

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE ALTURA Y PESO BASADO EN LA TECNOLOGÍA DE LOS MICROCONTROLADORES”

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Presentada por:

ELVIA ESTRELLA MONTERO CADENA

STALINO ANTONINO SÁNCHEZ CRUZ

GUAYAQUIL – ECUADOR

2015

espol



Biblioteca

D-100285

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Miguel Yapur Director de Tesis, por su ayuda y colaboración durante la realización de este trabajo, a nuestros padres por el valioso apoyo que nos han brindado, por las ganas de superación y ejemplo inculcados, y principalmente a Dios por guiarnos por el camino de la vida hacia esta instancia.

DEDICATORIA

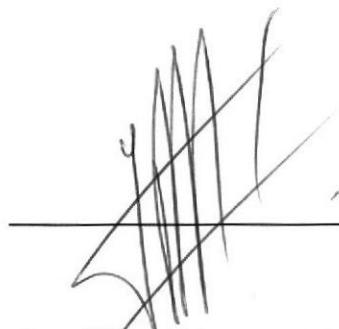
A mis abuelitos y mis padres por el apoyo inquebrantable que me ha impulsado a lo largo de mi vida a luchar por mis sueños, y a todas las personas que confiaron en mí y a las que no también, les dedico este logro.

Stalino Antonino Sánchez Cruz.

Dedico este trabajo principalmente a Dios que me permite tener a mis amados padres que con su amor, confianza y apoyo incondicional me fortalecen cada día y me permiten alcanzar una meta más en mi vida; a mis hermanos por su cariño y compañía. A esos amigos especiales que conocí en mi época universitaria y a todos los que siempre creyeron en mí.

Elvia Estrella Montero Cadena.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

A handwritten signature in black ink, consisting of several vertical, slightly wavy lines of varying heights, with a horizontal line crossing through them near the bottom. The signature is positioned above a solid horizontal line.

Ing. Miguel Yapur, M.Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA DE GRADUACIÓN

A handwritten signature in black ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature is highly stylized and cursive, with many loops and overlapping lines.

Ing. Efrén Herrera Muentes.

PROFESOR DELEGADO POR LA UNIDAD ACADÉMICA

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Informe, nos corresponde exclusivamente a nosotros; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Stalino Antonino Sánchez Cruz.



Elvia Estrella Montero Cadena

RESUMEN

El presente proyecto corresponde al diseño y construcción de una interfaz electrónica, para el control de los parámetros fisiológicos de un individuo, como son estatura y peso corporal, para así determinar el Índice de Masa Corporal.

Cabe indicar que este trabajo muestra lo bien que interactúan la Medicina y la Electrónica, puesto que el fortalecimiento en ambos ha servido de mucho a la seguridad de los pacientes.

Los parámetros fisiológicos a monitorear (estatura y peso corporal) serán calculados mediante métodos no invasivos, aplicados a un sistema que se constituye por las siguientes etapas: acoplamiento, amplificación, acondicionamiento y procesamiento de la señal.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	IV
DECLARACIÓN EXPRESA	V
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
 CAPÍTULO 1	
CONCEPTOS BÁSICOS Y DEFINICIONES	1
1.1. Parámetros fisiológicos: Estatura y peso	1
1.1.1. Peso y masa	1
1.1.2. Estatura	2
1.2. Índice de masa corporal: concepto y clasificación	2
1.2.1. Índice de masa corporal IMC	2
1.2.2. ¿Cómo se calcula el IMC?	3
1.2.3. Clasificación del exceso de masa corporal con el IMC	3

1.3. Peso y estatura: captación y aplicaciones	5
1.3.1. Captación de peso	5
1.3.2. Captación de estatura	7
1.4. Aplicaciones para la captación de peso y estatura	9
CAPÍTULO 2	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	10
2.1. Introducción	10
2.2. Diagrama de bloques del circuito	11
2.3. Componentes del circuito	12
2.3.1. Sensores	12
2.3.2. Acoplamiento	17
2.3.3. Amplificador de Instrumentación	18
2.3.4. Acondicionamiento de la señal	21
2.3.5. Procesamiento de los datos	22
2.3.6. Control y visualización de los datos en LCD	33
CAPÍTULO 3	
PROCEDIMIENTOS E IMPLEMENTACIÓN	38
3.1. Instrumentación	38
3.1.1. Sensor HC-SR04	39
3.1.2. Galgas Extensiométricas	42

3.2. Montaje, aplicación y calibración de los sensores en el módulo IMC ...	43
3.3. Alimentación del equipo.....	47
3.4. PCB del circuito IMC	48
3.5. Tarjeta y adquisición de datos	49
3.6. Circuito Completo	50
CAPÍTULO 4	
GRÁFICAS Y RESULTADOS.....	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

A/D	Analógico / digital
CMRR	Razón de rechazo al modo común
cm/s	Centímetro / segundo
IMC	Índice de masa corporal
Kg	Kilogramos
KHz	Kilo-hertzio
LCD	Display de cristal líquido
Lb	Libra
m	Metro
mm	Milímetro
m/s	Metro / segundo
PCB	Placa de circuito impreso
μ s	Microsegundo
Ω	Ohmio

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Medición del Peso por Balanza	1
Figura 1.2 Estatura hombres y mujeres.....	2
Figura 1.3 Índice de masa corporal.	3
Figura 1.4 Clasificación del IMC.	4
Figura 1.5 Galgas extensiométricas.	5
Figura 1.6 Esquema del puente de Wheatstone.....	6
Figura 1.7 Sensor ultrasónico.	8
Figura 1.8 Funcionamiento Ultrasonido	9
Figura 2.1 Etapa de diseño de circuito	11
Figura 2.2 Diagrama de bloques.....	12
Figura 2.3 Transductor de fuerza.....	13
Figura 2.4 Representación de las galgas extensiométricas.....	15
Figura 2.5 Esquema global de manejo del sensor HC-SR04.....	16
Figura 2.6 Acoplamiento de galga con AD620AN.....	18
Figura 2.7 Acoplamiento de sensor ultrasónico con pic16F877.....	18
Figura 2.8 Detalle del amplificador AD620 con sus pines.....	19
Figura 2.9 Amplificador de instrumentación.....	20
Figura 2.10 Circuito peso-estatura.....	22
Figura 2.11 Detalle de los pines del microcontrolador.....	26

Figura 2.12 Protocolo de carga para un microcontrolador.....	28
Figura 2.13 Esquema del bloque de procesamiento de señales.....	30
Figura 2.14 Estructura del algoritmo dentro del microcontrolador.....	31
Figura 2.15 Botones de control del módulo IMC.....	34
Figura 2.16 Esquema de bloques del display LCD.....	35
Figura 3.1 Pines del sensor HC-SR04.....	40
Figura 3.2 Diagrama de estados del sensor HC-SR04.....	41
Figura 3.3 Galgas extensiométricas de precisión	43
Figura 3.4 Descripción gráfica de la estatura real.....	44
Figura 3.5 Vista superior de la balanza	45
Figura 3.6 Vista del potenciómetro de precisión	46
Figura 3.7 Esquemático de la fuente de alimentación	48
Figura 3.8 Placa de la fuente	49
Figura 3.9 Placa principal	49
Figura 3.10 Circuito de la fuente de alimentación.....	50
Figura 3.11 Circuito de adquisición de peso y altura	50
Figura 3.12 Estructura para medir estatura y peso.....	51
Figura 4.1 Display mostrando saludo inicial	52
Figura 4.2 Display mostrando variables adquiridas	52
Figura 4.3 Display mostrando el valor del IMC y su relación nutricional.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del exceso de peso corporal	4
Tabla 2. Composición de materiales de una galga	7
Tabla 3. Características del sensor ultrasónico.	41
Tabla 4. Pruebas de calibración y comparación de medidas de peso	47

INTRODUCCIÓN

En la presente documentación se describe el diseño y construcción de una interfaz electrónica que monitorea los parámetros fisiológicos, el cual tiene como función de adquirir las señales eléctricas de estatura y peso corporal mediante sensores electrónicos no invasivos, lo cual servirá para calcular el Índice de Masa Corporal, para posteriormente ser presentadas en una pantalla LCD.

El primer capítulo tiene como alcance estudiar los parámetros fisiológicos de estatura y peso; también el concepto sobre el índice de masa corporal (IMC), su cálculo y su clasificación de acuerdo al exceso de peso corporal; una parte del análisis elaborado consiste en la forma de captación de las señales de peso y estatura con los sensores ópticos y de fuerza.

En el capítulo 2 se estudia el diseño y la construcción de la interfaz electrónica, mientras que en el capítulo 3 se analiza el procedimiento e implementación del circuito y en el capítulo 4 se presenta la obtención y el análisis de los resultados.

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS Y DEFINICIONES

1.1. Parámetros fisiológicos: Estatura y peso

1.1.1. Peso y masa

El peso es la fuerza que ejerce la gravedad terrestre para atraer los cuerpos, se la considera también como la magnitud de dicha fuerza. En cuanto a masa es la cantidad de materia que está presente en un cuerpo.



Figura 1.1 Medición del Peso por Balanza. [1]

1.1.2. Estatura

Se denomina estatura a la altura de una persona, medida desde sus pies hasta la cabeza. Sus unidades se expresan en centímetros, metros o pies. En la estatura de una persona intervienen factores genéticos y ambientales. Se considera en promedio que la mujer llega a su altura máxima a la edad de los 15 años, y el hombre alrededor de los 20 años.

