



Sensores en Robótica

Introducción:

Una parte importante a la hora de construir un robot es la incorporación de sensores. Los sensores trasladan la información desde el mundo real al mundo abstracto de los microcontroladores.

En este documento se explican los conceptos fundamentales de los sensores mas comúnmente usados.

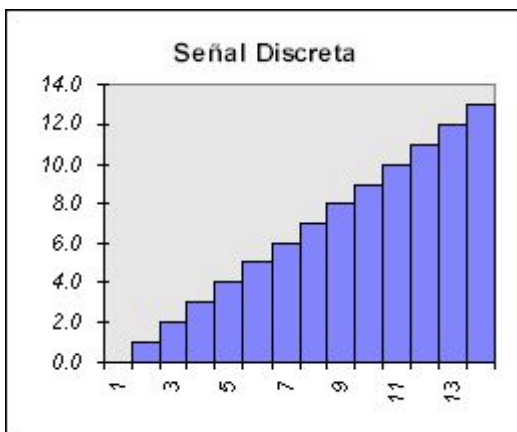
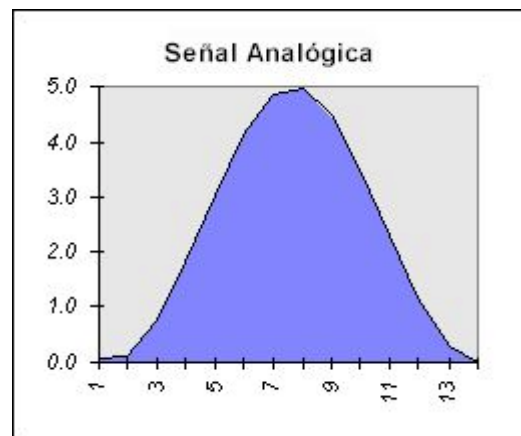
Valores de salida de los sensores:

Los sensores ayudan a trasladar los atributos del mundo físico en valores que la controladora de un robot puede usar.

En general, la mayoría de los sensores pueden ser divididos en dos grandes grupos:

1. Sensores analógicos
2. Sensores Digitales

Un sensor analógico es aquel que puede entregar una salida variable dentro de un determinado rango (ver figura de la derecha). Un Sensor analógico, como por ejemplo una Fotorresistencia (estos componentes miden intensidad de luz), puede ser cableado en un circuito que pueda interpretar sus variaciones y entregar una salida variable con valores entre 0 y 5 volts.



Un sensor digital es aquel que entrega una salida del tipo discreta (ver figura de la izquierda). Es decir, que el sensor posee una salida que varía dentro de un determinado rango de valores, pero a diferencia de los sensores analógicos, esta señal varía de a pequeños pasos pre-establecidos.

Por ejemplo consideremos un botón pulsador, el cual es uno de los sensores más básicos. Posee una salida discreta de tan solo dos valores, estos pueden ser abierto o cerrado. Otros sensores discretos pueden entregar una salida del tipo binario, como es el caso de un convertor Analógico/Digital, el cual entrega una salida de 8 bits capaz de subdividir las variaciones de la entrada en hasta 256 escalones.

Los sensores discretos mas comúnmente usados en robótica entregan una salida del tipo binaria las cuales poseen dos estados posibles (0 y 1). De aquí en adelante asumiremos que una salida digital es una salida del tipo binaria.

La distinción entre analógico y digital es muy importante a la hora de tomar la decisión para determinar que sensores se usarán. Esta decisión depende en gran medida de la capacidad y características de la controladora que se usará.

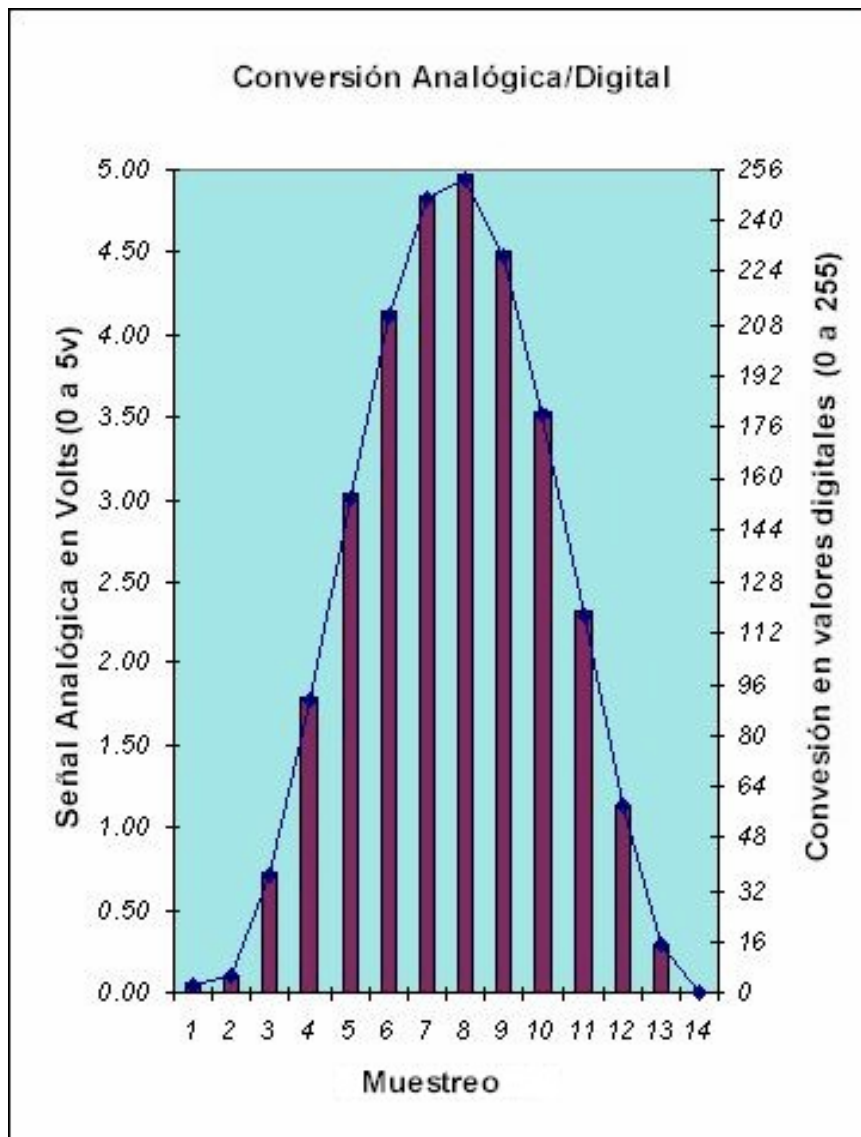
Conversión Analógica/Digital:

Los microcontroladores generalmente operan con valores discretos. Los controladores como el Motorola 68HC11, el PIC 16F84, etc., trabajan con valores binarios de 8 bits. Una parte importante a la hora de trabajar con señales analógica es la posibilidad de transformar las mismas en señales digitales mediante el uso de un convertor A/D (analógico/digital) y entregar su salida sobre un bus de 8 bits (1 Byte). Esto permitirá al microcontrolador poder tomar decisiones en base a la lectura obtenida. Cabe destacar que en la actualidad existen microcontroladores que ya poseen este convertor integrado en si mismos, lo que permite ahorrar espacio y simplificar el diseño.

En la siguiente figura se puede ver un ejemplo de como se comportaría un convertor A/D (analógico/digital):

Voltaje entre (v)		Valor de Salida (binario)	Valor de salida (decimal)
0.0000	0.0195	00000000	0
0.0195	0.0391	00000001	1
0.0391	0.0586	00000010	2
0.0586	0.0781	00000011	3
0.0781	0.0977	00000100	4

Podemos ver como para distintos rangos de valores de valores de entrada, se obtiene un valor de salida binario. Si nuestro rango de entrada está entre 0 y 5 volts, un convertor A/D de 8 bits podrá dividir la tensión de entrada en 256 valores binarios. Esto resulta en un escalón de 0.0195 volts. Esto se puede ver claramente en la tabla anterior, si bien solo están representados los primeros cinco niveles.



El gráfico anterior muestra el resultado de una conversión A/D para 14 muestreos. El número del muestreo es mostrado en el eje X en la parte inferior. El lado izquierdo del eje Y indica el voltaje de la entrada analógica que está siendo muestreada. Sobre el lado derecho del eje Y podemos ver el valor digital de 8 bits asignado a cada punto del muestreo. (visto en formato decimal).

Existen una gran variedad de conversores A/D en el mercado. Los de 8 bits se usan comúnmente con microcontroladores, pero también existen de 10 bits, capaces de tomar hasta 1024 muestreos. Y de 12 bits, capaces de tomar hasta 65536 muestreos. A mayor cantidad de muestreos mayor será la precisión obtenida, por lo que la elección del conversor A/D adecuado dependerá de que tan exacto deberá ser nuestra lectura del sensor.

Sensores Analógicos mas frecuentes:

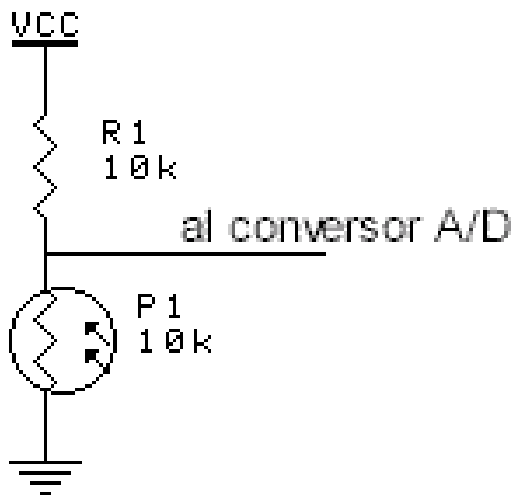
Recuerde que para usar con éxito un sensor analógico, deberá poseer alguna forma de convertir la salida generada por este en una señal digital capaz de ser interpretada por un sistema microcontrolado.

Todos los circuitos mostrados en esta sección están pensados para ser usados conectándolos a un conversor A/D.

Recuerde que muchos microcontroladores ya traen integrado estos conversores, en caso contrario se deberá agregar externamente uno como por ejemplo el ADC0801 de National Semiconductores (<http://www.national.com/>) o similares.

Fotorresistencia:

Estos fotorresistores (también llamados LDR) poseen la capacidad de variar su valor acorde a la cantidad de luz que incide sobre ellos.



El LDR mostrado como P1 en el diagrama de la izquierda posee una resistencia de 10K operando con una iluminación intermedia.

Junto con R1 que también es de 10K, producen un divisor resistivo. La tensión medida en el punto medio de este divisor variará según varíe la luz que incida sobre el LDR.

Debido a que el valor resistivo del LDR decrece a medida que la luz aumenta, en consecuencia la tensión en el punto medio disminuirá también a medida que la luz aumente y viceversa.

A modo de ejemplo supongamos que hay suficiente iluminación para llevar el valor del LDR a 2K. En este caso la tensión medida en el punto medio (considerando VCC=5v) sería:

$$V = P1 * (VCC / (P1 + R1))$$

$$\text{Entonces } V = 2K * (5 / (2K + 10K)) = 0.83v$$

Si la salida del punto medio la transformáramos a Digital mediante el Conversor A/D comentado anteriormente obtendríamos una lectura aproximadamente igual a 42 en decimal (2A Hexadecimal). Lo cual podría ser perfectamente interpretado por un sistema microcontrolado y de esta forma poder medir la intensidad de luz presente.

Potenciómetros:

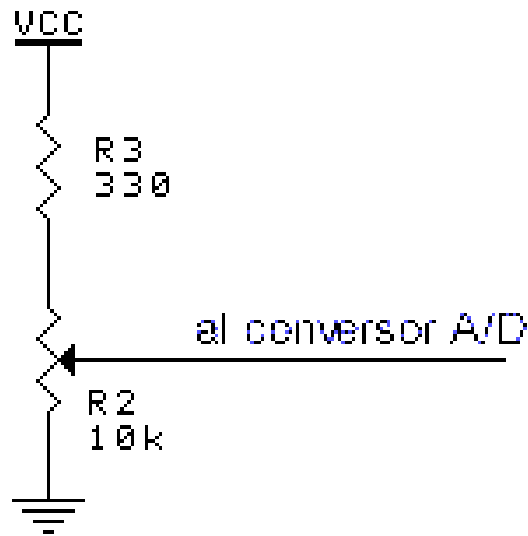
Otro sensor muy comúnmente usado y que a veces no se lo considera es el clásico potenciómetro.

Estos son muy útiles para medir movimientos y determinar la posición de un mecanismo determinado como por ejemplo el eje de una articulación de un brazo mecánico.

Debido a que los potenciómetros poseen un ángulo de giro de aproximadamente 270° , no es posible usarlos en mecanismos que deben realizar un giro completo o bien más de una vuelta sobre su eje.

Como se aprecia en el diagrama, la forma de conexión es similar al caso del LDR, con la simple diferencia que en este caso el Potenciómetro es un divisor resistivo en si mismo y R3 se usa como simple limitador de corriente.

Los valores son a modo de ejemplo y pueden usarse cualquier valor dentro de rangos aceptables. No muy bajos para no provocar un elevado consumo (10K es lo más bajo recomendable) y no muy elevado ya que la corriente sería demasiado baja (no más de 1.5M).



Existen dos tipos de potenciómetros en el mercado: Lineales y Logarítmicos (estos últimos usados normalmente en audio).

Los del tipo linear varían su valor en forma constante (linealmente), los del tipo logarítmicos poseen una curva de variación del tipo logarítmica, esto es decir que su valor aumenta lentamente en los extremos y luego los valores cambian cada vez más rápidamente.

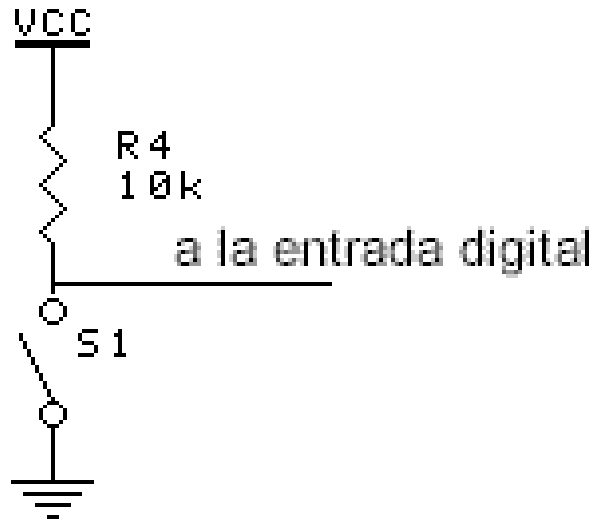
Los más recomendados a la hora de sensar posiciones de mecanismos son los del tipo linear.

Sensores Digitales de uso general:

Existe una gran variedad de sensores digitales. Muchos de ellos se conectan en forma similar, la cual es haciendo uso de una resistencia de Pull-Up conectada a VCC para mantener la entrada forzada a nivel alto, con lo cual el sensor la forzaría a nivel bajo cuando se active.

Switch o llaves:

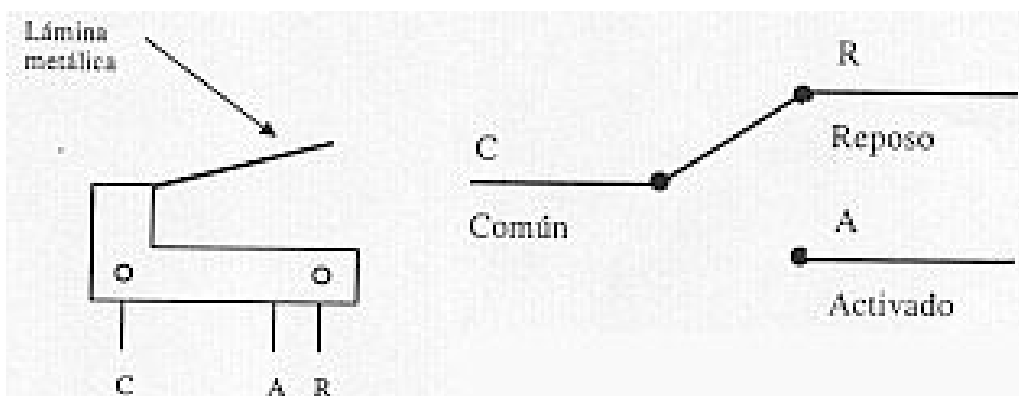
Uno de los sensores mas básicos son los switch (llaves o pulsadores). En la siguiente figura se puede apreciar el conexionado clásico de un switch a una entrada digital:



Para evitar pulsos de rebote al accionar el switch se puede usar un capacitor de bajo valor (0.1uF a 1uF) en paralelo con los bornes del switch.

Microswitch:

Un tipo de switch muy útil en robótica es el microswitch como el que se puede apreciar en la siguiente figura:

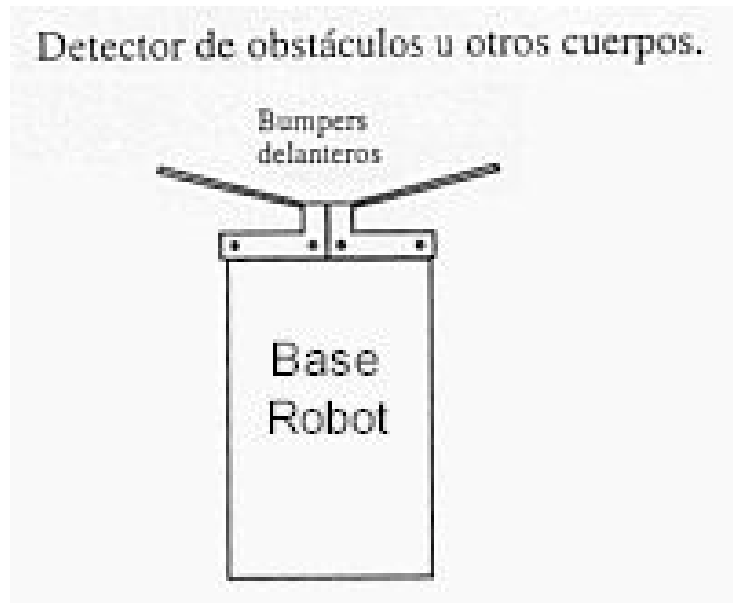


Al presionar la lámina, el borne común C pasa a conectarse con el borne activado A. Si la lámina no está presionada, el borne C está unido con R (reposo).

En la práctica el borne R viene identificado como NC (normal closed) y el borne A viene identificado como NO (normal open).

La forma de conectar un microswitch a una entrada digital es la misma usada para todo tipo de switch (ver punto anterior).

En la siguiente figura podemos ver uno de los usos característicos de estos microswitch:



En este ejemplo se los utiliza para la detección de obstáculos en un pequeño robot.

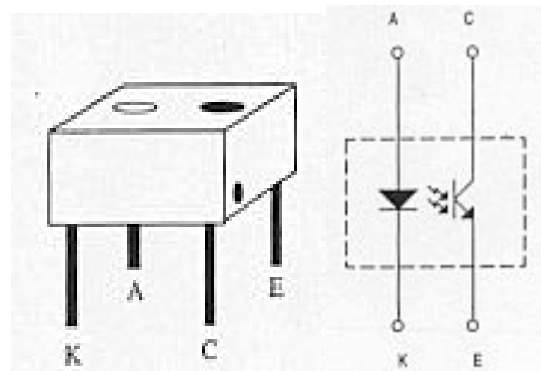
Sensores infrarrojos optoacoplados:

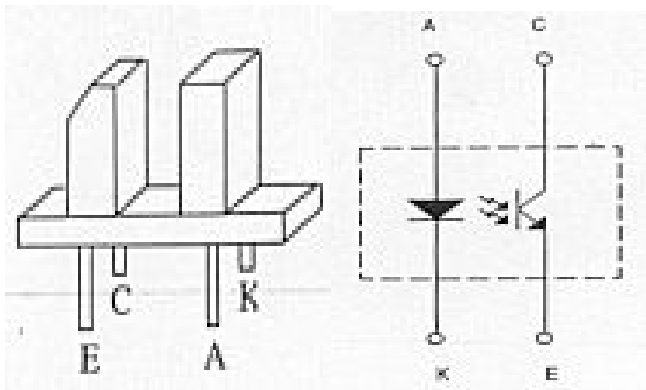
Existen dos tipos de sensores infrarrojos: reflectivo y de ranura. En ambos casos estos se basan en un conjunto formado por un fototransistor (transistor activado por luz) y un LED infrarrojo.

Reflectivo: Este tipo de sensor presenta una cara frontal en la cual se encuentran tanto el LED como el Fototransistor. Debido que no están colocados en forma enfrentada, la única forma posible para que la luz generada por el LED active el Fototransistor es haciendo reflejar esta luz en una superficie reflectiva.

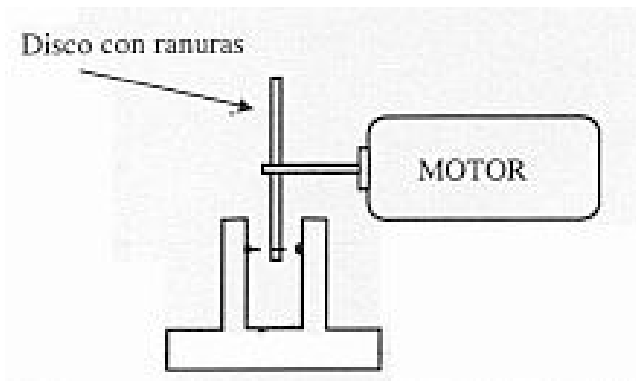
Teniendo en cuenta esto, estos sensores son muy útiles para detectar por ejemplo una línea negra sobre una superficie blanca o viceversa.

Debido a que el fototransistor es afectado no solo por la luz del diodo sino por la luz ambiental, se deben desarrollar circuitos de filtrado para evitar una falsa activación debido a la luz ambiente.



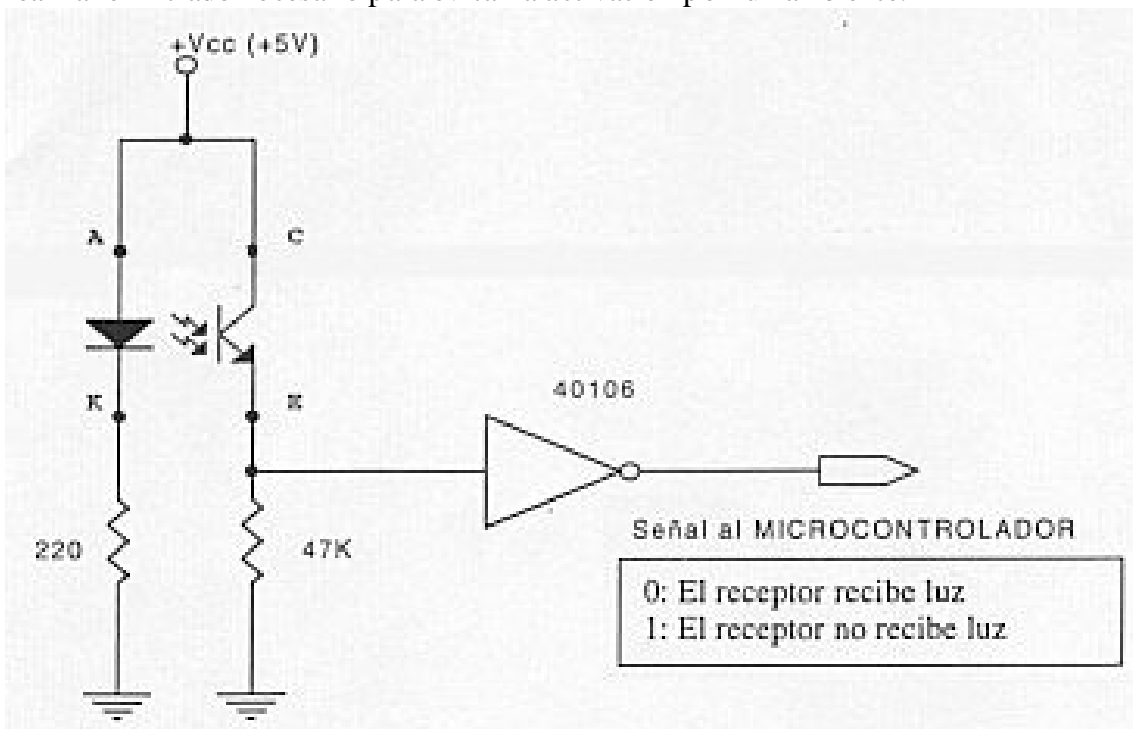


De Ranura: En este tipo de sensor, ambos elementos (LED y Fototransistor) se encuentran alineados a la misma altura enfrentados a través de la ranura. El fototransistor se encontrará activado siempre que no se introduzca ningún elemento que obture la ranura.



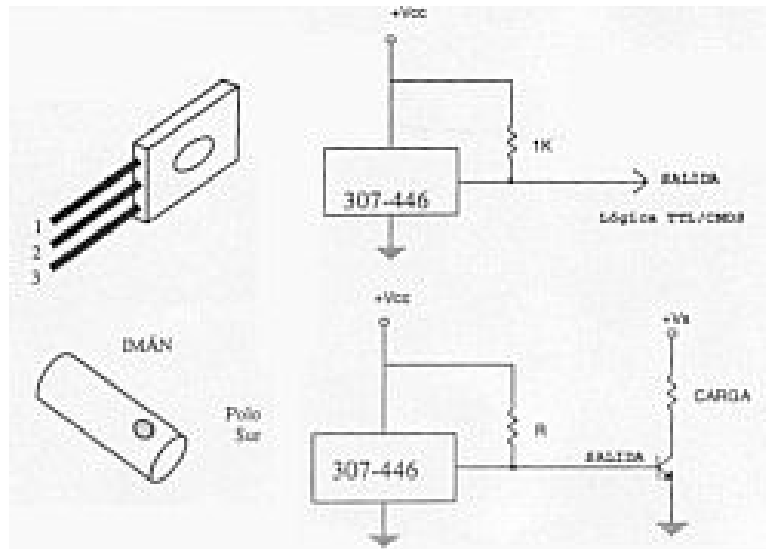
En la figura de la izquierda se aprecia un uso clásico para este tipo de sensores. El motor posee un disco ranurado acoplado a su eje. De esta forma podemos detectar el movimiento del motor, ya que al girar irá obturando y liberando el haz de luz entre el LED y el Fototransistor.

En la siguiente figura se aprecia un conexionado típico para este tipo de sensores. En el caso del reflectivo se debería además modular el encendido del LED para luego poder realizar el filtrado necesario para evitar la activación por luz ambiente.



Sensor de Efecto Hall:

Otro sensor muy útil y simple de usar es el de efecto Hall. Se trata de un semiconductor que actúa como detector de proximidad al enfrentarse al polo sur de un imán. Utilizando el efecto Hall para proporcionar una conmutación sin rebotes.



La distancia a la que produce la conmutación el campo magnético del imán es de alrededor de 2mm (dependiendo del modelo usado).

Son muy usados en circuitos lógicos en donde se precisa conmutar sin que se produzcan rebotes, o en donde se quiera evitar el contacto mecánico. Como por ejemplo es posible realizar un circuito que mida las revoluciones a la que está girando una rueda.

Resumen:

Estos son solo algunos de los sensores mas comúnmente usados en robótica debido a su practicidad y bajo costo.

Existen muchos otros un poco mas sofisticados, como ser los transmisores y receptores ultrasónicos, con los cuales se pueden construir sistemas de sonar muy útiles a la hora de detectar objetos a distancia y así poder esquivarlos sin necesidad de tomar contacto con ellos.