

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO CON SENSORES DE APROXIMACIÓN PARA GUIAR EL ESTACIONAMIENTO DE LOS AUTOMÓVILES.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**GIOVANI DAVID MOSQUERA VALENZUELA**  
**giovandidmv@hotmail.com**

**HECTOR RODRIGO CAIZALUISA CRUZ**  
**hedroca@yahoo.es**

**Director: Ing. Mónica Vinueza**  
**Monica.vinueza@epn.edu.ec**

**QUITO, JULIO DEL 2010**

## DECLARACIÓN

Nosotros Giovanni David Mosquera Valenzuela, y Héctor Rodrigo Caizaluiza Cruz declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Rodrigo Caizaluiza

---

Giovani Mosquera

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que los señores Giovani Mosquera y Rodrigo Caizaluiza realizaron la presente Tesis bajo mi supervisión.

---

Ing. Mónica Vinueza

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco de todo corazón los sacrificios y los logros que conjuntamente con mi familia pudimos alcanzar, sin dejar de lado el más grande agradecimiento a nuestro Creador, que nos pone en esta vida para alcanzar nuestras metas y saber que tenemos un propósito en este mundo, por eso y mucho más, agradezco a la vida.*

*Giovani Mosquera*

# RESUMEN

Todas las consideraciones que se deben tener en cuenta para este proyecto son la siguiente, el análisis, y las consultas en base a los estudios y pruebas a los cuales fueron sometidos estos dispositivos electrónicos (sensores de Aproximación de ultrasonido). Cabe indicar que estos los sensores de ultrasonido no son más que dispositivos electrónicos compuestos por un emisor y un receptor de señales ultrasónicas, pero comercialmente se los conoce como sensores.

Así tenemos que en el Capítulo I, se encuentra el estudio completo de los sensores por ultrasonido, características fundamentales de su funcionamiento, y su evolución a lo largo de estos últimos años. Del mismo modo se revisa el funcionamiento de los microcontroladores en especial del ATMEL, que es un tipo de microcontrolador capaz de trabajar a altas velocidades, en lo que se refiere a la transmisión de datos, nuevas comunicaciones con otros dispositivo como la I2C que no es más que trabajar sobre un rango de pulsos en función de tiempo para cada transmisión de información. Por otra parte se tiene siempre en cuenta el funcionamiento básico en electrónica, y programación.

Dentro el Capítulo II se desarrolla el circuito base, con todas las consideraciones a ser tomadas en cuenta, en función al requerimiento del prototipo, y lo que se refiere a la programación, que es la unión de la parte lógica con la física.

En los últimos capítulos se revisa el funcionamiento del prototipo dentro de lo planificado. Y con todo esto se determina cuales son los alcances que se puede obtener en el plano comercial.

# PRESENTACIÓN

Mediante este prototipo se va a tratar de entender de mejor manera los conceptos y avances tecnológicos relativos a los dispositivos de ultrasonido (emisión y receptor de señales ultrasónicas) o más comúnmente llamados sensores. Estos sensores no son más que dispositivos que al ser estimulados (entrada), reaccionan provocando una variación de algún parámetro o cambio físico que pueda dar alguna variación eléctrica.

Hoy en día, los sensores se utilizan en una innumerable cantidad de sistemas de naturaleza muy diversa: cirugía, control industrial, electrónica doméstica, automovilismo, y así se puede citar decenas, si no cientos, entre las aplicaciones más conocidas.

Aunque los principios de aplicación de los sensores son en general similares en la mayoría de sus aplicaciones, aquí se centrará su utilización en el guiado de vehículos donde se incluyen dispositivos electrónicos de asistencia al aparcado, de regulación automática de la distancia de seguridad al vehículo precedente, de antibloqueo, anti patinaje, etc.

Es un hecho, que la tecnología electrónica digital aumenta la capacidad y la versatilidad de los sistemas de control antes concebidos desde la perspectiva eléctrica o mecánica, permitiendo la implementación sencilla y económica de dichos sistemas de control, esta tecnología exhibe además propiedades adicionales notables, como la posibilidad de integrar entre sí múltiples sistemas que antes se trataban de forma totalmente aislada e independiente.

En definitiva, lo que se ha realizado es el diseño y la implementación de un prototipo que mediante sensores de aproximación permitan a un conductor recibir señales para un manejo adecuado del automóvil.

# INDICE

<b>DECLARACIÓN</b> .....	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>IV</b>
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>V</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 SENSORES</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1.1 DEFINICIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1.2 CARACTERÍSTICAS DE UN SENSOR DE ULTRASONIDO</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 ESTUDIO DE LOS SENSORES DE APROXIMACIÓN (ULTRASONIDO)</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2.1 FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LOS SENSORES DE ULTRASONIDO</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2.2 PROBLEMAS CON LOS SENSORES DE ULTRASONIDO</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 MODELOS COMERCIALES DE SENSORES DE ULTRASONIDO</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3.1 SENSOR SFR04</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3.2 SENSOR SRF08</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3.3 SENSOR SRF10</b> .....	<b>27</b>
<b>1.3.3.1 CONTROLANDO EL SENSOR DE DISTANCIAS ULTRASÓNICO SRF10</b> .....	<b>27</b>
<b>1.3.3.3 GENERALIDADES</b> .....	<b>28</b>
<b>1.3.4 MÓDULO PING)))™ DE MEDICIÓN DE DISTANCIA DE PARALLAX</b> .....	<b>28</b>
<b>1.4 AVR ATMEL ATMEGA</b> .....	<b>30</b>
<b>1.4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES</b> .....	<b>30</b>
<b>1.4.2 CONFIGURACIÓN DE PINES</b> .....	<b>31</b>
<b>1.4.3 ARQUITECTURA INTERNA ATMEGA644</b> .....	<b>31</b>
<b>1.5 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN</b> .....	<b>32</b>
<b>1.6 LCD</b> .....	<b>34</b>
<b>1.6.1 GLCD</b> .....	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>37</b>
<b>2 DISEÑO DEL PROTOTIPO</b> .....	<b>37</b>
<b>2.1.1 CONCLUSIÓN DE SENSOR SELECCIONADO:</b> .....	<b>38</b>
<b>2.2 ESTABLECER EL CIRCUITO DEL PROTOTIPO.</b> .....	<b>38</b>
<b>2.3 ORGANIZACIÓN DEL CIRCUITO</b> .....	<b>40</b>
<b>2.4 EXPLICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO</b> .....	<b>41</b>
<b>2.5 PROGRAMACIÓN DEL PIC</b> .....	<b>43</b>
<b>2.5.1 DIAGRAMA EXPLICATIVO DEL PROGRAMA.</b> .....	<b>43</b>
<b>2.5.2 EXPLICACIÓN DEL FLUJO GRAMA</b> .....	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>47</b>

<b>3 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO</b> .....	47
<b>3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO</b> .....	47
<b>3.1.1 PRUEBAS DEL CIRCUITO PROTOTIPO</b> .....	47
<b>3.1.1.1 PLÁSTICO:</b> .....	47
<b>3.1.1.2 MADERA</b> .....	48
<b>3.1.1.3 VIDRIO</b> .....	49
<b>3.1.1.4 METAL</b> .....	49
<b>3.1.1.5 PERSONAS</b> .....	49
<b>3.2 RESULTADOS OBTENIDOS</b> .....	50
<b>3.3 PROTOTIPO IMPLEMENTADO</b> .....	51
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	55
<b>4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	55
<b>4.1 CONCLUSIONES</b> .....	55
<b>4.2 RECOMENDACIONES</b> .....	56
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	59
<b>ANEXOS</b> .....	60
<b><u>A.</u> PROGRAMA DEL CIRCUITO</b> .....	62
<b><u>B.</u> PRESUPUESTO DE PROYECTO</b> .....	70
<b><u>C.</u> MANUAL DE USUARIO</b> .....	72
<b><u>D.</u> MANUAL TÉCNICO</b> .....	76



# CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 1.1 SENSORES

#### 1.1.1 DEFINICIÓN <sup>[1]</sup>

Un sensor es un dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser de ultrasonido, temperatura, intensidad luminosa, distancia, aceleración, inclinación, presión, fuerza, torsión, humedad, etc.

En este caso se deben tener en cuenta que se considerará solamente los sensores del tipo de los de ultrasonido por consiguiente se tiene que; un sensor de ultrasonido no es más que un dispositivo compuesto por un emisor y receptor de señales ultrasónicas y está siempre en contacto con la variable a medir o a controlar, por tanto la señal que nos entrega el sensor puede ser convertirla mediante circuitos electrónicos en una señal digital, como un dato para ser mostrada.

Puede decirse también que un sensor de ultrasonido es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide, para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura.

#### 1.1.2 CARACTERÍSTICAS DE UN SENSOR DE ULTRASONIDO<sup>[2]</sup>

Entre las características técnicas de un sensor de ultrasonido se destacan las siguientes:

- **Precisión:** es el error de medida máximo esperado.
- **Sensibilidad de un sensor:** relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- **Resolución:** mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.

---

[1] **Teoría de Sensores de Ultrasonido** - Diego Pérez 4º Ingeniería de Telecomunicación  
<http://www.iit.upco.es/~alvaro/teaching/Clases/Robots/teoria/>

[2] **Conceptos del Ultrasonido** - Alejandro Alonso Puig  
[www.mundobot.com/sensores.gh/](http://www.mundobot.com/sensores.gh/)

- **Velocidad de respuesta:** Esta definida con la formula básica de Velocidad de un movimiento parabólico, tomando en cuenta que esta velocidad depende de la doble distancia que tendrá que recorrer la señal por su emisión y su respuesta, así tenemos que  $V=2d/t$  donde:

V= velocidad

d= distancia

t= tiempo

## 1.2 ESTUDIO DE LOS SENSORES DE APROXIMACIÓN (ULTRASONIDO)<sup>[3]</sup>

### 1.2.1 FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LOS SENSORES DE ULTRASONIDO

Los ultrasonidos son antes que nada sonido, exactamente igual a los que oímos normalmente, salvo que tienen una frecuencia mayor que la máxima audible por el oído humano. Estas frecuencias audibles, comienza desde unos 16 Hz y tiene un límite superior de aproximadamente 20 KHz, mientras que la frecuencia de emisión en los sensores es de 40 KHz. Ya que esta es la que el constructor determina para tener un alcance requerido a la detección de objetos.

Su elemento principal es un transductor electroacústico. Este elemento emite ondas ultrasónicas pasando luego a modo de espera durante un cierto tiempo hasta que las ondas se reflejen en algún objeto en las proximidades, dependiendo del tiempo se detectará un grado de proximidad u otro.

El funcionamiento básico de los sensores de ultrasonido como medidores de distancia se muestra de una manera muy clara en la Fig. 1.1, donde se tiene un emisor, que emite un pulso de ultrasonido cuyo lóbulo o campo de acción es de forma cónica que rebota sobre un determinado objeto y la reflexión de ese pulso es detectada por un receptor.

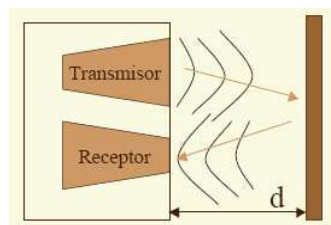


Fig. 1.1 Funcionamiento básico de los ultrasonidos<sup>[1]</sup>

<sup>[3]</sup> Diseño de los Sensores de Ultrasonido - Medidor ultrasónico  
[www.microcontroladores.com/sensores/default](http://www.microcontroladores.com/sensores/default).

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:

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

Fórmula 1.0 Distancia del doble tiempo de vuelo<sup>[1]</sup>

Donde V es la velocidad del sonido en el aire y t es el tiempo transcurrido entre la emisión y recepción del pulso. De este modo, conociendo la velocidad de propagación, se puede estimar la distancia recorrida por la onda (ida y vuelta al obstáculo); la aplicación de los sensores de ultrasonido para la medición de proximidad o de distancias basadas en el tiempo de vuelo, es más simple y en consecuencia menos costosas.

### 1.2.2 PROBLEMAS CON LOS SENSORES DE ULTRASONIDO<sup>[3]</sup>

A pesar de que su funcionamiento parece muy sencillo, existen factores inherentes tanto a los sensores de ultrasonido como a otros dispositivos, 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 de pérdida de la señal, dentro del entorno que se desea adquirir. Entre los diversos factores que alteran las lecturas que se realizan con los sensores de ultrasonido cabe destacar:

- a) El campo de acción del pulso que se emite desde un transmisor de un sensor 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 a lo que se conoce como incertidumbre angular mostrada en la Fig. 1.2. Aunque la máxima probabilidad es que el objeto detectado esté sobre el eje central del cono acústico, la probabilidad de que el eco se haya producido por un objeto

---

[1] **Teoría de Sensores de Ultrasonido** - Diego Pérez 4º Ingeniería de Telecomunicación  
<http://www.iit.upco.es/~alvaro/teaching/Clases/Robots/teoria/>

[3] **Diseño de los Sensores de Ultrasonido** - Medidor ultrasónico  
[www.microcontroladores.com/sensores/default](http://www.microcontroladores.com/sensores/default).

presente en la periferia del eje central no es en absoluto despreciable y se debe tener en cuenta y tratar convenientemente.

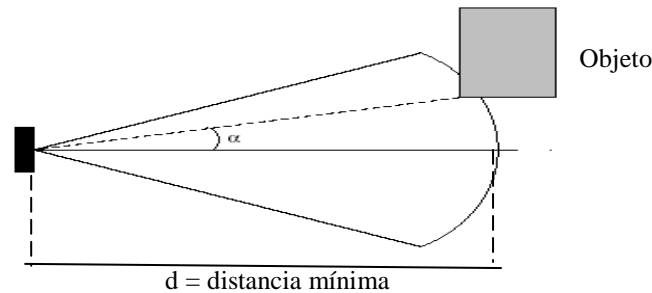


Fig. 1.2 Incertidumbre angular en la medida de un ultrasonido<sup>[3]</sup>

- b) 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.
- c) En algunos sensores de ultrasonido se utiliza un solo circuito, como emisor y receptor. Tras la emisión de la señal ultrasónica 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 no se encuentren directamente en el foco de proyección serán interpretados por el sistema como que están a una distancia menor a la real. Fig. 1.2.
- d) Los factores ambientales tienen una gran repercusión sobre las medidas que entregan los sensores de ultrasonido, uno a tomar muy en cuenta es la temperatura que influye directamente sobre la velocidad de propagación de la onda en el aire, puesto que la densidad del aire depende de la temperatura, así también sobre la velocidad de propagación de la onda según la expresión:

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

Formula del a velocidad de ultrasonido en relación del tiempo.

Siendo  $V_{SO}$  la velocidad de propagación de la onda sonora a 0 °C, y T la temperatura absoluta (grados Kelvin). Este efecto se muestra en la Fig. 1.3

<sup>[3]</sup> Diseño de los Sensores de Ultrasonido - Medidor ultrasónico  
[www.microcontroladores.com/sensores/default](http://www.microcontroladores.com/sensores/default).

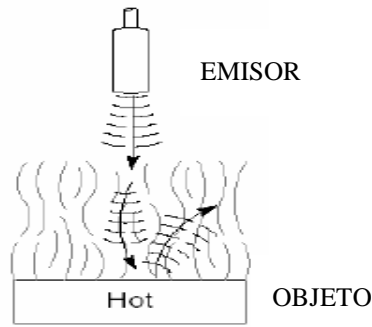
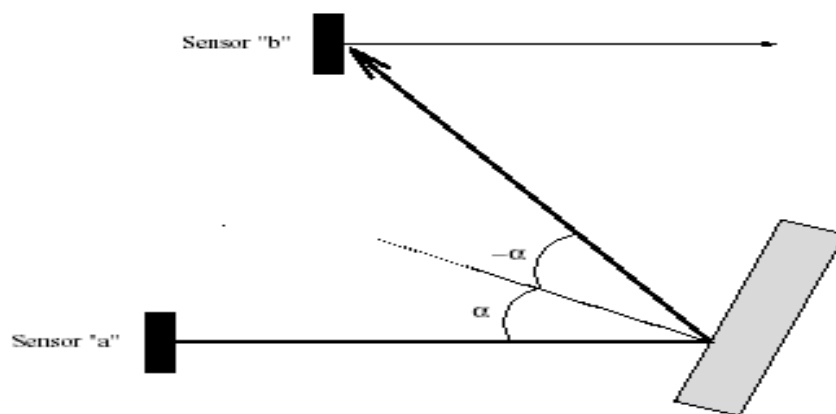


Fig. 1.3 La temperatura afecta a la capacidad de detección<sup>[3]</sup>

e) 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 transmisor 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. Otra fuente más común de falsos ecos, conocida como crosstalk, se produce cuando se emplea un cinturón de sensores de ultrasonido, donde una serie de sensores están trabajando al mismo tiempo. En este caso puede ocurrir 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) como se muestra en la Fig. 1.4.



<sup>[3]</sup> Diseño de los Sensores de Ultrasonido - Medidor ultrasónico  
<sup>[3]</sup> Diseño de los Sensores de Ultrasonido - Medidor ultrasónico  
[www.microcontroladores.com/sensores/default](http://www.microcontroladores.com/sensores/default).  
<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

Fig. 1.4 Falsos ecos crosstalk “El sensor (a) emite el pulso que recibe el sensor (b)”<sup>[3]</sup>

- f) 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 superficie normal. 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 recibe el pulso de sonido que emitió.

### 1.3 MODELOS COMERCIALES DE SENSORES DE ULTRASONIDO<sup>[4]</sup>

La familia de los sensores SRFXX funcionan emitiendo pulsos de ultrasonido, no captados para el oído humano. Los pulsos emitidos viajan a la velocidad del sonido hasta alcanzar un objeto, entonces el sonido es reflejado y captado de nuevo por el receptor de ultrasonido. Lo que hace el controlador incorporado es emitir una ráfaga de pulsos y a 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.

#### 1.3.1 SENSOR SFR04<sup>[4]</sup>

El sensor SRF04 es uno de los primeros sensores de la familia SFRXX que ya tiene un circuito integrado, que consta por un microcontrolador, un sistema de receptor y emisor independiente tal como se muestra en la figura 1.5.



Fig.1.5 Sensor SFR04<sup>[4]</sup>

Este sensor tiene la particularidad de manejarse solo con dos hilos, aparte de los de alimentación. Por uno de ellos se le envía el pulso de disparo (trigger) y por el otro recibimos el pulso de eco (echo) cuya amplitud es directamente proporcional a la distancia a la que ha sido detectado el obstáculo interpuesto como se muestra en la Figura 1.6.

---

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

## Diagrama de Tiempos del SRF04

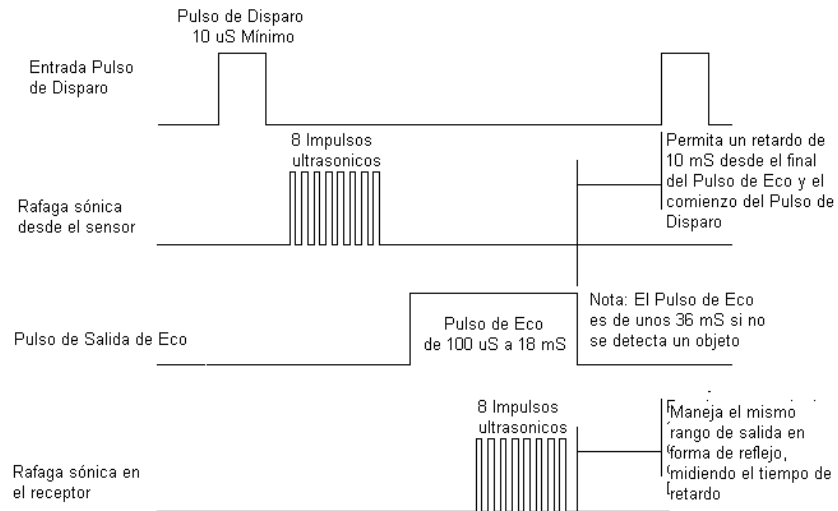


Fig.1.6 Diagrama de tiempos del sensor SFR04<sup>[4]</sup>

Tensión	5V
Consumo	30 mA Tip. 50mA Max
Frecuencia:	40 Khz.
Distancia Mínima	3 cm
Distancia Máxima	300 cm.
Sensibilidad	a 3 m
Pulso de Disparo	10 uS min. TTL
Pulso de Eco	100 uS – 18 mS
Retardo entre pulsos	10 mS Mínimo
Tamaño	43 x 20 x 17 mm
Peso	10 gr.

Tala 1.1 Características sensor SFR4

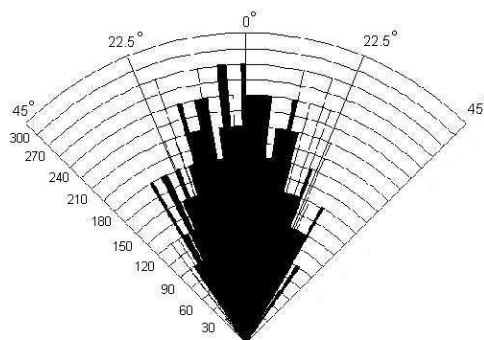


Fig. 1.7 El Rango efectivo de emisión (Tx) del SRF04 es de unos 30°<sup>[4]</sup>

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>



### **1.3.1.1 Aplicaciones:**

Las aplicaciones del sensor SRF04 son múltiples, pero sobre todas ellas, destaca su utilización como detector de obstáculos en robots con navegación autónoma, es decir, en aquellos robots que se mueven encontrando el camino a seguir y sorteando obstáculos. En los robots de pequeño tamaño, es suficiente con un solo detector, ya que su cono de detección de unos 30 grados es suficiente para cubrir el frontal del robot. En las plataformas de mayor tamaño, son necesarias varias unidades para cubrir de una forma segura todo el perímetro. Para un robot de unos 30 cm es necesario un mínimo de 2 unidades, para cubrir solo el frontal. Si queremos cubrir todo el perímetro de avance, es necesario de 3 a 5 unidades para el mismo tamaño. Una posibilidad es la de montar el sensor en un servo y mover este 180 grados a la vez que se efectúan diversas mediciones a modo de radar.

### **1.3.1.2 Medidas**

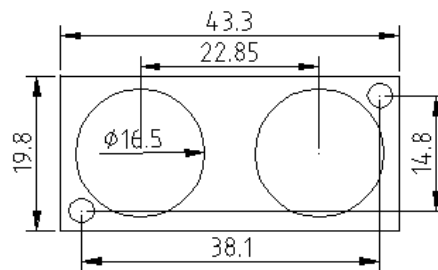


Fig. 1.8 Dimensiones<sup>[4]</sup>

### **1.3.1.3 Conexión a un Microcontrolador**

Como el sensor SRF04 para su conexión solo requiere de una entrada y una salida de la señal o datos (pulso de eco y pulso de disparo), por lo que es de fácil conexión con cualquier microprocesador o microcontrolador del mercado, entre los que cabe destacar el basic X24 y los basic stamp, como puede verse en la figura 1.9. Todo esto es posible porque solo necesita de un pulso de disparo y uno de eco, para realizar los cálculos de distancia.

---

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

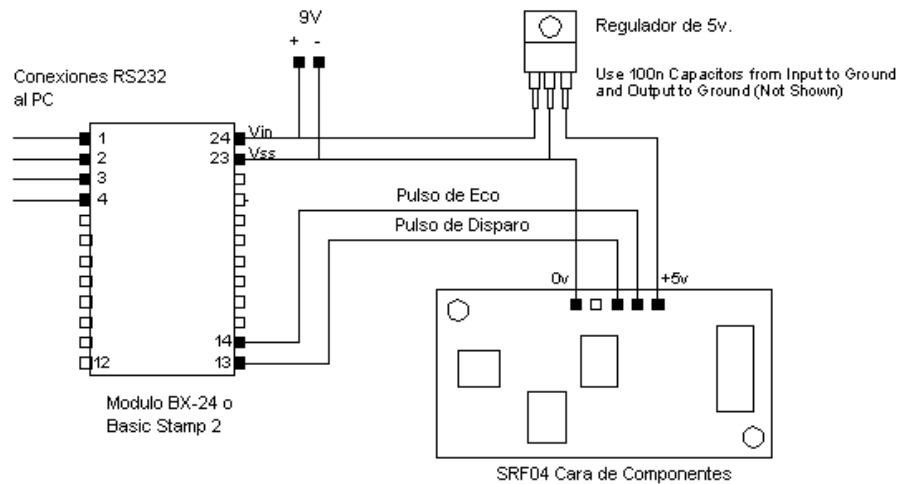


Fig. 1.9 Conexión del SRF04<sup>[4]</sup>

### 1.3.2 SENSOR SRF08 <sup>[4]</sup>

SRF08 es un medidor ultrasónico que representa la última generación en sistemas de medidas de distancias, consiguiendo niveles de precisión y alcance únicos e impensables hasta ahora con esta tecnología (Fig. 1.10). El sensor es capaz de detectar objetos a una distancia de 6 m (teóricamente) además de conectarse al microcontrolador mediante un bus I2C, por lo que se puede conectar cuantos sensores sean necesarios en el mismo bus.



Fig. 1.10 Sensor SRF08<sup>[4]</sup>

#### 1.3.2.1 Comunicación - Bus I2C

El **bus I2C**, un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos con cierto nivel de "inteligencia", sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa. Fue diseñado a este efecto por Philips y permite el intercambio de información entre muchos dispositivos a una velocidad aceptable, de unos 100 Kbits por segundo, aunque hay casos especiales en los que el reloj llega hasta los 3,4 MHz.

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

La metodología de comunicación de datos del bus I2C es en serie y sincrónica. Una de las señales del bus marca el tiempo (pulsos de reloj) y la otra se utiliza para intercambiar datos.

### 1.3.2.2 Descripción de las señales

- **SCL** (System Clock) es la línea de los pulsos de reloj que sincronizan el sistema.
- **SDA** (System Data) es la línea por la que se mueven los datos entre los dispositivos.
- **GND** (Masa) común de la interconexión entre todos los dispositivos "enganchados" al bus.

Las líneas **SDA** (línea de datos) y **SCL** (pulso de reloj) son del tipo drenador abierto, es decir, un estado similar al de colector abierto, pero asociadas a un transistor de efecto de campo (o FET). Se deben polarizar en estado alto (conectando a la alimentación por medio de resistores "pull-up") lo que define una estructura de bus que permite conectar en paralelo múltiples entradas y salidas.

El diagrama (fig. 1.11) es suficientemente auto explicativo. Las dos líneas del bus están en un nivel lógico alto cuando están inactivas. En principio, el número de dispositivos que se puede conectar al bus no tiene límites, aunque hay que observar que la capacidad máxima sumada de todos los dispositivos no supere los 400 pF. El valor de los resistores de polarización no es muy crítico, y puede ir desde 1K8 (1.800 ohms) a 47K (47.000 ohms). Un valor menor de resistencia incrementa el consumo de los integrados pero disminuye la sensibilidad al ruido y mejora el tiempo de los flancos de subida y bajada de las señales. Los valores más comunes en uso son entre 1K8 y 10K.

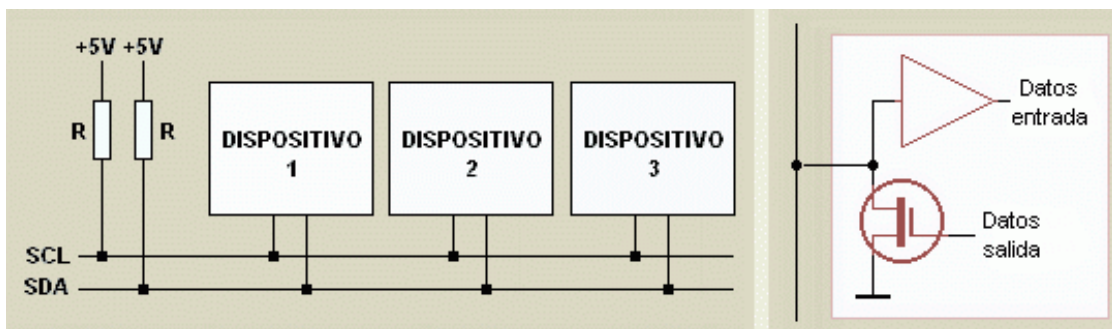


Figura 1.11 conexión de dispositivos conectados en las mismas líneas SDA y SCL<sup>[4]</sup>

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros

### 1.3.2.3 Protocolo de Comunicación del Bus I2C

Habiendo varios dispositivos conectados sobre el bus, es lógico que para establecer una comunicación a través de él se deba respetar un protocolo. Existen dispositivos **maestros** y dispositivos **esclavos**. Sólo los dispositivos maestros pueden iniciar una comunicación.

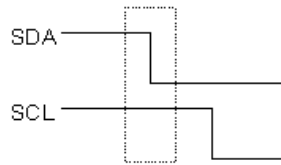


Figura 1.12 Secuencia de Inicio<sup>[4]</sup>

La condición inicial, de **bus libre**, es cuando ambas señales están en estado lógico alto. En este estado cualquier dispositivo maestro puede ocuparlo, estableciendo la condición de **inicio** (start). Esta condición se presenta cuando un dispositivo maestro pone en estado bajo la línea de datos (SDA), pero dejando en alto la línea de reloj (SCL).

El primer byte que se transmite luego de la condición de inicio contiene siete bits que componen la dirección del dispositivo que se desea seleccionar, y un octavo bit que corresponde a la operación que se quiere realizar con él (lectura o escritura).

Si el dispositivo cuya dirección corresponde a la que se indica en los siete bits (A0-A6) está presente en el bus, éste contesta con un bit en bajo, ubicado inmediatamente luego del octavo bit que ha enviado el dispositivo maestro. Este bit de **reconocimiento** (ACK) en bajo le indica al dispositivo maestro que el esclavo **reconoce** la solicitud y está en condiciones de comunicarse. Aquí la comunicación se establece en firme y comienza el intercambio de información entre los dispositivos.

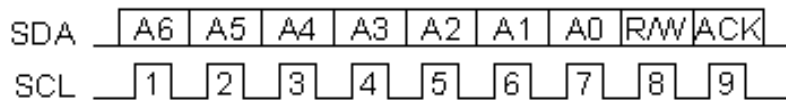


Figura 1.13 Secuencia de pulsos<sup>[4]</sup>

Si el bit de **lectura/escritura** (R/W) fue puesto en esta comunicación a nivel lógico bajo (escritura), el dispositivo maestro envía datos al dispositivo esclavo. Esto se mantiene

---

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

mientras continúe recibiendo señales de reconocimiento, y el contacto concluye cuando se hayan transmitido todos los datos.

En el caso contrario, cuando el bit de lectura/escritura estaba a nivel lógico alto (lectura), el dispositivo maestro genera pulsos de reloj para que el dispositivo esclavo pueda enviar los datos. Luego de cada byte recibido el dispositivo maestro (quien está recibiendo los datos) genera un pulso de **reconocimiento**.

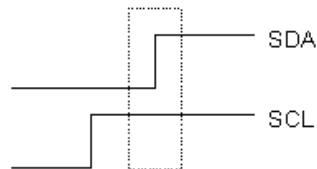


Figura 1.14 Secuencia de Parada<sup>[4]</sup>

El dispositivo maestro puede dejar libre el bus generando una condición de **parada** (o detención; stop en inglés).

Si se desea seguir transmitiendo, el dispositivo maestro puede generar otra condición de inicio en lugar de una condición de parada. Esta nueva condición de inicio se denomina "inicio reiterado" y se puede emplear para direccionar un dispositivo esclavo diferente o para alterar el estado del bit de lectura/escritura.

#### 1.3.2.4 Definición de Términos:

- **Maestro** (Master): Dispositivo que determina los tiempos y la dirección del tráfico en el bus. Es el único que aplica los pulsos de reloj en la línea SCL. Cuando se conectan varios dispositivos maestros a un mismo bus la configuración obtenida se denomina "multi-maestro".
- **Esclavo** (Slave): Todo dispositivo conectado al bus que no tiene la capacidad de generar pulsos de reloj. Los dispositivos esclavos reciben señales de comando y de reloj generados desde el maestro.
- **Bus libre** (Bus Free): Estado en el que ambas líneas (SDA y SCL) están inactivas, presentando un estado lógico alto. Es el único momento en que un dispositivo maestro puede comenzar a hacer uso del bus.

---

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

- **Comienzo (Start):** Se produce cuando un dispositivo maestro ocupa el bus, generando la condición. La línea de datos (SDA) toma un estado bajo mientras que la línea de reloj (SCL) permanece alta.
- **Parada (Stop):** Un dispositivo maestro puede generar esta condición, dejando libre el bus. La línea de datos y la de reloj toman un estado lógico alto.
- **Dato válido (Valid Data):** Situación presente cuando un dato presente en la línea SDA es estable al tiempo que la línea SCL está a nivel lógico alto.
- **Formato de Datos (Data Format):** La transmisión de un dato a través de este bus consiste de 8 bits de dato (1 byte). A cada byte transmitido al bus le sigue un noveno pulso de reloj durante el cual el dispositivo receptor del byte debe generar un pulso de reconocimiento.
- **Reconocimiento (Acknowledge):** El pulso de reconocimiento, conocido como ACK (del inglés Acknowledge), se logra colocando la línea de datos a un nivel lógico bajo durante el transcurso del noveno pulso de reloj.
- **Dirección (Address):** Todo dispositivo diseñado para funcionar en este bus posee su propia y única dirección de acceso, preestablecida por el fabricante. Hay dispositivos que permiten definir externamente parte de la dirección de acceso, lo que habilita que se pueda conectar en un mismo bus un conjunto de dispositivos del mismo tipo, sin problemas de identificación. La dirección 00 es la denominada "de acceso general"; a ésta responden todos los dispositivos conectados al bus.
- **Lectura/Escritura (Bit R/W):** Cada dispositivo tiene una dirección de 7 bits. El octavo bit (el menos significativo) que se envía durante la operación de direccionamiento, completando el byte, indica el tipo de operación a realizar. Si este bit es alto el dispositivo maestro lee información proveniente de un dispositivo esclavo. Si este bit es bajo, el dispositivo maestro escribe información en un dispositivo esclavo.

Con una alimentación única de 5V, sólo requiere 15 mA para funcionar y 3mA mientras esta en reposo, lo que representa una gran ventaja, incluye además un sensor de luz que permite conocer el nivel de luminosidad usando igualmente el bus I2C y sin necesidad de recursos adicionales, este dispositivo se encuentra acoplado con el circuito del sensor de ultrasonido SRF08.

La comunicación con el sensor ultrasónico SRF08 se realizará a través de un bus [I2C](#). Este bus es utilizado en la mayoría de los controladores del mercado, como ATmega, así como en una amplia gama de microcontroladores.

Para el programador, el sensor SRF08 se comporta de la misma manera que las EEPROM de las series 24xx, con la excepción de que la dirección [I2C](#) es diferente.

La dirección por defecto de fábrica del SRF08 es 0xE0. El usuario puede cambiar esta dirección y asignar 16 valores diferentes por lo que es posible utilizar hasta 16 sensores sobre un mismo bus [I2C](#).

Además de las direcciones, todos los sensores conectados al bus [I2C](#) responderán a la dirección 0, que es la dirección de atención general. Esto significa que escribir un comando de medición de la distancia para la dirección 0 de [I2C](#) (0x00) dará inicio a la medición en todos los sensores al mismo tiempo, por lo tanto los resultados deben leerse de manera individual desde cada una de las direcciones reales de los sensores.

Ejemplo de conexión en cascada con un tipo de microcontrolador que requiere de una alimentación independiente para los sensores.

En el esquema anterior (figura 1.11) aparecen resistencias de tipo pull-up de 4k7 en las líneas SCL y SDA, tal y como recomienda Parallax.

Para una mayor inmunidad al ruido, se recomienda conectar las resistencias de polarización a la alimentación de 5 voltios de los SRF08 (para no cargar en exceso el módulo BS2) y utilizar resistencias de 1K8.

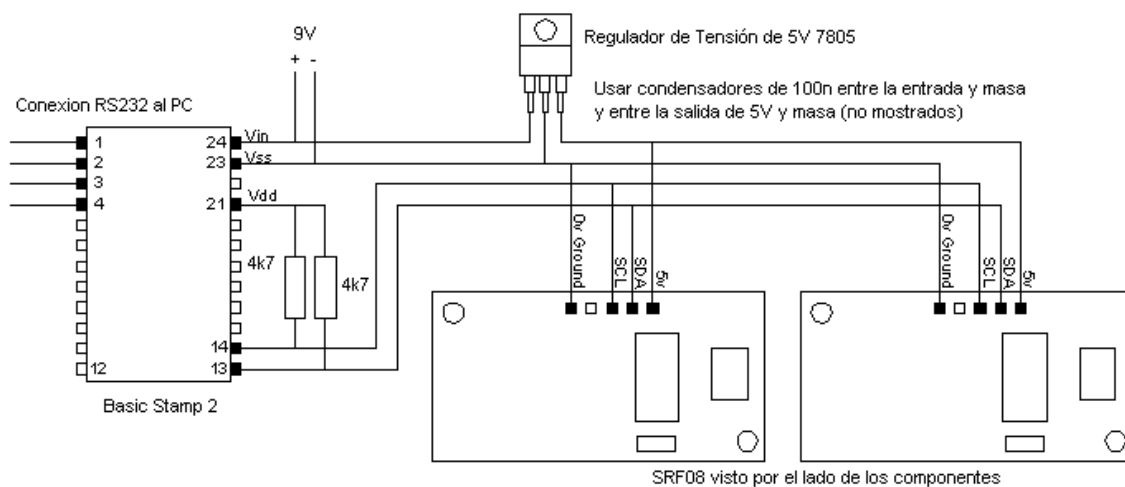


Fig. 1.15 conexión en cascada de SRF08<sup>[4]</sup>

[4] Sensor de la familia SRF y otros

### ***1.3.2.5 Mejoras del SRF08 con respecto al Sensor Ultrasónico SRF04***

El medidor de distancias ultrasónico SRF08 supone un paso más allá del modelo SRF04, ya que ha sido desarrollado con las siguientes mejoras respecto de su hermano pequeño el SRF04.

Las principales características a mejorar son:

- a.- El alcance máximo de 3m del srf04 puede ser insuficiente en algunas situaciones.
- b.- El tiempo de desconexión de 36mS + 10mS de recarga es bastante largo - equivale a casi 8m en un producto de 3m de alcance. Esto se refiere a la rapidez con que toma el procesar los datos.
- c.- El modelo SRF04 requiere 2 pines I/O por emisor y receptor. 32 líneas I/O para un sistema de 16 sensores.
- d.- Es necesario un procesador o controlador principal que mida el tiempo de retorno de eco.
- e.- La consumo de corriente máxima de 50mA es demasiado alto - 800mA para 16 sonares.
- f.- Sólo es posible un único eco de retorno.
- g.- El modelo SRF04 no puede medir el nivel de iluminación. Esto se refiere a que no tiene incluido un sensor de luz en su diseño, como lo tienen los posteriores modelos (SRF08).

El límite de 3m del modelo SRF04 está impuesto por la necesidad de no tener una ganancia tan alta que el acoplamiento cruzado entre transmisión y emisión provoque una saturación de los amplificadores operacionales en el rango de alcance. En caso de que se produzca, el sistema no puede diferenciar un acoplamiento del emisor, de un eco de retorno auténtico. Por su parte, el modelo SRF08 utiliza un potenciómetro digital para variar la ganancia a medida que aumenta el rango. Esto permite una ganancia global superior y como consecuencia un alcance mejor. El alcance típico es de 6m y se han hecho pruebas configurando la ganancia para llegar hasta 11m frente a un objeto grande. Este sensor es extremadamente sensible, llegando a detectar objetos cercanos y pequeños, como pueden ser anomalías en el suelo, que el robot realmente debería ignorar. Por lo tanto, la ganancia se ha reducido deliberadamente a aproximadamente 6m.



El tiempo de desconexión de 36mS del sensor SRF04 viene impuesto porque el procesador PIC12C508 se utiliza sólo como un único temporizador, y se utiliza como un detector de tonos para el eco de retorno. El temporizador guardián (el watchdog) se utiliza para calcular el tiempo de desconexión. Este temporizador se puede configurar solamente en incrementos de 18mS. Así, mientras que 18mS es suficiente alrededor de 3m de alcance es un valor "teórico" y no está garantizado, por lo que el tiempo real podría ser menos en función de la temperatura ambiental y de las tolerancias del chip. Se necesitan 10mS adicionales para recargar los generadores de +/- 10v para el amplificador operacional y el comparador. El max232 se desactiva durante el cálculo de tiempo del eco para reducir el ruido en los amplificadores operacionales. Con el sensor SRF08, se ha cambiado el circuito analógico a un suministro único de 5v, por lo que el max232 (en realidad un ST232) no necesita cargar un condensador de 22uF, sino sólo de 100n. El tiempo de recarga ahora se reduce a sólo 600uS y es el procesador el que se ocupa de toda el trabajo de manera automática cuando se solicita una nueva lectura del tiempo.

Un cambio en el procesador desde PIC12C508 a un PIC16F872 en el SFR08 implica que están disponibles un mayor número de temporizadores y que el sensor SRF08 no se bloquee con el temporizador guardián de 36mS. Sin embargo, uno de los problemas derivados de terminar el proceso pronto es que el "ping" en curso desconoce esto.

El número de líneas I/O que necesita un sonar de múltiples sensores ha sido un tema complicado para algunos usuarios. También hay un problema con el controlador basic stamp, que no trata de igual manera todas las líneas I/O cuando realiza el cálculo del rango. Al utilizar 16 sonares (sensores en esta aplicación), son necesarias las 32 líneas I/O. Esto se puede reducir a 17 direccionando las 16 salidas de pulsos de eco juntas con 16 diodos. Se puede obtener una reducción a 6 líneas I/O utilizando un decodificador de 4 a 16 líneas como el CD4514B. Para ello, el usuario deberá construir un circuito adicional. El sensor SRF08 utiliza una interfaz I2C por lo que los 16 sonares (sensores en esta aplicación) pueden ser controlados utilizando únicamente 2 líneas I/O. La interfaz bus I2C está disponible en la mayoría de los controladores estándar, tales como el BasicX-24, OOPic, y otros controladores más económicos como la familia PIC y Atmel.

En el sensor SRF04, el procesador principal de los usuarios deben calcular el tiempo del eco de retorno. Esto ha sido un problema con los controladores Basic Stamp, ya que no

trata de igual manera todas las líneas I/O. El sensor SRF08 realiza el cálculo de la distancia de forma interna y envía el resultado ya resuelto.

Debido al modo de funcionamiento del sensor SRF04, sólo se puede recibir un único eco. Después de esto, el módulo alimenta sus generadores de +/- 10v de nuevo para que están listos para el próximo pulso de activación. Con SRF08 se pueden recibir múltiples ecos. Un buffer almacena los primeros 16 ecos recibidos. Lo ideal es ser capaz de ver más allá de las puertas, mientras que los sensores estándar sólo verían el marco de la puerta.

Por último, para ampliar el uso del sensor SRF08, se ha incluido una célula fotoeléctrica para medir la luz ambiental, que puede leerse a través del bus I2C de igual forma que los datos del sonar.

### **1.3.2.6 Conexiones al SRF08**

El pin señalado como "Do Not Connect" (No conectar) debería permanecer sin conexión. En realidad, se trata de la línea MCLR de la CPU y se utiliza solamente en la fábrica para programar el PIC16F872 después del montaje, dispone de una resistencia interna de tipo pull-up. Las líneas SCL (System Clock) y SDA (System Data) deberían tener cada una de ellas una resistencia pull-up de +5v en el bus I2C. Sólo necesita un par de resistencias en todo el bus, no un par por cada módulo o circuito conectado al bus I2C. Normalmente se ubican en el bus maestro en vez de en los buses esclavos. El sensor SRF08 es siempre un bus esclavo - y nunca un bus maestro. Un valor apropiado sería el de 1,8 K en caso de que las necesitase. Algunos módulos como el OOPic ya disponen de resistencias pull-up por lo que no es necesario añadir ninguna más.



Fig. 1.16 conexiones del SRF08<sup>[4]</sup>

### **1.3.2.7 Registros**

El sensor SRF08 tiene un conjunto de 36 registros.

---

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

Ubicación	Lectura	Escritura
0	Revisión de Software	Registro de comando
1	Sensor de luz	Registro de ganancia máx. (por defecto 31)
2	Byte alto de 1º eco	Registro de alcance de distancia (por defecto 255)
3	Byte alto de 2º eco	No disponible
----	----	----
34	Byte alto de 17º eco	No disponible
35	Byte bajo de 17º eco	No disponible

**Tabla 1.2 registros del SRF08<sup>[4]</sup>**

Solamente se puede escribir en las ubicaciones 0, 1 y 2. La ubicación 0 es el registro de comandos y se utiliza para iniciar la sesión de cálculo de la distancia. No puede leerse. La lectura de la ubicación da como resultado la revisión del software de SRF08. Por defecto, la medición dura 65mS, aunque puede cambiarse modificando el registro de alcance de la ubicación 2. Si lo hace, tendrá que cambiar la ganancia analógica en la ubicación 1.

La ubicación 1 es el sensor de luz en placa. Este dato se actualiza cada vez que se ejecuta un comando de medición de distancia y se puede leer cuando se leen los datos de la medición. Las dos ubicaciones siguientes, 2 y 3, son resultados sin signo de 16 bits de la última medición - el nivel lógico alto en primer lugar. El significado de este valor depende del comando utilizado, y puede estar expresado en pulgadas, o en centímetros, o bien el tiempo de vuelo del ping expresado en uS. Un valor cero indica que no se ha detectado objeto alguno. Hay hasta 16 resultados adicionales que indican los ecos de objetos más lejanos.

### **1.3.2.8 Comandos**

Existen tres comandos para iniciar una medición de distancia (desde 80 hasta 82), que devuelve el resultado en pulgadas, centímetros o microsegundos. Asimismo, también existe un modo ANN (Artificial Neural Network) que ha sido diseñado para proporcionar datos múltiples de un modo en el que es más fácil entrar en una red neural.

#### **- Modo ANN**

El modo ANN (Artificial Neural Network) ha sido diseñado para proporcionar datos múltiples de un modo en el que es más fácil entrar en una red neural, o al menos eso es lo que se pretende - aunque aún no se ha hecho. El modo ANN ofrece un búfer de 32 bytes (ubicaciones de 4 a 35 inclusive) en el que cada byte representa el tiempo máximo de vuelo

65536uS dividido por 32 tramos de 2048uS cada uno - equivalente a aproximadamente 352mm de alcance. Si se recibe un eco en uno de los espacios de tiempo de bytes, a continuación se fijará en un valor diferente a cero, para que no sea cero. Por lo tanto si se recibe un eco desde los primeros 352mm, la ubicación 4 será diferente a cero. Si se detecta un objeto a 3 metros de distancia, la ubicación 12 será diferentes de cero ( $3000/352 = 8$ ) ( $8+4=12$ ). Organizar los datos de esta manera sería mejor para una red neural que para otros formatos. La entrada a su red debería ser 0 si el byte es cero y 1 si es diferente de cero. En el futuro, se pretende organizar un mapa SOFM (Self Organizing Feature Map) para la red neural, aunque se espera que sea aplicable para cualquier tipo de red.

COMANDOS		ACCIÓN
Decimal	Hexadecimal	
80	0X50	Modo cálculo distancia - Resultado en pulgadas
81	0X51	Modo cálculo distancia - Resultado en centímetros
82	0X52	Modo cálculo distancia - Resultado en microsegundos
83	0X53	Modo ANN - Resultado en pulgadas
84	0X54	Modo ANN - Resultado en centímetros
85	0X55	Modo ANN - Resultado en micro-segundos
160	0XA0	1° en la secuencia para cambiar la dirección I2C
165	0XA5	3° en la secuencia para cambiar la dirección I2C
170	0XAA	2° en la secuencia para cambiar la dirección I2C

**Tabla 1.3 Comandos de modificación<sup>[4]</sup>**

### ***1.3.2.9 Modo de Cálculo del Sensor***

Para iniciar la medición de la distancia, deberá escribir uno de los comandos anteriores en el registro de comando (registro 0) y esperar el tiempo necesario para la ejecución de la operación. A continuación, deberá leer el resultado en el formato que desee (pulgadas, centímetros, etc). El búfer de eco se pone a cero al comienzo de cada medición. La primera medición del eco se coloca en las ubicaciones 2 y 3, la segunda en 4 y 5, etc. Si una

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

ubicación (niveles altos o bajos de bytes) es 0, entonces no se encontrará ningún otro valor en el resto de los registros. El tiempo recomendado y establecido por defecto para realizar la operación es de 65mS, sin embargo es posible acortar este periodo escribiendo en el registro de alcance antes de lanzar el comando de medición. Los datos del sensor de luz de la ubicación 1 se actualizarán también después del comando de medición.

#### ***1.3.2.10 Comprobación de Medición Finalizada***

No es necesario utilizar un temporizador en su propio controlador para saber que la medición ha terminado. Puede aprovechar la ventaja que le ofrece el hecho de que el sensor SRF08 no responde a ninguna otra actividad I2C mientras está realizando la medición. Por lo tanto, si intenta leer el valor en el sensor SRF08 (se utiliza el número de revisión de software en la ubicación 0) por lo que recibirá 255 (0xFF) durante la medición. Esto se debe a que la línea de datos I2C (SDA) se eleva si nada lo está controlando. Tan pronto como finaliza la medición el sensor SRF08 responderá de nuevo al bus I2C, por lo que deberá esperar a que desaparezca el valor 255 (0xFF) en el registro. A continuación, podrá leer los datos del sensor. El controlador puede aprovechar esta ventaja para realizar otras tareas mientras el SRF08 está realizando la medición.

#### ***1.3.2.11 Cambio de Rango de Alcance***

El alcance máximo del sensor SRF08 está controlado por el temporizador interno. Por defecto, este es 65mS o el equivalente a 11 metros de alcance. Esto supera los 6 metros de los que el SRF08 es realmente capaz de ofrecer. Es posible reducir el tiempo que espera el sensor SRF08 a escuchar un eco, y por lo tanto el alcance, modificando el registro range en la ubicación 2. El alcance puede regularse en pasos de aproximadamente 43mm (0,043 metros o 1,68 pulgadas) hasta llegar a los 11 metros. El alcance es ((Range Register x

43mm) + 43mm) por lo que fijar este registro (Range Register) en el valor 0 (0x00) ofrece un alcance máximo de 43mm. Fijar el registro Range Register en el valor 1 (0x01) ofrece un alcance máximo de 86mm. En un ejemplo más útil, el valor 24 (0x18) ofrece un alcance de 1 metro mientras que el valor 140 (0x8C) da 6 metros. El valor 255 (0xFF) ofrece los 11 metros originales ( $255 \times 43 + 43$  es 11008mm).

Existen dos razones por las que es positivo reducir el tiempo de medición.

- a.- Para obtener la información sobre el alcance en menos tiempo.
- b.- Para poder realizar mediciones con el sensor SRF08 a una tasa más rápida.

El alcance está fijado en el valor máximo cada vez que se pone en marcha el sensor SRF08. Si necesita un alcance diferente, cámbielo al principio como parte del código de iniciación del sistema.

#### ***1.3.2.12 Ganancia Analógica***

En el registro de la ganancia analógica, se configura la ganancia máxima de las etapas analógicas. Para configurar la ganancia máxima del srf08, simplemente deberá escribir uno de estos valores en el registro de ganancia de la ubicación 1. Durante la medición, la ganancia analógica empieza con su valor mínimo de 94. Este valor se incrementa en intervalos de aproximadamente 70uS hasta llegar al valor de ganancia máxima, configurada en el registro 1. La ganancia máxima posible se alcanza después de aproximadamente 390mm de alcance. La finalidad de poder limitar la ganancia máxima es permitirle iniciar mediciones a una frecuencia mayor de 65mS. Dado que la medición puede ser muy corta, es posible iniciar una nueva medición tan pronto como se hayan leído los datos de la medición previa. Un riesgo potencial de esto es que la segunda medición podría captar un retorno de un eco distante del "ping" anterior, dando un resultado falso referente a un objeto cercano cuando en realidad no hay ninguno. Para reducir esta posibilidad, la ganancia máxima puede reducirse para limitar la sensibilidad de los módulos al eco distante más débil, mientras que al mismo tiempo sigue siendo capaz de detectar la proximidad de objetos.

La configuración de la ganancia máxima se almacena sólo en la memoria RAM del CPU y se inicia con el encendido del equipo, por lo que sí sólo desea realizar las mediciones cada 65mS, o más, puede ignorar los registros Range y Gain. Es efectivo sólo en Modo de cálculo de distancia, en el Modo ANN, la ganancia se controla automáticamente.

Registro de ganancia		Ganancia analógica máxima
Decimal	Hexadecimal	
0	0X00	Fija la ganancia analógica máxima en 94
1	0X01	Fija la ganancia analógica máxima en 97
2	0X02	Fija la ganancia analógica máxima en 100
3	0X03	Fija la ganancia analógica máxima en 103
4	0X04	Fija la ganancia analógica máxima en 107
5	0X05	Fija la ganancia analógica máxima en 110
6	0X06	Fija la ganancia analógica máxima en 114
7	0X07	Fija la ganancia analógica máxima en 118
8	0X08	Fija la ganancia analógica máxima en 123
9	0X09	Fija la ganancia analógica máxima en 128
10	0X10	Fija la ganancia analógica máxima en 133
11	0X11	Fija la ganancia analógica máxima en 139
12	0X12	Fija la ganancia analógica máxima en 145
13	0X13	Fija la ganancia analógica máxima en 152
14	0X14	Fija la ganancia analógica máxima en 159
15	0X15	Fija la ganancia analógica máxima en 168
16	0X16	Fija la ganancia analógica máxima en 177
17	0X17	Fija la ganancia analógica máxima en 187
18	0X18	Fija la ganancia analógica máxima en 199
19	0X19	Fija la ganancia analógica máxima en 212
20	0X20	Fija la ganancia analógica máxima en 227
21	0X21	Fija la ganancia analógica máxima en 245
22	0X22	Fija la ganancia analógica máxima en 265
23	0X23	Fija la ganancia analógica máxima en 288
24	0X24	Fija la ganancia analógica máxima en 317
25	0X25	Fija la ganancia analógica máxima en 352
26	0X26	Fija la ganancia analógica máxima en 395
27	0X27	Fija la ganancia analógica máxima en 450
28	0X28	Fija la ganancia analógica máxima en 524
29	0X29	Fija la ganancia analógica máxima en 626
30	0X30	Fija la ganancia analógica máxima en 777
31	0X31	Fija la ganancia analógica máxima en 1025

**Tabla 1.4 Registros de Ganancias<sup>[4]</sup>**

Tenga en cuenta que la relación entre el registro de ganancia y la ganancia real no es una relación lineal. No existe una fórmula mágica que diga "si utiliza este valor de ganancia, el

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

alcance será exactamente este". Depende del tamaño, forma, y material del objeto y de los elementos restantes de la habitación. Lo recomendable es experimentar con diferentes valores hasta obtener los resultados deseados. Si obtiene lecturas falsas, puede que sean los ecos de los "pings" anteriores, vuelva a lanzar el sensor SRF08 cada 65mS o más (menos tasa).

Si se tiene alguna duda acerca de los registros Range y Gain, recuerde que en el sensor SRF08 se fijan los valores por defecto automáticamente cuando se inicia el sistema. Es más, puede olvidarse de esta configuración y utilizar los valores por defecto y el sensor funcionará correctamente, detectando objetos a 6 metros cada 65mS o menos.

#### ***1.3.2.13 Sensor de Luz del SRF08***

El medidor ultrasónico SRF08 dispone de un sensor fotoeléctrico en la propia placa. Este medidor realiza una lectura de la intensidad de la luz cada vez que se calcula la distancia en los modos Ranging o ANN (La conversión analógica/digital se realiza realmente justo antes de que se lance el "ping" mientras el generador de 10v +/- se encuentra en fase de estabilización). EL valor de la lectura va aumentando a medida que aumenta la intensidad de la luz, por lo que valor máximo lo obtendrá con una luz brillante y el valor mínimo en total oscuridad. La lectura debería acercarse a 2-3 en total oscuridad y aproximadamente a 248 (0xF8) en luz diurna. La intensidad de la luz puede leerse en el registro del sensor de luz en la ubicación 1 al mismo tiempo que puede leer los datos del alcance.

#### ***1.3.2.14 Led***

EL indicador LED rojo se utiliza para indicar el código de la dirección I2C del sensor en el encendido (ver abajo). Así mismo, también emite un breve destello durante el "ping" en el cálculo de la distancia.

#### ***1.3.2.15 Cambio de la Dirección del Bus I2C del Srf08***

Para modificar la dirección I2C del sensor SRF08 sólo se podrá tener un sensor conectado al bus. Se escriben los 3 comandos de secuencias en el orden correcto seguidos de la dirección. Ejemplo; para cambiar la dirección de un sensor que tiene actualmente la dirección 0xE0 (la dirección de fábrica por defecto) a la dirección 0xF2, escriba lo



siguiente en la dirección 0xE0; (0xA0, 0xAA, 0xA5, 0xF2). Se deberían enviar estos comandos con el orden secuencial correcto para modificar la dirección I2C. Además, no es posible emitir cualquier otro comando en medio de la secuencia. La secuencia debe enviarse al registro de comandos de la ubicación 0, lo que implica que se escribirán 4 transacciones independientes en el bus I2C. Una vez realizado todo esto, deberá etiquetar el sensor con su dirección. No obstante, si olvida hacerlo, cuando lo encienda, no se enviará ningún comando. El sensor SRF08 indicará su dirección mediante el LED. Un destello largo seguido de un número de destellos cortos indicará la dirección. Los destellos terminarán inmediatamente después de enviar un comando al sensor SRF08.

Dirección			
Decimal	Hexadecimal	Destello Largo	Destellos cortos
224	E0	1	0
226	E2	1	1
228	E4	1	2
230	E6	1	3
232	E8	1	4
234	EA	1	5
236	EC	1	6
238	EE	1	7
240	F0	1	8
242	F2	1	9
244	F4	1	10
246	F6	1	11
248	F8	1	12
250	FA	1	13
252	FC	1	14
254	FE	1	15

**Tabla 1.5** Direccionamiento de sensores<sup>[4]</sup>

Se debe asegurar de no configurar más de un sensor con la misma dirección, ya que se produciría una colisión en el bus, con resultados totalmente imprevisibles.

### **1.3.2.16 Consumo de Corriente**

El consumo medio de corriente se calcula que es aproximadamente 12mA durante el cálculo de la distancia, y 3mA en modo de espera. El módulo entrará automáticamente en modo de espera después de terminar la medición, mientras espera al siguiente comando del bus I2C.

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

El perfil real de consumo de corriente del srf08 es el siguiente:

Tipo de operación realizada	Corriente	Duración
Comando de medición de la distancia recibido –Encendido	275Ma	3Us
Estabilización del generador de +/- 10v	25mA	600uS
8 ciclos de "ping" 40kHz	40mA	200uS
Medición	1mA	65mS máx.
Modo de espera (Stand-by)	3mA	Indefinido

Tabla 1.6 Consumo de Corriente<sup>[4]</sup>

Los valores de la tabla anterior se ofrecen sólo a modo orientativos, no se han comprobado en unidades de producción.

### 1.3.2.17 Cambio del Ángulo de Detección

El ángulo de detección no se puede cambiar. Esta es una pregunta que se hace muy frecuentemente y cuya respuesta es que no se puede alterar. El foco de trabajo del SRF08 es un cono cuyo ancho depende del propio traductor y esta es fija. La forma del área de trabajo del traductor ultrasónico empleado en el SRF08 es la de la siguiente figura, tomada de la hoja de características del fabricante.

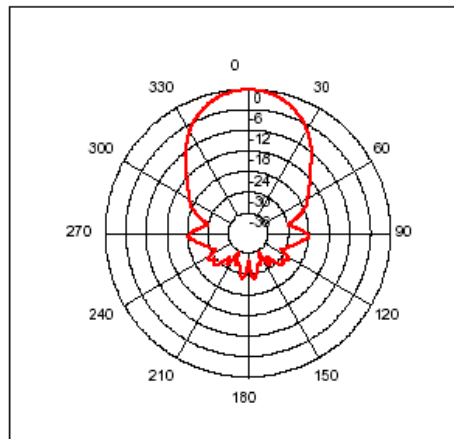


Fig 1.17 Angulo de dispersión<sup>[4]</sup>

### 1.3.2.18 Esquema del Sensor

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros

<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

Esta es la representación interna del sensor SRF08 con todos sus componentes y conexiones de funcionamiento normal.

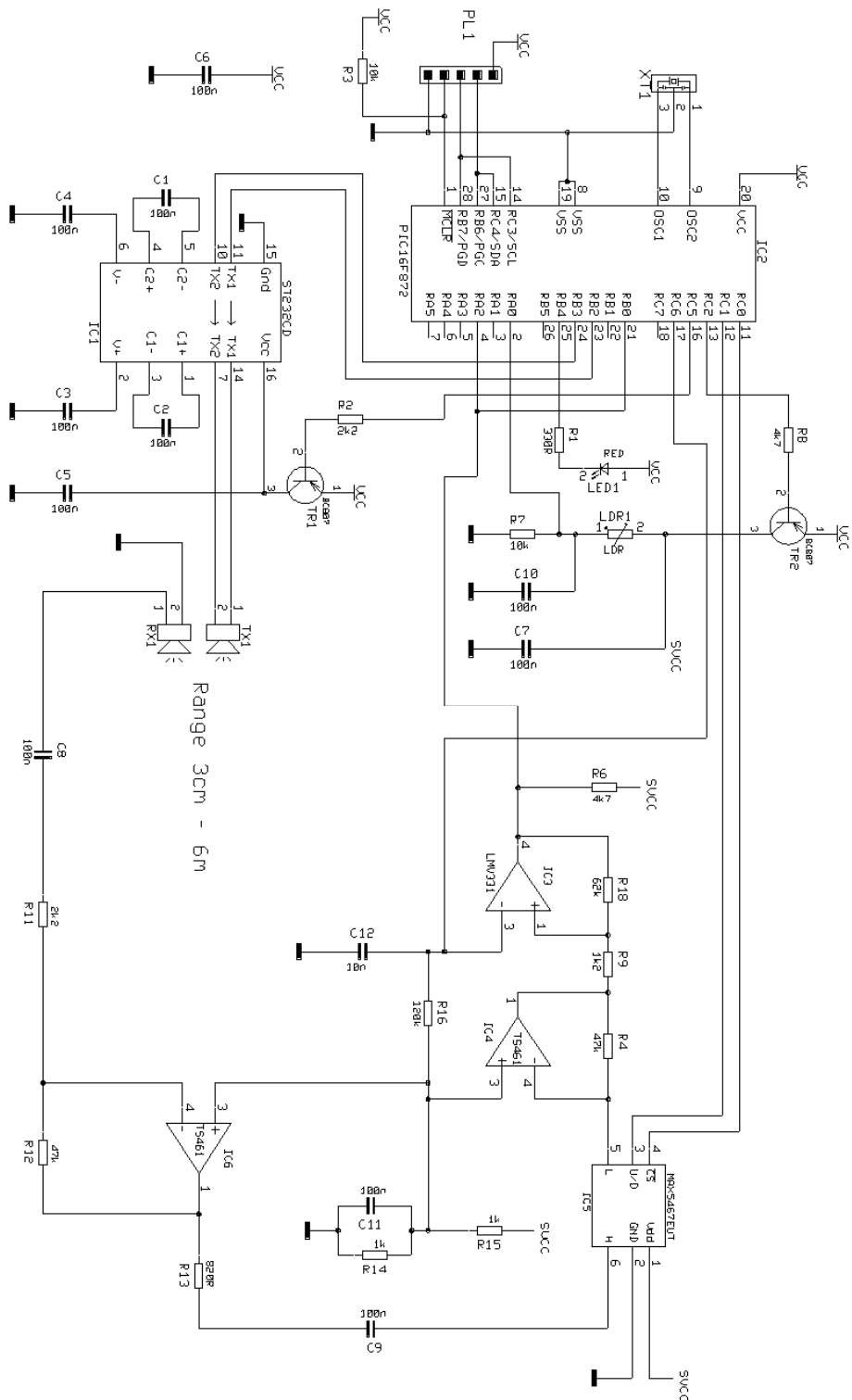


Fig 1.18 Esquema del sensor SFR08<sup>[5]</sup>

<sup>[5]</sup> Especificaciones Técnicas del Microcontrolador - Atmel Corporation. ATMEGA644 (L) Summary. [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/2467S.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2467S.pdf)

### 1.3.3 SENSOR SRF10<sup>[4]</sup>

SRF10 (figura 1.1.9) es el nuevo medidor ultrasónico de distancias miniatura para robots que representa la última generación en sistemas de medidas de distancias por sonar, consiguiendo niveles de precisión y alcance únicos e impensables hasta ahora con esta tecnología. El sensor es capaz de detectar objetos a una distancia de 6 m con facilidad además de conectarse al microcontrolador mediante un bus I2C, por lo que se pueden conectar cuantos sensores sean necesarios en el mismo bus. Con una alimentación única de 5V, solo requiere 15 mA, para funcionar y 3mA mientras esta en reposo, lo que representa una gran ventaja para robots alimentados por pilas. Sus reducidas dimensiones lo convierten en el sensor de distancias por ultrasonidos más pequeño del mundo. Medidas 32 x 15 x 10 mm.



Fig.1.19 Sensor SRF10<sup>[4]</sup>

#### ***1.3.3.1 Controlando el sensor de distancias ultrasónico SRF10***

La comunicación con el sensor ultrasónico SRF10 se realiza a través del bus I2C de la misma manera que en un SRF08, por lo que es posible utilizar hasta 16 sensores sobre un mismo bus I2C.

#### ***1.3.3.2 Conexiones al sensor SRF10***

Las conexiones del sensor SRF10 son idénticas a las del sensor SRF08. El pin señalado como "NC" (No conectar) debería permanecer sin conexión. En realidad, se trata de la línea MCLR de la CPU y se utiliza solamente en la fabrica para programar el PIC16F872 después del montaje, y al igual que el SRF08 utiliza siempre un regulador de tensión de 5v para alimentar el modulo, no conectar nunca directamente a pilas.

---

<sup>[4]</sup> Sensor de la familia SRF y otros  
<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

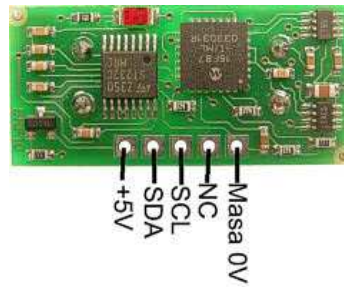
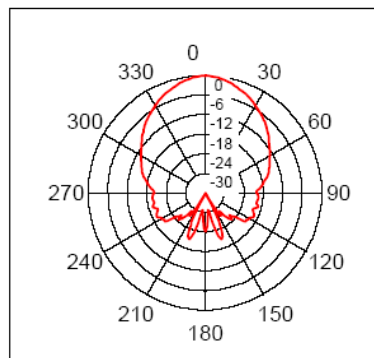


Fig 1.20 Conexión Sensor Srf10<sup>[4]</sup>

### 1.3.3.3 Ángulo de Detección

El ángulo de detección no se puede cambiar. Esta es una pregunta que se hace muy frecuentemente y cuya respuesta es que no se puede alterar. El foco de trabajo del SRF10 es un cono cuyo ancho depende del propio traductor y esta es fija. La forma del área de trabajo del traductor ultrasónico empleado en el SRF10 es la de la siguiente figura, tomada de la hoja de características del fabricante.



Graf. 1.20 Ángulo de alcance

### 1.3.3.3 Generalidades

Con respecto al manejo de registros, comandos, ganancia, control de direccionamiento se puede decir que es igual al SRF08, por lo cual un programa que lee normalmente un sensor de este tipo, debe funcionar sin problemas en un SRF10. Su mayor diferencia está en su tamaño, su rango de alcance y su costo, ya que este último está diseñado como un sensor miniatura de mayor alcance, por lo cual su costo es elevado y de difícil acceso.

### 1.3.4 Módulo PING)))™ de medición de distancia de Parallax

El sensor de distancia por ultrasonidos [PING\)\)\)™](#) de Parallax puede detectar objetos hasta tres metros de distancia. El módulo posee tres pines de conexión como se muestra en la Fig. 1.21 , dos para la alimentación de 5V y uno de E/S (entrada y salida digital), que se

utiliza para activar el sensor cuando es entrada y luego, cuando es salida, para emitir un pulso que indica que se ha recibido un rebote de la señal de ultrasonido.

El modo de funcionamiento es el siguiente: una de las cápsulas ultrasónicas emite una señal inaudible para el oído humano. Cuando la señal rebota sobre un objeto, es captada por la otra cápsula. El tiempo que ha tardado en recibirse dicha señal es calculado para determinar la distancia a la que se encuentra el objeto que la ha hecho rebotar.



Fig. 1.21 Módulo PING)))™

Este sensor es una buena elección para aplicaciones donde se requiera efectuar la medición de distancia entre objetos fijos o móviles. También puede ser usado en robótica, sistemas de seguridad o como reemplazo de sistemas basados en infrarrojo.

Características Técnicas	Valores
Voltaje de alimentación	5VDC
Consumo de corriente	30-35 mA
Rango de Medición	3cm – 3m
Entrada de Disparo	Pulso ascendente TTL con duración mínima de 5us.
Pulso de salida	Pulso ascendente TTL comprendido entre 115 us y 18.5 ms.
Frecuencia del ultrasonido	40 Khz.
Tiempo de emisión del ultrasonido	200 us.
LED	Si
Tiempo mínimo de espera en medidas	200 us.
Dimensiones	22x46x16 mm.

Tabla 1.7 características<sup>[4]</sup>

## 1.4 AVR ATMEL ATMEGA <sup>[6]</sup>

El AVR es una familia de microcontroladores de 8 bits fabricada por Atmel. Esta guía pretende explicar el manejo básico del microcontrolador utilizado en el desarrollo del proyecto. En los ejemplos y para los valores concretos se utilizará como referencia el ATMEL ATMEGA644,

El ATMEGA644 es un microcontrolador 8-bit Cmos basado en el AVR ejecutando instrucciones de gran alcance en un solo ciclo de reloj.

La base del AVR combina un sistema de instrucciones con 32 registros de fines generales del funcionamiento. Todos los 32 registros están conectados directamente con la unidad de lógica/aritmética (ALU), permitiendo dos registros independientes que se alcanzarán en una sola instrucción ejecutada en un ciclo de reloj.

El microcontrolador AVR puede ser programado tanto en Ensamblador como en C/C++, y es una orientación totalmente clásica a la programación de microcontroladores.

### 1.4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

- La familia ATMEGA está compuesta por microprocesadores con registros y ALU de 8 bits.
- Pensados como microprocesadores de propósito general.
- Disponen de memorias RAM, EEPROM y Flash internas.
- Integran en el chip un amplio abanico de periféricos:
  - a) Controladores de comunicación serie (SPI y USART)
  - b) Varios puertos paralelo.
  - c) Varios Timers/Counters (8 y 16 bits)
  - d) Comparador analógico.

---

<sup>[6]</sup> Especificaciones Técnicas del Microcontrolador - Atmel Corporation. ATMEGA644 (L) Summary.  
[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/2467S.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2467S.pdf)

- e) Conversor Analógico/Digital (ADC)
- f) Moduladores PWM para electrónica de potencia.

### 1.4.2 CONFIGURACIÓN DE PINES

En la Fig. 1.21 se muestra la distribución de pines del ATMEGA644

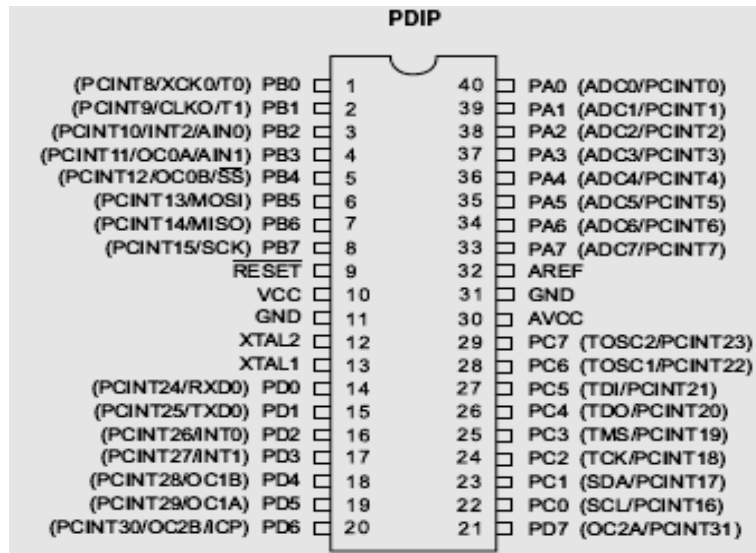


Fig.1.21 ATMEGA 644 <sup>[6]</sup>

### 1.4.3 ARQUITECTURA INTERNA ATMEGA644

El ATMEGA644 tiene 4 puertos paralelo de 8 bits para entrada salida, desde PORTA hasta PORTD. La Fig. 1.22 muestra la arquitectura interna de un ATMEGA644.

<sup>[6]</sup> Especificaciones Técnicas del Microcontrolador - Atmel Corporation. ATMEGA644 (L) Summary.  
[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/2467S.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2467S.pdf)



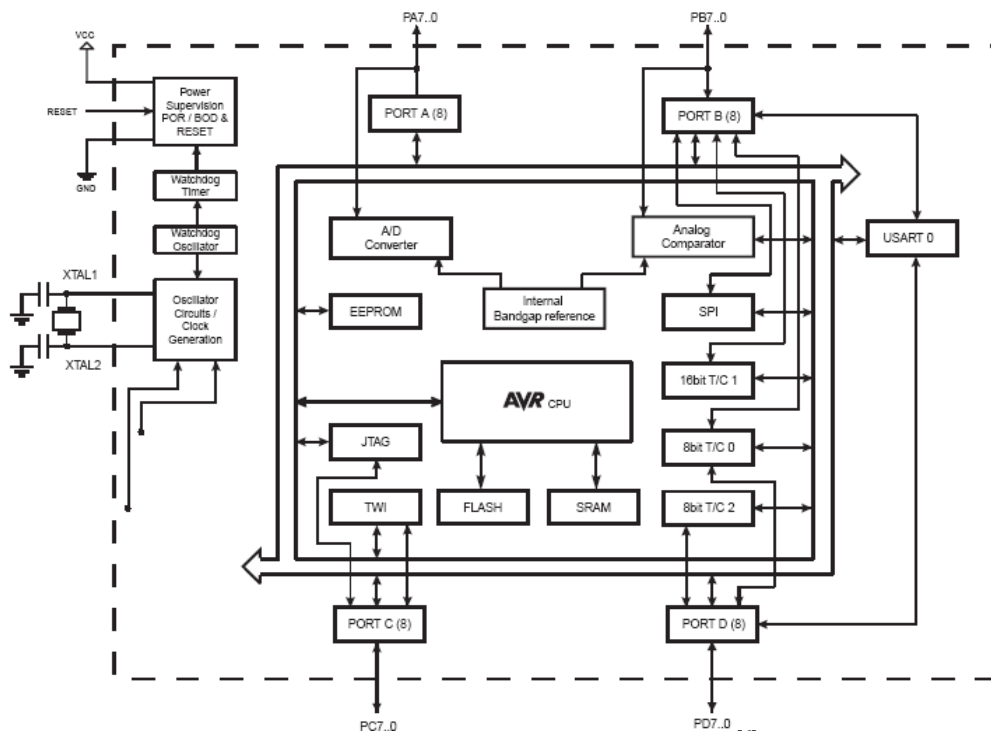


Fig. 1.22 Arquitectura Interna ATMEGA 644<sup>[6]</sup>

Además de la función típica de entrada-salida, estos puertos pueden ser configurados para realizar otras funciones alternativas. Así, por ejemplo, el puerto A puede utilizarse como Conversor Analógico-Digital (ADC), el puerto B tiene funciones de Interfaz Serie (SPI), Comparador Analógico y entradas de interrupción externa, el puerto C lleva un par de osciladores, las funciones JTAG para depuración de programas y el TWI –Two Wire Interface- y por último el puerto D lleva las salidas de los Timers, un par de generadores de interrupción externa y el TX/RX del USART.

Las instrucciones básicas de manejo de estos puertos para entrada/salida son:

- Para configurar la dirección de los pines del puerto: `DDRx`". Puesto a '1' significa SALIDA y a '0' significa ENTRADA.
- En un pin de SALIDA se ESCRIBE mediante el comando "`PORTx`"
- En un pin de ENTRADA se LEE mediante el comando "`PINx`". Donde "x" es el puerto (A, B, C o D).

## 1.5 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN<sup>[7]</sup>

<sup>[6]</sup> Especificaciones Técnicas del Microcontrolador - Atmel Corporation. ATMEGA644 (L) Summary. [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/2467S.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2467S.pdf)

<sup>[7]</sup> Concepto del GLCD y sus características técnicas - Python Software Foundation. Python Documentation <http://docs.python.org/sistemasdugitale.pdf>

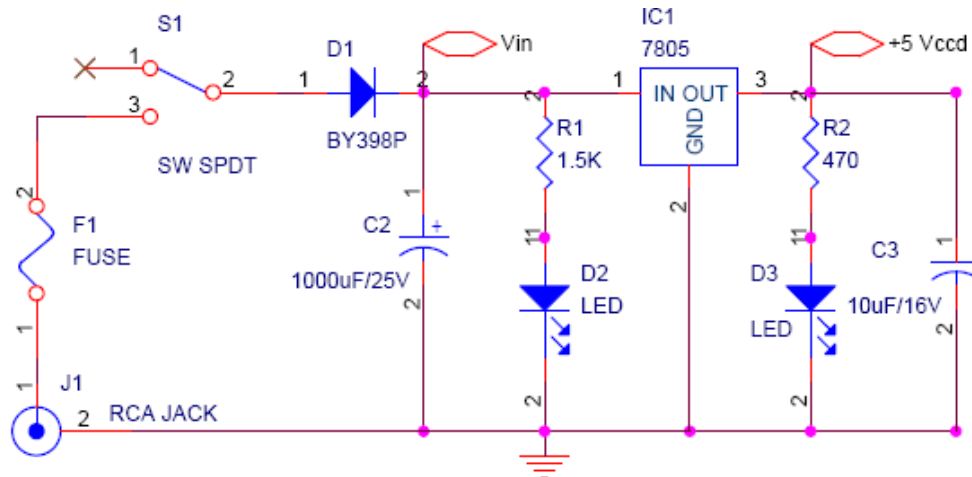
Desarrollando con el estudio de generación y generación de corriente continua, se establece un circuito base definiendo primero las necesidades del prototipo de tal manera que:

- Fuente de alimentación al microcontrolador y a los sensores es de 5 voltios de corriente continua. Y tenemos que el voltaje que tenemos al alcance es de 12 voltios proporcionado por el automóvil.

Esta es una pauta para tomar en cuenta que se requiere un regulador de voltaje.

- Se toma en cuenta la corriente, picos de voltaje que puede generar, por lo que es necesario de capacitores que rectifiquen la señal de voltaje. Y de igual manera un dispositivo de protección, que se puede obtener por medio de un diodo adecuado.
- Y por último sería la manera de indicar que nuestra fuente esta funcionando y la mejor manera es por medio de LED con su respectiva conexión para su funcionamiento ( resistencias).

Con todas estas consideraciones la fuente de alimentación que se muestra en la Fig. 1.23 es la que se encargará de suministrar una tensión de 5V continuos a partir de 12V que encontramos en el automóvil.



12V

Fig. 1.23 Diagrama circuital del sistema de alimentación

### Especificación de circuito:

El sistema de alimentación utiliza un regulador 7805 que entrega una salida de 5V, un diodo rectificador D1 de 3A a la entrada para protección, el D2 es un led que indica los 12V de entrada, mientras que el D3 es un led que indica la existencia de los 5V a la salida.

Tanto C2 como C3 son capacitores que sirven para filtrado y estabilizar los voltajes de la fuente.

## **1.6 LCD<sup>[7]</sup>**

Antes de aparecer los módulos LCD, los diseños electrónicos utilizaban los Displays de siete segmentos para poder mostrar la información, además de su gran limitación de poder mostrar los caracteres alfa numéricos y símbolos especiales, también consumían demasiada corriente y ocupaban demasiado espacio físico. Posteriormente aparecieron otros tipos de displays más complejos que podían mostrar algunos caracteres y símbolos; pero tenían de igual manera mucho consumo de corriente y espacio físico desperdiciado.

Finalmente aparecieron los módulos LCD o pantallas de cristal líquido la cual tiene la capacidad de mostrar cualquier carácter alfa numérico. Estos dispositivos ya vienen con su pantalla y toda la lógica de control pre-programada en la fábrica y lo mejor de todo es que el consumo de corriente es mínimo y no se tendrán que organizar tablas especiales como se hacía anteriormente con los displays de siete segmentos.

En la actualidad existe una gran variedad de versiones de LCD clasificados en dos grupos. El primer grupo está referido a los módulos LCD de caracteres (solamente se podrán presentar caracteres y símbolos especiales en las líneas predefinidas en el modulo LCD) y el segundo grupo está referido a los módulos LCD matriciales o GLCD (Se podrán presentar caracteres, símbolos especiales y gráficos). Los módulos LCD varían su tamaño físico dependiendo de la marca; por lo tanto en la actualidad no existe un tamaño estándar para los módulos LCD.

Las aplicaciones de los módulos LCD son infinitas ya que pueden ser aplicados en la informática, comunicaciones, telefonía, instrumentación, robótica, automóviles, equipos industriales, etc.

### **1.6.1 GLCD**

Como se mencionó anteriormente los GLCD son LCD matriciales donde se puede presentar caracteres, símbolos especiales y gráficos, para el proyecto se va utilizar el LCD12864 de la empresa CORPOIMPEX.

En la Fig. 1.24 y 1.25 se muestran las características eléctricas y ópticas respectivamente

---

<sup>[7]</sup> **Concepto del GLCD y sus características técnicas** - Python Software Foundation. Python Documentation  
<http://docs.python.org/sistemasdugitale.pdf>

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Item	Symbol	Condition	Min.	Typ	Max.	Unit	note
Power Supply for Logic	$V_{DD}-V_{SS}$	-	4.5	5.0	5.5	Volt	
Power Supply for LCD	$V_{EE}-V_{SS}$	-	-4.3	-4.8	-5.2	Volt	
Input Voltage	$V_L$	L level	0	-	0.6	Volt	
	$V_{IH}$	H level	2.2	-	$V_{DD}$	Volt	
	$V_{DD}-V_O$	$T_a=0^\circ\text{C}$	-	-	-	Volt	
$T_a=25^\circ\text{C}$		7.8	8.4	9.2			
$T_a=50^\circ\text{C}$		-	-	-			
Power Supply Current for LCM	$I_{DD}$	$V_{DD}=5.0\text{V}$ $V_{DD}-V_O=8.4\text{V}$	-	2.0	3.5	mA	
	$I_{EE}$		-	2.4	-		
LED Forward Voltage	$V_F$	$I_f=40\text{ mA}$	-	4.1	4.6	Volt	
LED Forward Current	$I_F$	-	-	40	-	mA	
LED Reverse Current	$I_R$	$V_R=8\text{V}$	-	-	0.2	mA	

Fig. 1.24 Características Eléctricas del GLCD

### OPTICAL CHARACTERISTICS

Item	Symbol	Condition	Min.	Typ	Max.	Unit	note
Viewing angle range	$\Phi f(12\text{ o'clock})$	When $Cr \geq 1.4$	-	20	-	Degree	9,10
	$\Phi b(6\text{ o'clock})$		-	40	-		
	$\Phi l(9\text{ o'clock})$		-	30	-		
	$\Phi r(3\text{ o'clock})$		-	30	-		
Rise Time	$T_r$	$V_{DD}-V_O=8.4\text{V}$ $T_a=25^\circ\text{C}$	-	200	-	ms	
Fall Time	$T_f$		-	250	-		
Frame frequency	Frm		-	64	-	Hz	8,10
Contrast	Cr		-	4.5	-		7
The Brightness Of Backlight	L	$I_f=40\text{ mA}$	40	60	-	$\text{cd/m}^2$	
Peak Emission Wavelength	$\lambda P$		567	570	577	nm	

Fig. 1.25 Características Ópticas del GLCD

# CAPÍTULO II

## DISEÑO DEL PROTOTIPO

## CAPÍTULO II

### 2 DISEÑO DEL PROTOTIPO

#### 2.1 ANALIZAR LOS DIFERENTES SENSORES Y DETERMINAR EL MÁS ADECUADO PARA LA APLICACIÓN.

En este cuadro se expresa todas las características técnicas de cada uno de los sensores que se encuentran en el mercado y de los cuales se realizar un estudio en el CAPÍTULO I.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	SRF 04	SRF08	SRF10	MÓDULO PING)))™
TENSIÓN	5v	5v	5V	5V
CONSUMO	30mA-50mA	3mA – 40mA	3mA- 15 mA	30 mA - 35 mA
FRECUENCIA	40Khz.	40 Khz.	40 Khz.	40 Khz.
DISTANCIA MÍNIMA	3cm	0cm (Enfoque Directo)	0cm (Enfoque Directo)	3cm
DISTANCIA MÁXIMA	300cm	600cm	600 cm	300cm
SENSIBILIDAD	Detección teórica máx. a 3m	Detección teórica máx. a 6m	Detección teórica (parámetros por defecto) máx. a 11m	Detección teórica máx. a 3m
PULSO DE DISPARO	10 uS	3uS	3uS	5uS
PULSO DE ECO	100uS-18mS	200uS	200uS	115 uS y 18.5 ms

<b>RETARDO ENTRE PULSOS</b>	10mS mínimo	65mS máximo	65mS máximo	200uS
<b>TAMAÑO</b>	43 x 20 x 17 mm	43 x 20 x 17 mm	32 x 15 x 10 mm.	22x46x16 mm
<b>PESO</b>	10 gr.	10 gr.	8 gr.	10 gr.
<b>SENSOR DE LUZ</b>	No	Si	No	No
<b>DIRECCIONAMIENTO I2C</b>	No	Si	Si	No
<b>LED INDICADOR</b>	No	Si	Si	No
<b>CAMBIO DEL ÁNGULO</b>	No	No	No	No
<b>PRECIO EN EL MERCADO</b>	21,44 euros +IVA	37,20 Euros + IVA	38,20 Euros + IVA	30,00 Euros + IVA

**Tabla 2.0 Características Técnicas de los Tipos de Sensores**

En esta tabla se puede comparar los tipos de sensores que se encuentran en el mercado y las características más adecuadas para este proyecto, como por ejemplo la facilidad de comunicación con un micro controlador y de igual manera la conexión en cascada por la misma vía entre varios sensores. Son las características más relevantes tomadas en consideración.

### **2.1.1 CONCLUSIÓN DE SENSOR SELECCIONADO:**

Con las características técnicas mostradas en el cuadro anterior, fácilmente se determina que el sensor SRF08 es el adecuado para ser tomado en cuenta, por su precio y accesibilidad en el mercado.

## **2.2 ESTABLECER EL CIRCUITO DEL PROTOTIPO.**

Antes de establecer el circuito base se tiene que hacer un estudio de cómo estará conformado el circuito y de los diferentes dispositivos que reaccionaran con los sensores SRF 08.

Primero se analiza la forma de señal que nos proporciona el sensor y su conexión (alimentación de voltaje). Teniendo los siguientes resultados:

Voltaje: Es necesario de 5 voltios DC (corriente continua), este paso está solucionado con el circuito de alimentación, que se reviso en el Capítulo I.

Conexión de GLCD, se tomando en cuenta el tipo de conector necesario tanto como número de pines y espacio físico en la tarjeta, la conexión básica de funcionamiento (potenciómetro para contraste, pines de alimentación y pines de comunicación con el microcontrolador).

Conexión de sensores SFR08, se retoma la información del circuito y funcionamiento ya revisado en el Capítulo I, para establecer la conexión de los sensores con el microcontrolador y su alimentación de voltaje. Como la idea es que los sensores se encuentren en la parte exterior de la tarjeta solo se ponen puntos de conexión (conectores).

Conexión del microcontrolador (alimentación conexión de sensores y posibles señales exteriores así como de salida). Con todos estos antecedentes se establece los puertos de acceso interno y externo (I/O), así como para la conexión de los sensores que tan solo es necesario de dos puertos para hasta 16 sensores SFR08 gracias a la comunicación I2C, que es un beneficio para no ocupar varios puertos del microcontrolador. También es necesario establecer un circuito de Reset, un circuito de indicación compuesto de Led indicadores, Buzzer para la alerta audible, así como un circuito de relés para una posible conexión externa para diversas aplicaciones. Y por último es necesario de un puerto de comunicación para poder grabar los datos de programación al microcontrolador esto es necesario para hacer mas versátil el prototipo.

Este es el circuito que acopla los parámetros anteriormente vistos y adecuaciones de conexión con el sensor escogido. (En los anexos se muestra el circuito a tamaño demostrativo.)



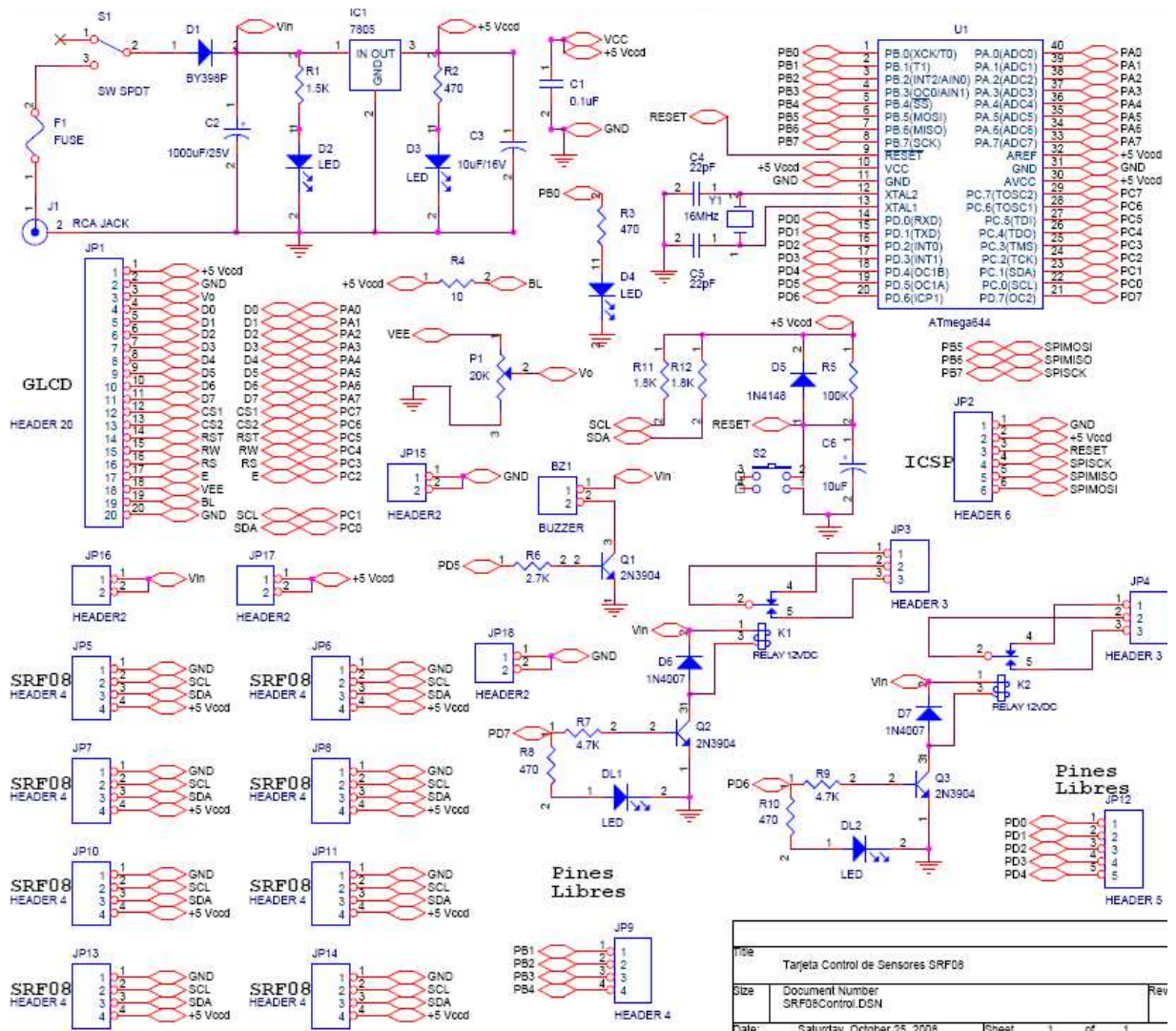


Fig 2.0 Diagrama circuital del Prototipo

## 2.3.ORGANIZACIÓN DEL CIRCUITO

Este prototipo se lo puede definir o clasificar como un receptor y emisor de las señales de los sensores, que a su vez proyecta de modo grafico todos los resultados obtenidos. En este circuito se encuentra el alcance de conexión independiente de cada sensor, así también se puede utilizar la conexión en cascada, uno con otro (con el Bus I2C), para su optimización.

Este prototipo se organiza de la siguiente manera:

- Fuente de alimentación de 12v y regulador de 5V (Es el sistema de alimentación demostrado anteriormente).

- Un bloque de conexión del Microcontrolador que funciona con sus compuertas en I/O.
- La sección de conectores para los sensores SFR08 que son conectados al Microcontrolador el mismo que procesa los datos tomados por cada sensor.
- La zona de representación, que no es más que mostrar los datos ya en un lenguaje de usuario (GLCD).
- Las compuertas actuadoras que son salidas del microcontrolador hacia el bloque de relés que controlan eventos externos al circuito.
- Con todos estos bloques de organización se establece diferentes formas de funcionamiento, o modos de actuar con respecto a posibles objetos de choque.

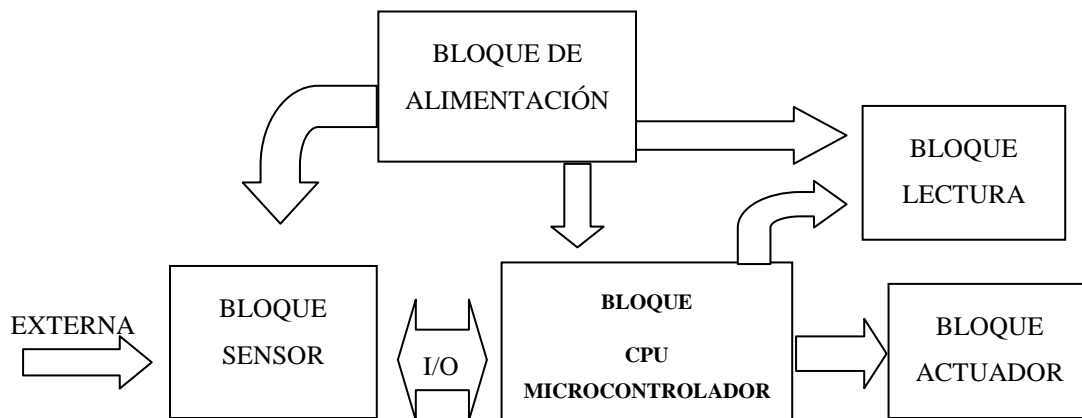


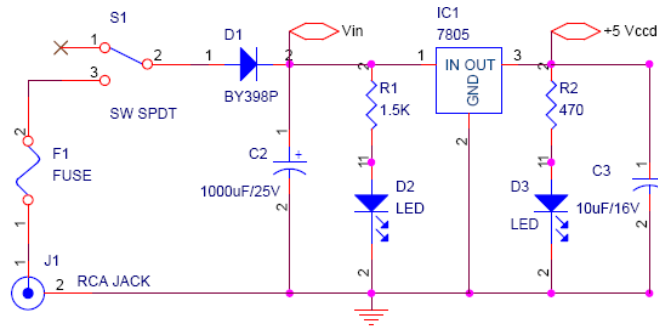
Fig 2.1 Diagrama de bloques del Circuito

## 2.4 EXPLICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO

El funcionamiento del circuito se detalla a continuación, con las señales emitidas de cada uno de los bloques de organización.

1. La alimentación de voltaje proporcionado por el automóvil es de 12 V DC, pero la que se requiere es de 5 V DC, puesto que tanto como los sensores y el microcontrolador para su funcionamiento requieren de este voltaje. Para lo cual se utiliza el regulador de voltaje LM7805, este elemento es parte del circuito de alimentación, que no es más que, condensadores de entrada y salida, Led

indicativos, diodos rectificadores, resistencias y switch de conexión. Esto constituye el bloque 1 del circuito base.



2. Las salidas de voltaje de 5V, pasan a alimentar al resto de bloques en este caso es el compuesto del microcontrolador (ATmega644) y sus componentes de conexión (sensores, relés, etc.), el mismo que se conecta de la siguiente manera: Alimentación de voltaje a los pines 10 (VCC) 11(GND), conexión de reset al pin 9 (activación en bajo con su circuito respectivo), conexión de cristal pin 12 y 13 (teniendo en cuenta la conexión típica de cristal que va en serie con un par de condensadores). Además consta del HEADER 6 (ICSP), que es el puerto de programación del microcontrolador.

3. La conexión del GLCD representaría el bloque 3 que va la a los pórtricos A y C del microcontrolador que son los pines del 33 al 40 ( pórtrico A) y del 24 al 29 ( pórtrico C), que sirven en la comunicación para la representación de los datos del micro controlador; las conexiones de alimentación están directamente conectadas.

Adicionalmente se tiene puntos flotantes de comprobación que están representadas en los HEADER 2 ( 5V, GND y Vin); y teniendo una conexión adicional de un potenciómetro que sirve para el contraste visual del GLCD.

4. El siguiente bloque de conexión es el 4 (HEADER 3) que consta como salida de acción y está formado por el Buzzer, que está conectado al pin 19 en el PD5 (Pórtrico D ), es el que permite tener una alerta sonora para cualquier aplicación que se quiera ejecutar. De igual manera se tiene dos relés que están conectados a los pines 20 y 21( pórtrico PD6 y el pórtrico PD6 respectivamente), los mismos que sirven para realizar un desacople o acople de circuitos externos (encendido o apagado de circuitos propios del automóvil), cada uno de estos relés están acoplados con su circuito respectivo además de un led indicador.

5. La siguiente conexión es el bloque 5 de los sensores (HEADER 4), que no es más que el enlace entre los pines I/O del sensor a los dos pines 22 y 23 del Micro controlador, estos son los pódicos PC0 y PC1 que actúan como compuertas I/O.

Para la polarización de cada sensor se utiliza dos líneas de alimentación. Hay que tomar en cuenta el sistema del Bus I2C, que permite ocupar tan solo un par de pódicos para los sensores que son necesarios en este proyecto. En el prototipo se maneja con un máximo de conexión de hasta 8 sensores como si fueran puertos independientes, la aplicación real de este prototipo es la detección de objetos en la parte delantera y trasera del automóvil, por lo que se utilizará tan solo 4 sensores.

6. Finalmente se tiene la conexión del bloque 6 (HEADER 5) de los pines libres que son del 2 al 5 y 14 al 18 ( Pódicos B y D), los cuales podrán ser utilizados como I/O en función a las aplicaciones que sean necesarias. Este caso se tomará uno de los pódicos que servirá para recibir la señal de reversa del automóvil, para que en esta marcha se pueda limitar la proximidad de los obstáculos con alguna acción.

## **2.5 PROGRAMACIÓN DEL PIC.**

### **2.5.1 DIAGRAMA EXPLICATIVO DEL PROGRAMA.**

Este programa está realizado con el compilador Bascon AVR, en el cual se maneja los sensores con un programa ya desarrollado por el distribuidor del mismo, puesto que internamente los sensores contiene un micro controlador, que toma los datos que sean necesarios, luego se adiciona las aplicaciones a ser leídas, y las formas de manejo de los datos obtenidos.

A continuación se muestra el programa a través de un flujo grama.

#### **Programa del circuito.**

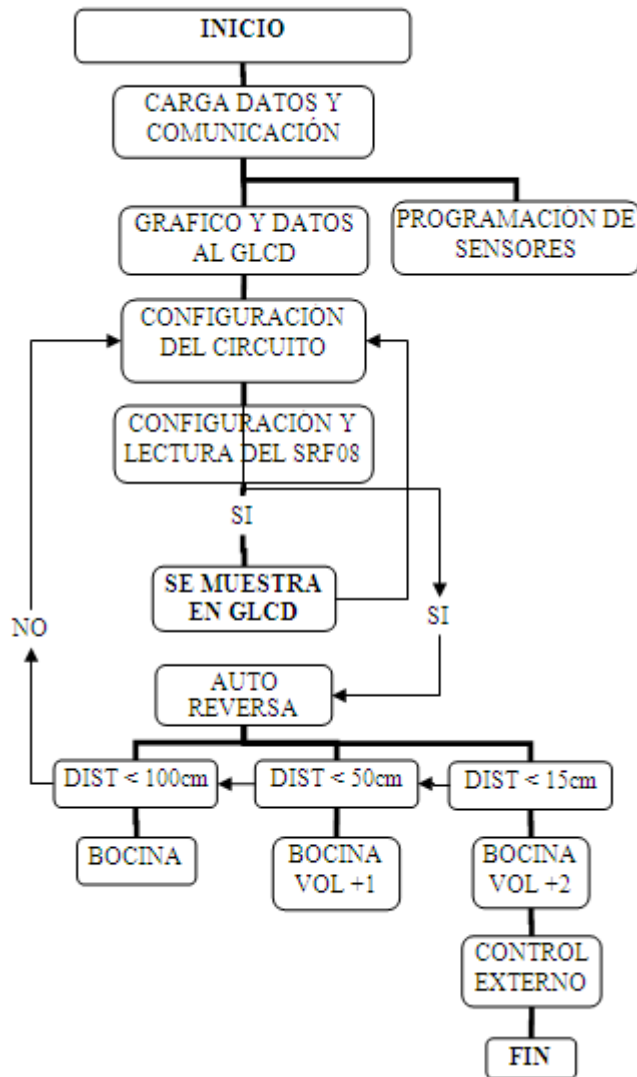


Fig 2.2 Diagrama del Programa

### 2.5.2 Explicación del Flujo grama

En este diagrama se puede observar claramente los pasos que el programa toma para realizar las aplicaciones necesarias así como son:

1. Al inicio del programa arranca la comunicación del microcontrolador con el GLCD y sus periféricos de conexión.
2. Al cargar los datos no es más que el micro empieza a tomar las señales de configuración como por ejemplo del tipo de cristal con el que está trabajando así también la activación del bus I2C, y la transferencia de información de comandos a los sensores que encuentra.

3. Esta opción que está dentro del programa (configuración del sensor) es para que el técnico pueda configurar la dirección de cada sensor a trabajar, esto es para la comunicación I2C, para no tener conflicto de lecturas.
4. En este tramo el micro configura la representación o tamaño de los datos a ser enviados al GLCD.
5. Aquí en la configuración del circuito, el programa ordena los datos a ser leídos por el GLCD y sus posibles rutinas.
6. En la configuración del sensor no es más que leer las sub rutinas de emisión, recepción, configuración de ganancia y tipo de unidad de medición para ser tomadas en cuenta al mostrar en la pantalla.
7. Visualización de los datos obtenidos en la pantalla ya listas para el usuario.
8. Se tiene una opción en la configuración, cuando se detecte en los pódicos auxiliares libres del micro, que el auto está en reversa, se tomará los datos en función de las condiciones para que estas sean transmitidas a una alerta audible.
9. El último comando indica la condición, requerida para tener un dato (distancia mínima), condición con la cual sirve para la comunicación con un circuito externo, pudiendo determinar una acción a ser tomada (se apagará el auto).

# CAPÍTULO III

## IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

## CAPÍTULO III

### 3 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

#### 3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En el presente capítulo se muestran todas las pruebas desarrolladas con el prototipo, para determinar las condiciones necesarias de su buen funcionamiento.

El prototipo fue ensamblado en un automóvil Chevrolet Corsa con las siguientes características:

- Altura frontal 54 cm. (posición del sensor con respecto al piso)
- Altura trasera 60 cm. (posición del sensor con respecto al piso)

##### 3.1.1 PRUEBAS DEL CIRCUITO PROTOTIPO.

El objetivo de estas pruebas era determinar los tipos de obstáculos que puede detectar el sensor SFR08 y la distancia a detectar de cada uno de estos (cuya superficie fue considerable), al frente de los sensores desde una distancia mínima hasta obtener la distancia máxima de detección.

Los materiales y los resultados obtenidos de las pruebas se detallan a continuación.

###### 3.1.1.1 PLÁSTICO:

Los objetos utilizados en esta prueba fueron un par de conos plásticos; y, los 4 sensores SRF08 de ultrasonido detectaron los obstáculos. Las dimensiones de los conos son:

Cono 1:  $h = 38[\text{cm.}]$  x ancho =  $20[\text{cm.}]$ ;

Cono 2:  $h = 50[\text{cm.}]$  x ancho =  $40[\text{cm.}]$

##### DISTANCIAS MÍNIMAS

La distancia mínima de detección del objeto de pruebas fue de 5 [cm.], teniendo en cuenta que esto fue al estar enfocado directamente al sensor SFR08, pero en estos casos no se tiene un foco de error como cuando se toma una distancia de un par de sensores que están separados entre sí, una distancia prudente de 90[cm] – 100[cm] en el guardachoques del auto.



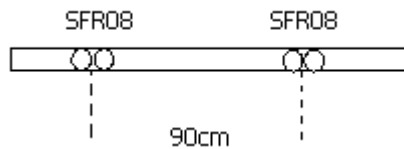


Fig. 3.1 Esquema de ubicación de los sensores SFR08

Distancia trasera mínima, fue de 35 a 37 [cm.], en una posición normal de medición teniendo en cuenta el tipo de obstáculo (Cono 2 y Cono 1).

Los sensores delanteros tiene una mínima variación en la distancia con respecto a los traseros puesto que su ubicación son a una menor altura y esto varía respecto al auto. La distancia mínima de este par de SFR08 fue de 32 a 37 [cm.] (Cono 2 y Cono 1).

### **DISTANCIAS MÁXIMAS**

Distancia trasera, fue de 200 a 194 [cm.], con el par de SFR08 censando a los objetos de prueba (Cono 2 y Cono 1), la dimensiones de los mismos fueron expresados anteriormente.

Distancia frontal, fue de 200 a 196 [cm.], éstas fueron censadas con el otro par de SFR08. Con los mismos objetos de prueba (Cono 2 y Cono 1).

#### **3.1.1.2 MADERA**

Con estas pruebas se comprobó que la madera es uno de los materiales de más fácil detección a pesar de su dimensión, debido a que los sensores basan su funcionalidad en la emisión de ondas; y, al ser la madera un elemento compacto y plano (en el caso de la prueba) hizo que el eco de la onda regrese al receptor correctamente como se esperaba.

Características del pedazo de madera:

Altura 150 cm

Ancho 20 cm

### **DISTANCIAS MÍNIMAS**

La distancia de detección fue superior a la del plástico, aun que puede ser por las dimensiones de este nuevo objeto de pruebas (pedazo de madera).

El nuevo dato tomado fue de 31 [cm.] para los sensores delanteros y 37[cm.] para los sensores traseros, esto fue censando al nuevo objeto de pruebas.

### **DISTANCIAS MÁXIMAS**

Distancia trasera, fue de 243 [cm.] tomando en cuenta la dimensión del madero.

Distancia frontal, fue de 243 [cm.] de igual tomando en cuenta la dimensión del objetos.

### **3.1.1.3 VIDRIO**

El vidrio es uno de los materiales más fáciles de detectar, su constitución compacta hace que el funcionamiento del sensor sea óptimo, los cuales detectan una distancia mínima de 45 [cm.] y 42 [cm.] entre los frontales y traseros. Esto es dependiendo del tamaño del objeto.

Y al igual que los otros obstáculos se tiene que los sensores lo consideran como un material solido y por esto alcanza los valores máximos que son tanto frontales como traseros a 243 [cm].

### **3.1.1.4 METAL**

De las anteriores pruebas se puede determinar que los rangos de distancia casi no varían con el tipo de material sino más bien con el tamaño y dimensiones del mismo. Así que al hacer mediciones con obstáculos metálicos (otros autos) se han obtenido los siguientes datos:

#### **DISTANCIAS MÁXIMAS**

Distancia trasera, fue de 250 [cm.] tomando en cuenta la dimensión del auto.

Distancia frontal, fue de 250 [cm.] de igual tomando en cuenta la dimensión del objetos (auto).

#### **DISTANCIAS MÍNIMAS**

Distancia trasera, fue de 10 [cm.].

Distancia frontal, fue de 10 [cm.].

**Nota:** la distancia mínima puede tender a cero si el auto está alineado con los sensores (la posición igual que el auto con los sensores).

### **3.1.1.5 PERSONAS**

El tipo de ropa que lleve una persona no tiene ningún inconveniente puesto que es un material denso no presenta problema, esto se basa más por el volumen que cubra, es por ello que la distancia de localización del objeto aumenta en un promedio con respecto al madero medido ya anteriormente.

Dimensiones de la persona promedio es de:

Altura 170 cm

Ancho 40 cm

### **DISTANCIAS MÍNIMAS**

Distancia trasera, fue de 30 [cm.].

Distancia frontal, fue de 30 [cm.] .

### **DISTANCIAS MÁXIMAS**

Distancia trasera, fue de 300 [cm.] .

Distancia frontal, fue de 300 [cm.].

NOTA:

Estas distancias han sido tomadas en el foco vacío que queda entre los sensores, es decir que son los casos extremos de medición mínima de cada par de estos que están instalados en el auto.

Materiales		Sensores frontales		Sensores traseros	
		Distancia mínima	Distancia máxima	Distancia mínima	Distancia máxima
Plástico	Cono 1	37 cm	194 cm	37cm	194 cm
	Cono 2	32 cm	200 cm	35 cm	200 cm
Madera		31 cm	243 cm	37 cm	243 cm
Vidrio		45 cm	243 cm	42 cm	243 cm
Metal		10 cm	250 cm	10 cm	250 cm
Personas		30 cm	300 cm	30 cm	300 cm

**Tabla 3.0 Cuadro de resumen de pruebas**

## **3.2 RESULTADOS OBTENIDOS**

De todas las pruebas realizadas se destacaron los siguientes resultados a ser tomados en cuenta y los de más notoriedad.

- El sensor es sensible a cambios bruscos de viento en especial si en éste se encuentra algún objeto (alguna funda o desecho) debiendo tomar en cuenta que esto es momentáneo solo cuando pasa por el rango de medición.
- Se puede tener un alcance máximo de 300 cm, pero no es precisa, y dependiendo que el objeto, sea de un gran tamaño como por ejemplo un muro o portón de garaje.
- No existe ninguna interferencia entre sensores puesto que los datos tomados son independientes en el bus I2C.
- Por otra parte es bueno aclarar que todos los resultados obtenidos fueron bajo parámetros específicos de funcionamiento en el automóvil. Y por lo cual se debe trabajar directamente con los requisitos o reglamentación de tránsito con respecto a las posibles distancias de parqueo, en las diferentes zonas como es en otros países.

### 3.3 PROTOTIPO IMPLEMENTADO

Aquí se muestra el prototipo ya terminado en su totalidad con cada uno de las conexiones así como se observa los pórticos libres para la comunicación externa.

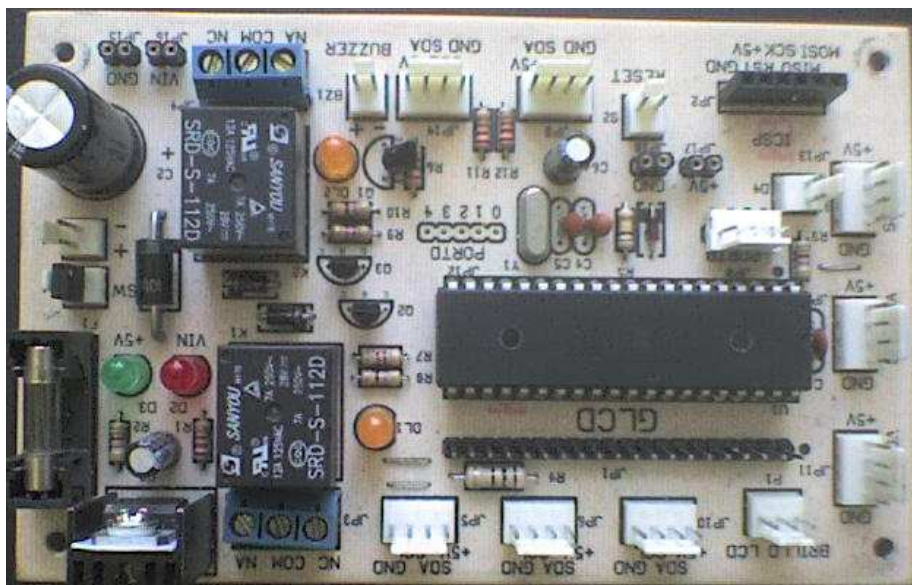


Fig. 3.2Prototipo parte frontal

A continuación se muestra la parte posterior del prototipo, con los puntos de conexión para dos pares de sensores identificada por color rojo y negro para cada sensor, además tenemos el dispositivo de encendido, reset, puerto de conexión con el computador para la programación del microcontrolador, y el de regulación del contraste del GLCD que es un potenciómetro..



Fig.3.3 Parte posterior de Prototipo

La siguiente imagen muestra la comunicación del prototipo con el computador, con el cual tenemos acceso a cargar la programación para el microcontrolador.



Fig.3.4 Comunicación Computador con el Prototipo

Aquí podemos identificar los sensores ya instalados en la parte posterior y frontal del automóvil.



Fig.3.5 Sensores Traseros



Fig.3.8 Sensores Delanteros

En esta imagen se muestra la pantalla del prototipo ya instalada en la parte interior del automóvil.



Fig.3.6 Estructura principal del prototipo y Pantalla



Fig.3.7 Pantalla GLCD

# **CAPÍTULO IV**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

# CAPÍTULO IV

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que no existe ninguna interferencia entre sensores, puesto que los datos tomados son independientes en el bus I2C. esto es porque en este tipo de comunicación cada SFR08 tiene su propia dirección hexadecimal, con lo que se consigue discriminar cada uno y por este hecho los datos serán independientes.
- Se concluye que en este proyecto se usara el microcontrolador específico (AVR ATMEL), puesto que consta con la comunicación I2C, que es la transmisión de datos en dos líneas por medio de una división de frecuencia en escalas de tiempo, además se maneja más de dos acumuladores por lo que su velocidad es superior a los de PIC, y es de mayor capacidad (40 pines).
- Se concluye que existen pequeños conflictos con la velocidad del microcontrolador y con la respuesta de los sensores SFR08, puesto que no se puede mostrar en la misma línea del GLCD dos o más datos de los sensores, porque tenemos una atenuación con los resultados, y por su alta frecuencia al mostrar, no es tan visible para el ojo humano y peor aún se observa que los datos no permanecen estables. Por lo tanto fue necesario aumentar los tiempos de retardo en cada instrucción y utilizar una línea más del GLCD.
- Se concluye que los sensores SRF08 tienen varias características que permite obtener diversas unidades de medidas en los resultados obtenidos como son en pulgadas, centímetros, y pies. Con esto se logra tener una presión en los datos por lo que no es necesario realizar algún cálculo de conversión.
- Se concluye que dentro de la familia de sensores SRF los 08 están más aptos para esta aplicación puesto que tienen un rango de alcance de 30 grados que esto implica una gran abertura de sondeo y no se requiere de varios sensores para capturar los objetos que se muestren.
- Se concluye que los sensores SRF08 facilitan en su interconexión por la comunicación I2C que maneja, y por ende se puede reducir el número de líneas



(cable) de comunicación, a ser utilizado (4 hilos). Con esto se puede ocultar fácilmente entre los foros de los autos por ser más delgados.

- Se concluye que las principales características del sensor SRF08, es su conexión en una sola línea de varios dispositivos, y sin tener ninguna interferencia de los datos obtenidos de uno y otro sensor. Por esto solo en 4 líneas de comunicación se conectan hasta 16 sensores SRf08.
- Se concluye que dentro de la programación se comprobó nuevamente que el uso adecuado de las interrupciones y subrutinas hace más sencillo la elaboración del código fuente. Adicionalmente se incluyó un criterio de prioridad variable en la atención de ciertos eventos, de esta forma se logró que se pueda activar dispositivos con la recepción de señales externas.
- Se concluye que el GLCD usado, tiene una capacidad de mostrar imágenes en bajos pixeles y en formato de blanco y negro. Con lo que se tiene suficiente espacio para mostrar los datos de los 4 sensores conectados (frontales: izquierdo, derecho y traseros: izquierdo, derecho).

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que se debe tener muy en cuenta la velocidad con la que trabaja el microcontrolador ya que esta es la velocidad con que los sensores obtendrán los datos y entregarán los resultados, porque si son muy rápidos los datos no podrán mostrarse estables o fijos.
- Se recomienda que existen conflictos de lectura en los GLCD al escribir en la misma línea los datos de dos sensores, puesto que el micro que lee es de alta velocidad y esto hace que los valores no sean precisos. Se debe por lo tanto escribir los datos en líneas diferentes.
- Se recomienda que se debe tomar muy en cuenta con que velocidad se mostrarán los mensajes u objetos que se desee mostrar puesto que esto es muy rápido para la vista humana.
- Se recomienda que el diseño y elaboración de las placas tomaron mucho tiempo, ya que se hicieron varias consideraciones de viabilidad, técnicas como estéticas, que al iniciar el proyecto se las desconocía, por lo que es

recomendable que dentro de la carrera exista una materia que permita al estudiante construir cualquier placa con excelentes condiciones técnicas, fácilmente y en poco tiempo.

- Se recomienda que como ejemplo de dificultad de detección se tiene el caso de un portón abierto. El marco de la puerta de garaje visualizada a unos metros puede confundir como un objeto posible de impacto e impedir que “veamos” que el portón está abierto, ya que el haz de medición del SRF08 se abre con un ángulo de 15°, por lo que es más ancho que el paso de la puerta y por tanto se verá rebotado en el marco del portón.
- Se recomienda que en futuros proyectos se implementen nuevas aplicaciones de uso para estos sensores puesto que no están siendo utilizados al cien por ciento de su capacidad por que se está deshabilitando su sensor de luminosidad que puede servir para alguna aplicación.

# **BIBLIOGRAFÍA**

# BIBLIOGRAFÍA

1. **Teoría de Sensores de Ultrasonido** - Diego Pérez 4º Ingeniería de Telecomunicación

<http://www.iit.upco.es/~alvaro/teaching/Clases/Robots/teoria/>

<http://www2.ate.uniovi.es/13996/Lecciones/Lecci%C3%B3n%209.pdf>

<http://gsvc.escet.urjc.es/docencia/ asignaturas/robotica/transpas/sensores.pdf>

<http://www.uc3m.es/uc3m/dpto/IN/dpin04/ISL/sensores.pdf>

2. **Conceptos del Ultrasonido** - Alejandro Alonso Puig

[www.mundobot.com/sensores.gh/](http://www.mundobot.com/sensores.gh/)

3. **Diseño de los Sensores de Ultrasonido** - Medidor ultrasónico

[www.microcontroladores.com/sensores/default](http://www.microcontroladores.com/sensores/default).

4. **Sensor de la familia SRF y otros**

<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>

- **Conectando Sensores SRF08 a Basic Stamp**

[www.SuperRobotica.com/sensores.gh/](http://www.SuperRobotica.com/sensores.gh/)

- **Tipos de sensores de ultrasonido**

[www.micropik.com/estudiosensores.pdf](http://www.micropik.com/estudiosensores.pdf)

- **Sensor ultrasónico de distancia PING**

<http://www.roso->

[control.com/Espanol/EDU/MICRO/70\\_Proyectos/38\\_Robot\\_Leviatan/LEVIATAN.pdf](http://control.com/Espanol/EDU/MICRO/70_Proyectos/38_Robot_Leviatan/LEVIATAN.pdf)

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

5. **Especificaciones Técnicas del Microcontrolador** - Atmel Corporation. ATMEGA644 (L) Summary. [En línea]. 2002. Atmel Corporation, 2002, Última revisión: 2006, [2007].

[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/2467S.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2467S.pdf)

6. **Diseño del ATMEGA644** - Reference [En línea]. 2002. Atmel Corporation, 2002, Última revisión: 2006, [2007].

[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2467.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2467.pdf)

7. **Concepto del GLCD y sus características técnicas** - Python Software Foundation. Python Documentation [En línea]. 2007. Python Software Foundation, 2007, [2007].

<http://docs.python.org/sistemasdugitale.pdf>

# ANEXOS

# **ANEXO A**

## **PROGRAMA DEL CIRCUITO**

## A. Programa del circuito

```
'          ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
'          ESFT
'          ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

'ELEBORADO POR: GIOVANI MOSQUERA

'name          : CONTROL DE AUTO Y PARQUIN
'-----

$regfile = "m644def.dat"      ' especifica el uso del micro
$crystal = 16000000          ' frecuencia del cristal externo
rate
$hwstack = 32                ' default use 32 for the hardware stack
$swstack = 10                ' default use 10 for the SW stack
$framesize = 40              ' default use 40 for the frame space
  Mcusr = &H80                'desable the JTAG for mega323 et 32
Mcusr = &H80                  ' //
Acsr = &H80
Mcusr = &H80
Mcusr = &H80
Porta = &HFF
Const Retardo = 250
$lib "glcdKS108.lib"

*****
'Declaración de las subrutinas

Declare Sub Srf08_ping(byval I2caddr As Byte)
Declare Sub Srf08_results(byval I2caddr As Byte)
Declare Sub Srf08_set_range(byval I2caddr As Byte , Byval Range As Byte)
Declare Sub Srf08_set_gain(byval I2caddr As Byte , Byval Gain As Byte)
Declare Sub Srf08_set_dir(byval I2caddr As Byte , Byval Dirnew As Byte)
Declare Sub Srf08_luz(byval I2caddr As Byte)

Declare Sub Normal
Declare Sub Bufer
Declare Sub Peligro
Declare Sub Peligroext
Declare Sub Apagar
Declare Sub Autoff
*****
Config Scl = Portc.1          'Configura señal de Reloj para I2C
Config Sda = Portc.0         'Configura señal de Datos para I2C
'configuración de los puertos como salida y entrada
Ddrb.4 = 1
Portb.4 = 0
Ddrd.5 = 1
Portd.5 = 0
Ddrb.0 = 1
Portb.0 = 1
'configuracion de los sensores
Dim Srf08_address1 As Byte
Dim Srf08_adjust1 As Word
Dim Srf08_address2 As Byte
Dim Srf08_adjust2 As Word
Dim Srf08_address3 As Byte
Dim Srf08_adjust3 As Word
Dim Srf08_address4 As Byte
Dim Srf08_adjust4 As Word

Dim Srf08_range1 As Word
Dim Srf08_range2 As Word
```

Dim Srf08\_range3 As Word  
Dim Srf08\_range4 As Word

Dim I2crange As Word  
Dim I2cluz As Byte  
'declaracion de las acciones a tomar con los rangos de distancia  
Dim Bufer As Word  
Dim Peligro As Word  
Dim Peligroext As Word  
Dim Normal As Word  
Dim Apagar As Word  
Dim Autoff As Word  
Dim X As Byte , Y As Byte

\*\*\*\*\*

' PROGRAMACON DE CADA SENSOR

'Call Srf08\_set\_dir(0, &HEA) 'Ingreso de la dirección independiente de cada sensor

'Do

'Loop

\*\*\*\*\*

'NOMBRES DE CADA SENSOR

Srf08\_address1 = &HE0

Srf08\_address2 = &HE2

Srf08\_address3 = &HE4

Srf08\_address4 = &HE6

Waitms 500 'Tiempo para Inicialización del GLCD

'Definimos la configuración del GLCD

Config Graphlcd = 128 \* 64sed , Dataport = Porta , Controlport = Portc , Ce = 6 , Ce2 = 7 , Cd = 3 , Rd = 4 , Reset = 5 , Enable = 2

'El dataport es el pòrtico donde está conectado las líneas de Datos del GLCD

'El contralor es el pòrtico donde están los pines utilizados para el control del GLCD

'CE =CS1 Chip select 1

'CE2=CS2 Chip select 2

'CD=Data/instruction (RS)

'RD=Read(R/W)

'RESET = reset

'ENABLE= Chip Enable

'Especifica el tipo de letra a utilizar

SetFont Font8x8

Cls

'Limpia el GLCD

SetFont Font8x8

'Tamaño de letra

Lcdat 2 , 20 , " ESCUELA"

'mensajes a ser mostrados

Wait 2

Lcdat 4 , 20 , "POLITECNICA"

'mensajes a ser mostrados

Wait 2

Lcdat 6 , 20 , " NACIONAL"

'mensajes a ser mostrados

Wait 1

Cls

'Limpia el GLCD

Lcdat 1 , 1 , " ELECTRONICA"

'mensajes a ser mostrados

Wait

Lcdat 3 , 1 , " Y"

'mensajes a ser mostrados

Wait 2

Lcdat 5 , 1 , "TELECOMUNICACIO."

'mensajes a ser mostrados

Wait 2

Cls

'Limpia el GLCD

Lcdat 3 , 1 , "GIOVANI MOSQUERA"

'mensajes a ser mostrados

Wait 2

Lcdat 5 , 1 , "RODRIGO C."

'mensajes a ser mostrados

Wait 2

Cls

'Limpia el GLCD

For Y = 1 To 20

'Animación de un Circulo

Circle(64 , 32) , Y , 1

Waitms 100

Next

Wait 2

Showpic 0 , 0 , Grafico1

'Muestra un grafico

Wait 2

Showpic 0 , 0 , Grafico2

'Muestra un grafico

Wait 2

Cls

'Limpia el GLCD

'CALIBRACIÓN DE CADA SENSOR

Call Srf08\_set\_range(srf08\_address1 , 200)

'Setea el rango del SRF08(1)

Call Srf08\_set\_gain(srf08\_address1 , 1)

'Setea la ganancia del SRF08(1)



```

Call Srf08_set_range(srf08_address2 , 200)      'Setea el rango del SRF08(2)
Call Srf08_set_gain(srf08_address2 , 1)        'Setea la ganancia del SRF08(2)
Call Srf08_set_range(srf08_address3 , 200)    'Setea el rango del SRF08(3)
Call Srf08_set_gain(srf08_address3 , 1)       'Setea la ganancia del SRF08(3)
Call Srf08_set_range(srf08_address4 , 200)    'Setea el rango del SRF08(4)
Call Srf08_set_gain(srf08_address4 , 1)       'Setea la ganancia del SRF08(4)

```

'AJUSTE DE DISTANCIAS INICIALES EN EL SENSOR

```

Srf08_adjust1 = 0      'Variable para ajustar el dato de salida(1)
Srf08_adjust2 = 0      'Variable para ajustar el dato de salida(2)
Srf08_adjust3 = 0      'Variable para ajustar el dato de salida(3)
Srf08_adjust4 = 0      'Variable para ajustar el dato de salida(4)

```

'INGRESO DE SEÑALES DE CADA SENSOR 'INGRESO DE SEÑALES DE CADA SENSOR

```

Do
Lcdat 1 , 1 , "      " ; " "
Lcdat 1 , 1 , " MEDICION SENSOR" ; " "
Lcdat 2 , 1 , "      " ; " "
  Call Srf08_ping(0)
' Call Srf08_ping(srf08_address2)
  Waitms 100          'tiempo de retardo para leer el dato del SRF08

```

'PRESENTACION DE RESULTADOS Y CONDICION

Setfont Font8x8

```

Portb.4 = 0
Portd.5 = 0
Portd.6 = 0
Portd.7 = 0
Portb.0 = 0

```

Lcdat 3 , 1 , "Traceras en cm"

```

Call Srf08_results(srf08_address1)
Srf08_range1 = I2crange
Lcdat 4 , 20 , "L=" ; Srf08_range1 ; " "

```

```

Call Srf08_results(srf08_address2)
Srf08_range2 = I2crange
Lcdat 5 , 20 , "R=" ; Srf08_range2 ; " "

```

Lcdat 6 , 1 , "Frontal en cm"

```

Call Srf08_results(srf08_address3)
Srf08_range3 = I2crange
Lcdat 7 , 20 , "L=" ; Srf08_range3 ; " "

```

```

Call Srf08_results(srf08_address4)
Srf08_range4 = I2crange
Lcdat 8 , 20 , "R=" ; Srf08_range4 ; " "

```

```

Call Bufer
Call Peligro
Call Peligroext

```

'Waitms 500

Loop

End 'Fin del Programa

```

'Se incluyen los archivos de los tipos de letras a utilizar
#include "smallfont8x8.font"      'Solo números
#include "font8x8.font"
#include "font16x16.font"

```

```

Grafico1:
#include the picture data
$bgf "carro1.bgf"

```

```

Grafico2:
#include the picture data
$bgf "b1.bgf"

```

'----- Subrutinas -----

```

Sub Srf08_ping(byval I2caddr As Byte)          'Envia comando para leer en cm
    I2cstart
    I2cwbyte I2caddr
    I2cwbyte 0
    I2cwbyte 81
    I2cstop
End Sub
'-----
Sub Srf08_set_range(byval I2caddr As Byte , Byval Range As Byte)  'Cambia rango de medida del SRF08
    I2cstart
    I2cwbyte I2caddr
    I2cwbyte 2
    I2cwbyte Range
    I2cstop
End Sub
'-----
Sub Srf08_set_gain(byval I2caddr As Byte , Byval Gain As Byte)   'Cambia la ganancia del SRF08
    I2cstart
    I2cwbyte I2caddr
    I2cwbyte 1
    I2cwbyte Gain
    I2cstop
End Sub
'-----
Sub Srf08_results(byval I2caddr As Byte)          'Lee el resultado de la medicion
    Dim Lsb As Byte
    Dim Msb As Byte
    I2cstart
    I2cwbyte I2caddr
    I2cwbyte 2
    I2cstart
    Incr I2caddr
    I2cwbyte I2caddr
    I2crbyte Msb , Ack
    I2crbyte Lsb , Nack
    I2cstop
    I2crange = Makeint(Lsb , Msb)
End Sub
'-----
Sub Srf08_set_dir(byval I2caddr As Byte , Byval Dirnew As Byte)   'Cambia la direccion I2C del SRF08
    I2cstart
    I2cwbyte I2caddr
    I2cwbyte 0
    I2cwbyte &HA0
    I2cstop
    I2cstart
    I2cwbyte I2caddr
    I2cwbyte 0
    I2cwbyte &HAA
    I2cstop
    I2cstart
    I2cwbyte I2caddr
    I2cwbyte 0
    I2cwbyte &HA5
    I2cstop
    I2cstart
    I2cwbyte I2caddr
    I2cwbyte 0
    I2cwbyte Dirnew
    I2cstop
End Sub
'-----
Sub Srf08_luz(byval I2caddr As Byte)          'Lee el valor del sensor de Luz
    I2cstart
    I2cwbyte I2caddr
    I2cwbyte 1
    I2cstart
    Incr I2caddr
    I2cwbyte I2caddr
    I2crbyte I2cluz , Nack
    I2cstop
End Sub
'-----

```

```

'-----
Sub Bufer                                     'calcula distancia sin peligro

'TRASERAS.....
If Srf08_range1 < 50 Then
  Lcdat 2 , 40 , "ALERTA L TRAS" ; " "
  'Lcdat 2 , 10 , " "
  Portd.5 = 1                                     'activo el portico de Buzzer
  Lcdat 3 , 40 , "L" ; " R"                       'indico el lado afectado
  Waitms 50
  Portd.5 = 0                                     'desactiva el buzzer
  Waitms 300
  Lcdat 3 , 40 , " " ; " R"
End If

If Srf08_range2 < 50 Then
  Lcdat 2 , 40 , "ALERTA R TRAS" ; " "
  'Lcdat 2 , 10 , " "
  Portd.5 = 1                                     'activo el portico de Buzzer
  Lcdat 3 , 40 , "L" ; " R"                       'indico el lado afectado
  Waitms 50
  Portd.5 = 0                                     'desactiva el buzzer
  Waitms 300
  Lcdat 3 , 40 , "L" ; " "
End If

'FRONTALES.....
If Srf08_range3 < 50 Then
  Lcdat 2 , 40 , "ALERTA L FRON" ; " "
  Portd.5 = 1                                     'activo el portico de Buzzer
  Lcdat 3 , 40 , "L" ; " R"                       'indico el lado afectado
  Waitms 50
  Portd.5 = 0                                     'desactiva el buzzer
  Waitms 300
  Lcdat 3 , 40 , " " ; " R"
End If

If Srf08_range4 < 50 Then
  Lcdat 2 , 40 , "ALERTA R FRON" ; " "
  'Lcdat 2 , 10 , " "
  Portd.5 = 1                                     'activo el portico de Buzzer
  Lcdat 3 , 40 , "L" ; " R"                       'indico el lado afectado
  Waitms 50
  Portd.5 = 0                                     'desactiva el buzzer
  Waitms 300
  Lcdat 3 , 40 , "L" ; " "
End If

End Sub
'-----
Sub Peligro                                   'calcula distancia zona de peligro

'TRASERAS.....
If Srf08_range1 < 20 Then
  Lcdat 2 , 40 , "PELIGRO L TRAS" ; " "
  Portb.0 = 0
  Portd.5 = 1                                     'indico el lado afectado
  Lcdat 3 , 40 , "L" ; " R"
  Waitms 200
  Portd.5 = 0
  Portb.0 = 1
  Waitms 50
  Lcdat 3 , 40 , " " ; " R"
End If

If Srf08_range2 < 20 Then
  Lcdat 2 , 40 , "PELIGRO R TRAS" ; " "
  Portb.0 = 0
  Portd.5 = 1
  Lcdat 3 , 40 , "L" ; " R"                       'indico el lado afectado
  Waitms 200
  Portd.5 = 0
  Portb.0 = 1
  Waitms 50

```

```
Lcdat 3 , 40 , "L" ; " "
```

```
End If
```

```
'FRONTALES.....
```

```
If Srf08_range3 < 20 Then
```

```
Lcdat 2 , 40 , "PELIGRO L FRON" ; " "
```

```
Portb.0 = 0
```

```
Portd.5 = 1
```

```
Lcdat 3 , 40 , "L" ; " R" 'indico el lado afectado
```

```
Waitms 200
```

```
Portd.5 = 0
```

```
Portb.0 = 1
```

```
Waitms 50
```

```
Lcdat 3 , 40 , " " ; " R"
```

```
End If
```

```
If Srf08_range4 < 20 Then
```

```
Lcdat 2 , 40 , "PELIGRO R FRON" ; " "
```

```
Portb.0 = 0
```

```
Portd.5 = 1
```

```
Lcdat 3 , 40 , "L" ; " R" 'indico el lado afectado
```

```
Waitms 200
```

```
Portd.5 = 0
```

```
Portb.0 = 1
```

```
Waitms 50
```

```
Lcdat 3 , 40 , "L" ; " "
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
'-----
```

```
Sub Peligroext 'calcula distancia zona de impacto
```

```
'TRSERAS.....
```

```
If Srf08_range1 < 10 Then
```

```
Portb.0 = 0
```

```
Lcdat 1 , 1 , "IMPACTO EMINENTE"
```

```
Portd.5 = 1
```

```
Waitms 500
```

```
Portd.5 = 0
```

```
Portb.0 = 1
```

```
Waitms 5
```

```
Call Autoff
```

```
Lcdat 1 , 1 , "IMPACTO EMINENTE"
```

```
End If
```

```
If Srf08_range2 < 10 Then
```

```
Portb.0 = 0
```

```
Lcdat 1 , 1 , "IMPACTO EMINENTE"
```

```
Portd.5 = 1
```

```
Waitms 500
```

```
Portd.5 = 0
```

```
Portb.0 = 1
```

```
Waitms 5
```

```
Call Autoff
```

```
Lcdat 1 , 1 , "IMPACTO EMINENTE"
```

```
End If
```

```
'FRONTALES.....
```

```
If Srf08_range3 < 10 Then
```

```
Portb.0 = 0
```

```
Lcdat 1 , 1 , "IMPACTO EMINENTE"
```

```
Portd.5 = 1
```

```
Waitms 500
```

```
Portd.5 = 0
```

```
Portb.0 = 1
```

```
Waitms 5
```

```
Call Autoff
```

```
Lcdat 1 , 1 , "IMPACTO EMINENTE"
```

```
End If
```

```
If Srf08_range4 < 10 Then
```

```
Portb.0 = 0
```

```
Lcdat 1 , 1 , "IMPACTO EMINENTE"
```

```
Portd.5 = 1
```

```

    Waitms 500
    Portd.5 = 0
    Portb.0 = 1
    Waitms 5
    Call Autooff
    Lcdat 1 , 1 , "IMPACTO EMINENTE"
End If
End Sub
'-----
Sub Autooff                                     'calcula distancia zona de APAGADO

    Cls
    For X = 0 To 5
        Portb.0 = 0
        Lcdat 4 , 1 , "IMPACTO EMINENTE"
        Portd.5 = 1
        Waitms 500
        Portd.5 = 0
        Portb.0 = 1
        Waitms 10
    Next X

End Sub

```

# **ANEXO B**

## **PRESUPUESTO DE PROYECTO**

## B. PRESUPUESTO DE PROYECTO.

En este cuadro se detalla en forma general de los valores y gastos realizados en este proyecto.

<b>NOMBRE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>OBJETO</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Sensores	4	SRF08	\$ 59.12	\$ 236.48
Baquelita	2	Impresión de circuito	\$ 60.00	\$ 60.00
Instalación	8m y 8 conectores	Cables y conectores	\$ 20.00	\$ 20.00
Resistencias	12	Diferente capacidad	\$ 0.20	\$ 2.40
Potenciómetro	1	Resistencia variable	\$ 1.20	\$ 1.20
GLCD	1	GLCD gráfico	\$ 60.00	\$ 60.00
Microcontrolador	1	Atmega 644	\$ 50.00	\$ 50.00
Diodos	9	De potencia y LED	\$ 0.30	\$ 2.70
Otros		Rectificador, caja de circuito, caja de sensores, pulsador, buzzer, cables, y envío de material.	\$ 64.50	\$ 64.50
			<b>Total</b>	<b>\$ 497.28</b>

# ANEXO C

## MANUAL DE USUARIO



## **C. MANUAL DE USUARIO**

### **Características básicas del Prototipo**

El prototipo es un circuito electrónico que basa su diseño en el funcionamiento y manejo de los sensores de ultrasonido, de nueva generación que se encuentra en el mercado.

Las señales de los sensores son captadas por un circuito de acoplamiento que lee las instrucciones y las transforma para ser representadas Gráficamente, y entendible para el usuario por medio de un GLCD, que es una pantalla gráfica en la cual se puede apreciar las mediciones de cada uno de los sensores en unidades de centímetros.

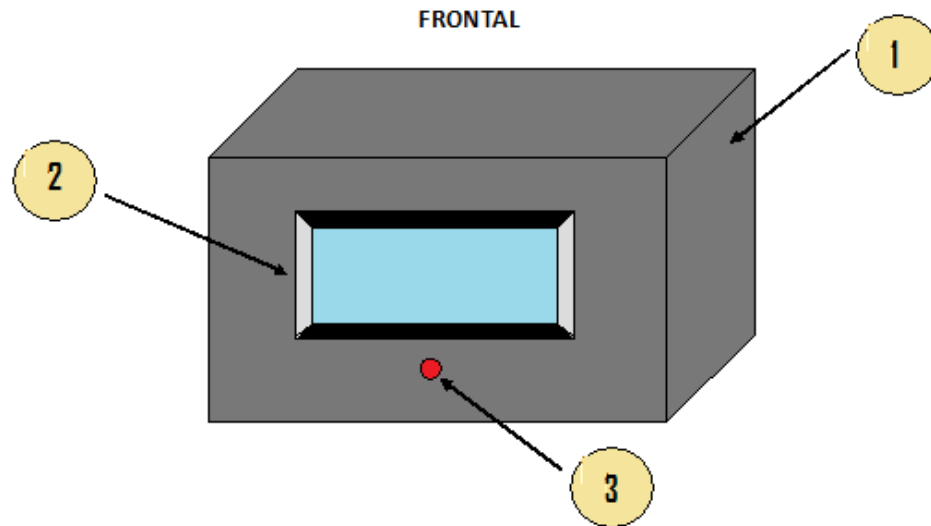
De acuerdo a las necesidades este prototipo provee al usuario una innovadora solución para los problemas que tenemos al momento de parquear un auto, y peor aún en las situaciones más compleja que podamos encontrarnos como por ejemplo una noche oscura, nublada o incluso con una fuerte lluvia.

### **Características generales de prototipo.**

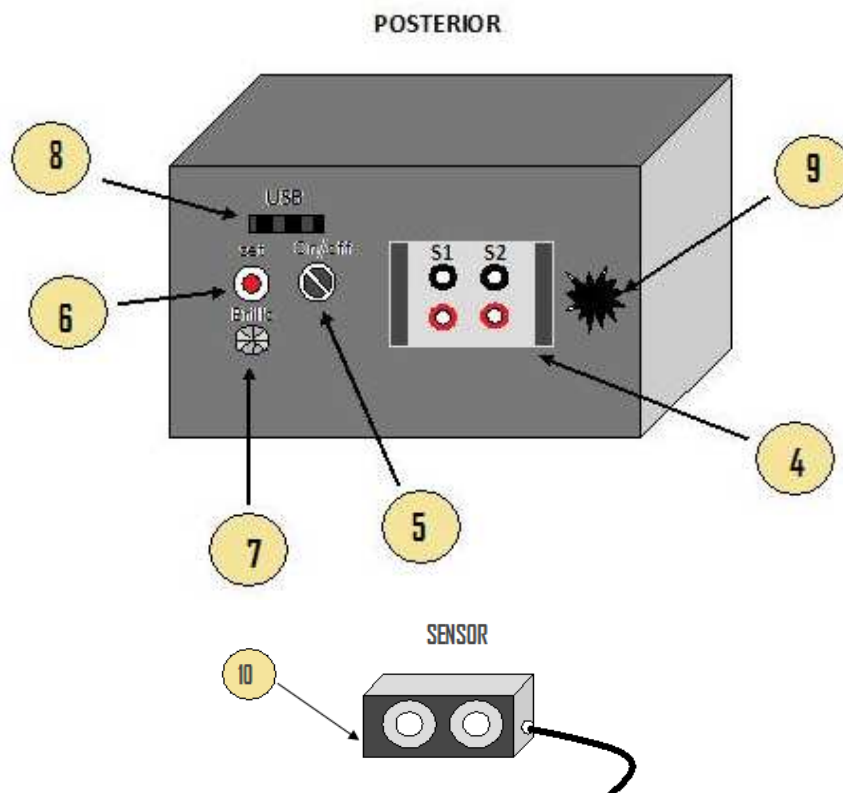
1. La parte exterior del circuito es una caja metálica con una recubierta de macilla aislante y pintura anti oxidable, con una base de ajuste para la baquelita.
2. Panel visual en la parte frontal de la caja en la cual está el GLCD.
3. Led lumínico que representa una alerta de posible impacto que tiene un intervalo de encendido según la frecuencia sonora.
4. Parte posterior de la caja tenemos el set de conexión de sensores con indicación por colores.
5. Switch de encendido que controla el flujo de corriente al circuito.
6. Pulsante que permite el reset del programa para comenzar las medidas en caso que sea necesario
7. Potenciómetro que regula el contraste del GLCD para tener una mejor apreciación de los datos.
8. Puerto de conexión para circuito grabador o programador del prototipo, el mismo que es una circuito extra.

9. Set de cables de conexión identificados para alimentación de voltajes, y otras posibles aplicaciones.

10. Sensores con sus cables y conectores para la comunicación con el circuito base.



- 1) Carcasa Exterior
- 2) GLCD
- 3) Led indicador de Impacto



- 4) Espacio de conexión

- 5) Encendido y apagado
- 6) Reset
- 7) Potenciómetro para contraste
- 8) Comunicación USB
- 9) Conexión Externa
- 10) Sensor

# ANEXO D

## MANUAL TÉCNICO

## D. MANUAL TÉCNICO

### PARQUIN ELECTRONICO PARA AUTOS

Hoy en día, los sistemas de seguridad pasiva están llegando a un límite en su desarrollo a corto plazo, por tanto nuevos sistemas de seguridad deben desarrollarse para evitar que ocurran accidentes.

Este documento explica cómo instalar el *sistema de Parquin electrónico* y los sensores de distancia en los automóviles. A continuación se detallan las características básicas a ser consideradas.

**Versiones de software:** *Diseño 1, en prueba con aberturas a nuevas aplicaciones*

**Circuito Electrónico:** Está en un plan de inicio en el mercado, dejando puertos de comunicación para posibles nuevas aplicaciones.

**Sensores de Distancia:** Conexión básica y acople temporal con ensamblaje sencillo a la carrocería sin daños a la misma.

#### Características técnicas del SRF08

Estos son los datos que se debe tener en consideración para la conexión y manejo de los mismos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	SRF08
TENSIÓN	5v
CONSUMO	3mA – 40mA
FRECUENCIA	40 Khz.
DISTANCIA MÍNIMA	0cm (Enfoque Directo)
DISTANCIA MÁXIMA	600cm
SENSIBILIDAD	Detección teórica máx. a 6m
PULSO DE DISPARO	3Us
PULSO DE ECO	200Us
RETARDO ENTRE PULSOS	65mS máximo
TAMAÑO	43 x 20 x 17 mm
PESO	10 gr.
SENSOR DE LUZ	Si
DIRECCIONAMIENTO I2C	Si
LED INDICADOR	Si

Este además tiene los 4 cables básicos de conexión que se encuentran en los diagramas estructurales del **SRF08**. Que se encontrara en:

<http://www.superrobotica.com/S320114.htm>.

#### Instalación del Circuito

1. El *Circuito de Parquin*, con sus componentes de fácil instalación; para el usuario. Una vez haya instalado y conectado los sensores, al auto debe ser configurada y conectada de la siguiente manera:
2. Antes de proceder con los siguientes pasos se debe observar la conexión interna de cada conector que están previamente identificados en el diagrama del circuito que esta adjunto a este manual.
3. Conexión de circuito a la fuente de energía, que en este caso son los 12 voltios requeridos, verificar el switch de encendido.
4. La conexión de los cables de cada juego de sensores están determinadas por colores para evitar daños.
5. Verificar la configuración de los sensores para determinar que sean frontales o traseros, cada juego de sensores serán determinados en la pantalla de medición.
6. Se debe tener muy en cuenta la velocidad con la que trabaja el microcontrolador ya que esta es la velocidad, es con que los sensores obtendrán los datos y entregarán los resultados, porque si son muy rápidos los datos no podrán mostrarse estables o fijos, todo esto se corregirá con el software del programa.
7. Se incluye un botón de reset que servirá para encerrar la medición en caso que así se amerite.
8. Hay conflictos de lectura en los GLCD al escribir en la misma línea los datos de dos sensores, puesto que el microcontrolador que los lee es de alta velocidad, y esto hace que los valores no sean precisos. Se debe por lo tanto escribir los datos en líneas diferentes.
9. Tomar muy en cuenta con que velocidad se mostrarán los mensajes u objetos que se desee mostrar, puesto que esto es muy rápido para la vista humana.
10. El diseño y elaboración de las placas tomaron mucho tiempo, ya que se hicieron varias consideraciones de viabilidad, técnicas como estéticas.

11. Dentro de la programación se comprobó nuevamente que el uso adecuado de las interrupciones y subrutinas hace más sencillo la elaboración del código fuente.

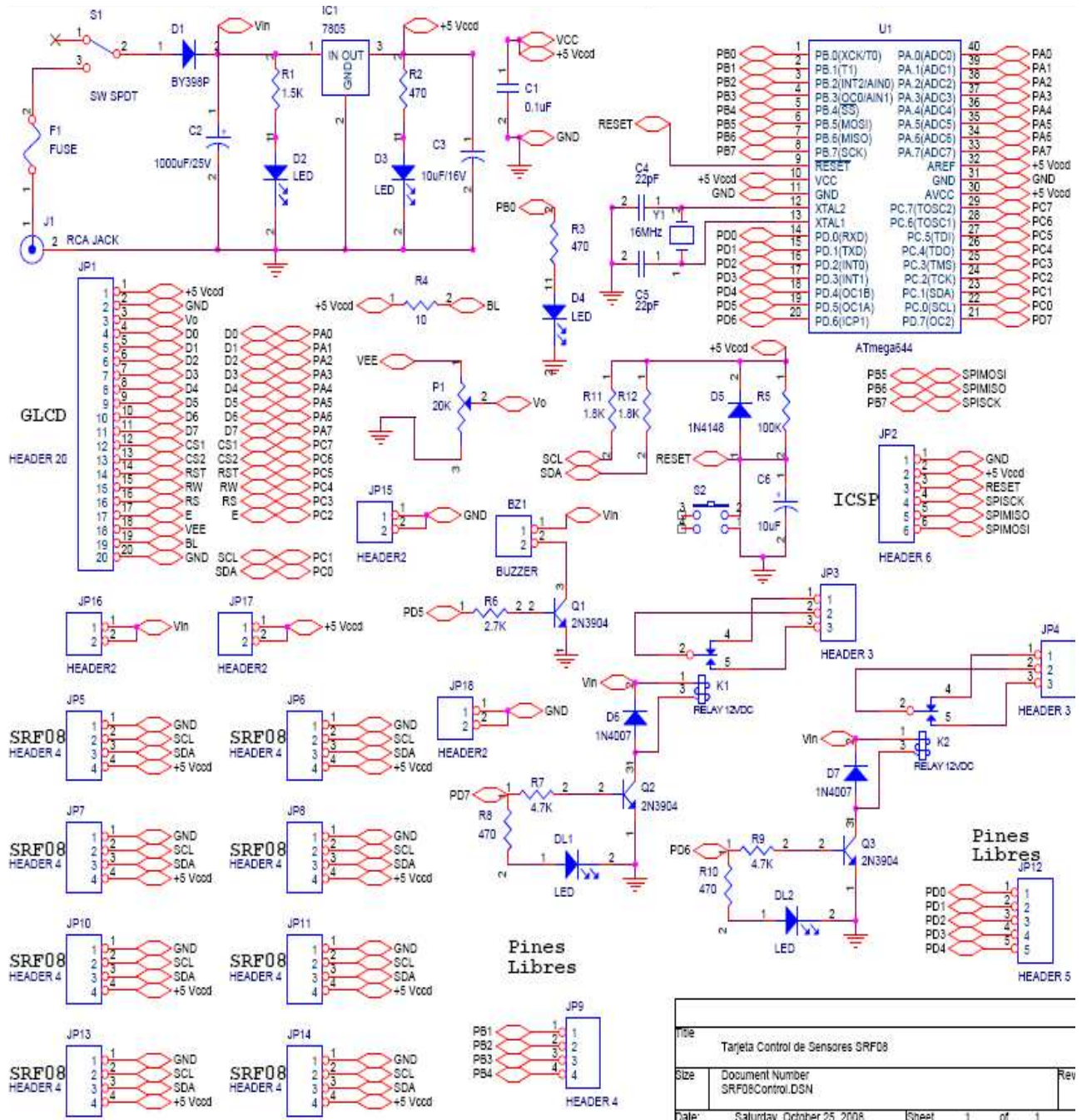


Fig.1 Diagrama del Circuito.

Aquí se muestra algunas imágenes del circuito prototipo y de su conexión.

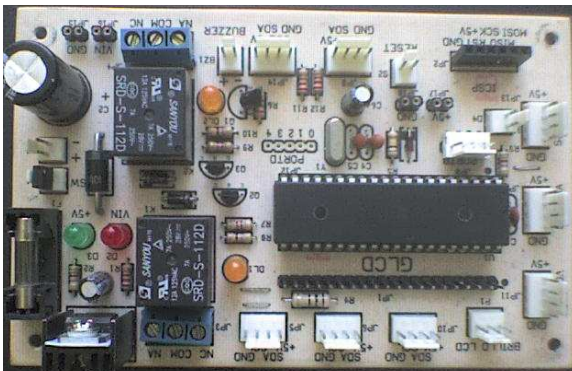


Fig2. Prototipo parte frontal

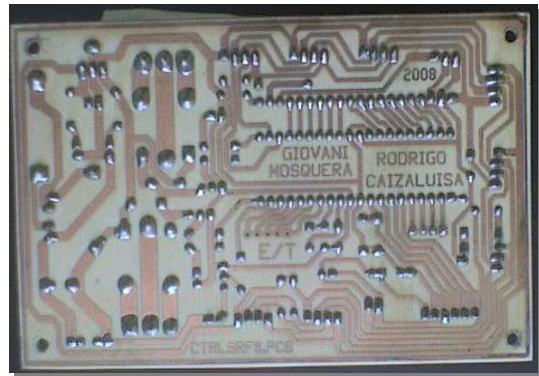


Fig3. Prototipo parte trasera

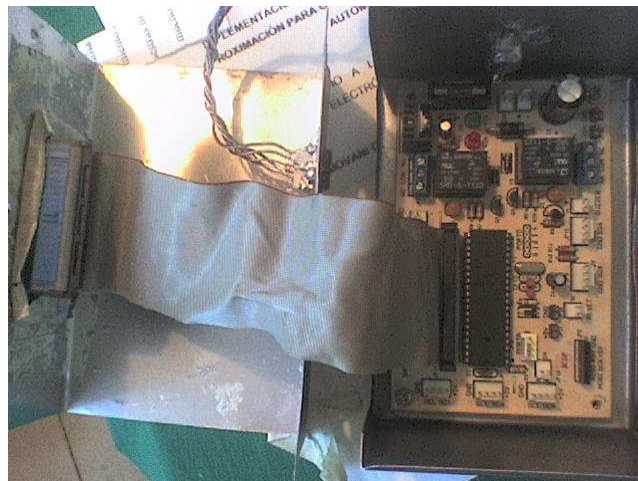


Fig4. Conexión del circui



