



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE - LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT HEXÁPODO CON
SISTEMA DE ARTICULACIONES DE APÉNDICE FLEXIBLE
DISEÑADO PARA LUGARES DE DIFÍCIL ACCESO, CON SISTEMA
DE CONTROL REMOTO Y MONITOREO EN TIEMPO REAL”**

**PROYECTO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

EDISON GUILLERMO MULLO MULLO

WALTER ROLANDO AYMACAÑA MASAPANTA

LATACUNGA-ECUADOR

Julio 2009

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por los señores EDISON GUILLERMO MULLO MULLO y WALTER ROLANDO AYMACAÑA MASAPANTA, previo a la obtención de su Título de Ingeniero en Electrónica e Instrumentación.

Latacunga, Julio del 2009

Ing. José Bucheli A.

DIRECTOR

Ing. Amparo Meythaler N.

CODIRECTORA

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga por los conocimientos que sus docentes impartieron a lo largo de nuestra vida universitaria, para que en la vida profesional nos permitan alcanzar nuevos horizontes en el campo laboral.

A los Ingenieros José Bucheli y Amparo Meythaler quienes estuvieron como guías y consejeros oportunos, para lograr el objetivo principal, culminar el proyecto de grado.

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de vivir y por permitirme llegar a ser mejor cada día, a mis padres y hermanas que son el mejor ejemplo de amor, apoyo, honradez, disciplina y comprensión mostrada durante todo el trayecto de mi vida, ya que me brindaron toda su confianza para poder salir adelante.

Walter Rolando

A Dios, Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mi objetivo. A ti papa, que me enseñaste todo el valor y toda la fuerza con tus consejos y abrazos. A ti mama, que dentro de todas tus preocupaciones me dio la posibilidad de ser una persona de bien. A mis queridos hermanos, porque no solo son hermanos, si no amigos y los mejores consejeros. A mis maestros, por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios y formación profesional. A la Escuela politécnica del Ejército y en especial a la Facultad de Electrónica e instrumentación por permitirme ser parte de una generación de gente productiva para el país.

Edison Guillermo

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se contempla a la Robótica como una ciencia que ha conseguido grandes avances y que ofrece un amplio campo para el desarrollo y la innovación; por lo que muchos investigadores y aficionados a los robots continúan planteando prototipos más evolucionados.

La Robótica es una tecnología multidisciplinar, ya que hace uso de los recursos que le proporcionan otras ciencias afines, es así que para el proceso de diseño y construcción de un robot intervienen muchos campos como pueden ser: la Mecánica, la Electrónica, la Informática, la Automatización, etc.

El objetivo del presente trabajo es el de exponer el estudio de los robots móviles y la integración de los microcontroladores y la radiofrecuencia. El avance tecnológico y electrónico que se está implementando en los robots, obliga a las personas vinculadas en el campo electrónico a tratar de crear nuevos controles que ayuden a optimizar el manejo de un robot, en este caso de un hexápodo.

Un robot hexápodo puede ayudar a visualizar lugares donde el ser humano no tenga fácil acceso como por ejemplo en investigaciones de zonas peligrosas, en volcanes o escombros de terremotos, ya que podrá explorar y monitorear lo que hay en su entorno, este proyecto también servirá para el sustento teórico y práctico para los laboratorios de robótica y microcontroladores de la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO - LATACUNGA y por ende servirá de bibliografía para docentes y alumnos interesados en este campo.

Para cumplir con el objetivo de este trabajo se dividió el documento en cuatro capítulos. El primero presenta el sustento teórico de la investigación realizada como base fundamental para el diseño e implementación del robot que se desarrolla en el capítulo dos. El capítulo tres presenta las pruebas realizadas y los resultados obtenidos para luego en el capítulo cuatro indicar las conclusiones las que se llegó al terminar el proyecto y también mencionar algunas recomendaciones de importancia. Finalmente se presenta un manual de usuario, bibliografía y anexos

CONTENIDO

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1	ROBÓTICA	1
1.1.1	INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA.....	1
1.1.2	TIPOS DE ROBOTS.....	1
1.1.3	VERSIONES DE ROBOTS HEXÁPODOS.....	4
1.1.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN ROBOT HEXÁPODO.....	11
1.1.5	CAMPOS DE APLICACIÓN.....	13
1.2	RADIOFRECUENCIA	15
1.2.1	TRANSMISORES Y RECEPTORES DE RADIOFRECUENCIA.....	19
1.2.2	TIPOS DE RADIOCONTROLES.....	22
1.2.2.1	TECNOLOGÍA.....	23
1.2.2.2	APLICACIONES.....	23
1.2.3	TIPOS DE VIDEOCÁMARAS.....	24
1.2.3.1	CÁMARAS ALÁMBRICAS	25
1.2.3.2	CÁMARAS INALÁMBRICAS.....	29
1.2.4	MÓDULOS DE VIDEO.....	31
1.3	SERVOMOTORES	33
1.4.1	CARACTERÍSTICAS.....	33
1.4.2	FUNCIONAMIENTO.....	34
1.4.3	TIPOS DE SERVOMOTORES.....	36

1.4.4	TRUCAJE DE SERVOMOTORES.....	37
1.4	MICROCONTROLADORES.....	43
1.4.1	CONCEPTOS BÁSICOS.....	43
1.4.1.1	APLICACIONES DE LOS MICROCONTROLADORES.....	44
1.4.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	45
1.4.3	LOS MICROCONTROLADORES DE LA MICROCHIP.....	45
1.4.3.1	EL DsPIC30F4011.....	46
1.4.3.2	PROGRAMACIÓN.....	47
1.4.3.3	LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.....	47
1.4.3.4	MICROBASIK.....	48

CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ROBOT HEXÁPODO CON SISTEMA DE CONTROL REMOTO

2.1	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	49
2.1.1	DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS.....	49
2.1.1.1	SISTEMA MECÁNICO.....	49
2.1.1.2	SISTEMA ELECTRÓNICO.....	55
2.1.1.3	SISTEMA DE RADIO CONTROL.....	60
2.1.2	MANIPULACIÓN DE MÓDULOS DE RADIOFRECUENCIA.....	65
2.1.2.1	MANEJO DEL TRANSMISOR T6EXA-2.4G	65
2.1.2.2	MANEJO DEL RECEPTOR R606FS.....	66
2.1.3	PROGRAMACIÓN DEL μ C PARA CONTROL DE SERVOMOTOR.....	67

2.1.3.1	PROGRAMACIÓN DEL RECEPTOR R606F.....	68
2.1.3.2	PROGRAMACIÓN DEL μ C dsPIC30F401.....	69
2.1.4	COMUNICACIÓN ENTRE EL MÓDULO DE TX Y RX DE RADIOFRECUENCIA Y EL μ C	71
2.1.5	COMUNICACIÓN DEL MÓDULO DE VIDEO A LA PC.....	71
2.1.5.1	MINICÁMARA INALÁMBRICA.....	71
2.1.5.2	MÓDULO DE INTERCONEXIÓN PC VIDEO.....	74
2.1.6	ENSAMBLAJE DEL ROBOT HEXÁPODO.....	75
3.1.5.1	ACOPLAMIENTO DE LAS BASES DEL SERVOMOTOR.....	75
3.1.5.2	MONTAJE DE LAS PATAS AL CUERPO DEL ROBOT.....	76
3.1.5.3	ACOPLAMIENTO DE SERVOMOTORES A SUS BASES.....	78
3.1.5.4	MONTAJE DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	79
3.1.5.5	MONTAJE DE LA TARJETA PRINCIPAL.....	79
3.1.5.6	MONTAJE DEL RECEPTOR R606FS.....	80
3.1.5.7	MONTAJE DE LA CÁMARA DE VIDEO INSPECCIÓN.....	80
3.1.5.8	ACOPLAMIENTO DEL SISTEMA TOTAL.....	81

CAPÍTULO III

PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1	RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	82
3.1.1	PRUEBAS DE CONTROL DE MECANISMOS Y SERVO MOTORES.....	82
3.1.2	PRUEBAS DE CONTROL DE RADIOFRECUENCIA.....	83
3.1.3	PRUEBAS DE CONTROL DEL ROBOT.....	85

3.1.4	PRUEBAS TOTALES DEL SISTEMA.....	87
3.1.5	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	88
3.1.5.1	ALCANCES.....	88
3.1.5.2	LIMITACIONES.....	88
3.1.5.3	ANÁLISIS DE COSTOS.....	89

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	CONCLUSIONES	91
4.2	RECOMENDACIONES.....	92

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO A GLOSARIO

ANEXO B PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

ANEXO C DISEÑO DE PLACAS

ANEXO D MANUAL DEL USUARIO

BIBLIOGRAFÍA

- Santiago Corrales, Electrónica práctica con microcontroladores PIC
- José María Angulo, Microcontroladores PIC
- Tomasi Wayne, Sistemas de comunicación
- Ramón Pallas, Sensores y acondicionadores de señal
- Jhon Markus, Guía practica de circuitos electrónicos

ENLACES

- <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1>
- <http://www.kriptopolis.org/criptografia-en-comunicacion-rf-de-microcontroladores>
- http://espanol.geocities.com/robbottotem/Modulo_IR.htm
- <http://superrobotica.com>
- <http://imagesco.com>

CAPÍTULO I

1.1 ROBÓTICA

1.1.1 Introducción a la Robótica

La robótica como hoy en día se conoce, tiene sus orígenes hace miles de años. Antiguamente los robots eran conocidos con el nombre de autómatas y la robótica no era reconocida como ciencia.

La robótica es un concepto de dominio público, la mayor parte de la gente tiene una idea de lo que es la robótica, sabe sus aplicaciones y el potencial que tiene; sin embargo, no conocen el origen de la palabra robot, ni tienen idea del origen de las aplicaciones útiles de la robótica como ciencia.

¿Y qué es la robótica?, sencillamente la ciencia que estudia el diseño y la fabricación de robots, así como las piezas que los conforman: motores, brazos especializados o sensores, por ejemplo¹.

Entonces un robot es "un manipulador multifuncional y reprogramable, diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, mediante movimientos programados y variables que permiten llevar a cabo diversas tareas" o seres que realizan tareas repetitivas, tareas pesadas o difíciles de realizar por un ser humano.

1.1.2 Tipos de Robots

La potencia del software en el controlador determina la utilidad y flexibilidad del robot dentro de las limitantes del diseño mecánico y la capacidad de los sensores. Los tipos de robots han

¹ cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/intro.htm

sido clasificados de acuerdo a su generación, a su nivel de inteligencia, a su nivel de control y a su nivel de lenguaje de programación. Estas clasificaciones reflejan la potencia del software en el controlador, en particular y la sofisticada interacción de los sensores. La generación de un robot se determina por el orden histórico de desarrollos en la robótica, cinco generaciones son normalmente asignadas a los robots industriales. La tercera generación es utilizada en la industria, la cuarta se desarrolla en los laboratorios de investigación y la quinta generación es un gran sueño. A los robots en la actualidad se clasifican en tres grupos.

- Nivel de inteligencia
- Nivel de control
- Nivel de lenguaje de programación

a) Nivel de inteligencia

Sobre este parámetro la Asociación de Robots Japonesa (JIRA) ha clasificado a los robots dentro de seis clases:

- Dispositivos de manejo manual, controlados por una persona.
- Robots de secuencia arreglada, los cuales cumplen una secuencia de comandos pregrabada en un controlador.
- Robots de secuencia variable, donde un operador puede modificar la secuencia fácilmente.
- Robots regeneradores, donde el operador humano conduce el robot a través de la tarea.
- Robots de control numérico, donde el operador alimenta la programación del movimiento, hasta que se enseñe manualmente la tarea.
- Robots inteligentes, los cuales pueden entender e interactuar con cambios en el medio ambiente.

b) Nivel de control

El nivel de control que se realiza sobre un robot los agrupa en tres clases diferentes.

- Nivel de inteligencia artificial, donde el programa aceptará un comando como "levantar el producto" y descomponerlo dentro de una secuencia de comandos de bajo nivel basados en un modelo estratégico de las tareas.
- Nivel de modo de control, donde los movimientos del sistema son modelados, para lo que se incluye la interacción dinámica entre los diferentes mecanismos, trayectorias planeadas y los puntos de asignación seleccionados.
- Niveles de servo sistemas, donde los actuadores controlan los parámetros de los mecanismos con el uso de una retroalimentación interna de los datos obtenidos por los sensores y la ruta es modificada sobre la base de los datos que se obtienen de sensores externos. Todas las detecciones de fallas y mecanismos de corrección son implementados en este nivel.

c) Nivel del lenguaje de programación

Es clave para una aplicación efectiva de los robots para una amplia variedad de tareas, es el desarrollo de lenguajes de alto nivel. Los sistemas de programación de robots caen dentro de tres clases.

- Sistemas guiados, en el cual el usuario conduce el robot a través de los movimientos a ser realizados.
- Sistemas de programación de nivel-robot, en los cuales el usuario escribe un programa de computadora al especificar el movimiento y el sensado.

- Sistemas de programación de nivel-tarea, en el cual el usuario especifica la operación por sus acciones sobre los objetos que el robot manipula.

1.1.3 Versiones de robots Hexápodos

Los sistemas robóticos con patas actuales no han logrado alcanzar un nivel de desarrollo lo suficientemente alto como para poder introducirlos ampliamente en el mercado de la robótica de servicios. Esto se debe a su elevado costo en el desarrollo, sin que se logre un robot hexápodo realmente útil. Realizando un análisis de las plataformas robóticas de locomoción hexápoda destacamos los siguientes:

a) Melanie v1.0

Es un robot hexápodo de 3 grados de libertad por pata, que por el novedoso diseño de sus patas, puede transportar varios kilos sobre su cuerpo sin excesiva sobrecarga energética.

La versión 1.0 es la más sencilla de la implementación del robot, está conectado a un PC mediante el puerto serie (RS-232) para su control, mediante una aplicación en Visual C++.

En la figura 1.1 se presenta el Robot Melanie v1.0 en donde se visualiza todas sus características mencionadas anteriormente.

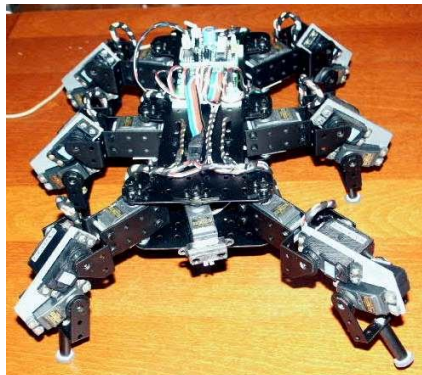


Figura.1.1. Robot Melanie v1.0.

Las características básicas que definen a Melanie v 1.0 son las siguientes:

- Medidas (cm): 33 x 31 x 12
- Accionamiento mediante servomotores: doce de 3kg/cm y seis de 5kg/cm.
- Comunicación con PC maestro mediante puerto serie RS-232.
- Sensor de medición de distancia por infrarrojos delantero orientable.
- Batería de 6v Ni MH 3300mAh para la alimentación de los servomotores.
- Batería de 9v Ni Cd para la alimentación de la electrónica de control.
- Programa de control en PC desarrollado en Visual C++ 6.0.

b) Melanie v2.0

Es un robot hexápodo, que por el diseño de sus patas, puede transportar varios kilos sobre su cuerpo sin excesiva sobrecarga energética. Las pruebas en laboratorio han mostrado su capacidad para elevarse y caminar con al menos 4.5kg de carga adicional, es decir, dos veces su propio peso.

La versión 2.0 es una evolución de Melanie v1.0, a la que se han añadido algunas capacidades interesantes, como la programación, la generación de movimientos por desplazamiento de ondas combinado con cinemática inversa o la capacidad de caminar sobre terreno abrupto, como se puede ver en la figura 1.2.



Figura.1.2. Robot Melanie v2.0.

Las características básicas que definen a Melanie v 2.0 son las siguientes:

- Medidas (cm): 33 x 31 x 20
- Accionamiento mediante servomotores: doce de 3kg/cm y seis de 5kg/cm.
- Circuito I/O, con 28 puertos de conversión A/D y 8 entradas/salidas digitales. Todos los chips son controlados por bus I2C.
- Batería de 6v Ni MH 3300mAh para la alimentación de los servomotores.
- Batería de 9v Ni Cd para la alimentación de la electrónica de control.
- Sensor de medición de distancia por infrarrojos delantero orientable
- Programa de control en PC desarrollado en Visual C++ 6.0

c) **Melanie-III**

Es un robot hexápodo, que puede transportar varios kilos sobre su cuerpo sin excesiva sobrecarga energética, gracias al diseño de sus patas. En la figura 1.3. Se muestra el Melanie III con su diseño y estructura completa.



Figura.1.3. Robot Melanie-III.

Se trata de una evolución de Melanie v2.0 a la que se le han añadido numerosas mejoras.

Gracias a sus 30 sensores (consumo de corriente, posición y contacto) y sus algoritmos de adaptación a terrenos abruptos, es capaz de caminar sobre terrenos irregulares manteniendo una velocidad constante de desplazamiento lineal, así como adaptarse a terrenos con agujeros.

Adicionalmente, su capacidad para poder generar movimientos mediante su programación hace que pueda ser utilizado para movimientos complejos. El control del robot se realiza desde un computador externo a él, la comunicación es inalámbrica permitiendo alejarse al robot 100 metros del mismo.

Las características básicas que definen a Melanie-III son las siguientes:

- Medidas (cm): 33 x 31 x 22.
- Accionamiento mediante servomotores: doce de 3kg/cm y seis de 5kg/cm.
- Circuito de control de servomotores con gestión de velocidad.
- Circuito I/O-1, con 28 puertos de conversión A/D y 8 entradas/salidas digitales. Todos los chips son controlados por bus I2C.
- Circuito I/O-2, con 10 puertos de conversión A/D, 16 entradas/salidas digitales y dos puertos RS-232. El circuito completo es controlado por bus I2C.
- Sensores de tacto en las patas.
- transmisores/receptores de datos para intercambio de información con el ordenador externo, donde se encuentra el programa de control.
- Batería de 6v Ni MH 3300mAh para la alimentación de los servomotores.
- Batería de 7,2v Ni MH 1200mAh para la alimentación de la electrónica de control.
- Sensor de medición de distancia por infrarrojos delantero orientable.
- Programa de control en PC desarrollado en Visual C++ 6.0.
- Detección de obstáculos en el suelo y adaptación de las patas.
- Detección de ausencias de suelo sólido (agujeros) y adaptación de las patas.

d) Enconor

Es un móvil dotado de 6 patas que simula un insecto, puede servir para introducir a los estudiantes en el mundo de la robótica de una forma sencilla, atractiva y muy espectacular. El hexápodo de ENCONOR está dotado de tres servomotores, los circuitos de control y un sensor de proximidad.

Para su control, se puede conectar directamente a tres de las salidas analógicas del controlador Enconor Plus.

Se programa la tensión de estas salidas mediante Logo, Visual Enconor, Visual Basic u otros lenguajes de programación, este hexápodo se mueve en línea recta, gira en cualquier sentido, marcha hacia atrás, etc. Además con el sensor de proximidad incorporado y que está conectado directamente a una entrada digital del controlador, se puede hacer que reaccione ante la presencia de obstáculos en su camino.

Las características básicas que definen a Enconor son las siguientes:

- Tensión de alimentación: 10 a 15 voltios de continua.
- Tres entradas analógicas de control, mediante el control de estas tres entradas se pueden colocar las patas en todas sus posibles posiciones.
- La tensión de control variará entre 1.5 y 10.5 voltios, que es la que proporciona las salidas analógicas del controlador Enconor Plus.
- Sensor de proximidad infrarrojo incorporado

En la figura 1.4 se puede ver toda la estructura física del Robot Enconor.

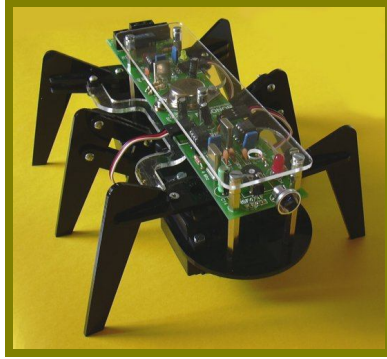


Figura.1.4. Robot Enconor.

e) Hexápodo Extreme II

Es sin duda uno de los mayores y más completos robots araña. Con sus seis patas, el robot es capaz de ejecutar una gran variedad de movimientos y patrones de andares. El robot puede ser utilizado con electrónica autónoma o bien radio controlado por medio de un transmisor de RC. Su avanzado diseño hace que su consumo sea muy bajo cuando está detenido.

Las características básicas que definen a Extreme II son las siguientes:

- Dispone de 12 servomotores.
- Capaz de superar obstáculos de 75 mm.
- Capacidad de carga de más de 900 gramos.
- La parte mecánica esta realizada en policarbonato amarillo y los soportes en aluminio.

En la figura 1.5 se puede ver la estructura física del Robot Extreme II.

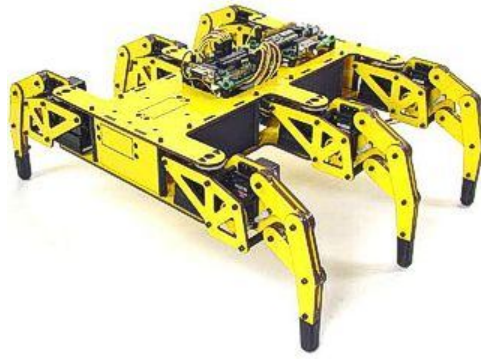


Figura.1.5. Robot Extreme II.

f) Hexpider

Se trata de un robot hexápodo con un total de 20 grados de libertad (20 servomotores). Dispone de 3 servos por cada pata y una cabeza con 2 servos. Actualmente tiene la estructura montada completamente y se encuentra en la fase de diseño de los controladores de los servomotores, como se puede observar en la figura 1.6.



Figura.1.6. Robot Hexpider.

Estos controladores constan de 3 microcontroladores 16F84 a 4 MHz, capaces de manejar un total de 24 servos y aceptan comandos serie a 9600 baudios. A estos 3 microcontroladores se les envía datos a través de otro microcontrolador que hace de Gateway y que redirige el tráfico de datos proveniente del microcontrolador máster, de acuerdo a la pata correspondiente.

1.1.4 Ventajas y desventajas de un hexápodo

1.1.4.1 Ventajas

Un concepto importante a la hora de elegir el número de patas del robot es el de su estabilidad estática. Este término se refiere a la capacidad del robot para permanecer estable (sin caerse) ya que puede mantenerse con sus patas, posee una base triangular en el terreno que pisa cuando no está en movimiento. Es más fácil mantener la estabilidad estática en un robot hexápodo que en un bípedo o cuadrúpedo, por un motivo muy sencillo, hay más patas libres para reposicionar el cuerpo del robot mientras éste se apoya en el resto de ellas.

Un robot hexápodo tiene la capacidad de desplazarse en terreno irregular, subir escaleras y transportar cargas sobre terrenos irregulares y obstáculos que tengan un tamaño inferior al tamaño de sus patas o evadirlos si estos son mayores a ese tamaño; además, tiene la capacidad de detectar agujeros en el piso con la finalidad de no caer en ellos

1.1.4.2 Desventajas

Por supuesto los robots con patas no son la solución general a la locomoción robótica, presentan una serie de problemas y desventajas que los han mantenido fuera de uso industrial y de servicios. El primer problema es la complejidad, los robots con patas son más complejos que los que utilizan ruedas sobre todo en lo referente a electrónica y control. Otro problema importante es la velocidad y el más crítico, el costo, a continuación se describen las desventajas:

a) Mecánica

Cada pata requiere al menos de tres actuadores para proveerla de dirección y tracción y permitir un movimiento completo. Con lo cual un sistema de locomoción con seis patas es más complejo y más caro que un sistema de locomoción bípedo o cuadrúpedo.

b) Electrónica

Cada articulación del robot está asociada a un controlador y debe ser controlada de manera individual; por lo tanto, los robots hexápodos requieren más sensores que un robot bípedo o cuadrúpedo.

c) Algoritmos de control

Un robot con patas debe coordinar la posición de todas sus articulaciones para realizar cualquier movimiento por lo que un robot hexápodo es sin duda más complejo que un robot con ruedas.

d) Velocidad

Un robot con ruedas en superficie plana y regular puede alcanzar una gran velocidad mientras que un robot hexápodo tiene una velocidad limitada.

e) Costo

El costo total de cualquier sistema suele ser siempre proporcional a su complejidad; por tanto, un sistema robótico hexápodo será más caro que un sistema de locomoción con ruedas, bípedo o cuadrúpedo.

