

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
AUTÓMATA MÓVIL CON LA CAPACIDAD DE TRASLADAR
DOCUMENTOS Y PAQUETES HASTA 500 GRAMOS Y
GUIAR A LAS PERSONAS HACIA LOS DIFERENTES
LOCALES DEL PROYECTO DEL CENTRO COMERCIAL
JUAN MONTALVO DE LA CIUDAD DE SAQUISILÍ”

BUSTILLOS CALVACHI PABLO ANDRÉS

VELOZ NOLIVOS HEMILTON VICENTE

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL GRADO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

Año 2011

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Bustillos Calvachi Pablo Andrés junto al Sr. Veloz Nolivos Hemilton Vicente, bajo nuestra supervisión.

Ing. David Rivas L.

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. José Bucheli A.

CODIRECTOR DE PROYECTO

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Pablo Andrés Bustillos Calvachi

Hemilton Vicente Veloz Nolivos.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE AUTÓMATA MÓVIL CON LA CAPACIDAD DE TRASLADAR DOCUMENTOS Y PAQUETES HASTA 500 GRAMOS Y GUIAR A LAS PERSONAS HACIA LOS DIFERENTES LOCALES DEL PROYECTO DEL CENTRO COMERCIAL JUAN MONTALVO DE LA CIUDAD DE SAQUISLÍ” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Agosto del 2011

Pablo Andrés Bustillos Calvachi

C.I:0502624166

Hemilton Vicente Veloz Nolivos

C.I:1803215811-1

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi familia que siempre me han apoyado desde el primer día que llegue a este mundo.

A mi padre quién desde niño me enseñó a ser responsable, cumplir la palabra, a no darme por vencido y por haberme inculcado el deporte.

A mi madre que todavía me ve como un niño, por sus mimadas, sus despertadas en la mañana y su sacrificio por mantener el hogar unido.

A mi hermano por ayudarme y presionarme a ser mejor cada día.

Pablo Bustillos

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mi madre Doris, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, a mi abuelita Luz Maira Toledo, a mi abuelito Vicente Nolivos, a mis tíos Hemilton, Alfredo, a mi tía Rocío, a mis primos Jacqueline, Cristina, Joney, quienes han depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. A mis compañeros y amigos Jorge, Josué, Mary, Pablo, Alexandra, Tania, Lili, Jessy, Ernesto, Rolo, Wilmer, Carlos, Alex, Carla, Cristian S. y Cristian H. Es por ellos que soy lo que soy ahora.

Hemilton Veloz

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios por haberme permitido vivir hasta estos días y compartirlos con personas especiales.

Agradezco a los Señores Ingenieros David Rivas y José Bucheli por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección.

A mis abuelitos que si no se hubieran conocido yo no estuviera aquí. Papá Jorge y Mamá Trine que me cuidaron desde pequeño y lo siguen haciendo a su manera. Abuelita Elsa que a pesar de su manera de ser nos apoya, mi abuelito Luis que desde arriba nos protege.

Agradecer a Jorge, Rolando, Wilmer, Ernesto, Hemilton, Jhonnatan, Maricela, Tania, Alexandra, Liliana, Jessy, Cristian, Karina, Josué que durante la U pasamos momentos inolvidables entre proyectos, copias, fugas, farras, paseos, peleas siempre se conservo la amistad y el compañerismo. A Tefy una gran persona que me ayudo a seguir adelante, con quién compartí grandes e inolvidables momentos. Eloy y David amigos para toda la vida.

Pablo Bustillos

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial al Ing. David Rivas y al Ing. José Bucheli quienes nos guiaron y apoyaron en el proceso de realización de la tesis, de igual manera a todos los profesores que me compartieron sus conocimientos desde el inicio de este trayecto y a todos mis compañeros y amigos quienes me han apoyado incondicionalmente.

Hemilton Veloz

Índice general

RESÚMEN	1
1 GENERALIDADES	3
1.1 ROBÓTICA.	3
1.1.1 Introducción.	3
1.1.2 Robot.	3
a Arquitectura de un robot.	3
1.1.3 Historia.	4
1.1.4 Clasificación.	5
a Según su cronología.	5
b Según su arquitectura.	5
c Según su nivel de inteligencia.	6
d Según su nivel de control.	7
e Según su nivel de programación.	7
1.1.5 Robots Móviles.	8
a Robots con patas.	8
b Robots con ruedas.	9
1.2 GPS.	12
1.2.1 Introducción.	12
1.2.2 Descripción del sistema.	14
a El sector espacial.	14
b El sector de control.	14

c	El sector usuario.	15
1.2.3	Funcionamiento.	15
a	Triangulación.	16
b	Distancias.	17
c	Tiempo.	18
d	Ubicación de los satélites en el espacio.	18
e	Corrección de los satélites.	19
1.3	SENSORES.	20
1.3.1	Giroscopio.	20
a	Historia.	20
b	Funcionamiento.	21
c	Movimiento del giroscopio.	21
d	Aplicaciones.	22
1.3.2	Ultrasónico.	22
a	Técnicas de medición de distancias mediante ultras- sonidos.	23
b	Aplicaciones.	25
1.3.3	Acelerómetro.	26
a	Funcionamiento y tipos.	26
b	Aplicaciones.	29
1.3.4	Brújula.	29
a	Balanceo de una brújula.	30
b	Tipos.	30
1.4	COMUNICACIONES.	31
1.4.1	Medios de transmisión de datos.	31
a	Medios de transmisión guiados.	31
b	Medios de transmisión no guiados.	32
1.4.2	Transmisión de datos.	32

a	RS-232.	32
b	Los circuitos y sus definiciones.	33
c	Bus I2C.	33
d	Bus SPI.	34
e	USB.	36
f	Bluetooth.	39
g	Red Inalámbrica.	40
2	DISEÑO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO	43
2.1	ESTRUCTURA DEL ROBOT.	43
2.2	DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS.	48
2.2.1	PIC18F2550.	48
a	Características.	48
2.2.2	Holux M-1200 Bluetooth GPS.	48
a	Características.	49
2.2.3	Módulo de acelerómetro MMA7455.	49
a	Características.	50
b	Especificaciones técnicas.	50
c	Interfaz de comunicación.	51
2.2.4	Módulo de brújula Honeywell HMC6352.	51
a	Características.	51
b	Especificaciones técnicas.	52
c	Orientación.	52
d	Comunicación digital I2C.	52
2.2.5	Módulo de giroscopio LISY300.	53
a	Características.	53
2.2.6	LV-MaxSonar.	54
a	Características.	55

2.2.7	Sabertooth 2x25.	55
a	Características.	56
2.3	ACOPLAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.	56
2.3.1	Suministro de energía.	57
2.3.2	Adquisición de datos desde los sensores.	58
2.3.3	Transferencia de datos.	60
3	DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL	63
3.1	PROGRAMACIÓN DEL PIC18F2550.	63
3.1.1	Diagrama de flujo.	64
3.2	PROGRAMA DE CONTROL EN LA PC.	65
3.2.1	Diagrama de flujo del programa de la PC.	66
3.2.2	Visualización del programa implementado en la PC.	67
4	PRUEBAS Y RESULTADOS	70
4.1	PRUEBAS DEL ALGORITMO DE NAVEGACIÓN.	70
4.2	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.	70
4.3	PRUEBAS DE LOS SENSORES ULTRASÓNICOS.	71
4.4	ADQUISICIÓN DE COORDENADAS GPS.	72
5	PRESUPUESTO DEL ROBOT	75
5.1	PRESUPUESTO DEL AUTÓMATA MÓVIL.	75
5.2	ALCANCES Y LIMITACIONES.	76
5.2.1	Alcance.	76
5.2.2	Limitaciones.	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES		
ANEXOS		
A CÓDIGO DEL PROGRAMA IMPLEMENTADO EN EL PIC 18F2550		

- B CÓDIGO DEL PROGRAMA IMPLEMENTADO EN LA PC.**
- C CIRCUITOS IMPRESOS**
- D MANUAL DE USUARIO**
- E INSTALACIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN Y CONVERTOR USB A RS-232.**
- F PLANOS**
- G CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Índice de tablas

4.1	Coordenadas de los destinos con su respectiva dirección.	70
4.2	Coordenadas de destino.	71
4.3	Recorrido del punto 1 al 2.	71
4.4	Recorrido del punto 2 al 1.	71
4.5	Resultado de los sensores ultrasónicos y las acciones realizadas. .	72
4.6	Resultado de las pruebas con los sensores ultrasónicos y las acciones realizadas.	72
5.1	Presupuesto de elementos electrónicos.	75
5.2	Presupuesto de la estructura.	76
5.3	Presupuesto total del robot.	76

Índice de figuras

1.1	Robots con distintos sistemas de locomoción.	8
1.2	ASIMO robot bípedo.	9
1.3	Robot con ruedas.	9
1.4	Configuración en triciclo.	10
1.5	Configuración típica Ackerman.	11
1.6	Mecánica necesaria para diseñar una configuración sincronizada.	11
1.7	Configuración omnidireccional.	12
1.8	Robot con varios grados de libertad.	12
1.9	Satélite NAVSTAR GPS.	13
1.10	Órbitas de los satélites NAVSTAR GPS.	14
1.11	Principio básico de la triangulación.	16
1.12	Código Pseudo Aleatorio.	17
1.13	Señal desde el satélite a través de la atmósfera.	19
1.14	Señal sobre la tierra.	19
1.15	Giroscopio.	20
1.16	Giroscopio formado por un disco montado sobre un eje horizontal.	21
1.17	Sensor ultrasónico.	23
1.18	Tiempo de vuelo de la señal de un sensor ultrasónico.	24
1.19	Diferentes tipos de acelerómetro (marca Honeywell).	26
1.20	Diagrama de un acelerómetro piezo-eléctrico.	27
1.21	Diagrama de un acelerómetro piezo-resistivo.	27

1.22	Diagrama de un acelerómetro de galgas extensiométricas.	28
1.23	Diagrama de un acelerómetro térmico.	28
1.24	Esquema del principio de funcionamiento de un acelerómetro de condensador.	29
1.25	Brújula.	30
1.26	Conector RS-232 (DB-9 hembra).	33
1.27	Bus I2C.	34
1.28	Bus SPI: Un maestro y tres esclavos.	35
1.29	Símbolo USB.	36
1.30	Cables internos que forman el cable USB.	38
1.31	Diferentes tipos de conectores USB.	39
2.1	Diseño de la base.	43
2.2	Diseño del soporte.	44
2.3	Estructura del robot	44
2.4	Base del robot	45
2.5	Soporte del robot.	45
2.6	Vista lateral del robot.	46
2.7	Vista frontal lateral del robot.	46
2.8	Vista superior lateral del robot.	47
2.9	Conector para la carga de la batería.	47
2.10	Holux M-1200.	49
2.11	MMA7455.	50
2.12	Orientación de la brújula.	52
2.13	LISY300.	53
2.14	LV-MaxSonar.	54
2.15	Pines de conexión LV-MaxSonar.	54
2.16	Sabertooth 2x25.	55

2.17	Diagrama de bloques de la tarjeta de adquisición de datos.	57
2.18	Conexión del PIC con el USB.	57
2.19	Conexión de la batería con la tarjeta de control y los motores. . .	58
2.20	Conexión de los sensores ultrasónicos con el PIC.	59
2.21	Conexión de la brújula y acelerómetro con el PIC.	59
2.22	Conexión del giroscopio con el PIC.	60
2.23	Diagrama de la tarjeta de adquisición de datos de los sensores . .	60
2.24	Tarjeta externa de Bluetooth CNet.	61
2.25	Cable conversor de USB a RS232.	61
2.26	Conexión del MAX232 con el conversor USB a RS-232.	62
3.1	Diagrama de flujo implementado en el PIC18F2550 para la adquisición y envío de datos de los sensores.	65
3.2	Diagrama de flujo implementado en la PC para el control del robot.	66
3.3	Diagrama de flujo de la Tarjeta de Adquisición implementado en el programa de la PC.	67
3.4	Diagrama de flujo de GPS implementado en el programa de la PC.	67
3.5	Panel principal.	68
3.6	Panel para ingresar las coordenadas de los destinos.	68
3.7	Panel de visualización de las coordenadas de los destinos.	69
3.8	Panel para verificar el funcionamiento de los motores.	69
4.1	Ubicación de los sensores ultrasónicos.	72
4.2	Variación coordenada geográfica de la latitud.	73
4.3	Variación coordenada geográfica de la longitud.	74

RESÚMEN

El presente proyecto se trata de un prototipo de robot móvil que se moviliza utilizando el sistema GPS para trasladarse por diferentes ubicaciones geográficas, en este caso dentro del Proyecto de Cetro Comercial Juan Montalvo, el cuál va a guiar a los visitantes hacia los diferentes locales comerciales y llevar paquetes o documentos.

Para el desarrollo de este robot se utilizó conocimientos de: comunicaciones, mecánica, electrónica, programación, para poder implementar los diferentes sensores que utiliza el robot para su funcionamiento, siendo así un proyecto que servirá para incentivar el desarrollo y curiosidad de las personas en la robótica.

El autómata está montado sobre una estructura de tol y hierro, para su movilización se utilizan motores de DC con una batería de 12V y 9Ah, los cuales son controlados mediante una DSC (Device Speed Control). Se diseñó y construyó una tarjeta de adquisición, la que se encarga de recopilar la información de los sensores y enviarla a la PC mediante la interfaz USB.

Los sensores utilizados son: una brújula electrónica, acelerómetro, sensores ultrasónicos. El microcontrolador PIC18F2550 es el encargado de adquirir los datos de los sensores, utilizando los conversores analógico-digital, comunicación SPI e I2C.

El programa implementado en la PC para controlar el robot se desarrolló en LabVIEW, además se puede crear una red inalámbrica y visualizar el programa que se está ejecutando en otra PC, así también la facilidad para poder modificar la programación sin la necesidad de desarmar o modificar el hardware, uno de los problemas es la sincronización en la transferencia de datos desde la tarjeta de adquisición, así también en el tiempo que el GPS envía los datos a la PC.

SUMMARY

The present project treat about a prototype of mobile robot that travel using the system GPS, to move by different geographic locations, in this case inside the Project of Commercial Centre Juan Montalvo, the which goes to help to guide to the visitors to the different commercial venues and carry packages or documents.

For the development of this robot used knowledges of: communications, mechanical, electronic, programming, stop can implement the different sensors that uses the robot for his operation, being like this a project that will serve for encourage the development and curiosity of the people in the robotics.

The automaton this mounted on a structure of tol and iron, for his mobilization use engines of DC with a battery of 12V and 9Ah, which are controlled by means of a DSC (Device Speed Control). Designed and built a card of acquisition, the one who commission of collect the information of the sensors and send it to the PC by means of the USB interface.

The sensors used are: compass, accelerometer, ultrasonic sensors. The PIC18F2550 is the attendant to purchase the data of the sensors, using the ADC, SPI and I2C communication.

The program implemented in the PC to control the robot developed in LabVIEW, besides can create a wireless network and visualize the program that this executing in another PC, like this also the ease to can modify the programming without the need to disarm or modify the hardware, one of the problems is the synchronization in the transfer of data from the card of acquisition, like this also in the time that the GPS sends the data to the PC.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. ROBÓTICA.

1.1.1. Introducción.

Es la ciencia y la tecnología encaminada a crear aparatos y sistemas capaces de realizar tareas como las del ser humano, ocupándose del diseño, manufactura y aplicaciones de los robots. La robótica combina diversas disciplinas como: mecánica, electrónica, informática, inteligencia artificial e ingeniería de control.

El término robot se popularizó con la obra Robots Universales de Rossum, escrita por Karel Capek en 1917. En la traducción al inglés de esta obra, la palabra robota fue traducida al inglés como robot.

1.1.2. Robot.

[1] Es una entidad artificial virtual o mecánica, es por lo general un sistema electromecánico que ofrece la sensación de tener un propósito propio, la palabra robot se refiere a mecanismos físicos y virtuales de software. En la actualidad se considera que un robot es una computadora capaz de desarrollar múltiples tareas de manera flexible según su programación, así que podría diferenciarse de un electrodoméstico.

a. Arquitectura de un robot.

[2] Las siguientes partes son las que forman un robot:

- **Estructura mecánica.** Soporte físico de la máquina y mecánica que proporcione movilidad.
- **Actuadores de movimiento.** Según tipología de la parte móvil.
- **Sensores.** Son los encargados de recoger datos del medio donde se desenvuelve.
- **Interfaz hombre-máquina.** Para introducir comandos y conocer la evolución de movimiento.
- **Planificación de movimientos.** Determina el comportamiento del robot.

1.1.3. Historia.

[3] El ser humano por siglos ha construido máquinas capaces de imitar las partes del cuerpo humano, los egipcios unieron a las estatuas de sus dioses brazos mecánicos, los griegos construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicas.

Entre los siglos XVII y XVIII en Europa se construyeron muñecos mecánicos muy ingeniosos con características de robots. Jacques de Vaucansos construyó varios músicos a mediados del siglo XVIII, eran robots mecánicos diseñados para divertir a las personas.

Existen muchas razones que intervinieron en el desarrollo de los robots de la década de los 50, la aparición de computadoras electrónicas, actuadores de control, transmisión de potencia a través de engranes y la tecnología de los sensores son las principales razones de este desarrollo, la inteligencia artificial ayudó a emular el procesamiento de información humana.

La obra publicada por Karel Kapek en 1917, denominada Rossum's Universal Robots, dio lugar al término robot. En esta narración un científico llamado Rossum y su hijo, desarrollaron una sustancia química para fabricar robots, los cuales servirían a los humanos y realizarían trabajos físicos. El argumento experimenta un giro desagradable cuando los robots no cumplen con su papel

de servidores y se rebelan contra sus dueños, y destruyen la vida humana. Isaac Asimov, escritor de ciencia ficción, contribuyó con varias narraciones relativas a robots, se le atribuye el término Robótica. Escribió las tres leyes de la Robótica, las cuales son:

1. Un robot no puede actuar contra un ser humano o, mediante la inacción, que un ser humano sufra daños.
2. Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, salvo que estén en conflictos con la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia, a no ser que esté en conflicto con las dos primeras leyes.

1.1.4. Clasificación.

a. Según su cronología.

[4] La siguiente clasificación es la más común:

- **1ª Generación.** Manipuladores. Sistemas mecánicos multifuncionales con un sencillo sistema de control, de secuencia fija o variable.
- **2ª Generación.** Robots de aprendizaje. Repiten secuencias de movimientos ejecutadas previamente por una persona.
- **3ª Generación.** Robots con control sensorizado. Una computadora se encarga de ejecutar las órdenes de un programa y las envía al manipulador para que realice los movimientos necesarios.
- **4ª Generación.** Robots inteligentes. Son similares a los anteriores, pero además poseen sensores lo que permite una toma inteligente de decisiones y el control del proceso en tiempo real.

b. Según su arquitectura.

La arquitectura de un robot es definida por su configuración general. Los robots en base a su arquitectura se dividen en:

1. **Poliarticulados.** Robots de muy diversas formas y configuraciones, son básicamente sedentarios y pueden mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo.
2. **Móviles.** Tienen capacidad de desplazamiento, basados en plataformas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Recorren su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno por medio de sensores. Aseguran el transporte de objetos de un punto a otro, pueden incluso llegar a sortear obstáculos y están dotados de un nivel relativamente elevado de inteligencia.
3. **Androides.** Intentan reproducir la forma y el comportamiento del ser humano. Están muy poco evolucionados y sin utilidad práctica.
4. **Zoomórficos.** Constituyen una clase caracterizada principalmente por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos. Las aplicaciones de estos robots son en el campo de la exploración espacial y en el estudio de los volcanes.
5. **Híbridos.** Son de difícil clasificación, su estructura combina algunas de las anteriores ya expuestas, bien sea por conjunción o por yuxtaposición.

c. Según su nivel de inteligencia.

[5] La Asociación de Robots Japonesa (JIRA) ha clasificado a los robots en base a su nivel de inteligencia:

1. **Dispositivos de manejo manual.** Controlados por una persona
2. **Robots de secuencia arreglada.** Ejecutan secuencias programadas.
3. **Robots de secuencia variable.** Un operador puede modificar la secuencia fácilmente.
4. **Robots regeneradores.** Un operador humano conduce el robot a través de la tarea.
5. **Robots de control numérico.** Un operador alimenta la programación del movimiento, hasta que se enseñe manualmente la tarea.

6. **Robots inteligentes.** Pueden entender e interactuar con cambios en el medio ambiente.

d. **Según su nivel de control.**

Los programas en el controlador del robot pueden ser agrupados de acuerdo al nivel de control que realizan:

1. **Nivel de inteligencia artificial.** 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.
2. **Nivel de modo de control.** Los movimientos del sistema son modelados, para lo que se incluye la interacción dinámica entre los diferentes mecanismos, trayectorias planeadas y puntos de asignación seleccionados.
3. **Niveles de servosistemas.** 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.

e. **Según su nivel de programación.**

Existen muchos sistemas de programación de robots, aunque la mayoría del software más avanzado se encuentra en los laboratorios de investigación. Los sistemas de programación de robots se ubican dentro de tres clases:

1. **Sistemas guiados.** El usuario conduce el robot a través de los movimientos a ser realizados.
2. **Sistemas de programación de nivel-robot.** El usuario escribe un programa de computadora al especificar el movimiento y el sensado.
3. **Sistemas de programación de nivel-tarea.** El usuario especifica la operación por sus acciones sobre los objetos que el robot manipula.

1.1.5. Robots Móviles.

[6] Este tipo de robot tiene una gran actividad y desarrollo por su movilidad y manipulación, en algún momento podrían reemplazar a los humanos en sistemas de manufactura y servicios industriales. En la figura 1.1 se muestran diferentes robots móviles.

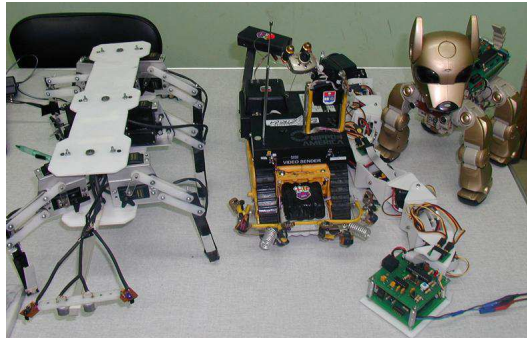


Figure 1.1: Robots con distintos sistemas de locomoción.

Por el tipo de medio que utilizan para movilizarse se pueden clasificar en:

- Patas.
- Ruedas.

a. Robots con patas.

Se utilizan en áreas demasiado irregulares. Pueden moverse por cualquier terreno que un ser humano pueda, pueden superar cualquier problema que se presente en un terreno irregular. Según el número de patas del robot, se pueden denominar bípedos, cuadrúpedos, hexápodos, octópodos. Véase en la figura 1.2.

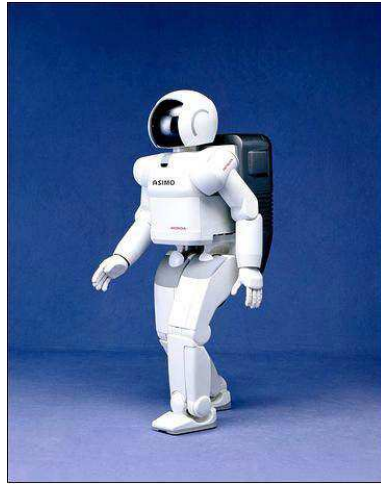


Figure 1.2: ASIMO robot bípido.

b. Robots con ruedas.

Son los más populares por ser más sencillos y de fácil de construcción, además pueden transportar mayor carga que los otros tipos de robots móviles. A esto se puede añadir el que se pueden utilizar vehículos de ruedas de radio control para usarlos como bases de robots.

La principal desventaja de las ruedas es su empleo en terreno irregular, normalmente un vehículo de ruedas podrá sobrepasar un obstáculo que tenga una altura no superior al radio de sus ruedas. Véase en la figura 1.3.



