

TEMA II INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

LECCIÓN 4 SENSORES Y ACTUADORES

Introducción. Procesos de medida

Características de los sensores. Tipos

Sensores de temperatura

Sensores de luz

Sensores de fuerza

Sensores de desplazamiento y presencia

Actuadores

Introducción

- Para realizar cualquier tarea útil, un sistema electrónico necesita comunicarse con el mundo exterior. Así pues, utiliza transductores (sensores y actuadores).
- Un transductor es un elemento que convierte una magnitud física en otra magnitud de naturaleza distinta.

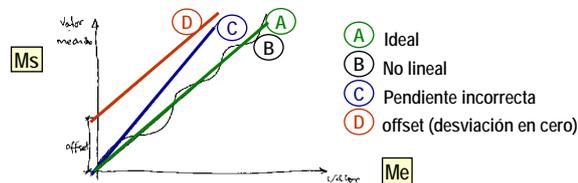
Ejemplo:

un termómetro de mercurio es un transductor que da un desplazamiento proporcional a la temperatura.

- Un sensor es un tipo de transductor que convierte la magnitud física a medir en una señal eléctrica tratable por un sistema electrónico.
- Un actuador es un transductor que es capaz de modificar o controlar una magnitud física con la señal eléctrica proporcionada por un sistema electrónico.

Procesos de medida

- El proceso de medida implica la comparación de alguna magnitud por medir con una norma.
- En todo proceso de medida puede haber errores: diferencias entre el resultado obtenido y el valor real.

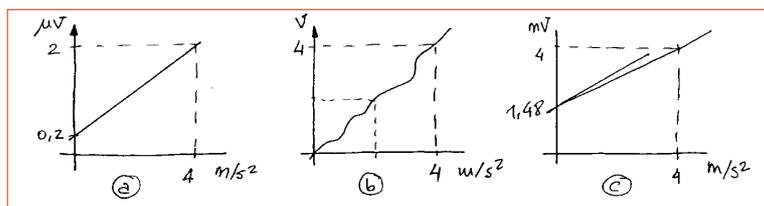


- La **linealidad** refleja si existe o no una relación lineal entre el valor real y el medido. La **no linealidad** es difícil de corregir y, por tanto, un parámetro importante a tener en cuenta en el proceso de medida.
- El **offset** o **desviación de cero** refleja el valor medido cuando el sensor debería devolver cero. Genera un error, pero es más fácil de corregir.

Características básicas de los sensores

Precisión	Indica el error máximo esperado	% relativo, Me
Offset	Valor medido para un valor real igual a cero	Me
Linealidad	Desviación respecto de una línea recta en la respuesta	Me
Sensibilidad	Variación de la magnitud de salida para un incremento de la magnitud a medir dM_s/dM_e	dM_s/dM_e
Margen de medida	Rango de variación de la magnitud a medir en el que se asegura una cierta precisión en la medida	Me
Resolución	Minima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida	Me
Rapidez de respuesta	Capacidad del sistema de medida para seguir las variaciones de la magnitud de entrada	dM_e/dt
Derivas	Cambios en la curva de respuesta ante variaciones de características ambientales (temperatura, humedad, envejecimiento,...)	Me
Repetitividad	Error esperado al repetir varias veces la misma medida	Me

Ejemplo: Acelerómetros (margen $0 \div 4 m/s^2$)



a Poca sensibilidad, bajo offset, lineal

Sería muy sensible al ruido, debido a su baja tensión de salida y sensibilidad; daría una medida poco precisa

b No lineal, no offset

No se puede asegurar la precisión

c Alto offset, lineal, sensible ←

Hay un offset, que se puede corregir. Es más sensible e inmune al ruido

Tipos de sensores



Sensores de temperatura

La medición de la temperatura forma parte fundamental de gran cantidad de sistemas de control y verificación en procesos industriales.

