

Sensores y transductores

Versión 1, 2007

SENSORES Y TRANSDUCTORES CAPACITIVOS	
Principio físico	
	Detectan la variación de la capacidad entre dos o más conductores (entre los que se encuentra un dieléctrico) en respuesta a la variación de alguna magnitud física.
Características	
	Linealidad: Si se varía el área de las placas o el material dieléctrico, se tiene que la capacidad varía linealmente con el desplazamiento de la placa. Por otra parte, la capacidad no es lineal con respecto a la distancia entre placas. Si el transductor tiene una configuración diferencial, la capacidad varía linealmente en cualquiera de los tres casos.
	Precisión: Entre $\pm 0.2\%$ y $\pm 0.5\%$
	Housing: $\varnothing 8$ mm to $\varnothing 64$ mm
	Voltaje de operación: 10 VDC to 250 VAC
	Distancia de operación: 0 mm to 50 mm
	Temperatura: -70°C to $+250^{\circ}\text{C}$
Aplicaciones	
	<ul style="list-style-type: none">• Movimiento lineal y angular• Presión, nivel de líquidos, humedad• Aceleración, vibración
	Aplicación biomédica: se utiliza para medir la presión sanguínea y la frecuencia cardíaca.
Tamaño	
	En el mercado se encuentran de diferentes tamaños dependiendo de la aplicación, hay desde 0.5 mm de diámetro por 5 mm de longitud (cilíndrico), hasta los cúbicos de 70 x 75 x 110 mm

Salida eléctrica

0 – 10 KHz

4 – 20 Ma

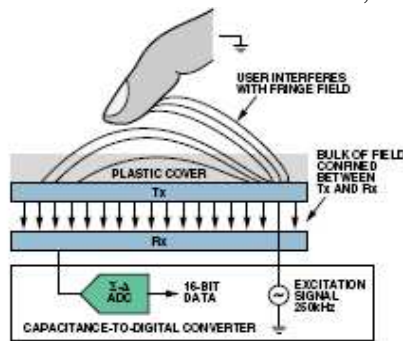
0 – 10 V

Proveedores

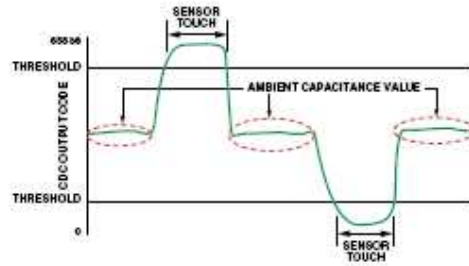
- RECHNER – SENSOR :Es un distribuidor mundial. En Colombia se encuentran en Bogotá y su distribuidor es Alfatecnica S. A.
Av. El Dorado No. 98 - 51 Of. 306
- DIRECT INDUSTRY: distribuidor mundial.
- PI es un distribuidor que se especializa en los sensores capacitivos de posición controlados por nanometrología.

Funcionamiento

El sensor incluye básicamente un receptor y un transmisor, cada uno consiste de trazos metálicos formados en una tarjeta de circuito impresa (PCB). Entre el receptor y el transmisor se forma un campo eléctrico que se concentra, principalmente, entre las dos capas del sensor PCB. La fuerza del campo es medido por un conversor capacitancia-digital. El ambiente eléctrico cambia cuando la mano humana invade el campo, con una porción del campo desviada hacia tierra en lugar de terminar en el receptor. La disminución en la capacitancia resultante, del orden de los femtofaradios, es detectado por el conversor.

**Sensor y ambiente**

Cuando el sensor se encuentra inactivo, el valor de la capacitancia medida se guarda como el valor de ambiente. Al tocar el usuario, el valor de capacitancia aumenta o disminuye; el nivel del umbral de capacitancia se guarda en los registros del sensor y solo cuando los valores de la capacitancia excedan el umbral por encima o por debajo se considerará al sensor como activo.



Ventajas

Los sensores capacitivos son más confiables que los sensores mecánicos, por varias razones. No hay partes móviles, por lo que no hay desgaste o roturas en el sensor, el cual está cubierto. El ser humano nunca está en contacto directo con el sensor por lo que se puede aislar de basuras o salpicaduras. Esto lo hace ideal para equipos que requieran ser limpiados regularmente, ya que el sensor no será dañado por los agentes de limpieza abrasivos; o equipos de mano donde las posibles salpicaduras accidentales sean insignificantes.

Tipos de sensor

Button	
8-Way Switch	
Slider	
Wheel	
Keypad	
Touchpad	

SENSOR DE PRESIÓN MPX

MPX PRESSURE TRANSDUCER



Principio físico

Al aplicar presión al diafragma se produce un cambio de resistencia en la galga extensiométrica, que causa vez un cambio en el voltaje de salida en proporción directa a la presión aplicada. No obstante, los parámetros de salida de la galga extensiométrica dependen de la temperatura. Al utilizar un único elemento piezoresistivo, elimina la necesidad de emparejar exactamente las cuatro resistencias de un puente de wheastone que son sensibles a la temperatura y esfuerzos mecánicos.

Características de operación

CARACTERÍSTICA	MIN	TIPICO	MAX	UNIDAD	SIMBOLO
Linealidad	-1	□	1	%VFSS	-
Corriente		6		mAdc	Io
Voltaje		10	24	Vdc	Vs
Offset	-1	□	1	mV	Voff
Estabilidad del Offset		±0,5		%VFSS	-
Reproducibilidad	No excede el 3%				
Tiempo de estabilización		20		ms	-
Sensibilidad	□	25	□	mV/kPa	mV/kPa
Tiempo de respuesta		1		ms	tr
Resolución		±8		mmH2O	
Histéresis presión		±0,1		%VFSS	
Variable que cambia	Voltaje				

Condiciones de trabajo

EVALUACION	VALUE			UNIT
Temperatura de operación	-40	a	125	°C
Presión máxima	75			Kpa

Referencias

Existen una gama amplia que abarca diferentes rangos de presión. En esta guía hay un enfoque hacia los que tienen un rango de 0 - 15 psi, 0 - 100 mBars. Las referencias entonces son: MPX10, MPX2010, MPX11, MPX2011,MPX12. La explicada en este documento es MPX2010, pero el resto son semejantes

Especificaciones

Excelente reproducibilidad, alta sensibilidad a largo plazo. Entrega una salida analógica. Se utiliza el aire seco como medio de presión, los otros medios que no sean aire seco pueden tener efectos adversos en las características y estabilidad a largo plazo. Entre los materiales más utilizados para la fabricación de este dispositivo se encuentra el silicio. La linealidad se refiere a como la salida del transductor sigue la ecuación: $V_{out} = V_{off} + Sensitivity \times P$ (Ver figura 1)

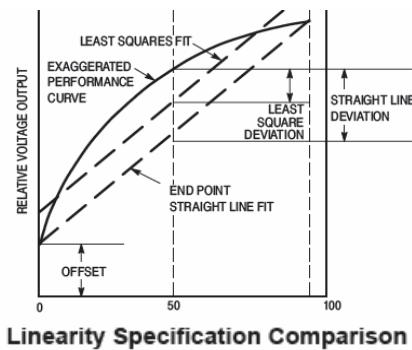
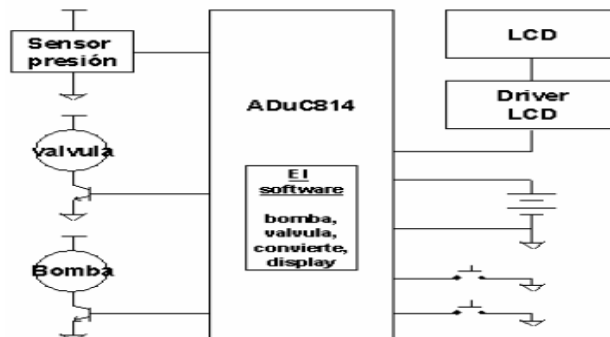


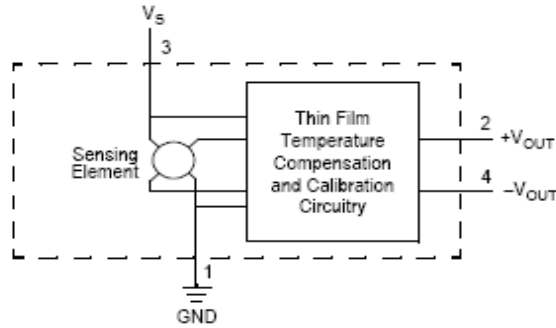
Fig. 1: Linearity Specification Comparison. Tomado de la hoja de especificaciones del sensor.

Aplicaciones

Control de sistemas hidráulicos o neumáticos a través de un sistema de adquisición de datos con microcontrolador.(Ver figura 2) Sensores de presión manométrica, caso especial de presión diferencial, donde la presión atmosférica es utilizada como referencia. BIOMEDICAS: Control presión arterial después de hacerle adaptaciones. Para diagnósticos respiratorios. En medidores endotraqueales.

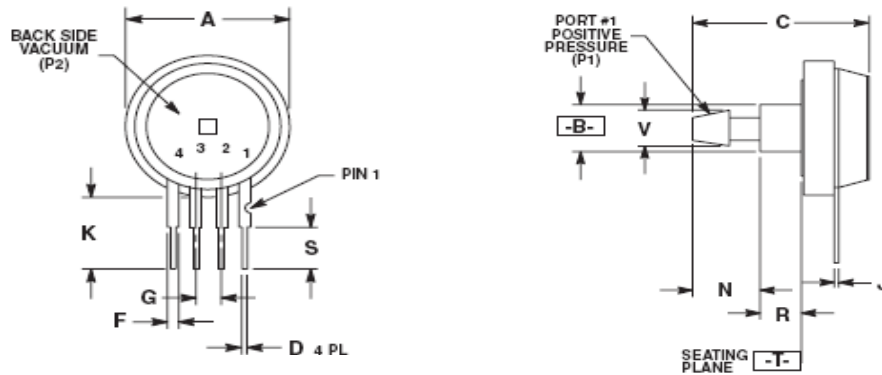


Montaje típico



Debe tenerse en cuenta que una de las grandes ventajas del transductor es que su salida puede llevarse directamente a un microcontrolador sin ser procesada.

Dimensiones



Dimensión	Milímetros	
	Min	Max
A	17.53	18.28
B	6.22	6.48
D	0.41	0.51
F	1.22	1.63
G	2,54BSC	
J	0.36	0.41
K	8.76	9.53
N	7.62	7.87
R	4.52	4.72
S	5.59	6.1
V	4.62	4.93

Proveedores

MEDELLIN

LUGAR
ELECTRONICAS CANARE

PRECIO
80,000/1 68,000/10

ESTADOS UNIDOS

IC2IC

http://www.ic2ic.com/guest_order.jsp?sNum=1213797&pName=M

ESPECIFICACIONES FLEXIFORCE® A201

Construcción

- Ultra delgado circuito impreso flexible.
- Un adhesivo lamina dos capas diferentes de sustrato (polyester/polyimide). En cada capa se aplica un material conductor (plata) y un material sensible a la presión

Principio físico (Bases del funcionamiento)

- Piezoresistividad. Cuando se ejerce una fuerza se afectan las propiedades conductoras del material.
- Actúa como una resistencia de sensado de fuerza en un circuito eléctrico. Cuando está sin carga su resistencia es muy alta, cuando una fuerza es aplicada al sensor, su resistencia disminuye. Ver gráfica de funcionamiento.

Características de la señal que entrega (Características estáticas)

- Variable eléctrica que cambia: resistencia.
- Rango de la señal: Cuando no tiene carga $>50M\Omega$, al máximo de carga $20K\Omega$.
- Resolución: Produce una señal analógica y la resolución depende de la instrumentación.
- Linealidad: $< +/- 5\%$
- Respuesta en frecuencia: $> 200KHz$
- Reproducibilidad: $< +/- 2.5\%$
- Histéresis: $< 4.5\%$

Especificaciones técnicas-eléctricas

- Corriente directa (DC).
- Durabilidad: Depende de las condiciones a las cuales esté expuesto.
- Rangos de medición:
 1. 0-1Lb (4,4N)
 2. 0-25Lb (110N)
 3. 0-100Lb (440N)¹
- Capacidad de voltaje: de 0.1V a 18V. Pero puede ir hasta 24V dependiendo de la habilidad para disipar el calor.
- Condicionamiento: Probar el sensor unas 8-10 veces al 110% de su carga máxima antes de la calibración.
- Conectores: 3 pines cuadrados machos.
- Dimensiones Físicas:
 1. Espesor: 0.208mm
 2. Longitud: 203mm, 152mm, 102mm, 51mm.
 3. Ancho: 14mm
- Área a sensar: 9.53mm de diámetro.

Condiciones de trabajo

- Temperatura: Opera de -9 a 60°C con una variación en la salida arriba del 0.36%/°C
- Humedad: En condiciones de alta humedad el sensor responde en los límites normales.
- Campos magnéticos: No se ve afectado.

Marcas y proveedores

- Temperatura: Opera de -9 a 60°C con una variación en la salida arriba del 0.36%/°C
- Humedad: En condiciones de alta humedad el sensor responde en los límites normales.
- Campos magnéticos: No se ve afectado.

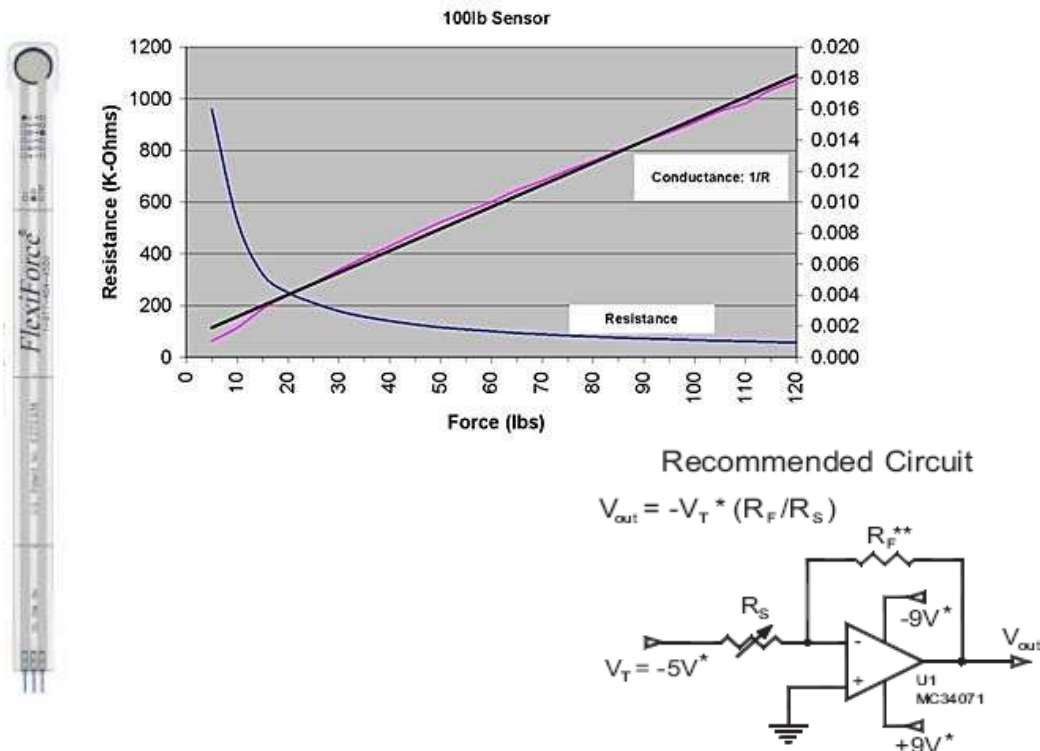
Precio

4 Pack (US 55) y 8 Pack (US 99)

Aplicaciones

- Suministro de drogas.
- Manejo de herramientas quirúrgicas.
- Equipos de diagnóstico.
- Equipos atléticos.
- Robótica.
- Monitoreo de equipos.
- Muchas más (ver página de Tekscan).

Grafica de funcionamiento e instrumentación



- * Supply Voltages should be constant
- ** Reference Resistance R_F is 1kΩ to 100kΩ
- Sensor Resistance R_S at no load is > 5MΩ
- Max recommended current: 2.5 mA

SENSORES FSR (FORCE SENSITIVE RESISTOR)

Principio Físico

El sensor de presión no es una galga extensiométrica, ni una celda de carga ni un transductor de presión, Son sensores que miden fuerza (presión). Tiene una resistencia variable en función de la presión aplicada y se rige por el principio piezoresistivo. Estos dispositivos se fabrican con un material elástico en cuatro capas, consistiendo en:

- Una capa de plástico eléctricamente aislador
- Un área activa que consiste en una serie de conductores
- Un espaciador plástico
- Un substrato flexible

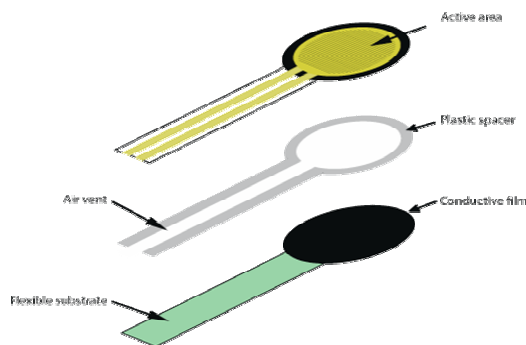
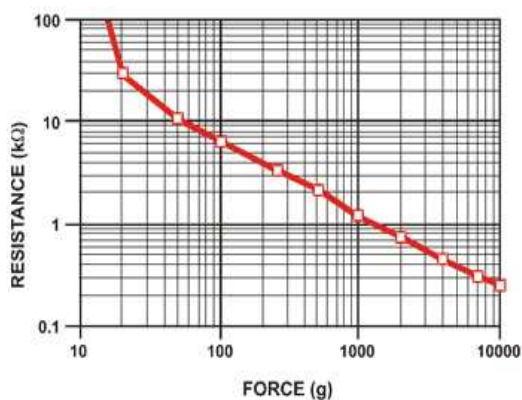


Figura: Construcción de un FSR

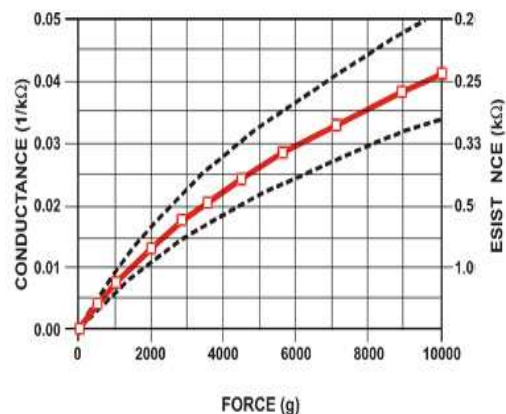
Características de la señal

La gama usable de la señal de salida de un FSR es casi lineal. Si se aplica bastante fuerza, su respuesta se convierte en no lineal debido a la saturación del sensor. Tiene una baja exactitud, con errores de hasta un 25% de salida. Sin embargo, es excelente para aplicaciones donde se necesita una medición cualitativa.

Fuerza vs. Resistencia



Fuerza vs. conductancia*



- La conductancia equivale a $1/R$
- La exactitud de la fuerza se extiende de aproximadamente del $\pm 5\%$ al $\pm 25\%$ dependiendo de la consistencia de la medida y la actuación del sistema, de la tolerancia de la capacidad de repetición llevada a cabo en la fabricación, y de la calibración.
- La resolución de la fuerza de los dispositivos de FSR es mejor que el $\pm 0.5\%$ de la fuerza completa del uso.

Condiciones de trabajo

- Rango de temperatura: entre -30°C hasta 70°C
- Sensibilidad a ruido/vibración: no es afectado significativamente
- Trabaja mejor en superficies planas, firmes y lisas
- Al montar estos sensores a una superficie curva (en el cuerpo o ropa), reduce la gama de la medida.
- La flexión de la cola también afecta el funcionamiento.

Especificaciones técnicas y eléctricas

- Rango de sensibilidad de fuerza: entre 100 g hasta 10 Kg.
- Rango de sensibilidad de presión: entre 1.5 psi hasta 150 psi
- Resistencia de aislamiento: mayor a $1\text{M}\Omega$

Instrumentación

La figura a continuación representa cómo se puede usar el FSR en el puente de Wheatstone para crear una salida de voltaje (V_g)

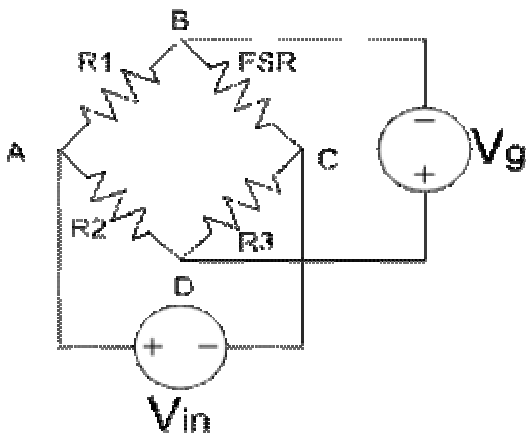


Figura 1: Puente de Wheatstone usado para cálculo de voltaje

Las ecuaciones 1 y 2 dan el voltaje a través del FSR (representado por R_g)

$$V_{BC} = \frac{R_g}{R_1 + R_g} * V_{in} \quad (1)$$

$$V_{bc} = i_f R_f \quad (2)$$

Combinando las dos ecuaciones anteriores, se puede resolver una ecuación para la corriente que viaja a través del FSR

$$i_f = \frac{V_{bc}}{R_f} = \frac{V_{in}}{R_1 + R_f} \quad (3)$$

$$V_f = \frac{R_1 R_3 - R_f R_2}{(R_1 + R_f) + (R_2 + R_3)} * V_{in} \quad (4)$$

Cada tamaño de FSR tiene un máximo de corriente que no puede ser excedido, éstos se presentan a continuación, junto con sus respectivas resistencias:

Pequeño	Mediano	Grande
Máxima corriente permitida = 0.20 mA	Máxima corriente permitida = 1.27 mA	Máxima corriente permitida = 14.51 mA
R1 = 20Kohms	R1 = 2Kohms	R1 = 51ohms
R2 = 20Kohms	R2 = 2Kohms	R2 = 51ohms
R3 = 750Kohms	R3 = 750Kohms	R3 = 5.1Mohms
Rango de V g : 1.88V – 7.46V	Rango de V g : 0.12V – 7.50V	Rango de V g : 0.04V – 8.10V
Rango de i g : 0.06mA – 0.15mA	Rango de i g : 0.08mA – 0.44mA	Rango de i g : 0.08mA – 1.09 mA

• **NOTA:** Para todos los cálculos se usó Vin=9V

Proveedores y precios

Interlink Electronics

1.0 US \$

Aplicaciones

- Camas para Hospitales
- Plantillas para pie de
- Diabético
- Máquinas de oncología
- Manos de robots
- Bombas de infusión
- Controles de videojuegos

SENSORES INDUCTIVOS

Principio físico de funcionamiento

Se basa en la variación de la inductancia (magnitud del flujo magnético que concatena debido a una corriente eléctrica) mutua entre un primario y cada uno de dos secundarios al desplazarse a lo largo de su interior un núcleo de material ferromagnético, arrastrado por un vástago no ferromagnético, unido a la pieza cuyo movimiento se desea medir. En la posición central, las tensiones inducidas en cada secundario son iguales y, al apartar el núcleo de dicha posición, una de las dos tensiones crece y la otra se reduce en la misma magnitud.

Especificaciones técnicas

Generalmente, se alimentan con tensión alterna; sin embargo, hay modelos que aceptan una alimentación de tensión continua (DCLVDT). Las tensiones de excitación aceptadas van de 1 a 24 Vrms, con frecuencias de 50 Hz a 20kHz. Sus dimensiones físicas (ancho, largo y espesor) son del orden de milímetros (10-70 mm. Aprox.), y dependen de la marca del sensor.

Materiales mas comunes empleados en su fabricación

El núcleo es una aleación de hierro y níquel, y está laminado longitudinalmente para reducir las corrientes de Foucault. Por otro lado, los tres devanados se recubren con una sustancia impermeable, para poder funcionar con una humedad ambiental elevada.

Características estáticas

Linealidad	$\pm 0,25\%FE$
Frecuencia Óptima	2000Hz
Sensibilidad	0,1V/cm - 40mV/ μm
Resolución máxima	0,1 μm
Alcances de medida	$\pm 100\mu m$ a $\pm 25cm$
Repetibilidad	Alta (del cero sobre todo) por su simetría.
Exactitud	Muy buena
Robustez	Alta

Temperatura de trabajo

Inferior a la de Curie (de acuerdo con material), para no perder el magnetismo. Existe una variación en la tensión de salida según la temperatura, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V_T = V_{25} [1 + \alpha(T - 25) + \beta(T - 25)^2]$$

donde T es la temperatura expresada en °C, α es una constante que depende de la frecuencia, y β es otra constante que varía de acuerdo con la referencia del dispositivo. Los valores de estas constantes para un modelo 210A-0050 son: $\alpha = -0,5 \cdot 10^{-4}$ y $\beta = -2 \cdot 10^{-7}$. El rango normal de trabajo va de -30°C a 120°C.

Resistencia a la humedad

Alta

Resistencia a la presión

Buena, gracias al aislamiento entre el sensor (vástago) y el circuito eléctrico.

Otras características

Imponen poca carga mecánica; son de contacto libre, es decir sin fricción, y resisten ambientes hostiles

Aplicaciones comunes

Medidas de desplazamiento y posición. Muy frecuente como detector de cero en servosistemas de Posición en aviones y submarinos. Puede aplicarse a medidas de aceleración e inclinómetros mediante un para realizar análisis de marcha y desarrollar medidores de velocidad (como el *Speedmed*). También, sirve como medidor de presión, y puede emplearse, en los instrumentos basados en flotadores, los rotámetros, los detectores de nivel, y para medir los desplazamientos que se generan en las celdas de carga.

Instrumentación

Para evitar interferencias se recomienda utilizar un filtro paso bajo en la salida.

Los devanados se deben recubrir con una sustancia impermeable para que puedan funcionar con una humedad ambiental elevada.

Requiere un oscilador extremadamente estable.

Fabricantes de LVDT

Lucas Schaevitz, Solartron (Schlumberger Transducer). Transcoil, Sensotec, Tesa, RDP, Kavlico, Omega.

Marcas comunes en el mercado

AECO^R, PEPPERL+FUCHS, DIELL, TRUCK, BERO, SIEMENS.

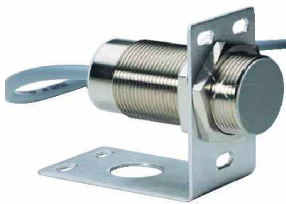
Proveedores

Colombiana de Controles Coldecon Ltda. (www.coldecon.com)

SUCONEL(www.suconel.com)

Compel S.A

Apariencia física del sensor LD701⁽¹⁾



Precios

\$43.200 – 210.000

GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS

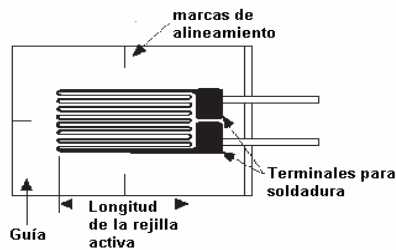
Características generales

Principio físico de funcionamiento

El fundamento de las galgas extensiométricas es el *efecto piezorresistivo*. Se basan en la variación de la resistencia de un conductor o un semiconductor cuando es sometido a un esfuerzo mecánico. Si se considera un hilo metálico de longitud l , sección A y resistividad ρ , su resistencia eléctrica es $R = \rho \frac{l}{A}$

Estructura general

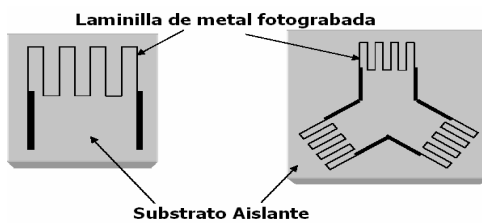
- Laminilla delgada de cualquier metal(constantan, Ni, Cr).
- Respaldo de material plástico (nylon, vinilo, polietileno, teflón)
- Terminales metálicos grandes para soldadura



Clases delgadas

De alambre

- Hilo bobinado
- Hilo plegado
- Soporte de papel

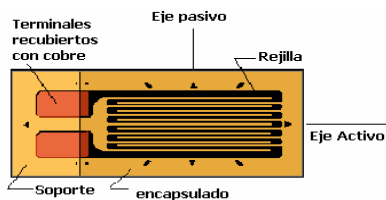


Impresas por fotograbado

Aleación 'Advance'

(Cu,

Ni, Mn)



Características de la señal entregada por la galga extensiométrica

Linealidad

Poseen amplio rango donde su respuesta es lineal

Respuesta en frecuencia

Buena respuesta a altas frecuencias

Calibración

La calibración es estable, gracias a que las distintas galgas según sus arreglos y materiales poseen un *factor de sensibilidad* (dependiente de la galga)

Variable eléctrica que cambia

Resistencia

Reproducibilidad

Excelente

Condiciones de trabajo de una galga extensiométrica

Esfuerzo aplicado

Este esfuerzo no debe llevar a la galga fuera del margen elástico de deformación. Éste no excede del 4% de la longitud de la galga y va desde unas 3000 $\mu\mathcal{E}$ para las semiconductoras a unas 40.000 $\mu\mathcal{E}$ para las metálicas.

Temperatura

La temperatura es una fuente de interferencia para las galgas. Afecta a la resistividad y módulo de elasticidad y dimensiones del soporte.

Superficie

Para el correcto funcionamiento de una galga, ésta siempre tiene que estar pegada a una superficie rígida (platina) y tiene, un proceso de fabricación particular

Potencia

La propia potencia que se disipa cuando, al medir su resistencia, se hace circular por ella una corriente, produce un calentamiento de la galga.

Fuerzas electromotrices

Son otra fuente de interferencia para las galgas, presentes en la unión de dos metales distintos

Sensibilidad a la luz

Las galgas extensiométricos de silicio son sensibles a la luz

Especificaciones técnicas – eléctricas

Rangos de medición

- Corriente: En las galgas metálicas la corriente máxima es de 25 mA si el soporte es buen conductor del calor (acero, cobre, aluminio) y de 5 mA si es mal conductor (plástico, madera)
- Voltaje
- Resistencia: 120, 350, 600...5000 Ω en galgas metálicas y 1000 a 5000 en galgas semiconductoras

Potencia

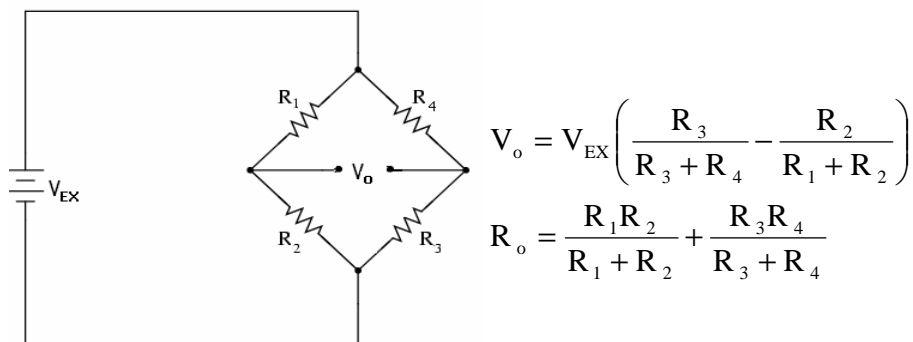
En las galgas semiconductoras, la potencia máxima disipable es de unos 250 mW

Dimensiones físicas

Son pequeñas y livianas: 0,4 a 150 mm en galgas metálicas y 1 a 5 mm en galgas semiconductoras

Instrumentación

Puente de Wheatstone



Puente de Wheastone balanceado: $\Rightarrow V_o = 0$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$$

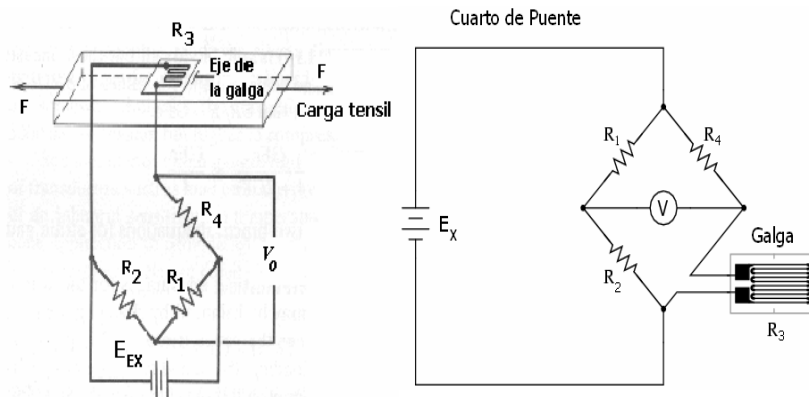
Cuarto de puente

La Figura muestra una configuración de $\frac{1}{4}$ de puente que consiste de un elemento de carga (galga) R_3 en combinación con tres resistencias fijas R_1 , R_2 y R_4 . Con una fuente de voltaje E_{EX} alimentando el puente, el sistema de medición mide el voltaje V_0 a través del puente. En el estado donde no hay carga aplicada, cuando la relación de R_2 a R_1 es igual a la relación de R_4 a R_3 , el voltaje medido en V_0 es 0 V. A esta condición se le conoce como puente balanceado. A medida que carga se aplica a la galga, el valor de su resistencia cambia, $\Delta R = R_0 G \epsilon$ causando un cambio en el voltaje V_0 .

Asumiendo que $R_1 = R_2$, $R_3 = R_0 = R_4$ donde $R_3 = R_0 (1 + G \epsilon)$.

$$\frac{V_0}{\epsilon} = -\frac{G V_{EX}}{4} \left(\frac{1}{1 + G \frac{\epsilon}{2}} \right)$$

Como se ve existe una relación no lineal entre el voltaje de salida y la deformación

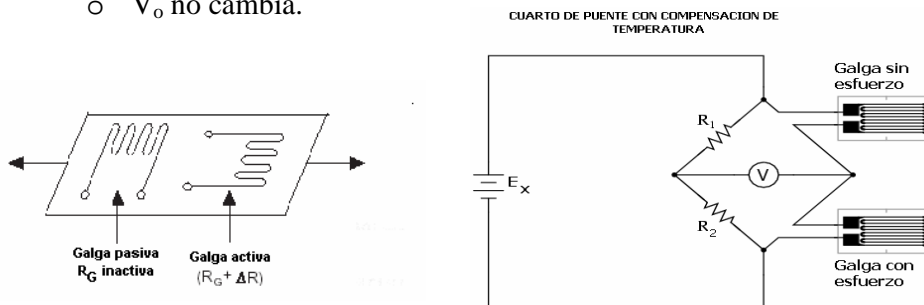


Compensación de temperatura

Las galgas son sensibles a la temperatura y el Puente permite reducir esa interferencia. Si se utiliza el $\frac{1}{4}$ de puente, basta disponer otra galga igual, pero no sometida a esfuerzo (pasiva) y emplear el circuito indicado.

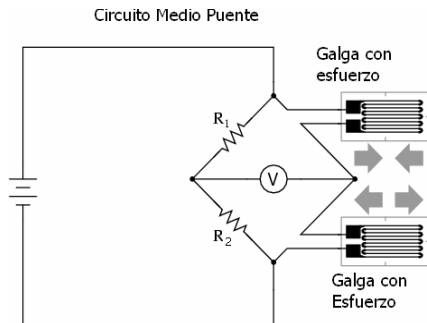
La galga activa se usa para medir deformación.

- La galga pasiva no se somete a esfuerzo y por lo tanto no se deforma.
- Los efectos de la temperatura son los mismos en ambas galgas.
 - V_0 no cambia.



Medio puente

Si se emplean dos galgas que experimentan deformaciones de igual magnitud pero de signo opuesto, al disponerlas de la forma indicada en las figuras, se obtiene una relación lineal entre el voltaje de salida y la deformación y la sensibilidad de la medición se dobla



$$\Delta R = R_0 \cdot G \cdot \varepsilon$$

$$\frac{V_o}{\varepsilon} = -\frac{G \cdot E_{EX}}{2}$$

Marcas y precios

MARCA	PRECIO
KYOWA	5.35€
GRAPHTEC	5.15€
ANALOG DEVICES	
VISHAY	
INTRONICS	

Aplicaciones Biomédicas

En biomecánica y en rehabilitación para cálculos de presión sobre superficies rígidas

GALGA EXTENSIOMETRICA (2)

Principios físicos

Al aplicar una fuerza sobre la galga, esta se estira y se deforma cambiando la resistencia. La ecuación que rige este principio es la siguiente:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} [1]$$

R es la resistencia de un alambre con resistividad ρ , longitud L y área de sección transversal A .

Puente de Wheatstone: Existen tres tipos de montajes básicos: con una, dos (medio puente) y cuatro galgas (puente completo). Las principales diferencias en estos montajes se encuentran en la sensibilidad y la capacidad de compensación del efecto de temperatura. Esta compensación consiste en suprimir los efectos de la temperatura en el valor de la resistencia de la galga; cuando en un puente de medida coinciden dos o cuatro galgas de iguales características, los efectos de la temperatura se anulan ya que esta les afecta por igual. Para ver todas las diferentes conformaciones de galga extensiométrica vea la figura y tabla 1.

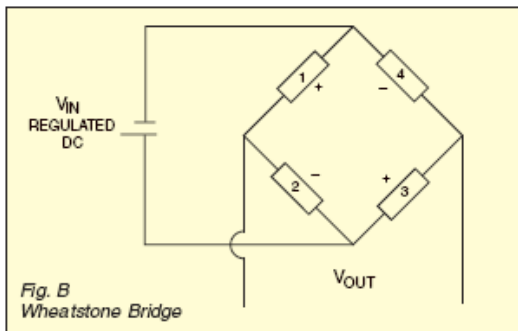


Figura 1: Puente de Wheatstone

Tensión	Tipo de puente	Posición de las galgas (fig. 1)	Compensación de temperatura
Flexión	1/4	1	No
	1/2	1,2	Si
	Completo	Todas	Si
Axial	¼	1	No
	½	1,2	Si
	½	1,3	No
	Completo	Todas	Si
Torsional	1/2	1,2	Si

Tabla 1: Configuraciones de la galga

Características de la señal entregada

La resistencia por unidad de longitud de las galgas típicas es aproximadamente $0.02-2 \Omega/\text{cm}$.

Materiales mas comunes empleados en su fabricación

El núcleo es una aleación de hierro y níquel, y está laminado longitudinalmente para reducir las corrientes de Foucault. Por otro lado, los tres devanados se recubren con una sustancia impermeable, para poder funcionar con una humedad ambiental elevada.

Condiciones de trabajo

Temperatura: Depende del material de la galga y de la base, estos rangos pueden estar entre -75 a 175°C , -269 A 230°C , entre otros.

Características generales

- Linealidad: Alta
- Respuesta en frecuencia: Buena respuesta a altas frecuencias [2].(respecto a uso biomédico, hasta 100 Hz)
- Variable eléctrica que cambia: Resistencia
- Factor de galga: Es una constante K característica de cada galga. Determina la sensibilidad de esta, depende de la aleación empleada en la fabricación. El factor gage de los materiales semiconductores es considerablemente mayor (entre 50 y 70 veces) al valor de los materiales metálicos.

Especificaciones técnicas y eléctricas

- Rangos de medición: Son capaces de medir desplazamientos de hasta mas o menos 1 mm/m .
- Dimensiones físicas:
 - Peso: suele ser del orden de gramos
- Anchura y longitud: Pequeñas

Instrumentación

Configuraciones : Ver tabla y figura 1

Marcas

- STW (sensor-technik Wiedmann Gmbh)
- HBM (marca líder en Europa)
- SMD (strain measurement devices)VISHAY

Proveedores

JJ Básculas

Aplicaciones

Las galgas son el principio básico de una celda de carga.

Son el método más económico aplicado al análisis de tensiones para calcular el valor de una tensión basándose en las medidas de una extensión.

Las galgas elástico-resistentes son extensivamente usadas en aplicaciones biomédicas, especialmente respiratorias y de volumen. Este sistema normalmente consiste en un tubo estrecho de caucho de silicón lleno con mercurio o con un electrolito o pasta conductora. Los extremos del tubo están sellados con electrolito. Cuando el tubo se estira, el diámetro decrece y el largo se incrementa, causando que la resistencia se incremente.

Notas importantes

En aplicaciones de alta precisión el peso puede influir en la medida de la deformación.

Las galgas extensiométricas con elemento semiconductor tienen la ventaja de tener un alto factor de galga, pero son más sensibles a la temperatura e inherentemente más no-lineales que las galgas metálicas porque el efecto piezoresistivo varía con la tensión.

LOAD CELLS (Celdas de Carga)

A load cell is a transducer which converts force into a measurable electrical output. Although there are many varieties of load cells, strain gage based load cells are the most commonly used type.

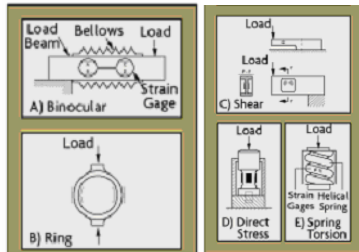


Fig1. Load cell spring elements [1]

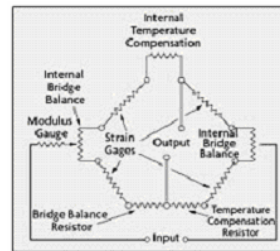


Fig2. Wheatstone circuit[1]

The normal configuration for a Wheatstone bridge circuit comprises four strain gauges. But some load cells use 8, 16, 32, or more gauges, while other devices only use one or two. The precise positioning of the gauges, the mounting, and the materials used define the performance of any load cell.

The most critical mechanical component in a load cell is the Spring Element. It acts as a reaction to externally applied loads and distributes that load into a uniform strain path. This is then measured by the strain gauge which provides an accurate measurement on the Wheatstone bridge.

Load cell designs can be distinguished according to the type of output signal generated (pneumatic, hydraulic, electric) or according to the way they detect weight (bending, shear, compression, tension, etc.)

Load Cell Performance Comparison					
Type	Weight Range	Accuracy (FS)	Apps	Strength	Weakness
Mechanical Load Cells					
Hydraulic Load Cells	Up to 10,000,000 lb	0.25%	Tanks, bins and hoppers. Hazardous areas.	Takes high impacts, insensitive to temperature.	Expensive, complex.
Pneumatic Load Cells	Wide	High	Food industry, hazardous areas	Intrinsically safe. Contains no fluids.	Slow response. Requires clean, dry air

Bending Beam Load Cells	10-5k lbs.	0.03%	Tanks, platform scales,	Low cost, simple construction	Strain gages are exposed, require protection
Shear Beam Load Cells	10-5k lbs.	0.03%	Tanks, platform scales, off-center loads	High side load rejection, better sealing and protection	
Canister Load Cells	to 500k lbs.	0.05%	Truck, tank, track, and hopper scales	Handles load movements	No horizontal load protection
Ring and Pancake Load Cells	5- 500k lbs.		Tanks, bins, scales	All stainless steel	No load movement allowed
Button and washer Load Cells	0-50k lbs 0-200 lbs. typ.	1%	Small scales	Small, inexpensive	Loads must be centered, no load movement permitted
Other Load Cells					
Helical	0-40k lbs.	0.2%	Platform, forklift, wheel load, automotive seat weight	Handles off-axis loads, overloads, shocks	
Fiber optic		0.1%	Electrical transmission cables, stud or bolt mounts	Immune to RFI/EMI and high temps, intrinsically safe	
Piezo-resistive		0.03%		Extremely sensitive, high signal output level	High cost, nonlinear output

Pneumatic load cells are sometimes used where intrinsic safety and hygiene are desired, and hydraulic load cells are considered in remote locations, as they do not require a power supply. Strain gage load cells offer accuracies

Static Characteristics (typical)

- Sensitivity 0.5- 2 mV/V
Hysteresis error 0.020% - 0.2%
Non-linearity 0.020% 0.15%
- Non-repeatability 0.02%- 0.1%
- Temperature effect span 0.015% /10C
- Temperature effect zero 0.026% /10C
- Compensated temperature range +10C - + 75C
- Operating temperature range -54 to 120C
- Length/ height 0.98'' – 4.92''



Materiales mas comunes empleados en su fabricación







El núcleo es una aleación de hierro y níquel, y está laminado longitudinalmente para reducir las corrientes de Foucault. Por otro lado, los tres devanados se recubren con una sustancia impermeable, para poder funcionar con una humedad ambiental elevada.

Some of the Load cells' industries

- HBM
- Omega
- Vishay
- LCM
- Revere transducers
- Interface
- Futek
- Bongshin

Some types of load cells made by OMEGA and its characteristics

STYLE	REF	RANGE	ACCURACY	CHARACTERISTICS	PRICE (US)
 <p>Canister</p>	LC100 1 & LC101 1	500lb – 2,000,000lb	0.05 %	Many feature an all stainless steel design and are hermetically sealed for washdown and wet areas.	\$895
 <p>S Beam</p>	LC101 & LC111	25lb- 40.000lb	0.03 %	They provide superior side load rejection.	\$305
Tension/ Compression	LC201	25lb – 300lb	1 %	Used for applications where the load may go from tension to compression and vice versa.	\$485

					
 <p>Button</p>	LC302	25lb – 1000lb	0.5 %	They are ideal for mounting where space is restricted. They offer excellent long term stability.	\$295
 <p>Beam</p>	LCL	25 lb – 40lb	0.25 %	They feature low profile construction for integration into restricted areas.	\$65
 <p>Single point</p>	LC601	1lb – 25lb	0.03 %	Used to commercial and industrial weighing systems. They provide accurate readings	\$395
 <p>Through Hole</p>	LC810 0	5lb -200lb	1%	Mounting holes and female threads provide easy installation.	\$470
 <p>Submersible</p>	LCMU W	50,000g – 3,000 kg	0.25 %		\$1175

Biomedical applications

Almost all areas of engineering require accurate and traceable measurements of force, the majority being carried out using strain gauge force transducers commonly referred to as load cells. Applications include tensile testing of materials, proof testing of components and performance testing of materials and engines.

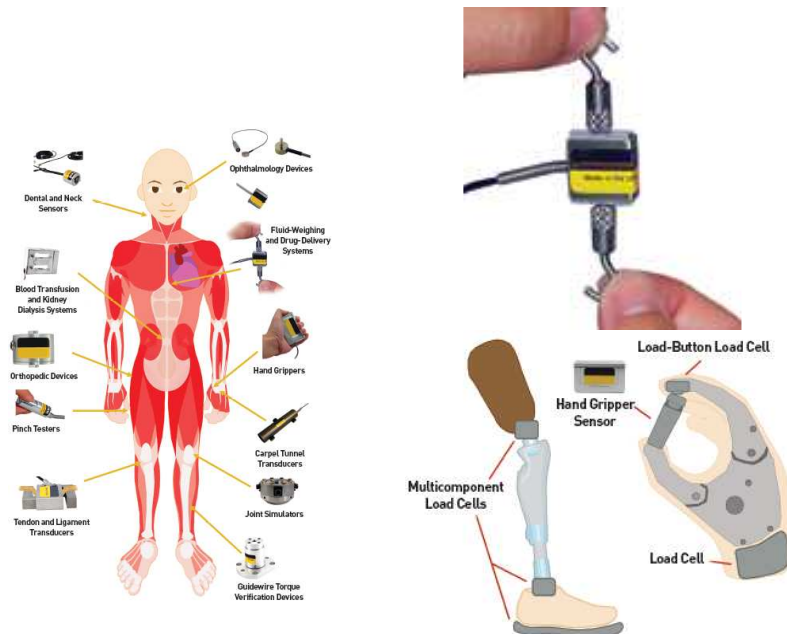
- **Measure weight.** Until the early 1980s, nurses had to physically monitor patients to track critical weight fluctuations. By affixing load cells to hospital beds, the beds could effectively transmit accurate patient weight to a handheld instrument. Typically four load cells, one under each leg of the bed, fed data to a junction box that was connected to a related instrument or controller.
- **Infusion pumps for administering drugs.** Originally, a hanging bag held fluid, medication, or nutrients that were infused to the patient via gravity through a flexible line. This required continual attendant monitoring to ensure that the solution was being delivered properly, that the bag was properly filled at all times, and that no back bleeding was occurring. Integrating a load cell and monitoring system to the basic infusion-delivery method removed guesswork from the process. The load cell measured the exact weight of the bag and immediately sent a warning to a

connected device if the weight of the infusion varied from its prescribed path. Normally a small bending-beam load cell sensor with a 100-g to 1-lb capacity was placed in a cartridge under the flexible tube used to deliver the infusion.

- **Kidney Dialysis.** A typical kidney dialysis system may depend on one or several load cells to ensure that the filtration system has perfect balance and timing. Any malfunction can be disastrous. Load cells used for this type of system are typically in-line, small, and work by monitoring flow changes by sensing the weight of a hanging bag to ensure the dialysis procedure is performed safely every time.
- **Endoscopic Surgery.** Endoscopy is a unique area aided by load cell technology. In endoscopic surgery, the pressure of instruments can be highly critical and the incision depth needs to be very precise. Load cells can monitor the force of these instruments against the tissue, thereby greatly improving surgical accuracy.
- **Rehabilitation.** Large load cells (2–4 in.) are used in physical therapy to monitor muscle recovery. They are normally integrated with a hand-gripping device of some type to monitor the rehabilitation progress in those who have an injury, arthritis, or have had strokes.
- **Orthopedics.** A unique application in the area of corrective orthopedics is placing a very-low-profile flat-plate or load-button load cell into shoe heels with a connection to a headset radio device. When the wearer is walking correctly with proper balance and posture, the load cell activates the radio device and music plays. If the subject falls into an irregular foot pattern, throwing off the correct balance of the body, the radio device will stop playing, thus training the person to correct improper stance and walking patterns.
- **Monitoring MRI Movement.** To control or monitor patient movement during magnetic resonance imaging (MRI), special hand-grip load cells are used to detect movement and monitor any loss of strength. The results will also indicate if the patient is losing consciousness. Proprietary manufacturing processes and material selection are used to develop special, nonmagnetic load cells that can be used in the MRI environment.
- **Premature Birth Detection.** Load cell sensors are also used to monitor irregular pressure changes during pregnancy to help prevent premature birth defects in high-risk pregnancies. One company created a device that includes a bending-beam load cell to monitor these pressure changes. The device uses a special belt that is attached externally to the abdomen of the pregnant woman. The belt is equipped with a microprocessor control, a load cell, and a modem. When irregular pressures are sensed, the device calls the nursing center via the wireless modem to alert the gynecologist if changes in uterine pressure indicate emergency care is required.
- **Micro Load Cells.** Load cells are used in various ways in both knee and hip joint replacement, both in R&D and during surgery. Small, customized S-shaped shear-beam load cells are used to measure torsional forces of tendons and ligaments during surgical procedures. Also, customized clip-on soft-tissue load cells accurately measure the forces of the knee extensor mechanism interoperatively. The miniaturization of load cells has also been instrumental in aiding dental researchers and equipment manufacturers identifying the bite strength of each tooth under various conditions. This has enabled improvement of the materials used in dental work as well as dentures and implants. A small, 50-lb-capacity strain gauge load cell, or a customized denture, which includes a sensor under each tooth, provides information to a readout device or remote data acquisition device. That information allows dental technicians to accurately read the

positioning and pressure points of the subject's jaw and teeth to create what is needed for a well-aligned and healthy bite.

- **Pancake and Multicomponent Load Cells.** The manufacturers of artificial joints and robotic limbs have borrowed a technique from standard industrial quality control applications. Multiple pancake-type load cells are used in both hip and knee simulator machines, which allow friction and wear tests of multiple joints simultaneously for endurance testing and determining mean time between failure. Testing durability provides a way to develop better, stronger, and more-flexible devices with a goal of lifetime use with no problems.
- **Rod-End Load Cells.** Prosthetic arms and legs have played a big role in mobilizing the handicapped. However, with the absence of the muscles and nerve systems, many abilities are very limited. Manufacturers are now using special rod-end load cells to monitor and display forces, and work is under way to enable such data to be relayed to a patient's brain, creating a closed-loop process.



*Fig4. Load cell's biomedical applications.
Medical devices & Diagnostic Industries web page.*

SENSORES PIEZO ELECTRICOS

Principio Físico

El efecto piezoeléctrico consiste en la aparición de una polarización eléctrica en un material al deformarse bajo la acción de un esfuerzo mecánico.

Algunos de los materiales que presentan esta propiedad son:

Naturales:

- El cuarzo
- La turmalina

Sintéticos

- Ceraminas
- La Sal de Rochelle
- Cerámicos:
 - Fluoruro de polivinilideno (PVF2 o PVDF)
 - Metaniobato de plomo
 - Titaniato circonato de plomo (PZT)
 - Titaniato de bario
 - Trifluoroetileno TrFE P(VDF/TRFE)
 - Nylon
 - Polyurea

Características de la señal

Los piezoeléctricos son dispositivos de alta impedancia, por esto solo pueden suministrar corrientes muy pequeñas. Debe notarse que una limitación de los Piezoeléctricos es que no tienen buena respuesta a la aplicación de una fuerza constante, pero su respuesta es adecuada para la medición de fuerzas mecánicas cambiantes. Su respuesta en frecuencia va desde unos pocos Hertz hasta el nivel de Mega Hertz.

Las características de la señal dependen estrictamente del material piezoeléctrico utilizado y en parte del medio y tamaño del material utilizado para canalizar la señal.

Condiciones de trabajo

- Se deben usar por debajo de la frecuencia de resonancia del material que lo compone
- Sensibles a la temperatura (Cuarzo hasta 260 °C y Turmalina 700 °C)
- Para algunas marcas, El efecto de la temperatura es típicamente $\pm 0.5\%$ del fondo de escala sobre un rango de temperatura de 0 a 85 °C, mientras que el efecto sobre la tensión de offset, sobre un rango de temperatura similar, es de ± 1 mV como máximo.
- Muchos dispositivos cuentan con correctores de temperatura y humedad, pero el funcionamiento óptimo se logra en Aire seco.

Especificaciones técnicas y eléctricas

- No posee respuesta en corriente continua, esto debido a que al ser cargado el condensador (material piezoeléctrico) por efecto de una fuerza constante aplicada al material, la carga adquirida inicialmente será drenada tarde que temprano a tierra
- La impedancia de salida de los materiales es muy baja.
- la resistencia eléctrica que presentan los materiales piezoeléctricos, si bien es muy

grande en algunos casos, nunca es realmente infinita por lo que al aplicar esfuerzo constante se generara inicialmente una carga que inevitablemente será drenada al cabo de cierto tiempo

Parámetro Unidad	Densidad Kg.m(-3)	Tc °C	Permitividad Relativa (11)	Permitividad Relativa (33)	Resistividad (Ohm)cm
Cuarzo	2649	550	4,52	4,68	10(14)
Pzt	7500 - 7900	193-490		425 -1900	10(13)
PVDF(Kynar)	1780			12	10(25)

Tabla 1. Propiedades de materiales piezoelectricos

Modelo 112A

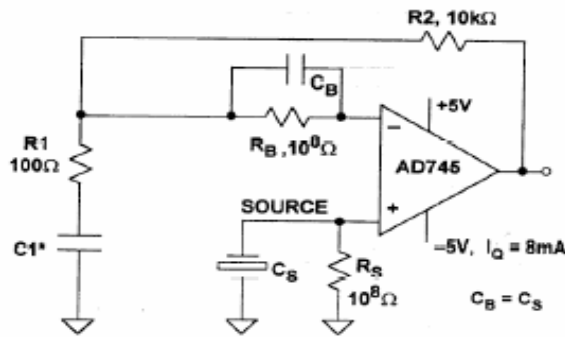
Parámetro	Valor	Unidad
Margen	3000	psi (1 psi = 6895 Pa)
Presión Maxima	10000	psi
Resolución	0,004	psi
Sensibilidad	1	pC/psi
Frecuecia de resonancia	250	KHz
Tiempo de subida	2	Micro sec.
Linealidad ajustada al cero	1	%
Polaridad	Negativa	
Resistencia aislamiento	1	T(ohms)
Capacidad	18	pF
Sensibilidad a la aceleración	0,002	psi/g (1g = 9,8m/s(2))
Coefficiente de temperatura	0,01	%°F(1°F = 0,55)
Margen de temperatura	=+ ó - 400 (+204 a -240)	°F °C

Modelo 508

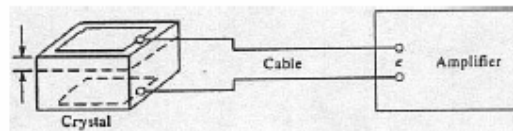
Parametro	Valor	Unidad
Sensibilidad	10 + ó - 0,5	mV/g
Sensibilidad transeverasl	<5	%
Respuesta en frecuencia		
Dentro de + ó - 5%	3 a 15000	Hz
Dentro de + ó - 3 dB	1 a 35000	Hz
Ruido total equivalente	0,0015	g
Linealidad (hasta 150g)	+ ó -1	%
Margen de temperatura	250	°F
	(-54 a + 121)	°C
Choque	10000	g
Impedancia de salida a 100Hz	1000	Ohms
Peso	<12	g

Tabla 2.

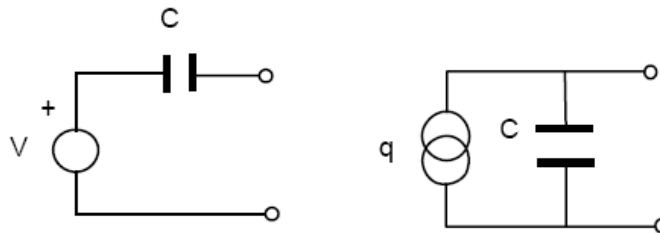
Instrumentación



Los sensores piezoeléctricos entregan una tensión cuando se les aplica una fuerza y pueden ser acondicionados con un circuito tal como se muestra en la figura anterior.



Circuito de un sensor piezoeléctrico acoplado a un amplificador. *Ilustración original John G. Webster*



V = tensión a circuito abierto

C = capacidad del cristal

Circuito equivalente.

Marcas

- PKM34EW: SENSOR DE VIBRACIÓN. \$1800 - Canare
- Piezo Linear Amplifier, $\pm 200V_p/\pm 200mA$ (115VAC/60Hz) US\$2,399 - EPA-104-115 PIEZO SYSTEMS, INC.
- ENDEVCO: acelerómetro piezoeléctrico. Series: 8510B, 2273A, 7251A, 7201, etc.



Sensor piezoeléctrico. Tomado de <http://www.prysaguatemala.com/productos/omartvega.htm>

Aplicaciones

Los materiales piezoeléctricos, tanto sensores como actuadores son utilizados en muchas áreas de la ciencia (medicina, ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, ingeniería aeroespacial, bioelectrónica, ingeniería de materiales, geología, ingeniería espacial, física).

- Aeroespacio: Sistemas de expulsión, pruebas, experimentos,
- Balística: Combustión, explosión, detonación y sonidos en distribución de presión.
- Ingeniería Biomédica: mecanismos ortopédicos, neurología, cardiología rehabilitación, monitoreo de sistemas vitales
- Ingeniería: Sistemas de control, sistemas de combustión, modelación de sistemas, sismografía.
- Desarrollo de micro y nano posicionadores
- Microcirugía
- generación de señales ultrasónicas, posicionamiento de muestras en microscopios de barrido de efecto túnel, elaboración de discos duros, posicionamiento de antenas, elaboración de robots.

SENSORES DE TEMPERATURA**TERMOCUPLA (TERMOPAR)****Principio físico**

Efecto termoeléctrico (un conductor sujeto a gradiente eléctrico genera un voltaje)

El voltaje a circuito abierto (medido con un voltímetro ideal de resistencia de entrada infinita) está relacionado con la diferencia de temperatura ($T_a - T_b$), y con la diferencia en los coeficientes *Seebeck* de los dos materiales ($P_a - P_b$):

$$V = (P_a - P_b)(T_a - T_b)$$

V será típicamente del orden de mV, o decenas de mV para termoacopladores de metal con diferencias de temperatura del orden de 200°C.

Efecto Peltier: cuando se unen dos conductores metálicos diferentes, se desarrollaba una fuerza electromotriz (f.e.m.). Al circular una corriente del mismo sentido de la f.e.m. el calor de la unión se transforma en energía eléctrica.

Efecto Thomson: La diferencia de T entre los extremos de un conductor homogéneo desarrolla una f.e.m.

Condiciones de trabajo**Temperatura - Sensibilidad**

TIPO	Material de la unión	Rango Típico (°C)	Sensibilidad (mV/°C)
B	Pt6%/Rodio - Pt(30%)/Rodio	38 a 1800	7.7
C	Tungsteno(5%)/Renio-Tungsteno(26%)/Renio	0 a 2300	16
E	Cromo- Constantan	0 a 982	76
J	Hierro - Constantan	0 a 760	55
K	Cromo - Aluminio	-184 a 1260	39
R	Pt(13%)/Rodio - Pt	0 a 1593	11.7
S	Pt(10%)/Rodio - Pt	0 a 1538	10.4
T	Cobre- Constantan	-184 a 400	45

Especificaciones técnicas y eléctricas

- Son económicos: (\$)
- Robustez: BUENA
- Tiempo de Respuesta: Rápido (debido a su pequeño tamaño)
- Rango de Temperatura criogénicos: (el tipo T trabaja desde -160°C)
- AC - DC:
- Rangos de medición :

- Voltaje: bajo voltaje de salida (mV)
- Uso industrial más comunes, económicos y fáciles de reemplazar que existen.
- Mediciones inferiores de 10 metros de distancia

Características de la señal

- Linealidad: poca, requiere un integrado (AD594) que compense la linealidad
- Rango:
 - Tipo E -100°C to 1000°C $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
 - Tipo J 0°C to 760°C $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
 - Tipo K 0°C to 1370°C $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$
 - Tipo R 0°C to 1000°C $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
 - Tipo S 0°C to 1750°C $\pm 1^{\circ}\text{C}$
 - Tipo T -160°C to 400°C $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- Reproducibilidad: Alta
- Resolución: Décima de °C la compensación de cero introduce un *error* del orden de 0.5 °C.

Instrumentación

Debido al bajo nivel de tención y baja impedancia los termopares requieren de acondicionamiento tales como:

- AD594 (*Analog Devices*): para termopares tipo J, que tiene un amplificador de instrumentación y un compensador lineal, una salida de alarma de rotura o desconexión del termopar, se alimenta a +5V y genera una salida de 10mV/°C
- IB51 (*Analog Devices*): tiene un acondicionamiento de la señal en forma de módulos híbridos, aislado para aplicaciones industriales.

Marcas

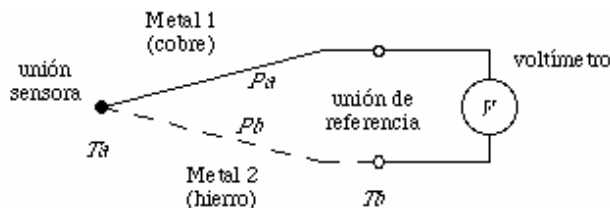
Analog Devices

Aplicaciones Biomédicas

- Aplicaciones criogénica
- Equipos médicos y odontológicos
- Medición de variables fisiológicas (temperatura, humedad, otras)

Diagrama

Un termoacoplador se muestra en la figura. Consiste de una unión sensora a una temperatura T_a , y una unión de referencia a una temperatura T_b . El voltaje generado por el dispositivo es medido con un voltímetro de alta resistencia



PT100 (Resistivo)

Principio físico

Es termo resistivo

Condiciones de trabajo

El PT100 es un termómetro de platino cuyas características mas destacables son las condiciones de trabajo, la robustez del dispositivo le permite hacer mediciones confiables desde -200°C hasta 850°C, además con el uso de una adecuada extensión podemos hacer mediciones confiables y precisas hasta 30m de distancia. El único inconveniente que se podría presentar es la humeada, pero solo por que se deterioran los cables, haciendo así posible la generación de ruido

Especificaciones técnicas y eléctricas

- Alta linealidad
- Rango de medición : -200° - 850°C
- Tiempo de respuesta menor a 200mS
- Problemas con el efecto Jule para PT100 a pequeña escala

Características de la señal

- Linealidad: si.
- Sensibilidad: Alta
- Reproducibilidad: Alta
- Resolución: 0.01 °C

La ecuación de la linearización es:

$$R_t = R_0 * (1 + A * t + B * t^2 + C * (t-100) * T_3)$$

Donde:

$$A = 3.9083 \text{ E-3}$$

$$B = -5.775 \text{ E-7}$$

$$C = -4.183 \text{ E -12 (debajo de } 0 \text{ °C), o}$$

$$C = 0 \text{ (sobre } 0 \text{ °C)}$$

Para un sensor PT100, un 1 cambio de temperatura del °C causará un cambio de 0.384 ohmios en resistencia, tan incluso un error pequeño en la medida de la resistencia (por ejemplo, la resistencia de los alambres que conducen al sensor) puede causar un error grande en la medida de la temperatura. Para el trabajo de precisión, los sensores tienen cuatro alambres dos para llevar la corriente del sentido, y dos para medir el voltaje a través del elemento del sensor. Es también posible obtener los sensores del tres-alambre, aunque éstos funcionan encendido la asunción (no no necesariamente válida) que la resistencia de cada uno de los tres alambres es igual.

Instrumentación

Se requiere de un Puente wheastone, de un Lm458 (circuito amplificador)y de un microcontrolador

Marcas

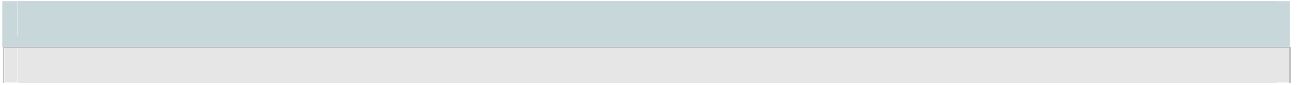
RDF corporation, Burkert fluid control systems, sensing device, entre otras

Aplicaciones Biomédicas

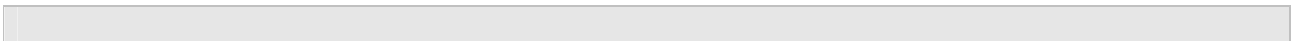
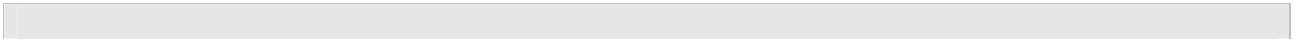
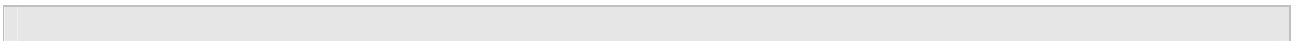
- Medición de temperatura en un autoclave
- Horno de fundición de piezas de cerámica para reemplazo de dientes
- Criogenia

Precio y distribuidor

Suconel (\$65.000)



-



-



LM35

Principio físico

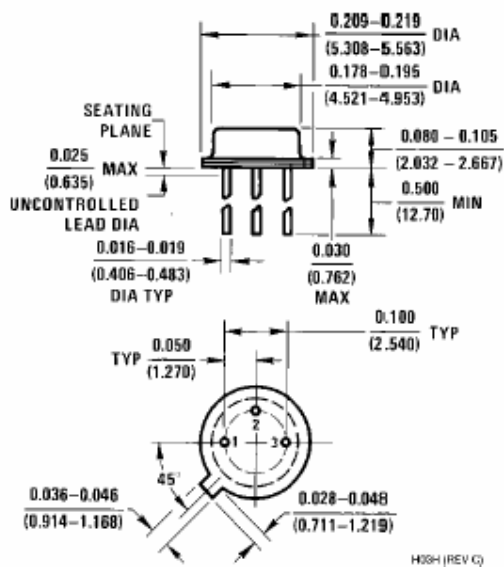
Es un circuito integrado calibrado en °C que presenta variaciones de voltaje 10mV por cada grado centígrado de aumento en la temperatura (Termo resistivo)

Condiciones de trabajo

Temperaturas entre los -55°C y los 150°C, trabaja a distancia y no presenta inconvenientes con el efecto Joule

Especificaciones técnicas y eléctricas

- Medidas



- Rango de medición : -55° - 150°C
- Trabaja entre 4 y 30 Voltios

Características de la señal

- Escala +10mV/°C
- No Linealidad: 1/4°C.
- Sensibilidad: Alta
- Reproducibilidad: Alta
- Precisión : 0.5 °C

Instrumentación

Conexión directa al micro, ya que VIENE CALIBRADO (10mV/°C)

Marcas

National Semiconductors

Aplicaciones Biomédicas

- Medición de temperatura en pequeños ambientes que no presenten temperaturas muy drásticas, como en una incubadora
- Medidor de Humedad relativa: se implantan dos de estos sensores uno de Bulbo seco y otro de Bulbo húmedo y dependiendo de las temperaturas que arrojen se buscan en tablas la humedad relativa del ambiente

Precio y distribuidor

Suconel, compel, canare (\$5.000)

TERMISTORES

Principio físico

El principio que utilizan es la variación de resistencia en semiconductores

Características de la señal que entrega

Linealidad: su respuesta es exponencial, porque se rigen por la siguiente ley $R_T = R_0 (e^{B(1/T - 1/T_0)})$

Respuesta en frecuencia: la resistencia de un termistor a la temperatura ambiente puede disminuir en hasta 6% por cada 1°C de aumento de temperatura

Variable eléctrica que cambia: Resistencia

Resolución: para mediciones precisas de temperatura, utilizándose ampliamente para aplicaciones de control y compensación en el rango de 150°C A 450°C.

Condiciones de trabajo

- El tamaño y la configuración adecuados para el uso previsto, como ser el método de montaje el elemento sensor expuesto o encerrado, terminación, etc., lo que, a su vez, determina la constante de disipación y la constante de tiempo.
- El material a utilizarse para la construcción del conjunto sensor del termistor, el cual depende del medio (como ser aire, agua, aceite, etc.), longitud de exposición y medio corrosivo, niveles de choque, vibración y humedad, temperatura de operación y rango de temperatura, presión del medio al que se halla expuesto el termistor.

Especificaciones técnicas y eléctricas

- La resistencia y la tolerancia a cierta temperatura de referencia.
- La constante de disipación, que es la potencia, generalmente en mW que hará subir la temperatura del termistor 1°C por encima de la temperatura ambiente; esta constante queda determinada en cierta medida por el tipo y tamaño del termistor utilizado, y por el método de montaje.
- La constante de tiempo, que es el tiempo, en segundos, para que todo el conjunto cambie su propia temperatura un 63% de como lo haría a partir de su temperatura original hasta alguna temperatura final al estar sometido a una variación escalón de temperatura; también queda determinado en cierta medida por el tipo y tamaño del termistor utilizado, y por el método de montaje.
- El coeficiente de temperatura o la variación de resistencia por cada grado de variación de temperatura del termistor.
- Rangos de medición: por lo general, la resistencia nominal de un termistor se elige fundamentalmente en base al alcance de temperaturas de operación. Mayores valores de resistencia corresponden a temperaturas más elevadas, mientras las bajas temperaturas requieren menores resistencias. Los rangos de medición en términos de la resistencia pueden variar desde unos pocos cientos hasta varios millones de ohms.

- Dimensiones físicas: Las configuraciones constructivas del termistor de uso más común son los glóbulos, las sondas y los discos. Los glóbulos se fabrican formando pequeños elipsoides de material de termistor sobre dos alambres finos separados unos 0,25 mm. Normalmente recubiertos con vidrio por razones de protección, son extremadamente pequeños (0,15 mm a 1,3 mm de diámetro) y ofrecen una respuesta extremadamente rápida a variaciones de temperatura.

Instrumentación

- Amplitudes de medición: la 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.
- Configuraciones: Las configuraciones constructivas del termistor de uso más común son los glóbulos, las sondas y los discos.

Marcas

- 4B Braime Elevator Components
- Ranco
- Emerson Climate technologies
- Teddington Controls
- Badotherm
- Conax
- New flor
- Omega

Proveedores y precios

- Canare
- Suconel
- Compel

Aplicaciones

- Detectores para alarmas contra incendios.
- Compensación del valor óhmico en circuitos al variar la temperatura.
- Operaciones de cateterismo

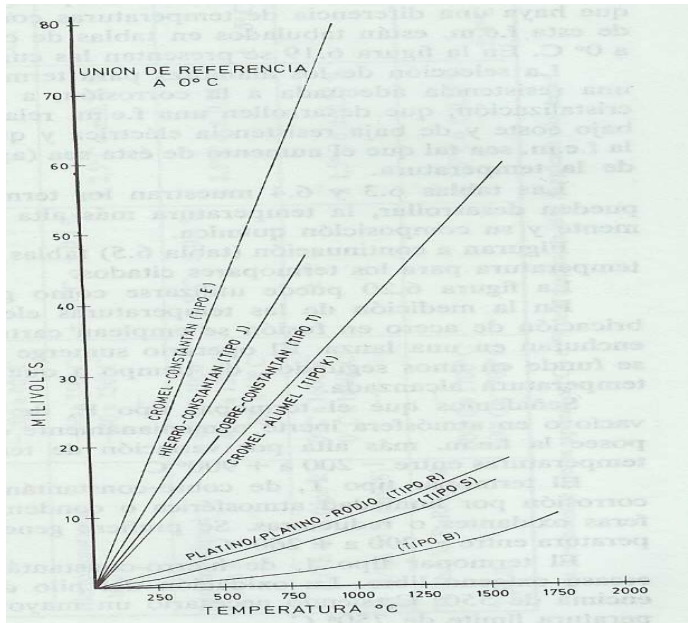
TERMOPAR (2)

Principio físico

Funcionan por medio del efecto Seebeck

Características del transductor

Linealidad	La energía generada por un termopar es una función no lineal de la T° (polinomio de grado 5 a 9), aunque en los baratos se puede acercar a un polinomio de grado 1 (ver grafica 1)
Rangos	Depende del tipo de termopar (ver Anexo 1)
Variable eléctrica que se modifica	Voltaje
Resolución	Depende del tipo de termopar (ver Anexo 1)



Grafica 1

TIPOS DE TERMOPARES

Tipo K (Cromo (Ni-Cr) / Aluminio (aleación de Ni-Al): con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de -200°C a $+1.200^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ aprox.

Tipo E (Cromo / Constantán (aleación de Cu-Ni): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de $68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Tipo J (Hierro / Constantán): debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El

<p>tipo J no puede usarse a temperaturas superiores a 760 °C ya que una abrupta transformación magnética causa una descalibración permanente. Tienen un rango de -40°C a +750°C.</p>
<p>Tipo N (<u>Nicrosil</u> (Ni-Cr-Si) / <u>Nisil</u> (Ni-Si)): es adecuado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del <u>platino</u> utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.</p>
<p>Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad (10 μV/°C aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a 300 °C).</p>
<p>Tipo B (<u>Platino</u> (Pt)-<u>Rodio</u> (Rh)): son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a 1.800 °C. El tipo B por lo general presentan el mismo resultado a 0 °C y 42 °C debido a su curva de temperatura/voltaje.</p>
<p>Tipo R (<u>Platino</u> (Pt)-<u>Rodio</u> (Rh)): adecuados para la medición de temperaturas de hasta 1.600 °C. Su baja sensibilidad (10 μV/°C) y su elevado quitan su atractivo.</p>
<p>Tipo S (<u>Hierro</u> / <u>Constantán</u>): ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los 1.600 °C, pero su baja sensibilidad (10 μV/°C) y su elevado precio lo convierten en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del <u>punto de fusión del oro</u> (1064,43 °C).</p>
<p>Tipo T: es un termopar adecuado para mediciones en el rango de -200 °C a 0 °C. El conductor positivo está hecho de cobre y el negativo, de constantán. Los termopares con una baja sensibilidad, como en el caso de los tipos B, R y S, tienen además una resolución menor. La selección de termopares es importante para asegurarse que cubren el rango de temperaturas a determinar.</p>

Anexo 1

Marcas

- Carlo Gavazi
- Ditel
- IES

Proveedores

- Suconel
- Canare
- Compel

Aplicaciones

- Sistemas biomédicos robotizados ya que se necesitan sensores como dispositivos de medición relacionado con un tipo de control automático.
- Incubadora la cual se usa para mantener una temperatura estable para los bebés prematuros.
- Colchones o camas para personas que poseen poca movilidad.