve 3: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 2 %

TEMPERATURE DEVIATION AS A FUNCTION OF THE AMBIENT TEMPERATURE



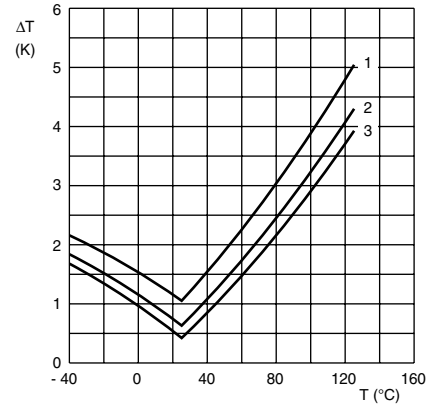
Curves valid for 33 to 47 kΩ
Curve 1: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 5 %
Curve 2: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 3 %
Curve 3: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 2 %
Curve 4: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 1 %
(for 2381 640 5.... series only)

TEMPERATURE DEVIATION AS A FUNCTION OF THE AMBIENT TEMPERATURE



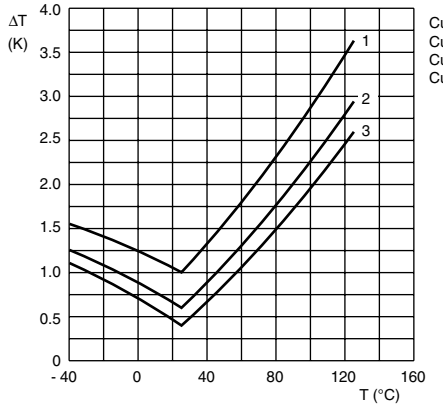
Curves valid for 68 to 100 kΩ
Curve 1: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 5 %
Curve 2: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 3 %
Curve 3: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 2 %
Curve 4: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 1 %
(for 2381 640 5.... series only)

TEMPERATURE DEVIATION AS A FUNCTION OF THE AMBIENT TEMPERATURE



Curves valid for 150 to 220 kΩ
Curve 1: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 5 %
Curve 2: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 3 %
Curve 3: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 2 %

TEMPERATURE DEVIATION AS A FUNCTION OF THE AMBIENT TEMPERATURE



Curves valid for 330 to 470 kΩ
Curve 1: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 5 %
Curve 2: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 3 %
Curve 3: $\Delta R_{25}/R_{25}$ = 2 %

R_T VALUE AND TOLERANCE

These thermistors have a narrow tolerance on the B-value, the result of which provides a very small tolerance on the nominal resistance value over a wide temperature range. For this reason the usual graphs of R = f(T) are replaced by Resistance Values at Intermediate Temperatures Tables, together with a formula to calculate the characteristics with a high precision.

FORMULAE TO DETERMINE NOMINAL RESISTANCE VALUES

The resistance values at intermediate temperatures, or the operating temperature values, can be calculated using the following interpolation laws
(extended "*Steinhart and Hart*"):

$$R(T) - R_{ref} \times e^{(A + B/T + B/T^2 + C/T^3)} \quad (1)$$

$$T\,(R) = \left(A_1 + B_1 \ln\frac{R}{R_{ref}} + C_1 \ln^2\frac{R}{R_{ref}} + D_1 \ln^3\frac{R}{R_{ref}}\right)^{-1} \quad (2)$$

where:

A, B, C, D, A_1, B_1, C_1 and D_1 are constant values depending on the material concerned; see table below.

R_{ref} is the resistance value at a reference temperature (in this event 25 °C).

T is the temperature in K.

Formulae numbered and are interchangeable with an error of max. 0.005 °C in the range 25 °C to 125 °C and max. 0.015 °C in the range - 40 °C to + 25 °C.

DETERMINATION OF THE RESISTANCE/TEMPERATURE DEVIATION FROM NOMINAL VALUE

The total resistance deviation is obtained by combining the 'R_{25}-tolerance' and the 'resistance deviation due to B-tolerance'.

When:

X = R_{25}-tolerance
Y = resistance deviation due to B-tolerance
Z = complete resistance deviation,

then: $Z = \left[\left(1 + \frac{X}{100}\right) \times \left(1 + \frac{Y}{100}\right) - 1\right] \times 100\ \%$ or $Z \approx X + Y$

When:

TCR = temperature coefficient
ΔT = temperature deviation,

then: $\Delta T = \frac{Z}{TCR}$

The temperature tolerances are plotted in the graphs on the previous page.

Example: at 0 °C, assume X = 5 %, Y = 0.89 % and TCR = 5.08 %/K (see Table), then:

$$Z = \left\{\left[1 + \frac{5}{100}\right] \times \left[1 + \frac{0.89}{100}\right] - 1\right\} \times 100\%$$

$$= \{1.05 \times 1.0089 - 1\} \times 100\% = 5.9345\%\ (\approx 5.93\%)$$

$$\Delta T = \frac{Z}{TCR} = \frac{5.93}{5.08} = 1.167\ °C\ (\approx 1.17\ °C)$$

A NTC with a R_{25} - value of 10 kΩ has a value of 32.56 kΩ between - 1.17 and + 1.17 °C.

PARAMETER FOR DETERMINING NOMINAL RESISTANCE VALUES

NUMBER	$B_{25/85}$ (K)	NAME	TOL. B VALUE %	A	B (K)	C (K^2)	D (K^3)	A_1	B_1 (K^{-1})	C_1 (K^{-2})	D_1 (K^{-3})
1	2880	mat O. with Bn = 2880K	3	-9.094	2251.74	229098	-2.744820E+07	3.354016E-03	3.495020E-04	2.095959E-06	4.260615E-07
2	2990	mat P. with Bn = 3990K	3	-10.2296	2887.62	132336	-2.502510E+07	3.354016E-03	3.415560E-04	4.955455E-06	4.364236E-07
3	3041	mat Q. with Bn = 3041K	3	-11.1334	3658.73	-102895	5.166520E+05	3.354016E-03	3.349290E-04	3.683843E-06	7.050455E-07
4	3136	mat R. with Bn = 3136K	3	-12.4493	4702.74	-402687	3.196830E+07	3.354016E-03	3.243880E-04	2.658012E-06	-2.701560E-07
5	3390	mat S. with Bn = 3390K	3	-12.6814	4391.97	-232807	1.509643E+07	3.354016E-03	2.993410E-04	2.135133E-06	-5.672000E-09
6	3528[1)]	mat.I with Bn = 3528K	0.5	-12.0596	3687.667	-7617.13	-5.914730E+06	3.354016E-03	2.909670E-04	1.632136E-06	7.192200E-08
	3528[2)]			-21.0704	11903.95	-2504699	2.470338E+08	3.354016E-03	2.933908E-04	3.494314E-06	-7.712690E-07
7	3560	mat.H with Bn = 3560K	0.75	-13.0723	4190.574	-47158.4	-1.199256E+07	3.354016E-03	2.884193E-04	4.118032E-06	1.786790E-07
8	3740	mat.B with Bn = 3740K	2	-13.8973	4557.725	-98275	-7.522357E+06	3.354016E-03	2.744032E-04	3.666944E-06	1.375492E-07
9	3977	mat A. with Bn =3977K	0.75	-14.6337	4791.842	-115334	-3.730535E+06	3.354016E-03	2.569850E-04	2.620131E-06	6.383091E-08
10	4090	mat.C with Bn = 4090K	1.5	-15.5322	5229.973	-160451	-5.414091E+06	3.354016E-03	2.519107E-04	3.510939E-06	1.105179E-07
11	4190	mat.D with Bn = 4190K	1.5	-16.0349	5459.339	-191141	-3.328322E+06	3.354016E-03	2.460382E-04	3.405377E-06	1.034240E-07
12	4370	mat.E with Bn = 4370K	2.5	-16.8717	5759.15	-194267	-6.869149E+06	3.354016E-03	2.367720E-04	3.585140E-06	1.255349E-07
13	4570	mat.F with Bn = 4570K	1.5	-17.6439	6022.726	-203157	-7.183526E+06	3.354016E-03	2.264097E-04	3.278184E-06	1.097628E-07