Figure 1.3: Robot con ruedas.

b.1. Tipos de plataformas.

[7] En relación a las ruedas, existen distintas configuraciones utilizadas en robótica móvil:

- Configuración diferencial.

Dos ruedas situadas diametralmente opuestas en un eje perpendicular a la dirección del robot. Cada una de ellas irá dotada de un motor, de forma que los giros se realizan dando diferentes velocidades. Con dos ruedas es imposible mantener la horizontalidad del robot. Se producen cabeceos al cambiar la dirección. Para solventar este problema, se colocan ruedas locas, estas giran libremente según la velocidad del robot.

- Configuración en triciclo.

Se dispone de tres ruedas en el robot, situadas de forma similar a los triciclos de los niños. Por tanto, dos ruedas traseras, no llevan acopladas ningún motor. La tracción estará en la rueda delantera, que además, será la que usaremos para dirigir al robot. Véase la figura: 1.4.

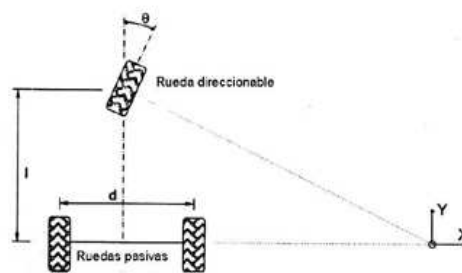


Figure 1.4: Configuración en triciclo.

- Configuración Ackerman.

Exclusivamente en la industria del automóvil. Esta configuración es utilizada por los automóviles, esta configuración consiste en dos ruedas con tracción traseras y dos ruedas de dirección delanteras. Véase la figura 1.5. Las normales a ambas ruedas se cortan en un punto, que se encuentra sobre la prolongación del eje de las ruedas traseras.

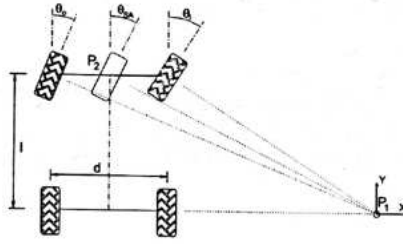


Figure 1.5: Configuración típica Ackerman.

La relación entre los ángulos de las ruedas de dirección viene dada por la ecuación 1.1 de Ackerman:

$$\cos \theta_1 - \cos \theta_2 = \frac{d}{l} \quad (1.1)$$

donde:

θ_1 = ángulo relativo de la rueda interior.

θ_2 = ángulo relativo de la rueda exterior.

l = separación longitudinal entre ruedas.

d = separación lateral entre ruedas.

- Dirección sincronizada.

Consiste en tres o más ruedas, todas dotadas de tracción y acopladas mecánicamente de forma que todas rotan en la misma dirección y a la misma velocidad. Este sistema necesita de una gran sincronización. En la figura 1.6 se puede apreciar la complejidad mecánica que requiere una configuración de este tipo.

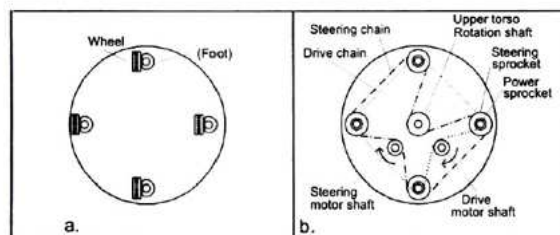


Figure 1.6: Mecánica necesaria para diseñar una configuración sincronizada.

- Configuración omnidireccional.

Se trata de dotar al robot con ruedas omnidireccionales. Véase la figura 1.7.

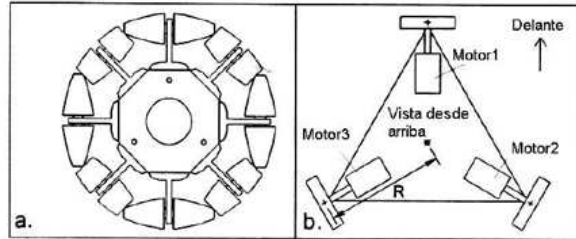


Figure 1.7: Configuración omnidireccional.

- Vehículos con múltiples grados de libertad.

Este tipo de configuraciones se plantean para mejorar la movilidad del vehículo. Suelen ser robots articulados donde cada una de las articulaciones consiste en módulos con tracción diferencial. Véase en la figura 1.8

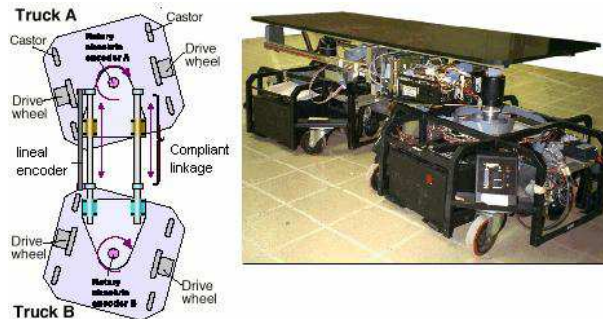


Figure 1.8: Robot con varios grados de libertad.

1.2. GPS.

1.2.1. Introducción.

[8] El GPS (Sistema de posicionamiento global) o NAVSTAR-GPS, permite determinar la posición de un objeto, una persona, un vehículo o nave sobre la tierra, su invención se atribuye a los gobiernos francés y belga, aunque el sistema fue implementado y en la actualidad es operado por el Departamento

de Defensa de los Estados Unidos.

El GPS funciona mediante una red de 32 satélites (28 operativos y 4 de respaldo) en órbita sobre el globo a 20.200 Km., con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Para determinar la posición, el receptor que se utiliza localiza automáticamente como mínimo tres satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la identificación y la hora del reloj de cada uno de ellos. Con base en estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo, y de tal modo mide la distancia al satélite mediante triangulación, la cual determina la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. Al conocer las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o coordenadas reales del punto de medición. También se consigue una exactitud extrema en el reloj del GPS, similar a la de los relojes atómicos que llevan a bordo cada uno de los satélites. En la figura 1.9 se muestra el satélite NAVSTAR-GPS.



Figura 1.9: Satélite NAVSTAR GPS.

Este proyecto se hizo realidad entre los meses de febrero y diciembre de 1978, cuando se lanzaron los cuatro primeros satélites de la constelación NAVSTAR, que hacían posible el sistema que resolvería la incógnita de nuestra posición en la Tierra. En la figura 1.10 se muestran los satélites girando sobre la tierra.



Figura 1.10: Órbitas de los satélites NAVSTAR GPS.

1.2.2. Descripción del sistema.

a. El sector espacial.

Incluye la red de 32 satélites denominada NAVSTAR y los cohetes Delta. Los satélites GPS se desplazan en órbitas geoestacionarias a 20.200 Km. de altitud, invirtiendo 12 horas en cada una de las órbitas. La energía la proporcionan células solares, por lo que los satélites se orientan continuamente dirigiendo los paneles solares hacia el Sol y las antenas hacia la Tierra. Cada satélite cuenta con cuatro relojes atómicos.

b. El sector de control.

[9] Este sector se encarga del seguimiento continuo de todos los satélites de la constelación NAVSTAR para los siguientes fines:

- Establecer la órbita de cada satélite y determinar el estado de sus osciladores.
- Emitir los parámetros obtenidos a los satélites para que éstos puedan difundirlos a los usuarios.

- El usuario recibe la información de las efemérides de posición de los satélites y el error que se está produciendo en su reloj, todo esto incluido en el mensaje de navegación

c. El sector usuario.

En principio es un término asociado a los receptores militares. Los GPS de uso militares utilizan equipos integrados en armas de fuego, armamento pesado, la artillería, helicópteros, buques, submarinos, carros de combate, vehículos de uso múltiple y los equipos individuales para soldados. Además de actividades básicas de navegación, su aplicación en el campo militar incluye designaciones de destino, apoyo aéreo, municiones terminales y puntos de reunión de tropas.

Con más de medio millón de receptores de GPS, los usuarios civiles tienen una división propia, grande y diversa. Incluso antes de que todos los componentes de los satélites estuvieran en órbita, los investigadores utilizaban el Sistema de Posicionamiento Global para adelantar días o semanas los métodos oficiales de investigación.

1.2.3. Funcionamiento.

[10] Cada satélite emite dos códigos de datos diferentes en formato digital, los cuales son transmitidos por medio de señales de radio. Uno de los códigos está reservado para uso exclusivamente militar. El otro código, transmite dos series de datos conocidas como ALMANAQUE y EFEMERIDES. Los datos ofrecidos por el almanaque y las efemérides informan sobre el estado operativo de funcionamiento del satélite, su situación orbital, la fecha y la hora.

Los pasos que se enumeran a continuación son los que se utiliza para determinar la posición en la tierra por medio del GPS:

1. **Triangulación.**
2. **Distancias.**
3. **Tiempo.**

4. **Posición.**

5. **Corrección.**

a. **Triangulación.**

[11] La idea general detrás del GPS es utilizar los satélites en el espacio como puntos de referencia para ubicaciones aquí en la tierra. Esto se logra mediante una medición exacta de nuestra distancia hacia al menos tres satélites, lo que nos permite triangular nuestra posición en cualquier parte de la tierra.

El principio matemático de la triangulación permite establecer el punto sobre la Tierra sobre el cual estamos situados. Para ello será necesario conocer la distancia que nos separa de tres puntos de ubicación conocida y trazar tres círculos, cuyos radios r se corresponden con esas distancias.

Supongamos que nos encontramos situados en un punto desconocido, cerca de otro al que llamaremos **A** cuyo radio es r , al doble de esa distancia $2r$ está situado el punto **B** y al triple de la distancia $3r$ el punto **C**.

Si trazamos sobre un mapa de la zona tres circunferencias, tomando como centro los puntos A, B y C y como valor de sus radios las distancias a escala reducida que nos separa del centro de cada círculo, el punto donde se cortan las circunferencias será el lugar donde nos encontramos situados. Véase la figura 1.11.



Figura 1.11: Principio básico de la triangulación.

b. Distancias.

Para conocer la distancia a la que se encuentran los satélites de la tierra, se mide el tiempo que tarda una señal emitida hasta llegar al receptor GPS.

[12] Con una sencilla ecuación matemática, podemos determinar esta distancia:

$$Velocidad\left(60\frac{km}{h}\right) * Tiempo(2horas) = Distancia(120km) \quad (1.2)$$

En el caso del GPS estamos midiendo una señal de radio, que viaja a la velocidad de la luz, alrededor de 300.000 Km. por segundo. El problema de la medición de ese tiempo es complicado. Los tiempos son extremadamente cortos, por lo se necesita de relojes muy precisos.

b.1. Código Pseudo Aleatorio.

Este Código Pseudo Aleatorio es una parte fundamental del GPS. Físicamente se trata de una secuencia o código digital muy complicado. Es una señal que contiene una sucesión muy complicada de pulsos off y on, como se pueden ver en la figura 1.12.



Figura 1.12: Código Pseudo Aleatorio.

La señal es tan complicada que casi parece un ruido eléctrico generado al azar. De allí su denominación de Pseudo-Aleatorio.

Dado que cada uno de los satélites tiene su propio y único Código Pseudo Aleatorio, esta complejidad garantiza que el receptor no se confunda accidentalmente de satélite, por lo que es posible que todos los satélites transmitan en la misma frecuencia sin interferirse mutuamente. Esto complica a cualquiera que intente interferir el sistema desde el exterior al mismo. El Código Pseudo Aleatorio le da la posibilidad al Departamento de Defensa de EEUU de controlar el acceso al sistema GPS.

c. Tiempo.

Si la medición del tiempo de viaje de una señal de radio es clave para el GPS, los relojes que se emplean deben ser exactos, dado que si miden con un desvío de un milésimo de segundo, a la velocidad de la luz, ello se traduce en un error de 300 Km.

Los satélites llevan relojes atómicos por lo que el timing es casi perfecto. Pero si un receptor GPS llevara a bordo un reloj atómico este sería demasiado caro por lo que se utiliza una medición extra de otro satélite.

d. Ubicación de los satélites en el espacio.

La altura de 20.200 Km. es en realidad un gran beneficio para este caso, porque algo que está a esa altura está bien despejado de la atmósfera. Eso significa que orbitará de manera regular y predecible mediante ecuaciones matemáticas sencillas.

La Fuerza Aérea de los EEUU colocó cada satélite de GPS en una órbita muy precisa, de acuerdo al Plan Maestro de GPS. En tierra, todos los receptores de GPS tienen un almanaque programado en sus computadoras que les informan donde está cada satélite en el espacio, en cada momento.

Las órbitas básicas son muy exactas pero con el fin de mantenerlas así, los satélites de GPS son monitoreados de manera constante por el Departamento de Defensa. Ellos utilizan radares muy precisos para controlar constantemente la exacta altura, posición y velocidad de cada satélite.

Los errores que ellos controlan son los llamados errores de efemérides, o sea evolución orbital de los satélites. Estos errores se generan por influencias gravitacionales del sol y de la luna y por la presión de la radiación solar sobre los satélites. Estos errores son generalmente muy sutiles pero si queremos una gran exactitud debemos tenerlos en cuenta. Una vez que el Departamento de Defensa ha medido la posición exacta de un satélite, vuelven a enviar dicha información al propio satélite. De esa manera el satélite incluye su nueva posición corregida en la información que transmite a través de sus señales a los GPS.

e. Corrección de los satélites.

Para aprovechar al máximo las ventajas del sistema un buen receptor de GPS debe tener en cuenta una amplia variedad de errores posibles.

e.1. El viaje a través de la atmósfera.

Una señal de GPS pasa a través de partículas cargadas en su paso por la ionosfera y luego al pasar a través de vapor de agua en la troposfera pierde algo de velocidad, creando el mismo efecto que un error de precisión en los relojes. Véase la figura 1.13.

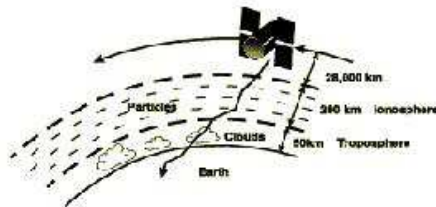


Figura 1.13: Señal desde el satélite a través de la atmósfera.

Existen maneras de minimizar este tipo de error. Por un lado, se podría predecir el error de un día promedio mediante la modelación, y por otro medir las velocidades relativas de dos señales diferentes.

e.2. El viaje sobre la tierra.

La señal puede rebotar varias veces debido a obstrucciones locales antes de ser captada por el receptor GPS. Véase la figura 1.14.

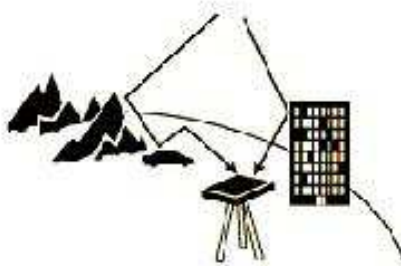


Figura 1.14: Señal sobre la tierra.

e.3. Errores intencionales.

Básicamente, el Departamento de Defensa de EEUU introduce cierto ruido en los datos del reloj satelital, lo que a su vez se traduce en errores en los cálculos de posición, también puede enviar datos orbitales ligeramente erróneos a los satélites que estos reenvían a los receptores GPS como parte de la señal que emiten. Estos errores en su conjunto son la mayor fuente unitaria de error del sistema GPS.

1.3. SENSORES.

1.3.1. Giroscopio.

[13] Es un dispositivo mecánico formado esencialmente por un cuerpo con simetría de rotación que gira alrededor de su eje de simetría. Cuando se somete a un momento de fuerza que tiende a cambiar la orientación del eje de rotación su comportamiento es aparentemente paradójico ya que el eje de rotación, en lugar de cambiar de dirección como lo haría un cuerpo que no girase, cambia de orientación en una dirección perpendicular a la dirección intuitiva. En la figura 1.15 se muestra un giroscopio.



Figura 1.15: Giroscopio.

a. Historia.

Fue inventado en 1852 por Léon Foucault, fue un físico francés, montando una masa rotatoria en un soporte de Cardano para un experimento de demostración

de la rotación de la tierra. La rotación ya había sido demostrada con el péndulo de Foucault. Sin embargo, no comprendía el por qué la velocidad de rotación del péndulo era más lenta que la velocidad de rotación de la tierra por un factor. Se necesitaba otro aparato para demostrar la rotación de la tierra de forma más simple. Foucault presentó un aparato capaz de conservar una rotación suficientemente rápida durante un intervalo de tiempo suficiente como para poder realizar las medidas.

Foucault también se dio cuenta de que su aparato podía servir para indicar el Norte. En efecto, si se impiden ciertos movimientos del soporte del giroscopio, este se alinea con el meridiano. Esto permitió la invención del girocompás.

b. Funcionamiento.

Supongamos un giroscopio formado por un disco montado sobre un eje horizontal, alrededor del cual el disco gira libremente a gran velocidad, como se observa en la figura 1.16. Un observador mantiene el eje del fondo con la mano izquierda y el eje de delante con la mano derecha. Si el observador trata de hacer girar el eje hacia la derecha sentirá un comportamiento muy curioso, ya que el giroscopio empuja su mano derecha y tira de su mano izquierda. El observador acaba de sentir el efecto giroscopio. Es una sensación muy sorprendente porque da la impresión de que el giroscopio no se comporta como un objeto normal.

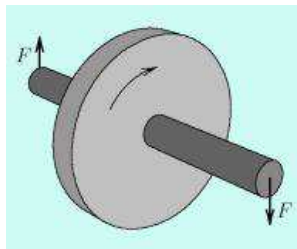


Figura 1.16: Giroscopio formado por un disco montado sobre un eje horizontal.

c. Movimiento del giroscopio.

Un giróscopo presenta en general dos movimientos principales:

1. **Precesión.**
2. **Nutación.**

d. Aplicaciones.

[14] La inercia giroscópica y la fuerza de la gravedad pueden emplearse para hacer que el giróscopo funcione como indicador direccional o brújula. Si se considera un giróscopo montado en el ecuador de la Tierra, con su eje de giro situado en el plano este-oeste, el giróscopo seguirá apuntando en esa dirección a medida que la Tierra gira de oeste a este. Así, el extremo oriental ascenderá en relación a la Tierra, aunque seguirá apuntando en la misma dirección en el espacio.

Los giróscopos constituyen una parte importante de los sistemas de navegación automática o guiado inercial en aviones, naves espaciales, misiles teledirigidos, cohetes, barcos y submarinos. Los instrumentos de guiado inercial de esos sistemas incluyen giróscopos y acelerómetros que calculan de forma continua la velocidad y dirección exactas del vehículo en movimiento. Estas señales son suministradas a un ordenador o computadora, que registra las desviaciones de la trayectoria y las compensa.

1.3.2. Ultrasónico.

[15] Los sensores ultrasónicos tienen como función principal la detección de objetos a través de la emisión y reflexión de ondas acústicas. Estos sensores funcionan emitiendo un pulso ultrasónico contra el objeto a sensar, cuando el pulso reflejado es detectado se para un contador de tiempo el cual inició su conteo al emitir el pulso. Este tiempo es referido a la distancia del objeto y de acuerdo con los parámetros elegidos de respuesta manda una señal eléctrica digital o analógica. Las aplicaciones ultrasónicas basadas en la medición del tiempo de vuelo, son más simples y en consecuencia son menos costosas. Sin embargo, en estas últimas, existen una serie de problemas potenciales que requieren atención: absorción o atenuación en el medio, ancho del haz ultrasónico, presencia de ruido e interferencia, alta sensibilidad a la temperatura y a la humedad y la pobre resolución.

La medición realizada utilizando sensores ultrasónicos es afectada por factores medioambientales y por factores relacionados con el objeto reflector. En el caso

de aplicaciones de medición de distancias mediante la técnica del pulso\eco, el factor más importante que afecta la exactitud del sistema está relacionado con la variación de la velocidad de la onda ultrasónica debido a la temperatura y a la composición del medio de transmisión.

Uno de los problemas que afecta el sensado por ultrasonido es el ancho de haz y los lóbulos laterales que aparecen en el patrón de sensibilidad del transductor. La presencia de los lóbulos laterales llevan a los extremos de un problema: la subestimación y la sobreestimación de la distancia. Por otro lado, debido a que los sistemas pulso-eco generalmente usan la propia señal del eco con el fin de manejar los circuitos de temporización, entonces la presencia de valles de sensibilidad que reducen la intensidad del eco, son la causa de la sobreestimación del tiempo de vuelo y conllevan a una sobreestimación de la distancia. En la figura 1.17 se muestra un sensor ultrasónico.

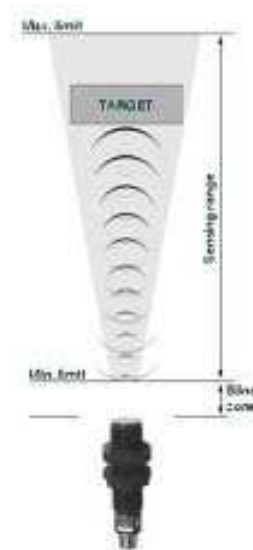


Figura 1.17: Sensor ultrasónico.

a. Técnicas de medición de distancias mediante ultrasonidos.

La gran mayoría de las aplicaciones de medición de distancia mediante ultrasonidos se basa en la estimación del tiempo que transcurre entre la emisión de un corto tren de pulsos de ondas ultrasónicas, y su recepción después de haber sido reflejado por algún objeto del entorno. Este período de tiempo se

conoce comúnmente como tiempo de vuelo o ToF (Time of Fly). En la figura 1.18 se muestra un esquema del funcionamiento del tiempo de vuelo.

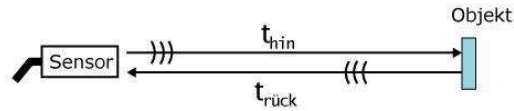


Figura 1.18: Tiempo de vuelo de la señal de un sensor ultrasónico.

a.1. Sistemas basados en el tiempo de vuelo.

El sensor genera un pulso ultrasónico el cual se transmite a través del medio hasta que es reflejado por alguna superficie reflectora. Midiendo el tiempo entre la transmisión y la recepción del eco, la distancia al reflector puede ser estimada indirectamente mediante la fórmula $d = \frac{1}{2} * v * tf$, donde v es la velocidad del sonido en el medio de transmisión y tf el tiempo de vuelo.

La exactitud en la medición de distancias mediante esta técnica depende del conocimiento de v y de la correcta estimación de tf . La velocidad del sonido en el aire muestra una dependencia casi lineal con la temperatura, por lo cual puede ser fácilmente determinada, entonces el punto crítico en la medición de distancias mediante esta técnica es la determinación del tiempo de vuelo.

La forma más común de determinar tf , es mediante el método del umbral, en el cual el tiempo de llegada es calculado cuando el eco recibido traspasa por primera vez un cierto nivel de amplitud dado. Aunque este método ha probado ser simple y de bajo costo, la técnica presenta baja resolución, particularmente cuando el eco ha sido considerablemente atenuado.

A continuación se describen algunos métodos para la medición del tiempo de vuelo de los sensores ultrasónicos:

- **C. Cai y P. Regtien.** Se basa en la detección de la amplitud nula de la envolvente. Consiste en generar una forma de onda particular formada por dos trenes de pulso consecutivos de una onda cuadrada de cuatro periodos. Debido a la interferencia entre las ondas, la envolvente

de la señal se hace cero en cierto instante de tiempo, produciéndose una inversión de fase que puede ser detectada de manera sencilla. La información del tiempo de vuelo es extraída de la relación temporal de las ondas al momento de amplitud cero, por lo que con este método se reduce el tiempo de procesamiento y además se mejora la exactitud en la medición de distancias.

- **I. Stott et al.** Considera el análisis de la forma de onda de la señal ultrasónica recibida. Mediante la inspección de la envolvente del eco se puede verificar que la misma posee una gran pendiente de crecimiento frente a una pendiente de decrecimiento bastante suave.
- **M. Parrilla et al.** Cuantifica el error típico que se puede cometer mediante el método del umbral, y propusieron el uso de técnicas de procesamiento digital a fin de mejorar la estimación del tiempo de vuelo.
- **D. Marioli et al.** Presenta un algoritmo de procesamiento digital que correlaciona el pulso ultrasónico transmitido con el eco recibido, mejorando mediante este algoritmo la exactitud en la estimación del tiempo de vuelo. El punto máximo de la señal resultante de la correlación entre las señales ya antes mencionadas, corresponde al momento cuando la señal ruidosa recibida tiene el mayor parecido a la señal transmitida. El tiempo transcurrido entre la emisión de la señal y este punto máximo, representa el tiempo de vuelo del eco ultrasónico.

b. Aplicaciones.

Algunas de las aplicaciones para estos sensores son:

- Control y verificación de nivel, depósitos, tanques.
- Medida de distancia.
- Control del bucle de entrada-salida de máquinas.
- Control de tensado-destensado.

1.3.3. Acelerómetro.

[16] Es un instrumento para medir la aceleración de un objeto al que va unido, lo hace midiendo respecto de una masa inercial interna. En la figura 1.19 se muestran diferentes tipos de acelerómetros.



Figura 1.19: Diferentes tipos de acelerómetro (marca Honeywell).

Existen varios tipos de tecnologías y diseños que aunque todos tienen el mismo fin, pueden ser muy distintos unos de otros según la aplicación a la cual van destinados y las condiciones en las que han de trabajar. Los acelerómetros han pasado de estar dedicados a un uso industrial y de investigación a estar presentes en muchos aparatos cotidianos.

a. Funcionamiento y tipos.

a.1. Piezo-eléctrico.

Se basa en las propiedades de los cristales piezo-eléctricos. Estos cristales al ser sometidos a alguna fuerza producen una corriente eléctrica.

Así que poniendo un cristal de este tipo entre la carcasa y una masa inercial se producirá una corriente cuando ocurra una aceleración. Midiendo esta corriente podremos calcular la aceleración, bien directamente si se trata de un acelerómetro de salida de corriente (culombios/g) o bien convirtiéndola a un voltaje de baja impedancia si se trata de un acelerómetro de salida de voltaje. Véase la figura 1.20.

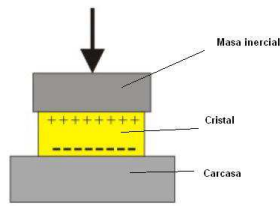


Figura 1.20: Diagrama de un acelerómetro piezo-eléctrico.

a.2. Piezo-Resistivo.

Un acelerómetro piezo-resistivo utiliza un sustrato, en esta tecnología las fuerzas que ejerce la masa sobre el sustrato varían su resistencia, que forma parte de un circuito que mediante un puente de Whetstone mide la intensidad de la corriente. Véase la figura 1.21.

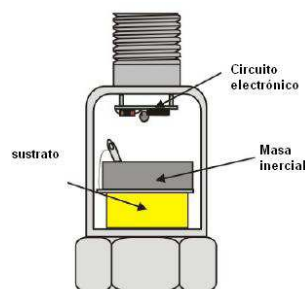


Figura 1.21: Diagrama de un acelerómetro piezo-resistivo.

a.3. Galgas Extensiométricas.

En este tipo de acelerómetro una o más galgas extensiométricas hacen de puente entre la carcasa del instrumento y la masa inercial, la aceleración produce una deformación de la galga que se traduce en una variación en la corriente detectada por un puente de Whetstone, la deformación es directamente proporcional a la aceleración aplicada al acelerómetro. Véase la figura 1.22

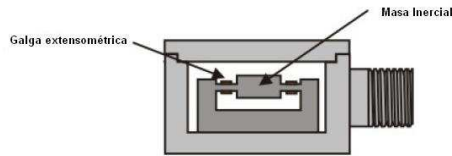


Figura 1.22: Diagrama de un acelerómetro de galgas extensiométricas.

a.4. Láser.

Este tipo de acelerómetro es más bien experimental y no tiene un uso industrial como los anteriores. Consiste en dos láser L1 y L2, dos espejos semitransparentes M1 y M2, un divisor de rayo (beam splitter BS) y dos fotodiodos PD1 y PD2 en una plataforma inmóvil.

a.5. Térmico.

Este tipo de acelerómetro consiste de los siguientes elementos: un sustrato de silicio en el cual se hace un hueco para meter una pequeña resistencia que hace de calentador, con dos termopares en los extremos, se forma una cavidad de aire encima. Véase la figura 1.23.

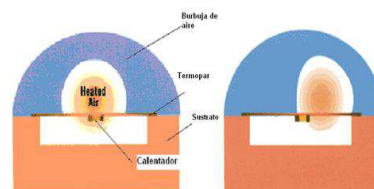


Figura 1.23: Diagrama de un acelerómetro térmico.

En reposo con el calentador creando un núcleo de aire caliente en el centro, cuando ocurre una aceleración, por convección, el aire frío desplaza al caliente, el núcleo de aire caliente se desplaza en la misma dirección que la aceleración, esto crea un diferencial de temperatura entre los termopares. Midiendo este diferencial, ampliando y acondicionando la señal se obtiene la aceleración del objeto.

a.6. Condensador.

El elemento que conecta la masa inercial con la carcasa es un condensador. Una de las paredes está fija, pegada a la carcasa y la otra a la masa. Cuando ocurre una aceleración la masa presiona el condensador variando el grosor entre pared y pared. Midiendo la capacitancia del condensador se puede calcular la aceleración. Véase la figura 1.24.

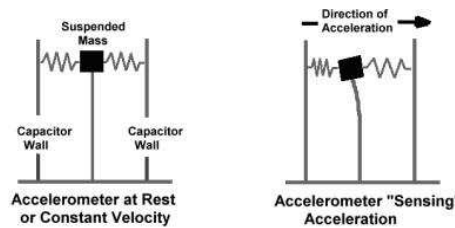


Figura 1.24: Esquema del principio de funcionamiento de un acelerómetro de condensador.

b. Aplicaciones.

- Nintendo Wii.
- Muñeco simulación accidentes.
- Automoción.

1.3.4. Brújula.

[17] Es un instrumento que sirve de orientación y tiene su fundamento en la propiedad de las agujas magnetizadas. Por medio de una aguja imantada señala el Norte magnético, que es ligeramente diferente para cada zona del planeta y distinto del Norte geográfico. Para su funcionamiento utiliza el magnetismo terrestre. La aguja imantada indica la dirección del campo magnético terrestre, apuntando hacia los polos norte y sur.

En la actualidad la brújula está siendo reemplazada por sistemas de navegación más avanzados y completos, que brindan más información y precisión; sin embargo, aún es muy popular en actividades que requieren alta movilidad o

que impiden, debido a su naturaleza, el acceso a energía eléctrica, de la cual dependen los demás sistemas. En la figura 1.25 se muestra una brújula.



Figura 1.25: Brújula.

a. Balanceo de una brújula.

Debido a que la inclinación e intensidad del campo magnético terrestre varía a diferentes latitudes, las brújulas generalmente son balanceadas durante su fabricación. Este balanceo previene medidas erróneas de la brújula debido a las mencionadas variaciones de campo magnético. La mayoría de fabricantes balancean sus brújulas para una de 5 zonas terrestres, que van desde la zona 1, que cubre la mayor parte del hemisferio norte, a la zona 5, que cubre Australia y los océanos del sur. Suunto, fabricante de equipos para exploración, introdujo al mercado las primeras brújulas de 2 zonas, que pueden usarse en un hemisferio completo, e incluso usarse en el otro sin tener fallos importantes de precisión.

b. Tipos.

[18] Existe una gran variedad de tipos de brújulas, se muestran algunos ejemplos:

- Brújulas de marcha.
- Brújulas cartográficas.
- Brújulas especiales (de precisión) Náuticas.

- Brújulas topográficas.
- Brújulas geológicas.
- Brújulas electrónicas.

1.4. COMUNICACIONES.

1.4.1. Medios de transmisión de datos.

[19] Permiten transferir información entre dos terminales en un sistema de transmisión. Las transmisiones se realizan empleando ondas electromagnéticas las cuales se propagan a través de un canal, a veces el canal es un medio físico y otras veces no, ya que las ondas electromagnéticas son susceptibles de ser transmitidas por el vacío.

Entre las características más importantes dentro de los medios de transmisión se encuentra la velocidad de transmisión, la distorsión que introduce en el mensaje, y el ancho de banda. En función de la naturaleza del medio, las características y la calidad de la transmisión se verán afectadas.

a. Medios de transmisión guiados.

Están constituidos por un cable que se encarga de la conducción de las señales de un punto a otro. Las principales características de los medios guiados son el tipo de conductor utilizado, la velocidad máxima de transmisión, distancia máximas entre repetidores, inmunidad a interferencias electromagnéticas, la facilidad de instalación y la capacidad de soportar diferentes tecnologías de nivel de enlace.

Los medios más utilizados en el campo de las comunicaciones y la interconexión de computadoras son:

- El par trenzado.
- El cable coaxial.
- La fibra óptica.

b. Medios de transmisión no guiados.

Son los que no confinan las señales mediante ningún tipo de cable, sino que las señales se propagan libremente a través del medio. Entre los medios más importantes se encuentran el aire y el vacío.

1.4.2. Transmisión de datos.

Los datos se transmiten bit por bit a través del canal de transmisión, debido a la mayoría de procesadores procesan los datos en paralelo, el transmisor necesita transformar los datos paralelos entrantes en datos seriales y el receptor necesita hacer lo contrario. Este tipo de transmisión es la más utilizada debido a que ocupa pocos recursos para su implementación, un aspecto en contra es la velocidad de transmisión debido a la longitud de la cadena de bits que se transmiten.

a. RS-232.

[20] RS-232 es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE y un DCE, aunque existen otras en las que también se utiliza la interfaz RS-232.

En particular, existen ocasiones en que interesa conectar otro tipo de equipamientos. Evidentemente, en el caso de interconexión entre los mismos, se requerirá la conexión de un DTE (Data Terminal Equipment) con otro DTE. Para ello se utiliza una conexión entre los dos DTE sin usar modem, por ello se llama: null modem ó modem nulo.

El RS-232 consiste en un conector tipo DB-25, aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DE-9), más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos. Véase la figura 1.26.



Figura 1.26: Conector RS-232 (DB-9 hembra).

La interfaz RS-232 está diseñada para distancias cortas, de hasta 15 metros y velocidades de comunicación bajas, de no más de 20 Kilobits/segundo.

b. Los circuitos y sus definiciones.

Las UART se diseñaron para convertir las señales que maneja la CPU y poder transmitir las al exterior. Las UART deben resolver problemas como: gobernar las señales de control, conversión de voltajes internos del DCE con respecto al DTE y realizar la transformación desde el bus de datos de señales en paralelo a serie y viceversa. Debe ser robusta, tolerar circuitos abiertos, cortocircuitos y escritura simultánea sobre un mismo pin, además de otras consideraciones. Es en la UART en donde se implementa la interfaz.

Para conectar un microcontrolador con un puerto RS-232 estándar se utiliza un driver de línea, típicamente un MAX232 o compatible, el cual mediante dobladores de voltaje positivos y negativos permite obtener la señal bipolar requerida por el estándar.

Para los propósitos de la RS-232 estándar, una conexión es definida por un cable desde un dispositivo al otro. Hay 25 conexiones en la especificación completa, pero es muy probable que se encuentren menos de la mitad de éstas en una interfaz determinada. La causa es simple, una interfaz full duplex puede obtenerse con solamente 3 cables.

c. Bus I²C.

[21] I²C es un bus de comunicaciones serie, fue diseñado por Philips. Su nombre viene de Inter-Integrated Circuit (Circuitos Inter-Integrados). Este bus tiene

una velocidad de transmisión de 100Kbits por segundo en el modo estándar, también permite velocidades de 3.4 Mbit/s. Es un bus usado en la industria, principalmente para comunicar microcontroladores y sus periféricos en sistemas integrados y generalizando más para comunicar circuitos integrados entre sí, que normalmente residen en un mismo circuito impreso.

La principal característica de I²C es que utiliza dos líneas para transmitir la información: una para los datos y por otra la señal de reloj. También es necesaria una tercera línea, pero esta sólo es la referencia. Como suelen comunicarse circuitos en una misma placa que comparten una misma masa esta tercera línea no suele ser necesaria. En la figura 1.27 se muestra un esquema de conexión del bus I²C.

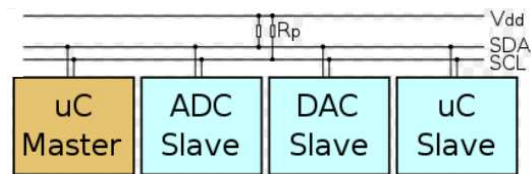


Figura 1.27: Bus I²C.

Las líneas se llaman:

- SDA: datos.
- SCL: reloj.
- GND: tierra.

Las dos primeras líneas son de drenado abierto, por lo que necesitan resistencias de Pull-up.

Los dispositivos conectados al bus I²C tienen una dirección única para cada uno. También pueden ser maestros o esclavos. El dispositivo maestro inicia la transferencia de datos y además genera la señal de reloj.

d. Bus SPI.

[22] El Bus SPI es un estándar de comunicaciones, usado principalmente para la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos.

El bus de interfaz de periféricos serie o bus SPI es un estándar para controlar casi cualquier electrónica digital que acepte un flujo de bits serie regulado por un reloj.

Incluye una línea de reloj, dato entrante, dato saliente y un pin de chip select, que conecta o desconecta la operación del dispositivo con el que uno desea comunicarse. De esta forma, este estándar permite multiplexar las líneas de reloj. Véase la figura 1.28.

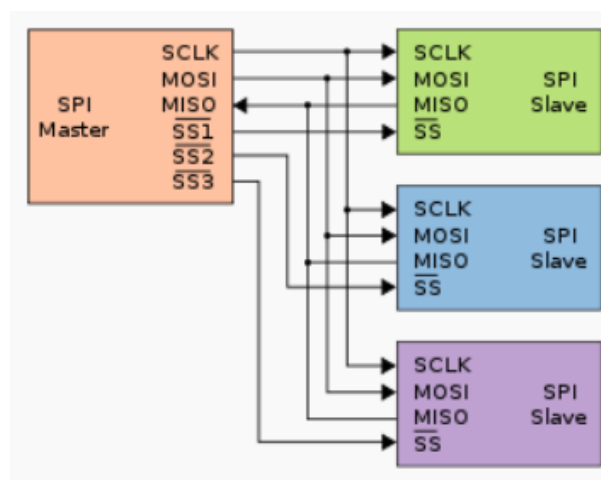


Figura 1.28: Bus SPI: Un maestro y tres esclavos.

d.1. Ventajas.

- Comunicación Full Duplex.
- Mayor velocidad de transmisión que con I²C o SMBus.
- Protocolo flexible en que se puede tener un control absoluto sobre los bits transmitidos o no está limitado a la transferencia de bloques de 8 bits o elección del tamaño de la trama de bits, de su significado y propósito.
- Su implementación en hardware es extremadamente simple o consume menos energía que I²C.
- Usa muchos menos terminales en cada chip/conector que una interfaz paralelo equivalente.

- Como mucho una única señal específica para cada cliente, las demás señales pueden ser compartidas.

d.2. Desventajas.

- Consume más pines de cada chip que I²C, incluso en la variante de 3 hilos.
- El direccionamiento se hace mediante líneas específicas.
- No hay control de flujo por hardware.
- No hay señal de asentimiento.
- El servidor podría estar enviando información sin que estuviese conectado ningún cliente y no se daría cuenta de nada.
- No permite fácilmente tener varios servidores conectados al bus.
- Sólo funciona en las distancias cortas.

e. USB.

[23] El Universal Serial Bus, es un puerto que sirve para conectar periféricos a un ordenador. Fue creado en 1996 por siete empresas: IBM, Intel, Northern Telecom, Compaq, Microsoft, Digital Equipment Corporation y NEC. En la figura 1.29 se muestra el icono del USB.



Figura 1.29: Símbolo USB.

El diseño del USB tenía en mente eliminar la necesidad de adquirir tarjetas separadas para poner en los puertos bus ISA o PCI, y mejorar las capacidades plug-and-play permitiendo a esos dispositivos ser conectados o desconectados

al sistema sin necesidad de reiniciar. Sin embargo, en aplicaciones donde se necesita ancho de banda para grandes transferencias de datos, o si se necesita una latencia baja, los buses PCI o PCIe salen ganando. Igualmente sucede si la aplicación requiere de robustez industrial. A favor del bus USB, cabe decir que cuando se conecta un nuevo dispositivo, el servidor lo enumera y agrega el software necesario para que pueda funcionar (esto dependerá ciertamente del sistema operativo que se esté usando).

Algunos dispositivos requieren una potencia mínima, así que se pueden conectar varios sin necesitar fuentes de alimentación extra. La gran mayoría de los concentradores incluyen fuentes de alimentación que brindan energía a los dispositivos conectados a ellos, pero algunos dispositivos consumen tanta energía que necesitan su propia fuente de alimentación. Los concentradores con fuente de alimentación pueden proporcionarle corriente eléctrica a otros dispositivos sin quitarle corriente al resto de la conexión (dentro de ciertos límites).

e.1. Velocidad de transmisión.

Según la velocidad se clasifican en cuatro tipos:

- Baja velocidad (1.0): Tasa de transferencia de hasta 1,5 Mbps (192 KB/s). Utilizado en su mayor parte por dispositivos de interfaz humana como los teclados, los ratones, las cámaras Web, etc.
- Velocidad completa (1.1): Tasa de transferencia de hasta 12 Mbps (1,5 MB/s). Estos dispositivos dividen el ancho de banda de la conexión USB entre ellos, basados en un algoritmo de impedancias LIFO.
- Alta velocidad (2.0): Tasa de transferencia de hasta 480 Mbps (60 MB/s). Está presente casi en el 99 % de los PC actuales. El cable USB 2.0 dispone de cuatro líneas, un par para datos, una de corriente y una de toma de tierra. Véase la figura 1.30.
- Súper alta velocidad (3.0): Tiene una tasa de transferencia de hasta 4.8 Gbps (600 MB/s). Esta especificación es diez veces más veloz que la anterior 2.0 y se lanzó a mediados de 2009 por Intel.

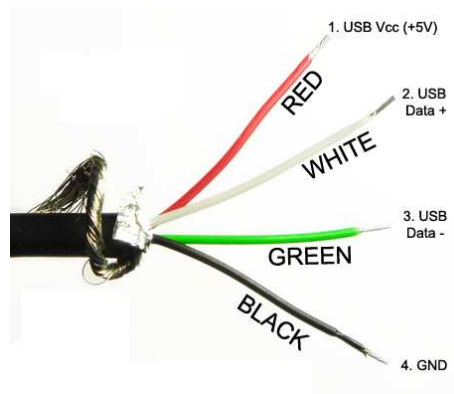


Figura 1.30: Cables internos que forman el cable USB.

e.2. Compatibilidad y conectores.

El estándar USB especifica tolerancias mecánicas relativamente amplias para sus conectores, intentando maximizar la compatibilidad entre los conectores fabricados por la compañía. El estándar USB define tamaños para el área alrededor del conector de un dispositivo para evitar el bloqueo de un puerto adyacente por el dispositivo en cuestión.

Las especificaciones USB 1.0, 1.1 y 2.0 definen dos tipos de conectores para conectar dispositivos al servidor: A y B. Véase la figura 1.31.

Una extensión del USB llamada "USB-On-The-Go" permite a un puerto actuar como servidor o como dispositivo, esto se determina por qué lado del cable está conectado al aparato. Incluso después de que el cable está conectado y las unidades se están comunicando, las 2 unidades pueden cambiar de papel bajo el control de un programa.

	Tipo A		Tipo B	
	Macho	Hembra	Macho	Hembra
USB estándar				
Mini USB 5 pines				
Mini USB 8 pines				
Micro USB				
USB 3.0 estándar				
Micro USB 3.0				

Figura 1.31: Diferentes tipos de conectores USB.

f. Bluetooth.

[24] Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPANs) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz.

Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- Eliminar cables y conectores entre éstos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

Los dispositivos que con mayor frecuencia utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal como: teléfonos móviles, PDA, computadoras portátiles, ordenadores personales, impresoras o cámaras digitales.

Gracias a este protocolo, los dispositivos que lo implementan pueden comunicarse entre ellos cuando se encuentran dentro de su alcance. Las comunicaciones se realizan por radiofrecuencia de forma que los dispositivos no tienen que estar alineados y pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión lo permite.

f.1. Información técnica.

La especificación de Bluetooth define un canal de comunicación de máximo 720 kb/s (1 Mbps de capacidad bruta) con rango óptimo de 10 m. La frecuencia de radio con la que trabaja está en el rango de 2,4 a 2,48 GHz con amplio espectro y saltos de frecuencia con posibilidad de transmitir en Full Duplex con un máximo de 1600 saltos/s. Los saltos de frecuencia se dan entre un total de 79 frecuencias con intervalos de 1Mhz; esto permite dar seguridad y robustez.

El protocolo de banda base combina conmutación de circuitos y paquetes. Para asegurar que los paquetes no lleguen fuera de orden, los slots pueden ser reservados por paquetes síncronos, un salto diferente de señal es usado para cada paquete. Por otro lado, la conmutación de circuitos puede ser asíncrona o síncrona. Tres canales de datos síncronos (voz), o un canal de datos síncrono y uno asíncrono, pueden ser soportados en un solo canal. Cada canal de voz puede soportar una tasa de transferencia de 64 kb/s en cada sentido, la cual es suficientemente adecuada para la transmisión de voz. Un canal asíncrono puede transmitir como mucho 721 kb/s en una dirección y 56 kb/s en la dirección opuesta, sin embargo, para una conexión síncrona es posible soportar 432,6 kb/s en ambas direcciones si el enlace es simétrico.

g. Red Inalámbrica.

[25] El término red inalámbrica (Wireless network) en inglés es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física, ésta se da por medio de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos.

Una de sus principales ventajas es notable en los costos, ya que se elimina todo el cable Ethernet y conexiones físicas entre nodos, pero también tiene una desventaja considerable ya que para este tipo de red se debe de tener una seguridad mucho más exigente y robusta para evitar a los intrusos.

g.1. Tipos.

Según su cobertura, se pueden clasificar en diferentes tipos:

- **Wireless Personal Area Network.** En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en HomeRF, Bluetooth, ZigBee, RFID.
- **Wireless Local Area Network.** En las redes de área local podemos encontrar tecnologías inalámbricas basadas en HiperLAN, un estándar del grupo ETSI, o tecnologías basadas en Wi-Fi, que siguen el estándar IEEE 802.11 con diferentes variantes.
- **Wireless Metropolitan Area Network.** Redes de área metropolitana se encuentran tecnologías basadas en WiMAX, un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. WiMAX es un protocolo parecido a Wi-Fi, pero con más cobertura y ancho de banda. También podemos encontrar otros sistemas de comunicación como LMDS (Local Multipoint Distribution Service).
- **Wireless Wide Area Network.** En estas redes se encuentran tecnologías como UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), utilizada con los teléfonos móviles de tercera generación (3G) y sucesora de la tecnología GSM (para móviles 2G), o también la tecnología digital para móviles GPRS (General Packet Radio Service).

g.2. Aplicaciones.

- Las bandas más importantes con aplicaciones inalámbricas, del rango de frecuencias que abarcan las ondas de radio, son la VLF, LF, MF, HF, VHF, UHF.
- Mediante las microondas terrestres, existen diferentes aplicaciones basadas en protocolos como Bluetooth o ZigBee para interconectar ordenadores portátiles, PDAs, teléfonos u otros aparatos. También se utilizan las microondas para comunicaciones con radares (detección de velocidad u otras características de objetos remotos) y para la televisión digital terrestre.
- Las microondas por satélite se usan para la difusión de televisión por satélite, transmisión telefónica a larga distancia y en redes privadas, por ejemplo.

- Los infrarrojos tienen aplicaciones como la comunicación a corta distancia de los ordenadores con sus periféricos. También se utilizan para mandos a distancia, ya que así no interfieren con otras señales electromagnéticas, por ejemplo la señal de televisión. Uno de los estándares más usados en estas comunicaciones es el IrDA (Infrared Data Association).

CAPÍTULO 2

DISEÑO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO

2.1. ESTRUCTURA DEL ROBOT.

La estructura del robot está formada por dos partes: base y soporte. El material elegido para la construcción de la base fue tol, el cual es muy maleable para lograr la forma deseada, el soporte fue construido de hierro, realizando diferentes cortes y soldando se obtuvo la estructura deseada, estos materiales son baratos y fáciles de conseguir. En la figura 2.1 se muestra el diseño de la base y en la figura 2.2 el diseño del soporte.

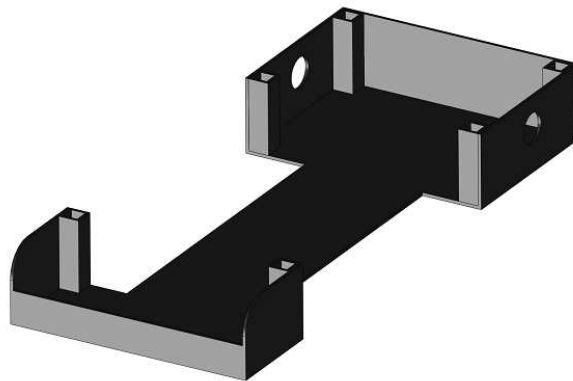


Figura 2.1: Diseño de la base.



Figura 2.2: Diseño del soporte.

La plataforma que se escogió para el robot fue diferencial, la que consiste en dos ruedas traseras que van a brindar la tracción del robot para su movilización y dos ruedas delanteras que son para estabilizarlo. En la figura se muestra ensamblado la base y soporte.



Figura 2.3: Estructura del robot

Las dimensiones del robot son 66x39x73cm, en la base del robot se encuentra: motores, la tarjeta controladora de los motores, la tarjeta de adquisición de datos y la batería, como se muestra en la figura 2.4. En el soporte se encuentra la notebook, el GPS, la brújula y la bandeja para los documentos o paquetes, los sensores ultrasónicos están distribuidos en la estructura del robot. Véase la figura 2.5.

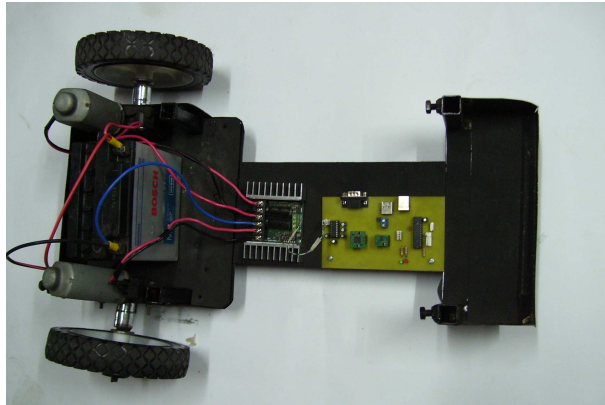


Figura 2.4: Base del robot



Figura 2.5: Soporte del robot.

En las figuras 2.6, 2.7 y 2.8 se muestra el robot con todos sus elementos implementados.



Figura 2.6: Vista lateral del robot.



Figura 2.7: Vista frontal lateral del robot.



Figura 2.8: Vista superior lateral del robot.

En la figura 2.9 se muestra el conector para cargar la batería del robot.

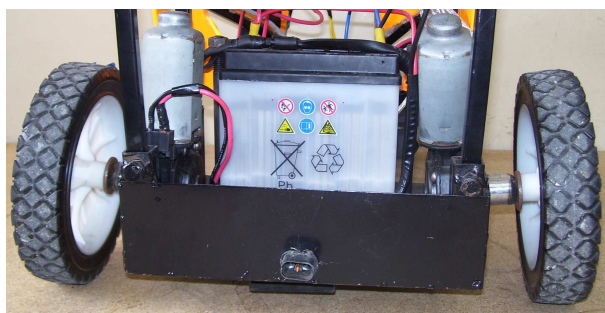


Figura 2.9: Conector para la carga de la batería.

2.2. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS.

2.2.1. PIC18F2550.

El PIC18F2455 de Microchip es ideal por su bajo consumo al tener tecnología nanoWatt, además de las aplicaciones de conectividad que son viables a través de 3 puertos seriales: FS-USB, I²C™ and SPI™ y una asíncrona (LIN capable) puerto serial (EUSART). Es ideal para el control y monitoreo de aplicaciones que requieren una conexión periódica con un computador vía USB.

a. Características.

- Interfaz USB 2.0 de alta velocidad 12Mbit/s.
- Periférico de comunicación digital: 1-A/E/USART, 1-MSSP(SPI/I2C)
- Tipo de memoria: Flash, Memoria de programa: 32 Kb.
- Memoria Ram: 2048 bytes, EEPROM: 256 bytes.
- CPU Speed (MIPS): 12.
- Resistencias internas Pull Up(D+/D-).
- Funcionamiento a 48 MHz.
- Voltaje de operación: 2 a 5.5 V.
- ADC: 10 canales de 10 bits.
- 28 pines.

2.2.2. Holux M-1200 Bluetooth GPS.

Es un receptor de señal satelital GPS con interfaz de comunicación Bluetooth y USB. El mismo ofrece la mejor exactitud y la mejor señal de recepción GPS. El Holux M-1200 es un receptor de 32 canales con alta sensibilidad de -159 dBm más portátil del mundo. Es la nueva generación de receptores GPS basada en el nuevo MTK chipset, el cual ofrece la mejor precisión y la más alta sensibilidad

y cuenta con un sistema excepcional de ahorro de energía. En la figura 2.10 se muestra el GPS.



Figura 2.10: Holux M-1200.

a. Características.

- Construido con el chip GPS MTK MT3318 de bajo consumo.
- Rastreo de 32 satélites en paralelo para una rápida adquisición y readquisición.
- Sensibilidad hasta -159 dBm.
- Incorporado demodulador WSS/EGNOS sin ningún hardware adicional.
- Compatible con Bluetooth Serial Port Profile (SPP).
- De bajo consumo.
- Incorporado con una batería recargable de Litio.
- Soporta NMEA0183 V 3.01.
- 3 colores de Led indican el estado del dispositivo.

2.2.3. Módulo de acelerómetro MMA7455.

Este módulo es fabricado por Parallax, este acelerómetro es de baja potencia capaz de medir aceleraciones en los 3 ejes X, Y y Z. Contiene internamente un conversor análogo digital, un filtro pasa bajo y las gamas de sensibilidad

seleccionables de $\pm 2g$, $\pm 4g$, o $\pm 8g$.

La flexibilidad y la compatibilidad son diseñadas en este módulo. Contiene un regulador de voltaje y los cambios de nivel de voltaje de entrada y salida hacen prácticamente que este módulo sea fácil de conectar a cualquier microcontrolador. Esto funciona sobre una amplia gama de voltajes de suministro de 2.5 VDC a 5.5 VDC y comunica vía SPI o I2C. En la figura 2.11 se muestra el acelerómetro.

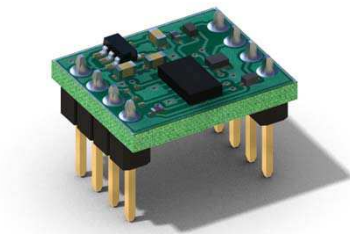


Figura 2.11: MMA7455.

a. Características.

- Amplia gama de voltaje de entrada.
- Salida digital (SPI/I2C).
- Sensibilidad seleccionable: Modo de 8 bit ($\pm 2g$ / $\pm 4g$ / $\pm 8g$) o modo de 10 bit ($\pm 8g$).
- Interrupciones configurables por el usuario (INT1/INT2).
- El usuario setea el registra para la calibración de cada eje.
- Operación con baja corriente.
- Compacto, DIP de 8 pines.

b. Especificaciones técnicas.

- Requerimientos de energía: 2.5 – 5.5 VDC; 26 μA .

- Comunicación: SPI o I2C.
- Dimensiones: 0.5 x 0.6 x 0.46 in (12.7 x 15.2 x 11.7 mm).
- Temperatura de operación: -40 a +185 °F (-40 a +85 °C).

c. Interfaz de comunicación.

El MMA7455L tiene dos comunicaciones digitales de salida I2C y SPI. El pin CS es usado para seleccionar el modo comunicación. Cuando CS esta en bajo, la comunicación SPI esta seleccionada. Cuan el pin CS esta en alto la comunicación I2C esta seleccionada.

c.1. Comunicación I2C.

El MMA7455L solo opera como esclavo cuando la dirección del dispositivo es \$1D, soporta además múltiples modos de escritura y lectura. El maestro es generalmente un microcontrolador, el cual brinda la señal de reloj y direcciona los dispositivos esclavos en el bus.

2.2.4. Módulo de brújula Honeywell HMC6352.

La brújula HMC6352 es fabricado por Parallax, está completamente integrada y combina los 2 ejes de sensores magneto resistivos con los requerimientos analógicos, digitales, microprocesador y algoritmos necesarios para el cálculo de la dirección.

El HMC6352 brinda directamente la dirección del ángulo e internamente está incluido un algoritmo de calibración con el firmware. Está construido para compensar la temperatura y auto calibración, además de protección en contra de campos magnéticos.

a. Características.

- Trabajan en rangos de voltaje (2.7–5.0 VDC).
- Salida Digital (I2C).

- Calibración integrada para un error promedio de 2.5°.
- Cálculo interno de la dirección.
- Protección contra campos magnéticos extraños.
- Consumo de baja corriente.
- Compacta, DIP de 6 pines.

b. Especificaciones técnicas.

- Requerimientos de energía: 2.7–5.0 VDC; < 10 mA.
- Comunicación: I2C; 100 kbps max.
- Temperatura de operación: -4 a +158 °F (-20 a +70 °C).
- Dimensiones: 11.7 mm x 14.7 mm x 13.7 mm.

c. Orientación.

El ángulo de orientación va a ser 0° cuando la brújula sea orientada hacia el norte como se muestra en la figura 2.12.

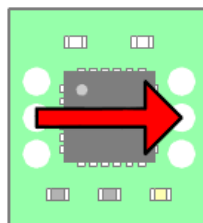


Figura 2.12: Orientación de la brújula.

d. Comunicación digital I2C.

La comunicación del HMC6352 es por medio del bus I2C como un dispositivo esclavo. El formato del bus es de 8 bits para el envío de datos y dirección, 1 bit acknowledge. La dirección por default del HMC6352 es 42(hex) para el modo de escritura o 43(hex) para el modo de lectura. Los pines SCL y SDA

no tienen resistencias internas Pull-up y requieren resistencias externas entre el dispositivo maestro, generalmente un microcontrolador, y el HMC6352. Se recomienda usar resistencias Pull-up de 10k ohms con un voltaje nominal de 3V.

2.2.5. Módulo de giroscopio LISY300.

Este módulo es desarrollado por Parallax, cuyo arreglo incluye, además del giroscopio, un convertidor A/D con salida serial de datos para comunicarse con el microprocesador, entradas para habilitar/deshabilitar el sensor, señal de reloj, calibración.

Es un dispositivo capaz de detectar inclinaciones respecto a un eje, entregando un voltaje analógico proporcional al ángulo de rotación. Actualmente existe variedad de sensores compactos y de bajo consumo. En la figura 2.13 se muestra el giroscopio.



Figura 2.13: LISY300.

a. Características.

- $\pm 300^\circ/\text{s}$ escala.
- Interfaz de comunicación SPI.
- Pequeño DIP.
- Compatible con la mayoría de microcontroladores.

2.2.6. LV-MaxSonar.

Se ha seleccionado sensores ultrasónicos LV-MaxSonar, véase la figura 2.14, fabricados por MaxBotix, funcionan con 2.5V - 5.5V, por lo que los usuarios de microcontroladores de bajo voltaje no necesitan una fuente de alimentación adicional, este sensor no tiene zona muerta la mayoría de este tipo de sensores posee una de 6 pulgadas. El LV-MaxSonar brinda un amplio rango de detección y alcance detecta objetos desde 0-inches a 254-inches (6.45 metros). Los LV-MaxSonar se calibran automáticamente, después del encendido, y antes de tomar la primera lectura. Los formatos de interfaz de salida incluyen salida por ancho de pulso, salida de voltaje analógico, y salida digital serial asíncrona. Todas las interfaces trabajan sin código de usuario o cadenas de configuración complicadas. En la figura 2.15 se muestran los pines de conexión.

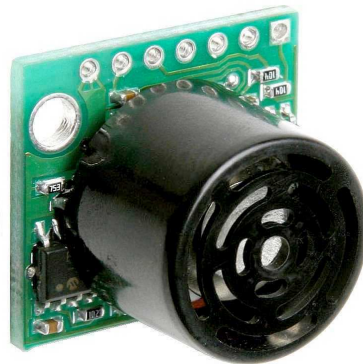


Figura 2.14: LV-MaxSonar.



Figura 2.15: Pines de conexión LV-MaxSonar.

a. Características.

- 2.5V a 5.5V con 2mA.
- Lecturas ocurren hasta cada 50mS.
- Todas las interfaces están activadas simultáneamente.
- Serial, 0 a $V_{cc} \cdot 9600\text{Baud}$, 81N.
- Analógica, $(V_{cc}/512)$ / inch.
- Ancho de pulso, $(147\mu\text{S}/\text{inch})$.
- Operación del sensor a 42KHz.

2.2.7. Sabertooth 2x25.

Esta tarjeta de control es fabricada por Dimension Engineering, es una de las tarjetas de control de dos motores más eficientes, versátiles y baratas en el mercado, esta es apropiada para robots de hasta 100lbs en combate o 300lb para robots de propósito general. Por cada canal puede entregar hasta 25A y una corriente pico de 50A por pocos segundos. La foto de la tarjeta se encuentra en la figura 2.16.

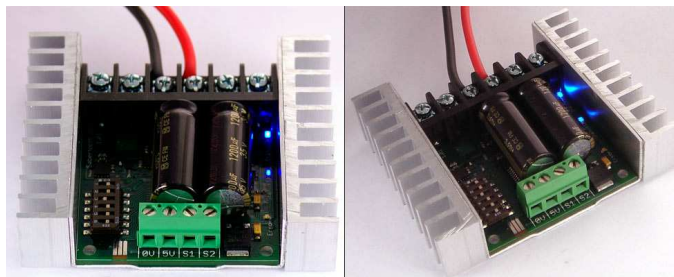


Figura 2.16: Sabertooth 2x25.

Posee protección térmica y de corriente lo que protege el driver al usar un motor demasiado grande. La sabertooth posee el control para los dos motores con: voltaje analógico, radio control y serial.

El modo de operación es seteable con DIP switches que se encuentran encima. Además de poseer un sistema sincrónico regenerativo, el cual permite que

las baterías se recarguen cuando se ordene al robot detenerse o dar reversa, también permite rápidas frenadas y reversas, brindando al robot un control más rápido.

a. Características.

- 25A continuos, 50A pico por canal.
- 6-24V nominal, 30V máximo.
- Control regenerativo sincrónico.
- Protección térmica y de corriente.
- Modo de protección de Litio.
- Modos de entrada: Analógico, R/C, serial.
- Tamaño: 2.6" x 3.2" x .8". 65 x 80 x 20 mm.

2.3. ACOPLAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.

El PIC18F2550 va a ser el encargado de recoger los datos enviados por los sensores ultrasónicos, brújula, giroscopio y acelerómetro, para enviarlos a la notebook cumpliendo la función de una tarjeta de adquisición de datos. El GPS se va a comunicar directamente con la notebook utilizando su interfaz de comunicación que es el Bluetooth. Para enviar los comandos de control desde la notebook hacia la tarjeta controladora se va a utilizar un cable conversor de USB a RS232. En la figura 2.17 se muestra el diagrama de bloques de los elementos constitutivos del autómeta.

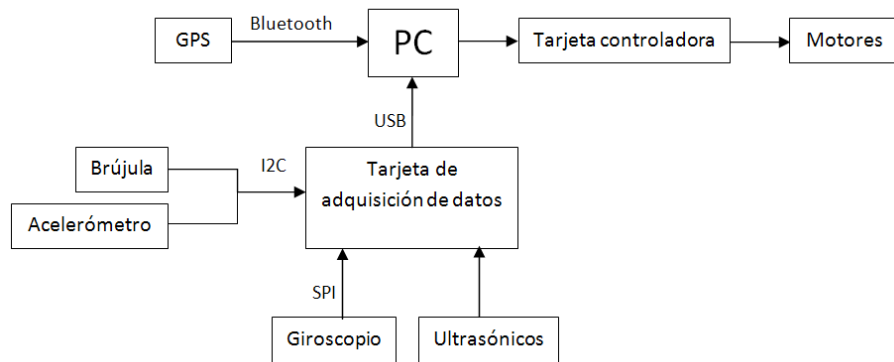


Figura 2.17: Diagrama de bloques de la tarjeta de adquisición de datos.

2.3.1. Suministro de energía.

La tarjeta de adquisición y los diferentes sensores van a estar alimentados por el puerto USB de la notebook como se muestra en la figura 2.18, este puerto suministra 5V y hasta 500 mA, lo que es necesario para el correcto funcionamiento de los diferentes dispositivos electrónicos, de esta manera evitamos la construcción de una fuente extra ahorrando recursos.

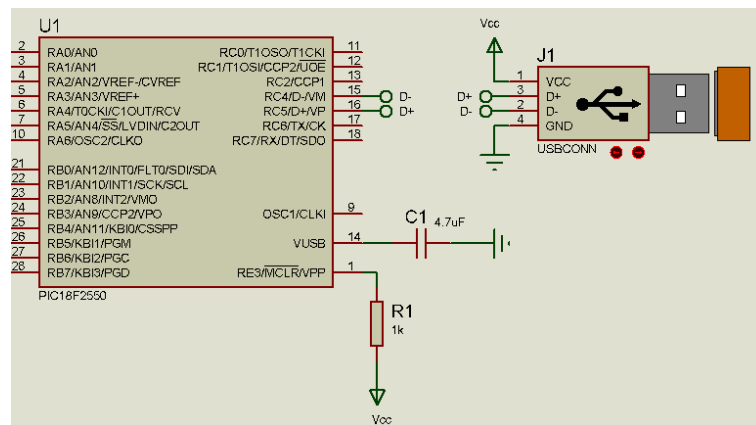


Figura 2.18: Conexión del PIC con el USB.

Los motores del robot y la tarjeta de control de los mismos van a funcionar con una batería de 12V y 9Ah como se ve en la figura 2.19.



Figura 2.19: Conexión de la batería con la tarjeta de control y los motores.

2.3.2. Adquisición de datos desde los sensores.

Al disponer los LV-MaxSonar de una salida analógica vamos hacer uso de esta, por lo que habilitamos los conversores analógicos digitales del PIC para la adquisición de cada uno de los sensores ultrasónicos. Vamos a utilizar los canales desde el 0 hasta el 4, ya que solo se van a utilizar 5 sensores ultrasónicos como se muestra en la figura 2.20.

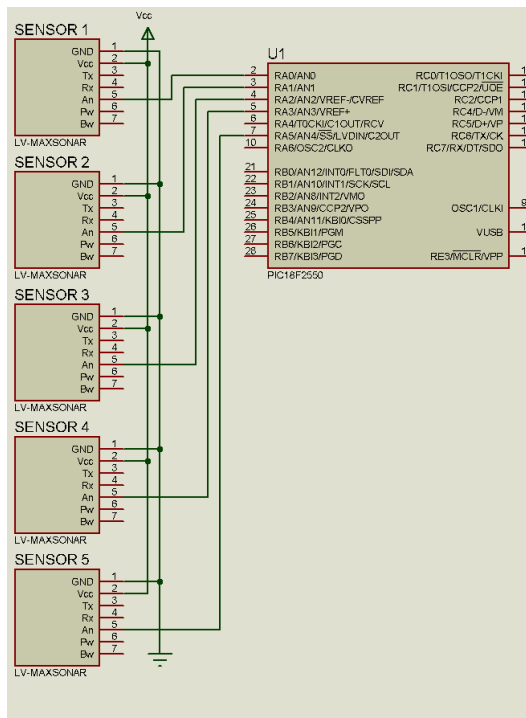


Figura 2.20: Conexión de los sensores ultrasónicos con el PIC.

Para adquirir los datos de la brújula y el acelerómetro vamos a utilizar el bus I2C, debido a que los dos módulos disponen de esta interfaz de comunicación como se muestra en la figura 2.21. Como hemos ya visto este bus es maestro esclavo, el PIC va a ser el maestro y los dos módulos serán los esclavos, como cada uno de estos dispositivos cuenta con direcciones diferentes, así no es necesario hacer ninguna modificación de las direcciones que viene de fábrica. En la figura 2.22 se muestra la conexión del giroscopio utilizando la comunicación SPI.

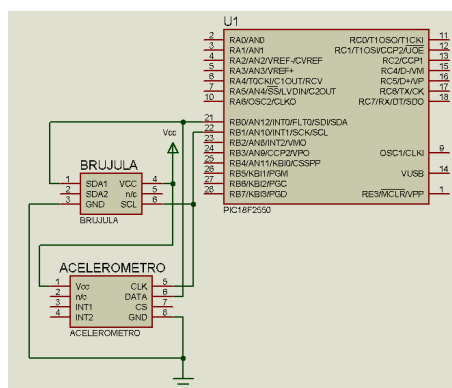


Figura 2.21: Conexión de la brújula y acelerómetro con el PIC.

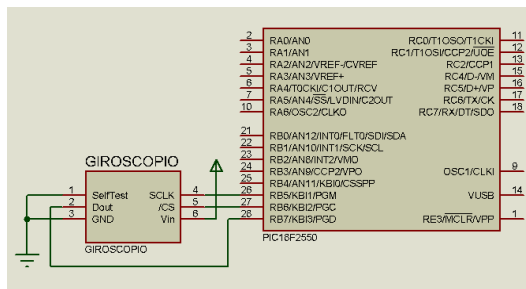


Figura 2.22: Conexión del giroscopio con el PIC.

En la figura 2.23 se observa el diagrama de conexión del PIC con los sensores y la conexión USB.

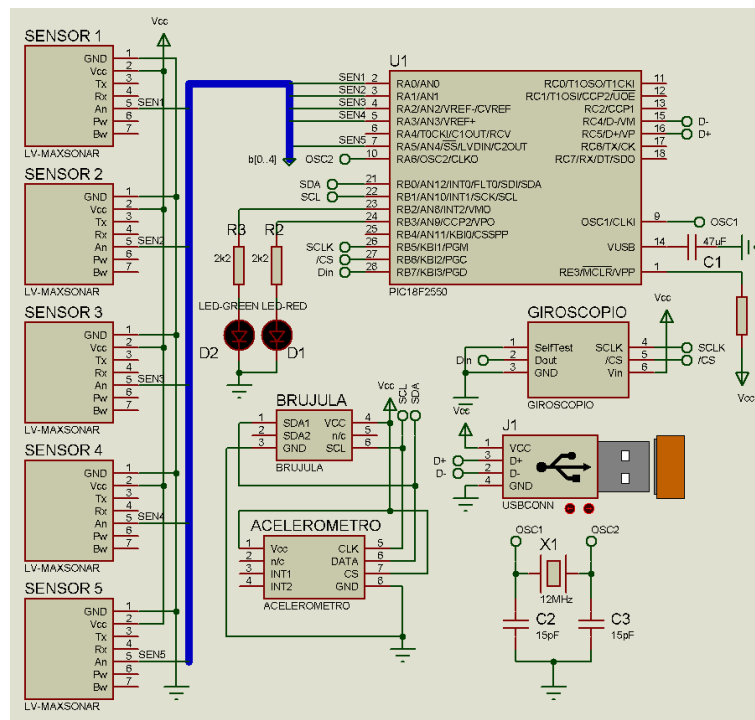


Figura 2.23: Diagrama de la tarjeta de adquisición de datos de los sensores

2.3.3. Transferencia de datos.

La tarjeta de adquisición de datos se va a conectar a la PC por el puerto USB, este tipo de comunicación PIC-PC por medio USB cumple todas las características en la capa física, pero en la capa de enlace es una comunicación RS-232, por lo que se crea un puerto COM virtual.

Debido a que la notebook no tiene incorporado una tarjeta interna para Bluetooth se va a utilizar una externa la cual se conecta a un puerto USB de la misma, de igual manera para la transferencia de datos se crea un puerto COM virtual. El Bluetooth externo que se va a utilizar es CNet, como se muestra en la figura 2.24.



Figura 2.24: Tarjeta externa de Bluetooth CNet.

Al utilizar el conversor USB a RS-232, como se ve en la figura 2.25, se va a crear de igual manera otro puerto COM virtual, de esta manera vamos a tener 3 puertos COM virtuales para el manejo de información entre los diferentes dispositivos electrónicos que va a tener el robot para su funcionamiento.



Figura 2.25: Cable conversor de USB a RS232.

Para la comunicación entre la PC y la tarjeta de control de los motores, se utilizó el MAX232. En la figura 2.26 se muestra el diagrama de conexión.

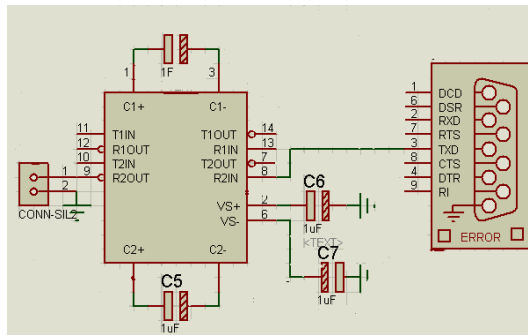


Figura 2.26: Conexión del MAX232 con el conversor USB a RS-232.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

3.1. PROGRAMACIÓN DEL PIC18F2550.

El programa del PIC18F2550 se desarrolló con el software CCS C Compiler, se basa en una programación en C, al compilar genera un código máquina compacto y eficiente, se integra con MPLAB y otros simuladores/emuladores como PROTEUS, incluye una biblioteca de funciones precompiladas para el acceso al hardware de los dispositivos de entrada/salida, conversor A/D, bus I2C, transmisión RS-232, etc. Incorpora drivers para dispositivos externos como: pantallas LCD, teclados numéricos, memorias EEPROM, convertidores A/D, relojes en tiempo real, etc.

El lenguaje C estándar es independiente de cualquier plataforma, sin embargo, para la programación de microcontroladores es necesario disponer de comandos que se refieran a partes específicas de su hardware. Por este motivo, el compilador PCW incluye bibliotecas que incorporan determinados comandos que no son estándar, sino específicos para la familia de microcontroladores PIC, básicamente son dos: directivas del preprocesador y funciones pre-compiladas. La programación con este software es muy sencilla, ya que viene con funciones pre-programadas que facilitan el manejo de un microcontrolador.

Este programa posee librerías que permiten la comunicación PIC-PC, por medio del USB utilizando el PIC18F2550.

Las librerías que nos suministra este programa son:

- *pic_usb.h*: Drivers de la capa hardware de la familia PIC16C765.

- ***pic_18usb.h***: Drivers de la capa hardware de la familia PIC18F4550.
- ***usbn960x.h***: Drivers de la capa hardware para el dispositivo externo USBN9603/USBN9604.
- ***usb.h***: Definiciones y prototipos utilizados en el driver USB.
- ***usb.c***: El USB stack, el cual maneja las interrupciones USB y USB Setup Requests en Endpoint 0.
- ***usb_cdc.h***: Driver que permite utilizar un dispositivo CDC USB, el cual emula un dispositivo RS232 que muestra como un COM en Windows.

Las funciones más importantes que posee este software son:

- ***usb_init()***: Inicializa el hardware USB, espera hasta que el periférico USB se conecte a la PC. Habilita y utiliza las interrupciones USB.
- ***usb_task()***: Al utilizar una conexión para la inicialización, entonces se debe llamar periódicamente a esta función para controlar el pin de detección de la conexión.
- ***usb_enumerated***: Cuando el dispositivo es enumerado por la PC devuelve un TRUE, en este momento se puede enviar y recibir paquetes.

3.1.1. Diagrama de flujo.

En la figura 3.1 se muestra el diagrama de flujo que se implementó en el PIC18F2550, para la adquisición de datos de los sensores utilizados y el envío de esta información a la PC por medio del USB.

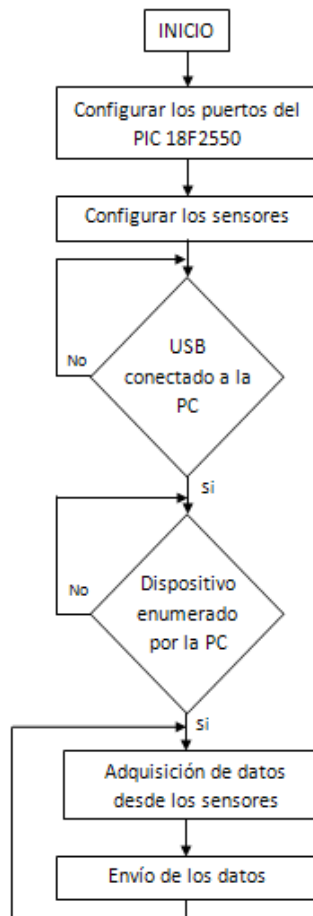


Figura 3.1: Diagrama de flujo implementado en el PIC18F2550 para la adquisición y envío de datos de los sensores.

3.2. PROGRAMA DE CONTROL EN LA PC.

El programa que se ejecuta en la PC fue desarrollado en LabVIEW, es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño, la programación es por medio del lenguaje G. Una de sus características relevantes es su facilidad de uso, dedicada para programadores profesionales y personas con conocimientos básicos de programación. Con LabVIEW se pueden crear programas que contengan miles de VIs que serían equivalentes a millones de páginas de código texto para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, proyectos para combinar nuevos VIs con VIs ya creados, etc.

3.2.1. Diagrama de flujo del programa de la PC.

En la figura 3.2 se muestra el diagrama de flujo implementado en la PC, para el control del robot.

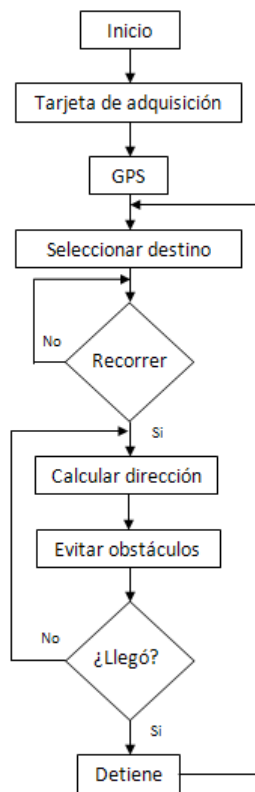


Figura 3.2: Diagrama de flujo implementado en la PC para el control del robot.

En la figura 3.3 se muestra el diagrama de flujo utilizado para separar los datos de los sensores provenientes de la tarjeta de adquisición.

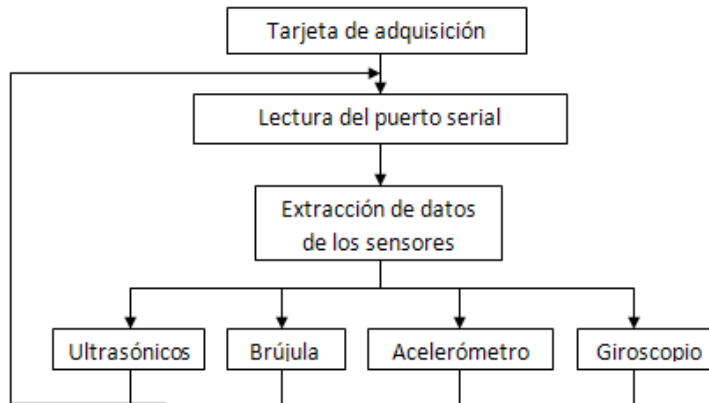


Figura 3.3: Diagrama de flujo de la Tarjeta de Adquisición implementado en el programa de la PC.

En la figura 3.4 se muestra el diagrama de flujo utilizado para separar los datos de: longitud, latitud y velocidad provenientes del GPS.

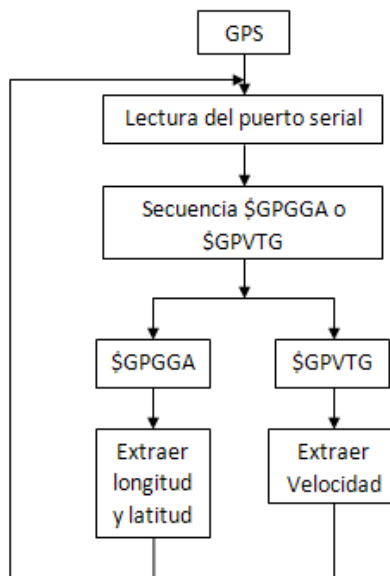


Figura 3.4: Diagrama de flujo de GPS implementado en el programa de la PC.

3.2.2. Visualización del programa implementado en la PC.

A continuación se muestran los diferentes paneles que forman el programa de control del robot que se implementó en la PC.

En la figura 3.5 se muestra el panel principal del programa donde se selecciona el destino, además nos indica las coordenadas que se encuentra el robot, velocidad, dirección del robot, los puertos COM que se están utilizando y un led cuando ha llegado al destino.

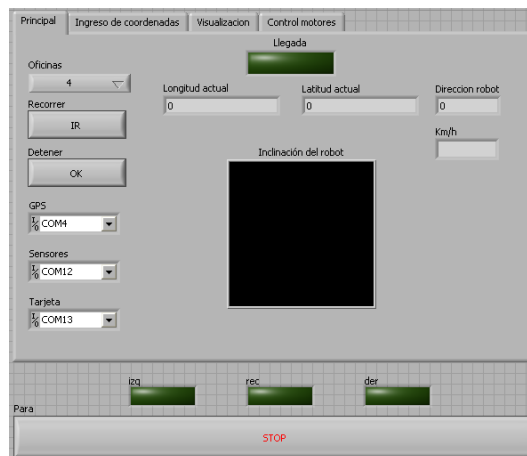


Figura 3.5: Panel principal.

En la figura 3.6 se muestra el panel para el ingreso de coordenadas.

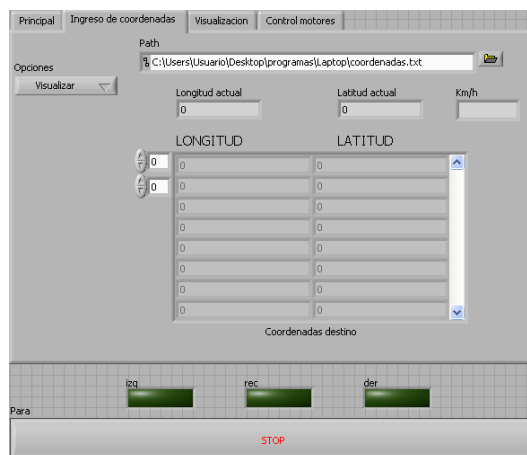


Figura 3.6: Panel para ingresar las coordenadas de los destinos.

En la figura 3.7 se muestra el panel de visualización de los diferentes destinos que se ingresaron previamente.

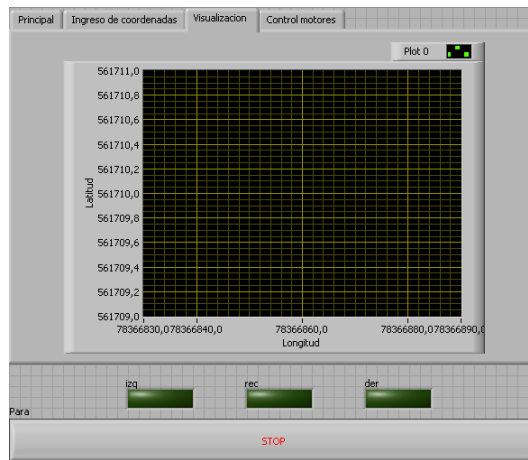


Figura 3.7: Panel de visualización de las coordenadas de los destinos.

En la figura 3.8 se muestra el panel para verificar si los motores están funcionando correctamente.

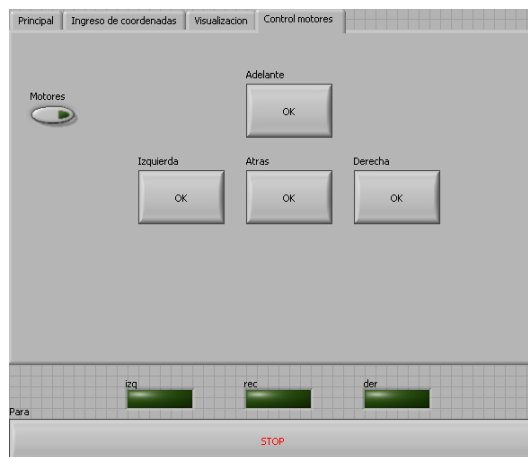


Figura 3.8: Panel para verificar el funcionamiento de los motores.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas son muy importantes para conocer el funcionamiento de los algoritmos implementados y de las diferentes partes del robot. También nos ayuda a conocer los errores que se producen durante el funcionamiento y realizar las respectivas correcciones.

4.1. PRUEBAS DEL ALGORITMO DE NAVEGACIÓN.

Para esta prueba se tomó las coordenadas de un punto fijo y se ingresaban posibles destinos para poder conocer la dirección a la cuál debía movilizarse el robot.

En la tabla 4.1, se muestra las diferentes coordenadas ingresadas con el respectivo ángulo calculado por el algoritmo.

Tabla 4.1: Coordenadas de los destinos con su respectiva dirección.

Puntos	Longitud	Latitud	Dirección (grados)
Base	78401200	500430	
1	78401200	500430	0
2	78401204	500515	177
3	78401300	500554	141
4	78401216	500651	176
5	78401100	500515	230
6	78401300	500430	90

4.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Las pruebas de funcionamiento se realizaron en la plaza Rocafuerte, se tomaron 2 puntos a los cuáles el robot debía dirigirse, los puntos de destino se encuentran

en la tabla 4.2, los resultados de los diferentes recorridos y sus errores se encuentran en las tablas 4.3 y 4.4.

Tabla 4.2: Coordenadas de destino.

Punto	Latitud	Longitud
1	78401204	500424
2	78401214	500505

Tabla 4.3: Recorrido del punto 1 al 2.

Recorrido del punto 1 al 2		
Viaje	Tiempo	Error (m)
1	1'09"	2,20
2	46"	1,85
3	44"	1,58
4	1'18"	1,67
5	54"	0,70
Promedio	58"	1,6

Tabla 4.4: Recorrido del punto 2 al 1.

Recorrido del punto 2 al 1		
Viaje	Tiempo	Error (m)
1	45"	0,80
2	1'	1,46
3	1'15"	1,42
4	1'10"	0,86
5	1'15"	1,45
Promedio	1'05"	1,19

4.3. PRUEBAS DE LOS SENSORES ULTRASÓNICOS.

La prueba para evitar posibles obstáculos que se encuentren en el camino es indispensable para que el robot alcance su destino. En la tabla 4.5 se muestra el resultado de la primera parte del funcionamiento del algoritmo implementado para evitar obstáculos. En esta prueba se probó el funcionamiento de los sensores ultrasónicos. En la figura 4.1 se muestra la ubicación de los sensores ultrasónicos en la estructura del robot.

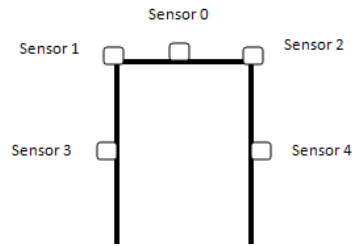


Figura 4.1: Ubicación de los sensores ultrasónicos.

Tabla 4.5: Resultado de los sensores ultrasónicos y las acciones realizadas.

Sensores			Acción	Simbología	
0	1	2		x	detecta
x	x	o	Giro derecha	o	no detecta
o	x	x	Giro izquierda		

En la tabla 4.6 se muestra el funcionamiento de la segunda parte del algoritmo.

Tabla 4.6: Resultado de las pruebas con los sensores ultrasónicos y las acciones realizadas.

Pre-acción	Sensores		Acción
Giro derecha	3	x	Adelante
		o	Regresa a ruta
Giro izquierda	4	x	Adelante
		o	Regresa a ruta

Las pruebas realizadas nos garantizaron el correcto funcionamiento del robot. Tanto la programación implementada en la PC, para el recorrido hacia los diferentes destinos como para evitar obstáculos, fueron positivas. Debido al tipo de batería utilizado se realizaron las pruebas aproximadamente durante 1 hora y media, después de este tiempo la velocidad del robot disminuyó de manera considerable.

4.4. ADQUISICIÓN DE COORDENADAS GPS.

En las figuras 4.2 y 4.3 se muestran el comportamiento y variación de la posición geográfica respecto al tiempo.

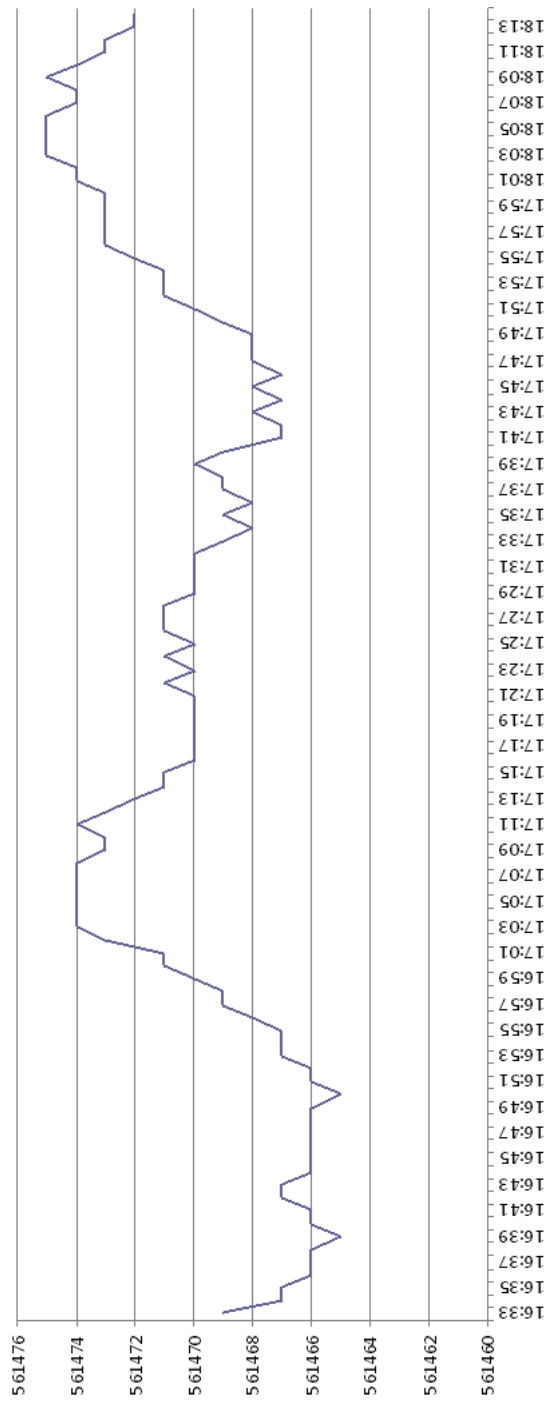


Figure 4.2: Variación coordenada geográfica de la latitud.

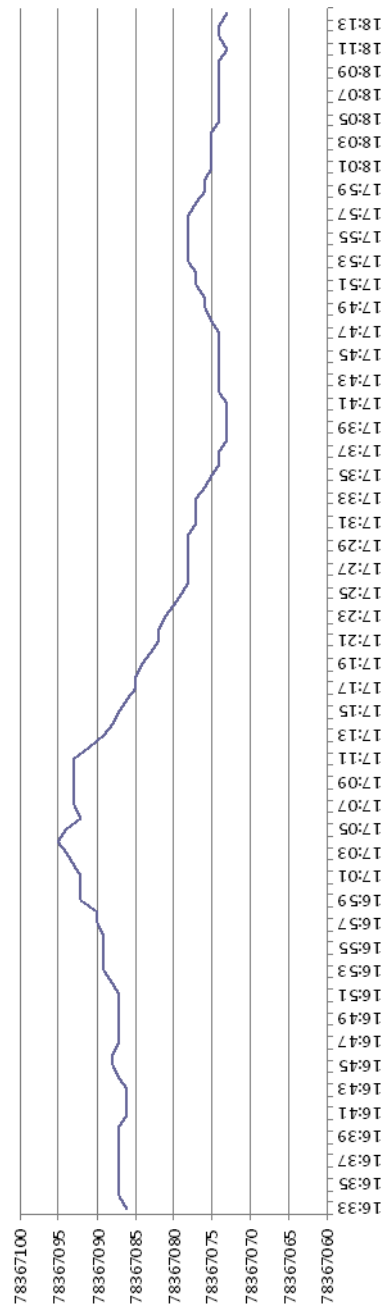


Figure 4.3: Variación coordenada geográfica de la longitud.

Estos cambios de valores se dan debido a las características del receptor GPS, como son su precisión, cuantos satélites están siendo rastreados al momento de la medición y a características propias del medio en donde se realiza la medición por ejemplo: atenuación de la señal proveniente de los satélites, reflexión de la señal en edificios, montañas, entre otros. Esta información se la utilizó para realizar la corrección de la posición.

CAPÍTULO 5

PRESUPUESTO DEL ROBOT

5.1. PRESUPUESTO DEL AUTÓMATA MÓVIL.

Los gastos totales del robot incluyen la estructura y la parte electrónica. En las tablas 5.1 y 5.2, se detallan los costos de cada dispositivo y el costo total.

Cuadro 5.1: Presupuesto de elementos electrónicos.

Cantidad	Descripción	Valor U.	Valor total
1	Netbook Toshiba	400	400
1	Cable USB	4	4
1	Convertor USB a RS-232	12	12
1	Pic 18F2550	12	12
2	Led mini	0,08	0,16
2	Resistencias	0,05	0,1
4	Socalos	0,4	1,6
2	Conectores USB (A y B)	0,5	1
1	Conector DB9 Hembra	0,6	0,6
1	Placa	1	1
1	Brújula	50	50
1	Giroscopio	50	50
1	Acelerómetro	50	50
1	GPS Holux M-1200	150	150
5	Sensores ultrasónicos	45	225
1	Tarjeta bluetooth	15	15
2	Llantas y acoples	15	30
2	Motores de DC	30	60
2	Cable UTP (m)	0,5	1
1	Varios	20	20
Total			1083,46

Cuadro 5.2: Presupuesto de la estructura.

Cantidad	Descripción	Valor U.	Valor total
6	Barilla de hierro de 1/2	1	6
1	Plancha de tol 3x3	10	10
3	Pintura en Spray	5	15
100	Tornillos y tuercas diferentes tamaños	0,1	10
Total			41

En la tabla 5.3 se muestra el presupuesto total del robot.

Cuadro 5.3: Presupuesto total del robot.

Descripción	Valor T
Parte electrónica	1083,46
Estructura	41
Total	1124,46

El precio total del robot ya implementado y funcionando es de 1124 dólares. En este valor no se toma en cuenta la mano de obra. Existen plataformas que cumplirían las mismas funciones pero a valores superiores de los 2000 dólares.

5.2. ALCANCES Y LIMITACIONES.

5.2.1. Alcance.

El proyecto que se desarrolló es capaz de alcanzar los destinos deseados previamente ingresando las coordenadas geográficas de los mismos, además de evitar obstáculos fijos que se presenten en el trayecto, por la plataforma que se implementó puede llevar sin problema documentos y paquetes. Además se puede utilizar como una plataforma educativa para probar algoritmos de control y navegación.

