



TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO

INSTITUTO TECNOLOGICO DE VERACRUZ

ROBOTICA

CLAVE 9F1A

DR. JOSE ANTONIO GARRIDO NATAREN

ING. MECATRONICA

EQUIPO I

UNIDAD I

MORFOLOGIA DEL ROBOT

1.5 SENSORES INTERNOS

SENORES DE POSICION

SENSORES DE VELOCIDAD

SENSORES DE PRESENCIA

SENSORES INTERNOS

Para conseguir que un robot realice una tarea con la adecuada precisión, velocidad e inteligencia, será necesario que tenga conocimiento tanto de su propio estado como del estado de su entorno. La información relacionada con su estado (fundamentalmente la posición y 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.

Se pueden mencionar entre algunos los siguientes sensores externos: visión artificial, sensores de fuerza, sensores de tacto, sensores de distancia o telemetría. Sin embargo aquí sólo se tratará el tema de los sensores internos.

La información que la unidad de control del robot puede obtener sobre el estado de su estructura mecánica es fundamentalmente la relativa a su posición y velocidad.

Los tipos de sensores internos de robo serán mostrados en forma resumida en la siguiente tabla:

Presencia	Inductivo Capacitivo Efecto hall Célula reed Óptico Ultrasonido Contacto	
Posición	Analógicos Digitales	Potenciómetros Resolver Sincro Inductosyn LVDT Encoders absolutos Encoders incrementales Regla óptima
Velocidad	Tacogeneratriz	

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 educacionales, 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 gira se irán generando pulsos en el receptor cada vez que la luz atraviese cada marca, y llevando una cuenta de estos pulsos es posible conocer la posición del eje.

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 esté desplazado 90° 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 esté 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.

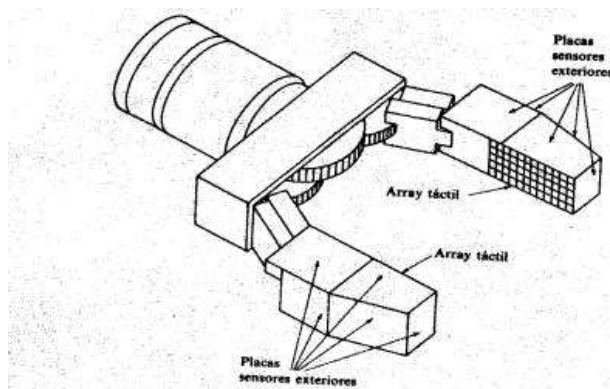


Figura 6.19 Un robot provisto de arrays sensores táctiles.

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 pulso, sino contabilizar también los de bajada, incrementando así por cuatro la resolución de captador, pudiéndose llegar, con la 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 de 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 2^8 a 2^{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. Éste aumentará así su resolución multiplicándola por N.

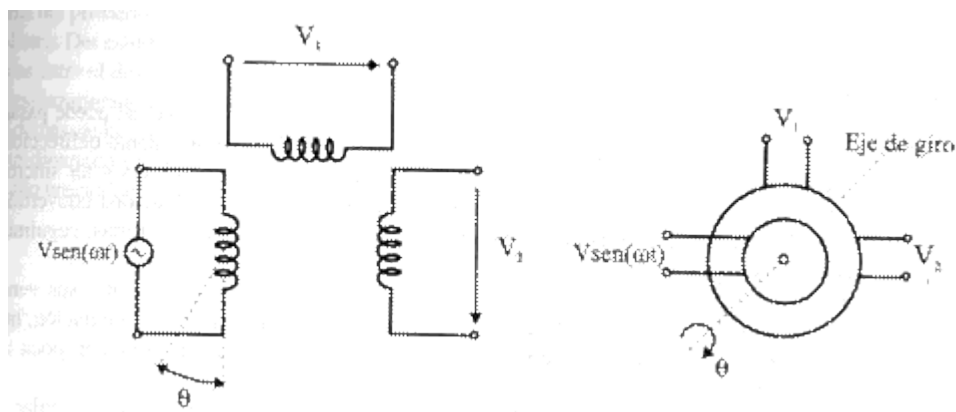
Este problema se soluciona en los encoders absolutos con la utilización de otro encoder absoluto más pequeño conectado por un engranaje reductor al principal, de manera que cuando éste gire una vuelta completa, el codificado adicional avanzará una posición. Son los denominados encoders absolutos multivuelta.

Esta misma circunstancia originará 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 de 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 del eslabón del robot. Cuando se detecta la conmutación de presencia a ausencia de pieza, o viceversa, se atiende al encoger 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.

- Captadores angulares de posición (sincro-resolvers): La otra alternativa en sensores de posición para robots la representan los resolvers y los sincroresolvers, también llamados sincros. Se trata de captadores analógicos con resolución teóricamente infinita. El funcionamiento de los resolvers se basa en la utilización de una bobina solidaria al eje excitada por una portadora, generalmente con 400 Hz, y por dos bobinas fijas situadas a su alrededor.



El giro de la bobina móvil hace que el acoplamiento con las bobinas fijas varíe, consiguiendo que la señal resultante en ésta dependa del seno del ángulo de giro. La bobina móvil excitada con tensión $V \sin(\omega t)$ y girada un ángulo θ induce en las bobinas fijas situadas en cuadratura las siguientes tensiones:

$$V_1 = V \sin(\omega t) \sin \theta$$

$$V_2 = V \sin(\omega t) \cos \theta$$

Que la llamada representación del ángulo θ en formato resolver.

El funcionamiento de los sincros es análogo al de los resolvers, excepto que las bobinas fijas forman un sistema trifásico en estrella. Para un giro θ de la bobina móvil

excitada con tensión $V \cos(\omega t)$, admitiendo que los acoplamientos y los desfases son los mismos para todos los devanados, se obtienen las siguientes tensiones entre las fases del estator:

$$\begin{aligned} V_{13} &= \sqrt{3} V \cos(\omega t) \sin \theta \\ V_{32} &= \sqrt{3} V \cos(\omega t) \sin(\theta + 120^\circ) \\ V_{21} &= \sqrt{3} V \cos(\omega t) \sin(\theta + 240^\circ) \end{aligned}$$

Que es la llamada representación del ángulo θ en formato sincro.

El cambio de formato sincro a formato resolver o viceversa es inmediato, ya que puede pasar de uno a otro a través de la llamada red de Scout o transformador de Scout, de funcionamiento bidireccional.

Para poder tratar en el sistema de control la información generada por los resolvers y los sincros es necesario convertir las señales analógicas en digitales. Para ello se utilizan los llamados convertidores resolver/digital (R/D), que tradicionalmente se basan en dos tipos de estructuras distintas: seguimiento (tracking) y muestreo (sampling).

	ROBUSTEZ MECÁNICA	RANGO DINÁMICO	RESOLUCIÓN	ESTABILIDAD TÉRMICA
Encoger	Mala	Media	Buena	Buena
Resolver	Buena	Buena	Buena	Buena
Potenciometro	Regular	Mala	Mala	Mala

Ambos captadores son de tipo absoluto en cada vuelta del eje acoplado a ellos. Entre sus ventajas destacan su buena robustez mecánica durante el funcionamiento y su inmunidad a contaminación, humedad, altas temperaturas y vibraciones. Debido a su reducido momento de inercia, imponen poca carga mecánica al funcionamiento del eje.

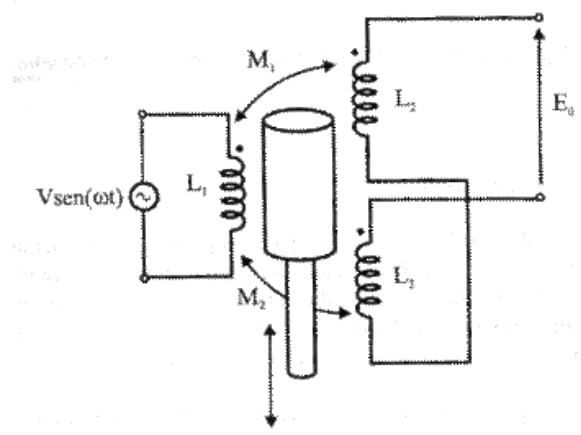
La tabla siguiente presenta una comparación entre distintos tipos de sensores de posición angular, atendiendo a diversos parámetros de funcionamiento. Se comenta brevemente a continuación alguno de ellos.

Dado el carácter continuo de la señal, la resolución de los resolvers es teóricamente infinita. Bien es verdad que depende en la mayoría de las ocasiones de una electrónica asociada, lo que limita la precisión de forma práctica. En el caso de los codificadores ópticos la resolución viene limitada por el número de secciones opaco/transparente que se utilicen.

La exactitud estática, definida como la diferencia entre la posición física del eje y la señal eléctrica de salida, se relativamente alta tanto en resolvers como en codificadores ópticos. El rango dinámico se encuentra más limitado en el caso de los

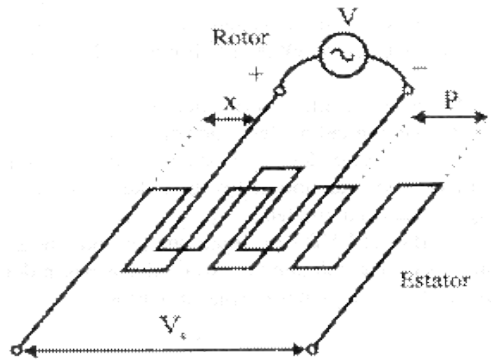
codificadores ópticos o digitales, no así en los resolvers donde con conversiones R/D adecuadas se puede trabajar con velocidades superiores a las 6000 rpm.

- **Sensores lineales de posición (LVDT e Inductosyn):** Entre los sensores de posición lineales destaca el transformador diferencial de variación lineal (LVDT) debido a su casi infinita resolución, poco rozamiento y alta repetibilidad. 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. A continuación se muestra el esquema de su funcionamiento:



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 (marca registrada de Farrand Industries Inc.). el funcionamiento del Inductosyn es similar al del resolver con la diferencia de que el rotor desliza linealmente sobre el estator, siendo la forma de los devanados la representada en la figura que sigue a continuación. El estator se encuentra excitado por una tensión conocida que induce en el rotor dependiendo de su posición relativa una tensión V_s :

$$V_r = kV \cos\left(2\pi \frac{x}{P}\right)$$

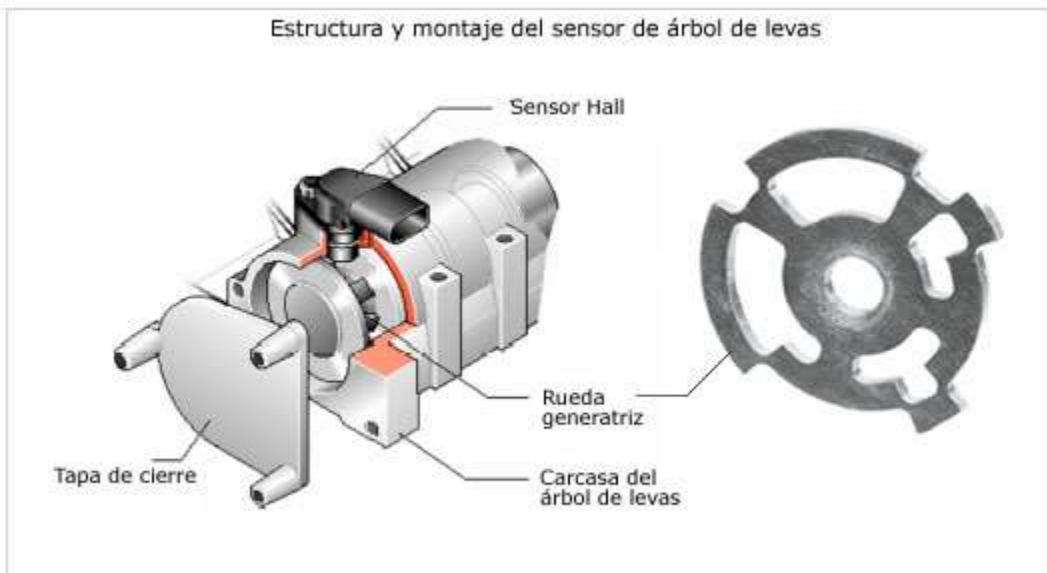


Sensores de velocidad:

La captación de la velocidad se hace necesaria para mejorar el comportamiento dinámico de los actuadores del robot. La información de la velocidad de movimiento de cada actuador (que tras el reductor es la giro de la articulación) se realimenta normalmente a un bucle de control analógico implementado en el propio accionador del elemento motor. No obstante, en ocasiones en las que el sistema de control del robot lo exija, la velocidad de giro de cada actuador es llevada hasta la unidad de control del robot.

Normalmente, y puesto que el bucle de control de velocidad es analógico, el captador usado es una tacogeneratriz que proporciona una tensión proporcional a la velocidad de giro de su eje (valores típicos pueden ser 10 milivoltios por rpm).

Otra posibilidad, usada para el caso de que la unidad de control del robot precise valorar la velocidad de giro de las articulaciones, consisten en derivar la información de posición que ésta posee.



Sensores de presencia

Este tipo de sensor es capaz de detectar la presencia de un objeto dentro de un radio de acción determinado. Esta detección puede hacerse con o sin contacto con el objeto. En el segundo caso se utilizan diferentes principios físicos para detectar la presencia, dando lugar a los diferentes tipos de captadores. En el caso de detección con contacto, se trata siempre de un interruptor, normalmente abierto o normalmente cerrado según interese, actuado mecánicamente a través de un vástago u otro dispositivo. Los detectores de presencia se utilizan en robótica principalmente como auxiliares de los detectores de posición, para indicar los límites de movimiento de las

articulaciones y permitir localizar la posición de referencia de cero de estos en el caso de que sean incrementales.

Además de esta aplicación, los sensores de presencia se usan como sensores externos, siendo muy sencillos de incorporar al robot por su carácter binario y su costo reducido. Los detectores inductivos permiten detectar la presencia o contar el número de objetos metálicos sin necesidad de contacto. Presentan el inconveniente de distinto comportamiento según del tipo de metal del que se trate. El mismo tipo de aplicación tiene los detectores capacitivos, más voluminosos, aunque en este caso los objetos a detectar no precisan ser metálicos. En cambio presentan problemas de trabajo en condiciones húmedas y con puestas a tierra defectuosas.

Los sensores basados en el efecto Hall detectan la presencia de objetos ferromagnéticos por la deformación que estos provocan sobre un campo magnético. Los captadores ópticos, sin embargo, pueden detectar la reflexión del rayo de luz procedente del emisor sobre el objeto.