Notes

1. Temperature < 25 °C
2. Temperature ≥ 25 °C

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)		
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables		
				6.338	**6.478**	**6.688**
- 40	13.6364	8.08	- 4.97	45.00	64.09	92.73
- 35	10.6806	7.30	- 4.80	35.25	50.20	72.63
- 30	8.4350	6.55	- 4.64	27.84	39.64	57.36
- 25	6.7148	5.84	- 4.48	22.16	31.56	45.66
- 20	5.3866	5.15	- 4.33	17.78	25.32	36.63
- 15	4.3532	4.49	- 4.19	14.37	20.46	29.60
- 10	3.5432	3.85	- 4.05	11.69	16.65	24.09
- 5	2.9035	3.24	- 3.92	9.58	13.65	19.74
0	2.3950	2.65	- 3.79	7.90	11.26	16.29
5	1.9880	2.08	- 3.66	6.56	9.34	13.52
10	1.6602	1.54	- 3.55	5.48	7.80	11.29
15	1.3944	1.01	- 3.43	4.60	6.55	9.48
20	1.1777	0.49	- 3.32	3.89	5.54	8.01
25	1.0000	0.00	- 3.22	3.30	4.70	6.80
30	0.8534	0.48	- 3.12	2.82	4.01	5.80
35	0.7319	0.94	- 3.02	2.42	3.44	4.98
40	0.6307	1.39	- 2.93	2.08	2.96	4.29
45	0.5459	1.82	- 2.84	1.80	2.57	3.71
50	0.4746	2.24	- 2.76	1.57	2.23	3.23
55	0.4143	2.65	- 2.68	1.37	1.95	2.82
60	0.3631	3.04	- 2.60	1.20	1.71	2.47
65	0.3194	3.43	- 2.52	1.05	1.50	2.17
70	0.2820	3.80	- 2.45	0.93	1.33	1.92
75	0.2499	4.16	- 2.38	0.82	1.17	1.70
80	0.2222	4.51	- 2.32	0.73	1.04	1.51
85	0.1982	4.85	- 2.25	0.65	0.93	1.35
90	0.1774	5.19	- 2.19	0.59	0.83	1.21
95	0.1592	5.51	- 2.13	0.53	0.75	1.08
100	0.1433	5.82	- 2.07	0.47	0.67	0.97
105	0.1294	6.13	- 2.02	0.43	0.61	0.88
110	0.1171	6.43	- 1.97	0.39	0.55	0.80
115	0.1063	6.72	- 1.92	0.35	0.50	0.72
120	0.0967	7.00	- 1.87	0.32	0.45	0.66
125	0.0882	7.28	- 1.82	0.29	0.41	0.60
130	0.0806	7.55	- 1.77	0.27	0.38	0.55
135	0.0739	7.81	- 1.73	0.24	0.35	0.50
140	0.0678	8.07	- 1.69	0.22	0.32	0.46
145	0.0624	8.32	- 1.65	0.21	0.29	0.42
150	0.0575	8.56	- 1.61	0.19	0.27	0.39

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables
				6.109
- 40	13.675	8.39	- 4.86	136.75
- 35	10.763	7.58	- 4.72	107.63
- 30	8.5318	6.81	- 4.58	85.32
- 25	6.8097	6.06	- 4.44	68.10
- 20	5.4717	5.35	- 4.31	54.72
- 15	4.4253	4.66	- 4.18	44.25
- 10	3.6017	4.00	- 4.06	36.02
- 5	2.9494	3.37	- 3.94	29.49

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables
				6.109
0	2.4295	2.75	- 3.82	24.30
5	2.0128	2.16	- 3.71	20.13
10	1.6767	1.59	- 3.60	16.77
15	1.4042	1.04	- 3.50	14.04
20	1.1821	0.51	- 3.39	11.82
25	1.0000	0.00	- 3.30	10.00
30	0.8500	0.50	- 3.20	8.50
35	0.7259	0.98	- 3.11	7.26
40	0.6226	1.44	- 3.03	6.23
45	0.5363	1.89	- 2.94	5.36
50	0.4639	2.33	- 2.86	4.64
55	0.4029	2.75	- 2.78	4.03
60	0.3512	3.16	- 2.71	3.51
65	0.3073	3.56	- 2.64	3.07
70	0.2698	3.95	- 2.57	2.70
75	0.2377	4.32	- 2.50	2.38
80	0.2101	4.69	- 2.43	2.10
85	0.1864	5.04	- 2.37	1.86
90	0.1658	5.38	- 2.31	1.66
95	0.1479	5.72	- 2.25	1.48
100	0.1323	6.05	- 2.20	1.32
105	0.1187	6.36	- 2.14	1.19
110	0.1068	6.67	- 2.09	1.07
115	0.0964	6.98	- 2.04	0.96
120	0.0871	7.27	- 1.99	0.87
125	0.0790	7.56	- 1.94	0.79
130	0.0717	7.84	- 1.90	0.72
135	0.0653	8.11	- 1.85	0.65
140	0.0596	8.37	- 1.81	0.60
145	0.0545	8.63	- 1.77	0.55
150	0.0500	8.89	- 1.73	0.50

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables
				6.159
- 40	14.9855	8.65	- 5.16	224.78
- 35	11.6319	7.79	- 4.98	174.47
- 30	9.1099	6.98	- 4.80	136.65
- 25	7.1957	6.21	- 4.64	107.93
- 20	5.7297	5.47	- 4.48	85.94
- 15	4.5975	4.76	- 4.33	68.96
- 10	3.7160	4.08	- 4.19	55.74
- 5	3.0245	3.43	- 4.05	45.37
0	2.4780	2.81	- 3.92	37.17
5	2.0431	2.20	- 3.80	30.65
10	1.6947	1.62	- 3.68	25.42
15	1.4138	1.06	- 3.57	21.21
20	1.1859	0.52	- 3.46	17.79
25	1.0000	0.00	- 3.36	15.00
30	0.8506	0.49	- 3.26	12.76
35	0.7242	0.98	- 3.17	10.86
40	0.6194	1.46	- 3.08	9.29

