

# **SENSORES DE TEMPERATURA**

Realizado por:

Jesús Bausà Aragonés  
Carlos García Gómez  
Benito Zaragozaí Zaragozaí  
Alex Gil Martínez  
Daniel Moreno Campos  
Antonio Galiana Llinares

## ÍNDICE

Introducción.....	3
Clasificación.....	4
Termocuplas.....	5
Termistores.....	13
Termómetros infrarrojos.....	17
Termorresistencia.....	22
Tabla de componentes.....	25
Aplicaciones.....	28
Monitor de vigilancia de la temperatura del frigorífico.....	28
Termómetro digital con interfaz rs-232.....	32
Termómetro con un ds 1621.....	37
Sensor de flujo de aire y temperatura tmp12.....	41
Alarma sobret temperatura.....	44
Detector de máx. Temp. Para controlador de ventilador.....	47
Acondicionadores de señal.....	48
Bibliografía.....	50

## INTRODUCCIÓN

Podría decirse que la instrumentación trata las técnicas, recursos y métodos relacionados en la concepción de dispositivos para mejorar o aumentar la eficacia de los mecanismos de percepción y comunicación del hombre.

La instrumentación comprende dos campos principales: instrumentación e instrumentación de control. En general, en el diseño de los sistemas de medida la atención se centra en el tratamiento de las señales o magnitudes de entrada, mientras que en los sistemas de control se da especial importancia al tratamiento de señales de salida. En el primer caso son de interés los captadores o sensores y transductores, mientras que en el segundo los dispositivos más relevantes son los accionadores o actuadores.

De hecho, en muchos sistemas coexisten equipos de captación y medida de diversos parámetros con equipos de accionamiento que, directa o indirectamente, influyen de algún modo sobre dichos parámetros de acuerdo con criterios de tratamiento de datos preestablecidos.

La recogida de datos en sistemas de gran complejidad, en donde el tratamiento matemático es realizado por un equipo central, se resuelve recurriendo a procedimientos de exploración cíclica o multiplexado por razones económicas y de capacidad de las instalaciones. Para la realización de este proceso, suelen utilizarse conmutadores de estado sólido que transfieren la información de cada uno de los varios canales de entrada a un canal de salida compartido asociado con el equipo de tratamiento principal. Estos dispositivos de conmutación, en diferentes versiones, existen como circuitos integrados o híbridos digitales y analógicos.

## CLASIFICACIÓN

En la actualidad hay muchas formas de medir la temperatura con todo tipo de sensores de diversas naturalezas. La ingeniería de control de procesos ha inventado, perfeccionado e innovado a la hora de disponer de sensores que les ayuden a controlar los cambios de temperatura en procesos industriales. La siguiente tabla podría dar una muestra de la gran variedad de dispositivos capaces de medir la temperatura:

### DISPOSITIVOS DE MEDICION DE TEMPERATURA

<b>Eléctricos</b>	<b>Mecánicos</b>	<b>Radiación térmica</b>	<b>Varios</b>
Termocuplas	Sistemas de dilatación	Pirómetros de radiación	Indicadores de color
Termorresistencias	Termómetros de vidrio con líquidos	- Total ( banda ancha )	- Lápices
Termistores	Termómetros bimetalicos	- Óptico	- Pinturas
Diodos		- Pasabanda	Sondas neumáticas
Sensores de silicio con efecto resistivo		- Relación	Sensores ultrasónicos
		Termómetros infrarrojos	Indicadores pirométricos
			Termómetros acústicos
			Cristales líquidos
			Sensores fluidicos.
			Indicadores de luminiscencia (Termografía )

A pesar de que en la anterior tabla no están reflejados todos los tipos de sensores de temperatura existentes, sí podríamos centrarnos en hablar de unos cuantos verdaderamente extendidos en la industria, y en especial, de los que podríamos usar en circuitos electrónicos junto con microcontroladores y otros sistemas electrónicos digitales para conseguir unos determinados resultados para los que conjuntamos todos los dispositivos que acabamos de mencionar

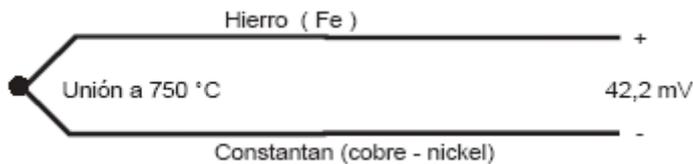
#### Rangos de temperatura correspondientes a los métodos mas comunes de medición

<b>SISTEMA</b>	<b>RANGO EN °C</b>
Termocuplas	-200 a 2800
Sistemas de dilatación (capilares o bimetalicos )	-195 a 760
Termorresistencias	-250 a 850
Termistores	-195 a 450
Pirómetros de radiación	-40 a 4000

Sin duda son los sensores de tipo eléctrico los que más extensión tiene hoy día en la medición de temperatura. Cada uno de este tipo de sensores tienen unas cualidades especiales que los convierten en más convenientes para un determinado proceso u objetivo.

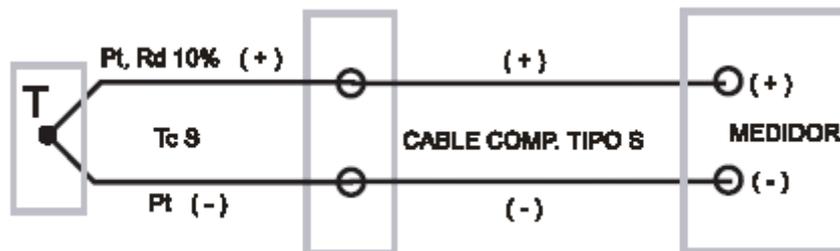
## TERMOCUPLAS

Las termocuplas son los sensores de temperatura eléctricos más utilizados en la industria. Una termocupla se hace con dós alambres de distinto material unidos en un extremo, al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño, del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura. Este sería un esquema de ejemplo de una termocupla cualquiera.



Estos dispositivos suelen ir encapsulados en vainas, para protegerlos de las condiciones extremas en ocasiones del proceso industrial que tratan de ayudar a controlar, por ejemplo suele utilizarse acero inoxidable para la vaina, de manera que en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio ( cabezal ). Además según la distancia a los aparatos encargados de tratar la pequeña señal eléctrica de estos transductores, también deben utilizarse cables compensados para transportar esta señal sin que la modifique o la modifique de una manera fácilmente reconcilable y reversible para los dispositivos de tratamiento de la señal. También se da el caso de que los materiales empleados en la termocupla como el platino puro, hagan inviable económicamente extender la longitud de los terminales de medición de la termocupla

Esquema de conexión de cable compensado y termocupla:



Los cables compensados tienen una polaridad de conexión (+) y (-) que al conectarse con la termocupla se debe respetar. Es importantísimo que estos dós cables compensados sean para el tipo de termocupla que se está usando y además estén conectados con la polaridad correcta (+) con (+) y (-) con (-). De otra forma será imposible obtener una medición sin error.

Las termocuplas podrían clasificarse atendiendo a varios criterios como material del que están construidas, su tolerancia o desviación, etc. Durante varios años ha habido diferentes organismos de estandarización de nacionalidades diferentes intentando normalizar la gran variedad de este tipo de sensores e incluso unificar sus criterios de normalización.

## ATENDIENDO A LOS MATERIALES DE FABRICACION

Las Termocuplas estándar:

Hay siete tipos de termocuplas que tienen designaciones con letras elaboradas por el Instrument Society of America (ISA). El U.S. National Bureau of Standardg (NBS), por su parte, ha preparado tablas de correlación temperatura fem para estas termocuplas, las que han sido publicadas por el American National Standards Institute (ANSI) y el American Society for Testing and Materials (ASTM).

Durante el año 1986. se ha procedido a uniformar las normas europeas DIN (alemanas), BS (inglesas), NF (francesas) y las antedichas ANSI (norteamericanas) en cuanto a la correlación de temperaturas y fem, así como en lo que hace a las tolerancias de estas fem en las distintas aleaciones.

Composición, rango de temperaturas, diámetros de alambre apropiado y fuerzas electromotrices (fem) correspondientes a distintas termocuplas

<u>Tipo</u>	<u>Denominación</u>	<u>Composición y símbolo</u>	<u>Rango de temperaturas (1)</u>	<u>Diámetro del alambre apropiado (2)</u>	<u>F.e.m.en mV (3)</u>
<b>B</b>	Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%	PtRh 30% - PtRh 6%	0 ...1.500 (1.800)	0,35 y 0,5 mm	0...10,094 (13,585)
<b>R</b>	Platino-rodio 13% vs. platino	PtRh 13% - Pt	0...1.400 (1.700)	0,35 y 0,5 mm	0.16,035 (20,215)
<b>S</b>	Platino-rodio 10% vs. platino	PtRh 10% - Pt	0...1300(1.600)	0,35 y 0,5 mm	0...13,155 (15,576)
<b>J</b>	Hierro vs. constatan	Fe - CuNi	-200 ... 700 (900) -200 ... 600 (800)	3 mm 1mm	-7.89 ... 39,130 (51,875) -7.89 ... 33,096 (45,498)
<b>K</b>	Niquel-cromo vs. níquel (Chromel vs. Alumel )	NiCr - Ni	0...1000(1.300) 0 ... 900 (1.200)	3 ó 2 mm 1,38 mm	0...41,269 (52,398) 0...37,325 (48,828)
<b>T</b>	Cobre vs. constatan	Cu - CuNi	-200 ... 700 (900)	0,5 mm	-5,60 ... 14,86 (20,86)
<b>E</b>	Niquel-cromo vs. constatan (Chromel vs. constatan )	NiCr - CuNi	-200 ... 600 (800)	3 mm	-9,83 ... 53,11 (68,78) -8,83 ... 45,08 (61,02)

Los valores entre paréntesis son los admitidos en intervalos cortos (no permanentes )

(2) Los diámetros de alambres no son indicativos

(3) Valores de fem (mV) en función de ° C , referencia junta fría 0° C.

Las Termocuplas no estándar:

Hay muchos otros materiales que se utilizan para construir termocuplas además de aquellos que tienen asignada una denominación con letra por la ISA (IEC). Estas otras termocuplas exhiben características especiales que no se encuentran en los tipos estándar, lo cual las hace adecuadas para aplicaciones especiales. las características y la fem de salida pueden variar de un fabricante a otro, razón por la que se debe consultar al fabricante en relación a aplicaciones específicas.

Hay una aleación en particular, que debemos considerar por separado. Se trata de la aleación hierro-constantán Fe - CuNi. quizás la más difundida antes de la homologación de las normas ANSI MC 96.1 (IPTS - 68) y DIN 43710, las más importantes a nivel mundial.

Características de las termocuplas no estándar:

Marcas registradas de :

- (1) Amax Speciality Metals Corp.
- (2) Amax Speciality Metals Corp.
- (3) Engelhard Industries Div. Engelhard Corp.
- (4) Driver - Harris Co.
- (5) Thermo-Kanthal Co.
- (6) Hoskins manufacturing Co.

## Composición

## Características

NicroSil(1) - NiSil(2) - ( níquel - cromo - silicio vs. níquel - silicio)	Calibración desde - 240 a 1.230°C; similar a la termocupla Tipo K, con una mejor estabilidad y mayor vida útil .
Platino - 20% rodio vs. platino - 5% rodio	Mayor vida útil respecto a las termocuplas tipos R, S y B a temperaturas más elevadas .
Platino - 40% rodio vs. platino - 20% rodio	Mayor vida útil respecto a las termocuplas tipos R, S y B a temperaturas más elevadas .
Platino - 13% rodio vs. platino - 1 % rodio	Mayor vida útil respecto a las termocuplas tipos R, S y B a temperaturas más elevadas .
Platino - 15% iridio vs. paladio	Mayor fem de salida que otras termocuplas de platino.
Platino - 5% molibdeno vs. platino - 0,1 % molibdeno	Mayor resistencia a la radiación de neutrones en relación a otras termocuplas de platino,
Iridio - 40% rodio vs. iridio	Mayor capacidad de temperatura que las termocuplas de platino - rodio.
Iridio - 50% rodio vs. iridio	Mayor capacidad de temperatura que las termocuplas de platino - rodio.
Rodio - 40% iridio vs. iridio	Mayor capacidad de temperatura que las termocuplas de platino - rodio.
Plantinel I y II (3)	Fem similar a la de las termocuplas Tipo K pero con una mayor estabilidad a la temperatura
Geminol (4)	Mayor resistencia que las termocuplas Tipo K en atmósferas reductoras hasta 1.090°C
Thermo-Kanthal especial (5)	Calibración similar a la de las termocuplas Tipo K, pero con una mejor estabilidad,
Tophel II(4) vs. Nial II (4)	Calibración similar a la de las termocuplas Tipo K, pero con una mayor resistencia .
Chromel (6) (3-G-345) vs. Alumel (6) (3-G-196)	Mayor resistencia que la termocupla Tipo K a la oxidación de cromo en atmósferas oxidantes de bajo tenor .
Tungsteno vs. tungsteno - 26% renio	Capaz de medir temperaturas hasta 2.700 °C
Tungsteno - 3% renio vs. tungsteno - 25% renio	Capaz de medir temperaturas hasta 2.760 °C
Tungsteno - 5% renio vs. tungsteno - 26% renio	Capaz de medir temperaturas hasta 2.700 °C
Aleación - hierro vs. Chromel	Capacidad mejorada respecto a las termocuplas de medición de temperaturas hasta -185 °C

## VENTAJAS E INCONVENIENTES DE CADA TIPO DE TERMOCUPLA

### Tipo B

Capacidad para medir temperaturas levemente más altas, mayor estabilidad y resistencia mecánica, y su aptitud de ser utilizada sin compensación de junta de referencia para fluctuaciones normales de la temperatura ambiente. Resultan adecuadas para uso continuo en atmósferas oxidantes o inertes a temperaturas hasta 1.700° C. También resultan satisfactorias durante cortos períodos de tiempo en vacío. Baja tensión de salida, incapacidad para ser utilizada en atmósferas reductoras (como ser hidrógeno o monóxido de carbono) y cuando se encuentran presentes vapores metálicos (eso es, de plomo o zinc) o no metálicos (arsénico, fósforo o azufre). Nunca se la debe usar con un tubo de protección metálico.