5.2.2. Limitaciones.

El robot no es capaz de movilizarse por terrenos irregulares y que no existan pendientes superiores a 30 grados de inclinación. Por la plataforma y configuración que se implementó, el robot puede funcionar correctamente

en lugares donde no existan edificaciones elevadas debido a que la señal proveniente de los satélites GPS se atenúa y los errores descritos previamente son más grandes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

- Se construyó un autómata móvil capaz de transportar documentos y paquetes hasta 500 gramos y guiar a las personas hacia los diferentes locales del proyecto del centro comercial Juan Montalvo.
- Se construyó una estructura que satisface las necesidades del prototipo de autómata móvil.
- Se implementó un algoritmo de navegación usando los datos entregados por el GPS y la brújula electrónica para dirigirse hacia los diferentes destinos.
- Se implementó un algoritmo capaz de evitar obstáculos de preferencia fijos utilizando los datos de los sensores ultrasónicos.
- El sistema GPS puede ser utilizado para cualquier aplicación que se requiera conocer la ubicación geográfica de una persona u objeto en ese instante de tiempo, con la implementación de un sistema se puede conocer su ubicación a determinada hora del día.
- El sistema GPS al trabajar en tiempo real durante todo el día se puede implementar en cualquier vehículo móvil para encontrar una ubicación geográfica dotándole de autonomía.
- Conociendo el código NMEA se determinó las coordenadas geográficas que se encontraba el robot, además de la velocidad a la cual se movilizaba hasta llegar a su destino.

- La correcta ubicación y posición de la brújula electrónica en el robot, mejora la movilidad y desempeño del robot para poder llegar al destino seleccionado, así este sensor es indispensable para el funcionamiento del autómata.
- Las diferentes interfaces de comunicación del PIC18F2550 facilitaron la implementación de los sensores utilizados, así también minimizó el uso de otros dispositivos electrónicos para poder comunicar las etapas del sistema.
- La velocidad de giro del robot está limitada por el tiempo que se demora en llegar los datos de la dirección del robot desde la brújula hasta la ejecución del programa en la PC.
- La ubicación de los sensores facilita la determinación y la acción requerida para poder evitar los obstáculos que se presenten en el trayecto.
- La característica del paralelismo de LabVIEW, facilitó la adquisición de los datos del GPS como de los sensores, para poder realizar el programa de control del robot.
- Mientras más satélites este sensando el receptor GPS el error de las coordenadas geográficas tanto del lugar de destino como de inicio es menor.
- Se realizó una investigación bibliográfica sobre GPS, brújula electrónica, giroscopio electrónico, sensores ultrasónicos, sistemas embebidos, comunicación inalámbrica y se determinó que todos estos elementos son ampliamente utilizados en la robótica.
- Para la comunicación entre el autómata y la estación central se determinó que la manera más eficiente es utilizando un acces point.

RECOMENDACIONES.

- Para realizar un mejor manejo y detección de obstáculos se puede aumentar el número de sensores ultrasónicos o incorporar una cámara digital y por medio de procesamiento de imágenes se obtendría mejores resultados.
- Se recomienda tener mucho cuidado con el manejo de la batería, porque tiene ácido y podría causar quemaduras al usuario o destruir alguna parte del robot.
- Para que la brújula funcione correctamente debe estar ubicada horizontalmente, también se la debe alejar de los campos magnéticos producidos por los motores, transformadores, etc.
- Se recomienda no utilizar este prototipo sobre superficies irregulares ya que no tiene ningún sistema de amortiguamiento.
- Para aumentar el tiempo de trabajo del robot se debe utilizar baterías de alto rendimiento y buscar materiales de menor peso como el aluminio.
- Para la correcta operación y cuidado del prototipo se recomienda leer el manual de usuario.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- [1] WIKIPEDIA. Robot. [Documento HTML]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Robot>
- [2] MARRÓN ROMERA, M. SENSORES PARA POSICIONAMIENTO DE ROBOTS MÓVILES. [Documento PDF]. <http://193.146.57.132/depeca/repositorio/asignaturas/32367/senso1.pdf>
- [3] DUEÑAS RODRÍGUEZ, F.A. (2007). La Robótica. [Documento SHTML]. <http://www.monografias.com/trabajos6/larobo/larobo.shtml>
- [4] WIKIPEDIA. Robótica. [Documento HTML]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Robótica>
- [5] BIBITEM. Clasificación de los robots. [Documento HTML]. <http://usuarios.multimania.es/sparta/experiences12.html>
- [6] SOTOMAYOR, N. Robótica Móvil. [Documento PDF]. <http://ciecfe.epn.edu.ec/Material/4toNivel/Robotica/Robotica>
- [7] MUCHOTRASTO. Creando nuestro robot móvil. [Documento HTML]. <http://www.muchotrasto.com/TiposDePlataformas.php>
- [8] ORANGE. Sistema de posicionamiento global. [Documento HTML]. http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_global
- [9] HOLANDA BLAS, M.P., BERMEJO ORTEGA, J.C. (1998). GPS & GLONASS DESCRIPCIÓN Y APLICACIONES. [Documento PDF]. <http://www.danotario.com/manuales/gpsglonass.pdf>
- [10] El Sistema GPS. (s.f). [Documento HTML]. <http://www.clubdelamar.org/sistemagps.htm>

- [11] GARCÍA ALAVAREZ, J.A.E. ASÍ FUNCIONA EL GPS. [Documento HTML]. http://www.asifunciona.com/electronica/af_gps/af_gps_4.htm
- [12] GUTOVNIK, Pedro. Como funciona el sistema GPS, en cinco pasos lógicos. [Documento HTML]. <http://www.elgps.com/documentos/comofuncionagps/comofuncionagps.html>
- [13] WIKIPEDIA. (2010). Giróscopo. [Documento HTML]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Gir>
- [14] MARTÍNEZ, R.A. Giróscopo. [Documento PDF]. http://pdf.rincondelvago.com/giroscopo_1.html
- [15] UTP. SENSORES DE ULTRASONIDO USADOS EN ROBÓTICA MÓVIL PARA LA MEDICIÓN DE DISTANCIAS. [Documento PDF]. <http://www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/1517335-40.pdf>
- [16] MOLTÓ CARACENA, T. ACELERÓMETROS. [Documento DOC]. <http://www.gii.upv.es/personal/gbenet/IIN/treballscursosanteriors/treballs0607/Aceler>
- [17] WIKIPEDIA. (2010). Brújula. [Documento HTML]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Br>
- [18] GIS IBÉRICA S.L. TIPOS DE BRÚJULAS. [Documento HTML]. <http://www.gisiberica.com/brujulas/tipos>
- [19] WIKIPEDIA. Medios de transmisión. [Documento HTML]. http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n
- [20] WIKIPEDIA. RS-232. [Documento HTML]. <http://es.wikipedia.org/wiki/RS-232>
- [21] WIKIPEDIA. I²C. [Documento HTML]. <http://es.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- [22] WIKIPEDIA. Serial Peripheral Interface. [Documento HTML]. http://es.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface

- [23] WIKIPEDIA. Universal Serial Bus. [Documento HTML]. http://es.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus
- [24] WIKIPEDIA. Bluetooth. [Documento HTML]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [25] WIKIPEDIA. Red inalámbrica. [Documento HTML]. http://es.wikipedia.org/wiki/Red_inal%C3%A1mbrica

ANEXOS

ANEXO A
CÓDIGO DEL PROGRAMA IMPLEMENTADO EN EL PIC
18F2550

El driver que se instaló en la PC se encuentra en el disco adjunto.

```
#include <18F2550.h>
#device ADC=8;
#fuses NOWDT,NODEBUG,USBDIV,PLL3,CPUDIV1,VREGEN,NOBROWNOUT
#use DELAY(CLOCK=48000000)
#include <usb_cdc.h>
#include <usb_desc_cdc.h>
#USE I2C(MASTER,SDA=PIN_B0,SCL=PIN_B1,SLOW)
#BYTE TRISA=0XF92
#BYTE TRISB=0XF93
#BYTE TRISC=0XF94
#BYTE PORTA=0XF80
#BYTE PORTB=0XF81
#BYTE PORTC=0XF82
INT8 S1,S2,S3,S4,S5;
INT16 GIRO;
INT8 COMPASX,COMPASY;
INT8 ASCEX,ASCEY,ASCEZ;
INT8 I;
VOID MAIN()
{
SET_TRIS_A(255);
BIT_CLEAR(TRISB,1);
```

```
BIT_CLEAR(TRISB,2);
BIT_CLEAR(TRISB,3);
BIT_CLEAR(TRISB,5);
BIT_CLEAR(TRISB,6);
BIT_SET(TRISB,7);
SETUP_ADC_PORTS(AN0_TO_AN4);
SETUP_ADC(ADC_CLOCK_INTERNAL);
I2C_START();
I2C_WRITE(0x3A);
I2C_WRITE(0x16);
I2C_WRITE(0x19);
I2C_STOP();
I2C_START();
I2C_WRITE(0x3A);
I2C_WRITE(0x10);
I2C_WRITE(0b00111110);
I2C_STOP();
BIT_SET(PORTB,3);
BIT_CLEAR(PORTB,2);
delay_ms(1000);
USB_CDC_INIT();
USB_INIT();
WHILE(TRUE)
{
USB_TASK();
IF (USB_ENUMERATED())
{
```

```
BIT_SET(PORTB,2);
BIT_CLEAR(PORTB,3);
SET_ADC_CHANNEL(0);
DELAY_US(50);
S1=READ_ADC();
SET_ADC_CHANNEL(1);
DELAY_US(50);
S2=READ_ADC();
SET_ADC_CHANNEL(2);
DELAY_US(50);
S3=READ_ADC();
SET_ADC_CHANNEL(3);
DELAY_US(50);
S4=READ_ADC();
SET_ADC_CHANNEL(4);
DELAY_US(50);
S5=READ_ADC();
I2C_START();
I2C_WRITE(0X42);
I2C_WRITE(0X41);
I2C_STOP();
delay_ms(10);
I2C_START();
I2C_WRITE(0x43);
COMPASX=I2C_READ();
COMPASY=I2C_READ(0);
I2C_STOP();
```



```
DELAY_US(50);
I2C_START();
I2C_WRITE(0X3A);
I2C_WRITE(0X06);
I2C_START();
I2C_WRITE(0X3B);
ASCEX=I2C_READ();
I2C_STOP();
PRINTF(USB_CDC_PUTC,"& %4u",S1);
PRINTF(USB_CDC_PUTC," %4u",S2);
PRINTF(USB_CDC_PUTC," %4u",S3);
PRINTF(USB_CDC_PUTC," %4u",S4);
PRINTF(USB_CDC_PUTC," %4u",S5);
PRINTF(USB_CDC_PUTC," %4u",COMPASX);
PRINTF(USB_CDC_PUTC," %4u",COMPASY);
PRINTF(USB_CDC_PUTC," %4d\n",ASCEX);
delay_ms(400); } } }
```

ANEXO B

CÓDIGO DEL PROGRAMA IMPLEMENTADO EN LA PC.

Gracias al paralelismo que tiene LabVIEW se pudo crear rutinas que trabajan al mismo tiempo.

Diagrama de bloques de los datos de la tarjeta de adquisición.

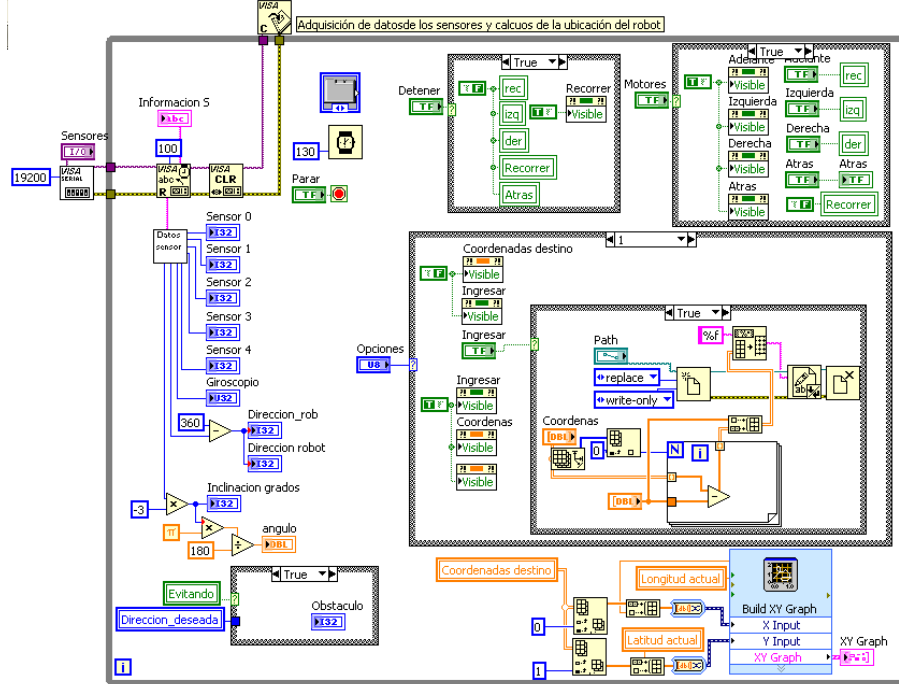


Diagrama de bloques para la adquisición y cálculo de las coordenadas provenientes del GPS.

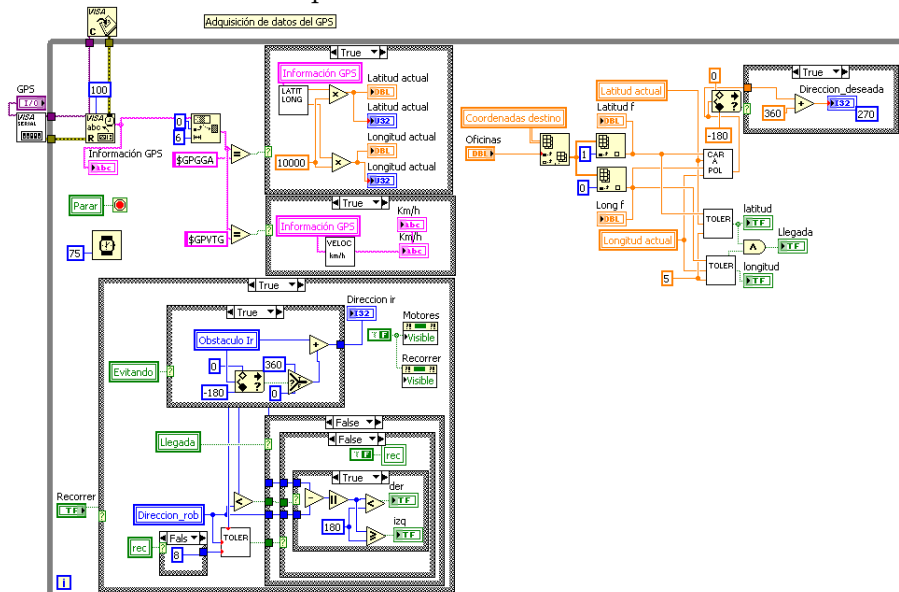


Diagrama de bloques para el control de los motores.

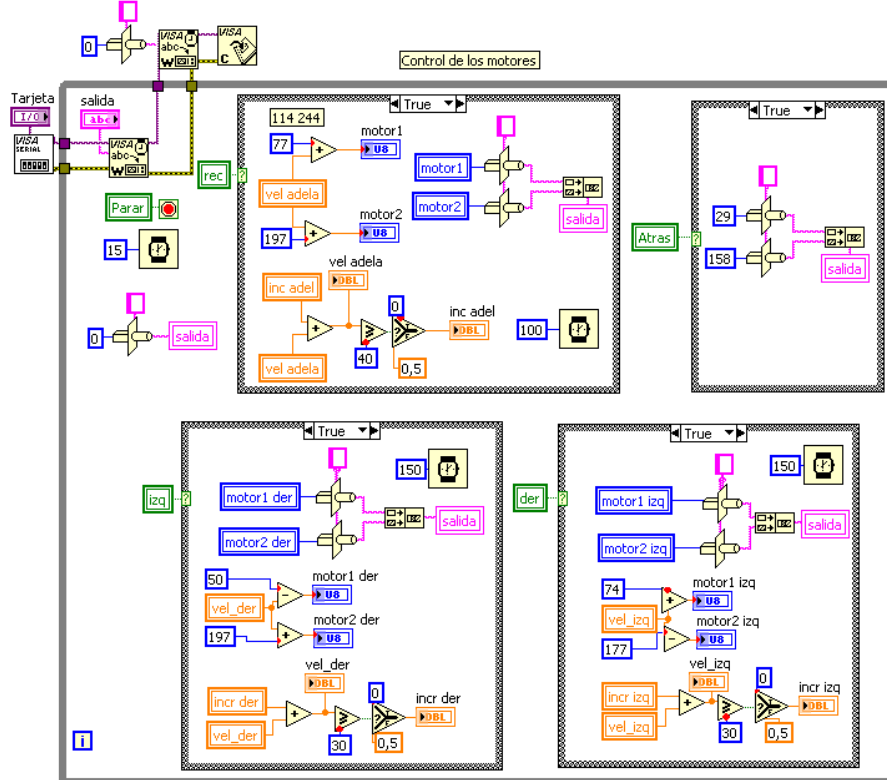
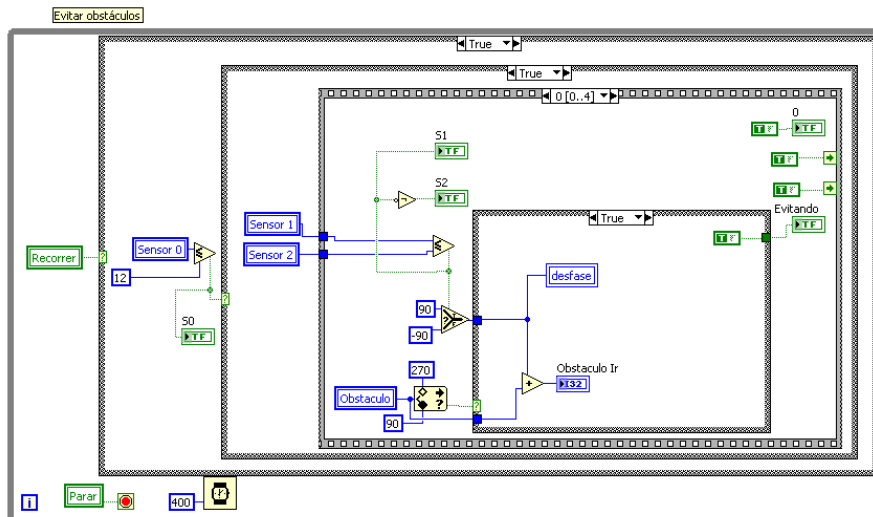


Diagrama de bloques del algoritmo para evitar obstáculos.

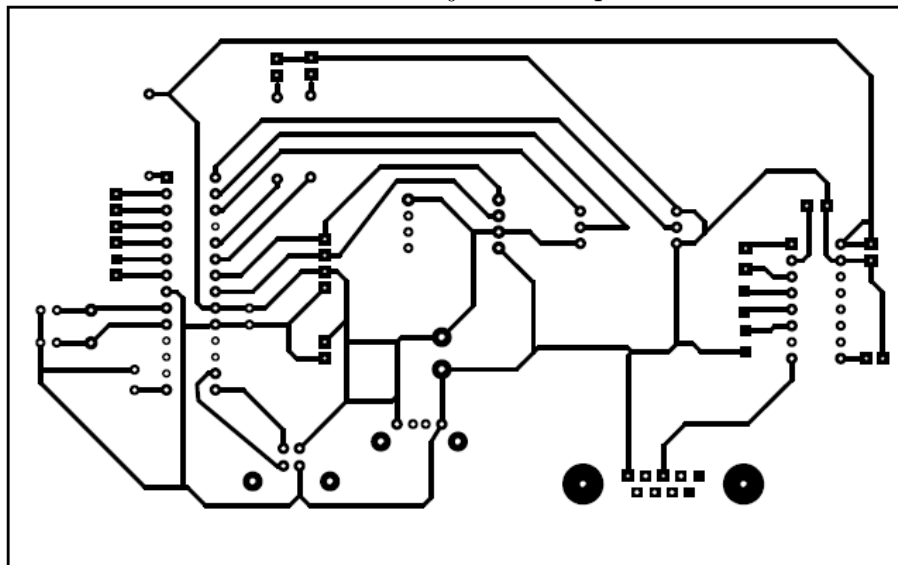


ANEXO C

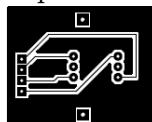
CIRCUITOS IMPRESOS

Los archivos realizados en ARES se encuentran en la carpeta Circuitos impresos.

Circuito de la tarjeta de adquisición



Circuito para la brújula.



ANEXO D
MANUAL DE USUARIO
ROBOT GPS



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Dimensiones: Largo: 66 cm.

Ancho: 24 cm

Alto: 73 cm.

Batería: 12V @ 9Ah.

Motores: 12V, DC.

Sensores: Ultrasónico, Acelerómetro, Giroscopio, Brújula.

Tiempo de duración: Laptop: 5 hora.

Motores: 1 hora.

Receptor GPS: 7 horas.

ENCENDIDO DEL ROBOT.

1. ENCENDIDO DE LA PC
2. ENCENDIDO DEL GPS
3. ENCENDIDO DE LA TARJETA DE CONTROL DE LOS MOTORES

ARRANQUE DE PROGRAMAS EN LA PC.

1. IVT BLUESOLEIL.
2. PROGRAMA ROBOT GPS.
 - (a) DESCRIPCIÓN DE LOS PANELES DE CONTROL
 - (b) SELECCIÓN DE LOS PUERTOS COM.
 - (c) SELECCIÓN DEL DESTINO.
 - (d) INGRESO DE COORDENADAS.
 - (e) VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES.
 - (f) PARAR EL PROGRAMA.

ENCENDIDO DEL ROBOT.

ENCENDIDO DE LA PC

La PC posee un botón de encendido como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Encendido de la PC.

ENCENDIDO DEL GPS.

A un costado del GPS se encuentra un interruptor el cual indica si esta encendido o apagado, después de encenderlo se prenderán las luces de la parte frontal del GPS como se muestra en la figura 2.



Figura 2. GPS encendido.

ENCENDIDO DE LA TARJETA DE CONTROL DE LOS MOTORES.

En el lado lateral izquierdo del robot se encuentra un interruptor para el encendido de la tarjeta de control de los motores. Véase la figura 3.

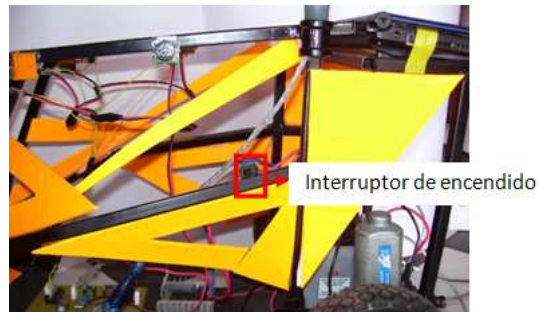
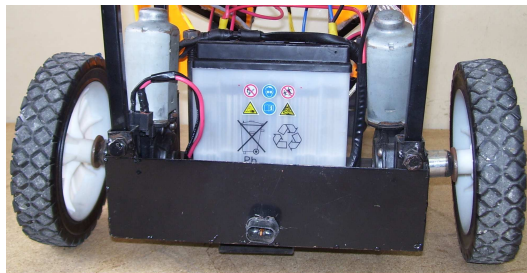


Figura 3. Interruptor de encendido de la tarjeta de control de los motores.

CARGA DE LA BATERÍA DEL ROBOT DE LOS MOTORES.

En la parte posterior del robot se encuentra el conector para cargar la batería de los motores.



EJECUCIÓN DE LOS PROGRAMAS EN LA PC.

