



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
ULTRASÓNICO DE AYUDA PARA PARQUEO DE
VEHÍCULOS AUTOMOTRICES DE UN BANCO
DE PRUEBA PARA LA ESCUELA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

MAYANZA LEMA SAMUEL

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Julio, 20 de 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

SAMUEL MAYANZA LEMA

Titulada:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ULTRASÓNICO DE AYUDA PARA
PARQUEO DE VEHÍCULOS AUTOMOTRICES DE UN BANCO DE PRUEBA PARA LA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Carlos Roberto Cabezas R.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Paul Marcelo Tacle H.

ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: SAMUEL MAYANZA LEMA

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ULTRASÓNICO DE AYUDA PARA PARQUEO DE VEHÍCULOS AUTOMOTRICES DE UN BANCO DE PRUEBA PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Exanimación: Julio 23 de 2012.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Tierra (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Carlos Roberto Cabezas R. (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Paúl Marcelo Tacle H. (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentado, es original y basado en el proceso de investigación y adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Samuel Mayanza Lema

DEDICATORIA

A mis padres que con su esfuerzo han logrado entregarme el apoyo necesario para cumplir mis metas. A todos mis profesores quienes me han compartido los conocimientos en transcurso de mi formación profesional y a todos mis amigos que formaron parte de un apoyo moral.

Samuel Mayanza Lema

AGRADECIMIENTO

Ante todo agradezco a mi Dios por brindarme salud, inteligencia y luego a mis padres que me ha brindado todo su apoyo, paciencia porque sin ellos no hubiera alcanzado mis metas. Gracias también a mis hermanas que siempre me han apoyado, colaborado en todo los momentos necesarios y a todos aquellos (amigos, compañeros, profesores), que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de mi vida.

Samuel Mayanza Lema

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Importancia.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.5 Descripción general del proyecto.....	6
2. FUNDAMENTOS.....	9
2.1 Ultrasonido.....	9
2.1.1 <i>Comparación entre ultrasonido y sonido.....</i>	9
2.1.2 <i>Transductor.....</i>	9
2.1.3 <i>Medición de distancia por ultrasonido.....</i>	10
2.1.4 <i>Materiales piezoeléctricos.....</i>	11
2.1.5 <i>Reflexión.....</i>	13
2.1.6 <i>Refracción.....</i>	13
2.2 Amplificador.....	14
2.2.1 <i>Polarización de DC por retroalimentación.....</i>	14
2.3 Motor de corriente continua.....	15
2.3.1 <i>Principio de funcionamiento.....</i>	15
2.3.2 <i>Fuerza contra electromotriz inducida en un motor.....</i>	16
2.3.3 <i>Sentido de giro.....</i>	18
2.3.4 <i>Reversibilidad.....</i>	18
3. HARDWARE.....	23
3.1 Funcionamiento.....	23
3.2 Diagrama de bloques.....	23
3.3 Circuito RLC paralelo.....	25

3.3.1	<i>Circuitos resonantes.....</i>	26
3.3.2	<i>Factor de calidad Q.....</i>	26
3.3.3	<i>Emisor-Receptor.....</i>	28
3.4	<i>Diseño y Selección.....</i>	31
3.4.1	<i>Sensores.....</i>	31
3.4.2	<i>Microcontrolador (PIC 16F877X).....</i>	35
3.4.3	<i>Diseño del circuito impreso por software.....</i>	36
3.4.4	<i>Impresión de las pistas.....</i>	37
3.4.5	<i>Transferencia térmica del papel hacia la lámina de cobre.....</i>	38
3.4.6	<i>Emisor-receptor.....</i>	41
3.4.7	<i>La respuesta en frecuencia total del filtro pasa banda del amplificador....</i>	44
3.4.8	<i>Simulación del circuito amplificador.....</i>	48
3.5	<i>LCD.....</i>	49
3.6	<i>Bocina.....</i>	50
3.7	<i>PIC16F877A.....</i>	51
4.	SOFTWARE.....	52
4.1	<i>Introducción.....</i>	52
4.2	<i>Lógica.....</i>	52
4.3	<i>Diagrama de flujo de programación.....</i>	54
4.3.1	<i>Descripción de las variables a ser utilizadas en el programa.....</i>	55
4.3.2	<i>Descripción del diagrama de flujo.....</i>	55
5.	IMPLEMENTACION.....	57
5.1	<i>Impresión del circuito.....</i>	58
5.2	<i>Control remoto de radio frecuencia.....</i>	59
5.3	<i>Instalación del sistema.....</i>	63
5.3.1	<i>Instalación de los sensores.....</i>	63
5.3.2	<i>Montaje de los sensores.....</i>	64
5.3.3	<i>Colocación del cerebro, LCD y Bocina.....</i>	65
5.3.4	<i>Consideraciones adicionales.....</i>	65

6.	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	66
6.1	Señal ultrasónica.....	66
6.2	Detección de objetos.....	68
6.2.1	<i>Objetos tirados en el suelo.....</i>	69
6.2.2	<i>Objetos detrás del vehículo.....</i>	69
6.2.3	<i>Objetos a diferentes distancias.....</i>	70
6.2.4	<i>Superficies suaves o casi paralelas al vehículo.....</i>	70
6.2.5	<i>Resalto o lomada y vehículo demasiado cargado.....</i>	71
6.2.6	<i>Objetos Esféricos.....</i>	71
6.3	<i>Solución de problemas más comunes.....</i>	71
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
7.1	Conclusiones.....	73
7.2	Recomendaciones.....	74

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Velocidad de Propagación del Ultrasonido según la Densidad del Material	11
2 Materiales Piezoeléctricos.....	12
3 Características Bobina 7PA.....	28
4 Valores nominales del circuito del sensor.....	32
5 Características principales del sensor LV-MaxSonar EZ0.....	32
6 Detalles del microcontrolador	35
7 Ganancia absoluta del filtro del sistema.....	47
8 Símbolo y descripción.....	50
9 Solución de problemas más comunes.....	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Diagrama de bloque.....	7
2 Refracción del Ultrasonido en un medio cualquiera.....	14
3 Circuito de polarización en DC con retroalimentación.....	14
4 Partes del motor.....	15
5 Giro de motores CC.....	17
6 Funcionamiento de motor.....	19
7 Circuito para avance.....	19
Circuito para retroceso.....	20
9 Circuito de Interlock.....	21
10 Circuito avance o retroceso.....	21
11 Diagrama de bloques.....	24
12 Circuito RLC paralelo.....	25
13 Respuesta en amplitud filtro pasa banda.....	26
14 Bobina 7PA.....	27
15 Emisor del sensor.....	28
16 Receptor del sensor.....	29
17 Respuesta en frecuencia receptor.....	30
18 Sensor Zo Ultrasonico.....	31
19 Lóbulo de Directividad del sensor MaxSonarEZ0 MB1010.....	34
20 Placa de circuito impreso.....	37
21 Impresión de las pistas.....	37
22 Limpieza de las pistas.....	38
23 Transferencia térmica del papel hacia la lámina de cobre.....	38
24 Colocación de acido clorhídrico.....	39
25 Directividad de los sensores es de 100º	39
26 Ubicación horizontal del sensor.....	40
27 Ubicación del sensor	40

28	Ubicación del sensor a 15cm desde el borde del filo.....	41
29	Circuito equivalente primer filtro.....	42
30	Segundo filtro de la primera etapa corresponde al capacitor.....	42
31	Circuito equivalente para el filtro.....	43
32	Capacitor colocado entre la salida 31.....	43
33	Central del filtro es aproximadamente 42kHz 32.....	43
34	Equivalente para el filtro es un circuito RC 32.....	44
35	Colocado entre la salida de la tercera etapa.....	44
36	Filtro pasa altos de 80dB/dec.....	45
37	Ganancia absoluta.....	45
38	Respuestas en frecuencias circuito resonante en ganancia absoluta.....	46
39	Respuesta total del sistema en dB.....	46
40	Respuestas total del sistema en ganancias absoluta.....	47
41	Simulación de entrada en osciloscopio.....	48
42	Salida de simulación.....	48
43	LCD.....	49
44	Controlador.....	51
45	Señal de la Distancia detectada.....	53
46	Diagrama de flujo de programación.....	54
47	Contiene las pistas del circuito impreso utilizado en el presente proyecto...	58
48	Sistema ultrasónico.....	58
49	Transmisor para un enlace de RF.....	60
50	Receptor para un enlace de RF.....	61
51	Armado del circuito en protoboar del receptor.....	61
52	Vista en detalle del armado en protoboar el receptor.....	62
53	Armado del circuito en protoboar del transmisor.....	62
54	Vista en detalle del armado del transmisor.....	63
55	Instalación de los sensores.....	64
56	Consideraciones adicionales.....	65
57	Señales de 4 pulsos enviada, resonancia y eco.....	66
58	Señal de 20 pulsos enviada, resonancia y eco.....	67

59	Señal de salida ultrasónica TTL y análoga.....	67
60	Señal recibida con sonido de guitarra, voz humana, ruido ambiente, etc....	68
61	Objetos tirados en el suelo.....	69
62	Objetos detrás del vehículo.....	69
63	Objetos a diferentes distancias.....	70
64	Superficies suaves o casi paralelas al vehículo.....	70
65	Resalto o lomada y vehículo demasiado cargado.....	71
66	Objetos Esféricos.....	71

LISTA DE ABREVIACIONES

KHz	Kilo hertz
HZ	Hertz
LCD	Display de Cristal Liquido
°C	Grados centígrados
V	Velocidad
Kg	Kilogramos
s	Segundos
m ³	Metros cúbicos
MHz	Mega Herzs
Rf	Radio frecuencia
α	Angulo de incidencia
Θ	Angulo de refracción
DC	Corriente Directa
CC	Corriente Continua
F	Fuerza
I	Intensidad
L	Longitud
B	Densidad de campo magnético
q	Representación de los transistores
EZO	Tipo del sensor Ultrasónico
ASCII	Tipo de Carácter
Q	Factor de Calidad
μ V	Micro voltios
f	Frecuencia
C	Capacitor
RLC	Circuito lineal ,eléctrica, una bobina (inductancia) y un condensador (capacidad)
TTL	Lógica Transistor Transistor
RC	Resistencia y un condensador

LISTA DE ANEXOS

- A Programación de transmisor y receptor de control remoto
- B Programación del cerebro del vehículo
- C Diagrama eléctrico
- D Lista de materiales utilizado en el proyecto y manual de la maqueta
- E Datasheet 16F628A
- F Estructura de la maqueta

RESUMEN

El presente proyecto es sustentado en los conocimientos adquiridos en las aulas de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Facultad de Mecánica, el cual tiene por objetivo único de reforzar los conocimientos a los estudiantes, profesores y a las personas interesadas de sistema ultrasónico.

Se realizó un sistema ultrasónico de ayuda de parqueo de vehículos automotrices en un banco de prueba, que contiene dos sensores de ultrasónicos de 42 KHz de frecuencia este sistema ayuda al conductor de advertir de los obstáculos cercano al vehículo por medio de una alarma sonora, además está instalado un LCD (Pantalla de Cristal Liquido) que permite observar las distancia mínima y máxima a los obstáculos del frente y posterior del vehículo.

Para mover el banco de pruebas, se implementó 2 motores de corriente continua de 12V con sus respectivos puentes H y es controlado por el control remoto de radio frecuencia, el cual se mueve a la dirección deseada del usuario.

El sistema de ultrasónico de ayuda de parqueo de vehículos es sumamente aplicado en cualquier tipo de vehículos, permitiendo un amplio campo de aplicación por lo que es un sistema muy atractivo para seguir investigando y desarrollando nuevas aplicaciones en base al estudio realizado.

A través de este proyecto se aporta de manera favorable a la formación de futuros ingenieros automotrices competitivos en el país en el área de la electrónica.

Se recomienda para manipular el banco de pruebas se debe realizar con una persona encargado de la área, si se presenta alguna anomalía en los sistemas electrónicos guie por datasheet correspondiente.

SUMMARY

The present investigation is supported by the knowledge acquired in the classrooms of the School of Automotive Engineering, Faculty of Mechanical, which only aims to enhance knowledge of students, teachers and interested persons ultrasonic system.

Was performed ultrasound system helps automotive vehicle parking in a bench trial, containing two ultrasonic sensors 42 KHz frequency this system helps to warn the driver of obstacles near the vehicle an audible alarm, and LCD (Screen of Liquid Glass) is installed that allows to observe the minimum and maximum distance to obstacles in front of and behind the vehicle.

To move the test bed, we implemented two DC motors with their respective 12V, H bridges and is controlled by remote control radio frequency, which moves in the desired direction of the user.

The aid system Ultrasonic parking of vehicles is highly applied in any type of vehicle, allowing a wide range of applications making it a very attractive system to continue researching and developing new applications based on the study.

Through this project contributes favorably to the training of future automotive engineers in the country competitive in the area of electronics.

It is recommended to manipulate the bank of test he/she should be carried out with a person in charge of the area, if some anomaly is presented in the electronic systems guide for datasheet corresponding.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El presente trabajo ha sido realizado como una ayuda teórica practica para él estudiante y profesionales de la Escuela de Ingeniería Automotriz ya que este sistema de ultrasonido de ayuda de parqueo de vehículos es muy importante en nuestro medio como ingenieros.

Tomando en cuenta satisfacer las necesidades del parqueo de un vehículo al conductor, y para obtener un buen desempeño de la misma.

Una de las cualidades más importantes que debe poseer un Ingeniero de Ejecución en Mecánica Automotriz es la de considerar los adelantos tecnológicos que surgen año, estar al tanto de los nuevos descubrimiento e investigar nuevos métodos y sistemas que permitan optimizar, mejorar los conocimientos.

A continuación se detalla conceptos básicos del sonido.

El sonido se clasifica en tres partes fundamentales las cuales son: Ultrasónico, infrasónico y audible.

El sonido ultrasónico corresponde a frecuencias más altas a las audibles por el ser humano, en la naturaleza encontramos desde tiempos inmemoriales animales que utilizan el ultrasonido como medio de orientación, comunicación, localización de alimentos, defensa, etc.

El ultrasonido es una vibración mecánica con un rango mayor al audible por el oído humano que se transmite a través de un medio físico. Es orientado, registrado y medido en Hertz con ayuda de un aparato creado para ese fin.

Rangos de sonido:

- Ultrasónica = 20 KHz en adelante.
- Infrasonica = 1 a 16 Hz.
- Sónica o audible = 16 Hz a 20 KHz.

El ultrasonido tiene muchas aplicaciones en el mercado como por ejemplo: los radares de pesca, medidores no invasivos especialmente en el campo petrolero, medidores de caudal, en la medicina en los ecosonogramas, cirugía laparoscópica, fisioterapia, etc.

En los últimos 12 años se ha incrementado el interés en el uso del ultrasonido para aplicaciones en los automóviles, principalmente en dispositivos de ayuda para parqueo.

Estos dispositivos fueron implementados especialmente en autos de lujo con costos muy elevados pero en la actualidad se puede encontrar sistemas ultrasónicos de ayuda para parqueo a un precio económico.

Existen varios tipos de sistemas ultrasónicos de ayuda para parqueo de vehículos en los que se colocan dispositivos en la parte posterior y frontal del vehículo, en la placa del vehículo o simplemente se pegan en el guarda choque. Estos sistemas normalmente son pasivos, es decir que no ejercen ningún control sobre las características del vehículo.

Los sistemas ultrasónicos para parqueo de vehículos utilizan básicamente el principio de los radares la diferencia que estos no identifican exactamente cada objeto detrás o delante del vehículo es decir que no diferencian entre una persona y una pared, por ejemplo. Pero esta diferenciación no es necesaria ya que el conductor solo requiere saber la distancia al objeto más cercano de su auto motor sin importar su forma, tamaño o material.

Un radar puede definirse como cualquier dispositivo que detecta y localiza un objetivo utilizando la irradiación de energía. El radar detecta la reflexión de la onda que regresa de un objetivo y con las características de la onda reflejada puede identificar la distancia, velocidad, forma, dirección, etc. del objetivo.

Un radar consta de cuatro partes principales:

1. Emisor: Corresponde al dispositivo que emite la señal.
2. Receptor: Corresponde al dispositivo que recibe la señal.
3. Medio: Es la materia por la que se desplaza la onda (aire, agua, etc.)
4. Objetivo: Se denomina objetivo a todo objeto que sea capaz de reflejar una onda.

El sonido infrasónico son ondas sonoras a frecuencias muy bajas por debajo de 16 vibraciones por segundo, lo que es igual de menos de 16 Hz, que no son detectables por el oído humano, como por ejemplo las ondas telúricas.

El rango audible es todo sonido que pueda ser detectado por el oído humano, estas ondas puede ser comprendidas entre 16 y 20 Hz, como la música, la voz, el ruido ambiental, etc.

1.2 Justificación

La Escuela de Ingeniería Automotriz no cuenta con un amplio laboratorio para los estudiantes, se vio la necesidad de implementar este proyecto para el aprendizaje del estudiante de una forma práctica y teórico de este sistema, a la vez por el incremento del parque auto motor en el país y se observa la gran necesidad de adaptar en los vehículos un sistema que ayude a los conductores a parquear sus vehículos debido a que no todos los objetos son visibles y no es fácil reconocer la distancia real entre el vehículo y los objetos detrás y delante. Este sistema de ayuda para parqueo de vehículos es de mucha utilidad cuando el vehículo tiene objetos que obstruyan o dificulten la visibilidad, o cuando por el tamaño del automotor se dificulte la identificación de la distancia hacia los objetos en la parte posterior y delante del mismo como por ejemplo en camionetas, remolques, tráileres, camiones, etc.

Este sistema permite al conductor que tenga una noción bastante clara de la distancia hacia objetos detrás y delante del vehículo, ya sea por medio de una pantalla como, con una alerta sonora, en este proyecto se usa un LCD para leer los datos de la distancia.

Finalmente, un sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos es muy útil en situaciones de clima extremo como: lluvia, neblina, nieve, etc. En las que al conductor se le dificulte la visibilidad y por lo tanto su percepción de distancia sea disminuida, su noción o capacidad de orientarse se vea afectada y su capacidad de reconocer distancia sea disminuida por el clima o por otra situación.

1.3 Importancia

El sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos automotrices constituye una herramienta muy útil para los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Automotriz para competir en el mercado del auto motor y para los conductores expertos e inexpertos, puesto que evita choques involuntarios debido a la falta de visibilidad y dificulta de reconocer la distancia real entre el vehículo y los objetos detrás o por delante del mismo

El conductor tendría la ayuda del sistema para reconocer la distancia real entre el vehículo y los objetos cercanos, por lo tanto podría detener el vehículo de inmediato especialmente cuando un objeto no visible este cerca del automotor, o cuando un objeto visible o no visible este una distancia prudente o deseada por el conductor durante las maniobras de parqueo del vehículo.

El sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos ahorra tiempo de parqueo permitiendo al conductor que se sienta más seguro en las maniobras de parqueo al tener una idea clara de la distancia hacia los objetos detrás y delante del vehículo.

Además, el sistema ayuda a optimizar el espacio de parqueo permitiendo a los automotores estacionarse a una menor distancia unos de otros con seguridad y en menor tiempo posible cumpliendo las leyes del transito establecidas en el país.

Este sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos automotrices resulta en una ayuda tecnológica de costo medio, de fácil instalación en cualquier tipo del vehículo, con pocos componentes escogidos para minimizar el espacio ocupado en el vehículo y la distracción del conductor al momento de estacionar, eficiente por su bajo

consumo de energía y porque no necesita el cambio de baterías o mantenimiento continuo, no contamina ni daña el medio ambiente y no produce ruido ambiental.

Se puede implementar en los diferentes tipos de vehículos y ser adaptado fácilmente en maquinaria con pocas y sencillas modificaciones en su programación o circuito electrónico.

Otra de las ventajas del sistema propuesto en este proyecto radica en su fabricación nacional, lo que permitiría en caso de fallas o accidentes un mantenimiento o servicio técnico ágil y de bajo costo.

En el mercado ecuatoriano existe un número reducido de sistemas de ayuda para parqueo de vehículos en circulación y los pocos en existencia se consiguen a costos muy elevados.

El principal problema con estos sistemas es que no existe un servicio técnico que pueda reparar sino mas bien lo único que se obtiene en caso de un desperfecto es el reemplazo del sistema dependiendo su estado del mismo.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo.* Diseño e implementación de un sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos automotrices de un banco de prueba para la Escuela de Ingeniería Automotriz.

1.4.2 *Objetivos específicos*

Seleccionar los sensores ultrasónicos adecuados para el propósito del proyecto.

Acondicionar y procesar las señales de los sensores.

Realizar un análisis de los objetos que el sistema pueda detectar y determinar la resolución del sistema, la influencia de los ángulos de reflexión, los objetos en movimiento y las condiciones ambientales.

Convertir la distancia medida por los sensores en una señal sonora cuya frecuencia proporcione una idea de acercamiento al conductor.

Desarrollar una solución visual mediante por LCD para la presentación de la distancia medida al conductor.

Realizar una simulación del sistema

Diseñar y implementar el sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos en una maqueta (estructura tipo bogue), para la escuela de ingeniería auto motriz.

Realizar pruebas del sistema

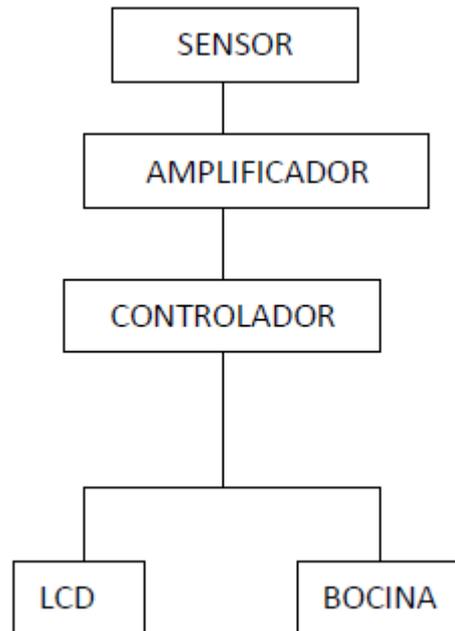
Documentar apropiadamente el proyecto.

1.5 Descripción general del proyecto

El sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos automotrices tiene como finalidad principal de alertar al conductor de los objetos cercanos detrás y delante del vehículo por medio de una ayuda visual y una sonora. Consta de tres partes principales: dos sensores ultrasónicos, el cerebro y la salida. Cuando el sistema detecte uno o más objetos detrás y delante del vehículo, escogerá el más cercano y presentará su distancia en centímetros mediante por un LCD junto con una señal sonora a frecuencias variables que proporcionen la sensación de acercamiento del vehículo a los objetos detrás y delante del mismo.

El diagrama de bloques de la figura 1. Corresponde a la descripción general de las partes principales del sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos.

Figura 1. Diagrama de bloques del funcionamiento del sensor



Fuente: Autor

El sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos consiste de tres partes principales: Los sensores, el cerebro y la salida.

1. Sensores: Los sensores son los encargados de emitir y recibir las señales ultrasónicas.

2. Cerebro: Consta de cuatro partes: emisor-receptor, controlador, amplificador y comparador. Tiene como objetivo principal procesar las señales de los sensores y enviar al LCD.

- **Emisor-Receptor:** Es la parte que se encarga del acople de las señales digitales a señales analógicas que son las enviadas y recibidas desde y hacia los sensores a frecuencia ultrasónica de 42kHz.
- **Controlador:** Es el encargado de procesar y enviar las señales hacia los sensores, recibir las señales de eco y enviar el resultado de distancia hacia el LCD y la bocina.

3. Salida: La salida del sistema consta de dos partes: el LCD y la bocina.

- **LCD:** Muchas aplicaciones micro controladas requieren mostrar datos de diversas formas. Para ello se puede emplear fácilmente un LCD, en la cual se visualizara dato real de la distancia.
- **Bocina:** Permite enviar una señal sonora al conductor con el fin de proporcionar una idea de acercamiento mínimo a los objetos detectados.

4. Control Remoto: La necesidad de un control de remoto es para una mayor comodidad del usuario, en este proyecto se aplico de un control remoto de radio frecuencia para manipular el movimiento del auto.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS

2.1 Ultrasonido

El ultrasonido es una vibración acústica con un rango mayor al audible por el oído humano que se transmite a través de un medio físico. Ósea para que se propague el ultrasonido, se requiere que las partículas del medio ya sea líquido, aire o sólido oscilen alrededor de sus posiciones de equilibrio.

La generación y lectura de ultrasonido se hace a través de dos unidades piezoeléctricas en donde una de ellas es el emisor y la otra el receptor de ondas de presión ultrasónicas. Para esto, la unidad emisora debe excitarse con una señal adecuada en amplitud y frecuencia. La unidad receptora transducirá todas aquellas ondas de presión ultrasónicas de 42KHz que lleguen a excitarla.

2.1.1 Comparación entre ultrasonido y sonido. Son de la misma naturaleza, la que diferencia es su frecuencia:

- Ondas sónicas: frecuencia entre 16 y 20000 Hz.
- Ondas ultrasónicas: frecuencias mucho mayores de 20000 Hz.

2.1.2 Transductor. Los transductores ultrasónicos se basan en el hecho de que al aplicar presión sobre algunos materiales aparece un campo eléctrico (efecto piezoeléctrico) o magnético (efecto magneto estrictivo) entre sus caras.

El efecto inverso también se produce: al aplicar un campo eléctrico o magnético se produce una deformación del material. Las relaciones entre las presiones aplicadas y los campos producidos son no lineales y por tanto complicadas. En la actualidad se están fabricando también transductores ultrasónicos basados en láser.

Cuando esta onda incide sobre la superficie de otro transductor (o el mismo), las variaciones de presión provocan la aparición de un campo eléctrico variable proporcional a dicha presión. Este campo eléctrico puede ser medido para darnos una idea de la forma de la onda de presión incidente.

Los transductores magnetostrictivos tienen un funcionamiento similar a los piezoeléctricos, pero utilizando campos magnéticos. Materiales con estas propiedades son algunas aleaciones de hierro, níquel y cromo. Estos transductores son en general más caros e ineficientes que los piezoeléctricos, por lo que en la práctica son poco utilizados.

Últimamente se están fabricando transductores ultrasónicos basados en láser.

Su funcionamiento consiste en hacer incidir un rayo láser de intensidad variable sobre un sólido. Las variaciones de temperatura producidas por dicho láser hacen que el sólido se dilate y se contraiga provocando una vibración del medio que le rodea.

2.1.3 Medición de distancia por ultrasonido. El ultrasonido como cualquier onda mecánica se desplaza a una cierta velocidad dependiendo del medio que atraviese como se describe en la tabla 1, en el caso del aire el ultrasonido se desplaza a una velocidad aproximada de 330m/s. El método más utilizado para la determinación de la distancia es enviar trenes de pulsos de 42 KHz con periodos muy cortos. El tiempo transcurrido entre el comienzo de la emisión y el comienzo de la recepción será proporcional a la distancia recorrida por las ondas ultrasónicas:

$$\text{Distancia} = \text{Velocidad} * \text{Tiempo Ecuación} \quad (1)$$

Por lo tanto para calcular la distancia entre el vehículo y los objetos detrás y delante del mismo se deberá emitir una onda ultrasónica a través del sensor, luego esperar a recibir un eco.

Calcular el tiempo que se demora en regresar la onda y dividirlo para dos porque la onda va choca contra el objeto y regresa. Entonces con este tiempo se aplica la ecuación (1) y se obtiene la distancia.

La tabla 1 describe la velocidad de propagación del ultrasonido de acuerdo a la densidad del medio por el cual se esta propagando.

Tabla 1. Velocidad de propagación del ultrasonido según la densidad del material

Medio	Densidad (Kg/m ³)	Velocidad (m/s)
Aire	1.2	330
Hueso	1.62 * 10 ³	3360
Grasa	0.92 * 10 ³	1480
Músculo	1.07 * 10 ³	1570
Agua	1.00 * 10 ³	1500

Fuente: Densidad del material [1]

2.1.4 Materiales piezoeléctricos. Los materiales piezoeléctricos más utilizados en la construcción de sensores ultrasónicos son: cuarzo, sulfato de litio, cerámicas polarizadas, titanato de bario, metanobiato de bario y circonatotitanato de plomo. Sus características principales serán presentadas a continuación.

Sulfato de litio: Este material se considera como uno de los receptores más eficientes. Su ventaja principal es que no envejece. Sus desventajas son: es muy frágil, soluble en agua y se debe emplear a temperaturas menores de 75 °C.

Cuarzo: Se obtiene a partir de cristales naturales. Posee excelentes características: Estabilidad térmica, química y eléctrica. Es muy duro y resistente al desgaste, así como al envejecimiento. Desafortunadamente es el menos eficiente de los generadores de energía acústica. Requiere alto voltaje para su manejo a bajas frecuencias. Se debe emplear a temperaturas menores de 550 °C, pues por arriba de ésta pierde sus propiedades piezoeléctricas.

Cerámicas polarizadas: Se consideran como los generadores más eficientes de energía ultrasónica cuando operan a bajos voltajes de excitación. Prácticamente no son afectados por la humedad y algunos pueden emplearse hasta temperaturas de 300 °C. Sus principales limitaciones son: tendencia al envejecimiento, menor dureza y resistencia al desgaste que el cuarzo.

Titanato De Bario: Tiene problemas de acoplamiento y amortiguación. Su empleo está limitado a frecuencias menores de 15 MHz. La temperatura de operación es de 115 °C a 150 °C.

Metaniobato De Bario: Posee excelente estabilidad térmica, similar al cuarzo, lo que le permite ser empleado a altas temperaturas. Se considera como el mejor material para generar impulsos cortos por lo que se aplica principalmente a frecuencias altas.

Zirconato Titanato De Plomo: Se considera como el mejor emisor. Sin embargo, es el más difícil de amortiguar. Se recomienda su empleo cuando existen problemas de penetración.

La tabla 2 describe las propiedades principales de los diferentes materiales piezoeléctricos.

Tabla 2. Materiales piezoeléctricos

Material	Eficiencia como transmisor	Eficiencia como receptor	Sensibilidad	Poder de resolución	Características mecánicas
Cuarzo	Mala	Mediana	Escasa	Optima	Buena
Sulfato de litio	Mediana	Buena	Buena	Optima	Soluble en agua

Titanato de bario	Buena	Mediana	Optima	Mediana	Frágil
Metaniobato de bario	Buena	Mediana	Optima	Optima	Buena
Zirconato titanato de plomo	Buena	Mediana	Optima	Mediana	Buena

Fuente: Tipos de materiales [2]

2.1.5 Reflexión. Cantidad de energía ultrasónica que es reflejada al incidir en un medio o superficie.

Ley de reflexión: El ángulo de onda reflejada es igual al ángulo de la onda incidente.

2.1.6 Refracción. Se produce cuando un haz ultrasónico pasa de un medio a otro, siendo la velocidad del ultrasonido diferente en los dos medios. En este caso la onda reflejada tiene un ángulo diferente al de la onda incidente

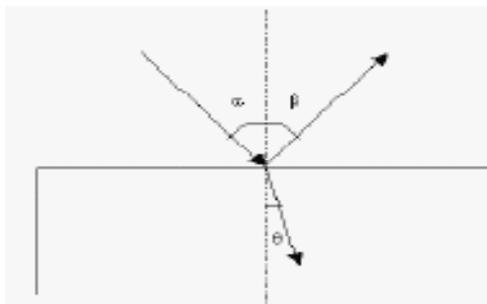
Ley de refracción: El cambio de dirección de la onda refractada, acercándose en la normal a su superficie de separación de ambos medios, depende de que la velocidad del sonido en el segundo medio sea menor o mayor que en el primer medio.

La figura 2 muestra las propiedades de refracción del ultrasonido en dos medios diferentes.

V1=Velocidad del medio 1 α =Angulo de incidencia

V2=Velocidad del medio 2 θ =Angulo de refracción

Figura 2. Refracción del Ultrasonido en un medio cualquiera



Fuente: Ángulos de Refracción [3]

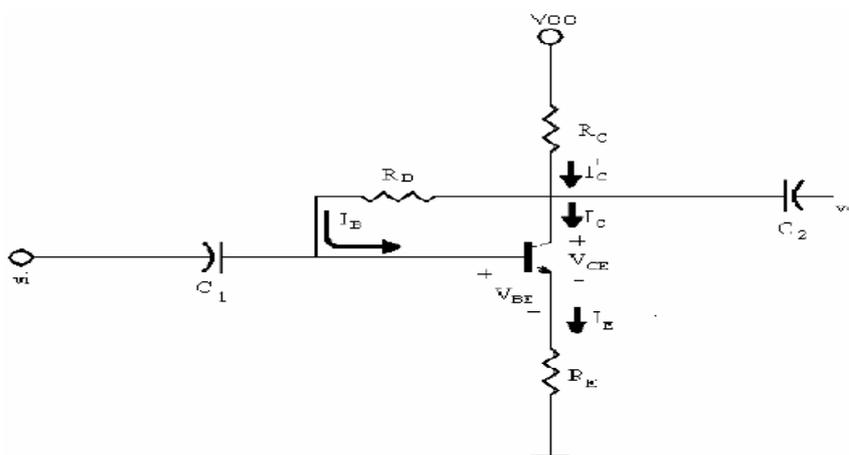
2.2 Amplificador

Los amplificadores con transistores son utilizados comúnmente en una variedad de dispositivos de audio especialmente por su facilidad de implementación, simplicidad y bajo costo.

2.2.1 Polarización de DC por retroalimentación. Un nivel mejorado de estabilidad en la señal amplificada se obtiene por medio de una trayectoria de retroalimentación desde el colector a la base este proceso se realiza el pic.

La figura 3 muestra el circuito de polarización en DC con retroalimentación de un amplificador con transistor.

Figura 3. Circuito de polarización en DC con retroalimentación



Fuente: Polarización del circuito [4]

2.3 Motor de Corriente Continúa

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alterna, del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria. A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas, micro motor, etc.)

El motor de corriente continua está compuesto de 2 piezas fundamentales:

- Rotor
- Estator

Figura 4. Partes del motor de corriente directa



Fuente: Partes del motor del motor de corriente directa [5]

Dentro de éstas se ubican los demás componentes como:

- Escobillas y porta escobillas
- Colector
- Eje
- Núcleo y devanado del rotor
- Imán Permanente
- Armazón
- Tapas o campanas

La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.

Su principal inconveniente, el mantenimiento, muy caro y laborioso.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.

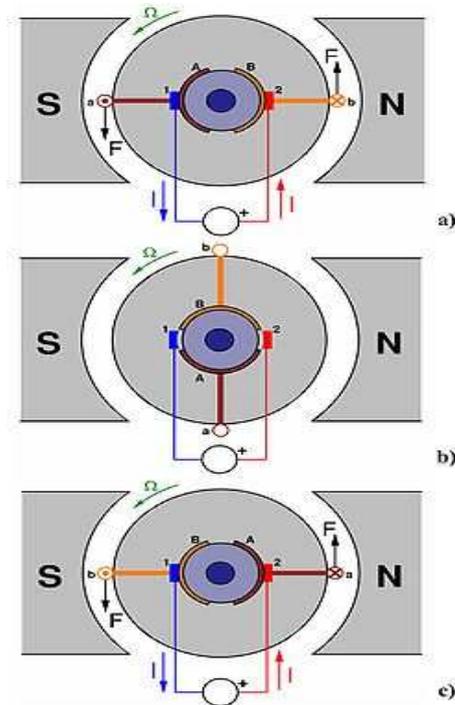
También se construyen motores de CC con el rotor de imanes permanentes para aplicaciones especiales.

2.3.1 Principio de funcionamiento. Según la Ley de Lorentz, cuando un conductor por el que pasa una corriente eléctrica se sumerge en un campo magnético, el conductor sufre una fuerza perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente, siguiendo la regla de la mano izquierda, con módulo.

$$F=B.l.I \quad (2)$$

- **F:** Fuerza en newtons
- **I:** Intensidad que recorre el conductor en amperios
- **l:** Longitud del conductor en metros
- **B:** Densidad de campo magnético o densidad de flujo

Figura 5. Giro de motores de corriente continúa



Fuente: Actuación de giros [5]

El rotor tiene varios repartidos por la periferia. A medida que gira, la corriente se activa en el conductor apropiado.

Normalmente se aplica una corriente con sentido contrario en el extremo opuesto del rotor, para compensar la fuerza neta y aumentar el momento.

2.3.2 Fuerza contra electromotriz inducida en un motor. Es la tensión que se crea en los conductores de un motor como consecuencia del corte de las líneas de fuerza, es el efecto generador de pines.

La polaridad de la tensión en los generadores es inversa a la aplicada en bornes del motor.

