

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

PROTOTIPO DE UN BASTON MOVIL PARA GUIA DE NO VIDENTES

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

KATHERINE PAOLA ESCUDERO VALLEJO

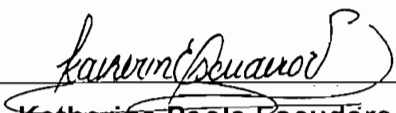
DIRECTOR: ING. NELSON SOTOMAYOR

Quito, Julio del 2001

DECLARACIÓN

Yo, Katherine Paola Escudero Vallejo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normatividad Institucional Vigente.


Katherine Paola Escudero Vallejo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Katherine Paola Escudero Vallejo, bajo mi supervisión.



Ing. Nelson Sotomayor O.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios, por dejarme sentir que está.

A mis padres y hermanos por creer en mi.

A la Escuela Politécnica Nacional, y con ello a todos los que día a día dan su mejor esfuerzo para hacerla más grande, en especial al Ing. Nelson Sotomayor por su acertada dirección y la paciencia y esfuerzo brindados en la elaboración del presente proyecto.

Finalmente a todas las personas y amigos que de una u otra manera me brindaron siempre su apoyo.

DEDICATORIA

A mis padres, Freddy y Zoila por su sacrificio e incondicional apoyo.

A mis tíos, Sergio y Ximena por estar siempre y brindarme su ayuda.

Gracias a ustedes este sueño pudo ser realidad.

CONTENIDO

	PAG.
RESUMEN	iii
PRESENTACIÓN	iv
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS BASICOS	2
1.1 El Bastón para Ciegos	2
1.2 Ayudas Electrónicas de Traslado	4
1.2.1 El Bastón Guía	5
1.2.2 El Bastón Láser	7
1.2.3 Sensor Mowat	8
1.2.4 El Detector de Obstáculos Nottingham	9
1.2.5 Russell Pathsounder	10
1.2.6 Ayuda Sónica Bimaural	11
1.2.7 Trisensor (Kaspa)	12
1.2.8 Miniguide. Ayuda Móvil Ultrasónica	13
1.2.9 Sistema Voice	14
1.2.10 Ayuda Visual	15
1.2.11 Sistema Portátil de Navegación.	16
1.2.12 Signos Parlantes	16
1.2.13 El Sistema Sona	17
1.2.14 Sistema de Percepción de Contornos Konwa	17
1.2.15 Sistema TVSS	17
1.2.16 El Sistema Solenoide 64	18
1.2.17 Signos de Hablado	18
1.3 Ayudas de Navegación Global para Ciegos	19
1.3.1 Movilidad Personal de Adaptación para personas débiles y ancianos ciegos (PAM – AID)	20
1.3.2 El Navbelt	22
1.3.3 El Navchair	24

Capítulo 2: ENSAMBLAJE DEL PROTOTIPO	28
2.1 Sensores de Ultrasonido	29
2.2 Acondicionamiento de Sensores de Ultrasonido	31
2.2.1 Amplificación	34
2.2.2 Rectificación	35
2.2.3 Interfaz a Nivel TTL	36
2.3 Control de Motores	39
2.4 Sistema Microprocesado	42
2.4.1 Microcontroladores PIC	43
2.4.2 Descripción de la Tarjeta del PIC	45
2.5 Control Manual	50
2.6 Resultados	55
Capítulo 3: PROGRAMA DE CONTROL	58
3.1 Inicialización	59
3.2 Programa Principal	60
3.3. Subrutina Cargar	61
3.4 Subrutina Leer	61
3.5 Subrutina Movimiento	62
3.6 Subrutina Laterales	63
3.7 Subrutina Alarmas	64
3.8 Subrutina Retardo	65
3.9 Subrutina de Interrupción	65
3.10 Subrutina Control Manual	66
3.11 Subrutina Velocidad	66
3.12 Diagramas de Flujo	68
Capítulo 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
ANEXOS	

RESUMEN

Hasta hace unos pocos años una de las principales ayudas para las personas no videntes representaba la utilización de un perro guía, pero para esto era importante que el animal sea de muy buena raza y que esté debidamente entrenado, lo que necesariamente significa tiempo y dinero, pero definitivamente este método no está al alcance de la mayoría de las personas, entonces se trata de sustituir esta guía por simples bastones, las personas no videntes mediante un entrenamiento fuerte logran manejarse lo mejor posible para desenvolverse diariamente en sus diferentes actividades, esta forma de movilización cuando es dentro del mismo ambiente es una buena alternativa pero de todas maneras representa un alto riesgo el cual se incrementa si necesitan trasladarse por lugares que no conocen, como por ejemplo en un edificio, en las calles, etc.

En la actualidad la presencia de los robots móviles como una alternativa para la movilización de las personas no videntes, es un gran logro del avance tecnológico, cualquiera de éstos robots podrían inclusive manejarse mejor que un perro guía debidamente entrenado, este tipo de robots con la ayuda de diferente clase de sensores detectan obstáculos y mediante una adecuada programación encuentran trayectorias libres de obstáculos permitiendo que el usuario tenga la facilidad de movilizarse de una forma segura.

Hoy en día la tecnología, inclusive permite realizar la programación adecuada para determinar una trayectoria en la cual la meta está predefinida dando de esta manera aún más confianza al usuario, se tiene además la posibilidad de ir adquiriendo y actualizando datos de su ambiente de trabajo con el fin de construir los denominados mapas del medio ambiente.

Las ayudas manuales como por ejemplo la utilización de un joystick permite al usuario definir parámetros de direccionamiento, la velocidad a la que desea trasladarse y aun mejor una meta predeterminada.

El presente proyecto tiene como objetivo ensamblar un prototipo de robot móvil para ser usado como un sistema de guía para no videntes, el cual tendrá la capacidad de detectar obstáculos cercanos que se encuentren en su trayectoria dentro de su ambiente de trabajo, además se espera que el prototipo en caso de encontrar obstáculos decida sobre un camino alternativo, si es uno sólo, e informe al usuario si hay dos alternativas, para que él tome la decisión final.

Para cumplir con este objetivo se realizó un prototipo de robot móvil semiautónomo que tiene la capacidad de informar al usuario sobre problemas que se encuentran en su trayectoria. La información del ambiente de trabajo es recogida por sensores de ultrasonido, cuyas señales son adecuadamente acondicionadas para ser leídas por un microcontrolador en el cual se desarrolla el control integral del robot

PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se realiza el ensamblaje de un prototipo de Bastón Móvil para Guía de No Videntes, este prototipo ha sido desarrollado tomando en cuenta la gran importancia que hoy en día tiene los robots móviles especialmente cuando son utilizados para ayudar a los humanos con discapacidades físicas a desenvolverse segura y tranquilamente en su entorno habitual

El proyecto ha sido dividido en cuatro capítulos: En el capítulo uno se describe brevemente algunos prototipos que sirven como ayudas para no videntes empezando por el común bastón casero, algunas ayudas electrónicas e inclusive sistemas de ayuda como sillas autónomas que son utilizadas por minusválidos

La descripción detallada de los sistemas que conforman el prototipo tales como el sistema microprocesado, el acondicionamiento de sensores y control de los motores así como la forma en la que está ensamblado el prototipo se encuentra en el capítulo dos.

En el capítulo tres se describe detalladamente la estructura del programa de control del prototipo de bastón móvil desarrollado en lenguaje ensamblador para el microcontrolador PIC16F873.

Finalmente el capítulo cuarto contiene las conclusiones y recomendaciones que servirán como aporte para futuras investigaciones.

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS BASICOS.

Durante el paso de los años se ha tratado de dar una solución alternativa para las personas con discapacidades visuales, logrando no solamente ayudar de una manera relativa con el problema de traslado mediante la evasión de los obstáculos que se encuentren en su trayectoria, sino proporcionando seguridad y algo de bienestar tratando en este intento de llegar a la gran mayoría de usuarios

Existen por tanto diferentes tipos de ayudas para personas no videntes, empezando por un común bastón que si bien no proporciona una completa seguridad para el usuario, soluciona hasta cierto punto por lo menos el problema de evasión de obstáculos, o una ayuda con más posibilidades de guiar a la persona no vidente a trasladarse con mayor seguridad, como son los perros guía, los cuales debidamente entrenados cumplen adecuadamente con esta misión.

Sin embargo en la lucha por evitar los diferentes inconvenientes que proporcionan un bastón para ciegos o un perro guía y mediante el avance de la tecnología se ha ido implementado otro tipo de ayudas en este caso electrónicas para el traslado de las personas no videntes tratando en cada intento de suplir aún más las diferentes necesidades del usuario

En el resto del capítulo se realiza una breve descripción de algunas de las ayudas mencionadas anteriormente.

1.1 EL BASTÓN PARA CIEGOS

Es la ayuda más exitosa y ampliamente usada en el traslado de las personas no videntes. Se usa para detectar los obstáculos que se encuentran alrededor de la persona dentro del medio en el que se desenvuelve, este tipo de obstáculos son generalmente paredes objetos en la superficie, escalones, etc. El Bastón para ciegos es muy económico, liviano y pequeño, este puede ser plegado y guardado

en un bolsillo. Sus características principales, detección de la superficie, escalones y detección de obstáculos, constituyen una gran ventaja que se deben tomar en cuenta cuando el objetivo principal es la seguridad de las personas no videntes.

Para detectar la superficie los usuarios usualmente golpean su bastón contra el suelo mientras caminan y escuchan el sonido de las vibraciones resultantes que les revela la naturaleza de la superficie en la que se encuentran.

El bastón para ciegos es muy eficiente en lo que respecta a la detección de los escalones tanto para subir como los escalones para bajar. Un ejemplo muy común es aquel cuando detecta la grada al filo de una acera

La detección de obstáculos generalmente está basada en el contacto del bastón para ciegos con las diferentes superficies que están a su alrededor, esta característica comparada con el alcance que se puede conseguir mediante ayudas electrónicas en varias ocasiones resulta una desventaja.

La figura 1.1. presenta un esquema básico del bastón para ciegos



Figura 1.1. El Bastón Guía para Ciegos.

1.2 AYUDAS ELECTRÓNICAS DE TRASLADO

En los últimos tiempos se han introducido algunas ayudas electrónicas de traslado encaminadas todas directamente a perfeccionar la movilidad de los usuarios ciegos en términos de seguridad y velocidad. Este tipo de ayudas para traslado de personas no videntes pueden informar al usuario de la existencia de obstáculos, pero es éste quien debe encontrar su camino alrededor del obstáculo y hacia la meta deseada por sí mismo.

La mayoría de las ayudas electrónicas de traslados usan sensores de ultrasonido para la detección de obstáculos y envían una respuesta al usuario en forma de sonido, que concluirá en la decisión final de movimiento o evasión de algún obstáculo.

Estas ayudas se diseñan básicamente para lograr una comunicación continua con el usuario, de esta manera cada prototipo generalmente está constituido por sensores ultrasónicos que detectarán los obstáculos una alimentación directa a los sentidos auditivos que entregará información y una parte móvil que guiará al usuario por una trayectoria libre de obstáculos.

Los diferentes obstáculos son presentados ante la persona ciega en forma de sonidos a través de audífonos, lo que hace que el usuario imagine un punto sonoro que se encuentra delante de él, que con el tiempo y un poco de entrenamiento patrones y formas pueden ser correctamente determinados.

Algunas de las características no funcionales identificadas en las Ayudas Electrónicas de Traslado son:

Tomás Guerrero

El usuario debe repasar activamente el medio para detectar obstáculos, lo cual no es conveniente dependiendo del objetivo principal de este tipo de ayudas para personas no videntes, además de que consume una gran cantidad de tiempo y requiere la actividad constante del usuario y de esfuerzo consciente.

El usuario debe ejecutar medidas adicionales cuando un obstáculo es detectado, en el orden de detectar las dimensiones del objeto.

Una ruta debe ser entonces planeada alrededor del obstáculo y de nuevo consumo de tiempo y esfuerzo consciente lo que además produce un decremento de la velocidad del traslado.

Además un problema con las Ayudas Electrónicas de Traslado basadas en realimentación acústica es su interferencia, llamada máscara, con la habilidad de las personas discapacitadas para reconocer pistas del medio mientras escuchan.

1.2.1 EL BASTÓN GUÍA

Se basa en una formación de sensores de ultrasonido detectores de obstáculos, montados sobre una pequeña plataforma móvil compuesta por dos ruedas y el bastón. Utiliza un microprocesador 486 de 25 MHz. y 10 sensores de ultrasonido capaces de monitorear obstáculos en un rango de 120 grados cada uno.

Es un aparato diseñado para ayudar a las personas ciegas o visualmente disminuidas a movilizarse segura y rápidamente evitando obstáculos y otros peligros que enfrentan los transeúntes ciegos, este dispositivo además mide la posición del viajero relativa a una posición inicial conocida así como también su posición absoluta. La característica principal del bastón guía es su habilidad para guiar al usuario alrededor de obstáculos y finalmente llegar a una meta predeterminada.

Para la utilización del bastón guía, no es necesario que el usuario deba ser entrenado además una mala maniobra del mismo al reaccionar cuando el dispositivo ha detectado algún obstáculo puede ser evitada ya que la fuerza física del bastón guía ejercida sobre el usuario se incrementa hasta el punto en que ya no puede seguir caminando.

Todo esto es ejecutado sin la ayuda de motores y el equipo pesado de potencia asociado a estos.

El bastón guía usa el movimiento del usuario como fuente y direcciona este movimiento con un servomecanismo de pequeña potencia que necesita sobrellevar únicamente la fricción interna del mecanismo de dirección, y sólo durante las maniobras para evitar obstáculos. Es decir, cuando algún sensor detecta obstáculo el camino más adecuado es alrededor del mismo por lo tanto las ruedas son giradas, el usuario siente este cambio de dirección y lo sigue, después de evitar el obstáculo, el bastón brinda de nuevo al usuario la dirección deseada de viaje.



Figura 1.2 Un estudiante haciendo pruebas con el bastón guía.

Además el usuario dispone de un joystick con el cual selecciona la dirección de viaje, y entonces empuja el bastón hacia adelante, de esta manera el usuario

puede girar hacia la izquierda o hacia la derecha moviendo el joystick a la locación respectiva.

La segunda característica singular del bastón guía de llevar al usuario hacia una meta predefinida se lleva a cabo ya que el bastón guía puede generar rutas óptimas basadas en mapas internamente grabados, y evitando obstáculos en su camino.

1.2.2 EL BASTÓN LÁSER

El Bastón Láser C-5 fue introducido en 1973, [1]. Este dispositivo se basa en la triangulación óptica con tres diodos láser y tres fotodiodos como receptores.

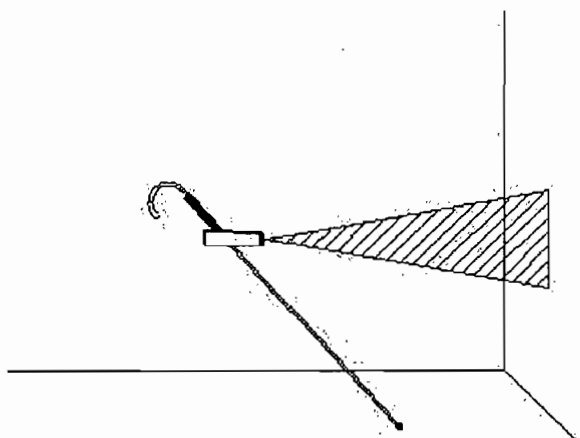


Figura 1.3 Emisión del láser del canal delantero.

El Bastón Láser posee tres canales de operación, cada uno contiene un haz del láser: un canal vertical, que detecta los obstáculos a la altura de la cabeza, sobre la cintura más de los 5.5 pies de altura, un canal delantero, que detecta los obstáculos directamente al frente, desde el extremo del bastón hasta el objetivo, en el rango de los 8 pies que puede ser seleccionado por el usuario, y un canal inferior que detecta las depresiones que se encuentran frente al usuario, es decir

los obstáculos que se encuentran por debajo de la cintura, bordillos de acera, escalones, etc..

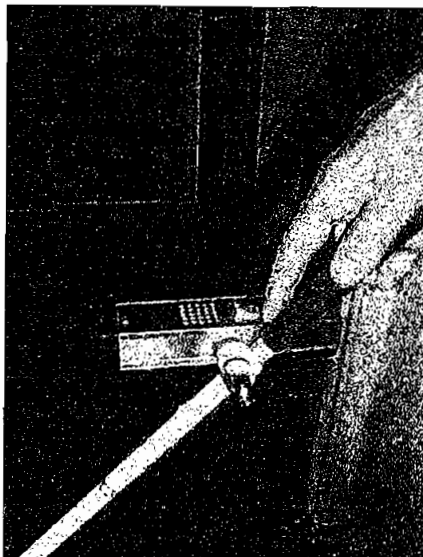


Figura 1.4. El Bastón Láser.

Se emiten tres tonos diferentes de sonido, uno correspondiente a cada rayo además una unidad de vibración para cada rayo delantero.

Un segundo dispositivo similar llamado el Bastón Láser Suizo, apareció en 1986, pero no obtuvo aceptación.

1.2.3 SENSOR MOWAT

El sensor Mowat es un dispositivo manual ultrasónico disponible comercialmente que informa al usuario la distancia, para detectar objetos a través de vibraciones táctiles..

En la figura 1.5., se muestra una fotografía del sensor mowat.

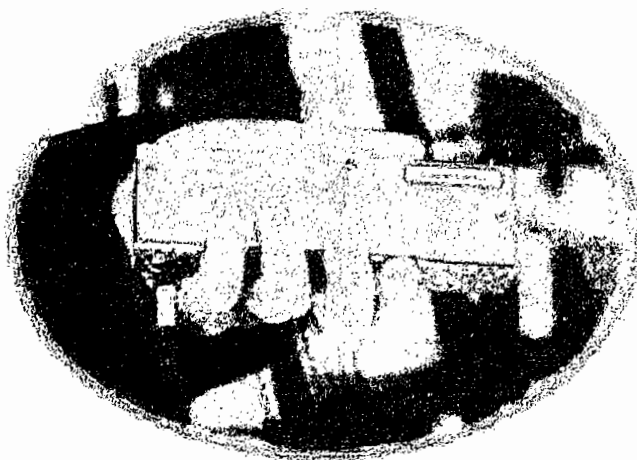


Figura 1.5. El Sensor Mowat.

El sensor mowat es un dispositivo pequeño, un tanto económico y de muy fácil uso, su funcionamiento básicamente consiste en la emisión un corto pulso de ultrasonido, éste dispositivo, transforma las vibraciones ultrasónicas en distancia. La frecuencia de vibración es inversamente proporcional a la distancia entre el sensor y el objeto. Cuando más cercano está el objeto es más fuerte la vibración. Para la máxima distancia a la que detecta un obstáculo 4 m se trabaja a una frecuencia de 10 Hz., y para la mínima 1 m a 40 Hz., entonces el usuario puede escoger la distancia para la detección de obstáculos en un rango de 1m a 4m.

El sensor Mowat es una ayuda secundaria, mientras que la primaria es un largo bastón o un perro, lazarillo.

1.2.4 EL DETECTOR DE OBSTÁCULOS NOTTINGHAM (DON)

El DON (Detector de Obstáculos Nottingham), es un dispositivo sonar manual que provee una realimentación auditiva que indica ocho niveles discretos de distancia por tonos musicales diferentes. El DON ha estado comercialmente disponible desde 1980

El sensor Nottingham informa al usuario de un obstáculo que se encuentra a una distancia entre los 4 pies y 8 pies, al igual que el sensor mowat, emite cortos pulsos ultrasónicos y la señal de salida es transferida a través de vibraciones, mayor frecuencia cuando el objeto está más cercano

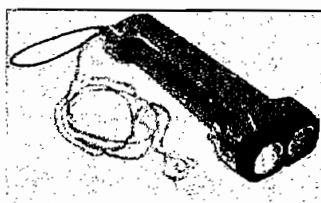


Figura 1.6. El Detector de Obstáculos Nottingham.

Este sensor puede ser usado por personas con discapacidad visual y auditiva, es pequeño y fácil de manejar.

1.2.5 RUSSELL PATHSOUNDER

El Pathsounder, o Explorador Sónico, es una de las últimas ayudas ultrasónicas de traslado que se utilizan actualmente. Un computador es montado sobre una banda para usar en la cabeza de la persona no vidente y es controlado por un sistema sonar que contiene tres receptores.

Cuando se presenta un obstáculo, notas de la escala musical son producidas progresivamente en tono, a medida que el usuario se acerca al obstáculo.

Si el pathsounder detecta un obstáculo a la izquierda o a la derecha el tono musical se produce de tal manera que es escuchado por el respectivo oído, mientras que un objeto directamente al frente produce un tono musical que puede ser escuchado por ambos oídos. Siempre se transmite la presencia del objeto más cercano, y en ausencia de obstáculos, el usuario es informado acerca de la proximidad de la línea de orilla.

El rango de detección de obstáculos del pathsounder está alrededor de los 8 pies de distancia.



Figura 1.7. El Pathsounder.- Explorador Sónico

1.2.6 AYUDA SÓNICA BIAURAL (GUÍA SÓNICA)

Esta ayuda de traslado, comercialmente conocida con la Guía Sónica, básicamente es una ayuda sensorial de reproducción de sonidos. Biaural porque se refiere a la reproducción de sonidos mediante micrófonos independientes.

Está constituido básicamente por un par de gafas (lentes) que contienen un emisor de ultrasonido y dos receptores izquierdo y derecho, cuyas señales son alimentadas separadamente al oído correspondiente, permitiendo que la localización del objeto sea determinada a través de audición binatural.

La diferencia de amplitud interaural resultante permite determinar la dirección de un eco incidente y por tanto de un obstáculo. La distancia a un obstáculo es codificada en la frecuencia del tono demodulado de baja frecuencia.

La calidad del sonido de salida además puede ser utilizada para identificar la superficie del objeto más próximo, esto es: sonido claro equivale a una superficie dura, sonido distorsionado equivale a una superficie tosca o rugosa.

Además se puede indicar que detecta a una distancia de más de 18 pies, con un tono diferente para cada distancia, cuando detecta la distancia más grande el tono es el más alto.

La Guía Sónica, no interfiere con una audición normal, los usuarios de este dispositivo reportaron niveles reducidos de estrés y un importante incremento en la seguridad en el traslado, además con un mejor entendimiento del medio.

Puede ser utilizado para enseñar desarrollo perceptual en niños y adolescentes ciegos.



Figura 1.8. Ayuda Sensorial de reproducción de sonidos Guía Sónica.

Sin embargo más adelante se determinó que la Ayuda Sónica Biaural es no conveniente para la detección de objetos bajos y pequeños como bordillos de acera y depresiones, entonces se debe usar en unión con un bastón o un perro guía, esta ayuda en muchas ocasiones podría resultar confusa para el usuario por la presentación de muchos detalles.

1.2.7 TRISENSOR (KASPA)

Conocido como Guía Sonora. (Sonic Guide TM), provee al usuario los medios para ver con la ayuda del sonido a través de una acción de observación activa, es decir mediante sonidos se va describiendo al usuario el entorno de su trayectoria. El dispositivo está montado sobre una banda manual para la cabeza de la persona ciega, con un sensor monaural de alta resolución, el cual es añadido con el fin de modular la función dual del ojo.

La producción de sonido estéreo es alimentada a los oídos mediante audífonos miniatura para producir inmediatamente una imagen neural dinámica en tiempo real del espacio del objeto, imagen descrita.

Posee un microprocesador controlado por un generador de alta resolución para la localización de los obstáculos, (múltiples objetos) en un campo visual de 90 grados.

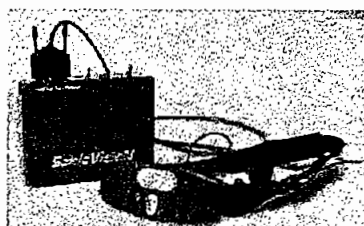


Figura 1.9 Trisensor KASPA

1.2.8 MINIGUIDE AYUDA MÓVIL ULTRASÓNICA

El miniguide representa un oportuno y versátil accesorio para la más tradicional ayuda móvil como es el bastón guía o el perro guía. Básicamente representa una ayuda secundaria, no se puede utilizar para remplazar a una guía principal.

El miniguide indica la presencia de un obstáculo mediante un tono de audio, el tono más alto indica la presencia del un objeto más cercano, el usuario es advertido del obstáculo mediante un audífono con ajuste de volumen, cuya presencia permite al dispositivo realizar una operación más discreta.

Además existe una versión táctil del miniguide es decir utiliza vibraciones para indicar la presencia de un obstáculo cercano.

Este dispositivo esta configurado para detectar obstáculos cada 2 m hasta 4 m dando al usuario la opción de escoger diferentes tonos musicales para indicar la distancia a la que se encuentra un obstáculo



Figura 1.10. El Miniguide.

1.2.9 SISTEMA VOICE

Este sistema convierte imágenes tomadas con una cámara de televisión estándar a patrones sonoros, en una imagen uno a uno, con el fin de realizar un mapa sonoro, pero a la vez se asegura la preservación de la imagen visual.



Figura 1.11. El sistema VOICE.

Cada imagen tomada es subdividida en 4096 pixels (64*64), y cada pixel puede ser una imagen de 16 tonalidades sólo de color gris, cada columna es entonces traducida a un sonido, el pixel superior se pone en la disposición más alta,

entonces el pixel del fondo o inferior es el más bajo dispuesto o ubicado, los pixeles intermedios se ubican en posiciones intermedias.

Una vez ubicados todos los pixels en sus respectivas posiciones, se suman, permitiéndose de esta manera ser escuchados simultáneamente.

Las imágenes o fotografías son tomadas y convertidas en sonido en intervalos de un segundo, esta imagen es escaneada de izquierda a derecha, produciendo el sonido de cada columna.

Existen otras ayudas que también utilizan sensores de ultrasonido pero no son completas por lo tanto no brindan al usuario mayor seguridad para trasladarse, como: un Ultrasonic Torch o Antorcha de ultrasonido, el Walkmate compañero de caminata etc., con características similares a los dispositivos anteriores pero que necesariamente deben ser usados como ayudas secundarias.

El lector interesado en profundizar más acerca de éstas y otras ayudas electrónicas para personas no videntes puede encontrar mayor información en [16].

Además existen ayudas que cumplen con el mismo objetivo pero utilizan otro tipo de sensores para su funcionamiento como son:

1.2.10 AYUDA VISUAL

A diferencia de las ayudas electrónicas de traslado descritas anteriormente este sistema no utiliza sensores de ultrasonido, es mucho más simple, para la detección de obstáculos emite ondas infrarrojas a través de pequeños LEDs de bajo costo, este sistema está montado en un par de gafas, y al igual que los dispositivos anteriores ante la presencia de un obstáculo envía un tono para indicar su estado al usuario.

El haz infrarrojo es angosto permitiendo de esta manera al usuario buscar un camino libre de obstáculos.

El usuario recibe la información del estado ante la presencia o no de un obstáculo a través de un par de audífonos.

1.2.11 SISTEMA PARLANTE PORTÁTIL DE NAVEGACIÓN (STRIDER)

Este sistema dirige mediante la palabra las necesidades de transportación de las personas visualmente impedidas, consiste en un sistema de posicionamiento global GPS y un receptor diferencial GPS, el cual se conecta a una computadora tipo notebook, computador personal.

El receptor GPS provee al sistema con la posición de latitud y longitud del usuario la cual después de procesarse, transmite la localización del usuario a través de un software de lenguaje, este prototipo está empacado en forma de una mochila. [13].

Para finalizar se cita brevemente otras ayudas de traslado para personas que están visualmente impedidas y que son representadas principalmente por robots, una computadora con cámara de video, montada generalmente en el mismo y alguna forma de dispositivo auditivo que además y como ya se anotó anteriormente son capaces de entregar al usuario mayor información del medio en el que se desenvuelven como por ejemplo:

1.2.12 SIGNOS PARLANTES

En los sistemas llamados apropiadamente Signos Parlantes, los transmisores son instalados en la vecindad de signos de orientación regular para el caso de las personas que si pueden ver. Las personas no videntes hacen uso de un receptor manual que recibe mensajes hablados de los transmisores fijos vía una luz infrarroja emitida.

El receptor entonces demodula el mensaje y le habla al usuario.

1.2.13 EL SISTEMA SONA

El sistema SONA es similar en propósito de orientación al sistema de los signos parlantes, fue introducido en 1984. Es un dispositivo muy sencillo que graba rutas globales, para al ser utilizado por la persona no vidente le lleve sin ningún riesgo a su destino, durante el aprendizaje este dispositivo registra cierta ruta con la ayuda de un pedómetro, los cambios direccionales son grabados manualmente.

El dispositivo guía al usuario a través de una secuencia previamente registrada.

1.2.14 SISTEMA DE PERCEPCIÓN DE CONTORNOS KONWA

El sistema de percepción de contornos KONWA utiliza los movimientos del usuario para permitirle una mejor orientación y reconocimiento de los objetos que se encuentran a su alrededor. Utiliza un sensor óptico el cual debe mover el usuario continuamente, este sensor, reduce un objeto a sus contornos o líneas externas, siendo ésta la información necesaria para el reconocimiento del objeto. Esta información es transferida al antebrazo del usuario mediante pulsos eléctricos, entonces básicamente dos pulsos débiles indican la línea de contorno y su dirección, mientras que dos pulsos más fuertes indican la dirección del objeto.

Mediante movimientos del antebrazo ante la presencia de un estímulo, se puede rastrear fácilmente un contorno, permitiendo de esta manera tener una imagen mental simple de la figura para luego ser desarrollada, el correcto funcionamiento de este dispositivo depende principalmente de la experiencia del usuario con el mismo.

1.2.15 SISTEMA TVSS

Este sistema de sustitución tacto-visual, convierte información visual dentro de una matriz patrón de vibraciones o estimulaciones eléctricas en contacto con la

espalda o el abdomen del usuario obtenida mediante una cámara manual o una cámara montada sobre unas gafas, estas vibraciones liberan corriente eléctrica la cual crea sensaciones en el usuario.

Los resultados que se obtienen al utilizar una cámara estacionaria son bajos en comparación con la cámara montada sobre las gafas, así mismo el usuario necesita tiempo para familiarizarse con el dispositivo se debe probar escaneando un grupo de objetos con el fin de distinguir características como señales de identificación.

1.2.16 EL SISTEMA SOLENOIDE 64

El Solenoide 64, Buscador – Desplegador para yemas de los dedos para personas ciegas, recepta información adquirida mediante una cámara, la cual es transmitida al dedo a través de variaciones en la estimulación, tomando como ventaja la capacidad de las personas ciegas de explorar con la yema de sus dedos.

Este dispositivo posee alta resolución espacial para mantener los elementos dentro de un arreglo espacial cerrado; más de dos sombras, una escala gris no solamente la escala de encendido y apagado; está controlado por un PC, en donde además se puede guardar en memoria las imágenes y seleccionarlas, mediante un mouse para examinarlas; no vibra, es cómodo, y con un excelente tiempo de respuesta.

1.2.17 SIGNOS DE HABLADO

Transmite información de señales impresas, utilizando un lenguaje en forma de audio, este tipo de señales son usadas por las personas sin discapacidad visual para orientarse; los signos de hablado constituyen para las personas con obstáculos o limitaciones para ver, lo que los signos impresos son para las personas que pueden leerlos, fuentes de información, estos dispositivos son

pequeños, no muy costosos, los transmisores son de voz modulada y los mensajes son escuchados mediante un receptor pequeño el cual transfiere el mensaje de los signos al usuario en lenguaje hablado, además le indica la dirección y las fuentes.

Cuando se ubica este dispositivo en lugares públicos, como estaciones de buses o de trenes, son usados además para transmitir cualquier tipo de mensaje referente al ambiente y la dirección, el usuario tiene el receptor y tiene la posibilidad de escoger el idioma, se los denomina Beacons y se puede setear 4 idiomas diferentes.

Se puede indicar además que la mayoría de las ayudas de traslado para personas incapacitadas visualmente funcionan más adecuadamente cuando son utilizadas desde muy corta edad.

1.3 AYUDAS DE NAVEGACIÓN GLOBAL PARA CIEGOS

Recientemente las últimas investigaciones están apuntando especialmente a un tipo de Ayudas De Navegación Global para propósitos de dirección y orientación segura. Una gran diferencia con los dispositivos anteriores es que además de detectar el obstáculo direccionan al usuario a una localidad deseada.

Para las Ayudas Globales de Traslado se podría usar una brújula de estado sólido y un sensor de distancia con radar, para medir y verificar la orientación y posición de una persona que camina.

Para este tipo de ayudas en general se ha basado la mayor parte de la investigación en el uso de computadores para procesar una imagen, permitiendo de esta manera dar mayor información al usuario. La mayoría de las investigaciones de este tipo mediante la combinación de forma color y movimiento tratan de dar una descripción audible de una imagen obtenida a través principalmente de cámaras.

En términos generales se puede determinar que cualquier robot móvil que evite obstáculos puede ser usado como guías para personas no videntes. Sin embargo robots móviles son inherentemente inconvenientes para tareas específicas de guiar a un transeúnte. La mayor limitación de un robot móvil anteriormente se debía específicamente a su tamaño y peso y a la dificultad que presentaban especialmente en la detección de escaleras y aceras.

Generalmente siempre se ha argumentado que la persona no vidente debe usar rampas y elevadores, los cuales existen en la mayoría de lugares públicos, pero no necesariamente en todos y definitivamente si se desea transportar por la calles debe cumplir con los requerimientos de detección aceras, y demás obstáculos.

A continuación se describen algunas ayudas de navegación global para ciegos.

1.3.1 MOVILIDAD PERSONAL DE ADAPTACIÓN PARA PERSONAS DÉBILES Y ANCIANOS CIEGOS. (PAM-AID)



Figura 1.12. El PAM-AID Ayuda para personas débiles visualmente impedidas.

El PAM-AID es un dispositivo móvil personal de adaptación para ayudar específicamente a personas débiles y además visualmente impedidos. Se empezó a construir en 1996 por Gerard Lacey [14] y fue probado en casas residenciales para visualmente impedidos de Irlanda, el Reino Unido, y Suecia. Utiliza la tecnología de la automatización industrial para el desarrollo de prototipos móviles y de esta forma permitir a los usuarios retener su autonomía personal.

El sistema usa sensores para detectar el tipo de corredor alrededor del robot y describe los mismos usando mensajes de voz. En resumen el sistema guía al usuario lejos de posibles colisiones potenciales.

El robot posee tres modos de operación:

Control Humano.- Se emite una advertencia cuando un obstáculo es detectado e interviene un control automático si hay peligro severo.

Control No Supervisado.- El sistema navega sin supervisión evadiendo obstáculos automáticamente.

Control Compartido.- El sistema hace pequeños ajustes para minimizar el riesgo de una posible colisión.

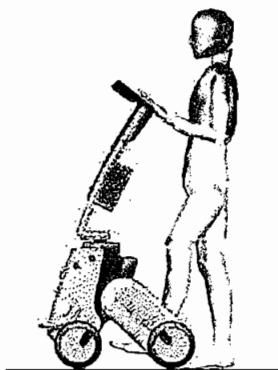


Figura 1.13. El PAM-AID. Vista lateral

1.3.2 EL NAVBELT

Durante los últimos años se ha dirigido la investigación activa a la aplicación de tecnologías sobre robots móviles que eviten obstáculos para dispositivos que asistan a los discapacitados. En 1989 se desarrolló el concepto del Navbelt. [1].

El Navbelt es un dispositivo portátil equipado con sensores de ultrasonido y además una computadora. Este sistema puede generar pistas de audio direccionales que pueden guiar al discapacitado a través de obstáculos densamente alborotados.

Un prototipo de este sistema fue construido y probado dentro del laboratorio de la Universidad de Michigan como parte de una tesis.

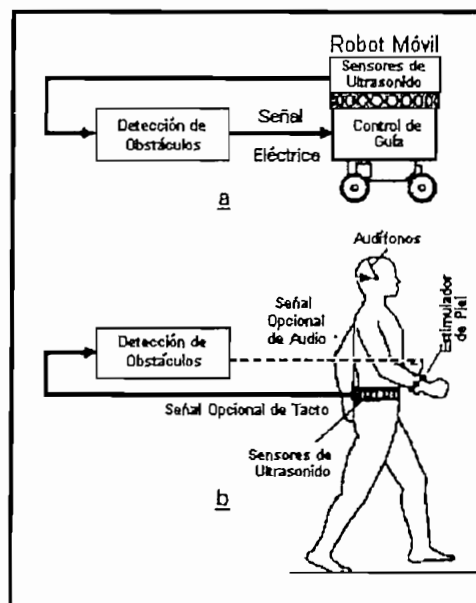


Figura 1.14. Control y Ubicación de los Sensores en el Nabvelt.

El Navbelt posee dos modos de operación:

1. En el modo imagen, el Navbelt produce una vista de 120° de amplitud de los obstáculos que se encontraban frente al usuario, como una imagen de una pantalla de radar, esta imagen es entonces traducida en series de pistas de audio (estereofónicas) direccionales con las cuales el usuario puede

determinar cual de las direcciones está bloqueada por obstáculos y cual de las direcciones está libre para trasladarse.

El problema con este método reside en el hecho de que un considerable esfuerzo consciente es requerido para comprender las pistas de audio.

Debido a la lenta respuesta resultante en el tiempo los sujetos de prueba no pudieron trasladarse a una velocidad más rápida de 0.3 m/s (1 pie/seg) aproximadamente. Y con este nivel marginal de ejecución se requieren decenas de horas de tiempo de entrenamiento.

2. El otro modo de operación es llamado el modo de conducción. En este modo se asume que el sistema conoce la posición momentánea del usuario y la localidad del objetivo.

Bajo éstas condiciones, el Navbelt necesita generar una única señal (ancho de banda pequeño) que indica la dirección de viaje recomendada.

Es mucho más fácil seguir esta señal, con velocidades de 0.6 – 0.9 m/seg (2 – 3 pie/seg). El gran problema es que en realidad el sistema no puede conocer la posición momentánea del usuario.



Figura 1.15 El Nabvelt.

1.3.3 EL NAVCHAIR

El NAVCHAIR ha sido desarrollado para reducir los requerimientos de operación de una potencial silla de ruedas utilizada por personas con un amplio rango de discapacidades que limitan su acceso para una completa movilidad. Esta basado en un sistema de una silla de ruedas comercial con la adición de un sistema computarizado basado en sensores ultrasónicos y un módulo de interface interpuesto entre el joystick y el módulo de potencia de la fuente de poder de la silla de ruedas.

Las rutinas para evitar obstáculos usadas por el navchair en unión con los sensores ultrasónicos son modificaciones de los métodos originalmente usados en investigación sobre robots móviles.

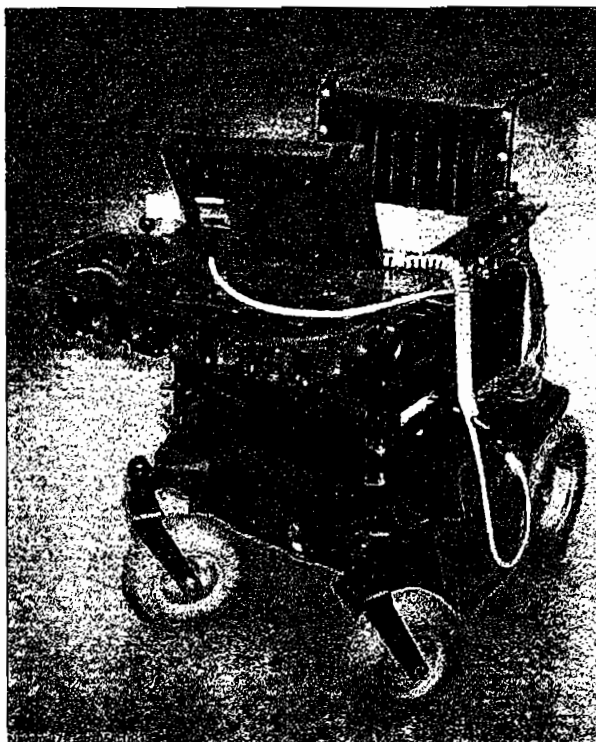


Figura.1.16. Navchair sistema de ayuda de navegación para sillas de ruedas.

El navchair actualmente emplea tres modos de operación:

- Evitar obstáculos en general
- Pasar puertas
- Seguimiento automático de paredes

Resultados de la ejecución de pruebas de estos tres modos de operación demuestran su funcionalidad, adicionalmente y avanzando en la tecnología de sillas de ruedas inteligentes el navchair tiene aplicación en el desarrollo y prueba de los sistemas donde el ser humano y la máquina automáticamente pueden adaptarse a las necesidades humanas.

La silla de ruedas puede ser utilizada además por personas que tienen dificultad o que definitivamente se les hace imposible manejarla debido a discapacidades motoras sensoriales de percepción o de conocimiento.

El navchair comparte las decisiones del control del vehículo con el operador de la silla de ruedas ofreciéndole: evitar obstáculos, una segura aproximación de los objetos, mantener una ruta en línea recta, y otras características de navegación, para reducir los requerimientos motores o de conocimiento al operar una silla de ruedas.

Para adaptarse a las diferentes necesidades del usuario se le ha dado al navchair tres niveles de operación, en el primer nivel el usuario es responsable del planeamiento de la ruta y de la mayoría de responsabilidades de navegación mientras que la silla se restringe a responsabilidades menores de navegación y a evitar colisiones; este nivel de operación trabaja bien con métodos de entrada continua tal como un joystick, pero es menos recomendado para métodos discretos tal como el control de voz.

Un segundo nivel requiere de control adicional del navchair y el sistema debe realizar algunas de las decisiones del planeamiento de la ruta. Este nivel de ayuda puede ser apropiado para aquellos con discapacidades motoras más severas, (daños de alto nivel en la espina dorsal o parálisis cerebral).

Un nivel más alto es necesario cuando indica el objetivo de destino y el navchair planea completamente la ruta y navega hacia su destino. Un buen ejemplo de un usuario que requiere de este nivel de ayuda puede ser una persona con discapacidad motora que requiere de una potente movilidad y que además es ciega.

La meta al desarrollar el navchair es tratar de proveer a los usuarios de un nivel apropiado de ayuda de navegación que les permita operar independientemente una silla de ruedas.

En el siguiente capítulo se describe con detalle al prototipo de bastón móvil como guía para no videntes que se ensambló, el tipo de sensores que se utiliza las tarjetas de acondicionamiento, funcionamiento y control de los motores y el sistema microprocesado utilizado.

ENSAMBLAJE DEL PROTOTIPO.

En el presente trabajo se ensambló un robot móvil diseñado especialmente para ayudar a las personas no videntes a trasladarse segura y eficientemente evitando los diferentes obstáculos que se encuentran el medio en el cual se desenvuelven inclusive salvar a dichas personas de situaciones peligrosas a las cuales podrían enfrentarse.

Una de las características principales del Bastón Móvil para No Videntes es la de permitir al usuario controlar al prototipo manualmente indicándole mediante un teclado la trayectoria que desea tomar, éste ejecutará la acción dependiendo si existe o no obstáculos .

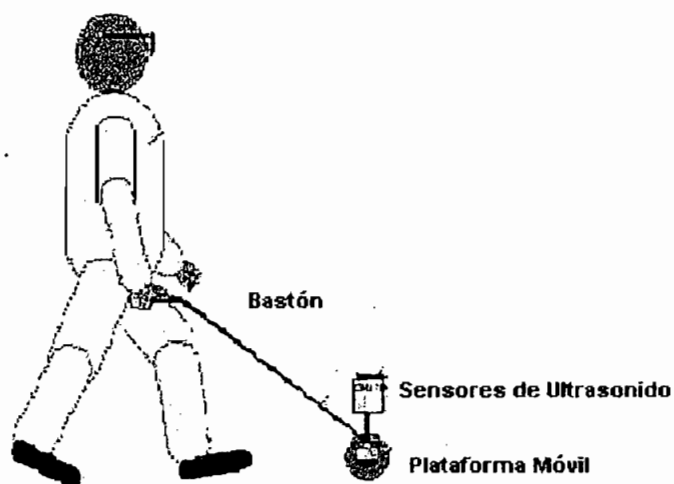


Figura 2.1. Bastón Guía para no Videntes

Una singular característica del prototipo de Bastón Móvil para No Videntes es la habilidad para activamente conducir al usuario a través de una trayectoria evitando los obstáculos que se encuentran a su alrededor, se usa el término conducción activa para describir el hecho de que el bastón aplica una fuerza física en el usuario que lo lleva en la dirección apropiada ante la presencia de obstáculos. Cuando existen varias alternativas, el usuario tomará la decisión final.

Debido a las ayudas para navegación existentes tanto para su movimiento mediante ruedas y el control de pequeños motores DC, la utilización de sensores para la detección de obstáculos y su comunicación con el usuario mediante diferentes alarmas, la persona que va a emplear el robot móvil no requiere de un entrenamiento severo sólo un poco de atención.

Las condiciones establecidas para el funcionamiento del bastón móvil permite al usuario elegir una trayectoria adecuada y ante la realización de una mala maniobra, que éste no pueda seguir caminando, simplemente el bastón móvil se parará hasta que el usuario nuevamente establezca las condiciones de inicio, cuando la trayectoria esté libre de obstáculos.

El Prototipo de Bastón Móvil para Guía de No Videntes tiene como objetivo principal evadir los obstáculos que se encuentran dentro del medio ambiente en el que se desenvuelve, y para cumplirlo es necesario que el prototipo pueda determinar si existen o no obstáculos en su trayectoria, esto realiza mediante la ayuda de sensores de ultrasonido, cuyas señales ingresan a un microcontrolador, dispositivo que es el encargado de realizar el control global del prototipo.

2.1 SENSORES DE ULTRASONIDO

El término ultrasonidos significa vibraciones mecánicas de un medio material similares a las ondas sonoras pero a una frecuencia superior a 20 kHz, éstos se producen en forma natural o artificial y no son perceptibles por el oído humano.

Los sensores de ultrasonido se basan en la emisión de un pulso de ultrasonido, cuyo campo de acción, es de forma cónica. Con ellos midiendo el tiempo entre la emisión del pulso y la percepción del eco se puede establecer la distancia a la que se encuentra algún obstáculo, que ha producido la reflexión de la onda sonora.

Debido a esta particularidad se utiliza ampliamente sensores basados en esta técnica tanto en la industria, la medicina, investigaciones físicas, aplicaciones más sofisticadas de automatización y control como: control de posición, control de tamaño, control de nivel, para la detección de obstáculos en sistemas de localización, modelación del medio ambiente, medición de distancias, detección de movimiento, etc. Dentro de la medicina, es muy utilizado para realizar análisis de las diferentes partes internas del cuerpo (imagen ecografía y terapia) [4].

Las tecnologías basadas en ultrasonidos han estado siempre relacionadas con el área profesional de la ingeniería electrónica, y un amplio campo de aplicación es la robótica. Tanto en la actualidad como anteriormente muchos robots móviles han utilizado sensores de ultrasonido para realizar tareas de navegación por el entorno como por ejemplo: evitar obstáculos, seguir paredes, atravesar puertas, etc. Las razones de su utilización son numerosas y entre ellas cabe destacar su bajo costo, velocidad de procesamiento, fácil implementación del circuito de acondicionamiento y una más que aceptable precisión.

Generalmente se asocia robots móviles en aplicaciones como: procesos industriales, de vigilancia, aplicaciones de exploración espacial, etc., y adicionalmente dependiendo de su capacidad de movilidad y manipulación, en actividades de la vida común, así como también para beneficio social directo como la asistencia a personas con discapacidades, siempre y cuando exista una buena comunicación entre el robot y las personas.

Los sensores de ultrasonido utilizados en el presente proyecto están constituidos por un par transmisor – receptor con las siguientes características:

Frecuencia 40 kHz \pm 1.0 kHz

Capacitancia 2000 pF \pm 20%

Transmisor:

Ancho de Banda: 5.0 kHz / 100 dB

Nivel de Presión: 112 dB/40 \pm 1 kHz

(0 dB + 0.0002 ubar) / 10 V SN / 30 cm/min

Receptor:

Ancho de Banda: 5.0 kHz @ -75 dB

Sensibilidad: 67 dB/40 kHz \pm 1.0 kHz

(0 dB vs 1V ubar) R= 3.9 k Ω .

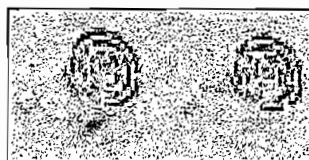
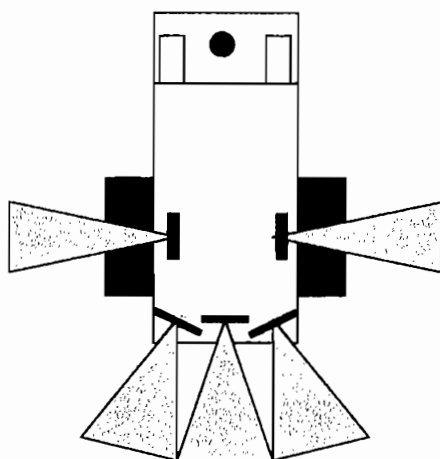


Figura 2.2. Sensores De Ultrasonido. Par Receptor-Transmisor.

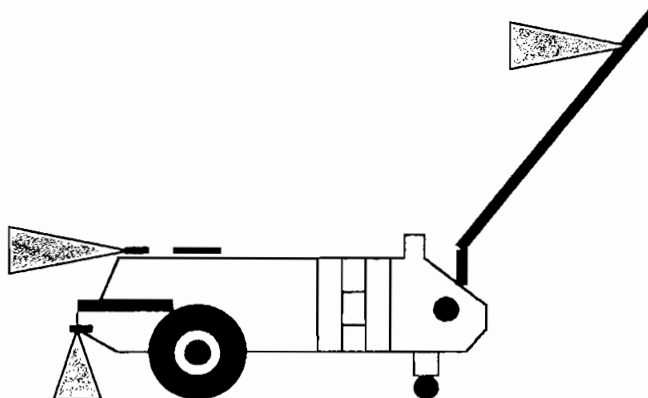
2.2 ACONDICIONAMIENTO DE SENSORES DE ULTRASONIDO

En esta aplicación para acondicionar los sensores de ultrasonido se utiliza la técnica de impulso – eco ya que este método es muy eficaz para detectar obstáculos. Su principio de funcionamiento se basa en un generador de ultrasonido, que emite una señal que se propaga en el medio ambiente y es reflejada por el objeto que se interponga, para luego ser detectada por el receptor de ultrasonido. Tomando en cuenta este principio de funcionamiento se necesita una señal ultrasónica de una frecuencia apropiada y el acondicionamiento adecuado para la señal que recibe al receptor de ultrasonido.

En el prototipo se colocó siete pares transmisor – receptor de sensores de ultrasonido ubicados como se muestra en la siguiente figura 2.3.



(a). Vista Superior



(b). Vista Lateral

Figura. 2.3. Disposición de los Sensores de Ultrasonido

Los transmisores para oscilar necesitan una señal de $40 \text{ kHz.} \pm 1 \text{ kHz.}$, la cual es generada por un microcontrolador. Esta señal de oscilación ingresa a los siete transmisores al mismo tiempo, razón por la que se hace necesario una etapa de amplificación anterior a cada transmisor, a continuación se muestra el diagrama de bloques del oscilador de ultrasonido y el circuito implementado.

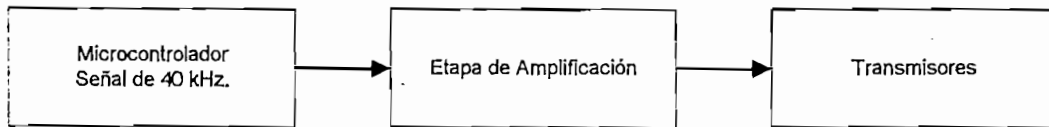


Figura 2.4. diagrama de Bloques del generador de ultrasonido.

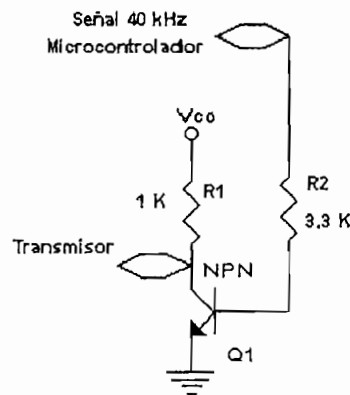


Figura 2.5. Circuito implementado para cada transmisor.

El circuito de acondicionamiento de la señal receptada encargado de entregar la información de la presencia o no de obstáculos al microcontrolador tiene de manera general tres etapas, que son: amplificación, rectificación, y finalmente una interfaz que coloca a la señal en niveles lógicos TTL para que sean entendidos adecuadamente por el microcontrolador.

Las señales de cada sensor ya en un nivel lógico TTL se conecta directamente al microcontrolador a excepción de las señales de los sensores adelante ubicados a cada lado, que se conectan en un solo pin a través de una compuerta NAND.

La figura 2.6. muestra el diagrama de bloques del circuito de acondicionamiento.

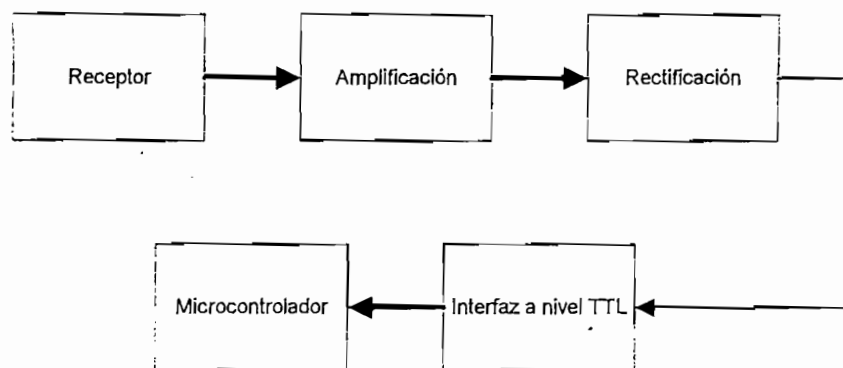


Figura 2.6. Diagrama de Bloques del Receptor de Ultrasonido

A continuación se hace una descripción más detallada de cada una de las etapas del circuito de acondicionamiento para el receptor de ultrasonido.

2.2.1 AMPLIFICACION

La señal que entrega el receptor de ultrasonido es sinusoidal, de la misma frecuencia que la señal transmitida pero de muy pequeña amplitud, por lo que, para ser utilizada es necesario amplificarla, esta amplificación se la realiza en dos etapas como se aprecia en la figura 2.7.

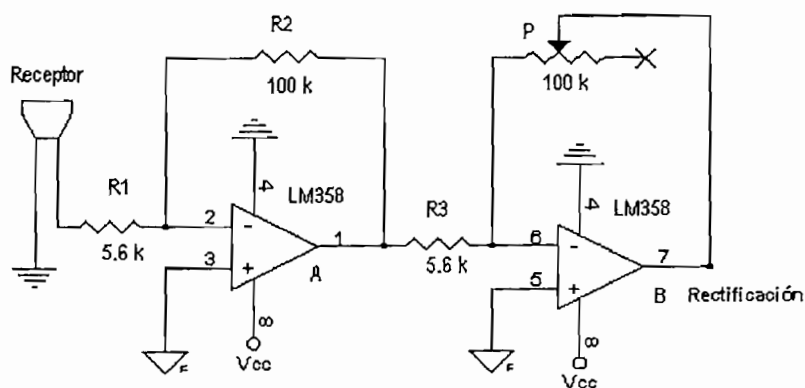


Figura 2.7. Etapa de amplificación

La primera etapa de amplificación tiene una ganancia constante dada por la relación:

$A_1 = -\frac{R_2}{R_1}$ con la que se obtiene una ganancia de 17.85 mientras que la segunda

etapa de amplificación tiene una ganancia variable dada por: $A_2 = -\frac{P}{R_3}$

controlada por un potenciómetro P, el cual permite calibrar la distancia de reacción de los sensores, consiguiendo una amplificación adicional de hasta 17.85 cuando el potenciómetro esta en el límite máximo.

Entonces al final de esta etapa se tiene una amplificación de hasta 318.87 veces la señal que llega al receptor del sensor de ultrasonido.

2.2.2 RECTIFICACION

La segunda etapa permite que la señal amplificada que se obtiene a la salida sea rectificadora positiva y tenga el nivel de voltaje adecuado, mediante un circuito doblador de tensión implementado por diodos rectificadores como se observa en la figura 2.8 una red RC en paralelo se incluye en el circuito rectificador para obtener un retardo que estabiliza la señal DC obtenida.

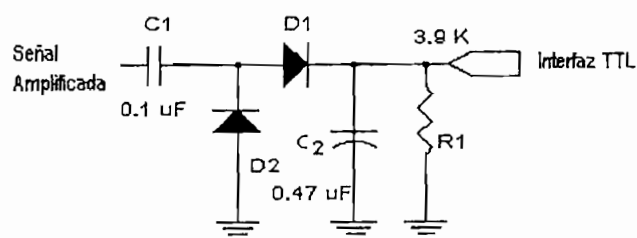


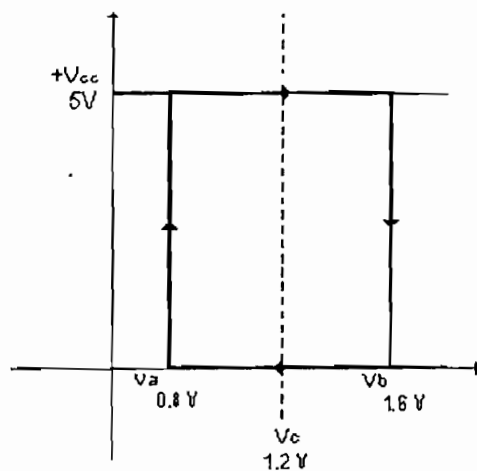
Figura 2.8. Etapa de Rectificación.

2.2.3 INTERFAZ A NIVEL TTL

La señal una vez rectificadada no tiene el nivel de voltaje DC adecuado como para que el microcontrolador pueda diferenciar la presencia o no de obstáculos con dos niveles lógicos diferentes. Entonces es necesario colocar una interfaz que transforme los niveles de voltaje obtenidos en niveles lógicos TTL, de tal manera que el microcontrolador pueda establecer un correcto funcionamiento del prototipo.

Estos niveles se logran haciendo pasar la señal por un comparador en base a un Disparador de Smith el cual forma una ventana de histéresis, que determina los niveles lógicos TTL, tanto para la presencia o no de obstáculos, además establece un tiempo en el cual la señal resultante se encuentra estable y es leída correctamente por el microcontrolador.

La figura 2.9. muestra la ventana de histéresis con los niveles de voltaje DC que se debe transformar en niveles lógicos TTL. Las relaciones que se consideran para el cálculo de los límites de la misma se muestran a continuación.



$$V_b = 1.6V \quad V_c = 1.2V \quad V_a = 0.8V$$

$$V_a = -\frac{R_1}{R_2} E + V_c$$

Figura. 2.9. Ventana de Histéresis. Relaciones

El diagrama del circuito implementado se indica en la figura 2.10.

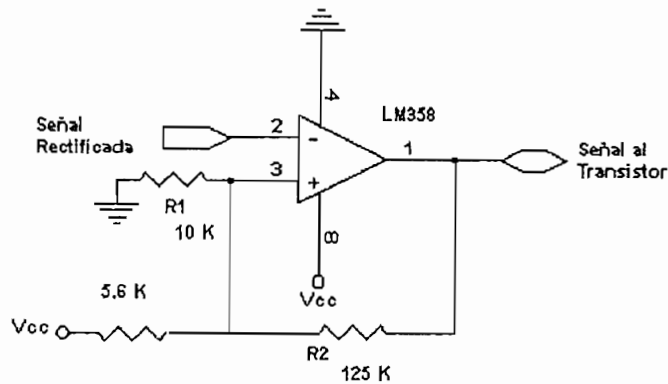


Figura. 2.10. Disparador de Smith

Finalmente la interfaz de acoplamiento con el microcontrolador termina mediante un circuito de amplificación de corriente, en el cual, el transistor de señal que trabaja en corte y saturación entrega al microcontrolador un dato bien definido, con las condiciones de corriente requeridas.

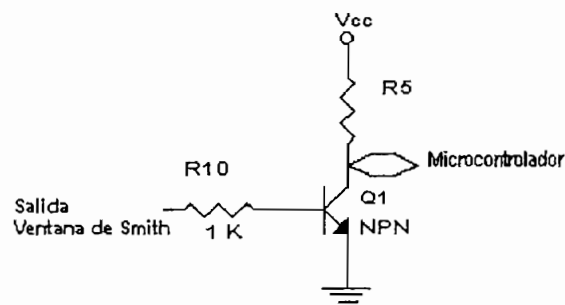
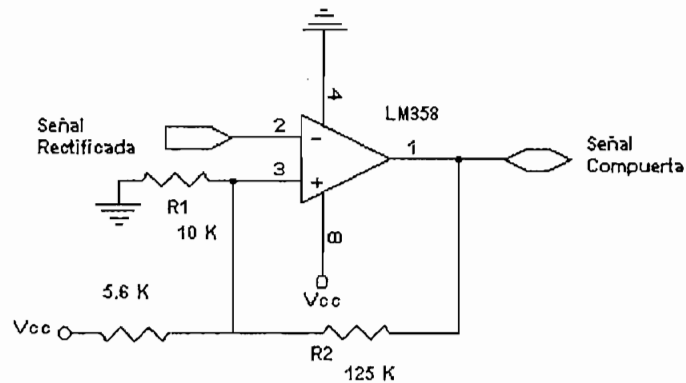
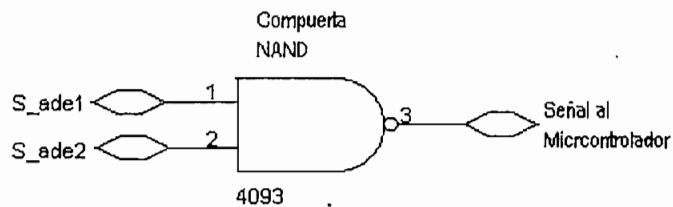


Figura 2.11. Amplificación de corriente.

Debido a que los sensores delanteros del lado izquierdo y del lado derecho ingresan al mismo pin del microcontrolador, se realizó un OR lógico de las señales entregadas por éstos sensores, mediante la utilización de una compuerta NAND como se indica en la figura 2.12.(b).



(a).



(b).

Figura 2.12. (a). Circuito sensores adelante laterales. (b). Circuito OR lógico, compuerta NAND

La implementación de los circuitos de acondicionamiento incluyen LEDs indicadores del estado de los sensores, cuya finalidad principal es la de calibrar la distancia a la que deben funcionar, se coloca uno para todos los sensores ubicados adelante, incluidos el sensor del bastón y el de cambio de nivel de la superficie, y otro par para los sensores laterales, izquierdo y derecho.

Estos LEDs se encienden cuando los sensores detectan obstáculos, a excepción del sensor de abajo que enciende el LED cuando hay un cambio en el nivel de la superficie.

2.3 CONTROL DE LOS MOTORES

El prototipo de robot móvil desarrollado como guía de no videntes para una adecuada navegación debe cumplir con las necesidades del usuario, en cuanto a su movilización, para esto es necesario tener un control tanto de la velocidad manipulada por el mismo, según sea el caso requerido, así como también la inversión de giro, tanto en forma manual sugerido por el usuario, como automáticamente ante la presencia de obstáculos.

La plataforma móvil está manejada por dos motores de corriente continua los cuales tienen un funcionamiento independiente el uno del otro y están alimentados por una batería recargable de + 6V. Debido a que los motores funcionan independientemente, su sistema de navegación de tracción diferencial [1] permite realizar las tareas básicas de navegación como movimiento adelante, inversión de giro tanto a la derecha como a la izquierda variando únicamente los contactos de dos relés, uno para cada motor.

La tabla a continuación indica los modos de operación de los motores para la inversión de giro dependiendo de la actuación o no de las bobinas de los relés.

Tabla. 2.1. Movimiento del prototipo de acuerdo al control de los relés.

RELE 1 RA1	RELE 2 RA5	Movimiento
1	1	Adelante
1	0	Izquierda
0	1	Derecha
0	0	Atrás

La conexión y desconexión de los relés para cada modo de operación descrito anteriormente es controlada por un microcontrolador. Tomando en cuenta que si el prototipo va a ser utilizado para guiar a una persona con incapacidad visual, no se estima necesario movimiento hacia atrás.

El control de velocidad se realiza mediante una configuración de un Convertor DC/DC reductor (chopper reductor) cuyo esquema se indica en la figura 2.13.

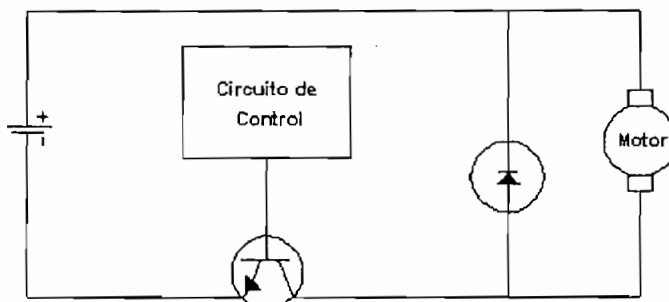


Figura 2.13. Convertor DC/DC Reductor.

El convertor DC/DC se utiliza esencialmente para convertir una entrada de voltaje DC no regulada a una salida de voltaje DC regulada controlada hasta a un nivel adecuado.

El diagrama de bloques indica un sistema de convertor DC/DC.

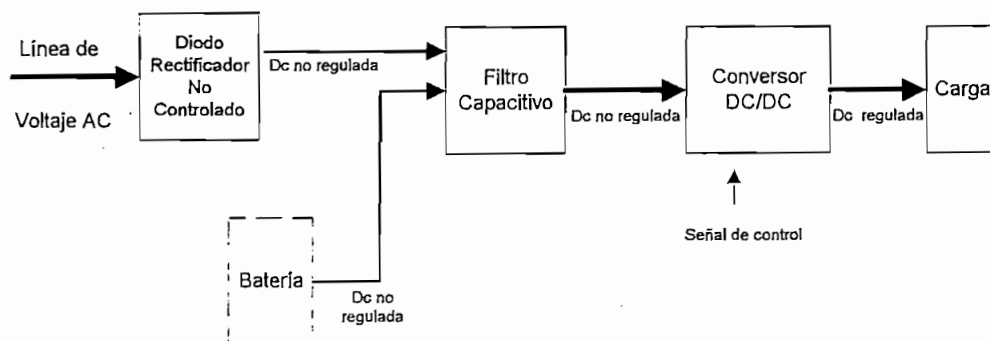


Figura 2.14. Sistema del convertor DC/DC.

generada por el microcontrolador de acuerdo a los requerimientos del usuario.

Variando el ancho de pulso de la señal PWM se obtiene el cambio de la velocidad de los motores, ésta variación se realiza a través de un potenciómetro manipulado por el usuario, y que forma parte de un divisor de voltaje cuya señal ingresa a un conversor análogo - digital interno del microcontrolador. La descripción más detallada del funcionamiento e implementación de ésta parte se realiza en la sección correspondiente al control manual.

Para la inversión de giro cada relé que controla los motores tienen una bobina que se excita con una tensión de 5 V. y son controlados por los pines RA1 y RA5 del microcontrolador. El cambio de giro de los motores además se realiza con corriente circulante por lo que es necesario la utilización de una configuración de diodos de recuperación rápida para dar un camino alternativo a la corriente durante la conmutación. El circuito implementado se muestra en la figura 2.15.

2.4 SISTEMA MICROPROCESADO

La vida moderna exige que los objetos de uso cotidiano sean de tamaño reducido y de mayor funcionalidad, para los sistemas electrónicos de una manera especial éstos requerimientos, cada vez se vuelven una necesidad apremiante.

La integración de los sistemas, la necesidad de nuevos dispositivos controladores, la proliferación de aparatos portátiles etc., han llevado a que los fabricantes de componentes electrónicos encaminen más esfuerzos para el desarrollo de elementos más pequeños, más versátiles y más baratos.

Un microcontrolador es un circuito integrado que posee todas las características de un computador completo, y que es programado para que cumpla una tarea determinada a muy bajo costo.

2.4.1 MICROCONTROLADORES PIC

Los microcontroladores PIC utilizan una arquitectura para el procesador Harvard, en esta arquitectura el CPU separa la memoria de programa de la memoria de datos, es decir se tiene un bus independiente para cada una, y por lo tanto el CPU puede acceder a las dos memorias simultáneamente, además posibilita que las instrucciones y los datos posean longitudes diferentes.

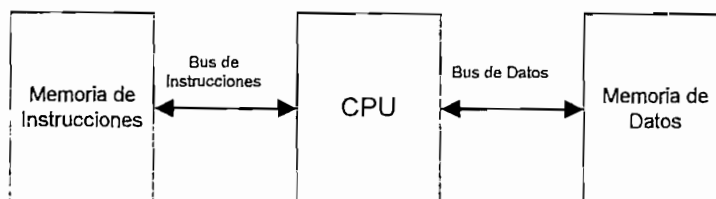


Figura. 2.16. Arquitectura Harvard.

Para el caso de los microcontroladores PIC la memoria de programa es interna ya que se encuentra en forma de EPROM o FLASH dentro del propio PIC, se aplica además la técnica de segmentación "pipe - line" en la ejecución de las instrucciones, esta técnica de segmentación permite al procesador realizar al mismo tiempo la ejecución de una instrucción y la búsqueda del código de la siguiente, lo que hace posible que cada instrucción se realice en un ciclo de máquina. Sin embargo las instrucciones de salto se realizan en dos ciclos de máquina debido a que no se conoce la dirección de la siguiente instrucción hasta que no se haya completado la de bifurcación.

Los microcontroladores PIC poseen un procesador de arquitectura RISC, Computador de Juego de Instrucciones Reducido para los de la gama PIC16F8XX se dispone de un repertorio de 35 instrucciones, todas ortogonales es decir cualquier instrucción puede manejar un elemento de la arquitectura como fuente o como destino. Además todos los elementos del sistema como temporizadores; puertos de entrada/salida posiciones de memoria etc., están implementados como

registros, los cuales igualmente pueden direccionarse tanto directa como indirectamente

Todas éstas características combinadas en un empaquetado pequeño con un alto nivel de integración reduce notablemente la cantidad de elementos externos y los costos de desarrollo, mejora el desempeño del sistema, reduce la interferencia electromagnética, minimiza el consumo de potencia y agiliza el tiempo de realización.

La posibilidad de combinar las características RISC con una arquitectura Harvard de bus – dual para procesamiento simultáneo, set de instrucciones compatible y una gran variedad de periféricos, permite al usuario ajustar la utilización de los microcontroladores PIC de la mejor manera a las necesidades de los sistemas actuales.

Para el desarrollo del prototipo del bastón móvil, se utiliza un microcontrolador PIC 16F873, el cual posee las características generales de los microcontroladores PIC descritas anteriormente y además las siguientes características específicas:

- Memoria de programa interna tipo FLASH de 4K de longitud con 14 bits de palabra, es una memoria no volátil de bajo consumo que se puede borrar y escribir igual que una memoria EEPROM pero de mayor capacidad. Cabe indicar que la memoria EEPROM a diferencia de la memoria EPROM no necesita de una luz ultravioleta para ser borrada.
- Se utiliza la opción del oscilador XT de cristal normal de 20 MHz.
- CPU RISC de alto rendimiento.
- Memoria de datos RAM de 192 x 8 bytes la cual está particionada en múltiples bancos, los cuales contienen los registros de propósito general GPR y los registros de función especial SFR, los registros de propósito general se usan para almacenar temporalmente los datos del programa que se está ejecutando y los registros de función especial controlan operaciones deseadas por el microcontrolador.
- Memoria de datos EEPROM de 128 x 8 bytes.

- Tres puertos de entrada/salida Puerto A de 6 bits y Puertos B y C de 8 bits.
- Dos salidas PWM, ubicadas el Puerto C: RC1 y RC2.
- Cinco canales de entrada para conversor A/D de 10 bits, Puerto A.
- Trece fuentes de interrupción.
- Watchdog timer interno.
- Contador de Programa de 13 bits capaz de direccionar un espacio de memoria de programa de 4K x 14.

La figura 2.17. indica el esquema del encapsulado y la distribución de pines para el PIC16F873

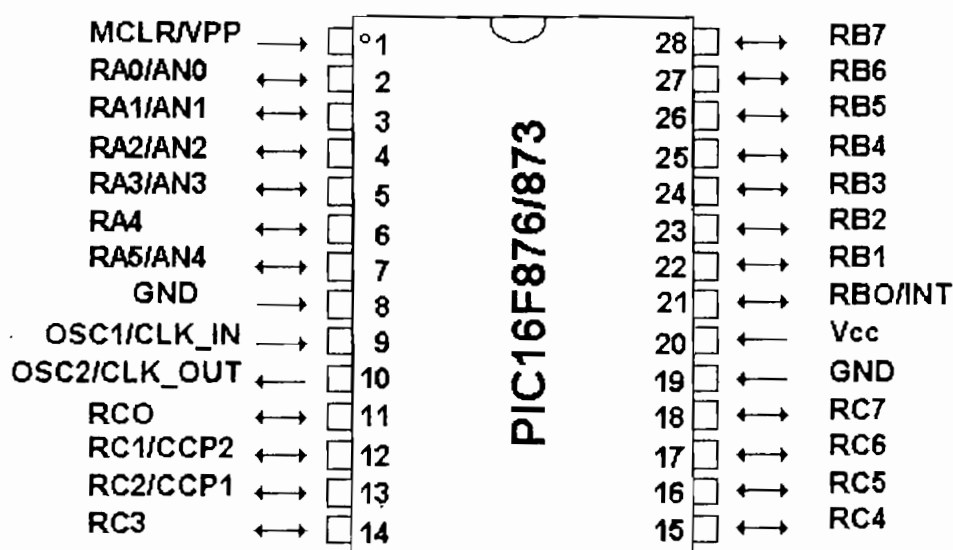


Figura. 2.17. Microcontrolador PIC16F873.

A continuación se describe la tarjeta del microcontrolador PIC16F873 desarrollada para el prototipo.

2.4.2 DESCRIPCIÓN DE LA TARJETA DEL PIC

Como ya se mencionó anteriormente el PIC16F873 posee tres puertos de entrada / salida Puerto A, Puerto B, y Puerto C, en los cuales se ha distribuido de una manera apropiada para las necesidades del prototipo, tanto los elementos

internos como: temporizadores, salidas PWM, conversor A/D, etc., como los elementos externos de entrada / salida para control manual y conexión del cristal.

En la figura 2.18. se puede apreciar esta distribución:

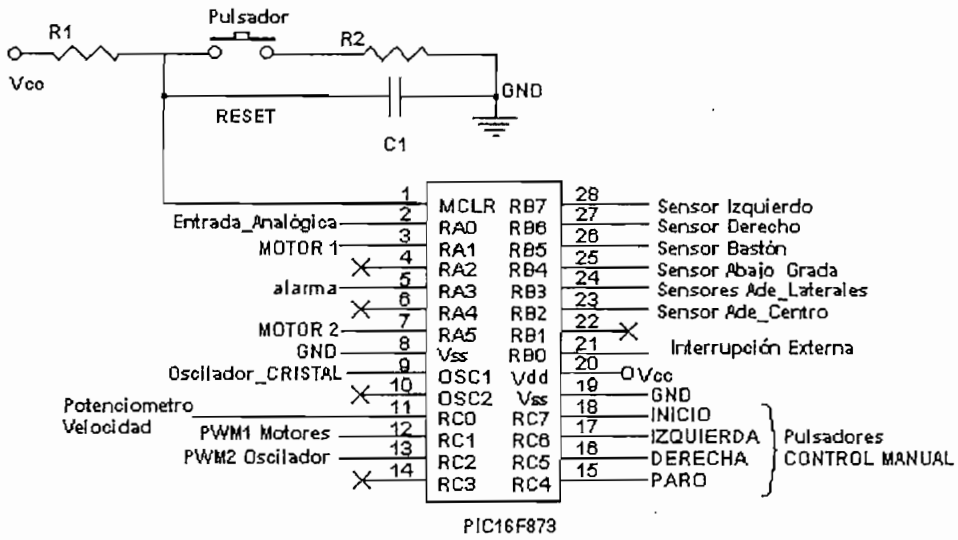


Figura. 2.18 Conexión del Microcontrolador PIC16F873.

En el pin 1 del PIC se conecta al pulsador para el reset, además se configura el pin 2, bit 0 del PUERTO A, como entrada analógica para la conversión A/D, aquí se conecta el voltaje de control para la señal PWM variable. El circuito de protección para ésta entrada del microcontrolador se muestra en la figura: 2.19.

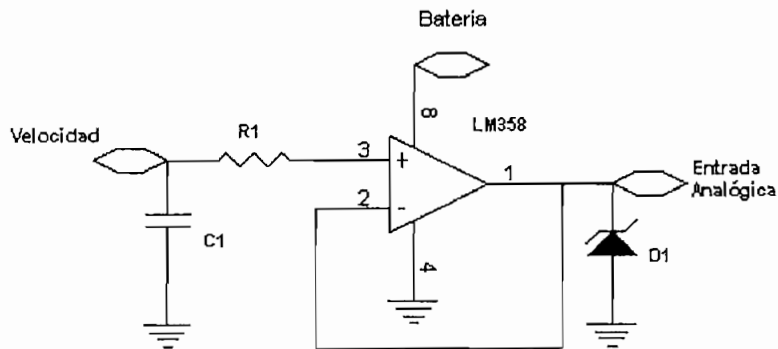


Figura 2.19. Circuito de Protección para la entrada del conversor A/D

A excepción del bit 0, los siguientes bits del puerto A, se configuran mediante el programa de control como salidas digitales, los pines 3, 6, y 7 correspondientes a bit 1 RA1, bit 3 RA3, y bit 5 RA5 respectivamente son las salidas de las señales, RA1 y RA5 controlan los relés que según sea el caso se realice la inversión de giro de los motores y RA3 es la salida para la alarma, en este pin se conecta un Buzzer, cuyo funcionamiento dentro del prototipo depende de la generación de tres diferentes frecuencias en el programa de control, el cual tomando en cuenta la situación en la que se encuentra el prototipo, produce diferentes sonidos.

Se estableció tres situaciones de alarma, la primera por cambio de nivel en la superficie, la segunda para dos alternativas de giro cuando existe obstáculo adelante, y la tercera cuando se detecta obstáculos tanto adelante como al lado derecho e izquierdo, cada una con un sonido diferente. Además se configuró para que la única manera de salir sea mediante control manual cuando se restablecen las condiciones óptimas para una trayectoria libre de obstáculos segura para el usuario.

Dentro de la descripción del programa de control del prototipo se amplía más cómo se manejó ésta opción.

Los pines 9 y 10 son la entrada y la salida de reloj, para la conexión del cristal, como se indica en la figura 2.18. para este caso se utiliza un oscilador TTL tipo XT, con cristal normal de 19.6608 MHz, de acuerdo a la configuración de un oscilador TTL, sólo se necesita conectar la salida del cristal a la entrada de reloj pin 9, y el pin 10 permanecerá desconectado.

En la figura 2.20. se presenta un esquema de este tipo de oscilador como el circuito de conexiones, que se implemento en la tarjeta.

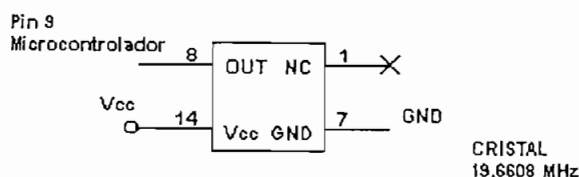


Figura 2.20. Cristal

Las salidas PWM se encuentran en el PUERTO C, bits 1 y 2, en los pines 12 RC1, y pin 13 RC2, la primera salida PWM RC1, se utiliza para la señal de oscilación de los sensores de ultrasonido, está señal se conecta a través de una etapa de ganancia de corriente como se indicó anteriormente (Ver figura. 2.5.).

RC2, la segunda salida PWM del microcontrolador, se utiliza para el control del convertor DC/DC, que realiza la variación de la velocidad del prototipo.

Los pines 15, 16, 17, y 18; son los bits 4 RC4, 5 RC5, 6 RC6, y 7 RC7 del Puerto C están configurados como entradas y es donde se conectan los pulsadores para control manual, en estado normal estos pines se encuentran en 1_L cuando se pulsa cualquiera de ellos bajan a 0_L y generan interrupción externa, a continuación la tabla 2.2 muestra la distribución de estos pines.

Tabla 2.2 Pulsadores para Control Manual.

Pin	Pulsador
15 – RC4	Paro
16 – RC5	Derecha
17 – RC6	Izquierda
18 – RC7	Inicio

La información de éstas señales se conectan adicionalmente al pin de interrupción externa bit 0 RBO, PUERTO B, mediante una compuerta NAND, como se indica en la figura 2.21.

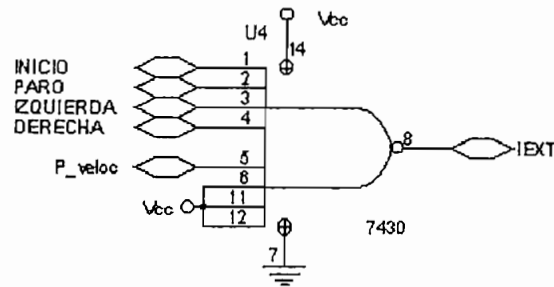


Figura. 2.21. Configuración de las Fuentes que generan Interrupción Externa.

El Puerto B de 8 bits se ha configurado como entradas digitales, éstas serán las entradas para las señales acondicionadas de los sensores receptores, a excepción del bit 0 RB0, que es la entrada de interrupción externa. RB1 está libre, por lo tanto no es importante que valor se escriba en éste bit.

Tabla 2.3. Distribución de las señales de los sensores en el Puerto B.

Pin	Sensor
23 – RB2	Sensor Adelante_Centro
24 – RB3	Sensor Adelante_Lados
25 – RB4	Sensor Abajo_Grada
26 – RB5	Sensor Bastón
27 – RB6	Sensor Derecha
28 – RB7	Sensor Izquierda

Es importante anotar que esta tarjeta es alimentada por una batería de 7,2 V. de 1300 mAh, la cual entra a un regulador LM7805, de donde se obtiene un voltaje de 5 V para polarización de los elementos.

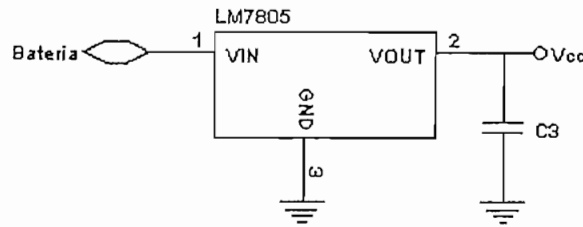


Figura. 2.22. Regulador de Voltaje.

Adicionalmente en ésta tarjeta se encuentran los conectores para comunicación tanto con del microcontrolador con el circuito de acondicionamiento de los sensores de ultrasonido JP10, con el circuito de control de los motores JP5, y con la tarjeta de control manual JP3.

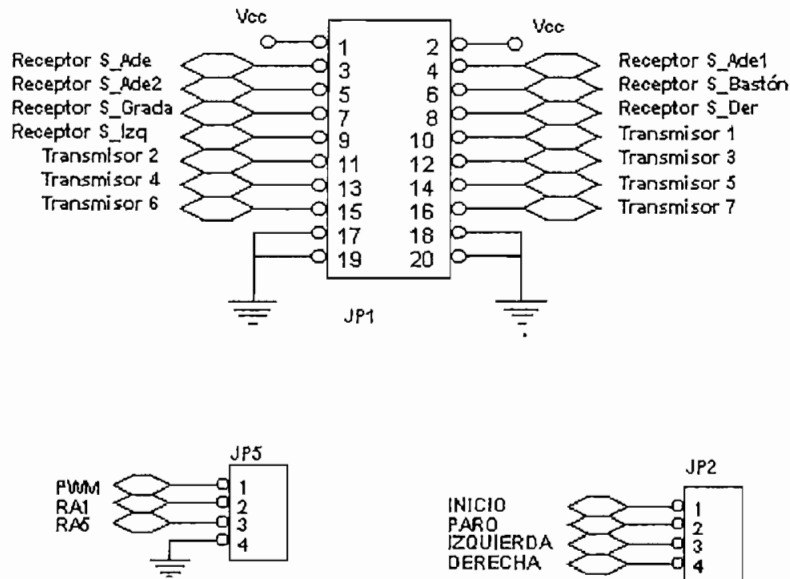


Figura. 2.23. Conectores para comunicación.

2.5 CONTROL MANUAL

El prototipo de bastón móvil para guía de no videntes tiene la posibilidad de movilizar al usuario a través de una trayectoria libre de obstáculos en forma

automática, además le proporciona la opción de tomar decisiones cuando existe más de una alternativa de movimiento, y la variación de la velocidad a la que desea trasladarse hacia adelante.

Se considera importante no proporcionar al robot móvil una total autonomía, para que el usuario, a pesar de ser impedido visualmente, tenga la posibilidad de decidir finalmente cual es su trayectoria, sin embargo el programa de control del prototipo toma en cuenta la presencia o no de obstáculos, ante cada decisión, para garantizar su seguridad ante una mala maniobra. Para lograr este objetivo es necesario una buena comunicación entre la persona no vidente y el prototipo, la tarjeta de control manual, permite al usuario mediante pulsadores realizar este tipo de control y a la vez manipulando un potenciómetro, decidir la velocidad a la que va ha desplazarse.

Se colocó cinco pulsadores, los cuatro primeros, indican movimiento adelante, inversión de giro tanto a la derecha como a la izquierda, y paro, distribuidos de tal forma que mediante el tacto el usuario determine a que decisión pertenece, el pulsador para determinar a que velocidad se traslada está colocado más hacia la derecha, muy cerca del potenciómetro.

Una condición importante que se establece en la función de la tarjeta de control manuales que solamente se puede iniciar el funcionamiento del prototipo, dando un pulso de inicio.

Todos los pulsadores como ya se indicó anteriormente están conectados mediante una compuerta NAND al bit 0 RB0 del Puerto B, con el fin de entregar la información al microcontrolador de la decisión del usuario, tanto los pulsadores de inicio, paro y el pulsador de variación de velocidad, sólo necesitan de un pulso para que la orden dada por el usuario se ejecute y se mantenga, en cambio los pulsadores de giro a la izquierda y a la derecha deben estar pulsados continuamente el tiempo que el usuario estime necesario para un giro.

Esta tarjeta está colocada en la parte superior del bastón, el esquema del circuito de conexión de los pulsadores y el potenciómetro para control de la velocidad de la misma se muestra a continuación en la figura 2.24.

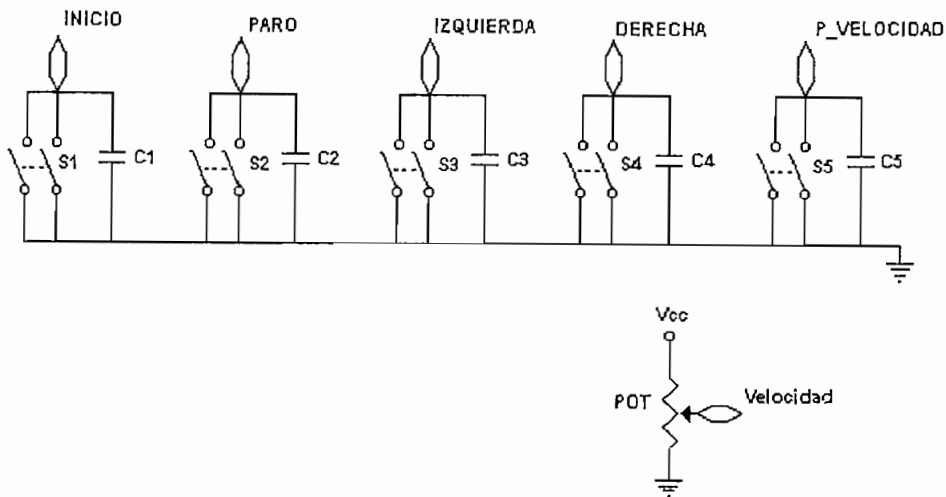


Figura 2.24. Tarjeta de Control Manual.

En cada alternativa para control manual dada por el usuario, el programa de control revisa el estado de los sensores, para garantizar al usuario que la decisión que toma pueda ser ejecutada, y ante la presencia de obstáculo, la orden dada no será finalizada, y dado el caso, el prototipo seguirá en movimiento o se para dando paso a la señal de alarma que comunica al usuario que tipo de respuesta debe dar.

Para salir del estado de alarma solamente se tiene la posibilidad con los pulsadores de giro, ya que para cualquiera de los tres casos que lo generan, el prototipo debe haber en primer lugar detectado un obstáculo adelante, entonces una vez que ha sido evadido esté obstáculo el prototipo de bastón móvil puede continuar su trayectoria en condiciones normales y ejecutar además las órdenes del usuario.

Además se estimó necesario que solamente se realice control de velocidad cuando el prototipo tiene movimiento adelante, para la inversión de giro, la señal de control de los motores PWM se mantiene constante y está configurada directamente en el programa de control.

Una vez culminada la descripción de las tarjetas que se implementó para ensamblar el prototipo de Bastón Móvil para Guía de No Videntes, a continuación en la figura 2.25 se presenta un esquema completo de la plataforma con todos sus elementos y la ubicación que se le da a cada uno

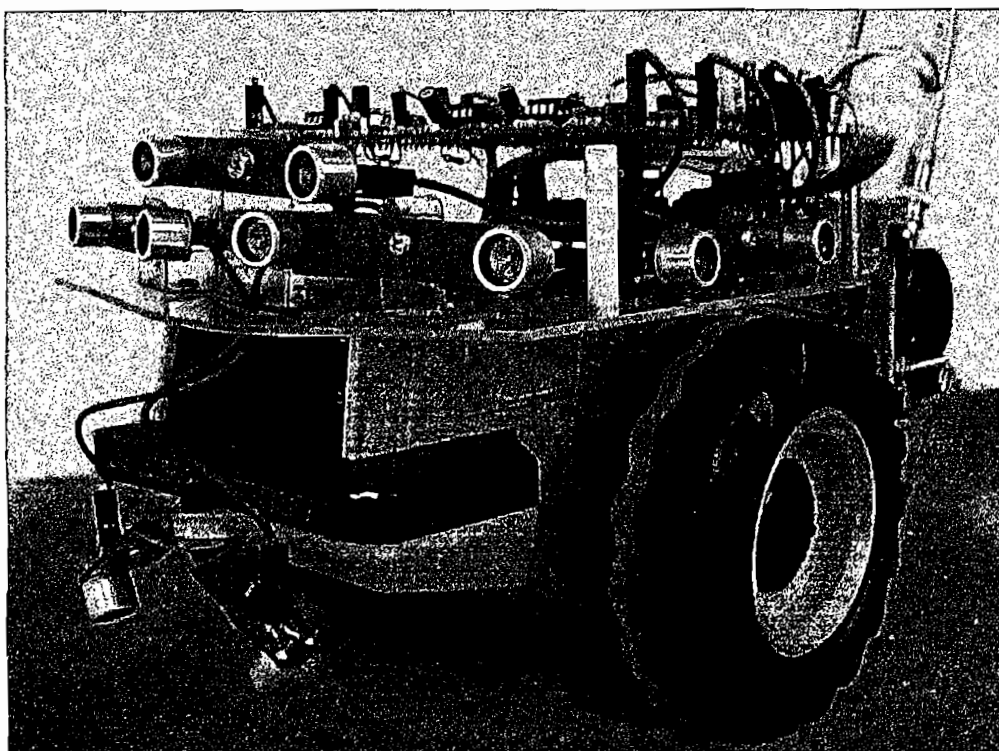


Figura 2.25 a. Prototipo de Bastón Móvil para Guía de No Videntes

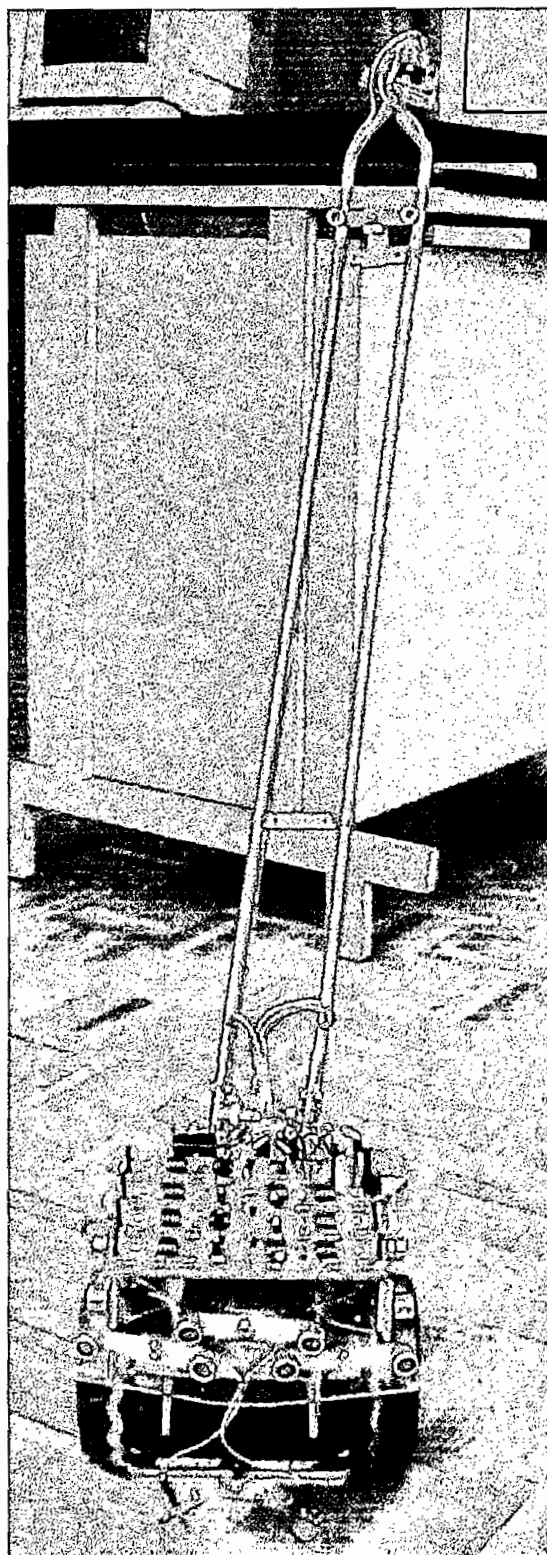


Figura 2.25 b. Prototipo de Bastón Móvil para Guía de No Videntes

2.6 RESULTADOS.

En el presente proyecto que ha sido ensamblado completamente, luego del diseño e implementación de cada una de las tarjetas descritas anteriormente, y de colocar, los sensores de tal forma que se cubra el mayor campo de acción para los mismos, y el bastón cuidando que la fuerza física de éste impida en la menor cantidad posible el correcto funcionamiento del robot móvil, se cuenta con un prototipo de bastón móvil que va a ser utilizado como guía para no videntes, semiautónomo, que es capaz de conducir al usuario a través de una trayectoria libre de obstáculos, y dado el caso a través de una comunicación manual y auditiva con el mismo, permitirle tomar algunas decisiones tomando en cuenta principalmente su seguridad.

El prototipo de Bastón móvil para Guía de No Videntes, finalmente es una plataforma móvil de tracción diferencial manejada por dos pequeños motores de corriente continua de 6 V., y controlada por un microcontrolador PIC16F873, en el cual se ha grabado el programa de control para el funcionamiento del mismo, este prototipo puede trasladar al usuario evitando obstáculos que están al alcance de los sensores de ultrasonido y cumplir tareas simples de navegación como movimiento adelante, inversión de giro y paro.

Mediante la tarjeta de control manual en donde a través de pulsadores bien distribuidos y un buzzer que es la salida de alarma del prototipo, se obtiene una buena comunicación entre el prototipo de bastón móvil y la persona no vidente, de tal manera que el usuario es advertido por medio del sonido de diferentes alarmas, de tres alternativas en las que necesariamente él debe tomar la decisión final, ante la presencia de obstáculos tanto adelante como a los lados, ante la presencia de obstáculo adelante y dos alternativas de giro, y ante la presencia de grada (cambio de nivel en la superficie). Además el usuario puede en cualquier momento tomar decisiones en el cambio de velocidad y de la dirección de su trayectoria, ésta última sólo en el caso de que la orden dada sea segura para el usuario.

El prototipo utiliza para el funcionamiento de los motores una batería recargable de 6V y para el sistema de control una batería también recargable de 7.2 V, las cuales son cargadas directamente sin la necesidad de ser desmontadas, utilizando dos jackcs, colocados e la parte lateral de la plataforma uno a cada lado independiente para cada batería.

La batería de 7.2 V está protegida de sobrecorriente por un fusible colocado en la parte posterior de la plataforma.

CAPITULO 3

PROGRAMA DE CONTROL.

El programa de control para el prototipo de Bastón Móvil como Guía para No Videntes, fue realizado completamente en lenguaje ensamblador utilizando el software proporcionado por Microchip, MPLAB 5.0,

Este software permite desarrollar proyectos para varios tipos de microcontroladores PIC incluidos los de la familia PIC16FXXX, con él se puede editar y simular programas que luego van a ser descargados en el microcontrolador. El lector interesado en este software puede acceder al mismo por medio de la página web de microchip, en donde además se encuentra la información necesaria de las características y el manejo de todos los periféricos de los microcontroladores PIC. Parte de la información necesaria para el manejo del microcontrolador PIC16F873, proporcionada por microchip, se encuentra en el anexo B.

El objetivo principal del programa de control es hacer que el prototipo de bastón móvil guíe a la persona no vidente de una manera segura e inteligente, evitando los obstáculos que se encuentran en su trayectoria, dentro de su ambiente de trabajo, además brinda la posibilidad de realizar un control manual según las necesidades del usuario, ante diferentes alternativas de navegación, para tomar una dirección libre de obstáculos, tomando en cuenta ante todo su seguridad, permite además controlar la velocidad del prototipo cuando su movimiento es hacia adelante.

La figura 3.1 muestra la arquitectura del programa de control.

El programa ha sido desarrollado en forma modular, es decir en base a un programa principal y a la utilización de subrutinas para cada situación específica. A continuación se hace una descripción detallada del programa de control, y al final del capítulo se presentan los diagramas de flujo para indicar más específicamente la relación de todas las subrutinas dentro del programa principal.

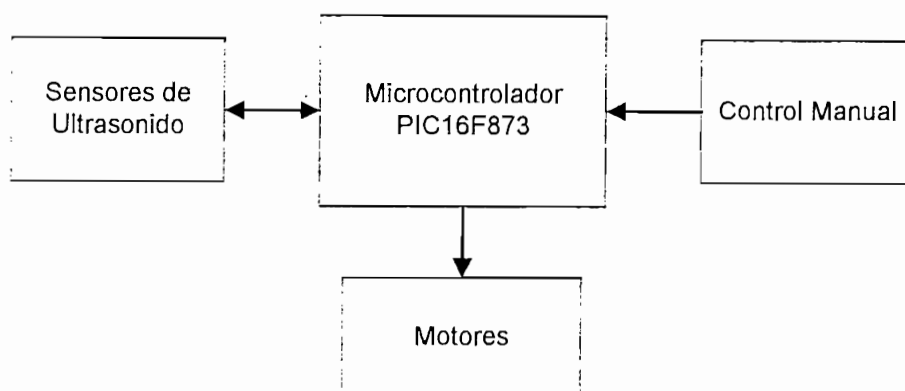


Figura 3.1 Arquitectura del Programa de Control.

3.1 INICIALIZACIÓN

El programa de control se inicia definiendo los registros del microcontrolador, utilizado para funciones específicas, los registros de usuario, los mismos que se utilizan para una función determinada dentro del programa, se configuran además los puertos del microcontrolador, Puerto A, Puerto B y Puerto C es decir se determina, que bits de cada puerto se utilizan como entradas, como salidas o son líneas para aplicaciones especiales. Finalmente se configuran las interrupciones que se utilizan.

Como ya se indicó anteriormente el microcontrolador PIC16F873 posee todos sus elementos implementados como registros, entre estos registros algunos cumplen funciones específicas como configuración para salidas PWM, conversores A/D, Temporizadores, etc., entonces es necesario inicializar adecuadamente este tipo de registros de función especial, los cuales a diferencia de los anteriores tienen un tratamiento especial, y finalmente se configuran las interrupciones que son necesarias.

Es importante establecer de inicio la dirección del vector de reset del programa, dirección (0000h), esta instrucción dará la ubicación en la memoria de la dirección de programa adecuada donde se encuentra la primera instrucción del mismo y

además establecer la dirección del vector de interrupción (0004h), en esta dirección se debe escribir la programación para atender dicha interrupción.

Se debe generar una señal de 40 kHz, para el funcionamiento de los sensores de ultrasonido, esta señal de oscilación será establecida para las dos salidas PWM del microcontrolador, pero con diferente relación de trabajo, ya que para la señal PWM2 que controla los motores la relación de trabajo puede ser variada por el usuario para establecer la velocidad requerida.

Las salidas PWM son señales de oscilación, y empiezan a funcionar cuando se arranca el timer TMR2, cómo ya se indicó dentro de las especificaciones del microcontrolador PIC16F873, éste posee tres timers (contadores) internos, TMR0, TMR1, y TMR2, cada uno de éstos registros empiezan a funcionar escribiendo en su contenido algún valor.

En la configuración de la entrada analógica para realizar la conversión análogo – digital, cuando se realiza control manual de la velocidad, es necesario iniciar del programa dándole un tiempo, tiempo necesario para la adquisición de datos, para que pueda empezar la conversión en cualquier instante del programa.

Todos los registros del microcontrolador y registros auxiliares del usuario, deben inicializarse, es decir se debe limpiar, escribir 0L en su contenido.

3.2 PROGRAMA PRINCIPAL

Constituye el módulo principal de funcionamiento del programa de control del prototipo, como se realizó la programación en forma modular entonces desde aquí se va direccionando a cada una de las subrutinas que se va a utilizar.

Esta rutina, básicamente está constituida por tres etapas, la primera cargar los valores del oscilador de ultrasonido, señal que alimenta a los transmisores de los

sensores de ultrasonido, para que continuamente esté dando información del medio, en la segunda etapa lee la información enviada por los receptores de los sensores al Puerto B, y la tercera dependiendo de la información de los sensores determina el movimiento que tendrá el prototipo.

El programa principal esta continuamente realizando las tareas descritas para que el prototipo todo el tiempo tenga información de la presencia o no de obstáculos, y en base a esta información guíe adecuadamente a la persona no vidente. Y ya que es importante que el prototipo tenga la capacidad de manejarse inteligentemente, y al mismo tiempo dar opciones tanto de control de velocidad y de la dirección de movimiento a la persona no vidente, garantizando al mismo tiempo su seguridad, ante cada orden dada por el usuario, el programa de control siempre está revisando el estado de los sensores.

3.3 SUBROUTINA CARGAR

Es la encargada de escribir los valores adecuados en los registros del PWM1 CCP2 bit1 del Puerto C, para que éste registro configurado como módulo de salida para la señal de oscilación que va a los transmisores de los sensores de ultrasonido, tenga una relación de trabajo estable de 0.5, a una frecuencia de 40 kHz.

El valor que se carga en esta registro depende básicamente del período de oscilación del microcontrolador y del período para la señal de oscilación PWM1 a un 50 %

3.4 SUBROUTINA LEER.

La subrutina leer, tiene como objetivo principal enviar al programa principal la información que se encuentra en el Puerto B, de la presencia o no de obstáculos,

para lo cual lee uno a uno los bits del puerto donde se conectan los sensores delanteros (bit 2 y bit 3), y los sensores del bastón bit 5 y de abajo bit 4, hasta encontrar un obstáculo.

