



---

---

## **TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ.**

**ROBÓTICA**

**1.5 SENSORES DE POSICIÓN  
TEMA 1.5.1 SENSORES DE POSICIÓN  
Y 1.5.2 SENSORES DE VELOCIDAD**

**DR. JOSÉ ANTONIO GARRIDO NATARÉN**

**H. VERACRUZ, VER. AGOSTO 2014.**

## 1.5 SENSORES INTERNOS

Para conseguir que un robot realice su tarea con la adecuada precisión, velocidad e inteligencia, será preciso que tenga conocimiento tanto de su propio estado como el estado de su entorno. La información relacionada con su estado (fundamentalmente la posición de sus articulaciones) la consigue con los denominados sensores internos, mientras que la que se refiere al estado de su entorno, se adquiere con los sensores externos.

<b>Tipos de sensores internos de robots.</b>		
Posición	Analógicos	Potenciómetros Resolver Sincro Inductosyn LVDT
Posición	Digitales	Encoders absolutos Encoders incrementales Regla óptica
Velocidad	Taco generatriz	

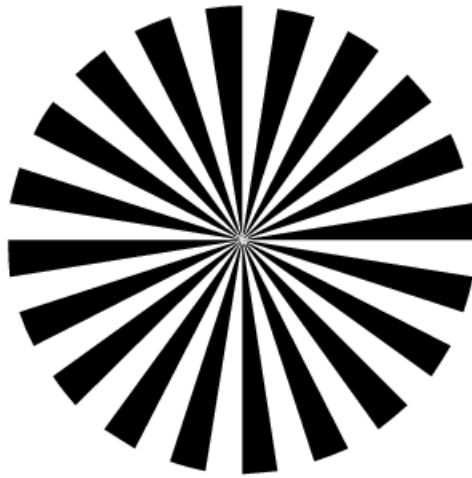
### SENSORES DE POSICIÓN

Para el control de posición angular se emplean fundamentalmente los denominados encoders y resolvers. Los potenciómetros dan bajas prestaciones por lo que no se emplean salvo en contadas ocasiones (robots educativos, ejes de poca importancia).

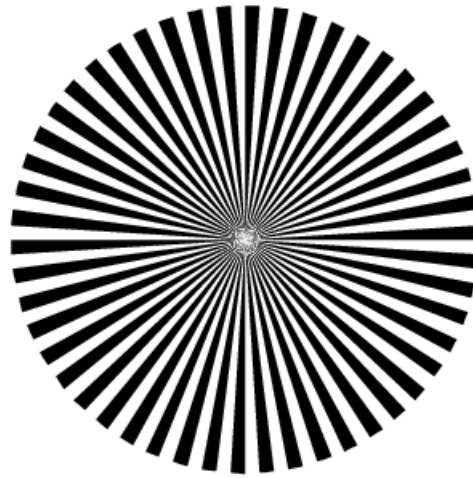
#### Codificadores angulares de posición (encoders).

Los codificadores ópticos o encoders incrementales constan, en su forma más simple, de un disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí; De un sistema de iluminación en el que la luz es colimada de forma correcta, y de un elemento fotorreceptor. El eje cuya posición se quiere medir va acoplado al disco transparente. Con esta disposición a medida que el eje gire se ira generando pulsos en el receptor cada vez que la luz atravesase cada marca, y llevando una cuenta de estos pulsos es posible conocer la posición del eje.

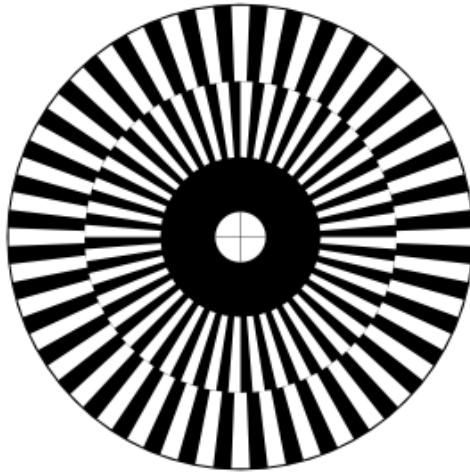
40 divisions



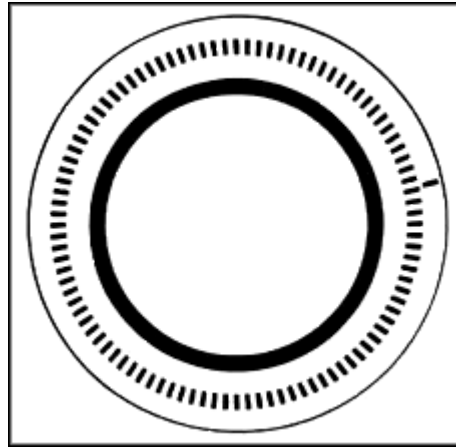
100 divisions



Existe, sin embargo, el problema de no saber si en un momento dado se está realizando un giro en un sentido o en otro, con el peligro que supone no estar contando adecuadamente. Una solución a este problema consiste en disponer de otra franja de marcas, desplazada de la anterior de manera que el tren de pulsos que con ella se genere este desplazado  $90^\circ$  eléctricos con respecto al generado por la primera franja.



