

2008

Diseño y construcción de un dispositivo electrónico para la detección de obstáculos, como ayuda a personas con discapacidad visual

Juan Elias Rincón Ruiz
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion



Part of the [Biomedical Engineering and Bioengineering Commons](#), and the [Computational Engineering Commons](#)

Citación recomendada

Rincón Ruiz, J. E. (2008). Diseño y construcción de un dispositivo electrónico para la detección de obstáculos, como ayuda a personas con discapacidad visual. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/95

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería en Automatización by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA LA
DETECCIÓN DE OBSTACULOS, COMO AYUDA A PERSONAS CON
DISCAPACIDAD VISUAL

JUAN ELIAS RINCÓN RUIZ 44011103

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA DE DISEÑO & AUTOMATIZACIÓN ELECTRÓNICA.
BOGOTA D.C
2008

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA LA
DETECCIÓN DE OBSTACULOS, COMO AYUDA A PERSONAS CON
DISCAPACIDAD VISUAL

JUAN ELIAS RINCÓN RUIZ

Propuesta de proyecto de grado
Para optar al título de Ingeniero de Diseño y Automatización Electrónica

Director de Proyecto
Ing.JAIRO ORLANDO MONTOYA

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA DE DISEÑO & AUTOMATIZACIÓN ELECTRÓNICA.
BOGOTA D.C

2008

Nota de aceptación

Asesor

Ing. Jairo Montoya

Ing. Pedro Luis Muñoz

Jurado

Ing. Oscar Florez

Jurado

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. OBJETIVOS | 3 |
| III. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA | 4 |
| IV. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES | 5 |
| V. GLOSARIO | 9 |
| VI. RESUMEN | 13 |
| | |
| CAPITULO 1. INSTRUMENTOS Y MÉTODOS DE AYUDA A LA REHABILITACIÓN DEL INVIDENTE | 15 |
| 1.1. Sistemas empleados para desplazamiento | 15 |
| 1.2. Medio donde se producen los desplazamientos | 16 |
| 1.3. Aplicación de diferentes estrategias de orientación | 17 |
| | |
| CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO | 19 |
| 2.1 SENSOR | 19 |
| 2.1.1 SENSORES DE PROXIMIDAD | 19 |
| 2.1.1.1 Sensor final de carrera o interruptor de posición | 19 |
| 2.1.1.2 Sensor de Proximidad Capacitivo | 21 |
| 2.1.1.3 Sensor de proximidad Inductivo | 22 |
| 2.1.1.4 Sensor de proximidad Fotoeléctrico | 23 |
| 2.1.1.5 Sensor de proximidad Infrarrojo | 24 |
| 2.1.1.6 Sensor de proximidad de Ultrasonido | 25 |
| 2.2. CIRCUITOS DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS | 26 |
| 2.2.1. DETECTOR DE PROXIMIDAD POR INFRAROJO | 27 |

| | |
|--|----|
| 2.2.2 CIRCUITO DE DETECCIÓN POR ULTRASONIDOS | 28 |
| 2.3. FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES ULTRASÓNICOS | 30 |
| 2.3.1. Problemas con los sensores ultrasónicos | 31 |
| | |
| CAPITULO 3 DESARROLLO METODOLÓGICO | 37 |
| 3.1. SELECCIÓN DEL SENSOR | 37 |
| 3.2.DISEÑO DEL CIRCUITO DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS | 43 |
| 3.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO | 48 |
| 3.4. CARACTERIZACIÓN DEL SENSOR Y DEL DISPOSITIVO FINAL | 49 |
| 3.5.DISEÑO DEL SISTEMA DE ALOJAMIENTO Y TRANSPORTE DEL DISPOSITIVO | 67 |
| | |
| CONCLUSIONES | 70 |
| BIBLIOGRAFIA | 72 |
| ANEXO A | 73 |
| ANEXO B | 79 |
| ANEXO C | 87 |
| ANEXO D | 89 |

LISTADO DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Chaqueta de detección de obstáculos por ultrasonido | 7 |
| Figura 2: Diagrama de bloques | 14 |
| Figura 3. Sensor final de carrera eléctrico | 20 |
| Figura 4. Sensor de proximidad capacitivo | 21 |
| Figura 5. Sensor de proximidad inductivo | 23 |
| Figura 6. Sensor de proximidad fotoeléctrico | 24 |
| Figura 7. Sensor de proximidad infrarrojo | 25 |
| Figura 8. Sensor de proximidad Ultrasónico | 26 |
| Figura 9. Detector de proximidad por infrarrojo | 28 |
| Figura 10. Circuito de detección por ultrasonidos | 29 |
| Figura 11. Principio de funcionamiento de los sensores ultrasónicos | 30 |
| Figura 12. Incertidumbre angular en la medida de un ultrasonido | 32 |
| Figura 13. Márgenes de detección de un sensor de ultrasonidos | 33 |
| Figura 14. Perturbación de señales de ultrasonido por la temperatura | 34 |
| Figura 15. Reflexión de la señal | 35 |
| Figura 16. Reflexión y ángulo de incidencia de un ultrasonido | 36 |
| Figura 17. Sensor de distancias por ultrasonidos simple | 37 |
| Figura 18. Diagrama de Conexiones SRF05 | 39 |
| Figura 19. Diagrama de tiempos del SFR05 | 41 |
| Figura 20. Patrón de haz del sensor según distancia | 42 |
| Figura 21. Circuito de detección de obstáculos. | 45 |
| Figura 22. Diagrama del circuito en PCB | 47 |
| Figura 23: Sistema de alimentación del circuito | 48 |
| Figura 24. Ancho de pulso (μs) vs. Distancia (cm) en concreto | 52 |

| | |
|---|----|
| Figura 25. Ancho de pulso (μs) vs. Distancia (cm) práctica en concreto | 53 |
| Figura 26. Ancho de pulso (μs) vs. Distancia (cm) en Madera | 56 |
| Figura 27. Ancho de pulso (μs) vs. Distancia (cm) práctica en madera | 58 |
| Figura 28. Ancho de pulso (μs) vs. Distancia (cm) en vidrio | 61 |
| Figura 29. Ancho de pulso (μs) vs. Distancia (cm) práctica en vidrio | 62 |
| Figura 30. Ancho de pulso (μs) vs. Distancia (cm) en plástico | 65 |
| Figura 31. Ancho de pulso (μs) vs. Distancia (cm) practica en plástico | 66 |
| Figura 32: Vista isométrica del sistema de alojamiento y transporte | 68 |
| Figura 33: Vista posterior del sistema de alojamiento y transporte | 69 |

LISTADO DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Características de los sensores | 38 |
| Tabla 2. Características técnicas del sensor SRF05 | 41 |
| Tabla 3. Características de las distintas referencias de PIC | 44 |
| Tabla 4. Ancho de pulso según su distancia en concreto | 50 |
| Tabla 5. Lectura ancho de pulso según su distancia práctica en concreto | 53 |
| Tabla 6. Ancho de pulso según su distancia en madera | 54 |
| Tabla 7. Lectura ancho de pulso según su distancia práctica en Madera | 57 |
| Tabla 8. Ancho de pulso según su distancia en vidrio | 58 |
| Tabla 9. Lectura ancho de pulso según su distancia práctica en vidrio | 62 |
| Tabla 10. Ancho de pulso según su distancia en plástico | 63 |
| Tabla 11. Lectura ancho de pulso según su distancia práctica en plástico | 66 |

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A. Programa del pic 16f628A

Anexo B. Planos del Dispositivo de Alojamiento y Transporte

Anexo C: Diseño del Circuito de Detección de Obstáculos

Anexo D: Propiedades Físico - Químicas del Acrílico

Anexo E: Fotos del dispositivo de detección de obstáculos

INTRODUCCIÓN

Durante muchos años, uno de los objetivos principales del ser humano es proteger su especie, adaptarla a nuevos cambios del mundo moderno y hacer que su estadía en este mundo sea cada vez más placentera y duradera. Por medio de la tecnología el hombre ha podido mejorar su calidad de vida, en especial, a personas que poseen alguna discapacidad, para mejorar su desempeño en el desarrollo de ciertas tareas. Por ejemplo una silla de ruedas sirve para personas que no puedan desplazarse por si solas, un bastón o un perro lazarillo sirven para que personas invidentes puedan transitar por la calle evitando obstáculos o cualquier otro tipo de situación peatonal.

La Automatización y la Electrónica han jugado un papel muy importante en el desarrollo de varios productos para gente que posee alguna falencia, ya que actualmente se hacen mejoras en aparatos para terapias en alguna extremidad en particular, en el reemplazo parcial o total de algún miembro o parte del cuerpo humano, también en el desarrollo de máquinas y dispositivos para mejorar la calidad de vida de dichos pacientes.

En Colombia, se han desarrollado varios prototipos de estos entre los cuales se destacan un indicador de tipo portátil para la detección de obstáculos, algunos juegos recreativos de mesa, traductores de el alfabeto braille hacia otros idiomas, hechos con la finalidad de que un paciente invidente pueda acceder a este tipo de tecnologías por un bajo costo, es decir, se esta aplicando la Electrónica y la Automatización para el diseño de ayudas técnicas para la rehabilitación y capacitación de invidentes con partes o estructuras relativamente económicas, las cuales, son campos muy importantes en universidades como la Universidad del

capacitación de invidentes con partes o estructuras relativamente económicas, las cuales, son campos muy importantes en universidades como la Universidad del Valle, Universidad Javeriana, Universidad de la Salle, Universidad de los Andes entre otras.

Al ver un sin fin de posibilidades que poseen actualmente las personas con alguna discapacidad, se puede destacar que los invidentes colombianos no tienen una tecnología en particular que pueda facilitar su desplazamiento por las calles, debido a que siempre se les puede observar con sus aparatos tradicionales como el bastón o el perro guía. Es por ello, que es necesario aplicar alguna tecnología para la ayuda en la deambulaci3n de estas personas, que se puedan dar cuenta que hay tecnolog3a disponible y cosas por hacer.

El instrumento que se obtuvo en esta tesis, es un dispositivo para la detecci3n de obst3culos mediante sonidos, el cual se puede encontrar de diversos tipos y modelos en el mercado europeo, pero que tienen un costo significativamente alto y que un invidente com3n no puede acceder a este tipo de tecnolog3as, por esto, surgi3 la necesidad de crear un dispositivo que tiene caracter3sticas similares del europeo, pero con un dise1o 3nico, econ3mico, f3cil de usar, y de una sorprendente utilidad para ir adaptando con el tiempo a personas con discapacidad visual para este tipo de tecnolog3as que son de gran ayuda para la mejora de sus tareas comunes.

Este dispositivo no reemplaza totalmente instrumentos de ayuda com3n en la deambulaci3n de personas con discapacidad visual, pero dar3 apoyo a este tipo de implementos y en ocasiones sustituirlos temporalmente seg3n la actividad que se este desarrollando por parte del usuario.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un dispositivo electrónico para la detección de obstáculos como ayuda a personas con discapacidad visual

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar y caracterizar un sensor que permita la detección de obstáculos por distancia.
- Diseñar y construir el circuito electrónico que permita calcular las distancias de los obstáculos por ultrasonido (3 m y 1 m aproximadamente).
- Diseñar y construir el circuito electrónico que permita generar las alarmas sonoras en las distancias mencionadas anteriormente.
- Diseñar y construir el dispositivo de alojamiento y transporte para la persona con discapacidad.
- Diseñar el sistema de alimentación del dispositivo.
- Elaborar planos electrónicos.

- Elaborar informe final.

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia, son muy pocas las personas con discapacidad visual que pueden acceder a tecnologías para la ayuda en su rehabilitación, debido a que los aparatos electrónicos son muy caros en el mercado. Es por eso, que es necesario construir un dispositivo de detección de obstáculos que permita al invidente alertar sobre la presencia de un objeto en su camino, siendo así, un aparato de bajo costo, fácil de manejar y con un diseño que permita al usuario transportarlo. Los ultrasonidos son una radiación mecánica de frecuencia superior a las audibles (más de 20Khz) y que utilizan animales como murciélagos y algunos delfines para ubicar su posición en el entorno en que se encuentran. Este tipo de ondas son muy utilizadas en el campo de la robótica móvil y es de principal aplicación en universidades del mundo para diseñar dispositivos para la rehabilitación de personas con discapacidad visual.

JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES

JUSTIFICACIÓN

Este proyecto surgió una vez analizada la incapacidad que tienen algunos invidentes hacia el consumo de la tecnología para mejorar su calidad de vida. Existen numerosos implementos que utilizan estas personas para desplazarse de un lado a otro tales como el bastón o simplemente el perro lazarillo, los cuales aunque han sido tradicionales pueden ser reemplazados por dispositivos electrónicos que permitan dar aviso o conocimiento a tiempo, al usuario, sobre la presencia de algún obstáculo en el camino tales como postes, bolardos, mesas, paredes, sillas, carros parqueados, además de permitirle tener sus manos libres. Por ello, es muy importante construir un dispositivo para la detección de obstáculos de bajo costo y al alcance cualquier persona con discapacidad visual.

Aunque el proyecto no reemplazará totalmente el bastón, permite dar apoyo a este implemento y en su caso sustituirlo temporalmente dependiendo de la actividad que este realizando la persona.

ANTECEDENTES

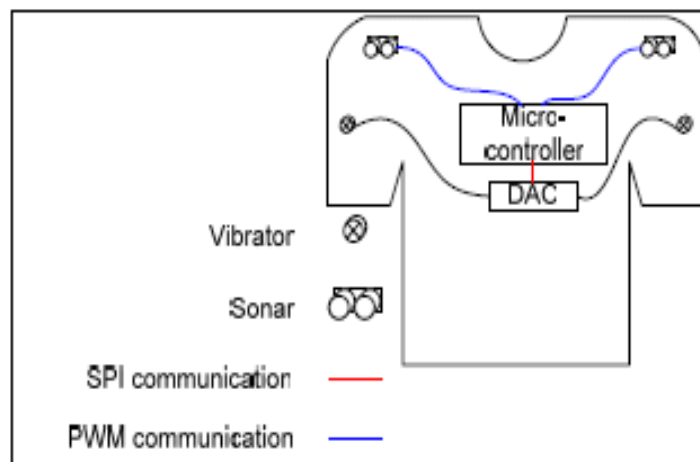
En el mundo existen compañías que se dedican a construir dispositivos de detección de obstáculos que mejoran el desempeño del invidente en su deambulación, pero que tienen un costo muy alto los cuales pueden tener un valor de hasta 300 euros, valor que se obtuvo de un dispositivo de bolsillo para la detección de obstáculos presentado en un congreso llamado TIFLOINNOVA realizado en septiembre de 2005 en España.

La mayoría de dispositivos de reconocimiento de obstáculos de bajo costo son aparatos que detectan distancias en el orden de los centímetros, son sensores utilizados en la tecnología de los robots móviles y son utilizados ya sea para que el robot no se salga de un espacio o para el reconocimiento de colores.

Si se utiliza un dispositivo de detección de obstáculos en el rango de los centímetros no le da posibilidad de reacción al usuario. También se pueden desarrollar sensores con integrados tales como codificadores y decodificadores de señales u otros que puedan hacer una adquisición para la construcción del sensor los cuales se encuentran en el mercado. Este tipo de sensores de fabricación casera pueden funcionar por vía infrarroja o por ultrasonido, pero su calibración se hace compleja debido a los problemas de ruido, exactitud en la lectura, ancho de pulso, haz de luz, entre otros, lo cual hace que sea necesario adaptarle filtros para corregirlos. Como consecuencia, el circuito queda de un tamaño notable, pierde distancia y queda muy incomodo para el usuario.

