

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez



ARAÑA HEXÁPODA

Residencia Profesional

Ing. Electrónica

Asesor M. en C.
Raúl Moreno Rincón

Alumno: Víctor Hugo Colmenares Vela

Resumen:

La presente investigación, pretende realizar un prototipo de laboratorio de procesos de comportamiento de sistemas, el cual tendrá la forma de una araña hexápoda. Este prototipo se diseñara de tal manera que permitirá la programación de cada una de sus articulaciones (2 por cada pata) en forma libre e independiente para que los usuarios puedan programar su comportamiento en conjunto siguiendo algún esquema de inteligencia artificial como son las redes neuronales, la lógica difusa, las redes neuro-difusas, etc. y comprender la diferencia y ventajas entre ellas. Dicho prototipo contara también con un sistema de sensores del medio que lo rodea con la finalidad de que la programación que se le aplique le permita dar autonomía en la realización de una tarea completa.

Contenido del Capítulo I.- Se plantea las bases del diseño del proyecto, para entender el porqué de su realización, la finalidad y mencionando como darle solución a posibles problemáticas.

Contenido del Capítulo II.- En este capítulo se hace mención detallada de cada uno de los componentes involucrados en el proyecto, además se presentan los diversos tipos de estos que existen actualmente en el mercado y su funcionamiento de cada uno.

Contenido del Capítulo III.- En este capítulo podremos ver el funcionamiento del proyecto así como todo el material necesario para su realización.

Contenido del Capítulo IV.- Explicación de los resultados del proyecto, los logros obtenidos así como los problemas encontrados durante su funcionamiento.

INDICE

Titulo	Pág.
Índice	2
Capítulo 1	
1.1. Introducción.....	4
1.2. Justificación.....	4
1.3. Objetivo.....	5
1.4. Hipótesis.....	5
1.5. Alcances y limitaciones.....	5
1.6. Planteamiento del problema.....	6
1.7. Metodología.....	6
Capítulo 2.- Marco Teórico	
2.1. Arduino.....	8
2.2. Servomotores.....	12
2.2.1. Funcionamiento.....	12
2.3. Sensores.....	13
2.3.1. Infrarrojos.....	14
2.3.2. Reflectivos.....	15
2.3.3. Ultrasónicos.....	15
2.3.4. Sensores de aceleración.....	16
2.3.5. Sensores de posición.....	17
2.3.6. Sensores fotoeléctricos.....	17
2.4. Batería eléctrica.....	18
2.4.1. Batería de plomo-ácido.....	18
2.4.2. Pila alcalina.....	19
2.4.3. Baterías de Níquel-Hierro.....	19
2.4.4. Baterías alcalinas de Manganeso.....	19
2.4.5. Baterías de Níquel-Cadmio.....	19
2.4.6. Baterías de Níquel-Hidruro-Metálico.....	20
2.4.7. Baterías de Iones-Litio.....	20
2.4.8. Bacterias de polímero Litio.....	20
2.5. Clasificación de robots con patas.....	27
2.5.1. Robots con una sola pata.....	27
2.5.2. Robots de cuatro patas.....	28
2.5.3. Robots de seis patas.....	28
2.5.3.1. Servomotores en el robot hexápodo.....	29
2.5.3.2. Locomoción.....	29
2.5.3.3. Movimiento de las patas.....	30
2.5.3.4. Corrección de error en una pata.....	30
Capítulo 3.- Desarrollo del proyecto	
3.1. Diagramas de funcionamiento.....	31
3.1.1 Diagrama a bloques.....	31
3.1.2 Diagrama de flujo.....	32
3.2 Explicación del comportamiento.....	33
3.2.1 Locomoción del robot.....	34

3.3 Circuitos de cada bloque.....	36
Capítulo 4	
4.1 Resultados.....	40
4.2 Pruebas dinámicas.....	40
4.3 Conclusión.....	42
Bibliografía.....	43
Anexos.....	44

Capítulo 1

1.1 Introducción

Desde los años 80 el desarrollo de robots a patas han surgido como una alternativa a los vehículos con ruedas, debido a la gran variedad de terrenos a los que pueden acceder, esto puede observarse en la naturaleza, viendo como los animales han podido adaptarse a terrenos difíciles o inestables.

El sistema de locomoción hexápodo ofrece mayor versatilidad que los robots móviles a ruedas, el desarrollo de este tipo de sistema de locomoción se vio obstaculizado en un principio por la complejidad inherente a la coordinación de las patas, ya sea para mantener el equilibrio de la estructura como para desplazarse, esta complejidad necesita una alta capacidad de cálculo aplicando técnicas de control clásico, sin embargo con el avance de la microelectrónica se ha hecho posible el acceso a recursos computacionales que hacen viable la implementación de este tipo de sistemas.

1.2 Justificación

En la actualidad se desarrollan proyectos referentes a la automatización, control y robótica, ésta última analiza el funcionamiento y movimiento de robots articulados móviles.

En estos momentos Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez no tiene entre sus antecedentes académicos el desarrollo de movimiento de robots articulados tipo hexápodo (Robots con patas) debido a esto, el punto de referencia respecto a estas topologías es limitado. Con este proyecto se pretende dar inicio a la investigación de los métodos para la planeación de trayectorias en dos dimensiones aplicadas a estos robots, incluyendo la detección y evasión de obstáculos en un terreno.

Otro motivo por el cual decidimos realizar dicho proyecto es para comprobar algunos conocimientos que hemos adquirido a lo largo de nuestras vidas los cuales se ven reflejados en el diseño de la estructura de la araña así como el control del mismo.

1.3 Objetivo

General: Diseñar y Construir un prototipo de araña hexápoda con la capacidad de permitir la programación en forma libre e independiente de sus articulaciones y de verificar el medio que lo rodea a través de sensores.

Específicos:

- Proponer una estructura mecánica sencilla que cumpla con las necesidades electrónicas como la distribución de espacio para la ubicación de elementos, soporte de los mismos y equilibrio en el peso, sin olvidar su propósito mecánico.
- Construir el sistema mecánico con 6 patas y 2 articulaciones en cada una de ella.
- Seleccionar e implementar los sensores adecuados para confiar las acciones requeridas en la adecuada respuesta del robot durante la ejecución de un evento.
- Ensamblar los circuitos al funcionamiento de la estructura mecánica, sin entorpecer la actuación independiente de cada uno de ellos para un constante escaneo del territorio sin interrupciones.
- Construir la etapa de control basada en un Arduino para el movimiento de los motores y la lectura de los sensores.

1.4 Hipótesis

Diseñando un sistema electromecánico, con el uso de servomotores para tener libertad de movimiento, apoyado con la programación y comandos de un arduino, se puede lograr un robot hexápodo capaz de imitar el movimiento de una araña y evadir cualquier obstáculo.

1.5 Alcances y limitaciones

Alcances

- La araña está diseñada para detectar obstáculos y evadirlos haciendo pasar el mando a la parte trasera y re direccionar su movimiento.
- Debido a su estructura es capaz de desplazarse en cualquier tipo de terreno.

Limitaciones

- El terreno de trabajo del robot será regular, donde los obstáculos menores a 5 cm. de diámetro serán sobrepasados y los de mayor tamaño serán esquivados por el hexápodo
- Se tendrá un control general sobre el movimiento de las extremidades del robot mediante el empleo de solo dos motores para la marcha de seis patas.
- La detección de eventos se realizará siempre y cuando exista línea de vista entre el hexápodo y el objetivo (intruso).

1.6 Planteamiento del problema

¿Es posible diseñar un robot con patas que imite el movimiento de una araña y tome la decisión más viable para evadir obstáculos, mediante la implementación de un dispositivo de programación?

1.7 Metodología

1. Se hará una búsqueda bibliográfica extensa para definir las características principales de la estructura electromecánica a diseñar de tal forma que se asegure su flexibilidad y robustez.
2. Una vez terminado el diseño de la estructura mecánica se realizara su construcción. Aquí se determinaran las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de materiales existentes, así como del tamaño y forma.
3. Ya construida la estructura electromecánica, se diseñara el sistema de control de motores. Aquí se determinaran las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de motores que existen para cada uno de ellos. Por qué se requieren los más eficientes.
4. A continuación se diseñara el sistema de sensado. Se determinaran las ventajas y desventajas para los diferentes tipos de sensores que existen para delimitar la posición y el estado del sistema electromecánico; posteriormente se seleccionarán los de mayor eficiencia.

5. Se diseñara el CPU para el control automático del sistema. Ya elegidos los tipos de motores a implementar se desarrollara en base a estos la etapa de control programable para ello.
6. Pruebas del sistema completo y conclusiones.

Capítulo 2.- Marco teórico

2.1. Arduino

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque que es ejecutado en la placa.

Desde octubre de 2012, Arduino se usa también con microcontroladoras CortexM3 de ARM de 32 bits, que coexistirán con las más limitadas, pero también económicas AVR de 8 bits. ARM y AVR no son plataformas compatibles a nivel binario, pero se pueden programar con el mismo IDE de Arduino y hacerse programas que compilen sin cambios en las dos plataformas.