Termómetros resistivos

PRT (*Platinum Resistance Thermometer*)

Termistores

NTC (*Negative Temperature Coefficient*)

PTC (*Positive Temperature Coefficient*)

Termopares

Unión de dos metales (*Efecto Seebeck*)

Semiconductores

Unión PN

Termómetros resistivos RTD (Resistance Temperature Detector)

PRT (*Platinum Resistance Thermometer*)

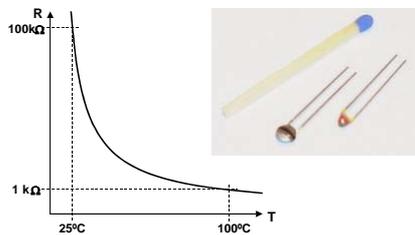
Se basan en la variación de la resistencia eléctrica del platino con la temperatura

Margen de medida	-200°C ÷ 850°C
Variación de resistencia respecto de la temperatura	$R = R_0 (1 + \alpha T)$ $R_0 = 100 \Omega$; $\alpha = 3,9 \cdot 10^{-3}/^\circ\text{C}$
Características	Tienen problemas de sensibilidad (α es muy pequeño)
	Son muy precisas (0,1°C) (0,1%)
	Son caras
	Tienen buena linealidad (fáciles de calibrar)
	Alto margen de medida
	Bajas derivas

Termistores

Utilizan materiales con coeficientes térmicos más altos, aunque con peor linealidad

NTC (*Negative Temperature Coefficient*)

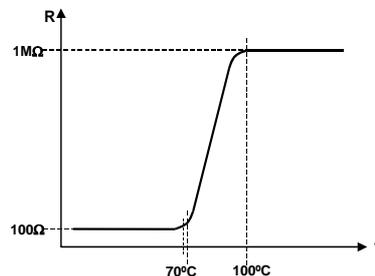


Margen de medida Reducido: -50°C ÷ 150°C

Características

- Se hacen con óxidos metálicos
- No son lineales
- Alta sensibilidad hasta -7%/°C
- Alta resolución (0,01°C)

PTC (*Positive Temperature Coefficient*)

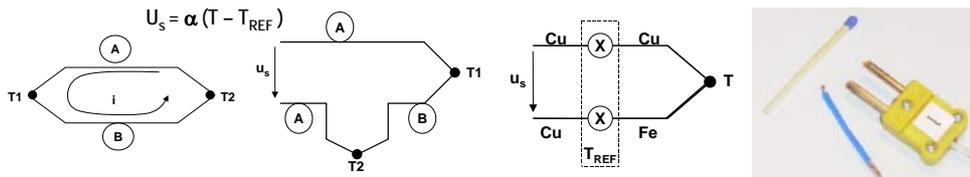


Características

- Se hacen con cristales de titanato de bario y estroncio
- Se utilizan principalmente para protecciones térmicas y limitadores de sobrecorriente

Termopares

Se basan en el *Efecto Seebeck*:
 “Si dos metales distintos se unen por dos puntos a distintas temperaturas, se produce una circulación de corriente eléctrica”
 Si se abre el circuito por uno de los metales, se tendrá una tensión proporcional a la diferencia de temperaturas (potencial termoeléctrico)



Margen de medida	-200°C + 2000°C
Características	Están hechos de cobre y hierro, o de cobre y constantán
	Respuesta rápida y mediciones muy exactas
	Robustos, uniones muy pequeñas
	Tensión termoeléctrica muy baja → amplificadores de precisión
	Baja sensibilidad (50µV/°C)

Semiconductores

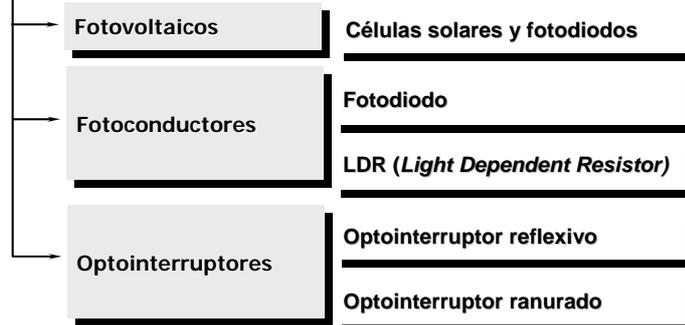
En un diodo, atravesado por una corriente fija, la tensión entre los terminales varía 2mV/°C aproximadamente