1.1.5 Campos de aplicación

Los robots hexápodos están encontrando un gran número de aplicaciones en los laboratorios de investigación. Llevan a cabo con efectividad muchas tareas y son utilizados en una diversidad de aplicaciones, en los salones de clases como material didáctico, como exploradores espaciales, etc. A continuación indicamos los campos donde se están aplicando.

a) Educación

Los programas educacionales utilizan la simulación de control de robots hexápodos como un medio de enseñanza, que permite a los estudiantes desarrollar habilidades y actitudes nuevas.

b) Espacio

Con el fin de continuar con los estudios en el espacio los científicos se han visto en la necesidad de recurrir a los robots hexápodos, los cuales llevarán a bordo complejos

instrumentos y cámaras muy sofisticadas para la exploración de terrenos irregulares de otros planetas.

c) Laboratorios

Los robots hexápodos están encontrando un gran número de aplicaciones en los laboratorios, llevan a cabo con efectividad tareas de observación y monitoreo con interface de los instrumentos de medición y control. En ésta etapa de su desarrollo los robots hexápodos son utilizados para realizar procedimientos manuales o automatizados.

d) Militar

Las actividades encaminadas a la desactivación humanitaria de minas antipersonales requiere la utilización de sistemas robotizados móviles eficientes, como se ve en la fig. 1.7, que incrementen la velocidad de detección y alejen al operario del campo minado por razones de seguridad. Para tales aplicaciones se requieren robots hexápodos eficientes, que permitan adaptarse a las irregularidades del terreno así como detectar obstáculos en la trayectoria del detector de minas antipersonales.

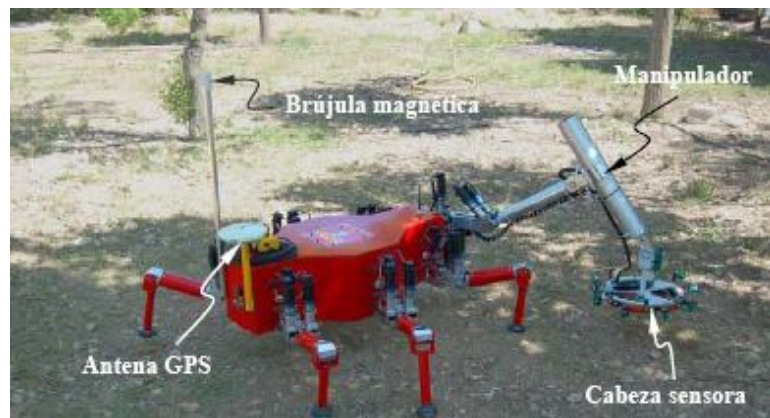


Figura.1.7. Robot Hexápodo para desactivación humanitaria de minas.

1.2 RADIOFRECUENCIA

Denominada también espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre 3 Hz y 300 GHz. Las ondas electromagnéticas de ésta región del espectro se pueden transmitir a una antena aplicando la corriente alterna originada en un generador².

La radiofrecuencia se puede dividir en las bandas del espectro, anotadas en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Bandas del espectro

Nombre	Abreviatura inglesa	Banda ITU	Frecuencias	Longitud de onda
			Inferior a 3 Hz	> 100.000 km
Extra baja frecuencia	ELF	1	3-30 Hz	100.000 km – 10.000 km

² <http://es.wikipedia.org/wiki/Radiofrecuencia>

Super baja frecuencia	SLF	2	30-300 Hz	10.000 km – 1000 km
Ultra baja frecuencia	ULF	3	300–3000 Hz	1000 km – 100 km
Muy baja frecuencia	VLF	4	3–30 KHz.	100 Km. – 10 km
Baja frecuencia	LF	5	30–300 KHz.	10 Km. – 1 km
Media frecuencia	MF	6	300–3000 KHz.	1 km – 100 m
Alta frecuencia	HF	7	3–30 MHz	100 m – 10 m
Muy alta frecuencia	VHF	8	30–300 MHz	10 m – 1 m
Ultra alta frecuencia	UHF	9	300–3000 MHz	1 m – 100 mm
Súper alta frecuencia	SHF	10	3-30 GHz	100 mm – 10 mm
Extra alta frecuencia	EHF	11	30-300 GHz	10 mm – 1 mm
			Por encima de los 300 GHz	< 1 mm

A partir de 1 GHz las bandas entran dentro del espectro de las microondas. Por encima de 300 GHz la absorción de la radiación electromagnética por la atmósfera terrestre es tan alta que la atmósfera se vuelve opaca a ella, hasta que, en los denominados rangos de frecuencia infrarrojos y ópticos, vuelve de nuevo a ser transparente.

Las bandas ELF, SLF, ULF y VLF comparten el espectro de la AF (audiofrecuencia), que se encuentra entre 20 y 20000 Hz aproximadamente; sin embargo, éstas se tratan de ondas de presión, como el sonido, por lo que se desplazan a la velocidad del sonido sobre un medio material. Mientras que las ondas de radiofrecuencia, al ser ondas electromagnéticas, se desplazan a la velocidad de la luz y sin necesidad de un medio material.

Los conectores eléctricos diseñados para trabajar con frecuencias de radio se conocen como conectores RF. RF también es el nombre del conector estándar de audio/video, también conocido como BNC (Bayonet Connector).

Usos de la radiofrecuencia

Uno de los primeros usos de la radiofrecuencia fue en el ámbito naval para el envío de mensajes en código Morse entre los buques y tierra o entre buques. Actualmente, el uso de radiofrecuencia toma muchas otras formas, incluyendo redes inalámbricas, comunicaciones móviles de todo tipo, así como la radiodifusión.

Antes de la llegada de la televisión, la radiodifusión comercial incluía no sólo noticias y música, sino dramas, comedias, shows de variedades, concursos y muchas otras formas de entretenimiento, siendo la radio el único medio de representación dramática que solamente utilizaba el sonido.

Otros usos de la radio son:

- Audio.
 - La forma más antigua de radiodifusión de audio fue la radiotelegrafía marina, ya mínimamente utilizada. Una onda continua (CW) era conmutada on-off por un manipulador para crear código Morse, que se oía en el receptor como un tono intermitente.
 - Música y voz mediante radio en modulación de amplitud (AM).
 - Música y voz, con una mayor fidelidad que la AM, mediante radio en modulación de frecuencia (FM).
 - Música, voz y servicios interactivos con el sistema de radio digital DAB empleando multiplexación en frecuencia OFDM para la transmisión física de las señales.

- Servicios RDS, en sub-banda de FM, de transmisión de datos que permiten transmitir el nombre de la estación y el título de la canción en curso, además de otras informaciones adicionales.
- Transmisiones de voz para marina y aviación utilizando modulación de amplitud en la banda de VHF.
- Servicios de voz utilizando FM de banda estrecha en frecuencias especiales para policía, bomberos y otros organismos estatales.
- Servicios civiles y militares en alta frecuencia (HF) en la banda de Onda Corta, para comunicación con barcos en alta mar y con poblaciones o instalaciones aisladas y a muy largas distancias.
- Sistemas telefónicos celulares digitales para uso cerrado (policía, defensa, ambulancias, etc.). Distinto de los servicios públicos de telefonía móvil.

- Telefonía.
- Vídeo.
- Navegación.
- Radar.
- Servicios de emergencia.
- Transmisión de datos por radio digital.
- Calentamiento.
- Fuerza mecánica.

Las bandas de frecuencias más destacadas son las siguientes:

a) General

- Frecuencias de radiodifusión y televisión:

- Radio AM = 530kHz - 1600kHz (MF)
- TV Banda I (Canales 2 - 6) = 54MHz - 88MHz (VHF)
- Radio FM Banda II = 88MHz - 108MHz (VHF)
- TV Banda III (Canales 7 - 13) = 174MHz - 216MHz (VHF)
- TV Bandas IV y V (Canales 14 - 69) = 512MHz - 806MHz (UHF)

b) Frecuencias de radioaficionados

El rango de frecuencias permitido a los radioaficionados varía según el país y la región del territorio de ese país. Las señaladas en la tabla 1.2 son las bandas más comunes, identificadas por su longitud de onda.

Tabla 1.2. Rango de frecuencias para radioaficionados

Distancia	Frecuencia
Banda de 160 metros	(1.810 - 2.000 kHz)
Banda de 80 metros	(3.500 - 3.800 kHz)
Banda de 40 metros	(7.000 a 7.100 kHz en Región 1)
Banda de 30 metros	(1.100 a 10.150 kHz)
Banda de 20 metros	(14.000 a 14.350 kHz)
Banda de 17 metros	(18.068 - 18.168 kHz)
Banda de 15 metros	(21.000 a 21.450 kHz)
Banda de 12 metros	(24.890 a 24.990 kHz)
Banda de 11 metros	(26960 a 27410 Khz) Sólo autorizados con licencia
Banda de 10 metros	(28.000 a 29.700 kHz)

Banda de 6 metros	(50 MHz)
Plan de Banda de 2 metros	(144 - 146 MHz)
Banda de 70 cm	(430 - 440 MHz)

1.2.1 Transmisores y Receptores de Radiofrecuencia

1.2.1.1 Transmisores ASK y FSK de radio frecuencia

Se tiene varios módulos híbridos de radiofrecuencia de bajo costo para transmisión de datos a gran velocidad, incluyendo las series TLP/RLP de transmisores y receptores, como se puede ver en la figura 1.8, estos módulos son muy versátiles y por tanto perfectos.

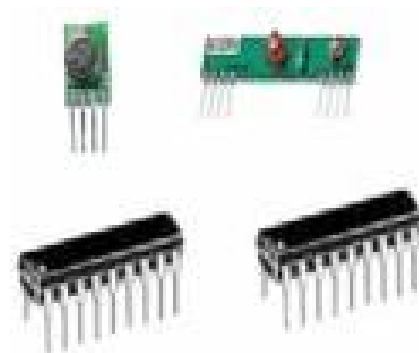


Fig. 1.8. Módulos híbridos de transmisión y recepción

Las tablas 1.3 y 1.4 presentan los diferentes Transmisores ASK y FSK, las características y propiedades de trabajo de cada uno de estos.

Tabla 1.3 Transmisores ASK

Transmisores ASK						
Modelo	Modos	Frecuencia	Voltaje	Rango Datos	Potencia	Corriente
TLP315A	Modo: ASK;	315MHz	3~12V	8Kbps	+8.8dBm	

TLP418A	Modo: ASK;	418MHz	3~12V	8Kbps	+8.8dBm	
TLP434A	Modo: ASK;	433.92MHz	3~12V	8Kbps	+8.8dBm	
TLP434A 0.5W	Modo: ASK	433.92MHz	5V	8Kbps	0.5W	150mA
TLP868A	Modo: ASK;	868.35MHz	3~12V	8Kbps	+8.8dBm	

Tabla 1.4 Transmisores FSK

Transmisores FSK						
Modelo	Modos	Frecuencia	Voltaje	Rango Dato	Potencia	Corriente
TLP868F	Modo: FSK;	868.35MHz	2.7~5.5V	4~40 Kbps		

1.2.1.2 Receptores ASK y FSK de radio frecuencia

Las tablas 1.5 y 1.6 presentan los diferentes Receptores ASK y FSK, sus características y propiedades de trabajo de cada uno de estos.

Tabla 1.5 Receptores ASK

Módulos receptores RF (ASK) de alta frecuencia						
Modelo	Características	Frecuencia	Voltaje	Selectividad	Rango de Datos	Corriente
RLP315	Modo: ASK; Circuito: S/R+S/F	315MHz	4.5~5.5V	-116dB	4800bps	7.5mA+/- 0.5mA(DC/5V)
RLP315A	Modo: ASK; Circuito:S/R+S/F;	315MHz	3.5-6v	-116dB	4800bps	7.5mA+/- 0.5mA(DC/5V)
RLP418	Modo: ASK; Circuito: S/R+S/F	418MHz	5V	-106dB	4800bps	4.8mA+/-0.5mA
RLP418A	Modo: ASK; Circuito: S/R+S/F	418MHz.	3.5-6v	-116dB	4800bps	7.5mA+/- 0.5mA(DC/5V)
RLP434	Modo: ASK;	433.92MHz	4.5~5.5V	-116dB	4800bps	7.5mA+/-

	Circuito: S/R+S/F					0.5mA(DC/5V)
RLP434A	Modo: ASK; Circuito: S/R+S/F	433.92MHz	3.5~6V	-116dB	4800bps	7.5mA+/- 0.5mA(DC/5V)
RLP868A	Modo: ASK; Circuito: PLL;	868.35Mhz (300Mhz- 1GMhz)	5V2.7- 5.5V	-112dB (1200bps)	3k-100KBps	12mA+/- 0.5mA(DC/5V)

Tabla 1.6 Receptores FSK

Módulos receptores RF (FSK) de alta frecuencia						
Modelo	Características	Frecuencia	Voltaje	Selectividad	Data Rate	Corriente
RLP868F	Modo: FSK; Espaciado de canal:200KHz;	868.35Mhz (300Mhz- 1GMhz)	2.7~5.5V	-112dB(1200bps)	3k-100KBps	
RLP16F	Modo: FSK;	916.5Mhz	2.7~5.5V	-112dB(1200bps)	33k-100KBps	

La robustez y el bajo costo de éste módulo inalámbrico lo hacen perfectamente adaptable a cualquier aplicación remota. Su rango típico es de 300 metros (500ft) en áreas abiertas y están disponibles para frecuencias de 433.92Mhz, 418Mhz y 315Mhz.

Los transmisores ASK tienen una salida de hasta 8mW dependiendo del voltaje con que se alimente. El transmisor TLP está basado en un resonador SAW (diente de sierra) y acepta tanto entradas lineales como digitales; además, puede operar de 2 a 12 Voltios (DC) y ofrece una gran facilidad para productos RF.

Este receptor tiene una sensibilidad de 3uV. Opera de 4.5 a 5.5 voltios (DC) y tiene entradas lineales y digitales. La sensibilidad típica es de -103dbm y el consumo típico es de 3.5 mA para su operación en un voltaje de 5V.

1.2.2 Tipos de radio controles³.

³ www.electronica2000.com/radiocontrol/radiocon.htm

El **radio control** es la técnica que permite el gobierno de un objeto a distancia y de manera inalámbrica (enlace hertziano). En el radio control entran en juego tres técnicas fundamentales: la electrónica que se encarga de irradiar las señales de mando, la electricidad, encargada de proporcionar la energía necesaria a los dispositivos finales y la mecánica encargada de transformar las señales eléctricas en movimiento mecánico.

Existen mandos o radiocontroles para muchos otros dispositivos: modelos a escala de aviones, helicópteros y otros modelos por radiocontrol son juguetes bastante populares. Muchos robots se controlan remotamente, especialmente aquellos que han sido diseñados para llevar a cabo tareas peligrosas, así como algunos de los más nuevos cazas de combate.

Un mando universal combina varios controles en uno, normalmente con alguna clase de interruptor o botón para seleccionar el aparato controlado. Los mandos universales varían desde modelos básicos baratos a un mando como el modelo con Linux de Sony. El primer modelo de control remoto universal fue desarrollado por William Russell McIntyre a mediados de los 80, mientras trabajaba en Philips. Al diseño del software de McIntyre se le fueron otorgadas patentes, ya que fue el primer control remoto que podía apuntarse a un aparato electrónico y aprender sus controles operativos.

El siguiente paso en los mandos a distancia son los paneles de control doméstico, estos controles remotos no sólo funcionan en televisores o sistemas de entretenimiento, sino que permiten controlar otros aparatos eléctricos tales como cortinas electrónicas, interruptores de la luz y cámaras de seguridad. Algunos de los últimos paneles de control domésticos permiten la transmisión de audio así como tomar fotografías.

A veces se usan armas de fuego por control remoto para cazar pájaros y otros animales.

1.2.2.1 Tecnología

La mayoría de mandos a distancia para aparatos domésticos utilizan diodos de emisión cercana a infrarrojo para emitir un rayo de luz que alcance el dispositivo. Esta luz es invisible para el ojo humano, pero transporta señales que pueden ser detectadas por el aparato.

Un mando a distancia de un sólo canal permite enviar una señal portadora, usada para accionar una determinada función. Para controles remoto multicanales, se necesitan

procedimientos más sofisticados, uno de ellos consiste en modular la señal portadora con señales de diferente frecuencia. Después de la demodulación de la señal recibida, se aplican los filtros de frecuencia apropiados para separar las señales respectivas, hoy en día se utilizan los métodos digitales.

1.2.2.2 Aplicaciones

- a) **Industria.** El control remoto es usado para operar subestaciones, centrales hidroeléctricas reversibles, para estos sistemas se suelen usar PLCs de baja frecuencia.
- b) **Aplicaciones militares.** El uso control remoto de vehículos militares data de comienzos del siglo XX. El ejército rojo usaba teletanques, controlados remotamente durante los años 1930 y los comienzos de la Segunda Guerra Mundial, también experimentaron con aviones por control remoto.
- c) **Astronáutica.** La tecnología por control remoto también es usada en los viajes en el espacio, por ejemplo, en el programa Ruso Lunokhod, los vehículos era accionados por control remoto. El control remoto directo de vehículos espaciales a mayores distancias desde la tierra no es práctico debido al retardo de la señal.
- d) **Videojuegos.** Los controles para los videojuegos han utilizado cables hasta recientemente debido a que la tecnología de infrarrojos no era lo suficientemente fiable debido a la dificultad de jugar y apuntar el control hacia el sensor al mismo tiempo. Sin embargo, otras compañías construyeron de forma independientes mandos sin cable para varias consolas.

Los controles sin cables se han convertido en un estándar para las consolas como la PlayStation 3, la Xbox 360 y la Wii. El diseño del control para la consola Wii está basado en un mando a distancia y a veces se le llama Wiimote (del inglés remote, mando).

1.2.3 Tipos de videocámaras

La **cámara de video** es un dispositivo que captura imágenes convirtiéndolas en señales eléctricas, en la mayoría de los casos a señal de video, también conocida como señal de televisión. En otras palabras, una cámara de video es un transductor óptico.

Existen dos tipos de videocámaras:

- a) Alámbricas
- b) Inalámbricas

Usualmente la red alámbrica maneja velocidades de 100Mbps y las inalámbricas de 54Mbps, así que las alámbricas son más rápidas.

Ambas redes tienen ventajas y desventajas.

Las redes alámbricas se utilizan cuando se quiere evitar interferencia y robos de señal. Por ejemplo los teléfonos inalámbricos con frecuencia de 2.0 MHz pueden provocar interferencia con otro tipo de redes inalámbricas, por eso los nuevos teléfonos manejan una frecuencia de 5 MHz.

Para solucionar los problemas de interferencia y disminución de la potencia de la señal se utilizan antenas que amplifican la señal. Si la red se usa para transmitir video se recomienda una red alámbrica debido al ancho de banda que va a ocupar. Por otro lado, las redes inalámbricas tienen la ventaja de la movilidad, también encriptación y no permite el acceso a ella sin autorización.

1.2.3.1 Cámaras Alámbricas

a) Micro Cámara Oculta en un Botón (Opcional Inalámbrica)

En la figura 1.9 se puede ver el tamaño real de la Micro Cámara Oculta en un Botón.



Figura.1.9. Micro Cámara Oculta en un Botón.

Descripción: Micro Cámara a color con micrófono incorporado, simula ser un botón de camisa, puede conectarse a cualquier monitor, TV, video grabador, video, cámara, etc. que tenga entrada de video, también puede utilizarse conjuntamente con uno de los transmisores inalámbricos.

b) Cámara Domo Color (Alta Sensibilidad)

En la figura 1.10 se ve la cámara color tipo DOMO, está diseñada especialmente para propósitos de seguridad, dispone de un sensor Sony Súper Had de color con procesamiento digital de la señal y un lente de 3.6mm que ofrece imágenes más nítidas y brillantes.



Figura.1.10. Cámara Domo Color.

c) CS 400 Cámara color con iluminación infrarroja incluida (sin sonido)

En la figura 1.11 se puede ver la CS 400 cámara color con iluminación infrarroja incluida (sin sonido), es la más potente de la línea color que incluye iluminación infrarroja. Con ésta cámara pueden obtenerse excelentes imágenes en total oscuridad. Puede utilizarse conjuntamente con uno de los transmisores inalámbricos o conectados directamente a un monitor o video grabador.

Sistema de TV:	NTSC/EIA
Resolución:	380 líneas
Barrido:	60 Hz



Figura.1.11. CS 400 Cámara a color con iluminación infrarroja incluida (sin sonido).

d) Micro cámara oculta en un tornillo (opcional inalámbrica)

En la figura 1.13 se puede ver el tamaño y forma real de la Micro cámara oculta en un tornillo (opcional inalámbrica).

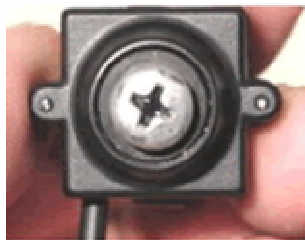


Figura. 1.13. Micro cámara oculta en un tornillo.

Descripción: Cámara súper miniatura a color con micrófono incorporado, simula ser un tornillo. Se alimenta con 9Vcc, puede ser conectada a cualquier monitor, televisor, video grabador, etc. que tenga entrada de video, también puede usarse conjuntamente con un transmisor inalámbrico.

e) Cámara espía oculta (en detector de humos)

En la figura 1.14 se observa el tamaño y la forma de la Cámara espía oculta en un detector de humo.



Figura. 1.14. Cámara espía oculta.

Descripción: Las cámaras espías las hay de multitud de formas y diferentes camuflajes, pero sin duda la cámara espía oculta en un detector de humos es la más desapercibida de todas por lo que resulta totalmente indetectable. La cámara espía en color tiene una resolución de 420 líneas por lo que ofrece unas imágenes claras y nítidas de lo que ocurre a su alrededor. Gracias al montaje en el techo, resulta idónea como cámara para vigilancia y visualización de cajas registradoras, mostradores, entradas, etc. Nadie sospechará nunca que está siendo vigilado por una cámara encima de su cabeza, se puede montar tantas cámaras espías como se quiera, puesto que son indetectables.

f) Sw yc 28 cámara a color con sensor CCD de distancia focal variable

En la figura 1.15 se ve la cámara a color con sensor CCD (dispositivo de carga acoplada) de distancia focal variable (zoom) de 3.5 a 8mm. Incluye iluminación infrarroja de rango largo para ver en la total oscuridad hasta 40 metros, resistente a la intemperie, gabinete súper robusto de fina terminación, largo aproximadamente 165mm., diámetro aprox. 90mm., sensor 1/3 CCD. 1 lux, 0 lux en modo infrarrojo, 420 líneas, alimentación 12v.



Figura. 1.15. Sw yc 28 cámara ccd e infrarroja.

g) Sw cs 900 camera motion detect

En la figura 1.16 se ve la cámara CMOS de vigilancia a color con micrófono incorporado. Incluye detector de movimiento que hace que la cámara gire sobre su base y se encienda la luz de activación en forma destellante, cuando detecta algún movimiento. Las imágenes y el sonido captados por la cámara, pueden ser reproducidos o grabados en cualquier monitor o grabador de video.



Figura. 1.16. Sw cs 900 camera motion detect.

1.2.3.2. Cámaras Inalámbricas

a) Cámara color inalámbrica

En la fig. 1.17 se puede ver la cámara inalámbrica de 2.4GHz, con sensor Color CCD (dispositivo de carga acoplada), Sharp de 1/4, con micrófono incorporado, incluye iluminación infrarroja y protección contra la intemperie construcción súper robusta, incluye receptor de 2.4Ghz de 4 canales seleccionables por pulsador.



Figura. 1.17. Cámara a color inalámbrica.

b) Cámara a color inalámbrica con sonido para exterior

Es una cámara a color con sonido y transmisor inalámbrico de 2.4ghz incluido dentro de la cámara, incluye iluminación infrarroja que permite ver en total oscuridad, el transmisor PLL de 100 mw trabaja en 2.4ghz, lo cual le permite atravesar paredes y obstáculos con más facilidad que en 1.2ghz. Incluye también el receptor PLL con

salida directa de video y audio, para conectar directamente a la tarjeta de grabación y monitoreo. El alcance en terreno libre de obstáculos es de 50 metros, la presencia de paredes u otro tipo de obstáculos, puede hacer que cambie notablemente el alcance. El sistema PLL hace innecesarios los ajustes de sintonía fina ya que trabaja en un canal fijo predefinido. Resistente a la intemperie, puede ser colocada en exteriores, en la figura 1.18 se puede ver la cámara y sus accesorios.



Figura. 1.18. Cámara a color inalámbrica con sonido para exterior.

c) Micro cámara inalámbrica

En la fig.1.19 se observa la cámara inalámbrica de 2.4ghz, sensor color CCD de $\frac{1}{4}$, lente pequeño con micrófono, incluye receptor de 2.4ghz de 4 canales seleccionables por pulsador.



Figura. 1.19. Micro cámara inalámbrica.

d) Cámara inalámbrica infrarroja

Es una cámara de video a color e infrarroja, con sonido, tiene transmisor inalámbrico incorporado, resistente al agua (no sumergible), como se puede apreciar en la fig.1.20.



Figura. 1.20. Cámara inalámbrica infrarroja.

e) Súper cámara inalámbrica miniatura

En la fig. 1.21 se observa la cámara de video a color súper miniatura, con micrófono y transmisor inalámbrico de 2.4ghz incorporado. El sistema PLL (lazo cerrado)⁴ del transmisor y del receptor, permite definir la frecuencia de transmisión en uno de cuatro canales fijos. Su señal de 2.4ghz atraviesa obstáculos como paredes y otros con mayor facilidad que en 1.2ghz.



Figura. 1.21. Súper cámara inalámbrica miniatura.

1.2.4 Módulos de video

Los módulos de video que existen incluyen el módulo de transmisión y el módulo de recepción al igual que sucede en los controles de radiofrecuencia como se muestra en la figura 1.22.

⁴ <http://www.erg.abdn.ac.uk/users/gorry/course/phy-pages/dpll.html>

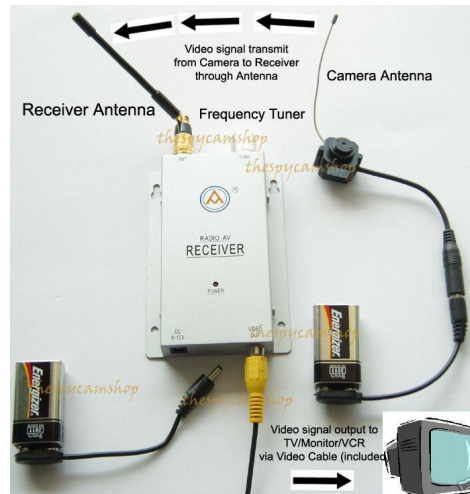


Figura. 1.22. Modulo de transmisión y recepción de una mini videocámara.

Módulos transmisión y recepción de audio y video inalámbricos

Los módulos de transmisión y recepción de audio y vídeo inalámbricos, transmite la señal de vídeo y audio de forma inalámbrica, con alta fidelidad y bajo ruido, a una distancia que puede llegar a los 600 metros o más, dependiendo de la visibilidad y obstáculos entre el módulo transmisor y el receptor.

Usan como portadora una señal de 2.4 Ghz y modulación FM que permite una alta calidad de la señal. Con el fin de mejorar y garantizar la recepción clara de la imagen y el sonido.

El equipo se acompaña de una antena externa direccional, que puede ser conectada al receptor. De esta forma, es posible enfocar la antena apuntando a donde se encuentre el transmisor, para obtener así menos pérdidas de señal y una mayor calidad en la recepción del audio y vídeo. El transmisor incorpora una antena omnidireccional. De esta forma, en caso de usar un único transmisor y varios receptores, es posible apuntar las antenas de estos hacia el transmisor y así optimizar el comportamiento del sistema completo⁵.

La transmisión inalámbrica de señales, permite flexibilizar y aumentar las aplicaciones de los sistemas multimedia. Puede enviar la imagen y sonido de sistemas estéreo, satélite o VCR a través de paredes, muros o pisos a un TV o altavoz situado en otra habitación.

⁵ <http://www.teknicenter.com/sistema-de-transmisor-y-receptor-de-audio-y-video-inalambricos-p-2404.html>

1.3 SERVOMOTORES

1.3.1 Características

Un servomotor (también llamado Servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control, los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radiocontrol y en robótica, pero su uso no está limitado a estos. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.

Los servomotores tienen 3 terminales:

- Terminal positivo: Recibe la alimentación del motor.
- Terminal negativo: Referencia tierra del motor.
- Entrada de señal: Recibe la señal de control del motor.

Los colores del cable de cada terminal varían con cada fabricante como se indica en la tabla

Fabricante	Terminal Positivo	Terminal Negativo	Entrada de señal
Hitec	Rojo	Negro	Amarillo
Futaba	Rojo	Negro	Blanco
JR	Rojo	Marrón	Naranja

1.7, el cable del terminal positivo frecuentemente es rojo el del terminal negativo puede ser marrón o negro y el del terminal de entrada de señal suele ser de color blanco, naranja o amarillo, como se puede observar en la fig.1.23.

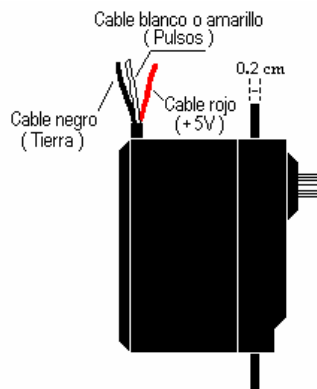


Figura 1.23. Descripción de terminales de un servomotor.

Airtronics	Rojo	Negro	Naranja
Fleet	Rojo	Negro	Blanco
Kraft	Rojo	Negro	Naranja

Tabla. 1.7. Descripción de terminales de acuerdo a su fabricante

Dependiendo del modelo del servo la tensión de alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios.

1.3.2 Funcionamiento

El funcionamiento de un servomotor se reduce a indicar su posición mediante una señal cuadrada de voltaje. El ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal, cada servomotor, dependiendo de la marca y modelo utilizado, tiene sus propios márgenes de operación.

Para los servomotores de la marca FUTABA los valores posibles de la señal en alto están entre 0,3 y 2,1 ms, como se observa en la figura 1.24 que posicionan al motor en ambos extremos de giro (0° y 180°, respectivamente). El valor 1,2 ms indica la posición central y otros valores de duración del pulso dejarían al motor en la posición proporcional a dicha duración.

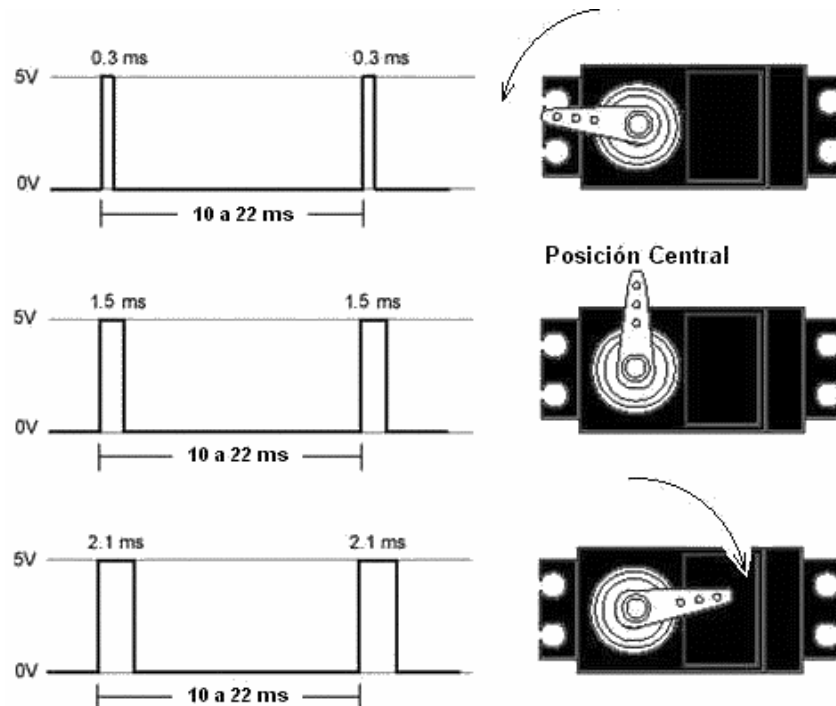


Figura.1.24. Señal y posiciones del servo.

La duración del pulso alto para conseguir un ángulo de posición θ estará dada por la ecuación 1.1.

$$t = 0.3 + \frac{\theta}{100} \quad (\text{Ecuación 1.1})$$

Donde t está dada en milisegundos y θ en grados.

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

1.3.3 Tipos de servomotores

A lo largo de estos últimos años los servomotores han evolucionado enormemente en cuanto a prestaciones suministradas; es decir, tamaño, velocidad de posicionamiento y torque. Lo último en la evolución de los servomotores es la clasificación siguiente:

- Servomotores digitales
- Servomotores analógicos (estándar)

Para empezar, un servomotor digital es lo mismo que un servomotor analógico excepto que el primero incorpora un cristal de cuarzo y un microcontrolador el cual analiza la señal enviada por el receptor a la vez que se encarga de controlar el funcionamiento del servomotor. Es incorrecto pensar que un servo digital es completamente diferente a un estándar en cuanto a su arquitectura. Un servo digital incorpora el mismo motor, piñones y caja que los estándar e incluso y lo más importante es que también disponen de un potenciómetro para la realimentación de posición.

Por tanto la diferencia principal entre ambos tipos reside en la manera en la que se procesa la señal recibida desde el receptor y en cómo controla el envío de potencia al servomotor de posicionamiento consiguiendo reducir la banda muerta, incrementando la resolución y generando unos valores de par estático y dinámico.

Una desventaja en los servomotores digitales es que presentan un consumo mayor de potencia, dicho aumento de consumo es de aproximadamente un 60% superior a un

servomotor analógico de “similares” prestaciones. En resumen, es recomendable usar servomotores digitales si lo que se desea es:

- Mayor resolución en el posicionamiento.
- Menor ancho de banda muerta.
- Mayor eficacia en el posicionamiento (Repetitibilidad).
- Respuesta más rápida ante órdenes del control.
- Mayor par en cualquier situación.

1.3.4 Trucaje de servomotores

Es posible modificar un servo motor para eliminar su restricción de giro y permitirle dar giros completos. Esto, sin embargo, convierte al servo motor en un motor de corriente continua normal, pues es necesario eliminar el circuito de control debido a que los engranajes reductores se conservan luego de la modificación, el motor obtenido mantiene la fuerza y velocidad que tenía el servo inicial. Además, poseen la ventaja de que tienen menos inercia que los motores de corriente continua comerciales, lo que los hace útiles para ciertas aplicaciones especiales, como para realizar giros de 360°.

Para la descripción de este proceso se utilizará un servomotor de fabricación Hitec, como se puede ver en la fig. 1.25, dado que resulta muy fácil de conseguir y su costo es muy bajo. El aspecto no es diferente al de la mayoría de los servos.



Figura.1.25. servomotor Hitec.

Sin "trucarlo", un servomotor sólo puede girar unos 180 grados, una vez que se lo modifica será capaz de girar libremente en cualquier sentido.

a) Quitando los tornillo

En la figura 1.26 se indica el servomotor que posee cuatro tornillos, largos y delgados, ubicados en su base. Las flechas rojas muestran su posición, debe removerlos utilizando un destornillador con la punta adecuada, para no estropearlos.

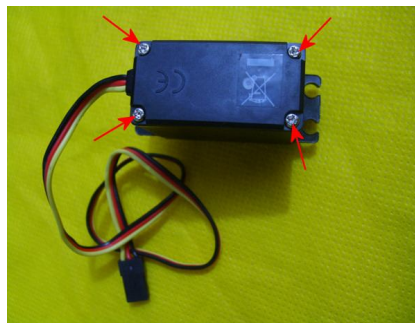


Figura.1.26. Quitando los tornillos del servomotor.

Una vez que se ha quitado estos cuatro tornillos, se puede retirar la cubierta superior del servo, debajo de este plástico se encuentra la "caja reductora", que consiste en un grupo de engranajes encargados de reducir la velocidad de giro que proporciona el motor y aumentar su fuerza. Además, uno de estos engranajes mueve el potenciómetro que indica a la electrónica del servo cuál es la posición del eje.

b) Quitando los engranajes

Deben eliminarse los engranajes dado que, a uno de ellos debe quitarse una pestaña que posee. Esta pestaña es el "tope" que evita que el servo se mueva más allá de los 180 grados previstos por el fabricante.

En la fig.1.27 se muestra desacoplado los engranajes del servomotor.



Figura.1.27. Quitando los engranajes del servomotor.

c) Quitando la tapa inferior

Es posible que en este punto del "desmontaje" la tapa inferior ya se haya desprendido. Si no ha ocurrido es porque está pegada. Debajo de ella aparecerán los componentes de la placa electrónica que controla el comportamiento del servomotor, como se ve en la fig. 1.28.



Figura.1.28. Placa electrónica del servomotor Hitec.

d) Removiendo el circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board)

La placa PCB se quitará desoldando los terminales del pequeño motor eléctrico que está dentro del servomotor. Hay que ser cuidadosos, ya muy cerca de los terminales hay algunos componentes como por ejemplo: (transistores y resistores de montaje superficial).

En la fig.1.29 se puede observar como se esta removiendo la placa Pcb.



Figura.1.29. Removiendo el PCB del servomotor Hitec.

e) Trucaje

En la fig.1.30 se muestra cómo debe quitarse el potenciómetro que está en el interior del servomotor cuyo eje es solidario a uno de los engranajes. Hay que remover el tornillo.

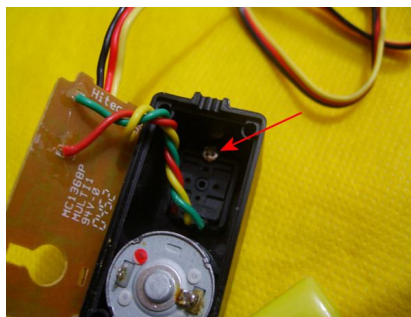


Figura.1.30. Quitando el potenciómetro del servomotor.

Pueden verse tres cables de colores que conectan el potenciómetro con el PCB, los cuales deben desoldarse.

En la figura 1.31 se indica los cables ya separados y desoldados del potenciómetro.

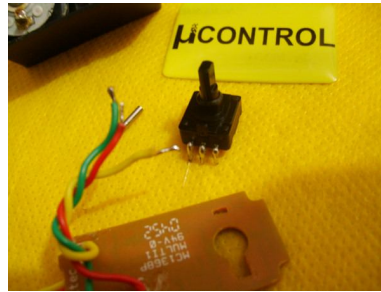


Figura.1.31. Cables de color que unen al potenciómetro.

f) Reemplazando por resistores

La parte electrónica del trucaje consiste en reemplazar el potenciómetro por dos resistores. Estos deben ser lo más parecidos posible, y sumados deben tener un valor aproximado al del potenciómetro. Es importante que sean muy similares para que la electrónica crea que el cursor del potenciómetro se encuentra en el centro. Si no fuesen idénticos el trucaje funcionará igual, pero debe compensarse ésta diferencia desde el software.

Al soldar los cables, debe prestar atención para que el cable que estaba en el centro del potenciómetro vaya al centro de los dos resistores. En el caso del ejemplo, el amarillo va al centro, pero podría ocurrir que no todos los servos tengan los mismos colores de cables.

En la figura 1.32 se indica las resistencias soldadas a los terminales de los cables, reemplazando al potenciómetro.



Figura.1.32. Cambiando resistencias por el potenciómetro.

Luego, antes de guardar los cables dentro el servo debe protegerlos con un spaguetti termo contraíble.

En la figura 1.33 se muestra cómo queda el terminado, luego de proteger las resistencias.

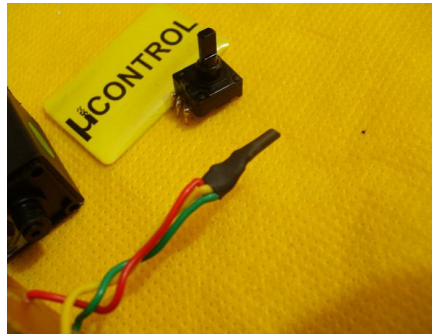


Figura.1.33. Protección con spaguetti termo contraíble.

g) Rearmando el servomotor

Colocar el PCB en su lugar, el potenciómetro no se coloca ya que no cumpliría ninguna función y ubicar los cables con las resistencias dentro de la carcasa plástica.

En la fig.1.34 se indica como se coloca el PCB en el lugar correcto.

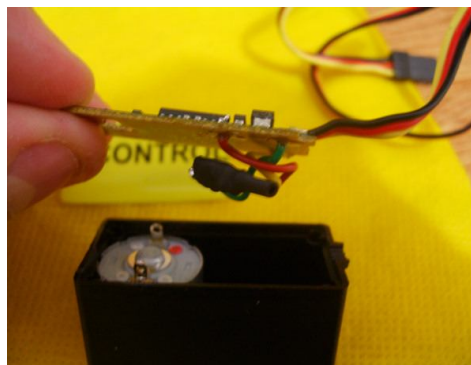


Figura.1.34. Rearmando el servomotor.

h) Modificando el engranaje

Para terminar el trabajo, debe ubicar el engranaje como se indica en la figura 1.35 y cortar la pestaña indicada por la flecha.

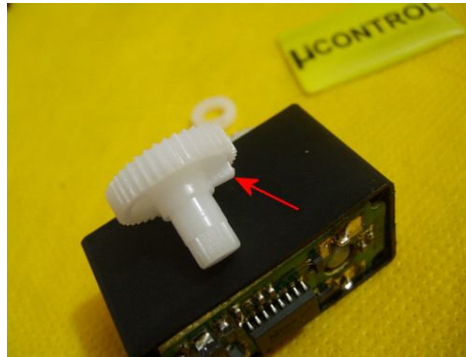


Figura.1.35. Modificación del engranaje.

Utilizar una "alicate" o "cuchilla" bien afilado para llevar a cabo esta tarea, hay que tener cuidado de no estropear el engranaje

Sólo resta colocar los engranajes en su lugar y cerrar la carcasa del servomotor, colocar la tapa superior y poner los tornillos. Este paso es el último del trucaje, el servomotor está listo para comportarse como un motor.

1.4 MICROCONTROLADORES

1.4.1 Conceptos Básicos

Un **microcontrolador** es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora.

Dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para Contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.

- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Los productos que para su regulación incorporan un microcontrolador disponen de las siguientes ventajas:

- Aumento de prestaciones: un mayor control sobre un determinado elemento representa una mejora considerable en el mismo.
- Aumento de la fiabilidad: al reemplazar el microcontrolador por un elevado número de elementos disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes.
- Reducción del tamaño en el producto acabado: La integración del microcontrolador en un chip disminuye el volumen, la mano de obra y los stocks.
- Mayor flexibilidad: las características de control están programadas por lo que su modificación sólo necesita cambios en el programa de instrucciones.

El microcontrolador es en definitiva un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador. Debido a su reducido tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que gobierna, en este caso el controlador recibe el nombre de controlador empotrado (embedded controller).

1.4.1.1 Aplicaciones de los microcontroladores

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y coste, mejorar su fiabilidad y disminuir el consumo.

Algunos fabricantes de microcontroladores superan el millón de unidades de un modelo determinado producidas en una semana. Este dato puede dar una idea de la masiva utilización de estos componentes. Los microcontroladores están siendo empleados en multitud de sistemas presentes en la vida diaria, como pueden ser juguetes, horno microondas,

frigoríficos, televisores, computadoras, impresoras, módems, el sistema de arranque de nuestro coche, etc. y otras aplicaciones como instrumentación electrónica, control de sistemas en una nave espacial, etc. Una aplicación típica podría emplear varios microcontroladores para controlar pequeñas partes del sistema, estos pequeños controladores podrían comunicarse entre ellos y con un procesador central, probablemente más potente, para compartir la información y coordinar sus acciones, como, de hecho, ocurre ya habitualmente en cualquier PC.

1.4.2 Características generales

1.4.2.1 Recursos comunes a todos los microcontroladores

Al estar todos los microcontroladores integrados en un chip, su estructura fundamental y sus características básicas son muy parecidas. Todos deben disponer de los bloques esenciales como: procesador, memoria de datos y de instrucciones, líneas de E/S, oscilador de reloj y módulos controladores de periféricos. Sin embargo, cada fabricante intenta enfatizar los recursos más idóneos para las aplicaciones a las que se destinan preferentemente.

1.4.2.2 Recursos especiales

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores o "Timers".
- Perro guardián o "Watchdog".
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- Estado de reposo o de bajo consumo.

- Conversor A/D.
- Conversor D/A.
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertas de E/S digitales.
- Puertas de comunicación.

1.4.3 Los microcontroladores de la MICROCHIP

Uno de los fabricantes de los microcontroladores es la Microchip, la misma que divide a sus integrados en las siguientes familias:

- Gama enana
- Gama baja
- Gama media
- Gama alta.

Las principales características de estas gamas son el número de instrucciones y su longitud, el número de puertos y sus funciones, lo cual se refleja en el encapsulado, la complejidad interna de programación y el número de aplicaciones.

1.4.3.1 El dsPIC 30F4011

El dsPIC30F4011 forma parte de la nueva serie de microcontroladores PIC de 16 bits, ofrece un conjunto de instrucciones mejorado, mejores periféricos, el doble de memoria y una velocidad de trabajo hasta 2 veces mayor que un 16F877 a un precio similar.

En la figura 1.36 se muestra el dsPIC30f4011 con los nombres de cada uno de los pines o puertos.

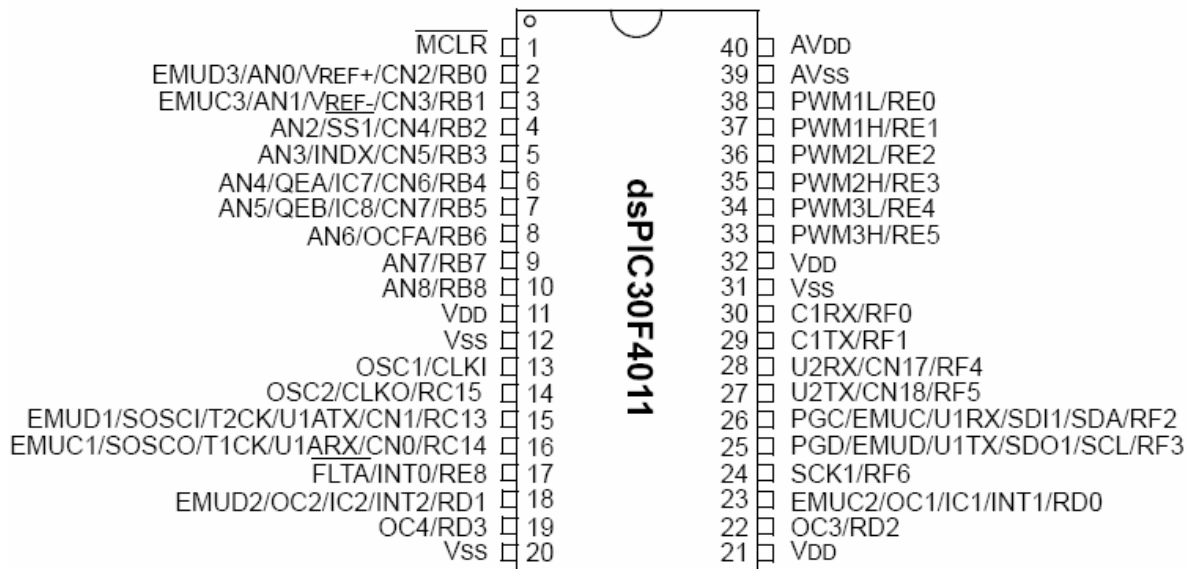


Figura.1.36. dsPIC30F4011.

Características principales

- Conversor Análogo/Digital : 9 entradas de 10bit a 1000Kps
- Entradas y Salidas: 30 pines
- Modo control PWM 6 canales
- Memoria de datos EEPROM : 1024 bytes
- SRAM: 2048 bytes
- Timers : 5 de 16 bits y 2 de 32 bits
- Periféricos de comunicación digital: 2-UART, 1-SPI, 1-I2C
- Oscilador interno: 7.37 MHz, 512 kHz
- Rango de operación (voltios): 2.5 - 5.5V.
- Es de 40 pines.

1.4.3.2 Programación

Siendo un microcontrolador un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos, estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario, y

que son introducidos en éste a través de un programador que está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica.

1.4.3.3 Lenguaje de programación de los PICs

Los microcontroladores PIC para su programación utilizan un número de instrucciones reducido (RISC) que varía de 35 instrucciones para la gama baja hasta alrededor de 70 para la gama alta. Este conjunto de instrucciones incluye instrucciones para realizar una variedad de operaciones entre el acumulador y una constante o entre el acumulador y una localidad de memoria, así como para la ejecución condicional de código, llamadas y saltos a otras rutinas y partes del programa.

Además, de lenguaje ensamblador los PICs se pueden programar utilizando lenguajes de alto nivel como C, Basic, Pascal, Jal y Forth⁶, lo que hace mas fácil la programación.

1.4.3.4 MikroBasic

Una de las razones de porque los uC de la Microchip son tan populares es la gran variedad de herramientas que se disponen para realizar aplicaciones con ellos. Entre estas herramientas se tiene el MikroBasic (MB) que es un lenguaje de Programación basado en el popular lenguaje BASIC, pero que se encuentra orientado hacia los microcontroladores de MICROCHIP; es decir, en esencia programar MB es similar a programar en BASIC o en cualquier otro programa igualmente basado en BASIC tal como Visual BASIC. De igual manera la pregunta obvia sería ¿por qué MB?. Si bien existen otros programas tales como PicBasic, ProPIC, HiTech, CPIC, etc., que también pueden ser utilizados. MB ofrece no sólo un entorno amigable y fácil de utilizar, sino también una amplia variedad de librerías, que permiten controlar en forma extremadamente sencilla todos los periféricos de uC así como también periféricos externos tales como Pantallas LCD sencillas y gráficas. Adicionalmente, MB ofrece un entorno gráfico de Programación con varias herramientas que facilitan la creación y prueba de aplicaciones de cualquier tipo, a todo esto se le suma el hecho de ser gratuito⁷.

⁶ <http://www.microchip.com/>

⁷ <http://loslocoselectro.blogspot.com/>

CAPÍTULO II

2.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ROBOT HEXÁPODO CON SISTEMA DE CONTROL REMOTO

2.1.1 Descripción de los sistemas

El robot hexápodo consta de una parte mecánica, la electrónica de control y la de RF.

A continuación se describen estos sistemas.

2.1.1.1 Sistema Mecánico

Los componentes mecánicos que dan lugar a la estructura del robot son: actuadores, patas y el cuerpo o estructura metálica.

Los actuadores implementan las articulaciones, estos son servomecanismos de rotación de 180° que permiten la posición de cada articulación de forma absoluta mediante un bucle interno de control.

Las patas se diseñan para soportar tres de estos actuadores en el menor espacio posible y permitir que la fuerza ejercida por estos se propague de forma más eficiente hacia el extremo.

El cuerpo, será construido pensando en minimizar las colisiones entre patas sin evitar por completo el solapamiento de las zonas alcanzables para cada una de estas.

Seguidamente se explican con más detalles los componentes estructurales.

a) Actuadores

Deben ser escogidos para mover las articulaciones del robot hexápodo. Existen varios tipos de actuadores, muchos de ellos tienen las siguientes características:

- Permiten el control de la posición del servomotor, de 0 a 180 grados aproximadamente.
- La comunicación con un microcontrolador es sencilla y aconsejable.
- Su utilidad es muy variada, desde el control de dispositivos como palas, hasta la orientación de sensores, como por ejemplo de visión (cámaras) o controlar la dirección del robot.
- Hay de diversos tamaños y pesos.
- La relación fuerza ejercida/consumo es relativamente alta.

- Para controlar los servomotores en modo giro limitado de 180 grados es necesario la señal PWM o Pulse Width Modulation (señal de periodo fijo y de ciclo de trabajo variable).
- El control lo hacen típicamente proporcional, absorbiendo más corriente de la fuente de alimentación cuanto más distancia es separada de la posición deseada.
- El actuador HITEC HS311 es universal y fácil de conseguir en el mercado.

b) Patas

Cada pata es accionada por un servo de aeromodelismo comercial HITEC de 3.7 Kg-cm, la implementación mecánica de esta estructura suele limitarse a tres grados de libertad como se puede ver en la figura 2.1.



Fig. 2.1. Pata del robot hexápodo.

Para la construcción de las patas se ha empleado básicamente material de aluminio de 2 mm. Cada pata está formada por un mecanismo tridimensional y está situada de forma insectoide; es decir, sobresale transversalmente al lado del robot. Las patas están situadas de tal manera que se da simetría respecto del eje central longitudinal del robot.

Cada una de estas bases está construida con las medidas que se detallan en las figuras 2.2, 2.4 y 2.6, así también se puede ver en las figuras 2.3, 2.5 y 2.7 las bases reales ya construidas.

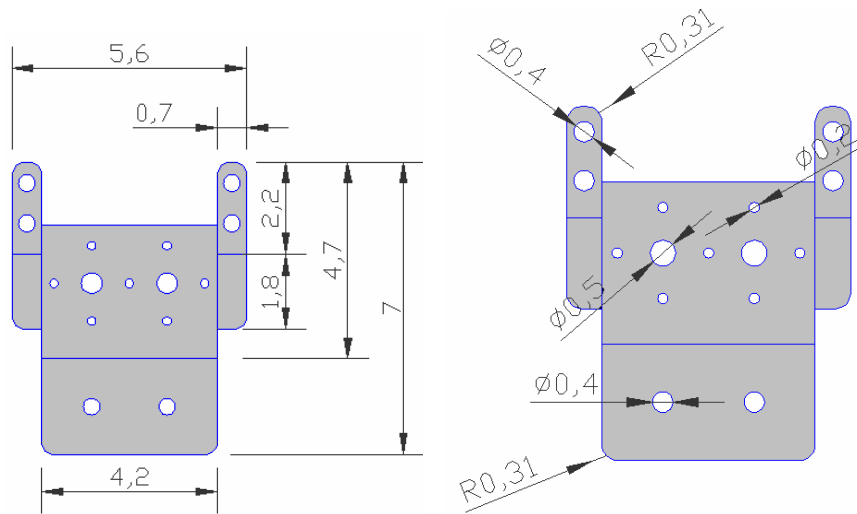


Fig. 2.2. Dimensiones de bases de servomotores del robot hexápodo.



Fig. 2.3. Fragmento real de la base del servomotor del robot hexápodo.

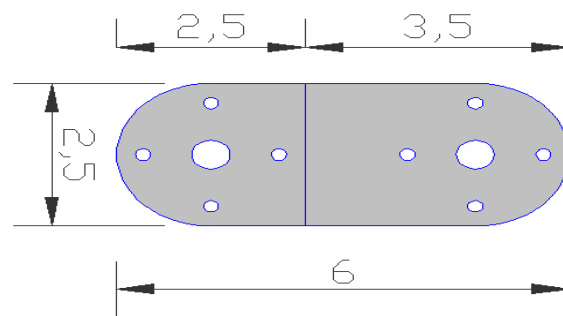


Fig. 2.4. Dimensiones tipo L, para unión de bases del servomotor.



Fig. 2.5. Fragmento real tipo L, para unión de bases del servomotor.

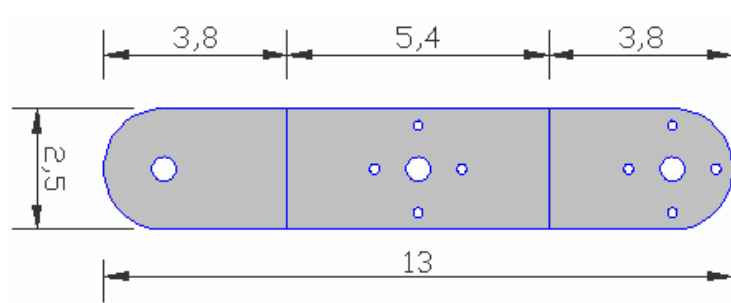


Fig. 2.6. Dimensión tipo U, para giro de patas del robot hexápodo.

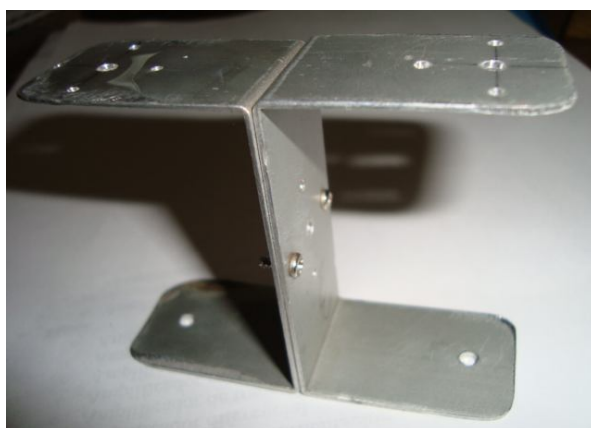


Fig. 2.7. Fragmento real tipo U, para giro de patas del robot hexápodo.

c) Cuerpo

El tronco del robot hexápodo está formado por un chasis central, que consiste en dos planchas de aluminio, anteriormente perforado, de 2mm sobre el que se acoplan las seis patas de que dispone.

Se ha procurado la máxima simetría aproximada en el cuerpo para que el centro de gravedad quede lo más centrado posible en el mismo y así mejorar el comportamiento físico del robot y distribuir de forma adecuada el esfuerzo de las patas, esto se ve en las figuras 2.8. y 2.9.

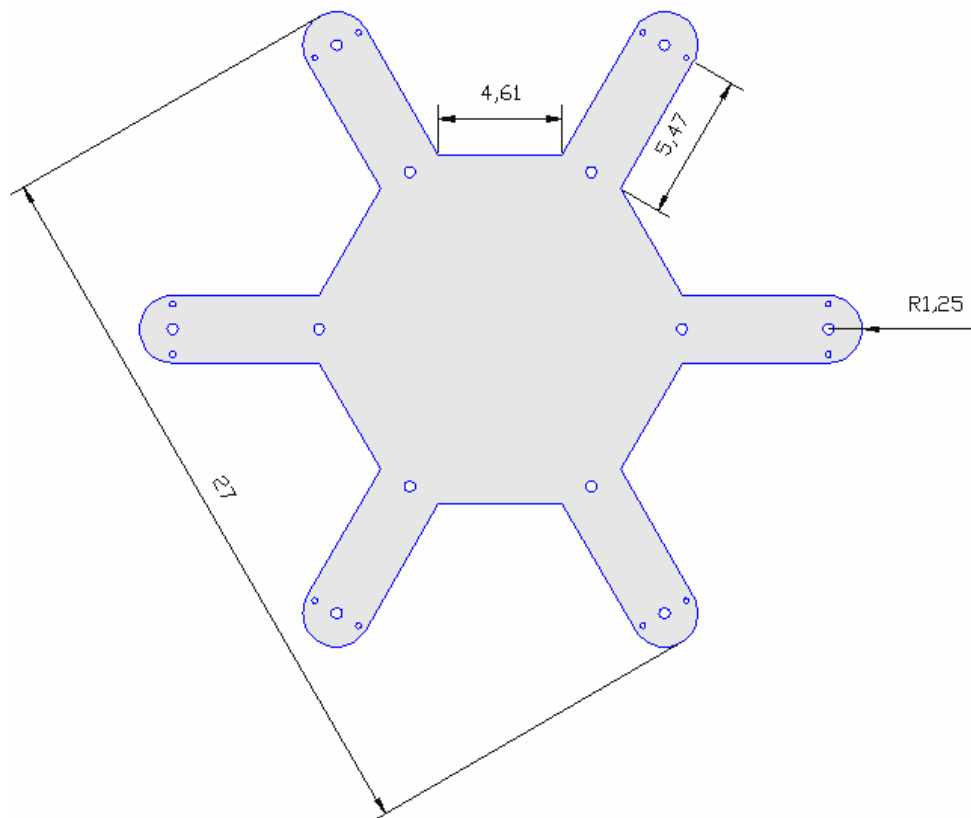


Fig. 2.8. Dimensiones del cuerpo del robot hexápodo.



Fig. 2.9. Cuerpo real del robot hexápodo.

2.1.1.2 Sistema Electrónico

El robot hexápodo está diseñado con diferentes circuitos, los mismos que se detallan a continuación.

a) Circuito de control de RF (Master)

Está conformado por un microcontrolador dsPIC30F4011 con sus respectivas entradas y salidas; las entradas reciben señales del receptor R606FS (FUTABA), esto se codifica a una nueva señal y se envían órdenes a cada uno de los servomotores, los cuales mueven los motores, seleccionados.

Sus entradas se las hace por los puertos RB0 y RB1 y sus salidas hacia los servomotores son por los puertos RB2, RB3, RD0, RD1, RD2, RD3, RE0, RE1, RE2, RE3, RE4, RE5, RE8, RF0, RF1, RF4, RF5, RF6, como se ve en la figura 2.10.

El puerto RB0 recibe la orden ADELANTE.

En la figura 2.11 se puede observar el diagrama del circuito que se usa para que no se resetee el micro, se emplean capacitores de 1000uf y de 100nf que están conectados en paralelo.

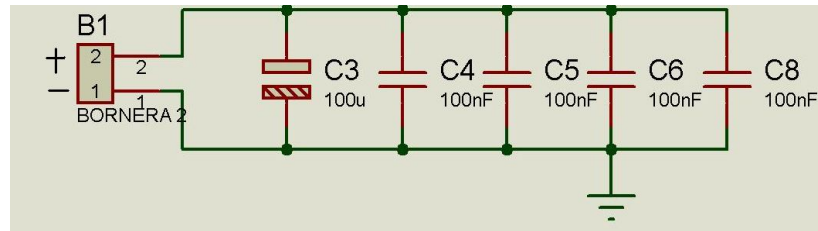


Fig. 2.11. Diagrama de condensadores del microcontrolador dsPIC30F4011.

En la figura 2.12 se ve el diagrama del circuito que se usa para la fuente de alimentación de los servomotores, este circuito eléctrico sirve para eliminar ruidos y evitar que existan caídas de voltaje.

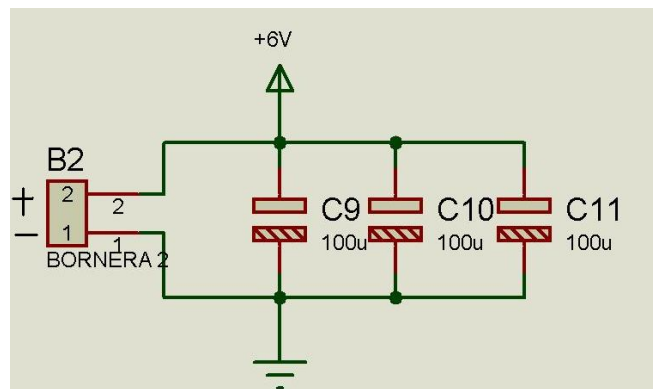


Fig. 2.12. Circuito de capacitores de la fuente de alimentación para los servomotores.

c) Conectores de los servomotores

Se utilizan 18 conectores como se ve en la figura 2.13, aquí van conectados los servomotores con su respectiva polarización, que son: control (cable amarillo), polarización positiva (cable rojo) y negativa (cable negro).

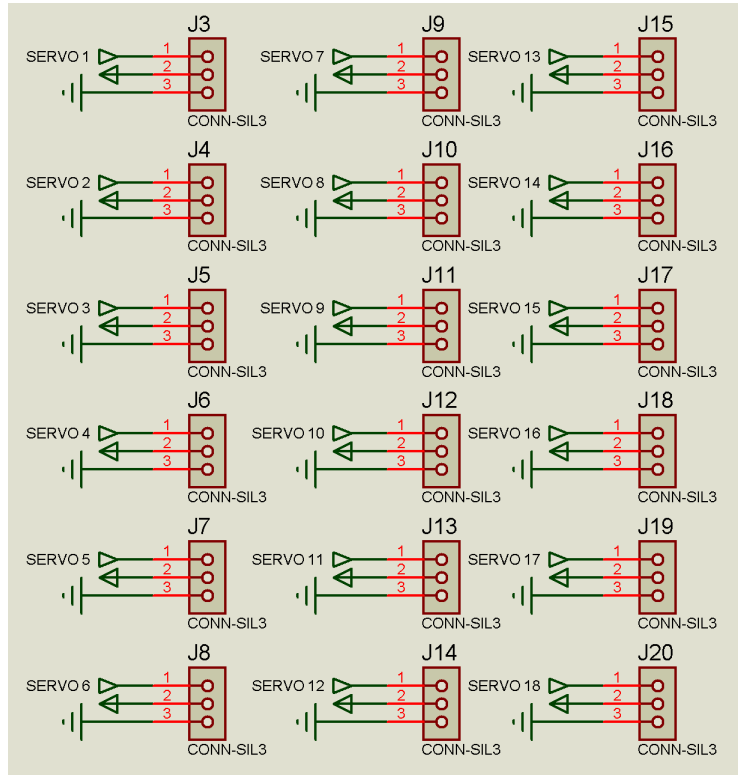


Fig. 2.13. Conectores para los servomotores.

d) Circuito de diodos led

Un circuito de diodos permite visualizar las señales que está enviando el control remoto (Transmisor de RF), así como también si el circuito está en funcionamiento.

En la figura 2.14 se observa el circuito de diodos, en donde el LED1 indica la posición ADELANTE, el LED 2 indica la posición ATRÁS, el LED 3 indica la posición izquierda IZQUIERDA, el LED 4 indica la posición DERECHA, el LED 5 indica si el circuito entra en funcionamiento y el LED 6 indica si el pic esta recibiendo señales del receptor R606FS (FUTABA).

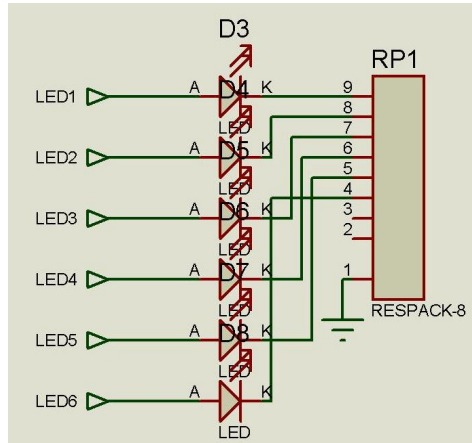


Fig. 2.14. Circuito de diodos.

Los diodos leds también van conectados a resistencias integradas de 350 ohmios como se ve en la figura 2.15 denominado en proteus RESPAK, esto se lo hace para que no exista mucha corriente en los diodos y no sufran daños.

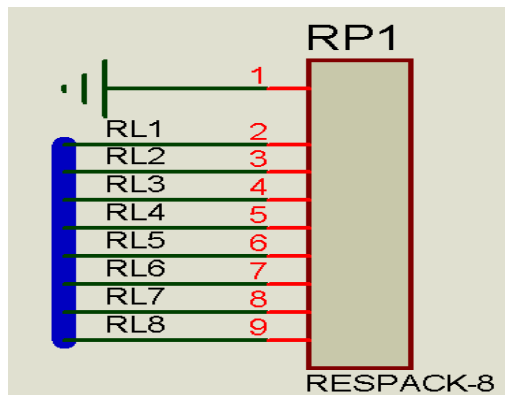


Fig. 2.15. Resistencias Integradas.

e) Circuito total

En el circuito de la figura 2.16 se visualiza toda la parte electrónica que fue realizado en el software Proteus 7.2, así también se puede visualizar en la figura 2.17 el circuito electrónico real.

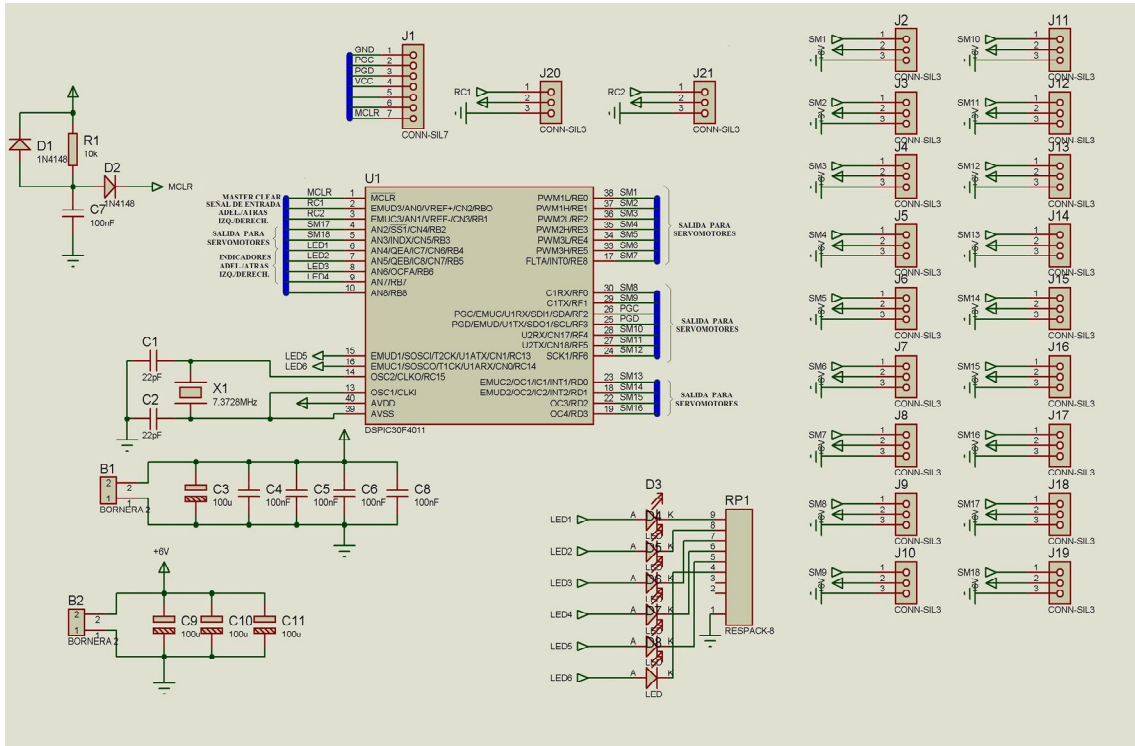


Fig. 2.16. Circuito total.

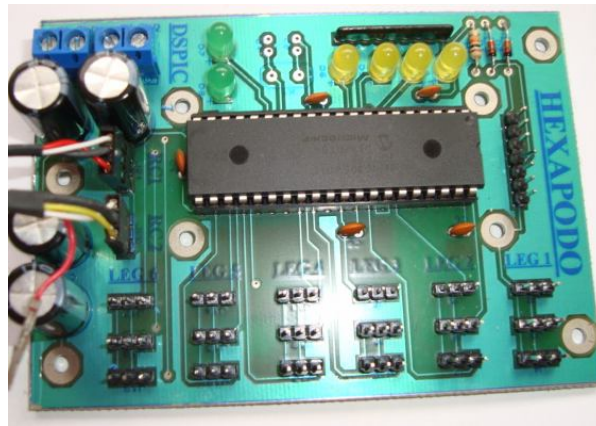


Fig. 2.17. Circuito electrónico real.

2.1.1.3 Sistema de Radio control

El sistema de radio control consta de un transmisor T6EXA-2.4G y un receptor R606FS.

a) El Transmisor T6EXA-2.4G

El transmisor T6EXA-2.4G es el encargado de identificar los movimientos que se efectúan sobre los mandos, codificar esa información y transmitir hacia el receptor R606FS.

En la figura 2.18 se puede ver el control FUTABA que contiene el transmisor T6EXA-2.4G



Fig. 2.18. Control FUTABA con transmisor T6EXA-2.4G.

Características⁸:

- Transmisor T6EXA-2.4Gz.
- Transmisión de banda de 2.4Gz.
- Equipo de 6 canales.
- Alimentación: batería Ni-Cd de 9.6 V.
- Consumo de 170 mA.

⁸ Manual Futaba 6EX-2.4GHz

El transmisor de radio control puede dividirse en dos bloques: el primer bloque es el que se encarga de generar la señal que codifica los comandos llamado codificador y generar la señal base o modulador y el segundo bloque es el que se encarga de transmitir por radio lo que el codificador le "dice", conocida también como etapa de RF. El diagrama del transmisor de radio se ve en la figura 2.19.

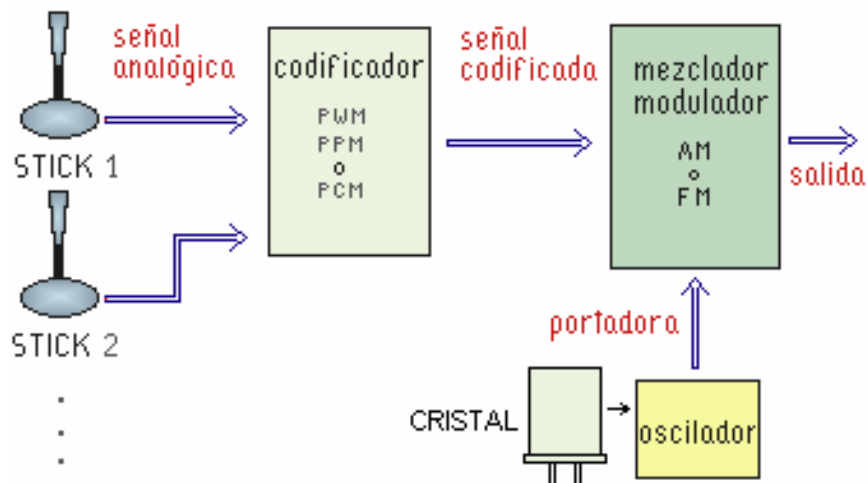


Fig. 2.19. Diagrama de bloques del transmisor

- **Codificador o generador de señal base**

El codificador tiene la función de tomar la información que le proveen la posición de las palancas de control o botones de control y producir una señal codificada.

La interpretación de los datos se puede hacer de distintas formas, antiguamente en los primeros radio controles no se codificaban los controles; hoy por hoy es necesario controlar varios dispositivos y esto debe ser ocupando una sola frecuencia de transmisión para llevar la información de 3, 4, 6 o más canales al "mismo tiempo"; la información debe ser analógica y enviada en "tiempo real".

Los métodos de codificación más usados son "Pulse Width Modulation" (PWM) que significa Modulación en el Ancho del Pulso y el "Pulse Position Modulation" (PPM) que significa Modulación por Posición del Pulso, siendo este el más usado por la mayoría de los equipos de radio.

Otro método de codificación es el conocido como "Pulse Code Modulation" (PCM) el cual soluciona algunos problemas del método de modulación PPM y fue desarrollado por Futaba; la principal característica de este es que utiliza un microcontrolador para generar un código en especial similar a una comunicación de computadoras.

- **Etapa de RF o transmisor de radio**

En la etapa de RF la señal base es la que ingresa para ser elevada en frecuencia desde KHz al orden de los MHz, esto se hace para poder ser transmitida hasta el receptor.

Al elevar la frecuencia de la señal se aprovechan las características de las ondas de radio de alta frecuencia (HF) y de muy alta frecuencia (VHF), ya que estas se propagan con una muy buena eficiencia y con antenas pequeñas.

b) Receptor R606FS

Es el encargado de deshacer todo el trabajo que realiza el Transmisor. El primer paso es eliminar la onda portadora para obtener sólo la información.

Características⁹:

- Receptor de modulación FASST de 6 canales.
- Recepción de banda de 2.4GHz.
- Alimentación de 4.8V a 6V
- Consumo de 80 mA (sin señal)
- Tamaño 41.6 x 27.5 x 9.2 mm
- Peso 9.8g

El receptor R606FS tiene 2 antenas que aportan una redundancia para disminuir las posibilidades de recibir información errónea, también contiene elementos electrónicos de precisión, esta es la parte más delicada (y cara) de los componentes del equipo que van a bordo del modelo y debe ser protegido de las vibraciones, golpes y temperaturas extremas; se observa el receptor en la figura 2.20.

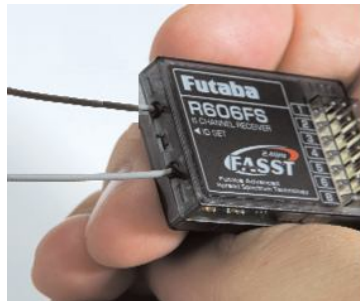


Fig. 2.20. Receptor R606FS.

También consta de 7 conectores, 6 de los cuales son para la conexión de los servos y 1 es para la polarización, esto se ve en la figura 2.21.

⁹ Manual Futaba 6EX-2.4GHz

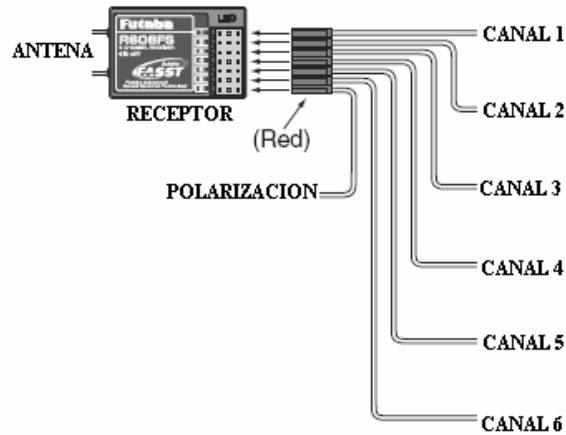


Fig. 2.21. Diagrama de reconocimiento de canales.

2.1.2 Manipulación de los módulos de radio-frecuencia

2.1.2.1 Manejo del transmisor T6EXA-2.4G

Para el correcto manejo del transmisor y del receptor se debe encender primero el receptor, luego el transmisor y cuando se apaga el equipo, primero el transmisor y luego el receptor, el objetivo de esto es que no existan pequeñas descargas que puedan dañar al receptor.

Con un stick se puede manipular al robot hacia adelante, atrás, izquierda, derecha, etc. ya que cada stick maneja 2 canales; es decir, envía hacia el receptor cuatro señales diferentes.

En la figura 2.22 se presentan las descripciones de cada una de las partes del Control Futaba con Transmisor T6EXA-2.4G.

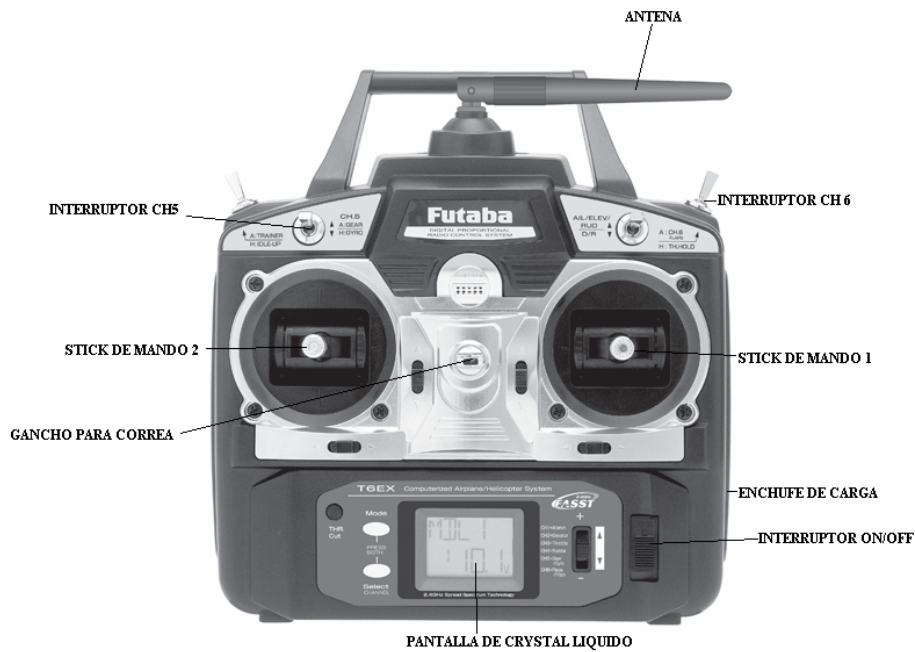


Fig. 2.22. Partes del control Futaba con Transmisor T6EXA-2.4G

2.1.2.2 Manejo del receptor R606FS

Para el manejo correcto de los canales, se debe realizar las conexiones de los servomotores en cada canal y su polarización, de acuerdo a como se indica en la figura 2.23.

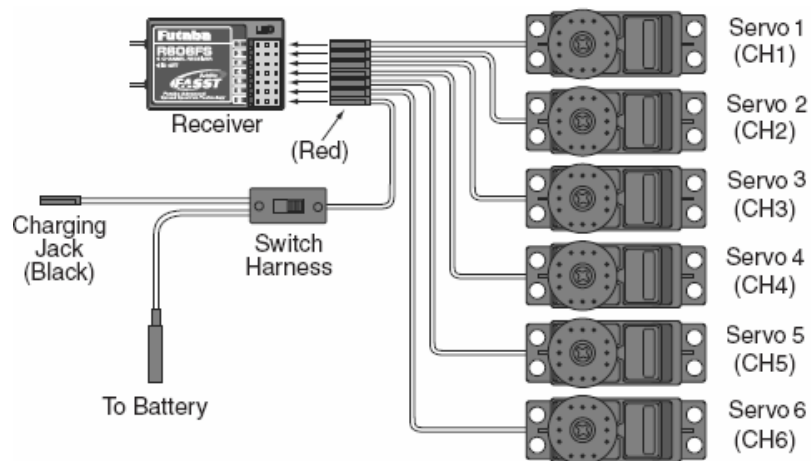


Fig. 2.23. Módulo Receptor R606FS.

El módulo se debe manipular de forma correcta ya que una mala conexión podría producir daños. En la figura 2.24 se indica la forma de conexión de los servos al módulo y de su polarización de acuerdo a los colores, el módulo posee tres pines que van conectados a los

servomotores, el cable de la señal de control es amarillo o blanco, el cable rojo es el positivo y el cable negro es el negativo.

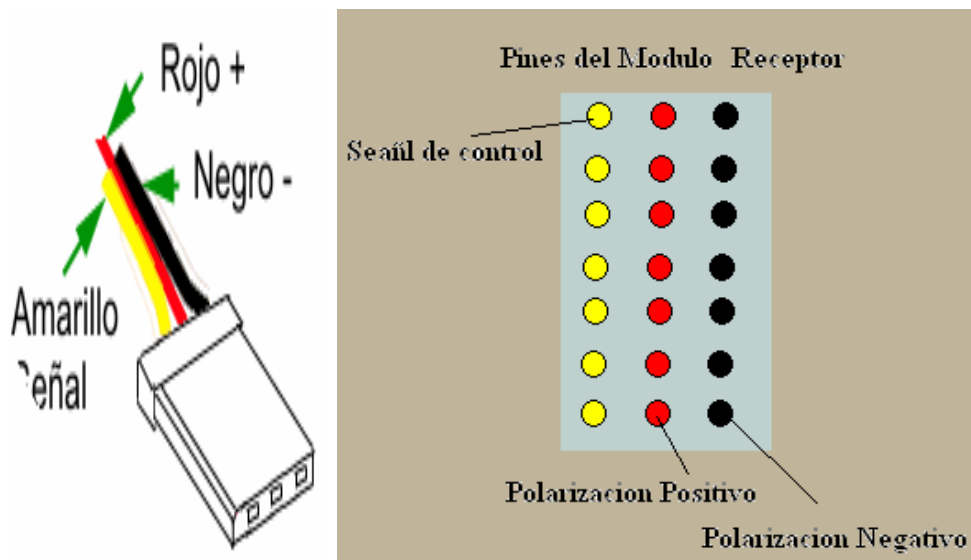


Figura. 2.24. Conectores del servomotor y pines del Receptor.

2.1.3 Programación de μc para el control de mecanismos del servomotor

La programación del microcontrolador dsPIC30F4011 es importante ya que se convierte en el cerebro del proceso; realiza la interpretación de lo que quiere hacer el diseñador para la aplicación requerida.

La programación de esta aplicación está hecha en “MICROBASIK”, por medio de este lenguaje de programación se puede compilar y se puede generar los programas con extensión “hex” para ser cargados en el Microcontrolador.

En ésta aplicación se ingresan datos digitales por un puerto, el programa interpreta la orden dada y hace que el robot hexápodo realice la función especificada.

2.1.3.1 Programación del receptor R606FS

En la figura 2.25 se muestra el diagrama de flujo del programa realizado para el receptor, el mismo que se utiliza para acoplar la orden de comunicación de RF con el microcontrolador dsPIC30F4011.

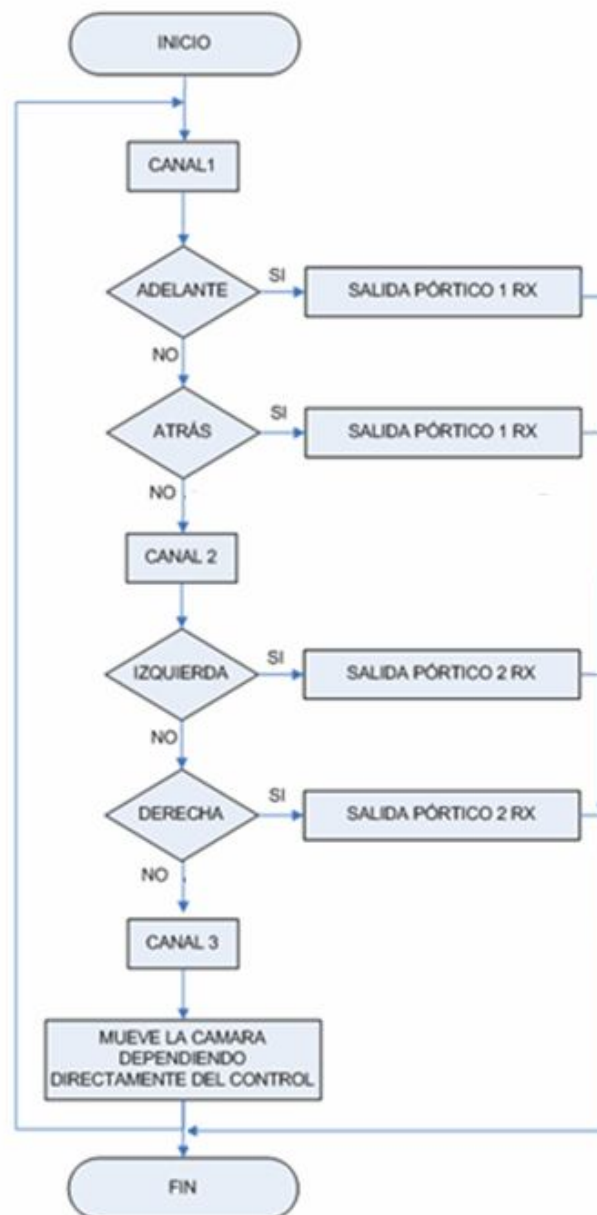


Fig. 2.25. Diagrama de Flujo para la tarjeta receptora R606FS.

2.1.3.2 Programación del Microcontrolador dsPIC30F4011

El programa toma los datos por los pines PB0 y PB1, realiza las comparaciones respectivas para varios casos, si coinciden envían el dato en forma serial hacia los servomotores para que tengan su posición exacta y el robot pueda caminar.

En la Figura 2.26 se indica el diagrama de flujo para la programación del dsPIC30F4011 en el control de matrices internas que se encuentran en el microcontrolador, lo que permite tomar las decisiones respectivas para los servomotores.

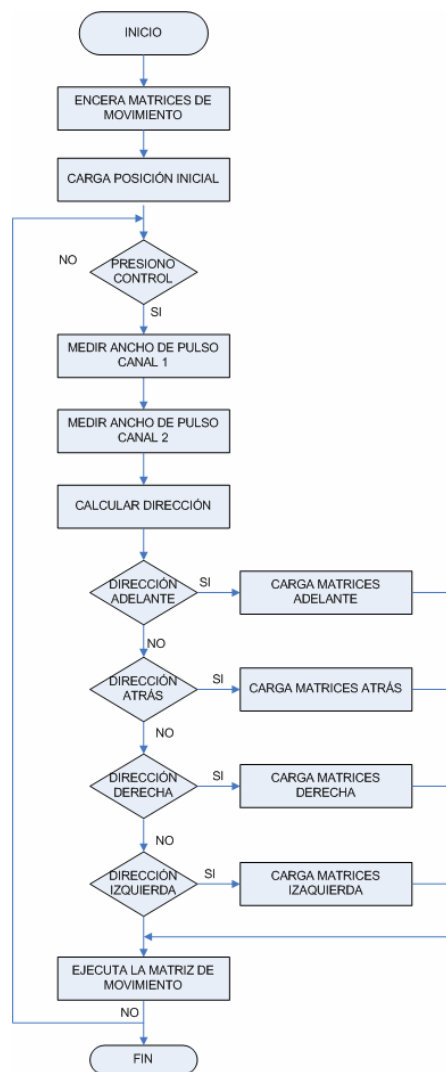


Fig. 2.26. Diagrama de Flujo del control de posición de matrices internas en el microcontrolador dsPIC30F4011.

El diagrama de flujo de la figura 2.27 indica la programación del microcontrolador cuando ya ha cargado las matrices y ha comparado los diferentes datos recibidos. Aquí toma la decisión correspondiente para que el robot camine hacia adelante, atrás, izquierda o derecha.

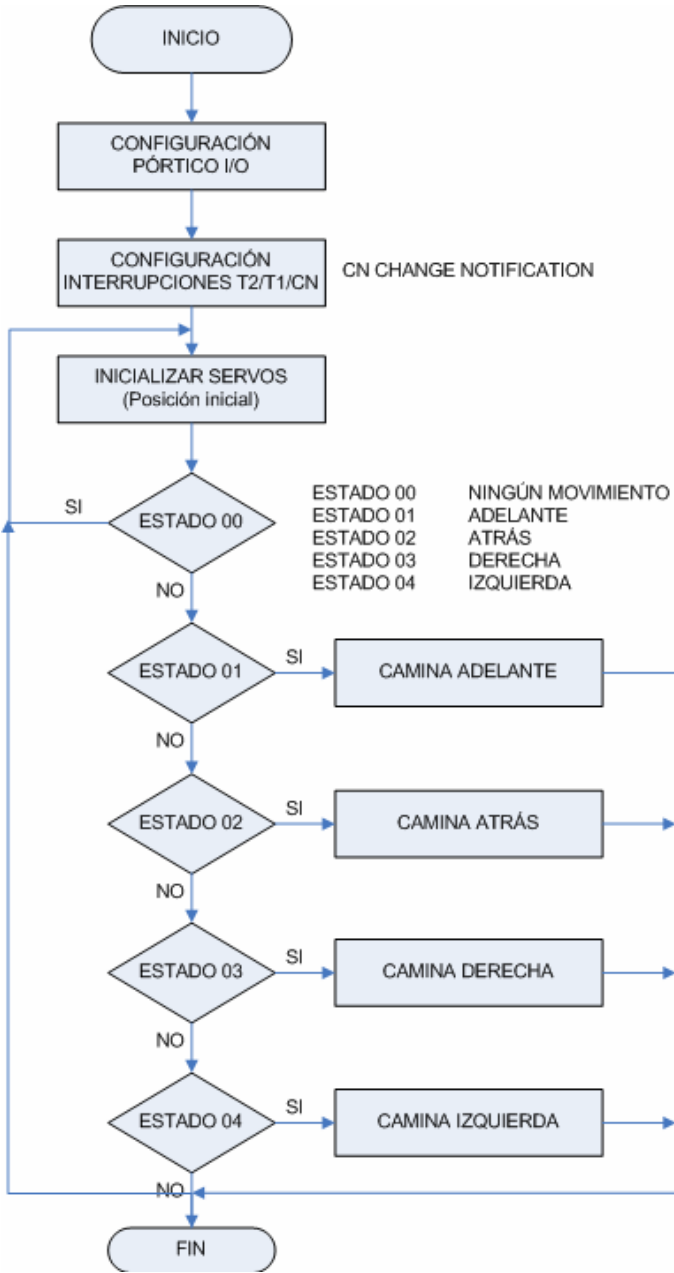


Fig. 2.27. Diagrama de Flujo del circuito de control de posición de los servos.

2.1.4 Comunicación entre el módulo de Transmisión y Recepción de radio frecuencia y el μ c

La comunicación entre los módulos de Tx y Rx se hace por medio de radio frecuencia a 2.4 GHz; este valor es tanto para los módulos de control del robot hexápodo como para los módulos de la videocámara.

La comunicación se hace mediante el control del transmisor, ya que al enviar un dato hacia el receptor este lo codifica y envía una señal modulada para el funcionamiento del servo, a la salida del receptor la señal es modulada de acuerdo a lo que requiera el microcontrolador.

2.1.5 Comunicación del módulo de video a la PC

La comunicación del módulo de video y la PC consta de las siguientes partes:

- Minicámara inalámbrica (transmisor, receptor).
- Módulo de interconexión PC video.

2.1.5.1 Minicámara inalámbrica

La minicámara inalámbrica incluye una diminuta cámara de video de alta resolución (más de 380 líneas de Tv), un micro transmisor de video y audio de 50 mW incorporado en la misma carcasa de la minicámara, receptor, los adaptadores de corriente para poder conectar a la red tanto el receptor como la minicámara y un adaptador de pila de 9 voltios como se puede ver en la figura 2.28.

La instalación de la minicámara en cualquier ambiente es sencilla, tan solo hay que colocarla donde se desee y conectarle la alimentación. La alimentación puede ser de los siguientes tipos:

- Cuando se sitúe en un lugar fijo, se utiliza un adaptador de corriente de 8 V.
- Cuando se la utiliza de forma móvil o se la coloca en lugares donde no se disponga de enchufe, se utiliza batería de 9 voltios (alcalina), cuya duración es de aproximadamente 4 a 5 horas.



Fig. 2.28 Módulo de Transmisión y Recepción.

Para recibir la señal de la minicámara, sólo hay que conectar el receptor a un televisor o a un videograbador doméstico mediante el cable de video y audio que viene incluido y conectar el alimentador DC como se ve en la figura 2.29. El receptor ofrecerá a la salida, la señal de video y audio para poder aplicarse a cualquier TV, monitor de video, VCR, ordenador con digitalizadora, etc.



Fig.2.29. Módulo Receptor con cables de audio y video.

Su diminuto tamaño le permite ocultarla en cualquier lugar por pequeño que este sea como se ve en la figura 2.30. A pesar de su pequeño tamaño, el transmisor tiene la misma potencia que un video normal, llegando a los 50 - 150 metros en el exterior. En el interior el rango viene determinado principalmente por el número de obstáculos que tiene que atravesar. En las pruebas realizadas, se logra distancias de más de 60 metros, atravesando paredes y techos.

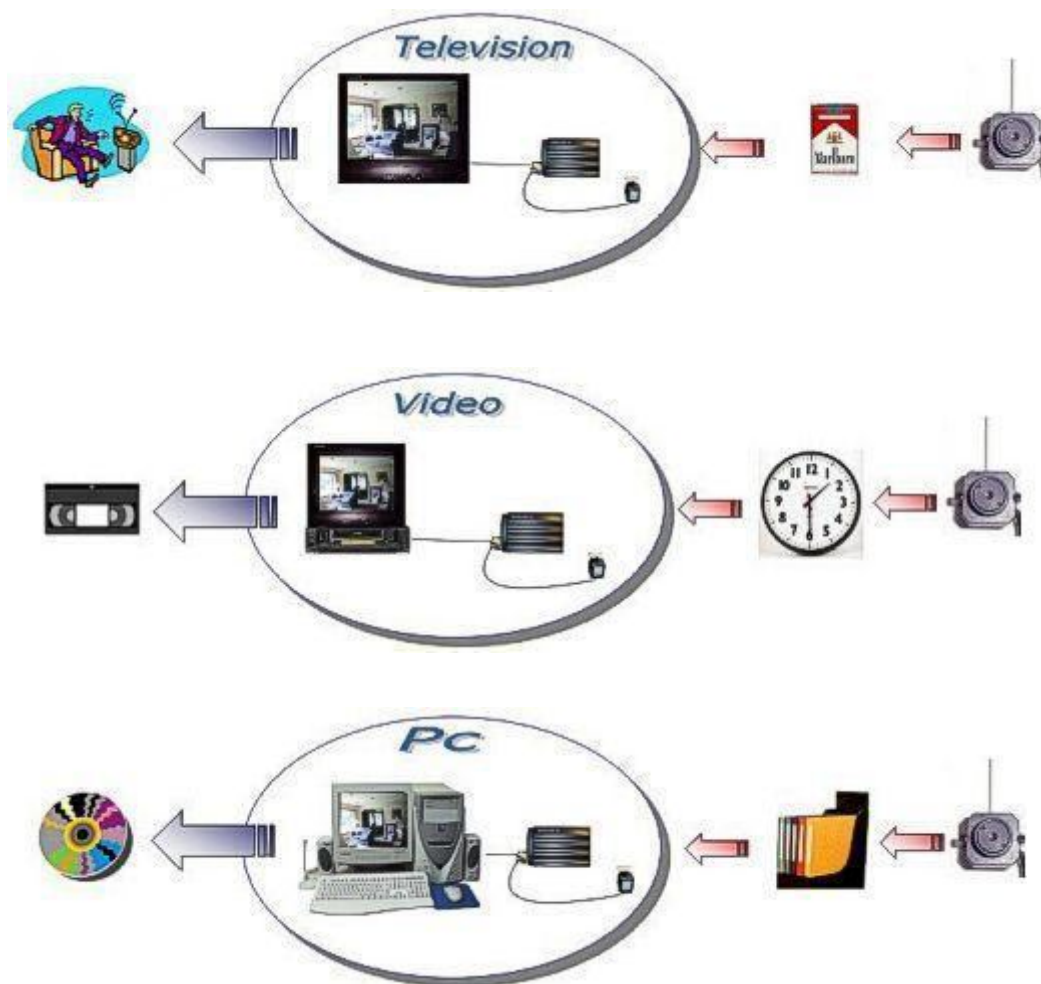


Fig. 2.30. Formas de conexión de la cámara de video a diferentes equipos.

La cámara utilizada en este proyecto fue escogida por reunir las características adecuadas, ya que posee un transmisor y receptor propio, en la Tabla 2.1 se indican las características más importantes de ésta mini cámara inalámbrica.

Tabla 2.1 Característica de la mini cámara inalámbrica

Elemento de imagen	Sensor CMOS Color de 1/3
Sistema de TV	PAL
Resolución	380 líneas de Tv.
Frecuencia de escaneado	50 Hz
Iluminación mínima	3 Lux
Micrófono	Incorporado en cámara
Potencia de salida	50 MW
Frecuencia de salida	2,4 GHz
Alimentador cámara	9 V /80 mA(pila), 8 v. (adaptador)
Alimentador receptor	9 V. DC
Duración de la pila 9v	4 a 5 horas
Peso aproximado (cámara)	30gr.

2.1.5.2 Módulo de interconexión PC video

Para la comunicación a una PC se requiere de una tarjeta capturadora o DVR como se ve en la figura 2.31.



Fig. 2.31. Tarjeta de video para PC.

2.1.6 Ensamblaje del robot hexápodo

A continuación se indicará el acoplamiento y montaje de las partes mecánicas del hexápodo.

2.1.6.1 Acoplamiento de las bases de los servomotores

Para el acoplamiento de las bases de los servomotores se usa tornillos de 2mm. Se unen primero las bases de aluminio hasta que queden todas juntas como se puede observar en la figura 2.32.

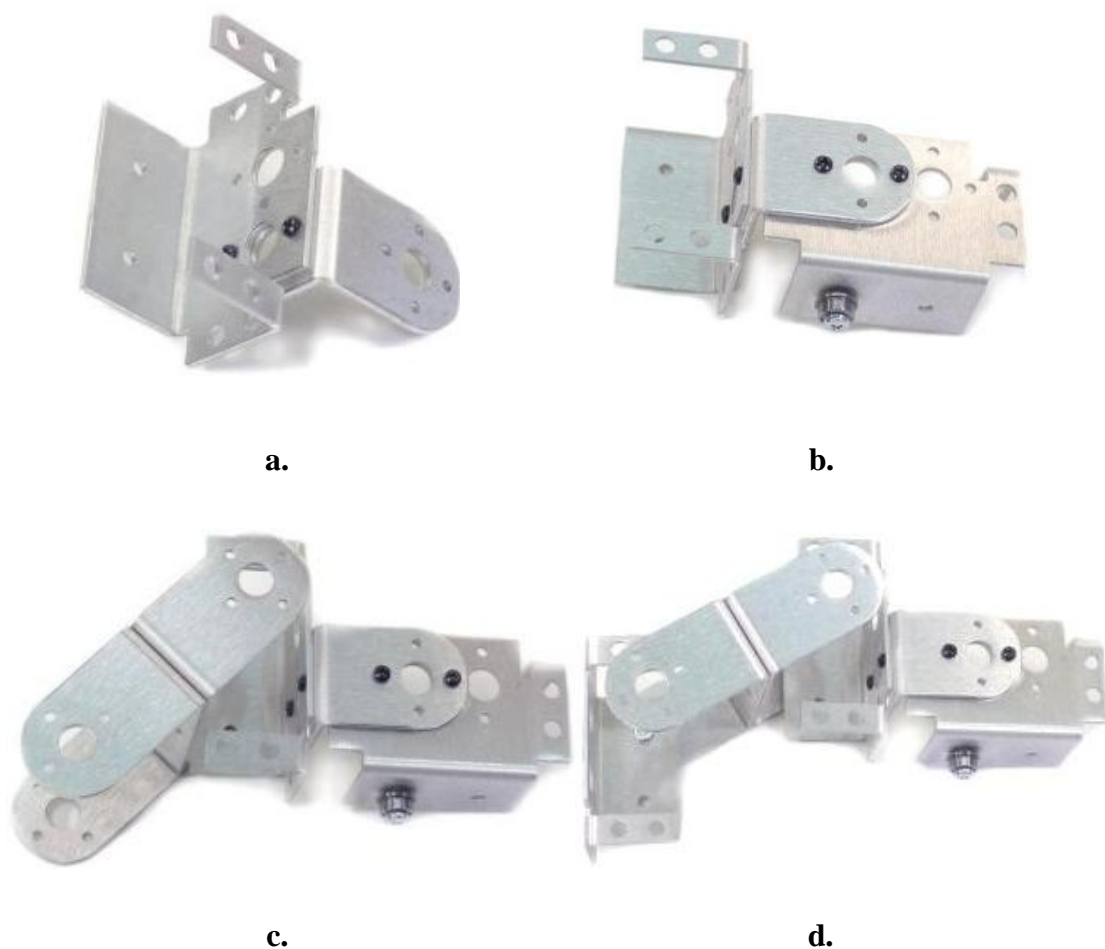


Fig. 2.32. Unión de las bases de los servomotores del robot hexápodo.

Luego que se ha acoplado todas las bases se coloca un tubo de 120mm de largo a la última base del servo como se ve en la figura 2.33.



Fig. 2.33. Unión de todas las bases de los servomotores del robot hexápodo.

2.1.6.2 Montaje de las patas al cuerpo del robot hexápodo

El cuerpo del robot consta de dos placas de tipo hexagonal para que pueda tener un mejor acople y fácil movimiento de sus patas, la primera placa se acopla con las bases de los servomotores y la segunda placa se acopla a los ejes giratorios de los servomotores, están sujetas con tornillos, dando un acoplamiento excelente. Este trabajo se ve en las figuras 2.34 y 2.35.



Fig. 2.34. Primera placa hexagonal acoplada a las bases los servomotores.

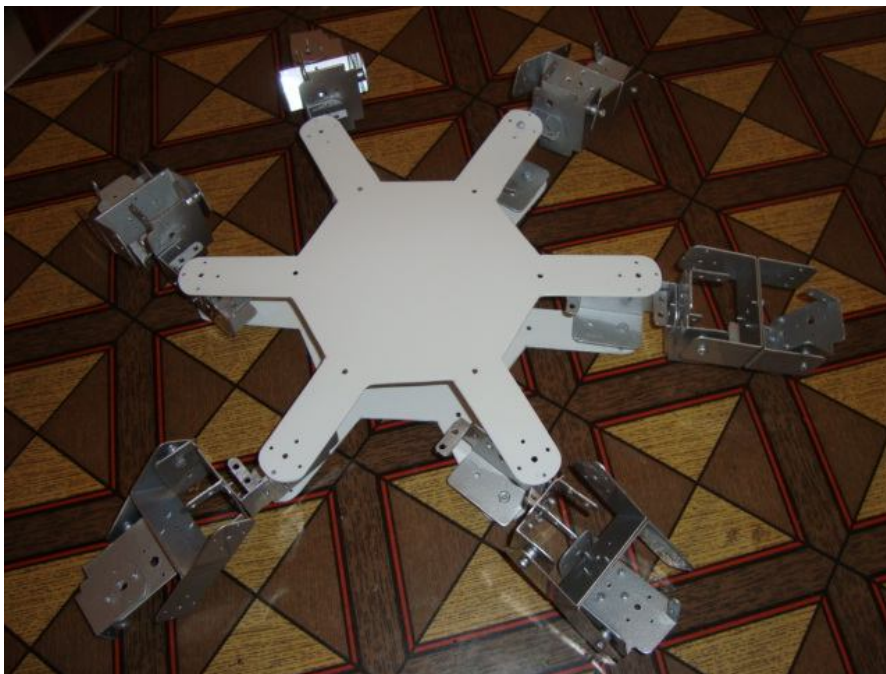


Fig. 2.35. Segunda placa hexagonal acoplada a los ejes giratorios de los servomotores.

2.1.6.3 Acoplamiento de los servomotores a sus bases

Se colocan los servomotores en las bases de las patas como se ve en las figuras 2.36 y 2.37.

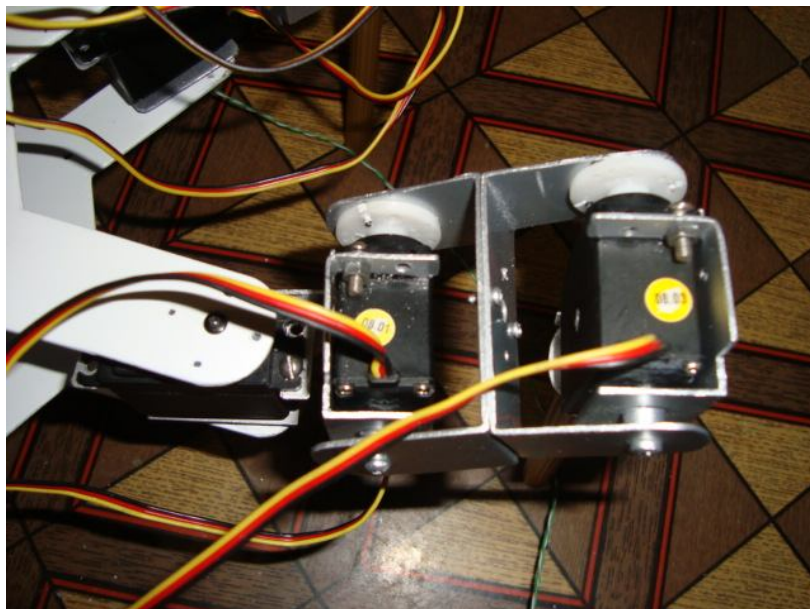


Fig. 2.36. Acoplamiento de servos a sus bases (Parte superior de la pata).

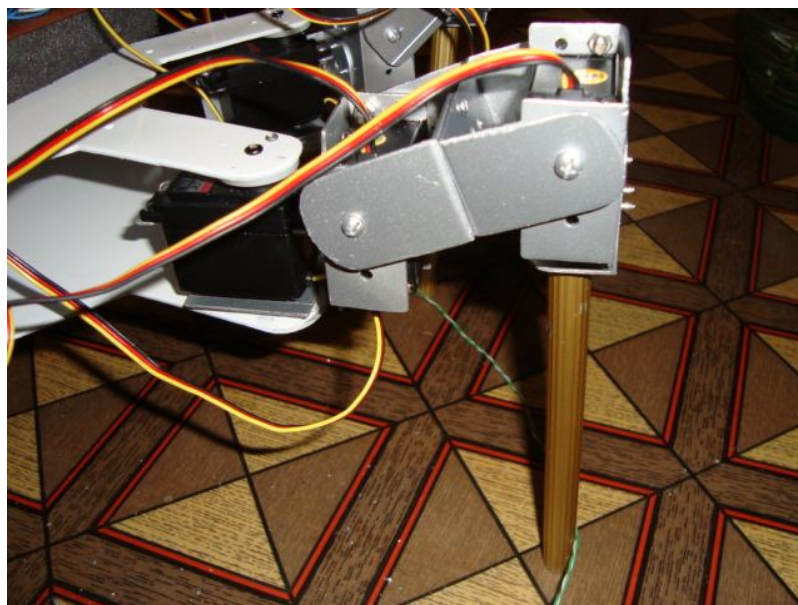


Fig. 2.37. Acoplamiento de servos a sus bases (Parte frontal de la pata).

2.1.6.4 Montaje del sistema de alimentación

El sistema de alimentación consta de baterías Ni-Cd de 4.8 V que se encuentran dentro de la estructura del robot, este tipo de batería se aprecia en la figura 2.38.



Fig. 2.38. Batería de Ni-Cd de 4.8V.

2.1.6.5 Montaje de la tarjeta principal

La tarjeta está en el interior del robot y esta sujeta con tornillos para darle mayor firmeza, esto se indica en la figura 2.39.

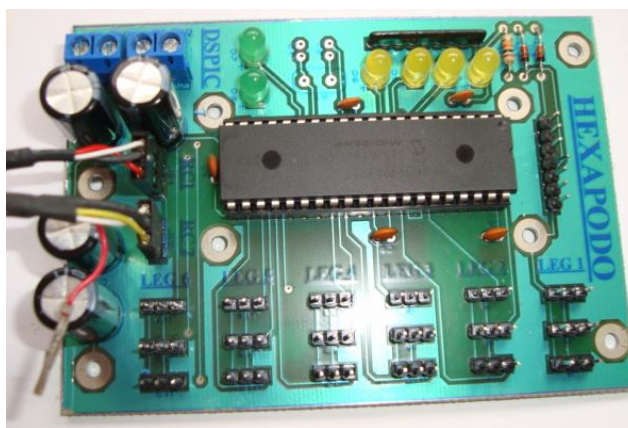


Fig. 2.39. Tarjeta principal o cerebro del robot.

2.1.6.6 Montaje del receptor R606FS

En la figura 2.40 se puede ver la conexión entre la tarjeta receptora R606FS y la tarjeta principal.

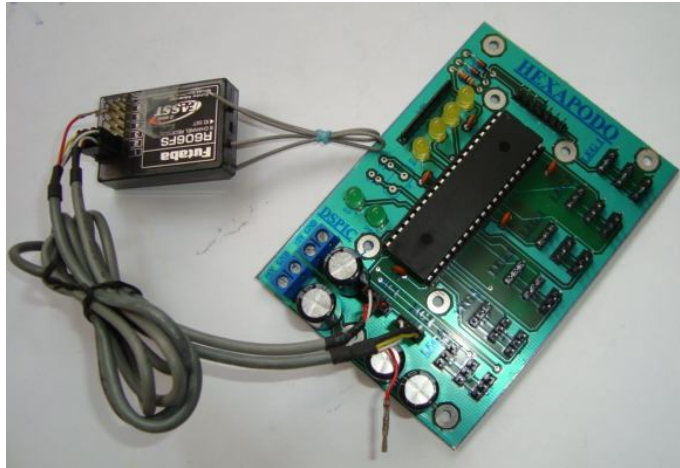


Fig. 2.40. Conexión del receptor R606FS a la tarjeta principal o cerebro del robot.

2.1.6.7 Montaje de la cámara de video inspección

La cámara está sujeta al eje giratorio de un servomotor, que permite que tenga un barrido de 180°, este servomotor está sujeto al cuerpo del robot como se indica en la Figura 2.41.



Fig. 2.41. Video cámara acoplada al servomotor.

2.1.6.8 Acoplamiento del Sistema Total

El acoplamiento del sistema total del robot hexápodo consta de la unión del sistema mecánico, sistema electrónico y el sistema de radiocontrol, como el sistema de video.

Con la integración de estos sistema el robot hexápodo con sistema de control remoto y monitoreo en tiempo real esta listo para ser utilizado. Esto se ilustra el la figura 2.42.

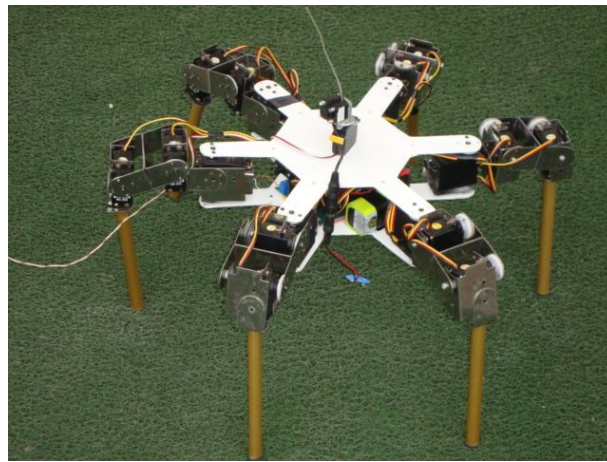


Figura 2.42. Acoplamiento final del robot hexápodo

CAPÍTULO III

3.1 RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

En el presente capítulo se presentan todas las pruebas realizadas en el robot hexápodo para determinar las condiciones necesarias para su funcionamiento.

3.1.1 Pruebas de control de mecanismos y servomotores

Las pruebas que se describe a continuación, de los mecanismos acoplados a los servomotores o actuadores se ejecutaron satisfactoriamente ya que todos los comandos enviados por el usuario a través del control remoto tuvieron un 100% de funcionamiento.

En la figura 3.1 se puede apreciar el acoplamiento total de los mecanismos a los servomotores para realizar las pruebas respectivas.



Fig. 3.1. Mecanismos acoplados a los servomotores o actuadores.

Los datos que se pudieron analizar en la práctica del movimiento de cada uno de los servomotores fueron los siguientes como se describe en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Resultados de las pruebas de movimientos de control de los servomotores

Numero de Servomotor	Movimiento	Funcionamiento
Servomotor 1	Adelante/Atrás	SI
Servomotor 2	Arriba /Abajo	SI
Servomotor 3	Izquierda/Derecha	SI

3.1.2 Pruebas de control para la comunicación de radiofrecuencia

Las pruebas se realizaron tanto de los módulos de radiofrecuencia del control para el robot como de los módulos de video de la videocámara.

3.1.2.1 Pruebas de Módulo transmisor T6EXA-2.4G hacia el receptor R606FS

La comunicación RF es instantánea, se realizó con obstáculos y sin obstáculos.

- **Comunicación sin obstáculos**

La comunicación, sin obstáculo arrojó los datos que se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Resultados de las pruebas de comunicación sin obstáculos

Número de pruebas realizadas	Distancia (m.)	Dato Recibido
1	50	SI
2	100	SI
3	150	SI
4	300	SI
5	700	SI

- **Comunicación con obstáculos**

La comunicación con obstáculo arrojó los datos que se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Resultados de las pruebas de comunicación con obstáculos

Numero de pruebas realizadas	Distancia (m.)	Dato Recibido
1	50	SI
2	100	SI
3	150	SI
4	300	SI
5	500	SI
6	700	NO

3.1.2.2 Pruebas de comunicación del módulo Transmisor de video hacia el Receptor

La comunicación RF de video es en tiempo real como se puede apreciar en la figura 3.2, estas pruebas se realizaron con obstáculos y sin obstáculos.



Fig. 3.2. Pantalla de monitoreo

- **Comunicación sin obstáculos**

La comunicación sin obstáculo arrojó los datos que se muestran en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Resultados de las pruebas de comunicación sin obstáculos

Número de pruebas realizadas	Distancia (m.)	Dato Recibido
1	25	SI
2	50	SI
3	100	SI
4	150	SI
5	200	NO

- **Comunicación con obstáculos**

La comunicación con obstáculo arrojó los datos que se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Resultados de las pruebas de comunicación con obstáculos

(Número de pruebas realizadas)	Distancia (m.)	Dato Recibido
1	25	SI
2	50	SI
3	100	SI
4	150	NO
5	200	NO

3.1.3 Pruebas de control del robot hexápodo

Las pruebas de mando manual se ejecutaron satisfactoriamente con todos los comandos enviados por el usuario a través del control remoto.

- **Manejo de las patas**

Para realizar la prueba de control de las patas del robot se debe enviar datos desde el control remoto hacia el receptor, para que este envíe una nueva señal al microcontrolador y este pueda tomar las decisiones correspondientes para el control adecuado de los servomotores, los comandos a ser utilizados son adelante, atrás, izquierda, derecha, etc. Luego de enviar estos comandos a través del control remoto se obtuvo los resultados que se detallan en la tabla 3.6.

Tabla 3.6. Resultados de las pruebas de control del robot

Número de pruebas realizadas	Comandos	Acción del robot
1	Posición inicial	SI
2	Adelante	SI
3	Atrás	SI
4	Derecha	SI
5	Izquierda	SI
7	Giro	SI

Todas las órdenes cumple satisfactoriamente el robot. Con el fin de obtener el correcto funcionamiento y desempeño del robot, es importante tomar en cuenta la posición que adopte el cuerpo del robot, ya que al momento de enviar una señal puede perder el equilibrio y puede caerse, siempre que no se de ninguna señal el robot adoptará la posición inicial que es con las seis patas en el piso.

3.1.4 Pruebas totales del sistema

El sistema está diseñado para optimizar el consumo energético mediante el uso de servomotores, lo que permite que no exista el consumo de energía cuando el robot se encuentra detenido o en su posición inicial.

3.1.4.1 Movilidad del robot

- **En superficie lisa.** En este tipo de superficie el robot camina fácilmente y con velocidad constante, los giros se ejecutan con un alto nivel de eficiencia.
- **En superficie plana rugosa.** El funcionamiento hacia delante y atrás funciona adecuadamente, pero presenta pequeñas falencias cuando las patas no tienen total contacto con el suelo; es decir, cuando existen grietas considerables en el camino, de acuerdo al tamaño del robot.

Cabe indicar que cuando el robot realiza giros hacia los costados no se mueve con la misma facilidad que en superficie lisa, inclusive tiende a perder la estabilidad dinámica.

3.1.4.2 Movilidad de la videocámara

La videocámara está acoplada a un microservomotor, el cual controla el barrido de 180° mediante el stick 2 del control remoto, este va conectado al receptor R606FS como se puede apreciar en la figura 3.2.

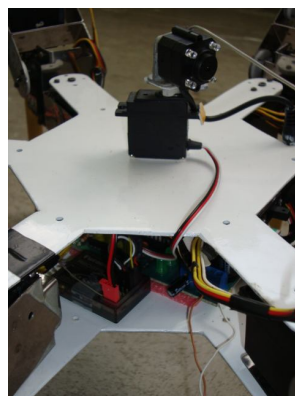


Fig. 3.2. Conexión del servomotor al módulo receptor R606FS

3.1.5 Alcances y limitaciones

3.1.5.1 Alcances

- Permite el monitoreo dentro de lugares de difícil acceso para el ser humano.
- Permite grabar un video para su posterior análisis.
- Cumple el trabajo mediante un control remoto.
- El robot puede realizar monitoreo en otros entornos de trabajo y puede ser grabada esta información en una PC.
- El bloque transmisor puede ser utilizado en otras aplicaciones.
- Posee tres canales libres para rediseños futuros en el robot hexápodo

3.1.5.2 Limitaciones

- El tiempo de trabajo del robot está limitado por la duración de la batería.
- El control sobre el robot es exacto.
- Una distancia limitada de 200m sobre el control del robot.
- Los obstáculos limitan el control del robot.
- El área de trabajo del robot se limita a superficies planas y pequeñas rugosidades ya que es un prototipo.
- No puede trabajar en lugares donde hay aparatos que trabajen a la misma frecuencia que el sistema de control del robot.
- No posee control de velocidad.
- La velocidad del robot es pequeña, ya que si va a mayor velocidad este tiende a perder el equilibrio.

- Su peso es limitado, ya que si aumentamos mayor peso, este pierde su velocidad y no caminaría.

3.1.5.2 Análisis de costos

Desde el punto de vista técnico el proyecto cumple con las pruebas realizadas, en el presente punto se indicara en cambio el costo del robot diseñado e implementado.

Cabe indicar que algunos componentes ya existían en el laboratorio y fueron reutilizados para formar parte del trabajo.

En la tabla 3.7 se detalla por ítems el costo de los componentes.

Tabla 3.7 Detalle de costos de los componentes

Ítems	Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)
1	Control remoto FUTABA T6EXA-2.4G	1	380,00	380,00
2	Servomotores	18	25,00	450,00
3	Microservomotor	1	30,00	30,00
4	Cámara inalámbrica	1	120,00	120,00
5	Parte Mecánica	1	150,00	150,00
6	Placa de baquelita	1	40,00	40,00
7	Tubo de cortina 1,5m	1	4,00	4,00
8	Cauchos pequeños	6	0,70	4,20
9	dsPIC30F4011	1	25,00	25,00
10	Diodos led	6	0,25	1,50
11	Diodos Zener 5V	2	0,80	1,60
12	Capacitores Electrolíticos	4	0,25	1,00
13	Capacitores Cerámicos	5	0,10	0,50
14	Borneras 2 entradas	2	0,30	0,60
15	Resistencias integradas	1	1,50	1,50
16	Batería 4,8 V	1	32,00	32,00
17	Tornillos con tuerca	40	0,05	2,00
18	Base para microcontrolador	1	1,00	1,00
19	Sticker	2	2,00	4,00
			Total	1244,90

En el valor anterior no se incluye el costo de las horas de trabajo de los responsables del proyecto.

Al finalizar este trabajo se ha incursionado en el área de la robótica sin la necesidad de las grandes inversiones económicas que tienen otros institutos nacionales e internacionales y al mismo tiempo se ha realizado una investigación sobre el diseño de robot con patas, las cuales tienen gran utilidad en el campo de la educación, exploraciones, militar etc.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- a) Al finalizar este trabajo se han obtenido importantes conclusiones, una de ellas y tal vez la más relevantes es que para la realización de un robot no se necesita grandes inversiones económicas ni tecnología de punta, pues contando con recursos limitados se ha logrado desarrollar un robot hexápodo con sistema de apéndice flexible.
- b) Al estudiar los orígenes, características y prototipos de robots hexápodos, se ha descubierto una nueva área de investigación en robótica, siendo esta el diseño de módulos a partir de los cuales se pueden construir robots muy diferentes.
- c) Los robots se pueden reconfigurar, tomando una u otra forma en función de la programación.
- d) Al dotar de movimiento a un robot con patas, se debe tener en cuenta su posición y velocidad, pero ante todo asegurar que el robot permanezca en equilibrio el momento de desplazarse, éste es uno de los inconvenientes de trabajar con un robot de seis patas, por lo cual se debe poner un énfasis especial en los algoritmos de movimiento.
- e) El robot hexápodo del presente proyecto obtuvo buenos resultados, tanto en la caminata, como en la evasión de pequeños obstáculos; sin embargo, tiene ciertas limitaciones en cuanto a su velocidad, debido principalmente a su peso.
- f) Los principales inconvenientes que se tuvo en el diseño del prototipo son la poca velocidad que desarrolla el robot y la considerable energía que se necesita. Ya que la corriente que necesita es de 2.5 A.

- g)** Debido a la versatilidad de los microcontroladores, las aplicaciones relativamente complejas, como las que envuelve al presente proyecto de titulación son llevadas a cabo sin mayor problema pues con un sólo microcontrolador se controla la plataforma.
- h)** El costo del prototipo no es muy caro, debido principalmente a que ciertos elementos empleados se los encuentra en el país.
- i)** El desarrollo del presente proyecto también ha permitido afianzar conocimientos de control, permitiendo captar por medio de diagramas de flujo la esencia del programa a ser implementado, así también conocer la técnica de diseño mecánico de un robot hexápodo evaluando las condiciones extremas de trabajo y la utilidad de su implementación. Estos parámetros de trabajo son fundamentales para tener una visión de la posible implementación en la industria.
- j)** Un aspecto importante del robot constituye el correcto diseño de las fuentes, tanto de circuitos de control como de potencia.
- k)** Es importante notar la gran atracción que produce el robot hacia las personas especialmente los niños. Basta con que el robot camine por un lugar concurrido para que la gente sienta curiosidad y se vea atraída hacia él. Los niños disfrutan interactuando con la máquina y lo más importante es que identifican al robot. Claro está que no sólo son niños los que disfrutan del espectáculo, jóvenes y adultos también se sienten atraídos por el robot, constituyéndose en una manera alternativa de innovación hacia nuevas generaciones.

4.2 Recomendaciones

- a)** Dentro de la Robótica se recomienda la investigación de software para poder reproducir movimientos previamente desarrollados en un computador, para que el funcionamiento de cualquier prototipo de robot no tenga errores.
- b)** Al realizar la calibración de las posiciones del servomotor se debe poner un cuidado especial en la selección de los grados de movimiento del servomotor para que de ésta forma se tenga buenos resultados y con margen de error bajo.

- c) Las baterías del robot deberán estar completamente cargadas, especialmente aquellas que alimentan los servomotores, pues así se tendrá la potencia necesaria para la operación del robot.

- d) Para la batería que conecta a los servomotores es necesario usar cables de aluminio, ya que los de cobre se comporta como una resistencia y su voltaje no llega lo suficiente para que el servomotor funcione correctamente.

ANEXO A

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Abruptos. Escarpado en el terreno de gran pendiente.

Acoplamiento. Acción o efecto de acoplar dos o varias piezas o se dice cuando existen piezas destinadas a unirse o conectarse.

Actuadores. Dispositivo destinado para poner en acción o movimiento.

Aeromodelismo. Construcción y prueba en vuelo de modelos de aviones y helicópteros a escala reducida con fines recreativos.

Alámbrica. Dícese del sistema eléctrico de comunicación con hilos.

Alcalina. Elemento o dispositivo electrónico que posee cualquier hidróxido metálico.

Antena. Dispositivo electrónico para asegurar la emisión o captación de ondas electromagnéticas.

Articulación. Acción o efecto de articular unir o enlazar en forma funcional o con movilidad dos piezas o partes de una maquina o instrumento.

Audiofrecuencia. Banda de frecuencias de onda que corresponda a los sonidos audibles (15 a20.000 hercios).

Automatizados. Aplicar la autonomía a maquinas dispositivos, procesos o hacerle automático a elementos mecánicos o maquinas.

ASK. La modulación por desplazamiento de amplitud, en inglés Amplitude-shift keying (ASK).

B

Bandas. En radio y televisión y en sistemas de comunicación son todas las frecuencias comprendidas entre dos límites definidos

Batería. Sistema eléctrico a base de pilas o acumuladores que permiten acumular energía y utilizarla posteriormente.

C

CCD. Viene del inglés Charge-Coupled Device, Dispositivo Acoplado por Carga, el CCD es un circuito integrado, la característica principal de este circuito es que posee una matriz de celdas con sensibilidad a la luz alineadas en una disposición físico-eléctrica, que permite "empaquetar" en una superficie pequeña un enorme número de elementos sensibles, y manejar esa gran cantidad de información de imagen.

Condensador. Dispositivo que almacena carga eléctrica.

Capturadora. Recoge información percibidas en el aire mediante receptores, ondas sonidos e imágenes.

Codificar. Transformar mediante las reglas de un código la formulación de un mensaje.

Compilar. Unir extractos o materias de otros libros o documentos en una sola obra

Control. Dominio que se realiza sobre una persona o cosa.

E

Electromagnético. Parte de la física que estudia los fenómenos producidos por las interacciones entre las corrientes eléctricas y los campos magnéticos.

Electrónica. Parte de la física que estudia los fenómenos y aplicaciones del movimiento de los electrones libres.

Encapsulado todo dispositivo que se encuentre compactado o insertado en una capsula

Engranajes. Conjuntos de piezas que poseen dientes que se engranan y que permiten la transmisión de movimiento.

Errónea. Concepto equivocado o juicio falso.

F

Futaba. Marca de servomotor.

H

Hexápodo. Animal o dispositivo que posee tres patas.

Híbrido. Referenciado de todo lo que es producto de elementos de distinta naturaleza.

Hitec. Marca de servomotores utilizado en este proyecto.

I

Inalámbrica. Dícese del sistema eléctrico de comunicación sin hilos.

Infrarrojo. Radiación del espectro luminoso más allá del rojo visible y de mayor longitud de onda que va desde 0.76 a 200 micrómetros.

L

Locomoción. Translación de un punto a otro.

M

Microcontrolador. Es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S.

Modulador. Es el conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal.

Monitoreo. Visualización a su alrededor por medio de una videocámara.

Motores. Máquinas destinadas a producir movimiento a expensas de otra fuente de energía. Motor eléctrico, térmico, hidráulico.

O

Obstáculos dificultad impedimento estorbo

P

Periféricos. Se denominan periféricos a los aparatos o dispositivos auxiliares e independientes conectados a la CPU de una computadora.

Polarización. Suministrar una tensión fija a alguna parte de un aparato electrónico

Potencia. Es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo.

Potenciómetro. Es un resistor al que le puede variar el valor de su resistencia.

Programación. Es un proceso por el cual se escribe (en un lenguaje de programación), se prueba, se depura y se mantiene el código fuente de un programa informático.

Prototipo. Es un ejemplar original o primer molde en que se fabrica una figura u otra cosa.

PWM. Modulación de ancho de pulso.

R

Radiofrecuencia. También denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz.

Receptores. Es una persona o un equipo que recibe una señal, código o mensaje emitido por un transmisor.

Retroalimentación. Es un mecanismo muy importante que aumenta el valor de algunas reglas de actuación y disminuye el valor de otras.

Robot. Máquina controlada por ordenador y programada para moverse, manipular objetos y realizar trabajos a la vez que interacciona con su entorno.

Robótica. Rama de la tecnología, que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas repetitivas o peligrosas para el ser humano.

Robustez. Que tiene fuertes miembros y buena salud.

Ruido. Es sonido no deseado. "Ruido" viene del latín, "rugitus", rugido.

S

Servomotor. Es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado.

Software. Se refiere al equipamiento lógico o soporte lógico de un computador digital, y comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica, en contraposición a los componentes físicos del sistema (hardware).

T

Transmisores. Es un equipo que emite una señal, código o mensaje a través de un medio y suele tener un protocolo industrial.

Trucaje. Método realizado para cambiar propiedad del servomotor, conseguir el giro de 0 a 360 grados.

V

Velocidad. Es la magnitud física que expresa la variación de posición de un objeto en función del tiempo, o el desplazamiento del objeto por unidad de tiempo.

Versatilidad. Versatilidad es la capacidad o habilidad de adaptarse a distintas tareas o circunstancias saliendo airoso de las mismas.

Videocámara. Es un dispositivo que captura imágenes convirtiéndolas en señales eléctricas, en la mayoría de los casos a señal de vídeo, también conocida como señal de televisión.

ANEXO B
PROGRAMACIÓN DEL
dsPIC30F4011
(MICROCONTROLADOR)

```

program Programa
Dim Contador      as word
Dim Alto          as word
Dim Posicion_Deseada  as word[20]  '65,75,75,75,65,65
Dim Posicion_Actual  as word[20]
Dim Ones          as word[20]
Dim i             as word
Dim Mando_Distancia  as word

```

```

                                'Ar1    D-1    Ar-1    Ar2    D1    Ar-2
Const Adelante0 as word[18] = (70,90,90, 70,70,70, 70,90,90, 70,70,70, 70,90,82,
70,70,70)
Const Adelante1 as word[18] = (75,90,90, 70,70,70, 65,90,90, 75,70,70, 70,90,82,
75,70,70)
Const Adelante2 as word[18] = (75,70,70, 70,70,70, 65,70,70, 75,70,70, 70,70,62,
75,70,70)
Const Adelante3 as word[18] = (75,70,70, 70,90,70, 65,70,70, 75,90,90, 70,70,62,
75,90,90)
Const Adelante4 as word[18] = (65,70,70, 70,90,78, 75,70,70, 65,90,90, 70,70,70,
65,90,90)
Const Adelante5 as word[18] = (65,70,70, 70,70,78, 75,70,70, 65,70,70, 70,70,70,
65,70,70)
Const Adelante6 as word[18] = (65,90,90, 70,70,70, 75,90,90, 65,70,70, 70,90,82,
65,70,70)
Const Adelante7 as word[18] = (70,90,90, 70,70,70, 70,90,90, 70,70,70, 70,90,82,
70,70,70)
Const Adelante8 as word[18] = (70,70,70, 70,70,70, 70,70,70, 70,70,70, 70,70,70,
70,70,70)
Const Adelante9 as word[18] = (70,70,70, 70,70,70, 70,70,70, 70,70,70, 70,70,70,
70,70,70)

Const NO0 as word[18] = (70,70,70, 70,90,90, 70,70,70, 70,90,82, 70,70,60, 70,90,90)
Const NO1 as word[18] = (70,70,70, 65,90,90, 75,70,70, 70,90,82, 65,70,60, 65,90,90)
Const NO2 as word[18] = (70,70,70, 65,70,70, 75,70,70, 70,70,62, 65,70,60, 65,70,70)
Const NO3 as word[18] = (70,90,70, 65,70,70, 75,90,90, 70,70,62, 65,90,90, 65,70,70)
Const NO4 as word[18] = (70,90,78, 75,70,70, 65,90,90, 70,70,70, 75,90,90, 75,70,70)
Const NO5 as word[18] = (70,70,78, 75,70,70, 65,70,70, 70,70,70, 75,70,60, 75,70,70)
Const NO6 as word[18] = (70,70,70, 75,90,90, 65,70,70, 70,90,82, 75,70,60, 75,90,90)
Const NO7 as word[18] = (70,70,70, 70,90,90, 70,70,70, 70,90,82, 70,70,60, 70,90,90)
Const NO8 as word[18] = (70,70,70, 70,70,70, 70,70,70, 70,70,70, 70,70,60, 70,70,70)
Const NO9 as word[18] = (70,70,70, 70,70,70, 70,70,70, 70,70,70, 70,70,60, 70,70,70)

Const SO0 as word[18] = (70,90,90, 70,70,70, 70,90,82, 70,70,70, 70,90,90, 70,70,70)
Const SO1 as word[18] = (65,90,90, 75,70,70, 70,90,82, 65,70,70, 75,90,90, 70,70,70)
Const SO2 as word[18] = (65,70,70, 75,70,70, 70,70,62, 65,70,70, 75,75,70, 70,70,70)
Const SO3 as word[18] = (65,70,70, 75,90,90, 70,70,62, 65,90,90, 75,75,70, 70,90,70)
Const SO4 as word[18] = (75,70,70, 65,90,90, 70,70,70, 75,90,90, 65,75,70, 70,90,78)
Const SO5 as word[18] = (75,70,70, 65,70,70, 70,70,70, 75,70,70, 65,75,70, 70,70,78)

```

Const SO6 as word[18] = (75,90,90, 65,70,70, 70,90,82, 75,70,70, 65,90,90, 70,70,70)
 Const SO7 as word[18] = (70,90,90, 70,70,70, 70,90,82, 70,70,70, 70,90,90, 70,70,70)
 Const SO8 as word[18] = (70,70,70, 70,70,70, 70,70,70, 70,70,70, 70,75,70, 70,70,70)
 Const SO9 as word[18] = (70,70,70, 70,70,70, 70,70,70, 70,70,70, 70,75,70, 70,70,70)

Const Atras0 as word[18] = (70,90,90, 70,70,65, 70,90,90, 70,70,65, 70,90,90, 70,70,65)
 Const Atras1 as word[18] = (80,90,90, 70,70,65, 80,90,90, 70,70,65, 80,90,90, 70,70,65)
 Const Atras2 as word[18] = (80,70,65, 70,70,65, 80,70,65, 70,70,65, 80,70,65, 70,70,65)
 Const Atras3 as word[18] = (80,70,65, 70,90,90, 80,70,65, 70,90,90, 80,70,65, 70,90,90)
 Const Atras4 as word[18] = (70,70,65, 80,90,90, 70,70,65, 80,90,90, 70,70,65, 80,90,90)
 Const Atras5 as word[18] = (70,70,65, 80,70,65, 70,70,65, 80,70,65, 70,70,65, 80,70,65)
 Const Atras6 as word[18] = (70,90,90, 80,70,65, 70,90,90, 80,70,65, 70,90,90, 80,70,65)
 Const Atras7 as word[18] = (70,90,90, 70,70,65, 70,90,90, 70,70,65, 70,90,90, 70,70,65)
 Const Atras8 as word[18] = (70,70,65, 70,70,65, 70,70,65, 70,70,65, 70,70,65, 70,70,65)
 Const Atras9 as word[18] = (70,70,65, 70,70,65, 70,70,65, 70,70,65, 70,70,65, 70,70,65)

Const Posicion_Adelante1 as word[18] = (75,80,80, 65,80,80, 65,80,80, 65,55,60,
 65,55,50, 65,55,60)
 Const Posicion_Adelante2 as word[18] = (65,80,80, 75,80,80, 75,80,50, 75,55,60,
 75,55,52, 75,55,60)
 Const Posicion_Adelante3 as word[18] = (65,55,60, 75,55,60, 75,55,50, 75,55,60,
 75,55,52, 75,55,60)
 Const Posicion_Adelante4 as word[18] = (65,55,60, 75,55,60, 75,55,50, 75,80,80,
 75,80,80, 75,80,80)
 Const Posicion_Adelante5 as word[18] = (75,55,60, 65,55,60, 65,55,55, 65,80,80,
 65,80,70, 65,80,80)
 Const Posicion_Adelante6 as word[18] = (75,55,60, 65,55,60, 65,55,55, 65,55,60,
 65,55,50, 65,55,60)

Const Posicion_NE1 as word[18] = (65,55,60, 65,55,50, 75,55,60, 75,80,80, 65,80,80,
 65,80,80)
 Const Posicion_NE2 as word[18] = (75,55,60, 75,55,52, 65,55,60, 65,80,50, 75,80,80,
 75,80,80)
 Const Posicion_NE3 as word[18] = (75,55,60, 75,55,52, 65,55,60, 65,55,50, 75,55,60,
 75,55,60)
 Const Posicion_NE4 as word[18] = (75,80,80, 75,80,80, 65,80,80, 65,55,50, 75,55,60,
 75,55,60)
 Const Posicion_NE5 as word[18] = (65,80,80, 65,80,70, 75,80,80, 75,55,55, 65,55,60,
 65,55,60)
 Const Posicion_NE6 as word[18] = (65,55,60, 65,55,50, 75,55,60, 75,55,55, 65,55,60,
 65,55,60)

Const Posicion_SO1 as word[18] = (75,80,80, 75,80,80, 65,80,80, 75,55,60, 65,55,50,
 65,55,60)
 Const Posicion_SO2 as word[18] = (65,80,80, 65,80,50, 75,80,80, 65,55,60, 75,55,52,
 75,55,60)
 Const Posicion_SO3 as word[18] = (65,55,60, 65,55,50, 75,55,60, 65,55,60, 75,55,52,
 75,55,60)


```

Const Posicion_SO4      as word[18] = (65,55,60, 65,55,50, 75,55,60, 65,80,80, 75,80,80,
75,80,80)
Const Posicion_SO5      as word[18] = (75,55,60, 75,55,55, 65,55,60, 75,80,80, 65,80,70,
65,80,80)
Const Posicion_SO6      as word[18] = (75,55,60, 75,55,55, 65,55,60, 75,55,60, 65,55,50,
65,55,60)
Const Posicion_Inicial  as word[18] = (70,70,80, 70,70,80, 70,70,80, 70,70,80, 70,70,80,
70,70,80)

```

```

sub procedure Timer1Int org $1A
  ClearBit(IFS0,3)
  T1CON = $0000
  TMR1 = $1D05
  T1CON = $8000
  If Contador = 9 then
    TMR2 = $FDB2
    T2CON = $8000
    PORTB = PORTB or $FF0C
    PORTD = $FFFF
    PORTE = $FFFF
    PORTF = $FFFF
    Contador = 0
    Vector_Set(Posicion_Actual ,20,0)
  Else
    Inc(Contador)
  End if
end sub

```

```

sub procedure Timer2Int org $20
  T2CON = $0000
  TMR2 = $FDB2
  T2CON = $8000
  ClearBit(IFS0,6)
  If Alto = 120 then
    PORTB = PORTB And $00F0
    PORTE = 0
    PORTD = 0
    PORTF = 0
    T2CON = $0000
    Alto = 0
  Else
    Vector_Add(Posicion_Actual,Posicion_Actual,Ones,18)
    If Posicion_Actual[0] > Posicion_Deseada[0] then ClearBit(PORTE,0) End if
    If Posicion_Actual[1] > Posicion_Deseada[1] then ClearBit(PORTE,1) End if
    If Posicion_Actual[2] > Posicion_Deseada[2] then ClearBit(PORTE,2) End if
    If Posicion_Actual[3] > Posicion_Deseada[3] then ClearBit(PORTE,3) End if
    If Posicion_Actual[4] > Posicion_Deseada[4] then ClearBit(PORTE,4) End if
    If Posicion_Actual[5] > Posicion_Deseada[5] then ClearBit(PORTE,5) End if
    If Posicion_Actual[6] > Posicion_Deseada[6] then ClearBit(PORTE,8) End if
  End if
end sub

```

```

    If Posicion_Actual[7] > Posicion_Deseada[7] then ClearBit(PORTF,0) End if
    If Posicion_Actual[8] > Posicion_Deseada[8] then ClearBit(PORTF,1) End if
    If Posicion_Actual[9] > Posicion_Deseada[9] then ClearBit(PORTF,4) End if
    If Posicion_Actual[10] > Posicion_Deseada[10] then ClearBit(PORTF,5) End if
    If Posicion_Actual[11] > Posicion_Deseada[11] then ClearBit(PORTF,6) End if
    If Posicion_Actual[12] > Posicion_Deseada[12] then ClearBit(PORTD,0) End if
    If Posicion_Actual[13] > Posicion_Deseada[13] then ClearBit(PORTD,1) End if
    If Posicion_Actual[14] > Posicion_Deseada[14] then ClearBit(PORTD,2) End if
    If Posicion_Actual[15] > Posicion_Deseada[15] then ClearBit(PORTD,3) End if
    If Posicion_Actual[16] > Posicion_Deseada[16] then ClearBit(PORTB,2) End if
    If Posicion_Actual[17] > Posicion_Deseada[17] then ClearBit(PORTB,3) End if
    Inc(Alto)
End if
end sub

```

Sub procedure Inicializacion

```

    ClearBit(RCON,5)
    OVDCON = 0
    ADPCFG = $FFFF
    TRISB = $0003
    TRISC = $0000
    TRISD = 0
    TRISE = 0
    TRISF = 0
    PORTB = $FF0C
    PORTC = $0000
    PORTD = $FFFF
    PORTE = $FFFF
    PORTF = $FFFF
    Vector_Set(Ones,20,1)
End sub

```

Sub Procedure Interupciones

```

    IPC0 = $1000
    IPC1 = $0100
    IFS0 = $0000
    IEC0 = $0048
    TMR2 = $FDB2
    T1CON = $8000
    T2CON = $8000
End sub

```

Sub Procedure PosicionInicial

```

    Vector_Set(Posicion_Deseada,20,70)
    Vector_Set(Posicion_Actual ,20,0)
End sub

```

Sub Procedure Control

```

Mando_Distancia = 0
Do
Loop Until Testbit(Portb,1) = 0
Do
Loop Until Testbit(Portb,1) = 1
TMR5 = 0
T5CON = $8030
do
Loop until Testbit(Portb,1) = 0
T5CON = $0030
If (TMR5 > 225) then 'Izquierda
    SetBit(Portb,5)
Else
    ClearBit(Portb,5)
End if
If (TMR5 < 140) then 'Derecha
    SetBit(Portb,4)
Else
    ClearBit(Portb,4)
End if
Do
Loop Until Testbit(Portb,0) = 0
Do
Loop Until Testbit(Portb,0) = 1
TMR5 = 0
T5CON = $8030
do
Loop until Testbit(Portb,0) = 0
T5CON = $0030
ClearBit(Portb,6)
ClearBit(Portb,7)
If (TMR5 > 200) then 'Atras
    SetBit(Portb,6)
Else
    ClearBit(Portb,6)
End if
If (TMR5 < 115) then 'Adelante
    SetBit(Portb,7)
Else
    ClearBit(Portb,7)
End if
Mando_Distancia = (Portb And $00F0)>> 4
'Por lo tanto: 8=Adelante, 4=Atras, 2=Derecha, 1=Izquierda
End sub

main:
Inicializacion
PosicionInicial

```

Interupciones

while true

Control

 Select Case Mando_Distancia

 Case 8

 SetBit(Portc,13)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante0,36)
 ClearBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante1,36)
 SetBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante2,36)
 ClearBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante3,36)
 SetBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante4,36)
 ClearBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante5,36)
 SetBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante6,36)
 ClearBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante7,36)
 SetBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante8,36)
 ClearBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante9,36)

 Case 4

 SetBit(Portc,13)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante9,36)
 ClearBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante8,36)
 SetBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante7,36)
 ClearBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)
 MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante6,36)
 SetBit(Portc,13)
 Delay_ms(200)

MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante5,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante4,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante3,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante2,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante1,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante0,36)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Adelante9,36)

Case 9

SetBit(Portc,13)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO0,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO1,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO2,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO3,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO4,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO5,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO6,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO7,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO8,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO9,36)

Case 6

```
SetBit(Portc,13)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO9,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO8,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO7,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO6,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO5,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO4,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO3,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO2,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO1,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO0,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@NO9,36)
```

Case 5

```
SetBit(Portc,13)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO0,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO1,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO2,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO3,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO4,36)
```

```

ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO5,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO6,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO7,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO8,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO9,36)
Case 10
SetBit(Portc,13)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO9,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO8,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO7,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO6,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO5,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO4,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO3,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO2,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO1,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO0,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@SO9,36)

```

Case 2

```
SetBit(Portc,13)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras0,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras1,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras2,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras3,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras4,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras5,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras6,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras7,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras8,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras9,36)
```

Case 1

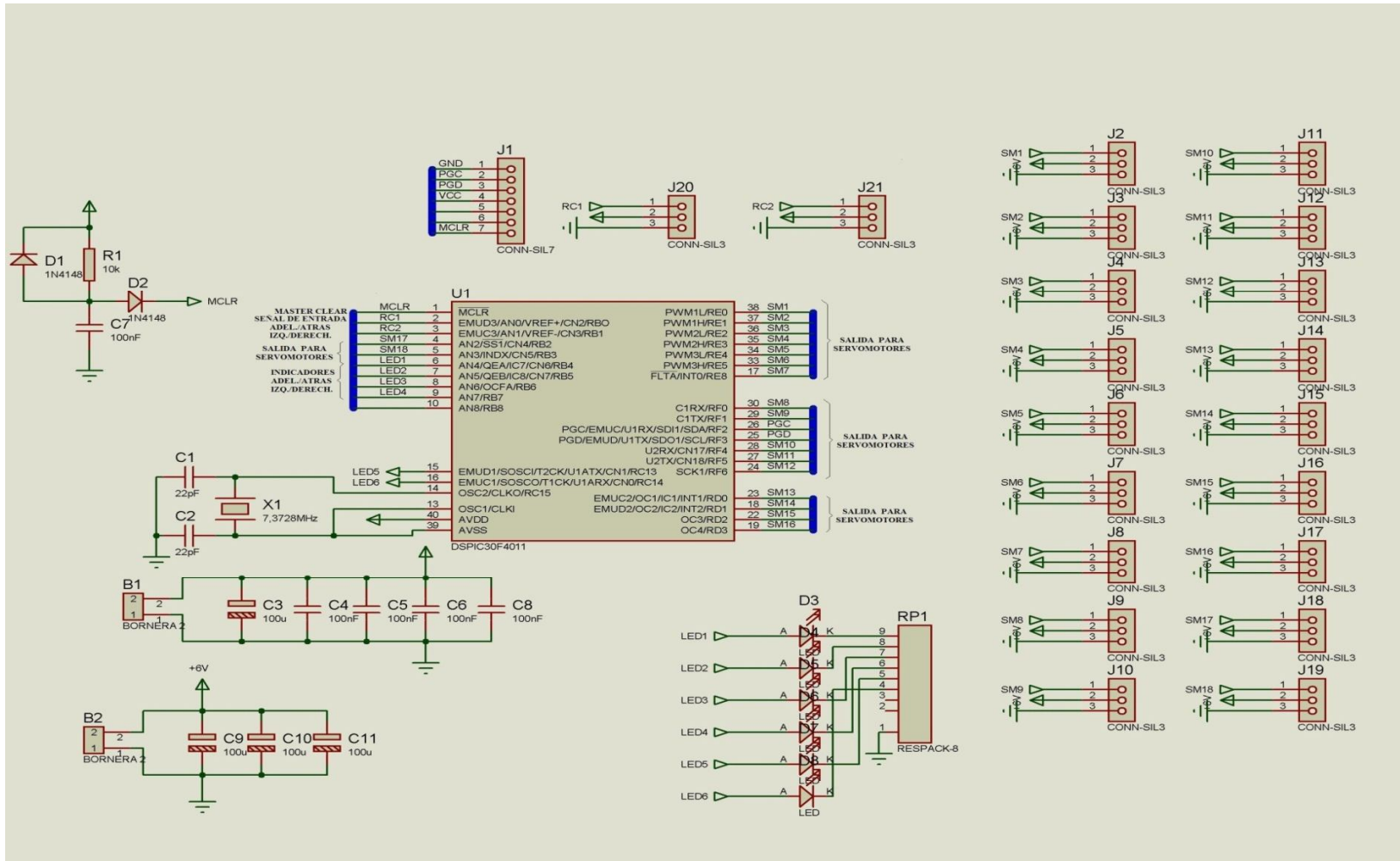
```
SetBit(Portc,13)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras9,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras8,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras7,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras6,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras5,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras4,36)
```



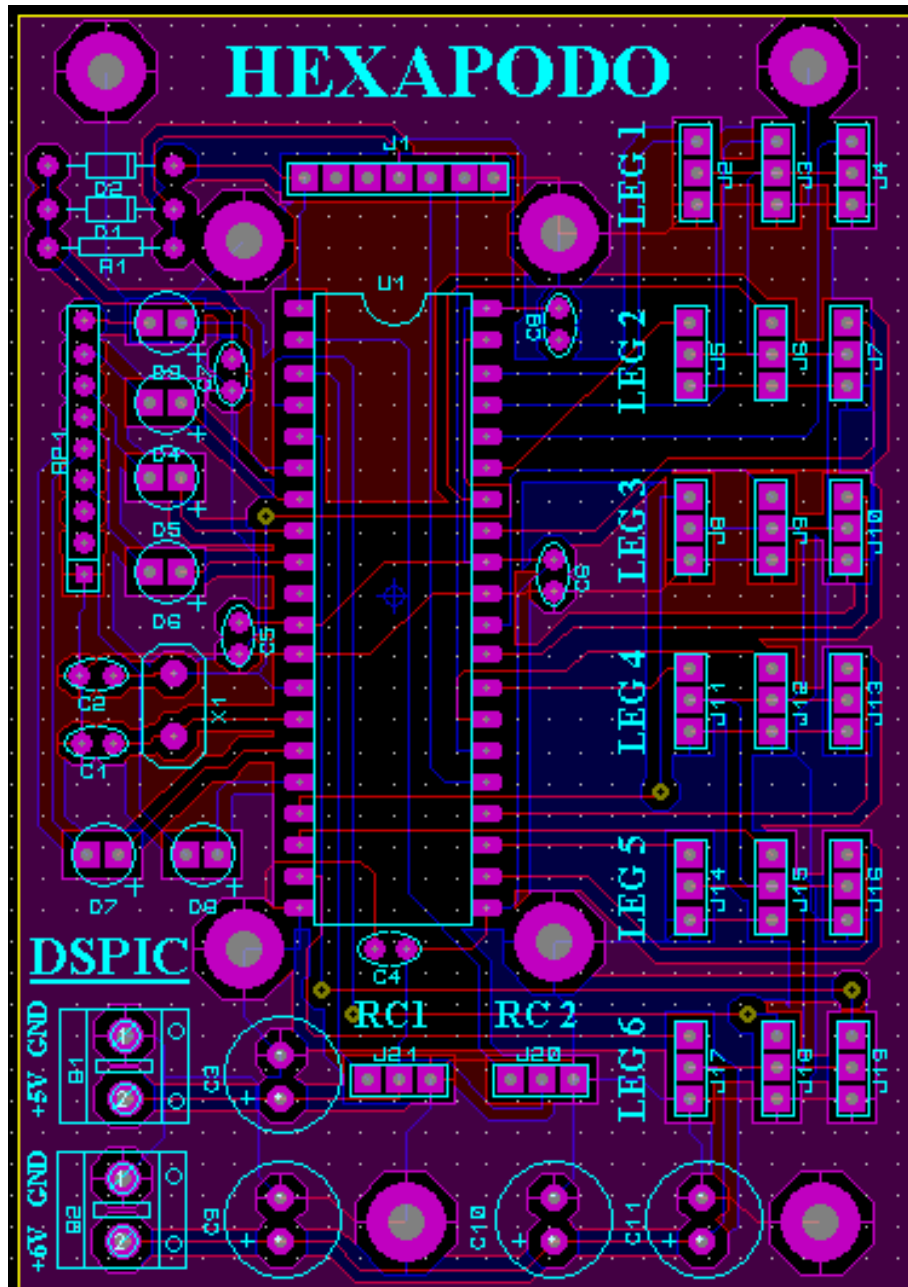
```
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras3,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras2,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras1,36)
ClearBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras0,36)
SetBit(Portc,13)
Delay_ms(200)
MemMove(@Posicion_Deseada,@Atras9,36)
End select
```

ANEXO C
DISEÑO DE PLACA

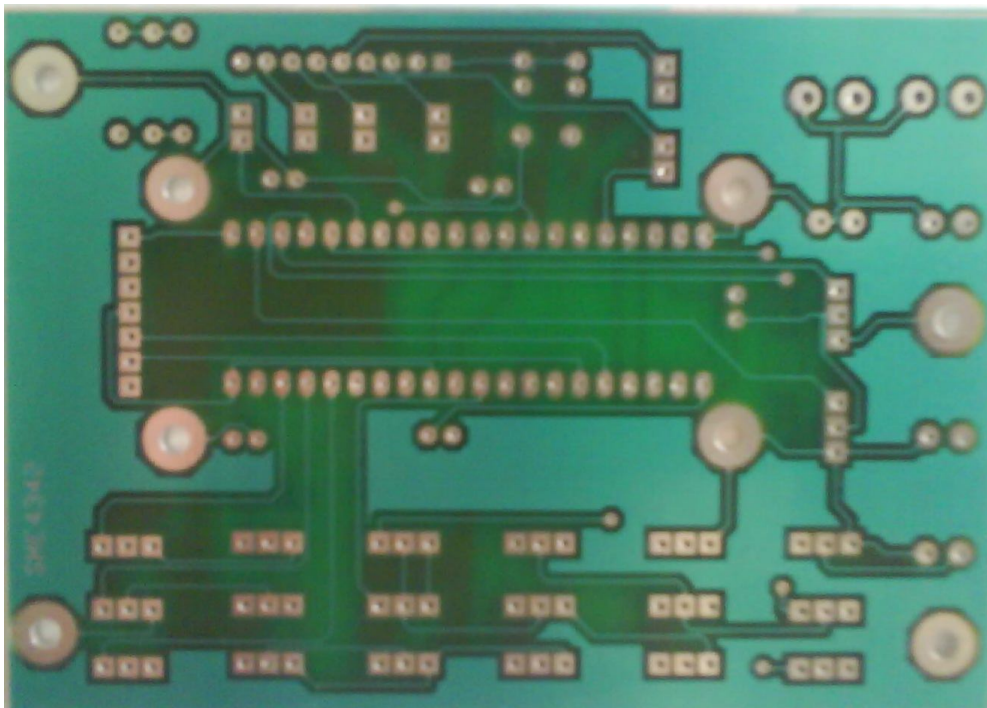
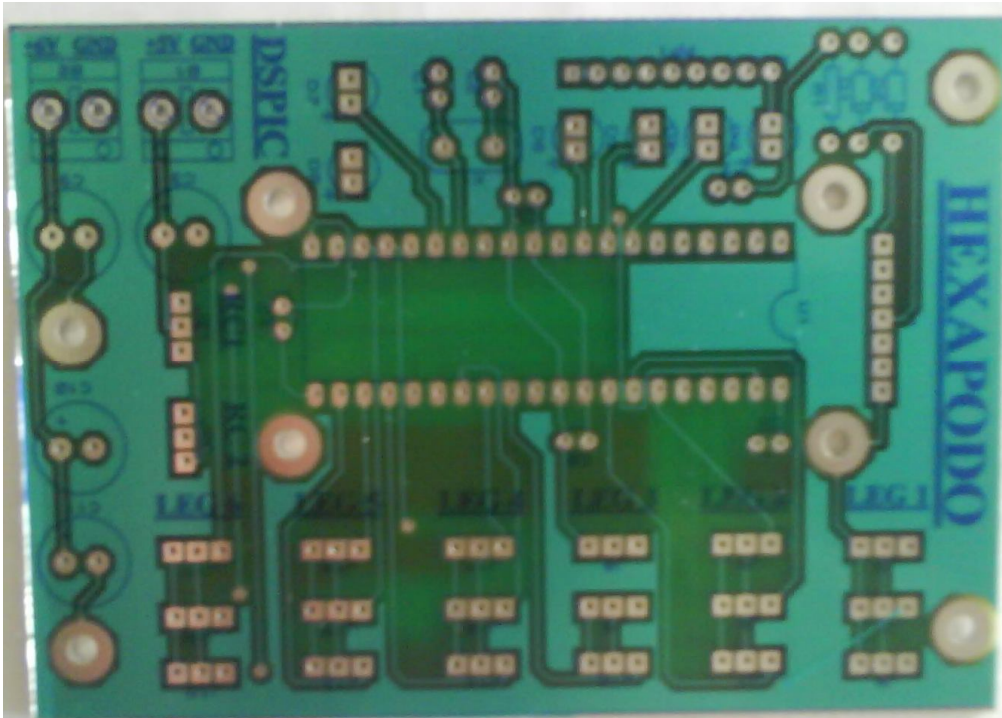
CIRCUITO PARA LA SIMULACIÓN DE LA TARJETA ELECTRÓNICA



DISEÑO DE PISTAS DE LA TARJETA ELECTRÓNICA



TARJETAS ELECTRÓNICAS REALES



ANEXO D
MANUAL DE OPERACIÓN DEL
ARÁCNIDO

CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES DEL CONTROL DE SPIDER

Arácnido es un robot hexápodo controlado por un control remoto de aéreo modelismo marca FUTABA; posee 3 grados de libertad gracias al mismo número de servos que tiene en cada una de sus patas, en total suman 18 servomotores para los diferentes movimientos de desplazamiento; adicionalmente se usa un microservo para el control de barrido de la videocámara.

Características

- Envío de señales a larga distancia por radiofrecuencia.
- Desplazamiento lento.
- Movimiento de patas en trípode.
- Equilibrio total Arácnido.
- Duración de batería 12min.
- La carga de voltaje de las baterías debe ser del 100 %.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Tensión de alimentación del microcontrolador y receptor R606FS 4.8 a 5.5V
- Tensión de alimentación de servomotores 6 V.
- Consumo: aproximadamente 2.5A en funcionamiento.
- Dimensiones:
- Conexión: Inalámbrica (Radiofrecuencia).
- Ambiente de trabajo: Lugares abiertos y cerrados.

PASOS PARA ENCENDER EL ROBOT

Para el encendido del sistema se deberán seguir las siguientes instrucciones:

1. Antes de arrancar el sistema asegurarse que el arácnido esté en posición estable, manipulándolo manualmente.
2. Activar el switch No.1 (encendido de la placa electrónica principal y del receptor R606FS).

3. Pulsar el reset.
4. Luego de 3 minutos activar el switch No.2 (encendido de servomotores).
5. Entonces el Arácnido automáticamente se pondrá en posición inicial para realizar los respectivos movimientos.

PASOS PARA EL CONTROL DEL ROBOT

Para el control del arácnido se deberán seguir las siguientes instrucciones:

1. Encender el control remoto.
2. Con el stick de mando 1 que se indica en la figura D.1. controlar los movimientos adelante, atrás, izquierda y derecha del Arácnido.

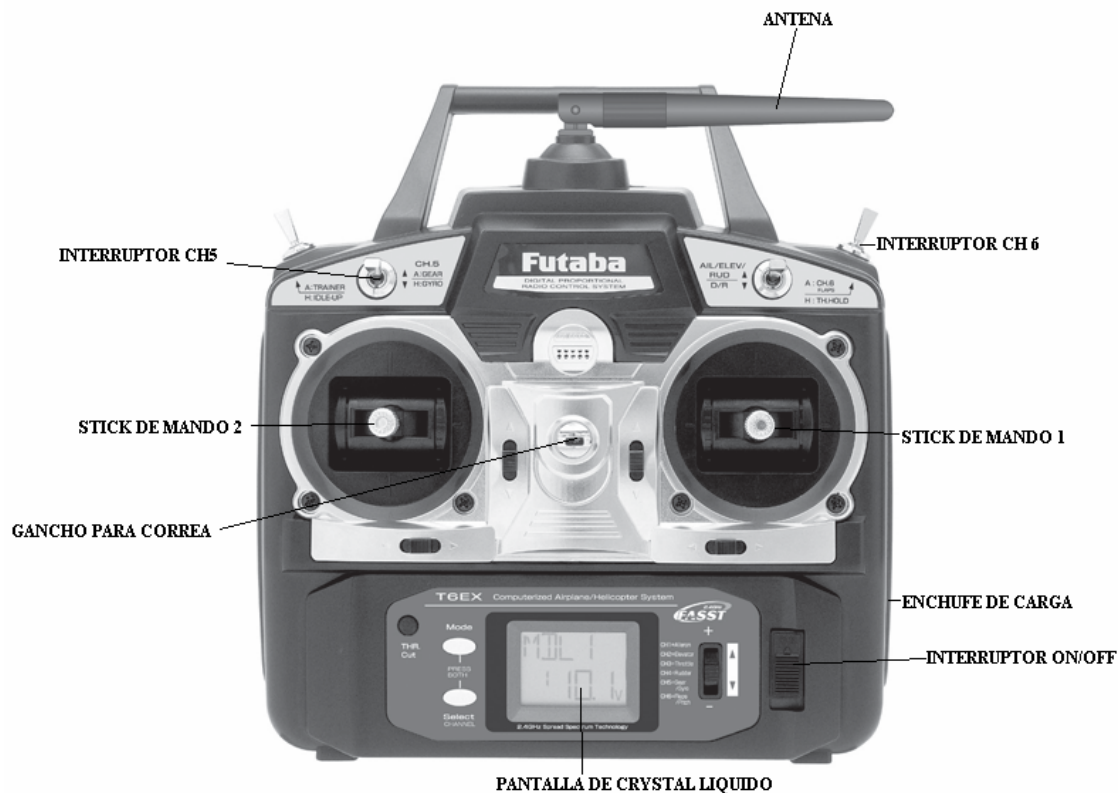


Fig. D.1. Partes del control Futaba T6EXA-2.4G

3. Con el stick de mando 2 controlamos el barrido de 180 grados de la videocámara.

PASOS PARA EL APAGADO DEL ROBOT

Para apagar el sistema se siguen los pasos siguientes:

1. Detener cualquier ejecución del control remoto en progreso.
2. Apagar el control remoto.
3. Desactivar el switch No.2 (apagado de servomotores).
4. Desactivar el switch No.1 (apagado de la placa electrónica principal y del receptor R606FS).
5. La placa principal del robot funciona con un sistema de baterías con lo cual el apagado del sistema no afecta a la memoria o microcontrolador.

CONEXIÓN DE VIDEOCÁMARA

Para la conexión de la videocámara se deberán seguir las siguientes instrucciones:

1. Conectar el plug de alimentación de la videocámara a una batería de 9V.
2. Automáticamente esta envía la señal al receptor, es decir a la televisión o a una tarjeta de video para luego ingresar la señal a una PC.

CONEXIÓN DEL RECEPTOR DE LA VIDEOCÁMARA

Para la conexión del receptor de la videocámara se deberán seguir las siguientes instrucciones:

1. Conectar el plug del receptor al regulador de voltaje de 9V.
2. Colocar la antena del receptor.
3. Conectar los cables de video y audio a un televisor o si usa tarjeta de video conectar primero a ésta y luego el cable de la tarjeta de video a una PC.
4. La señal automáticamente es recibida por el televisor o la PC, si existiera señal distorsionada se debe regular la señal por medio de un sintonizador que tiene en el lado izquierdo el receptor.

PRECAUCIONES

- Encender primero el receptor R606FS y luego el control remoto, para así evitar daños.
- Evitar cambios bruscos para los movimientos de arácnido, ya que podría perder el equilibrio y caerse.
- La duración de las fuentes de alimentación incorporadas en el Arácnido es de 12 minutos como máximo.
- Para usar fuentes de alimentación externa no usar cables de cobre ya que tienen mucha resistencia.
- No manipular el robot en lugares en donde exista la misma frecuencia del control con la que se está controlando.

ELABORADO POR:

Edison Guillermo Mullo Mullo

Walter Rolando Aymacaña Masapanta

APROBADO POR:

Ing. Armando Álvarez S.

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO POR:

Dr. Eduardo Vásquez
JEFE DE LA UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO