



Facultad de **Ingeniería**

DISEÑO ELECTRÓNICO

PROYECTO:

**MEDICIONES DE DISTANCIA IMPLEMENTANDO
ULTRASONIDO.**

DISEÑO & DESARROLLO: IRRAZABAL JUAN MANUEL.

PROFESOR & ASESOR: ING. SANTANDER PEDRO

2002/2004

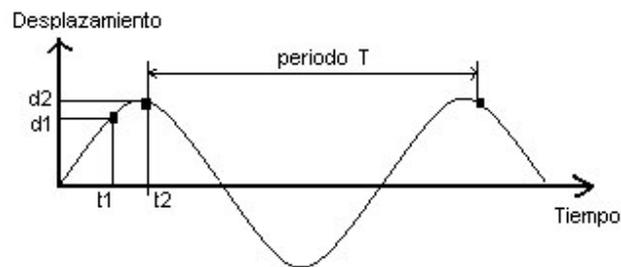
CONTENIDO DEL PROYECTO

✓ INTRODUCCIÓN TEÓRICA	3
✓ APLICACIONES MAS FRECUENTES DEL ULTRASONIDO	9
✓ DIAGRAMA EN BLOQUE (ESQUEMA GENERAL)	11
✓ ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	12
✓ PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO Y CALCULOS	13
✓ ESQUEMA ELECTRICO & COMPONENTES A UTILIZAR	18
✓ ADQUISICION DE DATOS	20
✓ DIAGRAMA DE FLUJO Y SOFTWARE	22
✓ FICHAS TÉCNICAS DE FABRICANTES	35
✓ CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFÍA	39

Introducción

El sonido se origina por las vibraciones de un cuerpo sonoro. Está formado por ondas que se propagan a través de un medio que puede ser líquido, gaseoso o sólido, por lo que es indispensable un medio transmisor para que exista sonido. El sonido llega a nosotros gracias a que las partículas que componen el aire vibran y transmiten sus ondas.

Para entender el concepto de onda sonora, por analogía se puede comparar con una onda que se produce en una cuerda si está sometida a un movimiento ondulante. Si se toma una foto a la cuerda en un instante inicial (t_1), se puede observar que un punto de la misma tendrá un valor de posición dado (d_1), ahora bien, si transcurrido un instante (t_2) se le toma otra foto, se observará que dicho punto estará ubicado en otra posición (d_2), o sea que hubo un desplazamiento de partículas (ver fig. a) El tiempo que transcurre para que el punto desplazado regrese a su posición original es el periodo “T” de la onda y el inverso del periodo de ésta, es la frecuencia ($F = 1/T$)

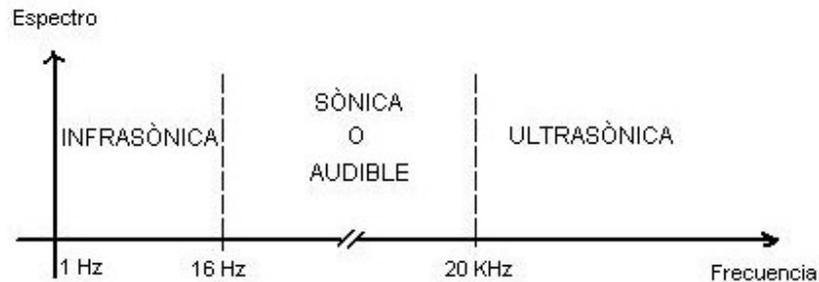


• Fig. A

Rangos de sonido:

Las personas podemos captar sonidos si estos están en un determinado rango de frecuencias, si la frecuencia del sonido producido por una fuente es inferior a 16 vibraciones por segundo (16 vib/seg), entonces ese sonido no es percibido por los seres humanos. A este tipo de sonido cuya frecuencia es menor de 16 vib/seg se llama infrasonido.

Ahora bien, existen sonidos cuya frecuencia es muy alta, es decir, aquellos que pasan de 20,000 vib/seg; estos tipos de sonido reciben el nombre de **ultrasonido** y no son captados por el ser humano (ver fig. b) Los ultrasonidos se producen por el efecto de una tensión eléctrica alterna aplicada sobre placas de cuarzo.



• Fig. b

Principios físicos

La amplitud (A), es desplazamiento máximo de una partícula desde su posición de cero.

La frecuencia (F), se define como el número de veces que ocurre un evento repetitivo (ciclo) por unidad de tiempo. Su unidad es Hertz.

La longitud de onda (λ), es la distancia ocupada por una onda completa y es igual a la distancia a través de la cual se mueve la onda por periodo de ciclo.

La velocidad de propagación o velocidad acústica (V), es la velocidad de transmisión de la energía sonora a través de un medio.

Impedancia acústica (Z)- Es la resistencia de un material a las vibraciones de las ondas ultrasónicas. Es el producto de la velocidad máxima de vibración por la densidad del material.

Tipos de ondas

- Ondas longitudinales.- Los desplazamientos de las partículas son paralelos a la dirección de propagación del ultrasonido.
- Ondas transversales.- Los desplazamientos de las partículas son en forma perpendicular a la dirección del haz ultrasónico.
- Ondas superficiales.- Son aquellas que se desplazan sobre la superficie del material y penetran a una profundidad máxima de una longitud de onda.

Los principales parámetros que deben ser controlados en un sistema ultrasónico son:

Sensibilidad: Es la capacidad de un transductor para detectar discontinuidades pequeñas.

Resolución: Es la capacidad para separar dos señales cercanas en tiempo o profundidad.

Frecuencia central: Los transductores deben utilizar en su rango de frecuencia especificado para obtener una aplicación óptima.

Atenuación del haz: Es la pérdida de energía de una onda ultrasónica al desplazarse a través de un material. Las causas principales son la dispersión y la absorción.

Reflexión

- Es la cantidad de energía ultrasónica que es reflejada al incidir en una interfase acústica.

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

Refracción

- Se lleva a cabo cuando un haz ultrasónico pasa de un medio a otro, siendo su velocidad del medio diferente entre sí y cambia la dirección en relación con la dirección de incidencia.

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

$$\frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \theta} = \frac{V_1}{V_2}$$

V1 = Velocidad del medio1 α = Ángulo de incidencia

V2 = Velocidad del medio2 θ = Ángulo de refracción

Transductores

Los transductores o sensores son el medio por el cual la energía eléctrica se convierte en energía mecánica (ondas sonoras) o viceversa. Opera debido al efecto piezoeléctrico, el cual consiste en que ciertos cristales cuando se tensionan, se polarizan eléctricamente y generan voltaje eléctrico entre las superficies opuestas. Esto es reversible en el sentido de que al aplicar un voltaje a través las caras de un cristal, se produce una deformación del mismo. Este efecto microscópico se origina por las propiedades de simetría de algunos cristales.

Materiales Piezoeléctricos

Cuarzo: Se obtiene a partir de cristales naturales. Posee excelentes características estabilidad térmica, química y eléctrica. Es muy duro y resistente al desgaste así como al envejecimiento. Desdichadamente sufre interferencias en el modo de conversión (o sea cuando convierte energía eléctrica en energía acústica) y es el menos eficiente de los generadores de energía acústica. Requiere alto voltaje para su manejo a bajas frecuencias. Se debe emplear a temperaturas menores de 550 °C, pues por arriba de ésta pierde sus propiedades piezoeléctricas.

Sulfato de litio: Este material se considera como uno de los receptores más eficientes. Su ventaja principal en su facilidad de obtener una amortiguación acústica óptima lo que mejora el poder de resolución, no envejece y es poco afectado por la interferencia en el modo de conversión. Sus desventajas son que es muy frágil, soluble en agua y se debe emplear a temperaturas menores de 75 °C.

Cerámicas polarizados: Se obtienen por sinterización y se polarizan durante el proceso de fabricación. Se consideran como los generadores más eficientes de energía ultrasónica cuando operan a bajos voltajes de excitación. Prácticamente no son afectados por la humedad y algunos pueden emplearse hasta temperaturas de 300 °C. Sus principales limitaciones son: resistencia mecánica relativamente baja, en algunos casos existe interferencia en el modo de conversión, presentan tendencia al envejecimiento. Además poseen menor dureza y resistencia al desgaste que el cuarzo.

❖ Características De Los Materiales Usados Como Transductores

Material	Eficiencia como transmisor	Eficiencia como receptor	Sensibilidad	Poder de resolución	Características mecánicas
Cuarzo	Mala	Mediana	Escasa	Optima	Buena
Sulfato de litio	Mediana	Buena	Buena	Optima	Soluble en agua
Titanato de bario	Buena	Mediana	Optima	Mediana	Frágil
Metaniobato de bario	Buena	Mediana	Optima	Optima	Buena
Zirconato titanato de plomo	Buena	Mediana	Optima	Mediana	Buena

Elección del transductor

- ✓ Clase de cristal: Con la elección de cada clase de cristal se puede variar el poder resolutivo y la sensibilidad de los transductores.
 - ✓ Diámetro del cristal: Entre mayor sea el diámetro del cristal se obtiene una mayor profundidad de penetración, asimismo una mayor longitud en un campo cercano y una menor divergencia.
 - ✓ Frecuencia: Con la elección de una mayor frecuencia se obtiene mayor posibilidad para la identificación de discontinuidades pequeñas, mayor longitud de campo cercano, mayor poder resolutivo, menor profundidad de penetración y mínima divergencia.
- ❖ Materiales Piezoeléctricos

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CUARZO	Se obtiene a partir de cristales naturales. Posee excelentes características estabilidad térmica, química y eléctrica. Es muy duro y resistente al desgaste así como al envejecimiento.	Sufre interferencias en el modo de conversión Es el menos eficiente de los generadores de energía acústica. Requiere alto voltaje para su manejo a bajas frecuencias. Se debe emplear a temperaturas menores de 550 °C, pues por arriba de ésta pierde sus propiedades piezoeléctricas.
SULFATO DE LITIO	Receptor mas eficiente. Facilidad de obtener una amortiguación acústica optima. Mejor poder de resolución. No envejece. Es poco afectado por la interferencia en el modo de conversión.	Es muy frágil Soluble en agua Se debe emplear a temperaturas menores de 75 °C.
CERÁMICOS POLARIZADOS	Se obtienen por sinterización y se polarizan durante el proceso de fabricación. Se consideran como los generadores más eficientes de energía ultrasónica cuando operan a bajos voltajes de excitación. Prácticamente no son afectados por la humedad	Resistencia mecánica relativamente baja, En algunos casos existe interferencia en el modo de conversión. Presentan tendencia al envejecimiento. Además poseen menor dureza y resistencia al desgaste que el cuarzo.

	Algunos pueden emplearse hasta temperaturas de 300 °C.	
TITANATO DE BARIO	Es un buen emisor debido a su elevado modulo piezoeléctrico.	<p>Problemas de acoplamiento y amortiguación.</p> <p>Su empleo esta limitado a frecuencias menores de 15 MHz, debido a su baja resistencia mecánica y alta impedancia acústica.</p> <p>Presenta interacción entre varios modos de vibración.</p> <p>La temperatura de su punto curie es de 115 – 150 ° C.</p>
METANIOBATO DE BARIO	<p>Presenta un modulo piezoeléctrico elevado lo que lo califica como buen emisor. Posee excelente estabilidad térmica, similar al cuarzo, lo que le permite ser empleado a altas temperaturas.</p> <p>Posee un elevado coeficiente de amortiguación interna, por lo que se considera como el mejor material para generar impulsos cortos.</p>	<p>Presenta una baja frecuencia fundamental y una mala resistencia mecánica, por lo que se aplica principalmente a frecuencias altas.</p> <p>Presenta interacción entre varios modos de vibración.</p>
ZIRCONATO TITANATO DE PLOMO	Se considera como el mejor emisor por su alto modulo piezoeléctrico.	Sin embargo, es él más difícil de amortiguar por su alto coeficiente de deformación. Se recomienda su empleo cuando existen problemas de penetración.

PLICACIONES MAS FRECUENTES DEL ULTRASONIDO

EN MEDICINA

- Desde que en 1949 se usó ultrasonido (Modo A) en exploraciones diagnósticas abdominales, la ecografía ha experimentado importantes avances tecnológicos como el desarrollo de la imagen bidimensional (Modo B) desde 1952; el perfeccionamiento de la escala de grises que ha mejorado la caracterización de los tejidos blandos por su diferente densidad sónica, ha permitido que la ecografía se haya transformado en una herramienta útil y aceptada por todos en la práctica obstétrica habitual.
- En ginecología, sólo en el último tiempo ha aumentado su uso, considerando que se trata de un procedimiento no invasivo, sin contraindicaciones. Este avance ha sido especialmente notorio con la aparición de equipos de ultrasonido digitales, de imagen bidimensional estática, de mayor poder de resolución, y claridad de imagen.
- Actualmente, el ultrasonido puede demostrarnos anatomía pelviana normal; presencia de tumores y su caracterización en tamaño, localización, consistencia, relaciones, etc., además que ofrece información valiosa sobre cambios estructurales ováricos fisiológicos en el ciclo menstrual normal y en problemas endocrinológicos.
- Otros campos útiles del ultrasonido diagnóstico los constituyen la detección de metástasis y recidivas después de tratamiento radical por cáncer la posibilidad de colaborar en la planificación de tratamientos radiantes y ayuda diagnóstico en otros tipos de patología concomitante con procesos ginecológicos.
- Pueden detectarse múltiples e incontables enfermedades ya que podemos usarlo a través de la cabeza únicamente en recién nacidos para conocer su cerebro, en los ojos para demostrar cataratas, en los senos paranasales de niños para sinusitis exudativa, en el cuello para la tiroides o tumores, en el corazón para demostrar cardiopatías congénitas en bebés y adquiridas en adultos, casi todos los órganos del abdomen pueden verse, actualmente en los servicios de urgencias se detectan apendicitis en fase temprana, piedras en vesícula, riñones, conductos, tumores en páncreas, hígado, pelvis, enfermedades en la matriz y los ovarios de la mujer, defectos congénitos en el embrión y el feto, etc