En el laboratorio de realidad virtual que se encuentra en la Escuela Politécnica Federal de Laussane en Suiza, se ha hecho un detector de obstáculos que permite alertar al usuario por medio de vibraciones en su chaqueta la cual puede verse en la Figura 1. Este posee dos sensores de ultrasonido a los lados de la chaqueta y tiene un sistema de vibración lo cual hace que el usuario se alerte cuando aparecen obstáculos cercanos en el entorno que se encuentre caminando. La idea general es ofrecer al invidente la posibilidad de tener nuevas habilidades para detectar cosas que se encuentren a su alrededor.

Figura 1: Chaqueta de detección de obstáculos por ultrasonidos



Fuente:http://vrlab.epfl.ch/Publications/pdf/Cardin_Vexo_Thalmann_Haptex_05.pdf

En un congreso internacional que se realizó en Madrid España, donde muchos expositores de todo el mundo llevan sus inventos que son destinados hacia personas invidentes en un evento llamado TIFLOINNOVA, se mostraron muchos detectores de obstáculos los cuales eran de bolsillo, muy cómodos y que detectaban la presencia de un objeto con sonidos pero el problema es que el precio lo hacía poco asequible.

El grupo de bioingeniería de el instituto de automática industrial en España desarrolló en una de sus líneas de investigación de maestría un dispositivo Ultrasonico Detector de Obstáculos, para la ayuda en el desplazamiento de personas invidentes, el cual es un bastón y en su punta final tiene el sensor de ultrasonido, el cual puede hacer una alarma sonora o una alarma vibratoria según la escogencia del usuario.

Nahir Salazar una estudiante de la universidad pedagógica de Bogota en el II Congreso Iberoamericano de Comunicación Alternativa y Aumentativa realizado en Viña del Mar Chile, habló sobre la construcción y el diseño de un sistema Trébol. En la génesis del sistema TREBOL, dentro del proyecto CYTED Nuevas Tecnologías para la Autonomía Personal de los Discapacitados, plantearon una solución al problema de detección de obstáculos con un sistema económico y fiable que presentara una combinación tanto como detector de obstáculo como de percepción somera del entorno por localización de referencias para ayuda a la orientación. Así, una vez seleccionado el principio ultrasónico con la técnica pulso-eco como el más adecuado, se configuró el sistema disponiendo un frente central de detección y dos laterales a izquierda y derecha con los fines anteriormente apuntados. Este dispositivo está constituido por un cabezal sensor colocado a la altura del pecho y una unidad electrónica que a modo de petaca se suspende del cinturón y que realiza las funciones de excitación, recepción, procesamiento y comunicación de la información al usuario por señales acústicas convenientemente codificadas.

GLOSARIO

Campo eléctrico: El campo eléctrico asociado a una carga aislada o a un conjunto de cargas es aquella región del espacio en donde se dejan sentir sus efectos. Así, si en un punto cualquiera del espacio en donde está definido un campo eléctrico se coloca una carga de prueba o carga testigo, se observará la aparición de fuerzas eléctricas, es decir, de atracciones o de repulsiones sobre ella.

Capacitancia: Es la capacidad que tienen los conductores eléctricos de poder admitir cargas cuando son sometidos a un potencial. Se define también, como la razón entre la magnitud de la carga (Q) en cualquiera de los conductores y la magnitud de la diferencia de potencial entre ellos (V). Es entonces la medida de la capacidad de almacenamiento de la carga eléctrica.

Deambulaci3n: Acci3n de marchar o de pasearse.

Ecolocalizaci3n: Es cuando el animal emite un sonido que rebota al encontrar un obst3culo y analiza el eco recibido, logrando as3, saber la distancia hasta el objeto (u objetos), midiendo el tiempo de retardo entre la se1al que ha emitido y la que ha recibido.

Efecto Fotoeléctrico: Consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general). Los fotones tienen una energía característica determinada por la longitud de onda de la luz. Si un electrón absorbe energía de un fotón, tiene energía suficiente para salir del material y su velocidad está bien dirigida hacia la superficie, entonces el electrón puede ser extraído del material. Si la energía del fotón es demasiado pequeña, el electrón es incapaz de escapar de la superficie del material. Los cambios en la intensidad de la luz no cambian la energía de sus fotones, tan sólo el número de electrones que pueden escapar de dicha superficie y por lo tanto la energía de los electrones emitidos no depende de la intensidad de la luz incidente, sino de la frecuencia de la radiación que le llega. Si el fotón es absorbido parte de la energía se utiliza para liberarlo del átomo y el resto contribuye a dotar de energía cinética a la partícula libre.

Fotón: es la partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas del fenómeno electromagnético. Es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluyendo a los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, la luz infrarroja, las microondas, y las ondas de radio.

Impedancia: Oposición de un circuito al paso de una corriente alterna. Se expresa como la relación entre la fuerza electromotriz alterna y la corriente alterna resultante y se mide en ohmios. Consiste de un elemento de resistencia en el cual la corriente y el voltaje están en fase y un elemento reactivo en el cual la corriente y el voltaje no están en fase.

Inductancia: Indica la magnitud del flujo magnético que concatena debido a una corriente eléctrica [1].

Infrarrojo: El infrarrojo es un tipo de luz que no se puede ver con el ojo del ser humano, lo que si se puede ver se llama luz visible. La luz infrarroja brinda información especial que no se puede obtener de la luz visible. Muestra cuánto calor tiene algún objeto e informa sobre la temperatura de un objeto. Todas las cosas tienen algo de calor e irradian luz infrarroja.

Inteligencia Corporal Cinestésica: Es la capacidad de unir el cuerpo y la mente para lograr el perfeccionamiento del desempeño físico. Comienza con el control de los movimientos automáticos y voluntarios y avanza hacia el empleo del cuerpo de manera altamente diferenciada y competente.

Oscilación: Es la variación, perturbación o fluctuación en el tiempo de un medio o sistema. Si el fenómeno se repite, se habla de oscilación periódica. Oscilación, en física, química e ingeniería, movimiento repetido de un lado a otro en torno a una posición central, o posición de equilibrio. El recorrido que consiste en ir desde una posición extrema a la otra y volver a la primera, pasando dos veces por la posición central, se denomina ciclo. El número de ciclos por segundo, o hercios (Hz), se conoce como frecuencia de la oscilación.

Polarización: Característica de ondas, tales como la luz u otra radiación electromagnética. A diferencia de fenómenos más familiares tales como las ondas en el agua u ondas acústicas, las ondas electromagnéticas son tridimensionales, y la naturaleza del vector es la que da lugar al fenómeno de la polarización.

Sensor: Es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transductible que es función de la variable de medida. La ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos [1].

Transductor: se denomina transductor, en general, a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente pero de otra forma física distinta, es por tanto, un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro [1].

Ultrasonido: es una onda acústica cuya frecuencia está por encima del límite perceptible por el oído humano (aproximadamente 20 KHz). Muchos animales como los delfines y los murciélagos lo utilizan de forma parecida al radar en su orientación. A este fenómeno se lo conoce como ecolocalización.

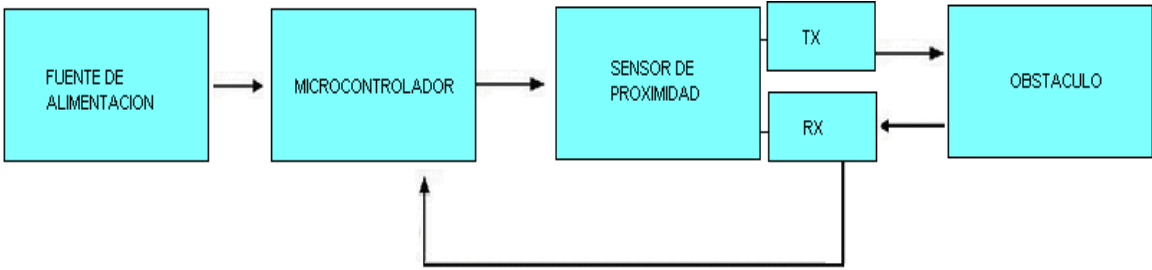
RESUMEN

Las señales de ultrasonido pueden ser de gran ayuda para la ubicación en el espacio de las personas que sufren de algún tipo de discapacidad visual ya sea total o parcial. Es tanto así, que universidades y empresas dedicadas a la rehabilitación de personas invidentes investigan sobre la posibilidad de hacer que sensores de ultrasonido de alta fidelidad puedan reemplazar el ojo humano, dándole así al paciente, un buen entendimiento sobre las cosas que le rodean, aplicando el principio de ubicación de animales como los murciélagos, delfines u otros que utilicen esta particular característica.

La metodología utilizada para la elaboración de este trabajo, es estudiar los tipos de instrumentos que se utilizan, las técnicas o recomendaciones para la ayuda de personas con discapacidad visual, los tipos de sensores de proximidad más comunes, y diseñar, mediante la información obtenida, un dispositivo para la detección de obstáculos, fácil de utilizar y económico, que permita al invidente saber por medio de alarmas la distancia a la que se encuentra el obstáculo, para que este tipo de tecnologías sean asequibles a personas invidentes de bajos recursos.

En la figura 2 se muestra el diagrama de bloques que resume el funcionamiento del dispositivo de detección de obstáculos.

Figura 2: Diagrama de bloques



Fuente: Autor

CAPITULO 1. INSTRUMENTOS Y MÉTODOS DE AYUDA A LA REHABILITACIÓN DEL INVIDENTE

La independencia de movimientos y desplazamientos del invidente es un objetivo de gran importancia en la rehabilitación de éste. Así, a nivel de integración social, es imprescindible la correcta utilización del espacio, el dominio de sus movimientos, la soltura y la seguridad en sus desplazamientos. Además, conocer el espacio que le rodea y utilizarlo con confianza, afianzaran su personalidad y su seguridad interior.

La movilidad del invidente depende de tres factores, fundamentalmente:

1.1. Sistema empleado para desplazarse:

- En solitario: En este sistema y al objeto de detectar irregularidades en el suelo: agujeros, baches, bordillos y para prevenir tropiezos con estos objetos, es importante la ayuda del bastón.

El invidente suele caminar solo sin la ayuda del bastón, aunque existen especialistas que aconsejan su uso y para ello se han fabricado bastones adecuados de peso, tamaño, estética según el gusto y la antropometría del usuario.

- Con perro guía: Este sistema es poco empleado en nuestro país, principalmente porque es preciso acudir al extranjero para poder disponer

de un perro adiestrado convenientemente. Por otra parte, el ciego prefiere moverse con mayor autonomía y sin los inconvenientes que el perro puede presentar al tener que tomar vehículos, entrar en establecimientos, entre otros.

- Con guía vidente: Ya es muy raro ver el lazarillo clásico que acompañaba al invidente. Es cierto que en muchas ocasiones se ve a un ciego caminar con una persona vidente ya sea un amigo, un familiar o alguien encargado.

En la rehabilitación de adultos se utilizan numerosas técnicas para adiestrarle en estos sistemas de desplazamiento y en la realización de otros movimientos. Entre estas técnicas pueden citarse: de rastreo, para encuadrarse, para alinearse, de autoprotección, de recogida de objetos, para sentarse, para pasar por puertas.

1.2. Medio donde se producen los desplazamientos:

No será lo mismo desplazarse por la calle que por otras dependencias del hogar el trabajo, el barrio u otros lugares de acceso cotidiano.

Como se hace con cualquier invidente reciente, hay que suministrarle contextos y situaciones de descubrimiento para que ejercite su curiosidad por si mismo y aprenda a explorar el ambiente, tanto él solo como con ayuda de personas o familiares.

La deambulación independiente debe favorecerse, procurando aprovechar los restos de visión que puedan quedarle para facilitarle su orientación espacial. Pero para que al invidente no le pierda el interés a moverse hay que hacerle entender y comprender que el lugar por donde se esta desplazando es fabuloso y

es atractivo tanto física como imaginariamente. Al mismo tiempo tiene que tener confianza y seguridad en si mismo. Para ello es necesario que los muebles y los objetos de su hogar u otro entorno en particular tengan una ordenación física fija, de modo que pueda orientarse. El invidente tiene que saber dónde está cada cosa y dónde volver a dejarla para poderla encontrar de nuevo sin la ayuda de la visión.

El cuidador encargado debe ayudar al incapacitado a desglosarle los espacios nuevos y presentárselos con entrenamiento suficiente para que pueda vencerlos sin dificultad.

1.3. Aplicación de diferentes estrategias de orientación:

La orientación se fundamenta en la fijación de puntos de referencia. Para el ser humano, la fijación se realiza mediante el sentido de la vista principalmente; el invidente se vale de otras sensaciones, muchas veces complejas, que le proporcionan los restantes sentidos: sensaciones sonoras, táctiles, de temperatura, olfativas, cinestésicas las cuales deben ser reforzadas con una educación adecuada y un entrenamiento convenientemente programado.

El ciego sabrá, por ejemplo, valiéndose del sentido del olfato, si se encuentra cerca de la cocina, de la clínica u otro lugar; las texturas del terreno que pisa con sus pies le permitirán conocer si se encuentra en el parque, en pasillos, en la calle, entre otros; el eco, percibido por el oído, le dice si la habitación en la que se encuentra está cerrada o abierta.

En la orientación y, más especialmente, en la movilidad, juega un importante papel el sentido de los obstáculos. Si el invidente camina por un lugar de acceso frecuente, el sentido de los obstáculos le permite darse cuenta de la existencia de una pared, que tal vez toque para cerciorarse, y le será fácil darse cuenta del lugar donde se encuentra.

La existencia de un sentido en los seres humanos, fuera de la vista, para la percepción de obstáculos en la oscuridad, está fuera de toda duda, pero en personas que nacen con discapacidad visual, este sentido adquiere mayor desarrollo. Esta capacidad de ecolocalización en la oscuridad se produce al reflejarse el sonido en los objetos, advirtiéndolo de la presencia de los mismos, sobre todo los frontales. El sentido de los obstáculos radica en el oído y es educable. La persona encargada o cuidador del paciente, aunque sea de manera informal y dirigido por los técnicos de apoyo, tiene una función importante que realizar en este campo de la orientación y su colaboración resulta completamente necesaria.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. SENSOR

Es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transductible que es función de la variable de medida. La ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos [1].

2.1.1. SENSOR DE PROXIMIDAD:

El sensor de proximidad es un dispositivo que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento.

Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan. Los más comunes son los interruptores de posición, los detectores capacitivos, los inductivos y los fotoeléctricos, como el de infrarrojos.

2.1.1.1. Sensor final de carrera o interruptor de posición

En la figura 3 se muestra un sensor de final de carrera. Dentro de los componentes electrónicos, el final de carrera o sensor de contacto son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar

señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo, como por ejemplo ascensores, montacargas, robots, etc. Para el proyecto este tipo de sensor no es recomendable puesto que este sensor se activa cuando tiene contacto con el obstáculo.

Los finales de carrera están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.

Figura 3: Sensor final de carrera eléctrico



Fuente:<http://www.festodidactic.com/ov3/media/customers/1100/00939012001096975078.jpg>

2.1.1.2. Sensor de Proximidad Capacitivo

En la figura 4 se muestra un sensor de proximidad capacitivo. Este tipo de transductor trabaja con un campo electrostático. Al aproximarse un objeto "metálico" se produce un cambio en el campo electrostático alrededor del elemento sensor. Este cambio es detectado y enviado al sistema de detección.

El sistema de detección típico está formado por una sonda, un oscilador, un rectificador, un filtro y un circuito de salida.

Cuando un objeto "metálico" se aproxima al sensor la sonda aumenta su capacitancia y activa el oscilador provocando que éste active el circuito de salida. Generalmente este tipo de sensores funcionan como interruptores abierto o cerrado.

Este detector se utiliza comúnmente para detectar material no metálico: papel, plástico, madera, etc. ya que funciona como un capacitor.

Figura 4: Sensor de proximidad Capacitivo.



Fuente: <http://imagenes.acambiode.com/img-bbdd/ACFDB24.jpg>

2.1.1.3. Sensor de proximidad Inductivo

En la figura 5 se muestra un sensor de proximidad inductivo. Los sensores inductivos de proximidad han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él los objetos de detección férricos y no férricos.

El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida.

Al aproximarse un objeto "metálico" o no metálico, se inducen corrientes de histéresis en el objeto. Debido a ello hay una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación. El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de estado sólido o la posición "ON" y "OFF".

El funcionamiento es similar al capacitivo; la bobina detecta el objeto cuando se produce un cambio en el campo electromagnético y envía la señal al oscilador, luego se activa el disparador y finalmente al circuito de salida hace la transición entre abierto o cerrado.

Figura 5: Sensor de proximidad Inductivo



Fuente: <http://imagenes.acambiode.com/img-bbdd/m18.jpg>

2.1.1.4. Sensor de proximidad Fotoeléctrico

En la figura 6 se muestra un sensor de proximidad fotoeléctrico. También se denominan fotocélulas. Este tipo de transductor trabaja con un emisor y detector de luz, como rayos infrarrojos. Al aproximarse un objeto reflector la luz del

transmisor es reflejada por el objeto cercano, el detector recibe la luz y activa la salida de detección.

El sistema de detección típico está formado por un transmisor de luz, una etapa de control, un receptor de luz y un circuito de salida.

Por lo general el transmisor está conectado a una etapa de control que decide la activación de la transmisión e inclusive puede generar pulsos de frecuencia constante que hacen la detección del sensor más robusta.

Figura 6: Sensor de proximidad Fotoeléctrico

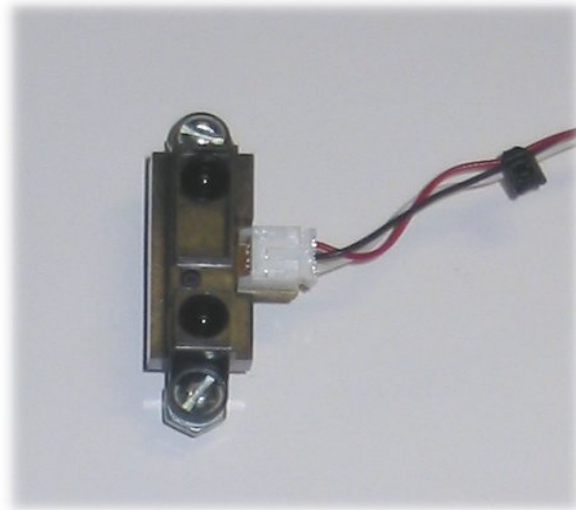


Fuente: http://www.balluff.ca/NR/rdonlyres/6236F774-C517-4493-8C76-4FA42C9EC960/0/Optoprox_72dpi.jpg

2.1.1.5. Sensor de proximidad Infrarrojo

En la figura 7 se muestra un sensor de proximidad infrarrojo. Los sensores ópticos de infrarrojo constan de un par de sensores de proximidad infrarrojos: fotodiodo y fototransistor, estos tienen la ventaja de que no necesitan contacto para detectar un objeto además al trabajar en el espectro de luz infrarrojo no se ven tan afectados por la luz ambiente, sin embargo la luz del sol y de las bombillas contienen cierta cantidad de luz infrarroja que puede afectar el correcto funcionamiento de los sensores. Aunque estos sensores sean muy prácticos no logran captar largas distancias y su pequeño haz hace que se disperse al devolverse la señal.

Figura 7: Sensor de proximidad Infrarrojo



Fuente: <http://practsol.com/images/irsensor.jpg>

2.1.1.6. Sensor de proximidad de Ultrasonido

En la figura 8 se muestra un sensor de proximidad ultrasónico. Los ultrasonidos son una radiación mecánica de frecuencia superior a los audibles (20Khz). Toda radiación al incidir sobre un objeto, en parte se refleja, en parte se transmite y en parte es absorbida. Si además hay un movimiento relativo entre la fuente de radiación y el reflector, se produce un cambio de frecuencia de la radiación (efecto Doppler)

Todas estas propiedades de la interacción de una radiación con un objeto han sido aplicadas en mayor o menor grado a la medida de diversas magnitudes físicas. El poder de penetración de la radiación permite que muchas de estas aplicaciones sean totalmente no invasivas, es decir, que no acceda al interior del recinto donde se producen los cambios que se desean detectar [1].

En función del tiempo que tarda el sonido en rebotar y volver, se calcula la distancia a la que se encuentra dicho objeto.

Figura 8: Sensor de proximidad de Ultrasonido



Fuente: <http://aliatron.com/loja/catalog/images/SRF08.jpg>

2.2. CIRCUITOS DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS

A continuación se presentan algunos circuitos de detección de obstáculos que se utilizan frecuentemente en la investigación o en la industria ya sea para determinar la distancia a la que se encuentra el objeto o simplemente para avisar la presencia del obstáculo.

2.2.1. DETECTOR DE PROXIMIDAD POR INFRARROJO

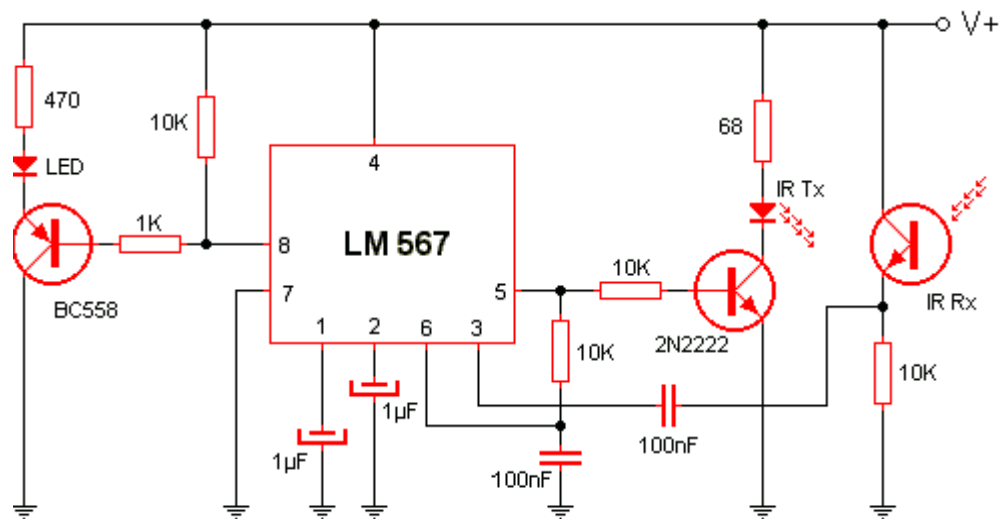
El funcionamiento del circuito presentado en la figura 9, se basa en emitir una ráfaga de señales luminosas infrarrojas las cuales al rebotar contra un objeto cercano se reciben por otro componente. Al ser recibidas el sistema detecta proximidad, con lo que el led de salida se acciona.

El circuito integrado es un generador/decodificador de tonos. Tanto el fotodiodo como el fototransistor deberán estar situados con unidades de enfoque adecuadas para mejorar el alcance. Con simples reflectores de LED's se pueden obtener alcances del orden de pulgadas. Es conveniente sacrificar algo de rango pero colocar filtros UV y SUNLIGHT los cuales no dejan entrar al fototransistor (elemento receptor) los rayos del sol.

La alimentación de este circuito puede ser cualquier tensión comprendida entre 5 y 9 volts.

El problema del circuito se presenta cuando el sol o el ruido externo envíen sus emisiones directas, debido a que altera el funcionamiento del circuito y en caso de colocar filtros estos afectan el alcance de distancia del aparato el cual se encuentra en el orden de los 20 cm. También es necesario colocar un optoacoplador para continuar el circuito utilizando alarmas.

Figura 9: Detector de proximidad por infrarrojo



Fuente: www.pablin.com.ar/electron/circuito/varios/proximid/

2.2.2. CIRCUITO DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS POR ULTRASONIDOS

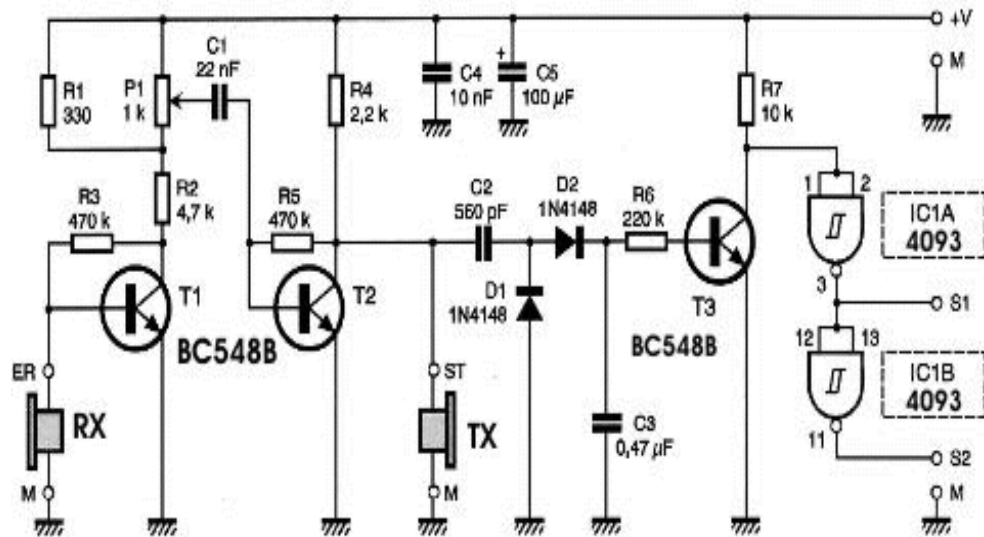
El funcionamiento del circuito presentado en la figura 10 es el siguiente; El receptor de ultrasonidos RX está conectado a la entrada de un amplificador de alta ganancia constituido por los transistores T1 y T2. La ganancia de esta etapa es tan importante, que se ha previsto el poder dosificarla por medio del potenciómetro P1, con el fin de que el circuito no entre en oscilación por si solo.

La salida de este amplificador está conectada al emisor de ultrasonidos TX, e igualmente a los diodos D1 y D2. En presencia de un obstáculo, por lo tanto, debido a la entrada en oscilación del circuito, se dispondrá en los bornes de TX, de una señal pseudo senoidal de 40 Khz. Esta señal será re-conformada por D1 y D2, y si es de amplitud suficiente, producirá sobre R6 una corriente apta para hacer que T3 sea conductor. Este proceso no funciona en el modo "todo o nada", según la naturaleza de la distancia al objeto.

Las puertas lógicas CMOS trigger Schmitt IC1a e IC1b se encargan de producir, en la salida, una correcta señal rectangular. En presencia de un obstáculo, se obtendrá sobre S1 un nivel bajo y sobre S2 un nivel alto. La alimentación puede estar comprendida entre 5 y 12 voltios, entendiendo que la ganancia, y por lo tanto la sensibilidad de detección del montaje, aumenta y disminuye en función de la tensión de alimentación.

A pesar de la simplicidad del circuito, este montaje detecta un obstáculo reflejado (por los ultrasonidos) en el entorno de los 5 ó 6 cm.

Figura 10: Circuito de detección por ultrasonidos



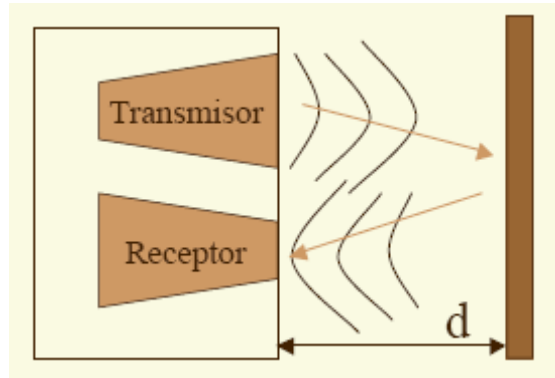
Fuente: www.forosdeelectronica.com/about399.html

2.3. FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES ULTRASÓNICOS

El ultrasonido es sonido exactamente igual al que escucha el ser humano normalmente, pero con una frecuencia mayor a la máxima audible por el oído humano. Ésta comienza desde unos 16 Hz y tiene un límite superior de aproximadamente 20 KHz, mientras que se va a utilizar sonido con una frecuencia de 40 KHz. A este tipo de sonidos es a lo que se denomina Ultrasonidos. [2]

El funcionamiento básico de los sensores ultrasónicos como medidores de distancia se muestra en la figura 11, donde se tiene un receptor que emite un pulso de ultrasonido, el cual rebota sobre un determinado objeto y la reflexión de ese pulso es detectada por un receptor de ultrasonidos. [2]

Figura 11: Principio de funcionamiento de los sensores ultrasónicos



Fuente: <http://alcabot.org/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>

La mayoría de los sensores de ultrasonido de bajo costo se basan en la emisión de un pulso de ultrasonido cuyo lóbulo, o campo de acción, es de forma cónica. Midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión del sonido y la percepción del eco se puede establecer la distancia a la que se encuentra el obstáculo que ha producido la reflexión de la onda sonora, mediante la fórmula: [2]

$$d = \frac{1}{2} V \cdot t$$

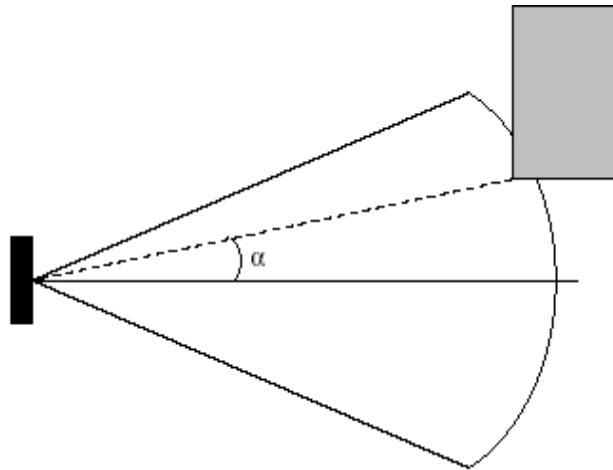
Donde V es la velocidad del sonido en el aire y t es el tiempo transcurrido entre la emisión y recepción del pulso. [2]

2.3.1. Problemas con los sensores ultrasónicos

A pesar de que su funcionamiento parece muy sencillo, existen factores inherentes tanto a los ultrasonidos como al mundo real, que influyen de una forma determinante en las medidas realizadas. Por tanto, es necesario un conocimiento de las diversas fuentes de incertidumbre que afectan a las medidas para poder tratarlas de forma adecuada, minimizando su efecto en el conocimiento del entorno que se desea adquirir. Entre los diversos factores que alteran las lecturas que se realizan con los sensores de ultrasonido cabe destacar: [2]

- El campo de actuación del pulso que se emite desde un transductor de ultrasonido tiene forma cónica. El eco que se recibe como respuesta a la reflexión del sonido indica la presencia del objeto más cercano que se encuentra dentro del cono acústico y no especifica en ningún momento la localización angular del mismo, como se muestra en la figura 12. Aunque la opción de que el objeto detectado esté sobre el eje central del cono acústico, la posibilidad que el eco se haya producido por un objeto presente en la periferia del eje central no es en absoluto despreciable y ha de ser tomada en cuenta y tratada convenientemente.

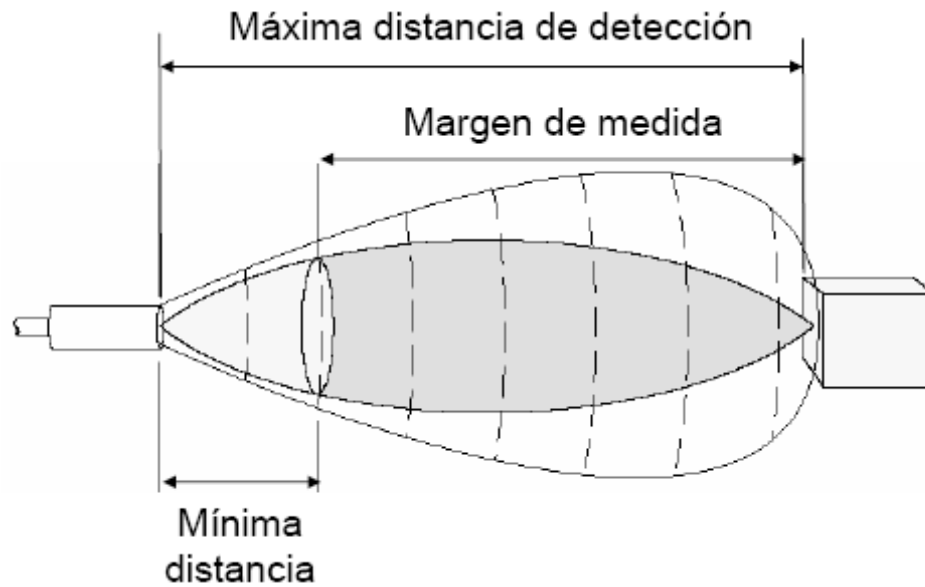
Figura 12: Incertidumbre angular en la medida de un ultrasonido



Fuente: <http://alcabot.org/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>

- La cantidad de energía acústica reflejada por el obstáculo depende en gran medida de la estructura de su superficie. Para obtener una reflexión altamente difusa del obstáculo, el tamaño de las irregularidades sobre la superficie reflectora debe ser comparable a la longitud de onda de la onda de ultrasonido incidente. [2]
- En los sensores de ultrasónicos de bajo coste se utiliza el mismo transductor como emisor y receptor. Tras la emisión del ultrasonido se espera un determinado tiempo a que las vibraciones en el sensor desaparezcan y esté preparado para recibir el eco producido por el obstáculo. Esto implica que existe una distancia mínima d (proporcional al tiempo de relajación del transductor) a partir de la cual el sensor mide con precisión. Por lo general, todos los objetos que se encuentren por debajo de esta distancia, d , serán interpretados por el sistema como que están a una distancia igual a la distancia mínima, como se muestra en la figura 13. [2]

Figura 13: Márgenes de detección de un sensor de ultrasonidos



Fuente: <http://alcabot.org/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>

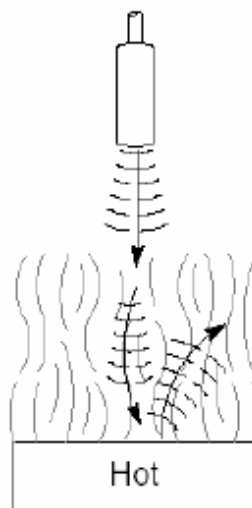
Los factores ambientales tienen una gran repercusión sobre las medidas ya que las ondas de ultrasonido se mueven por un medio material que es el aire. [2]

La densidad del aire depende de la temperatura, influyendo este factor sobre la velocidad de propagación de la onda según la expresión: [2]

$$V_s = V_{s0} \sqrt{1 + \frac{T}{273}}$$

Siendo V_{so} la velocidad de propagación de la onda sonora a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, y T la temperatura absoluta (grados Kelvin). [2]

Figura 14: Perturbación de señales de ultrasonido por la temperatura

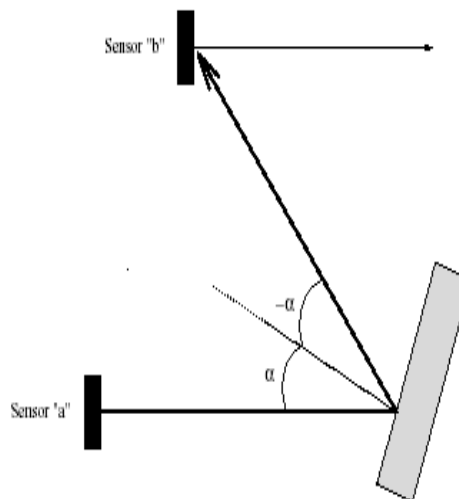


Fuente: <http://alcabot.org/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>

Un factor de error muy común es el conocido como falsos ecos. Estos falsos ecos se pueden producir por razones diferentes: Puede darse el caso en que la onda emitida por el transductor se refleje varias veces en diversas superficies antes de que vuelva a incidir en el transductor (si es que incide). Este fenómeno, conocido como reflexiones múltiples, implica que la lectura del sensor evidencia la presencia de un obstáculo a una distancia proporcional al tiempo transcurrido en el viaje de la onda; es decir, una distancia mucho mayor que a la que está en realidad el obstáculo más cercano, que pudo producir la primera reflexión de la onda. [2]

Otra fuente más común de falsos ecos, conocida como crosstalk, se produce cuando se emplea un cinturón de ultrasonidos donde una serie de sensores están trabajando al mismo tiempo. En este caso puede ocurrir (y ocurre con una frecuencia relativamente alta) que un sensor emita un pulso y sea recibido por otro sensor que estuviese esperando el eco del pulso que él había enviado con anterioridad (o viceversa), lo cual se muestra en la figura 15. [2]

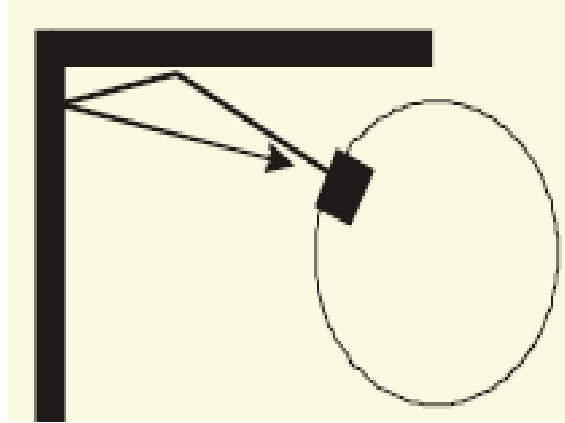
Figura 15: Reflexión de la señal



Fuente: <http://alcabot.org/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>

Las ondas de ultrasonido obedecen a las leyes de reflexión de las ondas, por lo que una onda de ultrasonido tiene el mismo ángulo de incidencia y reflexión respecto a la normal a la superficie. Esto implica que si la orientación relativa de la superficie reflectora con respecto al eje del sensor de ultrasonido es mayor que un cierto umbral, el sensor nunca reciba el pulso de sonido que emitió.

Figura 16: reflexión y Ángulo de incidencia de un ultrasonido



Fuente: <http://alcabot.org/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>

CAPITULO 3. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. SELECCIÓN DE SENSOR

Para escoger el sensor del dispositivo, es necesario tener en cuenta, primero la distancia a analizar, el costo y la facilidad de operación.

Para la selección, se tuvieron en cuenta algunos sensores por infrarrojo tales como el robonova S300486 que mide la distancia hasta los objetos mediante un haz infrarrojo. Este sensor mide las distancias de forma continua en un rango de 10 a 80 cm y devuelve una señal analógica en proporción a la distancia medida. Otro que se tuvo en cuenta fue el IRPD 2.1 de Lynxmotion el cual también es un detector de obstáculos por infrarrojos, permite al usuario hacer una navegación básica evitando los obstáculos. El circuito del IRPD, utiliza dos emisores de infrarrojos modulados y un receptor de IR amplificado, que permite captar las señales reflejadas por los objetos a una distancia de entre 20 y 65 cm. Por lo anterior, la utilización de infrarrojos no se hizo posible debido a su corto alcance, tienen problemas con la luz solar haciendo que el circuito pierda el control o simplemente no sense el objeto. Por ello se tuvo en cuenta en conseguir para el proyecto un sensor de ultrasonidos.

En la Tabla 1 se muestran las características de los diferentes sensores que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del dispositivo.

Tabla 1. Características de los sensores

| MODELO DEL SENSOR | FABRICANTE | DISTANCIA (cm) | TIPO | COSTO | CONSUMO |
|-------------------|------------|----------------|-------------|--------|---------|
| S300486 | ROBONOVA | 10 A 80 | INFRARROJO | | |
| IRPD 2.1 | LINXMOTION | 20 A 65 | INFRARROJO | | |
| SRF04 | DEVANTECH | 3 A 200 | ULTRASÓNICO | 63800 | 30mA |
| SRF08 | DEVANTECH | 3 A 600 | ULTRASÓNICO | 179800 | 15mA |
| SRF05 | DEVANTECH | 1,7 A 400 | ULTRASÓNICO | 87000 | 4mA |

Fuente: Autor

Los sensores de ultrasonido son los más económicos, fáciles de manipular y pueden detectar objetos en el orden de los metros sin necesidad de algún filtro o adaptación especial.

Figura 17: Sensor de distancias por ultrasonidos simple



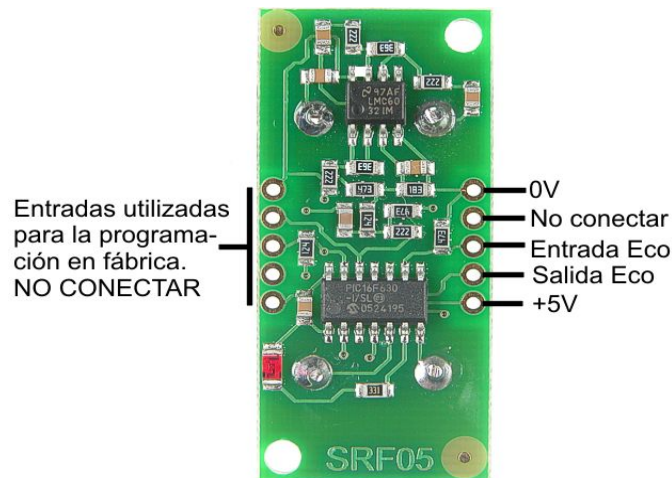
Fuente: <http://www.acroname.com/robotics/parts/R271-SRF05.jpg>

El SRF05, el cual se puede observar en la figura 17, es un sensor de distancias por ultrasonidos desarrollado por la firma DEVANTECH Ltda capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 1,7 a 431 cm. El sensor funciona por ultrasonidos y contiene toda la electrónica encargada de hacer la medición. Su uso es tan sencillo como enviar el pulso de arranque y medir la anchura del pulso de retorno. De muy pequeño tamaño, el sensor se destaca por su bajo consumo, gran precisión y bajo precio.

El sensor SRF05 funciona emitiendo impulsos de ultrasonidos inaudibles para el oído humano. Los impulsos emitidos viajan a la velocidad del sonido hasta alcanzar un objeto, entonces el sonido es reflejado y captado de nuevo por el receptor de ultrasonidos. Lo que hace el controlador incorporado es emitir una ráfaga de impulsos ya continuación empieza a contar el tiempo que tarda en llegar el eco. Este tiempo se traduce en un pulso de eco de anchura proporcional a la distancia a la que se encuentra el objeto.

El diagrama de conexiones se puede observar en la figura 18.

Figura 18: Diagrama de Conexiones SRF05



Fuente: <http://www.superrobotica.com/Images/s320111bbig.jpg>

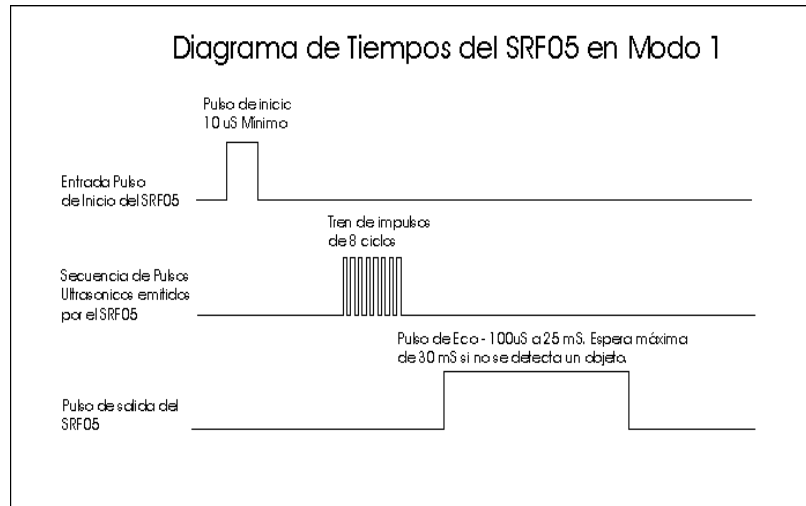
Desde un punto de vista práctico, lo que hay que hacer es mandar una señal de arranque en el pin 3 del SRF05 y después leer el ancho del impulso que proporciona en el pin 2. Externamente se aplica, por parte del usuario, un pulso de disparo o trigger de 10 μ S de duración mínima. Se inicia la secuencia. El módulo transmite un tren de pulsos o “burst” de 8 ciclos a 40KHz. En ese momento la

señal de salida ECO pasa a nivel “1”. Cuando la cápsula receptora recibe la señal transmitida como consecuencia de haber rebotado en un objeto (eco), esta salida pasa de nuevo a nivel “0”. El usuario debe medir la duración del pulso de esta señal, es decir, el tiempo en que la señal eco se mantiene a “1”.

Con objeto de que el módulo se estabilice, se debe dejar un lapsus de tiempo de unos 20ms mínimo entre el momento en que la señal de eco pasa a “0” y un nuevo pulso de disparo que inicie el siguiente ciclo o medida. Esto permite realizar medidas cada 50ms o lo que es igual a 20 medidas por segundo.

La duración del pulso eco de salida varía entre 100 μ s y 25ms, en función de la distancia entre las cápsulas del módulo y el objeto. La velocidad del sonido es de 29,15 μ s/cm que, como realiza un recorrido de ida y vuelta, queda establecida en 58,30 μ s/cm. Así pues el rango mínimo que se puede medir es de 1,7 cm (100 μ s/58) y el máximo de 431 cm (25ms/58). En la figura 19 se muestra el diagrama de tiempos y en la Tabla 2 se puede observar las características técnicas del sensor SRF05.

Figura 19: Diagrama de tiempos del SRF05



Fuente: <http://www.superrobotica.com/S320111.htm> (Diagrama de tiempos del sensor SRF05)

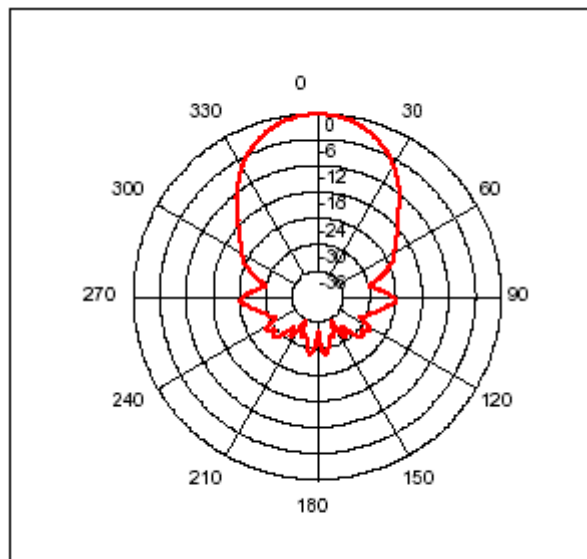
Tabla 2. Características técnicas del sensor SRF05

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|--|-----------------|--------|
| Dimensiones del circuito | 43 x 20 x 17 | mm |
| Tensión de alimentación | 5 | Vcc |
| Frecuencia de trabajo | 40 | KHz |
| Rango máximo | 4 | m |
| Rango mínimo | 1,7 | cm |
| Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL) | 10 | µs |
| Duración del pulso eco de salida (nivel TTL) | 100-25000 | µs |
| Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra | 20 | ms |

Fuente: <http://www.superrobotica.com/S320111.htm>

El patrón del haz del sensor SRF05 es cónico mientras que el ancho del haz es una función del área de la superficie de los transductores y es fijo. El patrón del haz de los transductores utilizados en el SRF05, según la hoja de datos de los fabricantes, es la siguiente mostrado en la figura 20:

Figura 20: Patrón de haz del sensor según distancia



Fuente: <http://www.superrobotica.com/S320111.htm> (Patrón de radiación del sensor SRF05)

Para el proyecto se tuvo en cuenta el SRF04 de la firma DEVANTECH, que hace lo mismo que el SRF05 pero su alcance es más corto, dando su máxima distancia en 2 metros, lo cual no permitía cumplir la distancia requerida para la construcción del dispositivo de detección de obstáculos.

La caracterización del sensor SRF05 se puede observar en el punto 3.4 del documento

3.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS

Teniendo en cuenta las características del sensor SRF05 mencionadas en la parte 3.1 de este documento, es necesario relacionarlas con algunos de los objetivos específicos del proyecto para determinar que componentes se deben utilizar en construcción del dispositivo.

Para la selección de los componentes electrónicos que realizarán la programación lógica del circuito se descartó dispositivos tales como FPGA, debido a su alto costo en el mercado y GAL por el poco conocimiento que se tiene en la programación del mismo. Por lo anterior, se escogió la utilización de un Controlador de Interfaz Periférico o microcontrolador (PIC).

Para escoger la referencia del PIC, se tuvo en cuenta características tales como capacidad de memoria, cantidad de timers, existencia de un oscilador interno, facilidad de programación, y costo. Por lo anterior, el PIC16F628A fue escogido debido a que tiene capacidad de almacenamiento de 2K, posee 3 timers, tiene oscilador interno, tiene 2 comparadores, es programable en lenguaje PICC el cual fue escogido por su facilidad en desarrollar instrucciones de retardo, es económico y es fácil de conseguir en el mercado nacional. En la Tabla 3, se muestran las características de las distintas referencias de PIC que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del circuito.

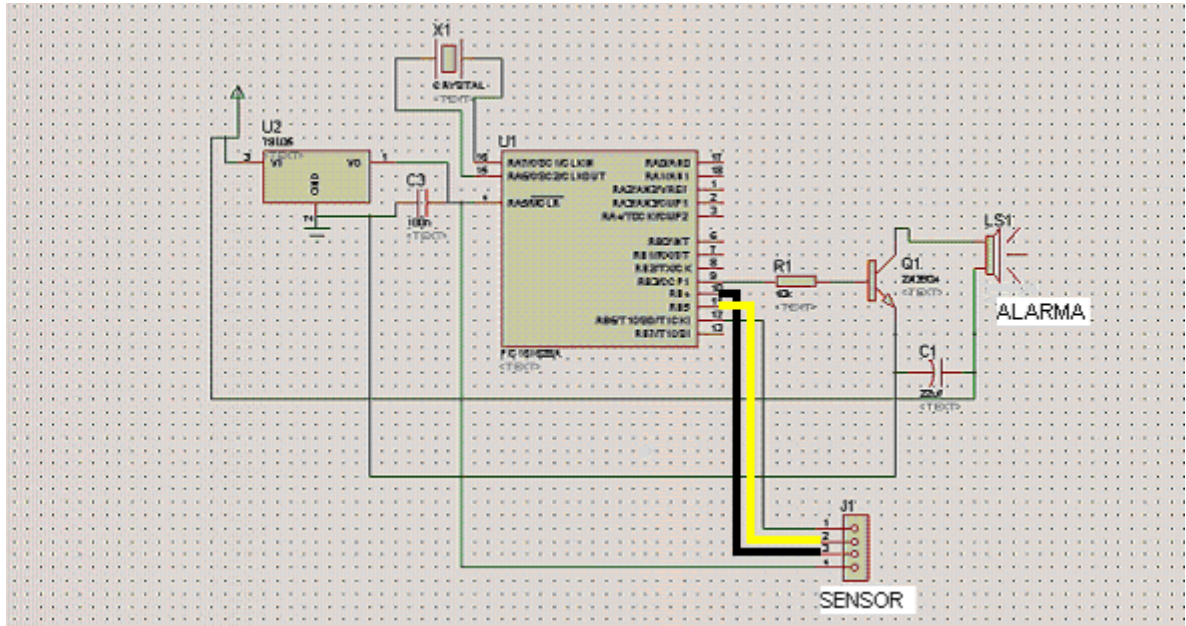
Tabla 3. Características de las distintas referencias de PIC

| | 12C508 | 12F629 | 16F84 | 16F628A | 16F876 |
|-------------------|---------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| ROM | 0,5K | 1K | 1K | 2K | 8K |
| RAM | 25 | 64 | 68 | 224 | 368 |
| EPROM | - | 128 | 64 | 128 | 256 |
| Timers | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| Entradas/Salidas | 6 | 6 | 13 | 16 | 22 |
| Comparadores | - | 1 | - | 2 | 2(*) |
| Ent. Analógicas | - | - | - | - | 5 |
| Puerto serie | - | - | - | 1 | 1 |
| Oscilador interno | Si | Si | No | Si | No |
| Pin | 8 | 8 | 18 | 18 | 28 |

Fuente: Autor

El circuito comprende la alimentación de voltaje del sensor y del pic 16f628a, el envío y recepción de las señales de ultrasonido, la activación de las dos distintas alarmas según la distancia a la que se encuentra el objeto respectivo y el acondicionamiento del sensor y del pic en general. El diseño electrónico circuito se hizo en Proteus Lite, la línea amarilla representa el RX y la línea negra muestra el TX del sensor hacia el microcontrolador (ver Figura 21).

Figura 21: Circuito de detección de obstáculos.



Fuente: Autor

El sensor fue escogido debido a que no necesita un tipo de calibración específica, es decir, es de tipo lineal y se comporta de esta manera con cualquier material, lo anterior se debe a que el sensor en su fabricación posee su propio acondicionamiento de señal. El circuito anterior es alimentado con una pila de 9VDC la cual alimenta el positivo de la alarma y va a un capacitor de 22μF a 16v que actúa como batería o pila de la alarma para que el consumo de este sea mínimo y el sonido no se disipe cuando sea continuo. El voltaje de 9VDC por el lado positivo va a un regulador de voltaje que lo convierte de 9v a 5v, la cual es la alimentación necesaria para activar el sensor y el pic.

Cuando el circuito esta encendido, se escuchan tres sonidos con una duración de 300ms cada uno, y el silencio entre sonidos es de 300ms, también, lo cual significa que la onda que entrará al circuito es de tipo cuadrada y tiene de periodo

600ms. Se hacen las definiciones de los tres diferentes puertos o pines del pic los cuales son: B4 (pin 10), que es el que envía la primera señal a transmitir de ultrasonido, B5 (pin 11), que es el que recibe la señal de ultrasonido devuelta por el objeto y B3 (pin 9), que es el que dispara la alarma respectiva según la distancia obtenida. Los demás puertos del pic no se configuran, ya que no van a ser utilizados.

Después de esto el pic por B5 lo que hace es enviar un señal de arranque en el pin 3 del SRF05 y después lee el ancho del impulso que proporciona en el pin 2. El módulo transmite un tren de pulsos o "burst" de 8 ciclos a 40KHz. En ese momento la señal de salida ECO pasa a nivel "1". Cuando la cápsula receptora recibe la señal transmitida como consecuencia de haber rebotado en un objeto (eco), esta salida pasa de nuevo a nivel "0". El pic debe medir la duración del pulso de esta señal, es decir, el tiempo en que la señal eco se mantiene a "1".

Para que el circuito y el sensor se estabilicen, se debe dejar un lapsus de tiempo de unos 20ms mínimo entre el momento en que la señal de eco pasa a "0" y un nuevo pulso de disparo que inicie el siguiente ciclo o medida.

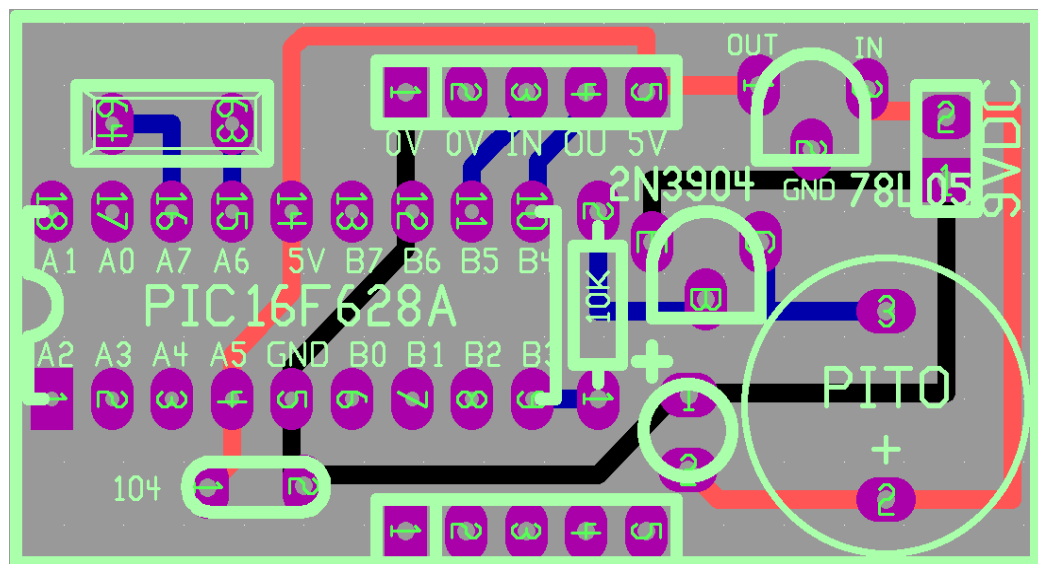
Entonces, cuando la señal es obtenida por B5 en el pic, se toma un valor dado en μs y lo que se hace es un cálculo interno que toma el ancho de pulso que es el valor que trae la señal y lo divide en 58 que es la velocidad del sonido en hacer un recorrido ida y vuelta de la señal, el resultado de esta división es la distancia a la que se encuentra el objeto y esta dada en cms. Al hacer dicha división el pic lo que hace es comparar dicho valor de distancia con el que se necesita para hacer sonar las alarmas entonces si la distancia esta entre 1,7 y 100 centímetros genera

un tipo de alarma y si esta entre 100 y 300 cm genera otra alarma distinta a la anterior, si el valor es mas de 300 cm el sensor vuelve a hacer otra medida.

Para que las respectivas alarmas se generen, y después de la respectiva comparación en el pic, se envía la señal por el pin 9 o B3 y pasa a un transistor 2N3904 bipolar del tipo npn, debidamente configurado que hace las veces de amplificador para activar la alarma. El circuito terminado se puede observar en la Figura 22.

El programa del pic se puede observar en el Anexo A.

Figura 22: Diagrama del circuito en PCB



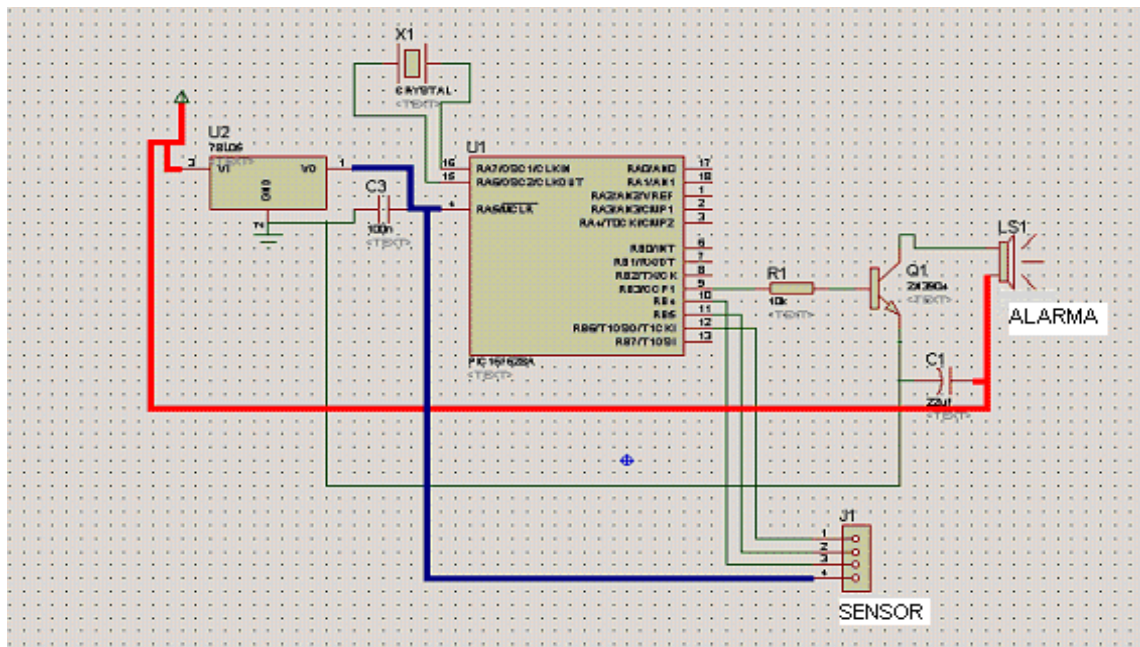
Fuente: Autor

3.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

El sistema de alimentación se diseñó con el objetivo de hacer que el dispositivo sea portátil y que sus piezas cambiables sean fáciles de conseguir en caso de hacer un reemplazo, por eso se eligió como fuente de suministro una pila cuadrada de 9V y de 170mA, la cual es muy fácil de conseguir en el mercado nacional. El consumo del circuito es de 4,75mA, este valor se obtuvo mediante la suma de las cargas de los componentes del circuito y del sensor.

El circuito obtenido en la figura 23, muestra el sistema de alimentación del dispositivo de detección de obstáculos. La línea roja representa 9VDC el cual es obtenido por la pila, y la línea azul representa 5VDC, que es el cambio de voltaje que da el regulador 78L05.

Figura 23: Sistema de alimentación del circuito



Fuente: Autor

El sistema esta diseñado para que funcione con una pila cuadrada de 9 voltios en DC. Este voltaje alimenta la alarma sonora, un capacitor de $22\mu\text{f}$ a 16voltios que actúa como batería de la alarma, para no disipar el sonido si se hace trabajar continuamente, también va a un regulador 78L05 que convierte el voltaje de 9V a 5V, destinado al pic, un sensor y un capacitor de $0,1\mu\text{f}$ que actúa como filtro del voltaje recibido. El negativo de la pila va conectado a la tierra del circuito.

3.4. CARACTERIZACIÓN DEL SENSOR Y DEL DISPOSITIVO FINAL

Con el montaje terminado, es necesario hacer distintas pruebas del dispositivo con diferentes materiales para ver su comportamiento en la detección de objetos.

CONCRETO: Con una pared de 230cm de alto por 60cm de ancho y 15 cm de grosor, se obtuvo:

En la Tabla 3 se muestra diferentes distancias y sus respectivos anchos de pulso en subida y en bajada del respectivo sensor. La distancia es tomada en centímetros y el respectivo ancho de pulso fue tomado en microsegundos.

Tabla 3. Ancho de pulso (μs) según su distancia (cm) en concreto

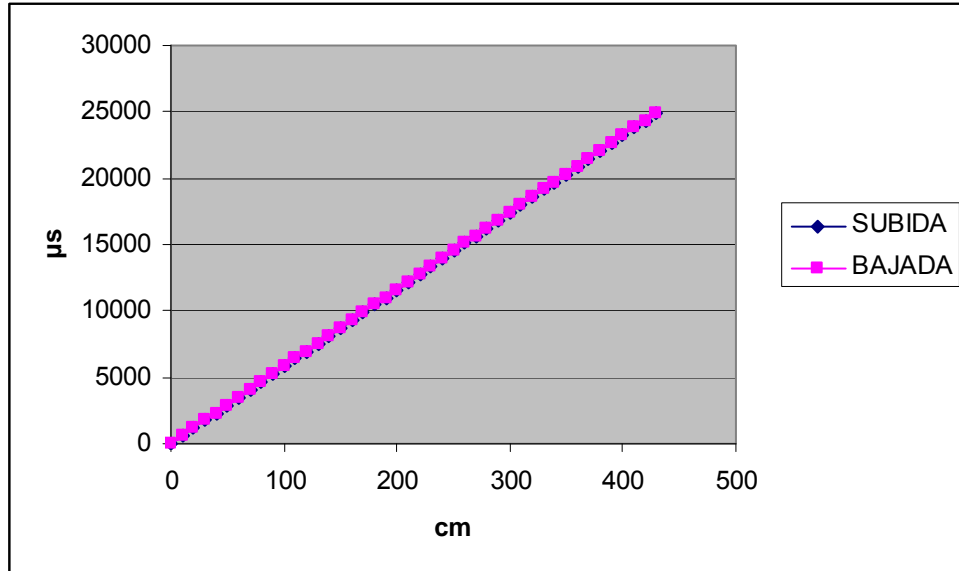
| distancia(cm) | ancho de pulso(μs) | |
|---------------|---------------------------------|-------|
| | SUB | BAJ |
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 580 | 580 |
| 20 | 1160 | 1160 |
| 30 | 1740 | 1740 |
| 40 | 2320 | 2320 |
| 50 | 2900 | 2900 |
| 60 | 3480 | 3480 |
| 70 | 4060 | 4060 |
| 80 | 4640 | 4640 |
| 90 | 5220 | 5220 |
| 100 | 5800 | 5800 |
| 110 | 6380 | 6380 |
| 120 | 6960 | 6960 |
| 130 | 7540 | 7540 |
| 140 | 8120 | 8120 |
| 150 | 8700 | 8700 |
| 160 | 9280 | 9280 |
| 170 | 9860 | 9860 |
| 180 | 10440 | 10440 |
| 190 | 11020 | 11020 |
| 200 | 11600 | 11600 |
| 210 | 12180 | 12180 |
| 220 | 12760 | 12760 |
| 230 | 13340 | 13340 |

| distancia(cm) | ancho de pulso(μ s) | |
|---------------|--------------------------|-------|
| | SUB | BAJ |
| 240 | 13920 | 13920 |
| 250 | 14500 | 14500 |
| 260 | 15080 | 15080 |
| 270 | 15660 | 15660 |
| 280 | 16240 | 16240 |
| 290 | 16820 | 16820 |
| 300 | 17400 | 17400 |
| 310 | 17980 | 17980 |
| 320 | 18560 | 18560 |
| 330 | 19140 | 19140 |
| 340 | 19720 | 19720 |
| 350 | 20300 | 20300 |
| 360 | 20880 | 20880 |
| 370 | 21460 | 21460 |
| 380 | 22040 | 22040 |
| 390 | 22620 | 22620 |
| 400 | 23200 | 23200 |
| 410 | 23780 | 23780 |
| 420 | 24360 | 24360 |
| 430 | 24940 | 24940 |

Fuente: Autor

En la figura 24, se puede observar que el ancho de pulso de subida es el mismo que el de bajada, esto se da gracias a que el sensor utilizado es completamente lineal y a una distancia cualquiera se obtendrá el mismo ancho de pulso en cualquier condición.

Figura 24: Ancho de pulso (μs) vs distancia (cm) en concreto



Fuente: Autor

En la práctica, se midió con un metro la distancia y con un osciloscopio el ancho de pulso, para los valores de 100 y 300 cm, lo cual arroja lo siguiente:

A diferencia del presentado en la Tabla 3, los valores de la Tabla 4 son tomados manualmente y los resultados son muy parecidos al teórico, esto se debe al error de exactitud en la medida de la distancia y en la lectura del ancho de pulso del osciloscopio.

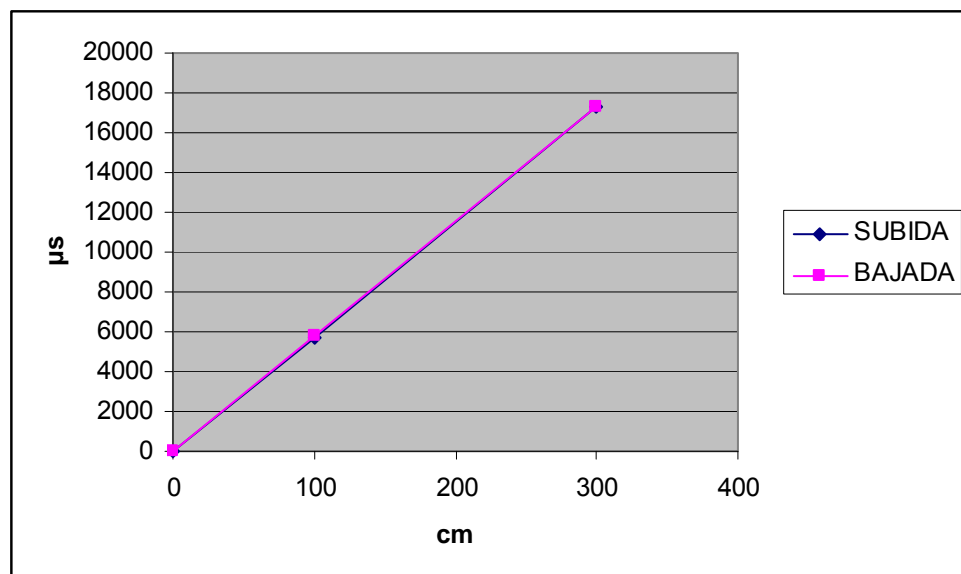
Tabla 4. Lectura ancho de pulso según su distancia, práctica en concreto

| Distancia(cm) | ancho de pulso(μ s) | |
|---------------|--------------------------|-------|
| | SUB | BAJ |
| 0 | 0 | 0 |
| 100(Aprox) | 5740 | 5770 |
| 300(Aprox) | 17340 | 17350 |

Fuente: Autor

En la figura 25 se muestran las curvas del ancho de pulso en subida y en bajada.

Figura 25: Ancho de pulso (μ s) vs distancia (cm) en concreto práctica



Fuente: Autor

MADERA: Con una caneca de madera en forma de cubo de 30 cm de alto 30 cm de ancho, 25 cm de fondo y 3 cm de grosor se obtuvo, teniendo el sensor de frente al obstáculo:

En la Tabla 5 se muestra diferentes distancias y sus respectivos anchos de pulso en subida y en bajada del respectivo sensor. La distancia es tomada en centímetros y el respectivo ancho de pulso fue tomado en microsegundos.

Tabla 5. Ancho de pulso (μs) según su distancia (cm) en madera

| distancia(cm) | ancho de pulso(μs) | |
|---------------|---------------------------------|------|
| | SUB | BAJ |
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 580 | 580 |
| 20 | 1160 | 1160 |
| 30 | 1740 | 1740 |
| 40 | 2320 | 2320 |
| 50 | 2900 | 2900 |
| 60 | 3480 | 3480 |
| 70 | 4060 | 4060 |
| 80 | 4640 | 4640 |
| 90 | 5220 | 5220 |
| 100 | 5800 | 5800 |
| 110 | 6380 | 6380 |
| 120 | 6960 | 6960 |
| 130 | 7540 | 7540 |
| 140 | 8120 | 8120 |
| 150 | 8700 | 8700 |

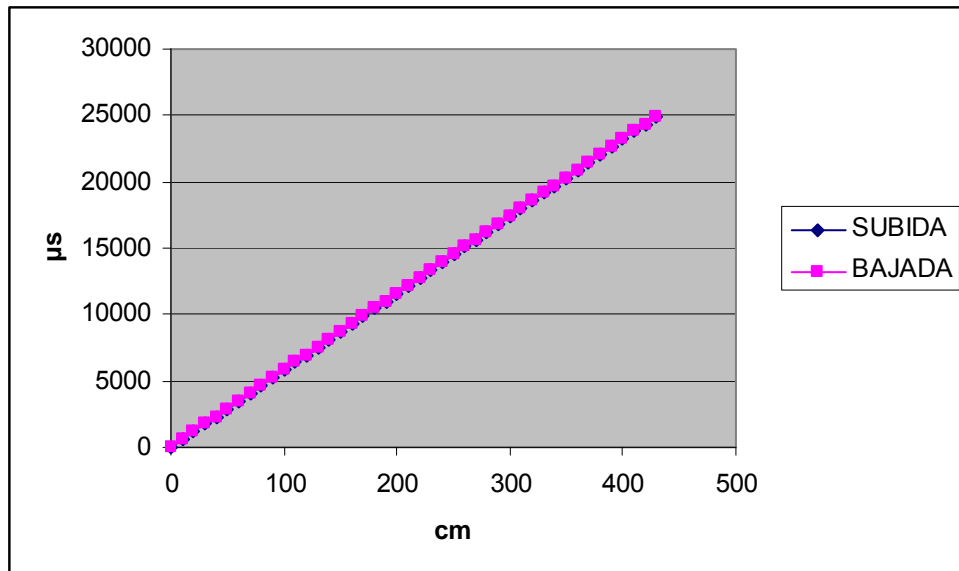
| distancia(cm) | ancho de pulso(μ s) | |
|---------------|--------------------------|-------|
| | SUB | BAJ |
| 160 | 9280 | 9280 |
| 170 | 9860 | 9860 |
| 180 | 10440 | 10440 |
| 190 | 11020 | 11020 |
| 200 | 11600 | 11600 |
| 210 | 12180 | 12180 |
| 220 | 12760 | 12760 |
| 230 | 13340 | 13340 |
| 240 | 13920 | 13920 |
| 250 | 14500 | 14500 |
| 260 | 15080 | 15080 |
| 270 | 15660 | 15660 |
| 280 | 16240 | 16240 |
| 290 | 16820 | 16820 |
| 300 | 17400 | 17400 |
| 310 | 17980 | 17980 |
| 320 | 18560 | 18560 |
| 330 | 19140 | 19140 |
| 340 | 19720 | 19720 |
| 350 | 20300 | 20300 |
| 360 | 20880 | 20880 |
| 370 | 21460 | 21460 |
| 380 | 22040 | 22040 |
| 390 | 22620 | 22620 |
| 400 | 23200 | 23200 |
| 410 | 23780 | 23780 |

| distancia(cm) | ancho de pulso(μ s) | |
|---------------|--------------------------|-------|
| | SUB | BAJ |
| 420 | 24360 | 24360 |
| 430 | 24940 | 24940 |

Fuente: Autor

En la figura 26 se puede observar que el ancho de pulso de subida es el mismo que el de bajada, esto se da gracias a que el sensor utilizado es completamente lineal y a una distancia cualquiera se obtendrá el mismo ancho de pulso en cualquier condición.

Figura 26: Ancho de pulso (μ s) vs. Distancia (cm) en madera



Fuente: Autor

En la práctica, se midió con un metro la distancia y con un osciloscopio el ancho de pulso, para los valores de 100 y 300 cm, lo cual arroja lo siguiente:

Los valores presentados en la Tabla 5, son diferentes a los valores de la Tabla 6 debido a que los últimos son tomados manualmente, es por ello que se debe el error de precisión en la medida de la distancia y en la lectura del ancho de pulso del osciloscopio.

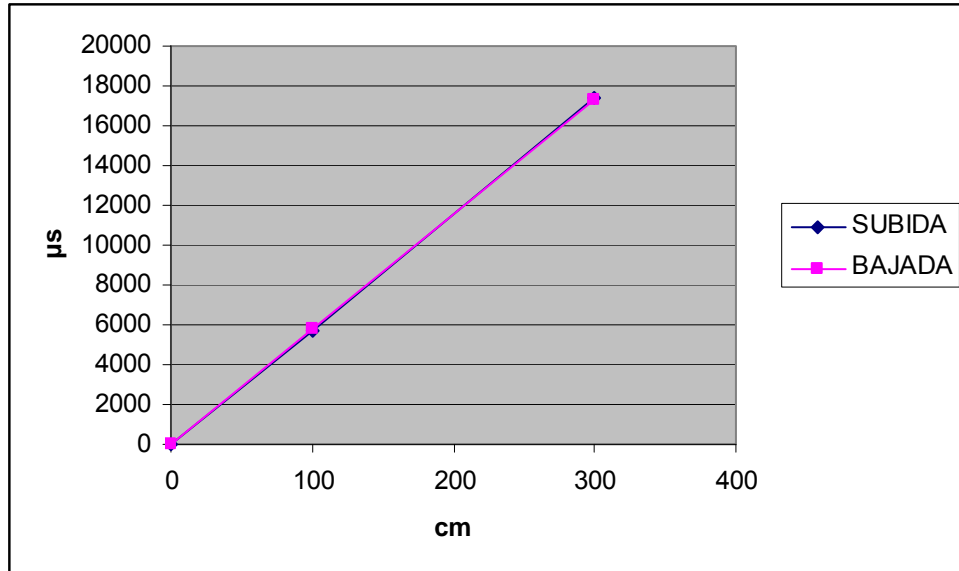
Tabla 6. Lectura ancho de pulso según su distancia, práctica en madera

| Distancia(cm) | ancho de pulso(μ s) | |
|---------------|--------------------------|-------|
| | SUB | BAJ |
| 0 | 0 | 0 |
| 100(Aprox) | 5720 | 5810 |
| 300(Aprox) | 17440 | 17330 |

Fuente: Autor

En la figura 27, se muestran las curvas del ancho de pulso en subida y en bajada.

Figura 27: Ancho de pulso (μs) VS distancia (cm) práctica en madera



Fuente: Autor

VIDRIO: En una ventana de 75cm de alto por 80 cm de ancho, de grosor desconocido se obtuvo, teniendo el sensor de frente al obstáculo:

En la Tabla 7 se muestran diferentes distancias y sus respectivos anchos de pulso en subida y en bajada del respectivo sensor. La distancia es tomada en centímetros y el respectivo ancho de pulso fue tomado en microsegundos.

Tabla 7. Ancho de pulso (μs) según su distancia (cm) en vidrio

| distancia(cm) | ancho de pulso(μs) | |
|---------------|---------------------------------|------|
| | SUB | BAJ |
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 580 | 580 |
| 20 | 1160 | 1160 |

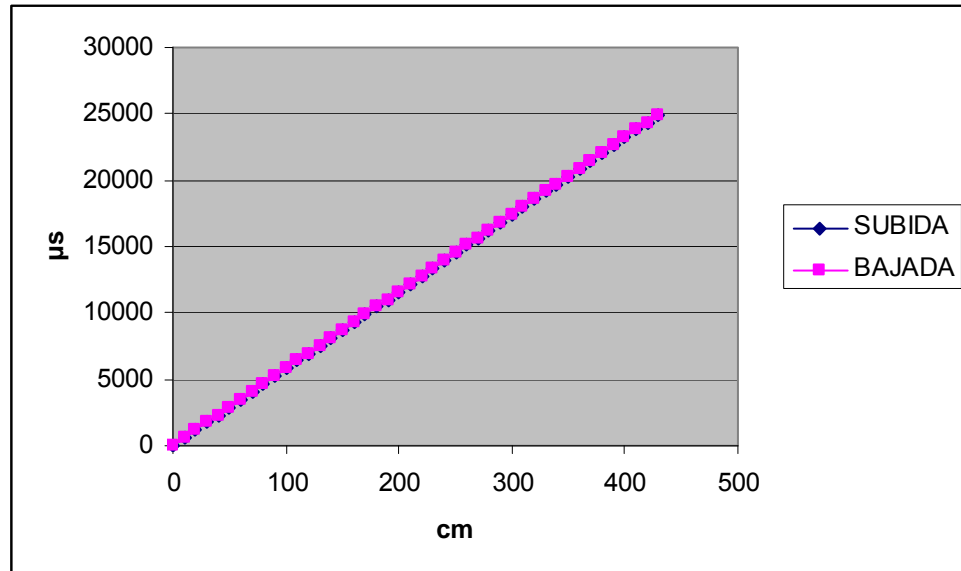
| distancia(cm) | ancho de pulso(μ s) | |
|---------------|--------------------------|-------|
| | SUB | BAJ |
| 30 | 1740 | 1740 |
| 40 | 2320 | 2320 |
| 50 | 2900 | 2900 |
| 60 | 3480 | 3480 |
| 70 | 4060 | 4060 |
| 80 | 4640 | 4640 |
| 90 | 5220 | 5220 |
| 100 | 5800 | 5800 |
| 110 | 6380 | 6380 |
| 120 | 6960 | 6960 |
| 130 | 7540 | 7540 |
| 140 | 8120 | 8120 |
| 150 | 8700 | 8700 |
| 160 | 9280 | 9280 |
| 170 | 9860 | 9860 |
| 180 | 10440 | 10440 |
| 190 | 11020 | 11020 |
| 200 | 11600 | 11600 |
| 210 | 12180 | 12180 |
| 220 | 12760 | 12760 |
| 230 | 13340 | 13340 |
| 240 | 13920 | 13920 |
| 250 | 14500 | 14500 |
| 260 | 15080 | 15080 |
| 270 | 15660 | 15660 |
| 280 | 16240 | 16240 |

| distancia(cm) | Ancho de pulso(μ s) | |
|---------------|--------------------------|-------|
| | SUB | BAJ |
| 290 | 16820 | 16820 |
| 300 | 17400 | 17400 |
| 310 | 17980 | 17980 |
| 320 | 18560 | 18560 |
| 330 | 19140 | 19140 |
| 340 | 19720 | 19720 |
| 350 | 20300 | 20300 |
| 360 | 20880 | 20880 |
| 370 | 21460 | 21460 |
| 380 | 22040 | 22040 |
| 390 | 22620 | 22620 |
| 400 | 23200 | 23200 |
| 410 | 23780 | 23780 |
| 420 | 24360 | 24360 |
| 430 | 24940 | 24940 |

Fuente: Autor

En la figura 28 se observa que el ancho de pulso de subida es el mismo que el de bajada, esto se debe a que el sensor utilizado tiene su propio acondicionamiento de fabricación, lo que quiere decir que es completamente lineal y a una distancia cualquiera se obtendrá el mismo ancho de pulso en cualquier condición.

Figura 28: Ancho de pulso (μs) vs. Distancia (cm) en vidrio



Fuente: Autor

En la práctica, se midió con un metro la distancia y con un osciloscopio el ancho de pulso, para los valores de 100 y 300 cm, lo cual arroja lo siguiente:

A diferencia del presentado en la Tabla 7, los valores de la Tabla 8 son tomados manualmente y los resultados son muy parecidos al teórico, esto se debe al error de precisión en la medida de la distancia y en la lectura del ancho de pulso del osciloscopio.

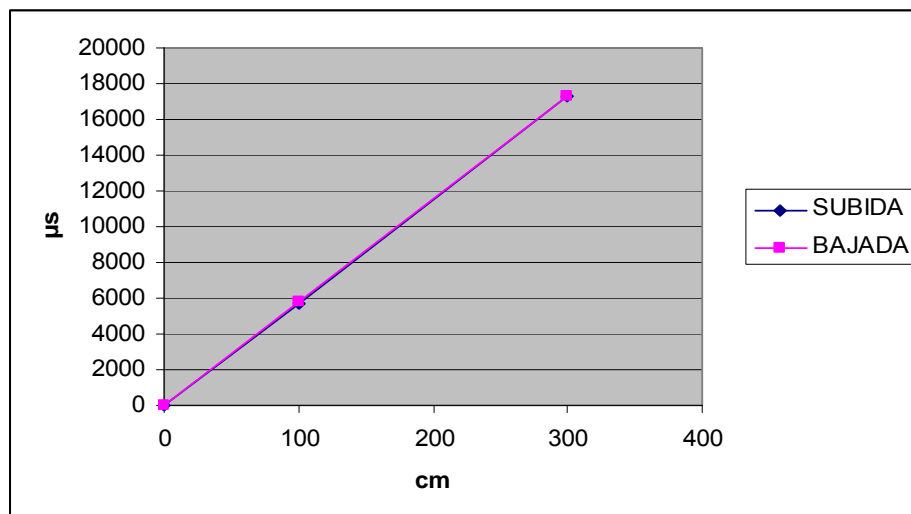
Tabla 8. Lectura ancho de pulso según su distancia, practica en vidrio

| distancia(cm) | ancho de pulso(μ s) | |
|---------------|--------------------------|-------|
| | SUB | BAJ |
| 0 | 0 | 0 |
| 100(Aprox) | 5740 | 5770 |
| 300(Aprox) | 17340 | 17350 |

Fuente: Autor

En la figura 29 se muestran las curvas del ancho de pulso en subida y en bajada.

Figura 29: Ancho de pulso (μ s) VS distancia (cm) práctica en vidrio



Fuente: Autor

PLÁSTICO: Con un bote de basura plástico de altura 28cm y con un radio de 12cm de forma cónica se obtuvo, teniendo el sensor de frente al obstáculo:

En la Tabla 9 se muestra diferentes distancias y sus respectivos anchos de pulso en subida y en bajada del respectivo sensor. La distancia es tomada en centímetros y el respectivo ancho de pulso fue tomado en microsegundos

Tabla 9. Lectura Ancho de pulso (μs) según su distancia (cm)

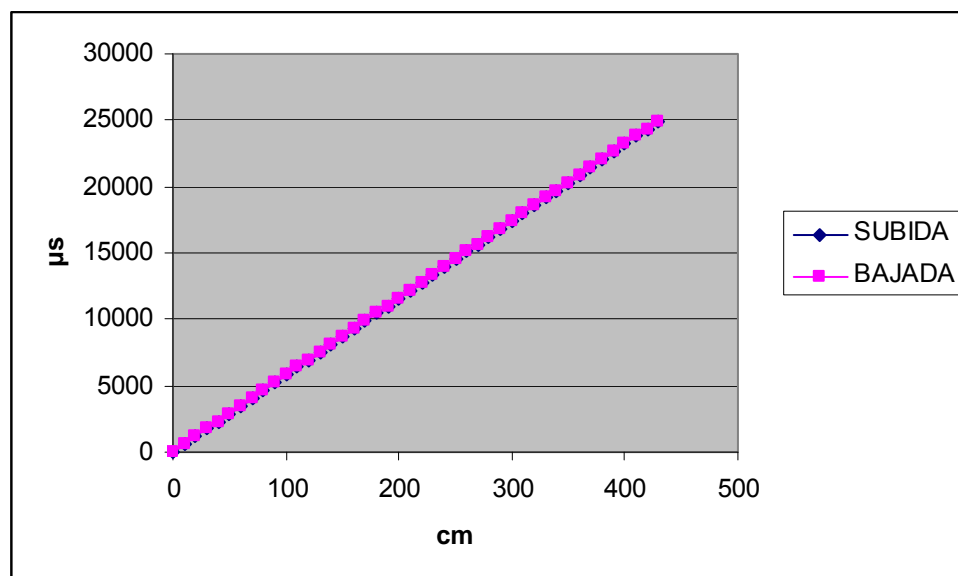
| distancia(cm) | ancho de pulso(μs) | |
|---------------|---------------------------------|------|
| | SUB | BAJ |
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 580 | 580 |
| 20 | 1160 | 1160 |
| 30 | 1740 | 1740 |
| 40 | 2320 | 2320 |
| 50 | 2900 | 2900 |
| 60 | 3480 | 3480 |
| 70 | 4060 | 4060 |
| 80 | 4640 | 4640 |
| 90 | 5220 | 5220 |
| 100 | 5800 | 5800 |
| 110 | 6380 | 6380 |
| 120 | 6960 | 6960 |
| 130 | 7540 | 7540 |
| 140 | 8120 | 8120 |
| 150 | 8700 | 8700 |
| 160 | 9280 | 9280 |
| 170 | 9860 | 9860 |

| | | |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 180 | 10440 | 10440 |
| distancia(cm) | ancho de pulso(μ s) SUB | ancho de pulso(μ s) BAJ |
| 190 | 11020 | 11020 |
| 200 | 11600 | 11600 |
| 210 | 12180 | 12180 |
| 220 | 12760 | 12760 |
| 230 | 13340 | 13340 |
| 240 | 13920 | 13920 |
| 250 | 14500 | 14500 |
| 260 | 15080 | 15080 |
| 270 | 15660 | 15660 |
| 280 | 16240 | 16240 |
| 290 | 16820 | 16820 |
| 300 | 17400 | 17400 |
| 310 | 17980 | 17980 |
| 320 | 18560 | 18560 |
| 330 | 19140 | 19140 |
| 340 | 19720 | 19720 |
| 350 | 20300 | 20300 |
| 360 | 20880 | 20880 |
| 370 | 21460 | 21460 |
| 380 | 22040 | 22040 |
| 390 | 22620 | 22620 |
| 400 | 23200 | 23200 |
| 410 | 23780 | 23780 |
| 420 | 24360 | 24360 |
| 430 | 24940 | 24940 |

Fuente: Autor

En la figura 29 se puede observar que el ancho de pulso de subida es el mismo que el de bajada, esto se da gracias a que el sensor utilizado es completamente lineal y a una distancia cualquiera se obtendrá el mismo ancho de pulso en cualquier condición.

Figura 29: Ancho de pulso (μs) vs. Distancia (cm)



Fuente: Autor

En la práctica, se midió con un metro la distancia y con un osciloscopio el ancho de pulso, para los valores de 100 y 300 cm, lo cual arroja lo siguiente:

A diferencia del presentado en la Tabla 9, los valores de la Tabla 10 son tomados manualmente y los resultados son muy parecidos al teórico, esto se debe al error

de precisión en la medida de la distancia y en la lectura del ancho de pulso del osciloscopio.

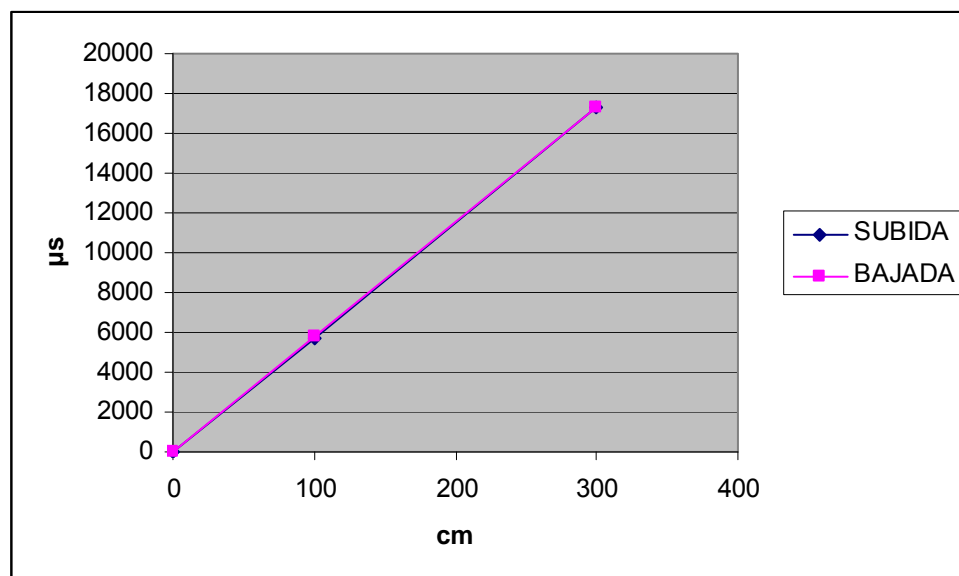
Tabla 10. Lectura ancho de pulso según su distancia, práctica en plástico

| distancia(cm) | ancho de pulso(μ s) | |
|---------------|--------------------------|-------|
| | SUB | BAJ |
| 0 | 0 | 0 |
| 100(Aprox) | 5740 | 5770 |
| 300(Aprox) | 17340 | 17350 |

Fuente: Autor

En la figura 30 se muestran las curvas del ancho de pulso en subida y en bajada.

Figura 30: Ancho de pulso (μ s) VS distancia (cm), práctica en plástico



Fuente: Autor

Para hacer las medidas anteriores, se escogió un decámetro de 5 metros para tomar la distancia entre el sensor y el obstáculo y un osciloscopio de marca para obtener el ancho de pulso, el cual fue tomado entre el pin 11 (B5) y tierra del pic 16f628A.

3.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALOJAMIENTO Y TRANSPORTE DEL DISPOSITIVO

El dispositivo comprende el soporte, la tapa lateral izquierda, la tapa lateral derecha, la tapa frontal, el clip, además, el conjunto total del dispositivo de alojamiento. El dispositivo se diseña en acrílico cuyo espesor es de 2mm, debido a que este material tiene buena textura, no es pesado, es rígido, es cómodo y es fácil de conseguir en el mercado nacional. La tapa de soporte se diseñó específicamente para acomodar el sensor con el circuito, el switch y la pila de alimentación; además, un orificio en la parte frontal le permite al sensor detectar el obstáculo; tiene básicamente dos superficies curvas de 8.50 mm cada una, cortadas en un solo óvalo con una longitud de 40 mm, distancia suficiente para que los casquillos del sensor encajen. Tiene dos láminas, una de 49 mm por 28 mm y otra de 28 mm por 25 mm, las cuales están juntas para acomodar el sensor. Otra lamina de 54 mm por 25 mm que alojará la pila. El espacio hacia la izquierda de 8 mm se deja con el fin de pasar los cables de conexión entre el sensor, la pila y el switch. También, el espacio entre las láminas que sostienen el sensor y la pila, el cual es de 10 mm, se deja para que el switch o pulsador pueda alojarse ahí. La tapa de soporte contempla también las tapas superior e inferior del dispositivo haciendo entre ellas una sola lámina de acrílico con sus respectivos dobleces.

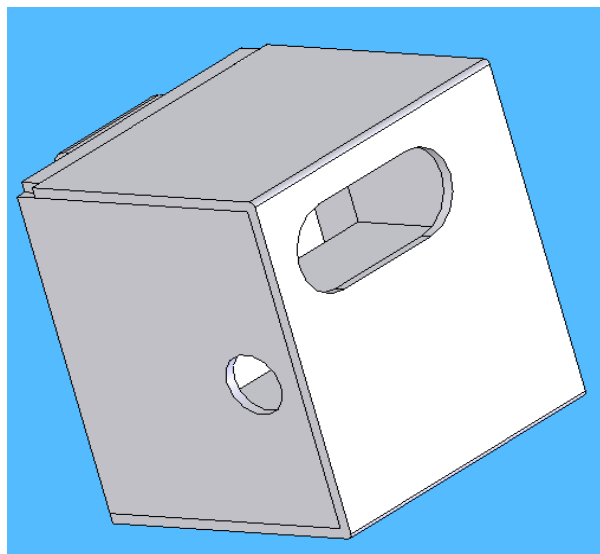
El dispositivo tiene dos tapas laterales, una izquierda de 51 mm por 63 mm y otra derecha con las mismas dimensiones de la anterior pero con un orificio de 12mm de diámetro. Ambas tapas poseen dos guías de 10 mm por 63 mm con una

separación de 2 mm entre cada guía para que la tapa frontal pueda alojarse en dichos espacios cerrando el cubo.

La tapa frontal tiene un dimensionamiento de 65mm por 58mm, en la parte superior tiene un borde de 2mm por 58mm y en el centro tiene el clip pegado que es el que permitirá al usuario transportar el dispositivo. El clip tiene la parte de sujeción con dimensiones de 25mm por 57mm y un espacio de 2mm entre las solapas, suficiente para que el dispositivo no se gire o quede de lado afectando el funcionamiento del sistema. Las propiedades físico-químicas del acrílico se pueden observar en el anexo D

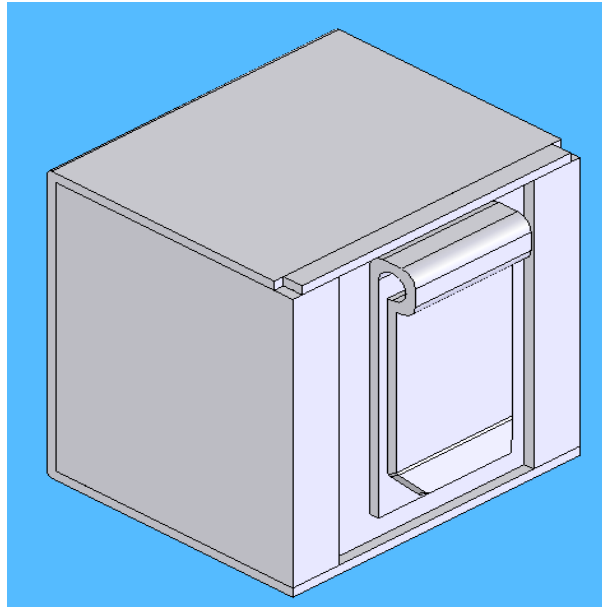
A continuación en las figuras 31 y 32 se muestra las vistas del conjunto en general:

Figura 31: Vista isométrica del sistema de alojamiento y transporte



Fuente: Autor

Figura 32: Vista posterior del sistema de alojamiento y transporte



Fuente: Autor

En el anexo B se pueden observar los planos del sistema de alojamiento y transporte

CONCLUSIONES

- El dispositivo de detección de obstáculos tiene un comportamiento lineal, gracias al sensor escogido, esto significa que a una distancia cualquiera el puede detectar un obstáculo de diferentes materiales, tales como concreto, plástico, vidrio, madera, metal.
- Las alarmas del detector previenen continuamente la presencia de varios obstáculos por medio de alarmas sonoras que son de alta intensidad, debido a esto es recomendable utilizar avisos vibratorios para evitar la anomalía en la deambulaci3n de los dem3s transeúntes.
- El dispositivo se debe alojar en la cintura, en forma frontal, de esta forma se puede aprovechar el rango del dispositivo para la detecci3n de obstáculos en las distancias propuestas. En caso de un alojamiento diferente al propuesto no cumpliría el objetivo específico planteado.
- El sensor al comportarse de una forma lineal, tiene el mismo ancho de pulso tanto de subida como de bajada, ya que su principio de funcionamiento se basa en enviar un ancho de pulso segú n su distancia, lo cual indica que para una distancia cualquiera, el ancho de pulso ser3 el mismo se acerque o se aleje el sensor del obstáculo. Otra cosa muy importante es que las gr3ficas de la histéresis no se tiene en cuenta el voltaje, debido a que este pasa de 0 a 5V cuando detecta el obstáculo y mantiene el voltaje mientras este siga siendo detectado, lo que quiere decir que para el cambio de distancia no cambia el voltaje, ú nicamente cambia cuando el objeto deje de ser detectado.

- Las mediciones del ancho de pulso y de la distancia que se hicieron manualmente para cada tipo de material, tienen un comportamiento parecido a las tablas iniciales, se hicieron únicamente dos mediciones por material en las distancias de 100 y 300 puesto era de interés del autor saber si el dispositivo generaba la alarma en la distancia mencionada, además, debido a la dificultad de mover el osciloscopio en la medición no se tomaron más datos.

BIBLIOGRAFIA

BOYLESTAD, Robert L. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. Octava edición. Mexico: Pearson, 2003, 1020 p. (Biblioteca Universidad de La Salle; no. 621.381 B792e 8ed.)

COUGHLIN, Robert F. Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. Quinta edición. México: Prentice Hall, 1999, 518 p. (Biblioteca Universidad de La Salle; no. 970-17-0267-0)

PALLAS ARENY, Ramón. Sensores y acondicionadores de señal. Tercera edición. Mexico: Alfaomega, 2001. 480 p. (Biblioteca Universidad de La Salle; no. 621.3678 P164s 3ed) [1]

BLITZ, Jack. Fundamentos de los ultrasonidos. Primera edición. Madrid: Editorial Alhambra, 2000. 292 p. (Biblioteca Universidad de La Salle; no. 534.55/B649f)

<http://www.superrobotica.com/S320111.htm>

<http://www.mecanicavirtual.org/sensores1-ultrasonidos.htm>

http://www.enconor.com/ficheros/Caracteristicasdel_sensor_de_proximidad.doc

<http://alcabot.org/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf> [2]

ANEXO A

```

#include <16F628A.h> //abrir librería del pic 16f628a
#fuses HS,noWDT,PROTECT,PUT,NOLVP,NOBROWNOUT,NOMCLR
#use delay(clock=2000000) //reloj en 20mhz
#users232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_B2,rcv=PIN_B1,bits=8,errors)
//parámetros para utilizar comunicación rs232 que es la comunicación que se
utilizara entre el pic y el sensor
#priority TIMER2,TIMER1 //Tiene mas relevancia el timer2 porque es el que
inicializa el circuito
#define in_eco PIN_B4 // definir pin B4 como entrada de la señal al pic
#define out_eco PIN_B5 // definir PIN B5 como salida de la señal que se
dispone luego a medir o sensar la distancia del obstáculo
#define pito PIN_B3 // define el pin B3 como salida de la señal hacia la
reproducción de la alarma respectiva

int1 calcular_S,alto; //declaración de variables
int16 u_seconds,copy;
float distancia;

#int_TIMER2 //definición de TIMER2 que se activara con un retardo de 20us
para realizar su tarea
TIMER2_isr()
{
    u_seconds+=20;
}

#int_TIMER1 //definición de TIMER1 que es el que activara las alarmas
TIMER1_isr()
{
    if(alto==0) //si alto es igual a 0

```

```

{
    output_high(pito); //entonces active el pito y ponga alto en 1
    alto=1;
}
else //sino
{
    output_low(pito); //no active el pito y coloque alto en 0
    alto=0;
}
}

```

```

void reta(int ciclo);

```

```

#ZERO_RAM //instrucción para limpiar la ram del pic cada vez que termine un
ciclo

```

```

void main() //desarrollo del programa

```

```

{

```

```

    int1 view_public=1,ver_men; //declaración de variables
    int8 i;

```

```

    output_low( out_eco); //poner en 0 el eco de salida, es decir no hacer
escaneo

```

```

    for(i=0;i<=2;i++) //para 3 ocasiones haga lo siguiente

```

```

    {

```

```

        output_high(pito); //ponga el pito en alto, es decir actívelo con un retardo
de 300ms

```

```

        delay_ms(300);

```

```

    output_low(pito); //ponga el pito en bajo es decir apáguelo por 300ms,
para así hacer entender al sistema que la entrada es una onda cuadrada
    delay_ms(300);
}
enable_interrupts(INT_TIMER1); //active interruptor o el pin que contiene el
timer1
setup_timer_2(T2_DIV_BY_1,9,10);// Para el timer 2, divida el periodo
interno del microcontrolador, esto con el fin d e hacer un retardo para que
empiece inmediatamente después de timer 1
enable_interrupts(INT_TIMER2); //active interrupciones del timer 2
enable_interrupts(GLOBAL);//active interrupciones globales

do
{
    output_high( out_eco); //haga que se active el eco con una demora de 20
us y después apague
    delay_us(20);
    output_low( out_eco);

    while (!input(in_eco));//si eco es igual a 5 voltios que es cuando encuentra
un obstáculo entonces
    u_seconds=0; //ponga microsegundos en 0, es decir, empiece desde 0
    while (input(in_eco)); //mientras haya obstáculo
    copy=u_seconds; //reemplace los microsegundos en los cuales el
dispositivo se demora al encontrar el obstáculo y póngalo en una variable copy
    disable_interrupts(INT_TIMER2); //desactive el TIMER2

    distancia=(float)copy/58; //ahora mediante esta formula, obtenemos la
distancia en centímetros, la cual se obtiene por la división del ancho de pulso
sobre la velocidad del sonido dada en centímetros sobre microsegundos. El
resultado se dará en centímetros

```

if(distancia<=100) //después de haber hecho esta división, si la distancia es menor o igual a 100cm

setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8);//524ms //haga que timer 1 se active con una frecuencia, dividiendo el periodo interno del microcontrolador sobre 8, esto con el fin de hacer que los pitidos suenen mas rápido

else if(distancia<=300) sino, si distancia es menor o igual a 300cm

setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_4);//524ms //haga que timer 1 se active con una frecuencia, dividiendo el periodo interno del microcontrolador sobre 4, para que se haga mas lento que el anterior

else

{

setup_timer_1(T1_DISABLED); //haga que timer 1 se desactive, ponga en 0 el pito es decir no conduce nada y ponga alto en 0

output_low(pito);

alto=0;

}

distancia=0; //ponga los valores de copy y distancia en 0 en un retardo de 600ms

copy=0;

delay_ms(600);

enable_interrupts(INT_TIMER2); //active timer 2

}while(true); //mientras lo anterior se cumpla

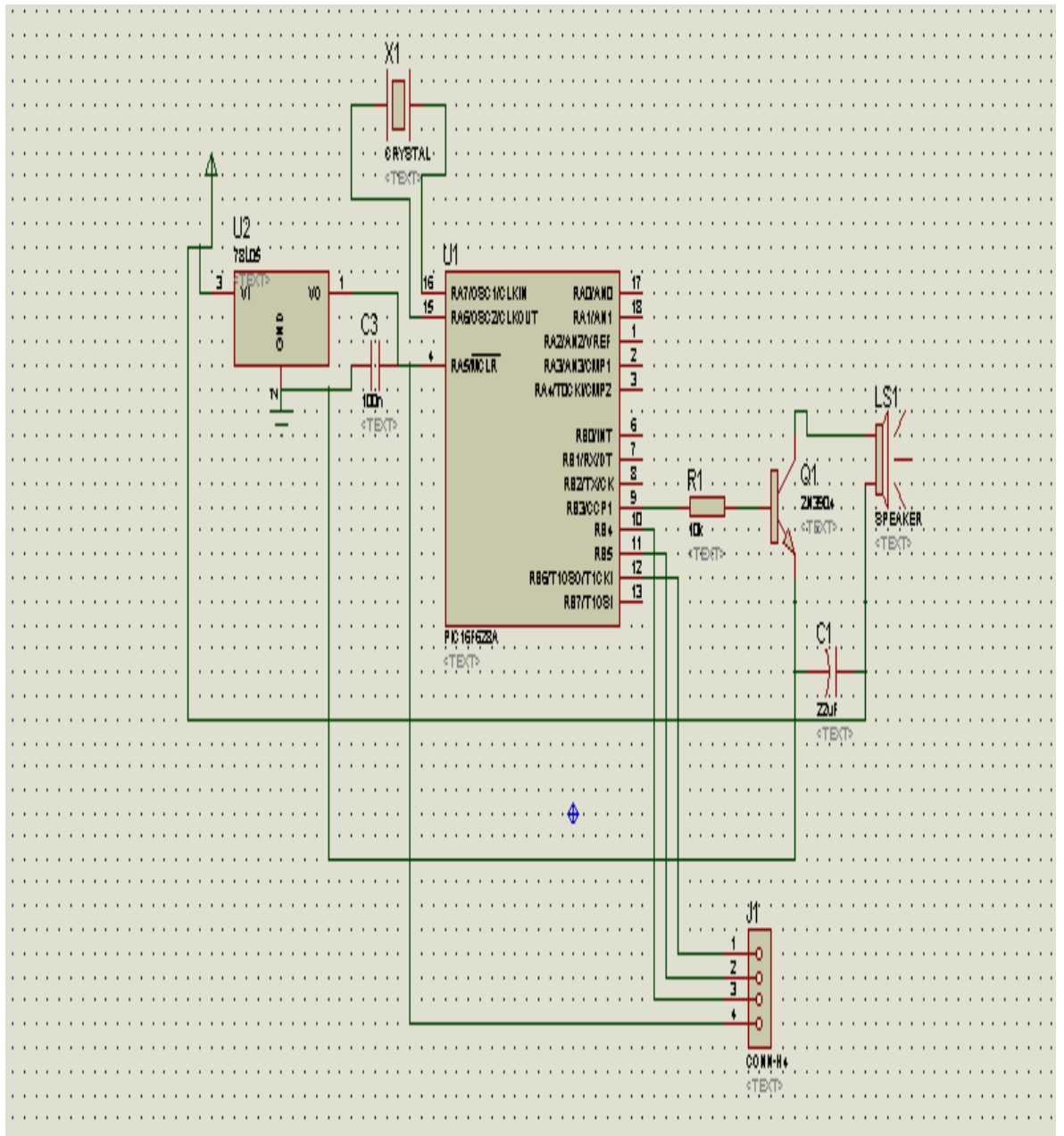
}

void reta(int ciclo) //vuelva y repita el ciclo cuantas veces sea necesario con una demora de 90ms entre ciclo y ciclo.


```
{  
  int syrc;  
  
  for(syrc=0;syrc<ciclo;++syrc)  
    delay_ms(90);  
}
```

ANEXO B

ANEXO C



ANEXO D

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Resistencia a la intemperie

Los acrílicos pueden estar expuestos a la intemperie por largos períodos de tiempo y no demuestran cambios significativos en color o propiedades físicas.

Ópticas

La transmisión de luz visible es del 92%, siendo igual a la del vidrio óptico.

Resistencia al Impacto

Para uso general una resistencia de 0.2 a 0.5 Libra-pie/pulgada, aproximadamente 6 veces mayor a la del vidrio.

Resistencia a Químicos

Es resistente al agua, álcalis, ácidos diluidos, ésteres simples, hidrocarburos alifáticos, pero no se recomienda para disolventes orgánicos, acetonas, hidrocarburos clorados y aromáticos.

Aislamiento Eléctrico

Tiene buenas propiedades aislantes y resistencia al paso de corriente.

Propiedades Térmicas

La temperatura de deflexión varía de 72 a 100 grados centígrados con una temperatura de servicio típica de 80 grados centígrados, es 20% mejor aislante que el vidrio.

Ligereza

Peso específico de 1.19 gr/cm cúbico, es 50% más ligero que el vidrio, 43% más ligero que el aluminio.

Dureza

Similar a la de los metales no ferrosos como el cobre y el latón. Dureza Barcol 50 unidades.

Flamabilidad

Es combustible, pero a la velocidad de 1.2 cm./min. se puede formular con retardancia a la flama.

ANEXO E