Arduino se puede utilizar para desarrollar objetos interactivos autónomos o puede ser conectado a software tal como Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data). Las placas se pueden montar a mano o adquirirse. El entorno de desarrollo integrado libre se puede descargar gratuitamente.

Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales, puede controlar luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un computador.

Fig. 2.1 Tablas de especificaciones de distintos tipos de placas de arduino.

Modelo	Microcontrolador	Voltaje de entrada	Voltaje del sistema	Frecuencia de Reloj	I/O	Entradas Analógicas	PWM	Memoria Flash
ArduinoDue	AT91SAM3X8E	5-12V	3,3V	84MHz	54*	12	12	512Kb
Arduino Leonardo	ATmega32U4	7-12V	5V	16MHz	20*	12	7	32Kb
Arduino Uno - R3	ATmega328	7-12V	5V	16MHz	14	6	6	32Kb
RedBoard	ATmega328	7-15V	5V	16MHz	14	6	6	32Kb
Arduino Uno SMD (descontinuado)	ATmega328	7-12V	5V	16MHz	14	6	6	32Kb
Arduino Uno (descontinuado)	ATmega328	7-12V	5V	16MHz	14	6	6	32Kb
ArduinoDuemilanove (descontinuado)	ATmega328	7-12V	5V	16MHz	14	6	6	32Kb
Arduino Bluetooth (descontinuado)	ATmega328	1,2-5,5V	5V	16MHz	14	6	6	32Kb
Arduino Pro 3.3V/8MHz	ATmega328	3,35 - 12V	3,3V	8MHz	14	6	6	32Kb
Arduino Pro 5V/16MHz	ATmega328	5 - 12V	5V	16MHz	14	6	6	32Kb
Ethernet Pro (descontinuado)	ATmega328	7-12V	5V	16MHz	14	6	6	32Kb

Arduino Mega 2560 R3	ATmega2560	7-12V	5V	16MHz	54	16	14	256Kb
Arduino Mega 2560 (descontinuado)	ATmega2560	7-12V	5V	16MHz	54	16	14	256Kb
Arduino Mega (descontinuado)	ATmega1280	7-12V	5V	16MHz	54	16	14	128Kb
Mega Pro 3.3V	ATmega2560	3,3-12V	3,3V	8MHz	54	16	14	256Kb
Mega Pro 5V	ATmega2560	5-12V	5V	16MHz	54	16	14	256Kb
Arduino Mini 04 (descontinuado)	ATmega328	7-9V	5V	16MHz	14	6	8	32Kb
Arduino Mini 05	ATmega328	7-9V	5V	16MHz	14	6	8	32Kb
Arduino Pro Mini 3.3V/8MHz	ATmega328	3,35-12V	3,3V	8MHz	14	6	6	32Kb
Arduino Pro Mini 5V/16MHz	ATmega328	5 - 12V	5V	16MHz	14	6	6	32Kb
Arduino Fio	ATmega328P	3,35-12V	3,3V	8MHz	14	8	6	32Kb
Mega Pro Mini 3.3V	ATmega2560	3,3-12V	3,3V	8MHz	54	16	14	256Kb
Pro Micro 5V/16MHz	ATmega32U4	5-12V	5V	16MHz	12	4	5	32Kb
Pro Micro 3.3V/8MHz	ATmega32U4	3,35-12V	3,3V	8MHz	12	4	5	32Kb

Los modelos ArduinoDiecimila, ArduinoDuemilanove y Arduino Mega están basados en los microcontroladores ATmega168, ATmega328 y ATmega1280

	ATmega168	ATmega328	ATmega1280
Voltaje operativo	5 V	5 V	5 V
Voltaje de entrada recomendado	7-12 V	7-12 V	7-12 V
Voltaje de entrada límite	6-20 V	6-20 V	6-20 V
Contactos de entrada y salida digital	14 (6 proporcionan PWM)	14 (6 proporcionan PWM)	54 (14 proporcionan PWM)
Contactos de entrada analógica	6	6	16
Intensidad de corriente	40 mA	40 mA	40 mA
Memoria Flash	16KB (2KB reservados para el bootloader)	32KB (2KB reservados para el bootloader)	128KB (4KB reservados para el bootloader)
SRAM	1 KB	2 KB	8 KB
EEPROM	512 bytes	1 KB	4 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz	16 MHz	16 MHz

2.2. Servomotores.-



Fig. 2.2 Diseño físico del servo.

Un Servo es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado. Este puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Con tal de que una señal codificada exista en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje.

Cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia. En la práctica, se usan servos para posicionar superficies de control como el movimiento de palancas, pequeños ascensores y timones. Ellos también se usan en radio control, títeres, y por supuesto, en robots.

Los Servos son sumamente útiles en robótica. Los motores son pequeños, tiene internamente una circuitería de control interna y es sumamente poderoso para su tamaño. Un servo normal o Standard como el HS-300 de Hitec tiene 42 onzas por pulgada o mejor 3kg por cm. De torque que es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas.

2.2.1. Funcionamiento.-

El motor del servo tiene algunos circuitos de control y un potenciómetro (una resistencia variable) esta es conectada al eje central del servo motor. En la figura se puede observar al lado derecho del circuito. Este potenciómetro permite a la circuitería de control, supervisar el ángulo actual del servo motor. Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está apagado. Si el circuito chequea que el ángulo no es el correcto, el motor girará en la dirección adecuada hasta llegar al ángulo correcto. El eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados. Normalmente, en algunos llega a los 210 grados, pero varía según el fabricante. Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180.

La cantidad de voltaje aplicado al motor es proporcional a la distancia que éste necesita viajar. Así, si el eje necesita regresar una distancia grande, el motor regresará a toda velocidad. Si este necesita regresar sólo una pequeña cantidad, el motor correrá a una velocidad más lenta. A esto se le llama control proporcional.



Fig. 2.3 Componentes internos de un servomotor.

2.3. Sensores.

Un sensor, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR etc. todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.

La evolución de la robótica está sujeta al desarrollo de nuevos capaces de medir magnitudes que, hasta ahora no somos capaces de cuantificar, y en la mejora de los sensores, siendo estos cada vez más precisos en sus medidas. Por ello, la investigación en el campo del desarrollo de sensores, es de vital importancia en el mundo de la robótica.

Para construir un robot que actúe ante el medio en el que se encuentra, es decir, que salve obstáculos, o realice funciones específicas, como recoger muestras, etc... Se hace indispensable el uso de sensores. Estos aportarán la información necesaria a la CPU y al algoritmo de control, para que el robot desarrolle su función correctamente, como pueden ser sensores de contacto, de visión, de proximidad o distancia.



Fig.2.3 Tipos de sensores.

2.3.1. Infrarrojos



Fig.2.4 sensor infrarrojo.

Sensor basado en el dispositivo SHARP IS471 F inmune a interferencias de luz normal. Este sensor incorpora un modulador/demodulador integrado en su carcasa y a través de su patilla 4 controla un diodo LED de infrarrojos externo, modulando la señal que este emitirá, para ser captada por el IS471F que contiene el receptor.

Cuando un objeto se sitúa enfrente del conjunto emisor / receptor parte de la luz emitida es reflejada y demodulada para activar la salida en la patilla 2 que pasara a nivel bajo si la señal captada es suficientemente fuerte.

El uso de luz IR modulada tiene por objeto hacer al sensor relativamente inmune a las interferencias causadas por la luz normal de una bombilla o la luz del sol.

2.3.2. Reflectivos



Es un pequeño dispositivo con forma de cubo y cuatro patitas que aloja en su interior un diodo emisor de infrarrojos que trabaja a una longitud de onda de 950 nm. y un fototransistor (recetor) estando ambos dispuestos en paralelo y apuntando ambos en la misma dirección, la distancia entre emisor y receptor es de 2.8 mm y están separados del frontal del encapsulado por 1 mm.

Fig. 2.5 sensor Reflectivo.

Funcionamiento: El fototransistor conducirá más, contra más luz reflejada del emisor capte por su base. La salida de este dispositivo es analógica y viene determinada por la cantidad de luz reflejada, así pues para tener una salida digital se podría poner un disparador Trigger Schmitt y así obtener la salida digital pero esto tiene un problema, y es que no es ajustable la sensibilidad del dispositivo y los puntos de activación de histéresis distan algunos mili voltios uno del otro.

2.3.3. Ultrasónicos



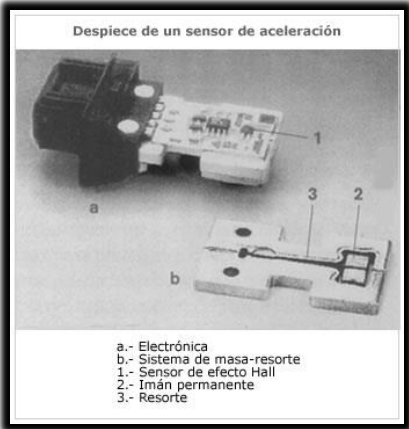
Los sensores de ultrasonidos son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias de hasta 8m. El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son elaboradas en el aparato de valoración.