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables
				6.159
45	0.5322	1.92	- 2.99	7.98
50	0.4591	2.36	- 2.91	6.89
55	0.3978	2.79	- 2.83	5.97
60	0.3459	3.21	- 2.75	5.19
65	0.3020	3.62	- 2.68	4.53
70	0.2645	4.02	- 2.61	3.97
75	0.2326	4.41	- 2.54	3.49
80	0.2051	4.78	- 2.48	3.08
85	0.1815	5.15	- 2.41	2.72
90	0.1611	5.51	- 2.35	2.42
95	0.1434	5.85	- 2.30	2.15
100	0.1280	6.19	- 2.24	1.92
105	0.1146	6.53	- 2.19	1.72
110	0.1029	6.85	- 2.13	1.54
115	0.0926	7.17	- 2.08	1.39
120	0.0835	7.48	- 2.03	1.25
125	0.0755	7.78	- 1.99	1.13
130	0.0684	8.08	- 1.94	1.03
135	0.0622	8.37	- 1.90	0.93
140	0.0566	8.65	- 1.86	0.85
145	0.0516	8.93	- 1.82	0.77
150	0.0472	9.20	- 1.78	0.71

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables
				6.229
- 40	17.042	8.80	- 5.54	374.92
- 35	12.993	7.95	- 5.31	285.85
- 30	10.017	7.14	- 5.10	220.38
- 25	7.8037	6.36	- 4.90	171.68
- 20	6.1382	5.61	- 4.71	135.04
- 15	4.8719	4.89	- 4.53	107.18
- 10	3.8996	4.20	- 4.37	85.79
- 5	3.1461	3.53	- 4.22	69.21
0	2.5571	2.89	- 4.07	56.26
5	2.0930	2.27	- 3.94	46.05
10	1.7245	1.67	- 3.81	37.94
15	1.4298	1.10	- 3.69	31.45
20	1.1924	0.54	- 3.57	26.23
25	1.0000	0.00	- 3.47	22.00
30	0.8431	0.52	- 3.36	18.55
35	0.7144	1.02	- 3.26	15.72
40	0.6083	1.51	- 3.17	13.38
45	0.5203	1.98	- 3.08	11.45
50	0.4470	2.44	- 3.00	9.83
55	0.3856	2.88	- 2.92	8.48
60	0.3339	3.32	- 2.84	7.35
65	0.2903	3.73	- 2.76	6.39
70	0.2533	4.14	- 2.69	5.57
75	0.2218	4.53	- 2.62	4.88
80	0.1948	4.91	- 2.56	4.29

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables
				6.229
85	0.1717	5.29	- 2.50	3.78
90	0.1518	5.65	- 2.44	3.34
95	0.1346	6.00	- 2.38	2.96
100	0.1196	6.34	- 2.32	2.63
105	0.1067	6.68	- 2.27	2.35
110	0.0954	7.00	- 2.22	2.10
115	0.0855	7.32	- 2.17	1.88
120	0.0768	7.62	- 2.12	1.69
125	0.0691	7.93	- 2.07	1.52
130	0.0624	8.22	- 2.03	1.37
135	0.0565	8.50	- 1.98	1.24
140	0.0512	8.78	- 1.94	1.13
145	0.0165	9.06	- 1.90	1.02
150	0.0423	9.32	- 1.86	0.93

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)		
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables		
				6.339	**6.479**	**6.689**
- 40	21.4241	9.51	- 5.94	707.00	1006.93	1456.84
- 35	16.0147	8.59	- 5.70	528.48	752.69	1089.00
- 30	12.1074	7.72	- 5.49	399.54	569.05	823.30
- 25	9.2511	6.87	- 5.28	305.29	434.80	629.07
- 20	7.1395	6.06	- 5.09	235.60	335.56	485.49
- 15	5.5619	5.29	- 4.90	183.54	261.41	378.21
- 10	4.3715	4.54	- 4.73	144.26	205.46	297.26
- 5	3.4647	3.82	- 4.57	114.33	162.84	235.60
0	2.7678	3.12	- 4.42	91.34	130.09	188.21
5	2.2276	2.45	- 4.27	73.51	104.70	151.48
10	1.8057	1.81	- 4.13	59.59	84.87	122.79
15	1.4735	1.18	- 4.00	48.63	69.26	100.20
20	1.2102	0.58	- 3.88	39.94	56.88	82.29
25	1.0000	0.00	- 3.76	33.00	47.00	68.00
30	0.8311	0.56	- 3.64	27.43	39.06	56.51
35	0.6946	1.11	- 3.54	22.92	32.64	47.23
40	0.5835	1.63	- 3.43	19.26	27.42	39.68
45	0.4927	2.14	- 3.34	16.26	23.16	33.50
50	0.4180	2.64	- 3.24	13.79	19.65	28.42
55	0.3563	3.12	- 3.15	11.76	16.74	24.23
60	0.3050	3.58	- 3.07	10.06	14.33	20.74
65	0.2622	4.03	- 2.98	8.65	12.32	17.83
70	.02263	4.47	- 2.90	7.47	10.64	15.39
75	0.1961	4.90	- 2.83	6.47	9.22	13.33
80	0.1705	5.31	- 2.76	5.63	8.02	11.60
85	0.1489	5.71	- 2.69	4.91	7.00	10.12
90	0.1304	6.11	- 2.62	4.30	6.13	8.86
95	0.1146	6.49	- 2.55	3.78	5.38	7.79
100	0.1010	6.86	- 2.49	3.33	4.75	6.87
105	0.0893	7.22	- 2.43	2.95	4.20	6.07
110	0.0792	7.57	- 2.37	2.61	3.72	5.38
115	0.0704	7.91	- 2.32	2.32	3.31	4.79
120	0.0628	8.24	- 2.26	2.07	2.95	4.27
125	0.0561	8.57	- 2.21	1.85	2.64	3.82

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)		
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables		
				6.339	**6.479**	**6.689**
130	0.0503	8.88	- 2.16	1.66	2.37	3.42
135	0.0452	9.19	- 2.11	1.49	2.13	3.07
140	0.0407	9.49	- 2.07	1.34	1.91	2.77
145	0.0368	9.79	- 2.02	1.21	1.73	2.50
150	0.0333	10.08	- 1.98	1.10	1.56	2.26