IVT BLUESOLEIL.

Ejecutamos el acceso directo que se encuentra en el escritorio del software encargado del Bluetooth. Véase la figura 4.



Figura 4. Acceso directo del programa IVT BlueSoleil.

Nos aparecerá la ventana que se muestra en la figura 5, en caso de que no aparezca el dispositivo GPS, damos clic en **Mi Bluetooth** y **Búsqueda de dispositivos Bluetooth**.

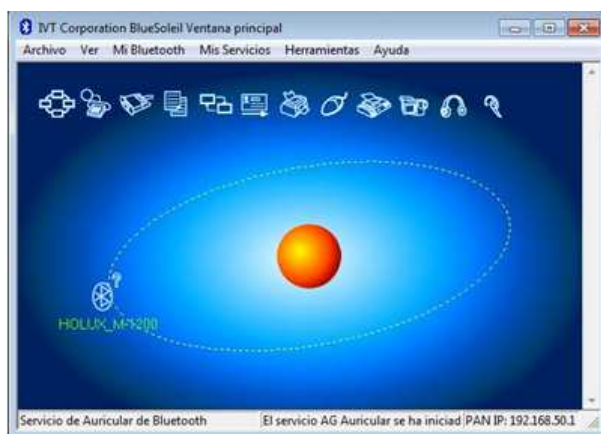


Figura 5. Ventana principal del programa IVT BlueSoleil.

A continuación debemos emparejar el dispositivo, damos clic derecho en el dispositivo y seleccionamos Emparejar Dispositivo. Véase la figura 6.

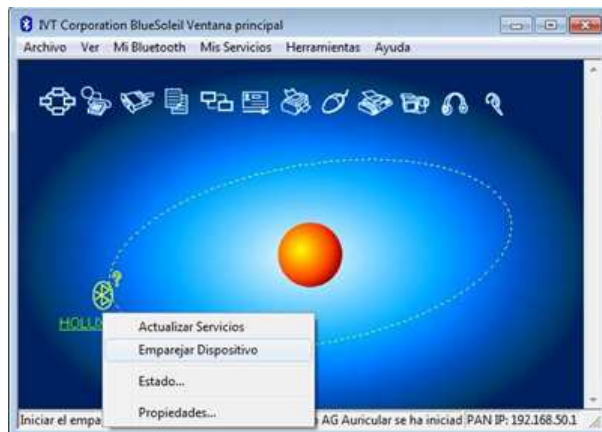


Figura 6. Emparejar dispositivos GPS.

Para conectar el GPS y crear el puerto COM damos clic derecho en el dispositivo GPS, vamos a Conectar y seleccionamos Servicio de Puerto Serie de Bluetooth. Véase la figura 7.



Figura 7. Conectar dispositivo GPS.

En la figura 8, se muestra cuando la conexión del dispositivo GPS de manera correcta cuando está transmitiendo los datos.

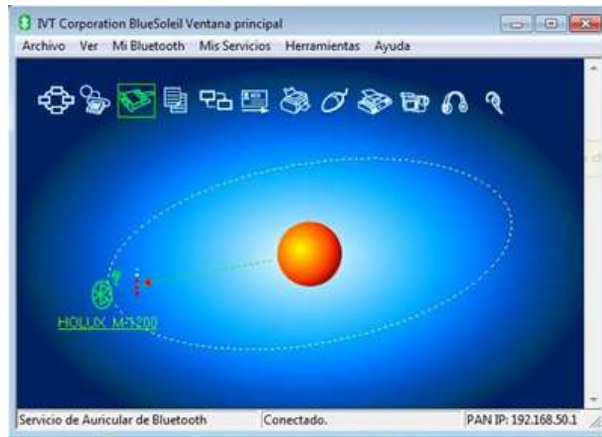


Figura 8. Conexión completa del dispositivo GPS.

ROBOT GPS EN LABVIEW.

En la panel principal del programa se encuentran varias opciones que servirán para conocer el recorrido que está realizando el robot. Véase la figura 9.

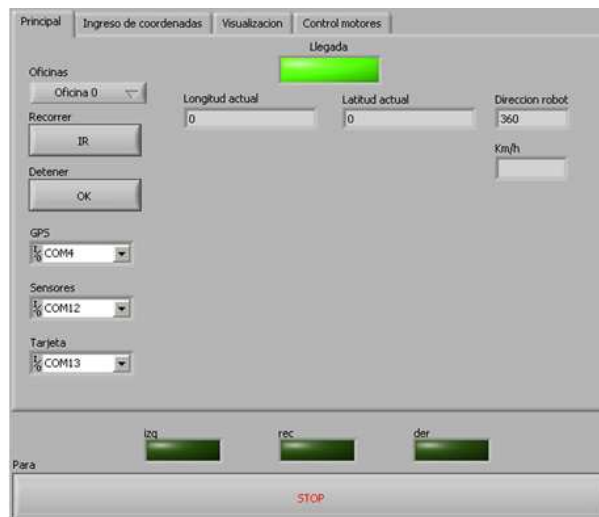


Figura 9. Panel principal.



Este menú nos permite escoger el destino a donde queremos que se dirija el robot.



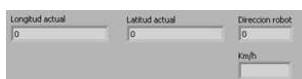
Estos botones se encargan de que el robot empiece su recorrido o pare.



Sirve para escoger los puertos COM para la comunicación con: GPS, Tarjeta de adquisición y la tarjeta de control de motores. (Véase el manual de Instalación)



Indica cuando el robot ha llegado a su destino.



Indicadores de: latitud, longitud, dirección y velocidad del robot durante el recorrido.



Detiene la ejecución del programa.

En la figura 10 se muestra el panel para el ingreso de coordenadas.



Figura 10. Panel para el ingreso de coordenadas.



Este menú nos permite visualizar o cambiar las coordenadas de los destinos, para cualquier recorrido debe estar seleccionado la opción Visualizar.



Nos permite seleccionar la ubicación donde se desea guardar el archivo con las coordenadas, debe seleccionarse antes de que el programa se ejecute.



Se ingresan las coordenadas de los destinos.

En la figura 11, se muestra el panel para visualizar los destinos y el robot durante el recorrido.

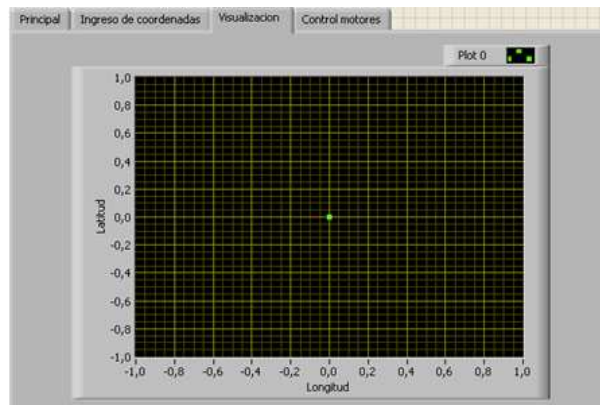


Figura 11. Panel de visualización.

En la figura 12, se muestra el panel para el verificar el correcto funcionamiento de los motores.



Figura 12. Panel para verificar el funcionamiento de los motores.



Para poder controlar los motores se debe dar clic el led se encenderá.



Diferentes opciones para verificar que los motores funcionen correctamente.

ANEXO E

INSTALACIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN Y CONVERSOR USB A RS-232.

TARJETA DE ADQUISICIÓN.

El cable convertor de USB a RS-232 y el cable USB deben estar conectados a la tarjeta de adquisición. Véase la figura 1.

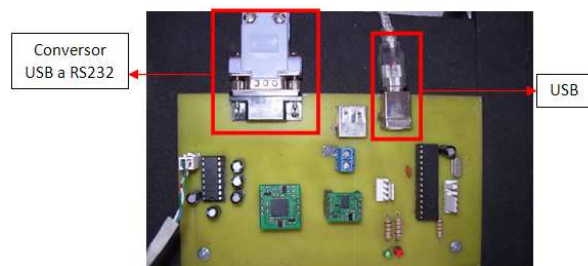


Figura 1. Conexión USB y RS-232.

Conectamos estos cables a la PC. Debido a que los drivers no están incluidos en Windows 7, tenemos que instalarlos. En la figura 2, se muestra los dispositivos que se encuentran conectados pero no funcionan correctamente.

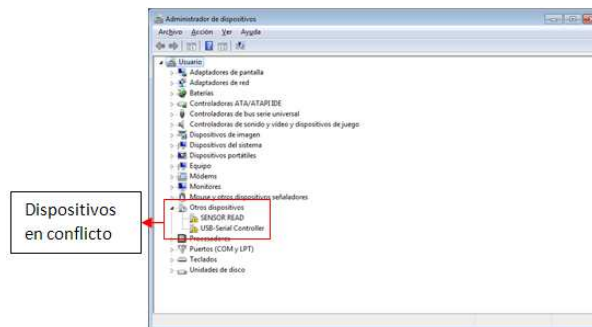


Figura 2. Dispositivos en conflicto.

Para instalar los driver tanto de la tarjeta de adquisición (SENSOR READ) y del convertor USB a RS-232 (USB-Serial Controller), se procede de la misma manera.

INSTALACIÓN DE LOS DRIVERS DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN.

Damos clic derecho sobre SENSOR READ y seleccionamos **Propiedades**. Véase la figura 3.

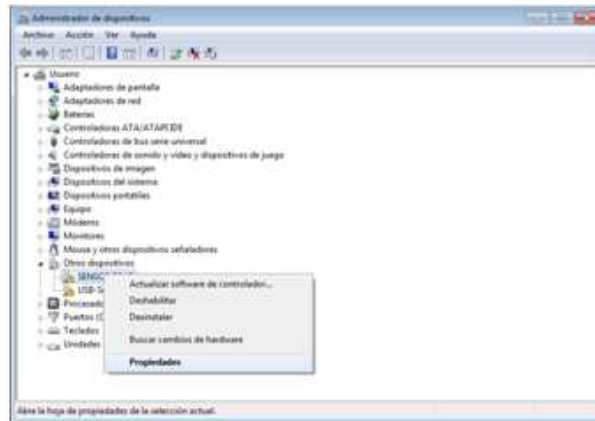


Figura 3. Sensor Read.

Aparecerá una ventana con las propiedades del dispositivo, damos clic en **Actualizar controlador**. Véase la figura 4.

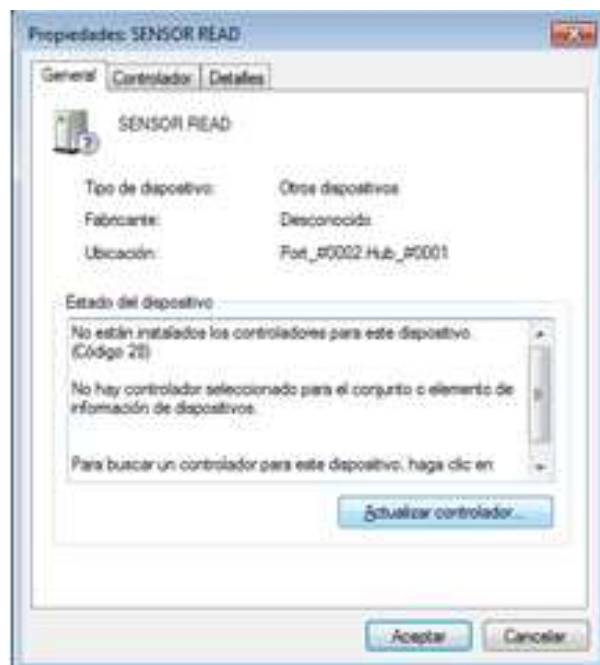


Figura 4. Sensor Read.

Aparecerá una ventana preguntando sobre la acción a tomar. Damos clic en

Buscar software de controlador en el equipo. Véase figura 5. El driver está incluido en el CD anexo. En la carpeta Driver/Tarjeta adquisición de datos.

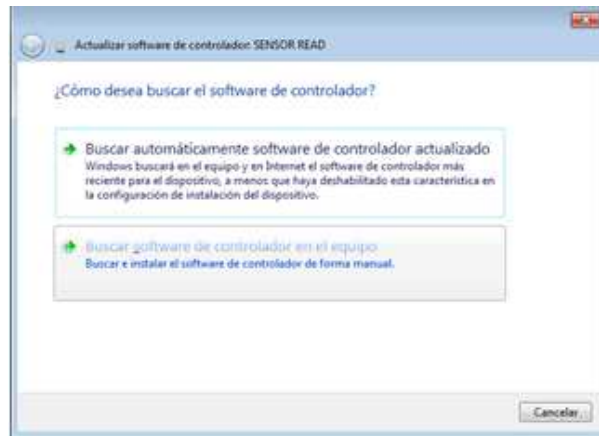


Figura 4. Opciones para actualizar el controlador.

Cuando se seleccione el controlador automáticamente se instalará, durante la instalación saldrá una ventana de advertencia, damos clic en **Instalar este software de controlador de todas formas**. Véase la figura 5.



Figura 5. Ventana de advertencia.

De igual manera se instala el cable convertor USB a RS-232, el driver está incluido en el CD anexo. En la carpeta Driver/Convertor USB RS232.

ANEXO F
PLANOS

1

2

3

4

A

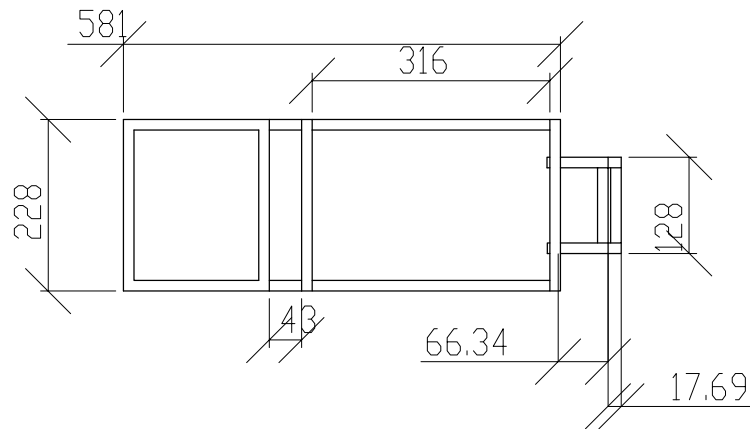
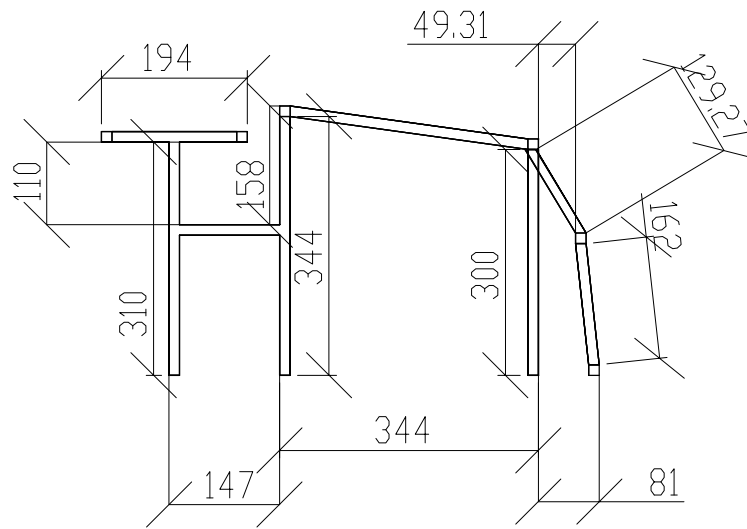
B

C

D

E

F



DISEÑO:

Pablo Bustillos
Hemilton Veloz

PROYECTO:

Robot GPS

PIEZA:

SopORTE

A4

FECHA:

11 DE ABRIL 2011

MATERIAL:

TOL

1

2

3

4

A

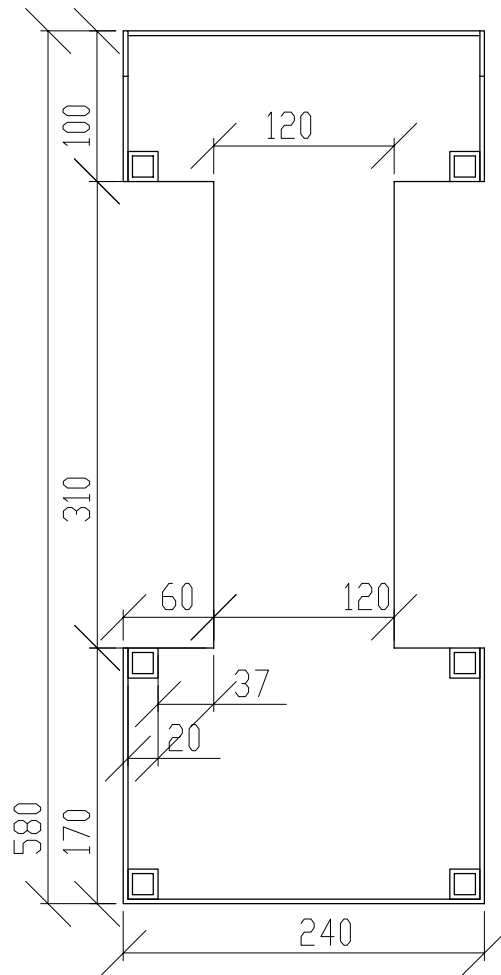
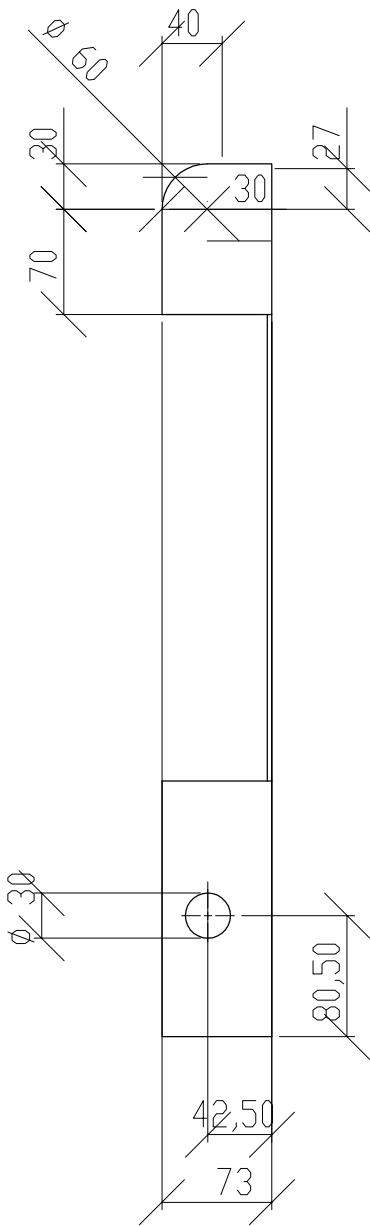
B

C

D

E

F



DISEÑO:

Pablo Bustillos
Hemilton Veloz

PROYECTO:

Robot GPS

PIEZA:

Base

A4

FECHA:

11 DE ABRIL 2011

MATERIAL:

TOL

ANEXO G
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

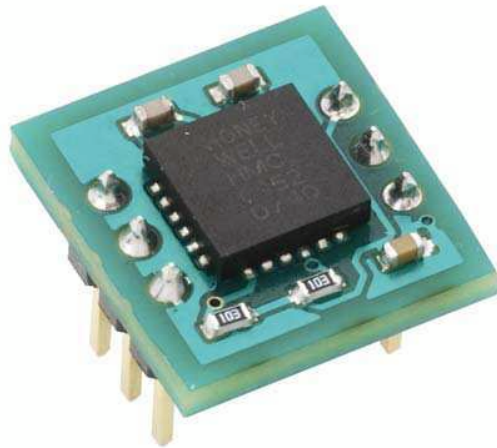
Honeywell HMC6352 Compass Module (#29323)

The HMC6352 Compass Module is fully integrated and combines 2-axis magneto-resistive sensors with the required analog, digital, microprocessor and algorithms required for heading computation.

The HMC6352 Compass Module provides a direct heading angle and includes internal calibration algorithms within its firmware. Temperature compensation and calibration are built in, as well as protection against stray magnetic fields.

Features

- Wide voltage supply range (2.7–5.0 VDC) for use with most microcontrollers
- Digital output (I²C) to nearest 0.1°
- Built-in calibration for an average error of 2.5°
- Internally calculates heading, simplifying software demands
- Stray magnetic field protection
- Low current consumption (typically 1 μA in standby mode, 1 mA full operation at 3 VDC)
- Compact, breadboard-friendly 6-pin DIP module package



Key Specifications

- Power requirements: 2.7–5.0 VDC; < 10 mA
- Communication: I²C; 100 kbps max.
- Operating temperature: -4 to +158 °F (-20 to +70 °C)
- Dimensions: 0.46 x 0.59 x 0.54 in (11.7 mm x 14.7 mm x 13.7 mm)

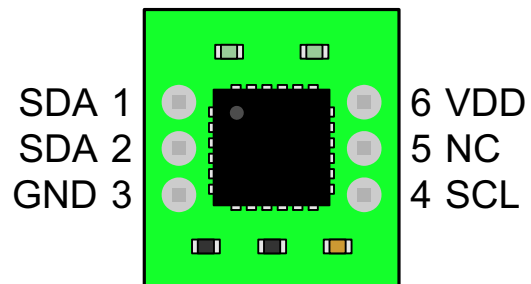
Application Ideas

- Provide headings when GPS signals cannot be used
- Use as a reference for orienting gyroscopes
- Heading detection for small robots and RC cars
- Model airplane heading hold

Package and Pin Descriptions

Pin #	Name	Description	Pin Type
1	SDA	I ² C Serial Data*	Input /Output
2	SDA	I ² C Serial Data*	Input /Output
3	GND	Ground	Power
4	SCL	I ² C Serial Clock	Input
5	NC	Not connected	n/a
6	VDD	Input supply voltage	Power

*Pin 1 and Pin 2 are internally connected.



Absolute Maximum Ratings

NOTE: Conditions beyond the absolute maximum rating may permanently damage the device; the device may not function properly throughout this range. For functional ranges, see Operating Conditions below.

Parameter	Minimum	Maximum	Unit
V _{DD} (Measured from GND)	0	5.2	V
Storage temperature	-55	+125	°C
Maximum Magnetic Field	—	10,000	gauss

Operating Conditions

Parameter	Minimum	Typical	Maximum	Unit
V _{DD} Supply Voltage	2.7	—	5.2	V
Supply Current*				
Sleep Mode (V _{DD} = 3.0 V)	—	1	—	µA
Operational Mode (V _{DD} = 3.0 V)	—	1	—	mA
Operational Mode (V _{DD} = 5.0 V)	—	2	10	mA
Operating Temperature Range	-20	—	+70	°C

*All measurements from HMC6352 datasheet; tested at 25°C

Orientation

The heading will read 0° when the compass is oriented such that the arrow shown in this diagram is facing north.

LISY300 Gyroscope Module (#27922)

The LISY300 Gyroscope Module is a single-axis yaw rate sensor providing up to 300°/s full scale rotation detection at up to 88 Hz. Useful in balancing robots or auto-pilot systems, the LISY300 Gyroscope Module can detect how many degrees it has turned on its planar axis allowing the host microcontroller to stabilize the platform and correct for drift.