Características	Son baratos y fáciles de usar
	Tiene un margen de medida bajo (-50°C + 150°C)
	Sustrato de silicio o germanio con inclusión de impurezas de otros materiales con distinta valencia

Sensores de luz

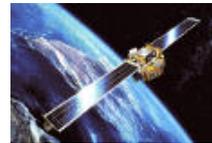
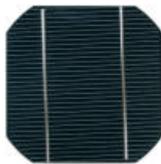
Los sensores que miden la intensidad de luz se pueden clasificar en dos tipos:

- > los que generan electricidad al recibir iluminación
- > los que cambian alguna de sus propiedades al ser iluminados



Fotovoltaicos

Al incidir luz sobre una unión PN se genera una tensión eléctrica que es función de la intensidad de la radiación (principio de las células solares)



Célula solar de silicio: consiste en una oblea de Si elaborada de una forma especial para poder convertir energía luminica en energía eléctrica.

Fotodiodo: diodo especial que proporciona un voltaje que depende de la cantidad de luz que incide sobre él. Como el voltaje no está relacionado linealmente con la intensidad de luz incidente, se suele utilizar como sensor fotoconductor en lugar de sensor fotovoltaico.

Fotoconductores

No generan electricidad pero al incidir luz sobre ellos, cambian sus propiedades de conducción eléctrica. Son, por tanto, sensores de tipo pasivo.

Fotodiodo

Al incidir la luz sobre él, se producirá una circulación de corriente que es proporcional a la intensidad de la luz.

Su sensibilidad es baja ya que la superficie de unión iluminada es pequeña. Se utilizan los **fototransistores** para incrementarla.

Velocidad de respuesta alta ($1\mu\text{s}$ o menos)

LDR (*Light Dependent Resistor*)

Dispositivo semiconductor que disminuye el valor de su resistencia al incrementar la intensidad de la luz.

Se fabrican con sulfuro de cadmio (SCd) y seleniuro de cadmio (SeCd)

Velocidad de respuesta baja (10ms)

Longitudes de onda entre 380nm y 750nm

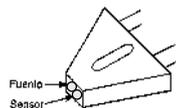


Optointerruptores

Dispositivo para medir otras magnitudes (longitudes, ángulos, etc) o para detectar la presencia o ausencia de un objeto usando energía lumínica.

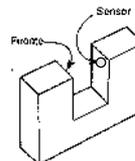
Constan de un sensor de luz (fototransistor) y una fuente de luz (LED, diodo emisor de luz)

Reflexivo



El sensor y la fuente de luz están montadas sobre la misma superficie de forma que la presencia de un objeto reflexivo hará que la luz llegue al sensor y circule corriente a través del fototransistor

Ranurado

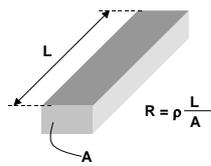


El sensor y la fuente de luz están uno frente al otro de forma que la presencia de un objeto interrumpe el paso de la luz. Puede utilizarse como sensor de velocidad.

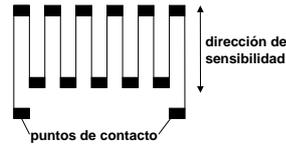
Sensores de fuerza y deformación

Galga extensiométrica

Delgada capa de material resistivo sensible a la deformación en una sola dirección. Miden deformaciones variando su resistencia.



- Alta linealidad.
- Muy sensible a cambios térmicos. Inestable.



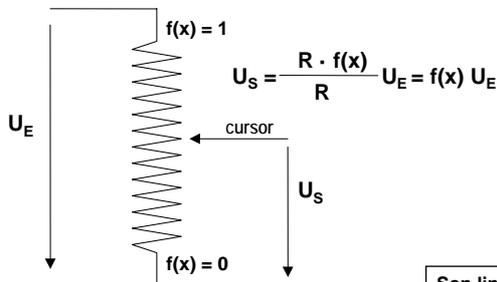
Dispositivos piezoeléctricos

Se caracterizan por generar una salida eléctrica al someterlos a un esfuerzo mecánico. Se usan para medir variación de fuerzas. Sal de Rochelle, Cuarzo, Cerámicas (Titanato de Bario TiBa)

Sensores de desplazamiento

Resistivos: Potenciómetros

Producen una señal eléctrica proporcional a la posición del cursor



Son lineales. Contacto sensible a suciedades.

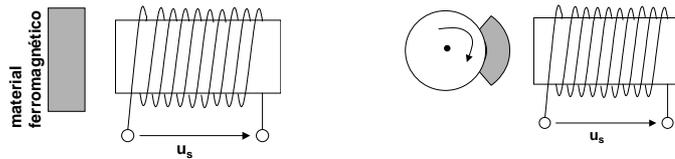
Película de carbón, alambre resistivo (recto o enrollado) plásticos conductores.

Tienen mala estabilidad térmica. Ruido eléctrico.

Sensores de proximidad y velocidad angular

Inductivos

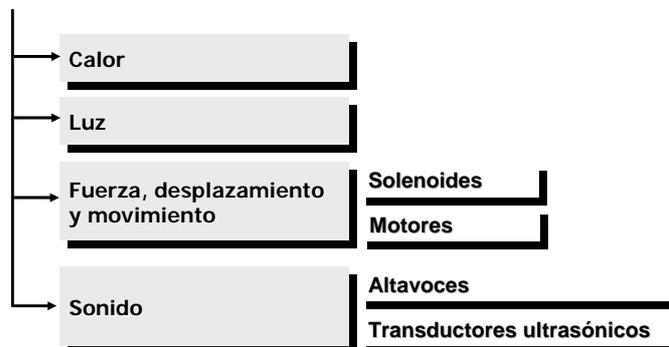
La inductancia de una bobina se ve afectada por la presencia de material ferromagnético



Situando en el rotor una chapa de material ferromagnético, cada vez que el rotor dé una vuelta, la inductancia de la bobina cambiará. Contando el tiempo que tarda el rotor en dar una vuelta, se podrán calcular las revoluciones por minuto a las que gira el rotor.

Actuadores

Toman una señal eléctrica y producen una variación correspondiente en una magnitud física.



Actuadores

Calor

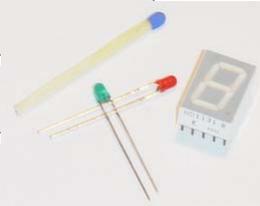
Calentadores resistivos $P = R \cdot I^2$

Luz

Diodos emisores de luz: LEDs
GaAs; GaP;... depende del color/infrarrojos

Visualizadores de 7 segmentos

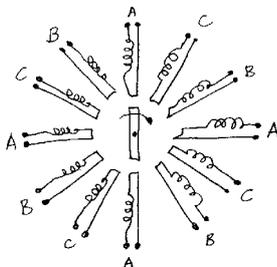
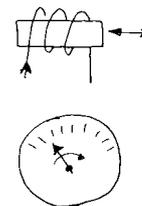
LED infrarrojos para comunicación a corta distancia (control remoto)



Actuadores: Fuerza, desplazamiento y movimiento

Solenoides

Es una bobina con una pieza de material ferromagnético que se puede mover.
Medidores de panel: proporcionan una indicación visual de magnitudes físicas.



Motores

MOTORES DE CA: Alta potencia y poca precisión

MOTORES DE CC: Media potencia y precisión

MOTORES PASO A PASO: Posicionamiento. Control fino y alta precisión.

Actuadores: Sonido

Altavoces

Constan de un imán permanente más una bobina móvil que mueve un diafragma, generando ondas de presión en el aire que son traducidas en sonido por el oído.

Señal eléctrica \Rightarrow Se mueve la bobina \Rightarrow Vibra el diafragma \Rightarrow Emite onda sonora

Transductores ultrasónicos

A muy alta frecuencia se utilizan actuadores piezoeléctricos. La señal eléctrica deforma el material y se genera una onda sonora