

## **CLASIFICACIÓN DE SENSORES**

**Los sensores de interés para la manufactura se pueden clasificar como sigue:**

- **Sensores mecánicos:** para medir cantidades como posición, forma, velocidad, fuerza, torque, presión, vibración, deformación y masa.
- **Sensores eléctricos:** para medir voltaje, corriente, carga y conductividad.
- **Sensores magnéticos:** para medir campo, flujo y permeabilidad magnética.
- **Sensores térmicos:** para medir temperatura, flujo, conductividad y calor específico.
- **Otros tipos como:** acústicos, ultrasónicos, químicos, ópticos, de radiación, láser y de fibra óptica.

# SEN S O R E S

Según el principio de funcionamiento

- Activos
- Pasivos

Según el tipo de señal eléctrica que generan

- Digitales
- Analógicos
- Temporales

Según el rango de valores que proporcionan

- TODO O NADA (ON-OFF)
- DE MEDIDA

Según el nivel de integración

- Discretos
- Integrados
- Inteligentes

Según el tipo de variable física medida

- Mecánicos
- Eléctricos
- Magnéticos
- Térmicos
- Acústicos
- Ultrasónicos
- Químicos
- Ópticos
- Radiación
- Láser

De acuerdo con su aplicación, un sensor puede estar formado por materiales metálicos, no metálicos, orgánicos o inorgánicos, y por fluidos, gases, plasmas o semiconductores. Al usar características especiales de esos materiales, los sensores convierten la cantidad o propiedad medida en una salida analógica o digital. Por ejemplo, el funcionamiento de un termómetro ordinario de mercurio, se basa en la diferencia entre la dilatación térmica del mercurio y la del vidrio.

- I. Un tipo de clasificación muy básico es diferenciar a los sensores entre PASIVOS o ACTIVOS; los sensores activos generan la señal de salida sin la necesidad de una fuente de alimentación externa, mientras que los pasivos si requieren de esta alimentación para poder efectuar su función.

- Sensores pasivos:

Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir por intermedio de una fuente auxiliar. Ejemplo: sensores de parámetros variables (de resistencia variable, de capacidad variable, de inductancia variable).

- Sensores activos o generadores de señal:

Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir en forma autónoma, sin requerir de fuente alguna de alimentación. Ejemplo: sensores piezoeléctricos, fotovoltaicos, termoeléctricos, electroquímicos, magnetoeléctricos.

- I. Según el tipo de señal que proveen a la salida:
  - Todo o nada, son los sensores que solo poseen dos estados, y que, estos estados, únicamente están separados por un valor umbral de la variable monitoreada.
  - Digitales, estos sensores proporcionan una señal codificada en pulsos o sistemas como BCD, binario, etcétera.
  - Analógicos, estos sensores proporcionan un valor de voltaje o corriente, donde la señal más común utilizada en aplicaciones industriales es un circuito de corriente de 2 hilos y 4-20 mA.
- II. Según el tipo de magnitud física a detectar:
  - a. *Medición de temperatura.*

Pirómetro óptico

Pirómetro de radiación.

Termistor.

Termopar.

- b. *Medición de esfuerzos y deformaciones.*
- c. *Medición de movimiento.*

**Grandes distancias: Radar, láser, Ultrasonido, etc.**  
**Distancias pequeñas:**

**Métodos ópticos.**  
**Métodos inductivos (LDT y VDT).**  
**Métodos resistivos y capacitivos.**

*Posición linear o angular:*

**Codificadores incrementales.**  
**Codificadores absolutos.**  
**Transductores capacitivos.**

- d. *Sensores de Presencia o Proximidad.*

**Inductivos.**  
**Capacitivos.**  
**Fotoeléctricos.**  
**De efecto Hall.**  
**Radiación.**  
**Infrarrojos.**

- e. *Sistemas de visión artificial.*

**Cámaras CCD.**

- f. *Sensores de humedad y punto de rocío.*

**Humedad en aire – gases.**  
**Humedad en sólidos.**  
**Punto de rocío.**

- g. *Sensores de caudal.*

**De sólidos, líquidos o gases.**  
**Presión diferencial.**  
**Medidores magnéticos.**  
**Medidores por fuerzas de Coriolis.**  
**Medidores de área variable.**  
**Medidores de desplazamiento positivo.**

- h. *Sensores de nivel.*

**De líquidos y sólidos.**

- i. *Sensores de presión.*
- j. *Sensores de Fuerza y par.*

**Calibrador de tensión.  
De array táctil.**

- k. *Sensores de intensidad lumínica.*
- l. *Sensores de aceleración.*
- m. *Sensores de velocidad lineal o angular.*
- n. *Sensores táctiles.*

**Matriz piezoeléctrica, óptica o capacitiva.**

**Matriz de contactos.**

## **SENSORES DE LUZ**

### **Sensores reflectivos y por intercepción**

Los sensores de objetos por reflexión están basados en el empleo de una fuente de señal luminosa (lámparas, diodos LED, diodos láser, etc.) y una célula receptora del reflejo de esta señal, que puede ser un fotodiodo, un fototransistor, LDR, incluso chips especializados, como los receptores de control remoto. Con elementos ópticos similares, es decir emisor-receptor, existen los sensores "de ranura" (en algunos lugares lo he visto referenciado como "de barrera"), donde se establece un haz directo entre el emisor y el receptor, con un espacio entre ellos que puede ser ocupado por un objeto.