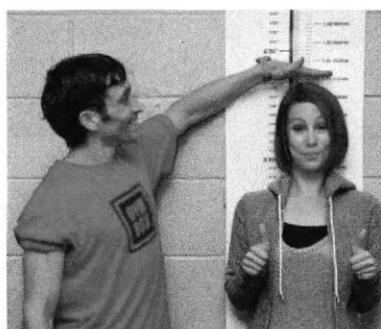


Figura 1.2 Estatura hombres y mujeres. [2]

1.2. Índice de masa corporal: concepto y clasificación

1.2.1. Índice de masa corporal IMC

Es el estimado de peso ideal de un individuo en función de su estatura y peso. Se ha definido este Índice de Masa Corporal IMC como el estándar que nos permite calcular todo riesgo que se asocia con el sobrepeso.

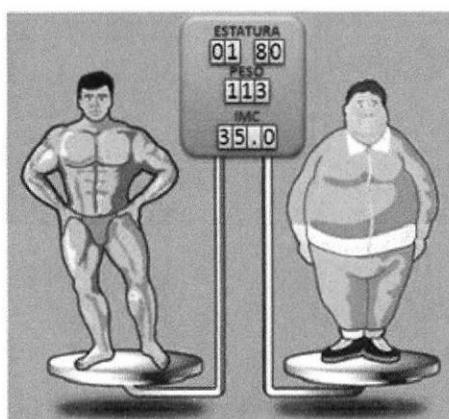


Figura 1.3 Índice de masa corporal. [3]

1.2.2. ¿Cómo se calcula el IMC?

Se lo obtiene mediante la razón del peso (Kg) sobre la estatura (m) al cuadrado. Gracias a este cálculo se puede evaluar los grados de sobrepeso y obesidad de una persona.

$$IMC = \frac{\text{Peso (Kg)}}{[\text{Estatura (m)}]^2} \quad (1.1)$$

1.2.3. Clasificación del exceso de masa corporal con el IMC

El grado de obesidad se mide en porcentaje, a los individuos que presentan valores de grasa corporal por encima del estándar considerado, del 10 al 20 % en los varones y del 20 al 30 % en las mujeres adultas.



Figura 1.4 Clasificación del IMC. [4]

En la práctica clínica se utiliza el IMC para poder determinar el exceso de peso corporal, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación del exceso de peso corporal. [5]

Índice de Masa Corporal	Clasificación
Menor a 18	Peso bajo. Necesario valorar signos de desnutrición.
18 a 24.9	Normal
25 a 26.9	Sobrepeso
27 a 29.9	Obesidad Grado I: Riesgo relativo alto para desarrollar enfermedades cardiovasculares.
30 a 39.9	Obesidad Grado II: Riesgo relativo muy alto para desarrollar enfermedades cardiovasculares.
Mayor a 40	Obesidad Grado III Extrema o Morbida: Riesgo relativo extremadamente alto para desarrollar enfermedades cardiovasculares.

1.3. Peso y estatura: captación y aplicaciones

1.3.1. Captación de peso

La señal eléctrica correspondiente al peso puede captarse mediante transductores de presión electromecánicos, que son elementos mecánicos elásticos (Bourdon, espiral, fuelle, etc.) encargados de generar la señal. Para la realización de este proyecto se utilizan galgas extensiométricas.

- **Galgas Extensiométricas:** Son sensores resistivos que se basan en la variación de la longitud, de la sección transversal o de la resistividad, de un hilo de conductor o semiconductor, al ser sometido a un esfuerzo mecánico como consecuencia de una presión.

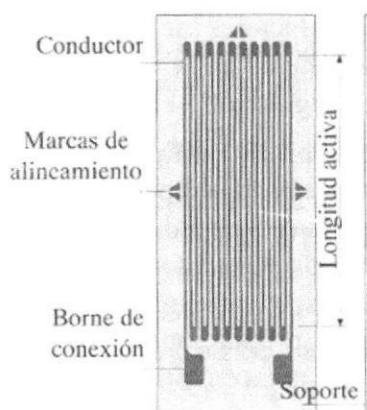


Figura 1.5 Galgas extensiométricas. [6]

En general el valor de la resistencia cumple la expresión:

$$R = R_o(1 + X) \quad (1.2)$$

- $X = K\varepsilon$ (1.3)

- $\varepsilon = \sigma E$ (1.4)

E: Módulo de Young

R_o: Resistencia sin ningún esfuerzo aplicado

K: Factor de sensibilidad de la galga (aproximadamente 2)

ε: Deformación unitaria longitudinal (medida adimensional de la deformación).

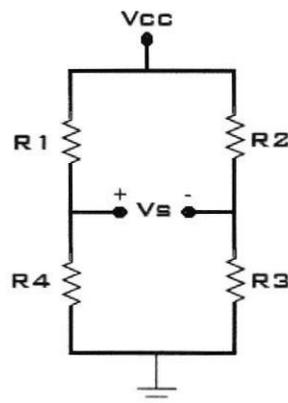


Figura 1.6 Esquema del puente de Wheatstone

Las galgas pueden ser una, dos o todas las resistencias del puente. Cuando V_s es cero el puente está en equilibrio. La variación de una de las resistencias produce un desequilibrio.

Cuando las galgas están en equilibrio, se cumple que $R1 \cdot R3 = R2 \cdot R4$.

Las galgas pueden ser fijas y flotantes. Las galgas fijas están formadas por hilos muy finos pegados a una base cerámica, papel o plástico. En las galgas flotantes los hilos descansan entre un armazón fijo y otro móvil bajo una ligera tensión inicial. [7]

Existen diversos materiales que componen al alambre de la galga, estos se muestran a continuación:

Tabla 2. Composición de materiales de una galga

MATERIAL	COMPOSICIÓN
Nicromo V	80%Ni, 20%Cr
Constantán	45%Ni, 55%Cu
Isoelástico	55.5%Fe, 36%Ni, 8%Cr
Karma	74%Ni, 20%Cr, 3%Al, 3%Fe
Manganina	84%Cu, 12%Mn, 4%Ni
Platino-Iridio	95%Pt, 5%Ir
Monel	67%Ni, 33%Cu

1.3.2. Captación de estatura

La señal eléctrica correspondiente a la estatura puede obtenerse mediante transductores que utilizan medios ópticos, ultrasónicos o

electrónicos. En la realización del proyecto se emplea un tipo de sensor ultrasónico.

Sensor ultrasónico: Estos ofrecen mediciones de distancias sin contacto, con una precisión de 1mm a través del polvo, el humo y el vapor, en zonas de mucho ruido y con todo tipo de material (objeto a detectar), formas y colores, con una detección desde 10 cm hasta 10 m con alta fiabilidad y sin problemas de contaminación.

El sensor ultrasónico emite ondas sonoras de frecuencias no audibles para el ser humano. El rango de frecuencias permisibles por el oído humano está entre 20 Hz a 20 KHz, mientras que el sensor ultrasónico trabaja a una frecuencia de 40 KHz.

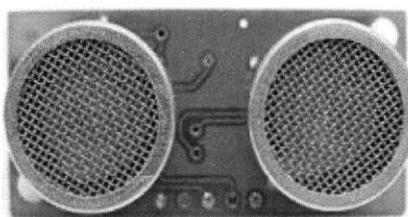


Figura 1.7 Sensor ultrasónico. [8]

El sensor ultrasónico trabaja para medir distancias donde el transmisor envía un pulso de ultrasonido, el cual es devuelto al encontrarse con un objeto u obstáculo en frente, originando un

rebote, que será detectado por el módulo receptor de ultrasonidos; en la figura 1.8 se muestra gráficamente la forma básica del funcionamiento del sensor. [9]

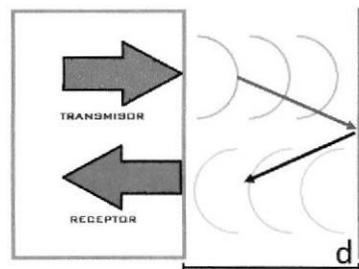


Figura 1.8 Funcionamiento Ultrasonido

1.4. Aplicaciones para la captación de peso y estatura

Con la captación de las señales eléctricas de peso y estatura se puede determinar lo siguiente:

- ✘ Índice de masa corporal IMC.
- ✘ Cálculo de dieta y porcentaje de grasa corporal
- ✘ Aumento de peso durante el embarazo
- ✘ Pediatría: Obesidad infantil
- ✘ Desnutrición y cálculo de calorías
- ✘ Evaluación del crecimiento de niños y niñas

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

2.1. Introducción

Este capítulo se enfoca en el diseño y construcción de una interfaz electrónica que permita captar los parámetros fisiológicos de estatura y peso, analizando cada una de las etapas que comprenden, la adquisición de datos, amplificación, acondicionamiento y procesamiento de los datos para luego finalizar con la visualización de éstos en una pantalla LCD.

Además, se hace un breve estudio del amplificador de instrumentación, muy importante en la disminución del ruido de las señales; así como también se analizará la etapa de acondicionamiento del sistema.

Una parte esencial y novedosa es el cálculo del Índice de Masa Corporal IMC, que se logra al tomar la señal digital de “estatura” y al convertir la señal analógica de “peso” a digital, para lo cual se utilizará un microcontrolador, que además gestionará los tiempos de muestreo y sincronizará el envío de los datos que serán visualizados en la pantalla LCD. Ver figura 2.1.