Fig.2.6 sensor ultrasónico.

Estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, colores, superficies y de diferentes materiales. Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos, sin embargo han de ser deflectores de sonido. Los sensores trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir, se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco.

2.3.4. Sensores de aceleración

Este tipo de sensores es muy importante, ya que la información de la aceleración sufrida por un objeto o parte de un robot es de vital importancia, ya que si se produce una aceleración en un objeto, este experimenta una fuerza que tiende a hacer poner el objeto en movimiento.



Supongamos el caso en que un brazo robot industrial sujeta con una determinada presión un objeto en su órgano terminal, si al producirse un giro del mismo sobre su base a una determinada velocidad, se provoca una aceleración en todo el brazo, y en especial sobre su órgano terminal, si esta aceleración provoca una fuerza en determinado sentido sobre el objeto que sujeta el robot y esta fuerza no se ve contrarrestada por otra,

Fig. 2.7 sensor de aceleración.

se corre el riesgo de que el objeto salga despedido del órgano aprehensor con una trayectoria determinada, por lo que el control en cada momento de las aceleraciones a que se encuentran sometidas determinadas partes del robot son muy importantes.

Tabla 2.8 Sensores de aceleración y de vibraciones	
Aplicación	Campo de medición
Regulación contra la detonación	1....10g
Protección de los pasajeros - Airbag, tensor de cinturón - Arco contra el vuelco - Bloqueador de cinturón	50g 4g 0,4g
ABS, ESP	0,8g.....1.2g
Regulación del tren de rodaje: - Carrocería - Eje	1g 10g

2.3.5. Sensores de posición

Son sensores que se basan en la medida de los ángulos. Constan de un disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí, que se coloca en el eje. También constan de un diodo emisor de luz y un elemento fotosensible que actúa como receptor.

Funcionamiento: A medida que el eje va girando, la luz emitida por el por el diodo emisor pasa por las marcas que hay en el disco, esto provoca una serie de pulsos de luz, que llegan a los receptores. Para cada ángulo el encoder lleva una codificación que indica la posición en la que se encuentra y otra para el paso por cero.

2.3.6. Sensores fotoeléctricos

Un sensor fotoeléctrico o fotocélula es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de sensado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida.

El sensor de luz más común es el LDR -Light Dependant Resistor o Resistor dependiente de la luz-.Un LDR es básicamente un resistor que cambia su resistencia cuando cambia la intensidad de la luz. Existen tres tipos de sensores fotoeléctricos, los sensores por barrera de luz, reflexión sobre espejo o reflexión sobre objetos.

2.4. Batería eléctrica

Se denomina batería, batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente acumulador, al dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en electricidad. Cada celda consta de un electrodo positivo, o ánodo y un electrodo negativo, o cátodo y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos, facilitando que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo su función.

Las baterías vienen en muchas formas y tamaños, desde las celdas en miniatura que se utilizan en audífonos y relojes de pulsera, a los bancos de baterías del tamaño de las habitaciones que proporcionan energía de reserva a las centrales telefónicas y ordenadores de centros de datos.

2.4.1. Baterías de Plomo-acido.-

Este tipo de baterías están conformadas por dos electrodos de plomo, y suele utilizarse en los automóviles.

Con respecto a su funcionamiento, en el proceso de carga, el sulfato de plomo se convierte en plomo metal en el cátodo o polo negativo. Por otra parte, en el polo positivo o ánodo se produce la formación de óxido de plomo.

En el proceso de descarga, los procesos mencionados anteriormente se llevan a cabo de forma invertida. De esta manera el óxido de plomo se reduce a sulfato de plomo, y en el ánodo el plomo comienza a oxidarse, convirtiéndose en sulfato de plomo.

Sin embargo este tipo de transformación no puede ser repetido de manera indefinida. Luego de un tiempo, el sulfato de plomo forma cristales, y no es posible realizar el proceso de manera reversible. Es en ese momento cuando la batería se ha sulfatado y ya no es posible volver a emplearla.

2.4.2. Pila alcalina.-

Esta clase de pilas están formadas por cloruro de sodio o de potasio. Cuentan con potencia y corriente de gran estabilidad debido a la amplia movilidad de los iones a través del electrolito.

Las pilas alcalinas están blindadas con el propósito de que no se viertan los componentes de la misma.

2.4.3. Baterías de Níquel-hierro (NI-FE):

Esta clase de baterías fue desarrollada por Edison a principios del siglo XX. Se conformaba por filas de tubos compuestos por acero niquelado, los cuales contenían hidróxido de níquel. El polo positivo contenía acero niquelado con polvo de óxido ferroso. Las baterías de níquel son de fabricación simple, bajo costo y pueden sobrecargarse o descargarse reiteradas veces sin por ello perder su capacidad.

2.4.4. Baterías Alcalinas de Manganeso.-

Son similares a las pilas alcalinas, con la excepción de que están conformadas por hidróxido de potasio. Su envoltura es de acero y el zinc es polvo ubicado en el centro.

Las baterías alcalinas de manganeso tienen un valor elevado y se emplean en máquinas de mayor consumo de energía como juguetes con motor.

2.4.5. Baterías de Níquel-Cadmio (NI-CD).-

Ésta clase de batería funciona a partir de un ánodo de cadmio y un cátodo compuesto por hidróxido de níquel. Por su parte, el electrolito se conforma de hidróxido de potasio. Pueden ser recargadas una vez gastadas, aunque disponen de poca capacidad.

2.4.6. Baterías de Níquel-Hidruro-Metálico (NI-MH):

Emplean un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo compuesto por una aleación de hidruro metálico. Son reacias al contacto con las bajas temperaturas, disminuyendo en gran parte su eficacia.

2.4.7. Baterías de Iones Litio (LI-ION):

Dispone de un ánodo de grafito, mientras que el cátodo funciona a partir de óxido de cobalto, óxido de manganeso o trifilina. No permiten la descarga y son capaces de alcanzar potencias elevadas. Sin embargo se ven afectadas por los cambios de temperatura.

2.4.8. Baterías de Polímero Litio (LIPO):

Cuentan con características análogas a las baterías de iones de litio, aunque su densidad es mayor. Son de tamaño reducido por lo que suelen utilizarse en pequeños equipos.

Conceptos básicos en las baterías LiPo: Tensión, capacidad, descarga y conexión de elementos



Fig.2.9 Batería de LiPo

Nomenclatura

Lo primero que debemos conocer es la nomenclatura que se utiliza en baterías LiPo. La forma de denominar a estas baterías es con un número que indica el número de elementos o celdas de que consta y una letra que indica el tipo de conexión de dichos elementos (S para serie y P para paralelo).

Ejemplos:

3S1P o 3S : Pack de 3 celdas en serie

3S2P: Pack de 3 celdas en serie conectadas en paralelo a otro conjunto de 3 celdas en serie

Dependiendo de cómo conectemos las celdas que componen la batería tendremos más o menos nivel de tensión. Las celdas se pueden conectar de dos formas, en serie o en paralelo. Cada elemento o celda tiene un voltaje de 3.7V de valor nominal, vamos a ver cómo varía este valor dependiendo del tipo de conexión que realicemos.

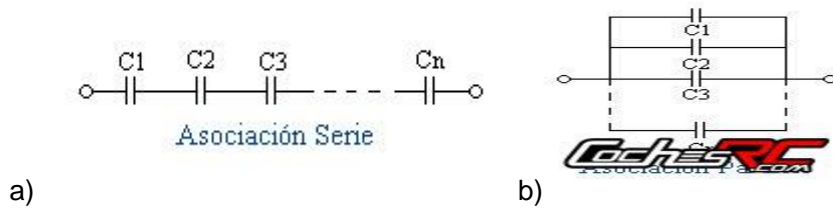


Fig. 2.10 Conexiones en serie y paralelo de las baterías

Conexión en serie

Cuando conectamos en serie un número “N” de celdas, por todas ellas circula la misma intensidad. Como todas las celdas son además iguales, la caída en bornes del conjunto o pack será la suma de N tensiones iguales. De forma que podemos decir, que el conectar N celdas iguales en serie, es igual a multiplicar por N el valor de la tensión de una celda.

Por ejemplo, si tenemos una Lipo 3S1P, que según hemos visto, quiere decir que tenemos 3 Celdas en serie; la tensión en bornes del pack será de $3 \times 3.7V = 11,1$ Voltios.

Conexión en paralelo

Las celdas también se pueden conectar en paralelo. Lo que ocurre en la conexión en paralelo de varias celdas, es que los extremos de cada celda están conectados eléctricamente a un mismo punto eléctrico, es decir, todos los extremos positivos de las celdas son como un mismo punto eléctrico y los negativos también, por lo que la tensión entre ambos extremos del conjunto de celdas en paralelo, es la misma que la de una sola celda.

Por ejemplo, si tenemos tres celdas con conexión en paralelo, la tensión en bornes del pack será de 3.7V (lo mismo que si tenemos 1 celda).