### Tipo R

Pueden ser utilizadas en forma continua en atmósferas oxidantes o inertes hasta 1.400° C. La ventaja de la termocupla Tipo R sobre la Tipo B es su mayor fem de salida. Nunca se las deben usar en atmósferas reductoras, ni tampoco en aquellas que contienen vapores metálicos o no metálicos u óxidos fácilmente reducidos, a menos que se las protejan adecuadamente con tubos protectores no metálicos. Nunca deben ser insertadas directamente dentro de una vaina metálica

### Tipo S

La termocupla Tipo S es la termocupla original platino-rodio. Pueden ser utilizadas en forma continua en atmósferas oxidantes o inertes hasta 1.480° C. Tienen las mismas limitaciones que las termocuplas Tipo R y Tipo B pero son menos estables que la termocupla Tipo B cuando se las utiliza en vacío.

### Tipo J

Para uso continuo en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes y en vacío hasta 760° C. Por encima de 540° C, el alambre de hierro se oxida rápidamente, requiriéndose entonces alambre de mayor diámetro para extender su vida en servicio. La ventaja fundamental de la termocupla Tipo J es su bajo costo.

No se deben usar en atmósferas sulfurosas por encima de 540° C. A causa de la oxidación y fragilidad potencial, no se las recomienda para temperaturas inferiores a 0° C. No deben someterse a ciclos por encima de 760° C, aún durante cortos períodos de tiempo, si en algún momento posterior llegaran a necesitarse lecturas exactas por debajo de esa temperatura.

### Tipo K

Para uso continuo en vacío y en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes. Su desventaja reside en el hecho de que su límite máximo de temperatura es de tan sólo 370° C para un diámetro de 3,25 mm. Resultan adecuadas para mediciones debajo de 0° C, pero se recomienda para ese propósito a las termocuplas Tipo E.

## Tipo E

Posee la mayor fem de salida de todas las termocuplas estándar. Para un diámetro de 3,25 mm su alcance recomendado es - 200° C a 980° C. Estas termocuplas se desempeñan satisfactoriamente en atmósferas oxidantes e inertes, y resultan particularmente adecuadas para uso en atmósferas húmedas a temperaturas subcero a raíz de su elevada fem de salida y su buena resistencia a la corrosión.

### Resumen de las características de termocuplas estándar Limitaciones ambientales de termocuplas (sin vainas o tubos protectores)

Tipo	Atmósfera oxidante	Atmósfera reductora	Atmósfera inerte	Vacío	Atmósfera sulfurosa	Temperaturas subcero	Vapores metálicos
B	SI	NO	SI	Si durante corto tiempo	NO	NO	NO
R	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO
S	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO
J	SI	SI	SI	SI	NO > 500°C	NO	SI
K	SI (1)	NO	SI	NO	NO	SI	SI
T	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
E	SI	NO	SI	NO	NO	SI (2)	SI

### ATENDIENDO A LAS TOLERANCIAS

Tolerancias de calibración para termocuplas estándar ( referencia junta fría 0° C ) según IEC 584 Parte 1

Termocupla	Rango	Clase 1 . Desviación máxima (± ) (1)
Cobre vs. Cobre-níquel, Tipo T	-40 a + 350°C	0,5 °C ó 0,004 (t)
Hierro vs. cobre- níquel, Tipo J	-40a+ 750 °C	1,5 °C ó 0,004 (t)
Níquel-cromo vs. níquel, Tipo K	- 40 a 1.000 °C	1,5 °C ó 0,004 (t)
Platino-rodio 13% vs. platino, Tipo R .	0 a + 1.600°C	1 °C ó 1 + 0,003 (t - 1. 100)°C
Platino-rodio 10% vs. platino, Tipo S	0 a + 1. 600°C	1 °C ó 1 + 0,003 ( t - 1.100)°C
Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%, Tipo B	--	
Termocupla	Rango	Clase 2 . Desviación máxima (± ) (1)
Cobre vs. cobre-níquel, Tipo T	-40a+ 350°C	1°C ó 0,0075(t)
Hierro vs. cobre-níquel, Tipo J	-40a+ 750 °C	2,5 °C ó 0,0075 (t)

Níquel-cromo vs. níquel, Tipo K	- 40 a + 1.200 °C	2,5 °C ó 0,0075 (t)
Platino-rodio 13% vs. platino, Tipo R	0 a + 1.600 °C	1,5 °C ó 0,0025 (t)
Platino- rodio 10% vs. platino, Tipo S	0 a + 1.600 °C	1,5 °C ó 0,0025 (t)
Platino- rodio 30% vs. platino-rodio 6%, Tipo B	+ 600 a + 1700 °C	1,5 °C ó 0,0025 (t)
Termocupla	Rango	Clase 3(2) . Desviación máxima ( $\pm$ ) (1)
Cobre vs. Cobre-níquel, Tipo T	-200 a + 40 °C	1 °C ó 0,015 (t)
Hierro vs. cobre- níquel, Tipo J	-200 a + 40 °C	2,5 °C ó 0,015 (t)
Níquel-cromo vs. níquel, Tipo K	-200 a + 40 °C	2,5 °C ó 0,015 (t)
Platino-rodio 13% vs. platino, Tipo R	--	--
Platino-rodio 10% vs. platino, Tipo S	--	--
Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%, Tipo B	+600 a + 1.700 °C	4 °C ó 0,005 (t)

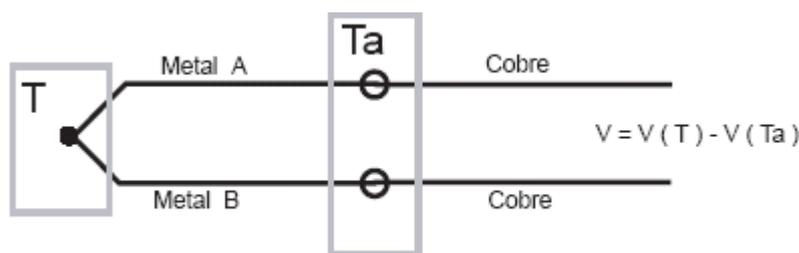
(1) La desviación máxima debe ser calculada como el mayor valor de las dos expresiones: el valor en °C o su equivalente calculado reemplazando (t) por la temperatura en cuestión.

(2) Normalmente, las termocuplas y los cables compensados se suministran con tolerancias especificadas por encima de -40 °C. Para termocuplas utilizadas por debajo de -40 °C . debe entenderse que sus tolerancias son para ese material mayores que las especificadas en Clase 3.

#### OTRA DESVENTAJA ADICIONAL: LA COMPENSACION DE CERO

Se debe a que en algún punto, habrá que empalmar los cables de la termocupla con un conductor normal de cobre.

En ese punto se producirán dos nuevas termocuplas con el cobre como metal para ambas, generando cada una un voltaje proporcional a la temperatura de ambiente en el punto del empalme.



$T_a^*$  = Temperatura ambiente

Antiguamente se solucionaba este problema colocando los empalmes en un baño de hielo a cero grados para que generen cero voltaje ( $T_a = 0$  y luego  $V(T_a) = 0$ ).

Actualmente todos los instrumentos modernos miden la temperatura en ese punto (mediante un sensor de temperatura adicional) y la suman para crear la compensación y obtener así la temperatura real.

El punto de empalme (llamado "unión ó junta de referencia") es siempre en el conector a la entrada del instrumento pues ahí está el sensor de temperatura. De modo que es necesario llegar con el cable de la termocupla hasta el mismo instrumento.

## TERMISTORES

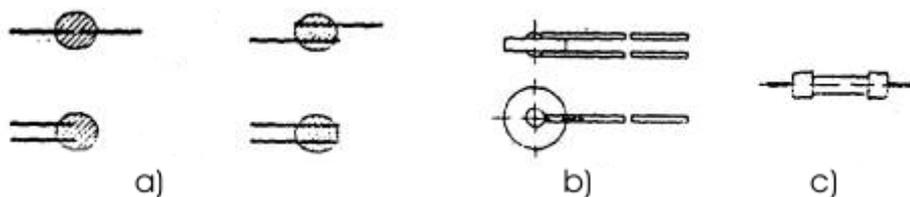
Mucho más económicos que las RTD son los termistores, aunque no son lineales son mucho más sensibles, compuestos de una mezcla sintetizada de óxidos metálicos, el termistor es esencialmente un semiconductor que se comporta como un "resistor térmico". Se pueden encontrar en el mercado con la denominación NTC (Negative Temperature Coefficient ) habiendo casos especiales de coeficiente positivo cuando su resistencia aumenta con la temperatura y se los denomina PTC (Positive Temperature Coefficient).

En algunos casos, la resistencia de un termistor a la temperatura ambiente puede disminuir en hasta 6% por cada 1°C de aumento de temperatura. Esta elevada sensibilidad a variaciones de temperatura hace que el termistor resulte muy adecuado para mediciones precisas de temperatura, utilizándose ampliamente para aplicaciones de control y compensación en el rango de 150°C a 450°C.

Los termistores sirven para la medición o detección de temperatura tanto en gases, como en líquidos o sólidos. A causa de su muy pequeño tamaño, se los encuentra normalmente montados en sondas o alojamientos especiales que pueden ser específicamente diseñados para posicionarlos y protegerlos adecuadamente cualquiera sea el medio donde tengan que trabajar.

Se los puede adosar fácilmente o montar con tornillos, ir roscados en superficies o cementados. Los alojamientos pueden ser de acero inoxidable, aluminio, plástico, bronce u otros materiales.

Las configuraciones constructivas del termistor de uso más común son los glóbulos, las sondas y los discos.

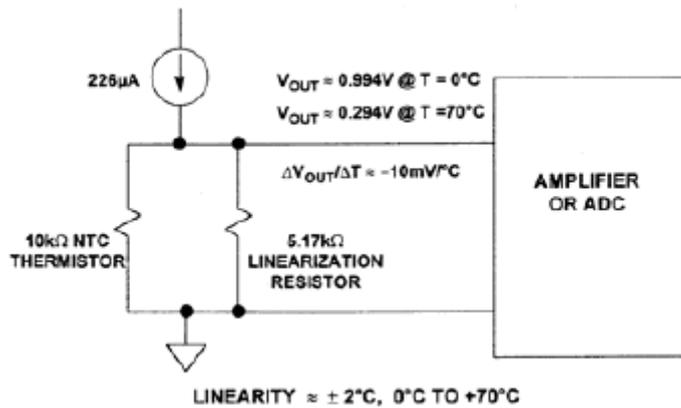


Formas constructivas de termistores NTC a. Tipo glóbulo con diferentes tipos de terminales - b. Tipo disco - c. Tipo barra .

### NTC (Negative Thermal Coefficient)

Fabricados de una mezcla de óxidos de Mn, Ni, Co, Cu, Fe y están moldeados en un cuerpo cerámico de varios tamaños, típicamente tienen una resistencia entre 50Ω y 1MΩ a 25°C y una sensibilidad del 4%/°C a 25°C. El efecto de Coeficiente Negativo con la Temperatura puede resultar de un cambio externo de la temperatura ambiente o un calentamiento interno debido al efecto Joule de una corriente que fluye a través del termistor. La curva del termistor se puede linealizar con una resistencia montada en paralelo con la NTC.

## Circuito de linealización



## PTC (Positive Temperature Coefficient)

Son resistencias que principalmente están compuestas de bario y estroncio con titanio. La adición de dopantes hace que la componente semiconductor dé una característica de resistencia con respecto a la temperatura, aunque son muy poco utilizados.

## OTRAS CARACTERISTICAS

En comparación con las termocuplas y las termorresistencias, el termistor no ofrece ventajas de exactitud de salida y estabilidad. Posiblemente, una ventaja importante esté en la extremadamente elevada sensibilidad del termistor a variaciones de temperatura

	mV/°C		
Sensor	-178°C	10°C	37,8°C
Termistor en circuito puente	4680	72000	3870
Termorresistencia de Pt en circuito puente	18	36	54
Termocuplas:			
Cobre/Constantán	36	40	44
Hierro/Constantán	48	50	52
Chromel/Alumel	38	40	42
Pt/Pt - 10% Rh	6	6	6

## Sensibilidades relativas de termistores, termorresistencias y termocuplas

Los termistores no sirven para la medición de temperatura dentro de alcances amplios puesto que sus variaciones de resistencia son demasiado grandes para que puedan medirse de una manera adecuada con un solo instrumento; alcances de alrededor de 100K suelen ser lo máximo admisible.

Los termistores resultan particularmente útiles para medir alcances reducidos de temperatura justamente a causa de sus grandes variaciones de resistencia; por ejemplo, la resistencia de un termistor típico varía 156 ohms de 0°C a 1°C , mientras la del platino varía tan sólo 0,385 ohm.

La elevada resistencia de los termistores no sólo hace aumentar la sensibilidad, posibilitando la medición de alcances reducidos de temperatura, sino también permite la conexión bifilar. La resistencia del alambre de conexión y los efectos de la temperatura ambiente son despreciables si se los compara con la resistencia del termistor y las variaciones de resistencia.

La linealidad es otra área donde se registran importantes avances. Actualmente se está fabricando un termistor que puede mantenerse lineal dentro de 0,5°C desde 65°C hasta 200°C. La especificación es estrictamente válida sólo para potencia cero, puesto que los problemas de disipación de calor interfieren con el de desempeño , pero el fabricante sostiene que los errores son mínimos a los niveles prácticos de corriente y tensión.

El autocalentamiento del termistor: la potencia (PR) disipada en el termistor hará subir su temperatura por encima de la ambiente. El incremento de temperatura es una función directa de la constante de disipación del termistor con su montaje dentro del medio ambiente donde opera.

Pueden encontrarse en el mercado termistores con valores entre 100 ohms y 30 K ohms, los de uso más frecuente se encuentran en la franja entre 1K y 5K ohms. El rango de temperatura de uso más difundido es entre -50°C y 200°C, a pesar de haber algunos que alcanzan los 450°C.

Su aplicación más frecuente es como sensor de temperatura para mediciones rápidas en sondas manuales que acompañan a los termómetros portátiles electrónicos. Su desventaja es su falta de estabilidad en el tiempo y su gran dispersión en comparación con las termorresistencias, que pueden fabricarse con valores de resistencia superiores, mayores exactitudes y valores normalizados universalmente que garantizan su intercambio sin calibración previa.

La ventaja más importante es su pequeña masa, lo que permite velocidades de respuesta muy altas.

### **Glosario de términos sobre termistores**

Resistencia a potencia cero ( $R_0$ ) : El valor de la resistencia del termistor a una temperatura cualquiera especificada, sin disipación de energía eléctrica (sin autocalentamiento).

Temperatura de referencia estándar : Temperatura del cuerpo del termistor a la cual se halla especificada la resistencia nominal, siempre sin disipación de energía.

Coefficiente de temperatura del termistor a potencia cero ( $\alpha_T$ ) : Cociente, a una temperatura especificada T, entre la variación de la resistencia sin autocalentamiento ( $R_0=R_T$ ) con la temperatura (T) y la resistencia ( $R_T$ ).

$$\text{Para un NTC: } \alpha_T = \frac{1}{R_T} \frac{dR_T}{dT}$$

$$\text{Para un PTC: } \alpha_T = \frac{d(\ln R_T)}{dT}$$

Temperatura máxima de operación : La temperatura máxima del cuerpo a la cual un termistor operará durante un período prolongado de tiempo con una aceptable estabilidad de sus características. Esta temperatura es el resultado de un calentamiento externo o interno.

Constante de disipación ( $\delta$ ) : El cociente, a una temperatura ambiente especificada, entre una variación de la disipación de energía en un termistor y la variación resultante de la temperatura del cuerpo.

Constante de tiempo térmica ( $\tau$ ) : El tiempo requerido por un termistor para alcanzar el 63,2% de la temperatura final, cuando se halla sometido a un salto de temperatura de 0 a 100%, siempre sin disipación de energía.

Característica resistencia a potencia cero vs. temperatura : Relación entre la resistencia del termistor sin disipar energía y la temperatura a que se somete.

Característica temperatura vs. potencia : Relación, a una temperatura ambiente especificada, entre la temperatura que adopta el termistor y la potencia aplicada.

Característica corriente vs. tiempo : Relación, a una temperatura ambiente especificada, entre la corriente a través del termistor y el tiempo transcurrido después de la aplicación de la tensión escalón al termistor.

Relación de resistencias : Cociente entre las resistencias a potencia cero de un termistor medidas a dos temperaturas de referencia especificadas.

$$\frac{R_s(T_1)}{R_s(T_2)} = e^{2 \beta \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}$$

donde:

$R_s(T_1)$  - Resistencia a la temperatura absoluta  $T_1$ ,

$R_s(T_2)$  - Resistencia a la temperatura absoluta  $T_2$ ,

$e = 2,718$

$\beta$  Constante que depende del material utilizado para la fabricación.

Estabilidad : Capacidad del termistor de mantener las características especificadas después de ser sometido a determinadas condiciones ambientales y/o de ensayo eléctrico .

## TERMOMETROS INFRARROJOS

Los termómetros Infrarrojos pueden medir la temperatura de un objeto sin tocarlo. Hay muchos casos en los que la medida de temperatura sin contacto es crítica: cuando el objeto medido es pequeño, movable o inaccesible; para procesos dinámicos que requieren respuesta rápida; o para temperaturas  $>1000^{\circ}\text{C}$

La mayoría de los termómetros más conocidos debe ponerse en contacto directo con la fuente de temperatura, y tiene un rango útil de  $-100^{\circ}\text{C}$  a  $1500^{\circ}\text{C}$ . En contraste, los termómetros infrarrojos determinan la temperatura de la superficie de un objeto interceptando y midiendo la radiación infrarroja emitada. El rango típico de temperatura para estos termómetros es  $-50^{\circ}\text{C}$  to  $3000^{\circ}\text{C}$  de un sitio remoto. Las distancias de trabajo pueden variar desde una fracción de centímetro a varios kilómetros en aplicaciones aerotransportadas.

La tecnología subyacente para los Pirómetros de Radiación Infrarroja esta basada en el principio que dice que todos los objetos emiten radiación a longitudes de onda ubicadas en la región infrarroja del espectro de radiación eletromagnética. Los termómetros infrarrojos miden esta radiación y proporcionan una señal de salida calibrada en una variedad de rangos según los requisitos del cliente.

### Aplicaciones de Termómetros Infrarrojos

Aplicaciones de Termómetros infrarrojos	Grupos de Aplicación En Línea	Grupos de Aplicación Portátiles
Horno de cemento - zonas ardientes; pre-calentadores	0	
Equipo de Combustión o Incineradores - contenedores (calderas) de gases calientes y ollas de utilidad, horno rotatorio	6	
Conservación de energía - el aislamiento y estudios de flujo de calor; cartografía termal	8	R5,R8,R10
Estudio Medioambiental - meteorológico, biológico, de agricultura, del censo aerotransportado remoto, de la tierra, del agua y de temperaturas superficiales del hielo	8	
Filamentos - templado, diagramado, tratamiento del calor	0, 81	
Alimentación - cocinado, procesamiento de dulces o chocolates, enlatado, helado, freído, mezclado, condensado, asado	8	R5,R8,R10
Hornos- las llamas, las tuberías del hervidor, las galletas catalizadoras	0,6	
Vidrio- diagramado. la	4,8	

fabricación/procesamiento de bombillas, recipientes, tubos de TV, fibras		
Mantenimiento - aparatos, dirigibles, sobre cargas de corriente, árboles de direccionamiento, aislamiento, líneas de poder, detección de fuga térmica	8	R5,R8,R10
Metales (férreo y no-férreo) - templado, expulsión del billete, soldado, carbonizado, moldeado, forjado, tratamiento del calor, calefacción inductiva, molino rodante/tirante, fundido	0	R16,R20
Control de Calidad- tarjetas de circuito impreso, soldaduras, juntas universales, metrología	0,8	R5,R8,R10
Pintura- curado, secado	8	R5,R8,R10
Papel - revestimiento, secado de tinta, impresión, emulsiones fotográficas, perfiles del tejido	8	R5,R8,R10
Bultos de Plástico - amoldado por soplado, RIM, expulsión de la película, termo formado de hojas, moldeado	8	R5,R8,R10
Películas Delgadas de Plástico - los materiales de la película fotográfica, películas aislantes, PE, PP, PS, PA	2	
Censado remoto (cartografía termal) - las nubes, superficie de la tierra, lagos, rios, caminos, estudios volcánicos	8	
Caucho - cilindrado, fundido, amoldado, perfil de expulsión, neumáticos, guantes de látex	8	R5,R8,R10
Silicón - crecimiento del cristal, hebra/fibra, oblea templada, deposición epitaxial	0,8, 81	
Textil - curado, secado, fibras, hilado	8	R5,R8,R10
Cámaras de vacío - refinado, procesado, deposición	0,8, 81	

## Descripción de los Grupos de Aplicaciones

El número de grupos de aplicaciones es definido como sigue:

Grupos de Aplicación En Línea:		Grupos de Aplicación Portátiles:	
0	- metales y las altas temperaturas	R5,R8,R10	- temperaturas bajas y no-metales
2	- la película delgada (< 1 mm)		
4	- vidrio	R16,R20	- metales y las altas temperaturas
6	- gases		
8	- las temperaturas bajas y no-metales		
81	- las temperaturas sumamente altas		

### Grupo 0 - la Alta temperatura y los metales

Grupo	0
Rango de Temperatura	140-3000°C
Materiales	Metales, Silícon
Aplicaciones	Horno de cemento, filamentos, hornos, Tratamiento del calor, calefacción inductiva, control de calidad, cámaras de vacío

### Grupo 2 - Película Delgada (< 1mm)

Grupo	2
Rango de Temperatura	0 - 600°C
Materiales	las películas de plástico Delgadas
Aplicaciones	los materiales de las películas fotográficos, películas aislantes, PE, PP, PS, PA

### Grupo 4 - Vidrio

Grupo	4
Rango de Temperatura	0 - 2500°C
Materiales	vidrio
Aplicaciones	Diagramado, manufactura/procesamiento de bombillas, recipientes, Tubos de TV, fibras

### Grupo 6 - los Gases

Grupo	6
Rango de Temperatura	300 - 2500°C
Materiales	los gases y las llamas calientes
Aplicaciones	Hornos - las llamas, Tubería de herbido, galletas catalizadoras

### Grupo 8 - Propósitos Generales (temperaturas bajas y no-metales)

Grupo	8
Rango de Temperatura	-50 - 1000°C
Materiales	Papel, textil, caucho, madera, cerámicas, los plásticos más espesos (>1mm), superficies esmaltadas o cubiertas, asfalto, materiales de construcción, componentes electrónicos, alimentos, líquidos
Aplicaciones	Conservación de energía, alimentos, vidrio, mantenimiento, control de calidad, pintura, papel, volumen de plástico, Censo remoto (cartografía termal), caucho, silicón, textil, cámaras del vacío, medioambientel, estudios meteorológico, biológico, agrícola

### Grupo 81 - Temperaturas super altas, tamaño del punto pequeño

Grupo	81
Rango de Temperatura	700-3600°C
Materiales	Metales
Aplicaciones	Filamentos - templado, dibujado, calor tratado

### Grupos R5, R8 y R10 - temperaturas bajas y no-metales

Grupo	R5, R8, R10
Banda Espectral	8 - 14 mm
Materiales	Papel, textil, caucho, madera, cerámicas, los plásticos más espesos (>1mm), Superficies esmaltadas o cubiertas, asfalto y materiales de construcción, componentes electrónicos, alimentos, líquidos
Aplicaciones	Conservación de energía, alimentos, mantenimiento, control de calidad, pintura, papel, volumen de plástico, caucho, textil

Productos Recomendados	Rango de Temperatura
reference 5	-30 - 580°C
reference 8	-30 - 880°C
reference 10	-30 - 1000°C

Grupos R16, R20 - metales y las temperaturas altas

Grupo	R16 y R20
Banda Espectral	0.9 mm
Materiales	Metales, Silicón
Aplicación	Hornos, tratado del calor, calefacción inductiva, control de calidad, cámaras de vacío

Productos Recomendados	Rango de Temperatura
reference 16	600 - 1,600°C
reference 20	600 - 2,000°C

## TERMORRESISTENCIA

La termorresistencia trabaja según el principio de que en la medida que varía la temperatura, su resistencia se modifica, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura. Tienen elementos sensitivos basados en conductores metálicos, que cambian su resistencia eléctrica en función de la temperatura. Este cambio en resistencia.

se puede medir con un circuito eléctrico, que consiste de un elemento sensitivo, una fuente de tensión auxiliar y un instrumento de medida.

Los dispositivos RTD más comunes están contruidos con una resistencia de platino (Pt), llamadas también PRTD, es el material más estable y exacto. La relación resistencia temperatura correspondiente al alambre de platino es tan reproducible que la termorresistencia de platino se utiliza como estándar internacional de temperatura desde - 260 °C hasta 630 °C . También se utilizan otros materiales fundamentalmente níquel, níquel-hierro, cobre y tungsteno . Típicamente tienen una resistencia entre 20Ω y 20kΩ. La ventaja más importante es que son lineales dentro del rango de temperatura entre – 200°C y 850°C.

Material	Rango de temperatura (°C)	Variación coef (%/°C a 25°C)
Platino	-200 a + 850	0.39
Níquel	-80 a 320	0.67
Cobre	-200 a +260	0.38
Níquel-acero	-200 a +260	0.46

La termorresistencia Industrial de alambre de platino más ampliamente utilizada se la calibra con una resistencia de 100 ohms a 0 °C

Las termorresistencias de níquel no están en condiciones de medir temperatura tan elevadas como lo hacen los sensores de platino. Los limites de alcance para las termorresistencias de níquel están aproximadamente en - 60°C y 180 °C , en las más estándar de ellas .Con exactitudes menores que las de platino (Tabla 11). Normalmente se calibran a 100 ohms en 0 °C. pudiendo existir otras calibraciones especiales. La principal ventaja del níquel, es su capacidad de ser linealizado ( suministrando una salida que es lineal con la temperatura) con bastante facilidad utilizando un circuito puente. Esta ventaja sin embargo, ya no es tan importante hoy en día cuando la introducción de componentes semiconductores de bajo costo han hecho posible la linealización de los sensores de platino a un costo comparable al de los sensores de níquel.

Las termorresistencias de cobre presentan la más lineal relación resistencia - temperatura entre todas las termorresistencias pero también tienen las desventajas de un rango estrecho de temperatura entre – 200 °C y 150 °C y una baja resistividad, en sus modelos más básicos . La baja resistividad implica la necesidad de usar alambres finos de poco diámetro.

Las termorresistencias de tungsteno no han encontrado una utilización amplia puesto que el tungsteno ha probado ser menos estable que otros materiales. Sin embargo, su

mayor resistencia mecánica permite emplear alambres extremadamente finos, lográndose de esta manera termorresistencias de elevada resistencia eléctrica.

Para una termorresistencia de platino de 100 ohms a 0°C, la variación de resistencia promedio para una variación de temperatura de 10 0°C es de 0,385 ohm; un circuito de medición con una fuente de corriente de 1 mA. registraría 38,5 mV para cada 100°C de variación de temperatura. Este valor de tensión es diez veces mayor que la salida de una termocupla Tipo K, y esto explica por qué los alambres de conexión de termorresistencias resultan menos susceptibles de sufrir interferencias provenientes de la cercanía de equipos eléctricos y líneas de potencia. Sin embargo una buena instalación requiere cables de conexión blindados tanto para termocuplas como para termorresistencias.

La interconexión entre termorresistencias e Instrumentos se realiza con cable común de cobre. En cambio, en el caso de las termocuplas deben emplearse cables especiales de compensación, de costo superior.

Existen dos clases para la calibración según DIN EN (IEC) 60 751:

Clase A: máx. desvío  $\pm 0,15$  °C (0,06 Ohm) a 0 °C

Clase B: máx. desvío  $\pm 0,3$  °C (0,12 Ohm) a 0 °C

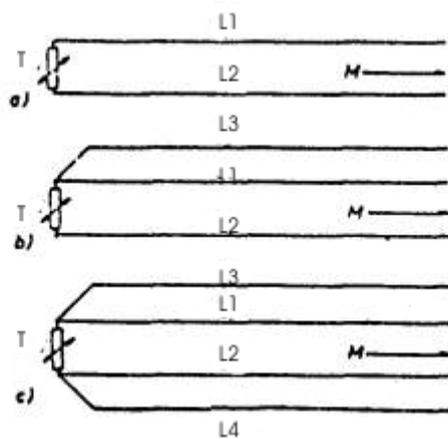
Rango	Valores Básicos de acuerdo a DIN IEC 751 para resistencias de platino		Tolerancia de acuerdo a DIN IEC 751 para resistencias de platino			
	Ohms	Ohms / K	Clase " A "		Clase " B "	
			Ohms	° C	Ohms	° C
-200	18.49	0.44	$\pm 0.24$	$\pm 0.55$	$\pm 0.56$	$\pm 1.3$
-100	60.25	0.41	$\pm 0.14$	$\pm 0.35$	$\pm 0.32$	$\pm 0.8$
0	100.00	0.39	$\pm 0.06$	$\pm 0.15$	$\pm 0.12$	$\pm 0.3$
100	138.50	0.38	$\pm 0.13$	$\pm 0.35$	$\pm 0.30$	$\pm 0.8$
200	175.84	0.37	$\pm 0.20$	$\pm 0.55$	$\pm 0.48$	$\pm 1.3$
300	212.02	0.35	$\pm 0.27$	$\pm 0.75$	$\pm 0.64$	$\pm 1.8$
400	247.04	0.34	$\pm 0.33$	$\pm 0.95$	$\pm 0.79$	$\pm 2.3$
500	280.90	0.33	$\pm 0.38$	$\pm 1.15$	$\pm 0.93$	$\pm 2.8$
600	313.59	0.33	$\pm 0.43$	$\pm 1.35$	$\pm 1.06$	$\pm 3.3$
700	345.13	0.31	-	-	$\pm 1.17$	$\pm 3.8$
800	375.71	0.30	-	-	$\pm 1.28$	$\pm 4.3$
850	390.26	0.29	-	-	$\pm 1.34$	$\pm 4.6$

Exactitud de acuerdo a IEC 751

Las termorresistencias de uso más común se fabrican de alambres finos soportados por un material aislante y luego encapsulados. El elemento encapsulado se inserta luego dentro de una vaina o tubo metálico cerrado en un extremo que se llena con un polvo aislante y se sella con cemento para impedir que absorba humedad.

El aspecto exterior de las termorresistencias industriales es prácticamente idéntico al de las termocuplas. Se aplican las mismas consideraciones ambientales y de instalación y se debe prestar la misma cantidad de atención a los conceptos de presión , temperatura , ataque químico, abrasión , vibración, porosidad y velocidad de fluido, requiriéndose los mismos tipos de vainas de protección.

Las termorresistencias se fabrican en varios tipos de configuración de los alambres de conexión



Sistemas de conexión de termorresistencias a) Bifilar , b) Trifilar , c) Cuatrifilar

a) Circuito básico bifilar ,puede utilizarse cuando los alambres de conexión son tan cortos que su resistencia es despreciable, por ejemplo en el caso de conjuntos transmisor-termorresistencia integrales que contienen tanto la termorresistencia como el circuito de medición. La resistencia de los dos cables de conexión, como las variaciones de resistencia con la temperatura ambiente, serán incluidas en la medición de la resistencia de la termorresistencia.

b) Circuito trifilar estándar, los conductores que conectan la termorresistencia al circuito de medición tienen resistencias cuyos efectos tienden a cancelarse si dichos alambres tienen la misma longitud, se hallan sujetos a la misma temperatura y el sistema puente de Wheatstone que utiliza a la entrada el instrumento de medición se encuentra casi balanceado. Brindan suficiente exactitud para la mayoría de las mediciones industriales hasta 20 metros, además pueden emplearse conductores de sección menor o de mayor longitud que en el caso de la conexión bifilar.

c) Diseño de cuatro conductores, brinda mejor exactitud si los cuatro cables de conexión son de idéntica sección, longitud y material y se hallan sujetos a la misma temperatura ambiente, y si los dos pares de alambres se encuentran en partes opuestas del circuito puente, las resistencias de los alambres no tendrán efecto alguno en la medición de la resistencia de la termorresistencia. Se justifica en instalaciones con distancias superiores a los 20 metros.

Nombre	Empresa	Vin Min	Vin Max	TMin °C	TMax °C	Tolerancia	Tipo Salida	Out Min	Out Max	Unidad	Bits Out	NºPins	Tconv(ms)	Observaciones
AD7314	Analog Devices	2,6	5,5	-35	85	2	Digital				10	8		
AD7414/15	Analog Devices	2,7	5,5	-40	125	0.5 (40)	Digital				10	2,8 o 5		SMBus
ADT7301	Analog Devices	2,7	5,5	-40	150	0,5	Digital				13	6 o 8		
DS1626	Dallas	2,7	5,5	-55	125	0.5 (0/75)					9 a 12	8	750	
DS1631	Dallas	2,7	5,5	-55	125	0.5 (0/70) 1 (-10/85)	Digital				9 a 12	8	750	
DS1721	Dallas	2,7	5,5	-55	125	1	Digital				9 a 12	8	150	
DS1722	Dallas	2,65	5,5	-55	120		Digital				8 a 12	8		
DS1726	Dallas	2,7	5,5	-55	125	1 (-10/85)					9 a 12	8	750	
DS1731	Dallas	2,7	5,5	-55	125	0.5 (0/70) 1 (-10/85)	Digital				9 a 12	8	750	
DS1775	Dallas	2,7	5,5	-55	125	2	Digital				9 a 12	8		
DS1821	Dallas	2,7	5,5	-55	125	1 (0/85)	Digital				8	3	400 a 1000	
DS1822	Dallas	3	5	-55	125	2 (-10/85)	Digital				9 a 12	3	750	
DS18B20	Dallas	3	5,5	-55	125	0.5 (-10/85)	Digital				9 a 12	3	750	
DS18S20	Dallas	3	5,5	-55	125	0.5 (-10/85)	Digital				9	3	750	
DS56	Dallas	2,7	5,5	-40	125	2 (0/85)	Analogica					8		Lineal
DS60	Dallas	2,7	5,5	-40	125	2 (0/85)	Analogica	0,19	1,2	kΩ		3		Lineal
DS75	Dallas	2,7	5,5	-55	125	2.5 (-25/100)	Digital				9 a 12	8	150 a 1200	
DS75	Dallas	2,7	5,5	-55	125	2 (-25/100)	Digital				9 a 12	8	150 a 1200	
MAX1617	Maxim	3	5,5	-55	125	2 (-40/125)	Digital				8	16	94 a 156	SMBus
MAX6501/04	Maxim	2,7	5,5	-55	125	0,5	Digital					5 o 7		
MAX6505/08	Maxim	2,5	5,5	-40	125	0,5	Digital					6		
MAX6511/13	Maxim	3	5,5	-40	85	3 (-5/55) 5 (40/85)	Digital					6		
MAX6516	Maxim	2,7	5,5	-55	125	1.5 (-15/65)	Analogica	0,5	2,75	mV	-	5		Aproximacion Lineal
MAX6519	Maxim	2,7	5,5	-55	125	1.5 (-15/65)	Analogica	0,5	2,75	mV	-	5		Aproximacion Lineal
MAX6605	Maxim	2,7	5,5	-55	125	1 (25)	Analogica	0,089	2,231	mV		5		Casi Lineal Error de 0.4 °C
MAX6607/08	Maxim	1,8	3,6	-20	85	2 (20/50)	Analogica	0,25	1,35	mV		5		Lineal
MAX6610	Maxim	3	5,5	-40	125	1	Analogica	2,16	2,81	mV		6		Lineal
MAX6611	Maxim	4,5	5,5	-40	125	1	Analogica	3,456	6,096	mV		6		Lineal
MAX6612	Maxim	2,5	5	-10	150	1.2 (25) 3 (0/70)	Analogica	0,247	3,3	mV		5		Lineal
MAX6613	Maxim	1,8	5,5	-55	130	1,3	Analogica	2,3	0,4	mV		5		
MAX6625/626	Maxim	3	5,5	-55	125	1 (25) 1.5 (0/50)	Digital				9 a 12	8	133	
MAX6627	Maxim	3	5,5	-55	125		Digital				12	8	180 a 320	
MAX6628	Maxim	3	5,5	-55	125		Digital				12	8	180 a 320	
MAX6629/32	Maxim	3	5,5	-55	150		Digital				12	6	180 a 320	
MAX6633/34/35	Maxim	3	5,5	-55	150	1 (0/50) 1.5 (-20/85)	Digital				12	8		SMBus
MAX6646/47/49	Maxim	3	5,5	0	145	2 (60/100)	Digital				11	8	95 a 156	SMBus
MAX6648/92	Maxim	3	5,5	0	125	2 (60/100)	Digital				10	8	95 a 156	SMBus
MAX6650	Maxim	3	5,5	-40	85		Analogica					10		SMBus
MAX6651	Maxim	3	5,5	-40	85		Analogica					16		SMBus
MAX6652	Maxim	2,7	5,5	-40	125	2 (25)	Digital				8	8		
MAX6654	Maxim	3	5,5	-55	125	1 (70/100)	Digital				11	16	95 a 156	SMBus
MAX6655/56	Maxim	3	5,5	-55	125	1 (60/100)	Digital				11	16	95 a 156	
MAX6657	Maxim	3	5,5	0	125	1 (60/100)	Digital				11	8	95 a 156	SMBus
MAX6658/59	Maxim	3	5,5	-55	125	1 (60/100)	Digital				11	8	95 a 156	SMBus
MAX6660	Maxim	3	5,5	-40	125	1 (60/100)	Analogica					16		SMBus
MAX6661	Maxim	3	5,5	-40	125	1 (60/100)	Analogica					16		
MAX6661	Maxim	3	5,5	-40	125	1 (60/100)	Digital					16	250	
MAX6662	Maxim	3	5,5	-55	125		Digital				12	8	250	
MAX6665	Maxim	2,7	5,5	-40	125		Digital					8		
MAX6665	Maxim	2,7	5,5	-40	125		Analogica					8		
MAX6666/67	Maxim	3	5,5	-40	125	1 (30) 2.5 (10/50)	Digital				1	6 u 8		Funcion Lineal Tamaño Pulso Alto y Bajo

MAX6668	Maxim	3	3,6	-40	125		Analogica					8		
MAX6668/70	Maxim	3	3,6	-40	125		Digital					8		
MAX6670	Maxim	3	3,6	-40	125		Analogica					8		
MAX6672/73	Maxim	2,4	5,5	-40	125		Digital					5		Funcion Lineal Tamaño Pulso Alto y Bajo
MAX6674	Maxim	3	5,5	-20	85		Digital			10		8	180	Convierte la señal de un Termopar Tipo K
MAX6674	Maxim	3	5,5	0	128		Digital			10		8		Convierte el valor de un termistor a Digital
MAX6675	Maxim	3	5,5	0	1024		Digital			12		8	220	Convierte la señal de un Termopar Tipo K
MAX6675	Maxim	3	5,5	-20	85		Digital			12		8	220	Convierte la señal de un Termopar Tipo K
MAX6676/77	Maxim	1,8	3,6	-40	125	1.5 (25) 3 (0/85)	Digital					6		Funcion Lineal Tamaño Pulso Alto y Bajo
MAX6680/81	Maxim	3	5,5	-55	125	1 (60/100)	Digital			11		16	95 a 156	SMBus
MAX6682	Maxim	3	5,5	-55	125	3	Digital			10		8		Convierte el valor de un termistor a Digital
MAX6682	Maxim	3	5,5	-55	125		Digital			10		8		Convierte el valor de un termistor a Digital
MAX6685/86	Maxim	3	5,5	40/75	80/115	1,5	Digital					8		
MAX6690	Maxim	3	5,5	-55	125	2 (70/100)	Digital			11		16	95 a 156	SMBus
MAX6691	Maxim	3	5,5	-55	125		Digital					10		
MAX8884	Maxim	3	5,5	-40	85		Analogica					8		
Pt100	LabFacility			-200	800	Variable	Analogica	18	390	mV	-	2		3 Modelos
TMP03/04	Analog Devices	4,5	7	-40	100	1.5 (-25/100)	Digital				1	3 u 8		Funcion Lineal Tamaño Pulso Alto y Bajo
TMP05/06	Analog Devices	3	5,5	-40	150	1 (0/70) 0.5(25)	Digital				1	5		Funcion Lineal Tamaño Pulso Alto y Bajo

Empresa	Tipo	Subtipo	Vin Min	Vin Max	Temp Min	Temp Max	Tolerancia
AccuTru	Termocupla	S,R,B			0	1750	0.6
AccuTru	Termocupla	J,K			-200	1260	1,1
AccuTru	Termorresistencia		18	36	-200	400	1,1
AccuTru	Termorresistencia		18	36	0	1260	1.1
AccuTru	Termorresistencia		18	36	0	1750	
Ajthermosensors	Termometro resistivo				-100	250	1
Ajthermosensors	Termocupla	J			0	750	1
Ajthermosensors	Termocupla	K			-200	1100	1
Ajthermosensors	Termocupla	T			-200	350	1
Ajthermosensors	Termocupla	N			-270	1300	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				0	450	1
Ajthermosensors	Termocupla	J,K,T,N			-60	350	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				-50	250	1
Ajthermosensors	Termocupla	K			0	1350	1
Ajthermosensors	Termocupla	R			0	1600	1
Ajthermosensors	Termocupla	S			0	1600	1
Ajthermosensors	Termocupla	J			0	750	1
Ajthermosensors	Termocupla	K			-200	1100	1
Ajthermosensors	Termocupla	T			-200	350	1
Ajthermosensors	Termocupla	N			-270	1300	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				0	450	1
Ajthermosensors	Termocupla	J,K,T,N			-60	350	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				0	250	1
Ajthermosensors	Termocupla	J			0	750	1
Ajthermosensors	Termocupla	K			-200	1100	1
Ajthermosensors	Termocupla	T			-200	350	1
Ajthermosensors	Termocupla	N			-270	1300	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				-50	450	1
Ajthermosensors	Termocupla	J,K,T,N			-60	350	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				-50	250	1
Ajthermosensors	Termocupla	K			0	1350	1
Ajthermosensors	Termocupla	R			0	1600	1
Ajthermosensors	Termocupla	S			0	1600	1
Ajthermosensors	Termocupla	J			0	750	1
Ajthermosensors	Termocupla	K			-200	1100	1
Ajthermosensors	Termocupla	T			-200	350	1
Ajthermosensors	Termocupla	N			-270	1300	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				0	450	1
Ajthermosensors	Termocupla	J,K,T,N			-60	350	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				-50	250	1
Ajthermosensors	Termocupla	J			0	750	1
Ajthermosensors	Termocupla	K			-200	1100	1
Ajthermosensors	Termocupla	T			-200	350	1
Ajthermosensors	Termocupla	N			-270	1300	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				-50	450	1
Ajthermosensors	Termocupla	J,K,T,N			-60	350	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				-50	250	1
Ajthermosensors	Termocupla	J			0	750	1
Ajthermosensors	Termocupla	K			-200	1100	1
Ajthermosensors	Termocupla	T			-200	350	1

Ajthermosensors	Termocupla	N			-270	1300	1
Ajthermosensors	Termocupla	J			0	750	1
Ajthermosensors	Termocupla	K			-200	1100	1
Ajthermosensors	Termocupla	T			-200	350	1
Ajthermosensors	Termocupla	N			-270	1300	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				-50	450	1
Ajthermosensors	Termocupla	J,K,T,N			-60	350	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				-50	250	1
Ajthermosensors	Termometro resistivo				-100	250	1
Ajthermosensors	Termocupla	K			0	1350	1
Ajthermosensors	Termocupla	R			0	1600	1
Ajthermosensors	Termocupla	S			0	1600	1

## APLICACIONES

### MONITOR DE VIGILANCIA DE LA TEMPERATURA DEL FRIGORÍFICO.

#### INTRODUCCIÓN.

Este circuito nos proporciona un rápido y eficiente medio de chequear la temperatura en el interior del frigorífico. Cada vez que la puerta del frigorífico se abre se enciende automáticamente el monitor, con lo cual, un LED verde, amarillo o rojo se enciende.

Cuando cerramos la puerta el monitor se apaga de nuevo de forma automática. Como el monitor consume  $1\mu\text{A}$  en su estado de reposo, con una simple pila podremos alimentar el dispositivo durante más de un año.

#### DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO.

El sensor de temperatura IC1 proporciona una relación lineal de  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ , entre la temperatura y su tensión de salida. Ya que su salida está unida, por medio de R3, a una tensión negativa de  $-0.6\text{ V}$ , se pueden medir temperaturas por debajo de  $0^\circ\text{C}$ .

La salida de IC1 es amplificada 28 veces a través de IC2. La salida de este amplificador operacional, situada en su patilla 6, se conecta a un comparador, formado por los amplificadores operacionales IC3a e IC3b. La compensación de la tensión de offset de IC2 se realiza por medio del potenciómetro P1 y la resistencia R6.

El circuito comparador verifica la tensión de salida de IC2, comparándola con una tensión de referencia que equivale a la temperatura ambiente. Esta tensión de referencia se aplica a las patillas 2 y 5 de IC3a e IC3b.

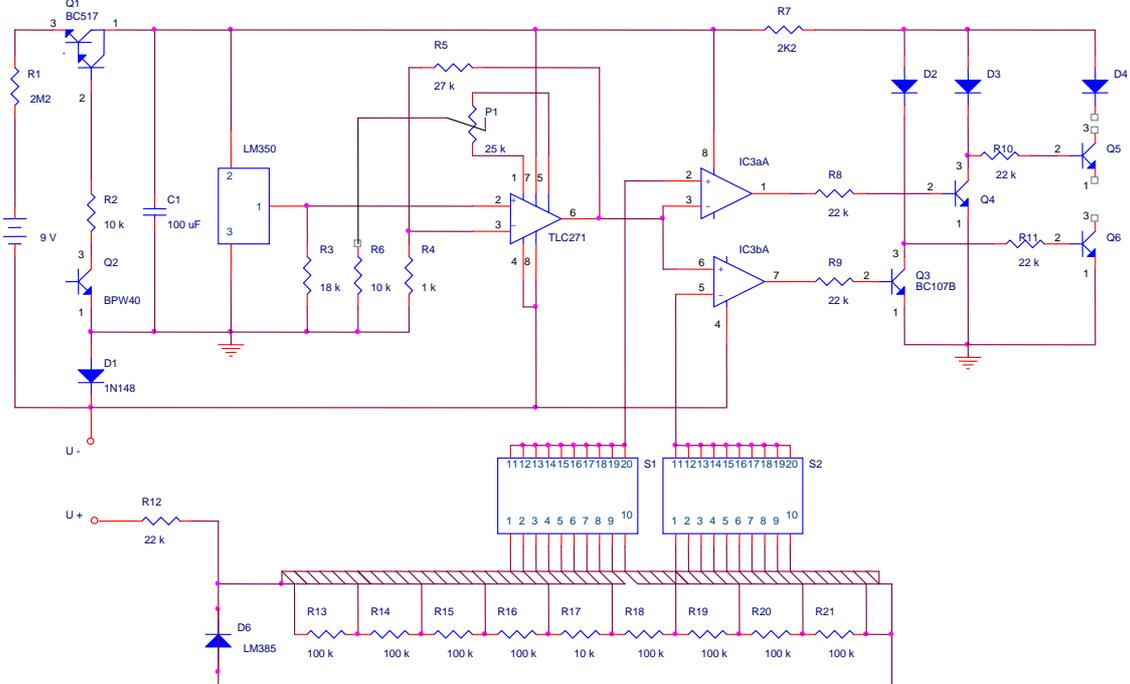
La tensión de referencia está generada por el circuito de atenuador por etapas R12-R21 y el diodo es de precisión, de modo que es capaz de mantener su tensión de polarización muy estable en el rango de temperatura de  $0-70^\circ\text{C}$ .

Debido a la tensión de referencia, el circuito es bastante estable a los cambios de la temperatura ambiente y de tensión de alimentación. La tensión de referencia está dividida, por las resistencias R13-R21, en nueve pasos de  $280\text{ mV}$  cada uno. Veremos más adelante que este valor se corresponde con el cambio de tensión por  $^\circ\text{C}$  a la salida del amplificador del sensor. En otras palabras, cada paso del divisor de tensión representa  $1^\circ\text{C}$ . La tensión de referencia en los amplificadores operaciones IC3a e IC3b puede por lo tanto seleccionarse en una tensión que equivale a  $1, 2, 3, \dots, 9^\circ\text{C}$ . La tensión que representa la temperatura más alta permitida en el frigorífico es aplicada a la patilla 2 de IC3a. Cuando la tensión de salida de IC2 excede este valor (el frigorífico ha llegado o está demasiado caliente), la salida de IC3a pasa a estado alto, lo que hace que el diodo rojo D3 se encienda a través de la resistencia R8 y el transistor T4. El encendido de este diodo significa que hay que corregir algo en el frigorífico.

Al mismo tiempo el terminal 5 de IC3b recibe una tensión que representa la temperatura más baja permitida en el interior del frigorífico. Si la temperatura en el mismo cae por debajo de este valor, la salida de IC3b pasa a nivel alto, por lo que el diodo led amarillo

(D2) se enciende por medio de la resistencia R9 y el transistor T3. De nuevo el encendido de este diodo significa que el termostato tiene que ser peseteado, ya que una temperatura demasiado baja gasta el dinero sin necesidad y además puede afectar a algunos alimentos.

Esquema funcional:

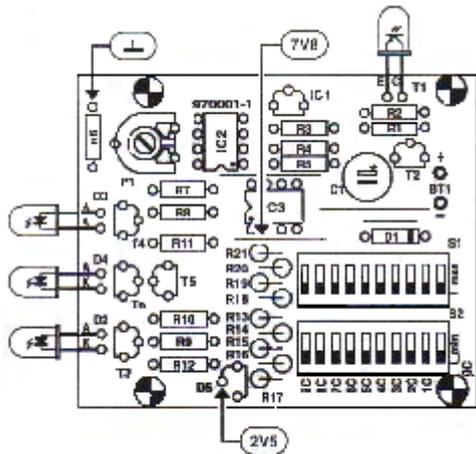


Cuando la temperatura está dentro del rango seleccionado, los transistores T3 y T4 están en corto, mientras que T5 y T6 conducen, lo que hace que el diodo LED verde D4 se encienda indicando que la temperatura es correcta.

R7 es la resistencia serie de carga, común a los tres diodos LEDs.

Los micro interruptores de 10 posiciones S1 y S2 nos permiten seleccionar la temperatura mínima (tmin) y la temperatura máxima (tmax) permitidas.

Circuito impreso montado:



## LISTADO DE COMPONENTES

### Resistencias:

R1 = 2.2 M $\Omega$	R2,R6 = 10 k $\Omega$	R3 = 18 k $\Omega$
R4 = 1 k $\Omega$	R5 = 27 K $\omega$	R7 = 2.2 k $\Omega$
R8-R12 = 22 k $\Omega$	R13-R21 = 100 k $\Omega$	P1 = 25 k $\Omega$ (potenci3metro)

### Semiconductores:

D1 = 1N4148  
D2 = LED de alta intensidad, amarillo, 3mm.  
D3 = LED de alta intensidad, rojo, 3mm.  
D4 = LED de alta intensidad, verde, 3mm.  
D5 = LM385LP-2.5  
T1 = BPW40  
T2 = BC516  
T3-T6 = BC547B

### Condensadores:

C1 = 100 $\mu$ F, Elec. 16, radial

### Circuitos integrados:

IC1 = LM35CZ  
IC2 = TLC271CP  
IC3 = TLC272CP

### Varios:

S1, S2 = Micro interruptores de 10 circuitos con formato DIP.  
BT1 = Pila de 9 V con cables de conexionado.

## TERMÓMETRO DIGITAL CON INTERFAZ RS-232.

### INTRODUCCIÓN.

Básicamente el circuito consiste en un microcontrolador del tipo PIC16C54, y un circuito integrado del tipo DS1620 (de Dallas Semiconductor), que realiza las funciones de termómetro/termostato digital.

Dependiendo de la programación del microcontrolador, podemos disponer de una gran cantidad de funciones y aplicaciones. En nuestro caso, la tarea principal del microcontrolador es la de regular el tráfico de los datos serie con el sensor. Las principales funciones adicionales, proporcionadas por el programa del microcontrolador, son:

- programación sobre el circuito de los umbrales de conmutación.
- almacenamiento de la temperatura máxima y mínima leídas
- salidas periódicas de los valores medidos a través de un simple interfaz RS-232
- indicación de la temperatura en un display de leds de dos dígitos

Además permite programas cualquier circuito integrado DS 1620 como un sistema autónomo, por ejemplo un termostato sin una CPU.

### ESPECIFICACIONES.

Termómetro:

- Display de dos dígitos
- Rango ajustable desde -40 hasta +80 °C
- Error de medida inferior a 0.5% (desde -10 a +80 °C)
- Sin ajustes
- Función de máximo/mínimo
- Salida RS-232 de temperatura, en pasos de 0,5 °K

Termostato:

- Niveles de conmutación superior e inferior sin ajustes
- Dos salidas para relés de 5 A, 2 x c/o

### TERMÓMETRO Y TERMOSTATOS EN UN SOLO CIRCUITO INTEGRADO.

Como puede verse el DS 1620 tiene un conjunto de grupos funcionales que nos permiten realizar un gran número de aplicaciones, sin necesidad de una circuitería periférica demasiado amplia y compleja.

El DS 1620 dispone de dos modos de operación. En el modo independiente, el circuito integrado sensor trabaja como un simple termostato que necesita tener programados unos límites de temperatura inferior y superior (niveles de conmutación). Los

parámetros son almacenados en una memoria no volátil, donde se guardan y protegen contra posibles cortes de la tensión de alimentación.

La temperatura medida y digitalizada se compara en la sección denominada “comparador lógico digital”. Dicha comparación se realiza con los dos límites denominados “flanco de temperatura superior” (TH) y “flanco inferior” (TL). Dependiendo de la situación el comparador activa una de sus tres salidas: TH, cuando la temperatura excede su límite superior; TL, cuando cae por debajo del límite inferior; y TCOM, que agrupa los límites TH y TL para obtener la función de histéresis.

La RST no realiza ninguna función en este modo y se mantiene a 0 V: Un pulso negativo en la patilla 2 (CONV), lanza la ejecución de una medida de temperatura, mientras que si hay un nivel bajo continuo en la patilla CONV, selecciona la función termostato permanentemente.

En el modo de 3 hilos, el DS 1620 puede ser asociado a un microcontrolador. Éste es el único modo en que se puede tener acceso a los registros del circuito integrado, tanto para leerlos, como para escribirlos. La patilla RST se activa a nivel bajo y es la entrada de reset del circuito integrado; CLK es la entrada de reloj y DQ es la puerta a través de la cual los datos pueden ser leídos o escritos. La transferencia de un dato a través de la línea DQ se realiza por medio de dos bytes, uno es el comando propiamente dicho y otro es el dato.

Puesto que el rango de medida va desde los -55 °C hasta los +125 °C, esto significa que disponemos de un total de 360 pasos de temperatura para mostrar en el display correspondiente, por lo que se necesita una resolución de 9 bits. De acuerdo con el byte de comando, todos los comandos que conllevan una entrada o salida de temperatura deben disponer de 9 bits, de datos en lugar de 8, y se transmiten vía serie, de modo que el LSB sale primero.

La relación entre la temperatura y el dato transmitido se muestra en la siguiente tabla:

#### Relación temperatura/dato

Temperatura	Valor digital		Hexadecimal
	MSB	LSB	
+125 °C	0 1111	1010	00FA
+25 °C	0 0011	0010	0032
+0.5 °C	0 0000	0001	0001
0 °C	0 0000	0000	000
-0.5 °C	1 1111	1111	01FF
-25 °C	1 1100	1110	01CE
-55 °C	1 1 001	0010	0192

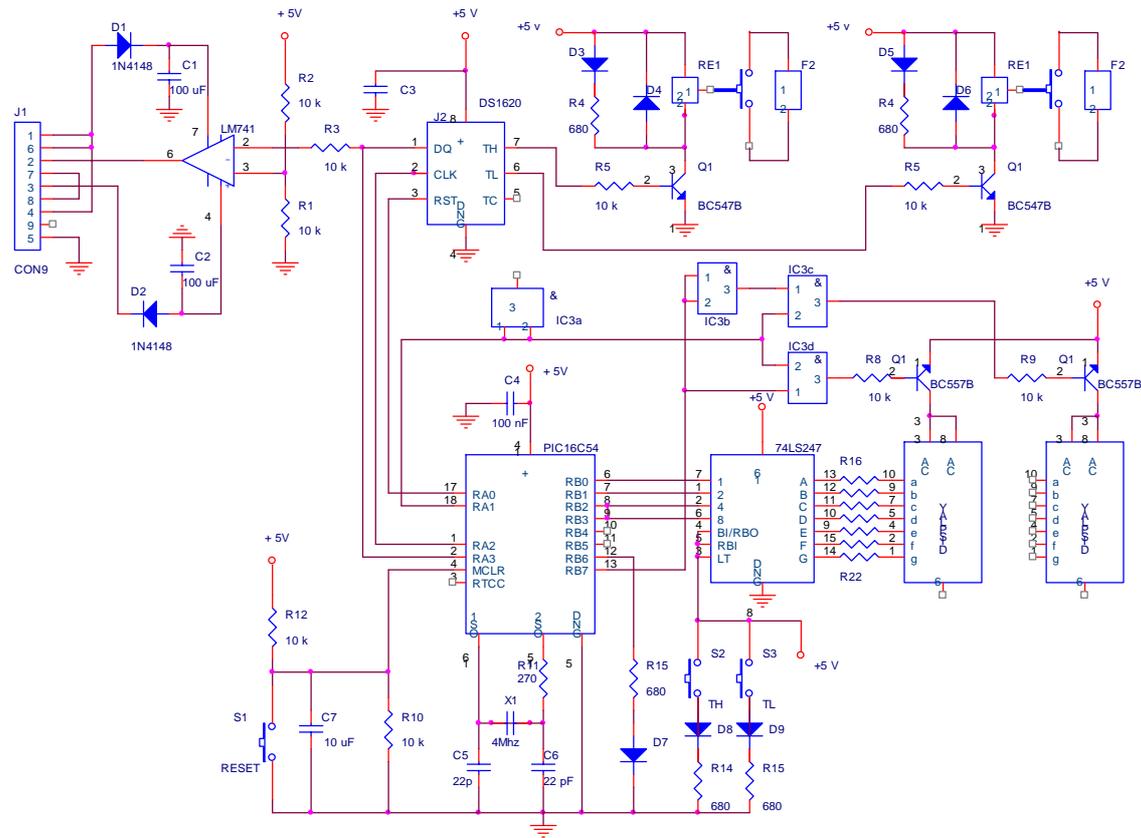
#### EL MICROCONTROLADOR PIC.

El valor de temperatura medido se transmite, a través del interfaz RS-232, como una palabra de datos de 8 bits. Un ciclo completo, comienza con un acceso de lectura a los nueve bits del registro de temperatura del DS 1620. Este proceso sucede tan

rápido (aproximadamente a 100 kHz) que el interfaz RS-232 (seleccionado a una velocidad de 1.200 baudios) no responde. A continuación, la señal CLK pasa a nivel alto, provocando que la salida DQ cambie su estado de alta impedancia. El valor leído es acortado a una palabra de 8 bits, y transmitido por el interfaz RS-232, utilizando el protocolo: 1.200 baudios, sin paridad, 8 bits de datos y un bit de parada (stop).

El recorte a 8 bits del dato leído provoca que el rango de medida de temperatura se reduzca y quede desde -40 °C hasta 80 °C. También se cambia el orden de los bits de datos: los primeros 7 bits indican la temperatura leída, donde el séptimo bit actúa como bit de signo. El octavo bit indica el medio grado.

Esquema funcional, donde se aprecia el microcontrolador PIC que gobierna el circuito:



## INTERFACES.

La estructura física del interfaz RS-232 es sencilla y poco usual. Ya que el interfaz sólo tiene que transmitir en un único sentido, y no hace uso del canal de retorno, el más simple de todos los circuitos, el LM741. La tensión positiva de alimentación de este circuito se consigue desde la línea DSR (Data Set Ready) del interfaz RS-232, mientras que la tensión negativa se obtiene a partir de la línea inactiva de transmisión, RxD (patilla 3 del conector Sub-D). La entrada no inversora de IC1 se mantiene constante a la tensión de 2,5 V, mientras que la salida del mismo conmutará entre los dos extremos de los niveles de tensión del interfaz RS-232, de acuerdo con los bits de datos suministrados por el PIC. Esto crea una unión serie simple si necesidad de una tensión de alimentación especial simétrica.

En el PIC las líneas del puerto RB0-RB3, controlan un display digital de dos dígitos, por medio de un codificador de 4 bit-7 segmentos (IC5). El display es multiplexado por la línea del puerto RB7, el circuito IC3 y los transistores T3 y T4. El signo se controla por medio de dos conmutadores que veremos más tarde. Los leds, por su parte, tienen una doble e incluso triple funcionalidad:

Cuando el circuito se enciende, el display muestra “00” durante algunos segundos, hasta que aparece la primera lectura de temperatura.

Manteniendo presionada la tecla TH, el led interno de la misma se encenderá y el valor que representa el límite superior de temperatura, podrá verse en el display.

Al soltar la tecla, el led continuará encendido y aparecerá en el display durante algunos segundos la temperatura más alta leída desde que se reseteó, o se encendió, por última vez el circuito.

Para programar un nuevo límite superior de temperatura mantendremos presionada la tecla TH y seleccionaremos el nuevo valor, pulsando repetidas veces la tecla TL. Cuando lleguemos a los + 80 °C, el display salta a los -40 °C. Una vez obtenido el valor deseado, mantendremos pulsada la tecla TL, soltaremos la tecla TH y, posteriormente, haremos lo mismo con TL. En ese momento se almacenará el nuevo valor seleccionado, y podrá verse en el display durante algunos segundos. Si no presiona TL se mantendrá el antiguo valor almacenado.

El límite inferior de temperatura se cambia de forma idéntica, con las funciones de TH y TL intercambiadas.

Para borrar los límites máximo y mínimo de la memoria, o seleccionarlos a la temperatura actual, pulse simultáneamente las teclas TH y TL. Se recomienda hacer esto cuando se enciende el equipo por primera vez, ya que el valor mínimo estará a “00” hasta que hagamos el primer almacenamiento.

Para cambiar el DS 1620 a modo termostato mantenga la tecla TL presionada mientras oprime la tecla Reset. De este modo cambiamos el bit CPU del registro de estado. Además, el controlador entra en su estado de “reposo”, reduciendo la corriente de consumo a la de los leds y relés. Presionando la tecla Reset de nuevo, conmutamos otra vez a la función termómetro.

## LISTADO DE MATERIALES

Resistencias: R1,R2,R3,R4,R5,R7-R10,R12 = 10 kΩ R4,R6,R13-R15 = 680 Ω R11,R16-R22 = 270 Ω	Semiconductores: D1,D2,D4,D6 = 1N4148 D3,D5 = LED D10 = 1N4001 D7 = LED, modelo rectangular
--	---

<p>Condensadores:</p> <p>C1,C2,C8 = 100 <math>\mu</math>F, 25 V radial  C3,C4 = 100nF  C5,C6 = 22pF  C7 = 10 <math>\mu</math>F, 63 V radial  C9 = 100 <math>\mu</math>F, 10 V radial</p>	<p>T1,T2 = BC547B  T3,T4 = BC557B  IC1 = LM741  IC2 = DS 1620 (Dallas Semiconductor)  IC3 = 74HCT00 ó 74LS00  IC4 = PIC16C54  IC5 = 74LS247  IC6 = 7805</p>
<p>Varios:</p> <p>K1 = conector sub-D macho, de 9 pines en ángulo recto para PCB.  K2,K3 = Bases terminales de 2 hilos para PCB.  K4 = conector para alimentación del circuito.  S1 = pulsador  S2,S3 = pulsadores con leds internos  Re1, Re2 = Relés de 6 V tipo V23127-A1-A101, ó de 5 V, tipo V23127-A8-A101  ambos de Siemens  X1 = cristal de cuarzo de 4 MHz.  LD1,LD2 = Display tipo HD1105 de Siemens</p>	

## TERMÓMETRO CON UN DS 1621.

### INTRODUCCIÓN

Este sensor se utiliza para determinar la temperatura se mide su propia temperatura, la cual es casi la misma que hay a su alrededor, y se convierte este valor analógico de una palabra digital que envía a un microcontrolador a través de una interface serie.

El usuario no tiene que preocuparse nada de la tecnología analógica necesaria para realizar la calibración, amplificación de la tensión térmica con amplificadores operacionales y linealidad de curvas características, porque todo esto lo puede hacer el propio circuito integrado o se puede configurar fácilmente mediante software. Por ello, los componentes externos no son necesarios.

### MEDIDA DE TEMPERATURA.

El DS1621 mide la temperatura contando el número de ciclos de reloj producidos por un oscilador con un coeficiente de temperatura bajo, dentro de una ventana de tiempo dada. La anchura de esta ventana se determina por un segundo oscilador que tiene un gran coeficiente de temperatura. El contador se precarga con un valor que corresponde a una temperatura de -55 °C. Si el valor del contador alcanza cero dentro de la ventana de tiempo, el registro de temperatura (el cual también se configura con el valor representativo de -55 °C) se incrementa para indicar que la temperatura es mayor de -55 °C. El contador cuenta hasta cero y después se reinicia, permaneciendo así mientras la venta de tiempo esté abierta.

Principio de funcionamiento para la medida de temperatura:

El contador no siempre acumula el mismo número de ciclos de reloj dentro de la ventana de tiempo APRA cada grado de diferencia de temperatura. Esto es porque se añade una desviación (variable) al contador a través del Acumulador de Pendiente (Slope Accumulator) para cada grado de diferencia de temperatura. De esta forma se compensa la no finalidad del oscilador en el rango de temperatura. Esto permite una resolución de temperatura relativamente alta, pudiendo llegar a alcanzar hasta 0,5 °C. Los 7 bits restantes del LSB puestos a cero.

Se puede alcanzar mayor resolución leyendo primero la temperatura y el bit 0,5°C (el LSB) se corta. El valor resultante se llama TEMP\_READ. El valor que queda en el contador cuando se termina la ventan de tiempo se puede leer utilizando el comando READ\_COUNTER y almacenándolo después en la variable COUNT\_REMAIN. Entonces ya se puede leer el valor en el Acumulador de Pendiente (Slope Accumulator) utilizando el comando READ\_SLOPE. Este valor (COUNT\_PER\_C) es el número de flancos contados por cada grado de temperatura. Para determinar la temperatura utilizaremos:

$$Temperatura = TEMP\_READ - 0.25 + \left( \frac{COUNT\_PER\_C - COUNT\_REMAIN}{COUNT\_PER\_C} \right)$$

## Relación temperatura/dato

Temperatura °C	Datos de salida		Hex
	Binario		
+125 °C	01111101	00000000	7B00
+25 °C	00011001	00000000	1900
+0.5 °C	00000000	10000000	0080
0 °C	00000000	00000000	0000
-0.5 °C	11111111	10000000	FF80
-25 °C	11100111	00000000	E700
-55 °C	11001001	00000000	C900

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

No necesita componentes externos.

Medida dentro del rango de temperatura de -55 °C a + 125 °C

Resolución 0,5 °C

Valor de la medida en 9 bits con magnitud y signo

Tiempo de conversión de 1 s.

Función de termostato de usuario programable

Interface serie de dos hilos (I2C con conexiones en drenador abierto)

## TERMOSTATO

Como se indica en el diagrama de bloques funcional del DS1621 (figura 2), el sensor también incluye una función termostato. Se pueden programar dos valores de disparo para crear una función de histéresis. Si la temperatura alcanza uno de los valores predeterminados, subiendo por encima del valor de disparo superior TH o bajando por debajo del valor de disparo inferior TL, la salida Tout se pone activa a nivel alto.

El DS1621 detecta si una temperatura de disparo se ha superado y pone activo el correspondiente flan de registro también incluye otra información que controla el modo de funcionamiento en una aplicación muy particular. El registro está configurado como sigue:

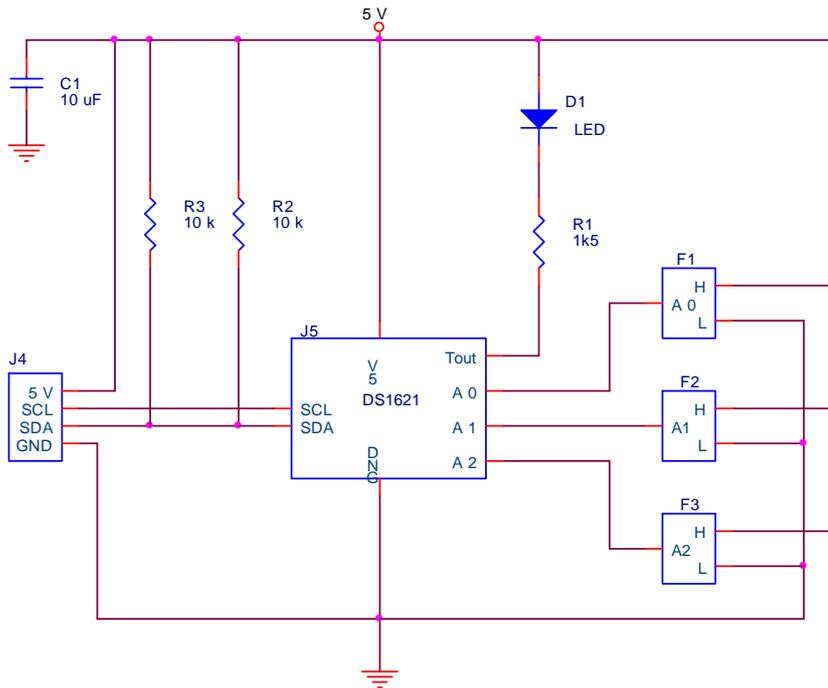
DONE    THF    TLF    NVB    1    0    POL    1SHOT

El significado de los campos es:

DONE	1 = se ha completado conversión 0 = no se ha completado conversión
THF (flag de temperatura alta)	Se pone a 1 cuando la temperatura es igual o mayor que la de disparo TH. Permanece activo hasta reset.
TLF (flag de temperatura baja)	Se pone a 1 cuando la temperatura es igual o menor que la de disparo TL. Permanece activo hasta reset
NVB (flag de memoria no volátil)	Se pone activo a 1 si se está escribiendo una celda de EEPROM. Esto puede ocurrir cada 10 ms.

POL (bit de polaridad de salida)	Determina si la salida es activa a alto (1) o a bajo (0). No volátil.
1SHOT	Si el bit de modo 1SHOT está a 1, el DS1621 realiza una conversión de temperatura después de recibir el comando CONVERT T. Por otro lado, funciona en el modo normal, en el cual realiza continuamente medidas y conversiones. Este bit no es volátil.

Esquema funcional del circuito:



## COMUNICACIONES: FORMATO Y CONTENIDO

El DS1621 trabaja como un esclavo en una configuración de bus a dos hilos con drenador abierto SDA y líneas SCL, a una velocidad de reloj de 100 ó 400 kHz. La comunicación con un microcontrolador o PC tiene lugar utilizando el conocido protocolo I2C, el cual no necesita mucha explicación.

Cada comunicación necesita una condición de inicio y una condición de terminación con un bit de stop (parada). El DS1621 responde a cada byte recibido con un reconocimiento.

El bit de inicio siempre está seguido por un byte de dirección, la cual consta de cuatro bits con valor 1001 y tres bits que se aplican a la dirección A2, A1 y A0. El último bit determina la dirección en la que se establece la comunicación (R/W) lectura/escritura.

El byte de dirección está seguido por un byte de comando. El DS1621 reconoce los comandos de lectura y escritura listados en la tabla 2, incluyendo sus códigos. Los dos comandos de conversión se terminan cuando la dirección y los bytes de comando se han

enviado, pero siempre uno o dos bytes de comando siguen a la dirección. Con los comandos de lectura, la estructura es algo más complicada, porque el integrado debe disponer de un segundo byte de dirección para establecer el bit de R/W a Read (lectura). El byte o los dos bytes de datos se pueden leer sólo después de hacer esto.

## HARDWARE

La dirección del DS1621 se establece mediante los puentes K1 a K3. La placa se puede conectar de forma fácil a bus I2C de un sistema microcontrolador por medio de K4.

## LISTADO DE COMPONENTES

### Resistencias:

R1 = 1k5

R2,R3 = 10 k

### Semiconductores:

D1 = LED, baja corriente

IC1 = DS1621 (Dallas Semiconductor)

### Condensador:

C1 = 100  $\mu$ F, 16 V radial

### Varios:

K1,K2,K3 = molex macho de 3 pines

K4 = molex macho de 4 pines

## SENSOR DE FLUJO DE AIRE Y TEMPERATURA TMP12 (Monitorización efectiva de sistemas de refrigeración)

### INTRODUCCIÓN

El TMP12 es un sensor de temperatura y flujo de aire que ha sido diseñado para colocarlo en un lugar donde un componente radie calor y se requiera refrigeración. Dicha refrigeración puede ser solicitada de forma continua o durante un pico de calor.

Este sensor puede suministrar un aviso del fallo del sistema de refrigeración, monitorizando la temperatura mientras emula un circuito integrado de potencia.

El TMP genera una tensión interna que es linealmente proporcional a la temperatura en grados C, nominalmente +5mV °C. La salida finalizada se compara con tensiones de un divisor resistivo R1-R3, conectado a la referencia del integrado, 2.5 V. El divisor establece una o dos tensiones de referencia, como requiera el usuario, suministrando uno o dos niveles de temperatura.

La salida del comparador tiene transistores en colector abierto que absorben una corriente de unos 20mA.

Hay un generador de histéresis que se encarga de evitar que se produzcan transiciones es un pequeño margen alrededor del punto establecido de salida, de esta forma se evitan transiciones debidas a ruido medioambiental. La histéresis está programada por una cadena de resistencia, y se determina por la corriente total consumida de la referencia 2.5 V.

El sensor de flujo de aire TMP12 también incorpora una resistencia calorífica de 100Ω, con un bajo coeficiente de temperatura, que puede ser conectada directamente a una fuente externa de 5V. Cuando la resistencia está activa, se incrementa la temperatura en el encapsulado alrededor de 20 °C sobre la temperatura ambiente.

### DESCRIPCIÓN FUNCIONAL.

El TMP12 consta de una tensión constante de 2.5 V de salida, y una tensión proporcional a la temperatura absoluta (VPTAT). La VPTAT tiene un coeficiente de temperatura preciso de 5mV/°C, y es de 1.49 V a la tempera de 25 °C. La temperatura media se compara con la establecida y se genera una señal de salida en colector abierto cuando uno de sus respectivos niveles de disparo se ha excedido.

La fuente de calor para el TMP12 es una resistencia de bajo coeficiente de temperatura integrada en la propia pastilla en una fina película. Cuando la conectamos a una tensión +5 V, disipa una potencia de:

$$P_D = \frac{V^2}{R} = \frac{5^2}{100} = 0.25W$$

La cual provoca un incremento de unos 32 °C, sino no corre aire, y 22 °C con una velocidad de aire de 2.3 m/s. Seleccionado un punto de temperatura entre esos dos valores, el TMP12 puede aportar una indicación lógica de algún problema en el sistema de refrigeración.

El bajo coeficiente de temperatura de la fina película que forma la resistencia, junto con el corte láser, suministran una precisión de temperatura de  $\pm 3$  °C sobre todo el rango de temperatura.

Las salidas en colector abierto son capaces de entregar hasta 20 mA, por lo que pueden atacar perfectamente pequeños relés. Operando desde una alimentación simple de +5 V, la corriente de reposo es de sólo 600  $\mu$ A (máximos), sin la corriente de la resistencia de calor.

#### PROGRAMANDO EL TMP12.

Para realizar una aplicación con este integrado bastará con tres resistencias, que no servirán para establecer los puntos superior e inferior para la histéresis sobre el nivel de salida. El cálculo de esas resistencias se realiza del siguiente modo:

Escoger una histéresis para la temperatura.

Calcular la corriente de histéresis.

Seleccionar la temperatura de cambio de salida.

calcular de forma individual los valores de las resistencias para fijar los márgenes superior e inferior de la histéresis.

La corriente de histéresis se puede calcular por:

$$I_{HIST} = I_{VREF} = 5\mu A^{\circ} C^{-1} + 7\mu A$$

#### SELECCIÓN DE LA TEMPERATURA DE SALIDA.

La elección de los puntos de temperatura de salida es un proceso empírico, debido a la gran variedad de términos utilizados en cualquier diseño práctico. Los puntos específicos dependen de factores tales como la velocidad del aire en el sistema, los componentes adyacentes y su tamaño, las pistas de circuito impreso, la ubicación de la masa y el tamaño de la placa.

#### APLICACIÓN TÍPICA. (Placa de evaluación)

El integrado necesita una alimentación simple de 12 V para funcionar, la cual sólo es necesaria para el ventilador de enfriamiento por debajo de la temperatura.

La tensión de 5 V se obtiene de la propia placa, de un regulador, U1.



## ALARMA SOBRETENPERATURA.

### INTRODUCCIÓN.

La temperatura en el interior de la caja de un ordenador es un parámetro importante a tener en cuenta. Dependiendo del procesador, de los ventiladores y de las condiciones ambientales, la temperatura puede aumentar hasta el punto en el que el funcionamiento del microprocesador no está garantizado sin riesgo de que surjan algunos problemas.

El siguiente circuito, utilizando un sencillo económico termistor como sensor de temperatura, nos alerta cuando tengamos una temperatura superior a la que deseamos en el interior de nuestro PC.

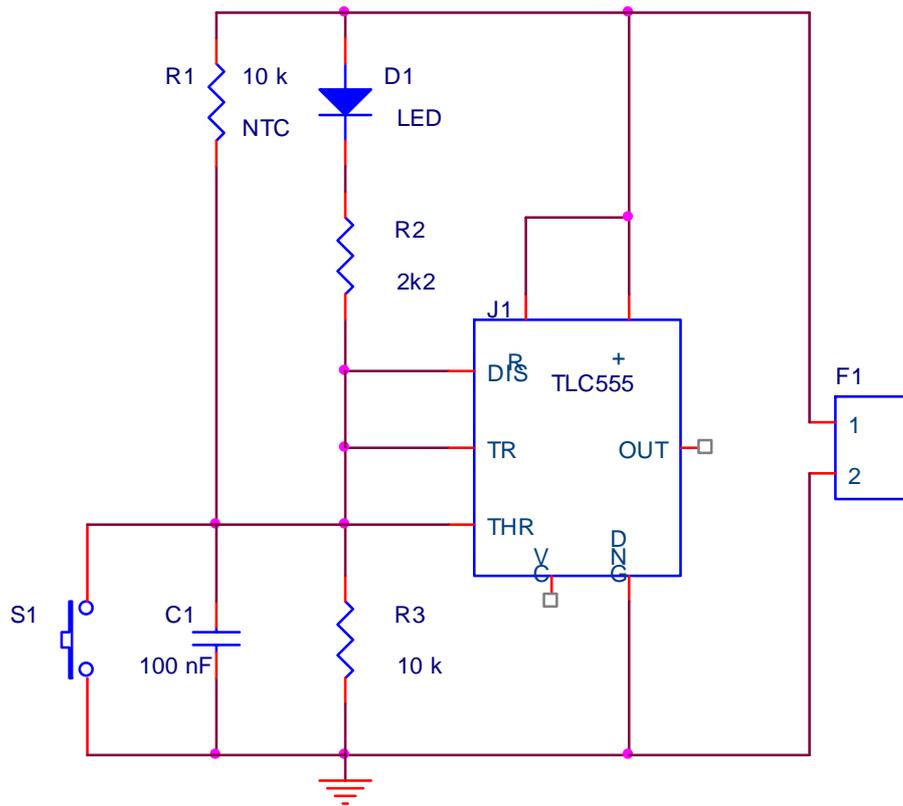
### FUNCIONAMIENTO.

El sensor debe estar aislado y colocado en alguna parte de la caja interna del ordenador. Cuando la temperatura supera los 40 °C un diodo LED de aviso se enciende o, como alternativa podemos oír un Zumbador de aviso u otro dispositivo. La Alarma no se desconectará una vez que la temperatura baje de nuevo por debajo de los 40°C de manera que el suceso de sobrecalentamiento queda almacenado. Al pulsar el botón S1 conseguiremos resetear el circuito.

Puede parecer que 40 °C no es una temperatura demasiado elevada para una alarma de este tipo, sobre todo cuando consideramos que los semiconductores de silicio pueden soportar hasta 150 °C, pero es importante señalar que el sensor mide la temperatura ambiente que los circuitos integrados están funcionando a temperaturas mucho más elevadas.

El circuito puede modificarse fácilmente para actuar con diferentes temperaturas variando ciertos niveles, con tan sólo sustituir el valor de la resistencia R2. Como alternativa también puede utilizarse un potenciómetro en lugar de R2, de manera que obtendríamos una alarma de temperatura ajustable.

Esquema eléctrico del circuito:



El valor de la resistencia R2 depende de la resistencia del termistor que hayamos elegido como alarma de temperatura. El termistor NTC (resistencia con Coeficiente de Temperatura Negativo) presenta una resistencia de 10 k a 25 °C y su resistencia disminuye a medida que se incrementa la temperatura ambiente, de manera que a 40 °C su resistencia es de 5 k. Con este valor de resistencia la alarma se disparará.

Hay una sencilla regla para saber cuándo se disparará la alarma: cuando la resistencia del termistor esté por debajo de la mitad del valor de la resistencia R2. Si conocemos la resistencia del termistor a la temperatura de alarma seleccionada, se trata de un sencillo proceso matemático para conseguir trabajar fuera de los valores de la resistencia R2. La siguiente tabla nos ayudará a seleccionar el valor correcto para dicha resistencia.

Temperatura	Resistencia del termistor	Valor requerido para R2
-20 °C	130 k	270 k
-10 °C	68 k	130 k
0 °C	37 k	75 k
+10 °C	21 k	43 k
+20 °C	13 k	27 k
+25 °C	10 k	20 k
+30 °C	7,9 k	16 k
+40 °C	5,0 k	10 k
+50 °C	3,3 k	6,8k
+60 °C	2,2 k	4,3 k
+70 °C	1,5 k	3 k

El circuito también puede usarse como “alarma de frío”, ya que también se proporcionan valores de temperatura negativos. Asimismo es posible utilizar diferentes tipos de termistores NTC. La relación entre las resistencias R1 y R2 debe permanecer igual, de manera que, si por ejemplo, tenemos una resistencia NTC con un valor de 4,7 k, tendremos que cambiar el valor de la resistencia r2 a 4k7 para obtener una temperatura de 40 °C.

## EL CIRCUITO.

En este diseño se utiliza la versión CMOS de baja potencia del circuito integrado temporizador 555. Internamente, este circuito integrado contiene dos comparadores que conmutan cuando la tensión de entrada es igual a 1/3 y 2/3 de la tensión de alimentación, y su salida controla un biestable del tipo RS (figura 2).

Cuando el temporizador 555 está configurado como monoestable o multivibrador a estable se utiliza un condensador de temporización y la tensión en los extremos de este condensador conmuta entre estos dos umbrales de tensión. El condensador C1 genera una señal de reset hacia el temporizador cuando se conecta por primera vez la tensión de alimentación al circuito. Cuando el sensor de temperatura alcanza los 40 °C su resistencia cae hasta los 5 k y la tensión en la entrada de control será la del umbral de 2/3 de la tensión de alimentación, de manera que la alarma sonará. La alarma se puede desconectar activando el pulsador de reset, o se reseteará automáticamente cuando la tensión de control caiga por debajo de 1/3 de la tensión de alimentación. Con los valores de componentes que se han elegido para este circuito y con la alarma de 40 °C activada, la desconexión automática de la misma se realizará al caer la temperatura hasta los +10 °C, que se corresponde con un incremento de la resistencia del termistor hasta los 20 k.

## LISTA DE MATERIALES

### Resistencias:

R1 = NTC 10 k \*

R2 = 10 k \*

R3 = 2k2

### Condensador:

C1 = 100 nF

### Semiconductores:

D1 = LED

IC1 = TLC555

### Varios:

S1 = Pulsador de 1 contacto

K1 = 2 terminales para soldar

## DETECTOR DE MÁX. TEMP. PARA CONTROLADOR DE VENTILADOR

El circuito controlador de ventilador para el Titán 2000 y otros amplificadores de potencia de audio para grandes cargas, dispone de una salida que activa una tensión si el controlador del ventilador alcanza el límite de su rango. Como el controlador responde a la temperatura, esta señal es interpretada por la circuitería de protección del amplificador como una indicación de sobre temperatura. La desventaja de esta salida es que la tensión máxima para el ventilador no es constante, sino que depende de la carga (número de ventiladores, ventiladores averiados) y la tensión de red. Esta variación viene provocada por el hecho de que la tensión de alimentación para la etapa de salida se toma directamente de la tensión filtrada del transformador. Si, por ejemplo, los ventiladores fallasen, el límite de temperatura máximo estaría establecido a un nivel considerablemente más elevado del valor deseado. El circuito que acompaña, el cual compara el valor de la tensión del ventilador a un valor fijo de referencia, ha sido desarrollado para permitir que la temperatura máxima pueda ser detectada de forma fiable. Este circuito ha sido diseñado para ventiladores de 12 V.

La tensión de referencia es generada por el "regulador de tensión de referencia de baja potencia" DI y el transistor FET TI, el cual está cableado como una fuente de corriente. Los componentes están alimentados directamente de la tensión aplicada al ventilador. La fuente de corriente está configurada para suministrar unos 50 mA, aproximadamente. El diodo DI puede trabajar con corrientes de hasta 10 mA. La tensión de alimentación para el circuito integrado está desacoplada por la resistencia RIO y los condensadores C3 y C4, y el diodo D4 proporciona la protección para sobre tensiones. Para el circuito integrado TLC 271 está especificada una máxima tensión de alimentación de 16 V. Este amplificador operacional trabaja con una tensión de alimentación de hasta 3 V y puede manejar tensiones en modo común de hasta 1,5 V (aproximadamente) más pequeñas que la tensión de alimentación positiva. De acuerdo con todo esto, se ha elegido una tensión de referencia de 1,2 V. La tensión para el ventilador ha sido reducida al nivel de la tensión de referencia por el divisor de tensión formado por R2-R3-P1. Con los valores del circuito, los límites están establecidos a 11,2 y 16,7 V. Si nos parece que estos valores son demasiado altos, podemos reducir la resistencia R2 hasta los 100 kΩ, lo que se traducirá en un desplazamiento de los límites hasta los 9,5 y los 14,2 V.

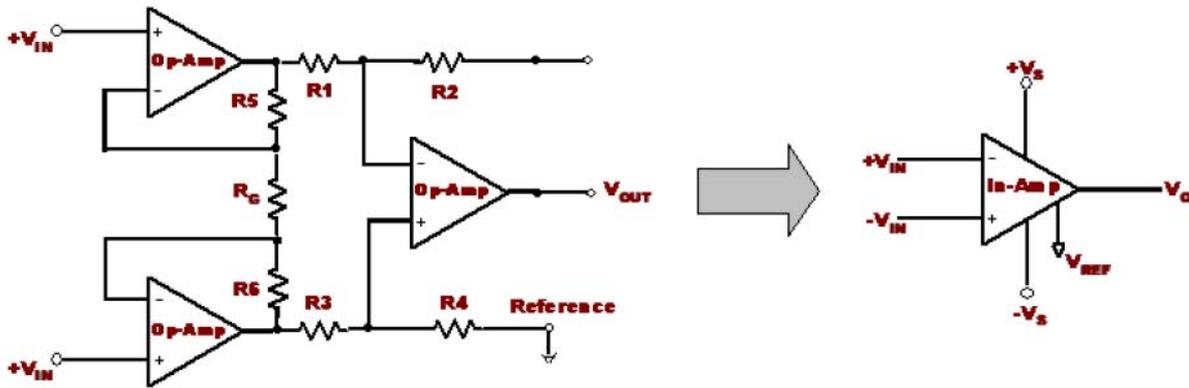
La salida del divisor de tensión está desacoplada de forma correcta por el condensador C2. En este circuito se ha seleccionado una constante de tiempo relativamente grande para evitar que el circuito pueda reaccionar demasiado rápido y mantener la salida activa un poco tiempo después de que el comparador cambie su estado. Por ello, se ha añadido una pequeña cantidad de histéresis (alrededor de 1 mV) por medio de las resistencias R4 y R5, de manera que se eviten oscilaciones no deseadas cuando el comparador conmuta. El diodo D2 asegura que la magnitud de la histéresis es independiente de la tensión de alimentación.

Para conseguir que el circuito sea más versátil se han proporcionado dos salidas. La salida "R" está pensada para controlar directamente el diodo LED de un optoacoplador. Además, el transistor T2 se activa por la salida del amplificador operacional, por medio de las resistencias R7 y R8. de modo que se puede activar un relé o disparar un circuito de protección utilizando la salida "T". El diodo LED D3 de alta eficiencia indica que IC1 ha conmutado. Por lo tanto, puede ser utilizado como un nuevo indicador de



# ACONDICIONADORES DE SEÑAL

Los acondicionadores de señal, como dice su palabra prepara la señal que vamos a procesar antes de entrarla a un convertidor A/D, a un microprocesador o DSP. La alta integración de los circuitos está desplazando los montajes con muchos componentes a diminutas placas con mayor precisión en el proceso analógico, empezando por el uso de amplificadores operacionales integrando varios de ellos en uno sólo, como los amplificadores de instrumentación.



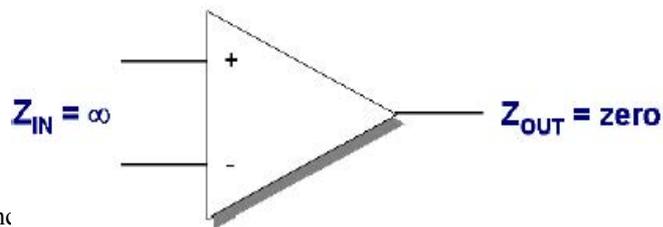
También las cadenas de acondicionamiento se han ido reduciendo drásticamente y día a día hay que ir viendo los nuevos productos que compiten en coste con los "actuales" y mejoran sus prestaciones. Además se pueden encontrar cantidad de circuitos acondicionadores, de los principales fabricantes de circuitos analógicos, como, Analog Devices, Texas Instruments, Philips Semiconductors, etc...

## Consideraciones de los amplificadores operacionales:

### Amplificador operacional ideal:

Un amplificador operacional "ideal" tiene:

- Impedancia de entrada infinita.
- Impedancia de salida cero.
- Ganancia infinita en lazo abierto en todas las frecuencias.
- Ningún error en DC.
- Rechazo en modo común infinito.



### Amplificador operacional real:

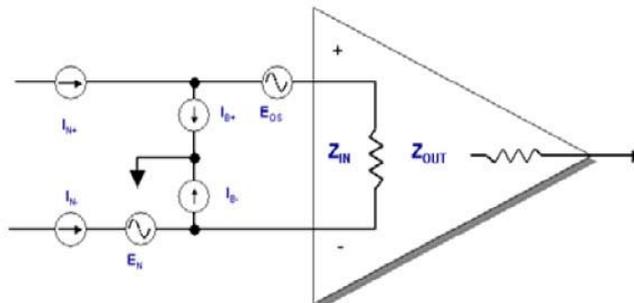
Un amplificador operacional "real" tiene un conjunto de parámetros finitos que a veces se denominan como "términos de error".

#### Parámetros típicos en DC:

- Tensión de "offset" de entrada, Eos ó Vos.
- Corriente de "bias" de entrada, Ib.

#### Parámetros típicos en AC:

- Tensión de ruido de entrada, En.
- Corriente de ruido de entrada, In.
- Pequeña señal / ancho de banda
- Slew rate.



Los valores de estos parámetros determinarán las aplicaciones para las que un amplificador está mejor preparado.

## Categorías de los Amplificadores:

Los amplificadores operacionales se pueden clasificar en las siguientes categorías:

### **Precisión:**

Están caracterizados por una baja tensión de "offset" y baja deriva del "offset" por temperatura. El rango típico de los voltajes de offset de entrada de los amplificadores operacionales son:

Chopper	< 1 $\mu\text{V}$
Bipolares de precisión	10 - 25 $\mu\text{V}$
Bipolares de propósito General	50 - 500 $\mu\text{V}$
FET	50 - 1000 $\mu\text{V}$
Bipolares de Alta Velocidad	100 - 2000 $\mu\text{V}$

### **Baja corriente de bias (Low bias current):**

Están caracterizados por una corriente de bias y una muy alta impedancia de entrada. Los amplificadores con transistors de efecto de campo (FET) son los que tienen mejor estas características. El rango típico de corriente de "bias" según la tecnología de los amplificadores operacionales son:

BJT(Bipolar Junction Transistor): -Típicamente de 10 nA a 20  $\mu\text{A}$ . -Varía lentamente con la temperatura. -Impedancia de entrada de centenares de Megaohms.

FET(Field Effect Transistor): -Típicamente  $\ll 1$  pA. -Dobla por cada  $10^\circ\text{C}$  de decremento en temperatura. -Impedancia de entrada  $10^{12}$  ohms.

### **Bajo ruido (Low noise):**

Están caracterizados por una baja densidad de tensión de ruido( $<10$  nV por raíz de Hz) y una baja densidad de corriente de ruido ( $<10$  pA por raíz de Hz).

### **Alta velocidad (High Speed)**

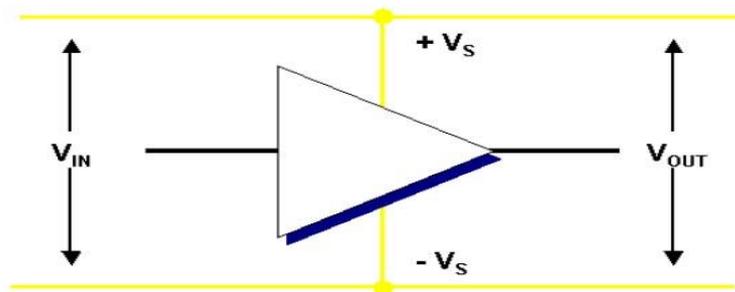
Están caracterizados por: -High gain bandwidth product  $> 10$  MHz -Slew rates  $> 50$  V/ms. -Setting times  $< 100$  ns.

### **Alimentación única (Single supply):**

Los amplificadores operacionales se usan en aplicaciones de muy bajo consumo y bajo voltaje (1.8V a 5V).

### **Rail-to-Rail:**

Un verdadero amplificador operacional Rail-to-Rail puede oscilar dentro de unos pocos milivoltios de alimentación, o en la entrada o en la salida de ambos.



## BIBLIOGRAFIA

- Instrumentación electrónica. Sensores (I) / José María Ferrero Corral SPUPV
- Handbook of modern sensors : physics, designs, and applications / Jacob-Fraden. - 2nd ed. - Woodbury (New York)
- Sensores y acondicionadores de señal / Ramón Pallàs Areny. - 2ª ed. -Barcelona : Marcombo
- The measurement, instrumentation, and sensors handbook / editor in chief-John G. Webster. - [Boca Raton] :
- www.national.com
- www.maxim-ic.com
- www.sapiensman.com
- www.ti.com
- <http://es.geocities.com/fisicas/>
- www.silica.com
- <http://www.arian.cl>
- www.dhacel.com.ar
- <http://abqindustrial.com/spanish>
- <http://www.ajthermosensors.co.uk/>
- <http://www.accutru.com/>