### **LDR (Resistor dependiente de luz)**

Un LDR es un resistor que varía su valor de resistencia eléctrica dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre él. Se le llama, también, fotorresistor o fotorresistencia. El valor de resistencia eléctrica de un LDR es bajo cuando hay luz incidiendo en él (en algunos casos puede descender a tan bajo como 50 ohms) y muy alto cuando está a oscuras (puede ser de varios megaohms).

## **FOTOCELDA**

La conversión directa de luz en electricidad a nivel atómico se llama generación fotovoltaica. Algunos materiales presentan una propiedad conocida como efecto fotoeléctrico, que hace que absorban fotones de luz y emitan electrones. Cuando se captura a estos electrones libres emitidos, el resultado es una corriente eléctrica que

puede ser utilizada como energía para alimentar circuitos. Esta misma energía se puede utilizar, obviamente, para producir la detección y medición de la luz.

### **FOTODIODOS**

El fotodiodo es un diodo semiconductor, construido con una unión PN, como muchos otros diodos que se utilizan en diversas aplicaciones, pero en este caso el semiconductor está expuesto a la luz a través de una cobertura cristalina y a veces en forma de lente, y por su diseño y construcción será especialmente sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Todos los semiconductores tienen esta sensibilidad a la luz, aunque en el caso de los fotodiodos, diseñados específicamente para esto, la construcción está orientada a lograr que esta sensibilidad sea máxima.

### **FOTOTRANSISTORES**

Los fototransistores no son muy diferentes de un transistor normal, es decir, están compuestos por el mismo material semiconductor, tienen dos junturas y las mismas tres conexiones externas: colector, base y emisor. Por supuesto, siendo un elemento sensible a la luz, la primera diferencia evidente es en su cápsula, que posee una ventana o es totalmente transparente, para dejar que la luz ingrese hasta las junturas de la pastilla semiconductora y produzca el efecto fotoeléctrico.

### **CCD Y CÁMARAS DE VIDEO**

La abreviatura CCD viene del inglés Charge-Coupled Device, Dispositivo Acoplado por Carga. El CCD es un circuito integrado. La característica principal de este circuito es que posee una matriz de celdas con sensibilidad a la luz alineadas en una disposición físico-eléctrica que permite "empaquetar" en una superficie pequeña un enorme número de elementos sensibles y manejar esa gran cantidad de información de imagen (para llevarla al exterior del microcircuito) de una manera relativamente sencilla, sin necesidad de grandes recursos de conexiones y de circuitos de control.

### **SENSORES DE PRESIÓN**

En la industria hay un amplísimo rango de sensores de presión, la mayoría orientados a medir la presión de un fluido sobre una membrana. En robótica puede ser necesario realizar mediciones sobre fluidos hidráulicos (por dar un ejemplo), aunque es más probable que los medidores de presión disponibles resulten útiles como sensores de fuerza (el esfuerzo que realiza una parte mecánica, como por ejemplo un brazo robótico), con la debida adaptación.

### **SENSORES DE FUERZA**

La aplicación de una fuerza al área activa de detección del sensor se traduce en un cambio en la resistencia eléctrica del elemento sensor en función inversamente proporcional a la fuerza aplicada.

## **SENSORES DE CONTACTO**

Para detectar contacto físico del robot con un obstáculo se suelen utilizar interruptores que se accionan por medio de actuadores físicos. Un ejemplo muy clásico serían unos alambres elásticos que cumplen una función similar a la de las antenas de los insectos. En inglés les llaman "whiskers" (bigotes), relacionándolos con los bigotes sensibles de los animales como —por ejemplo— los perros y gatos. También se usan bandas metálicas que rodean al robot, o su frente y/o parte trasera, como paragolpes de autos.

## **SENSORES DE SONIDO**

El uso de micrófonos en un robot se puede hallar en dos aplicaciones: primero, dentro de un sistema de medición de distancia, en el que el micrófono recibe sonidos emitidos desde el mismo robot luego de que éstos rebotan en los obstáculos que tiene enfrente, es decir, un sistema de sonar; y segundo, un micrófono para captar el sonido ambiente y utilizarlo en algún sentido, como recibir órdenes a través de palabras o tonos, y, un poco más avanzado, determinar la dirección de estos sonidos. Como es obvio, ahora que se habla tanto de robots para espionaje, también se incluyen micrófonos para tomar el sonido ambiente y transmitirlo a un sitio remoto.

## **SENSORES DE TEMPERATURA**

### **Termistor**

Un termistor es un resistor cuyo valor varía en función de la temperatura. Existen dos clases de termistores: NTC (Negative Temperature Coefficient, Coeficiente de Temperatura Negativo), que es una resistencia variable cuyo valor se decrementa a medida que aumenta la temperatura; y PTC (Positive Temperature Coefficient, Coeficiente de Temperatura Positivo), cuyo valor de resistencia eléctrica aumenta cuando aumenta la temperatura.

### **RTD**

Los sensores RTD (Resistance Temperature Detector), basados en un conductor de platino y otros metales, se utilizan para medir temperaturas por contacto o inmersión, y en especial para un rango de temperaturas elevadas, donde no se pueden utilizar semiconductores u otros materiales sensibles. Su funcionamiento está basado en el hecho de que en un metal, cuando sube la temperatura, aumenta la resistencia eléctrica.

### **Termocuplas**

El sensor de una termocupla está formado por la unión de dos piezas de metales diferentes. La unión de los metales genera un voltaje muy pequeño, que varía con la temperatura. Su valor está en el orden de los mili volts, y aumenta en proporción con la temperatura. Este tipo de sensores cubre un amplio rango de temperaturas: -180 a 1370 °C.

## **SENSORES DE HUMEDAD**

La detección de humedad es importante en un sistema si éste debe desenvolverse en entornos que no se conocen de antemano. Una humedad excesiva puede afectar los circuitos, y también la mecánica de un robot. Por esta razón se deben tener en cuenta una variedad de sensores de humedad disponibles, entre ellos los capacitivos y resistivos, más simples, y algunos integrados con diferentes niveles de complejidad y prestaciones.

## **SENSORES DE PROXIMIDAD**

Los sensores de proximidad que se obtienen en la industria son resultado de la necesidad de contar con indicadores de posición en los que no existe contacto mecánico entre el actuador y el detector. Pueden ser de tipo lineal (detectores de desplazamiento) o de tipo conmutador (la conmutación entre dos estados indica una posición particular). Hay dos tipos de detectores de proximidad muy utilizados en la industria: inductivos y capacitivos.

Los detectores de proximidad inductivos se basan en el fenómeno de amortiguamiento que se produce en un campo magnético a causa de las corrientes inducidas (corrientes de Foucault) en materiales situados en las cercanías. El material debe ser metálico.

Los capacitivos funcionan detectando las variaciones de la capacidad parásita que se origina entre el detector propiamente dicho y el objeto cuya distancia se desea medir. Se emplean para medir distancias a objetos metálicos y no metálicos, como la madera, los líquidos y los materiales plásticos.

## **SENSORES INFRARROJOS**

Es un dispositivo electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible.

## **SENSORES QUÍMICOS**





*Sensor químico luminiscente sobre fibra óptica, fabricado por la Universidad Complutense de Madrid, para la medida del oxígeno disuelto.*

La función de estos sensores es dar lugar a una magnitud física (conductancia, resistencia,...) la cual pueda ser capturada por el hardware de adquisición. Dicha magnitud debería reflejar en menor o mayor la exposición de los sensores a la muestra olorosa.

El funcionamiento de estos sensores es básicamente el siguiente: tras ser expuestos los sensores a un determinado gas o mezcla de ellos la magnitud física antes mencionada se ve alterada en una manera teóricamente diferente según la sustancia a la que se expone. En el caso más simplificado en el que sólo se emplee un sensor, éste debería sufrir una variación de magnitud tal que ésta fuese característica de la sustancia a la que se expone.

***Tipos de sensores químicos*** Los tipos de sensores más ampliamente utilizados son cuatro: basados en semiconductor de óxido metálico (Metal-Oxide Semiconductor), basados en onda acústica de superficie (Surface Acoustic Wave, SAW), ópticos, basados en fotoionización y los basados en resistencia (Chemiresistors).

- basados en semiconductor de óxido metálico, estos sensores están formados por una fina lámina de semiconductor de cierto óxido metálico. Tras la exposición tiene lugar un cambio en la conductancia del material y esto es el lo que se utiliza para caracterizar la sustancia olorosa. Estos sensores son comercialmente accesibles y tienen buena sensibilidad pero para su correcto funcionamiento deben operar a temperaturas entre 100 °C y 600 °C lo cual hace que consuman más potencia que aquellos que pueden funcionar a temperatura ambiente siendo difícilmente adaptables a dispositivos portátiles por razones obvias.

- basados en onda acústica de superficie, estos sensores hacen uso de las ondas acústicas conocidas como ondas Rayleigh en honor de su descubridor. El funcionamiento es el siguiente: estos sensores están formados por un material piezoeléctrico (normalmente un cuarzo) el cual se recubre con una delgada capa de un material (en la mayoría de los casos se usa un polímero) que reacciona en contacto con ciertos gases, dicha estructura es excitada mediante señales de radiofrecuencia las cuales varían su frecuencia inicial de excitación tras la aparición de las mencionadas ondas de superficie las cuales se inducen en la estructura cuando ésta entra en contacto con la sustancia olorosa objetivo. Las ventajas de este tipo de sensores son su alta sensibilidad y que pueden ser producidos en masa con alta reproducibilidad (es decir, se puede fabricar una cantidad elevada de los mismos y su comportamiento es parecido con cierta tolerancia). Sin embargo, dado que han de excitarse con radiofrecuencia el aumento de la miniaturización puede ser un problema a la hora de aplicar dicha excitación.