Además, la corriente eléctrica que circula por cada elemento de las conexiones en paralelo no es la que circula por todos, sino que cada elemento es recorrido por una intensidad determinada. No obstante, en el caso de las baterías los elementos a conectar en paralelo deben ser iguales, y por lo tanto, en este caso las intensidades que recorren cada uno de los elementos tendrán además el mismo valor.

Capacidad:

La capacidad es un parámetro que nos indica la cantidad de energía que puede llegar a almacenar nuestra batería, y se mide en miliamperios hora (mAh). Al igual que ocurre con los niveles de tensión, también se puede jugar con los tipos de conexiones para hacer que un paquete con cierto número de celdas tenga mayor o menor capacidad.

Ejemplos:

Si lo que se quiere es aumentar el nivel de tensión se deben aumentar el número de celdas conectadas en serie, y si lo que se quiere es aumentar la capacidad del conjunto, se deben aumentar el número de celdas conectadas en paralelo.

Por ejemplo si tenemos una batería 6S1P o 6S (significa que tenemos seis celdas en serie), tendríamos una tensión de 22.2 voltios para el conjunto. Si en cambio tenemos una conexión 3S2P, tendremos igualmente 6 celdas, pero esta vez con tres celdas en serie conectadas a otra serie de 3 celdas en paralelo; en este caso, tendremos una tensión de 11.1V para el conjunto pero la capacidad será el doble de la del caso anterior.

Con este ejemplo vemos cómo afectan las conexiones en los valores de los parámetros, para un número igual de celdas, 6 en ambos casos. Comentar que para realizar las conexiones bien en serie o en paralelo, se deben conectar elementos que estén equilibrados y que sean iguales. Cuando se quiera fabricar un pack que vaya a contener tanto conexiones en serie como en paralelo, empezar con las de paralelo y terminar con las de serie; de esta forma los elementos en paralelo estarán equilibrados

Velocidad de descarga:

La conocida velocidad de descarga, podríamos definirla como la rapidez con la que la batería se puede descargar de forma segura, es decir, la cantidad de amperios que la batería nos puede suministrar durante una hora de forma continuada, y que normalmente viene expresada en referencia a su capacidad, como 15C, 20C, etc.

Por ejemplo si la batería es 1C y 2200mAh, quiere decir que es capaz de suministrar 2.2 amperios en una hora. Si a esta batería le pedimos el doble de intensidad (4.4 amperios), se descargaría en media hora, si le pedimos 8,8A se descargaría en 15 minutos y así sucesivamente. Otro ejemplo, si tenemos una Lipo de 7,4V, 5000mAh y 10C; sería capaz de darnos 10*5 amperios, es decir, 50 amperios; pero suministrando esta corriente de consumo nos duraría 6 minutos.

Pero cuidado, a la batería no le podemos exigir la corriente que queramos aun a costa de que dure menos tiempo, tal y como estamos comentando, este parámetro facilitado por el fabricante nos delimita la intensidad máxima que le podemos pedir.

Duración de la batería.

Para saber el tiempo que dura una batería teóricamente, conocida su capacidad y su velocidad de descarga (y suponiendo que el consumo que le vamos a exigir es este valor máximo de descarga de forma continua); tenemos la siguiente relación que nos da una primera aproximación:

Tiempo (min) = Capacidad de la batería (Amp*min) / Velocidad de descarga (Amp)

Es decir, en el ejemplo anterior, tenemos una batería con capacidad de 5000mAh, es decir, dividiendo entre 1000 para pasar a Ah, tenemos capacidad de 5Ah. Estos 5Ah multiplicados por 60 minutos que tiene 1 hora, nos da 300A*min.

Por otra parte, la velocidad de descarga hemos dicho que es 10C, es decir, $10 \cdot 5A$ que es igual a 50A.

Luego el tiempo que nos dura la batería suministrando esta corriente de consumo máxima es:

$$T = 300A \cdot \text{min} / 50A = 6 \text{ minutos}$$

Todo esto claro está, es una corriente máxima teórica que la batería es capaz de suministrar; luego está la corriente que realmente suministra la batería en cada momento en función de lo que solicitemos de ella, ya que la carga o el consumo no es constante todo el tiempo; y además sería inviable que la batería estuviera entregando de forma continua su corriente máxima en todo momento.

Por este motivo, el tiempo calculado con la expresión anterior siempre es menor que lo que realmente suele durar, y además, ese resultado no tiene en cuenta factores como por ejemplo que la batería no debe descargarse completamente por razones de seguridad y aparte existen pérdidas de potencia eléctrica “por el camino” por diferentes elementos del sistema.

Por lo tanto, para saber qué batería elegir, debemos ver primero qué carga tenemos (motor, etc...) y ver qué corriente va a necesitar durante su funcionamiento. El consumo máximo de la carga debe ser menor que la corriente máxima continua que es capaz de suministrar la batería; y aparte, deberíamos prever cierto margen de seguridad.

Por otra parte también está el tiempo que queremos que nos dure. Con el valor de la corriente anterior y el tiempo de duración estimado, podemos ver qué batería cumple ambos requisitos.

Equilibrado en un batería

Cuando se habla de un conjunto de celdas para una batería. Si la batería está compuesta por una única celda, se carga esta celda con la fuente de energía correspondiente al nivel de tensión adecuado y no hay mayor problema.

Pero cuando tenemos un conjunto de celdas conectadas; puede pasar que durante el proceso de carga unas queden más cargadas que otras, o alcancen estos niveles de tensión a mayor velocidad que las celdas contiguas. Cuando una celda está ya cargada y el resto no, la

cantidad “extra” de energía que le llega la convierte en calor (por eso es normal algunas veces que al cargar varios elementos haya algunos que al final estén más calientes que otros). El problema más grave es si se trata de baterías Lipo, ya que si les seguimos incrementando el nivel de energía una vez cargadas puede derivar en un accidente, aparte de que estas sobrecargas contribuyen a dañar la batería.

Este es el motivo por el que interesa ver el nivel de tensión de cada elemento durante el proceso de carga; y ver si es necesario descargar algún elemento mientras se termina de cargar el resto. A este procedimiento es al que se denomina balanceo.

Desequilibrio

Para saber si un pack de baterías LiPo está desequilibrado basta con medir con un voltímetro, la tensión en bornes de cada elemento de ese pack, cuando el pack está cargado. Si existe una diferencia superior a 0,1V entre elementos entonces se considera que hay desequilibrio.

El desequilibrio también puede darse cuando hay en el pack algún elemento que ya está defectuoso. Normalmente se intenta recuperar el pack realizando un equilibrado de sus elementos, pero en estos casos y teniendo en cuenta el cuidado que hay que tener en la manipulación de estas baterías, es preferible no hacerlo y desechar el elemento defectuoso.

¿Qué es la Pasivación?

La pasivación es un efecto que se produce en la batería cuando se ha tenido sin utilizar durante bastante tiempo, y que consiste en una fina película de cloruro de litio que se forma en la superficie del ánodo (evita la autodescarga, así que durante el tiempo que no se utiliza es incluso beneficioso porque actúa como una resistencia ante la descarga).

La pasivación no es algo negativo, como hemos dicho, es lo que hace que estas baterías tengan baja auto-descarga; lo que ocurre es que cuando se ha inutilizado por un periodo de tiempo muy prolongado, la capa puede ser lo suficientemente gruesa como para hacer que la batería no nos de sus máximas prestaciones; por lo que antes de volver a utilizarla de nuevo es necesario disminuir esta capa hasta un límite que sea moderado.

El que se forme una capa mayor o menor cuando ha estado guardada, depende de la propia batería (sus características) y también de otros factores como:

- El tiempo que ha estado sin usar (cuanto más tiempo más capa)
- La temperatura a la que se ha guardado (a mayor temperatura más capa)
- La tensión de la batería (a mayor tensión, más rápido se forma la capa)

Para ir reduciendo este fenómeno, se deben realizar varios ciclos de carga y descarga (dependiendo del grosor de la película que se haya creado).

Formas de deshacerse de una batería de estas características:

- Descargar la batería hasta 2.5V por elemento
- Sumergir la batería en un recipiente con agua y echar sal normal
- Dejar reposar durante 24 horas
- Sacar la batería y comprobar que el voltaje es de cero voltios.
- Intentar tirarla siempre en un contenedor de baterías.

2.5. Robótica: Clasificación de robots con patas

Clasificación general



Fig. 2.11.- Algunos ejemplos según el número de patas:

2.5.1. Robots de una sola pata:

Este Robot desarrollado en el Laboratorio Nacional Sandia (EE UU) da saltos de hasta 7 metros de altura. El dispositivo Va equipado de un compás interno que le permite orientarse correctamente y un pistón accionado por un pequeño motor se encarga de empujar firmemente contra el suelo, consiguiendo un gran impulso.

Según sus diseñadores, puede elevarse hasta 4000 Veces y recorrer hasta 7Km antes de acabarse su combustible, puede ser equipado con micro cámaras y ser lanzado a terrenos difíciles de explorar.