Dado el caso de la presencia de obstáculo detectada por cualquiera de los bits descritos en el párrafo anterior, se regresa al programa principal para pasar a revisar los sensores laterales.

Durante todo el proceso de lectura de sensores, el prototipo tiene configurado los motores para movimiento hacia adelante, el cual va a variar dependiendo, de la presencia de obstáculos o de una señal manual dada por el usuario.

Los sensores están calibrados para que todos detecten la presencia de un obstáculo a la misma distancia, aproximadamente 25 cm, a excepción del sensor ubicado en el bastón cuya distancia es mayor, y el sensor de abajo cuyo funcionamiento es inverso y no determina la presencia de obstáculo sino un cambio en el nivel de la superficie y a diferencia de los anteriores envía una señal al programa principal para primeramente parar los motores y enseguida dar una señal de alarma.

3.5 SUBROUTINA MOVIMIENTO

Al inicio la mayoría de los registros y banderas utilizados para realizar el programa de control del prototipo, se ha limpiado para evitar cualquier valor erróneo, para el caso de las banderas utilizadas en esta subrutina se establece de inicio movimiento hacia delante, por lo tanto la bandera de movimiento adelante tiene esta orden, decir se escribe un 1L, mientras que las banderas que indican movimientos laterales, se mantienen en 0L.

Esta subrutina primeramente revisa las banderas de usuario que indican hacia donde debe dirigirse el prototipo, cuya información es colocada a partir de las condiciones establecidas en la subrutina leer y laterales, en base a esta

información se escribe 1L y 0L, según sea el caso, para movimiento adelante, movimiento a la izquierda o movimiento a la derecha en los bits RA1 y RA5, del Puerto A, que controlan el movimiento de los motores. En la tabla 2.1, se puede observar a que movimiento corresponde las diferentes combinaciones.

Luego se escribe la relación de trabajo de la señal PWM2, para cada motor, en el registro correspondiente al bit 2 del Puerto C, configurado como módulo de salida PWM, con el que se controla la variación de velocidad de los mismos. Esta relación de trabajo movimiento ingresa al microcontrolador a través del conversor A/D, cuando se trata de movimiento adelante, mientras que para cambio de giro la relación de trabajo de la señal de control PWM2 de los motores es constante y es un valor que depende básicamente al igual que para la señal de oscilación de los transmisores de los sensores de ultrasonido del período de oscilación del microcontrolador y del período de oscilación PWM2 en éste caso a un 80 %.

Para la situación de parada se escribe una relación de trabajo de 0, además las banderas que indican movimiento, se ponen en bajo 0L.

3.6 SUBROUTINA LATERALES

A esta subrutina solamente se ingresa cuando un obstáculo es detectado por cualquiera de los sensores ubicados en la parte de adelante, es el caso de los tres pares de sensores delanteros, el par del bastón y el par de sensores ubicados abajo, el programa revisa las banderas que se setea dependiendo del obstáculo en la subrutina leer, y pasa a revisar si existe o no obstáculos en los sensores laterales, de ser el caso que en cualquiera de los dos pares de sensores laterales se detecte obstáculo, se coloca los niveles adecuados, ver tabla 2.1, en RA1 y RA5, para que el prototipo gire para el lado donde no exista obstáculo, se debe indicar que de acuerdo a la estructura del programa principal, el prototipo, solamente gira hasta que pueda ir hacia adelante.

Cuando se tiene el caso de no presencia de obstáculos en los sensores laterales entonces la decisión de hacia que lado giran los motores la toma el usuario, el cual será avisado del caso mediante un tipo de alarma, por medio de control manual este establece las condiciones de RA1 y RA5 para la decisión final del movimiento. Para la correcta ejecución de esta instrucción el usuario debe mantener en bajo el pulsador el tiempo necesario para cambiar la dirección del movimiento.

Si el caso es de presencia de obstáculos en ambos sensores, también se establece otra condición de alarma, diferente que indica al usuario que tiene que cambiar totalmente el sentido de la trayectoria es decir ya que existen obstáculos tanto adelante como a los lados, se tiene una trayectoria sin salida, entonces debe tomar una nueva trayectoria, lo que se consigue girando totalmente en forma manual el prototipo.

3.7 SUBROUTINA ALARMAS

En las subrutinas anteriores, leer y laterales, para los diferente casos de presencia de obstáculo, en donde es importante la decisión del usuario se llama a la subrutina alarmas, la persona que va ha utilizar el prototipo, para un buen manejo del bastón móvil, deberá reconocer en los diferentes sonidos de alarma, el caso específico en el que se encuentra para poder tomar la decisión correcta.

De acuerdo a los objetivo específicos para el funcionamiento del prototipo, el usuario debe reconocer fácilmente tres tipos diferentes de alarma, cada una de las cuales le indicará en que situación se encuentra y la decisión que debe tomar, se he establecido tres condiciones de alarma, las dos primeras, cuando existen cambio de nivel de la superficie y la alternativa de las dos posibilidades de giro, para que el usuario mediante la tarjeta de control manual dé la solución que él estima más conveniente, y una tercera condición de alarma cuando el prototipo detecta obstáculos tanto adelante como a los lados en donde el usuario manualmente debe darle al prototipo una trayectoria opuesta a la que tiene.

Ante cualquiera de las tres condiciones de alarma, el programa de control primeramente para los motores y espera en este estado una respuesta dada necesariamente por el usuario.

Para cualquier decisión que tome el usuario el programa siempre revisará si se tienen las condiciones adecuadas, para su ejecución, evitando de esta manera ante una mala maniobra de la persona no vidente poner en riesgo su seguridad.

La subrutina de alarma, básicamente genera, pulsos, mediante la utilización del timer1 TIMR1, interno del microcontrolador, con una frecuencia diferente para las tres condiciones de alarma, y que tiene una salida en el pin 5, bit 3 RA3 del puerto A, donde se encuentra un pequeño buzzer.

3.8 SUBROUTINA RETARDO

En esta subrutina, simplemente genera un retardo auxiliar, que será utilizado en la subrutina de alarma, un retardo para obtener el tiempo de adquisición necesario para realizar la conversión análogo – digital cuando se realiza control de velocidad del prototipo, y un retardo para la inversión de giro de los motores.

3.9 SUBROUTINA DE INTERRUPCIÓN

Para el caso de salir de cualquier tipo de alarma o simplemente por control manual cuando el usuario toma una decisión independiente del programa de control, se llama a una interrupción externa donde se setean las banderas y los registros de todas las interrupciones, y se determina si la interrupción que se genera es por algún pulsador de control manual o por control de la velocidad del prototipo, es decir si la persona no vidente decide realizar cambio en la dirección de los motores, tanto a la derecha como a la izquierda, iniciar movimiento, parar o para realizar un cambio en la relación de trabajo de la señal PWM2, que controla la velocidad de los motores.

Cada una de éstas opciones, a través de un compuerta NAND entrega una señal al microcontrolador en el bit 0 RB0, del Puerto B

3.10 SUBROUTINA CONTROL MANUAL

Cuando se ha llamado a la interrupción externa, específicamente por control manual para realizar cambios en la dirección de los motores, se direcciona a esta parte del programa en donde se inicia leyendo las banderas que han sido configuradas, para establecer exactamente en que caso se encuentra el programa, esto se realiza para atender adecuadamente la petición del usuario, la subrutina avanza revisando el teclado para control manual colocado en los bits 4 RC4, 5 RC5, 6 RC6 y 7 RC7, del Puerto C, para determinar que operación es la que el usuario desea ejecutar y la posibilidad de que pueda o no realizarse, es decir dependiendo si el par de sensores relacionados con la orden del usuario detecta o no obstáculo, si no existe un cambio en el nivel de la superficie, por ejemplo la presencia de alguna grada, y de si para cambio de velocidad el prototipo tiene movimiento adelante.

Como en estado normal cada uno de estos pulsadores están en nivel lógico alto (1L), entonces el microcontrolador puede determinar cual fue pulsado dependiendo del bit que tiene su nivel lógico en 0L, para el sensor ubicado en la parte de abajo para la detección de cambio de nivel su funcionamiento inverso ha sido configurado mediante software, cuando su estado cambia a 1L.

3.11 SUBROUTINA DE VELOCIDAD

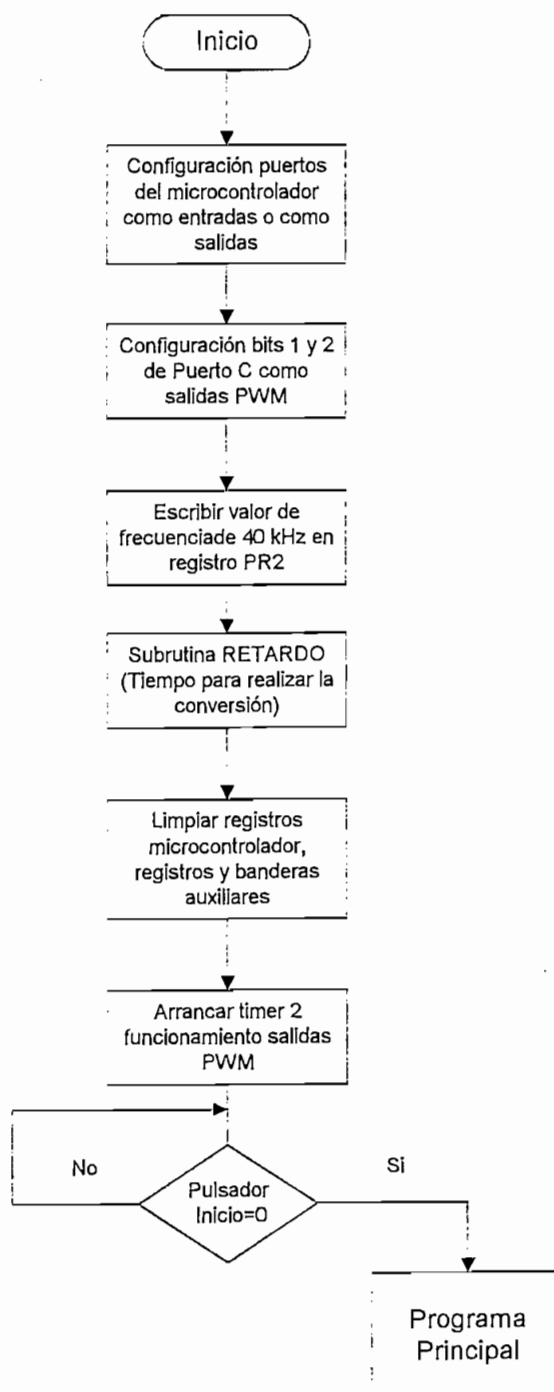
Es la siguiente alternativa cuando se llama a una interrupción externa, cambio de la relación de trabajo del PWM 2, para manualmente variar la velocidad de los motores, simplemente en esta subrutina, se arranca el bit de inicio del conversor A/D, se espera que se realice la conversión, y el resultado se escribe en el bit 2

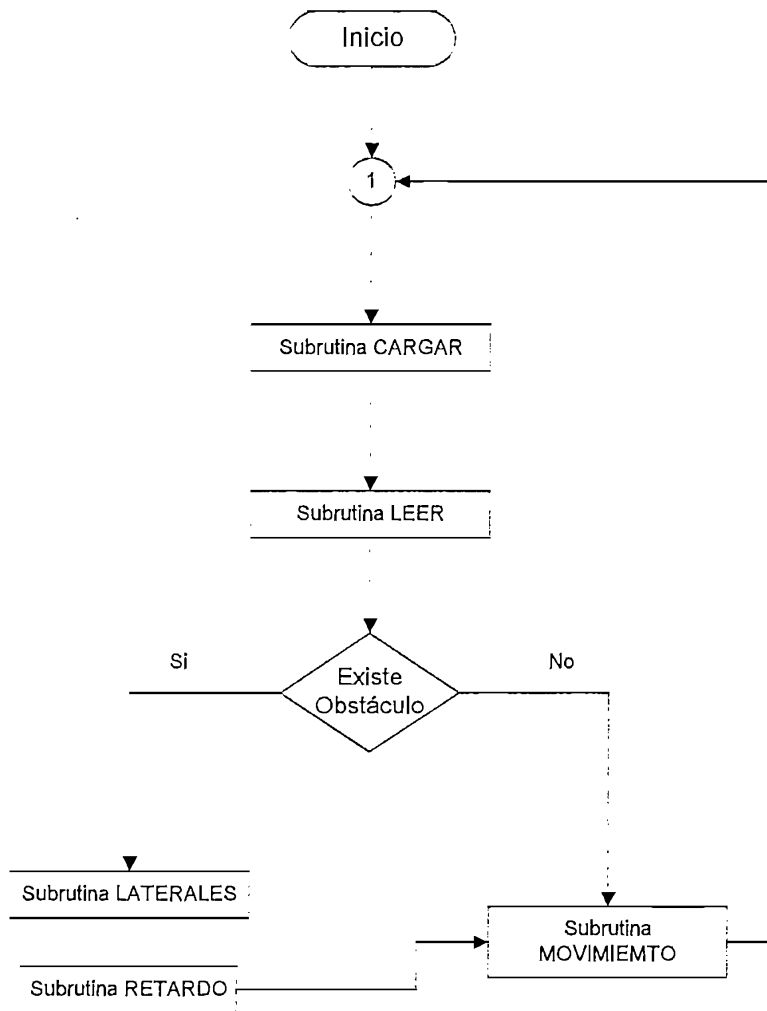
RC2 del puerto C registro CCP1 que entrega al programa la nueva relación de trabajo del PWM 2 para controlar la velocidad de los motores del prototipo.

A continuación se presentan los diagramas de flujo correspondientes a cada una de las subrutinas descritas anteriormente.

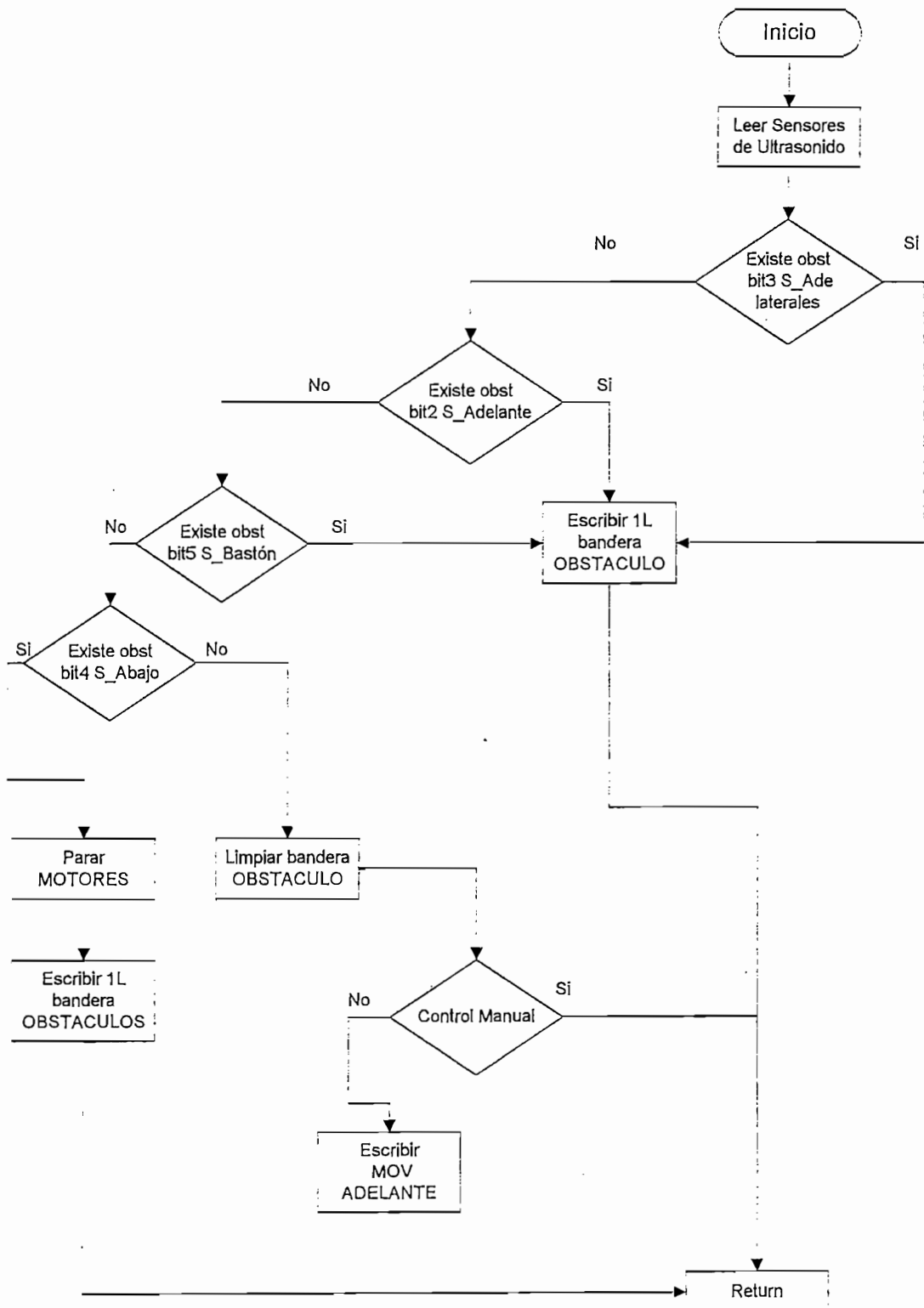
3.12 DIAGRAMAS DE FLUJO

Subrutina INICIO.

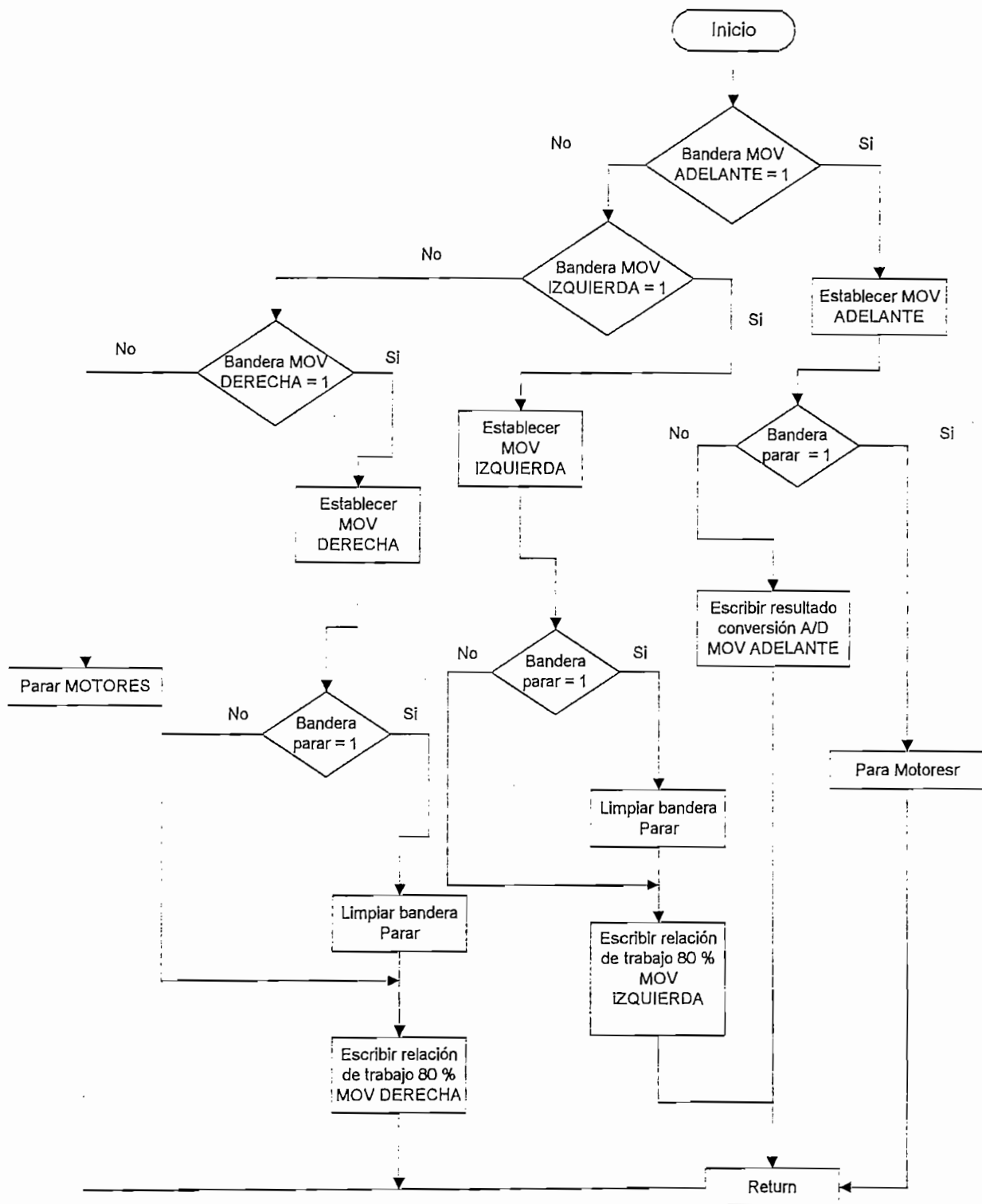


Subrutina PROGRAMA PRINCIPAL.

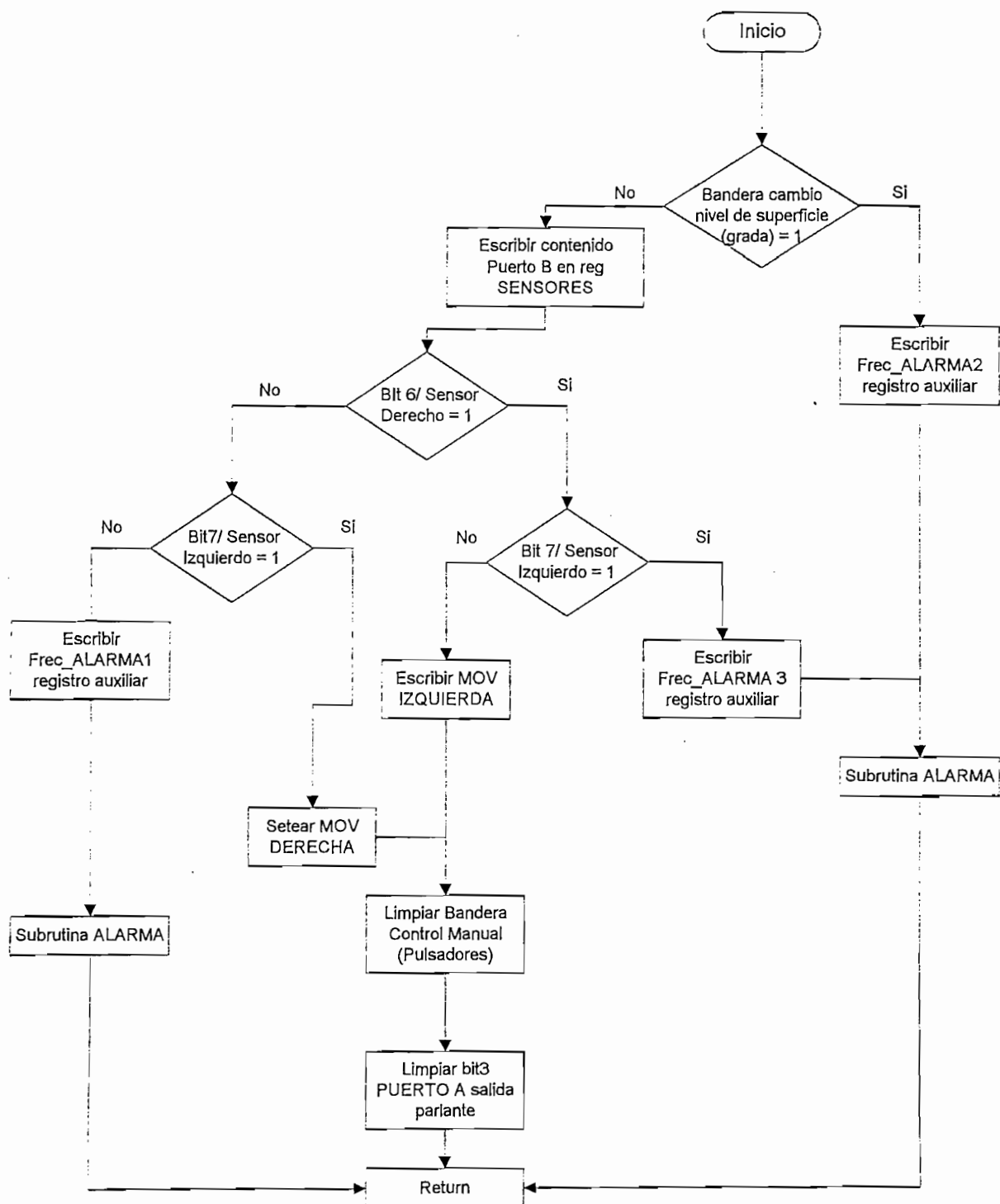
Subrutina LEER SENSORES.



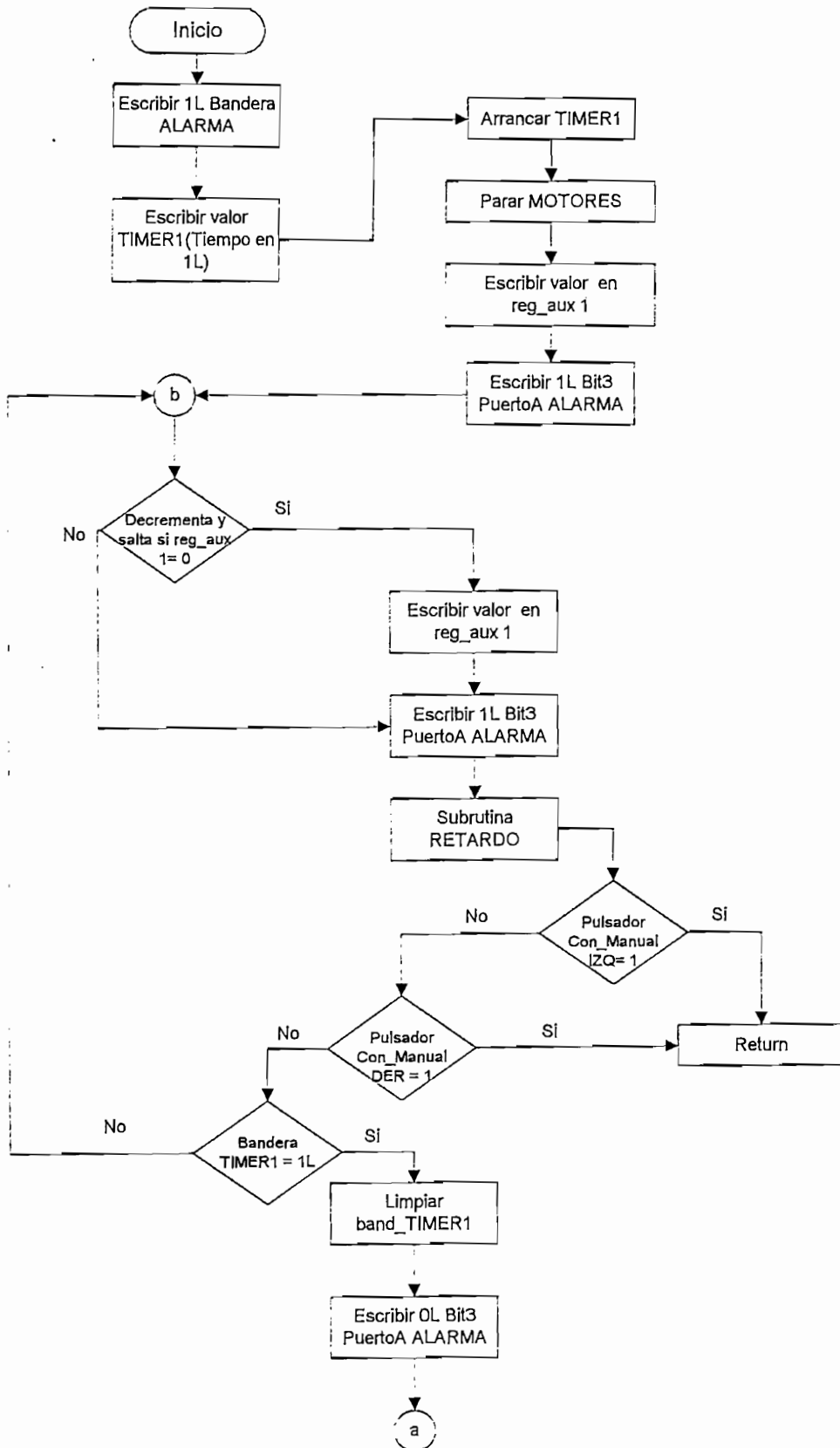
Subrutina MOVIMIENTO.

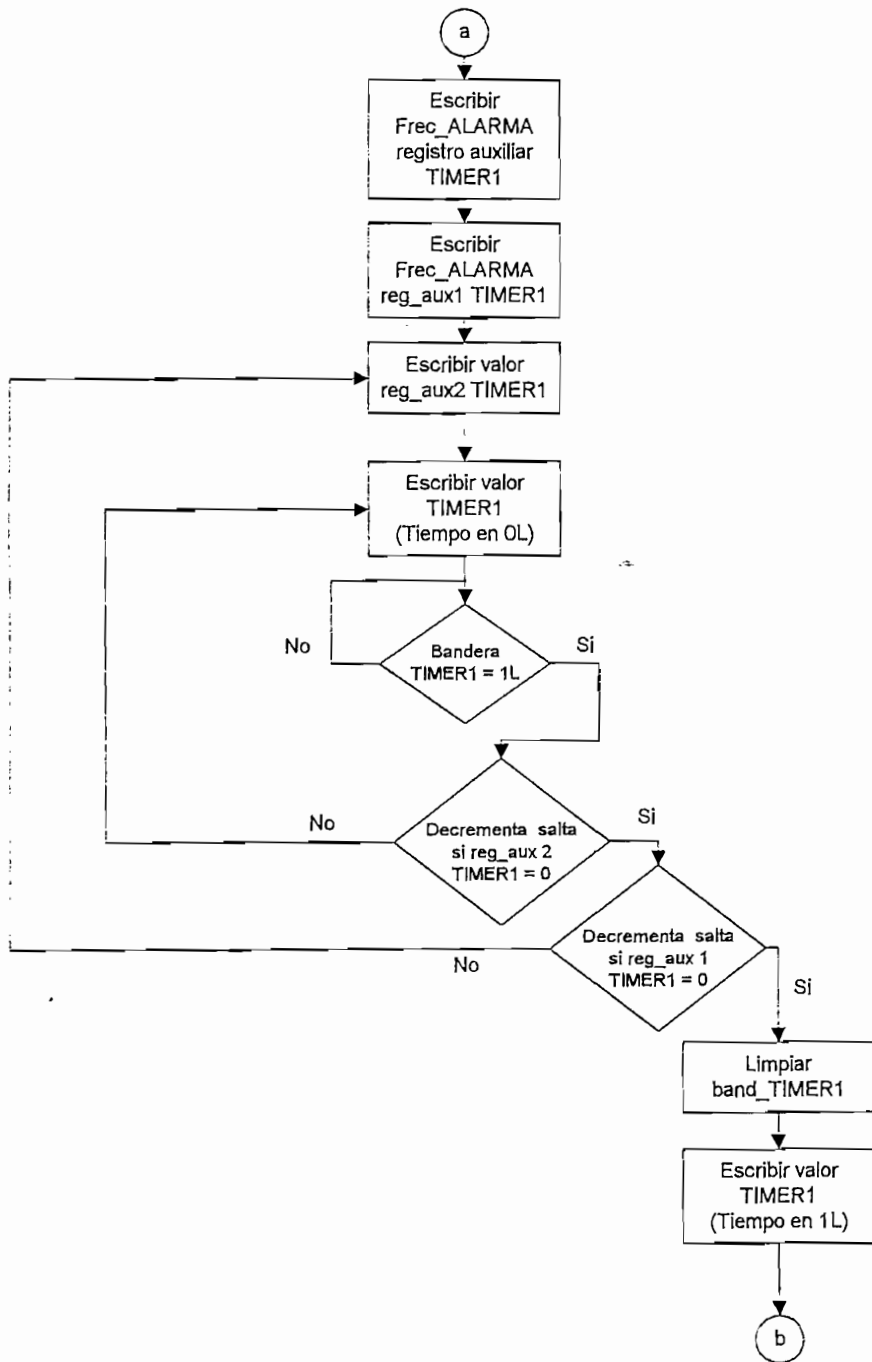


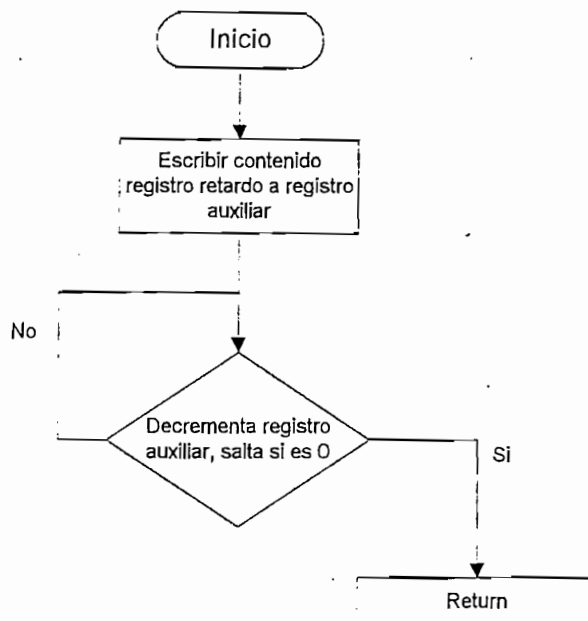
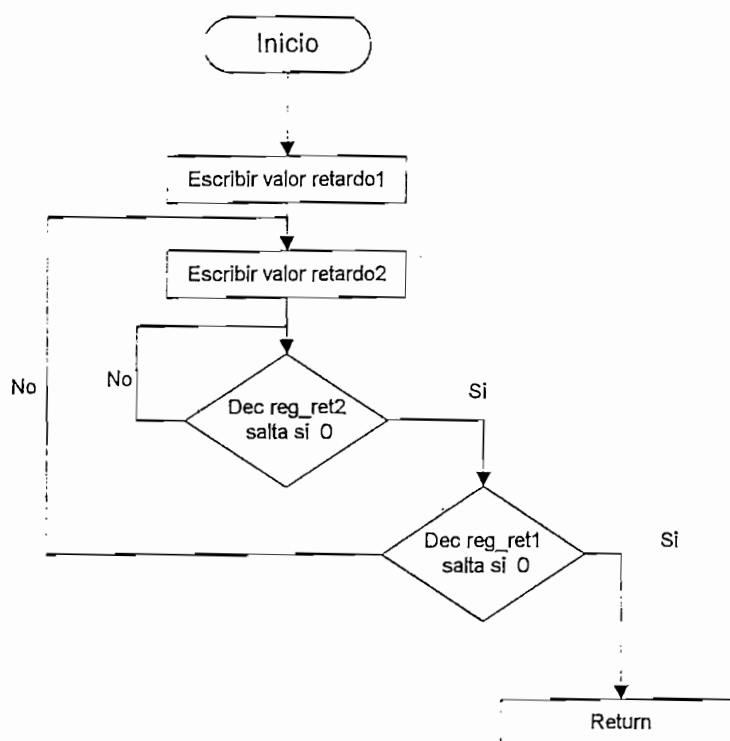
Subrutina LATERALES



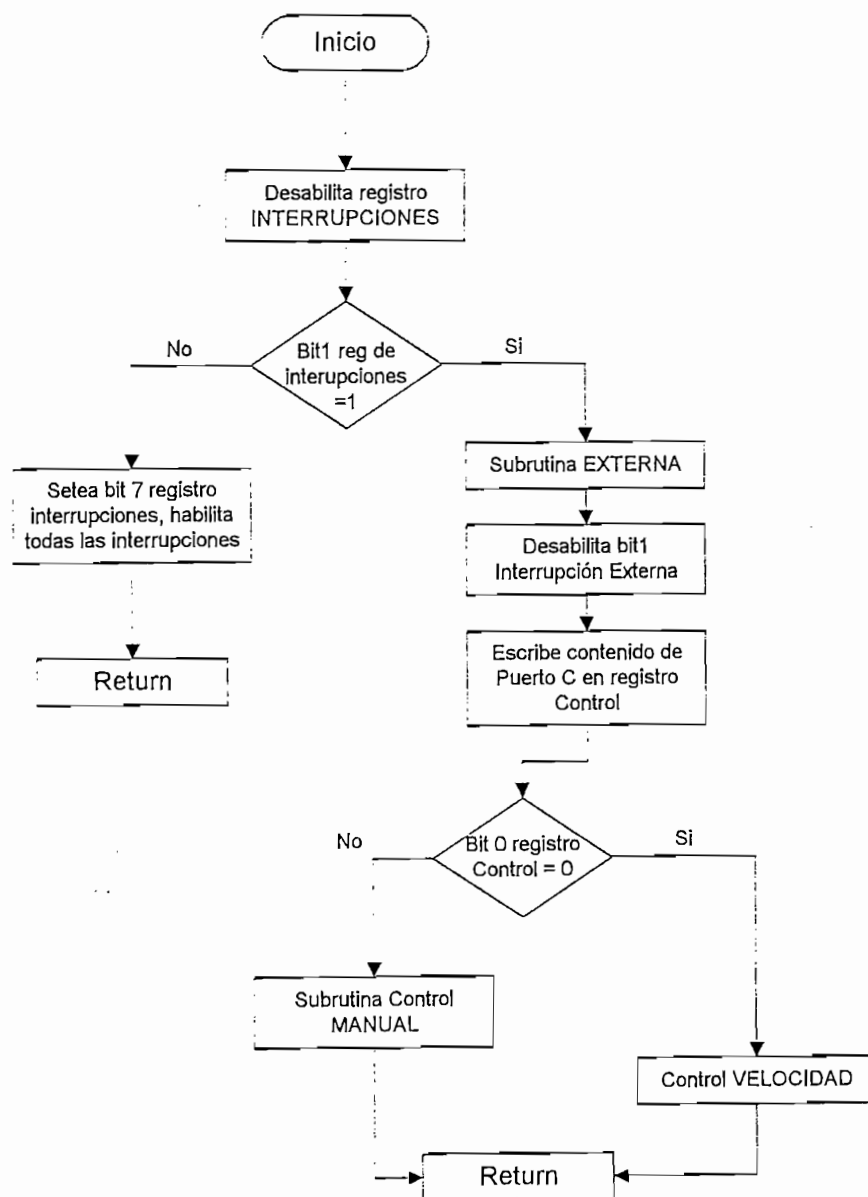
Subrutina ALARMAS



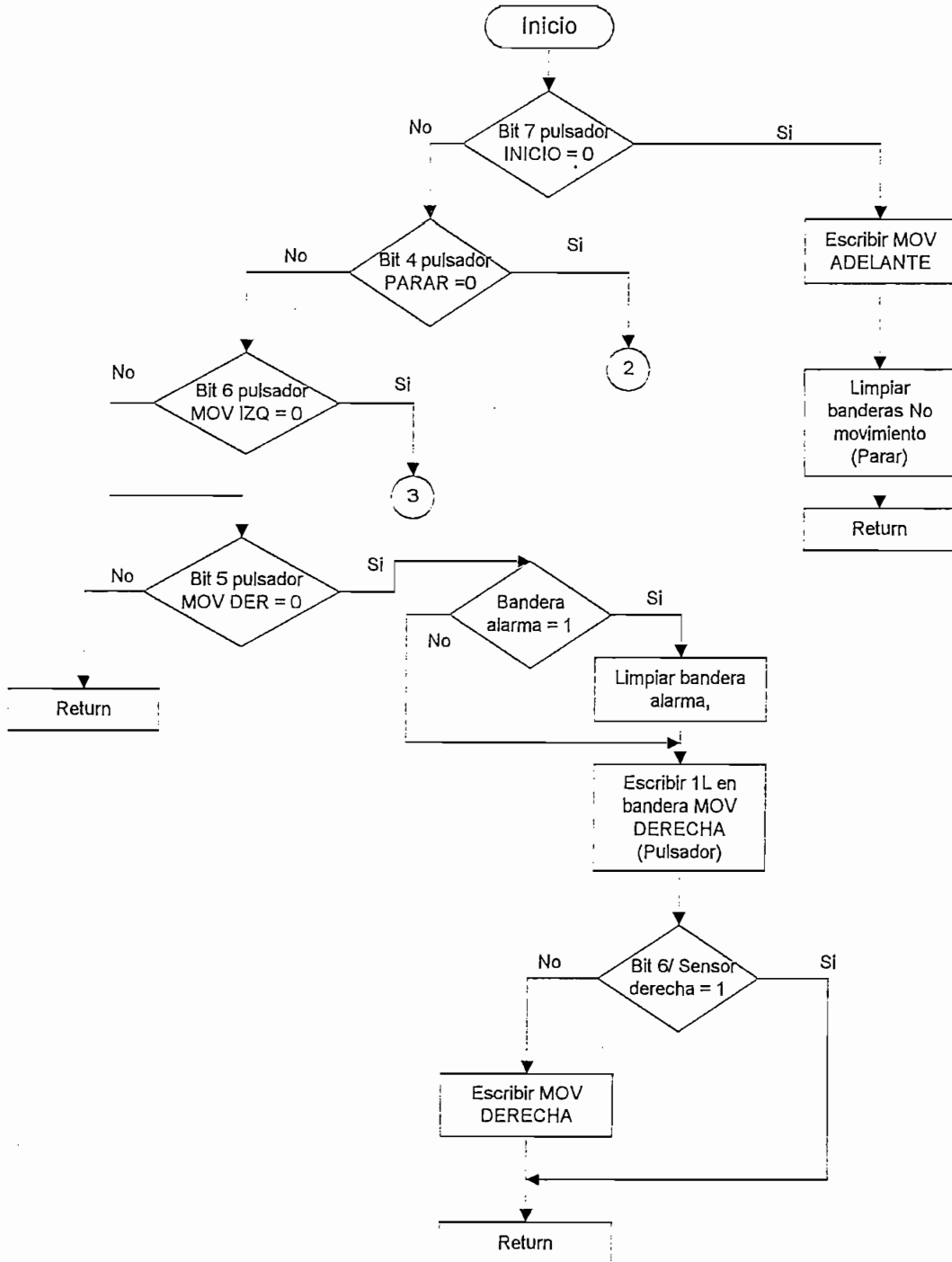


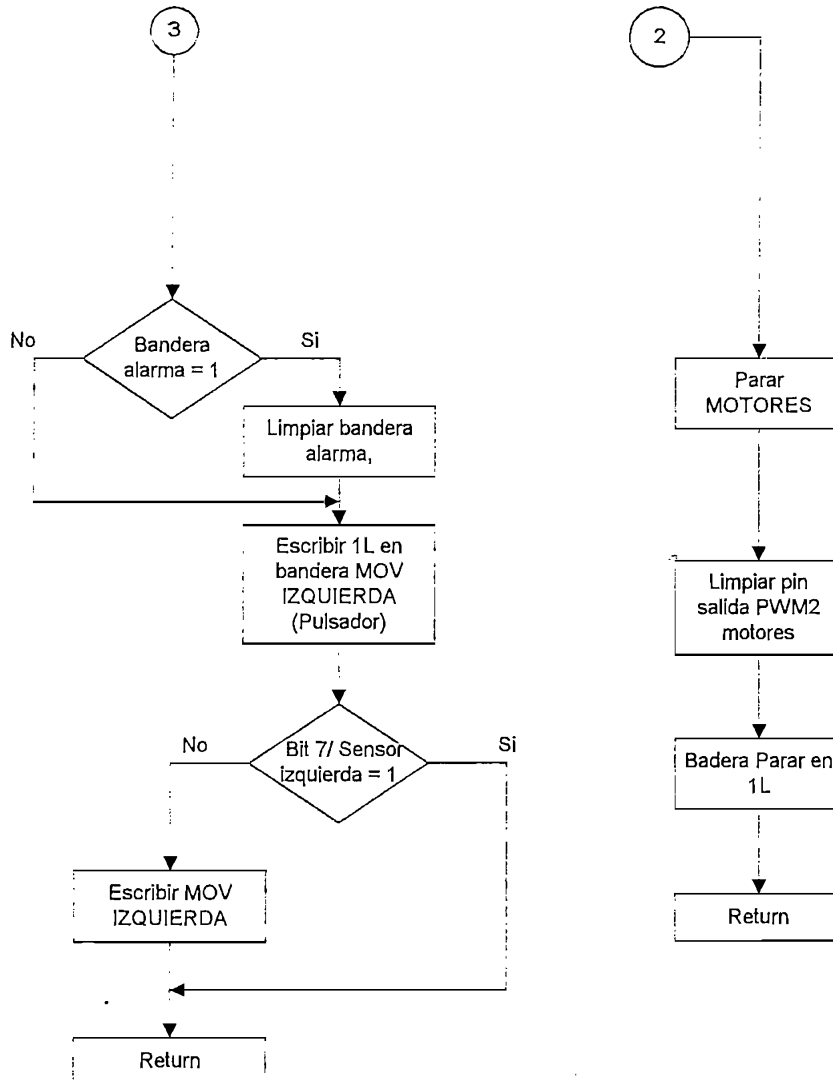
Subrutina RETARDO.Subrutina RETARDO CONVERTOR A/D – LATERALES

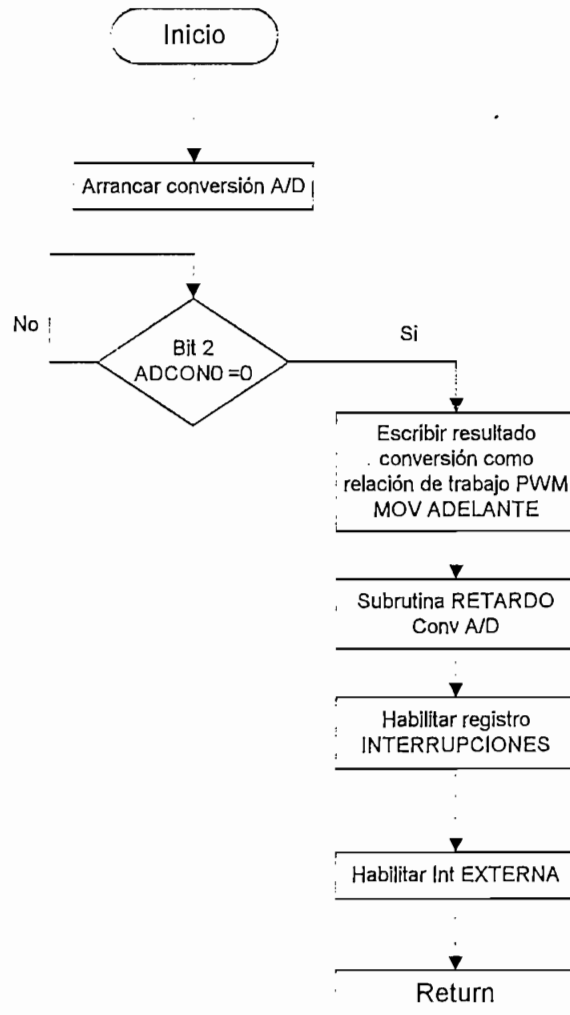
Subrutina INTERRUPTACIONES



Subrutina CONTROL MANUAL





Subrutina VELOCIDAD

CAPITULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El prototipo de Bastón Móvil para Guía de No Videntes, semiautónomo, ha alcanzado resultados positivos, como ayuda de traslado de las personas con incapacidad visual, proporcionándole una trayectoria libre de obstáculos, gracias a la utilización de una plataforma ensamblada de tal manera que pueda realizar las tareas simples de navegación, de sensores de ultrasonido, que entregan el sentido de una vista artificial para el prototipo, de una buena comunicación manual y auditiva entre el prototipo y el usuario, y un programa de control estructurado de tal manera que se pueda alcanzar el objetivo del proyecto, guiar al usuario y brindarle la posibilidad de tomar decisiones, preservando principalmente su seguridad.

La utilización de sensores de ultrasonido como fuentes de información del estado del medio ambiente en el que se desenvuelve el usuario brinda al prototipo la posibilidad de ayudarlo a alcanzar una trayectoria libre de obstáculos, con bastante precisión, y sin la necesidad de una inversión muy grande, con la ventaja de que son fáciles de implementar y acondicionar.

El presente proyecto constituye, una buena aplicación de la tecnología de navegación autónoma (robots móviles), para la asistencia de las personas visualmente discapacitadas, su funcionamiento está basado principalmente en la conducción segura del usuario en su medio natural, de esta manera, se pone a disposición del mismo, un dispositivo que puede estimular su seguridad para movilizarse, entregándole una forma diferente de orientación, en donde él puede desempeñar un papel activo en el cumplimiento de diferentes tareas.

Con un poco de imaginación y las destrezas adquiridas a lo largo de una formación profesional, se ha obtenido una ayuda electrónica, para personas no videntes que puede estar al alcance de la mayoría de ellos, y al mismo tiempo incursionar en un área tecnológica que en nuestro país se ha dejado de lado, y que brindaría muchos beneficios, tanto en el área científica, económica y social.

De acuerdo a la tabla A1, se puede establecer que debido a la implementación del prototipo en cada una de sus partes y a la utilización de dispositivos de bajo consumo, se puede obtener un prototipo de bastón móvil lo suficientemente eficiente y que puede estar al alcance de la mayor parte de los usuarios no videntes .

Para conseguir mayor fidelidad en la información que continuamente se adquiere del medio a través de los sensores de ultrasonido, es recomendable tratar de disponer de la mayor cantidad posible de los mismos, de tal manera que se cubra un total campo de acción alrededor del prototipo móvil.

La tecnología basada en microcontroladores permite de acuerdo a las necesidades del usuario realizar mediante software muchas tareas que sin ellos involucrarían una gran cantidad de elementos, ésta es razón suficiente para tratar en lo posible de realizar una buena programación aprovechando las ventajas que ofrecen estos dispositivos y garantizando al mismo tiempo mayor rendimiento y funcionalidad evitándose una gran cantidad de problemas en las conexiones de las tarjetas.

Cuando se trabaja con pequeños motores DC, como es el caso de la plataforma móvil del prototipo, se debe tener cuidado con el ruido que este tipo de motores pueden introducir en el sistema, y de esta manera afectar en el funcionamiento de los componentes del mismo, por lo tanto es necesario realizar las protecciones necesarias.

Es importante tratar de estimular las actividades de locomoción de las personas incapacitadas visualmente desde la infancia, se debe proporcionar opciones de tipo auditivo y táctil mediante la ayuda de algún dispositivo que de alguna manera pueda entregarle información del medio y al mismo tiempo brindarle seguridad y por consiguiente ellos puedan desarrollar algún sentido del obstáculo, es decir una forma de percepción que les ayuda a diferenciar por ejemplo las variaciones que sufre el sonido al chocar con los diferentes objetos que se encuentran a su

alrededor, lo que les permite diferenciar e identificar obstáculos y de ésta manera tratar de movilizarse.

Debido a la diversidad de obstáculos y de información que se encuentran en el medio ambiente, la utilización de un solo tipo de sensor aunque entrega una muy buena aproximación de la trayectoria libre de obstáculos generalmente no es suficiente, si se trata de brindar una total seguridad para una persona con discapacidad visual, generalmente de esta manera se consigue cubrir principalmente distancias cortas. Si se desea mayor precisión, se podría acudir a detectores de largo alcance que además controlan la posición del usuario, como sistemas GPS de localización absoluta por satélite, claro está a cambio de un elevado costo y la dificultad de acceso para todas las personas, incluida aquella población privilegiada.

Se recomienda además que el acoplamiento entre el prototipo de bastón móvil para guía de no videntes se realice de tal manera que la fuerza física que se produce no afecte el desenvolvimiento normal de todo el conjunto, específicamente cuando se realiza inversión de giro, tanto manual como automática.

La Robótica Móvil es un área muy extensa y que ha sido poco desarrollada en nuestro país, si se proyecta su desarrollo y utilización principalmente para mejorar la vida de los seres humanos, el trabajo sería mas reconfortante, y a la vez reconocido inclusive económicamente.

Realizando variaciones en el programa de control y aumentando el número de sensores utilizados en la implementación del prototipo de bastón móvil para guía de no videntes se podría cubrir un área más extensa de visualización del bastón móvil para obtener información más precisa de las condiciones del medio, como por ejemplo la detección de aceras y gradas de subida, esto es ubicando sensores en la parte delantera del prototipo y a niveles estándares dados por las normas de construcción, en el programa se realiza una diferencia de las

distancias medidas por los sensores ubicados en niveles diferentes y se comunica al usuario mediante otro sonido de alarma, de la nueva situación de obstáculo.

Una implementación más discreta y funcional de alarmas puede ser con la ayuda de audífonos y para cada situación de alarma la generación de mensajes grabados mediante la ayuda de otro dispositivo.

REFERENCIAS

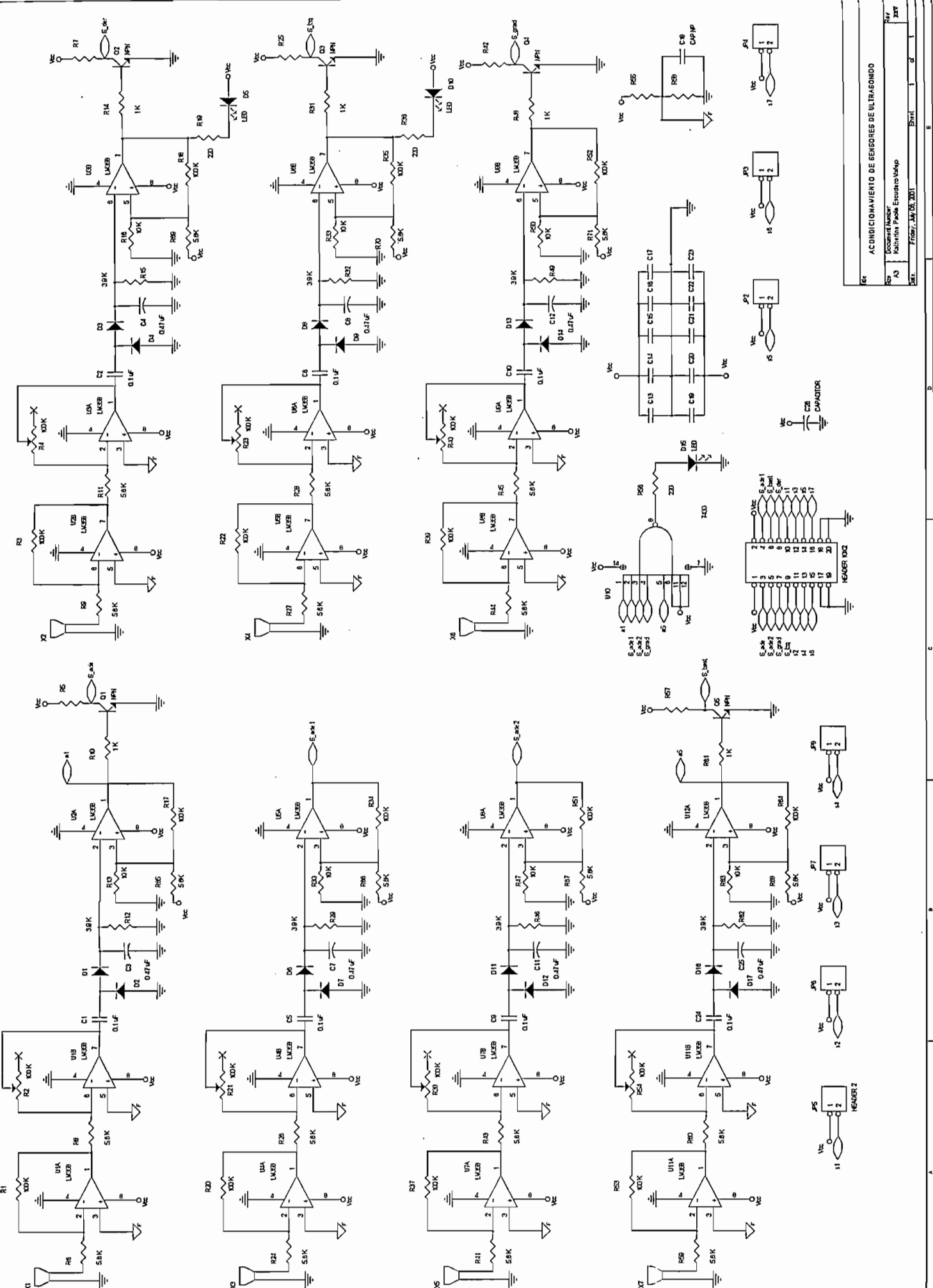
BIBLIOGRAFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] J. Borenstein, N. Everett and L. Feng, *Navigating Mobile Robots System and Techniques*, Wellestey, MA: AK Peters, 1996
- [2] P. J. McKerrow, *Introduction to Robotics*, Sidney: Addison-Wesley Publishing Company, 1993.
- [3] M. Rashid, *Electrónica de Potencia*, México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1993
- [4] www.sumar.utic.com.ar
- [5] J. Angulo, *Microcontroladores PIC Diseño Práctico de Aplicaciones*, Madrid, McGraw-Hill, 1997.
- [6] J. Savant, S. Martin, Roden, *Diseño Electrónico y Sistemas*, Wilmintong, USA, Addison Wesley, 1992.
- [7] A. Cracknell, *Ultrasonidos*, Madrid, Paraninfo, 1983.
- [8] N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins, *Power Electronics*,, USA, John Wiley & Sons, 1995.
- [9] T. Sánchez, *Electrónica III*, E.P.N., Quito, 1995.
- [10] L. Andrango, N. Sotomayor, *Simulación y ensamblaje de un prototipo para control y navegación de un Robot Móvil*, E.P.N., Quito, 1999.
- [11] P. Aigner, B. McCarragher, "Shared Control Framework Applied to a Robotic Aid for the Blind", Proc. IEEE, Control Systems, Vol.19, No. 2, Abril 1999, pp.40 – 46.

- [12] S. Levine, D. Bell, L. Jaros, R.Simpson, Y. Koren, J. Borenstein, "*The Navchair Assistive Wheelchair Navigation System*", Proc. IEEE, Transactions on Rehabilitation Engineering, Vol. 7, No. 4, Diciembre 1999 pp. 443 – 451.
- [13] www.sonicvision.co.nz
- [14] www.cs.tcd.ie/pam-aid/
- [15] www.microchip.com
- [16] www.jameco.com
- [17] Manual del Usuario MPLAB5.0, Microchip Technology Inc

ANEXO A



ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES DE ULTRASONIDO

Doc	1	2
Doc	3	4
Doc	5	6
Doc	7	8
Doc	9	10
Doc	11	12
Doc	13	14
Doc	15	16
Doc	17	18
Doc	19	20
Doc	21	22
Doc	23	24
Doc	25	26
Doc	27	28
Doc	29	30
Doc	31	32
Doc	33	34
Doc	35	36
Doc	37	38
Doc	39	40
Doc	41	42
Doc	43	44
Doc	45	46
Doc	47	48
Doc	49	50
Doc	51	52
Doc	53	54
Doc	55	56
Doc	57	58
Doc	59	60
Doc	61	62
Doc	63	64
Doc	65	66
Doc	67	68
Doc	69	70
Doc	71	72
Doc	73	74
Doc	75	76
Doc	77	78
Doc	79	80
Doc	81	82
Doc	83	84
Doc	85	86
Doc	87	88
Doc	89	90
Doc	91	92
Doc	93	94
Doc	95	96
Doc	97	98
Doc	99	100

Document Number
Kahn-Hin Paola Escuela Votivo
1977

11
12
13
14
15
16
17
18

HEXER2
HEXER1
HEXER2

HEXER2
HEXER1
HEXER2

HEXER2
HEXER1
HEXER2

HEXER2
HEXER1
HEXER2

HEXER2
HEXER1
HEXER2

HEXER2
HEXER1
HEXER2

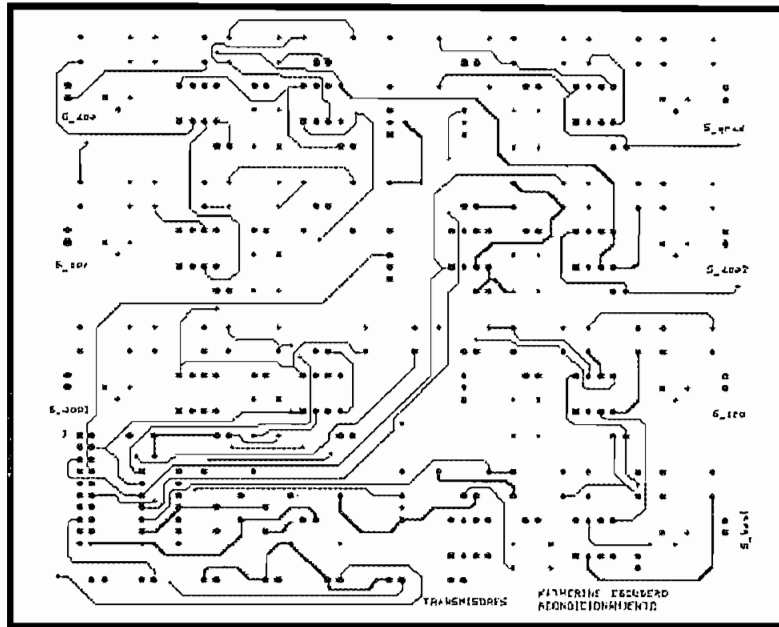


Figura A.1 Tarjeta Acondicionamiento, Vista Superior

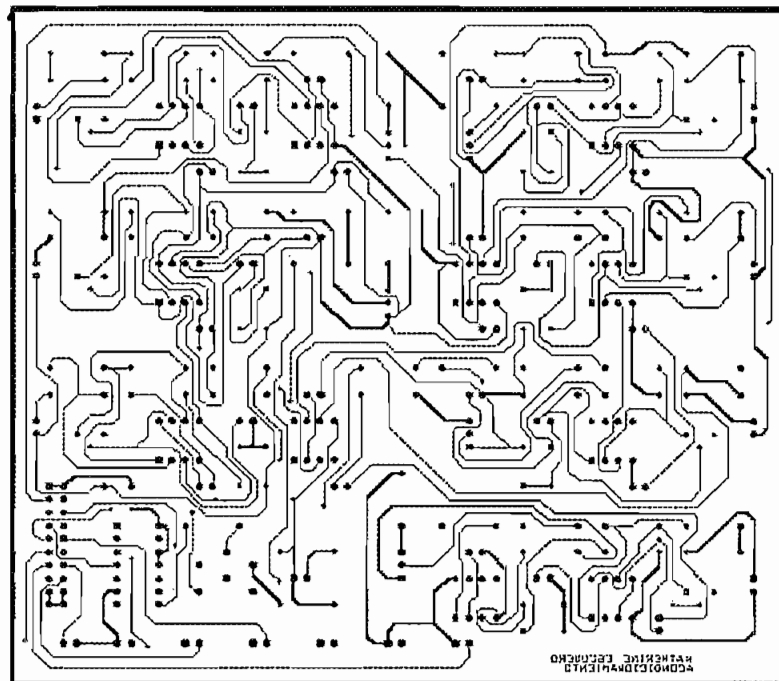


Figura A.2 Tarjeta Acondicionamiento, Vista Inferior

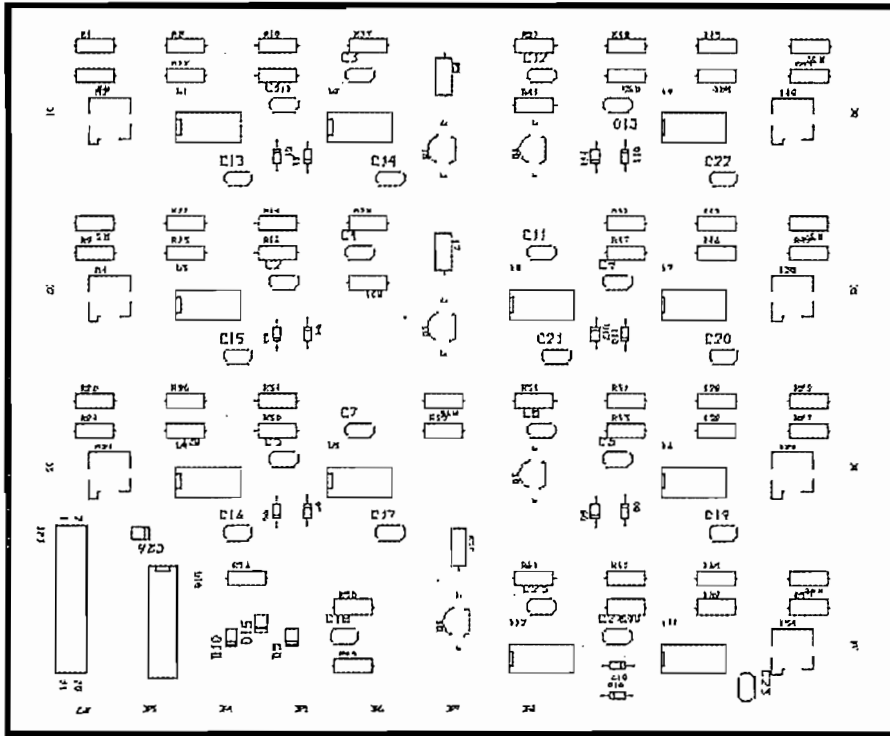


Figura A.3 Tarjeta Acondicionamiento, Componentes

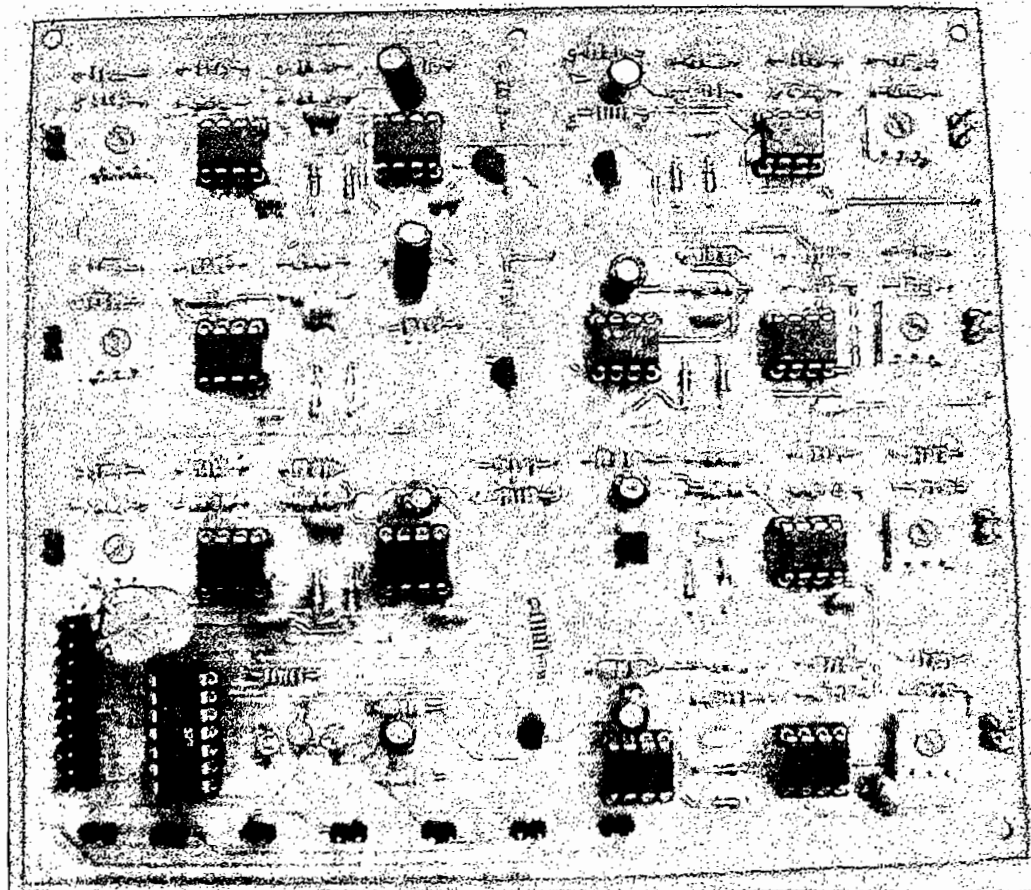
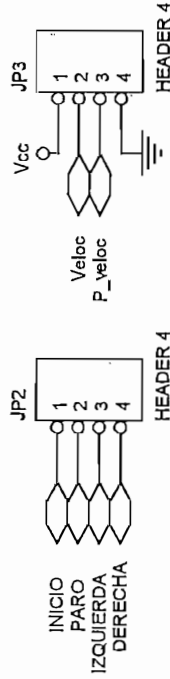
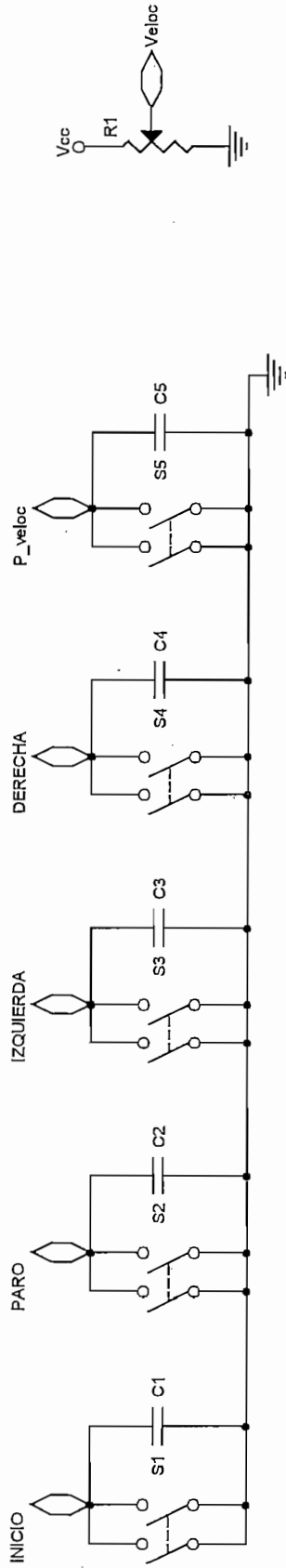
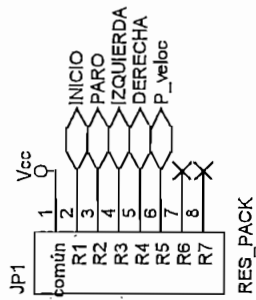


Figura A. 4 Tarjeta Acondicionamiento

Tabla A 1 Lista de Elementos y Costos Tarjeta Acondicionamiento

ELEMENTO	VALOR	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	DESCRIPCION
Tarjeta Acondicionamiento			20	
R1,R3,R17,R18,R20,R22,R34,R35,R37,R39,R51,R52,R53,R64,	100 K	0.02	0.28	Resistencias de 1/4 W
R6,R8,R9,R11,R65,R69,R24,R26,R66,R27,R28,R70,R41,R43,R44,R45,R67,R71,R59,R60,R68	5,6 K	0.02	0.42	Resistencias de 1/4 W
R12,R15,R29,R32,R46,R49,R62	3.9 K	0.02	0.14	Resistencias de 1/4 W
R13,R16,R30,R33,R47,R50,R63	10 K	0.02	0.14	Resistencias de 1/4 W
R10,R14,R31,R48,R61	1 K	0.02	0.1	Resistencias de 1/4 W
R5,R7,R25,R42,R55,R57,R58	100	0.02	0.14	Resistencias de 1/4 W
R19,R36	1.2 K	0.02	0.04	Resistencias de 1/4 W
R56	220	0.02	0.02	Resistencias de 1/4 W
R2,R4,R21,R23,R38,R40,R54	100 K	0.79	5.53	Potenci6metro

R2,R4,R21,R23,R38,R40,R54	100 K	0.79	5.53	Potenciómetro
X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7		0.1	0.7	Conector de 2 pines
JP2,JP3,JP4,JP5,JP6,JP7,JP8		0.1	0.7	Conector de 2 pines
D1,D2,D3,D4,D6,D7,D8,D9,D11,D12,D13,D14		0.1	1.4	Diodos Rápidos
D5,D10,D15		0.39	1.17	LEDs
U1,U2,U3,U4,U5,U6,U7,U8,U9,U11		0.29	2.9	Zócalos 8 pines
U1,U2,U3,U4,U5,U6,U7,U8,U9,U12		0.25	2.5	LM358
U10		0.39	0.39	Zócalo 14 pines
U10 74HC30		0.25	0.25	NAND 8 entradas
HEADER 10X2		0.17	0.17	Conector de 20 pines
C1,C2,C5,C6,C9,C10,C24,C18,C13,C14,C15,C16,C17,C18,C19,C20,C21,C22,C23	0.1 uF	0.02	0.36	Capacitores cerámicos
C3,C4,C7,C8,C11,C12,C25	0.47 uF	0.07	0.49	Capacitores electrolíticos
C26	330 uF	0.15	0.15	Capacitor electrolítico
Q1,Q2,Q3,Q4,Q5		0.09	0.45	Transistor NPN
TOTAL TARJETA ACONDICIONAMIENTO			38.44	



Title CONTROL MANUAL

Size A Document Number Katherine Paola Escudero Vallejo

Date: Friday, July 06, 2001 Sheet 1 of 1

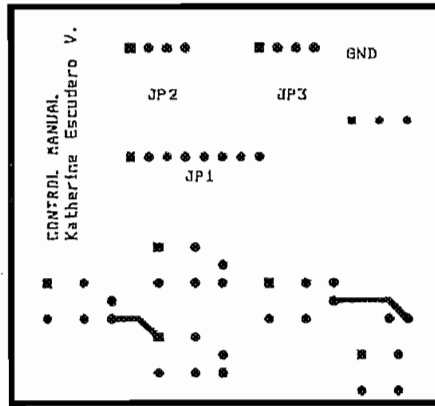


Figura A.5 Tarjeta Control Manual, Vista Superior

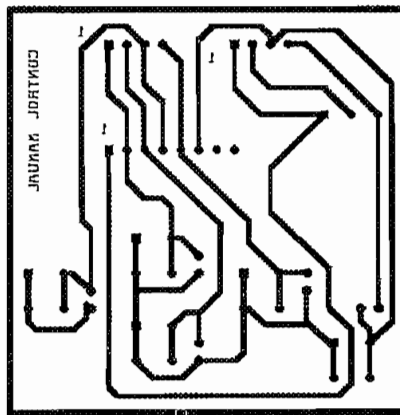


Figura A.6 Tarjeta Control Manual, Vista Inferior

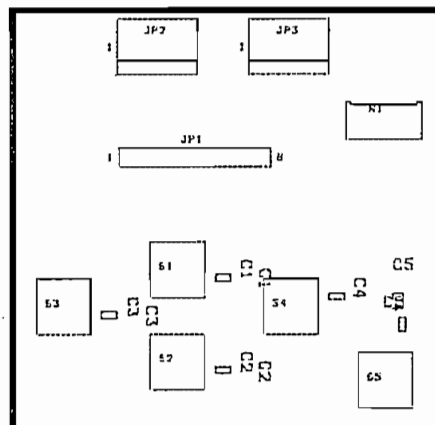


Figura A.7 Tarjeta Control Manual, Componentes

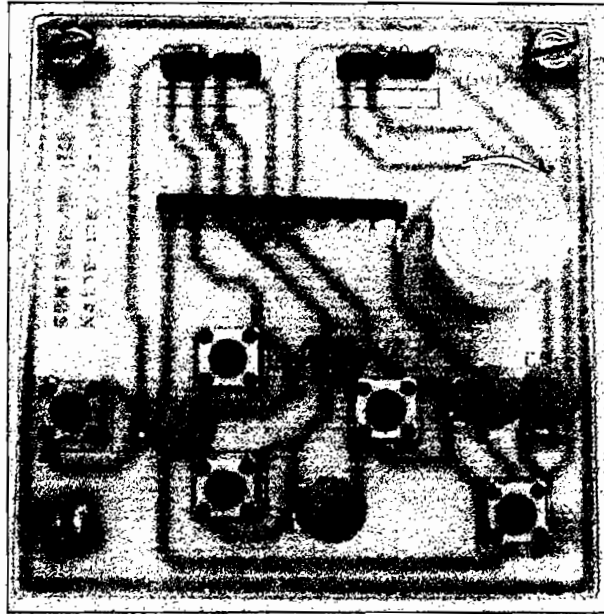


Figura A. 8 Tarjeta Control Manual

Tabla A. 2 Lista de Elementos y Costos Tarjeta Control Manual

ELEMENTO	VALOR	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	DESCRIPCION
Tarjeta Control Manual			4	
S1,S2,S3,S4,S5		0.19	0.95	Pulsadores
JP1	10 K	0.19	0.19	Resistencia empacada
R1	10 K	1.5	1.5	Potenciómetro
JP2,JP3		0.1	0.2	Conector de 4 pines
TOTAL TARJETA CONTROL MANUAL			6.84	

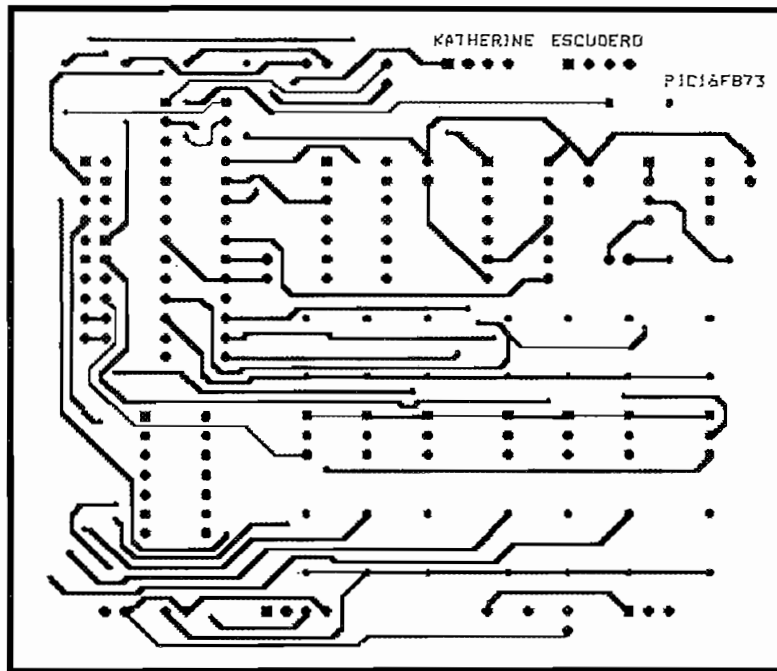


Figura A.9 Tarjeta PIC16F873, Vista Superior

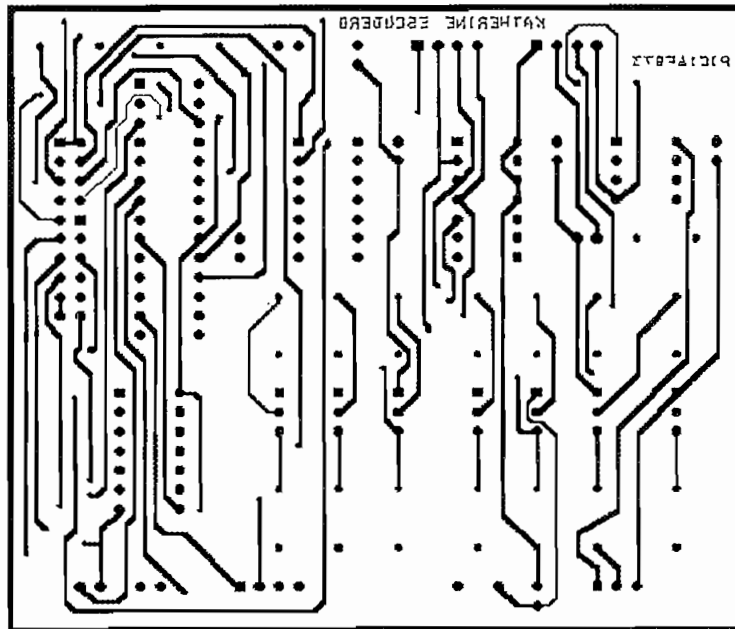


Figura A.10 Tarjeta PIC16F873, Vista Inferior

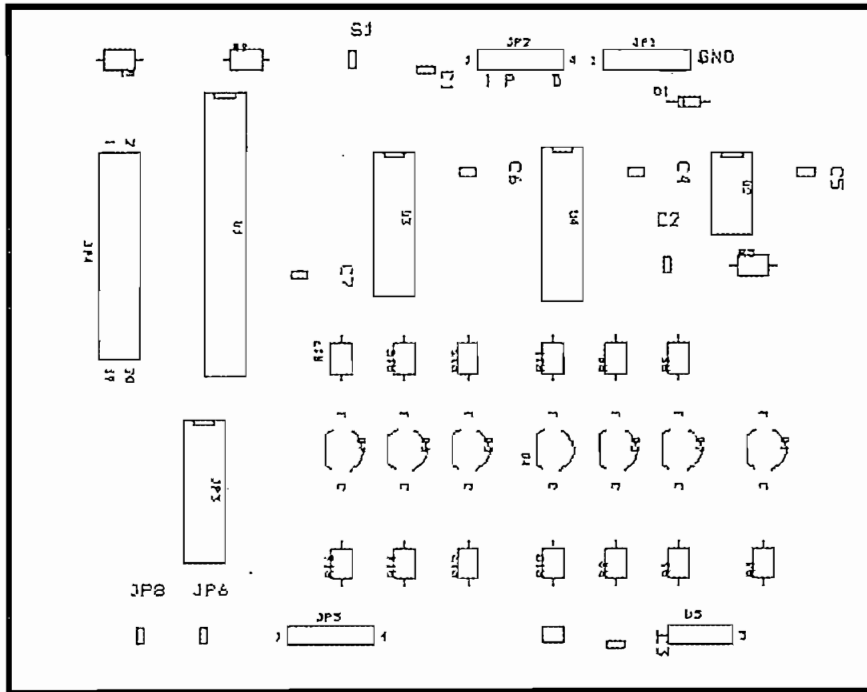


Figura A.11 Tarjeta PIC16F873, Componentes

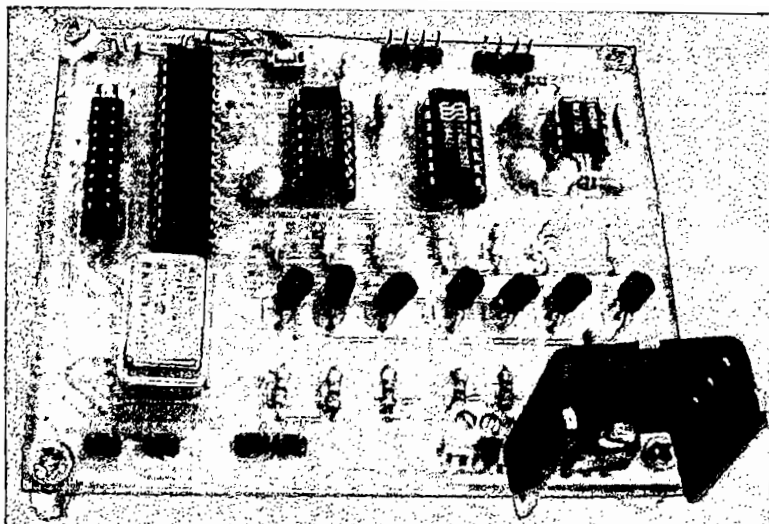
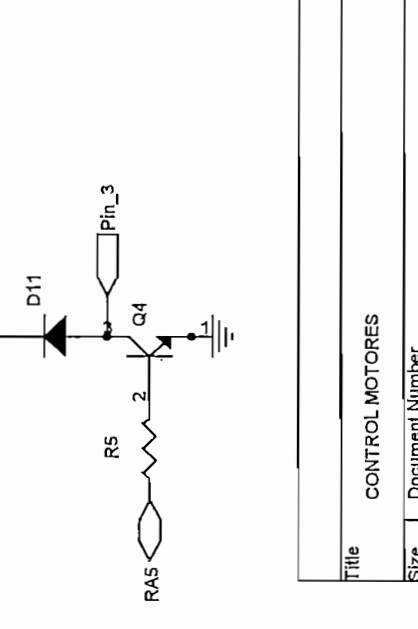
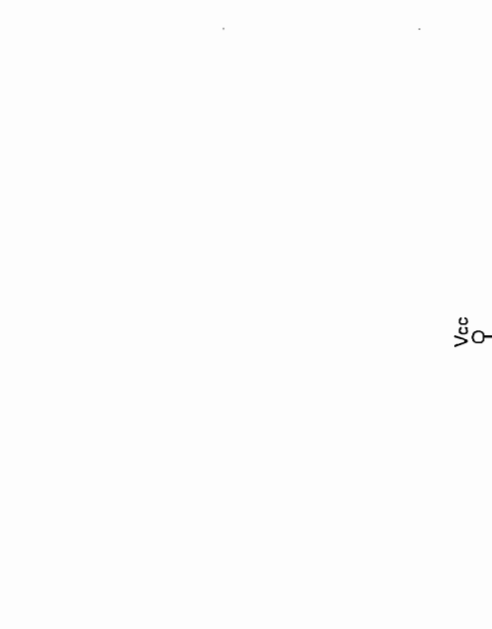
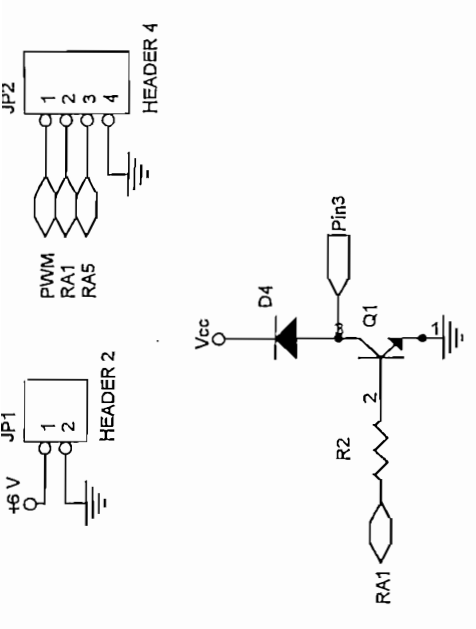
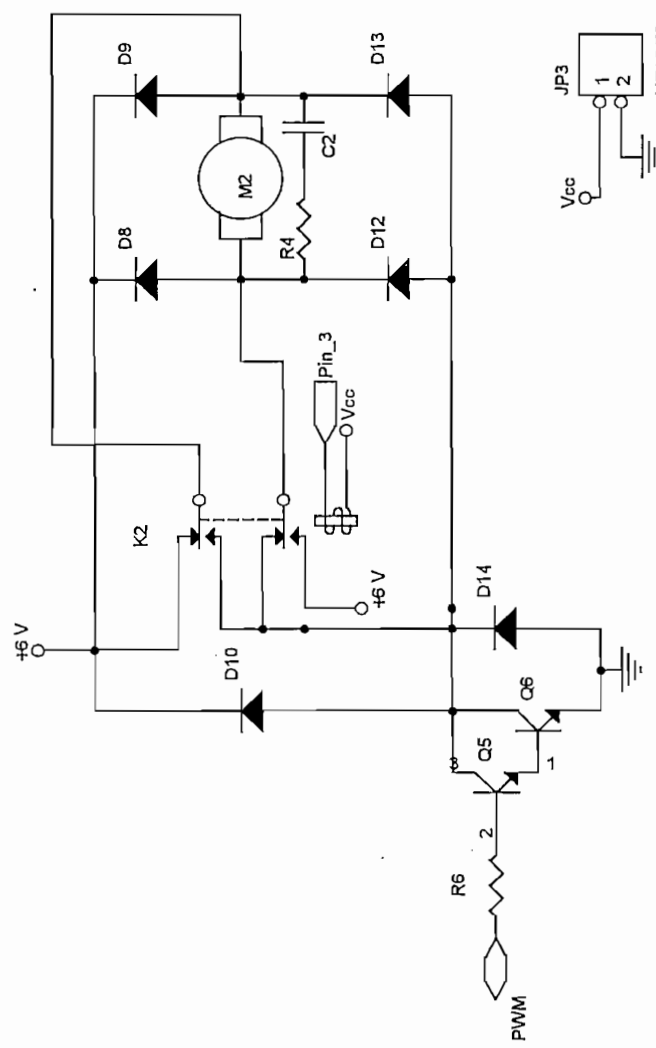
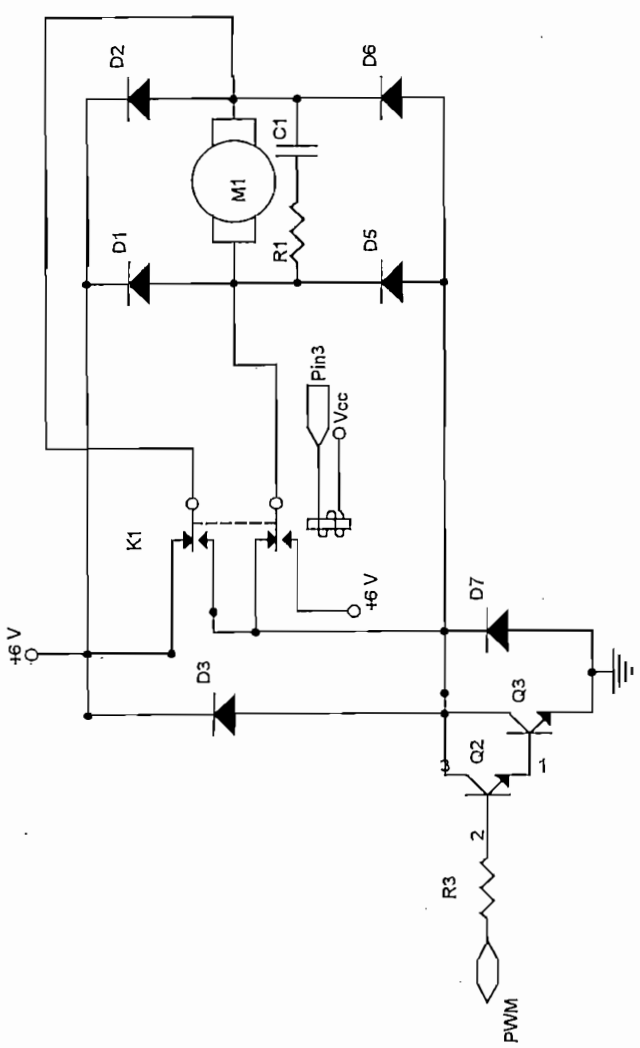


Figura A. 12 Tarjeta PIC16F873

Tabla A. 3 Lista de Elementos y Costos Tarjeta PIC16F873

ELEMENTO	VALOR	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	DESCRIPCION
Tarjeta PIC			9	
U1, PIC16F873		12	12	Microcontrolador PIC
JP3	19.6608 MHz	1.29	1.29	Cristal TTL Oscilador
U2, LM358N		0.25	0.25	2 Amp Op de Bajo Consumo
U4, 74HC30		0.25	0.25	NAND 8 entradas
U3, CD4093		0.29	0.29	4 NAND 2entradas
Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7		0.09	0.63	Transistores de señal
D1	5.1 V	0.09	0.09	Diodo Zener
S1		0.19	0.19	Pulsador
U5 LM7805	5 V	0.3	0.3	Regulador
R2, R3, R4, R6, R8, R10, R12, R14, R16	1 K	0.02	0.14	Resistencias de 1/4W
R5, R7, R9, R11, R13, R15, R17	3.3 K	0.02	0.14	Resistencias de 1/4 W
R1	10 K	0.02	0.02	Resistencias de 1/4 W
C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7	0.1 uF	0.02	0.14	Condensadores Cerámicos
JP6, JP7, JP8		0.1	0.3	Conector de 2 pines
JP1, JP2, JP5		0.1	0.3	Conector de 4 pines
HEADER 10X2		0.17	0.17	Conector de 20 pines
U1		0.75	0.75	Zócalo 28 pines
U3, U4		0.39	0.78	Zócalo 14 pines
U2		0.29	0.29	Zócalo 14 pines
JP3		0.59	0.59	Zócalo para oscilador
TOTAL TARJETA PIC			27.91	



Title		CONTROL MOTORES	
Size	A	Document Number	Katherine Paola Escudero Vallejo
Rev	KEV	Date:	Friday, July 06, 2001
Sheet		1	of 1

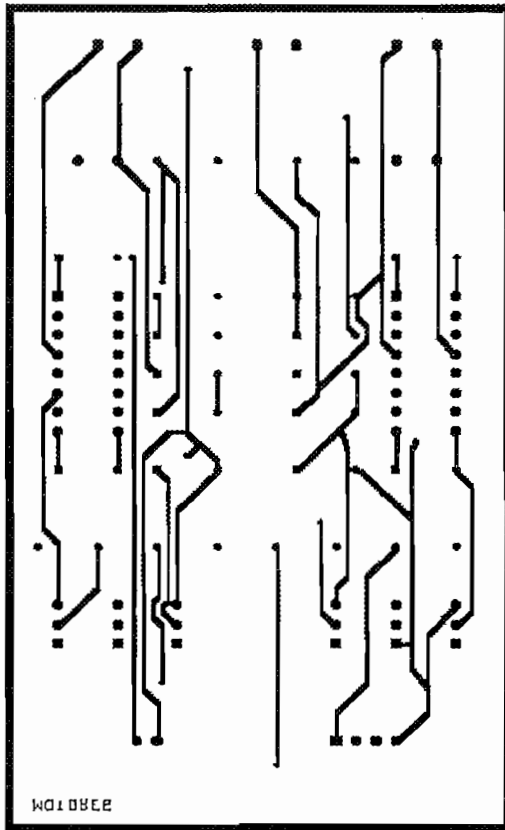


Figura A.13 · Tarjeta Motores, Vista Superior

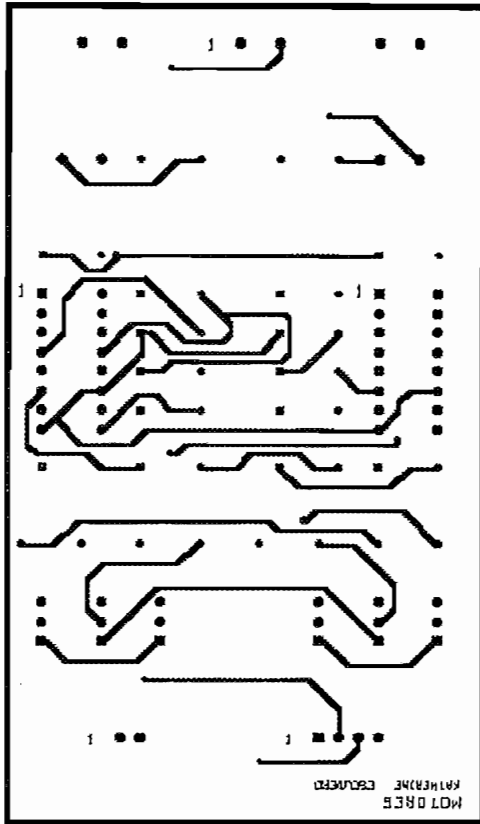


Figura A.14 Tarjeta Motores, Vista Inferior

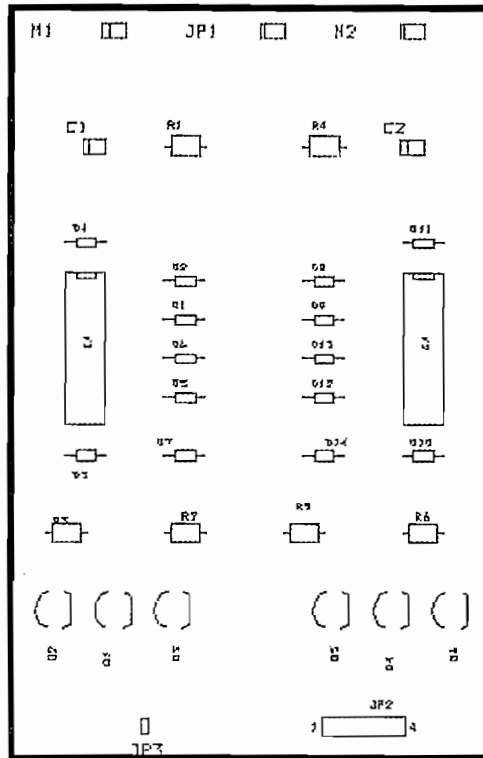


Figura A.15 Tarjeta Motores, Componentes

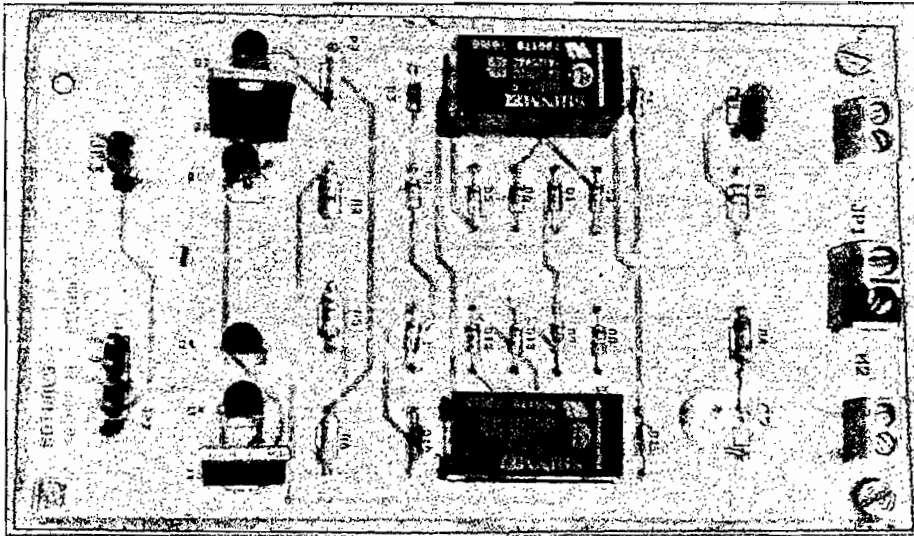


Figura A. 16 Tarjeta Motores

Tabla A. 4 Lista de Elementos y Costos Tarjeta Motores

ELEMENTO	VALOR	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	DESCRIPCION
Tarjeta Motores			8	
R3,R6,	3.9 K	0.02	0.04	Resistencias de 1/4 W
R2,R5	2 K	0.02	0.04	Resistencias de 1/4 W
R1,R4	150	0.02	0.04	Resistencias de 1/4 W
D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8,D9, D10,D11,D12,D13,D14		0.1	1.4	Diodos Rápidos
Q1,Q2,Q4,Q5		0.09	0.36	Transistor NPN
Q3,Q6		0.59	1.18	TIP110
K1,K2		2.49	4.98	Relés
JP1,JP3		0.1	0.2	Conector de 2 pines
JP2		0.1	0.1	Conector de 4 pines
C1,C2	0.1 uF	0.02	0.04	Capacitores cerámicos
TOTAL TARJETA MOTORES			16.38	

Tabla A. 5 Lista de Elementos y Costos Plataforma Móvil

ELEMENTO	VALOR	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	DESCRIPCION
Plataforma Móvil		60	60	
Garrucha		1	1	
Batería 7.5 V		45	45	
Batería 6 V		25	25	
Bastón		0.2	0.2	
Switch 3 posiciones		0.2	0.2	
Jacks		0.3	0.3	
Porta Fusible		0.5	0.5	
Cable Apantallado		0.25	1	
Sensores de Ultrasonido		6	42	7 pares
Otros		20	20	
TOTAL			195.2	

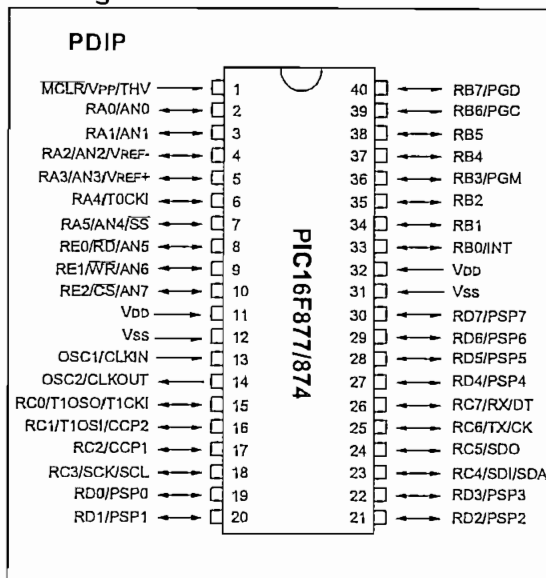
ANEXO B

28/40-pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

Microcontroller Core Features:

- High-performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM data memory
- ★ • Pinout compatible to the PIC16C73/74/76/77
- Interrupt capability (up to 14 internal/external interrupt sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect, and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code-protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low-power, high-speed CMOS FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ via two pins
- ★ • Only single 5V source needed for programming
- ★ • In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption:
 - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



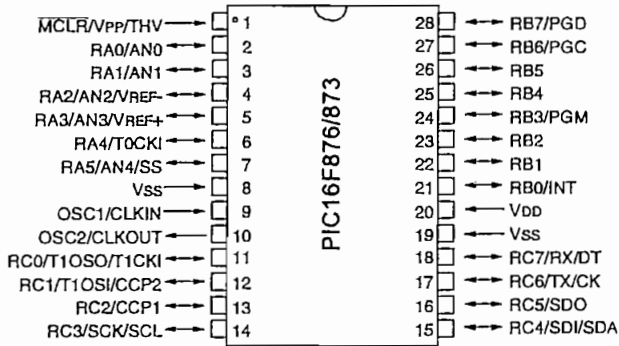
Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
- Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns, Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns, PWM max. resolution is 10-bit
- ★ • 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- ★ • Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master Mode) and I²C™ (Master/Slave)
- ★ • Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with external \overline{RD} , \overline{WR} and \overline{CS} controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

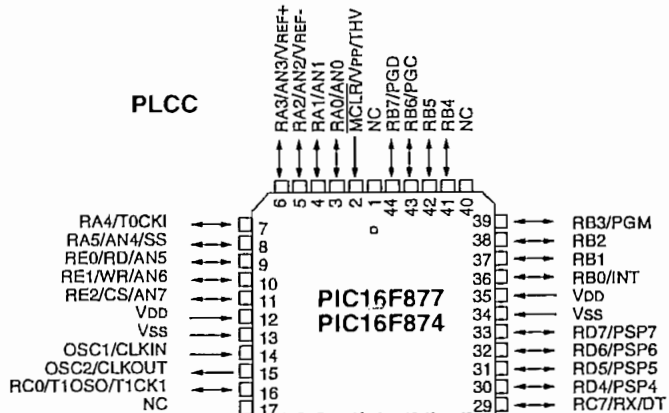
PIC16F87X

Pin Diagrams

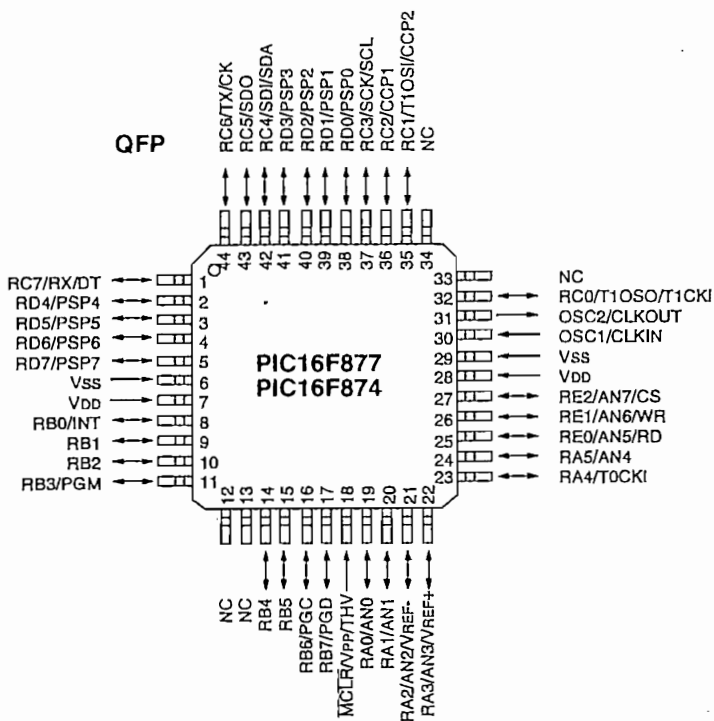
DIP, SOIC



PLCC



QFP




Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions

PIC16F87X

FIGURE 2-4: PIC16F874/873 REGISTER FILE MAP

Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3	
Indirect addr. ^(*)	File Address	Indirect addr. ^(*)	File Address	Indirect addr. ^(*)	File Address	Indirect addr. ^(*)	File Address
TMR0	00h	OPTION_REG	80h	TMR0	100h	OPTION_REG	180h
PCL	01h	PCL	81h	PCL	101h	PCL	181h
STATUS	02h	STATUS	82h	STATUS	102h	STATUS	182h
FSR	03h	FSR	83h	FSR	103h	FSR	183h
PORTA	04h	TRISA	84h		104h		184h
PORTB	05h	TRISB	85h	PORTB	105h	TRISB	185h
PORTC	06h	TRISC	86h		106h		186h
PORTD ⁽¹⁾	07h	TRISD ⁽¹⁾	87h		107h		187h
PORTE ⁽¹⁾	08h	TRISE ⁽¹⁾	88h		108h		188h
PCLATH	09h	PCLATH	89h		109h		189h
INTCON	0Ah	INTCON	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
PIR1	0Bh	PIR1	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR2	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
TMR1L	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1H	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved ⁽²⁾	18Eh
T1CON	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved ⁽²⁾	18Fh
TMR2	10h		90h		110h		190h
T2CON	11h	SSPCON2	91h				
SSPBUF	12h	PR2	92h				
SSPCON	13h	SSPADD	93h				
CCPR1L	14h	SSPSTAT	94h				
CCPR1H	15h		95h				
CCP1CON	16h		96h				
RCSTA	17h		97h				
TXREG	18h	TXSTA	98h				
RCREG	19h	SPBRG	99h				
CCPR2L	1Ah		9Ah				
CCPR2H	1Bh		9Bh				
CCP2CON	1Ch		9Ch				
ADRESH	1Dh		9Dh				
ADCON0	1Eh	ADRESL	9Eh				
	1Fh	ADCON1	9Fh				
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register		General Purpose Register		accesses 20h-7Fh		accesses A0h - FFh	
96 Bytes		96 Bytes			16Fh		1EFh
					170h		1F0h
	7Fh		FFh		17Fh		1FFh

 Unimplemented data memory locations, read as '0'.
 * Not a physical register.
 Note 1: These registers are not implemented on 28-pin devices.
 2: These registers are reserved, maintain these registers clear.

2.2.2.3 INTCON REGISTER

The INTCON Register is a readable and writable register which contains various enable and flag bits for the TMR0 register overflow, RB Port change and External RB0/INT pin interrupts.

Note: Interrupt flag bits get set when an interrupt condition occurs regardless of the state of its corresponding enable bit or the global enable bit, GIE (INTCON<7>). User software should ensure the appropriate interrupt flag bits are clear prior to enabling an interrupt.

FIGURE 2-7: INTCON REGISTER (ADDRESS 0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh)

	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
	GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF
	bit7							bit0
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> R= Readable bit W= Writable bit U= Unimplemented bit, read as '0' - n= Value at POR reset </div>								
bit 7:	GIE: Global Interrupt Enable bit 1 = Enables all un-masked interrupts 0 = Disables all interrupts							
bit 6:	PEIE: Peripheral Interrupt Enable bit 1 = Enables all un-masked peripheral interrupts 0 = Disables all peripheral interrupts							
bit 5:	TOIE: TMR0 Overflow Interrupt Enable bit 1 = Enables the TMR0 interrupt 0 = Disables the TMR0 interrupt							
bit 4:	INTE: RB0/INT External Interrupt Enable bit 1 = Enables the RB0/INT external interrupt 0 = Disables the RB0/INT external interrupt							
bit 3:	RBIE: RB Port Change Interrupt Enable bit 1 = Enables the RB port change interrupt 0 = Disables the RB port change interrupt							
bit 2:	TOIF: TMR0 Overflow Interrupt Flag bit 1 = TMR0 register has overflowed (must be cleared in software) 0 = TMR0 register did not overflow							
bit 1:	INTF: RB0/INT External Interrupt Flag bit 1 = The RB0/INT external interrupt occurred (must be cleared in software) 0 = The RB0/INT external interrupt did not occur							
bit 0:	RBIF: RB Port Change Interrupt Flag bit 1 = At least one of the RB7:RB4 pins changed state (must be cleared in software) 0 = None of the RB7:RB4 pins have changed state							

3.0 I/O PORTS

Some pins for these I/O ports are multiplexed with an alternate function for the peripheral features on the device. In general, when a peripheral is enabled, that pin may not be used as a general purpose I/O pin.

Additional information on I/O ports may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

3.1 PORTA and the TRISA Register

PORTA is a 6-bit wide bi-directional port. The corresponding data direction register is TRISA. Setting a TRISA bit (=1) will make the corresponding PORTA pin an input, i.e., put the corresponding output driver in a hi-impedance mode. Clearing a TRISA bit (=0) will make the corresponding PORTA pin an output, i.e., put the contents of the output latch on the selected pin.

Reading the PORTA register reads the status of the pins whereas writing to it will write to the port latch. All write operations are read-modify-write operations. Therefore a write to a port implies that the port pins are read, this value is modified, and then written to the port data latch.

Pin RA4 is multiplexed with the Timer0 module clock input to become the RA4/T0CKI pin. The RA4/T0CKI pin is a Schmitt Trigger input and an open drain output. All other RA port pins have TTL input levels and full CMOS output drivers.

Other PORTA pins are multiplexed with analog inputs and analog VREF input. The operation of each pin is selected by clearing/setting the control bits in the ADCON1 register (A/D Control Register1).

Note: On a Power-on Reset, these pins are configured as analog inputs and read as '0'.

The TRISA register controls the direction of the RA pins, even when they are being used as analog inputs. The user must ensure the bits in the TRISA register are maintained set when using them as analog inputs.

EXAMPLE 3-1: INITIALIZING PORTA

```
BCF STATUS, RP0 ;
CLRF PORTA      ; Initialize PORTA by
                ; clearing output
                ; data latches

BSF STATUS, RP0 ; Select Bank 1
MOVLW 0xCF      ; Value used to
                ; initialize data
                ; direction

MOVWF TRISA     ; Set RA<3:0> as inputs
                ; RA<5:4> as outputs
                ; TRISA<7:6> are always
                ; read as '0'.
```

FIGURE 3-1: BLOCK DIAGRAM OF RA3:RA0 AND RA5 PINS

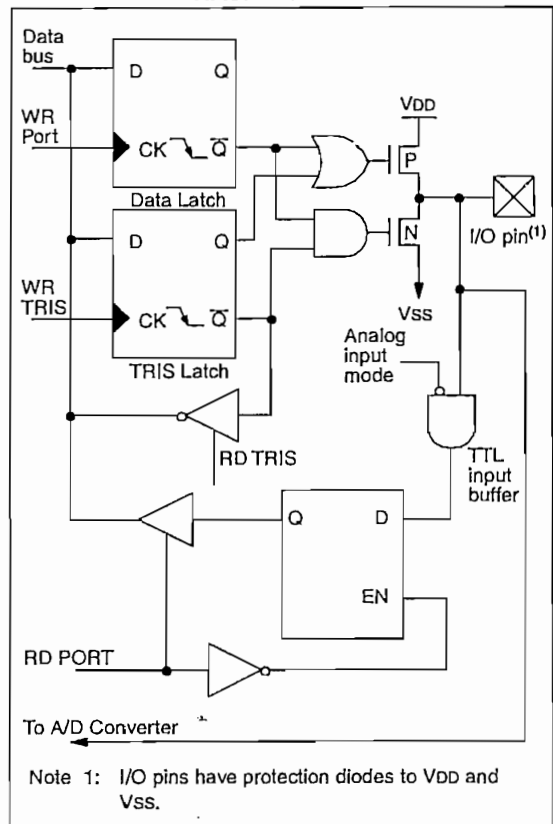
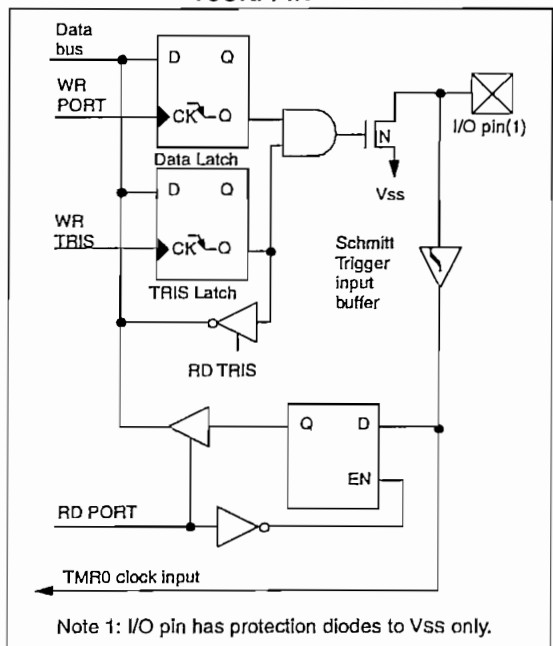


FIGURE 3-2: BLOCK DIAGRAM OF RA4/T0CKI PIN



PIC16F87X

TABLE 3-1 PORTA FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer	Function
RA0/AN0	bit0	TTL	Input/output or analog input
RA1/AN1	bit1	TTL	Input/output or analog input
RA2/AN2	bit2	TTL	Input/output or analog input
RA3/AN3/VREF	bit3	TTL	Input/output or analog input or VREF
RA4/T0CKI	bit4	ST	Input/output or external clock input for Timer0 Output is open drain type
RA5/SS/AN4	bit5	TTL	Input/output or slave select input for synchronous serial port or analog input

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

TABLE 3-2 SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTA

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
05h	PORTA	—	—	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	--0x 0000	--0u 0000
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111
9Fh	ADCON1	ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	--0- 0000	--0- 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used by PORTA.

3.2 PORTB and the TRISB Register

PORTB is an 8-bit wide bi-directional port. The corresponding data direction register is TRISB. Setting a TRISB bit (=1) will make the corresponding PORTB pin an input, i.e., put the corresponding output driver in a hi-impedance mode. Clearing a TRISB bit (=0) will make the corresponding PORTB pin an output, i.e., put the contents of the output latch on the selected pin.

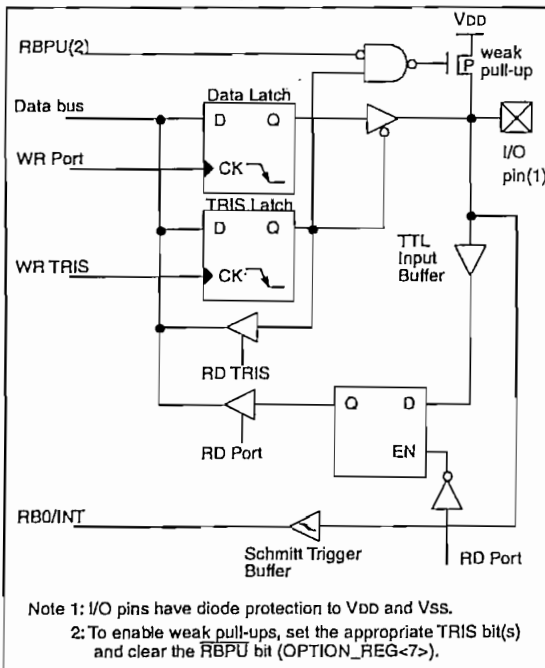
Three pins of PORTB are multiplexed with the Low Voltage Programming function; RB3/PGM, RB6/PGC and RB7/PGD. The alternate functions of these pins are described in the Special Features Section.

EXAMPLE 3-1: INITIALIZING PORTB

```
BCF STATUS, RP0 ;
CLRF PORTB      ; Initialize PORTB by
                 ; clearing output
                 ; data latches
BSF STATUS, RP0 ; Select Bank 1
MOVLW 0xCF      ; Value used to
                 ; initialize data
                 ; direction
MOVWF TRISB     ; Set RB<3:0> as inputs
                 ; RB<5:4> as outputs
                 ; RB<7:6> as inputs
```

Each of the PORTB pins has a weak internal pull-up. A single control bit can turn on all the pull-ups. This is performed by clearing bit $\overline{\text{RBPU}}$ (OPTION_REG<7>). The weak pull-up is automatically turned off when the port pin is configured as an output. The pull-ups are disabled on a Power-on Reset.

FIGURE 3-3: BLOCK DIAGRAM OF RB3:RB0 PINS



Four of PORTB's pins, RB7:RB4, have an interrupt on change feature. Only pins configured as inputs can cause this interrupt to occur (i.e. any RB7:RB4 pin configured as an output is excluded from the interrupt on change comparison). The input pins (of RB7:RB4) are compared with the old value latched on the last read of PORTB. The "mismatch" outputs of RB7:RB4 are OR'ed together to generate the RB Port Change Interrupt with flag bit RBIF (INTCON<0>).

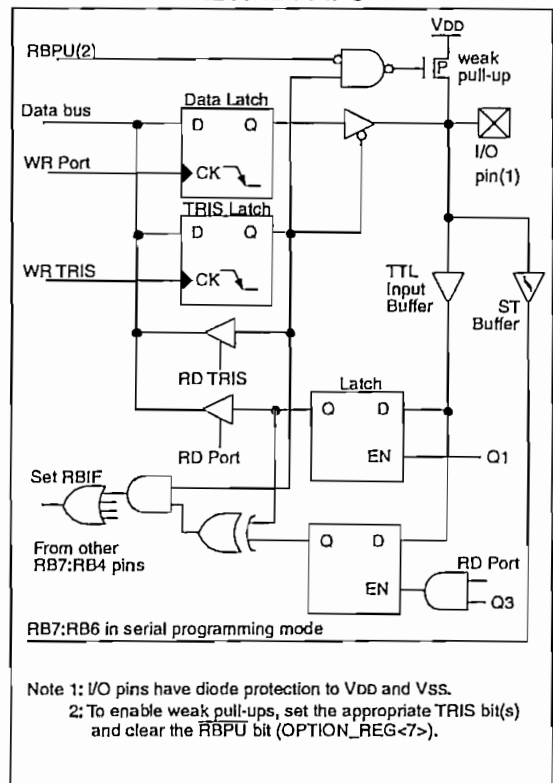
This interrupt can wake the device from SLEEP. The user, in the interrupt service routine, can clear the interrupt in the following manner:

- Any read or write of PORTB. This will end the mismatch condition.
- Clear flag bit RBIF.

A mismatch condition will continue to set flag bit RBIF. Reading PORTB will end the mismatch condition, and allow flag bit RBIF to be cleared.

The interrupt on change feature is recommended for wake-up on key depression operation and operations where PORTB is only used for the interrupt on change feature. Polling of PORTB is not recommended while using the interrupt on change feature.

FIGURE 3-4: BLOCK DIAGRAM OF RB7:RB4 PINS



PIC16F87X

TABLE 3-3 PORTB FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer	Function
RB0/INT	bit0	TTL/ST ⁽¹⁾	Input/output pin or external interrupt input. Internal software programmable weak pull-up.
RB1	bit1	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB2	bit2	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB3/PGM	bit3	TTL	Input/output pin or programming pin in LVP mode. Internal software programmable weak pull-up.
RB4	bit4	TTL	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up.
RB5	bit5	TTL	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up.
RB6/PGC	bit6	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt on change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming clock.
RB7/PGD	bit7	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt on change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming data.

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.

2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.

TABLE 3-4 SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTB

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
06h, 106h	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
86h, 186h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
81h, 181h	OPTION_ REG	RBP	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged. Shaded cells are not used by PORTB.

3.3 PORTC and the TRISC Register

PORTC is an 8-bit wide bi-directional port. The corresponding data direction register is TRISC. Setting a TRISC bit (=1) will make the corresponding PORTC pin an input, i.e., put the corresponding output driver in a hi-impedance mode. Clearing a TRISC bit (=0) will make the corresponding PORTC pin an output, i.e., put the contents of the output latch on the selected pin.

PORTC is multiplexed with several peripheral functions (Table 3-5). PORTC pins have Schmitt Trigger input buffers.

When the I²C module is enabled, the PORTC (3:4) pins can be configured with normal I²C levels or with SMBUS levels by using the CKE bit (SSPSTAT <6>).

When enabling peripheral functions, care should be taken in defining TRIS bits for each PORTC pin. Some peripherals override the TRIS bit to make a pin an output, while other peripherals override the TRIS bit to make a pin an input. Since the TRIS bit override is in effect while the peripheral is enabled, read-modify-write instructions (BSF, BCF, XORWF) with TRISC as destination should be avoided. The user should refer to the corresponding peripheral section for the correct TRIS bit settings.

EXAMPLE 3-1: INITIALIZING PORTC

```
BCF STATUS, RP0 ; Select Bank 0
CLRF PORTC      ; Initialize PORTC by
                ; clearing output
                ; data latches

BSF STATUS, RP0 ; Select Bank 1
MOVLW 0xCF      ; Value used to
                ; initialize data
                ; direction

MOVWF TRISC     ; Set RC<3:0> as inputs
                ; RC<5:4> as outputs
                ; RC<7:6> as inputs
```

FIGURE 3-5: PORTC BLOCK DIAGRAM (PERIPHERAL OUTPUT OVERRIDE) RC<0:2> RC<5:7>

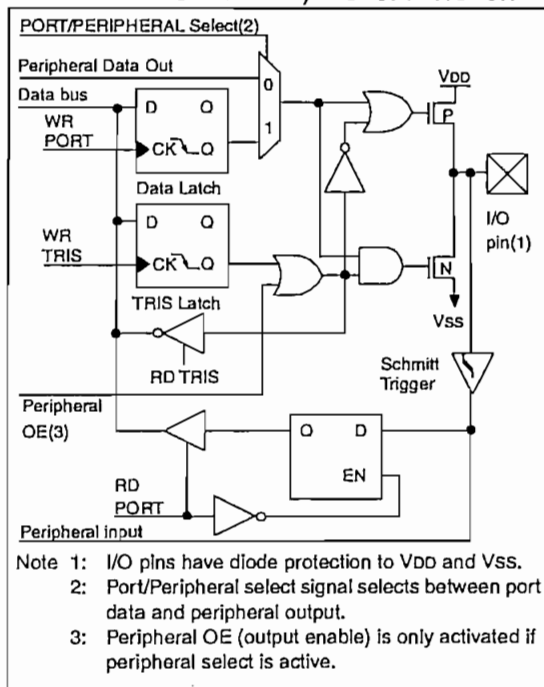
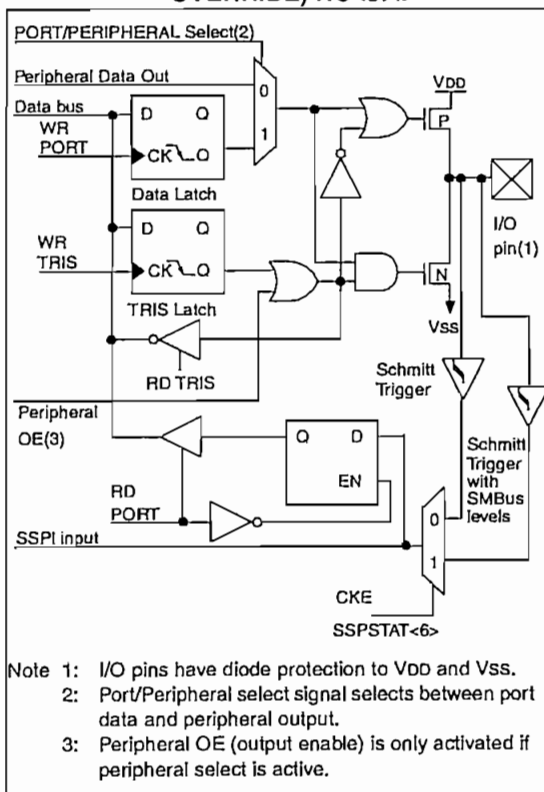


FIGURE 3-6: PORTC BLOCK DIAGRAM (PERIPHERAL OUTPUT OVERRIDE) RC<3:4>



PIC16F87X

TABLE 3-5 PORTC FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RC0/T1OSO/T1CKI	bit0	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator output/Timer1 clock input
RC1/T1OSVCCP2	bit1	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output
RC2/CCP1	bit2	ST	Input/output port pin or Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output
RC3/SCK/SCL	bit3	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock for both SPI and I ² C modes.
RC4/SDI/SDA	bit4	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I ² C mode).
RC5/SDO	bit5	ST	Input/output port pin or Synchronous Serial Port data output
RC6/TX/CK	bit6	ST	Input/output port pin or USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock
RC7/RX/DT	bit7	ST	Input/output port pin or USART Asynchronous Receive or Synchronous Data

Legend: ST = Schmitt Trigger input

TABLE 3-6 SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTC

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
07h	PORTC	RC7	RC6	RC5	RC4	RC3	RC2	RC1	RC0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
87h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged.

5.0 TIMER0 MODULE

The Timer0 module timer/counter has the following features:

- 8-bit timer/counter
- Readable and writable
- Internal or external clock select
- Edge select for external clock
- 8-bit software programmable prescaler
- Interrupt on overflow from FFh to 00h

Figure 5-1 is a simplified block diagram of the Timer0 module.

Additional information on timer modules is available in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

5.1 Timer0 Operation

Timer0 can operate as a timer or as a counter.

Timer mode is selected by clearing bit T0CS (OPTION_REG<5>). In timer mode, the Timer0 module will increment every instruction cycle (without prescaler). If the TMR0 register is written, the increment is inhibited for the following two instruction cycles. The user can work around this by writing an adjusted value to the TMR0 register.

Counter mode is selected by setting bit T0CS (OPTION_REG<5>). In counter mode, Timer0 will increment either on every rising or falling edge of pin RA4/T0CKI. The incrementing edge is determined by the Timer0 Source Edge Select bit T0SE (OPTION_REG<4>). Clearing bit T0SE selects the rising edge. Restrictions on the external clock input are discussed below.

When an external clock input is used for Timer0, it must meet certain requirements. The requirements ensure the external clock can be synchronized with the internal phase clock (TOSC). Also, there is a delay in the actual incrementing of Timer0 after synchronization.

Additional information on external clock requirements is available in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, DS33023.

5.2 Prescaler

An 8-bit counter is available as a prescaler for the Timer0 module, or as a postscaler for the Watchdog Timer (Figure 5-2). For simplicity, this counter is being referred to as "prescaler" throughout this data sheet. Note that there is only one prescaler available which is mutually exclusively shared between the Timer0 module and the Watchdog Timer. Thus, a prescaler assignment for the Timer0 module means that there is no prescaler for the Watchdog Timer, and vice-versa.

The prescaler is not readable or writable.

The PSA and PS2:PS0 bits (OPTION_REG<3:0>) determine the prescaler assignment and prescale ratio.

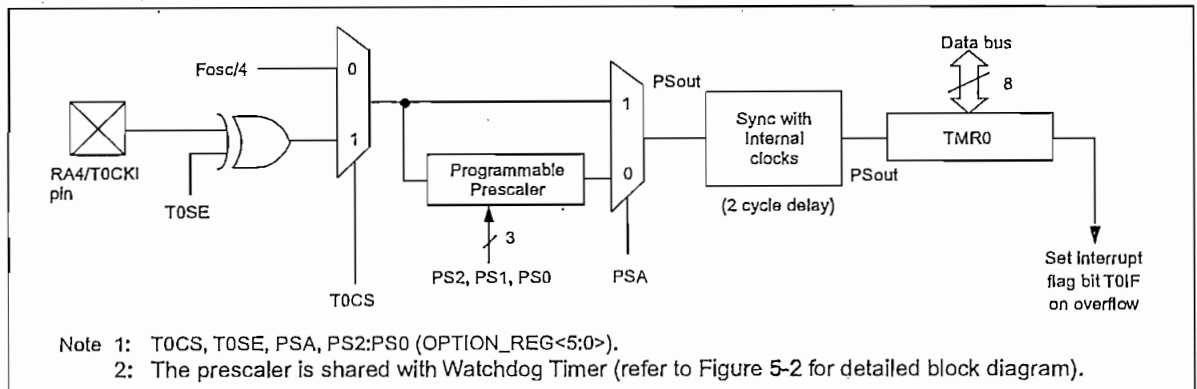
Clearing bit PSA will assign the prescaler to the Timer0 module. When the prescaler is assigned to the Timer0 module, prescale values of 1:2, 1:4, ..., 1:256 are selectable.

Setting bit PSA will assign the prescaler to the Watchdog Timer (WDT). When the prescaler is assigned to the WDT, prescale values of 1:1, 1:2, ..., 1:128 are selectable.

When assigned to the Timer0 module, all instructions writing to the TMR0 register (e.g. CLRF TMR0, MOVWF TMR0, BSF TMR0,x,...etc.) will clear the prescaler. When assigned to WDT, a CLRWDT instruction will clear the prescaler along with the WDT.

Note: Writing to TMR0 when the prescaler is assigned to Timer0 will clear the prescaler count, but will not change the prescaler assignment.

FIGURE 5-1: TIMER0 BLOCK DIAGRAM



6.0 TIMER1 MODULE

The Timer1 module timer/counter has the following features:

- 16-bit timer/counter (Two 8-bit registers; TMR1H and TMR1L)
- Readable and writable (Both registers)
- Internal or external clock select
- Interrupt on overflow from FFFFh to 0000h
- Reset from CCP module trigger

Timer1 has a control register, shown in Figure 6-1. Timer1 can be enabled/disabled by setting/clearing control bit TMR1ON (T1CON<0>).

Figure 6-3 is a simplified block diagram of the Timer1 module.

Additional information on timer modules is available in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

6.1 Timer1 Operation

Timer1 can operate in one of these modes:

- As a timer
- As a synchronous counter
- As an asynchronous counter

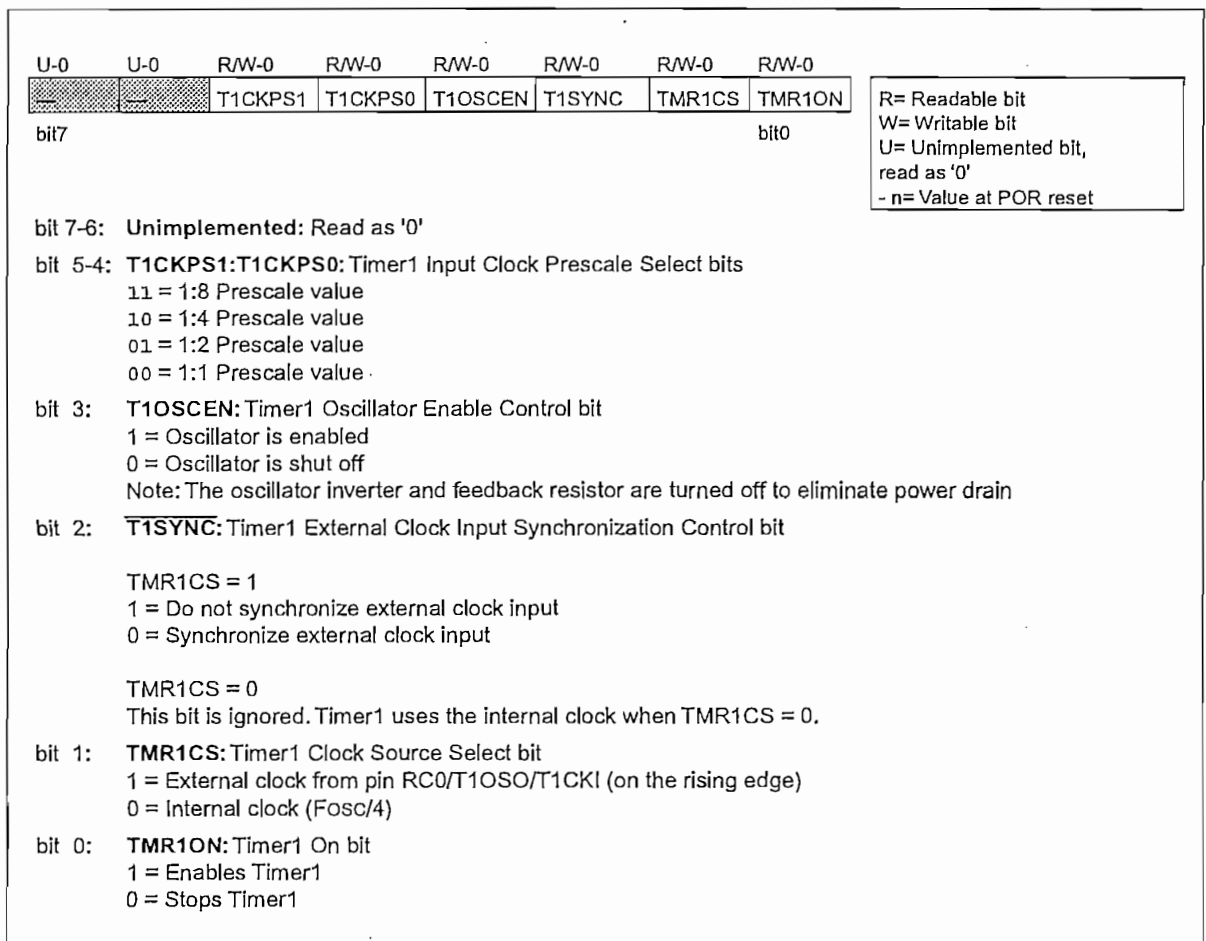
The operating mode is determined by the clock select bit, TMR1CS (T1CON<1>).

In timer mode, Timer1 increments every instruction cycle. In counter mode, it increments on every rising edge of the external clock input.

When the Timer1 oscillator is enabled (T1OSCEN is set), the RC1/T1OSI and RC0/T1OSO/T1CKI pins become inputs. That is, the TRISC<1:0> value is ignored.

Timer1 also has an internal "reset input". This reset can be generated by the CCP module (Section 8.0).

FIGURE 6-1: T1CON: TIMER1 CONTROL REGISTER (ADDRESS 10h)



7.0 TIMER2 MODULE

The Timer2 module timer has the following features:

- 8-bit timer (TMR2 register)
- 8-bit period register (PR2)
- Readable and writable (Both registers)
- Software programmable prescaler (1:1, 1:4, 1:16)
- Software programmable postscaler (1:1 to 1:16)
- Interrupt on TMR2 match of PR2
- SSP module optional use of TMR2 output to generate clock shift

Timer2 has a control register, shown in Figure 7-1. Timer2 can be shut off by clearing control bit TMR2ON (T2CON<2>) to minimize power consumption.

Figure 7-2 is a simplified block diagram of the Timer2 module.

Additional information on timer modules is available in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

7.1 Timer2 Operation

Timer2 can be used as the PWM time-base for PWM mode of the CCP module.

The TMR2 register is readable and writable, and is cleared on any device reset.

The input clock ($F_{osc}/4$) has a prescale option of 1:1, 1:4 or 1:16, selected by control bits T2CKPS1:T2CKPS0 (T2CON<1:0>).

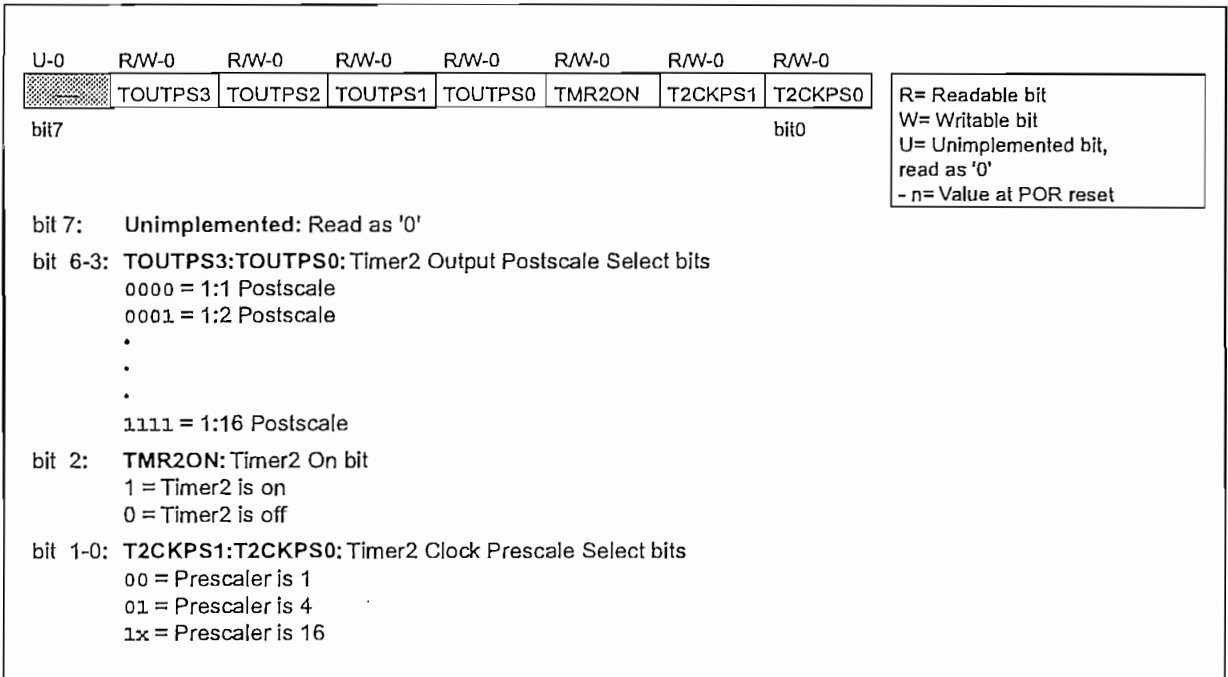
The match output of TMR2 goes through a 4-bit postscaler (which gives a 1:1 to 1:16 scaling inclusive) to generate a TMR2 interrupt (latched in flag bit TMR2IF, (PIR1<1>)).