EN INGENIERIA E INDUSTRIA

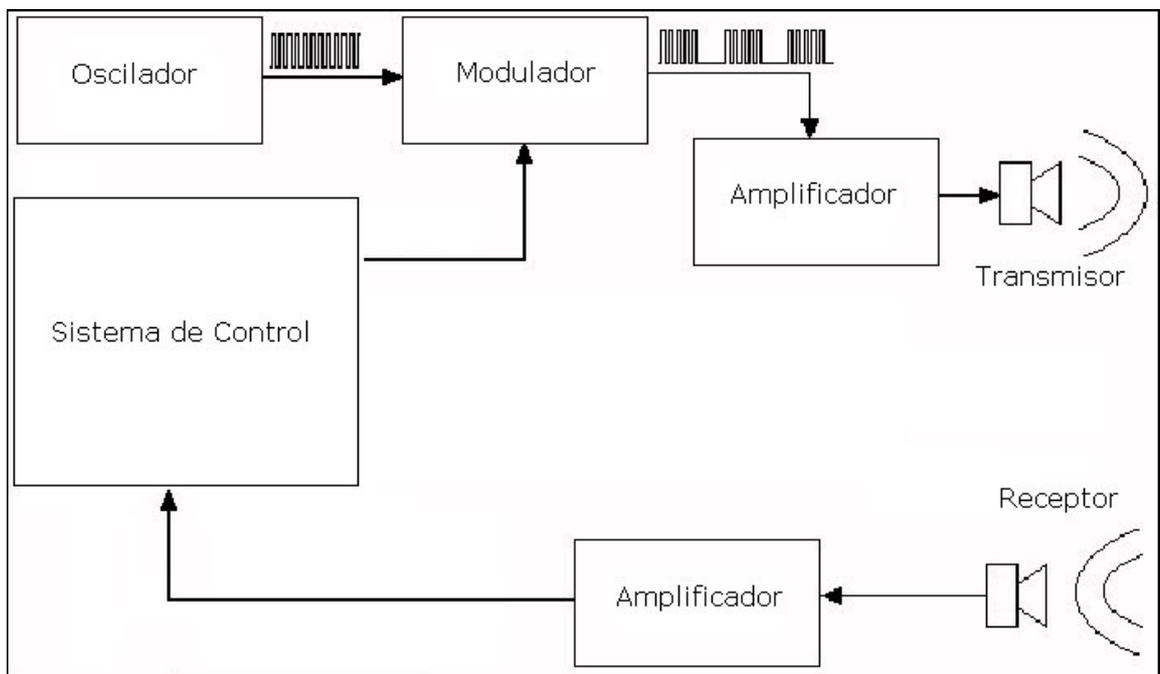
- Un área de la robótica en la cual se ha realizado mucha investigación en los últimos años es la navegación de robots móviles en ambientes industriales y domésticos. En este tipo de problemas se desea que los robots sean capaces de manipular objetos y llevarlos de una posición a otra dentro de un medio ambiente semicontrolado. Para detectar los obstáculos del medio ambiente los robots pueden utilizar sensores de tacto, **ultrasonido**, infrarrojo o cámaras de vídeo.
- Otro enfoque en la utilización de ultrasonido es en los procesos donde se quiere medir caudal.
 - **Industria química:** Medición no invasiva en medios agresivos/venenosos Medición en producción de medios no conductivos. Control de Flujo móvil durante puestas en marcha y procesos de diagnóstico
 - **Industria petroquímica:** Control de fugas en cañerías con reconocimiento de interfases
 - **Exploración de petróleo:** Medición en producción con presión elevada
 - **Industria farmacéutica / fabricación de chips:** Medición en producción de medios limpios.
 - **Industria de alimentos + bebidas:** Medición de medios sin contacto, en forma higiénica. CIP, SIP y esterilización con vapor
 - **Administración de aguas y desagües:** Medición en cañerías de gran tamaño, durante el proceso. Medición de distribución y consumo.
 - **Centrales eléctricas:** Medición en proceso de agua fría, agua de calderas, condensado y circuitos térmicos.
- **Sonda Batimétrica por Ultrasonido (Radar):** Los ultrasonidos se aplican también para detectar objetos que se encuentran en las profundidades del mar.
- **Barrera de Ultrasonidos:** en el campo de alarmas (vehículos, viviendas, oficinas, industria, etc.) En el campo de industrias y fabricas (como sensores para detección o contador de objetos en cintas transportadoras)
- **Medición de Distancia por Ultrasonido** (objetivo y análisis de este proyecto)
- El ultrasonido también elimina el humo que sale por la chimenea de las fábricas. Esto se debe a que cuando su ultrasónico pasa a través del humo, sus partículas se agrupan y caen al suelo.

DIAGRAMA EN BLOQUE

En la figura N° 1 se puede observar los elementos básicos que componen un sistema de control para desarrollos con ultrasonidos.

Como principal elemento, se tiene el sistema de control lógico (elemento en el cual está corriendo algún tipo de programa de control), o sea el que controla todo los demás elementos. Después otro elemento importante a la hora de trabajar con ultrasonidos es el oscilador, el cual está oscilando a frecuencia ultrasónica. Inmediatamente después del oscilador viene el modulador, por el cual se modula los trenes de pulsos (entregados por el oscilador) a una cantidad de pulsos necesarios para comandar el amplificador transmisor, el modulador es una llave electrónica que se abre y cierra dejando pasar una cantidad de pulsos limitados. Posteriormente está el amplificador para el transmisor, encargado de amplificar los pulsos entregado por el modulador a niveles de tensión de trabajo del transductor transmisor, y el amplificador para el receptor, encargado de amplificar el retorno de la señal transmitida (eco)

Finalizando con los transductores, el de transmisión encargado de convertir la energía eléctrica en energía sonora (energía mecánica por el desplazamiento de partículas), y el receptor, encargado de convertir la energía sonora recibida en energía eléctrica.



• Fig.N°1 Esquema general de implementación de ultrasonido.

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

- En esta materia se nos asignó la realización de un proyecto electrónico, siendo el objetivo de éste, para medición de distancias.
- El proyecto deberá realizar dichas mediciones empleando ultrasonido.
- Procesar las distancias en un microcontrolador PIC 16F84A.
- A través de una interfaz, transferir los datos (medidas) en formato asincrónico 1bit de inicio, 8 bits de datos, 1 BIT de parada y sin paridad. Implementando el protocolo RS232.
- A través de un sistema de adquisición, PC o HP48, monitorear las distancias y almacenar en una base de datos las mediciones realizadas.

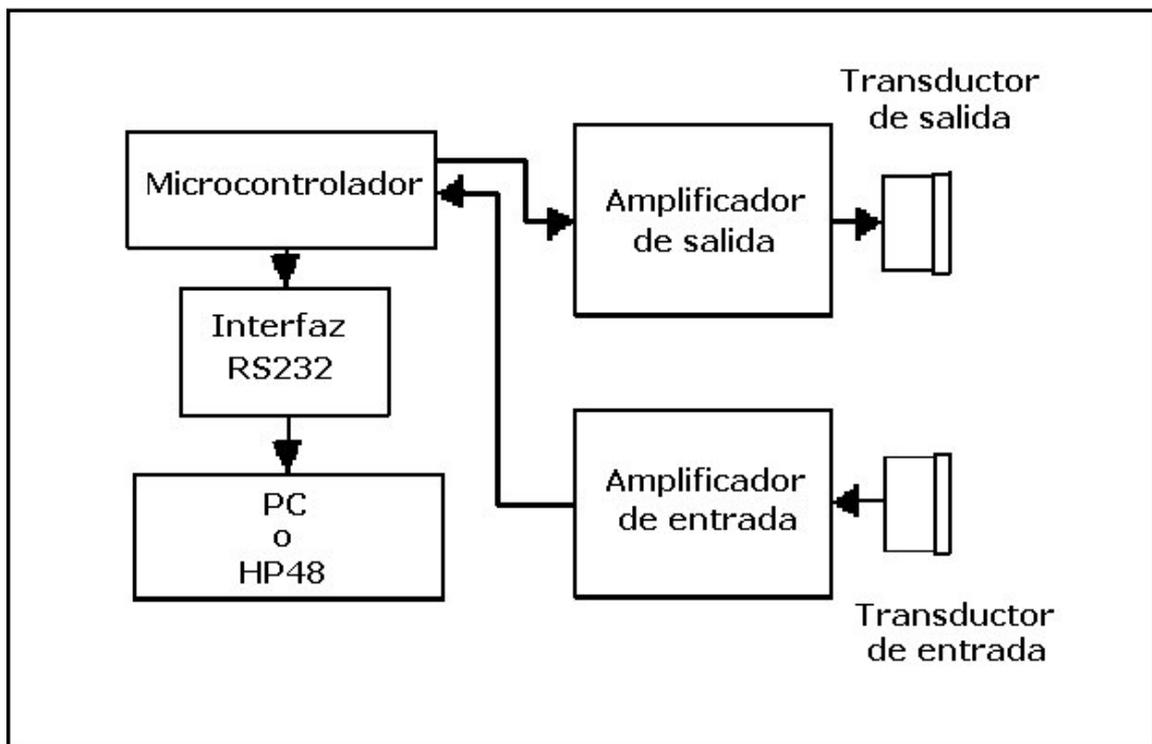
PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO Y CALCULOS

- Con los avances de la electrónica en cuanto a dispositivos electrónicos como los microcontroladores, cada vez más compactos y potentes, la rama de la instrumentación se ve beneficiada ya que los instrumentos que se construyen actualmente además de ser indicadores o controladores, cuentan con características que les permiten comunicarse con computadoras centrales que pueden monitorear la variable bajo medida o asumir el control del proceso.
- Otra característica de estos nuevos instrumentos es la capacidad que tienen para ser programados o configurados en una aplicación en particular por medio de una herramienta conocida, con la cual se programa o configura el instrumento y se fijan los rangos de trabajo, alarmas, unidades de ingeniería, unidades de medicina, entre otras.
- El proyecto gira en torno a la propiedad del sonido de reflejarse cuando choca contra objetos o superficies, esto se realiza con frecuencias superiores a la limite audible humana (20KHz), en este caso se han tomado 40KHz.
- Gracias a que se conoce la velocidad con la que las ondas sonoras viajan (velocidad del sonido), se puede medir el tiempo que utilizan para recorrer una distancia determinada, y por medio del microcontrolador PIC16F84 de la compañía Microchip Inc. realizar los cálculos necesarios para determinar la distancia a la que se encuentra dicho objeto o superficie. El tiempo que dura el sonido en ir y volver desde que parte del emisor hasta que es captado por el micrófono receptor, relacionado con la velocidad del sonido, proporciona la información necesaria para determinar la distancia entre el emisor y la superficie en la que se reflejó o rebotó la señal enviada.