Capaces de caminar como los humanos Los robots de la serie BIPER, diseñados en la Universidad de Tokio, pueden caminar lateralmente, avanzar y retroceder, simulando más o menos aproximadamente el modo de andar humano. Actualmente se están desarrollando androides.

2.5.2. Robots de cuatro patas:

En el Instituto Tecnológico de Tokio fue construido un vehículo de cuatro patas dotado de sensores táctiles y detector de posturas. Cada pata tiene 3 grados de libertad. El control se realiza desde un microordenador que asegura la existencia de un triángulo de apoyo sobre 3 de las patas continuamente, para no perder el equilibrio.

2.5.3. Robot de seis patas:

El hexápodo consta de seis patas dispuestas paralelamente en una estructura o chasis, las cuales se mueven dos a dos, gobernadas por un microcontrolador. Estos robots pueden ser más o menos complejos dependiendo de los grados de movilidad de sus patas y de los obstáculos que se quieran sortear, teniendo así que dotar al robot de sensores y crear una aplicación software complejo. Hay muchos modelos diferentes, diferenciándose sobre todo en el tipo de patas empleadas.



Fig. 2.12 Prototipo electromecánico de un robot hexápodo.

Un robot hexápodo es un vehículo mecánico que camina sobre seis patas. Dado que un robot puede ser estáticamente estable en tres o más patas, un robot hexápodo tiene una gran flexibilidad para moverse.

Si las piernas se incapacitan, el robot puede aún ser capaz de caminar. Además, no se necesitan todas las piernas del robot para la estabilidad, las otras patas son libres de llegar a nuevas colocaciones de los pies o manipular una carga útil. Muchos robots hexápodos son biológicamente inspirados en la locomoción Hexápoda. Los hexápodos pueden ser utilizados para probar teorías biológicas sobre la locomoción de insectos, el control motor y la neurobiología. Los diseños hexápodos varían de acuerdo a la pierna. Los insectos robots de inspiración suelen ser lateralmente simétricos, como el robot RISE en el Carnegie Mellon. Un hexápodo radialmente simétrico es el robot ATLETA en el JPL.

Los hexápodos son controlados por los aires, que permiten que el robot se mueva hacia adelante, a su vez y tal vez dar pasos al lado. Algunos de los aires más comunes son los siguientes:

1. Alternando trípode: 3 patas en el suelo a la vez.
2. Cuadrúpedo.
3. Rastreo: mover una sola pierna a la vez.

Servomotores en el robot hexápodo.

Los servomotores se mueven a diferentes posiciones, se componen básicamente de un motor de corriente continua, engranajes, un sensor de posición y electrónica para controlar el motor. Suelen estar limitados a 180 grados. Se controlan con una onda con una serie de pulsos modulados en anchura de pulsos.

La anchura (longitud) marca la cantidad de giro el control de la anchura es crítica en cambio a separación de los pulsos no es importante. El servo puede incorporar acoplado un reductor de velocidad, de manera que obtenemos un motor con un par de giro bastante potente como para poder hacer mover las patas de nuestro hexápodo.

Locomoción.

La locomoción con patas es un grave problema para la robótica ya que el robot tiene que ser estable estática y dinámicamente. El grado de dificultad para conseguir que un robot hexápodo camine, depende de la clase de robot que se construya. Si tenemos un robot de uno o dos grados de libertad, podemos controlar su movimiento con un algoritmo de control "relativamente fácil", esto se puede complicar muchísimo si aumentamos la movilidad de sus patas, y lo más importante si queremos que nuestro robot camine de manera autónoma por terrenos abruptos encontrándose obstáculos que pueden desequilibrarlo, para ello se adaptan al robot diferentes tipos de sensores y se utilizan los denominados algoritmos genéticos complejos, ellos calculan y eligen el mejor movimiento de las patas ante muchas posibles soluciones y son capaces de regenerar el código del algoritmo para afrontar distintas situaciones.

Movimiento de las patas.

Los tipos de movimientos básicos de los robots hexápodos son dos: Movimiento cuadrúpedo y Movimiento trípode.

Ciclo de Movimiento Cuadrúpedo.

La característica principal de este movimiento es que el robot siempre mantiene cuatro patas en el suelo, consiguiendo un grado elevado de equilibrio, siendo las dos restantes las que levantan la estructura del robot.

Ciclo de Movimiento Trípode.

En este tipo de movimientos, el robot mantiene siempre tres patas en el suelo, estas se mueven hacia atrás para impulsan el robot hacia adelante, mientras que las que están al aire buscan la posición adecuada hacia adelante para después poder impulsar al robot.

Corrección de error en una pata.

Si tenemos un robot lo suficientemente equipado podemos utilizar esta técnica, para mantener la estabilidad del robot. Si nuestro robot utiliza un movimiento trípode y lo equipamos con sensores en las patas podemos detectar cuando una de ellas no llega a tocar al suelo, pasando entonces a modo cuadrúpedo.

Capítulo 3.- Desarrollo del proyecto

En este capítulo se describe la forma en que fue realizado el diseño del circuito de potencia, su simulación; los programas utilizados, componentes electrónicos y la impresión en placa fenólica.

3.1. Diagramas de funcionamiento

El diseño de objetos o procesos es la representación mediante diagramas de funcionamiento, concretando así las primeras ideas abstractas.

3.1.1 Diagrama a bloques.

Como se muestra en la fig. 3.1 que tenemos a continuación se indican el proceso de funcionamiento del prototipo realizado; las fuentes alimentan al bloque del arduino y a los servos, el arduino al recibir una señal del exterior (sensores) manda una orden a los servomotores y después de que estos realicen dicha acción, se retroalimenta al arduino para que lleve a cabo un nuevo proceso.

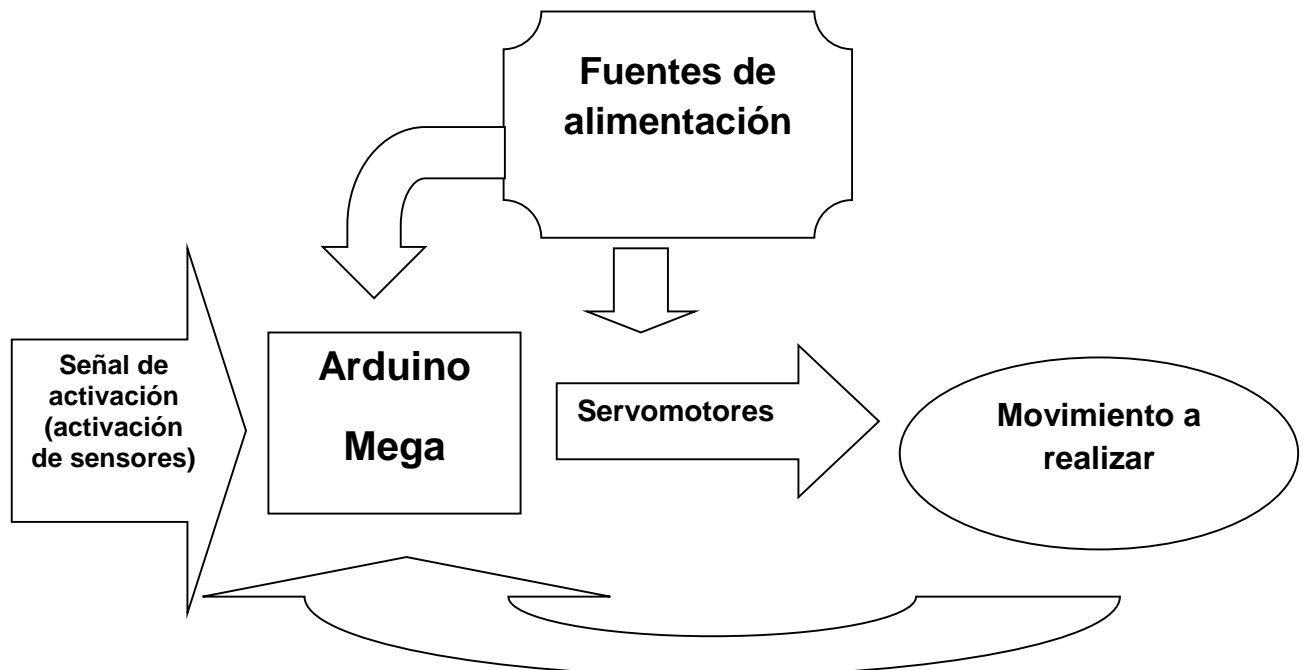


Fig. 3.1 Diagrama a bloques del funcionamiento de la Araña Hexápoda.

3.1.2 Diagrama de flujo.

Como ya se ha detallado anteriormente; en la fig. 3.2 se muestra un diagrama de flujo del funcionamiento de la Araña Hexápoda. Este diagrama explica el procedimiento y ordenes que mande el arduino (CPU) para que se lleve a cabo cada uno de los pasos que el programador quiere que cumpla el robot.

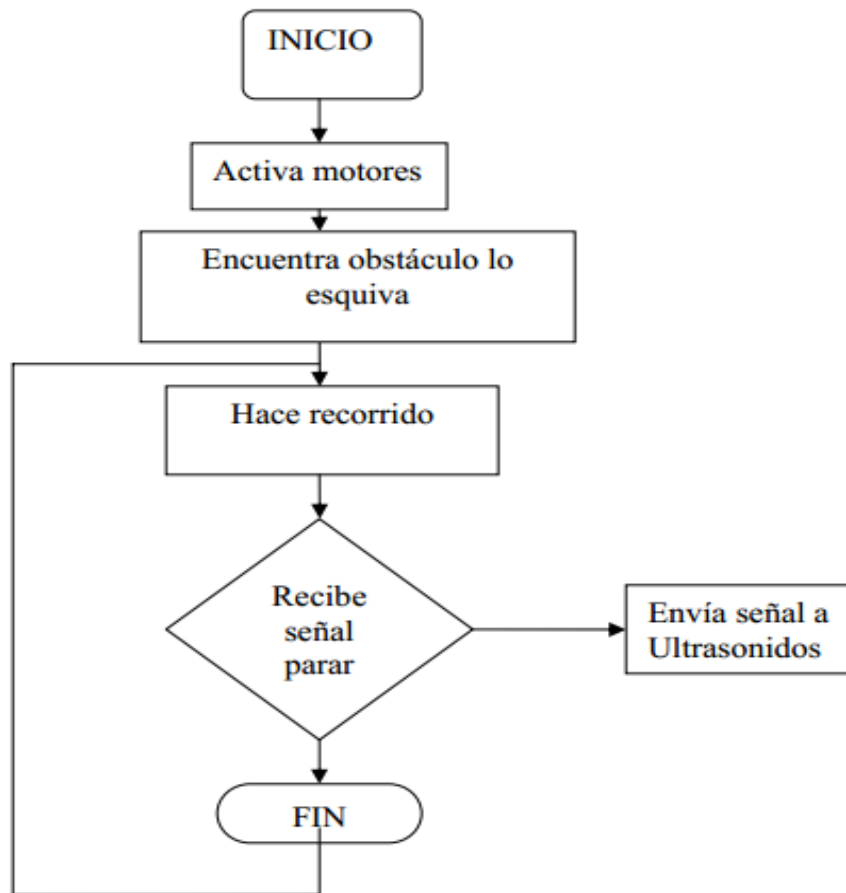


Fig. 3.2 Diagrama de flujo del funcionamiento de la Araña Hexápoda.

3.2 Explicación del comportamiento.

En la siguiente imagen se muestra un diagrama eléctrico simulando o una de las fases del robot. Representando únicamente solo una extremidad del robot. Este diagrama está conformado por el bloque de control (Arduino o CPU), la etapa de potencia y los actuadores (servomotores).

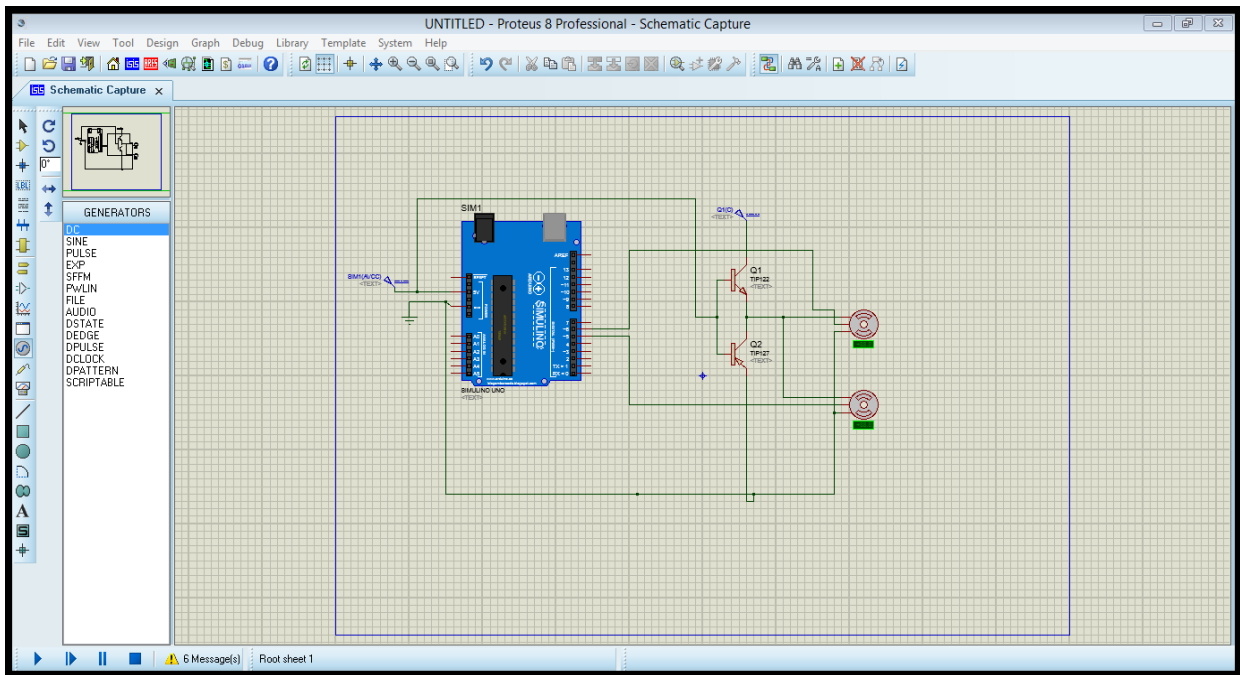
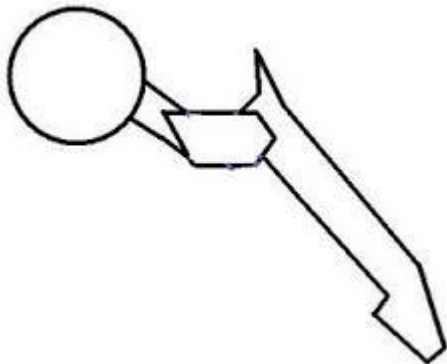


Fig. 3.3. Diseño para controlar los servomotores (Bloque del arduino)



La araña hexápoda consta de 6 extremidades de la misma proporción y tamaño mostrada en la fig. 3.4.

Cada pata tendrá en su estructura dos servomotores:

El servomotor para dar el movimiento horizontal y el otro para el movimiento vertical.

Fig. 3.4 Diseño de una extremidad de la araña hexápoda.

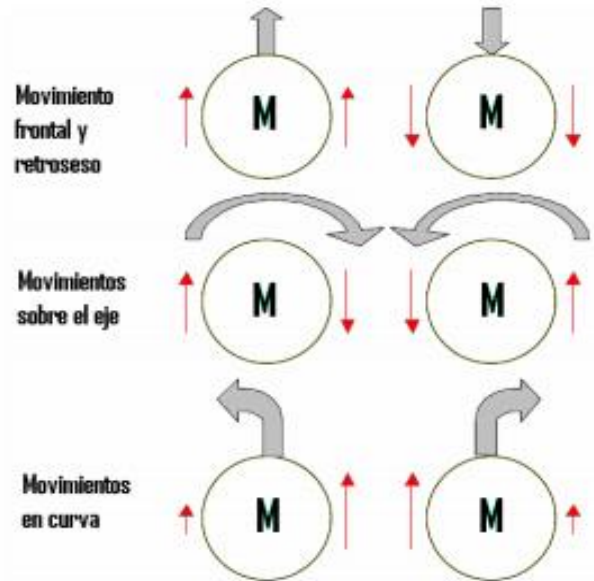
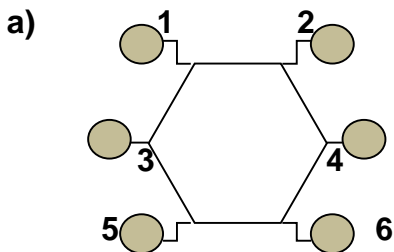


Fig. 3.5 Movimiento giratorio del robot.

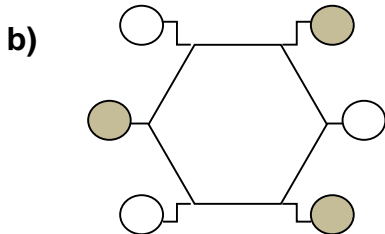
La figura 3.5 representa los 6 tipos de movimientos propios del robot.

- **Movimiento frontal y retroceso:** Ocurre cuando el robot encuentra obstáculos que no puede escalar tanto en frente como a los lados; se intercambia el mando: la cabeza se convierte en cola y viceversa para hallar una nueva ruta de avance.
- **Movimiento sobre el eje:** Sucede cuando el robot encuentra un obstáculo escalable. El robot por su estructura puede ascender en el objeto o en el obstáculo.
- **Movimientos en curva :** Se produce cuando el robot encuentra uno o dos obstáculos no escalable (En frente, atrás, en frente y aun costado y atrás a un costado); el robot puede tomar entre una o dos rutas de desplazamiento.

3.2.1 Locomoción del robot.

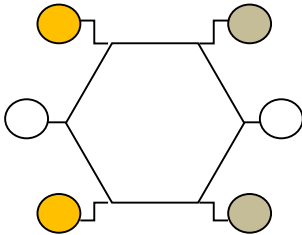


Araña hexápodo en reposo



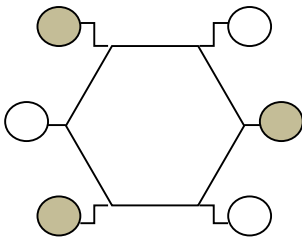
La araña realiza su primer movimiento, las patas 2, 3 y 6 quedan en el suelo y las patas 1,4 y 5 se liberan para realizar el segundo movimiento.

c)



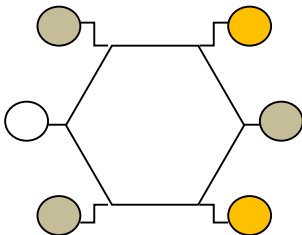
Las patas 1 y 5 giran 45° y avanzan hacia adelante.

d)



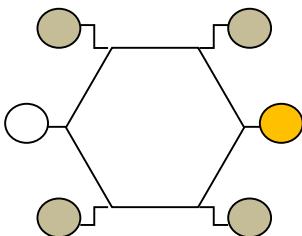
Las patas 1,4 y 5 tocan el suelo y las patas 2,3 y 6 se levantan.

e)



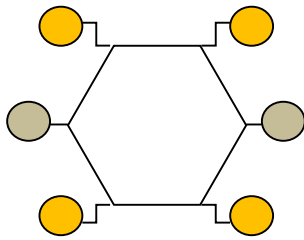
Las patas 2 y 6 realizan un giro de 45° y se mantienen en el aire.

f)



La pata 2 y 6 tocan el suelo y la pata 4 sube y gira 45° manteniéndose en el aire.

g)



Las patas 1, 2,5 y 6 realizan un giro de 45° y la pata 4 gira 45° y toca el suelo, haciendo que el hexápodo regrese a su posición original.

Fig.3.6 a),b),c),d),e),f),g). Proceso de locomoción del hexápodo.

3.3 Circuitos de cada bloque

Bloque 1 (bloque del control o Arduino Mega)

El diagrama de la figura 3.7 muestra todos los componentes mencionados anteriormente en el marco teórico; así como su funcionamiento en conjunto de los bloques de la araña.

El diagrama eléctrico consta de el arduino mega (bloque de control),12 actuadores (servos) que cada dos de ellos representan la pata de una araña uno funciona para el movimiento horizontal y el otro para el vertical; todos estos son alimentados por dos baterías LiPo y está a

su vez regulada por una etapa de potencia para no dañar ni sobrecargar el sistema eléctrico.

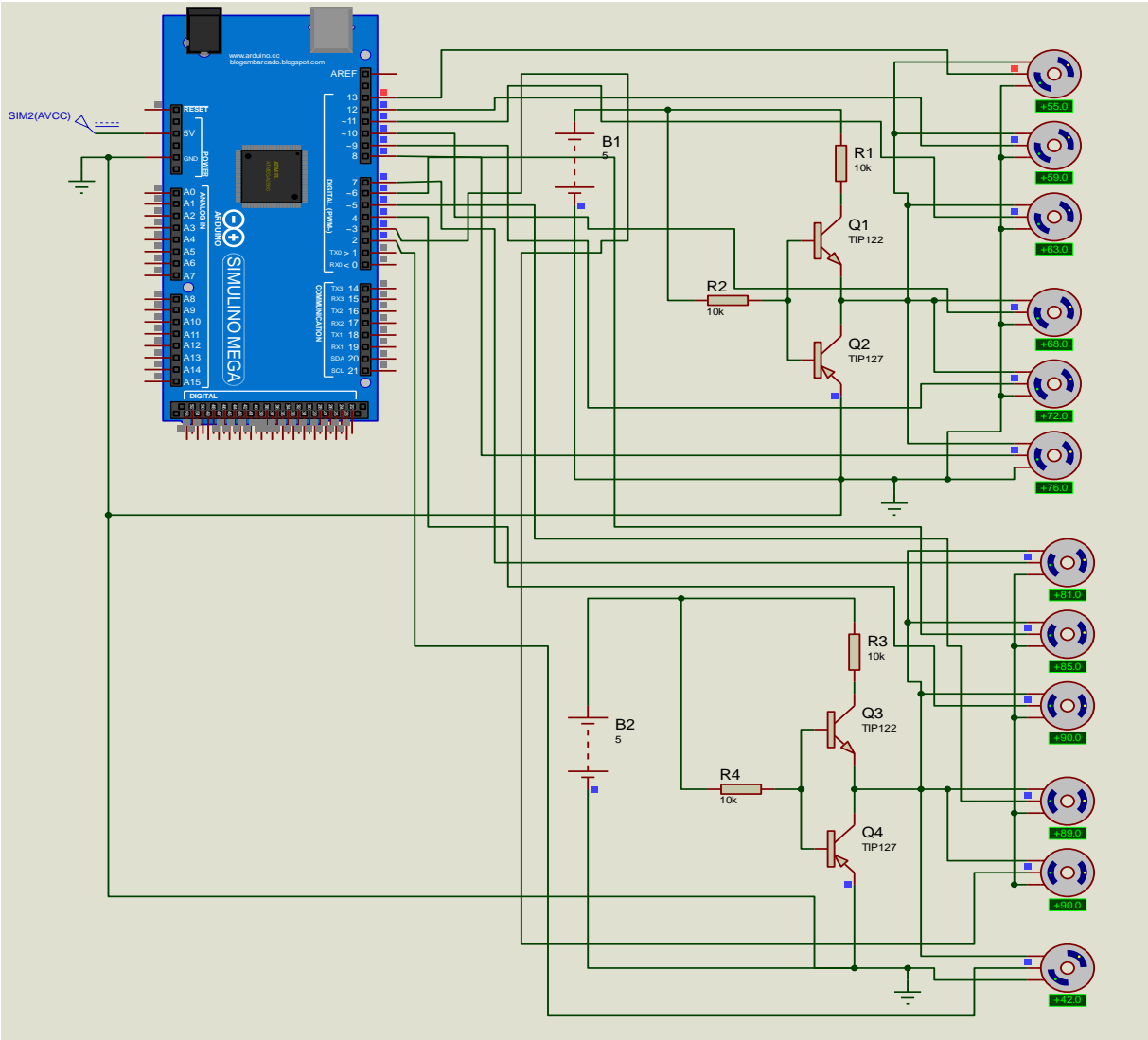


Fig. 3.7 diagrama eléctrico de conexión de servomotores etapa de potencia y arduino mega.

Bloque 2.- Etapa de potencia

Etapa de potencia que consta de dos tips 122 y 127 dos resistencias 10K. la etapa de potencia recibe la alimentación de la batería de LiPo.

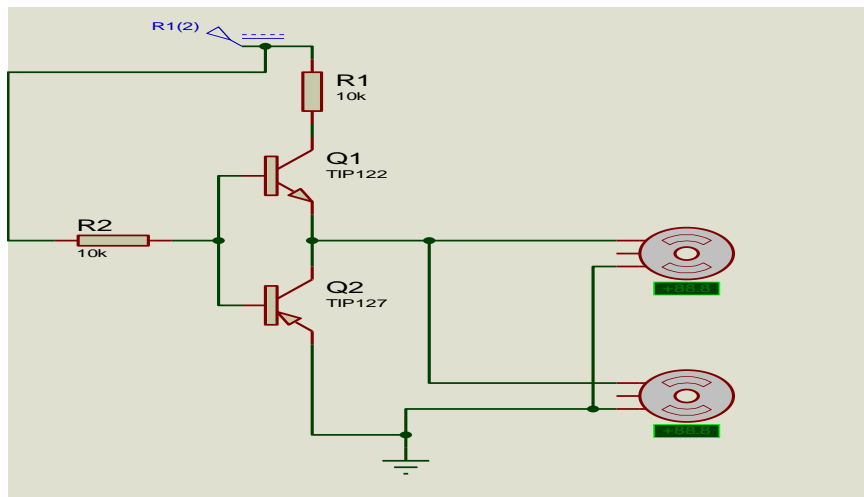
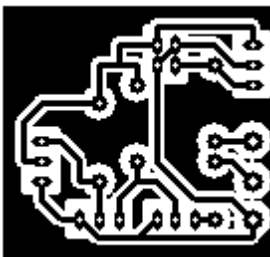


Fig. 3.8 diagrama eléctrico de la etapa de potencia

Material a utilizar

placa fenólica 5 x 5
Tip 122
Tip125
Resistencias de 10k
Culcas Eléctricas de 2 Pines

Rutado



Se realizaron dos placas de etapa de potencia para ser alimentadas cada una por una batería de LiPo de dos celdas de 7.4 v 2 A; esta a su vez alimentan 6 servos

Fig. 3.8 rutado de la placa de etapa de potencia.

Bloque 3 placas de interconexión de los servomotores

Las placas de interconexión de los servos conectan al arduino a los servos mediante componentes como culcas y pines macho.