The prescaler and postscaler counters are cleared when any of the following occurs:

- a write to the TMR2 register
- a write to the T2CON register
- any device reset

TMR2 is not cleared when T2CON is written.

FIGURE 7-1: T2CON: TIMER2 CONTROL REGISTER (ADDRESS 12h)



8.0 CAPTURE/COMPARE/PWM (CCP) MODULE(S)

Each CCP (Capture/Compare/PWM) module contains a 16-bit register which can operate as a 16-bit capture register, as a 16-bit compare register or as a PWM master/slave Duty Cycle register. Table 8-1 shows the timer resources of the CCP module modes.

The operation of CCP1 is identical to that of CCP2, with the exception of the special trigger. Therefore, operation of a CCP module in the following sections is described with respect to CCP1.

Table 8-2 shows the interaction of the CCP modules.

CCP1 Module

Capture/Compare/PWM Register1 (CCPR1) is comprised of two 8-bit registers: CCPR1L (low byte) and CCPR1H (high byte). The CCP1CON register controls the operation of CCP1. All are readable and writable.

TABLE 8-2 INTERACTION OF TWO CCP MODULES

CCPx Mode	CCPy Mode	Interaction
Capture	Capture	Same TMR1 time-base.
Capture	Compare	The compare should be configured for the special event trigger, which clears TMR1.
Compare	Compare	The compare(s) should be configured for the special event trigger, which clears TMR1.
PWM	PWM	The PWMs will have the same frequency, and update rate (TMR2 interrupt).
PWM	Capture	None
PWM	Compare	None

CCP2 Module

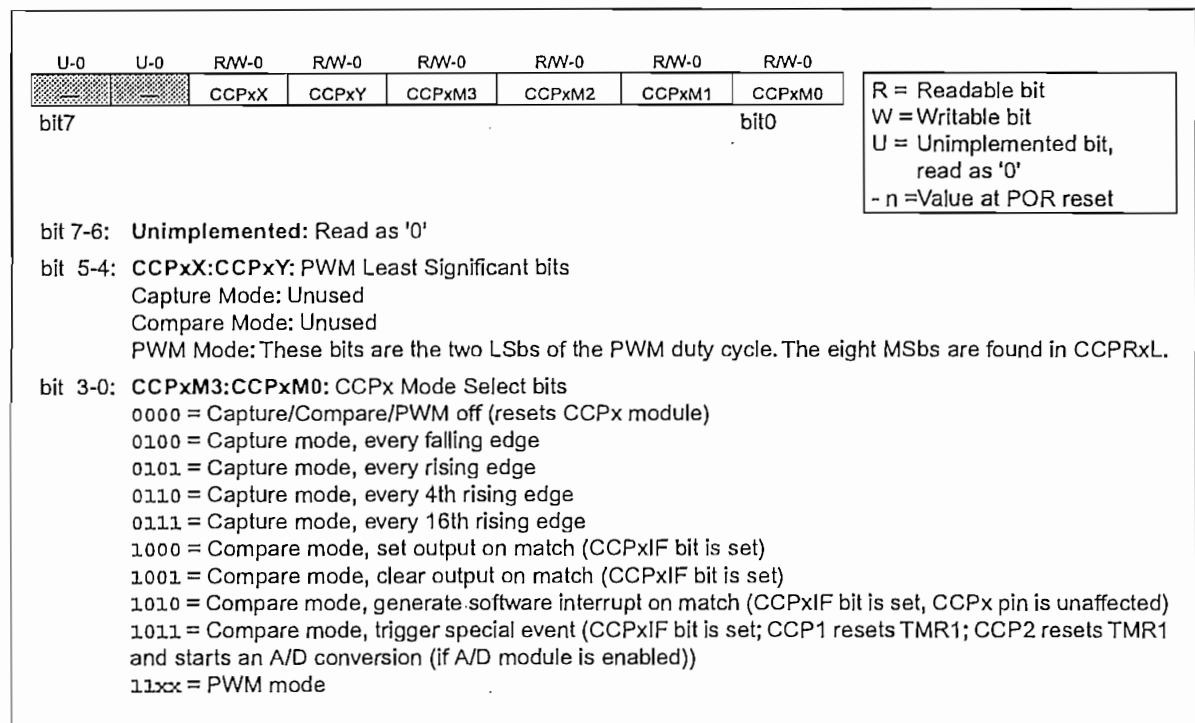
Capture/Compare/PWM Register2 (CCPR2) is comprised of two 8-bit registers: CCPR2L (low byte) and CCPR2H (high byte). The CCP2CON register controls the operation of CCP2. All are readable and writable.

Additional information on the CCP module is available in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

TABLE 8-1 CCP MODE - TIMER RESOURCE

CCP Mode	Timer Resource
Capture Compare PWM	Timer1 Timer1 Timer2

FIGURE 8-1: CCP1CON REGISTER (ADDRESS 17h) / CCP2CON REGISTER (ADDRESS 1Dh)



PIC16F87X

8.3 PWM Mode

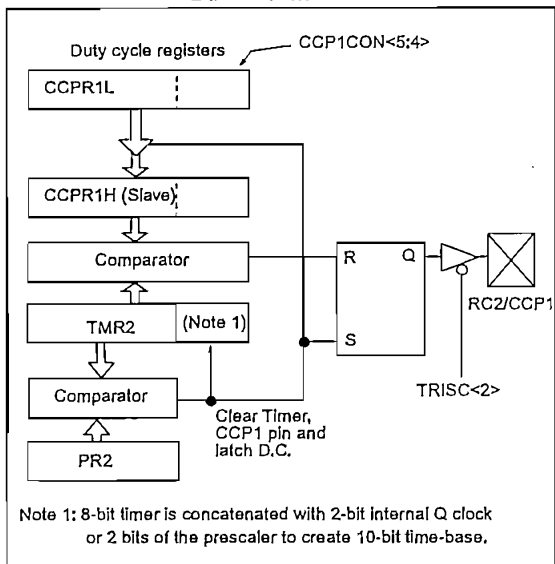
In Pulse Width Modulation (PWM) mode, the CCP1 pin produces up to a 10-bit resolution PWM output. Since the CCP1 pin is multiplexed with the PORTC data latch, the TRISC<2> bit must be cleared to make the CCP1 pin an output.

Note: Clearing the CCP1CON register will force the CCP1 PWM output latch to the default low level. This is not the PORTC I/O data latch.

Figure 8-4 shows a simplified block diagram of the CCP module in PWM mode.

For a step by step procedure on how to set up the CCP module for PWM operation, see Section 8.3.3.

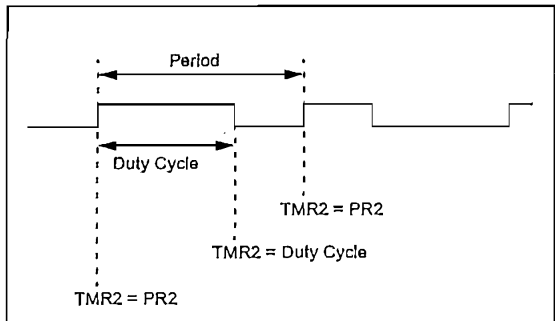
FIGURE 8-4: SIMPLIFIED PWM BLOCK DIAGRAM



Note 1: 8-bit timer is concatenated with 2-bit internal Q clock or 2 bits of the prescaler to create 10-bit time-base.

A PWM output (Figure 8-5) has a time base (period) and a time that the output stays high (duty cycle). The frequency of the PWM is the inverse of the period (1/period).

FIGURE 8-5: PWM OUTPUT



8.3.1 PWM PERIOD

The PWM period is specified by writing to the PR2 register. The PWM period can be calculated using the following formula:

$$\text{PWM period} = [(PR2) + 1] \cdot 4 \cdot T_{osc} \cdot (\text{TMR2 prescale value})$$

PWM frequency is defined as $1 / [\text{PWM period}]$.

When TMR2 is equal to PR2, the following three events occur on the next increment cycle:

- TMR2 is cleared
- The CCP1 pin is set (exception: if PWM duty cycle = 0%, the CCP1 pin will not be set)
- The PWM duty cycle is latched from CCPR1L into CCPR1H

Note: The Timer2 postscaler (see Section 7.0) is not used in the determination of the PWM frequency. The postscaler could be used to have a servo update rate at a different frequency than the PWM output.

8.3.2 PWM DUTY CYCLE

The PWM duty cycle is specified by writing to the CCPR1L register and to the CCP1CON<5:4> bits. Up to 10-bit resolution is available; the CCPR1L contains the eight MSBs and the CCP1CON<5:4> contains the two LSbs. This 10-bit value is represented by CCPR1L:CCP1CON<5:4>. The following equation is used to calculate the PWM duty cycle in time:

$$\text{PWM duty cycle} = (\text{CCPR1L:CCP1CON<5:4>}) \cdot T_{osc} \cdot (\text{TMR2 prescale value})$$

CCPR1L and CCP1CON<5:4> can be written to at any time, but the duty cycle value is not latched into CCPR1H until after a match between PR2 and TMR2 occurs (i.e., the period is complete). In PWM mode, CCPR1H is a read-only register.

The CCPR1H register and a 2-bit internal latch are used to double buffer the PWM duty cycle. This double buffering is essential for glitchless PWM operation.

When the CCPR1H and 2-bit latch match TMR2 concatenated with an internal 2-bit Q clock or 2 bits of the TMR2 prescaler, the CCP1 pin is cleared.

Maximum PWM resolution (bits) for a given PWM frequency:

$$= \frac{\log \left(\frac{F_{osc}}{F_{pwm}} \right)}{\log (2)} \text{ bits}$$

Note: If the PWM duty cycle value is longer than the PWM period the CCP1 pin will not be cleared.

For an example PWM period and duty cycle calculation, see the Midrange Reference Manual (DS33023).

11.0 ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (A/D) MODULE

The analog-to-digital (A/D) converter module has five inputs for the 28-pin devices, and eight for the other devices.

The analog input charges a sample and hold capacitor. The output of the sample and hold capacitor is the input into the converter. The converter then generates a digital result of this analog level via successive approximation. This A/D conversion, of the analog input signal, results in a corresponding 10-bit digital number.

The A/D converter has a unique feature of being able to operate while the device is in SLEEP mode. To operate in sleep, the A/D clock must be derived from the A/D's internal RC oscillator.

The A/D module has four registers. These registers are:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register0 (ADCON0)
- A/D Control Register1 (ADCON1)

The ADCON0 register, shown in Figure 11-1, controls the operation of the A/D module. The ADCON1 register, shown in Figure 11-2, configures the functions of the port pins. The port pins can be configured as analog inputs (RA3 can also be the voltage reference) or as digital I/O.

FIGURE 11-1: ADCON0 REGISTER (ADDRESS: 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit7							bit0

R = Readable bit
W = Writable bit
U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR reset

bit 7-6: **ADCS1:ADCS0:** A/D Conversion Clock Select bits
00 = Fosc/2
01 = Fosc/8
10 = Fosc/32
11 = FRC (clock derived from an RC oscillation)

bit 5-3: **CHS2:CHS0:** Analog Channel Select bits
000 = channel 0, (RA0/AN0)
001 = channel 1, (RA1/AN1)
010 = channel 2, (RA2/AN2)
011 = channel 3, (RA3/AN3)
100 = channel 4, (RA5/AN4)
101 = channel 5, (RE0/AN5)⁽¹⁾
110 = channel 6, (RE1/AN6)⁽¹⁾
111 = channel 7, (RE2/AN7)⁽¹⁾

bit 2: **GO/DONE:** A/D Conversion Status bit
If ADON = 1
1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion)
0 = A/D conversion not in progress (This bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)

bit 1: **Unimplemented:** Read as '0'

bit 0: **ADON:** A/D On bit
1 = A/D converter module is operating
0 = A/D converter module is shutoff and consumes no operating current

Note 1: These channels are not available on the 28-pin devices.

PIC16F87X

FIGURE 11-2: ADCON1 REGISTER (ADDRESS 9Fh)

	U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
ADFM					PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	
bit7								bit0	

R = Readable bit
 W = Writable bit
 U = Unimplemented bit, read as '0'
 - n = Value at POR reset

bit 7: **ADFM:** A/D Result format select
 1 = Right Justified. 6 most significant bits of ADRESH are read as '0'.
 0 = Left Justified. 6 least significant bits of ADRESL are read as '0'.

bit 6-4: **Unimplemented:** Read as '0'

bit 3-0: **PCFG3:PCFG0:** A/D Port Configuration Control bits

PCFG3: PCFG0	AN7 ⁽¹⁾ RE2	AN6 ⁽¹⁾ RE1	AN5 ⁽¹⁾ RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN / REFS
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A = Analog input
 D = Digital I/O

Note 1: These channels are not available on the 28-pin devices.

The ADRESH:ADRESL registers contains the 10-bit result of the A/D conversion. When the A/D conversion is complete, the result is loaded into this A/D result register pair, the GO/DONE bit (ADCON0<2>) is cleared, and A/D interrupt flag bit ADIF is set. The block diagram of the A/D module is shown in Figure 11-3.

After the A/D module has been configured as desired, the selected channel must be acquired before the conversion is started. The analog input channels must have their corresponding TRIS bits selected as inputs. To determine sample time, see Section 11.1. After this acquisition time has elapsed the A/D conversion can be started. The following steps should be followed for doing an A/D conversion:

1. Configure the A/D module:
 - Configure analog pins / voltage reference / and digital I/O (ADCON1)
 - Select A/D input channel (ADCON0)
 - Select A/D conversion clock (ADCON0)
 - Turn on A/D module (ADCON0)
2. Configure A/D interrupt (if desired):
 - Clear ADIF bit
 - Set ADIE bit
 - Set GIE bit
3. Wait the required acquisition time.
4. Start conversion:
 - Set GO/DONE bit (ADCON0)
5. Wait for A/D conversion to complete, by either:
 - Polling for the GO/DONE bit to be clearedOR
 - Waiting for the A/D interrupt
6. Read A/D Result register pair (ADRESH:ADRESL), clear bit ADIF if required.
7. For next conversion, go to step 1 or step 2 as required. The A/D conversion time per bit is defined as TAD. A minimum wait of 2TAD is required before next acquisition starts.

PIC16F87X

TABLE 13-2 PIC16CXXX INSTRUCTION SET

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	14-Bit Opcode		Status Affected	Notes	
			MSb	LSb			
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS							
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00	0111 dfff ffff	C,DC,Z	1,2
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00	0101 dfff ffff	Z	1,2
CLRF	f	Clear f	1	00	0001 1fff ffff	Z	2
CLRW	-	Clear W	1	00	0001 0xxx xxxx	Z	
COMF	f, d	Complement f	1	00	1001 dfff ffff	Z	1,2
DECf	f, d	Decrement f	1	00	0011 dfff ffff	Z	1,2
DECFSZ	f, d	Decrement f, Skip if 0	1(2)	00	1011 dfff ffff		1,2,3
INCF	f, d	Increment f	1	00	1010 dfff ffff	Z	1,2
INCFSZ	f, d	Increment f, Skip if 0	1(2)	00	1111 dfff ffff		1,2,3
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00	0100 dfff ffff	Z	1,2
MOVF	f, d	Move f	1	00	1000 dfff ffff	Z	1,2
MOVWF	f	Move W to f	1	00	0000 1fff ffff		
NOP	-	No Operation	1	00	0000 0xx0 0000		
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry	1	00	1101 dfff ffff	C	1,2
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00	1100 dfff ffff	C	1,2
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00	0010 dfff ffff	C,DC,Z	1,2
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00	1110 dfff ffff		1,2
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00	0110 dfff ffff	Z	1,2
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS							
BCF	f, b	Bit Clear f	1	01	00bb bfff ffff		1,2
BSF	f, b	Bit Set f	1	01	01bb bfff ffff		1,2
BTFSC	f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1(2)	01	10bb bfff ffff		3
BTFSS	f, b	Bit Test f, Skip if Set	1(2)	01	11bb bfff ffff		3
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS							
ADDLW	k	Add literal and W	1	11	111x kkkk kkkk	C,DC,Z	
ANDLW	k	AND literal with W	1	11	1001 kkkk kkkk	Z	
CALL	k	Call subroutine	2	10	0kxk kkkk kkkk		
CLRWDt	-	Clear Watchdog Timer	1	00	0000 0110 0100	$\overline{TO}, \overline{PD}$	
GOTO	k	Go to address	2	10	1kxk kkkk kkkk		
IORLW	k	Inclusive OR literal with W	1	11	1000 kkkk kkkk	Z	
MOVLW	k	Move literal to W	1	11	00xx kkkk kkkk		
RETFIE	-	Return from interrupt	2	00	0000 0000 1001		
RETLW	k	Return with literal in W	2	11	01xx kkkk kkkk		
RETURN	-	Return from Subroutine	2	00	0000 0000 1000		
SLEEP	-	Go into standby mode	1	00	0000 0110 0011	$\overline{TO}, \overline{PD}$	
SUBLW	k	Subtract W from literal	1	11	110x kkkk kkkk	C,DC,Z	
XORLW	k	Exclusive OR literal with W	1	11	1010 kkkk kkkk	Z	

Note 1: When an I/O register is modified as a function of itself (e.g., MOVF PORTB, 1), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.

- 2: If this instruction is executed on the TMR0 register (and, where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned to the Timer0 Module.
- 3: If Program Counter (PC) is modified or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a NOP.

15.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings †

Ambient temperature under bias	-55 to +125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to Vss (except VDD, $\overline{\text{MCLR}}$, and RA4)	-0.3V to (VDD + 0.3V)
Voltage on VDD with respect to Vss	-0.3 to +7.5V
Voltage on $\overline{\text{MCLR}}$ with respect to Vss (Note 2).....	0 to +14V
Voltage on RA4 with respect to Vss	0 to +8.5V
Total power dissipation (Note 1).....	1.0W
Maximum current out of Vss pin	300 mA
Maximum current into VDD pin	250 mA
Input clamp current, I _{IK} (V _I < 0 or V _I > VDD).....	± 20 mA
Output clamp current, I _{OK} (V _O < 0 or V _O > VDD).....	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin.....	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB, and PORTE (combined) (Note 3).....	200 mA
Maximum current sourced by PORTA, PORTB, and PORTE (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sunk by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sourced by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA

Note 1: Power dissipation is calculated as follows: $P_{dis} = V_{DD} \times (I_{DD} - \sum I_{OH}) + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$

Note 2: Voltage spikes below Vss at the $\overline{\text{MCLR}}$ pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latch-up. Thus, a series resistor of 50-100Ω should be used when applying a "low" level to the $\overline{\text{MCLR}}$ pin rather than pulling this pin directly to Vss.

Note 3: PORTD and PORTE are not implemented on the 28-pin devices.

† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ANEXO C

LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

General Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

Advantages

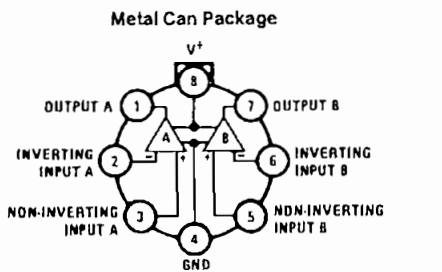
- Two internally compensated op amps in a single package
- Eliminates need for dual supplies
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation
- Pin-out same as LM1558/LM1458 dual operational amplifier

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply 3V to 32V
 - or dual supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (500 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to $V^+ - 1.5V$

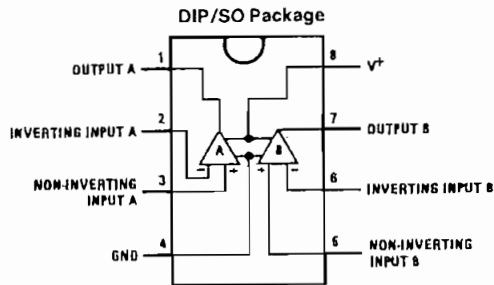
LM158/LM258/LM358/LM2904
Low Power Dual Operational Amplifiers

Connection Diagrams (Top Views)



TL/H/7787-1

Order Number LM158AH, LM158AH/883*,
LM158H, LM158H/883*, LM258H or LM358H
See NS Package Number H08C



TL/H/7787-2

Order Number LM158J, LM158J/883*,
LM158AJ or LM158AJ/883*
See NS Package Number J08A
Order Number LM358M, LM358AM or LM2904M
See NS Package Number M08A
Order Number LM358AN, LM358N or LM2904N
See NS Package Number N08E

*LM158 is available per SMD #5962-8771001
LM158A is available per SMD #5962-8771002

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 9)

	LM158/LM258/LM358 LM158A/LM258A/LM358A	LM2904	LM158/LM258/LM358 LM158A/LM258A/LM358A	LM2904
Supply Voltage, V+	32V	26V	0°C to +70°C -40°C to +85°C	26V
Differential Input Voltage	32V	26V	-25°C to +85°C	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V	-55°C to +125°C	-0.3V to +26V
Power Dissipation (Note 1)	830 mW	830 mW	-65°C to +150°C	830 mW
Molded DIP	550 mW	530 mW	Lead Temperature, DIP (Soldering, 10 seconds)	550 mW
Metal Can	530 mW	530 mW	Lead Temperature, Metal Can (Soldering, 10 seconds)	530 mW
Small Outline Package (M)	Continuous	Continuous	Soldering Information	Continuous
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2)	50 mA	50 mA	Dual-In-Line Package Soldering (10 seconds)	50 mA
V+ ≤ 15V and TA = 25°C			Small Outline Package Vapor Phase (60 seconds)	
Input Current (VIN < -0.3V) (Note 3)			Infrared (15 seconds)	

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

ESD Tolerance (Note 10) 250V

Electrical Characteristics V+ = +5.0V, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A		LM358A		LM158/LM258		LM358		LM2904		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	
Input Offset Voltage	(Note 5), TA = 25°C	1	2	2	3	2	5	2	7	2	7	mV
Input Bias Current	IIN(+) or IIN(-); TA = 25°C, VCM = 0V, (Note 6)	20	50	45	100	45	150	45	250	45	250	nA
Input Offset Current	IIN(+) - IIN(-); VCM = 0V, TA = 25°C	2	10	5	30	3	30	5	50	5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range	V+ = 30V, (Note 7) (LM2904, V+ = 26V), TA = 25°C	0	V+ - 1.5	0	V+ - 1.5	0	V+ - 1.5	0	V+ - 1.5	0	V+ - 1.5	V
Supply Current	Over Full Temperature Range RL = ∞ on All Op Amps V+ = 30V (LM2904 V+ = 26V) V+ = 5V	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	mA
		0.5	1.2	0.5	1.2	0.5	1.2	0.5	1.2	0.5	1.2	mA

Electrical Characteristics (Continued) $V^+ = +5.0V$, Note 4, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V, T_A = 25^\circ C,$ $R_L \geq 2k\Omega, (For V_O = 1V$ $to 11V)$	50	100		25	100		50	100		25	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	$T_A = 25^\circ C,$ $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V$	70	85		65	85		70	85		65	85		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2904, $V^+ = 5V$ to $26V$), $T_A = 25^\circ C$	65	100		65	100		65	100		65	100		50	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	$f = 1kHz$ to $20kHz, T_A = 25^\circ C$ (Input Referred), (Note 8)	-120			-120			-120			-120			-120			dB
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = 1V,$ $V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V,$ $V_O = 2V, T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		20	40		20	40		20	40	mA
	Sink	$V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V$ $V^+ = 15V, T_A = 25^\circ C,$ $V_O = 2V$	10	20		10	20		10	20		10	20		10	20	mA
Short Circuit to Ground		$V_{IN}^- = 1V,$ $V_{IN}^+ = 0V$ $T_A = 25^\circ C, V_O = 200mV,$ $V^+ = 15V$	12	50		12	50		12	50		12	50		12	50	μA
		$T_A = 25^\circ C,$ (Note 2), $V^+ = 15V$	40	60		40	60		40	60		40	60		40	60	mA
Input Offset Voltage	(Note 5)		4			5			7			9			10		mV
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$	7	15		7	20		7	7		7	7		7	7		$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$		30			75			100			150			200		nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$	10	200		10	300		10	10		10	10		10	10		$pA/^\circ C$
Input Bias Current	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}$	40	100		40	200		40	300		40	500		40	500		nA

Electrical Characteristics (Continued) $V^+ = +5.0V$, Note 4, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A		LM358A		LM158/LM258		LM358		LM2904		Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min		Typ
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30V$, (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$)	0		$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	V
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ ($V_O = 1V$ to $11V$) $R_L \geq 2k\Omega$	25			15		25		15		15		V/mV
Output Voltage Swing	V_{OH}	26			26		26		26		22		V
	V_{OL}	27		28	27		27		27		23		V
Output Current	Source	10		20	10		10		10		10		mA
	Sink	10		15	5		5		5		5		mA

Note 1: For operating at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904, must be derated based on a $+125^\circ C$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $120^\circ C/W$ which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM258/LM258A and LM158/LM158A can be derated based on a $+150^\circ C$ maximum junction temperature. The dissipation is the total of both amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

Note 2: Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers, V^+ . At values of supply voltage in excess of $+15V$, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction.

Note 3: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at $25^\circ C$).

Note 4: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM158/LM158A. With the LM258/LM258A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$, the LM358/LM358A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, and the LM2904 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.

Note 5: $V_O = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$ with V^+ from $5V$ to $30V$; and over the full input common-mode range ($0V$ to $V^+ - 1.5V$) at $25^\circ C$. For LM2904, V^+ from $5V$ to $26V$.

Note 6: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output, so no loading change exists on the input lines.

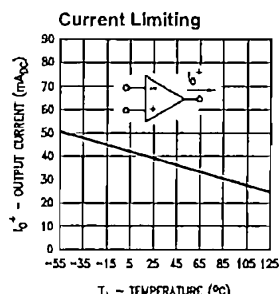
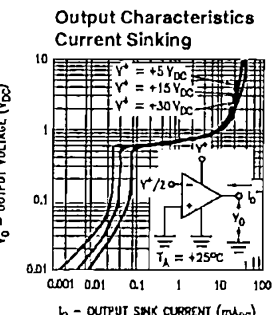
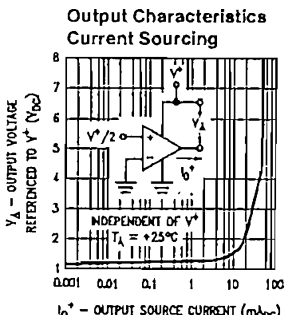
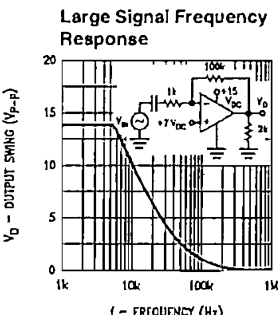
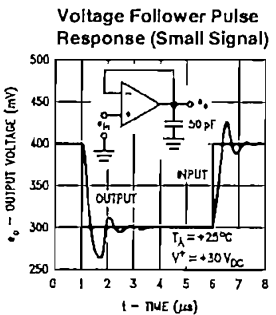
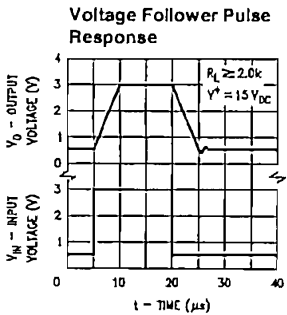
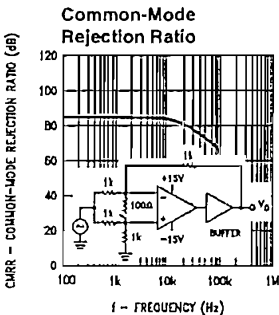
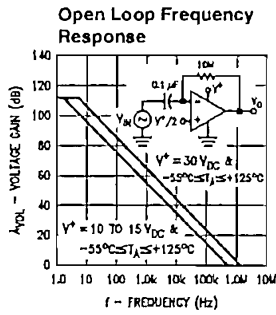
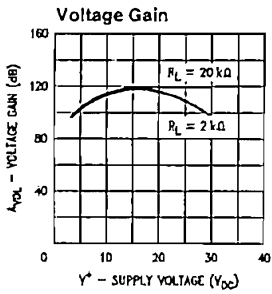
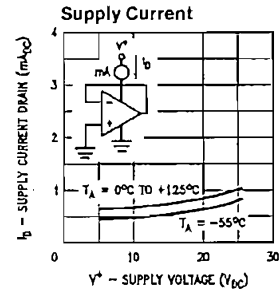
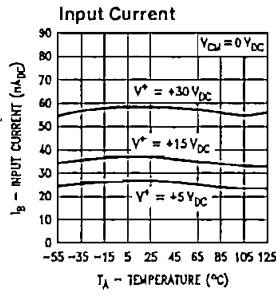
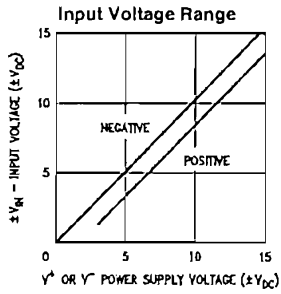
Note 7: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than $0.3V$ (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to $+32V$ without damage ($+26V$ for LM2904), independent of the magnitude of V^+ .

Note 8: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

Note 9: Refer to RETSI58AX for LM158A military specifications and to RETSI58X for LM158 military specifications.

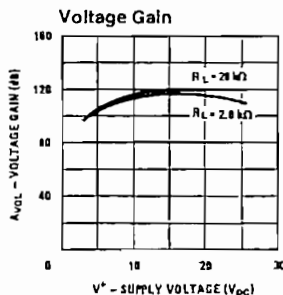
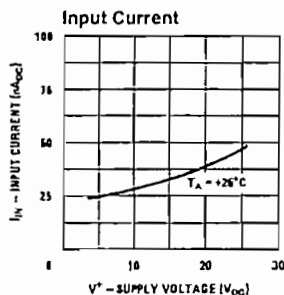
Note 10: Human body model, $1.5k\Omega$ in series with $100pF$.

Typical Performance Characteristics



TL/H/7787-4

Typical Performance Characteristics (Continued) (LM2902 only)



TL/H/7787-5

Application Hints

The LM158 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of 0 V_{DC}. These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At 25°C amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of 2.3 V_{DC}.

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than V⁺ without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than -0.3 V_{DC} (at 25°C). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply current drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion. Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of 50 pF can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

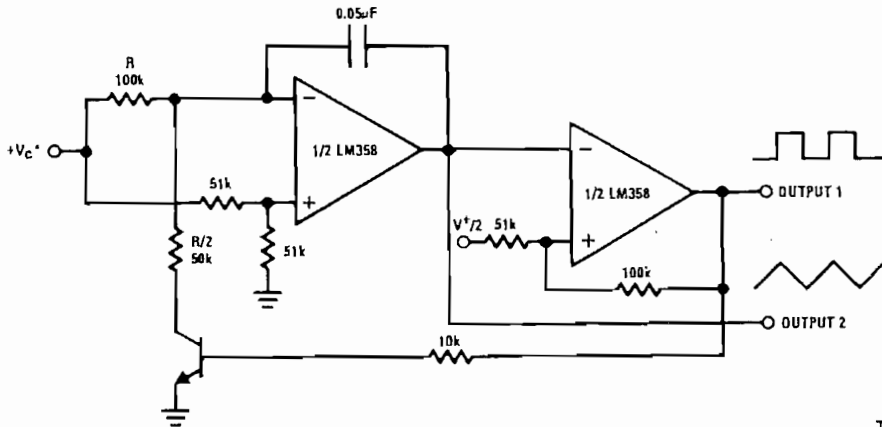
The bias network of the LM158 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of 3 V_{DC} to 30 V_{DC}.

Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of output source current which is available at 25°C provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of V⁺/2) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

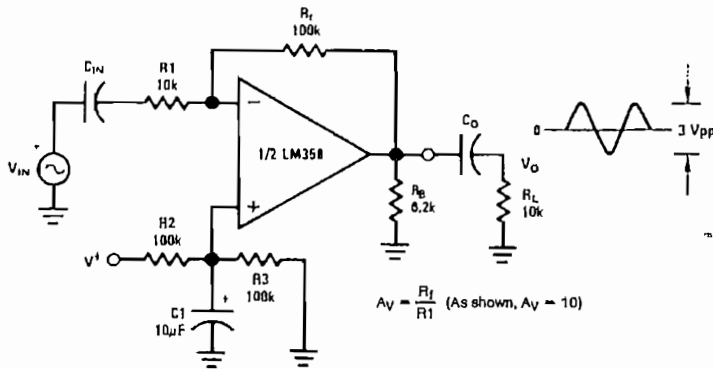
Voltage Controlled Oscillator (VCO)



TL/H/7787-23

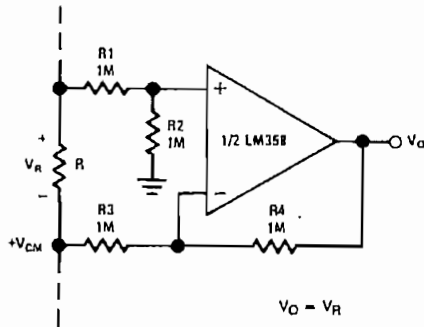
*WIDE CONTROL VOLTAGE RANGE: $0 V_{DC} \leq V_C \leq 2 (V^+ - 1.5V_{DC})$

AC Coupled Inverting Amplifier



TL/H/7787-24

Ground Referencing a Differential Input Signal



TL/H/7787-25



- Home
- Featured Products
- Customer Service
- Order Status
- Technical Support
- Jameco Community
- Catalog
- Contact

*The Products You Need...
The Service You Deserve™*



Search for:

Quick Order

Product Category Search

- [Integrated Circuits](#)
- [Components](#)
- [Computer Products](#)
- [Test & Meas. Equip.](#)



SENSOR,ULTRASONIC,40KHZ,TRAN

U

Part No. 136653
Product No. 40TR16F
[Catalog Page](#)

- Case: alumimun flower
- Frequency: 40Khz +.0kHz
- Capacitance: 2000pf+30% transmitter: bandwidth 4.0kHz/112dB, sound pressure level 119dB/40 +1.0kHz (0dB+0.0002 ubar)/10V SN/cm/min
- Receiver: bandwidth 3.5kHz @ -71dB, min sensitivity 65dB/40 +1.0kHz (0dB vs 1V ubar) R=3.9k Ohm
- Lead length/spacing: 0.39"
- Case size: 0.47" H x 0.62"Dia

[Technical Documents](#)

[Technical Document](#) 338 kb

Career Opportunities



© 2001 Jameco
All rights reserved.
[Legal Statement](#)
[Privacy Policy](#)