Principio de funcionamiento:

✓ Este proyecto consiste básicamente de cuatros etapas funcionales:

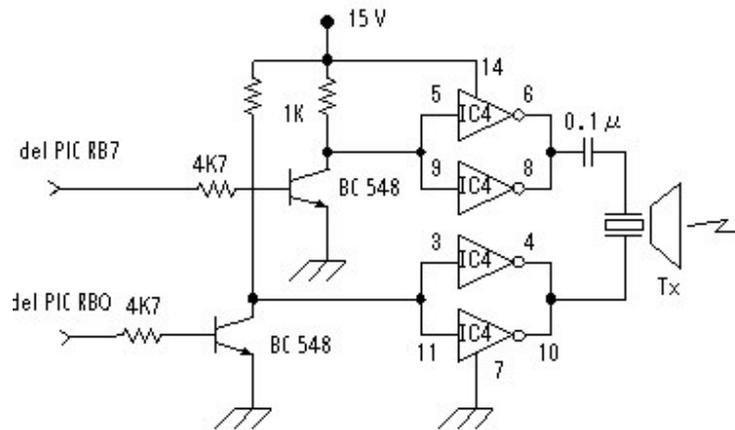
- Emisora del tren de pulsos.
- Receptora.
- Procesamiento y calculo.
- Visualización y transmisión.



• Fig. N°2 Esquema particular del proyecto

Etapa emisora del tren de pulsos:

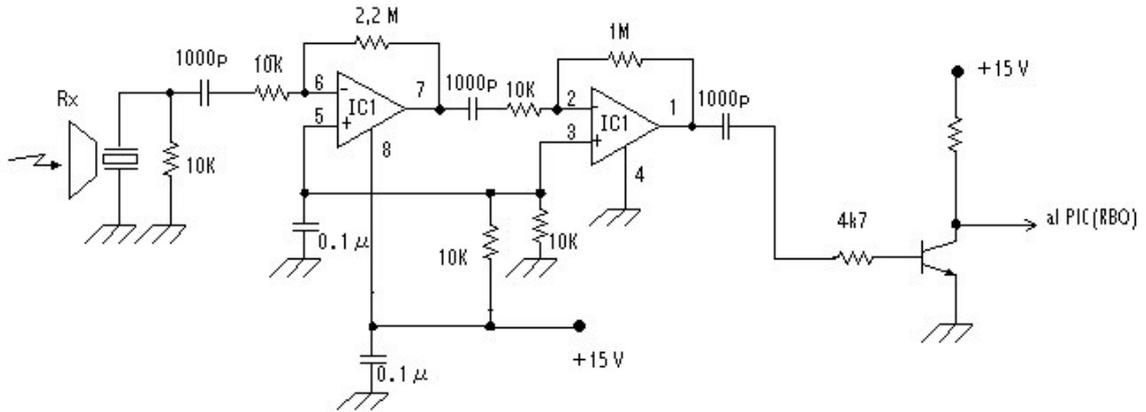
- Esta integrada por el microcontrolador PIC, el amplificador y el transductor ultrasónico figura 3, el microcontrolador inicia la cuenta del tiempo y genera un tren de pulsos a una frecuencia de 40 KHz, este se amplifica y se lleva al transductor ultrasónico el cual convierte el tren de pulsos eléctrico en ultrasonido.



• Fig. N°3

Etapa receptora:

- Esta conformada por un transductor ultrasónico, un amplificador, un transistor figura 4 y el PIC. El transductor convierte el tren de pulsos ultrasónico reflejados, en un tren de pulsos eléctricos, pasando al amplificador operacional y luego al transistor el cual entrega un voltaje compatible con la entrada del microcontrolador, cuando este detecta un cambio en el pin (RB0), genera una interrupción deteniendo el conteo de tiempo que se inició cuando el PIC16F84 generó el tren de pulsos.



• Fig. N°4 Etapa receptora

Etapa de procesamiento y calculo:

- Se puede desarrollar un sistema que envíe trenes de pulso a 40Khz y que espere recibir el eco, al transmitir el tren de pulso se pone en cero un contador y se lo incrementa hasta recibir la señal de retorno (eco)
- Conocida la velocidad del sonido (unos 346 m/seg o 34.600 cm/seg.), y el tiempo en que tarda éste en regresar hasta el receptor, se procede a calcular la distancia de la siguiente manera:

Calculamos en cuanto tiempo la señal ultrasónica recorre 1 cm, y con ese valor de tiempo incrementamos un contador que directamente ya nos da la distancia en cm.

Calculo:

$$\begin{array}{l}
 34.600 \text{ cm} \text{ ----- } 1 \text{ seg} \\
 1 \text{ cm} \text{ ----- } T \text{ seg.}
 \end{array}$$

$T \text{ seg.} = (1 \text{ cm} \times 1 \text{ seg.}) / 34.600 \text{ cm} = 0,0000289 \text{ seg.}$
aproximadamente 29 µ seg.

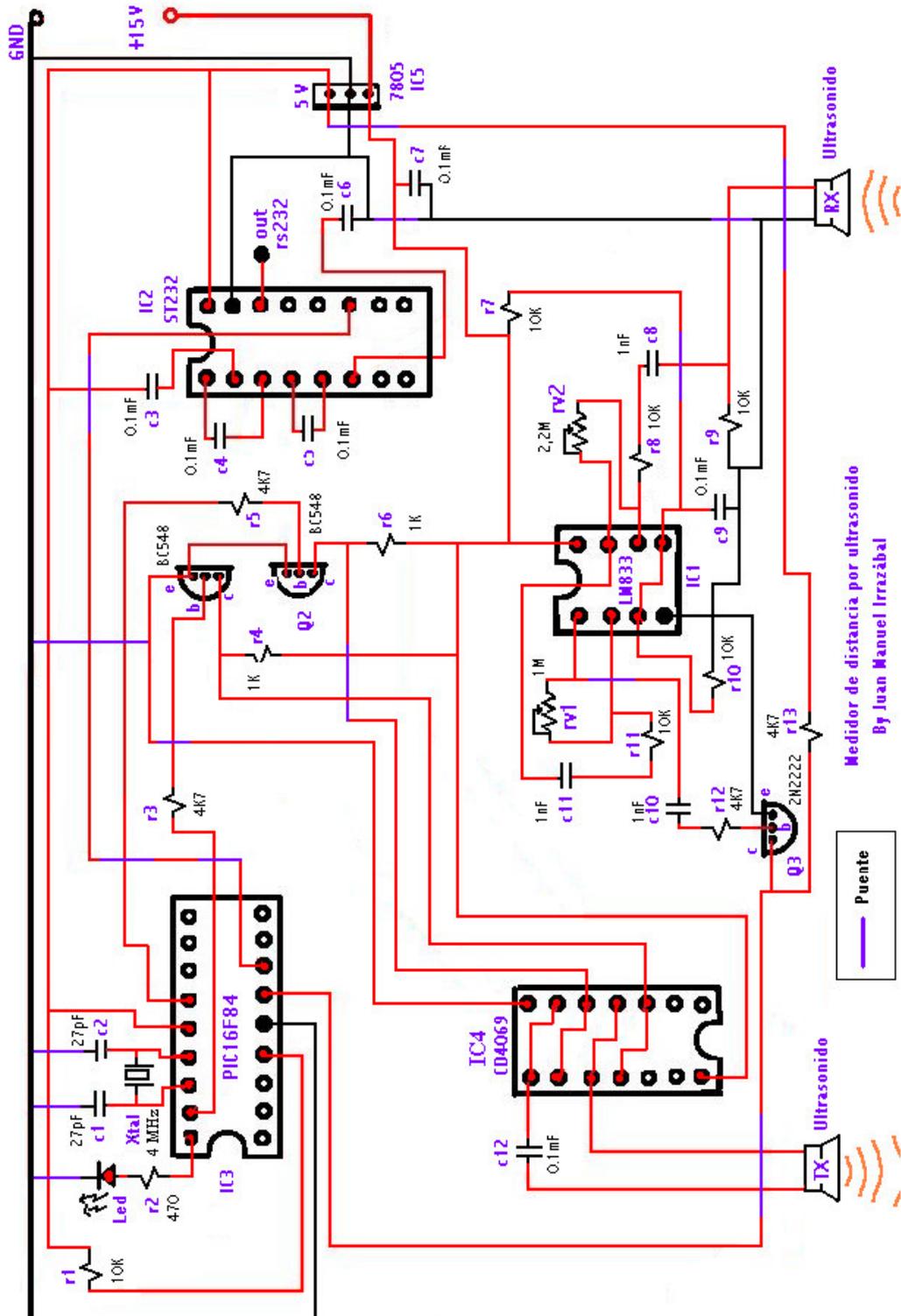
En realidad el tiempo verdadero con el cual hay que incrementar el contador es “2xT”, ya que la señal recorre 2 veces (ida y vuelta) la distancia real.

$2 \times 29 \mu \text{ seg.} = 58 \mu \text{ seg.}$

Etapa de visualización y transmisión:

- Esta etapa funcional se encarga de visualizar los resultados en el sistema de adquisición.
- Una vez obtenido el conteo producido en el pic, se lo envía a (PC o HP48) mediante el adaptador de tensión TTL-RS232, en forma del protocolo RS232, 1 Byte (8bits, no paridad, 1 BIT de parada), para dar lectura de medidas de distancia realizadas.

Circuito eléctrico



COMPONENTES :

Preset:

- 1) 2,2 M Ω
- 1) 1,0 M Ω

Resistencias

- 6) 10 K Ω
- 2) 1 K Ω
- 4) 4K7
- 1) 470 Ω

Capacitores:

- 2) 27 pF
- 3) 1 nF
- 7) 0,1 μ F

Transistores:

- 2) BC548
- 1) 2N2222

IC:

- LM833
- CD4069
- ST232
- PIC16F84
- 7805 (reg. de tensión)

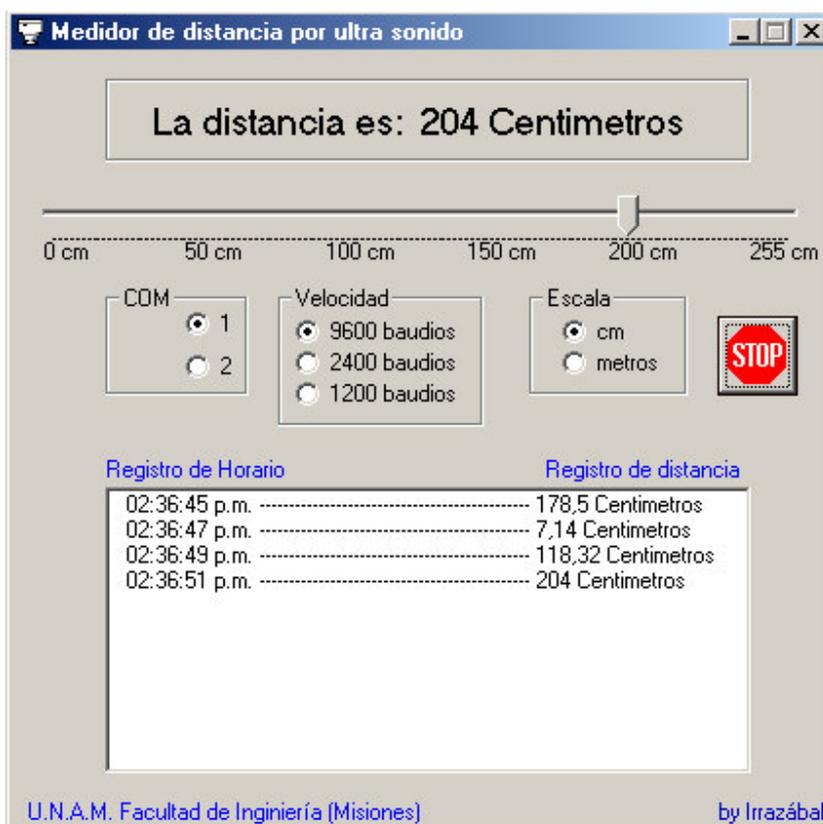
Otros:

- Cristal de 4Mhz
- Sensor transmisor de ultrasonido: (MA40A5-S)
- Sensor receptor de ultrasonido: (MA40A5-R)
- Diodo led rojo chico
- Plaqueta de cobre virgen

ADQUISICIÓN DE DATOS

Para la PC:

- Se realizó un programa gestor en lenguaje Basic (Visual Basic 5), el cual además de presentar la distancia, lleva un registro de las medidas y horarios en las cuales fueron tomadas, también crea un archivo de texto en el disco rígido con los datos del registro comentado arriba. (C:\ distancia.txt)
- También se puede configurar la escala que uno desee en metros o centímetros, como así el puerto de comunicación (COM) y velocidad de transferencia (baudios)
- El programa tiene también una especie de regla con escala, pudiendo observarse visualmente los saltos de medidas realizadas.



- Fig.Nº6 figura demostrativa del programa de la PC

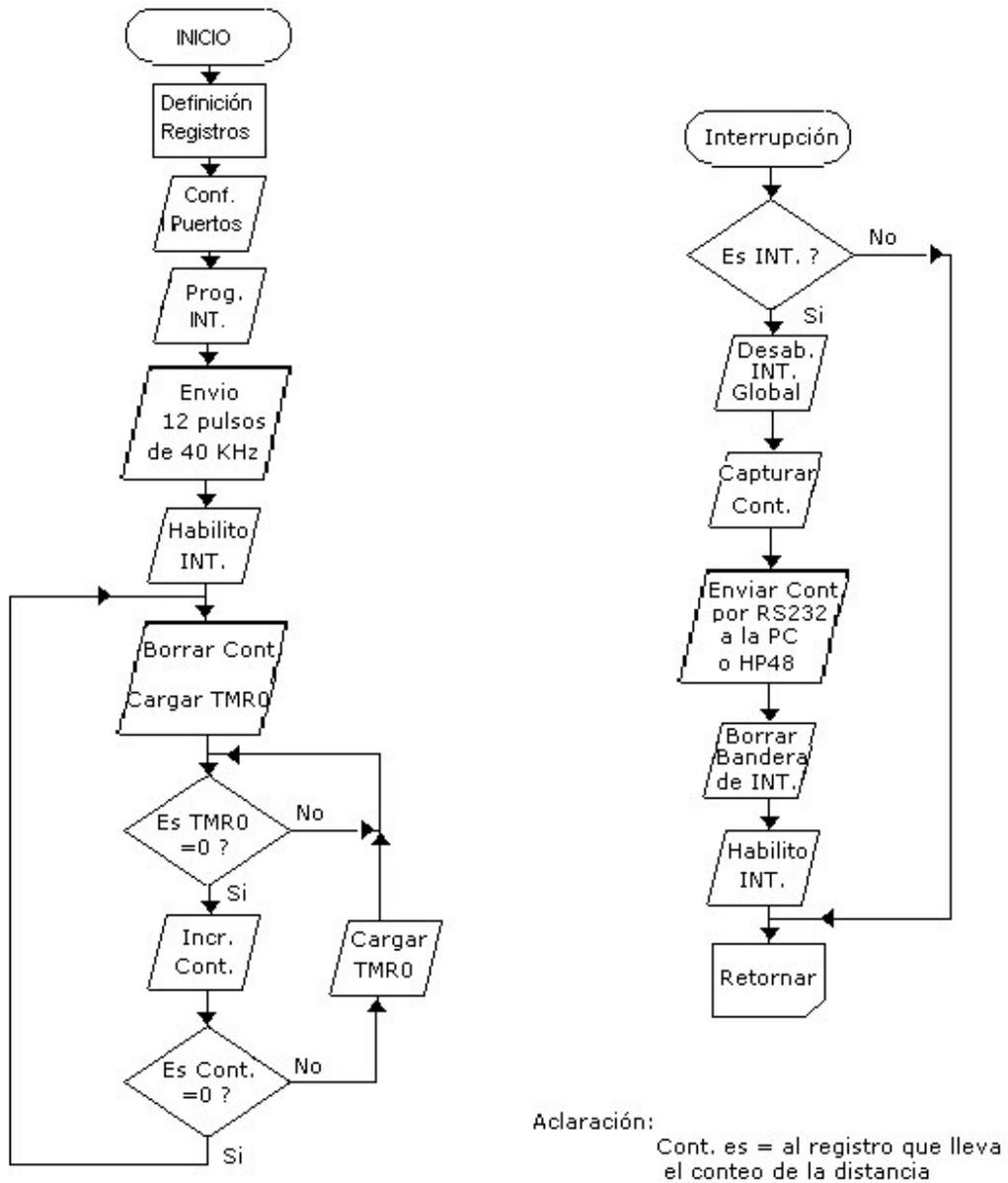
PARA LA HP48:

- Se realizó un programa encargado de presentar en pantalla los datos que ingresan en el puerto serie de la calculadora.
- Dicho programa lleva registro de la ultima medida realizada, solo la ultima por motivos de consumo de memoria, ya que estas calculadoras traen escasa memoria.
- También se puede elegir el tipo de escalas, siendo estas de metros y centímetros.



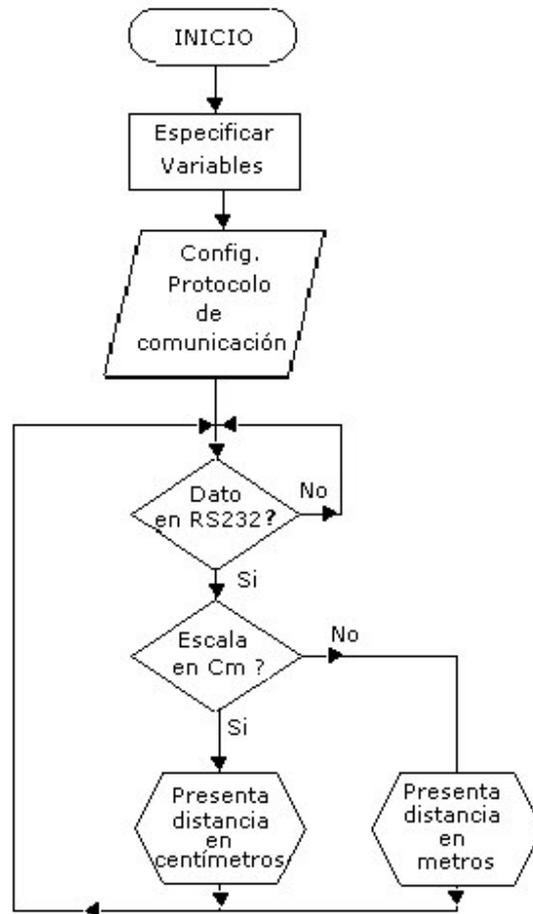
- Fig.N°7 figura demostrativa del programa de la HP48

DIAGRAMA DE FLUJO



• Fig.N°8 Diagrama de flujo del programa del pic16F84

- Por motivo de similitud entre el software de la PC y HP48 con respecto a visualización de las medidas, ya que éstos se encargan de tomar el dato que arriba al puerto serie RS232 y presentar en pantalla ese valor, se presenta un único diagrama de flujo.



- Fig. N°9 Diagrama de flujo del programa de la PC y HP48

SOFTWARE**Para el PIC16F84 (Assembler)**

```

;-----
;
;           MEDIDOR DE DISTANCIA POR ULTRASONIDO
; Programa para el PIC16F84
; U12.asm
;
;
;   fuse: XT, WDT_OFF, PWRTE_OFF, CP_OFF
;   XT=4MHz
;   Aclaración:
;   Comunicación 1 byte from HP48 o PC (RS232) a 9600bps,8N1
;   Juan Manuel Irrazábal
;   Cualquier consulta escribir a mail: ptt52@hotmail.com
;-----

;DEFINICION DE REGISTROS
status      equ    0x03      ; registro de estado
tmr0_opt    equ    0x01      ; reg. TMR0 en banco0 y option en banco1
intcon      equ    0x0B      ; reg. de interrupciones
porta       equ    0x05      ; reg. de IN/OUT
portb       equ    0x06      ; reg. de IN/OUT
PulseCont   equ    0x0C      ; reg. para contar los pulsos
DATA_TX     equ    0x0D      ; reg. para rotar los BIT a enviar
DataTemp    equ    0x0E      ; reg., para almacenar temporalmente el TMR0
BIT_CNT     equ    0x0F      ; reg. contador de BIT
DELAY_CNT   equ    0x10      ; reg. para el bit_delay(ret. BIT a BIT a enviar)

CONTA       equ    0x11      ;CONTA a CONTD registro para ret. de 2mseg.
CONTB       equ    0x12
CONTC       equ    0x13
CONTD       equ    0x14
CENTI       equ    0x15

;-----DEFINICION DE bit-----
w      equ    0
f      equ    1
c      equ    0
; INTCON
gie     equ    7
inte    equ    4
toif    equ    2
intf    equ    1

```

```

;-----Constantes para 9600bps-----
BIT_K      equ    .24
HALF_BIT   equ    BIT_K/3
;-----Pinos-----
COM        equ    portb
TX         equ    1          ; RB1 - Rs232 Transmit (O)
#define     bank0 bcf    status,5
#define     bank1 bsf    status,5
;-----
org        0x00
goto      inicio
org        0x04
;-----
interupcion          ;aca vine la rutina de interupcion
    bcf    intcon,gie
    movf   CENTI,w
    movwf  DataTemp
    btfss  intcon,intf    ;comprueba si hubo int. en RB0/INT,
    retfie                ;no regresa,
                        ;sí ejecuta prog. de la interupcion.
    ;movlw 0x05          ;mueve 05h=5Dec. a ->W
    ;addwf DataTemp,w    ;suma 5 a datatemp y guarda en w
    bsf    porta,1
    movf   DataTemp,w;*****
    call   Transmit      ;llama rutina para enviar dato a la HP48 o PC
    call   retl
    call   retl
    bcf    porta,1
    bcf    intcon,intf
    retfie
;*****,*
Subroutine : Transmit *
;* Purpose : Send 1 byte to PC (RS232), 8 Data bits, 1 stop bit, no parity *
;* Parameter : W = Byte to Send *
;* Return Value : W = 0 *
;* Var usage : DATA_TX, Data to transmitted storage place, BIT_CNT n of bits to trans. *
;* Subrot.used : BitDelay *
;*****,*

Transmit
    movwf  DATA_TX
    movlw  .8
    movwf  BIT_CNT
    bcf    COM,TX          ; TX = 0 - Send start bit
    call   BitDelay

```

TxBit

```

rrf DATA_TX,f
btfss status,c
bcf COM,TX
btfsc status,c
bsf COM,TX
call BitDelay
decfsz BIT_CNT,f
goto TxBit
bsf COM,TX
call BitDelay
retlw 0

```

;*****

BitDelay

```

movlw BIT_K
movwf DELAY_CNT
loop
nop
decfsz DELAY_CNT,f
goto loop
return

```

```

;-----
;   retardo de 154 microSeg
;-----

```

ret

loop1

```

movlw 0x1
movwf CONTD
movlw 0x1
movwf CONTC
movlw 0x01
movwf CONTB
movlw 0x2F
movwf CONTA

```

loopa

```

decfsz CONTA,1
goto loopa
decfsz CONTB,1
goto loopa
decfsz CONTC,1
goto loopa

```

```

    decfsz CONTD,1
    goto loopa
    return
;-----
;   retardo de 0,5Seg
;-----
ret1
loop11
    movlw 0x1
    movwf CONTD
    movlw 0x3
    movwf CONTC
    movlw 0x8C
    movwf CONTB
    movlw 0x53
    movwf CONTA

loopa1
    decfsz CONTA,1
    goto loopa1
    decfsz CONTB,1
    goto loopa1
    decfsz CONTC,1
    goto loopa1
    decfsz CONTD,1
    goto loopa
    return
;-----
;   RUTINA PARA GENERAR LOS PULSOS DE 40Khz
;-----

SendPulse           ; enviar 12 pulsos de 40Khz

    movlw .12
    movwf PulseCont
PulseLoop:
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    bcf  portb,7
    bsf  porta,0

```



```

espera:
    btfss    intcon,toif
    goto    espera
    incfsz  CENTI,f
    goto    seguir
    goto    principal

seguir:
    movlw 0xCF          ; cargar 207 en decimal
    movwf tmr0_opt
    bcf     intcon,toif
    goto    espera

;-----
;rutina para prender 3 veces un led en RA1
;para saber si aranco el pic

led
    bsf     porta,1
    call    ret1
    bcf     porta,1
    call    ret1
    bsf     porta,1
    call    ret1
    bcf     porta,1
    call    ret1
    bsf     porta,1
    call    ret1
    bcf     porta,1

    return

;-----
fin
    end          ; Final del programa                by Juan M.

;+++++

```

PARA LA PC (Visual Basic 5)

```
Dim Out() As Byte
Dim RecDato() As Byte
Dim com As Byte
Dim calibre As Double
```

```
Private Sub c1_Click()
' If c1.Checked = True Then
' c1.Checked = False
' Else
' c1.Checked = True
' End If
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
Open "c:\distancia.txt" For Append As #1
Print #1, ""
Print #1, "*****Fin***** "; Date; Tab; Time
Print #1, ""
Close #1
End
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
Open "c:\distancia.txt" For Append As #1
Print #1, "*****Inicio***** "; Date; Tab; Time
Print #1, ""
Close #1
```

```
calibre = 0.985
com = 1
MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
On Error GoTo 1
' Open COM
MSComm1.CommPort = com
MSComm1.PortOpen = True
GoTo salir
1:
MsgBox "El puerto 1 ya está abierto, debe cambiar de puerto", , "Aviso"
salir:
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Open "c:\distancia.txt" For Append As #1
  Print #1, ""
  Print #1, "*****Fin***** "; Date; Tab; Time
  Print #1, ""
  Close #1
End Sub
```

```
Private Sub Label1_Click()
Form4.Show
End Sub
```

```
Private Sub Label12_DblClick()
List1.Clear
End Sub
```

```
Private Sub Label13_DblClick()
List1.Clear
End Sub
```

```
Private Sub Label14_Click()
Form2.Show
End Sub
```

```
Private Sub Label2_DblClick()
List1.Clear
End Sub
```

```
Private Sub Label3_Click()
Label4.Caption = ""
Slider1.Value = 0
End Sub
```

```
Private Sub Label4_Change()
' If Text1.Text = "" Then
'   GoTo salir
' Else
Open "c:\distancia.txt" For Append As #1
Print #1, Label4.Caption & Chr(32) & Chr(32) & Time
Close #1

List1.AddItem (Chr(32) & Chr(32) & Time & Chr(32) & Chr(32) & Label4.Caption)
' Text1.Text = ""
salir:
```

```
' End If
End Sub
```

```
Private Sub Label4_Click()
Label4.Caption = ""
Slider1.Value = 0
End Sub
```

```
Private Sub MSComm1_OnComm()
Dim lByte As Long
If MSComm1.CommEvent = comEvReceive Then
    RecDato = MSComm1.Input ' Get data
    lByte = Asc(RecDato) ' get 1st byte
    Label4.Caption = CStr(lByte * calibre) & Chr(32) & Label11
    Slider1.Value = lByte
End If
End Sub
```

```
Private Sub Option1_Click()
    On Error GoTo 1
    com = 1
    MSComm1.CommPort = com
    MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
    MSComm1.PortOpen = True
    GoTo salir
1:
    MsgBox ("Visual basic detectó: " + Err.Description), , "Aviso"
salir:
End Sub
```

```
Private Sub option2_click()
    On Error GoTo 2
    com = 2
    MSComm1.CommPort = com
    MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
    MSComm1.PortOpen = True
    GoTo salir
2:
    MsgBox ("Visual basic detectó: " + Err.Description), , "Aviso"
salir:
End Sub
```

```
Private Sub Option3_Click()
    calibre = 1.02
    Label11.Caption = "Centimetros"
    Label5.Caption = "0 cm"
```

```
Label6.Caption = "50 cm"  
Label7.Caption = "100 cm"  
Label8.Caption = "150 cm"  
Label9.Caption = "200 cm"  
Label10.Caption = "255 cm"  
End Sub
```

```
Private Sub Option4_Click()  
calibre = 1.02 / 100  
Label11.Caption = "Metros"  
Label5.Caption = "0 m"  
Label6.Caption = "0,5 m"  
Label7.Caption = "1 m"  
Label8.Caption = "1,5 m"  
Label9.Caption = "2 m"  
Label10.Caption = "2,55 m"  
End Sub  
Private Sub Option5_Click()  
MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"  
End Sub
```

```
Private Sub Option6_Click()  
MSComm1.Settings = "2400,N,8,1"  
End Sub
```

```
Private Sub Option7_Click()  
MSComm1.Settings = "1200,N,8,1"  
End Sub
```

'----- Final del programa-----'

Para la HP48:

Aclaración: Crear un directorio llamado PICDIS y cargar las variables abajo descriptas, cada variables son un subprograma, el que hay que ejecutar es el que se llama DISTA

DISTA

```
« PRES 1 500
FOR I RDLCD1
VISUD1 NEXT»
```

RDLCD1

```
« OPENIO BUFLN DROP
SRECV DROP NUM DUP ' TMRO' STO
2 TRNC DUP ' VP' STO»
```

PRES

```
« 1000 .05 BEEP CLLCD
"MEDIDOR DE DISTANCIA POR ULTRASONIDO by IRRAZABAL
"
2 DISP 4 WAIT»
```

VISUD1

```
« -> N
« CLLCD
" LA DISTANCIA ES:
"
" " + N ->STR +
" centimetros. " + 3
DISP 2 WAIT
»
```

-----Final del programa-----

FICHAS TÉCNICAS DE FABRICANTES

TRANSDUCTORES

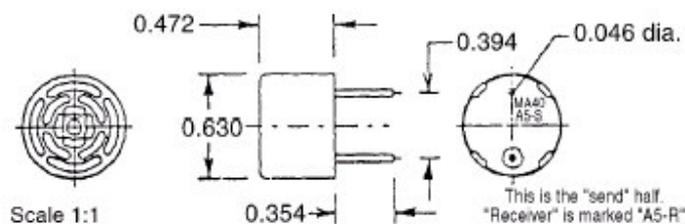
- Sensor transmisor de ultrasonido: (MA40A5-S)

Frecuencia nominal 40KHz.
 Ancho de banda 4KHz mín. a 100dB a 25 °C.
 Ancho nominal del pulso 12.5 μs.
 Máxima tensión de trabajo 15V.
 Capacitancia 2000pF ± 20% a 25 °C en 1KHz.
 Resistencia de aislamiento mín. 100MΩ .

- Sensor receptor de ultrasonido: (MA40A5-R)

Frecuencia nominal 40KHz.
 Ancho de banda 6KHz mín. a -74dB a 25 °C.
 Capacitancia 2000pF ± 20% a 25 °C en 1KHz.
 Resistencia de aislamiento mín. 100MΩ .

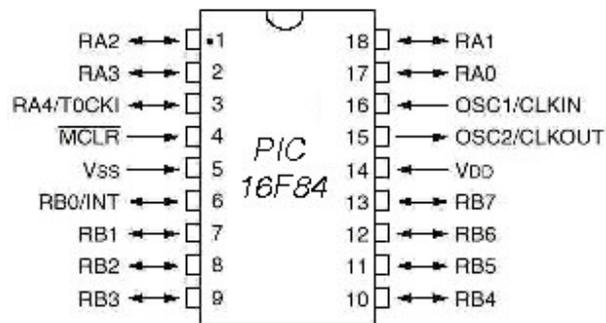
- Para sacarle la máxima potencia (en la recepción) a estos sensores conviene mandarles trenes de pulsos de cómo máximo 12 pulsos.
- Estos sensores trabajan en un intervalo de temperatura de -20 °C a 60 °C.



• Fig. N° 10 Transductores Ultrasónicos

Microcontrolador PIC 16F84ACaracterísticas:

- μ C de 8 bits
- RAM usuario de 68 bytes.
- EEPROM 64 bytes.
- 1K EEPROM Flash.
- 13 líneas E/S (2 puertos)
- 1 timer de 8 bits (TMR0)
- 1 temporizador interno WATCHDOG.
- Frecuencia 4MHz
- Alimentación 2 a 5,5v.
- 35 instrucciones, de 14 bits.
- Ciclo instrucción de 4 ciclos de reloj.
- Todas las instrucciones son de 1 ciclo, y las de salto e 2 ciclos.
- 4 fuentes de interrupción
 - *externas: INT y cambio de estado en los terminales RB4 a RB7.
 - *internas: finalización de escritura en EEPROM y TIMER0.



- Fig. N°11 PIC16F84

DESCRIPCIÓN DE LOS PINES:

RAX	Líneas del puerto A (E/S programable) 20mA en salida - 50mA máx. 25mA en entrada - 80mA máx.
RBX	Líneas del puerto B (E/S programable) 20mA en salida - 100mA máx. 25mA en entrada - 150mA máx. RB4-RB7, permiten interrupción externa por cambio de estado y es seleccionable por software. RB6, en programación es entrada de reloj. RB7, en programación es entrada de datos serie.
TOCK1	Entrada del contador / temporizador TMR0 (programable por software)
MCLR	Master clear, es el reset del sistema. Power-on reset ó reset manual si la tensión en este pin es menor a 1,7v. Brown-out reset, si la alimentación es menor a 4v. En grabación se pone a una tensión entre 12 y 14v.(Vpp)
Vss	Masa
INT	Entrada interrupción externa
OSC1/CLKIN	Entrada de reloj externo.
OSC2/CLKOUT	Salida de reloj (1/4 fosc.)
VDD	Alimentación (2v – 5,5v)

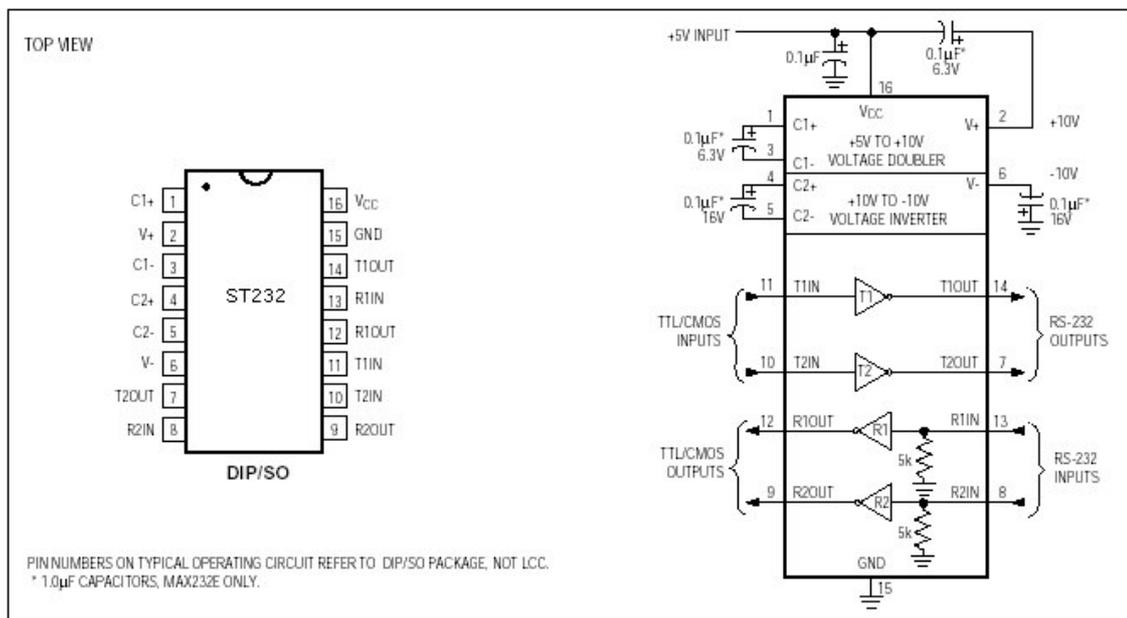
ST232 (TRANSCEIVERS RS232/TTL)

- SUPPLYVOLTAGERANGE: 4.5 TO5.5V
- SUPPLYCURRENT NOLOAD(TYP): 5mA
- TRANSMITTEROUTPUT VOLTAGESWING (TYP): ±7.8V
- CONTROLLEDOUTPUT SLEWRATE
- RECEIVERINPUT VOLTAGERANGE: ±30V
- DATARATE(TYP): 220Kbps
- OPERATINGTEMPERATURE RANGE: -40 TO85 oC, 0 TO70 oC
- COMPATIBLEWITH MAX232ANDMAX202

DESCRIPTION

The ST232 is a 2 driver, 2 receiver device following EIA/TIA-232 and V.28 communication standard. It is particularly suitable for applications where $\pm 12V$ is not available. The ST232 uses a single 5V power supply and only four external capacitors (0.1mF). Typical applications are in: Portable Computers, Low Power Modems, Interfaces Translation, Battery Powered RS-232 System, Multi-Drop RS-232 Networks.

Pin Configurations and Typical Operating Circuits



- Las hojas de especificaciones del LM833 y del CD4069 no se han adjuntado debido a que se encuentran fácilmente, ya que estos componentes son muy utilizados para diversas aplicaciones.

CONCLUSIONES

- Se implemento el ultrasonido en este proyecto debido al bajo costo de los transductores ultrasónico, y también ya que se hace casi imposible la realización de éste proyecto mediante la utilización de infrarrojos (en la forma de transmisión del pulso y recepción del eco), debido a que la velocidad de la luz es demasiado grande comparada con la del sonido, y los tiempos de rebote del haz de luz son muy chicos, prácticamente inmedibles.
- Se observó que los factores ambientales tienen una gran repercusión sobre las medidas. Las ondas de ultrasonido se mueven por un medio material que es el aire, la densidad del aire depende de la temperatura, influyendo este factor sobre la velocidad de propagación de la onda.
- Otro punto a tener en cuenta, es que las ondas ultrasónicas obedecen a las leyes de reflexión de las ondas, por lo que una onda de ultrasonido tiene el mismo ángulo de incidencia y reflexión respecto a la normal a la superficie. Esto implica que si la orientación relativa de la superficie reflectora con respecto al eje del sensor de ultrasonido es mayor que un cierto umbral, el sensor nunca reciba el pulso de sonido que emitió.
Un factor de error muy común es el conocido como *falsos ecos*. Estos falsos ecos se pueden producir por razones diferentes: Puede darse el caso en que la onda emitida por el transductor se refleje varias veces en diversas superficies antes de que vuelva a incidir en el transductor (sí 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.
- De los ensayos realizados con el amplificador propuesto para la recepción y transmisión de los pulsos ultrasónicos, se pudo determinar que la distancia máxima que se podía medir era de unos 2,5 metros mas o menos y y siendo su distancia mínima por el efecto del acoplamiento directo, unos 4 cm. Estas distancias se pueden mejorar en precisión y rango, si se emplea un circuito detector de envolvente seguido de un comparador de tensión, a la salida del amplificador del receptor.
- También se observó de las pruebas realizadas, que resulta que al existir una relación lineal entre la amplitud de la señal de eco y la cantidad de pulsos de la señal de emisión, puede realizarse un control de ganancia variable con la cantidad de pulsos de emisión, presentando como principal ventaja la posibilidad de implementar un sistema con ganancia fija y modificar la cantidad de pulsos según la distancia a la cual se desea explorar.

Pero de los ensayos realizados con esta marca de transductores, se determinó que hay un límite en la cantidad pulsos a transmitir, ya que sobrepasado un límite de 12 pulsos la relación se torna no lineal, y el incremento del rango de distancia se vuelve insignificante.

BIBLIOGRAFÍA:

Enciclopedia Microsoft Encarta 2000

“Análisis de señales ultrasónicas para la definición de entornos en el campo de la robótica” Abreu José Miguel Martín.

Referencias y vínculos web:

<http://www.microchip.com>

<http://usuarios.lycos.es/fisikito/Clases/ondas/Sonido.htm>

<http://www.geocities.com/SiliconValley/Bay/9986/sensores2.htm>

<http://geosalud.com/embarazo/ultrasonido.htm>

<http://www.gmelectronica.com.ar/catalogo/pag46.html>

<http://www.ultrasonografia.cl/us51/cabrera.html>

<http://www.flexim.de/spanish/applic.htm>

http://www.nacersano.org/centro/9388_9932.asp

<http://www.monografias.com/trabajos16/onda/onda.shtml>