Material a utilizar

- 2 placa fenólica 5 x 10
- 1 Bateria LIPO de 7.3V a 2100mA
- 1 CC BEC
- 2 Tira de pines
- 12 Cable de conexión para pines
- 2 Culcas Eléctricas de 2 Pines
- 1 Arduino Mega
- 1 Bateria de 9V

1.- Se diseñó el diagrama para impresión en placa fenólica.

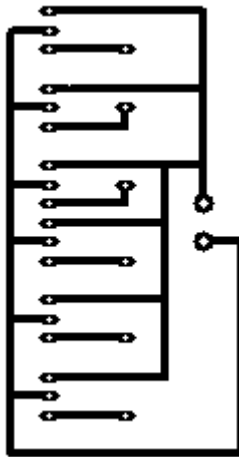


Fig. 3.10 rutado de la interconexión entre arduino servos y fuente de alimentación

2.- Se diseñaron en total 2 placas, cada placa controla 6 servos.

Capítulo 4 Resultados

4.1 Resultados

Fig. 4.1 Tabla de pulsos enviados, grados de movimiento, distancias alcanzadas

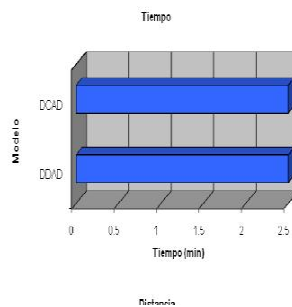
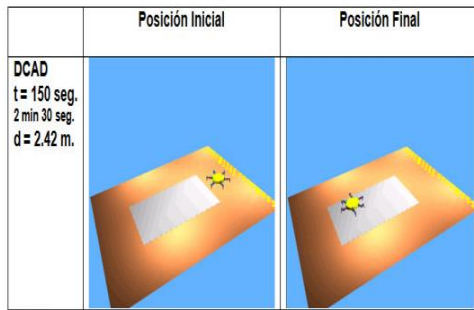
	0°		45°		90°	
Desplazamiento de las extremidades	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
Extremidad 1	0cm	0cm	5.8cm	3.5cm	11.8cm	6.9cm
Extremidad 2	0cm	0cm	5.7cm	3.5cm	11.6cm	6.9cm
Extremidad 3	0cm	0cm	5.7cm	3.6cm	11.5cm	6.9cm
Extremidad 4	0cm	0cm	5.6cm	3.4cm	11.6cm	6.8cm
Extremidad 5	0cm	0cm	5.7cm	3.4cm	11.8cm	6.8cm
Extremidad 6	0cm	0cm	5.8cm	3.5cm	11.6cm	6.8cm

4.2 Pruebas dinámicas.

En este punto es donde se comprueba realmente si el robot cumple con lo definido en el proyecto, se somete a una serie de pruebas, entre las que se incluye, distintos entornos y escenarios. Primero se comprobó en un banco de pruebas (se sostenía al robot sin tocar el suelo) que al incidir la luz de distintas formas sobre sus sensores las patas efectuaban los distintos movimientos para los que estaba programado robot y que corresponden a sus diferentes funciones. De igual modo se hizo enfrentando objetos al robot para comprobar que el movimiento de las patas lo hacía huir de dicha proximidad. Todo debe de ir y funcionar correctamente, con lo que ahora habrá que someter al robot a distintos escenarios para comprobar que se ejecuta la función correspondiente. Para los lumínicos (espacios abiertos): entornos totalmente oscuros, con distintos puntos de luz, con un único punto, punto de luz móvil etc. Para los infrarrojos: intentar desplazarse de un lado a otro de un área con obstáculos, salir de un laberinto de paredes, situarlo en medio de muchos objetos y ver como los sorteas, etc. Conjunto (lumínicos e infrarrojos): Esta es la prueba definitiva y vale cualquier tipo de entorno, ya sea con mucha o poca luz, rodeado de objetos, luces detrás de objetos... será el entorno más complejo que se pueda encontrar, no obstante con la ayuda de los dos tipo

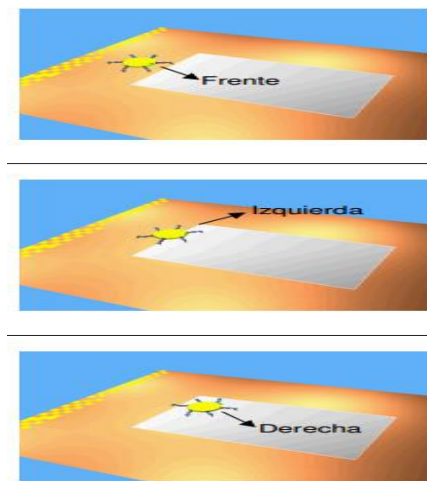
de sensores se solventará sin mayores dificultades. Todo ello para detallar en que entornos el funcionamiento del robot es más favorable.

Simulaciones del robot



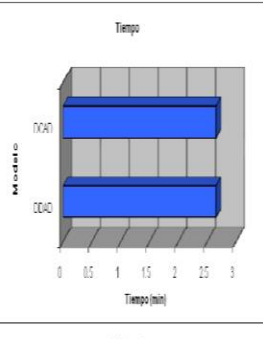
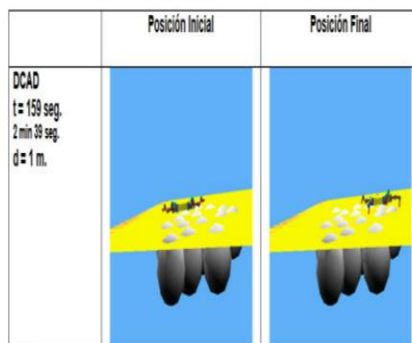
Ascenso de pendiente de 20° durante 4 minutos. Alcanzo el objetivo de la prueba, el cual consistía en hacer que el robot se desplazara de forma estable en el ambiente

fig. 4.2 simulación de prueba de ascenso del robot.



El hexápodo realiza el cambio de dirección en una superficie plana; izquierda y derecha.

fig. 4.3 simulación de prueba: cambio de dirección.



La simulación de prueba muestra el tiempo q tarda el robot esquivando obstáculos escalables y no escalables en una distancia de un metro.

Fig.4.4 simulación de prueba: Robot esquivando obstáculos.

Conclusión.-

Para la automatización de un robot de hexápodo no se necesitan grandes inversiones económicas ni tecnología de punta, pues contando con recursos limitados se ha logrado desarrollar el presente proyecto, con resultados satisfactorios.

Se diseñó un sistema de control digital que lleva al robot a tomar decisiones por si solo para identificar un evento ocurrido, teniendo en cuenta que únicamente actúa cuando detecta movimiento o un obstáculo, ejecuta esta acción de una manera rápida y precisa.

- Al realizar las diferentes pruebas se pudo observar que es mucho más fácil hacer la etapa de control con un arduino mega, pues al utilizarlo puede llevar a cabo más tareas que un arduino uno, por la cantidad de tiempos que se manejaban era muy difícil conseguir el buen funcionamiento de los servomotores.

BIBLIOGRAFIA

<http://www.muchotrasto.com/EtapaDePotencia.php>

<http://es.wikipedia.org/>

http://www.ccamx.com.mx/s_de_posicion.html

<http://www.aficionadosalamecanica.net/sensores3.htm>

<http://ocw.upc.edu/sites/default/files/materials/15012628/40180-3452.pdf>

<http://danielcblog.blogspot.mx/2014/04/tutorial-arduino-crear-una-hexapodo.html>

Anexos.-

Programación de un arduino para manejar un servomotor con un sensor ultrasónico.

```
#include<Servo.h>
#include<Ultrasonic.h>

//declaramos un objeto ultrasonic de la la librería Ultrasonic para referirnos a ella.
Ultrasonic ultrasonic(7,8);

//declaramos un objeto miservo de la la libreria Servo para referirnos a ella.
Servo miservo;

int Distancia;

void setup(){

    //definimos el pin2 para controlar el servo
    miservo.attach(2);

    // coloca el servo en su posición central
    miservo.write(90);
}
void loop(){

    //leemos el sensor de ultrasonidos y guardamos el valor en una variable
    Distancia = ultrasonic.Ranging(CM);

    //si la distancia es menor de 20...
    if(Distancia <= 20){

        //movemos el servo en una dirección
```

```

    miservo.write(0);
    delay(500);

    //movemos el servo en dirección opuesta
    miservo.write(180);
    delay(500);
}else{

    //si no hay nada, vamos mirando de frente
    miservo.write(90);
}

delay(500);
}

```

Control de un servomotor

```

#include<Servo.h>
Servo myservo; // creamos un objeto servo para controlar nuestro servo
int pos = 0; // variable para almacenar la posición del servo
void setup()
{
    myservo.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
}
void loop()
{
    for(pos = 0; pos < 180; pos += 1) // avanza de 0 a 180 grados
    { // en saltos de un grado
        myservo.write(pos); // mueve a la posición de la variable 'pos'
        delay(15); // espera 15ms
    }
    for(pos = 180; pos >= 1; pos -= 1) // va de 180 a 0 grados
    {
        myservo.write(pos);
        delay(15);}
}

```