De esta manera, con un circuito relativamente sencillo es posible obtener una señal adicional que indique cual es el sentido de giro, y que actúe sobre el contador correspondiente indicando que incremente o decremente la cuenta que se está realizando. Es necesario además disponer de una marca de referencia sobre el disco que indique que se ha dado una vuelta completa y que, por tanto, se ha de empezar la cuenta de nuevo. Esta marca sirve también para poder comenzar a contar tras recuperarse de una caída de tensión.

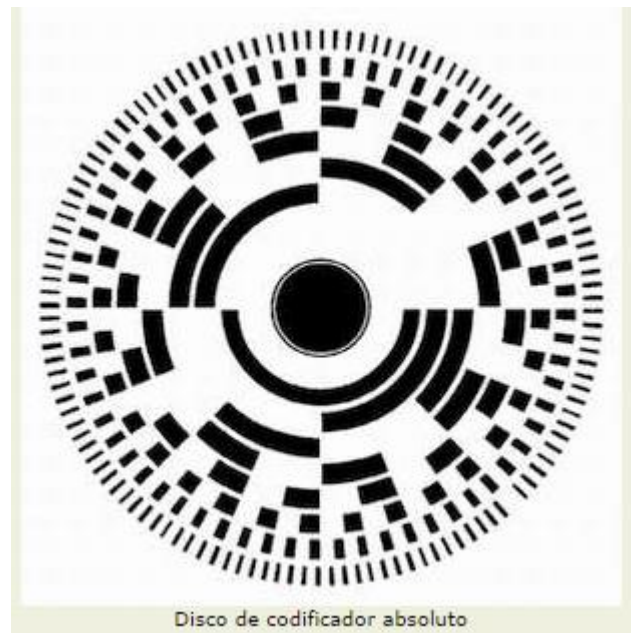


La resolución de este tipo de sensores depende directamente del número de marcas que se pueden poner físicamente en el disco. Un método relativamente sencillo para aumentar esta resolución es, no solamente contabilizar los flancos de subida de los trenes de pulsos, sino contabilizar también los de bajada, incrementando así la resolución del captador, pudiéndose llegar, con ayuda de circuitos adicionales, hasta 100,000 pulsos por vuelta.

El funcionamiento básico de los codificadores o encoders absolutos es similar al de los incrementales. Se tiene una fuente de luz con las lentes de adaptación correspondientes, un disco graduado y unos fotorreceptores. En este caso, el disco transparente se divide en un número determinado de sectores (potencia de 2), codificándose cada uno de ellos según un código binario cíclico (normalmente código Gray) que queda representado por zonas transparentes y opacas dispuestas radialmente.

No es necesario ahora ningún contador o electrónica adicional para detectar el sentido del giro, pues cada posición (sector) es codificado de forma absoluta. Su resolución es fija, y vendrá dada por el número de anillos que posea el disco graduado. Resoluciones habituales van desde  $2^{(exp.)8}$  a  $2^{(exp.)19}$  bits (desde 256 a 524,288 posiciones distintas). Normalmente los sensores de posición se acoplan al eje del motor. Considerando que en la mayor parte de los casos entre el eje del motor y el de la articulación se sitúa un reductor de relación N, cada movimiento de la articulación se verá multiplicado por N al ser medido por el sensor. Este aumentara así su resolución multiplicándola por N.

Este problema se soluciona en los encoders absolutos con la utilización de otro encoder absoluto más pequeño conectado por un engranaje reductor al principal, de manera que cuando este gire una vuelta completa, el codificado adicional avanzara una posición. Son los denominados encoder absolutos multivuelta.



Esta misma circunstancia originara que en el caso de los codificadores incrementales la señal de referencia o marca de cero, sea insuficiente para detectar el punto origen para la cuenta de pulsos, pues habrá  $N$  posibles puntos de referencia para un giro completo de la articulación. Para distinguir cuál de ellos es el correcto se suele utilizar un detector de presencia denominado sincronismo, acoplado directamente al eslabón del robot que se considere. Cuando se conecta el robot desde una situación de apagado, es preciso, ejecutar un procedimiento de búsqueda de referencias para los sensores (sincronizado).

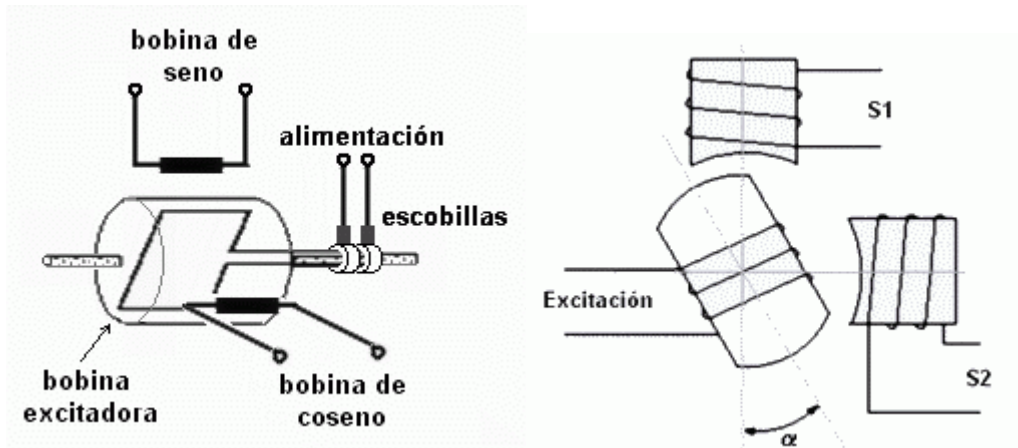
Durante su ejecución se leen los detectores de sincronismo que detectan la presencia o ausencia de eslabón del robot. Cuando se detecta la conmutación de presencia o ausencia de pieza, o viceversa, se atiende al encoder incremental, tomándose como posición de origen la correspondiente al primer pulso de marca de cero que aquel genere.

Los encoders pueden presentar problemas mecánicos debido a la gran precisión que se debe tener en su fabricación. La contaminación ambiental puede ser una fuente de interferencias en la transmisión óptica. Son dispositivos particularmente sensibles a golpes y vibraciones, estando su margen de temperatura de trabajo limitado por la presencia de componentes electrónicos.

## Resolvers

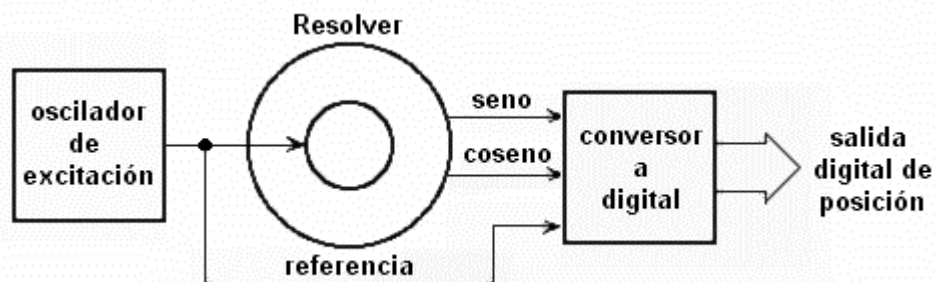
Son, esencialmente, transformadores rotativos diseñados de tal modo que su coeficiente de acoplamiento entre el rotor y el estator varía según sea la posición angular del eje.

En su diseño más simple, el resolver consta de dos bobinados en el estator, que detectan una señal senoidal de inducción, emitida por un tercer bobinado desde el rotor; una de las bobinas detectoras corresponde al seno y la otra al coseno (están ubicadas en posiciones separadas, obviamente, por un ángulo de  $90^\circ$ ). La bobina excitadora del rotor es alimentada por una señal de corriente alterna senoidal que le llega a través de anillos de metal (contactos) ubicados sobre el eje, y escobillas. Este diseño tiene el inconveniente de que el mecanismo de escobillas sufre un desgaste continuo, lo que hace posible, pasado cierto tiempo de uso, que desde ahí se ingrese ruido en la señal. Tanto el rotor como el estator están contruidos con un núcleo de hierro laminado.



Cuando la bobina excitadora del rotor recibe una alimentación de señal senoidal, cada una de las bobinas detectoras del estator es inducida con una señal cuyo voltaje de salida varía de acuerdo al seno de la posición del eje para una de ellas y el coseno de la posición del eje para la otra.

Las señales de las bobinas detectoras del estator se llevan a un tipo especial de convertidor analógico digital, conocido como conversor resolver a digital (R/D converter).



## **Sensores lineales de posición (LVDT).**

Entre los sensores de posición lineales destaca el transformador diferencial de variación lineal (LVDT) debido a su casi infinita resolución, poco rozamiento y alta repetitividad. Su funcionamiento se basa en la utilización de un núcleo de material ferromagnético unido al eje cuyo movimiento se quiere medir.

Este núcleo se mueve linealmente entre un devanado primario y dos secundarios, haciendo con su movimiento que varíe la inductancia entre ellos.

Los dos devanados secundarios conectados en oposición serie ven como la inducción de la tensión alterna del primario, al variar la posición del núcleo, hace crecer la tensión de un devanado y disminuirá en el otro. Del estudio de la tensión  $E$  se deduce que esta es proporcional a la diferencia de inductancias mutuas entre el devanado primario con cada uno de los secundarios, y que por tanto depende linealmente del desplazamiento del vástago solidario al núcleo.

Además de las ventajas señaladas, el LVDT presenta una alta linealidad, gran sensibilidad y una respuesta dinámica elevada. Su uso está ampliamente extendido, a pesar del inconveniente de poder ser aplicado únicamente en la medición de pequeños desplazamientos.

Otros sensores lineales que también se emplean con relativa frecuencia son las denominadas reglas ópticas (equivalentes a los codificadores ópticos angulares) y las reglas magnéticas o Inductosyn. El funcionamiento del Inductosyn es similar a la del resolver con la diferencia de que el rotor desliza linealmente sobre el estator.

El estator se encuentra excitado por una tensión conocida que induce en el rotor dependiendo de su posición relativa una tensión  $V_s$ .

## **SENSORES DE VELOCIDAD**

La velocidad es otro de los parámetros internos del robot que puede ser útil para el desarrollo de su tarea. Aunque su importancia es menor que la de la posición, existen algunos métodos para determinar la velocidad (lineal y angular) del robot.

El primer método que podemos encontrar es el que se basa en la medida de la posición. Puesto que hemos visto que existen gran diversidad de métodos para calcular la posición del robot, podemos derivar de esta medida la velocidad. Esto se haría aplicando directamente la definición de velocidad, es decir, incremento de posición dividido entre el tiempo.

## Tacogenerador

Es un dispositivo para medir la velocidad angular. Su funcionamiento es sencillo: convertir la energía rotacional del eje en cuestión en energía eléctrica, proporcional a la rotacional y que puede ser fácilmente medida.



Para generar la corriente a partir del giro se acopla al motor o eje que se va a medir, una espira situada dentro de un campo magnético fijo (creado por los dos imanes). Al girar el motor, la espira girará en el interior del campo magnético, lo que provocará una corriente eléctrica.

Estos dispositivos pueden llegar a tener una precisión del 0,5 %, por lo que puede resultar una solución aceptable a la hora de medir la velocidad angular.

## Sensores Doppler

Los sensores basados en el efecto Doppler miden la velocidad lineal de un objeto móvil apoyándose en otra superficie. Se basan en la observación del desplazamiento en frecuencia de una radiación emitida por el sensor y reflejada en una superficie que se está moviendo con respecto al robot.

Este sistema es usado a menudo en sistemas marítimos, donde se emplean ondas acústicas que se reflejan en la superficie oceánica.

Una vez conocida la velocidad de vuelta de la señal al sensor, se puede calcular mediante una relación trigonométrica simple la velocidad de la superficie (a partir de la cual se calcularía la velocidad del móvil). Es para calcular la velocidad de vuelta de la señal al sensor cuando se realiza una comprobación del desfase de frecuencias.



## LVT (Linear Velocity Transducers)

Este tipo de sensores se basan en un principio electromagnético similar al que veíamos en los sensores de posición LVDT. Los sensores LVT constan de un núcleo magnético permanente en forma de varilla; este núcleo es el que es conectado al dispositivo cuya velocidad vamos a medir. Arriba y abajo de la varilla se disponen dos espirales conductoras. Por la ley de Faraday, en las espiras se desarrolla una diferencia de potencial proporcional al cambio en el campo magnético al que están sometidas. Puesto que el núcleo es un imán permanente, el cambio en el campo sólo puede estar provocado por el movimiento de dicho núcleo. Así, si medimos la diferencia de potencial en las espiras podremos deducir la velocidad a la que se ha movido el núcleo y, por consiguiente, el elemento de interés.

### FUENTES DE INFORMACIÓN

- [http://robots-argentina.com.ar/SensoresAngulares\\_resolver.htm](http://robots-argentina.com.ar/SensoresAngulares_resolver.htm)
- <http://www.infoplcn.net/blog4/2010/12/03/sistema-de-realimentacion-de-posicion-i-encoder-o-resolver/>
- <http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/r166/r69/r69.htm>
- <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Componentes/SPOSICION.htm>
- <http://domotiva.wordpress.com/2010/09/07/sensores-de-velocidad-y-aceleracion/>