Features

- $\pm 300^\circ/\text{s}$ full scale
- Easy SPI interface
- Small DIP form factor module
- Compatible with most microcontrollers

Key Specifications

- Power requirements: 3.4 VDC to 6.5 VDC (5 VDC recommended) @ 5.25 mA
- Communication: SPI (4 MHz max)
- Operating temperature: 32°F to 158°F (0°C to 70°C)
- Dimensions: 0.75" L x 0.69" W x 0.47" H (19.18mm L x 17.56mm W x 11.95mm H)

Application Ideas

- R/C Helicopter stabilization
- Auto-pilot system for R/C Planes
- Balancing Robot

Quick Start Circuit

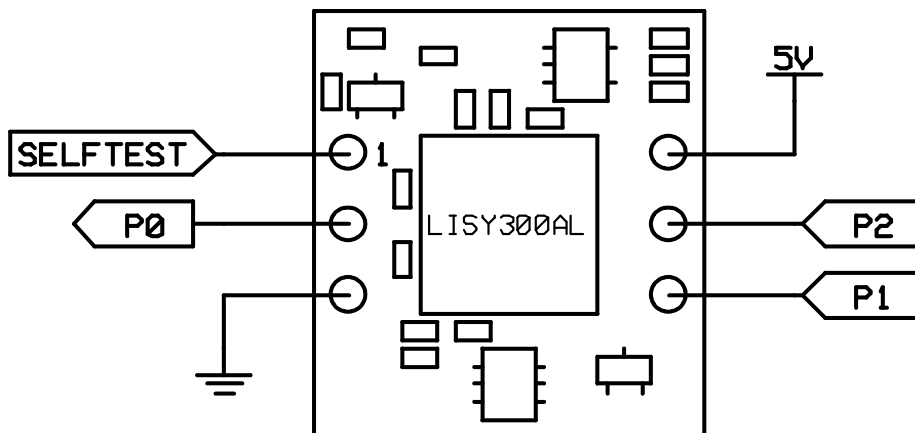


Figure 1: Quick Start Circuit

Connecting and Testing

Using the Quick Start Circuit connect the LISY300 Gyroscope Module to your microcontroller. P0 will be connected to data out (D_{OUT}), P1 will be connected to the synchronous clock input (SCLK) and P2 will be connected to the chip select (/CS). You could optionally connect P3 to the self test (ST) pin. The code examples provided will make use of P0 through P2 on both the BASIC Stamp module and the Propeller chip.

Pin Definitions and Ratings

Pin	Name	Function
1	ST	Self Test Input (Low = Normal, High = Self Test)
2	D _{OUT}	Serial Data Output
3	GND	Ground → 0V
4	SCLK	Synchronous Clock Input
5	/CS	Chip Select Input (Low = Select, High = Disable)
6	V _{IN}	Voltage Input → 3.4 VDC to 6.5 VDC

Symbol	Quantity	Minimum	Typical	Maximum	Units
V _{IN}	Supply Voltage	3.4	5.0	6.5	V
I _{CC(Ave)}	Average active supply current	—	5.2	—	mA
V _{ST}	Self Test Voltage Range*	3.0	3.3	5.0	V
V _{OH}	Signal High Output (D _{OUT})	3.1	3.23	3.3	V
V _{OL}	Signal Low Output (D _{OUT})	0	—	0.1	V
V _{IH}	Signal High Input (/CS, SCLK)	2.1	3.3	5.0	V
V _{IL}	Signal Low Input (/CS, SCLK)	0	—	0.8	V

* MOSFET input, observe static precautions

Theory of Operation

Internally the LISY300AL Gyroscope generates approximately 1.6V on its analog output when it is still. This value is affected very little by temperature so compensation is not required. The output of the LISY300AL is fed into a National Semiconductor ADC101S021 10-bit ADC. This ADC has a high-speed (4 MHz) SPI interface and the signal pins can operate at 3.3V and 5V. Both the gyroscope and the ADC are internally regulated to 3.3V.

As the gyroscope is rotated clockwise (looking down at the top of the IC) around its z-axis the analog output voltage falls. As the gyroscope is rotated counter-clockwise around the z-axis the analog output voltage rises. The amount of change in the voltage is relative to the speed in which the gyroscope is rotating. By measuring the output voltage the rate of rotation can be determined.

Calibration

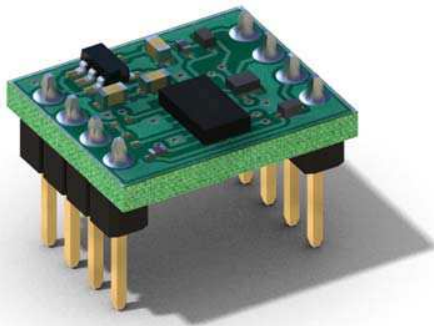
The static (non-moving) analog output of the gyroscope can be affected by the manufacturing process, therefore it is necessary to calibrate the gyroscope before use. This can be done at startup by making sure the gyroscope is still and sampling the ADC several times to get the average value. This value can be obtained each time at startup or could be stored after initial calibration. Please refer to the demo code for calibration examples.

MMA7455 3-Axis Accelerometer Module (#28526)

General Description

The Freescale Semiconductor MMA7455L 3-Axis Digital Output Accelerometer is a low power, micro-machined sensor capable of measuring acceleration along its X, Y, and Z axes. It offers several convenient integrated features including an analog to digital converter (ADC), digital low-pass filter, and selectable sensitivity ranges of $\pm 2g$, $\pm 4g$, or $\pm 8g$. This device can be easily configured to detect quick motion pulses as single-taps, double-taps, and 0g (free-fall) conditions on any or all axes and provides configurable interrupt pins (INT1 and INT2) for each type of event.

Flexibility and compatibility are designed into this module. An on-board voltage regulator and I/O voltage level-shifters make this module especially easy to connect to virtually any microcontroller. It operates over a wide range of supply voltages from 2.5 VDC to 5.5 VDC and communicates via Serial Peripheral Interface (SPI) or Inter-Integrated Circuit (I²C) bus.



Features

- Wide input voltage range
- Digital output (SPI/I²C)
- Selectable sensitivity: 8-bit mode ($\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g$) or 10-bit mode ($\pm 8g$)
- User-configurable interrupts (INT1/INT2)
- User-settable registers for calibrating each axis
- Low current operation
- Compact, 8-pin DIP breadboard-friendly package: 0.5" x 0.6" (12.7 x 15.2 mm)

Application Ideas

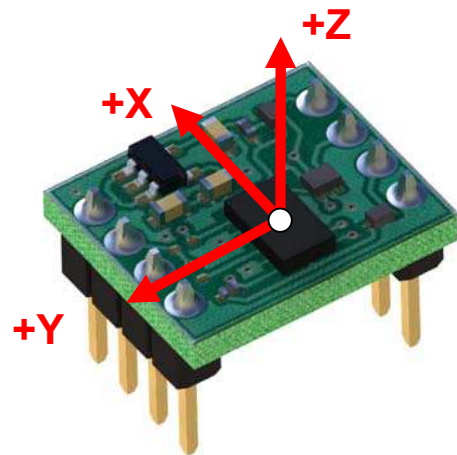
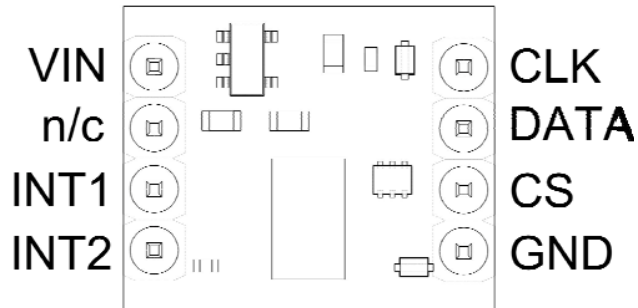
- Inertial measurement units
- Tilt sensing for remote control systems
- Single-tap or double-tap user input
- Multi-axis vibration measurement
- Free-fall detection
- Motion sensing and data logging
- Model airplane flight stabilization

Key Specifications

- Power requirements: 2.5 – 5.5 VDC; 26 μ A standby, 0.5 – 3 mA active
- Communication: SPI or I²C
- Dimensions: 0.5 x 0.6 x 0.46 in (12.7 x 15.2 x 11.7 mm)
- Operating temperature: -40 to +185 °F (-40 to +85 °C)

Note: Demonstration software files may be downloaded from the 28526 product page at www.parallax.com.

Package and Pin Descriptions



Pin #	Pin Name	Description	Pin Type
1	VIN	Input supply voltage	Power
2	n/c	Not connected – reserved for future use	n/a
3	INT1	Interrupt 1/Data Ready	Output
4	INT2	Interrupt 2	Output
5	GND	Ground	Power
6	CS	Chip select - SPI Enable (0), I ² C Enable (1)	Input
7	DATA	I ² C Serial Data (SDA), SPI Serial Data (SDI/SDO)	Input/Output
8	CLK	I ² C Serial Clock (SCL), SPI Serial Clock (SPC)	Input

Absolute Maximum Ratings

NOTE: These are conditions beyond which permanent device damage may occur; it is not implied that the device will function properly throughout this range. For operational ranges, see the Operating Conditions section below.

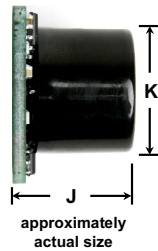
Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V _{IN} (Measured from GND)	0	--	6.5	V
Storage temperature	-40	--	+125	°C
DATA Pin				
Input Voltage	-0.5	--	V _{IN} + 0.5	V
Pin Current	-50	--	+50	mA
Maximum Acceleration (all axes)	--	--	5000	g

LV-MaxSonar®-EZ0™

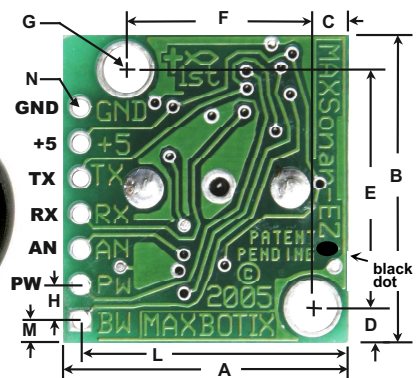
High Performance Sonar Range Finder



With 2.5V - 5.5V power the LV-MaxSonar®-EZ0™ provides very short to long-range detection and ranging, in an incredibly small package. The LV-MaxSonar®-EZ0™ detects objects from 0-inches to 254-inches (6.45-meters) and provides sonar range information from 6-inches out to 254-inches with 1-inch resolution. Objects from 0-inches to 6-inches range as 6-inches. The interface output formats included are pulse width output, analog voltage output, and serial digital output.



LV-MaxSonar®-EZ0™ Data Sheet



A	0.785"	19.9 mm	H	0.100"	2.54 mm
B	0.870"	22.1 mm	J	0.645"	16.4 mm
C	0.100"	2.54 mm	K	0.610"	15.5 mm
D	0.100"	2.54 mm	L	0.735"	18.7 mm
E	0.670"	17.0 mm	M	0.065"	1.7 mm
F	0.510"	12.6 mm	N	0.038" dia.	1.0 mm dia.
G	0.124" dia.	3.1 mm dia.	weight, 4.3 grams		

values are nominal

Features

- Continuously variable gain for beam control and side lobe suppression
- Object detection includes zero range objects
- 2.5V to 5.5V supply with 2mA typical current draw
- Readings can occur up to every 50mS, (20-Hz rate)
- Free run operation can continually measure and output range information
- Triggered operation provides the range reading as desired
- All interfaces are active simultaneously
 - Serial, 0 to Vcc
 - 9600Baud, 81N
 - Analog, (Vcc/512) / inch
 - Pulse width, (147uS/inch)
- Learns ringdown pattern when commanded to start ranging
- Designed for protected indoor environments
- Sensor operates at 42KHz
- High output square wave sensor drive (double Vcc)

Benefits

- Very low cost sonar ranger
- Reliable and stable range data
- Sensor dead zone virtually gone
- Lowest power ranger
- Quality beam characteristics
- Mounting holes provided on the circuit board
- Very low power ranger, excellent for multiple sensor or battery based systems
- Can be triggered externally or internally
- Sensor reports the range reading directly, frees up user processor
- Fast measurement cycle
- User can choose any of the three sensor outputs

Beam Characteristics

The LV-MaxSonar®-EZ0™ has the most sensitivity of the MaxSonar product line, yielding a controlled wide beam with high sensitivity. Sample results for measured beam patterns are shown below on a 12-inch grid. The detection pattern is shown for;

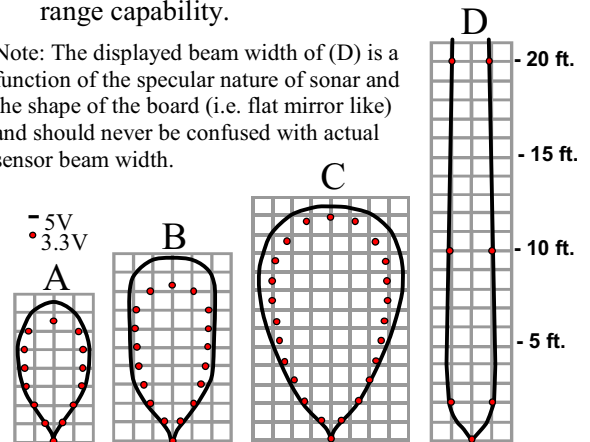
(A) 0.25-inch diameter dowel, note the narrow beam for close small objects,

(B) 1-inch diameter dowel, note the long narrow detection pattern,

(C) 3.25-inch diameter rod, note the long controlled detection pattern,

(D) 11-inch wide board moved left to right with the board parallel to the front sensor face and the sensor stationary. This shows the sensor's range capability.

Note: The displayed beam width of (D) is a function of the specular nature of sonar and the shape of the board (i.e. flat mirror like) and should never be confused with actual sensor beam width.



beam characteristics are approximate

MaxBotix® Inc.

MaxBotix, MaxSonar & EZ0 are trademarks of MaxBotix Inc.
LV-EZ0™ • v3.0c • 07/2007 • Copyright 2005 - 2010

Data Sheet Release: 04/26/10, pg. 1

Email: info@maxbotix.com
Web: www.maxbotix.com

Wireless GPS Receiver

M-1200

● **Item No.:** M-1200

● **Product Name:** *Wireless GPS Receiver*

● **Description:**

The HOLUX M-1200 wireless GPS Receiver provides a easy-to-use trip guiding tool. You are able to enjoy a brand new experience in driving with Bluetooth technology of GPS Receiver, you could have the GPS connection without a cable, it's more convenient and flexible. Enjoy the GPS's life!



The M-1200 high performance Bluetooth GPS Receiver which featured with:

1. Dual Interface (Bluetooth + GPS-mouse)
2. Compatible with Bluetooth Serial Port Profile (SPP) completely
3. Built-in rechargeable Lithium-Ion battery without external power supply

Applications :

- * Vehicle tracking & Location base services
- * PDA/Notebook Navigation
- * Car navigation
- * Marine navigation

● **Key Feature:**

1. Built in MTK Low power consumption GPS chipset.
2. 32 parallel satellite-tracking channels for fast acquisition and reacquisition.
3. Superior sensitivity up to -159 dBm.
4. Built-In WAAS/EGNOS Demodulator without any additional hardware. Or use the high-sensitive software to get the fast acquisition and reacquisition in the urban, canyon and foliage environments.
5. Compatible with Bluetooth Serial Port Profile (SPP) completely.
6. Low power consumption. Built-in rechargeable and changeable Lithium-Ion battery, the working time can last 15 hours maximum.
7. Provide expand terminal contact to other system without Bluetooth device.
8. Support NMEA0183 V 3.01 data protocol.
9. 3 color-LEDs indicate to show the status of device.
10. FLASH based program memory. New software revisions upgradeable through serial

interface.

11. Small, sleek, and lightweight design easily fits in your hand.
12. Over-Temperature protection
13. Enhanced algorithms to provide superior navigation, performance in urban, canyon and foliage environments.
14. For Car navigation, Marine navigation, Fleet management, AVL (Automatic Vehicle Location), Personal navigation, Tracking System, and Mapping device application.



PIC18F2455/2550/4455/4550

Data Sheet

28/40/44-Pin High-Performance,
Enhanced Flash USB Microcontrollers
with nanoWatt Technology

Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break Microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is provided only for your convenience and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. MICROCHIP MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES OF ANY KIND WHETHER EXPRESS OR IMPLIED, WRITTEN OR ORAL, STATUTORY OR OTHERWISE, RELATED TO THE INFORMATION, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ITS CONDITION, QUALITY, PERFORMANCE, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR PURPOSE. Microchip disclaims all liability arising from this information and its use. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any Microchip intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, Accuron, dsPIC, KEELoQ, microID, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO MATE, PowerSmart, rPIC, and SmartShunt are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.


AmpLab, FilterLab, Migratable Memory, MXDEV, MXLAB, PICMASTER, SEEVAL, SmartSensor and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, dsPICworks, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, PICkit, PICDEM, PICDEM.net, PICLAB, PICtail, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, rLAB, rPICDEM, Select Mode, Smart Serial, SmartTel and Total Endurance are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2004, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip received ISO/TS-16949:2002 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona and Mountain View, California in October 2003. The Company's quality system processes and procedures are for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELoQ® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, nonvolatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001:2000 certified.



MICROCHIP

PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin High-Performance, Enhanced Flash USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte dual access RAM for USB
- On-chip USB transceiver with on-chip voltage regulator
- Interface for off-chip USB transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep mode currents down to 0.1 μ A typical
- Timer1 oscillator: 1.1 μ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes including High Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, up to 48 MHz
- Internal oscillator block:
 - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual oscillator options allow microcontroller and USB module to run at different clock speeds
- Fail-Safe Clock Monitor
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High-current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns ($T_{CY}/16$)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (T_{CY})
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-Shutdown and Auto-Restart
- Enhanced USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI™ (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channels Analog-to-Digital Converter module (A/D) with programmable acquisition time
- Dual analog comparators with input multiplexing

Special Microcontroller Features:

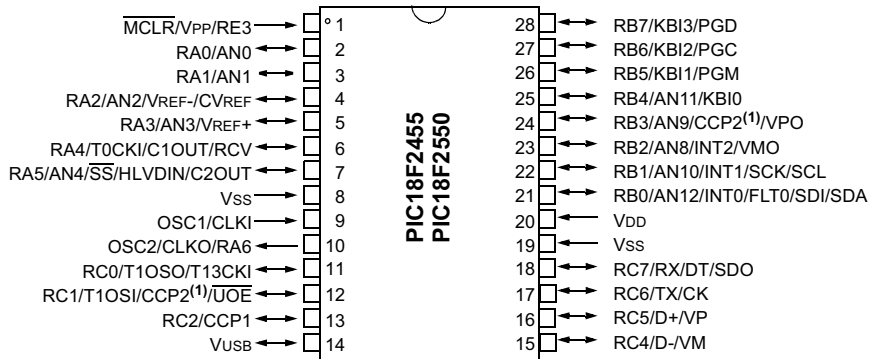
- C compiler optimized architecture with optional extended instruction set
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-programmable under software control
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Optional dedicated ICD/ICSP port (44-pin devices only)
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EAUSART	Comparators	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI™	Master I ² C™			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

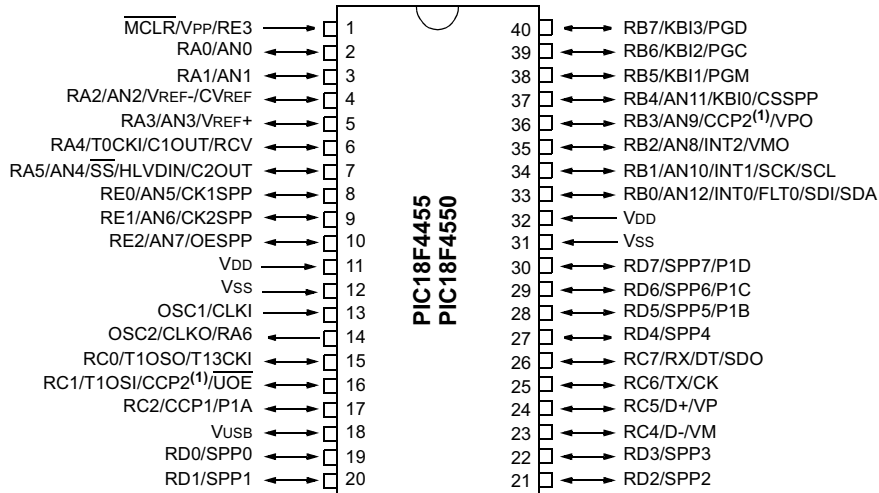
PIC18F2455/2550/4455/4550

Pin Diagrams

28-Pin PDIP, SOIC



40-Pin PDIP



Note 1: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.



Sabertooth 2X25 Quick Start Guide

July 2007

DimensionEngineering

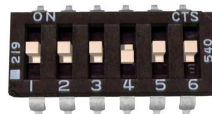
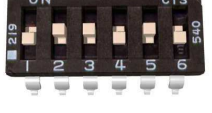
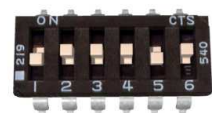
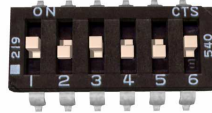
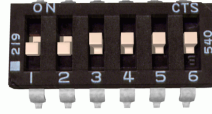
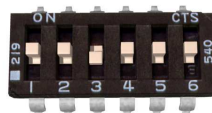
Congratulations on your purchase of a Sabertooth 2X25 regenerative motor driver. Sabertooth 2X25 is one of the most flexible and configurable motor drivers on the market. As a result, it must be set to the correct operating mode before use. Below is a generalized hookup diagram of a Sabertooth 2X25. On the reverse side is a chart of some of the most commonly used operating modes.

Sabertooth 2X25 motor driver pinout		Specs:
<p>These DIP switches are used to set the operating mode of the driver</p>		<p>Input voltage: 6V-24V</p> <p>Output current: 25A per channel</p> <p>Peak Output current: 50A per channel</p> <p>Operating modes: Analog, R/C, Serial</p>
<p>0V is internally connected to B-. It provides a circuit ground (GND) for your control circuitry</p> <p>5V is a regulated 5V supply provided by the driver. Drawing more than 10mA can reduce performance of the driver.</p> <p>S1 is the primary signal input. It must always be connected to something e.g. a R/C receiver signal or analog voltage</p> <p>S2 is the secondary signal input, used to control the second motor, or for serial network functionality.</p>	<p>M2A and M2B connect to the two wires of your second DC brushed motor</p> <p>B- connects to the negative terminal of your battery. It is internally connected to 0V and can be used as a circuit ground</p> <p>B+ connects to the positive terminal of your battery. The max recommended battery voltage is 28V</p> <p>M1A and M1B connect to the two wires of your first DC brushed motor</p>	
<p>Don't get B+ and B- connected backwards! Make sure you have the DIP switches configured correctly for the mode you are using!</p>		

For full product documentation and manual, please visit <http://www.dimensionengineering.com/Sabertooth2X25.htm>

Sabertooth 2X25

Operating mode quick reference chart All options are set via the switches

	<p>Analog control, linear, independent: a 0V to 5V analog input is connected to terminals S1 and S2. 0V is full reverse, 5V is full forward, 2.5V is stop.</p>
	<p>Microcontroller pulses, independent linear control: An R/C servo signal is connected to terminals S1 and S2. A 1000us – 2000us pulse controls speed and direction. 1500us is stop.</p>
	<p>Radio control, differential drive, exponential: An R/C servo signal is connected to terminals S1 and S2. The Sabertooth will autocalibrate the center and endpoints of the signal.</p>
	<p>Simplified Serial, 38400 Baud: A TTL level 8N1 serial data stream is connected to terminal S1. Control is with single byte commands. Motor 1: 1 is full reverse, 64 is stop and 127 is full forward. Motor 2: 128 is full reverse, 192 is stop and 255 is full forward.</p>
	<p>Packetized Serial, address 128: A TTL level 8N1 serial data stream is connected to terminal S1. Control is via a multi-byte packet.</p>
	<p>Lithium cutoff option: When switch 3 is in the down position (in any operating mode) the Sabertooth will shut down at 3.0V per cell. This protects lithium batteries from damage.</p>

Sabertooth features many more operating modes and options not shown here. For the full manual, please visit <http://www.dimensionengineering.com/>

AUTORÍA

Latacunga, Agosto del 2011

ELABORADO POR:

Pablo Andrés Bustillos Calvachi

C.I:050262416-6

Hemilton Vicente Veloz Nolivos.

C.I:1803215811-1

APROBADO POR:

Ing. Armando Álvarez S.

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO POR:

Dr. Eduardo Vásquez.

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO