

USERS

TÉCNICO en ELECTRÓNICA

CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y PRÁCTICA PROFESIONAL

2

ROBÓTICA

NOCIONES BÁSICAS DE ROBÓTICA
Y CARACTERÍSTICAS DE LAS MORFOLOGÍAS
DE ROBOT MÁS IMPORTANTES.
ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO
DE SISTEMAS Y SENSORES

Baterías y fuentes

Microcontroladores

Motores y control de velocidad

Sensores y transductores

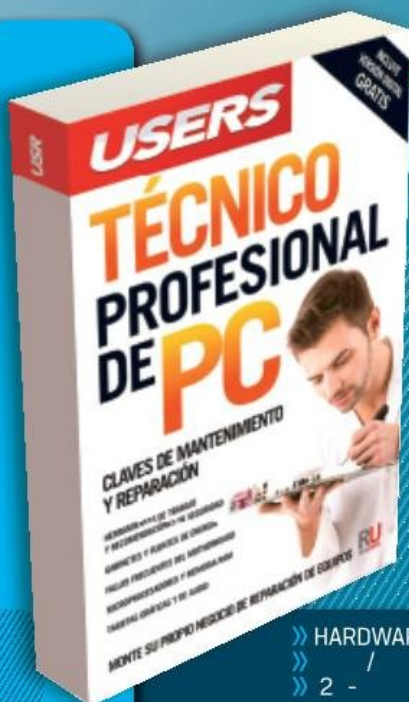
Construcción de un robot seguidor



CONÉCTESE CON LOS MEJORES LIBROS DE COMPUTACIÓN

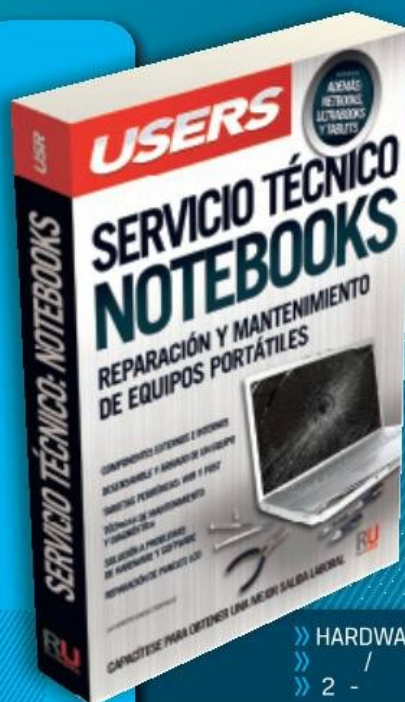
LLEGAMOS A TODO EL MUNDO
VÍA **OCA** * Y **DHL** **
usershop.redusers.com
usershop@redusers.com
 +54 (011) 4110-8700

SÓLO VÁLIDO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA * VÁLIDO EN TODO EL MUNDO EXCEPTO ARGENTINA **



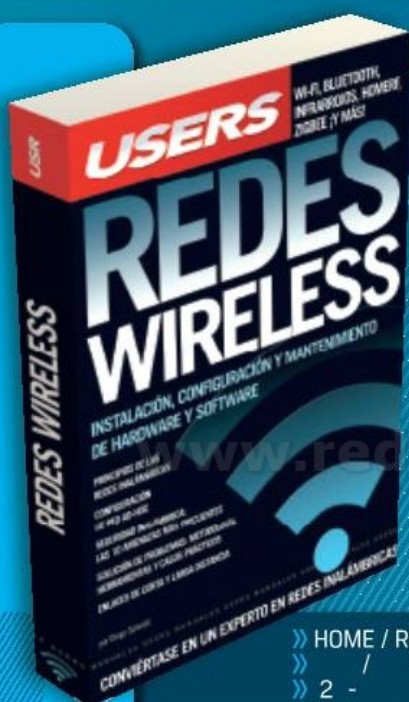
MONTE SU PROPIO
NEGOCIO DE
REPARACIÓN
DE EQUIPOS

» HARDWARE
» / - 2
» 2 -



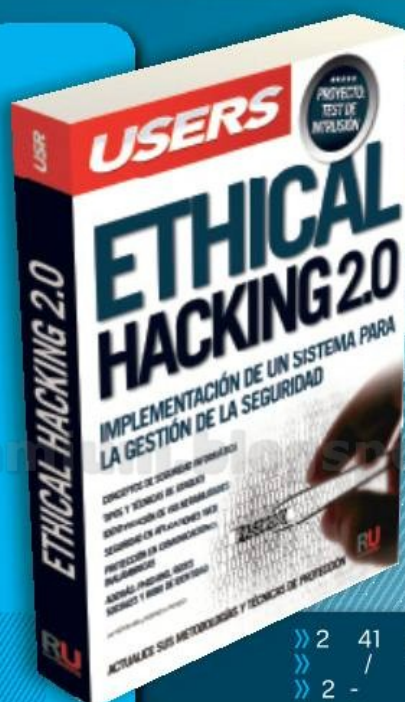
CAPACÍTESE
PARA OBTENER
UNA MEJOR
SALIDA LABORAL

» HARDWARE
» / - 2
» 2 -



CONVIÉRTASE
EN UN EXPERTO
EN REDES
INALÁMBRICAS

» HOME / RE 2
» / - 2
» 2 -



ACTUALICE SUS
METODOLOGÍAS
Y TÉCNICAS DE
PROTECCIÓN

» 2 41 A - 3 1 - 3
» / - 2
» 2 -

USERS

TÉCNICO en

ELECTRÓNICA

CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y PRÁCTICA PROFESIONAL

2

ROBÓTICA



SOLO VÁLIDO PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA

SUSCRÍBASE ANTES Y GANE HASTA

+54 (011) 4110 - 8710

usershop.redusers.com

\$130*

(EXCLUSIVO SUSCRIPTORES / NO SUSCRIPTORES HASTA \$100*) * AL SUSCRIBIRSE AL CURSO COMPLETO, GANA AUTOMÁTICAMENTE UNA ORDEN DE COMPRA PARA ADQUIRIR NUESTROS PRODUCTOS.



TÍTULO: Robótica
AUTORES: Fernando Raúl Tagliaferri y Sergio Balzarini
COLECCIÓN: Pocket Users
FORMATO: 19 x 13.5 cm
PÁGINAS: 96

Copyright © Fox Andina en coedición con Dálaga S.A. MMXIII.

Hecho el depósito que marca la ley. Reservados todos los derechos de autor.

Prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación por cualquier medio o procedimiento y con cualquier destino.

Primera impresión realizada en julio de MMXIII.

Sevagraf, Costa Rica 5226, Grand Bourg, Malvinas Argentinas, Pcia. De Buenos Aires.

Todas las marcas mencionadas en este libro son propiedad exclusiva de sus respectivos dueños.

ISBN 978-987-1949-12-0

Tagliaferri, Fernando Raúl

Robótica / Fernando Raúl Tagliaferri y Sergio Balzarini; coordinado por Paula Budris. - 1a ed. - Buenos Aires: Fox Andina; Dalaga, 2013.

96 p.; 19x13 cm. - (Pocket Users; 34)

ISBN 978-987-1949-12-0

1. Informática. I. Balzarini, Sergio II. Budris, Paula, coord. III. Título
CDD 005.3



VISITE NUESTRA WEB

EN NUESTRO SITIO PUEDE OBTENER, DE FORMA GRATUITA, UN CAPÍTULO DE CADA UNO DE LOS LIBROS EN VERSIÓN PDF Y PREVIEW DIGITAL. ADEMÁS, PODRÁ ACCEDER AL SUMARIO COMPLETO, LIBRO DE UN VISTAZO, IMÁGENES AMPLIADAS DE TAPA Y CONTRATAPA Y MATERIAL ADICIONAL.

RedUSERS
COMUNIDAD DE TECNOLOGÍA



redusers.com

Nuestros libros incluyen guías visuales, explicaciones paso a paso, recuadros complementarios, ejercicios, glosarios, atajos de teclado y todos los elementos necesarios para asegurar un aprendizaje exitoso y estar conectado con el mundo de la tecnología.



LLEGAMOS A TODO EL MUNDO VÍA  *** Y**  ******

* SÓLO VÁLIDO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA // ** VÁLIDO EN TODO EL MUNDO EXCEPTO ARGENTINA

 usershop.redusers.com  usershop@redusers.com  + 54 (011) 4110-8700

Prólogo al contenido

Los robots siempre han despertado nuestra curiosidad y fascinación, y cada vez que escuchamos la palabra robot nos imaginamos espectaculares películas de ciencia ficción en donde aparecen máquinas casi humanas que realizan tareas cotidianas a la perfección.

Pero la realidad puede ir más allá, ya que encontramos máquinas capaces de realizar procedimientos complejos en tiempos reducidos, haciendo más eficientes las cadenas de producción en diversas empresas.

La robótica no es parte de la ciencia ficción, está entre nosotros y como técnicos electrónicos necesitamos conocer los conceptos básicos que le dan forma. Esta obra presenta toda la información necesaria para entender el funcionamiento y los alcances de los distintos tipos de robots que podemos encontrar.

Para comenzar, realizaremos una completa introducción a la robótica, pasando por temas tan interesantes como la anatomía de estas máquinas, sus principales componentes y los dispositivos especiales que se encuentran en ellos. Posteriormente, conoceremos en detalle los sistemas de locomoción y los distintos tipos de sensores que le permiten al robot conocer su ambiente de trabajo e interactuar con él. Finalmente, para aplicar los conocimientos aprendidos, nos dedicaremos a realizar la construcción de un pequeño robot seguidor.

www.reduserspremium.blogspot.com.ar

Contenido del libro

Prólogo 4

* 01

Introducción a la robótica

Anatomía de los robots 8

Tipos y características de los robots.... 10

Componentes de un robot..... 12

El controlador 12

Baterías 15

Plomo y ácido..... 15

Níquel-cadmio 16

Alcalinas 16

Níquel-hidruro metálico 17

Litio-ion 17

Dispositivos especiales 18

Grados de libertad..... 18

Zona y volumen de trabajo 18

Precisión de los movimientos 19



Configuraciones y morfología 21

Actuadores..... 24

Fuentes de alimentación 28

Microcontroladores aplicados
a la robótica 30

Resumen 30

* 02

Sistemas de locomoción

Motores de corriente continua 32

Motores de CC de imán permanente .. 34

Etapas de potencia
para un motor de CC 34

**Control de la marcha y paro en un solo
sentido 34**

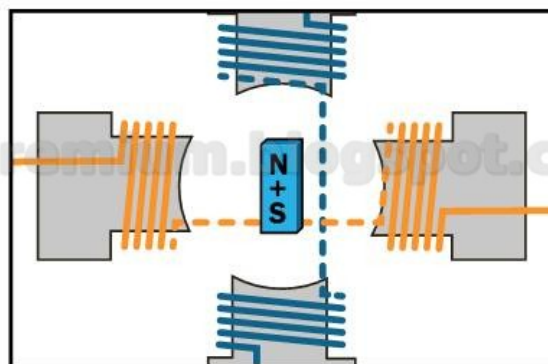
Control de la marcha
y sentido de giro 35

Opciones de control 38

Control de velocidad 39

Control de velocidad con PWM 40

Transmisiones y cajas reductoras 43

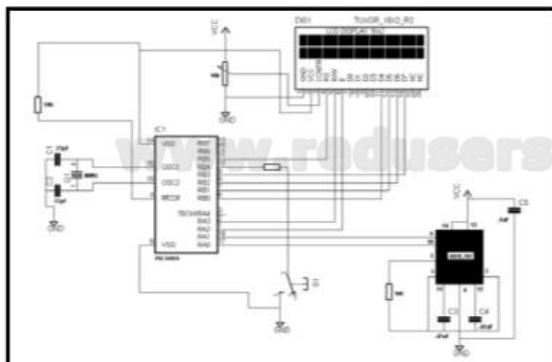


Motores lineales	45
Motores paso a paso.....	46
Estator y rotor.....	46
Principio de los motores PaP	47
Servomotores.....	49
Servomotor analógico	50
Servomotor digital	51
Control	52
Resumen	52

* 03

Sensores para robótica

Sensores y transductores.....	54
Características de los sensores	54
Sensores aplicados a un robot.....	55
Sensores de posición	56
Codificador angular de posición	56
Sensores de presencia	60
Sensores de distancia.....	62
Sensores de velocidad	64
Sensores mecánicos	65
Tipos de interruptores	65
Sensores ópticos reflectivos.....	68



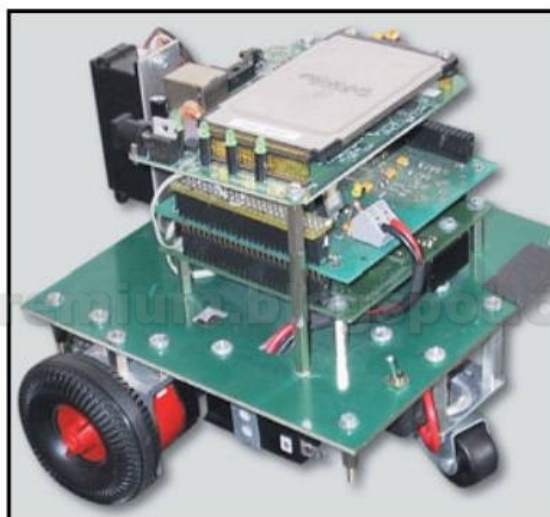
Sensor CNY70	69
Sensores ultrasónicos.....	70
Funcionamiento.....	70
Sensores de aceleración	71
Acelerómetro ADXL202	72
Resumen	74

* 04

Construcción de un robot seguidor

Consideraciones preliminares

del armado.....	76
Construcción de la base	77
La placa electrónica	84
Los sensores	84
Sensores mecánicos o de contacto	84
Sensores infrarrojos	84
Sensor de luz.....	85
Construcción de los circuitos	86
El programa del robot	92
Resumen	94



Introducción a la robótica

En este capítulo explicaremos las nociones básicas de la robótica y analizaremos las diferencias entre los distintos tipos de robots y el funcionamiento de alguno de sus sistemas.

▼ Anatomía de los robots.....8	▼ Dispositivos especiales..... 18
▼ Componentes de un robot..... 12	▼ Actuadores..... 24
▼ Baterías..... 15	▼ Fuentes de alimentación.. 28
	▼ Resumen..... 30





Anatomía de los robots

Cuando escuchamos la palabra **robot**, muchas veces pensamos en esas películas que nos han sorprendido por ostentar máquinas que realizan acciones similares o superiores a las capacidades del ser humano. Los humanos han tratado de reproducir el comportamiento y la forma de los seres vivos, creando modelos de robots.

Cada robot presenta características únicas respecto a su forma, fuerza y tipos de desplazamiento, que les confieren la habilidad de desarrollar tareas en forma muy eficiente, superando ampliamente al hombre o reemplazándolo en lugares peligrosos. A lo largo de esta clase veremos los componentes esenciales de los robots, así como los parámetros que caracterizan su aplicación en diferentes áreas.

En 1923, Karel Capek escribió la obra Rossum's Universal Robot (R.U.R.), en donde surgió por primera vez la palabra robot, la cual deriva de **robotnik**, que en checo significa "siervo". A través de los años, se han construido muchos aparatos mecánicos; Leonardo da Vinci dedicó parte de su vida a desarrollar un león animado, aves voladoras, vehículos autopropulsados, y tantos otros. Los robots nacieron de la necesidad y del progreso tecnológico recién en 1960, cuando George Devol, considerado padre de la robótica, desarrolló el primer robot industrial.

Estos aparatos pueden variar en cuanto a su forma, pero todos tienen una característica en común: la inteligencia necesaria para realizar tareas en diversos entornos, entendiéndose por inteligencia a la habilidad que poseen para resolver un problema.

El Instituto Norteamericano de Robótica define al robot industrial como un manipulador multifuncional y reprogramable, diseñado para desplazar materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, mediante movimientos programables y variables que permiten llevar a cabo diversas tareas.

Los robots son muy utilizados en tareas en las que se requiere alta exactitud, abaratamiento de costos, ensamblaje, embalaje, u otras que

resultan peligrosas o repetitivas, incluso, sucias para las personas. Por tal motivo, existe la tendencia a buscar formas cada vez más humanoideas para sus estructuras y, así, llegar a reemplazar al ser humano.

Consideremos que otros impulsores importantes de los robots son las aplicaciones militares. Estas fomentan el desarrollo de robots cada día más complejos, que demandan un avance tecnológico a veces solo superado por la ficción.



Figura 1. Mano robot con músculos neumáticos emulando los movimientos humanos. Posee sensores de fuerza para tomar objetos delicados.



MÚLTIPLES DISCIPLINAS



La robótica demanda a los diseñadores el conocimiento de diversas áreas, como electrónica, sistemas computacionales y mecánica, entre otras. En la actualidad, se ha popularizado el empleo y la fabricación de micro robots, lo que permitirá la expansión de la robótica en hogares e industrias.



Figura 2. Robot soldador de estructura vertical con seis ejes.

Tiene extremidades que le otorgan un rango extendido.

Utiliza servomotores de corriente alterna para mover sus extremidades.

Tipos y características de los robots

Enumeraremos a continuación los distintos tipos de robots y las características más sobresalientes que se han alcanzado en los últimos años. En la actualidad, existe una amplia variedad de clasificaciones de robots, entre las que podemos encontrar: aviones autónomos, segway, mayordomos, humanoides, colaborativos, tipo Rover, bípedos, ápodos, polimórficos, con forma de animales, y otros. Según sus diferentes capacidades, los robots se clasifican en:

- **Androides bípedos:** son robots que parecen y actúan como los humanos. Tratan de imitar el comportamiento del hombre. Actualmente, su utilidad es sólo para experimentación. En este modelo, la principal limitante es la implementación del equilibrio a la hora del desplazamiento.

- **Zoomórficos:** su sistema de locomoción imita al de los animales. La aplicación de estos robots se da en el estudio de terrenos accidentados, volcanes y exploración de planetas, ya que son hábiles para sortear obstáculos. Pueden subclasificarse en caminadores y no caminadores; estos últimos son muy poco evolucionados.
- **Móviles:** poseen una gran capacidad de desplazamiento y un alto nivel de inteligencia. El desplazamiento se logra mediante plataformas o carros con sistemas de locomoción rodantes. Tienen gran aplicación en líneas de montajes industriales, donde hay que asegurar el transporte de piezas de un punto a otro. Por lo general, son guiados por telemando o por la información recibida del entorno mediante sensores.
- **Poliarticulados:** se caracterizan por agrupar robots primordialmente sedentarios, que poseen un número reducido de articulaciones para mover sus elementos terminales. Su utilidad principal es en el área industrial, donde se encargan de desplazar elementos que requieren cuidados especiales.



Figura 3. Robot de juguete de 16 servomotores, controlado en forma remota. Puede caminar, girar el torso y la cabeza, y tomar objetos.



LEYES DE LA ROBÓTICA



En 1942, **Isaac Asimov** enunció en sus novelas tres leyes aplicables a la robótica que, con el tiempo, se convirtieron en cuatro. En la actualidad, el proyecto Physical Human-Robot Interaction Dependability and Safety, financiado por la Unión Europea, pretende forzar a los robots a cumplirlas.



Componentes de un robot

El manipulador, mecánicamente, es el componente principal que dota al robot de sus movimientos y define lo que llamamos la **zona de trabajo**. Está formado por una serie de elementos estructurales sólidos, unidos mediante articulaciones que permiten un movimiento relativo entre dos piezas consecutivas. Cada articulación da al robot un grado de libertad.

La mayoría de los robots guarda similitud con la anatomía de las extremidades superiores del hombre. Para hacer referencia a los elementos que componen al robot, muchas veces se usan términos como cintura, hombro, brazo, codo, muñeca y antebrazo. Las articulaciones utilizadas en un manipulador pueden ser:

- **Lineales:** los elementos estructurales se apoyan sobre un deslizador lineal, y se desplazan a lo largo del recorrido mediante tornillos sinfín o cilindros.
- **Rotacionales:** conformadas por una unión giratoria que, a menudo, es manejada por motores eléctricos con transmisiones.
- **Por cilindros hidráulicos y uso de palancas.**

El controlador

Es el que maneja cada uno de los movimientos del manipulador, las acciones, cálculos de posición y procesamiento de la información. Está continuamente enviando y recibiendo información de otros componentes que interactúan con él o que trabajan conformando un equipo. En función de los parámetros que se regulan, existen varios tipos de controladores:

- **De posición:** este controlador se encargan de definir la posición del elemento terminal.
- **Cinemáticos:** actúan sobre la posición y la velocidad.

- **Dinámicos:** además de actuar sobre la regulación de la velocidad y la posición, controlan las propiedades dinámicas del manipulador y de los elementos asociados.
- **Adaptativos:** engloban todas las regulaciones anteriores y se ocupan de controlar la variación de las características del manipulador al variar la posición.



Figura 4. Robot con orugas para exploración. Está controlado por Internet; posee cámara web, medidor láser y oruga de cuatro motores.



DISPOSITIVOS DE ENTRADA/SALIDA



Los periféricos E/S son un conjunto de dispositivos pertenecientes a un sistema de procesamiento, que se utilizan para comunicarse con otros sistemas. Debemos considerar que una entrada es una señal recibida por la unidad, mientras que las salidas son las enviadas por esta.

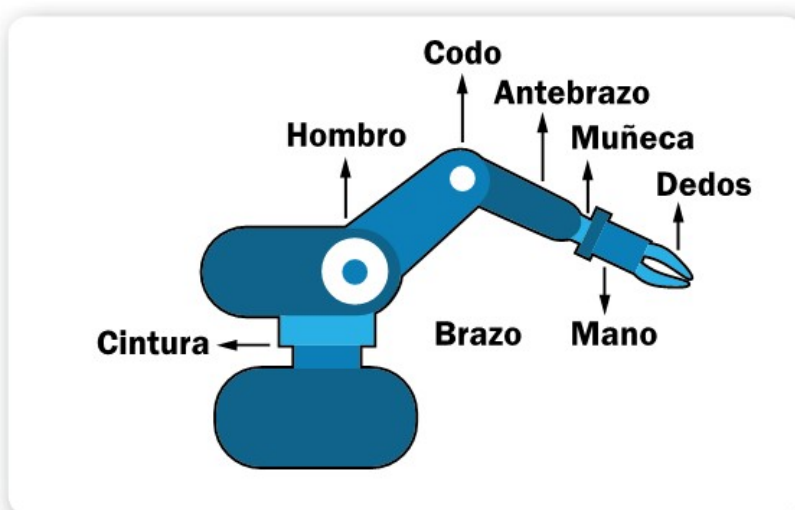


Figura 5. Podemos observar la similitud entre la estructura humana y la de un robot de seis ejes.

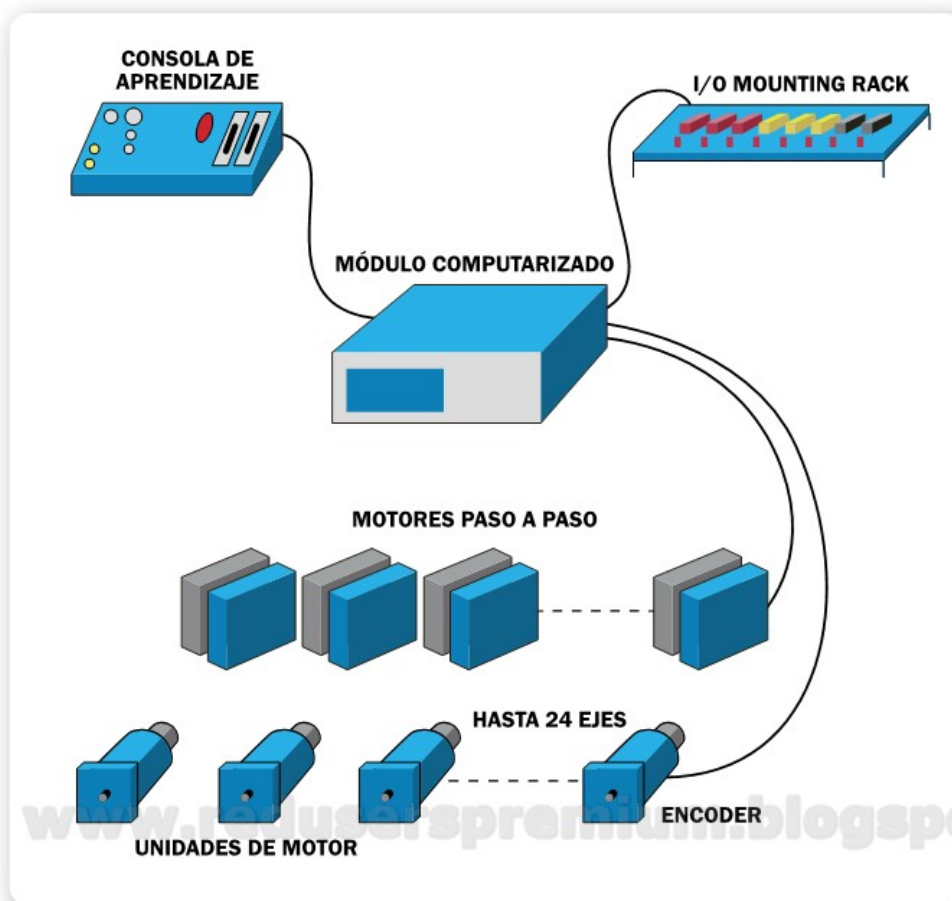


Figura 6. Esquema de las partes que hacen al control de un robot, como drivers, motores y placas de entrada-salida.



Baterías

Las baterías son dispositivos que emplean procedimientos electroquímicos para almacenar energía eléctrica en forma química. Cuando se conecta un circuito eléctrico, la energía química se convierte en eléctrica. Todas las baterías están compuestas por un número de celdas, constituidas en su interior por un electrodo positivo (ánodo) y uno negativo (cátodo). A continuación, nos encargamos de enumerar las más utilizadas.

Plomo y ácido

Son las más comunes y producen energía a partir de que el plomo se sumerge en ácido sulfúrico (electrolito). Proveen un voltaje de **2 volts** por elemento y pueden ser recargadas mediante un proceso lento. Su característica más importante es su gran capacidad de entregar corriente, lo que las vuelve ideales para utilizar en la implementación de motores de arranque.

Cada elemento contiene ácido sulfúrico y una serie de placas de plomo, dispuestas alternadamente entre positivas y negativas, separadas por un aislante resistente al ácido. El número de placas y su espesor determinan la cantidad de corriente que entrega cada elemento. Debajo de las placas hay un espacio en el cual se depositan los desprendimientos.



Figura 7. En esta imagen vemos un ejemplo de baterías recargables.

Existen otros tipos de baterías, como las de **gel**, donde al electrolito se le agrega un compuesto gelificante para reducir el movimiento dentro de ellas. Poseen una descarga muy baja durante su almacenamiento, y permiten un mayor número de ciclos de carga y descarga. Por su parte, las **baterías de ciclo profundo** cuentan con placas muy gruesas y poco porosas que otorgan una vida útil superior. Suelen usarse en instalaciones de energía solar como método de almacenamiento o como fuentes de energía para las UPS.

Níquel-cadmio

Son las pilas recargables más comunes y proporcionan 1,2 V por elemento. Contienen en su interior un cadmio negativo y el hidróxido de níquel positivo, separados por un electrolito de hidróxido de potasa. Consideremos que el cadmio es peligroso desde el punto de vista ecológico. Un inconveniente que presentan estas pilas es el efecto memoria, lo que hace necesario agotarlas en su totalidad antes de recargarlas.

Alcalinas

Utilizan mercurio y fueron muy populares en un momento. Se retiraron de la producción por ser muy contaminantes, ya que poseían un 30% de mercurio y, una vez utilizadas, se desechaban



DOS TECNOLOGÍAS



Existen dos versiones conocidas en las baterías de plomo y ácido: las de **bajo** mantenimiento y las de **libre** mantenimiento. Las primeras necesitan un mínimo control (por ejemplo, el nivel de ácido), mientras que las otras no requieren ningún cuidado especial.



sin tomar ninguna precaución ambiental. Fueron sustituidas por las pilas de **zinc-carbono**, llamadas “comunes”, las cuales contienen menos del 0,01% de mercurio.

Las pilas de **manganeso** son más recientes que las anteriores. Están compuestas por **dióxido de manganeso**, **hidróxido de potasio** y **pasta de zinc** amalgamada con mercurio, carbón o grafito.

Una sola pila alcalina puede contaminar **175.000 litros** de agua (más de lo que puede consumir un hombre en toda su vida). Las baterías alcalinas proveen un voltaje de 1,5 V por elemento, y no es posible recargarlas, por lo que es necesario disponer de ellas al final de su vida útil en forma especial, para evitar contaminaciones.

Níquel-hidruro metálico

Tienen un 40% más de rendimiento que las de níquel-cadmio a igual cantidad de mAH. No poseen efecto memoria y admiten alrededor de 700 ciclos de carga.

Litio-ion

Son muy caras de fabricar y proveen un ciclo de recarga de aproximadamente 600 ciclos, por lo que son utilizadas en aplicaciones de gran exigencia. Son más confiables y tienen mayor energía que las de Ni/Cd o Ni/MH.



NUEVAS BATERÍAS DE LI-PO



Su característica fundamental radica en que proveen una densidad de energía y una tasa de descarga muy altas. Consideremos que se las emplea en aeromodelismo debido a su tamaño reducido y bajo peso: algunos modelos llegan a alcanzar relaciones de 7,2 kW/kg.



Dispositivos especiales

Al momento de seleccionar un robot, existen características que los diferencian y que dependen estrechamente de la estructura seleccionada para la tarea en la que se lo desea emplear.

Grados de libertad

Este parámetro se utiliza para determinar la posición y la orientación del elemento terminal del robot. Cada movimiento independiente que pueda realizar respecto al anterior se considera un grado de libertad. El número de grados de libertad que posee un robot se encuentra dado por la suma de todos los grados de libertad de las articulaciones que lo componen; por lo general, coincide con el número de articulaciones que están presentes.

Para poder posicionar una pieza o herramienta en el espacio, se requieren de al menos **seis grados de libertad**: tres de posición y tres de orientación. Con un número más alto, se logra una mayor flexibilidad para posicionar el elemento terminal. Si la cantidad de grados de libertad es mayor a la requerida, decimos que el robot es redundante.

Zona y volumen de trabajo

La zona está definida por las dimensiones de los elementos del manipulador y los grados de libertad, y es fundamental para la selección del modelo de robot por utilizar. La zona de trabajo se subdivide en áreas diferenciadas entre sí por la accesibilidad específica del elemento terminal (aprehensor o herramienta). También queda restringida por los límites de giro y desplazamiento que existen en las articulaciones.

Por otra parte, debemos saber que el **volumen de trabajo** del robot se refiere al espacio dentro del cual se puede desplazar el

extremo de su muñeca. Para determinar este parámetro, no se debe tomar en cuenta el elemento terminal, ya que es posible adaptar **grippers** (pinzas) de distintos tamaños.



Figura 8. Vista de la zona vertical de trabajo de un robot. Es posible apreciar también los ángulos de rotación de cada articulación.

Precisión de los movimientos

Este importante concepto depende de varios factores: resolución, exactitud, repetibilidad, capacidad de carga, velocidad de movimiento y programabilidad. Veamos cada uno de ellos.

- **Resolución:** es el incremento de movimiento más pequeño en que el robot puede dividir su volumen de trabajo. Depende de los sistemas que controlan la resolución, ya que estos son los encargados de manejar los incrementos individuales de cada

articulación y la inexactitud mecánica, ligada a la calidad de los componentes que conforman las uniones y las articulaciones.

- **Exactitud:** es la capacidad de un robot para situar su muñeca en un punto señalado dentro del volumen de trabajo. Mide la distancia entre la posición real del actuador y la especificada o deseada. Un robot presenta una mayor exactitud cuando opera cerca de su base. Debemos tener en cuenta que a medida que el brazo se aleja, la exactitud irá decreciendo, debido a que las inexactitudes mecánicas se incrementan.
- **Peso de la carga:** al ser las cargas más pesadas, reducen la exactitud (incrementan las inexactitudes mecánicas). Consideremos que el peso también afecta la velocidad de los movimientos del brazo y la resistencia mecánica.
- **Repetibilidad:** es la capacidad de un robot de regresar a un punto programado todas las veces que sean necesarias. Esta magnitud establece el grado de exactitud en la repetición de los movimientos de una tarea programada.
- **Capacidad de carga:** es el peso en kilogramos que puede transportar la garra de un robot. Este valor puede oscilar entre 1 k y 200 k, para los robots industriales.
- **Velocidad de movimiento:** es el máximo valor que puede alcanzar las articulaciones (rotación o desplazamiento lineal). Si utilizamos un valor alto, aumentamos el rendimiento, como en tareas de soldadura o manipulación de piezas.



CONTRIBUCIÓN DE LA ROBÓTICA



La robótica colabora, en gran medida, con el aumento de la producción. Esto se logra automatizando los procesos, empleando máquinas más flexibles, reduciendo el costo de la maquinaria y produciendo una variedad de productos sin necesidad de realizar cambios importantes en la fabricación.



Figura 9. Robot humanoide Robonaut 2, fabricado por la NASA y GM. Utiliza controles de vanguardia, sensores y tecnología de visión.

Configuraciones y morfología

Al hablar de configuración o morfología de un robot, hacemos referencia a la forma física que este posee.

El robot puede presentar cuatro configuraciones clásicas, que se relacionan con los modelos de coordenadas en el espacio: **cartesiana**, **cilíndrica**, **polar** o **angular**. También existe la configuración **SCARA** (Selective Compliance Assembly Robot Arm).

Robot cartesiano: este tipo de configuración se caracteriza por tener movimientos lineales, pudiendo existir un **eje X**, dos ejes **XY** o tres ejes **XYZ**. Esto dota al robot de movimientos libres en el plano vertical y/u horizontal, o en el espacio.

Las herramientas de trabajo, tales como las de agarre, soldadura o pegado (dependiendo de la aplicación o el proceso donde se utilicen), pueden adaptarse de manera sencilla a estos robots, y pueden gobernarse a través de los servoaccionamientos (drivers) de bajo costo.

Para realizar una trayectoria entre un punto y otro, el robot recurre a operaciones matemáticas. Calcula el trayecto punto a

punto; el cálculo puede ser lineal, si se desplaza en línea recta; o por articulación, de acuerdo con el movimiento de la coyuntura.

A partir del acoplamiento de servomotores y controladores de posicionamiento con los sistemas de ejes, surgen robots cartesianos precisos y de gran rendimiento, utilizados para la realización de tareas de posicionamiento. Esto ofrece diferentes formas para la construcción de robots.

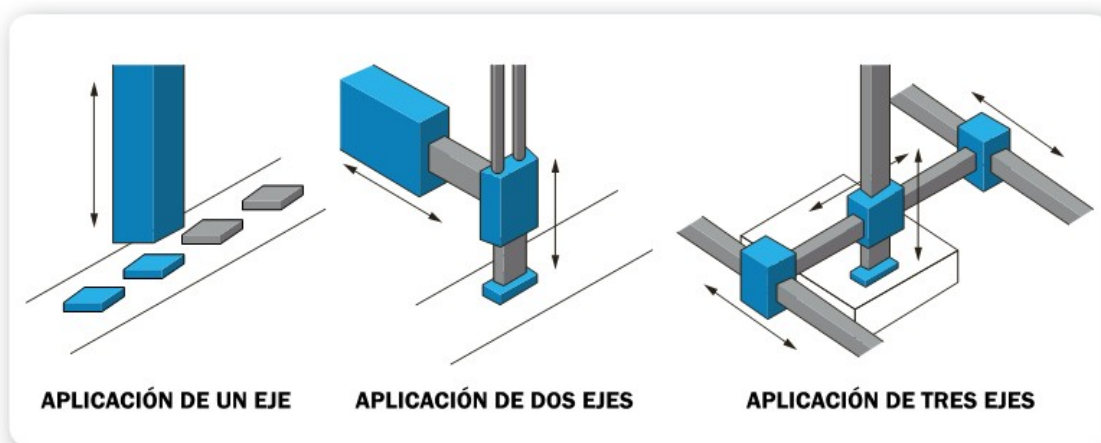


Figura 10. En las figuras podemos ver que, para tareas más complejas, es necesario utilizar mayor cantidad de ejes.

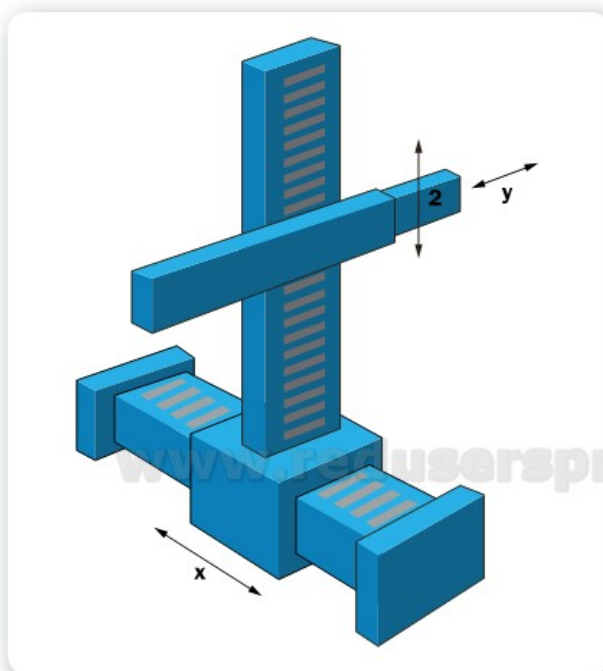


Figura 11. Robot cartesiano de tres ejes lineales de desplazamiento. Esta estructura puede alcanzar posiciones en el espacio.

Para la construcción de un sistema existen módulos lineales **mono eje**, que proveen movimientos en una dimensión. Hay tres modelos, en función del tipo de movimiento lineal que realizan:

- **Eje portal:** se mueve solo el carro. El cuerpo que actúa como guía no se desplaza; es el carro el que lo hace sobre esta guía para cubrir el área de trabajo.
- **Eje de extensión:** se mueve solo el cuerpo del eje, el cual se introduce en el área de trabajo.
- **Eje telescópico:** el carro y el cuerpo se mueven fuera de la posición compacta de retracción, hasta el área de trabajo.

Los sistemas de dos y tres ejes pueden clasificarse, según el área de trabajo, en:

- **Posicionador lineal:** se encuentra encima o debajo del área de trabajo. Trabaja en **dirección X/Z** y está diseñado especialmente para el transporte dinámico de cargas en trayectos de recorrido corto en **dirección Z**.
- **Robot lineal:** está junto al área de trabajo, y fue diseñado para transportar cargas a gran velocidad en trayectos de recorrido corto.
- **Robot portal:** se encuentra situado encima del área de trabajo, para ahorrar espacio y de esta forma es capaz de transportar cargas en trayectos de recorrido largos.
- **Robot cilíndrico:** realiza dos movimientos lineales (de altura y de radio), combinado con un tercer movimiento rotacional en su base, por lo cual presenta tres grados de libertad.
- **Robot esférico:** combina dos movimientos de rotación y uno de desplazamiento lineal que permiten al robot posicionarse en muchas direcciones y extender su garra o gripper.
- **Robot angular:** utiliza tres movimientos de rotación para posicionarse, presentando una articulación con movimiento rotacio-

nal y dos angulares. Estos robots se parecen al brazo humano, con cintura, hombro, codo y muñeca.

- **Robot SCARA:** es similar a la configuración cilíndrica, pero el radio y la rotación se obtienen por uno o dos tramos. Este brazo puede realizar movimientos horizontales de mayor alcance debido al empleo de dos articulaciones rotacionales.

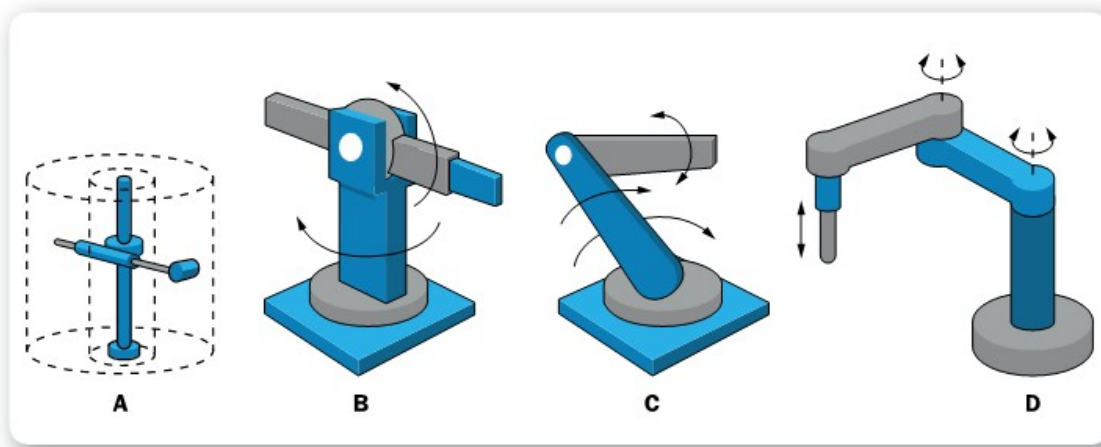


Figura 12. Podemos observar las configuraciones más comunes y el tipo de movimiento de cada articulación. (A) Cartesiano, (B) Esférico, (C) Angular y (D) SCARA.

Actuadores

Tengamos en cuenta que los elementos generadores de movimiento en las articulaciones pueden ser, según la energía que los impulsa, de tipo **neumático**, **hidráulico** o **eléctrico**.

Por otra parte, sabemos que la impulsión **neumática** dota a los actuadores de una gran velocidad de respuesta y un bajo costo. En ella el aire se comprime por medio de un compresor y es abastecido por mangueras hasta la articulación.

Existen dos tipos de actuadores neumáticos: **cilindros** y **motores**. En los primeros, el movimiento de la articulación se consigue me-

diente el desplazamiento de un émbolo o pistón dentro de un cilindro. Hay cilindros de simple efecto, donde la recuperación es por medio de un resorte al quitar la presión de aire; y de doble efecto, donde la recuperación se realiza aplicando aire en el otro extremo.

Los motores neumáticos logran el movimiento de rotación mediante aire a presión. Los tipos más utilizados son los motores de aletas rotativas y los de pistones axiales.

Debido a la compresión del aire, los actuadores neumáticos no logran una buena precisión en las posiciones, pero su sencillez los hace apropiados en aquellos casos en que solo se requieren dos estados: abierto o cerrado, arriba o abajo.

En la **impulsión hidráulica**, se utiliza algún fluido a presión, como el aceite mineral, para movilizar las articulaciones. Esto permite realizar tareas de gran potencia y alta capacidad de carga. Para controlar el fluido, es necesario emplear mecánica de precisión, que posee un alto costo. Uno de los problemas con los que debemos enfrentarnos en este tipo de actuador es que, debido a las elevadas presiones con que se trabaja, pueden aparecer fugas de aceite a lo largo de la instalación.

Figura 13. Robot bípedo de diseño modular. Cada módulo se combina para dar forma al robot. Los movimientos se controlan en forma centralizada desde una PC.



Los motores eléctricos son los más utilizados en la robótica, ya que permiten cubrir el rango de media y baja potencia, debido a sus características de control, sencillez, exactitud y repetibilidad. Dentro de la variedad de actuadores eléctricos podemos distin-



guir tres tipos bien definidos: **motores de corriente continua**, de **corriente alterna** y **paso a paso**.

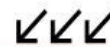
Figura 14. Robot modular de dos dimensiones que emplea ocho módulos para emular el movimiento de una serpiente.

Los **motores de corriente continua** son los más utilizados, porque su control presenta una gran sencillez. Para el empleo de los motores, es necesario acoplar al eje un sensor de posición y velocidad llamado **encoder**, que puede ser incremental o absoluto.

Los incrementales se caracterizan porque determinan su posición, contando el número de impulsos que se generan a partir de una posición inicial. Los absolutos informan la posición en forma absoluta, al enviar un código binario único para cada posición del eje. El principio de funcionamiento de este tipo de motores se basa en la atracción y en la repulsión de polos magnéticos entre el **rotor** o **inducido** y el **estator** o **inductor**, que se alimentan con



PROFESOR EN LÍNEA



Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com

corriente continua. Si invertimos la polaridad en los bornes del rotor o del estator, se conseguirá una inversión de giro del eje.

Los **motores paso a paso** producen la rotación del eje mediante la rotación de un campo magnético en el estator, generado por trenes de pulsos del controlador. Por cada pulso, el rotor gira un número discreto de grados; si el campo giratorio se detiene, el rotor quedará **trabado** en esa posición.

La frecuencia de excitación de las bobinas determina la velocidad de rotación que encontremos. Para simplificar el control, existen circuitos especializados que, a partir de dos señales (tren de pulsos y sentido de giro), generan las secuencias de pulsos que un circuito de potencia distribuye a cada fase.

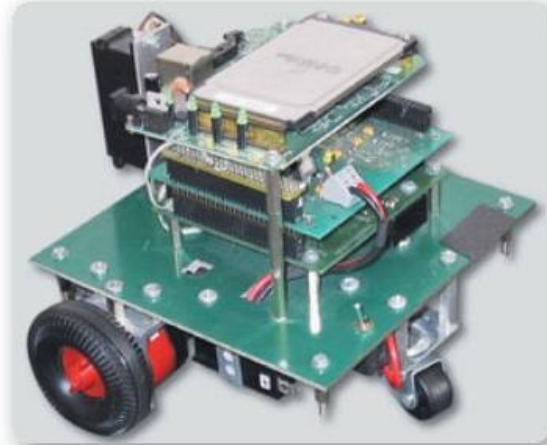


Figura 15. Robot propulsado por servomotores. Se controla por medio de una tarjeta Skypic basada en el PIC 16F876A.



Figura 16. Robot de seis patas, similar a una araña. Cada articulación es controlada por tres servomotores.



Fuentes de alimentación

La fuente de alimentación es un dispositivo que provee de energía a un robot. Existen fuentes que convierten la tensión alterna de la red en una o en varias tensiones continuas. Las hay de tipo lineal, conmutadas y especiales.

Otro tipo de fuente de energía es la batería, que entrega una corriente continua estable. Luego de usarla, tiene que ser recargada según una tabla en función de sus características.

La elección de la fuente de alimentación depende de la aplicación. Es decir, si el robot tiene que desplazarse de manera autónoma, se alimentará, seguramente, con baterías eléctricas recargables; mientras que si no necesita desplazarse, o solo debe hacerlo mínimamente, será posible alimentarlo mediante una fuente de corriente alterna a través de un convertidor.

Tengamos en cuenta que cuando utilizamos baterías para nuestro robot es muy probable que necesitemos obtener varias tensiones de distinto valor. Para lograrlo, podemos emplear una fuente de alimentación conmutada, que permite aprovechar al máximo la energía de las baterías.

En general, se emplean alimentaciones separadas para entregar energía a la parte electrónica y para los servomotores, ya que estos últimos requieren más intensidad. Al momento de ser activados, estos dispositivos producirán picos de corrientes que podrían afectar en forma grave al microcontrolador. Si empleáramos un regulador de tensión, obtendríamos una pérdida de mucha energía debido a la disipación de calor.

Es importante considerar en todo momento que tanto las baterías como las fuentes de alimentación conectadas a **CA** deben poder suministrar la corriente necesaria para el funcionamiento de todo el robot, y por esta razón tendrán que ser capaces de afrontar los picos de corriente que serán producidos por los actuadores al ser activados.

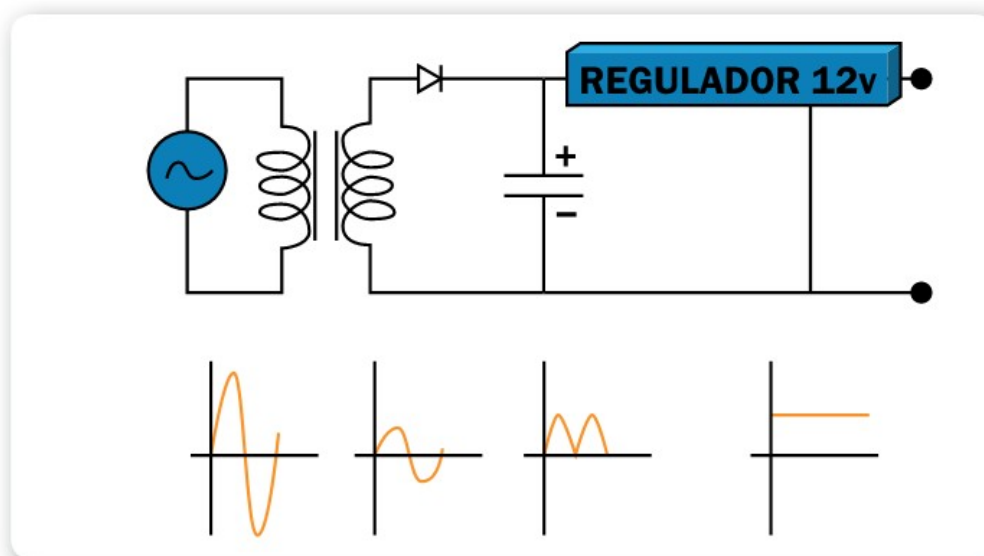


Figura 17. Fuente de poder lineal. Las etapas son: reducción (transformador), rectificación, filtrado y regulación. En los diagramas inferiores se ve la forma de onda del voltaje en cada una de las etapas ya mencionadas.

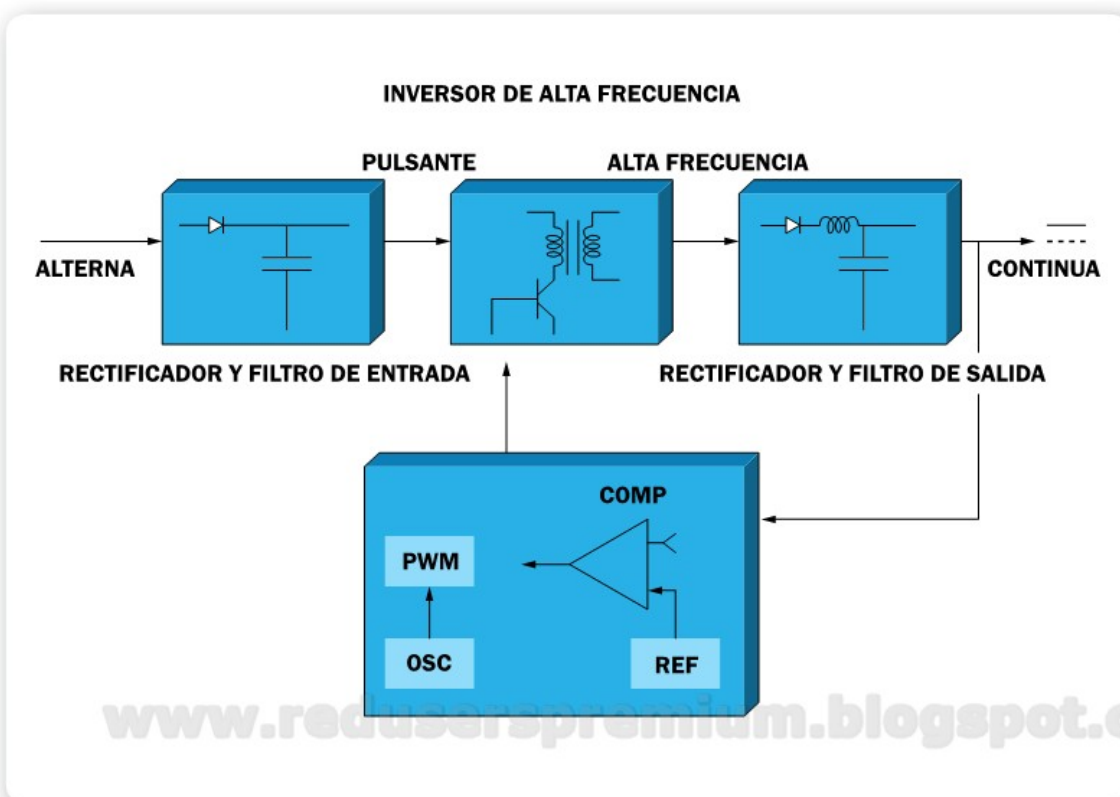


Figura 18. Esquema de una fuente conmutada estándar, donde se puede apreciar el lazo de realimentación conectado a la salida de tensión.

Microcontroladores aplicados a la robótica

Los **microcontroladores** son la herramienta fundamental en la elaboración de robots. Según el desempeño en la respuesta del robot, debemos recurrir a modernos equipos de control, como los **DSP** (Digital Signal Processor).

Podemos definir a los DSP como dispositivos especializados en el procesamiento de la información proveniente de una secuencia de muestras de una señal analógica.

Las señales que se desean procesar, pertenecientes a una serie de muestras, deben ser convertidas a formato digital por medio de los **convertidores A/D**. Por lo general, estas vienen de un sensor o transductor, por lo que la frecuencia de captura de las muestras deberá ser, como mínimo, el doble de la frecuencia máxima contenida en la señal analógica (teorema de Sanan-Nyquist).

Una vez obtenido el valor, y según la finalidad que se desee, habrá que someter a las muestras a una o a varias operaciones matemáticas. La velocidad de procesamiento dependerá de las operaciones matemáticas que se le realicen a la muestra, antes de que la próxima medición ingrese para ser procesada.



RESUMEN



A lo largo de este capítulo, detallamos los conceptos más relevantes de los robots, analizamos las distintas morfologías, sistemas de locomoción y parámetros propios que definen a un robot. También pudimos conocer las distintas fuentes de energía que se utilizan en los circuitos electrónicos y finalmente estudiamos los métodos de control más difundidos y la aplicación de los DSP a la robótica.

Sistemas de locomoción

En este capítulo analizaremos en detalle cada una de las técnicas de control y los sistemas de propulsión utilizados para mover las articulaciones de los robots.

▼ Motores de corriente continua..... 32

▼ Control de la marcha y paro en un solo sentido . 34

▼ Control de velocidad 39

▼ Transmisiones y cajas reductoras.....43

▼ Motores lineales..... 45

▼ Motores paso a paso..... 46

▼ Servomotores.....49

▼ Resumen 52



www.reduserspremium.blogspot.com.ar



Motores de corriente continua

El motor de corriente continua (CC) permite transformar energía eléctrica en energía mecánica de rotación. Se basa en la interacción entre el campo magnético producido en el estator (cubierta) y el generado por las bobinas del rotor, de atracción o de repulsión.

Al aplicar corriente a las bobinas, estas se comportan como imanes con polaridad norte y sur. Los polos de igual polaridad se rechazan, y los de distinta polaridad se atraen, lo que hace que el rotor gire media vuelta. Cuando la bobina del rotor llega a la posición vertical, la corriente se interrumpe y la bobina deja de actuar como imán. Pero, por inercia, sigue girando hasta que da otra media vuelta y la corriente pasa otra vez, ahora en sentido inverso, para producir una nueva polaridad en los campos.

Las fuentes de energía utilizadas en estos motores suelen ser pilas o baterías. En caso de emplear fuentes de alimentación de corriente alterna (CA), primero se debe obtener el voltaje deseado y, luego, rectificar la señal antes de aplicarla al motor.

Los motores de CC disponen de dos terminales que se conectan a la fuente de energía; dependiendo de la forma de conexión, el motor girará en un sentido u otro. Para nuestras aplicaciones utilizaremos un tipo de motor de CC que posee en su estator imanes permanentes, lo que reduce en gran medida su peso y tamaño. Otra característica que presenta es la alta confiabilidad,



LOCOMOCIÓN



El sistema de locomoción seleccionado para un robot debe coincidir con la planificación y uso que se desea darle. De la misma forma, encontraremos robots que necesitarán la incorporación de baterías más poderosas y otros que presentan un consumo de energía mucho menor.

dado que al no existir bobinas en el estator que puedan fallar, se evita la presencia de una sobrevelocidad a causa de la pérdida del campo; además, el funcionamiento par-corriente es casi lineal.

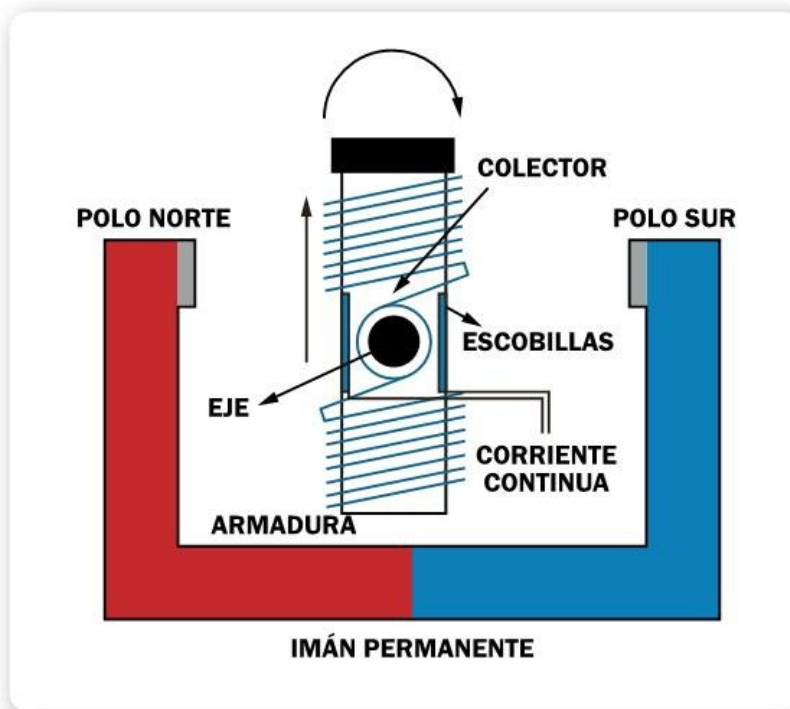


Figura 1. Cuando la bobina llega a la posición vertical, se interrumpe el paso de la corriente, aunque, por inercia, sigue girando.



Figura 2. Motor de corriente continua utilizado en pequeñas aplicaciones; todos los modelos poseen dos terminales de conexión.

Motores de CC de imán permanente

Están compuestos por dos piezas fundamentales: el rotor y el estator. El rotor posee un núcleo laminado que contiene ranuras a lo largo de su superficie para albergar las espiras del bobinado. Cada bobina consta de varias vueltas de alambre barnizado, cuyos extremos se conectan al colector. Debido al movimiento rotatorio, el colector proporciona un camino de conducción, invirtiendo la polaridad de las bobinas a medida que gira. El colector está en contacto con las escobillas, que son las encargadas de transmitir la tensión y la corriente de la fuente de alimentación hacia el colector y, por consiguiente, a los bobinados del rotor. El estator es la parte fija del motor, y en él se aloja el imán permanente. Su función es suministrar un campo magnético constante y uniforme que será usado por los bobinados del rotor para realizar el movimiento de rotación.

Etapas de potencia para un motor de CC

La corriente que puede suministrar un circuito de control, proveniente de una fuente de energía, es del orden de algunas decenas de mA. Para la mayoría de los motores de CC esto no es suficiente, ya que requieren cientos de mA. La solución a este inconveniente es construir etapas de salida, llamadas de potencia, que toman energía de la fuente y, en función de las órdenes recibidas del circuito de control, la entregan al motor.



Control de la marcha y paro en un solo sentido

Podemos especificar, básicamente, dos controles:

- **Utilizando relays:** es posible distinguir dos partes del circuito. La de mando, formada por un transistor, que al recibir una pequeña

cantidad de corriente (microamperios), activa el relay. La otra es la de potencia, constituida por un relay que se encuentra conectado a la fuente de energía y al dispositivo que se desea comandar. Cuando es accionado, los contactos se unen para dejar pasar la corriente.

- **Mediante un transistor de potencia:** la conexión del motor la realiza un transistor de potencia, acorde a la potencia de aquel. Consideremos que según cómo se excite la base del transistor, lograremos encender o apagar el motor.

Control de la marcha y sentido de giro

Con respecto al control de marcha y sentido de giro de los motores, podemos especificar, básicamente, cuatro categorías:

- **Utilizando un relay del tipo doble inversor:** el sentido de marcha del motor es controlado por dos interruptores comandados, simultáneamente, por un electroimán. Cuando la bobina no está energizada, ambos interruptores se encuentran en la posición NA (normalmente abiertos) y, debido a las conexiones realizadas, el motor gira en un sentido. Al suministrar energía en la bobina, ambos interruptores conmutan a la posición NC (normalmente cerrado), conectando los bornes del motor en forma opuesta y produciendo una inversión de giro. Este circuito presenta el inconveniente de requerir un interruptor independiente para el encendido y el apagado del motor.
- **Utilizando dos relays, simple inversor:** los relays en este caso son comandados en forma independiente por un circuito de control. Cuando ambos estén en la misma posición (NA o NC), no existe camino factible desde el polo positivo hasta el negativo. Cuando los interruptores están en posiciones opuestas, existe un camino para la corriente, y el motor gira en alguno de los sentidos.
- **Empleando un puente H a transistores:** el circuito está formado por cuatro transistores de potencia dispuestos. Mediante pulsos en las bases de los transistores, activamos Q1 y Q4; se origina así

una circulación de la corriente a través del motor de izquierda a derecha, que lo obliga a girar, por ejemplo, hacia la derecha. Si luego accionamos los transistores Q2 y Q3, el sentido de la corriente será opuesto al anterior, y hará que el motor gire en sentido contrario. Estos circuitos, en realidad, son más complejos de lo que se describió aquí, pero esta es la base del funcionamiento. En los puentes H es importante que nunca se activen los transistores T1 y Q2 o Q3 y Q4 simultáneamente, ya que se produciría una circulación por las ramas verticales, que ocasionaría un cortocircuito y destruiría los transistores o la fuente. Para evitar una activación incorrecta de las ramas, se agregan componentes al circuito que bloquean los transistores ubicados en contraposición.

- **Utilizando el circuito integrado L923D:** este integrado realiza la misma función que un puente H. Solo es necesario conectarle el motor, la alimentación y las señales de control. El L923D posee protección contra sobrecargas y alta inmunidad al ruido. La alimentación de la carga se encuentra separada de la utilizada para el control, y tiene la capacidad de proporcionar 1 A de corriente por cada canal.

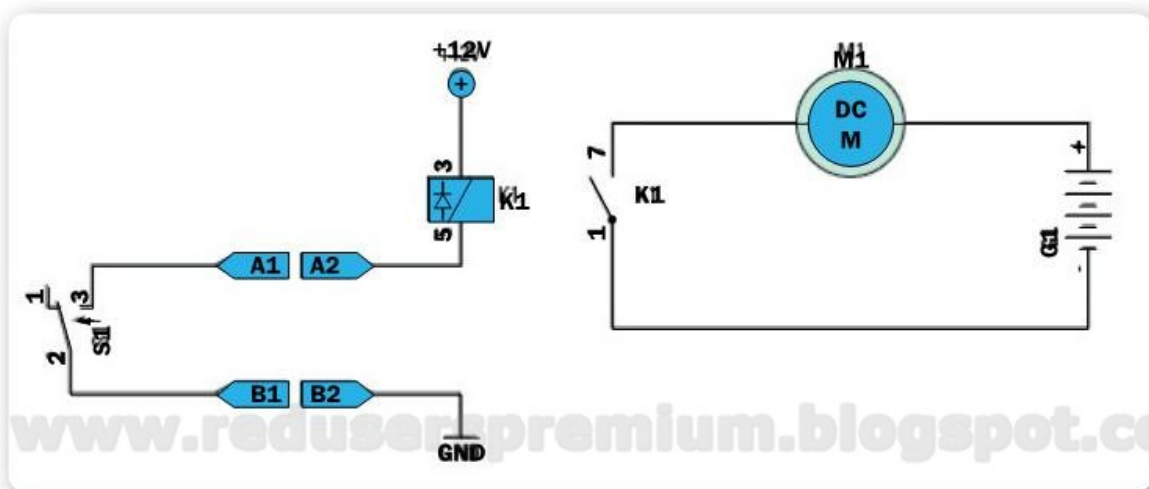


Figura 3. Circuito de encendido y apagado de un motor de CC utilizando un relé. El comando se realiza colocando el pin 5 del relé a masa y cerrando así el circuito.

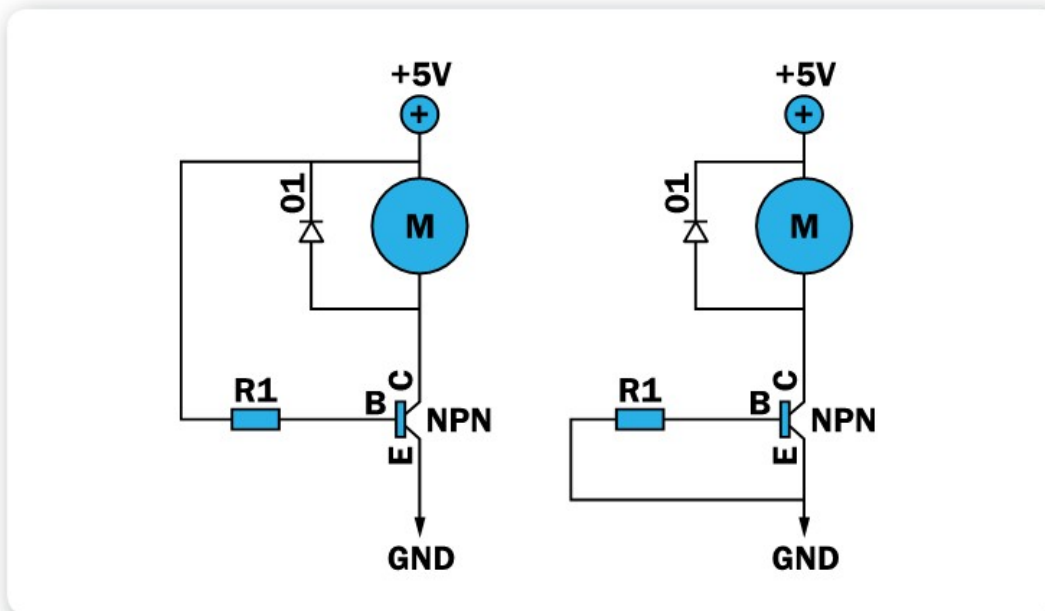


Figura 4. Circuito electrónico control de encendido y apagado de un motor de CC. Si conectamos la base del transistor a una fuente positiva, como se ve a la izquierda de la imagen, el motor gira; por el contrario, si lo conectamos a masa, como vemos a la derecha, está apagado.

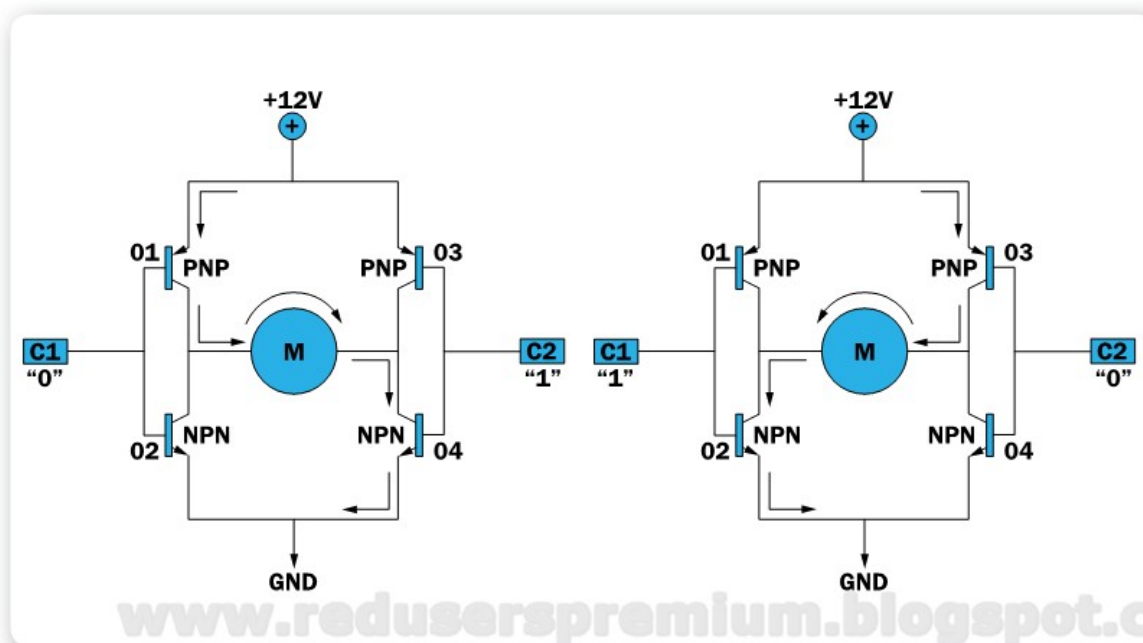


Figura 5. En la figura podemos apreciar un puente en forma de H, comandado por dos pulsadores. En función de qué pulsador se presione, se activarán las ramas I o II, para permitir el paso de la corriente.

Opciones de control

El circuito integrado L293 ofrece tres posibilidades de control; una de ellas es controlar el encendido o apagado de cuatro motores de CC en un solo sentido de giro.

Los terminales A, B, C y D controlan el encendido de los motores correspondientes. Previamente, se debe establecer un nivel alto en el pin EN1 para habilitar las entradas A y B, y en EN2 para habilitar C y D. El pin Vss se alimenta con la tensión compatible de los terminales A, B, C y D. Vs deberá tener el nivel de tensión requerido por el motor que se va a controlar.

Es posible implementar dos tipos de conexiones: conectar el motor a + Vs o unirlo a GND. El segundo método de control permite regular la dirección de giro de dos motores, para mantenerlos o dejarlos libres. Esto último significa que, independientemente del estado de las entradas A, B, C o D, el motor no girará.

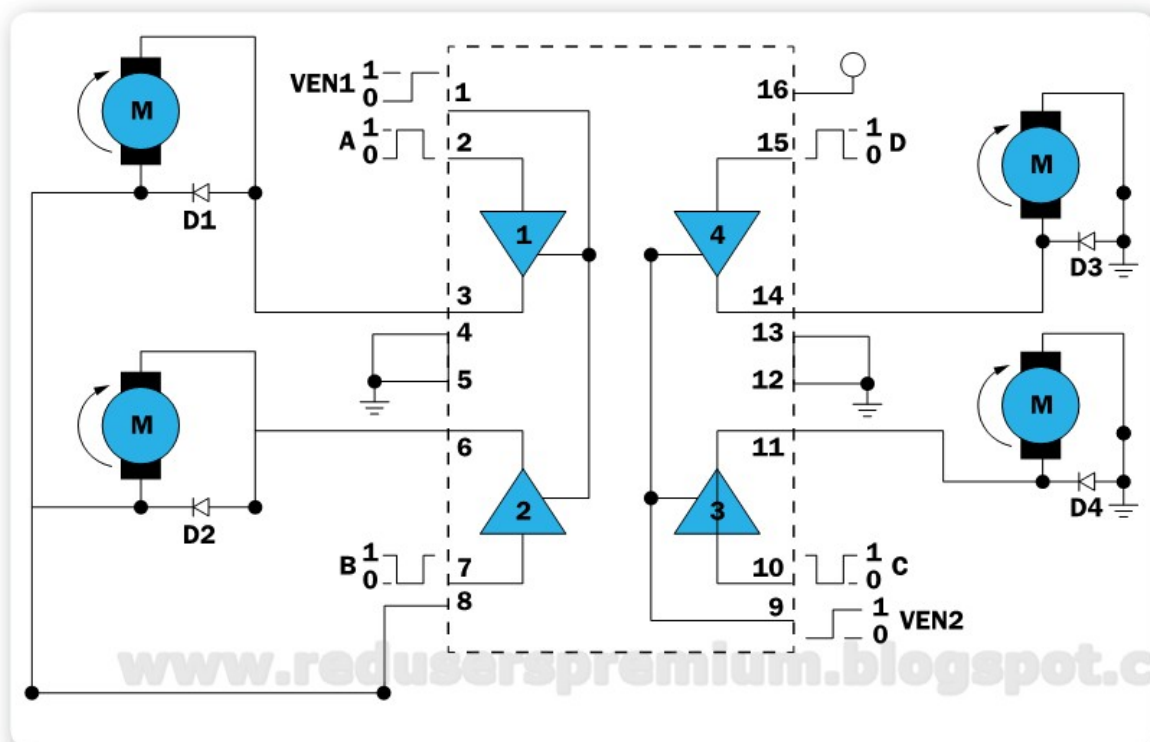


Figura 6. Esquema de las alternativas de conexiones para controlar el encendido y apagado de cuatro motores de CC en forma independiente.

Si conectamos el motor, y establecemos un estado lógico alto en A y uno bajo en B, por el motor circulará una corriente que lo hará girar. Por el contrario, si invertimos los estados, la corriente circulará en sentido inverso, y hará que el motor gire en sentido opuesto. Al establecer estados iguales en A y B (altos o bajos), no se producirá una rotación en el motor, ya que como no existirá diferencia de potencial, no circulará corriente eléctrica.



Control de velocidad

Si encendemos y apagamos la señal de alimentación de la carga –ya sea un LED o un motor lo suficientemente rápido como para que el parpadeo no se note–, podríamos simular la variación de luminosidad de un LED o el cambio en la velocidad de un motor de corriente continua. La frecuencia no debe ser menor a 30 Hz, porque el parpadeo del LED podría ser captado por el ojo humano.

En el caso del motor, este se moverá en forma pulsante. El método para lograr el control PWM es mantener la frecuencia fija, y variar el tiempo de encendido (alto) y apagado (bajo) de cada ciclo.

Como primera tarea, debemos ajustar la frecuencia a la que vamos a trabajar. El valor mínimo que podemos utilizar es aquel en que el LED no parpadee o el motor no funcione en forma pulsante. Podemos tomar como tal una frecuencia de 30 Hz (ciclos por segundos) para el caso de un LED. El del motor deberá ser determinado en forma empírica, dado que depende de sus características eléctricas y mecánicas. Si consideramos una frecuencia de 30 Hz, el período (T) será de 33,3 ms. Si la señal posee un ciclo de trabajo o duty cycle del 50%, quiere decir que la mitad del período estará en alto (ON), y la otra mitad, en bajo (OFF). En la técnica PWM, se varía el duty cycle de manera de modificar el valor medio de la energía suministrada al dispositivo. De esta forma, si aumentamos o disminuimos el duty cycle, obtendremos un LED brillante o atenuado.

Para un motor, esto equivaldrá a una velocidad lenta o rápida. Este período definido dinámicamente se repetirá en forma constante en el tiempo. Para calcular el duty cycle podemos utilizar la siguiente fórmula: **DT = (Tiempo de ON / período de la señal T)*100**.

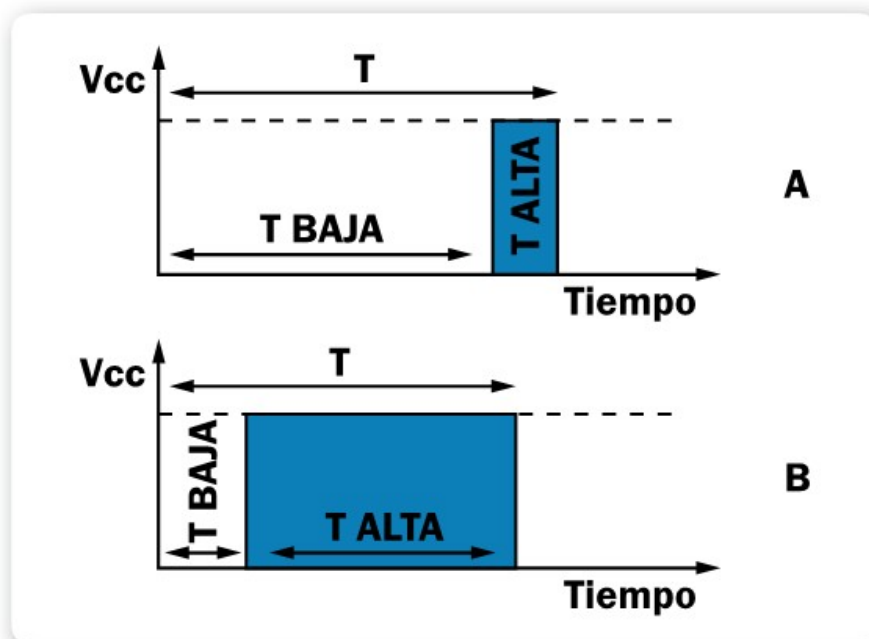


Figura 7. En A), un LED encendería con baja intensidad o un motor giraría con poca velocidad. En B), un LED encendería con alta intensidad o un motor giraría a alta velocidad.

Control de velocidad con PWM

Ahora que conocemos la teoría básica sobre PWM, veremos cómo hacer un control de velocidad para un motor de CC.

Existen innumerables circuitos que emplean esta técnica; algunos utilizan un microcontrolador y otros, circuitos osciladores. Debemos considerar que con el microcontrolador podemos emplear dos técnicas diferenciadas: en la primera técnica se debe construir la señal PWM (tiempo del estado alto y tiempo del estado bajo), mientras que en la segunda técnica se utiliza el módulo denominado PWM, el cual simplifica la programación.

Existen dos formas de utilizar las rutinas PWM. El modo Stand Alone es aplicado normalmente en sistemas autómatas, los cuales reaccionan a estímulos externos. El programa en sí se autocontrola y toma decisiones preprogramadas según el evento.

El modo maestro-esclavo emplea un controlador externo (maestro) que envía información a un dispositivo esclavo con respecto a qué se debe hacer. Un ejemplo es un circuito que controla la velocidad de un motor. Este es dirigido desde una computadora, que interactúa con el circuito esclavo, decide qué se debe hacer, y luego instruye al esclavo para que lo realice.

El modo PWM permite obtener en los pines de salida del microcontrolador una señal periódica en la que es posible modificar el ciclo de trabajo de manera dinámica. La resolución para el cálculo del período es de 10 bits, y el pin debe ser configurado previamente como salida. El cálculo del período de la señal PWM responde a la siguiente ecuación: **$PWMT = (\text{Registro_PR2} + 1) * 4 * T_{osc} * (\text{Valor del preescaler del TMR2})$** .

Debemos saber que el ciclo de trabajo se obtiene definiendo algunos registros, como **CCPRxL** y **CCP1CON**, y responde a la ecuación: **$PWM \text{ ciclo de trabajo} = L:CCPxCON * T_{osc} * TMR2_preescaler$**
Control de dirección de giro.

Para realizar un control de giro en un vehículo, podemos recurrir a varias configuraciones en el sistema de dirección, como vimos en la clase anterior. Los métodos más utilizados por su simpleza son:



ALIMENTACIÓN DE UN MOTOR DE CC



Debemos tener en cuenta que los motores de CC no pueden alimentarse con pulsos cuadrados, porque esto significaría muchísimos picos de corriente al encenderlos y apagarlos. Se busca tratar de redondear estos pulsos de manera que vayan tomando la forma cuasi senoidal, en la medida de lo posible.

el control de los motores de tracción, o un motor para la tracción y otro para el control de las ruedas de dirección. El primer método se logra controlando el sentido de giro o velocidad de cada motor. De esta manera, es posible hacer que el vehículo se desplace hacia adelante o hacia atrás si ambos motores giran en igual sentido. Pero, si lo hacen en forma opuesta o si las velocidades de rotación no son iguales, se conseguirá que el vehículo gire hacia la derecha o hacia la izquierda, respectivamente.

La segunda alternativa para el control utiliza un motor de tracción, que posee un control de velocidad para impulsar al vehículo hacia adelante o hacia atrás con distintas velocidades. El segundo motor se emplea para orientar las ruedas de dirección, que guían al vehículo.

Debemos saber que este sistema es similar al aplicado en los automóviles que poseen tracción trasera.

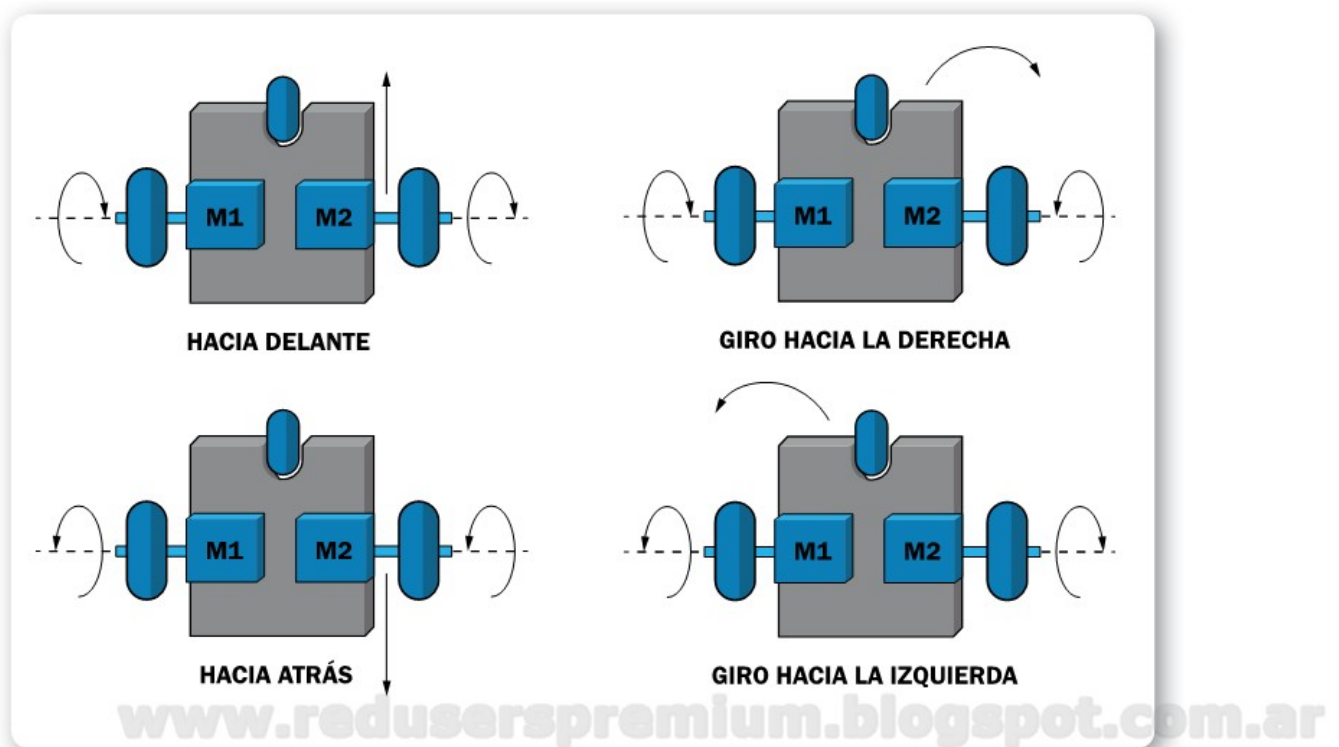


Figura 8. Esquema de alternativas de giros y sentidos de avance para un sistema de control por diferencia de velocidad o por inversión de marcha de los motores.



Transmisiones y cajas reductoras

La transmisión mecánica se utiliza para transmitir la potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. Por lo general, para hacerlo, se cambia la velocidad o el sentido de rotación del eje de entrada respecto del de salida.

Como sistemas de transmisión, podemos destacar:

- **Correas:** permiten unir dos o más ruedas en un movimiento de rotación, por medio de una cinta o correa de goma. Basan su funcionamiento en la fuerza de fricción entre la polea o rueda, y la correa. Se puede emplear como un sistema de seguridad, ya que al trabarse uno de los ejes, la polea patinaría, y así se evitarían daños graves en la transmisión.
- **Cadenas:** cumplen la misma función que las correas, pero se utilizan donde se requiere mayor fuerza. Ambos elementos pueden emplearse en forma doble o triple para aumentar la fuerza en la transmisión.
- **Balancines:** mediante levas solidarias a ellos, permiten transformar y transmitir un movimiento de rotación en uno lineal, que se puede sincronizar (árbol de levas de un motor).
- **Engranajes:** están formados por dos ruedas dentadas; la mayor se denomina corona, y la menor, piñón. Ambas transmiten un movimiento circular mediante el contacto.
- **Cardan:** permite hacer girar a la misma velocidad dos ejes que no se encuentran alineados (están en ángulo uno respecto del otro) y cuya orientación relativa puede cambiar durante el movimiento.
- **Acoplamientos móviles:** se emplean para unir árboles de transmisión que pueden desplazarse longitudinalmente entre árboles paralelos y que forman un ángulo.

Por lo general, se emplean elementos compuestos por dos piezas que encajan entre sí, cada una de las cuales va colocada en el extremo de uno de los árboles por unir.



Figura 9. En la figura podemos apreciar el sistema de engranaje sinfín.

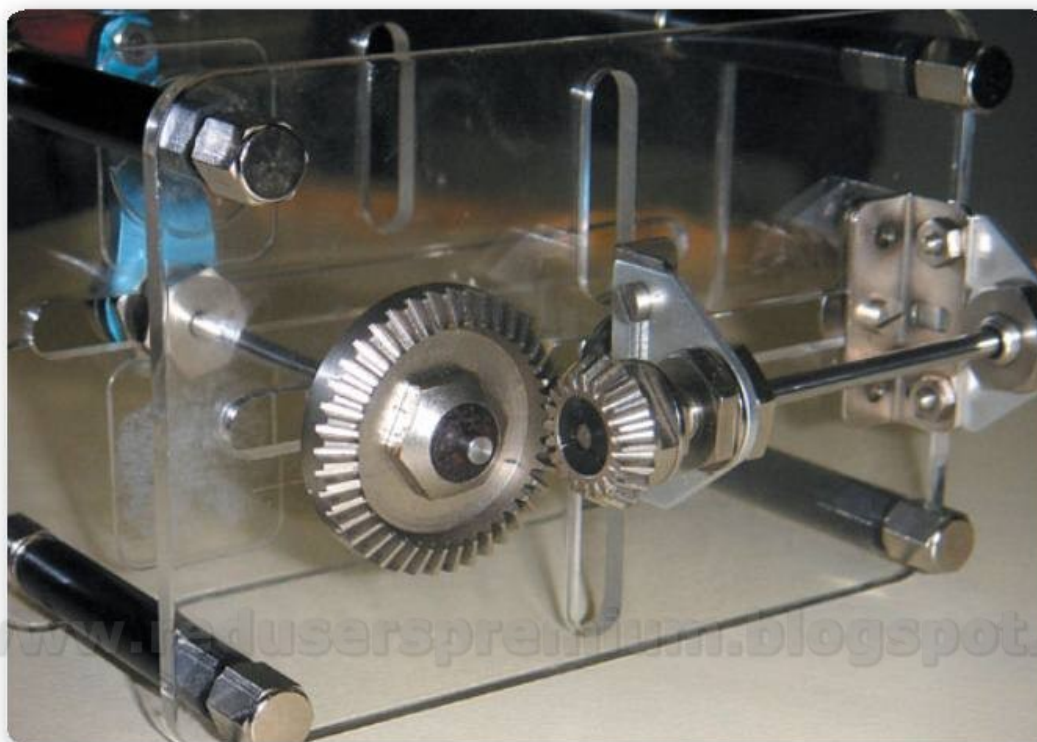


Figura 10. Transmisión de movimiento entre dos ejes por medio de engranajes.



Motores lineales

Se trata de motores rotatorios desenrollados, es decir, que se han cortado por uno de sus radios y se han estirado hasta dejarlos planos. Para ser más precisos, un motor lineal consiste en un elemento primario (donde se encuentran los devanados) y uno secundario que se extiende a lo largo de la distancia por recorrer.

Esto aporta como ventaja la posibilidad de disponer de varios primarios sobre un mismo secundario. Al igual que en el caso de los motores rotatorios, pueden existir modelos síncronos y asíncronos. Los motores lineales eliminan los elementos de transmisión mecánica, que, debido a su elasticidad, hacen que los accionamientos se comporten con una naturaleza oscilatoria.

La transmisión de la fuerza se realiza directamente por el campo magnético. Todo esto proporciona una serie de ventajas sobre los accionamientos tradicionales basados en transmisiones mecánicas, como mayores valores de velocidad y de aceleración, etc. Por otro lado, el uso de motores lineales tiene una serie de inconvenientes. Una de sus necesidades es la disipación del calor que se genera. Por este motivo, es preciso disponer de sistemas de refrigeración térmica de los accionamientos para que puedan operar con precisión. Si los motores no se refrigeran, las dilataciones térmicas conducidas al resto de los elementos de la máquina pueden comprometer su nivel de precisión y prestaciones.



TECNOLOGÍA DIRECT DRIVE



Esta tecnología se basa en la producción del movimiento deseado desde el mismo diseño del accionamiento, en vez de conseguirlo sobre la base de conversiones mecánicas posteriores. Debemos considerar que su aplicación dio luz a los llamados motores lineales.



Motores paso a paso

Tratar de que los motores de CC giren una cantidad acotada de revoluciones –por ejemplo, dos vueltas– es imposible. Los motores no giran enseguida que se les aplica tensión, sino que existe un tiempo de arranque, debido a la inercia que no les permite llegar a la velocidad normal de manera inmediata. Cuando se les corta la alimentación, continúan girando también por inercia, dependiendo del peso del rotor, la fricción del eje sobre sus cojinetes, y otros factores.

Estator y rotor

Los motores paso a paso pueden tener bobinas en el estator, y un rotor de imán permanente, de reluctancia variable (un cilindro sólido con un mecanizado en forma de dientes similar a un engranaje) o híbridos. En los primeros, el rotor está construido por imanes permanentes que proporcionan una polarización magnética constante.

Al cambiar el estado de los bobinados del estator, el rotor girará para orientar sus polos de acuerdo con el campo magnético creado. Los motores de reluctancia variable poseen un rotor de hierro dulce que tiende a orientarse de modo que facilite el camino de las líneas de fuerza del campo magnético generado por las bobinas de estator.

Debido a las características de funcionamiento, estos motores son muy difíciles de controlar, y su secuencia de funcionamiento se limita a activar cada bobinado en orden. Si a estos motores se los mueve con la mano, no se apreciará la sensación dentada de aquellos con imán permanente, sino que se moverán libres, como los de corriente continua.

Los motores híbridos son la combinación de los dos anteriores. El rotor está constituido por anillos de acero dulce dentado y montados sobre un imán permanente dispuesto axialmente. Como poseen alto par dinámico y estático, pueden moverse a muy altas RPM (revoluciones por minuto), y se los utiliza en una amplia variedad de aplicaciones industriales.



Figura 11. Motor paso a paso bipolar de 1,8 grados por paso de imán permanente.

Principio de los motores PaP

Los motores paso a paso (PaP) se basan en la atracción y repulsión entre polos magnéticos. Imaginemos un rotor de imán permanente que puede girar sobre un eje perpendicular, y cuatro electroimanes conectados en serie de a pares. Si inicialmente aplicamos corriente a las bobinas, se generarán dos polos NORTE que atraerán al polo SUR del rotor, y dos polos SUR que atraerán al NORTE hasta encontrar la posición de equilibrio.

Si conmutamos la bobina vertical con una nueva polaridad, se producirá un nuevo par de polos verticales.



CONVERSIÓN DE MOTORES



Si en la parte posterior de un motor paso a paso acoplamos un encoder óptico (incremental o absoluto), podremos conocer la posición del eje. La función de este sensor es, justamente, informar este parámetro. Otro uso es saber si el eje gira o se ha trabado cuando se envía una orden.

Debido a la nueva distribución magnética, el rotor se moverá desplazándose 90° . Siguiendo la conmutación de los bobinados del estator, se obtienen avances del rotor con ángulos de 90 grados. El movimiento obtenido ha sido en sentido antihorario; si las secuencias de excitación se generan en orden inverso, el rotor girará en sentido horario. Podemos deducir que el sentido de giro en los motores paso a paso es reversible; por lo tanto, se puede hacer avanzar o retroceder al motor un número determinado de pasos.

El motor paso a paso estudiado no ofrece mayor atractivo desde el punto de vista práctico (salvo por su valor didáctico), debido al gran tamaño de sus pasos. Para lograr motores PaP de paso reducido, se recurre a la mecanización de los núcleos de las bobinas y rotores en forma de hendiduras o dientes, para crear micropolos magnéticos. Estos logran situaciones de equilibrios magnéticos con avances angulares mucho menores, siendo posible conseguir motores de hasta 500 pasos por revolución.

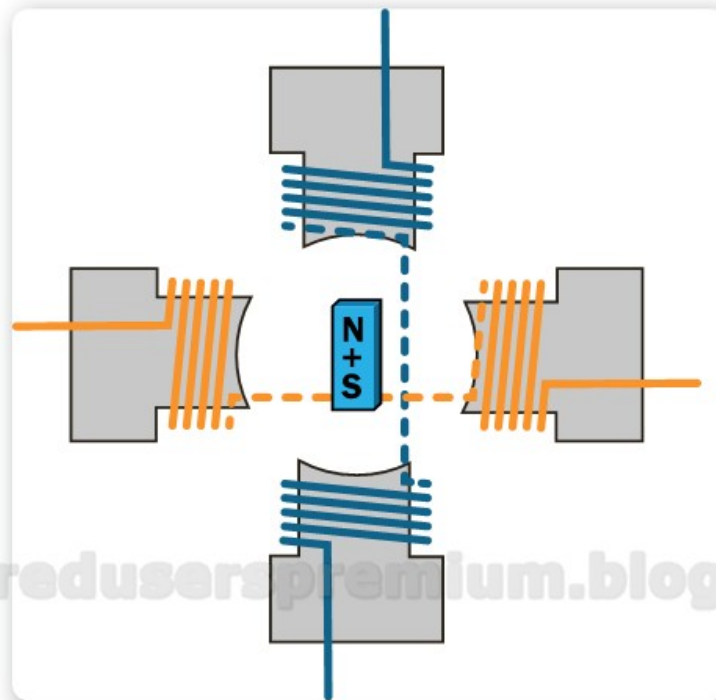


Figura 12. Esquema de las conexiones eléctricas de los bobinados para un motor paso a paso bipolar.

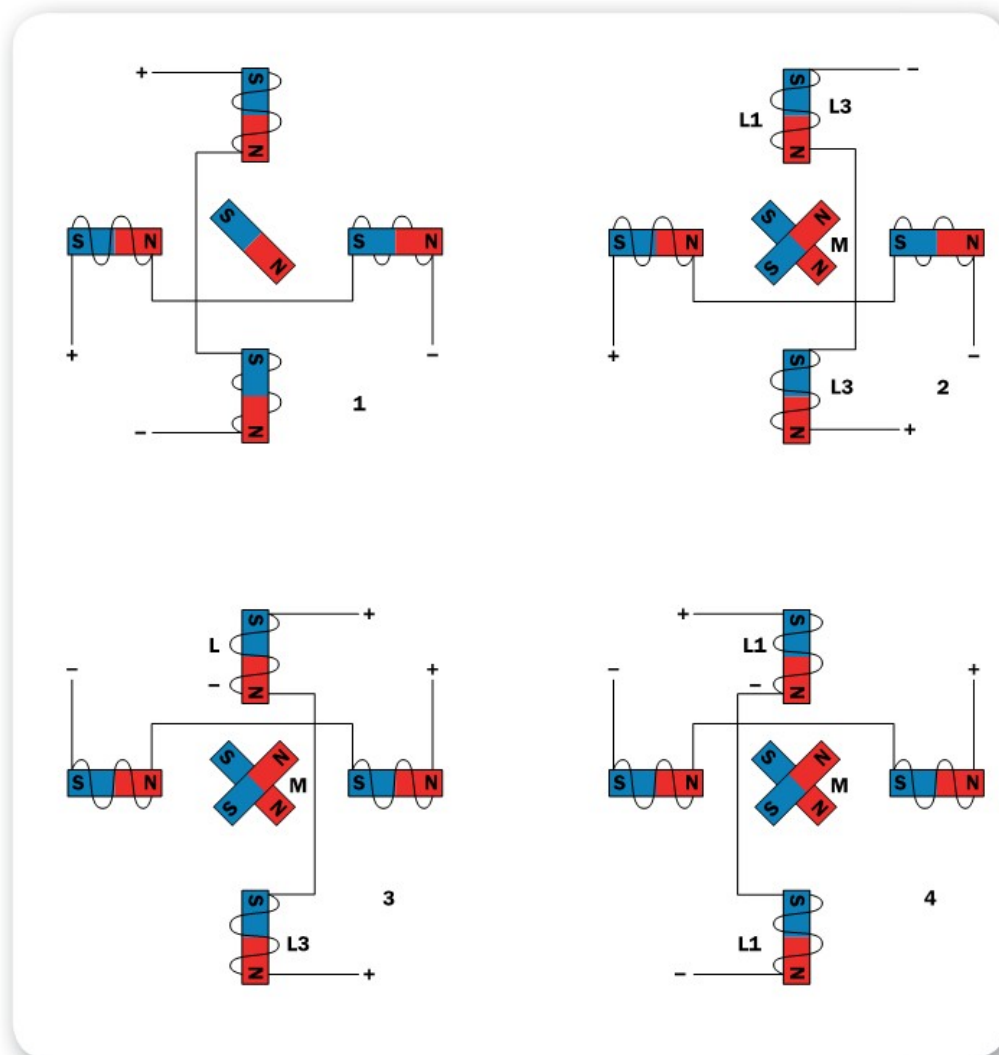


Figura 13. Secuencia de los cuatro estados (pasos de 90°) para un motor paso a paso bipolar que realiza una revolución completa.



Servomotores

Un servomotor, o servo, es un motor eléctrico de corriente continua que tiene la capacidad de ser controlado en forma precisa, tanto en su posición, como en su velocidad.

Como ejemplo, podemos citar un ascensor: su motor, su sistema de control, los sensores de posición, todo el conjunto es un servomotor.

Un motor de CC se convierte en servomotor cuando se le acopla un sensor en la parte posterior, llamado encoder, que informa su posición y/o velocidad. Existen dos tipos de servomotores, los digitales y los analógicos, ambos muy utilizados en radiocontrol para el movimiento de alerones, timones, aceleración, etc. También se emplea este tipo de dispositivos en sistemas industriales donde se requiere el control preciso de un movimiento de rotación o desplazamiento.

Servomotor analógico

Está compuesto por un motor de corriente continua encargado de proveer el movimiento. El motor está conectado a un sistema de engranajes para reducir la velocidad y aumentar el par motor al eje de salida. Este se encuentra conectado a un potenciómetro (resistencia variable) que informa su posición. La plaqueta electrónica otorga el sistema de control, la potencia y la alimentación al sistema. El potenciómetro entrega a la placa de control una tensión proporcional a la posición, la cual se compara con la deseada y en función del error.

El circuito de control hace girar el eje del motor para que los dos valores coincidan.

El terminal de conexión posee tres cables: alimentación entre 4,8 y 6 volts (positivo y negativo) y una señal de control por donde se ingresa la posición deseada. Recordemos que la señal de control estándar es una PWM rectangular, formada por pulsos positivos, cuya duración es proporcional a la posición deseada del servo, que se repiten a una frecuencia de 50 Hz.



PROFESOR EN LÍNEA



Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com



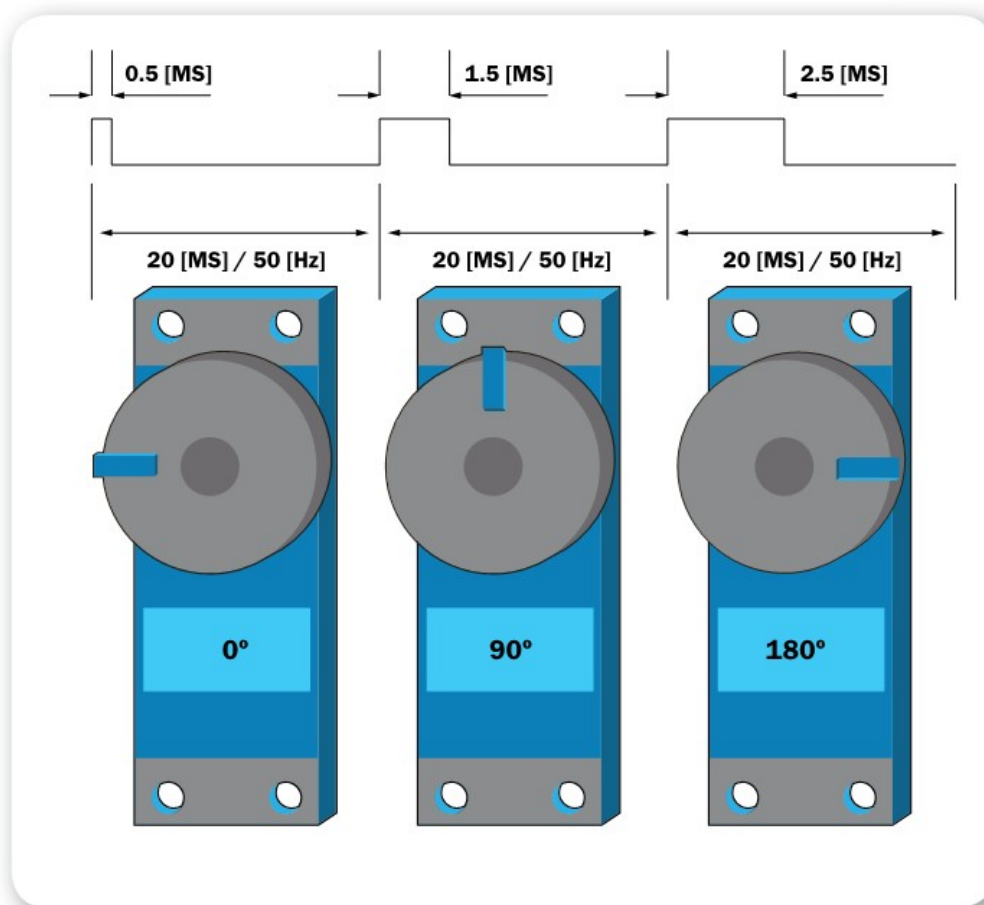


Figura 14. Podemos observar otro tipo de servomotor, donde los pulsos de control poseen un período distinto del explicado.

Servomotor digital

Constructivamente, es similar al analógico, pero su diferencia radica en que posee un microprocesador encargado de analizar la señal de control, procesarla y compararla con la señal del potenciómetro para, luego, hacer girar el motor.

Consideremos que su ventaja es el rendimiento, dado que tiene una alta velocidad de reacción (cambio de posición) al producirse una variación en la señal. La señal de control está separada por 3,3 ms, y el ritmo de los pulsos es de aproximadamente 300 Hz en los servos digitales y 100 Hz para los analógicos. Otra de las ventajas que presentan estos servos es que el sentido de giro, la velocidad

de respuesta, la posición central y los topes del recorrido son programables. En caso de pérdida de señal de control, es posible programar de qué manera deben responder.

Control

El control se realiza utilizando la técnica PWM. Si el duty cycle es de 50%, el servo se ubicará en la posición central de su recorrido. Si disminuye, el eje se moverá en forma proporcional en sentido anti-horario; mientras que si aumenta, este rotará en forma horaria.

Para un recorrido desde 0° a 180°, tendremos una variación del ancho del pulso que irá desde 1 ms de estado alto de la señal, para 0°, hasta 2 ms para 180°. Para valores intermedios, el eje se ubicará en un valor proporcional de salida. Se considera que para 1,5 ms, el eje estará en el centro.

Para bloquear un servomotor en una posición, es necesario enviarle continuamente la señal de control con la posición deseada. De esta forma, conservará su posición y se resistirá a fuerzas externas que intenten cambiar su posición. Si los pulsos de control no son enviados, el servomotor queda liberado y cualquier fuerza externa puede alterar su posición.



RESUMEN



A lo largo de este capítulo vimos los distintos tipos de motores de corriente continua y los circuitos típicos para su control, analizamos la técnica PWM y conocimos sus ventajas. Conocimos los tipos de reducciones mecánicas empleadas para disminuir la velocidad y aumentar el par motor. Posteriormente explicamos las características más relevantes de los servomotores y el tipo de señal utilizada para lograr su desplazamiento.



Sensores para robótica

En este capítulo explicaremos en detalle los distintos tipos de sensores que se utilizan para darle al robot la posibilidad de reconocer su ambiente de trabajo o la zona en la cual desarrollará su desplazamiento.

▼ Sensores y transductores..... 54	▼ Sensores mecánicos..... 65
▼ Sensores de posición..... 56	▼ Sensores ultrasónicos..... 70
▼ Sensores de distancia..... 62	▼ Resumen 74





Sensores y transductores

Por lo general, se habla de **sensores**, pero debemos diferenciarlos de los **transductores**. Los primeros están siempre en contacto con la magnitud física y aprovechan sus propiedades para adaptar la señal e interpretar otro dispositivo. Existen dos tipos de sensores: **los activos**, que requieren una fuente externa de energía; y **los pasivos**, que no la necesitan, como los termopares o fotodiodos.

Los **transductores**, por su parte, son dispositivos capaces de transformar o convertir un tipo de energía de entrada, en otro de salida. En general, el nombre del transductor nos indica de qué

tipo es: por ejemplo, los electromecánicos convierten una señal eléctrica en una mecánica, y viceversa.



Figura 1. Sensor pirométrico utilizado para la detección de movimiento en alarmas o sensado a distancia de temperaturas.

Características de los sensores

A continuación, detallaremos las características elementales de los sensores más importantes:

- **Rango de medida:** se trata del valor mínimo y máximo en que puede operar el sensor correspondiente.
- **Exactitud:** error de medida máximo esperado.
- **Offset o desviación de cero:** valor de la variable de salida cuando la de entrada es nula.
- **Linealidad:** al producirse un incremento en la entrada, la salida debe aumentar un valor proporcional.
- **Sensibilidad:** valor de la relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.

- **Resolución:** mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- **Precisión:** se trata de un error esperado cuando se repite en varias ocasiones la misma medida.

Sensores aplicados a un robot

Para lograr que los robots reconozcan el entorno, debemos dotarlos de cierta capacidad de adaptación; con este fin se emplean sensores de distinto grado de complejidad.

Como vimos en clases anteriores, si usamos un robot móvil, este deberá ser capaz de adaptar sus movimientos y acciones según el ambiente en que se encuentre y los objetos con que se tope.

Podemos clasificar los sensores de un robot en función de tipo de información que proveen. Si está relacionada con su estado (posición de las articulaciones), se los denomina internos; mientras que si esta proviene de su entorno, se habla de sensores externos. Estos últimos operan con la detección de variables, como distancia, proximidad y contacto. Por lo general, se utilizan para guiar a un robot. Estos sensores pueden ser de **contacto** o **no contacto**. Como su nombre lo indica, los primeros responden al contacto físico, mientras que los segundos se basan en la respuesta de un detector a las variaciones en la radiación electromagnética o acústica.



CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES



Según el tipo de magnitud física por detectar, podemos establecer la siguiente clasificación: posición lineal, posición angular, desplazamiento, deformación, velocidad lineal, velocidad angular, aceleración, fuerza, par, presión, caudal, temperatura, presencia y proximidad, entre otras.



Figura 2. Sensor de presión digital DP22 utilizado para registrar presiones de hasta 10 k/cm² o vacío de hasta 1 k/cm² en la fabricación de envases plásticos.



Sensores de posición

Los potenciómetros poseen bajas prestaciones y son propensos a sufrir errores debido al rápido desgaste. Es por eso que solo se los usa con fines educativos o en ejes de poca importancia, que no resultan críticos para el funcionamiento del robot.

Codificador angular de posición

Los **encoders ópticos incrementales** se encuentran compuestos por un disco ranurado radialmente. También existe un sistema de iluminación en donde el haz de luz se encuentra colimado, y finalmente, un elemento fotorreceptor.

El eje, cuya posición se desea conocer, está acoplado al disco ranurado. A medida que este gira, genera pulsos por medio de la obstrucción de las ranuras del fotorreceptor. Si llevamos la cuenta

de los pulsos a partir de una posición inicial, es posible conocer la posición del eje. También podemos disponer de una marca adicional sobre el disco que indique que se ha realizado una revolución completa y que, por lo tanto, se debe comenzar la cuenta otra vez.

La resolución de este tipo de sensor depende de la cantidad de ranuras por revolución. Una forma de incrementar este parámetro es contar los flancos de subida de los trenes de pulsos y los de bajada, para así alcanzar resoluciones de 100.000 pulsos por revolución.

Por otra parte, en los **encoder absolutos**, el disco está compuesto por una fina capa de aluminio con varias bandas de ranuras dispuestas en forma de coronas circulares concéntricas. La disposición radial de cada corona divide el eje en sectores, con lo cual genera un código binario para cada posición.

El sensor está formado por una única fuente de luz con lentes y un fotorreceptor por cada corona, que se encarga de entregar un bit de información al circuito de control.

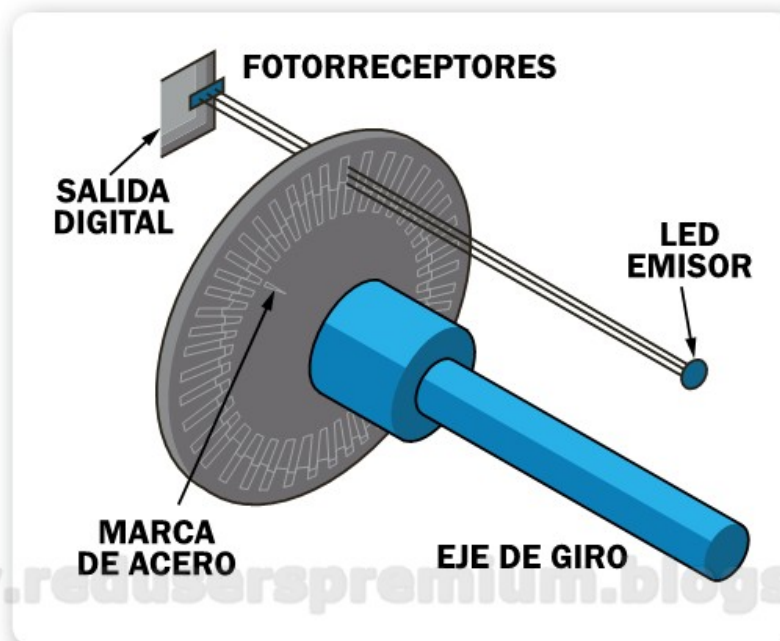


Figura 3. Podemos observar el disco ranurado de dos franjas desfasadas 90°, la ranura de revolución, y el transmisor y receptor de un encoder incremental.

El valor binario que se obtiene de los fotorreceptores que se encuentran instalados en el encoder absoluto es único para cada posición del eje y representa una posición absoluta.

En los encoders se utiliza el código **GRAY**, pues por cada cambio de sector, solo cambia el estado de una de las bandas, con lo cual se evitan errores de código. Si el disco posee **n** bandas, existirán **2n** combinaciones posibles. Para una rotación de **360°** y, si el disco tiene 10 bits (10 bandas), tendremos una resolución **angular de 0,35°** ($360^\circ / 1024 = 0,35^\circ$). Recordemos que a mayor número de bits, obtendremos mayor resolución.

A diferencia de lo que sucede en el encoder incremental, no es necesario contar con ningún contador de pulsos o electrónica adicional para detectar el sentido del giro, pues cada posición (sector) es codificada de forma absoluta.

La otra alternativa para el sensado de la posición en robots es mediante el empleo de **resolvers, sincros y LVDT** (transformador diferencial de variación lineal). Se trata de sensores analógicos con resolución teóricamente infinita. Su principio de funcionamiento es el mismo que utiliza un transformador.

Un **resolver** es un sensor rotacional electromagnético que basa su operación en el uso de una bobina solidaria al eje (rotor), excitada por una portadora, generalmente de corriente alterna y de 400 Hz. Posee, además, dos bobinas fijas situadas alrededor de la **cubierta o estator**.



ROBOT CON ENCODERS



Por lo general, cuando se enciende un robot por primera vez, es preciso ejecutar un procedimiento de búsqueda de referencias para los sensores. Durante esta operación, se leen los interruptores que detectan la presencia o ausencia de los finales de carrera del robot.

Al girar el **eje del resolver**, la bobina solidaria del rotor hace que el acoplamiento magnético con las bobinas fijas varíe, con lo cual la señal resultante dependerá del seno del ángulo de giro. Si la bobina móvil está excitada con tensión **$V \cdot \sin(\omega t)$** y gira un **ángulo θ (fi)**, inducirá en las bobinas fijas situadas en cuadratura las siguientes tensiones: **$V_1 = V \cdot \sin(\omega t) \cdot \sin \theta$** y **$V_2 = V \cdot \sin(\omega t) \cdot \cos \theta$** .

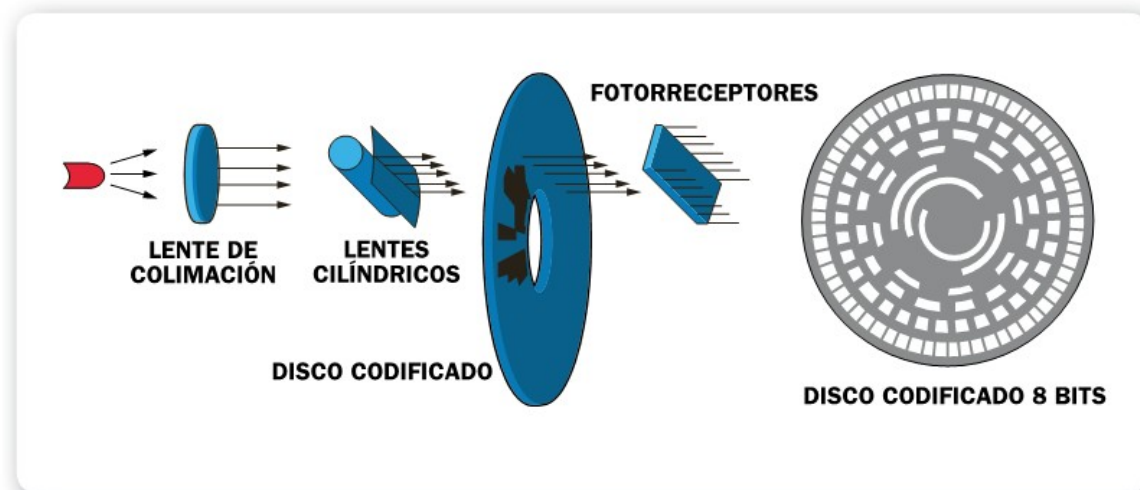


Figura 4. Diagrama del sistema óptico de detección en el interior de un encoder absoluto. El disco mostrado corresponde a un encoder de 7 bits.

El **síncro** es el precursor del resolver; consta de tres bobinas fijas (estator) conectadas en estrella y separadas 120° entre sí. El **rotor** contiene un bobinado excitado con una señal alterna, conectado al exterior por medio de las escobillas (similares a las de un motor de CC). Consideremos que el voltaje que se induce en el estator es proporcional al seno del ángulo entre el eje de la bobina del rotor y el eje de la bobina del estator.

La señal que proporcionan estos sensores no es apta para su lectura directa y, a veces, tampoco para su procesamiento. Es necesario utilizar un circuito para el acondicionamiento de las señales, como un **punto de Wheatstone**, amplificadores y filtros electrónicos, que adaptan las señales a los niveles apropiados para el resto de los circuitos presentes.

También es posible recurrir a convertidores **resolver-digital** (R/D), que suelen estar basados en las estructuras: **tracking** y **muestreo**. Ambos captadores son absolutos, dado que se obtiene una combinación única de tensiones para cada posición del eje.

Los **LVDT**, o transformadores diferenciales de variación lineal, tienen núcleo movable. Están formados por dos bobinados secundarios, conectados en serie y dispuestos a ambos lados del bobinado primario de excitación. Su funcionamiento se basa en el empleo de un núcleo ferromagnético unido al eje, cuyo movimiento se desea medir. Este núcleo se mueve en forma lineal entre el bobinado primario y los dos secundarios. Dicho desplazamiento hace variar la reluctancia, que modifica el factor de acoplamiento (una bobina recibe más flujo magnético que la otra), lo cual hace aumentar la tensión en un bobinado y disminuir la del otro.

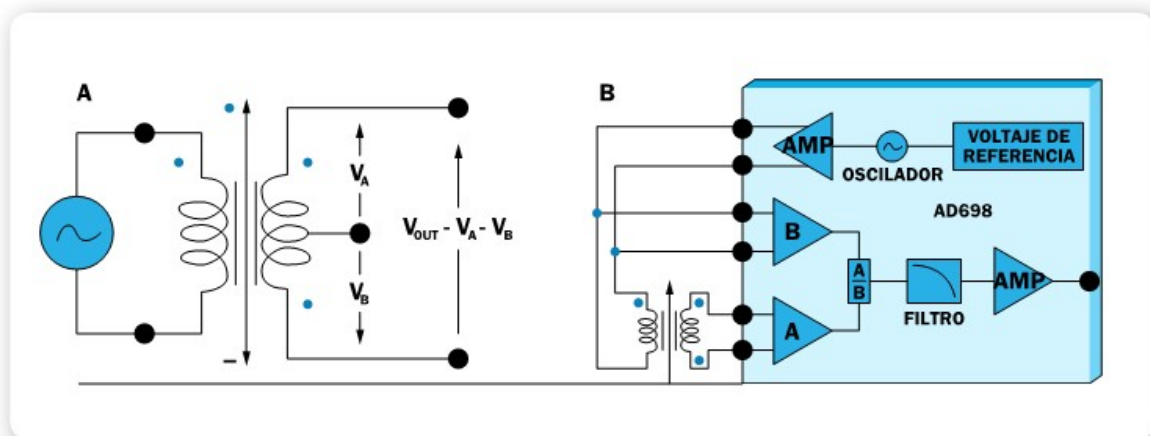


Figura 5. En la figura A vemos el esquema eléctrico de los bobinados de un LVDT. En la B se puede apreciar un acondicionador de señal de un LVDT empleando un AD698.

www.reduserspremium.blogspot.com.ar

Sensores de presencia

Estos sensores permiten detectar un objeto dentro de un área determinada, por medio del contacto o no con él. Por lo general, se utilizan en robótica como auxiliares de los detectores de posición,

para indicar al controlador los límites de las articulaciones y localizar las posiciones empleadas como referencia de **cero point**.

En la detección por contacto, se trata siempre de un interruptor normalmente abierto (**NA**) o normalmente cerrado (**NC**), que actúa mediante un vástago. Podemos dotar a un robot móvil de un arco de alambre en su parte delantera, conectado a dos interruptores. De este modo, si el robot toca un objeto, el alambre se curva y empuja alguno de los interruptores, con lo cual cierra el circuito.

Los interruptores sin contacto detectan la presencia utilizando algún principio físico. Por ejemplo, los sensores de proximidad inductivos basan su funcionamiento en la interacción de piezas metálicas con un campo electromagnético generado por el sensor. Cuando una pieza metálica ingresa en el campo, se inducen en el metal **corrientes de Foucault**, que provocan una reducción de amplitud de oscilación. Esta es detectada por el amplificador interno y produce el disparo del sensor. Igual aplicación poseen los sensores **capacitivos**, que responden a un cambio del dieléctrico en el medio que rodea al sensor, permitiendo detectar objetos de todo tipo.

Para la detección de objetos ferromagnéticos, es posible recurrir a sensores basados en el **efecto Hall**, pues detectan la presencia por la deformación que estos provocan sobre un campo magnético. En los **sensores Reed de proximidad**, el conmutador interno cambia de estado cuando un objeto magnético se acerca a él, sin necesidad de que haya contacto físico.



CORRIENTES DE FOUCAULT



Se producen cuando un conductor atraviesa un campo magnético variable, o viceversa. El movimiento relativo puede causar una circulación de electrones dentro del conductor. Estas corrientes en forma de círculos crean pequeños electroimanes con campos magnéticos.



Sensores de distancia

Estos sensores miden la distancia a partir de un punto de referencia –que, por lo general, está en el propio sensor–, hasta los objetos que se encuentran en el campo de operación.

Los seres humanos estiman las distancias por medio de un método visual estereográfico. Los sensores utilizan distintas técnicas para hacerlo, como la triangulación, iluminando el objeto con un haz plano y midiendo el ángulo de rebote.

Con el método de **iluminación estructural**, se proyecta una luz sobre el objeto y se emplea la distorsión sufrida para calcular la distancia, al medir el tiempo desde que un haz de luz láser es emitido y regresa. Un método similar usan los sensores ultrasónicos, que miden el tiempo de viaje (ida y vuelta) de una onda de sonido.

Un método óptico para medir distancias o detectar obstáculos implica utilizar sensores de la familia **SHARP GP2DXX**. Estos sensores de infrarrojo detectan objetos a grandes distancias, y algunos modelos ofrecen información de la magnitud a la que estos se encuentran, como los **GP2D02** y **GP2D12**.

Para lograr su objetivo emplean el método por triangulación. El sensor emite una luz infrarroja por medio de un **LED IR**. Esta pasa a través de una lente que agrupa los rayos formando un haz concentrado para mejorar la directividad del sensor. El haz viaja hacia adelante y, cuando encuentra un obstáculo, rebota y retorna con



RADAR IR



Debido a la directividad de los sensores GP2D, es posible montar un sensor como el GP2D12 sobre un servomotor del estilo de los utilizados en aeromodelismo y, así, obtener un radar de IR. De esta forma, se puede cubrir un radio de 180°, dependiendo de las características del servomotor.

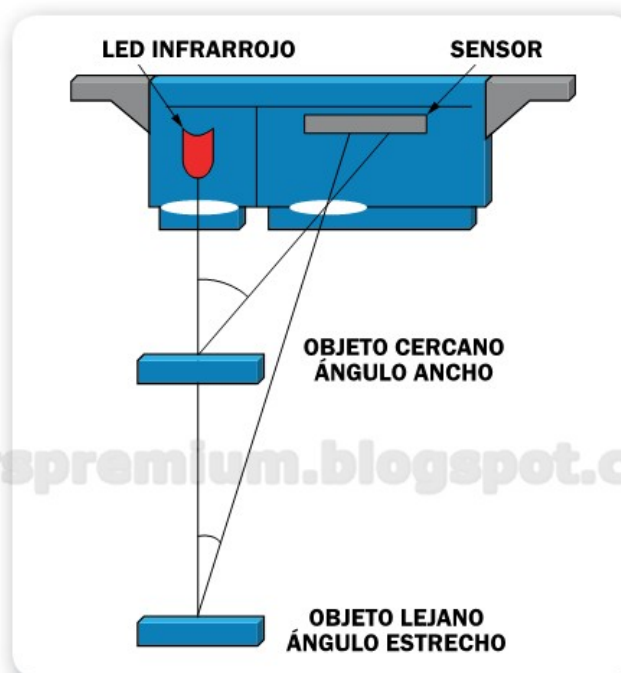


cierto ángulo de inclinación, dependiendo de la distancia. El haz que regresa es concentrado por otra lente (receptor), que lo hace incidir en un sensor CCD lineal. En función del ángulo con el que el haz incide en un punto u otro del sensor, es posible obtener un valor lineal correspondiente a la distancia del objeto.

SENSORES DE DISTANCIA SHARP		
▼ DATASHEETS	▼ RANGO DE MEDIDA	▼ TIPO DE SALIDA
GP2D-02	10 a 80 cm	Digital 8 bits
GP2D-05	10 a 80 cm	Lógica 1 bit
GP2D-12	10 a 80 cm	Analógica (0-3V)
GP2D-120	4 a 30 cm	Analógica (0-3V)

Tabla 1. Podemos apreciar los distintos rangos de sensado de los dispositivos y las diversas formas de entregar la lectura realizada.

Figura 6. Sensor Sharp GP2D02 infrarrojo, utilizado para la detección de objetos en un rango amplio. Ofrece información de distancia. Podemos ver también el ángulo de incidencia en función de la distancia al objeto.



Sensores de velocidad

Conocer la velocidad es necesario para mejorar el comportamiento dinámico de los actuadores en un robot. La información de la velocidad de cada actuador se realimenta a un bucle de control analógico o digital para su control y modificación.

Los motores de CC cambian su velocidad en función de la carga que poseen en su eje, ya que al aplicar una carga mecánica, esta disminuye. Por eso, se hace necesario contar con un sistema que mida en forma constante la velocidad e informe al circuito que debe modificar el valor o mantenerlo constante.

Muchas veces se utilizan tacómetros o sensores taco-generatrices, que no son otra cosa que generadores de CC adosados al eje del motor, y que suministran una tensión proporcional a la velocidad de giro de su eje (**10 mV por RPM aproximadamente**). También es posible emplear encoders ópticos (explicados anteriormente); sensores magnéticos, que detectan el paso de dientes metálicos delante de él; y resolvers, entre otros.

Es importante conocer el ambiente de trabajo del sensor, ya que muchas veces nos encontramos con lugares donde abundan el polvo, los aceites, etc. Para evitar las obstrucciones en los sensores, recurrimos a modelos estancos, los cuales permiten trabajar, incluso, sumergidos en líquidos.

La **norma IP67** –que deben cumplir la mayoría de los sensores– establece que no debe existir ninguna penetración de polvo, que



SENSOR DE VELOCIDAD EN AUTOMÓVILES



El sensor usado en los automóviles es Hall de tres cables. Se usa para conocer las RPM del motor, la posición de los árboles de levas y la del cigüeñal. Está junto a la corona dentada usada en el arranque del motor y envía un pulso cuando uno de los dientes se posiciona frente a él.



debe haber protección completa de los contactos, y que la inmersión en agua a **1 m de profundidad** no tendrá grandes efectos de daño cuantitativo sobre el equipo.

Otro problema que deben sortear estos sensores es la vibración que produce el motor al girar, la cual puede dañarlos seriamente, haciendo, por ejemplo, que las soldaduras se desprendan o que haya falsos contactos en los conectores.

Figura 7. Sensor inductivo modelo HTNA de 18 mm de diámetro. Permite un montaje enrasado, su salida es del tipo NPN, y su estado es normal abierto.



Sensores mecánicos

El interruptor mecánico es un dispositivo utilizado para impedir o permitir la circulación de corriente eléctrica por un circuito. Consta de dos contactos metálicos (latón, bronce o zinc) separados entre sí por un sistema de palancas que los une.

Cuando se ejerce una fuerza sobre el sistema de palancas, estas desplazan uno de los contactos hasta unirlo con el otro. De esta manera, se logra cerrar el circuito eléctrico y hacer que la corriente circule a través de los contactos. Es importante conocer la tensión y la corriente de trabajo de los interruptores, ya que los contactos deben estar preparados para soportar dichos valores.

Tipos de interruptores

El pulsador es un tipo de interruptor que requiere que el operador o el sistema al que está asociado mantenga la presión sobre la

parte móvil para que los contactos estén unidos. Podemos nombrar como ejemplo los pulsadores en un ascensor.

El interruptor simple o de un polo es el más conocido, usado a diario para encender una lámpara. Si deseamos controlar más de un circuito con el mismo accionador mecánico, debemos recurrir a un interruptor de varios polos. Por ejemplo, para encender un bombeador de **220 V** y una luz piloto de **6 V**, necesitamos un interruptor de **dos polos**: uno para cada circuito.

Los interruptores, a su vez, poseen más de un camino para la corriente. Hay modelos de un camino, que es el mencionado anteriormente; y de dos caminos, llamados **inversores**, que tienen tres contactos (normalmente abierto-común-normalmente cerrado). El interruptor de dos caminos, cuando no es accionado, mantiene unidos el terminal común (C) con el normalmente cerrado (NC).

Al accionar el dispositivo, se desconecta del terminal **NC** y se une el terminal común con el normalmente abierto (**NA**).

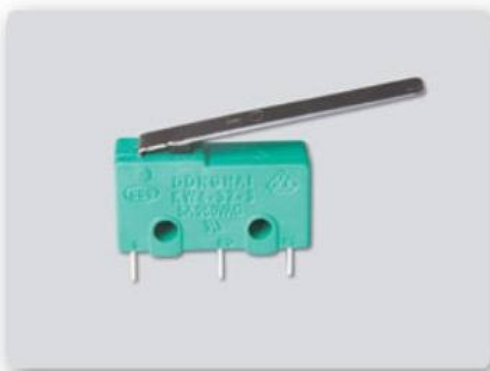


Figura 8. Interruptor de accionamiento mecánico del tipo simple inversor. Podemos apreciar los tres contactos: NA, NC y común.



SENSOR SANDWICH



Está construido por dos láminas metálicas flexibles, enfrentadas y separadas por algún material aislante en los bordes para mantener un espacio de aire libre entre ellas. Al aplastar el sandwich por medio de algún desplazamiento mecánico de palancas, las láminas se tocan y hacen contacto, con lo cual se produce la detección.

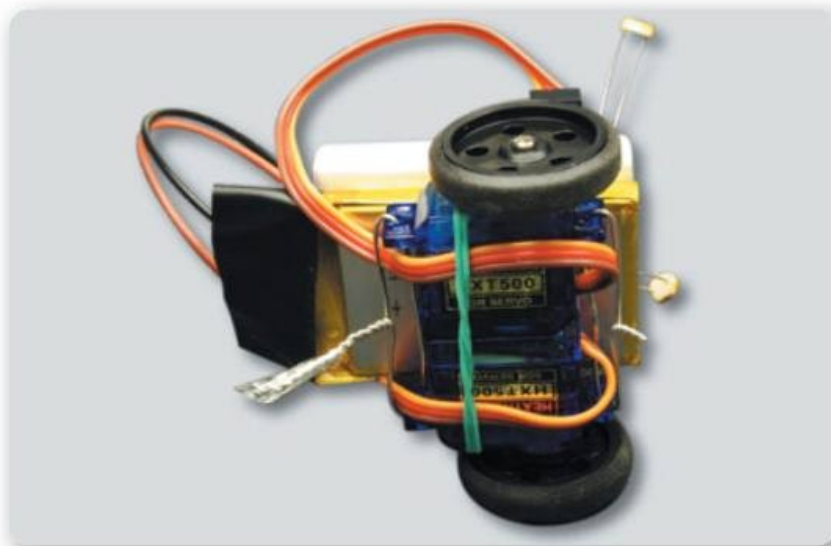


Figura 9. Robot móvil con sensor ultrasónico de distancia empleado para eludir obstáculos. Posee un movimiento similar al de un radar otorgado por un servomotor del tipo empleado en aeromodelismo.



Figura 10. Robot construido con jumper delantero tipo bigote. Al chocar contra un objeto, los alambres se doblan y activan un interruptor mecánico.

Sensores ópticos reflectivos

Estos sensores pueden detectar un obstáculo mediante la reflexión del rayo de luz procedente del emisor sobre el objeto. Emplean una fuente de señal luminosa (lámparas, diodos LED o diodos láser) y un receptor, que puede ser un fotodiodo, un fototransistor o un LDR. Existen modelos capaces de detectar objetos desde los **5 milímetros**, hasta sistemas modulados que alcanzan más de **5 metros** de sensibilidad. Si cambiamos la configuración de reflectivo a tipo barrera, podemos incrementar considerablemente el alcance, y llegar a superar ampliamente los 10 metros.

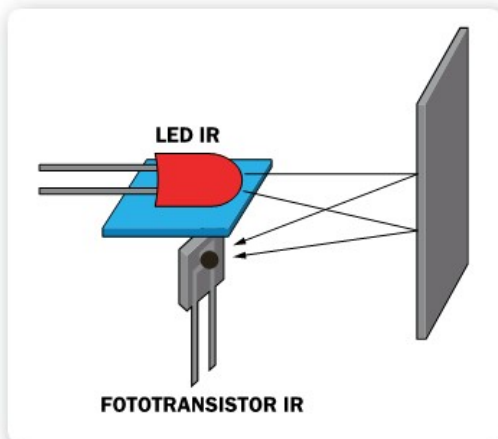


Figura 11. Esquema de funcionamiento de un sensor IR del tipo reflectivo. Podemos ver cómo el haz infrarrojo impacta sobre el objeto y retorna al receptor.

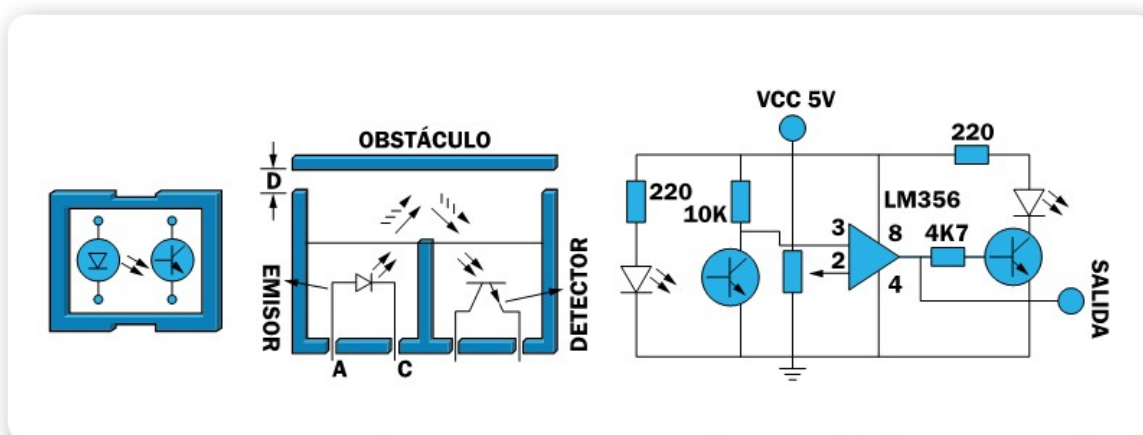


Figura 12. Circuito comparador donde la sensibilidad se ajusta con el potenciómetro de 10 K. Si deseamos monitorear la salida, sin cargar el operacional, podemos acoplar un transistor con un LED que nos indique la activación.

Sensor CNY70

Este sensor se usa para la detección a corta distancia (**20 mm como máximo**) y en robots seguidores de línea o para la detección de obstáculos. Es muy pequeño y de fácil montaje, debido a que su encapsulado en forma de cubo contiene el emisor y el receptor.

El receptor, constituido por el fototransistor, conduce más cuando impacta sobre él una mayor cantidad de luz. La salida del sensor es del tipo analógica y está determinada por la cantidad de luz que reciba el receptor. Si deseamos tener una salida digital, tendremos que conectar un circuito comparador de nivel, donde podamos ajustar el valor umbral de detección. Como todo el sistema de detección está alimentado con una tensión de **5 V**, es posible conectar la salida del comparador directamente a un microcontrolador.

Figura 13. Sensor CNY70 de corto alcance, con salida a transistor. Posee el emisor y el receptor en el mismo encapsulado. Es muy utilizado en robots seguidores de línea y encoders, debido a su sencillez de montaje y conexión.

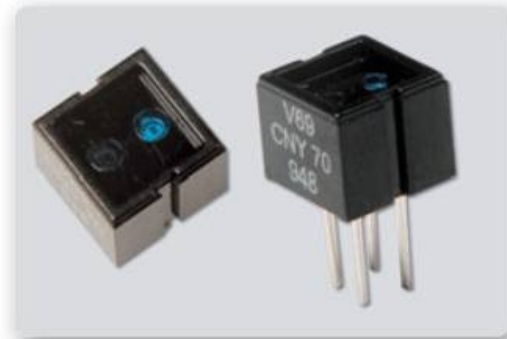


Figura 14. Sensores infrarrojos: el de la izquierda se utiliza para medir distancias; el de la derecha es un sensor ranurado con una separación de 5 mm.



Sensores ultrasónicos

El ultrasonido es una señal de audio que no puede ser captada por el oído humano. Es muy utilizada en la actualidad para un sinfín de aplicaciones. Su funcionamiento se remite al principio que poseen los materiales piezoeléctricos, que convierten la energía mecánica en eléctrica, y viceversa.

La medición con estos sensores se realiza tomando el tiempo que demora una onda de sonido en su viaje de ida y vuelta. Como la velocidad del sonido es conocida, podemos saber la distancia que hay hasta el objeto.

Para las aplicaciones en las que el medio es el aire, se tienen mayores pérdidas que para aquellas que se desarrollan en soluciones acuosas, debido a la manera en que se transmite el sonido.

Es importante saber qué puntual será la señal que se va a emitir, para así poder “jugar” con las frecuencias, las cuales pueden servirnos para lograr distintos resultados. A mayor frecuencia, mayor puntualidad en el enfoque de la señal sobre un objeto. En otras palabras, a medida que disminuye la frecuencia, se tienen menos posibilidades de enfocar un objeto de menor tamaño sin que la señal alcance otros objetos aledaños a la pieza o partes de interés.

Funcionamiento

El principio de funcionamiento de estos sensores es similar al utilizado en los radares. Se encargan de emplear un transmisor y un receptor como el **QSC16B-s** y el **QSC16B-R**, respectivamente, con un alcance mínimo de **0,2 m** y uno máximo de **6 m**, operando en frecuencias cercanas a los **40 KHz**.

El módulo emisor emite un tren de pulsos ultrasónicos, y el módulo receptor espera el rebote. Mientras las ondas viajan, se mide el tiempo del viaje. Este valor, multiplicado por la velocidad de las ondas en el aire, indica la distancia al objeto que produjo el rebote.

Existen dos tipos de sensores: los que tienen un emisor y un receptor separados, y aquellos que alternan su función por medio de un conmutador sobre el mismo equipo.

Sensores de aceleración

Son muy utilizados en equipos de telefonía celular y sistemas de rastreo, ya que, por medio de ellos, es posible conocer la inclinación, la velocidad y la posición de un equipo.

Las técnicas para medir y detectar la aceleración se basan en el primer principio de Newton. La aceleración de una masa implica una fuerza: $F = m \cdot a$, siendo F la fuerza, a la aceleración y m la masa.

Muchos acelerómetros funcionan detectando la fuerza que se ejerce en una masa fija, la cual está limitada por un sistema elástico interno cuya rigidez se conoce. Si la masa se desplaza una distancia x , la aceleración debida a la fuerza F , restauradora del sistema elástico, es: $F = k \cdot x$; donde k es la constante del sistema elástico. Si $F = m \cdot a$, e igualamos las ecuaciones ($k \cdot x = m \cdot a$), obtenemos $a = k \cdot x / m$. Al derivar la aceleración, obtenemos el desplazamiento de la masa. La unidad de la aceleración es m/s^2 .

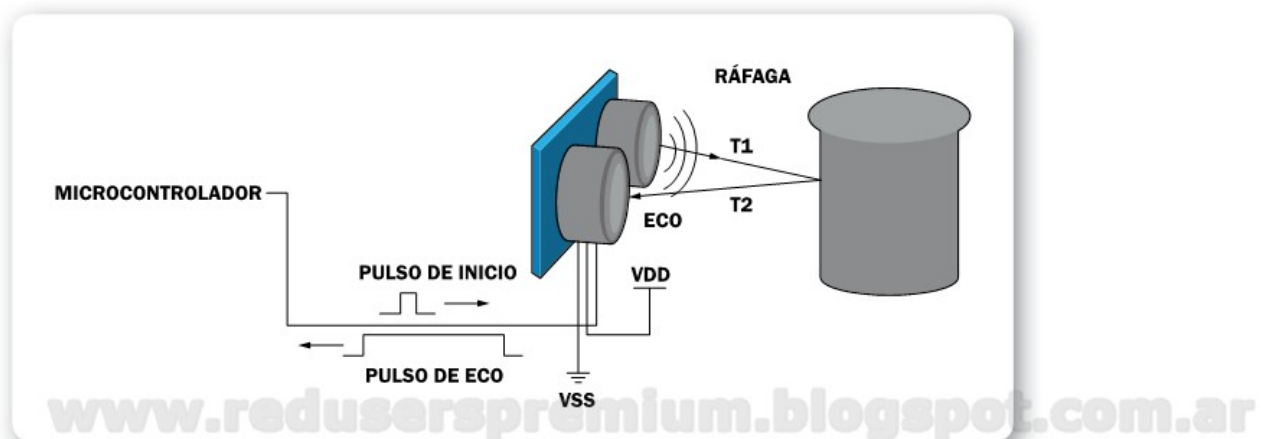


Figura 15. Ejemplo de cómo se realiza una medición con un sensor ultrasónico por medio de un microcontrolador y un módulo con emisores y receptores independientes.

Acelerómetro ADXL202

El dispositivo analógico **ADXL202** es un acelerómetro de dos ejes que puede conectarse fácilmente a pequeños microcontroladores de **8 bits**. Es capaz de leer aceleraciones estáticas, como la atracción de la gravedad, y dinámicas. Posee un rango de medición que oscila entre **$\pm 19,6 \text{ m/s}^2$ ($\pm 2 \text{ g}$)**. Como no tiene partes móviles, puede resistir choques de más de **50 G**.

Su funcionamiento se basa en el efecto de convección de calor; esto se logra creando una burbuja de calor mediante un filamento en el interior de una cavidad con gas inerte. Los captadores, dispuestos alrededor del filamento, captan el calor de la burbuja que está en el centro. Cuando se produce una aceleración hacia cualquier lado, la burbuja se desplaza hacia el lado contrario al movimiento, y los captadores miden la diferencia de calor. De esta forma, se crea una salida proporcional a la aceleración detectada del tipo PWM.

El rango de valores PWM que entrega el sensor para el máximo y el mínimo es: **$+1 \text{ g} = 6,25 \text{ ms}$, $-1 \text{ g} = 3,75 \text{ ms}$** . Tendremos, entonces, un rango de **$6,25 - 3,75 = 2,5 \text{ ms}$** . Cuando la aceleración es nula (**0 g**), obtenemos a la salida un duty cycle del 50% que corresponde a **5 ms ($-90^\circ = 3,75 \text{ ms}$, $0^\circ = 5 \text{ ms}$, $+90^\circ = 6,25 \text{ ms}$)**.

El sensor generará un pulso con un ancho modulado (PWM) para cada uno de los dos canales de salida. La aceleración de cada eje se



ACELERÓMETROS EN LOS ROBOTS



Si conectamos un acelerómetro a un robot, conoceremos su movimiento, vibraciones e inclinación. Antiguamente, los acelerómetros eran mecánicos y difíciles de construir. Hoy vemos circuitos integrados que facilitan el montaje, como el **ADXL202** (2 ejes) o el acelerómetro capacitivo **MMA7361LT**, de tres ejes de detección y escalas de **$\pm 1,5 \text{ G}$ y $\pm 6 \text{ G}$** .



obtiene fácilmente al medir los anchos de los pulsos de funcionamiento (duty cycle) de cada señal PWM. Esto significa que no es necesario utilizar ningún convertidor de señal analógica a digital (ADC), como en otros modelos. La medida de aceleración informada por el sensor no es lineal, sino que es en función del seno del ángulo con que el sensor se encuentra respecto a la Tierra.

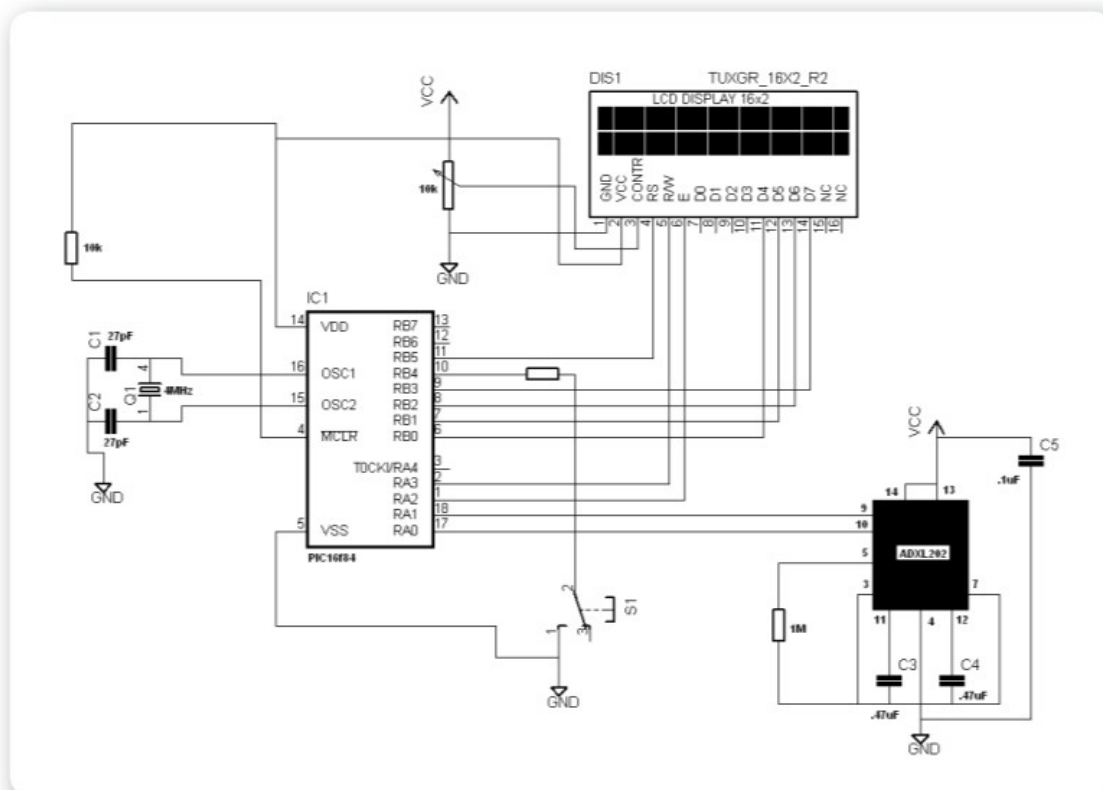


Figura 16. Circuito para medir aceleraciones utilizando el sensor ADXL202 y un microcontrolador de 8 bits. El valor medido se representa en el display LCD.



PROFESOR EN LÍNEA

Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com

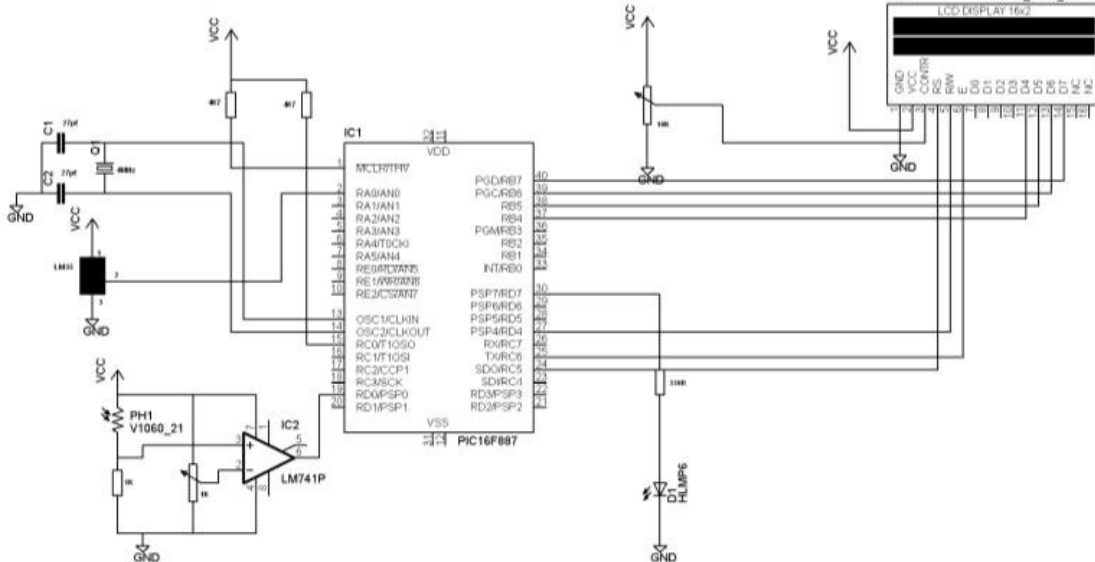


Figura 17. Circuito medidor de temperatura que utiliza un LM35. También detecta la existencia de luz por medio de un LDR con ajuste de nivel.



A lo largo de este capítulo, vimos la diferencia entre sensores y transductores, y las características más importantes que definen su funcionamiento. Estudiamos los sensores que se utilizan para que los robots reconozcan su entorno, explicamos su aplicación en la robótica y cómo contribuyen a que los robots puedan medir distancias. Para terminar analizamos el funcionamiento de un sensor no lineal de luz (LDR) y uno lineal de temperatura (LM35).



Construcción de un robot seguidor

En este capítulo realizaremos la construcción de un robot móvil, capaz de seguir una línea negra sobre un fondo blanco. Como accesorio, podrá rastrear una fuente de luz.

▼ Consideraciones
preliminares del armado .. 76

▼ Construcción de la base .. 77

▼ La placa electrónica 84

▼ Construcción
de los circuitos 86

▼ El programa del robot..... 92

▼ Resumen 94



www.reduserspremium.blogspot.com.ar



Consideraciones preliminares del armado

El diseño del robot ha sido pensado para simplificar la construcción y permitir el máximo de flexibilidad. Se lo ha dotado de la mayor robustez posible para evitar roturas durante los ensayos y posteriores usos. Los sensores del robot estarán dispuestos de manera tal, que puedan ser fácilmente ajustables durante el desarrollo de las pruebas, ya que las condiciones externas pueden cambiar, como la iluminación, el color del suelo y otros factores que puedan influir sobre los sensores.

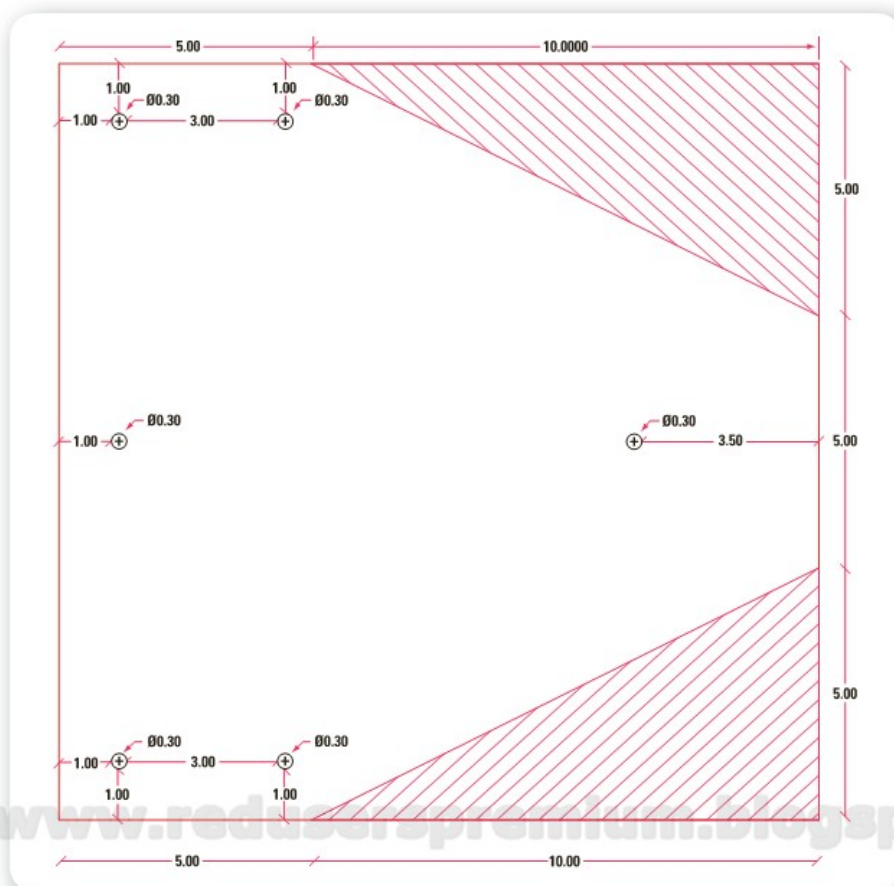


Figura 1. Plano del detalle para la construcción de la base del robot, la cual deberá ser lo suficientemente rígida como para soportar el peso de los elementos.

Los circuitos electrónicos están diseñados de forma modular para que los usuarios puedan, en cualquier momento, cambiar el método de sensado, el sistema de control y la fuente de energía.

El usuario podrá construir la placa electrónica propuesta o utilizar una ya desarrollada para integrarla al proyecto.

En el circuito se realizaron conexiones adicionales, para que el usuario pueda adaptarlo. Un ejemplo es la conexión de habilitación para cada uno de los **puentes H** a los módulos **PWM** del **PIC**. Esto permitirá regular la velocidad de los motores en forma individual.

El programa es abierto; esto significa que el usuario, con los conocimientos adquiridos en las clases anteriores, podrá desarrollar su propio algoritmo y mejorar el desempeño del robot. Como desafío, planteamos la mejora del programa para lograr que el robot recorra un trayecto en el menor tiempo posible.



Construcción de la base

A continuación describiremos los pasos para el armado y montaje de la base del robot, que servirá como soporte de la etapa electrónica, la batería y los motores de tracción. La base del robot posee la forma de un triciclo, lo que otorga gran reacción a los giros. Las dimensiones de la base permiten montar en una de las caras la electrónica, los motores y los soportes; y en la otra, la fuente de energía y la rueda libre.

¿TE RESULTA ÚTIL?

Lo que estás leyendo es el fruto del trabajo de cientos de personas que ponen todo de sí para lograr un **mejor producto**. Utilizar versiones "pirata" desalienta la inversión y da lugar a publicaciones de **menor calidad**.

NO ATENTES CONTRA LA LECTURA. NO ATENTES CONTRA TI. COMPRA SÓLO PRODUCTOS ORIGINALES.

Nuestras publicaciones se comercializan en kioscos o puestos de vendedores; librerías; locales cerrados; supermercados e internet (usershop.redusers.com). Si tienes alguna duda, comentario o quieres saber más, puedes contactarnos por medio de usershop@redusers.com

PaP: CONSTRUIR LA BASE

- 01** Sobre la madera marque las dos zonas que deberán ser cortadas. Realice dos marcas: una a 5 cm, sobre uno de los costados, y otra, a 10 cm sobre el otro. Una los puntos y repita el procedimiento sobre el extremo adyacente al anterior.



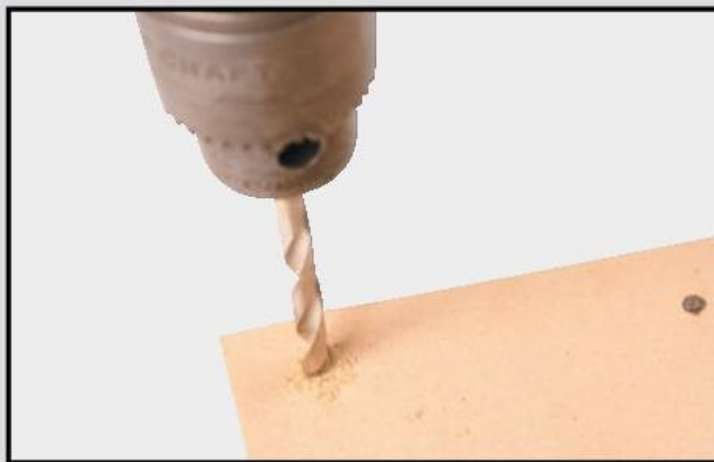
- 02** Debe marcar los lugares para hacer las perforaciones que serán utilizadas para sujetar los motores, la rueda libre y los sensores frontales. Una vez hecho esto, corte por las líneas marcadas en el paso 1.



www.reduserspremium.blogspot.com.ar

**03**

Con un taladro y una mecha de 5 mm de diámetro, efectúe las perforaciones. Para proteger la mesa de trabajo, debe poner por debajo un taco de madera dura.

**04**

Para darle una buena terminación, lije los bordes y las esquinas de la base. Con una mecha de 10 mm, frese a mano cada una de las perforaciones para quitar las rebarbas. La base debe quedar prolija, como muestra la imagen.



www.reduserspremium.blogspot.com.ar



**05**

Los perfiles en forma de L servirán para fijar los motores a la base de madera. Sobre una de las caras del perfil, marque la ubicación de las perforaciones para la sujeción del motor. Sobre la otra cara, marque las perforaciones para los tornillos de fijación a la base. Marque la zona de aluminio por quitar.

**06**

Con un punzón marque los centros de las perforaciones. Utilizando una mecha de 5 mm, realice los cuatro agujeros por donde pasarán los tornillos de fijación a la base.



**07**

Con la punta de marcar, y con una separación de 5 mm, trace el contorno de la zona que vamos a quitar. Usando el taladro y la mecha de 5 mm, realice una perforación en cada marca, siguiendo la línea del contorno, lo más cerca posible una de otra.

**08**

Los pasos realizados para uno de los perfiles se repiten sobre el otro. Con una mecha de 10 mm frese las perforaciones de los tornillos, y con una lima redonda, quite el exceso de material en los espacios destinados a los motores de los perfiles L.



**09**

Utilizando los tornillos de 5 mm, las arandelas y las tuercas, monte los perfiles de aluminio a ambos costados de la base de madera. Éstos serán utilizados posteriormente para sujetar los motores de tracción.

**10**

Con dos tornillos de 5 mm por motor, fije los motores de tracción sobre los perfiles de aluminio en la parte inferior. Para evitar el roce de los tornillos con la rueda, deberá colocar los tornillos desde afuera hacia adentro.



11

Tome un trozo de aluminio de 1 mm de espesor. Sobre la pieza marque un rectángulo de 1,5 x 4 cm y, utilizando una tijera de cortar hojalata, corte la pieza de aluminio, que será utilizada como soporte para unir la placa de sensores con la base de madera.

**12**

Una vez que haga el corte, divida la pieza en tres partes iguales. Luego, realice una marca en el centro de cada sector y perforé con una mecha de 5 mm. Doble la pieza por las marcas; los dobleces deberán hacerse en sentidos opuestos, como se muestra en la imagen.





La placa electrónica

El **microcontrolador** es el cerebro de nuestro robot y el encargado de tomar las decisiones en función de la información proveniente de los sensores. Para este proyecto, utilizamos el **PIC18F4620** de Microchip, que posee un encapsulado de **40 pines**.

Los sensores

Hemos implementado **tres clases de sensores** para vincularse con el medio exterior: mecánicos, infrarrojos y de luz. En todo momento, éstos serán monitoreados por el programa del microcontrolador para lograr un control minucioso del trayecto.

Sensores mecánicos o de contacto

Los sensores de **contacto** complementan a los sensores encargados del seguimiento de la línea. Su función radica, esencialmente, en detectar obstáculos en el camino.

Se trata de dos contactos que normalmente se encuentran abiertos. Ambos interruptores están unidos por un alambre que forma un arco hacia delante. Éste se deforma al colisionar con un objeto, lo que acciona el interruptor. Cuando el robot avanza y no encuentra ningún obstáculo, el microcontrolador recibe un nivel lógico igual a cero. Si en algún momento hay una obstrucción en el camino, los contactos se cierran, lo cual hace que al microcontrolador llegue un nivel lógico igual a uno. De esta forma, se indica la presencia de un problema, y el robot detiene su marcha hasta que se libere el camino.

Sensores infrarrojos

Los sensores infrarrojos son los encargados de detectar la línea negra. Se ha preferido usar un conjunto **fotodiodo-foto-**

transistor (CNY70), porque esto permite modificar la dirección de la trayectoria en forma dinámica y con una construcción simple en el montaje.

El conjunto de los sensores se ha dispuesto en el frente del robot, con una distribución en forma de **V invertida**, para mejorar las reacciones. Este tipo de montaje fue explicado en clases anteriores.

El **sensor central** indica que estamos sobre la línea, en tanto que los laterales informan sobre cualquier alejamiento producido, ya sea por desviación del robot o por la presencia de una curva.

Con el objetivo de evitar la influencia de la luz ambiente que provocaría errores en la lectura, los sensores se colocan en el frente del robot, a pocos milímetros de la superficie. Esta distancia puede ajustarse por medio del tornillo que posee la rueda libre (tema que se explicará más adelante).

El funcionamiento del conjunto de sensores se basa en la emisión infrarroja de los fotodiodos y en la recepción de los fototransistores. Cuando la superficie es blanca, la emisión es reflejada casi en su totalidad, lo cual excita al fototransistor hasta llevarlo a la condición de saturación. Cuando estemos sobre la línea, la emisión reflejada será menor; esto llevará al fototransistor al corte y hará que el colector posea un valor cercano a V_{cc} (5 V). El colector se conecta a un comparador para establecer la sensibilidad de la detección de la línea.

Sensor de luz

Está compuesto por dos LDR (resistencia variable con la luz). Para detectar el nivel de luz, hemos armado un divisor resistivo que, al incidir la luz, se desbalancea y provoca un aumento de tensión en la entrada del microcontrolador. Conectaremos estos sensores a los conversores A/D, con lo que podremos saber el valor de la intensidad de luz que tenemos al frente.



Construcción de los circuitos

A continuación realizaremos el montaje de los sensores infrarrojos; luego, montaremos los bumpers; y para finalizar, la placa controladora, el microcontrolador y los drivers.

Una vez terminada la base, comenzaremos a construir los circuitos electrónicos. Dividiremos el trabajo en dos placas: una para el montaje del conjunto sensor infrarrojo y bumpers; y otra para la etapa de control, formada por el microcontrolador y el circuito de potencia.

PaP: CONSTRUIR LOS CIRCUITOS

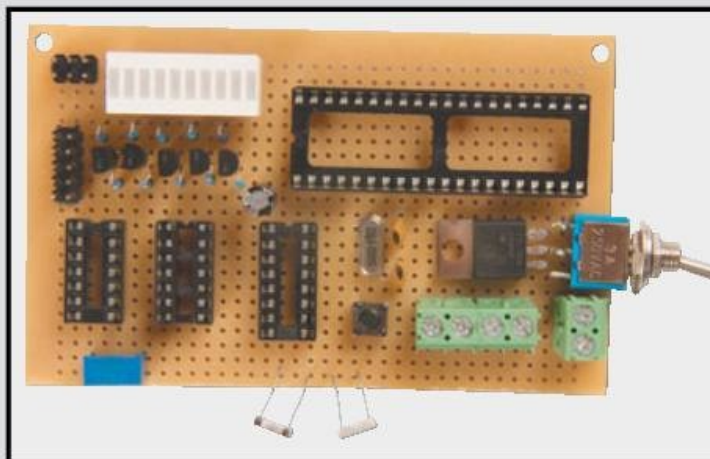
01

Para la construcción de las placas electrónicas utilizará dos placas universales de 5 x 10 cm, del tipo simple faz. La primera será para el montaje de la placa controladora, y la segunda, para el módulo sensor compuesto por los CNY70 y los dos interruptores mecánicos. Sobre la placa, y partiendo del centro, coloque los sensores formando una V.



**02**

Sobre el lado del cobre, coloque los interruptores mecánicos adheridos a la placa, utilizando la pistola de plástico bien caliente. Distribuya los componentes de la placa controladora como se ve en la imagen. El interruptor se adhiere con pegamento a la placa para otorgarle mayor rigidez.

**03**

Debe unir los componentes según el esquema electrónico de la placa controladora. Sólo resta montar los circuitos integrados sobre los zócalos. Para unir la controladora con la placa que contiene los sensores CNY70, construya un cable que, en sus extremos, posea conectores hembra para postes de 2x5.

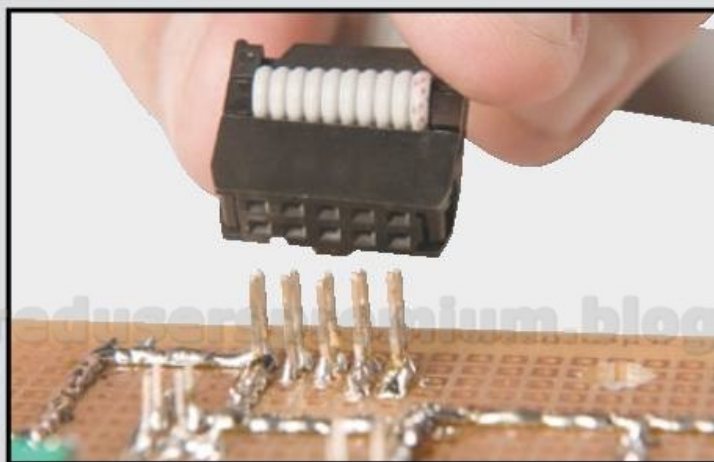


**04**

Instale los conectores en los extremos del cable. Debe hacer coincidir el cable teñido de rojo o negro con la marca triangular dibujada en relieve sobre el conector. Una vez colocado el cable, presione suavemente para cerrar el puente del conector.

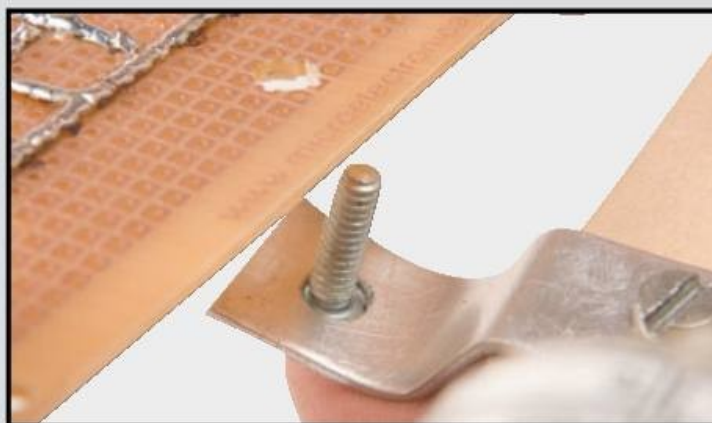
**05**

Una eléctricamente ambas placas utilizando el cable plano. Debe respetar la orientación definida en el armado de cada placa para cada uno de los pines, como se muestra en la imagen, ya que una inversión en la posición puede dañarla.



**06**

Conecte las placas a una fuente de alimentación externa de 5 V para probar el funcionamiento de los sensores y drivers antes del montaje. Al colocar los sensores sobre una superficie blanca, el LED correspondiente a dicho sensor se apagará; si lo hace sobre una superficie negra, se encenderá.

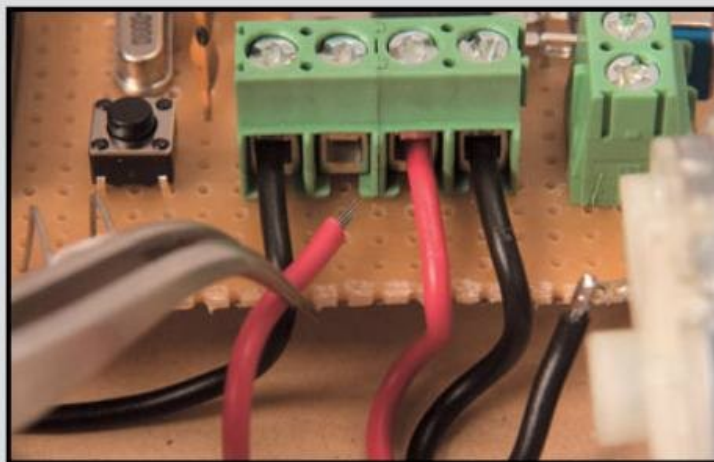
**07**

Para fijar la placa controladora, utilice separadores de plástico de 1 cm de longitud, adheridos con la pistola de plástico. La ubicación de esta placa es en el centro de los dos motores, y entre ellos y el eje de la rueda libre.



**08**

Con el soldador caliente y usando abundante estaño, solde en la parte posterior de cada motor un cable rojo para el terminal positivo y uno negro para el negativo. La longitud de cada cable es de 10 cm. Pele y estañe el extremo opuesto. Los cables de cada motor deben conectarse a la placa controladora.

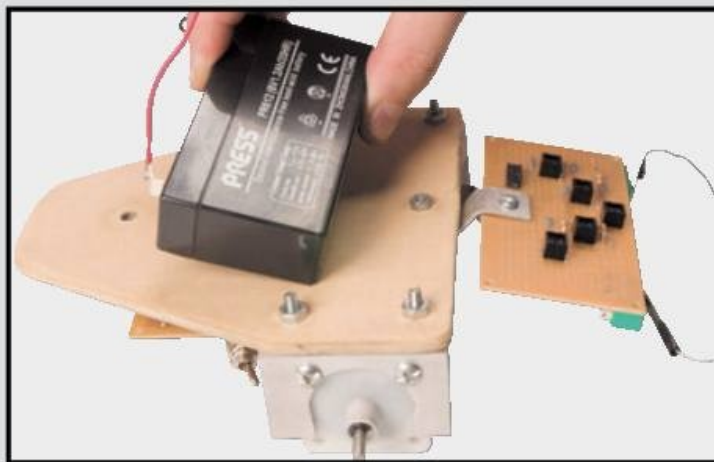
**09**

Corte dos cables de 1 mm, uno de color rojo y otro negro. Suéldelos a los extremos terminales para conectarlos a la batería de 6 V y 1,2 A. El extremo libre de cada cable debe ser estañado con mucho cuidado, procurando siempre que no se toquen.



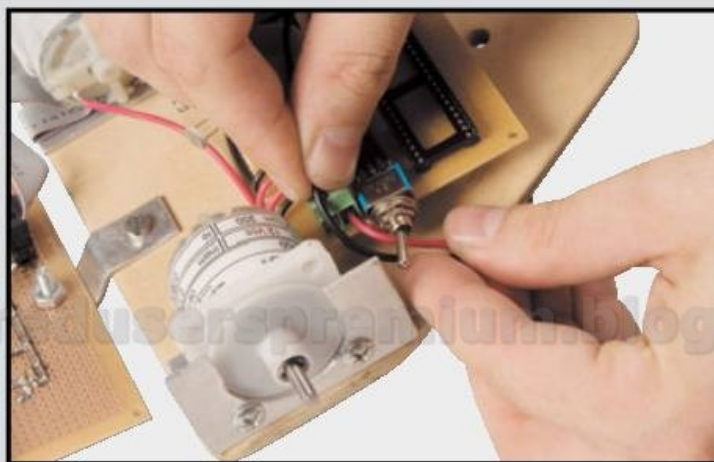
10

Del lado inferior del robot, presente y pegue la batería a la base usando la pistola de plástico. Quedará ubicada entre los tornillos de fijación del motor y la rueda libre.



11

Teniendo cuidado de que los cables provenientes de la batería no se toquen, conecte ésta a la bornera de alimentación. Los cables que vienen de la parte inferior del robot pueden sujetarse a la madera mediante grampas o pegarse con plástico.



www.reduserspremium.blogspot.com.ar

Una vez que haya completado las instrucciones del Paso a paso, colocamos la rueda libre utilizando dos tuercas (una de cada lado). Éstas permitirán ajustar la altura de la base respecto del piso. Si elevamos la parte trasera del robot, acercamos los sensores al piso; por el contrario, si bajamos la base, los sensores se alejan del piso. Esto permite ajustar la sensibilidad de los sensores junto con el potenciómetro.

Para colocar las ruedas, es recomendable que el eje del motor ajuste perfectamente en ella. Si no logra una sujeción firme, es recomendable utilizar bujes a medida. En algunas situaciones, los separadores de placas son una buena solución para usar como bujes.



Figura 2. Utilizando cinta aisladora de 2 cm de ancho de uso comercial, trazamos un circuito cerrado con curvas o cruces, para realizar pruebas de funcionamiento y detectar y corregir cualquier desperfecto que surja.



www.reduserspremium.blogspot.com.ar

El programa del robot

Como primer paso, analicemos los estados posibles de los sensores en función de la posición del robot sobre la línea. Para hacerlo,

tomemos los estados lógicos a las salidas de los sensores: la existencia de 5 V será un 1, y la ausencia o masa, un 0.

Tomando como punto de partida la **Tabla 1**, comenzaremos a construir el diagrama de flujo, que es el primer paso en la programación del microcontrolador. Antes de lanzarnos de lleno al programa, debemos elegir el lenguaje de programación, que podrá ser C o Assembler.

Comenzamos definiendo las entradas, las salidas, las variables por utilizar y los contenidos de los registros del microcontrolador. Una vez finalizada la configuración, el siguiente paso en el diagrama de flujo es la rutina por la cual el robot avanza. Como es sabido, al utilizar un **LS293**, tenemos dos líneas de control por motor, las cuales nos permitirán seleccionar el sentido de giro de cada uno en forma individual. Esta rutina tiene como comienzo el análisis del estado de los sensores ópticos y los bumpers.

En función del estado de los sensores, realizaremos el tipo de avance. Si el bit central (tercer bit) se encuentra activo, nos indica que el robot está centrado sobre la línea y puede avanzar a máxima velocidad (ambos motores giran en la misma dirección). Por el contrario, si el segundo o el **cuarto bit** están activos, significa que el robot se ha apartado del centro de la línea hacia la izquierda o derecha, respectivamente. Para corregir esta desviación, apagamos el motor del mismo lado en que se detectó la desviación. Como sólo un motor está encendido, el robot girará y llevará el centro sobre la línea. Cuando éste se active, ambos motores volverán a encenderse para producir un avance recto.



PROFESOR EN LÍNEA



Si tiene alguna consulta técnica relacionada con el contenido, puede contactarse con nuestros expertos: profesor@redusers.com

SITUACIÓN DE LOS SENSORES	
▼ ESTADO DE LOS SENSORES	▼ DESVÍOS RESPECTO DE LA LÍNEA NEGRA
00100	Centrado en el camino
00010	Pequeño desvío hacia la izquierda
00001	Gran desvío hacia la izquierda
01000	Pequeño desvío hacia la derecha
10000	Gran desvío hacia la derecha
00000	Pérdida o fin del camino

Tabla 1. Podemos observar los distintos estados de los sensores cuando el robot se aparta del camino (derecha o izquierda).

En el caso de una colisión, se desactivan los motores. El movimiento continuará cuando el camino quede liberado de la obstrucción. Si los sensores no detectan la línea, el robot no avanza.

Es posible incrementar la sensibilidad del robot evaluando los estados intermedios de los sensores.

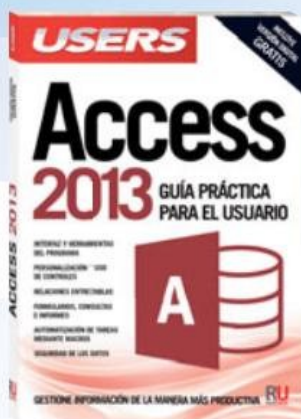
Por ejemplo: **00100,00110,00010,00011,00001** (este caso ilustra cómo el robot se aleja hacia la izquierda de la línea).



RESUMEN

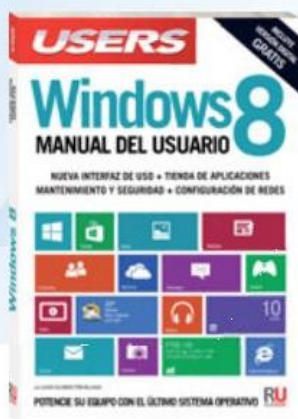


En este capítulo realizamos los cortes en la madera, para darle forma a la base del robot. Diseñamos el sistema de soporte para los motores de tracción y empleamos los conceptos desarrollados en capítulos anteriores para elaborar un sistema electrónico de gran flexibilidad. Para continuar armamos dos plaquetas electrónicas que controlan las funciones del robot y permiten hacer modificaciones al diseño.



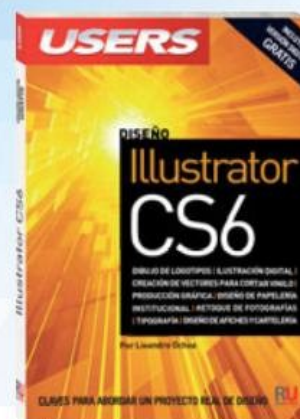
Simplifique tareas cotidianas de la manera más productiva y obtenga información clave para la toma de decisiones.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-17-5



Acceda a consejos indispensables y aproveche al máximo el potencial de la última versión del sistema operativo más utilizado.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-09-0



La mejor guía a la hora de generar piezas de comunicación gráfica, ya sean para web, dispositivos electrónicos o impresión.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-04-5



Aprenda a simplificar su trabajo, convirtiendo sus datos en información necesaria para solucionar diversos problemas cotidianos.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-08-3



Un libro ideal para ampliar la funcionalidad de las planillas de Microsoft Excel, desarrollando macros y aplicaciones VBA.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1949-02-1



El libro indicado para enfrentar los desafíos del mundo laboral actual de la mano de un gran sistema administrativo-contable.

→ 352 páginas / ISBN 978-987-1949-01-4



Un libro ideal para ampliar la funcionalidad de las planillas de Microsoft Excel, desarrollando macros y aplicaciones VBA.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1857-99-9



Un libro para maestros que busquen dinamizar su tarea educativa integrando los diferentes recursos que ofrecen las TICs.

→ 320 páginas / ISBN 978-987-1857-95-1



Libro ideal para introducirse en el mundo de la maquetación, aprendiendo técnicas para crear verdaderos diseños profesionales.

→ 352 páginas / ISBN 978-987-1857-74-6





CURSOS INTENSIVOS CON SALIDA LABORAL

Los temas más importantes del universo de la tecnología, desarrollados con la mayor profundidad y con un despliegue visual de alto impacto: explicaciones teóricas, procedimientos paso a paso, videotutoriales, infografías y muchos recursos más.



- » 25 Fascículos
- » 600 Páginas
- » 2 DVDs / 2 Libros

Curso para dominar las principales herramientas del paquete Adobe CS3 y conocer los mejores secretos para diseñar de manera profesional. Ideal para quienes se desempeñan en diseño, publicidad, productos gráficos o sitios web.

Obra teórica y práctica que brinda las habilidades necesarias para convertirse en un profesional en composición, animación y VFX (efectos especiales).

- » 25 Fascículos
- » 600 Páginas
- » 2 CDs / 1 DVD / 1 Libro



- » 25 Fascículos
- » 600 Páginas
- » 4 CDs

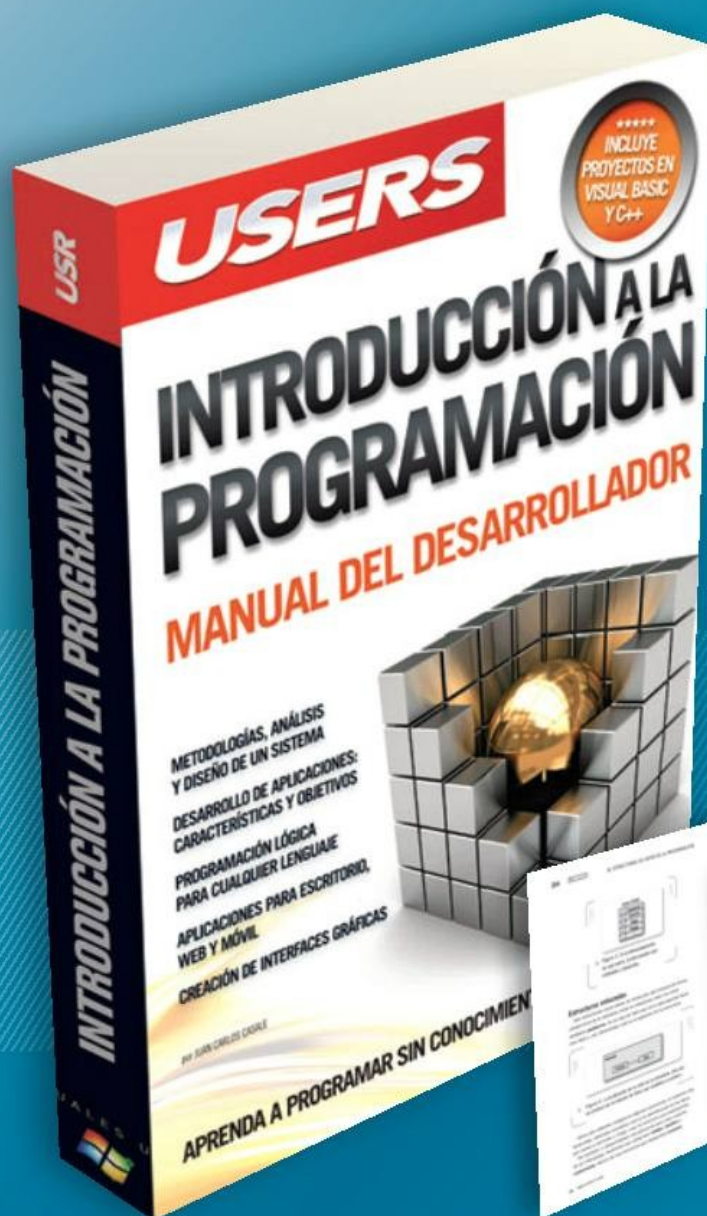
Obra ideal para ingresar en el apasionante universo del diseño web y utilizar Internet para una profesión rentable. Elaborada por los máximos referentes en el área, con infografías y explicaciones muy didácticas.

Brinda las habilidades necesarias para planificar, instalar y administrar redes de computadoras de forma profesional. Basada principalmente en tecnologías Cisco, busca cubrir la creciente necesidad de profesionales.

- » 25 Fascículos
- » 600 Páginas
- » 3 CDs / 1 Libro



**APRENDA A PROGAMAR SIN
CONOCIMIENTOS PREVIOS**



Un libro ideal para iniciarse en el mundo de la programación y conocer las bases necesarias para generar su primer software.

- » DESARROLLO
- » 384 PÁGINAS
- » ISBN 978-987-1857-69-2



www.reduserspremium.blogspot.com.ar



LLEGAMOS A TODO EL MUNDO VÍA >>OCA* Y DHL**

* SÓLO VÁLIDO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA // ** VÁLIDO EN TODO EL MUNDO EXCEPTO ARGENTINA

🌐 usersshop.redusers.com // ✉ usersshop@redusers.com

☎ +54 (011) 4110-8700

CONTENIDO

- 1 INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA:** nociones básicas de robótica, diferencias entre los distintos tipos de robots y funcionamiento de sus sistemas.
- 2 SISTEMAS DE LOCOMOCIÓN:** analizaremos las técnicas de control y los sistemas de propulsión para mover las articulaciones de los robots.
- 3 SENSORES PARA ROBÓTICA:** tipos de sensores que se usan para darle al robot la posibilidad de reconocer su ambiente de trabajo o zona de desplazamiento.
- 4 CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT SEGUIDOR:** construcción de un robot móvil capaz de seguir una línea negra sobre un fondo blanco.

ROBÓTICA

Los robots se encuentran tanto en líneas de producción como en proyectos de investigación, y su construcción y programación son tareas fascinantes para un técnico electrónico.

En esta obra realizaremos un completo recorrido a través de todos los conceptos básicos relacionados con la robótica, para así conocer la base del funcionamiento de los robots y entender sus alcances.

Analizaremos los tipos de robots existentes y conoceremos los sistemas de locomoción y los sensores que permiten que un robot interactúe con la información que extrae de su ambiente. Con toda esta información, construiremos un pequeño robot seguidor para poner en práctica lo aprendido.

EXCLUSIVO PARA LECTORES

Profesores en línea:
profesor@redusers.com

www.reduserspremium.blogspot.com.ar