Las fuertes puntas de corriente de un motor en el arranque son debidas a que con la máquina parada no hay fuerza contra electromotriz y el bobinado se comporta como una resistencia pura del circuito.

2.3.3 Sentido de giro. El sentido de giro de un motor de corriente continua depende del sentido relativo de las corrientes circulantes por los devanados inductor e inducido.

La inversión del sentido de giro del motor de corriente continua se consigue invirtiendo el sentido del campo magnético o de la corriente del inducido.

Si se permuta la polaridad en ambos bobinados, el eje del motor gira en el mismo sentido.

Los cambios de polaridad de los bobinados, tanto en el inductor como en el inducido se realizarán en la caja de bornes de la máquina, y además el ciclo combinado producido por el rotor produce la fmm (fuerza magnetomotriz).

2.3.4 Reversibilidad. Los motores y los generadores de corriente continua están constituidos esencialmente por los mismos elementos, diferenciándose únicamente en la forma de utilización.

Por reversibilidad entre el motor y el generador se entiende que si se hace girar al rotor, se produce en el devanado inducido una fuerza electromotriz capaz de transformarse en energía en el circuito de carga.

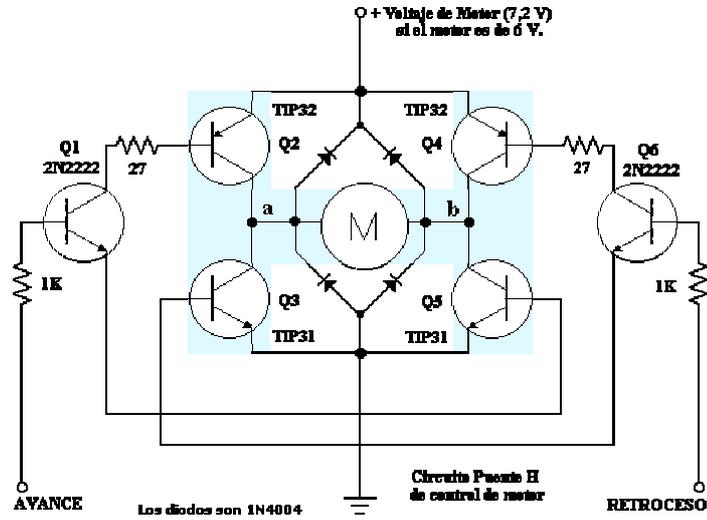
En cambio, si se aplica una tensión continua al devanado inducido del generador a través del colector, el comportamiento de la máquina ahora es de motor, capaz de transformar la fuerza contra electromotriz en energía mecánica.

2.4 Puente H

Circuito para controlar motores de corriente continúa. El nombre se refiere a la posición en que quedan los transistores en el diagrama del circuito, de transistores, nombre que surge, obviamente, de la posición de los transistores, en una distribución que recuerda la letra H. Esta configuración es una de las más utilizadas en el control de motores de CC, cuando es necesario que se pueda invertir el sentido de giro del motor.

Funcionamiento del sistema:

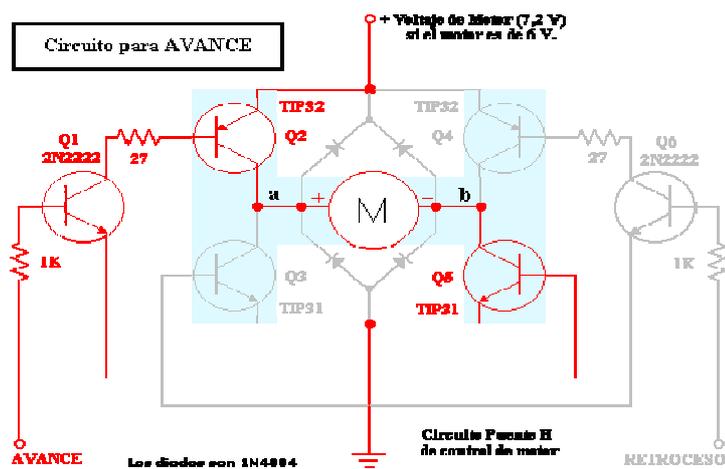
Figura 6. Funcionamiento de motor



Fuente: Circuito para controlar el motor [6]

Aplicando una señal positiva en la entrada marcada **avance** se hace conducir al transistor Q1. La corriente de Q1 circula por las bases, de Q2 y Q5, haciendo que el terminal a del motor reciba un positivo y el terminal b el negativo (tierra).

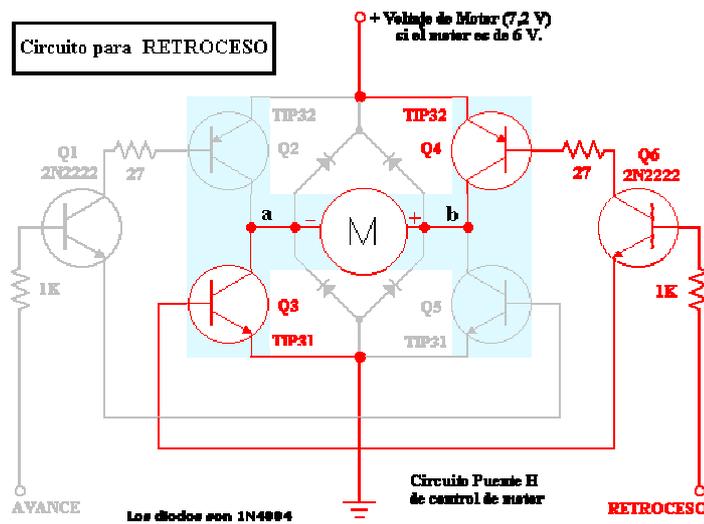
Figura 7. Circuito para avance



Fuente: Circuito de avance del motor [7]

Si en cambio se aplica señal en la entrada **retroceso**, se hace conducir al transistor Q6, que cierra su corriente por las bases, de Q4 y Q3. En este caso se aplica el positivo al terminal b del motor y el negativo (tierra) al terminal a del motor.

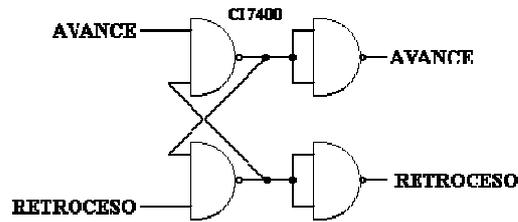
Figura 8. Circuito para retroceso



Fuente: Circuito de Retroceso del motor [8]

Una de las cosas muy importantes que se deben tener en cuenta en el control de este circuito es que las señales **avance** y **retroceso** jamás deben coincidir. Si esto ocurre los transistores, Q2, Q3, Q4 y Q5 cerrarán circuito directamente entre el positivo de la fuente de alimentación tierra, sin pasar por el motor, de modo que es seguro que se excederá la capacidad de corriente Emisor, Colector y los transistores, se dañarán para siempre. Y si la fuente no posee protección, también podrá sufrir importantes daños. Al efecto existen varias formas de asegurarse de esto, utilizando circuitos que impiden esta situación (llamados "de interlock"), generalmente digitales, basados en compuertas lógicas. Como en la figura 8 mostramos un ejemplo.

Figura 9. Circuito de interlock

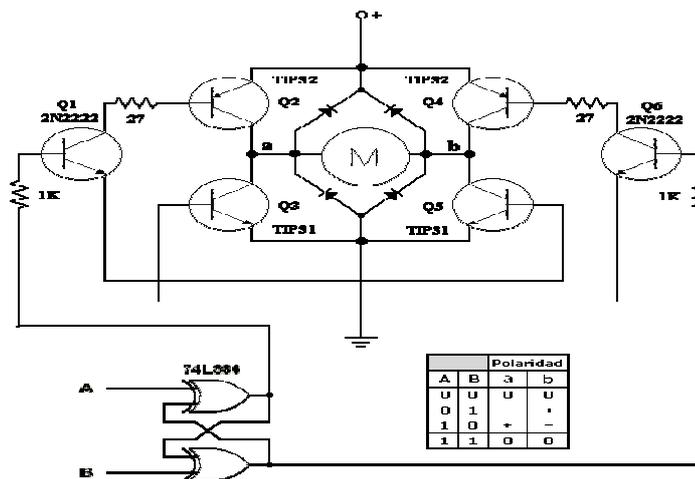


Fuente: Circuito de tipo Darlington [9]

He aquí otra opción de Puente H y circuito de interlock, con la ventaja de que utiliza menos transistores, (tipo Darlington en este caso) y de tener un circuito de interlock aún más seguro.

En el circuito anterior, si se presentan las dos señales activas simultáneamente se habilita uno de los sentidos de marcha, sin que se pueda prever cuál será. Si las señales llegan con una leve diferencia de tiempo, se habilita la orden que ha llegado primero, pero si ambas señales llegan al mismo tiempo no se puede prever cuál comando (**avance o retroceso**) será habilitado. En este segundo circuito no se habilita ninguno:

Figura10. Circuito avance o retroceso



Fuente: Circuito de Activación [10]

El circuito Puente H sólo permite un funcionamiento SÍ-NO del motor, a plena potencia en un sentido o en el otro (además del estado de detención, por supuesto), pero no ofrece un modo de controlar la velocidad. Si es necesario hacerlo, se puede apelar a la regulación del voltaje de la fuente de alimentación, variando su potencial de 7,2 V hacia abajo para reducir la velocidad.

Esta variación de tensión de fuente produce la necesaria variación de corriente en el motor y, por consiguiente, de su velocidad de giro. Es una solución que puede funcionar en muchos casos, pero se trata de una regulación primitiva, que podría no funcionar en aquellas situaciones en las que el motor está sujeto a variaciones de carga mecánica, es decir que debe moverse aplicando fuerzas diferentes. En este caso es muy difícil lograr la velocidad deseada cambiando la corriente que circula por el motor, ya que ésta también será función además de serlo de la tensión eléctrica de la fuente de alimentación de la carga mecánica que se le aplica (es decir, de la fuerza que debe hacer para girar). Una de las maneras de lograr un control de la velocidad es tener algún tipo de realimentación, es decir, algún artefacto que permita medir a qué velocidad está girando el motor y entonces, en base a lo medido, regular la corriente en más o en menos.

Este tipo de circuito requiere algún artefacto de senseo (sensor) montado sobre el eje del motor. A este elemento se le llama tacómetro y suele ser un generador de CC (otro motor de CC cumple perfectamente la función, aunque podrá ser uno de mucho menor potencia), un sistema de tacómetro digital óptico, con un disco de ranuras o bandas blancas y negras montado sobre el eje, u otros sistemas, como los de pickups magnéticos. Ver más en Control de motores de CC con realimentación.

CAPÍTULO 3

3. HARDWARE

3.1 Funcionamiento

El sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos automotrices consiste de tres partes principales: los sensores, el cerebro, (que consta de: circuito resonante, comparador, PIC16F877A) el LCD y la bocina. Se emitirán señales ultrasónicas a la frecuencia de 42kHz a través de los sensores cada cierto tiempo por un sensor a la vez.

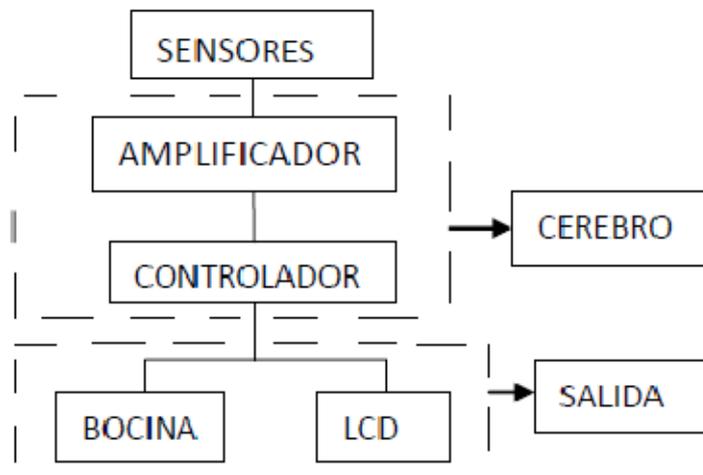
Luego se esperará a recibir un eco producido por los objetos detectados, el tiempo que se demora en recibir el eco es proporcional a la distancia al objeto detectado. Puede haber uno o más objetos detectados, en este caso se tomará como valido el objeto más cercano al vehículo.

La señal de eco será amplificada, filtrada y comparada para llevarla a un nivel adecuado TTL (0V y 5V) que se pueda recibir en el controlador. Luego esta señal se procesará en el PIC16F877A en donde se guarda un programa que tiene como finalidad el manejo de las señales que vienen y van de los sensores y el control del LCD y bocina. El controlador enviará al LCD la distancia en tres dígitos en centímetros del objeto más cercano detectado y un sonido a frecuencias específicas a la bocina de tal manera que el sonido proporcione al conductor una idea de acercamiento a los objetos de ambos sentidos del vehículo.

3.2 Diagrama de bloques

El diagrama de bloques de figura 11 es una representación de las partes principales del sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos automotrices.

Figura 11. Diagrama de bloques



Fuente: Autor

1. Sensores: Se utilizan 2 sensores ultrasónicos EZ0 que trabajan a una frecuencia de 42kHz y por medio de ellos se envían y reciben las señales que serán procesadas por el controlador.

2. Amplificador: Es una configuración de transistores que permite amplificar la señal de eco recibida para acondicionarla a un nivel adecuado de comparación y además filtrarla para evitar que se comparen señales de ruido.

3. Controlador: Consta de un PIC16F877A que se encarga del desarrollo de la lógica de manejo de las señales (capítulo 4) por medio de un programa (Anexo 1). El controlador maneja 7 puertos los mismos que corresponden al comparador, emisor, receptor, LCD, bocina.

4. Los módulos LCD (Display de Cristal Liquido): Son utilizados para mostrar mensajes que indica al operario el estado que se encuentra, o para dar instrucciones de manejo, mostrar valores, etc. El LCD permite la comunicación entre las maquinas y los humanos, este puede mostrar cualquier carácter ASCII, y consumen mucho menos que los displays de 7 segmentos, existen de varia presentaciones por ejemplo de 2 líneas

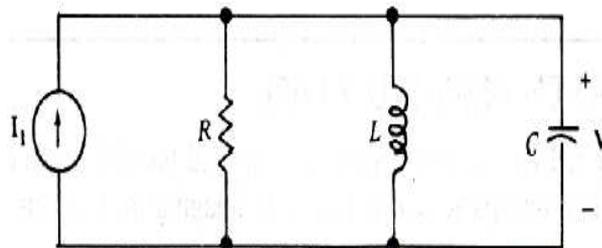
por 8 caracteres, 2x16, 2x20, 4x20, 4x40, etc. Sin backlight (14 pines), el LCD más popular es el 2x16, 2 líneas de 16 caracteres cada una.

5. Bocina: Esta incorporada en el LCD y se encarga de emitir una señal audible para proporcionar al usuario del equipo una sensación de acercamiento a los objetos detrás y delante del vehículo.

3.3 Circuito RLC paralelo

El circuito RLC paralelo (figura. 3.2) corresponde a un filtro pasa banda donde la frecuencia central, que es la frecuencia a la que el circuito responde con su mayor amplitud, esta relacionada con la capacitancia e inductancia. Las frecuencias laterales ω_{c1} y ω_{c2} (figura. 3.3) están relacionadas con la resistencia, inductancia y capacitancia, y definen el ancho de banda del circuito.

Figura 12. Circuito RLC paralelo



Fuente: Circuito lineal [11]

La frecuencia central o de resonancia del circuito RLC paralelo es la presentada en la Ecuación 3.

$$\omega_o = 1/\sqrt{LC} \quad (3)$$

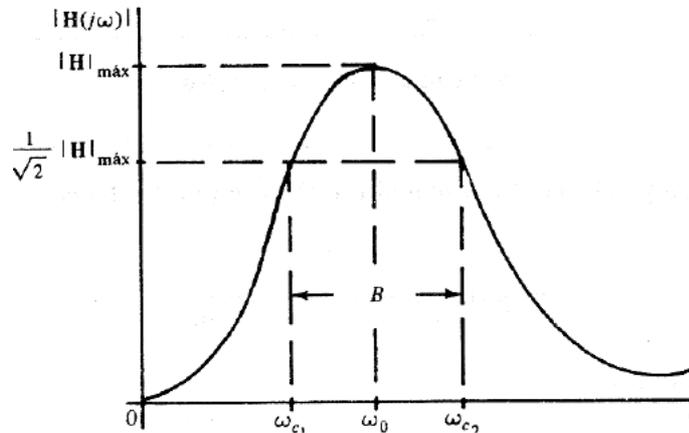
El ancho de banda B del circuito RLC paralelo es el presentado en la ecuación 3

$$B = \omega_{c1} - \omega_{c2} \quad (4)$$

La respuesta en amplitud con respecto a la frecuencia del filtro pasa banda del circuito

RLC paralelo se presenta en la figura 13.

Figura 13. Respuesta en amplitud filtro pasa banda



Fuente: Amplitud con respecto a la frecuencia [12]

3.3.1 Circuitos resonantes. Un sistema físico con una respuesta natural de tipo senoidal reacciona vigorosamente e incluso violentamente cuando es excitado a una de sus frecuencias naturales a una frecuencia de valor cercano a las naturales. Este fenómeno se conoce como resonancia, y sus efectos colaterales pueden ser buenos o malos.

Se puede decir que una red excitada senoidalmente está en resonancia cuando la amplitud de la función de la red alcanza un pronunciado valor máximo o mínimo. Esto ocurre a una frecuencia llamada frecuencia de resonancia. Como en el caso del circuito RLC la frecuencia de resonancia corresponde al valor de la frecuencia central.

3.3.2 Factor de calidad Q . El factor de calidad (ecuación 4) mide la selectividad o agudeza del pico y viene dado por la relación entre la frecuencia resonante y el ancho de banda.

$$Q = \omega_0 / B$$

Un Q bajo corresponde a un ancho de banda relativamente grande, y un Q alto un ancho de banda pequeño (tomado a veces arbitrariamente como 5 o más) revela un ancho de banda más pequeño, o un circuito más selectivo.

Los equivalentes de Q son:

$$Q = \omega_o RC \quad (5)$$

$$Q = R \sqrt{C/L} \quad (6)$$

$$Q = R/\omega_o L \quad (7)$$

3.3.3 Emisor-Receptor. Son dos circuitos emisor y receptor aislados y acoplados por una bobina. El emisor es el encargado de aumentar el voltaje de la señal que será enviada a los sensores ultrasónicos. El receptor es el encargado de recibir los pulsos de eco de los objetos cercanos al vehículo. Dado que los sensores tienen impedancia capacitiva se ve la necesidad del uso de una bobina que además de acoplar la impedancia, aumente los pulsos de voltaje de 12 a 50.

Figura 14. Bobina 7PA



Fuente: Bobina para aumentar el voltaje [13]

La Tabla 3 contiene las características principales de la bobina desde el punto de vista del diseño del sistema.

Bobina: Se escogió la bobina 7PA (Figura 14.) para poder generar resonancia a la frecuencia nominal (42kHz).

Tabla 3. Características Bobina 7PA

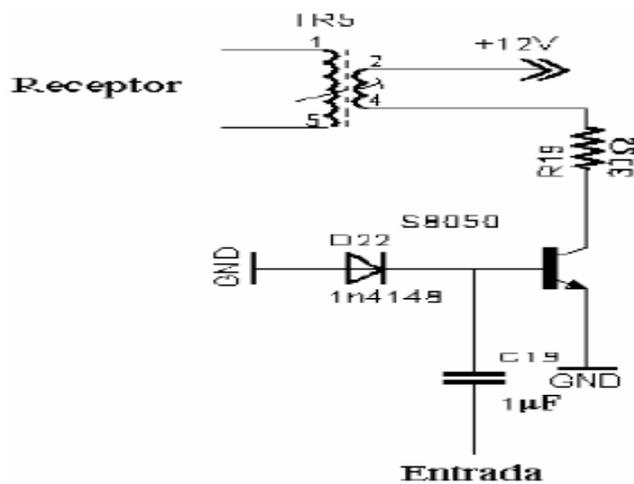
Numero de partes	7PA
Inductancia secundario	6.6mH
Inductancia Primario	600 μ H
Relación primario secundario	4:1

Fuente: Bobina de 6.6mH [14]

Esta bobina puede variar su inductancia en el secundario entre 1 y 25 mH por medio de un tornillo de calibración en su parte superior. Esta bobina se calibró en 6.6mH para su acople con el sensor ultrasónico.

Emisor: Consta de un transistor en corte y saturación que transforma las señales TTL a pulsos de 12 voltios y está conectado al secundario de la bobina como se muestra en la figura.

Figura 15. Emisor del sensor

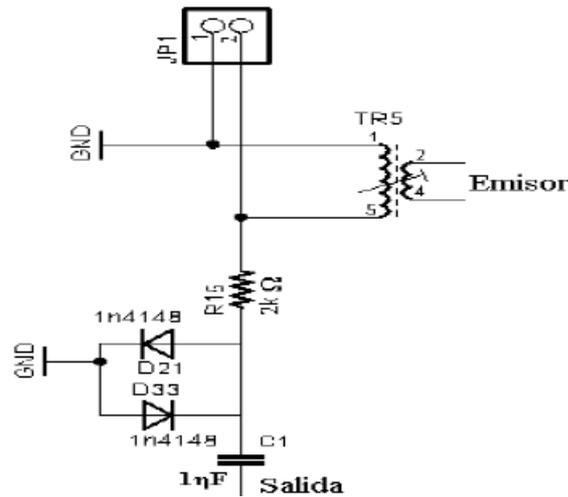


Fuente: Señal de lógica transistor a transistor [14]

Receptor: Consta de dos diodos en anti-paralelo conectados a tierra y una resistencia para regular la corriente (Figura 16), todo esto está conectado al primario de la bobina que está en paralelo con el sensor ultrasónico por donde saldrán impulsos de 50V a 42kHz. El propósito de los diodos en anti-paralelo es limitar el voltaje de la señal de

50V a 0.7V porque esta señal entrará al amplificador de pequeña señal. Por el mismo lugar se recibe el eco de la señal de 42kHz después de haber rebotado en algún objeto, pero este eco está en el orden de los 12μV, no alcanza a polarizar los diodos y pasa directamente al amplificador.

Figura 16. Receptor del sensor



Fuente: Diodos anti paralelos [14]

Utilizando la ecuación la ecuación 5 se puede calcular la frecuencia de resonancia del circuito RLC que se forma con la bobina, el sensor y la resistencia R16 (Figura 16.)

$$W_o = 1/\sqrt{LC} \quad (8)$$

$$f = w_o/2\pi = 1/2\pi\sqrt{LC} \quad (9)$$

$$c = (1)^2/(2\pi f)^2 L = 1/4\pi^2(42kHz)^2 6.6mH \quad (10)$$

$$c = 8.59 \times 10^{-8} \quad (11)$$

$$c = 2.18nf \quad (12)$$

Así mismo utilizando la ecuación 6 se puede calcular el factor de calidad Q colocando un valor adecuado de la resistencia R16 (Figura 16) de tal forma que el ancho de banda no se agrande demasiado y el circuito no se haga inestable.

$$\mathbf{R = R16 + Zi \text{ amplificador}} \quad (13)$$

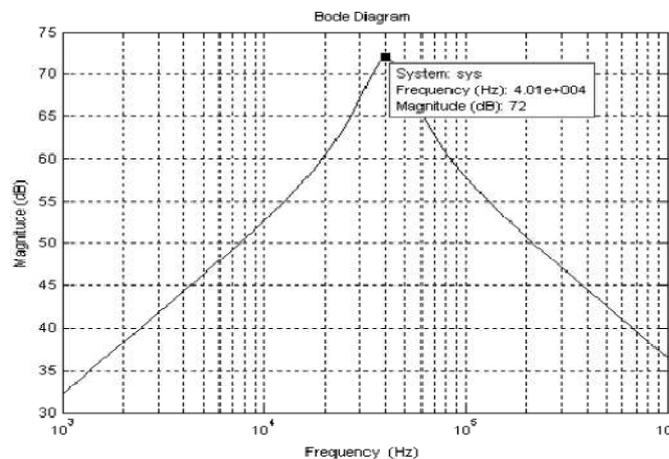
$$\mathbf{R = 2000 + 2007 = 4007\Omega}$$

$$\mathbf{Q = R\sqrt{C/L}}$$

$$\mathbf{Q = 4007\sqrt{2400pF/6.6mH} = 2.41} \quad (14)$$

Para observar de mejor manera el comportamiento del receptor es necesario un análisis de la respuesta en frecuencia del circuito resonante RLC. Como se observa en la Figura 17 el circuito resuena a la frecuencia de 42kHz por lo tanto la impedancia del sensor con la de la bobina está acoplada y el valor de la resistencia R16 que es 2000Ω permite que la respuesta del circuito sea estable, para valores muy grandes de R16 el ancho de banda se agranda demasiado y para valores muy pequeños el circuito se torna inestable.

Figura 17. Respuesta en frecuencia receptor.



Fuente: Magnitud en función de la frecuencia [15]

3.4 Diseño y Selección

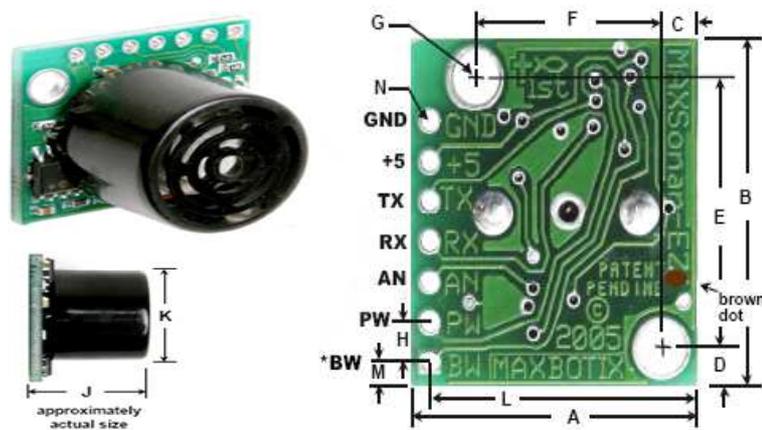
En esta parte se describe la parte del diseño y selección de los elementos electrónicos utilizados en el sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos automotrices para la escuela de ingeniería automotriz.

3.4.1 Sensores. Para este proyecto se le selecciona los sensores LV-MaxSonar-EZ0 que está hecho de Zirconato titanato de plomo que es un material ideal para un emisor-receptor de ultrasonido, además los sensores cumplen con especificaciones técnicas de diseño muy importantes como son: la frecuencia nominal, la directividad, rango detectable y resolución.

Se ha escogido la frecuencia de 42kHz para el tren de pulsos de la señal ultrasónica, debido a que es la frecuencia a la que el sensor tiene su máxima transferencia de potencia.

SensorLV-MaxSonar-EZ0: Los sensores ultrasónicos **EZ0** son los encargados de emitir y recibir las señales ultrasónicas para la determinación de la distancia real de los objetos cercanos al vehículo. Es necesario indicar que los sensores son emisor y receptor en un solo dispositivo. La emisión y recepción de señales se realiza solo por dos cables.

Figura 18. Sensor zo ultrasónico



Fuente: Modelo del sensor [16]

Tabla 4. Valores nominales del circuito del sensor

A	19.9mm
B	22.1mm
C	2.54mm
D	2.54mm
E	17.0mm
F	12.6mm
G	3.1mmdia
H	2.54mm
J	15.5mm
K	16.4mm
L	18.7mm
M	1.7mm
N	1.0mm
Weight, 4.3 grams	

Fuente: Medidas del sensor [17]

La tabla 5. contiene las características más importantes del sensor **EZ0 MB1010** desde el punto de vista del diseño.

Tabla 5. Características principales del sensor

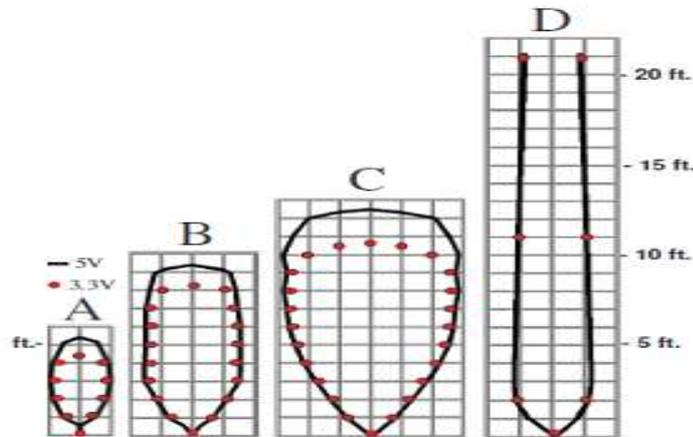
Beneficios	Características
<ul style="list-style-type: none"> • Muy bajo costo del sensor. • Ganancia continuamente variable para el control del haz. • Detección de objetos en un rango de 2.5Va 5.5V de alimentación con 2mA típico de consumo de corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Confiable y estable en los datos del rango. • Pequeño y ligero: 0.870 in x 0.785in x 0.645 in, 4.3 gramos. • Las zonas muertas del sensor prácticamente han desaparecido.

<ul style="list-style-type: none"> • Las lecturas pueden ser de cada 50 ms, (20-Hz frecuencia) • Función de operación libre puede medir continuamente el rango de salida de información. • La operación proporciona el rango de lectura como se desee. • Todas las interfaces están activas simultáneamente. • El sensor funciona a 42kHz • Alto rendimiento de onda cuadrada sensor de unidad de disco (doble Vcc). 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo poder de amplificación de ruido. • Excelente calidad del haz. • Bajo costo del sensor • Información de rango de lectura directamente, medición rápida del ciclo. • 1 pulgada de precisión. • Tres interfaces (todas son activas simultáneamente): o de salida de serie: asíncrono, a nivel de la lógica, invertida, 9600 bps o Salida analógica: (Vcc/512) / pulgada (10 mV / pulgada, cuando la tensión de entrada Vcc = 5 V) o ancho de pulso de salida: 147 us / pulgada. • Larga distancia de detección: 0 - 254 pulgadas (6,45 metros)
--	--

Fuente: Características principales [18]

La figura 19 es la gráfica del lóbulo de Directividad del sensor MaxSonarEZ0 MB1010.

Figura 19. Lóbulo de directividad del sensor



Fuente: Directividad del sensor [19]

Resultados de las muestras de patrones de haz de medición.

El patrón de detección se muestra para; (A) de 0,25 pulgadas de diámetro pasador, tenga en cuenta haz estrecho de cerca de objetos pequeños, (B) 1 pulgada clavija de diámetro, tenga en cuenta el largo patrón de detección estrecho, (C) de 3,25 pulgadas diámetro de la varilla, tenga en cuenta el largo patrón de detección controlado, (D) 11 pulgadas de tabla ancha se trasladó a la izquierda a la derecha con el paralelo consejo a la cara del sensor frontal y la sensor de estacionario. Esto demuestra el sensor de la capacidad de alcance.

Nota: El ancho del haz muestra de (D) es una función de la naturaleza especular del sonar y la forma de la junta directiva (es decir, espejo plano similar).

3.4.2 Microcontrolador (PIC 16F877X). Los PIC16F877X son basadas en materia de FLASH, miembros de la versátil familia de chips de la alta performance, bajo costo PIC16F877X que tiene sus características relevantes utilizar tecnología CMOS, ser micro controladores de 8 bits, soporta interrupciones externas e internas y ser reprogramables.

Estos micro controladores tienen características muy importantes que permiten la reducción de componentes externas, y por lo tanto la reducción de costos, reforzando la confiabilidad y reduciendo el consumo eléctrico.

Tabla 6. Detalles del microcontrolador

PIC16F628A	
Memoria de programa Flash	2048x14
Memoria de datos RAM	224x8
Memoria datos EEPROM	128x8
Pines de entrada y salida	16
Comparadores de voltaje	2
Interrupciones	10
Timers 8/16 bits	3
Módulos PWM/CCP	Si
Comunicación serial USART	Si

Fuente: Detalles de pic [20]

Las características más relevantes del pic16F628A son

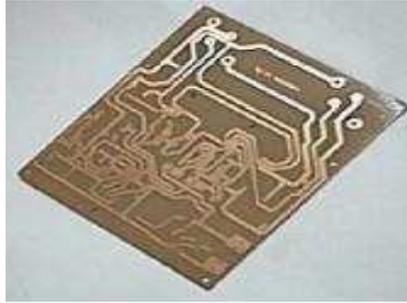
- Velocidad de operación hasta 20 MHZ con oscilador externo.
- Oscilador interno RC (resistencia condensador) de 4 MHZ calibrado de fábrica al $\pm 1\%$.
- Admite 8 configuraciones de oscilador.
- 8 niveles de pila.
- Procesador con arquitectura HARVARD

- Conjunto reducido de instrucciones RISC (35) gama media.
- Instrucciones de un ciclo excepto los saltos (200nS por instrucción a 20 MHZ).
- Resistencia PULL-UP programables en el puerto B.
- Pin RA5 MCLR programable con pin de entada.
- Rango de operación desde 3V, hasta 5.5V.
- 15 pines de I/O y 1 sólo de entrada (RA5).
- Programable con bajo voltaje LPV (5V).
- Programación serial en circuito ICSP por 2 pines: RB6 reloj y RB7 datos.
- Código de protección programable por sectores.
- Memoria de programa FLASH 2048K de 100.000 ciclos escritura/borrado.
- Memoria de datos EEPROM de 1.000.000 ciclos escritura/borrado de 100 años retención.
- 2 circuitos comparadores analógicos.
- 3 Timers de 0 a 8 bits, timer 1 a 16 bits, timer 2 a 8 bits.
- Módulos CCP, Captura compara 16 bits, y PM, modulación de ancho de pulso 10 bits.
- 10 fuentes de interrupción.
- Capacidad de corriente para encender leds directamente (25 mA I/O) por cada pin.

Pic16F877A se caracteriza por tener 40 pines, de los cuales 33 son puertos de entrada y salida, una memoria flash de 8192 palabras, una RAM de 368 bytes y una EEPROM de 256 bytes, por lo que este Pic se utiliza en proyectos grandes como en este proyecto.

3.4.3 *Diseño del circuito impreso por software.* Para realizar una placa de circuito impreso se hace mediante un computador, y de los software CAD como PROTEL, PROTEUS, EAGLE, ORCAD, Cornell DRAW, con cualquiera de estos software se puede trazar las líneas y pads del circuito, en este caso se realizo con el software PROTEUS, a continuación se puede ver de las pistas impresas, ya realizados en el software.

Figura 20. Placa de circuito impreso



Fuente: Autor

3.4.4 *Impresión de las pistas.* Una vez realizado el diseño se imprime con una impresora laser en el papel de termosensible, después se corta la baquelita (fibra de vidrio), para las medidas de corte se adiciona 4 a 5mm a cada lado de corte en relación al dibujo.

Figura 21. Impresión de las pistas.



Fuente: Autor

Una vez cortado la placa, se debe limpiar las limallas de cobre de los filamentos de la placa con una lija fina de metal, luego se limpia el lado de cobre donde se va a transferir las pistas con una esponja de acero.

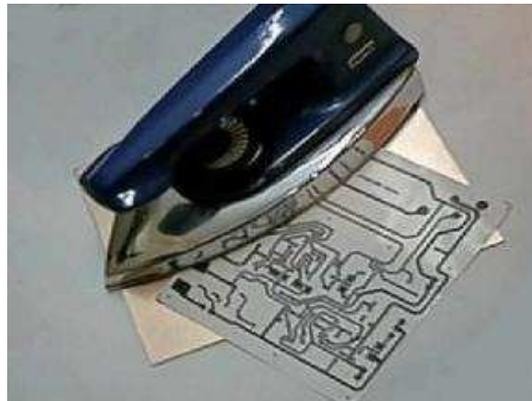
Figura 22. Limpieza de las pistas



Fuente: Autor

3.4.5 *Transferencia térmica del papel hacia la lámina de cobre.* Para realizar la transferencia propiamente dicha de las pistas sobre el lado de la lamina de cobre, esta debe ser completamente limpia, primero se coloca el papel fotográfico con el lado de la tinta sobre el lado del cobre, sin mover se coloca la tela, luego se pasa la plancha que debe estar al máximo de la temperatura, se aplica presión con todo el peso del cuerpo un tiempo de 20 a 30 segundos.

Figura 23. Transferencia térmica del papel hacia la lámina de cobre



Fuente: Autor

Para reducir el cobre sobrante, se prepara un atacador con 50ml de ácido clorhídrico se puede reducir el cobre no protegido al cabo de unos pocos minutos.

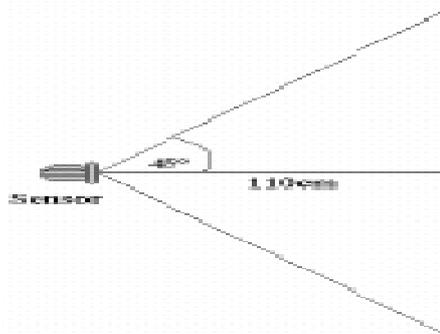
Figura 24. Colocación de ácido clorhídrico



Fuente: Autor

Ubicación del los sensores: Como se observa en la tabla 4 la Directividad de los sensores es de 100° . Para la ubicación de los sensores se supone un área cónica (figura 25) de 6.5m de distancia y con una inclinación de 45° hacia cada lado tomando como eje el centro del sensor. Se toma 45° para dar un margen de 5° de error.

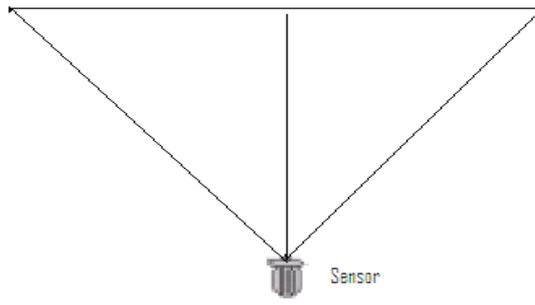
Figura 25. Directividad de los sensores es de 100°



Fuente: Autor

Entonces para definir la ubicación horizontal de los sensores debe superponer las áreas de los mismos de tal manera que la distancia mínima cubierta por las áreas sea 1cm (figura 26).

Figura 26. Ubicación horizontal del sensor

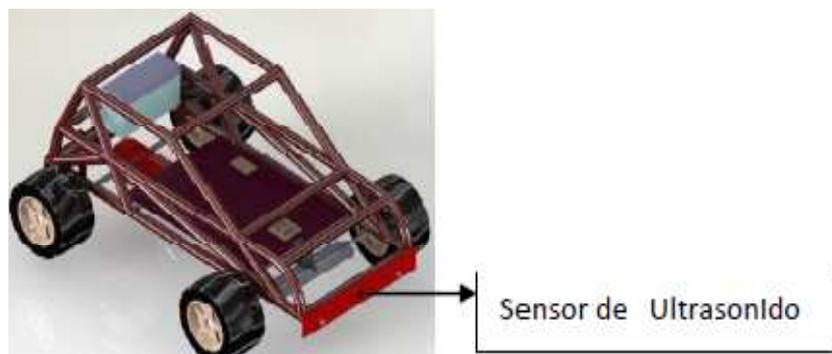


Fuente: Autor

Como se observa en la figura 26 se forma un triángulo rectángulo de altura 15cm y con dos ángulos de 45° ,

La distancia mínima está relacionada con el ancho estándar de los vehículos entre 30cm, en nuestro caso se fija una distancia de 15cm desde el final del guardachoque hasta el sensor para dejar un margen de detección de 2cm fuera del vehículo (figura 27). Entonces el sensor será ubicado en el centro del vehículo (maqueta).

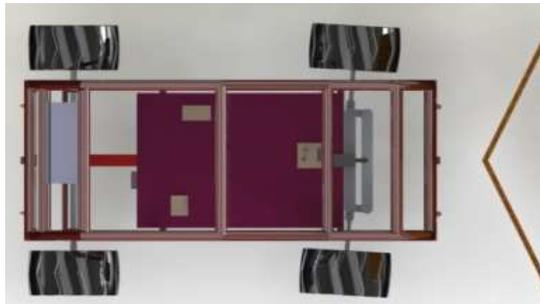
Figura 27. Ubicación del sensor



Fuente: Autor

Distancia del final del guarda choque hasta el centro del guarda choque (Figura 28)

Figura 28. Ubicación del sensor a 15cm desde el borde del filo



Fuente: Autor

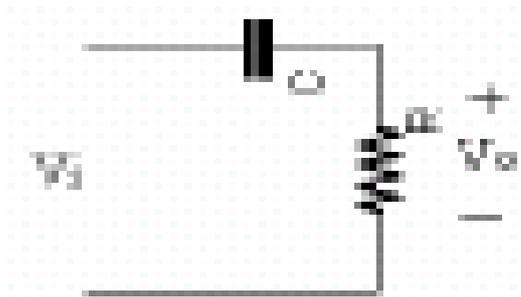
La ubicación vertical depende mucho de la detección del suelo como un objeto, se observó que a alturas menores a 8cm los sensores detectan la tierra como objeto cercano, por lo tanto se deja un margen de 10cm como altura mínima para la colocación del sensor, la altura máxima depende mucho del alto del automotor.

3.4.6 Emisor-receptor. La etapa de emisión-recepción consta de dos partes que están muy relacionadas debido a que los sensores solo tienen dos cables para emitir y recibir señal.

Respuesta en frecuencia Amplificador: A continuación se realizará el análisis de la respuesta en frecuencia del amplificador y luego del filtro completo que consiste en el filtro del amplificador y el filtro del circuito resonante del receptor.

El primer filtro del amplificador corresponde al capacitor colocado en la entrada de la primera etapa que es un filtro pasa altos con frecuencia natural 42kHz. El circuito equivalente para el filtro es un circuito RC (figura 3.11) donde C es el capacitor de la entrada de la primera etapa y la resistencia R es la impedancia de entrada del amplificador.

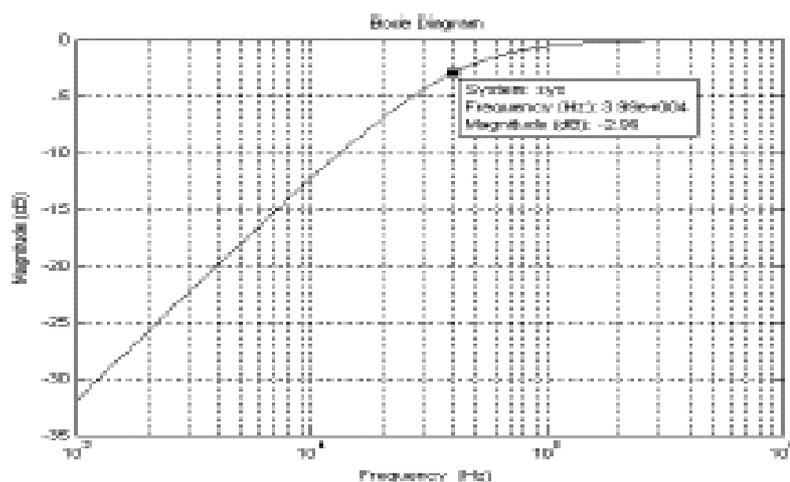
Figura 29. Circuito equivalente primer filtro



Fuente: Circuito de filtro [21]

Como se observa en la figura 30 La frecuencia central del filtro es aproximadamente 42kHz que es la misma frecuencia a la que trabajan los sensores ultrasónicos.

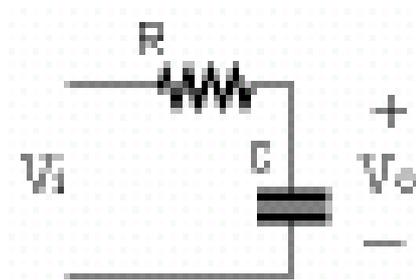
Figura 30. Segundo filtro de la primera etapa corresponde al capacitor



Fuente: Frecuencia central del segundo filtro [22]

El segundo filtro de la primera etapa corresponde al capacitor colocado entre la entrada y la salida, el mismo que es un filtro pasa bajos con frecuencia natural 42kHz. El circuito equivalente para el filtro es un circuito RC (figura 31) donde C es el capacitor colocado entre la entrada y la salida de la primera etapa, y la resistencia R es la impedancia de entrada más la impedancia de salida en paralelo con la carga de la primera etapa.

Figura 31. Circuito equivalente para el filtro

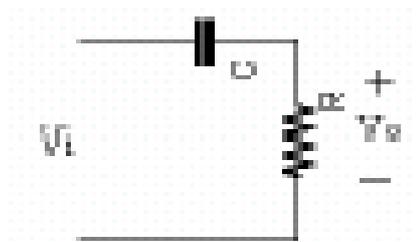


Fuente: Circuito equivalente [23]

El tercer filtro de la primera etapa corresponde al capacitor colocado entre la salida de la primera etapa y la entrada de la segunda etapa el mismo que es un filtro pasa altos con frecuencia natural 42kHz.

El circuito equivalente para el filtro es un circuito RC (figura 32) donde C es el capacitor colocado entre la salida de la primera etapa y la entrada de la segunda etapa, y la resistencia R es la suma de la impedancia de salida de la primera etapa y la impedancia de entrada de la segunda etapa.

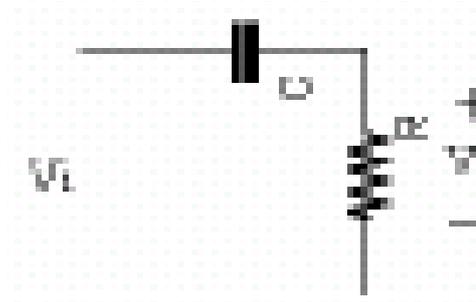
Figura 32. Capacitor colocado entre la salida de la figura 31



Fuente: Carga de un capacitor [24]

El cuarto filtro del amplificador corresponde al capacitor colocado entre la salida de la segunda etapa y la entrada de la tercera etapa el mismo que es un filtro pasa altos con frecuencia natural 42kHz. El circuito equivalente para el filtro es un circuito RC (figura 33) donde C es el capacitor colocado entre la salida de la segunda etapa y la entrada de la tercera etapa, y la resistencia R es la suma de la impedancia de salida de la segunda etapa y la impedancia de entrada de la tercera etapa.

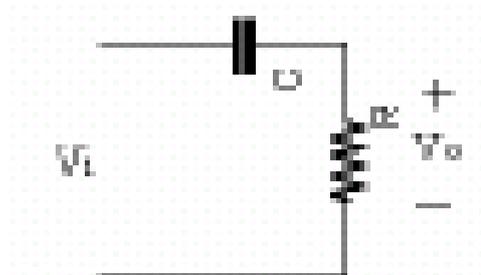
Figura 33. Equivalente para el filtro es un circuito RC de la figura 32



Fuente: Capacitor colocado en la salida de la segunda etapa [25]

El quinto filtro del amplificador corresponde al capacitor colocado entre la salida de la tercera etapa y la entrada del comparador el mismo que es un filtro pasa altos con frecuencia natural 42kHz. El circuito equivalente para el filtro es un circuito RC (figura 34) donde C es el capacitor colocado entre la salida de la tercera etapa y el comparador, y la resistencia R es la suma de la impedancia de salida de la tercera etapa y la impedancia de entrada del comparador.

Figura 34. Colocado entre la salida de la tercera etapa

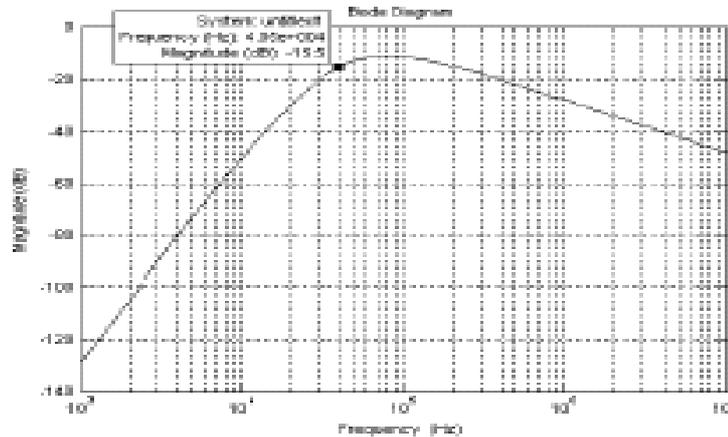


Fuente: Capacitor colocado en la salida de tercera etapa [26]

3.4.7 *La respuesta en frecuencia total del filtro pasa banda del amplificador.* Corresponde a todas las funciones de transferencia de los filtros individuales en cascada.

Como se observa en la figura 35 la respuesta del filtro del amplificador corresponde a un filtro pasa altos de 80dB/dec y un filtro pasa bajos de 20dB/dec ambos con frecuencia natural de 42kHz.

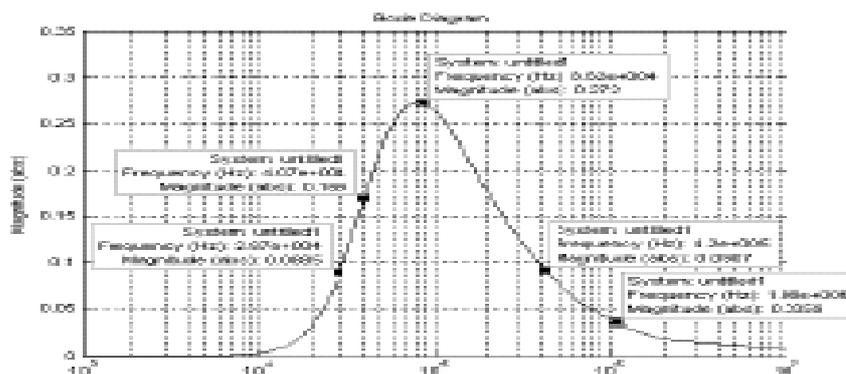
Figura 35. Filtro pasa altos de 79.5 dB/dec



Fuente: Filtro del amplificador [27]

En la figura 36 se muestra la respuesta del filtro en ganancia absoluta para apreciar de mejor manera la acción del filtro pasabanda.

Figura 36. Ganancia absoluta del filtro pasabanda

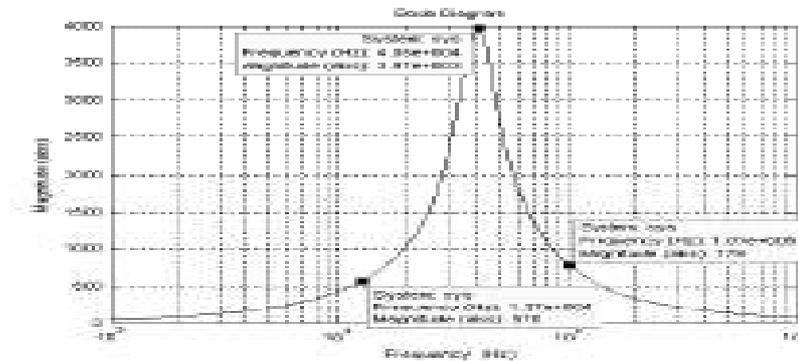


Fuente: Ganancia de filtro pasabanda [28]

Finalmente se puede decir que el sistema consta de dos filtros principales en cascada el filtro del circuito resonante y el del amplificador. En la figura 39 se presenta la respuesta en frecuencia del circuito resonante.

En la figura 37 se muestra la respuesta del circuito resonante en ganancia absoluta para apreciar de mejor manera la acción del filtro.

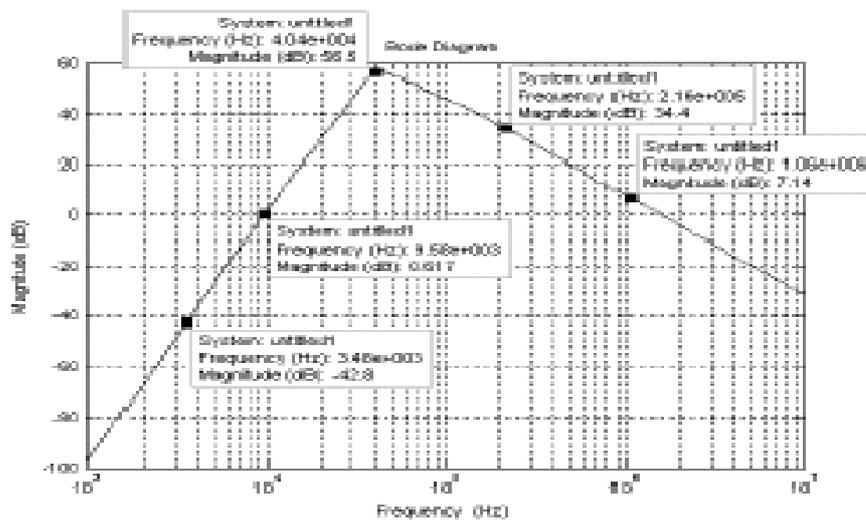
Figura 37. Respuestas en frecuencias circuito resonante en ganancia absoluta.



Fuente: Circuito resonante en ganancia [29]

Entonces la respuesta total del sistema en el dominio de la frecuencia es la descrita en la figura.

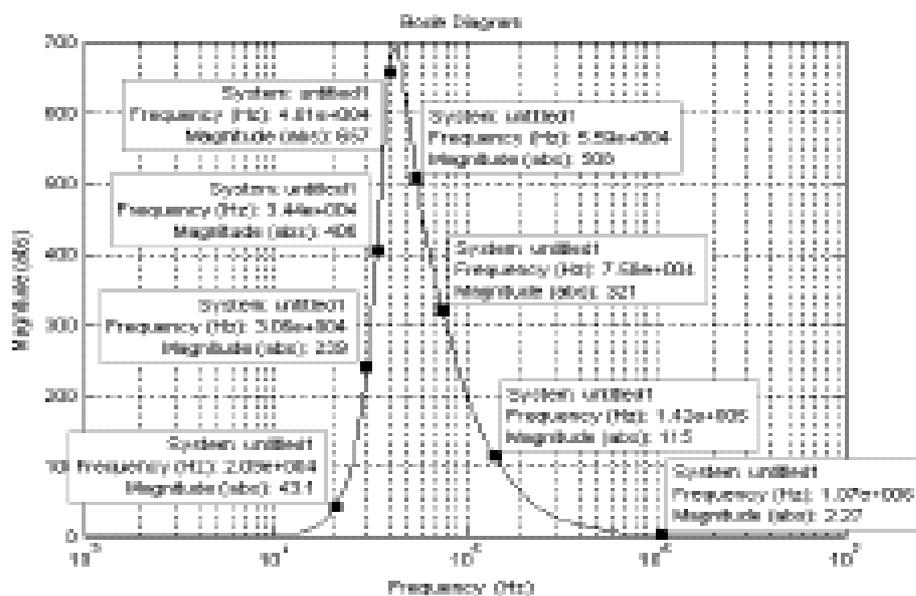
Figura 38. Respuesta total del sistema en db



Fuente: Respuesta de circuito sintonizado [30]

Para ilustrar mejor la ganancia real del sistema producida por los filtros se presenta la respuesta en frecuencia con ganancia absoluta en la figura 40.

Figura 39. Respuestas total del sistema en ganancias absoluta



Fuente: Ganancia real del sistema producida por los filtros [31]

La tabla 7 muestra una comparación de la señal de eco amplificada a diferentes frecuencias.

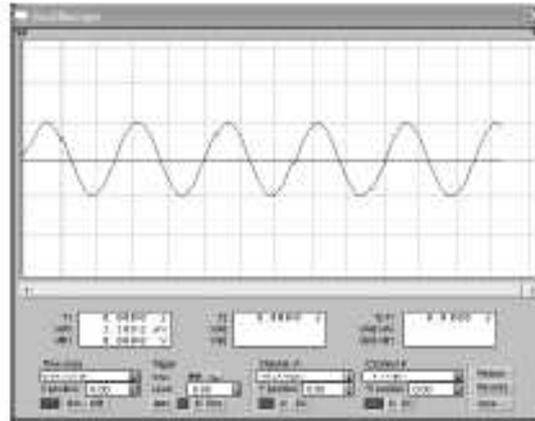
Tabla 7. Ganancia absoluta del filtro del sistema.

Frecuencia	Ganancia absoluta	Señal de eco	Señal amplificada por el filtro
20.9 kHz	43.1	12μV	517 μV
30.3 kHz	239	12μV	2.8 μV
30.44kHz	406	12μV	4.8 μV
42.1 kHz	658	12μV	8.0μV
55.9kHz	508	12μV	6mV
75.8 kHz	321	12μV	3.8mV
142 kHz	115	12μV	1.3mV
1.07MHz	2.27	12μV	27.24μV

Fuente: Ganancia de la frecuencia [32]

3.4.8 Simulación del circuito amplificador. Con el fin de tener una percepción más acertada del comportamiento real del amplificador es necesaria una simulación para poder establecer la viabilidad de la implementación. En la figura 40 se muestra la entrada o señal de eco para la simulación.

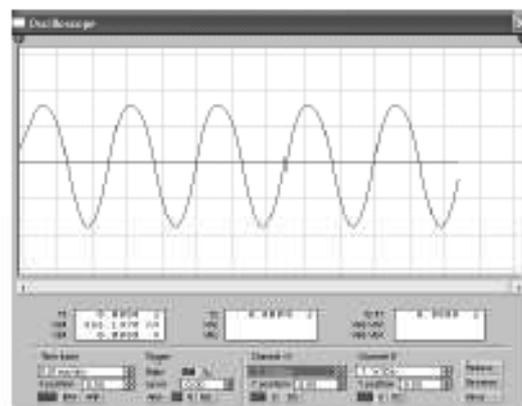
Figura 40. Simulación de entrada en osciloscopio



Fuente: Autor

En la figura 41 se muestra la salida o señal amplificada de la simulación, en la que se observa que la señal amplificada tiene un valor aproximado de 1.8V de amplitud mientras que la señal de entrada era de 12 μ V de amplitud. Por lo tanto esta señal ya puede ser comparada para su próximo procesamiento.

Figura 41. Salida de simulación



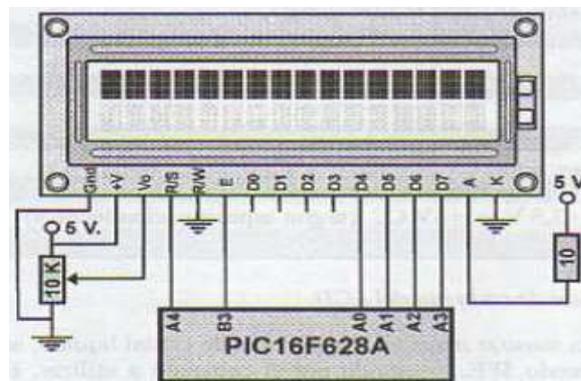
Fuente: Autor

3.5 Lcd (display de cristal líquido)

Los LCD se puede conectar con el PIC con un bus de 4 u 8 bits, la diferencia está en el tiempo que se demora, pues la comunicación a 4 bits, primero envía los 4 bits más altos y luego los 4 bits más bajos, mientras que la de 8 bits envía todo al mismo tiempo, esto no es un inconveniente si consideramos que el LCD trabaja en microsegundos. Pero la gran ventaja de hacer conexión a 4 bits, son los pocos cables que se deben conectar, como podemos ver en la figura 3.34, sólo debemos conectar el bit de Registro, el Enable y los 4 bits más altos del LCD, con esto es suficiente para enviar los mensajes.

El compilador PBP soporta módulos LCD'S con controlador Hitachi 44780 o equivalentes y por defecto, asume que se conectó en el pin A4 el bit de registro, en el pin B3 el bit Enable y en el puerto A empezando desde A0 hasta A3, los bits más altos del LCD. Esta configuración predefinida, se lo puede cambiar de acuerdo a la necesidad, como lo veremos más adelante.

Figura 42. LCD (Liquido de cristal)



Fuente: Liquido de cristal con sus puertos [33]

Figura 42 Conexión de un LCD, a 4 bits predefinidos por el compilador PBP, la resistencia de 10 ohmios conectados a la alimentación del backlight, sirve para evitar altas temperaturas, noten además que el bit R/W se encuentra conectado a tierra, esto es porque la declaración LCDOUT, es de escritura únicamente.

Tabla 8. Símbolo y descripción

Pin	Símbolo	Descripción
1	Vss	Tierra de alimentación GND
2	Vdd	Tierra de alimentación + 5V CC
3	Vo	Ajuste del contraste del cristal liquido (0 a 5 V)
4	RS	Selección del registro control/datos RS=0 reg.control.RS=1 reg. datos.
5	R/W	Lectura/escritura en LCD R/W=0 escritura (write) R/W=1 lectura (Read)
6	F	Habilitación E=0 modulo desconectado W=1 modulo conectado
7	D0	Bit menos significativo (bus de datos bidireccional)
8	D1	
9	D2	
10	D3	
11	D4	
12	D5	
13	D6	
14	D7	Bit más significativo (bus de datos bidireccional)
15	A	Alimentación de backlight+3.5 o +5V CC (según especificación técnica)
16	K	Tierra GND del backlight

Fuente: Descripción de lcd [34]

3.6 Bocina.

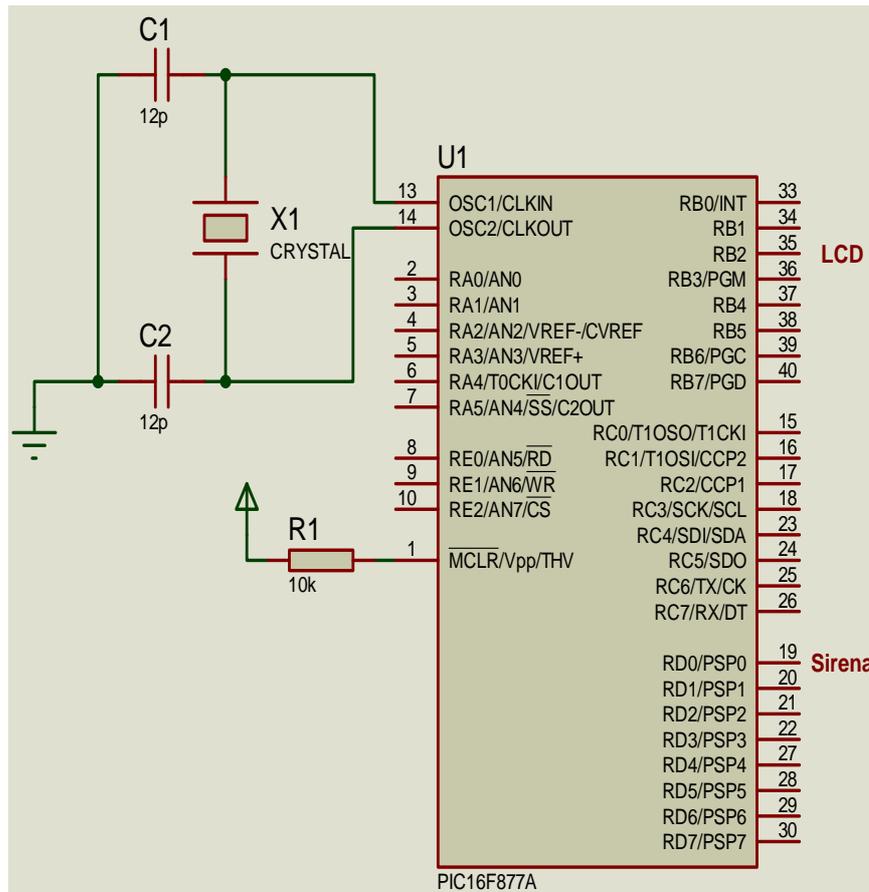
Además del LCD se vio la necesidad de una alerta sonora que ayude a visualizar la distancia medida. Esta bocina o sirena esta incorporada en el display para mayor funcionalidad del dispositivo.

La señal de entrada del circuito controlador de SP deberá estar en lógica inversa debido a que la señal de la bocina se activa en cero.

3.7 Pic16F877A.

Para el procesamiento de las señales se escogió el PIC16F877A (figura3.30) por su versatilidad, cantidad de puertos y especialmente por su modo de captura de flancos y temporizadores.

Figura 43. Controlador



Fuente: Autor

Se han utilizado 2puertos para la captura de las señales analógicas emitidas desde el sensor ultrasónico el puerto RA0 y RA1 que son puertos que tienen convertidores analógicos digitales de 10 bits, también se han utilizado el puerto RB0 a RB7 para controlar el LCD que nos da la distancia a la que está el objeto, por último se utiliza la salida del puerto RD0 para activar la sirena cuando el vehículo está a 15 cm o a una menor distancia.

CAPÍTULO IV

4. SOFTWARE

4.1 Introducción

En el sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos automotrices es de vital importancia la implementación de un programa que instruya al PIC16F877A de manera que procesa las señales de entrada y salida. Para realizar el programa del PIC se utilizó el software Micro Code Studio que es un compilador bastante simple que trabaja con instrucciones similares a Visual Basic.

4.2 Lógica

El programa consiste de tres partes principales que son la emisión de señal, la detección de eco y la presentación en el LCD. Primero se envía un tren de pulsos a 42kHz hacia el sensor (figura 43), luego se espera un tiempo prudente hasta que se termine la resonancia en el circuito y se activa el modo de captura de pulsos por un tiempo límite.

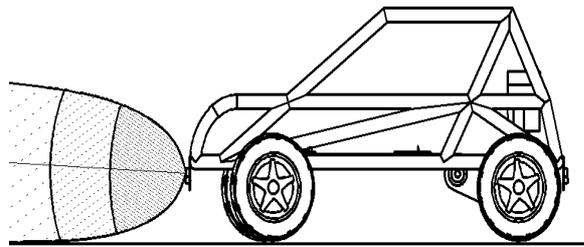
Si se llega a capturar una señal se realiza una conversión del tiempo que se demoró en detectar la señal a distancia en centímetros. Esta distancia se guarda y se compara con la distancia anterior detectada y si es menor se toma esta distancia como la distancia al objeto mas cercano al vehículo. Si la distancia detectada es mayor a la distancia anterior detectada la distancia al objeto más cercano al vehículo es la distancia anterior.

En el caso de que no se detecte ningún objeto se espera un tiempo límite, se enceran las variables y se vuelve a enviar los pulsos y repetir el proceso anterior.

En el caso de que exista una distancia detectada, se realiza una conversión del número de la distancia en centímetros a unidades, decenas y centenas.

Esto es necesario porque posteriormente se deberá enviar los datos al LCD. Además, si la distancia es menor que 15 cm el microcontrolador enviara una señal para que se prenda la bocina.

Figura 44. Señal de la distancia detectada

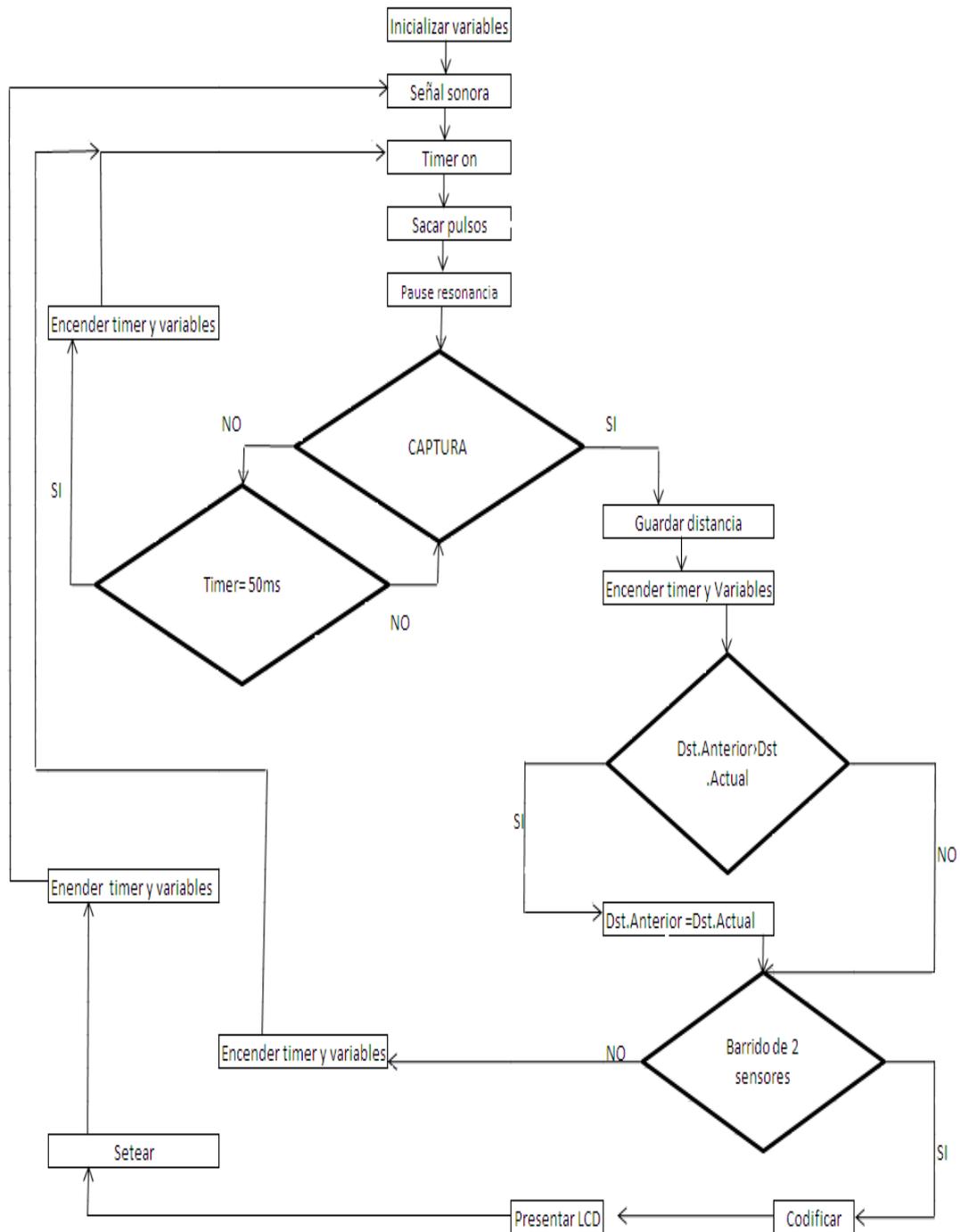


Fuente: Autor

4.3 Diagrama de flujo de programación

A continuación se presenta el diagrama de flujo correspondiente al programa del PIC16F877A (figura 45).

Figura 45. Diagrama de flujo de programación



Fuente: Autor

4.3.1 *Descripción de las variables a ser utilizadas en el programa.* Para poder aplicar la lógica del programa se necesita un conjunto de variables que permitan desarrollar los procedimientos descritos en el diagrama de flujo.

- 1. contador:** se encarga de contar el número de pulsos a enviar al emisor.
- 2. dis4:** distancia capturada con 4 pulsos.
- 4. dis15:** distancia capturada con 15 pulsos.
- 5. aux1:** auxiliar para comparación de distancia.
- 6. dis:** distancia a imprimir en el LCD.
- 7. i:** auxiliar para los ciclos for.
- 8. npul:** número de pulsos de salida.
- 9. sonido:** guarda el tiempo que va a sonar o silenciar la bocina.
- 10. digito:** define el dígito a presentar en el LCD.
- 13. alto y bajo:** auxiliares para guardar el valor del timer.

4.3.2. *Descripción del diagrama de flujo.* A continuación se describen los pasos principales en el desarrollo del programa de acuerdo al diagrama de flujo.

- 1.** Inicializar los valores de las variables para definir las condiciones iniciales de manejo del sistema.
- 2.** Sacar la señal sonora por la salida RD3, en la situación inicial esta señal será nula para no emitir ningún sonido.
- 3.** Iniciar el conteo del temporizador.
- 4.** Enviar las señales para definir a que sensor se dirigirá la señal de 42kHz posteriormente.
- 5.** Sacar los pulsos de 42kHz por la salida.
- 6.** Esperar 1577 μ s, que es el tiempo de resonancia del circuito resonante conformado por el sensor.
- 7.** Encender el modo captura de pulsos en el puerto.
- 8.** Si no captura: se lee el tiempo de cuenta del timer, y si este tiempo es igual a 40ms se vuelve a encender todas las variables, el timer y se vuelve al paso 3. Si el tiempo de cuenta es menor a 50ms se sigue esperando capturar pulsos.
Si captura: Se guarda la distancia en la variable dis.

- 9.** Encerar el timer y las variables nuevamente.
- 10.** Comparar la distancia guardada con la distancia anterior guardada y si la distancia actual es menor a la anterior, la distancia actual pasa a ser la distancia anterior, caso contrario la distancia anterior queda igual.
- 11.** Verificar si ya se ha realizado la señal para los dos sensores. Si no se ha realizado se enceran las variables y se vuelve al paso 3.
- 12.** Codificar la distancia en LCD
- 14.** Setear el valor de la frecuencia a ser enviada a la bocina según el valor de la distancia enviada al LCD.
- 15.** Encerar timer y variables y regresar al paso 2.

CAPÍTULO V

5. IMPLEMENTACIÓN

5.1 Impresión del circuito

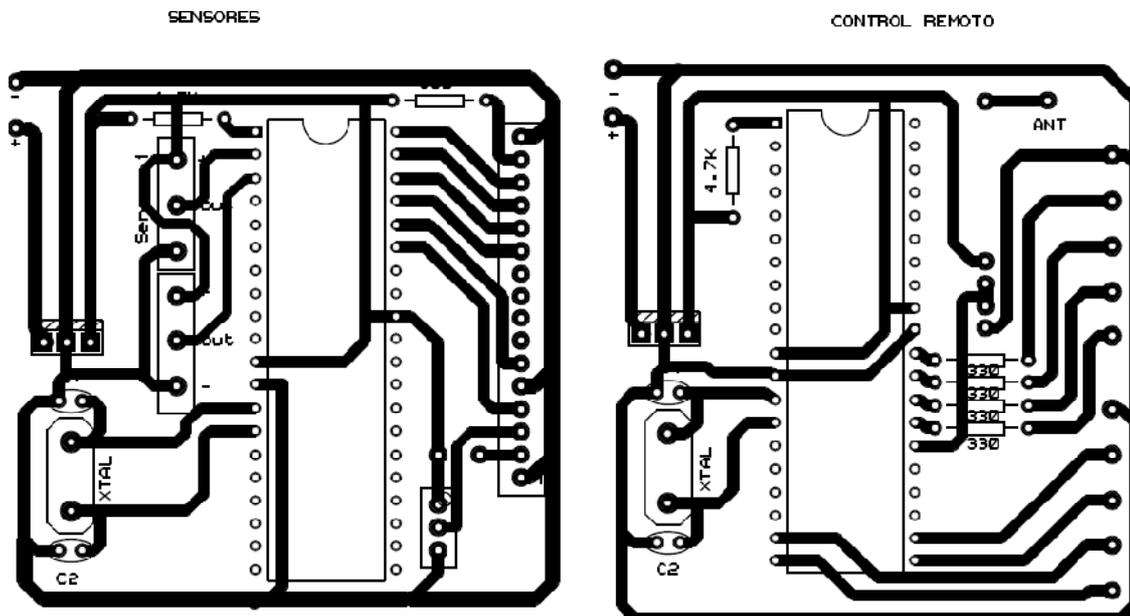
El archivo PDB se realizó en el programa Proteus versión 7.8 SP2, es un programa muy simple parecido a orcad que permite pasar de manera rápida del schematic o diagrama eléctrico al circuito impreso. Las consideraciones más importantes en el desarrollo de un circuito impreso son:

1. La distancia entre pistas: Este valor esta definido principalmente por el fabricante porque la distancia mínima depende de la maquina que fabrica la placa en este caso fue de 10 milésimas de pulgada.

1. El ancho de las pistas: El ancho de las pistas también esta definido por el fabricante y este caso fue de 16 milésimas de pulgada.

2. Distribución de los elementos: Esto es muy importante en el diseño de la placa ya que la distribución de los elementos puede afectar el funcionamiento de la misma, debido a la interferencia de frecuencia o al campo eléctrico y magnético producido especialmente por los elementos analógicos en este caso las bobinas. La manera de minimizar este riesgo es de colocar las bobinas lo más lejos posible del PIC y del cristal especialmente.

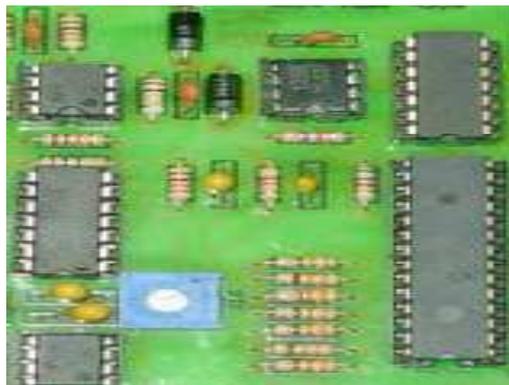
Figura 46. Pistas del circuito impreso del sensor y control remoto.



Fuente: Autor

La figura 47. Contiene un circuito electrónico del sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos automotrices.

Figura 47. Sistema ultrasónico



Fuente: Autor

5.2 Control remoto de radio frecuencia

Módulos RF (Radio Frecuencia): Este módulo cuenta con un transmisor y un receptor de RF a 433Mhz con los cuales se puede enviar y recibir información por ondas de radio en modo "Half-Duplex". A su vez incorpora un puerto de comunicaciones UART con su interface de comunicaciones RS232. El flujo de información va de RF a RS232 o viceversa.

Un receptor de radio, que está en nuestro equipo a controlar, recibe esta señal y la decodifica.

Se puede conectar una PC al módulo y enviar datos, a través del puerto serie hacia el módulo, mismo que reenviará la información en radio frecuencia. De la misma manera el módulo puede recibir datos en radio frecuencia y reenviarlos hacia la PC a través del puerto serie.

Cuenta con un Dip Switch de 8 bits para poder aparear dos módulos. También tiene led monitor de encendido en el control, de Rx y de Tx. Se alimenta en 9 VCD de una pila. Es un módulo muy flexible pues se puede seleccionar como medio de comunicación: un Max232 o conectarse directamente a los pines del microcontrolador.

Transmisor ultra pequeño

- Dimensiones aproximadas: 10.3 x 13.3 mm
- Modulación: ASK
- Voltaje de operación: 2 - 12 VCD
- Frecuencia: 433.92 MHz

Disposición de los pines Pin1: GND; Pin2: Data In; Pin3: Vcc; Pin4: Antena

Receptor ultra pequeño

- Dimensiones: 43.4 x 11.5 mm
- Modulación: ASK
- Voltaje de operación: 3.3 a 6.0 VCD
- Frecuencia: 433.92 MHz

Disposición de los pines. Pin1: GND; Pin2: Salida Digital de datos; Pin:3 Salida Lineal
Pin4: VCC; Pin5: VCC; Pin6:GND; Pin7: GND; Pin8: Antena

LAIPAC: RLP434

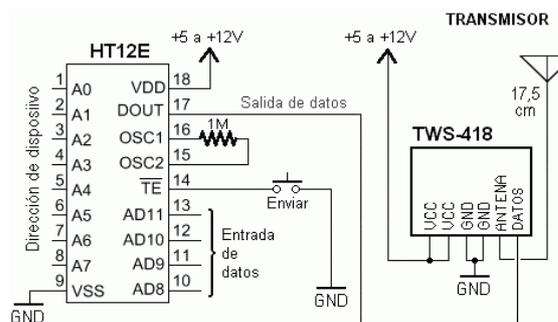
Este tipo de controles los ubicamos en nuestros controles de auto, portones, juguetes y otras cosas más.

El problema de la radio frecuencia es la cantidad de estas señales que se andan propagando en el aire en cada momento

Por ejemplo nuestros teléfonos celulares, transmiten ondas de radio en distintas frecuencias. Para solucionar esta interferencia, el control remoto transmite en frecuencias específicas y con un código para que solo el equipo receptor pueda leer. La ventaja de esta tecnología es el rango, debido a que pueden transmitir señales hasta 32 metros de distancia aproximadamente, incluso a través de paredes

Transmisor para un enlace de RF

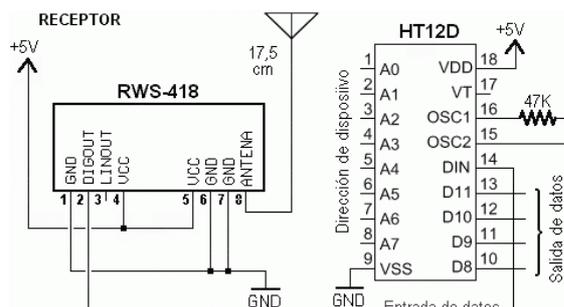
Figura 48. Transmisor para un enlace de radio frecuencia



Fuente: Puertos de transmisor [35]

El circuito transmisor permite el uso de una tensión de alimentación entre 5V y 12V. Esto habilita para la utilización de un amplio rango de baterías, como por ejemplo una de 9V, valor bastante típico para este uso. Las pruebas se realizaron con una batería de 6V. El receptor, por las características técnicas del chip decodificador HT12D, debe funcionar exclusivamente con 5V.

Figura 49. Receptor para un enlace de radio frecuencia

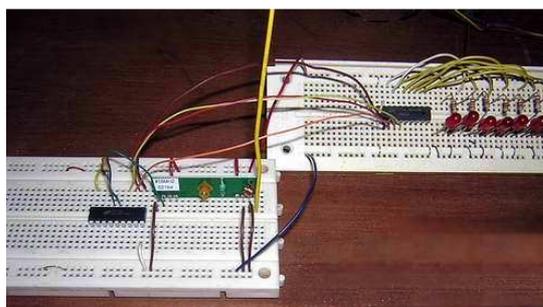


Fuente: Puertos del receptor [36]

De antena (tanto en el receptor como en el transmisor) se utiliza un alambre de 17,5 cm. de longitud. Con esta medida el enlace funciona muy bien, comunicándose incluso a través de paredes, aunque si se desea se pueden utilizar antenas más profesionales.

La dirección de dispositivo que se ingresa a través de las patas 1 a 8 en ambos circuitos. La hoja de datos indica que se pueden dejar estas patas al aire (o en todo caso ponerlas todas a masa) es mucho mejor realizar conexión a masa para no tener dificultades.

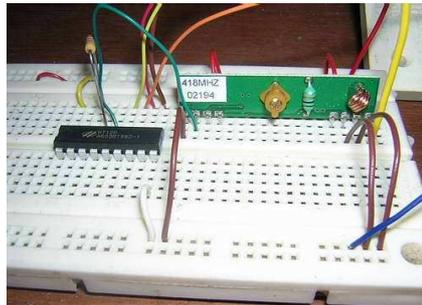
Figura 49. Armado del circuito en protoboar del receptor



Fuente: Autor

La plaqueta de pruebas de la derecha, arriba es sólo un monitor de LEDS que se utilizaron para verificar la llegada de los datos. El alambre vertical más grueso (de color amarillo) es la antena. Se realizaron la comprobación con una antena de 35 cm y luego con la mitad de esa longitud, o sea 17,5 cm, sin observar cambios en la efectividad del circuito.

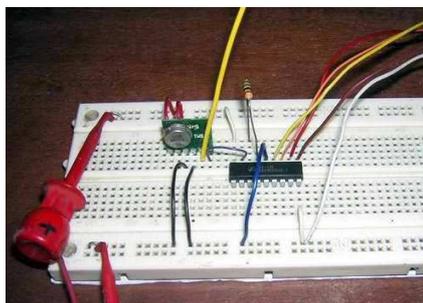
Figura 50. Vista en detalle del armado en protoboar el receptor



Fuente: Autor

Como se puede observar en la imagen, el circuito de este receptor es bien sencillo, en el módulo RWS-418, la bobina de ajuste. Aunque funcionó de entrada, el circuito requirió que yo hiciera algún leve ajuste de esta bobina, volviéndose mucho más sensitivo luego de concretarlo.

Figura 51. Armado del circuito en protoboar del transmisor



Fuente: Autor

El circuito del transmisor, como se que es sencillo que el receptor, para ingresar los datos se utiliza una llave giratoria de pulgar (thumb Wheel switch) que entrega 4 bits, codificados del 0 al 15 (nótese los cables codificados con los colores que se usan en las resistencias)

Figura 52. Vista en detalle del armado del transmisor



Fuente: Autor

En el integrado decodificador HT12D, la señal VT significa ValidTransmission (Transmisión Válida), es decir, cada vez que esta señal va a un nivel alto es porque el código presente en la salida de datos es un dato válido para el dispositivo receptor. No se deben usar las salidas para actuar algo directamente, se deben usar junto con esta señal VT en alto. Para cumplir esto se puede colocar una compuerta AND o un circuito similar, que cumpla la misma función de una compuerta AND (un transistor y resistores pueden servir). Con respecto a la parte de dirección, si el dispositivo HT12D no tiene la misma dirección que viene en la palabra que ha recibido, obviamente no se produce esta señal VT.

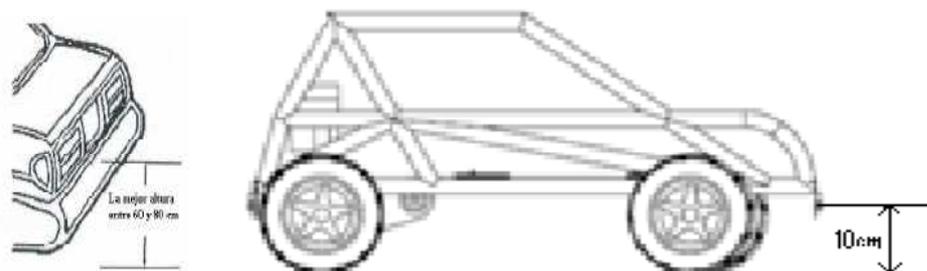
5.3 Instalación del sistema

A continuación se describirá todos los pasos necesarios para una instalación apropiada del sistema en un vehículo.

5.3.1 Instalación de los sensores

1. La altura ideal para el montaje de los sensores esta entre 0.6m y 0.8m y deben ser colocados en la parte donde el guarda choque es perpendicular a la tierra (figura 53), en este proyecto se coloco sensores de 10cm de altura desde el suelo para delantera y trasera es la misma medida. Con esto se consigue que los sensores no detecten la distancia a la tierra como un objeto cercano. En el caso en el que el guarda choque no sea perpendicular a la tierra se deben utilizar espaciadores.

Figura 53. Instalación de los sensores a 10 cm de altura desde el piso



Fuente: Autor

2. La distancia del sensor esta en el centro los 15 cm, en los vehículos reales se debe instalar al menos dos sensores ya que la distancia y el número de sensores está relacionado especialmente con el ancho estándar de un vehículo común (**160cm a 170cm**), los dos sensores laterales se deben colocar a una distancia de 10cm del final del guarda choque.

3. No se debe cortar, perforar, extender o someter a presión los cables de los sensores porque puede interrumpirse la comunicación o crear interferencia en la señal.

5.3.2 Montaje de los sensores

1. Antes de montar los sensores se debe conecta todos los componentes en su sitio y aplicar 12V DC para verificar que el sistema funcione correctamente.

2. Taladrar 2 huecos de 20mm de diámetro y luego insertar los sensores y presionar verificando que calcen bien. En caso en un vehículo real cuando el guarda choque sea inclinado hacia arriba o abajo se deben utilizar espaciadores para conseguir que el sensor quede perpendicular al piso.

3. Para evitar daño del sensor se debe colocar una protección sin ocultar la visión del sensor.

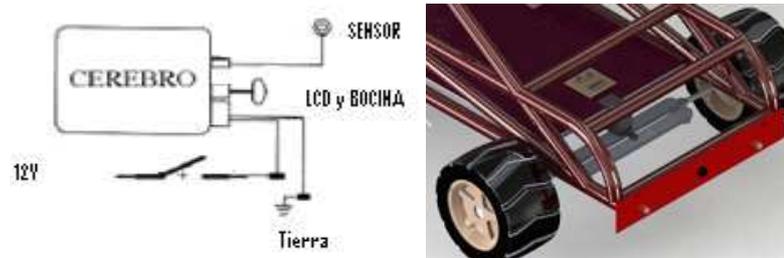
5.3.2 Colocación del cerebro, LCD y Bocina

1. Encontrar una posición adecuada en la parte de la maqueta para colocar el cerebro.
2. Pasar el cable del LCD y bocina desde el cerebro al tablero principal y encontrar una posición adecuada donde siempre sea visible.

5.3.4 Consideraciones adicionales

1. Asegurar que los sensores y las demás partes se encuentren en la posición correcta

Figura 54. Consideraciones adicionales



Fuente: Autor

2. Identificar los cables de poder y tierra de la luz de retro y un cable de poder de 12V de la batería.
3. Conectar los cables de poder y tierra de la luz de retro y para adelante.
4. Conectar el un extremo del contacto normalmente abierto a la fuente de 12V de la batería y el otro extremo al cable rojo del conector de 4 pines.
5. Conectar el cable negro del conector de cuatro pines a tierra.
6. El sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos automotrices solo funcionara cuando la palanca de control remoto este en la posición de retro o para adelante.

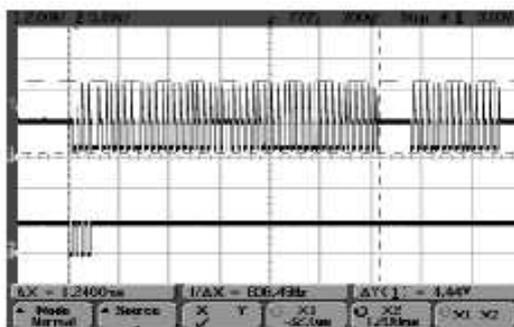
CAPÍTULO VI

6. PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1 Señal ultrasónica

Se decidió utilizar una señal ultrasónica de frecuencia 42kHz, debido a que esta es la frecuencia a la que los sensores transmiten la máxima potencia. También se observó que mientras más pulsos se envíen consecutivamente, el eco de la señal es más fuerte. Para el propósito del proyecto se tomaron 2 trenes de pulsos para dos zonas de distancia. El primero de cuatro pulsos servirá para detectar objetos en la zona de 20cm a 40cm y el segundo tren de 20 pulsos servirá para detectar objetos en la zona de distancia mayor a 40cm. En la figura 6.1 se muestra la señal de cuatro pulsos enviada, la señal resonancia del circuito RLC (Resistivo, Inductivo, Capacitivo) y el eco de un objeto detectado.

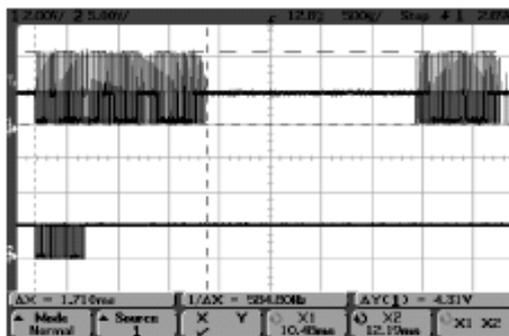
Figura 55. Señales de 4 pulsos enviada, resonancia y eco



Fuente: Autor

En la figura 56 se muestra la señal de veinte pulsos enviada, la señal resonancia del circuito RLC y el eco de un objeto detectado.

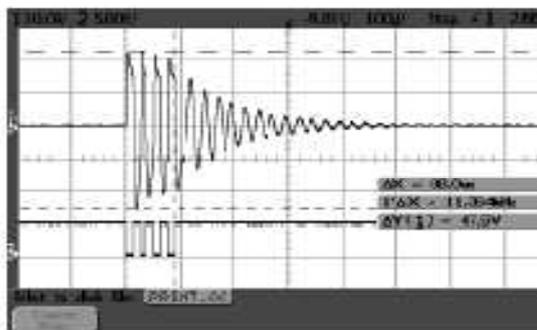
Figura 56. Señal de 20 pulsos enviada, resonancia y eco



Fuente: Autor

Otro factor que influye en la potencia de la señal enviada es el voltaje. La mayoría de vehículos funcionan con señales de 12V, especialmente las luces de retro que son las que activarán el dispositivo. Entonces, se vio la necesidad de utilizar un transformador para aumentar esta señal a 50V ya que la señal de 12V nos permite medir distancias muy pequeñas. En la figura 57 se muestra la señal de salida y la señal amplificada por el transformador.

Figura 57. Señal de salida ultrasónica y análoga

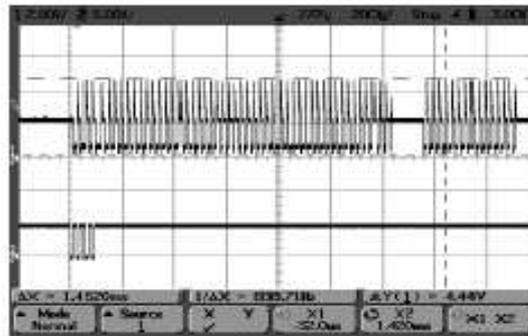


Fuente: Autor

Se realizaron varias pruebas con señales en el espectro de sonido audible (música, instrumentos musicales, voz humana, ruido de ambiente, etc.) para verificar interferencias en la señal ultrasónica, pero no se encontraron alteraciones en la señal especialmente debido al filtrado que se realiza en el amplificador y a la resonancia que

existe entre la bobina y el sensor. En la figura 58 se muestra la señal detectada de un objeto con ruido en el espectro audible.

Figura 58. Señal recibida con sonido de guitarra, voz humana, ruido ambiente, música.



Fuente: Autor

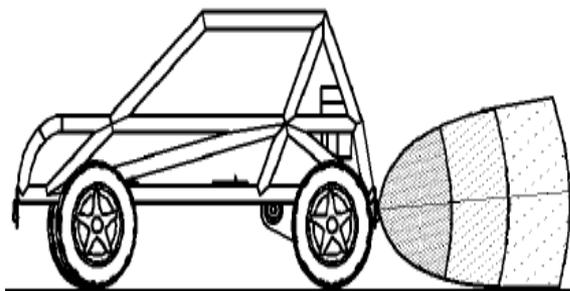
Las únicas señales que presentaron interferencia son las de los mismos sensores, por lo que se tuvo que hacer un barrido de sensores, de tal manera que solo un sensor emita señal a la vez, luego de emitir la señal se espera un tiempo de detección y un tiempo que evite que un sensor recoja el eco de las señales enviadas por otros sensores.

6.2 Detección de objetos

Debido a la posición, ángulo o tamaño o material de los objetos la señal reflejada puede no llegar al sensor. A continuación se presentan algunos ejemplos de los objetos en general que pueden o no ser detectados por el sistema.

6.2.1 Objetos tirados en el suelo. Los objetos pequeños que estén acostados en el suelo como: rocas, troncos, veredas muy bajas, etc. Pueden ser no detectados si se encuentran muy cerca (figura 59).

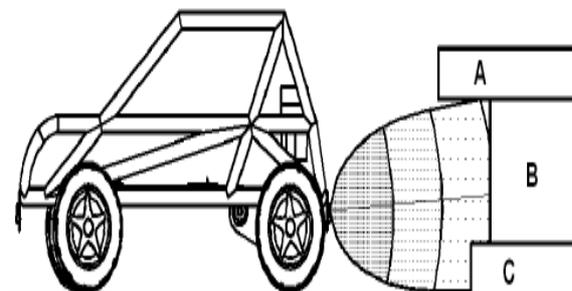
Figura 59. Objetos tirados en el suelo



Fuente: Autor

6.2.2 *Objetos detrás del vehículo.* Los objetos que se encuentren por encima del nivel del sensor más 60cm aproximadamente no serán detectados por el sistema. En la figura 60 los objetos que se encuentren En las áreas **B** y **C** serán detectados y los que se encuentren en el área **A** pueden no ser detectados.

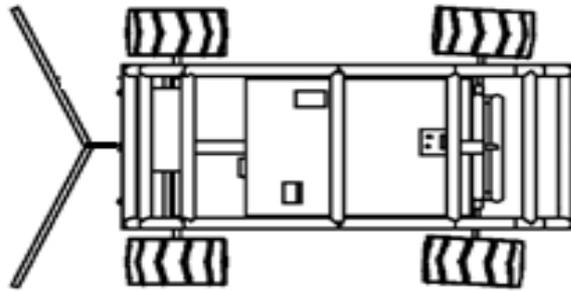
Figura 60. Objetos detrás del vehículo



Fuente: Autor

6.2.3 *Objetos a diferentes distancias.* En la figura 61 la distancia **A** será presentada en el LCD en vez de la distancia **B** por ser la más cercana al vehículo. Pero el sensor pueda que no detecta la distancia A si el objeto entra en la zona ciega del sensor.

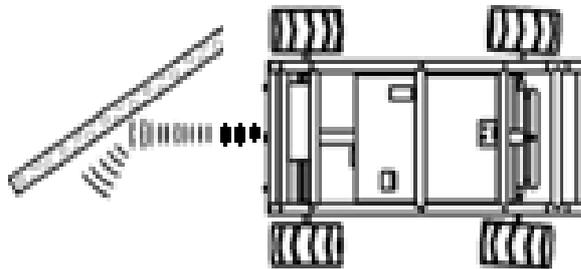
Figura 61. Objetos a diferentes distancias



Fuente: Autor

6.2.4 *Superficies suaves o casi paralelas al vehículo.* Cuando el vehículo se acerca a un muro de vidrio o cualquier otra superficie suave casi paralela al vehículo es muy posible que esta no sea detectada. También los objetos muy irregulares como plantas, enredaderas, mallas cercas muy finas muy posiblemente no serán detectadas (figura 62).

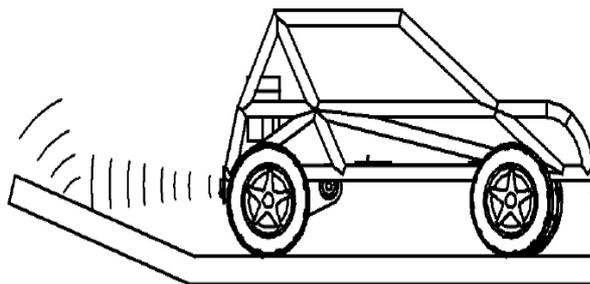
Figura 62. Superficies suaves o casi paralelas al vehículo.



Fuente: Autor

6.2.5 *Resalto o lomada y vehículo demasiado cargado.* Cuando el vehículo se aproxima a un resalto o lomada o una inclinación en la calle esta puede no ser detectada. El retroceder con un vehículo muy cargado también puede causar falsas detecciones (figura 63).

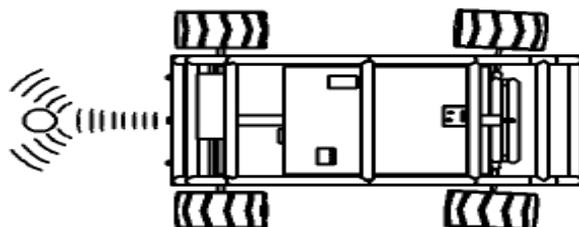
Figura 63. Resalto o lomada y vehículo demasiado cargado



Fuente: Autor

6.2.6 Objetos Esféricos. Es muy poco probable que el sistema detecte un objeto esférico debido a que muy poca cantidad de la señal se refleja y es de la misma forma para el sensor frontal (figura 64).

Figura 64. Objetos Esféricos



Fuente: Autor

6.3 Solución de problemas más comunes

La tabla 9 contiene una lista de los problemas más comunes que se pueden presentar con el sistema, la causa más probable del problema y una de las posibles soluciones al mismo.

Tabla 9. Solución de problemas más comunes

Problema	Causa	Solución
Cuando no funciona el sistema en retro	<ul style="list-style-type: none"> • Mala conexión a la fuente de poder de retro o a la tierra • Mala conexión 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar fusibles y la conexión a los cables de poder y tierra • Revisar las conexiones de los sensores y LCD
La bocina no emite el tono cuando un obstáculo es detectado	Sensor totalmente sucio, mal colocado o dañado	Limpiar el sensor, verificar la dirección del sensor , verificar las conexiones
La bocina y LCD señalan la misma distancia continuamente	Uno de los sensores esta detectando tierra	Apagar el sistema y verificar el ángulo del sensor

Fuente: Autor

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se logró con éxito, diseño e implementación de un sistema ultrasónico en un boogie a escala de 1:4 que durante las maniobras de parqueo cense la distancia requerida para el parqueo y en vehículos reales ayuda a los conductores a reconocer la distancia entre el vehículo y los objetos detrás o delante del mismo.

Se concluye que los sensores Z0 Max sonar son los más adecuados para el presente proyecto por sus características de diseño.

El sistema es sumamente importante, el mismo que permite una idea muy clara de las limitaciones y ventajas del sistema.

En lo que se refiere a los sensores se observa que son dispositivos muy robustos que se adaptan diversas condiciones climáticas y de temperatura con pequeñas modificaciones en la señal. También se observa su versatilidad por la gran cantidad de objetos que pueden detectar en su rango de operación. Es muy importante destacar la idoneidad de estos sensores para el propósito del proyecto por su directividad de 100° por lo que cubren una buena área de detección y permiten reducir el número de sensores empleados.

El cerebro así mismo es un diseño muy estable e inmune a las señales audibles y de alta frecuencia, esto permite asegurar que la detección sea solo por señales que entran a los sensores más no por interferencia externa que ingresa por el circuito.

Esto convierte al sistema ultrasónico de ayuda para parqueo de vehículos automotrices en un producto comercial para todo tipo de vehículos.

Existen limitaciones en la detección de objetos ya sea por su forma, tamaño o posición, pero son casos muy especiales. Entonces la versatilidad del sistema es bastante alta en situaciones donde la detección de todos los objetos no es una prioridad.

Se concluye que el sistema es eficiente por su bajo consumo de energía, aproximadamente 1W de energía pulsante que para las potencias manejadas normalmente en un vehículo automotriz es sumamente bajo.

El filtro realizado cumple con el propósito principal de filtrar las señales más comunes en el ambiente que son las señales audibles y las de alta frecuencia, pero a frecuencias ultrasónicas cercanas a 42kHz no es muy selectivo por lo que otras fuentes de ultrasonido podrían causar interferencia.

El LCD es sumamente apropiado para este proyecto y es aplicable en el tablero de los vehículos.

7.2 RECOMENDACIONES

Se debe puntualizar que el sistema es una ayuda para el parqueo de vehículos pero no reemplaza los sentidos y la habilidad humana para esta tarea, por lo que siempre debe estar por encima el criterio del conductor antes que el del sistema.

Se recomienda para instalar en un vehículo real, los sensores de ultrasonido debe ser mínimo de 3 para obtener una mejor señal de los obstáculos del posterior o delantero, y debe estar instalado de cada extremo del guardachoque a 15cm, luego a 30cm.

Para una mejor visualización se recomienda instalar una pantalla donde indicara la imagen de los obstáculos detrás y delantero del vehículo.

Antes de instalar cualquier parte del equipo se debe verificar que las luces de retro, delantero funcionen y que el voltaje de alimentación sea $12V \pm 2V$. Entonces si la batería del vehículo esta descargada es posible que el sistema no funcione correctamente.

Se debe retroceder el vehículo a una velocidad baja. Se debe ir reduciendo la velocidad a medida que se cambia de zona de detección.

Siempre que se escuche un sonido en la bocina se debe detener el vehículo o bajar la velocidad al mínimo, porque existe un objeto a menos de 15cm del vehículo (en vehículos reales a 40 cm de distancia).

Se deben realizar chequeos periódicos del estado de los sensores, ver si están limpios o si existe alguna obstrucción. Se los debe limpiar periódicamente para su funcionamiento correcto del mismo

Para una mejor visualización de los obstáculos debe implementar una pantalla de imagen.

Para este proyecto o similares se recomienda reforzar en la parte de la electrónica como. Programación de pics, electrónica avanzada, electrónica automotriz, interpretación de Datasheet, procedimiento de la instalación de los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://materiales.eia.edu.co/laboratorios/ultrasonido/teoria.htm>, Ultrasonido
- [2] http://www.icmf.inf.cu/grupos2_ultrasonica.htm, Materiales Piezoeléctricos
- [3] <http://www.murata.com/sensor/index.com>
- [4] COUGHLIN, Robert. DRISCOLL, Frederick, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México 1999. Pág. 96.
- [5] <http://www.todorobot.com.ar>
- [6] <http://www.ucontrol.com.ar>
- [7] <http://www.ucontrol.com.ar>
- [8] <http://www.ucontrol.com.ar>
- [9] <http://www.ucontrol.com.ar>
- [10] <http://www.ucontrol.com.ar>
- [11] COUGHLIN, Robert. DRISCOLL, Frederick, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México 1999. Pág. 89.
- [12] COUGHLIN, Robert. DRISCOLL, Frederick, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México 1999. Pág. 115.
- [13] Electrónica Analógica para ingenieros, Jorge PLEITE GUERRA. Pág. 220.
- [14] Electrónica Analógica para ingenieros, Jorge PLEITE GUERRA. Pág. 225.
- [15] COUGHLIN, Robert. DRISCOLL, Frederick, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México 1999. Pág. 120.
- [16] http://www.Z0Max_sonar.com/sensor/index.html
- [17] http://www.Z0Max_sonar.com/sensor/index.html
- [18] http://www.Z0Max_sonar.com/sensor/index.html
- [19] http://www.Z0Max_sonar.com/sensor/index.html
- [20] JOHNSON, David. HILBURN, JOHNSON, Johnny, Análisis Básico de Circuitos Eléctricos, Tercera Edición, Editorial Hall, México 1987. Pág. 234.

- [21] BOYLESTAD, Robert. NASHELSKY, Louis, Electrónica: Teoría de circuitos, Sexta Edición, Editorial Prentice Hall, Mexico 1997. Pág. 67-68.
- [22] COUGHLIN, Robert. DRISCOLL, Frederick, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México 1999. Pág. 295.
- [23] BOYLESTAD, Robert. NASHELSKY, Louis, Electrónica: Teoría de circuitos, Sexta Edición, Editorial Prentice Hall, Mexico 1997. Pág. 73-74.
- [24] BOYLESTAD, Robert. NASHELSKY, Louis, Electrónica: Teoría de circuitos, Sexta Edición, Editorial Prentice Hall, Mexico 1997. Pág. 85
- [25] BOYLESTAD, Robert. NASHELSKY, Louis, Electrónica: Teoría de circuitos, Sexta Edición, Editorial Prentice Hall, Mexico 1997. Pág. 87.
- [26] BOYLESTAD, Robert. NASHELSKY, Louis, Electrónica: Teoría de circuitos, Sexta Edición, Editorial Prentice Hall, Mexico 1997. Pág. 88
- [27] COUGHLIN, Robert. DRISCOLL, Frederick, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México 1999. Pág. 332.
- [28] COUGHLIN, Robert. DRISCOLL, Frederick, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México 1999. Pág. 345.
- [29] COUGHLIN, Robert. DRISCOLL, Frederick, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México 1999 Pág. 355.
- [30] COUGHLIN, Robert. DRISCOLL, Frederick, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México 1999. Pág. 367.
- [31] COUGHLIN, Robert. DRISCOLL, Frederick, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México 1999. Pág. 370.
- [32] JOHNSON, David. HILBURN, John. JOHNSON, Johnny, Análisis Básico de Circuitos Eléctricos, Tercera Edición, Editorial Prentice Hall, México 1987. Pág. 234.

- [33] Microcontroladores, Programación en Basic segunda edición Carlos REYES. Pág. 54-55
- [34] Microcontroladores, Programación en Basic segunda edición Carlos REYES. Pág. 60-65
- [35] ANGULO, USATEGUI, José. ROMERO, YESA, Susana. ANGULO, MARTINEZ, Ignacio, Microcontroladores Pic. Diseño Práctico de Aplicaciones. Segunda parte: PIC16F87X, Segunda Edición, Editorial McGraw-Hill, España 2000. Pág. 180.
- [36] ANGULO, USATEGUI, José. ROMERO, YESA, Susana. ANGULO, MARTINEZ, Ignacio, Microcontroladores Pic. Diseño Práctico de Aplicaciones. Segunda parte: PIC16F87X, Segunda Edición, Editorial McGraw-Hill, España 2000. Pág. 183.

BIBLIOGRAFÍA

ANGULO, USATEGUI, José. ROMERO, YESA, Susana. ANGULO, MARTINEZ, Ignacio, Microcontroladores Pic. Diseño Práctico de Aplicaciones. Segunda parte: PIC16F87X, Segunda Edición, Editorial McGraw-Hill, España 2000, 232 páginas.

BOYLESTAD, Robert. NASHELSKY, Louis, Electrónica: Teoría de circuitos, Sexta Edición, Editorial Prentice Hall, México 1997, 949 páginas.

Electric Motors and Drives: Fundamentals, types and applications, Second Edition, Autor: Austin HUGHES, Editorial: Newnes. Butterworth-Heinemann

JOHNSON, David. HILBURN, John. JOHNSON, Johnny, Análisis Básico de Circuitos Eléctricos, Tercera Edición, Editorial Prentice Hall, México 1987, 681 páginas.

Microcontroladores Programación en Basic PIC 16F62X, 16F8XX, 16F8X Segunda Edición DE 2006, CARLOS A. REYES., TLGO. Electrónico en Automatización y Demótica, Director Técnico de AUTOMASIS, Idioma: Español, Páginas. 203, Capítulo 7.

LINKOGRAFÍA

CARACTERISTICAS DEL SENSOR LV-MaxSonar-EZ0:

http://www.Z0Max_sonar.com/sensor/index.html

2012-5-7

MATEIALES PIEZOELECTRICOS DEL ULTRASONIDO

<http://materiales.eia.edu.co/laboratorios/ultrasonido/teoria.htm>, ultrasonido

2012-6-4

MEDICION DE LA DISTANCIA POR ULTRASONIDO

http://www.icmf.inf.cu/grupos2_ultrasonica.htm, materiales piezoeléctricos

2012-6-9

FUNCIONAMIENTO DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

<http://www.ucontrol.com.ar>.

2012-6-15

SÍMBOLOS DE LA ELECTRÓNICA

<http://www-naweb.iaea.org/naweb/napc/1-Abreviaciones%20y%20simbolos.pdf>

2012-7-4