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)					
				2381 640 .....; see note 1 AT END OF TABLES					
				6.101	**6.151**	**6.221**	**6.331**	**6.471**	**6.681**
- 40	21.9261	2.50	- 5.75	2192.6	2388.9	4823.7	7236	10503	14910
- 35	16.5224	2.26	- 5.57	1652.2	2478.4	3634.9	5452	7766	11235
- 30	12.5583	2.03	- 5.40	1255.8	1883.7	2762.8	4144	5902	8540
- 25	9.62492	1.80	- 5.24	962.5	1443.7	2117.5	3176	4524	6545
- 20	7.43618	1.59	- 5.08	743.6	1115.4	1636.0	2454	3495	5057
- 15	5.78976	1.39	- 4.93	579.0	868.5	1273.7	1911	2721	3937
- 10	4.54158	1.19	- 4.78	454.2	681.2	999.1	1499	1235	3088
- 5	3.58813	1.00	- 4.64	358.8	538.2	789.4	1184	1686	2440
0	2.85449	0.82	- 4.51	285.4	428.2	628.0	942.0	1342	1941
5	2.28599	0.64	- 4.38	228.6	342.9	502.9	754.4	1074	1554
10	1.84245	0.47	- 4.25	184.2	276.4	405.3	608.0	865.9	1253
15	1.49414	0.31	- 4.13	149.4	224.1	328.7	493.1	702.2	1016
20	1.21887	0.15	- 4.01	121.9	182.8	268.2	402.2	572.9	828.8
25	1.000	0.00	- 3.90	100.0	150.0	220.0	330.0	470.0	680.0
30	0.82494	0.15	- 3.80	82.5	123.7	181.5	272.2	387.7	561.0
35	0.68413	0.29	- 3.69	68.4	102.6	150.5	225.8	321.5	465.2
40	0.57025	0.43	- 3.59	57.0	85.5	125.5	188.2	268.0	387.8
45	0.47765	0.56	- 3.50	47.8	71.6	105.1	157.6	224.5	324.8
50	0.40198	0.69	- 3.40	40.2	60.3	88.4	132.7	188.9	273.3
55	0.33984	0.82	- 3.31	34.0	51.0	74.8	112.1	159.7	231.1
60	0.28856	0.94	- 3.23	28.9	43.3	63.5	95.23	135.6	196.2
65	0.24606	1.06	- 3.15	24.6	36.9	54.1	81.20	115.6	167.3
70	0.21067	1.17	- 3.07	21.1	31.6	46.3	69.52	99.00	143.3
75	0.18108	1.29	- 2.99	18.1	27.2	39.8	59.76	85.11	123.1
80	0.15623	1.39	- 2.91	15.6	23.4	34.4	51.56	73.43	106.2
85	0.13529	1.50	- 2.84	13.5	20.3	29.8	44.65	63.59	92.00
90	0.11757	1.60	- 2.77	11.8	17.6	25.9	38.80	55.26	79.95
95	0.10251	1.70	- 2.71	10.3	15.4	22.6	33.83	48.18	69.71
100	0.08968	1.80	- 2.64	8.97	13.5	19.7	29.59	42.15	60.98
105	0.07871	1.89	- 2.58	7.87	11.8	17.3	25.97	36.99	53.52
110	0.06928	1.99	- 2.52	6.93	10.4	15.2	22.86	32.56	47.11
115	0.06117	2.08	- 2.46	6.12	9.18	13.5	20.19	28.75	41.60
120	0.05416	2.16	- 2.41	5.42	8.12	11.9	17.87	25.46	36.83
125	0.04809	2.25	- 2.35	4.81	7.21	10.6	15.87	22.60	32.70
130	0.04282	2.33	- 2.30	4.28	6.42	9.42	14.13	20.12	29.11
135	0.03822	2.41	- 2.25	3.82	5.73	8.41	12.61	17.96	25.99
140	0.03420	2.49	- 2.20	3.42	5.13	7.52	11.29	16.07	23.25
145	0.03068	2.57	- 2.15	3.07	4.60	6.75	10.12	14.42	20.86
150	0.02758	2.65	- 2.10	2.76	4.14	6.07	9.10	12.96	18.76

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)		
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables		
				6.102	**6.152**	**6.202**
- 40	23.3402	1.65	- 6.06	23342	35013	46684
- 35	17.3347	1.49	- 5.84	17336	26004	34672
- 30	13.0166	1.34	- 5.62	13018	19526	26035
- 25	9.8764	1.19	- 5.42	9877	14816	19754
- 20	7.5682	1.05	- 5.23	7569	11353	15138
- 15	5.8541	0.92	- 5.05	5855	8782	11709
- 10	4.5688	0.79	- 4.87	4569	6854	9138
- 5	3.5961	0.66	- 4.71	3596	5395	7193
0	2.8533	0.54	- 4.55	2854	4280	5707
5	2.2815	0.43	- 4.40	2282	3422	4563
10	1.8376	0.31	- 4.26	1838	2457	3675
15	1.4904	0.21	- 4.12	1491	2236	2981
20	1.2169	0.10	- 3.99	1217	1826	2434
25	1.0000	0.00	- 3.87	1000	1500	2000
30	0.8266	0.10	- 3.75	826.7	1240	1653
35	0.6873	0.19	- 3.63	687.4	1031	1375
40	0.5746	0.28	- 3.53	574.6	861.9	1149
45	0.4827	0.37	- 3.42	482.7	724.1	965.0
50	0.4073	0.46	- 3.32	407.4	611.0	814.7
55	0.3452	0.54	- 3.23	345.2	517.8	690.5
60	0.2937	0.62	- 3.14	293.7	440.6	587.5
65	0.2508	0.70	- 3.05	250.8	376.2	501.7
70	0.2149	0.78	- 2.97	214.9	322.4	429.8
75	0.1847	0.85	- 2.89	184.8	277.1	369.5
80	0.1593	0.92	- 2.81	159.3	238.9	318.6
85	0.1377	0.99	- 2.73	137.7	206.6	275.5
90	0.11942	1.06	- 2.66	119.4	179.1	238.9
95	0.10380	1.13	- 2.59	103.8	155.7	207.6
100	0.09045	1.19	- 2.53	90.46	135.7	180.9
105	0.07900	1.25	- 2.46	79.00	118.5	158.0
110	0.06915	1.31	- 2.40	69.16	103.7	138.3
115	0.06066	1.37	- 2.34	60.66	90.99	121.3
120	0.05332	1.43	- 2.29	53.32	79.98	106.6
125	0.04696	1.49	- 2.23	46.96	70.44	93.9
130	0.04143	1.54	- 2.18	41.44	62.15	82.9
135	0.03662	1.60	- 2.13	36.63	54.94	73.3
140	0.03243	1.65	- 2.08	32.43	48.65	64.9
145	0.02877	1.70	- 2.03	28.77	43.16	57.5
150	0.02556	1.75	- 1.98	25.56	38.34	51.1

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (kΩ)					
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables					
				6.222	**6.272**	**6.332**	**6.472**	**6.682**	**6.103**
- 40	33.21	2.66	6.57	73.06	89.67	109.6	156.1	225.8	332.1
- 35	23.99	2.41	6.36	52.78	64.77	79.17	112.8	163.1	240.0
- 30	17.52	2.17	6.15	38.55	47.31	57.82	82.35	119.1	175.2
- 25	12.93	1.94	5.95	28.44	34.91	42.67	60.77	87.92	129.3
- 20	9.636	1.71	5.76	21.20	26.02	31.80	45.30	65.53	96.36
- 15	7.250	1.50	5.58	15.95	19.58	23.93	34.08	49.30	72.50
- 10	5.505	1.29	5.40	12.11	14.86	18.16	25.87	37.43	55.05
- 5	4.216	1.08	5.24	9.275	11.38	13.91	19.81	28.67	42.16
0	3.255	0.89	5.08	7.162	8.790	10.74	15.30	22.14	32.56

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (kΩ)					
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables					
				6.222	**6.272**	**6.332**	**6.472**	**6.682**	**6.103**
5	2.534	0.70	4.92	5.575	6.842	8.362	11.91	17.23	25.34
10	1.987	0.52	4.78	4.372	5.366	6.558	9.340	13.51	19.87
15	1.570	0.34	4.64	3.454	4.239	5.181	7.378	10.67	15.70
20	1.249	0.17	4.50	2.747	3.372	4.121	5.869	8.492	12.49
25	1.000	0.00	4.37	2.200	2.700	3.300	4.700	6.800	10.00
30	0.8059	0.16	4.25	1.773	2.176	2.660	3.788	5.480	8.059
35	0.6535	0.32	4.13	1.438	1.764	2.156	3.072	4.444	6.535
40	0.5330	0.47	4.02	1.173	1.439	1.759	2.505	3.624	5.330
45	0.4372	0.62	3.91	0.9618	1.180	1.443	2.055	2.972	4.372
50	0.3605	0.77	3.80	0.7932	0.973	1.190	1.694	2.451	3.606
55	0.2989	0.91	3.70	0.6575	0.807	0.9863	1.405	2.032	2.989
60	0.2490	1.05	3.60	0.5478	0.672	0.8217	1.170	1.693	2.490
65	0.2084	1.18	3.51	0.4586	0.562	0.6879	0.9797	1.417	2.084
70	0.1753	1.31	3.42	0.3857	0.473	0.5785	0.8239	1.192	1.753
75	0.1481	1.44	3.33	0.3258	0.399	0.4887	0.6960	1.007	1.481
80	0.1256	1.57	3.25	0.2764	0.339	0.4146	0.5905	0.8544	1.256
85	0.1070	1.69	3.16	0.2355	0.289	0.3532	0.5031	0.7278	1.070
90	0.09154	1.81	3.09	0.2014	0.247	0.3021	0.4303	0.6225	0.9154
95	0.07860	1.93	3.01	0.1729	0.212	0.2594	0.3694	0.5345	0.7860
100	0.06773	2.04	2.94	0.1490	0.182	0.2235	0.3183	0.4607	0.6773
105	0.05858	2.15	2.87	0.1289	0.158	0.1933	0.2753	0.3983	0.5858
110	0.05083	2.26	2.80	0.1118	0.137	0.1677	0.2389	0.3457	0.5083
115	0.04426	2.37	2.73	0.0974	0.1195	0.1461	0.2080	0.3010	0.4426
120	0.03866	2.47	2.67	0.0851	0.1044	0.1276	0.1817	0.2629	0.3866
125	0.03387	2.57	2.61	0.0745	0.0915	0.1118	0.1592	0.2303	0.3387
130	0.02977	2.67	2.55	0.0655	0.0804	0.0982	0.1399	0.2024	0.2977
135	0.02624	2.77	2.49	0.0577	0.0709	0.0866	0.1233	0.1784	0.2624
140	0.02319	2.86	2.43	0.0510	0.0626	0.0765	0.1090	0.1577	0.2319
145	0.02055	2.96	2.38	0.0452	0.0555	0.0678	0.0966	0.1398	0.2055
150	0.01826	3.05	2.33	0.0402	0.0493	0.0603	0.0858	0.1242	0.1826

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)		
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables		
				6.123	**6.153**	**6.223**
- 40	25.78	6.81	6.09	309.4	386.8	567.2
- 35	19.13	6.16	5.89	229.5	286.9	420.8
- 30	14.32	5.53	5.70	171.8	214.8	315.0
- 25	10.82	4.93	5.52	129.8	162.3	238.0
- 20	8.245	4.35	5.35	98.93	123.7	181.4
- 15	6.335	3.80	5.19	76.02	95.03	139.4
- 10	4.907	3.26	5.03	58.88	73.60	107.9
- 5	3.830	2.74	4.88	45.95	57.44	84.25
0	3.011	2.24	4.73	36.13	45.16	66.24
5	2.384	1.76	4.60	28.60	35.76	52.45
10	1.900	1.30	4.46	22.80	28.50	41.81
15	1.525	0.85	4.34	18.30	22.87	33.55
20	1.231	0.42	4.21	14.77	18.47	27.09
25	1.000	0.00	4.10	12.00	15.00	22.00
30	0.8170	0.41	3.98	9.804	12.26	17.97
35	0.6712	0.80	3.88	8.054	10.07	14.77
40	0.5543	1.19	3.77	6.652	8.315	12.20

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (Ω)		
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables		
				6.123	**6.153**	**6.223**
45	0.4602	1.57	3.67	5.522	6.903	10.12
50	0.3839	1.94	3.57	4.607	5.759	8.447
55	0.3219	2.30	3.48	3.862	4.828	7.081
60	0.2710	2.65	3.39	3.252	4.067	5.963
65	0.2293	2.99	3.30	2.751	3.439	5.044
70	0.1947	3.33	3.22	2.337	2.921	4.284
75	0.1661	3.66	3.14	1.993	2.492	3.654
80	0.1422	3.98	3.06	1.707	2.134	3.129
85	0.1223	4.29	2.99	1.467	1.834	2.690
90	0.1055	4.60	2.92	1.266	1.583	2.321
95	0.09135	4.90	2.85	1.096	1.370	2.010
100	0.07937	5.19	2.78	0.9524	1.190	1.746
105	0.06919	5.48	2.71	0.8302	1.038	1.522
110	0.06050	5.76	2.65	0.7260	0.9075	1.331
115	0.05307	6.04	2.59	0.6369	0.7961	1.168
120	0.04670	6.31	2.53	0.5604	0.7005	1.027
125	0.04121	6.57	2.47	0.4945	0.6181	0.9065

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (kΩ)	
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables	
				6.333	**6.473**
- 40	33.81	5.55	6.55	1116	1589
- 35	24.50	5.02	6.34	808.6	1151
- 30	17.93	4.52	6.15	591.7	842.8
- 25	13.25	4.03	5.96	437.1	622.6
- 20	9.875	3.56	5.78	325.9	464.1
- 15	7.425	3.10	5.61	245.0	349.0
- 10	5.630	2.67	5.45	185.8	264.6
- 5	4.304	2.24	5.29	142.0	202.3
0	3.315	1.84	5.14	109.4	155.8
5	2.573	1.44	4.99	84.91	120.9
10	2.011	1.07	4.85	66.37	94.53
15	1.583	0.70	4.72	52.24	74.40
20	1.254	0.34	4.59	41.39	58.95
25	1.000	0.00	4.46	33.00	47.00
30	0.8024	0.33	4.34	26.47	37.71
35	0.6474	0.66	4.23	21.37	30.43
40	0.5255	0.98	4.12	17.34	24.70
45	0.4288	1.28	4.01	14.15	20.15
50	0.3518	1.59	3.91	11.61	16.53
55	0.2901	1.88	3.81	9.572	13.63
60	0.2403	2.17	3.71	7.931	11.30
65	0.2001	2.45	3.62	6.603	9.404
70	0.1674	2.72	3.53	5.522	7.865
75	0.1406	2.99	3.44	4.639	6.607
80	0.1186	3.25	3.36	3.913	5.573
85	0.1004	3.51	3.28	3.315	4.721
90	0.08542	3.76	3.20	2.819	4.015
95	0.07292	4.00	3.13	2.406	3.427
100	0.06248	4.24	3.06	2.062	2.936
105	0.05372	4.47	2.98	1.773	2.525
110	0.04635	4.70	2.92	1.530	2.179

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (kΩ)	
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables	
				6.333	**6.473**
115	0.04013	4.93	2.85	1.342	1.886
120	0.03485	5.15	2.79	1.150	1.638
125	0.03037	5.36	2.73	1.002	1.427
130	0.02654	5.57	2.67	0.8757	1.247
135	0.02326	5.78	2.61	0.7675	1.093
140	0.02044	5.98	2.55	0.6746	0.9608
145	0.01802	6.18	2.50	0.5945	0.8468
150	0.01592	6.37	2.44	0.5254	0.7483

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (kΩ)	
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables	
				6.683	**6.104**
- 40	36.66	5.69	6.70	2493	3666
- 35	26.38	5.15	6.49	1794	2638
- 30	19.17	4.63	6.29	1303	1917
- 25	14.06	4.13	6.10	956.2	1406
- 20	10.41	3.65	5.92	708.0	1041
- 15	7.779	3.18	5.74	528.9	777.9
- 10	5.861	2.73	5.57	398.5	586.1
- 5	4.453	2.30	5.41	302.8	445.3
0	3.409	1.88	5.26	231.8	340.9
5	2.631	1.48	5.11	178.9	263.1
10	2.044	1.09	4.97	139.0	204.4
15	1.600	0.72	4.83	108.8	160.0
20	1.261	0.35	4.70	85.74	126.1
25	1.000	0.00	4.57	68.00	100.0
30	0.7981	0.34	4.45	54.27	79.81
35	0.6408	0.67	4.35	43.57	64.08
40	0.5175	1.00	4.22	35.19	51.74
45	0.4202	1.32	4.11	28.57	42.02
50	0.3431	1.63	4.00	23.33	34.31
55	0.2816	1.93	3.90	19.15	28.16
60	0.2322	2.22	3.80	15.79	23.22
65	0.1925	2.51	3.71	13.09	19.25
70	0.1602	2.79	3.62	10.90	16.03
75	0.1340	3.06	3.53	9.114	13.40
80	0.1126	3.33	3.45	7.655	11.26
85	0.09496	3.59	3.36	6.457	9.496
90	0.08042	3.85	3.28	5.469	8.042
95	0.06837	4.10	3.21	4.649	6.837
100	0.05835	4.35	3.13	3.968	5.835
105	0.04998	4.59	3.06	3.399	4.998
110	0.04296	4.82	2.99	2.921	4.296
115	0.03705	5.05	2.92	2.519	3.705
120	0.03206	5.28	2.86	2.180	3.206
125	0.02783	5.50	2.80	1.892	2.783

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (kΩ)	
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables	
				6.154	**6.224**
- 40	41.02	10.10	6.89	6153	9024
- 35	29.29	9.12	6.68	4394	6444
- 30	21.12	8.18	6.48	3168	4646
- 25	15.37	7.28	6.29	2305	3381
- 20	11.28	6.42	6.11	1693	2483
- 15	8.358	5.59	5.93	1254	1839
- 10	6.242	4.80	5.76	936.4	1373
- 5	4.700	4.03	5.60	705.0	1034
0	3.567	3.30	5.44	535.0	784.7
5	2.727	2.59	5.29	409.1	600.0
10	2.101	1.90	5.15	315.1	462.1
15	1.629	1.25	5.01	244.4	358.4
20	1.272	0.61	4.88	190.8	279.9
25	1.000	0.00	4.75	150.0	220.0
30	0.7910	0.59	4.62	118.6	174.0
35	0.6295	1.18	4.51	94.42	138.5
40	0.5039	1.74	4.39	75.58	110.9
45	0.4056	2.30	4.28	60.85	89.24
50	0.3283	2.84	4.17	49.25	72.24
55	0.2672	3.37	4.07	40.08	58.78
60	0.2185	3.89	3.97	32.78	48.08
65	0.1796	4.40	3.87	26.94	39.51
70	0.1483	4.90	3.78	22.25	32.63
75	0.1231	5.39	3.69	18.46	27.07
80	0.1025	5.86	3.60	15.38	22.56
85	0.08582	6.33	3.52	12.87	18.88
90	0.07213	6.79	3.44	10.82	15.87
95	0.06086	7.24	3.36	9.129	13.39
100	0.05155	7.68	3.28	7.732	11.34
105	0.04383	8.11	3.21	6.574	9.642
110	0.03740	8.53	3.14	5.610	8.228
115	0.03203	8.94	3.07	4.804	7.046
120	0.02752	9.35	3.00	4.128	6.054
125	0.02372	9.75	2.94	3.559	5.219

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (kΩ)	
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables	
				6.334	**6.474**
- 40	48.62	6.22	7.13	16044	22850
- 35	34.19	5.63	6.91	11282	16068
- 30	24.28	5.06	6.71	8013	11413
- 25	17.42	4.51	6.52	5747	8185
- 20	12.61	3.98	6.33	4161	5926
- 15	9.211	3.47	6.15	3040	4329
- 10	6.788	2.98	5.98	2240	3190
- 5	5.045	2.51	5.82	1665	2371
0	3.781	2.06	5.66	1248	1776
5	2.855	1.62	5.50	942.3	1342
10	2.173	1.19	5.36	717.1	1021
15	1.666	0.78	5.22	549.8	783.0
20	1.286	0.38	5.08	424.5	604.6
25	1.000	0.00	4.95	330.0	470.0

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES

T_{OPER} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (kΩ)	
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables	
				6.334	**6.474**
30	0.7825	0.37	4.82	258.2	367.8
35	0.6163	0.74	4.70	203.4	289.6
40	0.4883	1.09	4.59	161.1	229.5
45	0.3892	1.44	4.47	128.4	182.9
50	0.3120	1.77	4.36	103.0	146.7
55	0.2515	2.10	4.26	83.00	118.2
60	0.2038	2.43	4.15	67.26	95.80
65	0.1660	2.74	4.06	54.79	78.03
70	0.1359	3.05	3.96	44.86	63.88
75	0.1118	3.35	3.87	36.90	52.55
80	0.09240	3.64	3.78	30.49	43.43
85	0.07670	3.93	3.69	25.31	36.05
90	0.06395	4.21	3.61	21.10	30.06
95	0.05354	4.48	3.53	17.67	25.16
100	0.04501	4.75	3.45	14.85	21.15
105	0.03798	5.01	3.37	12.53	17.85
110	0.03218	5.27	3.30	10.70	15.12
115	0.02736	5.52	3.23	9.029	12.86
120	0.02335	5.77	3.16	7.704	10.97
125	0.01999	6.01	3.09	6.597	9.396

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES WITH R_{25} AT 68 kΩ AND 100 kΩ

T_{AMB} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (kΩ)	
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables	
				6.683	**6.104**
- 40	36.66	5.69	6.70	2493	3666
- 35	26.38	5.15	6.49	1794	2638
- 30	19.17	4.63	6.29	1303	1917
- 25	14.06	4.13	6.10	956.2	1406
- 20	10.41	3.65	5.92	708.0	1041
- 15	7.779	3.18	5.74	528.9	777.9
- 10	5.861	2.73	5.57	398.5	586.1
- 5	4.453	2.30	5.41	302.8	445.3
0	3.409	1.88	5.26	231.8	340.9
5	2.631	1.48	5.11	178.9	263.1
10	2.044	1.09	4.97	139.0	204.4
15	1.600	0.72	4.83	108.8	160.0
20	1.261	0.35	4.70	85.74	126.1
25	1.000	0.00	4.57	68.00	100.0
30	0.7981	0.34	4.45	54.27	79.81
35	0.6408	0.67	4.35	43.57	64.08
40	0.5175	1.00	4.22	35.19	51.74
45	0.4202	1.32	4.11	28.57	42.02
50	0.3431	1.63	4.00	23.33	34.31
55	0.2816	1.93	3.90	19.15	28.16
60	0.2322	2.22	3.80	15.79	23.22
65	0.1925	2.51	3.71	13.09	19.25
70	0.1602	2.79	3.62	10.90	16.03
75	0.1340	3.06	3.53	9.114	13.40
80	0.1126	3.33	3.45	7.655	11.26
85	0.09496	3.59	3.36	6.457	9.496
90	0.08042	3.85	3.28	5.469	8.042

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES WITH R_{25} AT 68 kΩ AND 100 kΩ

T_{AMB} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (kΩ)	
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables	
				6.683	**6.104**
95	0.06837	4.10	3.21	4.649	6.837
100	0.05835	4.35	3.13	3.968	5.835
105	0.04998	4.59	3.06	3.399	4.998
110	0.04296	4.82	2.99	2.921	4.296
115	0.03705	5.05	2.92	2.519	3.705
120	0.03206	5.28	2.86	2.180	3.206
125	0.02783	5.50	2.80	1.892	2.783

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES WITH R_{25} AT 470 kΩ

T_{AMB} (°C)	R_T/R_{25}	ΔR DUE TO B-TOLERANCE (%)	TCR (%/K)	R_{25} (kΩ)
				2381 640 .....; see note 1 at end of tables
				5.474
- 40	48.62	6.22	7.13	22850
- 35	34.19	5.63	6.91	16068
- 30	24.28	5.06	6.71	11413
- 25	17.42	4.51	6.52	8185
- 20	12.61	3.98	6.33	5926
- 15	9.211	3.47	6.15	4329
- 10	6.788	2.98	5.98	3190
- 5	5.045	2.51	5.82	2371
0	3.781	2.06	5.66	1776
5	2.855	1.62	5.50	1342
10	2.173	1.19	5.36	1021
15	1.666	0.78	5.22	783.0
20	1.286	0.38	5.08	604.6
25	1.000	0.00	4.95	470.0
30	0.7825	0.37	4.82	367.8
35	0.6163	0.74	4.70	289.6
40	0.4883	1.09	4.59	229.5
45	0.3892	1.44	4.47	182.9
50	0.3120	1.77	4.36	146.7
55	0.2515	2.10	4.26	118.2
60	0.2038	2.43	4.15	95.80
65	0.1660	2.74	4.06	78.03
70	0.1359	3.05	3.96	63.88
75	0.1118	3.35	3.87	52.55
80	0.09240	3.64	3.78	43.43
85	0.07670	3.93	3.69	36.05
90	0.06395	4.21	3.61	30.06
95	0.05354	4.48	3.53	25.16
100	0.04501	4.75	3.45	21.15
105	0.03798	5.01	3.37	17.85
110	0.03218	5.27	3.30	15.12
115	0.02736	5.52	3.23	12.86
120	0.02335	5.77	3.16	10.97
125	0.01999	6.01	3.09	9.396

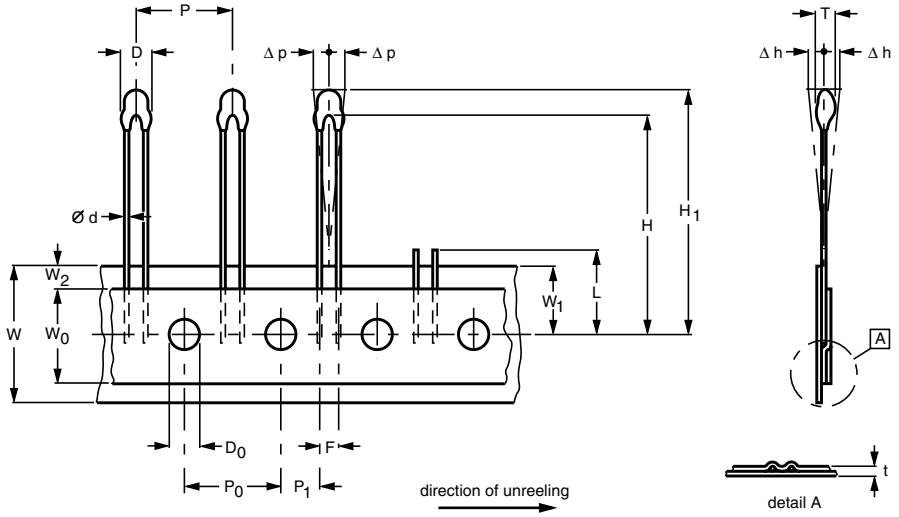
Note to Resistance Values At Intermediate Temperature Tables

1. Replace dot in last 5 digits of catalog number by a number according to the following details and depending on tolerance on required R_{25} - value: 4 for a tolerance of ± 2 %; 6 for a tolerance of ± 3 %; 3 for a tolerance of ± 5 %; 2 for a tolerance of ± 10 %.

PACKAGING

TAPE SPECIFICATIONS

Thermistors on tape



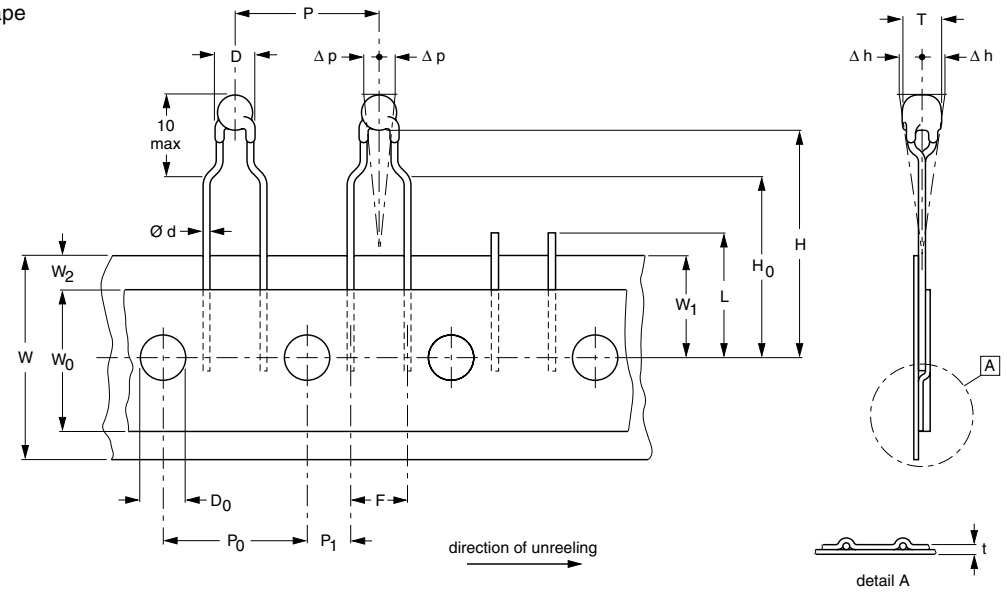
1E pitch
2322 640 4....

DIMENSIONS OF TAPE IN ACCORDANCE WITH "IEC 60286-2"			
SYMBOL	PARAMETER	DIMENSIONS (mm)	
		VALUE	TOLERANCE
D	body diameter[2)]	3.3	± 0.5
T	maximum total thickness	≤ 3	-
d	lead diameter	0.6	± 0.06
P	pitch between thermistors	12.7	± 1
P_0	feed-hole pitch (cumulative pitch error ± 0.2 mm/20 products)	12.7	± 0.3
P_1	feed-hole centre to lead centre	5.08	± 0.7
Δp	component alignment	0	± 1.3
F	lead-to-lead distance	2.54	± 0.3
Δh	component alignment	0	± 2
W	tape width	18.0	+ 1/- 0.5
W_0	hold-down tape width	≥ 12.5	-
W_1	feed-hole position	9.0	± 0.5
W_2	hold-down tape position	≤ 3	-
H	component to tape centre	22[1)]	± 1
H_1	component height	≤ 32	-
L	length of snipped lead	≤ 11	-
D_0	feed-hole diameter	4.0	± 0.2
t	total tape thickness with cardboard tape 0.5 ± 0.1 mm	0.65	± 0.2
	inspection level: S3 mechanical	-	1 %

Notes

1. Taped products with H = 45 ± 1, are available on request
2. D ≤ 5 max for 6404.338 to 221

Thermistors on tape



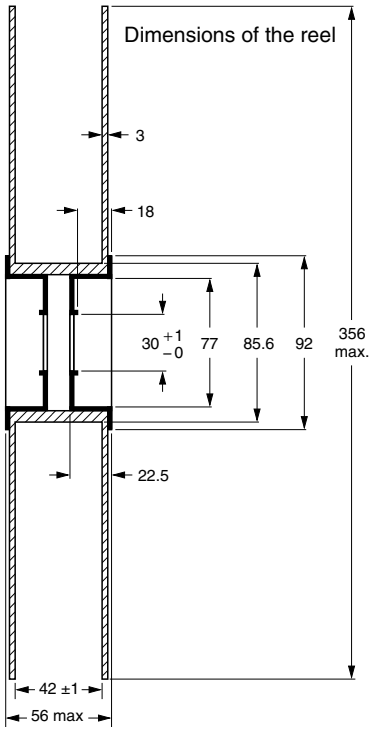
2E pitch
2322 640 3....

DIMENSIONS OF TAPE IN ACCORDANCE WITH "IEC 60286-2"			
SYMBOL	**PARAMETER**	**DIMENSIONS (mm)**	
		VALUE	**TOLERANCE**
D	body diameter[1)]	3.3	± 0.5
T	maximum total thickness[2)]	≤ 3.2	-
d	lead diameter	0.6	± 0.06
P	pitch between thermistors	12.7	± 1
P_0	feed-hole pitch (cumulative pitch error ± 0.2 mm/20 products)	12.7	± 0.3
P_1	feed-hole centre to lead centre	3.85	± 0.7
Δp	component alignment	0	± 1.3
F	lead-to-lead distance	5.08	± 0.3
Δh	component alignment	0	± 2
W	tape width	18.0	+ 1/- 0.5
W_0	hold-down tape width	≥ 12.5	-
W_1	feed-hole position	9.0	+ 0.75/- 0.5
W_2	hold-down tape position	≤ 3	-
H	component to tape centre	20	+ 2
H_0	lead wire clinch height	16	± 0.5
L	length of snipped lead	≤ 11	-
D_0	feed-hole diameter	4.0	± 0.3
t	total tape thickness with cardboard tape 0.5 ± 0.1 mm	0.7	± 0.2
	inspection level: S3 mechanical	-	1 %

Notes

1. D ≤ 5 max for 640 3. 338 to 640 4. 221
2. T ≤ 4 max for 640 3. 338 to 640 4. 221

REEL SPECIFICATIONS



CODE NUMBERS AND RELEVANT PACKAGING QUANTITIES			
PARAMETER	**BULK**	**TAPE AND REEL[1] 1E pitch**	**TAPE AND REEL[1] 2E pitch**
	2381 640 6..../ NTCLE100E3....B0	**2381 640 4..../ NTCLE100E3....T1**	**2381 640 3..../ NTCLE100E3....T2**
Quantity	500	1500 per reel, 2 reels per box	1500 per reel, 2 reels per box

Note

1. The maximum number of emptz places per seel shall not exceed 0.1 % of the total number of components per reel. With no consecutive positions empty.

CHARACTERISTICS OF TAPED PRODUCTS

Minimum pull-out force of the component: 5 N

Minimum peel-off force of adhesive tape: 6N

Minimum tearing force tape: 15 N

Minimum pull-off force of tape-reel: 5 N

STORAGE CONDITIONS

Storage temperature range: - 25 to + 40 °C

Maximum relative humidity: 80 %

TESTS AND REQUIREMENTS

Essentially all tests are carried out in accordance with “IEC publication 60068-2; Environmental testing”, except where indicated.

STABILITY TESTS				
CECC 32 100 CLAUSE	**IEC 60068-2 TEST METHOD**	**TEST**	**PROCEDURE**	**REQUIREMENTS**
D3; 4.20.1		endurance	25 °C; 1000 hours	$\Delta R/R < 1$ %
	1	endurance	- 40 °C; 1000 hours	$\Delta R/R < 1$ %
	539	endurance	500 mW; 55 °C; 1000 hours	$\Delta R/R < 3$ %[1]
	2	dry heat, (steady state)	125 °C; 1000 hours	$\Delta R/R < 3$ %
D1; 4.19	3	damp heat (steady state)	56 days at 40 °C; 90 to 95 % RH	$\Delta R/R < 3$ %
C2; 4.14	14	rapid change of temperature	- 40 °C to + 125 °C; 50 cycles	$\Delta R/R < 2$ %
Other applicable tests				
	21	robustness of leads: tensile strength bending	loading force 10 N loading force 5 N	$\Delta R/R \leq 1$ %
	58	soldering: solderability resistance to heat	240 °C max.; duration 4 s max. 265 °C max.; duration 5 s max.	$\Delta R/R \leq 1$ %[2]
	27	impact	free fall; 1 m	$\Delta R/R \leq 1$ %
	29	shock	490 m/s; half sinewave	$\Delta R/R \leq 1$ %
	45	resistance to solvent (isopropanol)	ambient temp for 5 min; 5 N with hydrophylic cotton wool	no traces of lacquer on cotton wool
	6	vibration	1.5 mm peak to peak: 10 to 58 Hz 10 gp: 50 to 500 Hz 1 octave/min. 2 hours in each direction in three orthogonal directions	no visible damage $\Delta R/R < 1$ %
	2	inflammability	1980, needle flame test	non-flammable

Notes

1. For $R_{25} \geq 100$ kΩ the drift requirement is $\Delta R/R < 5$ %
2. For R_{25} from 2.2 kΩ to 10 kΩ, requirement is ± 2 % max

Notice

Specifications of the products displayed herein are subject to change without notice. Vishay Intertechnology, Inc., or anyone on its behalf, assumes no responsibility or liability for any errors or inaccuracies.

Information contained herein is intended to provide a product description only. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document. Except as provided in Vishay's terms and conditions of sale for such products, Vishay assumes no liability whatsoever, and disclaims any express or implied warranty, relating to sale and/or use of Vishay products including liability or warranties relating to fitness for a particular purpose, merchantability, or infringement of any patent, copyright, or other intellectual property right.

The products shown herein are not designed for use in medical, life-saving, or life-sustaining applications. Customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Vishay for any damages resulting from such improper use or sale.