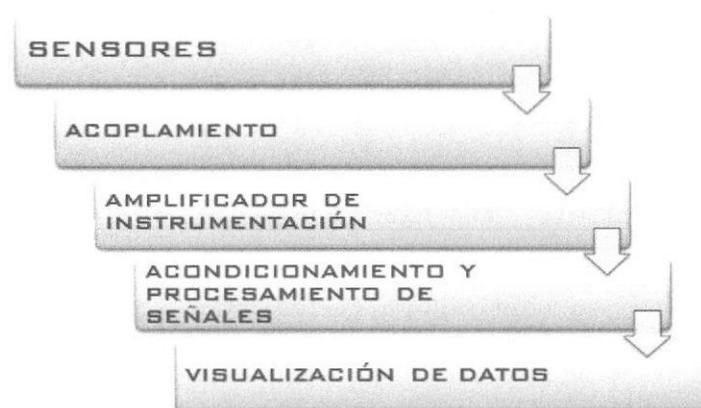


Figura 2.1 Etapa de diseño de circuito

2.2. Diagrama de bloques del circuito

En la figura 2.2 se ilustra el diagrama de bloques del circuito, éste se conforma por los siguientes bloques:

- × Sensores
- × Acoplamiento
- × Amplificación

- × Acondicionamiento de la señal
- × Procesamiento de los datos
- × Visualización



Figura 2.2 Diagrama de bloques

2.3. Componentes del circuito

Aquí se muestran cada una de las etapas que conforman el circuito que capta los parámetros de estatura y peso, haciendo un análisis de sus correspondientes especificaciones y finalidades.

2.3.1. Sensores

La adquisición de los parámetros de peso y estatura se logra mediante sensores de fuerza y de ultrasonido.

Sensor de Fuerza

Para el parámetro de “peso” se utiliza una balanza digital electrónica, la parte principal de este tipo de balanza es una celda de carga, una celda de carga es un transductor que se encarga de transformar la fuerza aplicada sobre la celda en una señal eléctrica. Interiormente las celdas de carga están conformadas por galgas extensiométricas, las cuales se encuentran distribuidas en los 4 extremos de la bandeja plana de la balanza, ésta ubicación permite que al aplicar una fuerza sobre las galgas se logre obtener un voltaje proporcional a la fuerza aplicada en su salida; debido a que la chapa curva de la parte superior se deforma y así varía su valor de resistividad.

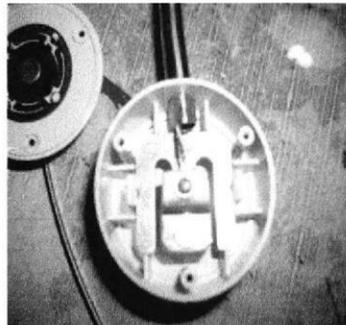


Figura 2.3 Transductor de fuerza. [10]

Este sistema de 4 galgas extensiométricas soportan un peso de 150 Kg cada una; las galgas se encuentran de tal manera que

constituyen el puente de Wheatstone, para lograr captar los diferentes valores de tensión obtenidos en cada transductor, cabe recalcar que el voltaje que se obtiene está en un rango de milivoltios, por lo que será necesario que para amplificar esta señal se emplee un amplificador de instrumentación.

Analizando el ámbito eléctrico, para obtener la señal eléctrica proporcional a la fuerza que se aplica sobre la galga se utiliza el puente de Wheatstone, el cual presenta la topología que se observa en la figura 2.4. El método que se utiliza es el de medida por deflexión, que consiste en medir la diferencia de tensión entre las dos ramas (V_s) del puente alimentado a tensión o corriente constante.

Para modelar el puente, partimos de que lo que nos interesa es que en condiciones iniciales V_s sea 0, por lo tanto $R_1/R_4 = R_2/R_3$.

La configuración del puente de Wheatstone que consta de 4 galgas, experimentan deformaciones de igual amplitud pero de signo opuesto, tal y como se observa en la figura 2.4.

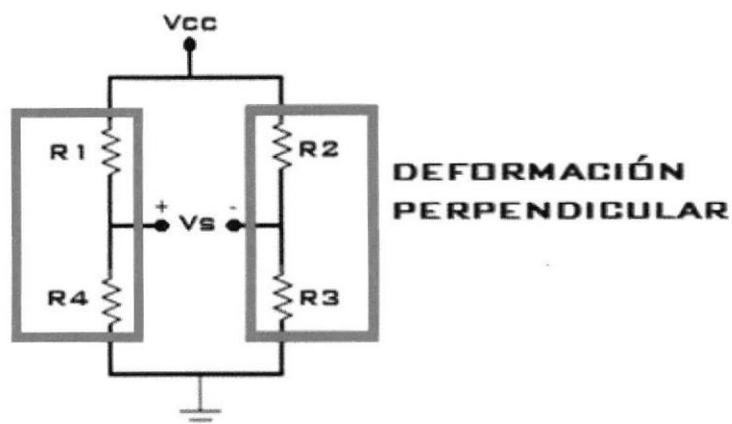


Figura 2.4 Representación de las galgas extensiométricas

Dado que el partidor de la FUERZA PERPENDICULAR presentará valores ohmicos distintos por la naturaleza del material, ésta tensión tendrá un valor sumamente pequeño y las variaciones no serán tan notables cuando se proceda con la conversión analógica/digital dentro del microcontrolador.

Para ese caso se considerará el acople de la señal, donde la misma alcanzará valores numéricos suficientes para poder ser convertidos a escalas digitales y posteriormente ser procesada.

Sensor ultrasónico

Para el parámetro “estatura” se utiliza el sensor ultrasónico HC-SR04, que medirá la distancia desde el sensor hasta el objeto, mediante la emisión de un pulso ultrasónico y el retorno de la misma señal al sensor; tal como se muestra en la figura 2.5.

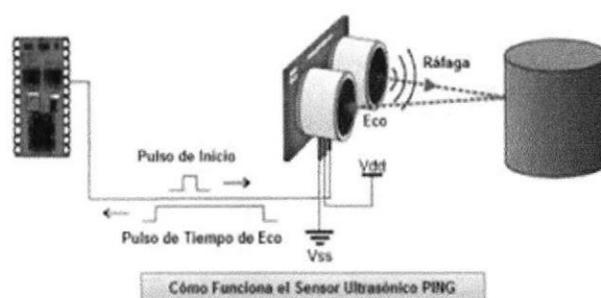


Figura 2.5 Esquema global de manejo del sensor HC-SR04

El sensor ultrasónico HC-SR04 consta de 4 pines: Vcc, Trig, Echo y Gnd, los cuales funcionan de la siguiente manera:

El pin TRIG es el que recibe el pulso de inicio del microcontrolador, el que debe tener un nivel alto por alrededor de los 10 us o más, el pin ECHO es en el cual retorna la señal del pulso, el pin VCC es la alimentación del sensor y GND que es el pin de tierra del circuito.

Cabe indicar que la duración del pulso de salida ECHO, es proporcional al valor de la distancia medida desde el sensor al

$$Distancia = \frac{Duracion\ pulso\ de\ salida * Vsonido}{2} \quad (2.1)$$

$$Distancia = \frac{Duracion\ pulso\ de\ salida * \frac{1}{29} \left[\frac{cm}{us} \right]}{2} \quad (2.2)$$

2.3.2. Acoplamiento

El acoplamiento con el circuito principal de la señal "peso" obtenida por las galgas extensiométricas se lo lleva a cabo utilizando un amplificador de instrumentación AD620AN, en cuanto a la señal "estatura" se realiza directamente al microcontrolador PIC16F877.

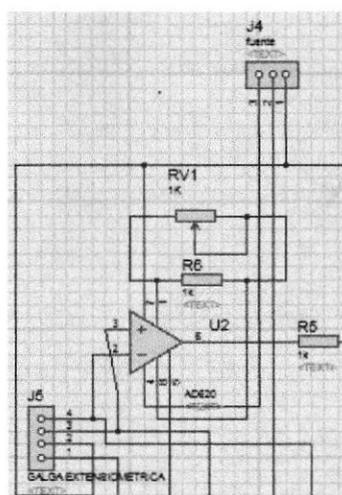


Figura 2.6 Acoplamiento de galga con AD620AN

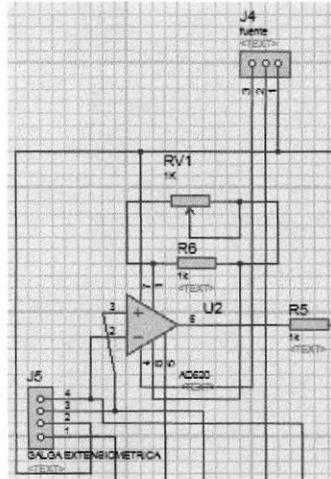


Figura 2.6 Acoplamiento de galga con AD620AN

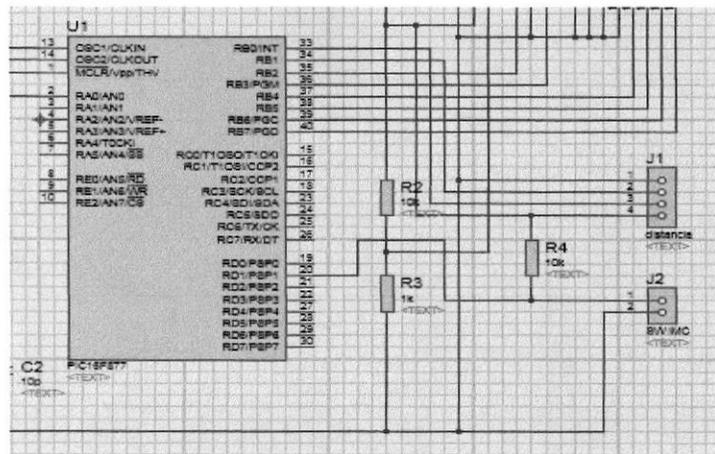


Figura 2.7 Acoplamiento de sensor ultrasónico con pic16F877

2.3.3. Amplificador de Instrumentación

El amplificador de instrumentación (AD620AN), es el indicado cuando se requiere tomar medidas que se encuentran en un ambiente con ruido.

Como características principales del amplificador de instrumentación, es su precisión, una alta impedancia de entrada, alto rechazo al modo común (CMRR), baja impedancia de salida, tensiones y corrientes de offset bajas, además es capaz de trabajar con sensores que ofrecen señales eléctricas muy débiles. [11]

El amplificador de instrumentación, trabaja de tal forma que hace la resta entre sus dos entradas y las multiplica por un factor, además depende de las resistencias internas del integrado. Este componente es muy útil para trabajar con señales muy pequeñas y portadoras de ruido como las que proporcionan los sensores analógicos.

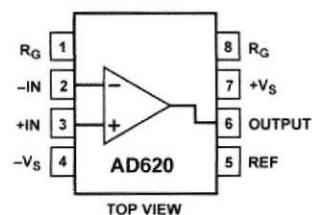


Figura 2.8 Detalle del amplificador AD620 con sus pines

Para llevar a cabo la medición del "peso", se conecta la señal de salida de la galga extensiométrica a un amplificador operacional de instrumentación (AD620), el que se encargará de recibir el voltaje diferencial del puente de resistencias de Wheatstone para ser

amplificado y posteriormente ser procesado; como se muestra en la figura 2.9.

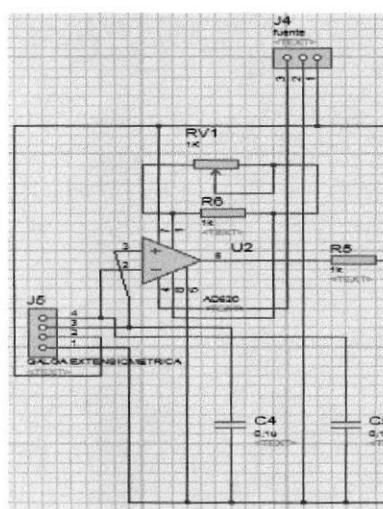


Figura 2.9 Amplificador de instrumentación

El amplificador de instrumentación es alimentado por un voltaje simétrico de +5Vdc, GND, -5Vdc; como se observa en la figura 2.8, los pines 7 y 4 toman el voltaje positivo y negativo respectivamente; y el pin 5 toma el valor de referencia de la tierra electrónica GND.

Este dispositivo tiene un amplio rango de ganancia (1 a 1000), para calcular éste valor se coloca entre los pines 1 y 8 una resistencia de ganancia (R_g); la que se determina en el ajuste de medición con pruebas a diferentes individuos.

Esta resistencia R_g forma parte de la ecuación 2.3.

$$G = \frac{49,4 \text{ K}\Omega}{R_g} + 1 \quad (2.3)$$

Para ajustar el valor de la ganancia R_g , se calibra por medio de un reóstato o potenciómetro de precisión definido como R_v en la figura 2.9; mediante las pruebas correspondientes que se realizan para calibrar el dispositivo, se determina el rango de ganancia de R_g (217 Ω - 222 Ω); éstos valores se reemplazan en la ecuación 2.3 donde se obtiene 228,64 y 223,52, valores que representan la ganancia a la que el amplificador de instrumentación trabajará dentro del circuito.

2.3.4. Acondicionamiento de la señal

En la etapa de acondicionamiento, la señal eléctrica de “peso” ya amplificada y la señal “estatura” se llevan a un nivel DC de 0 a 5[v], para posteriormente ser procesadas en el microcontrolador PIC16F887. En la figura 2.10 se observa el acondicionamiento de las dos señales.

sensor, y la señal analógica del "peso" y convertirla en una señal digital.

La comunicación del sensor de fuerza mediante el acople a un amplificador de instrumentación modelo AD620, facilitará obtener un voltaje de valor considerable para ser procesado en el microcontrolador.

El protocolo de comunicación del sensor óptico HC-SR04, funcionará de acuerdo a los siguientes pasos:

Paso 1: Se envía un pulso corto de duración de 10 us como mínimo desde el microcontrolador hacia el sensor de distancia HC-SR04, éste es el pulso de inicio.

Paso 2: En respuesta al sensor, emite una corta ráfaga ultrasónica por el emisor TX a una frecuencia de 40 Khz, la misma que viaja por el aire, rebota con el objeto y ésta señal retorna al sensor por el transductor RX.

Paso 3: Cuando la ráfaga ultrasónica es emitida, el sensor genera un pulso de estado de nivel alto (cambio de nivel lógico 0 a 5 voltios) al pin ECHO, el mismo que es proporcional al doble de distancia recorrida de la ráfaga ultrasónica. Se considera que en el pulso generado por el sensor se referencia la distancia de emisión y luego la de recepción.

un voltaje de valor considerable para ser procesado en el microcontrolador.

El protocolo de comunicación del sensor óptico HC-SR04, funcionará de acuerdo a los siguientes pasos:

Paso 1: Se envía un pulso corto de duración de 10 us como mínimo desde el microcontrolador hacia el sensor de distancia HC-SR04, éste es el pulso de inicio.

Paso 2: En respuesta al sensor, emite una corta ráfaga ultrasónica por el emisor TX a una frecuencia de 40 Khz, la misma que viaja por el aire, rebota con el objeto y ésta señal retorna al sensor por el transductor RX.

Paso 3: Cuando la ráfaga ultrasónica es emitida, el sensor genera un pulso de estado de nivel alto (cambio de nivel lógico 0 a 5 voltios) al pin ECHO, el mismo que es proporcional al doble de distancia recorrida de la ráfaga ultrasónica. Se considera que en el pulso generado por el sensor se referencia la distancia de emisión y luego la de recepción.

Paso 4: Cuando el transductor del sensor recibe el pulso ultrasónico de ECHO, la señal emitida por el sensor termina. La

La duración de pulso de salida, alcanza a un valor de 29000 μs ; éste dato se utilizará inicialmente al momento de configurar el temporizador del microcontrolador, puesto que medirá el ancho de pulso recibido por el sensor HC-SR04.

Este sensor de distancia está alojado en una estructura metálica con una altura de 210 cm, desde la plataforma de la balanza hasta su posición, con este dato se procede a determinar la distancia real del individuo a medir.

Explicado como se obtiene las variables a sensor con respecto al microcontrolador, se procederá a explicar el procesamiento de éstas para luego ser visualizadas.

Esta etapa de procesamiento está conformado por un microcontrolador PIC 16F877A el mismo que es fabricado por la empresa MICROCHIP. Las características de este microcontrolador son:

- Fuente de alimentación de 2 a 5,5 Vdc.
- Frecuencia de Oscilación por cristal desde 4 a 20 MHZ
- Ciclo de trabajo a cuatro pulsos de reloj
- 40 pines de entradas y salidas distribuido en 5 puertos
- Encapsulado DIP
- Memoria de programa capacidad de 8000 instrucciones

Este sensor de distancia está alojado en una estructura metálica con una altura de 210 cm, desde la plataforma de la balanza hasta su posición, con este dato se procede a determinar la distancia real del individuo a medir.

Explicado como se obtiene las variables a sensar con respecto al microcontrolador, se procederá a explicar el procesamiento de éstas para luego ser visualizadas.

Esta etapa de procesamiento está conformado por un microcontrolador PIC 16F87A el mismo que es fabricado por la empresa MICROCHIP. Las características de este microcontrolador son:

- Fuente de alimentación de 2 a 5,5 Vdc.
- Frecuencia de Oscilación por cristal desde 4 a 20 MHZ
- Ciclo de trabajo a cuatro pulsos de reloj
- 40 pines de entradas y salidas distribuido en 5 puertos
- Encapsulado DIP
- Memoria de programa capacidad de 8000 instrucciones
- Memoria RAM de 368 Bytes
- 8 canales Analógicos/Digitales a un conversor ADC

- Timers de 8 bits y 16 bits en cantidades de 2 y 1.
- Tecnología CMOS

En La figura 2.11 se tiene un detalle del microcontrolador con sus pines y funciones de cada uno.

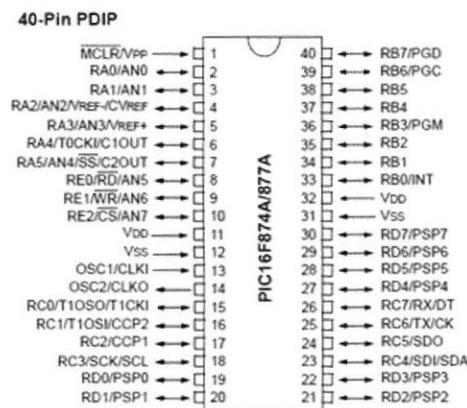


Figura 2.11 Detalle de los pines del microcontrolador

Este dispositivo es similar a un computador reducido en un circuito integrado, dado que está constituido en un solo cuerpo: memoria RAM (para almacenamiento de variables y registros del sistema), memoria del programa (es como tener el disco duro donde reside el algoritmo principal o programa de ejecución), ALU que es el procesador principal y buses de comunicación entre los diferentes módulos de trabajo. Además que la velocidad de trabajo depende del cristal externo de oscilación.

En el presente proyecto se usa un cristal de cuarzo de 4 MHz como oscilador principal para obtener dentro del microcontrolador un ciclo de máquina de 1 microsegundo. Para la obtención de este valor se considera la siguiente ecuación;

$$T = \frac{1}{f_{osc}} \quad cm = 4 * T \quad (2.6)$$

Donde T representa al período en segundos de duración del ciclo de oscilación del cristal y cm es el ciclo de máquina o la duración de tiempo que emplea el microcontrolador en ejecutar una instrucción.

Si está considerado a 4 MHz la frecuencia, el periodo de este oscilador será de $T=250$ ns; y el tiempo en ejecutar una instrucción el PIC es de $cm=1$ us; por lo que la mínima duración de un pulso emitido de un pic es de este tiempo indicado.

El dispositivo por su cuenta no puede trabajar solo con alimentación de corriente continua, sino que también necesita tener un algoritmo o programa de trabajo que realiza el direccionamiento de acuerdo al entorno que lo rodea.

El procedimiento para cargar las instrucciones al microcontrolador está explicado en la figura 2.12.

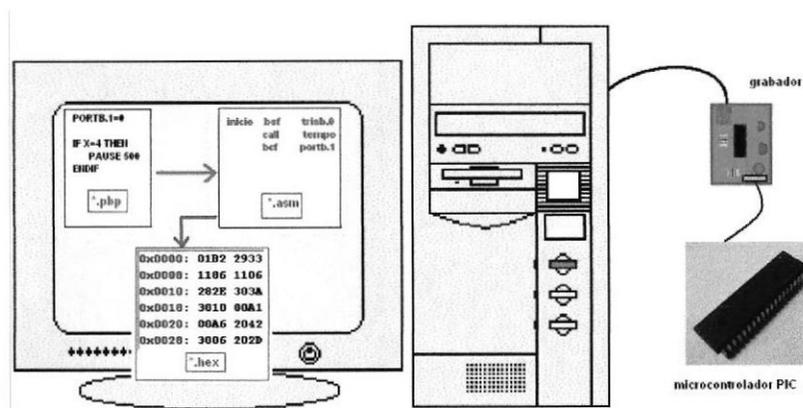


Figura 2.12 Protocolo de carga para un microcontrolador

Como se observa en la figura 2.12 se necesita un computador, un grabador o hardware para cargar el algoritmo y el microcontrolador PIC.

Dentro del computador se tiene algunos programas o software, que tienen el trabajo específico de procesar el texto de un determinado lenguaje de programación, este es el llamado COMPILADOR, luego el archivo se empata con el compilador ASSEMBLER que es el encargado de determinar los diferentes nemotécnicos de las instrucciones a códigos en HEXADECIMAL que es la representación en UNOS y CEROS de las instrucciones que comandan al PIC.

Este archivo HEX es cargado por un programa que viene conjuntamente con el GRABADOR, que es un HARDWARE extra, que se conecta al computador por medio de un puerto (en este caso por el BUS USB) y este cargador se conecta al PIC por cinco pines correspondientes a: datos, reloj de programación, voltaje de programación, Vcc y Gnd.

El COMPILADOR usado para escribir las instrucciones para el microcontrolador es el PIC BASIC PRO el mismo que viene con un paquete de IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) el cual permite la edición de texto base, revisión de errores, listados de variables y notificaciones de cambios.

Este compilador, que tienen los archivos donde reside el texto del algoritmo en extensión *.pbp, tiene una relación con el compilador en ASSEMBLER que es el lenguaje base o fundamental de los microcontroladores y que convierte el texto anteriormente establecido en extensión *.asm, de esta manera transforma un archivo con extensión *.hex, el mismo que va a residir dentro del microcontrolador.

El microcontrolador además de trabajar con señales lógicas digitales de UNOS y CEROS (llamados también valores discretos)

también tiene la capacidad de convertir señales continuas en el tiempo en valores digitales.

Dentro del PIC se tiene un conversor analógico/digital el mismo que trabaja en conversión de escalera y tiene 8 canales para tomar datos desde el exterior.

Ahora en el presente proyecto solo se ocupa un canal de la conversión analógica a digital, el mismo que toma la señal ya tratada desde la galga extensiométrica.

En la figura 2.13 se tiene el esquema del bloque de procesamiento del equipo medidor de índice de masa corporal:

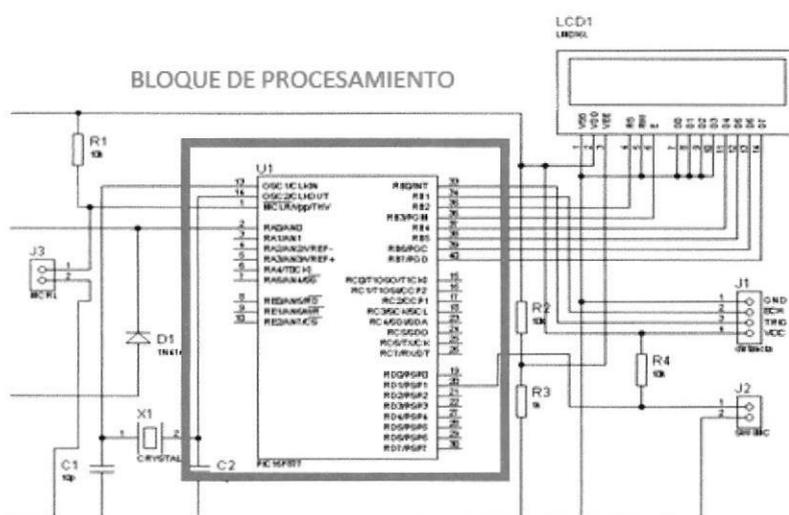


Figura 2.13 Esquema del bloque de procesamiento de señales

Como se describe en la figura 2.13 este PIC controla: la LCD, el sensor ultrasónico de distancia y el pulsante de selección. Que tiene como ingreso la señal analógica proveniente de la galga y puede ser reiniciado por el pulsante de reset conectado al pin MCLR.

Se procede con la descripción del algoritmo que contiene el microcontrolador, el que se dividirá por partes, de acuerdo a lo expuesto en la figura 2.14.

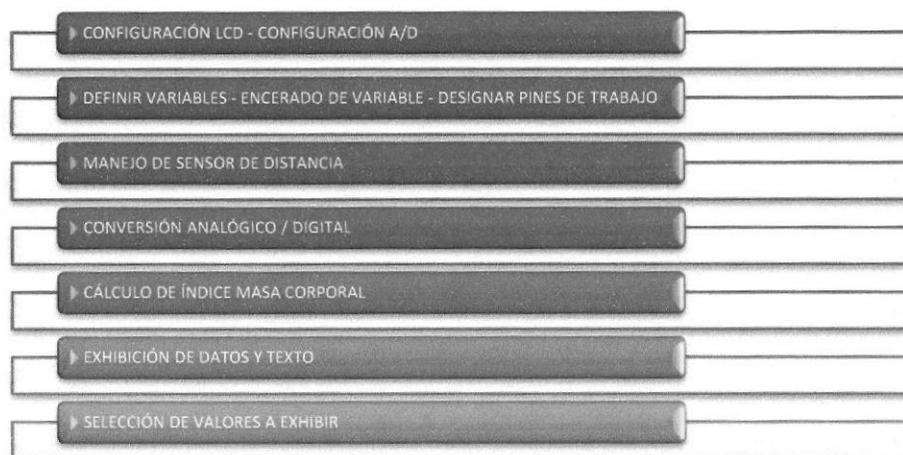


Figura 2.14 Estructura del algoritmo dentro del microcontrolador

Como se observa, el algoritmo está conformado por varios bloques los mismos que hacen varios trabajos en una secuencia estructural, que tiene un principio y llega a un bucle cerrado, que

hace de programa principal y que realizará el trabajo constante con los bloques de: manejo de sensor de distancia, conversión analógica/digital, cálculo de masa corporal, exhibición de datos y texto, y el control de datos a exhibir.

Esto sirve para proceder con la actualización constante de los datos tomados de los sensores y mostrar en el exhibidor LCD.

El primer bloque de configuración del LCD y configuración de A/D; es donde se determinan los pines del PIC que van a controlar la LCD en el puerto B, donde se comandarán los datos desde RB4, RB5, RB6 y RB7, aquí es donde se obtiene la información para los caracteres en el PIC. Además se determinan los pines de habilitación E y lectura de comandos RS, como también se define que el conversor trabaje en un cambio de 10 bits con un tiempo de muestreo de 100 microsegundos y que funcione con un tercio de la frecuencia de oscilación.

El bloque de las variables se las defines en categorías de 8 (byte) y 16 (word) bits los mismos que serán usados dentro de los bloques de toma de distancia, peso, selección de datos y cálculo del índice de masa corporal. Para comenzar con el trabajo en el

micro, se procede a encerrar las variables para que no trabajen con datos aleatorios dentro del algoritmo.

En el bloque del sensor de distancia se da un pulso alto en RB0 por un lapso de 12 us, luego se espera hasta recibir un uno lógico desde el sensor de distancia, ya recibido el pulso se procede con activar el TMR1 que es un TIMER de 16 bits (valores de 0 a 65536), que contará hasta la duración del pulso o cuando se desborde el contador del TIMER 1. Cuando el contador termina de acumularse se desactiva el TIMER y se saca el valor medido y se lo ingresa en la ecuación de la distancia.

2.3.6. Control y visualización de los datos en LCD

El bloque de control está conformado por dos pulsantes y un interruptor, que sirven para proceder con el control del dispositivo desde su encendido hasta la selección de la medida a realizar y con el reseteo maestro de todo el circuito.

El interruptor es el encargado de permitir o no el paso del flujo eléctrico desde la red eléctrica comercial al transformador de la fuente de alimentación, para llegar de este modo a alimentar al circuito principal.

El pulsante de reset que es de naturaleza normalmente abierto (N.A.) es el encargado de resetear por completo las mediciones efectuadas y de regresar la pantalla del LCD a su estado inicial para volver a tomar una nueva medida.

El pulsante medida/IMC normalmente abierto, tiene el trabajo de dar inicio a las mediciones cuando el individuo está parado en el equipo al primer pulso, como también al segundo pulso recibido exhibir el dato del IMC calculado. Cabe indicar que si existieran otras pulsaciones aparte de las mencionadas, el display no exhibirá más datos ni se provocarán cambios.

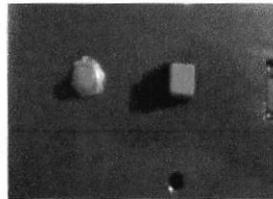


Figura 2.15 Botones de control del módulo IMC

Con respecto a la visualización de los datos, que es la parte fundamental de todo este módulo IMC, está conformada por el dispositivo HITACHI HD 44780, el mismo que es un LCD de dos líneas y de 16 caracteres cada una, lo que es suficiente para la respectiva exhibición de textos y datos tomados desde los bloques de los sensores de las variables intervenidas.

A continuación se presenta un esquema en bloques de la estructura del display para su funcionamiento.

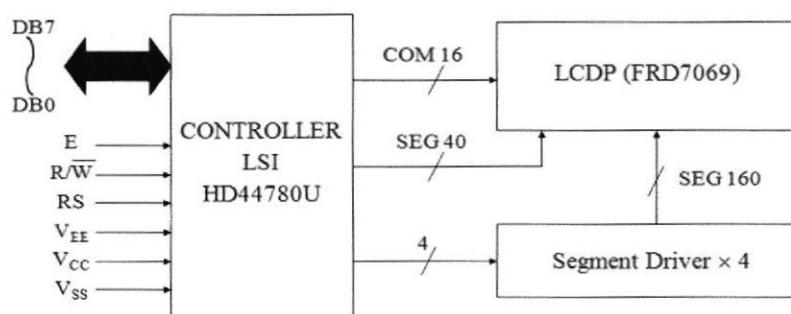


Figura 2.16 Esquema de bloques del display LCD

El control del display está centrado en el procesador LSI HD44780U, el mismo que se encarga de administrar los datos de ingreso, los pines de control y la exhibición de los segmentos o pixeles de cada dígito por fila del display.

Desde el microcontrolador se hace control o manejo del display con la configuración básica de manejo de datos por cuatro bits (los bits superiores), el manejo de los bits RS y los bits E que son para el control de comandos y de habilitación del mismo.

CAPÍTULO 3

PROCEDIMIENTOS E IMPLEMENTACIÓN

3.1. Instrumentación

Para obtener el tipo de datos de altura y peso, fue imprescindible el uso de sensores electrónicos no invasivos como son los de fuerza y los ópticos. El sensor que permite obtener la señal de estatura se enmarca de tal forma que mida distancias u obstáculos por ultrasonidos, en este caso el uso del sensor será idóneo para localizar objetos y así obtener la distancia a la que se encuentra.

Al adquirir la señal del peso, se utilizará un sensor electrónico no invasivo, en el cual su resistencia deberá variar conforme a la fuerza que se le aplique, dicho cambio puede ser medido para ser amplificado, procesado y

de este modo obtener el valor del peso registrado. Para la obtención de este tipo de dato y conforme a las características solicitadas será indispensable la utilización de galgas extensiométricas, herramienta de gran valor, diseñada y construida para ser sensible a las diferentes medidas de pesos.

Los sensores a utilizar en la implementación del circuito para medir distancias y obtener la estatura, se emplea el sensor ultrasónico HC-SR04, en la señal "peso" se empleará celdas de carga de un solo punto. De acuerdo a las características que tenemos, estos sensores nos van a permitir conseguir señales precisas a los valores que se requieren.

3.1.1. Sensor HC-SR04

Este sensor está constituido por un transmisor ultrasónico, un módulo receptor y los circuitos de control; estos elementos se emplean conjuntamente para precisar la distancia del sensor a un objeto colocado en frente.

El alcance del sensor ultrasónico en la detección de un objeto es de 2 cm a 500 cm, y en cuanto a su operación no es perjudicado por luz solar o materiales negros; en la medición de estaturas de diferentes individuos se verá afectada puesto que la cabeza humana tiene una forma irregular (ovalada), además del cabello

presente que dificultará la medición de un valor exacto y por lo que se obtendrá datos erróneos de estatura.

En el funcionamiento del sensor, el pin Trigger recibe del microcontrolador un voltaje alto (5V), por un periodo de al menos 10us, éste pulso iniciará al sensor, el cual transmitirá 8 ciclos de ultrasonidos a una frecuencia de 40Khz (frecuencia no perceptible por el oído humano), inmediatamente se establece 5V (alto) al pin Echo y empieza a medir el tiempo que transcurre desde que se envía el ciclo de pulsos hasta que recibe el módulo receptor.

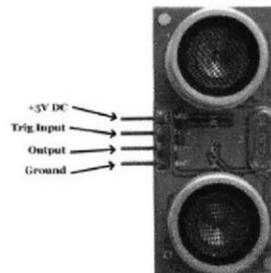


Figura 3.1 Pines del sensor HC-SR04. [12]

El pin Echo continúa en alto mientras espera la ráfaga ultrasónica reflejada, al finalizar el conteo de tiempo transcurrido, el pin manda a un bajo (0 V). El ancho de pulso del eco que se refleja (equivalente al tiempo que se demora por un periodo) será proporcional a la distancia.

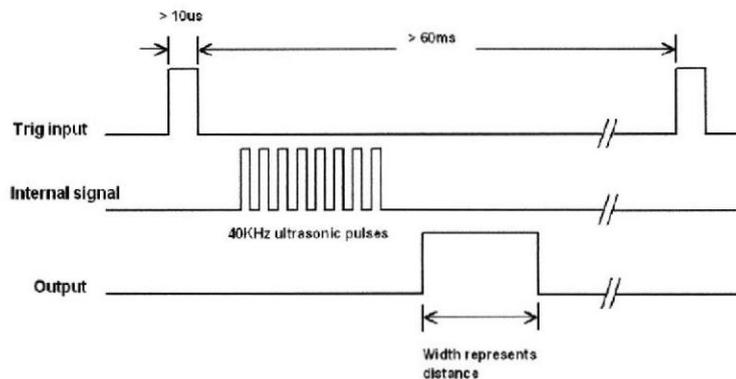


Figura 3.2 Diagrama de estados del sensor HC-SR04. [12]

Para traducir dicho tiempo en distancia y conociendo que la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s, el interés es calcular el periodo que demora el sonido cuando viaja desde el transmisor ultrasónico al objeto hasta el módulo receptor. En la tabla 3 que se muestra a continuación se resumen las especificaciones del sensor ultrasónico.

Tabla 3. Características del sensor ultrasónico. [12]

Parameters	Specification
Operating Voltage	+5V DC
Operating Current	15 mA
Perating Frequency	40 KHz
Maximum Distance	500 cm
Minimum Distance	2cm
Detect Angle	15 degree
Resolution	0.3 cm
Input Trig Signal	>10us TTL pulse
Output Signal	TTL pulse with width representing distance
Weight	
Dimension	45 x 20 x 15 mm

3.1.2. Galgas Extensiométricas

Las galgas extensiométricas son básicamente sensores resistivos y como todo elemento resistivo, su resistencia viene dada por su resistividad, proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección.

Esto supone que cualquier cambio en su longitud, en la sección o en su resistividad provocará cambios en la resistencia. [13]

Concretamente las galgas extensiométricas son resistencias variables por la deformación, dichas características que presentan estos tipos de sensores facilitan el uso del transductor de fuerza, que se conoce como celda de carga.

Los esfuerzos que sufren las galgas utilizadas como sensores de fuerza, será el de una tensión perpendicular, para medir estos esfuerzos y como ya se mencionó anteriormente que la estructura eléctrica de la celda de carga está dada por resistencias, la celda de carga que se utilizó tiene un total de cuatro resistencias donde ellas trabajan cuando la galga sufre una alteración perpendicular; en conjunto estas resistencias representan la configuración del puente de Wheatstone; las señales eléctricas que se obtienen de la configuración y funcionamiento que se menciona van a posibilitar

adquirir lecturas mucho más precisas de la tensión que se le aplique al sensor de fuerza.

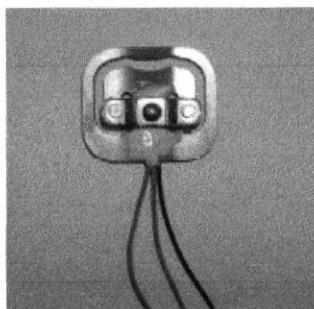


Figura 3.3 Galgas extensiométricas de precisión

3.2. Montaje, aplicación y calibración de los sensores en el módulo IMC

En el montaje de la estructura que posibilita obtener los parámetros fisiológicos de estatura y peso, es esencial el posicionamiento correcto de cada uno de los sensores, para que facilite un registro exacto de lo que se desea.

La estructura que se utiliza tiene una altura de 210 cm medido desde la plataforma de la balanza hasta la ubicación del sensor de distancia, éste dato es de gran importancia porque así se procede a determinar la estatura real del individuo que vamos a medir. En la figura 3.3 se hace una descripción de lo que se realiza para obtener la estatura del individuo y la importancia de conocer la altura de la estructura.

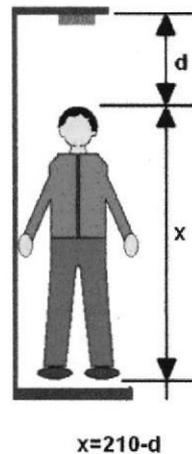


Figura 3.4 Descripción gráfica de la estatura real

Para el montaje del transductor de fuerza, lo que se hizo es emplear la estructura de una balanza electrónica y aprovechar la plataforma para que cada elemento que se coloca en la balanza, el peso se distribuya uniformemente primero.

La galga es una pieza de tamaño pequeño por lo que dificulta tomarla directamente y someterla a fuerzas o tensiones para conseguir una medida de peso, por eso bajo la bandeja plana de la balanza digital se encuentra cuatro clavijas un poco elevadas en las esquinas que sirven para distribuir la fuerza del peso de manera uniforme.



Figura 3.5 Vista superior de la balanza

Para la calibración de las galgas extensiométricas se cuenta con un reóstato o potenciómetro de precisión, mientras más preciso sea el ajuste de este dispositivo, se obtendrán valores más exactos y con un mínimo margen de error.

En resumen, al manipular el potenciómetro de precisión, éste dará un valor determinado de la ganancia del amplificador operacional.

Antes de empezar con el ajuste del reóstato el individuo de prueba deberá pesarse en una balanza comercial para obtener su peso real, después el mismo individuo deberá ubicarse sobre la plataforma de la balanza y en ese momento ajustar el reóstato hasta que en la pantalla LCD marque el valor del peso real del individuo, logrando una correcta calibración.

Es necesario que para intervenir el potenciómetro de precisión o reóstato se lo haga con un destornillador fino, donde tenga aislada su punta, y así evitar que se generen interferencias electrostáticas cuando se lo toca.

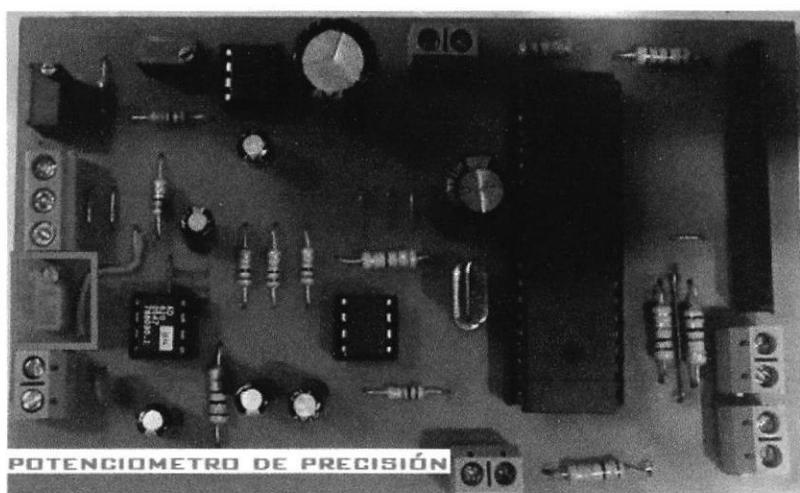


Figura 3.6 Vista del potenciómetro de precisión

En la tabla 4 se muestran las pruebas realizadas a tres individuos. En la primera columna es el peso medido desde una balanza comercial, y la segunda columna el peso medido desde la plataforma de la estructura; dadas estas medidas se obtiene el porcentaje de error, donde se concluye que la variación entre los dos pesos es aproximadamente 1.5 libras por individuo.

Tabla 4. Pruebas de calibración y comparación de medidas de peso

PRUEBAS DE CALIBRACIÓN			
Individuo	Balanza comercial (lbs)	Balanza electrónica (lbs)	%Error
1	115	115.68	0.59
2	165	166.75	1.06
3	184	185.42	0.77

3.3. Alimentación del equipo

Para la etapa de alimentación del circuito de obtención de parámetros fisiológicos: estatura y peso; se utiliza una fuente ATX ya que esta brinda los voltajes deseados de +5 Vdc; 0 GND, -5 Vdc, los que son necesarios para el buen funcionamiento del sistema, dado que los circuitos integrados que se utilizan en este equipo, funcionan dentro de este rango y de esta manera se evitará que los mismos sufran algún daño por sobrecarga de voltaje.

Cabe recalcar que el voltaje negativo de -5 Vdc sirve para alimentar la circuitería del acople analógico del bloque que toma la variable "peso".

Este bloque eléctricamente está conformado por: un conductor gemelo flexible AWG 16, un interruptor mecánico de palanca vertical, un transformador de 110 Vac / 9-0-9 Vac, un puente de diodos en

configuración GRAETZ, un filtrado de rizado de conversión por capacitores, reguladores de tensión positivo y negativo (7805 y 7905 respectivamente) y las respectivas borneras de ajuste mecánico de conductor por tornillo.

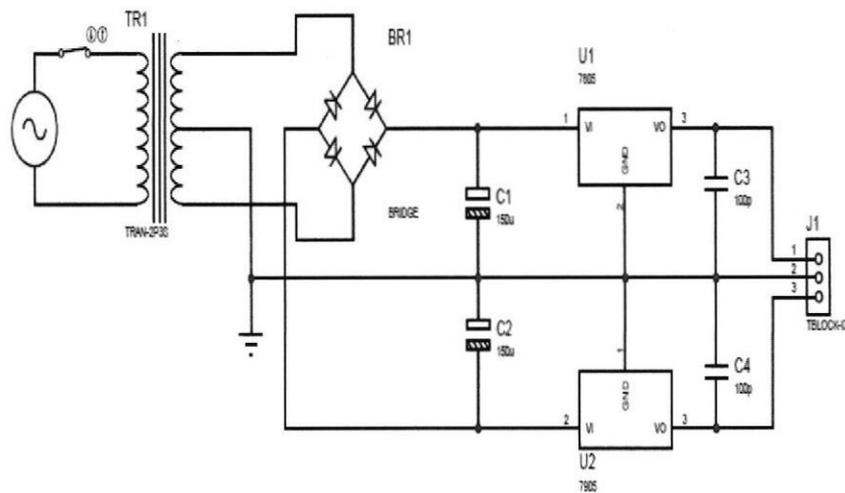


Figura 3.7 Esquemático de la fuente de alimentación

3.4. PCB del circuito IMC

Con el propósito de simplificar la parte del circuito y la obtención de datos, se procedió a unir en una misma placa todas las etapas.

A continuación se muestra el PCB de la tarjeta completa.

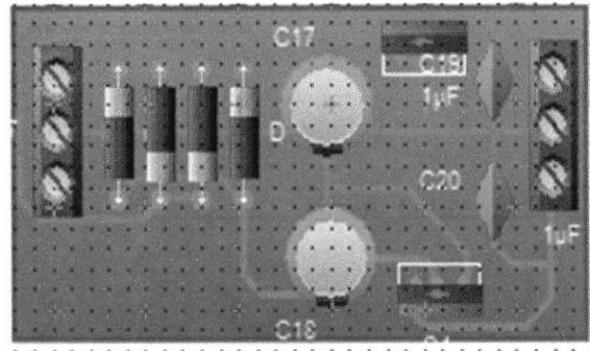


Figura 3.8 Placa de la fuente

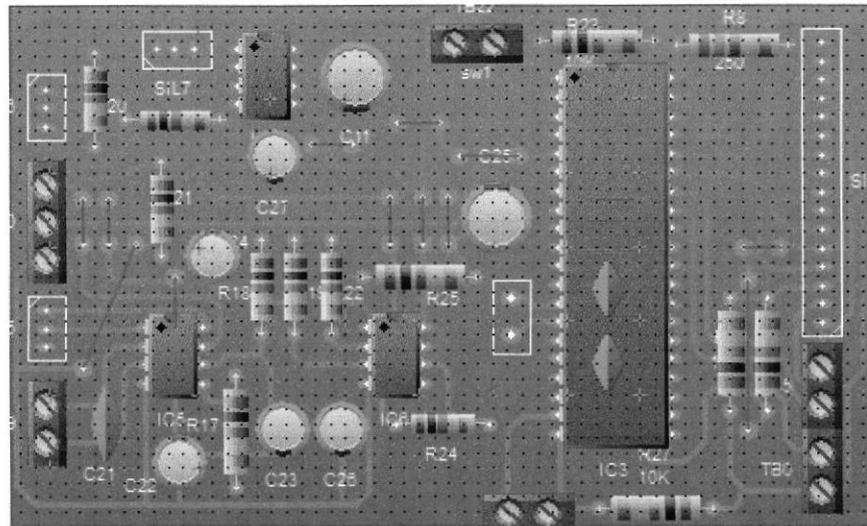


Figura 3.9 Placa principal

3.5. Tarjeta y adquisición de datos

Se presenta a continuación la tarjeta con cada uno de los elementos que conforman el circuito completo que permite adquirir los parámetros de estatura y peso.

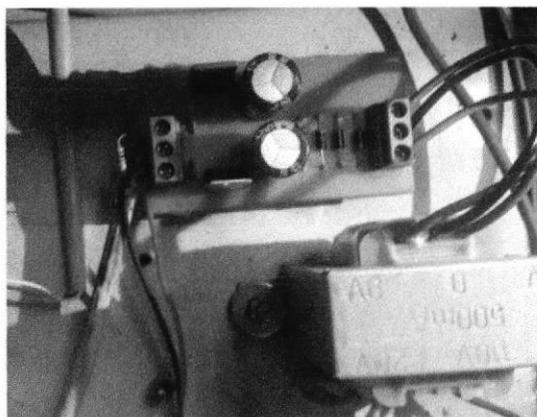


Figura 3.10 Circuito de la fuente de alimentación

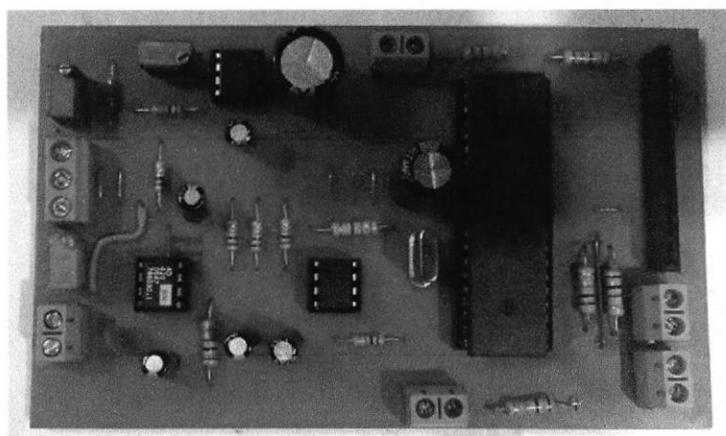


Figura 3.11 Circuito de adquisición de peso y altura

3.6. Circuito Completo

Se muestra la estructura completa que va a posibilitar la obtención y visualización de las datos de estatura y peso, estructura que en conjunto con todo el hardware diseñado e implementado permite un sistema de

medición del IMC (Índice de Masa Corporal) con una interfaz fácil de usar y amigable para el individuo.



Figura 3.12 Estructura para medir estatura y peso

CAPÍTULO 4

GRÁFICAS Y RESULTADOS

En esta parte se logra visualizar la salida de los datos para posteriormente ser interpretados por el usuario o individuo.

Aquí se muestra la información en tres partes: la primera es un saludo inicial donde indica el objetivo del proyecto "ÍNDICE DE MASA CORPORAL", la segunda parte muestra los valores de las variables adquiridas (peso y estatura) en sus respectivas unidades y la tercera parte muestra el valor del IMC como también el estado nutricional que lleva cada valor al respecto.



Figura 4.1 Display mostrando saludo inicial



Figura 4.2 Display mostrando variables adquiridas



Figura 4.3 Display mostrando el valor del IMC y su relación nutricional

CONCLUSIONES

Después de realizar este proyecto, se puede concluir lo siguiente:

1. Para el diseño del módulo IMC se optó por utilizar galgas extensiométricas de una balanza electrónica comercial, puesto que la misma ya contaba con el armado de brazos mecánicos y una viga que ayudaba a sensor el valor de peso de una manera más precisa.
2. Emplear el amplificador de instrumentación AD620 gracias a su gran rechazo al modo común y su bajo nivel de ruido, permite mejorar de gran forma la amplificación de la señal "peso".
3. Para tener una medida de estatura fija se tuvo que anexar un brazo mecánico con un acrílico plano, puesto que el sensor óptico solo puede captar la señal de ultrasonido en superficies planas, y como la fisionomía de la cabeza es ovalada más el cabello del individuo no deja determinar un valor exacto por ser una superficie irregular.
4. Las etapas de acoplamiento, amplificación y acondicionamiento de la señal del módulo IMC resultó adecuado, ya que se logró reducir de gran manera los ruidos, artefactos e interferencias dando como resultado una señal

confiable para su procesamiento y posterior visualización de los valores medidos.

5. El manejo de este módulo IMC es sencillo, ya que se puede obtener los valores de peso y estatura, como del estado nutricional que lleva cada valor calculado del índice de masa corporal, de todas formas su diagnóstico no sustituye al criterio de un Nutricionista.

RECOMENDACIONES

1. Es importante el uso de amplificadores de instrumentación de uso biomédico como el integrado AD620, que mejora la adquisición de la señal gracias a su alto CMRR y no implementarlo con amplificadores operacionales que son más vulnerables a ruidos.
2. Al momento de realizar la medición de estatura en el módulo IMC, el individuo se debe parar en la balanza de una forma erguida con vista al frente, de este modo el sensor ultrasónico capture bien el valor.
3. La etapa de calibración del sensor de peso, se debe comparar con pesos conocidos en este caso se lo realizó con 3 individuos, y de este modo se determinó la ganancia exacta del AD620, como su resistencia R_v que quedará configurada en el circuito principal.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Yanover Julian, Definición de peso corporal, <http://definicion.de/peso-corporal/>, Noviembre 2012
- [2] Mercado Libre, Donde vender y comprar de todo, <http://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE>, fecha de consulta febrero 2015
- [3] Indiproweb S. L., Jabe Fitness, <http://www.jabefitness.com/metodos-para-medir-la-grasa-corporal/>, fecha de consulta febrero 2015
- [4] Dinahosting SL, Entrenador Personal – Giovanni Valle Carrera, <http://www.entrenadorpersonal.com.es/blog/nutricion/%C2%BFque-es-el-indice-de-masa-corporal>, fecha de consulta febrero 2015
- [5] Coyier Chris, CodePen, <http://codepen.io/esramosr/pen/ClgGE>, fecha de consulta febrero 2015
- [6] Sociedad Andaluza para el desarrollo de las telecomunicaciones, Junta de Andalucía, <http://www.juntadeandalucia.es>, fecha de consulta febrero 2015
- [7] Núñez Marco, Monografía de la Presión, <http://www.monografias.com/trabajos11/presi/presi.shtml>, fecha de consulta diciembre 2014

[8] My store express, Coldfire Electrónica, <http://www.coldfire-electronica.com/>, fecha de consulta febrero 2015

[9] Ascio Technologies, Estatura y Definición, <http://salud.kioskea.net/faq/17780-estatura-definicion>, fecha de consulta marzo 2015

[10] Omega Engineering Inc., Thermocouples, Pressure Transducers, Flow Meters, PID Controllers, <http://cl.omega.com/pptst/LCL.html>, fecha de consulta febrero 2015

[11] Pastor Anna, Diseño de un Sistema de Posturografía Portátil, <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/11898/4/Mem%C3%B2ria.pdf.txt>, fecha de consulta enero 2015

[12] Accudiy, Manual HC-SR04 Ultrasonic Range Finder, http://www.accudiy.com/download/HC-SR04_Manual.pdf, Febrero del 2014

[13] Miguel Montesinos, Diseño de un sistema de evaluación de la integridad estructural, <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/hand>, Febrero del 2010

ANEXOS

CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR PARA LA CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL.

```
*****
```

```
* Name   : UNTITLED.BAS *
* Author : [select VIEW...EDITOR OPTIONS] *
* Notice : Copyright (c) 2014 [select VIEW...EDITOR OPTIONS] *
*       : All Rights Reserved *
* Date   : 14/11/2014 *
* Version : 1.0 *
* Notes  : *
*       : *
```

```
*****
```

```
define OSC 4
```

```
DEFINE LCD_DREG PORTB
DEFINE LCD_DBIT 4      'rb4, rb5, rb6, rb7 manejan datos al LCD
DEFINE LCD_RSREG PORTB
DEFINE LCD_RSBIT 2     ' rb2 es el bit RS
DEFINE LCD_EREG PORTB
DEFINE LCD_EBIT 3     ' RB3 ES EL BIT E
```

```
DEFINE ADC_BITS 10     'FIJO EL NUMERO DE BITS DEL RESULTADO
DE LA CONVERSION
DEFINE ADC_CLOCK 3     'FIJO EL RELOJ DE LA CONVERSION A 3
DEFINE ADC_SAMPLEUS 100 'FIJO EL TIEMPO DE MUESTREO EN 50us
```

```
TRISA=1                'QUEDA COMO ENTRADA EL PUERTO RA0
ADCON0=%11000001
ADCON1=%10001110     'EL PUERTO A ES CONVERSOR, LOS DEMAS
SON DIGITALES
```

```
TRISB.0=0             'CONFIGURO BIT RB0 COMO SALIDA (TRIGGER)
TRISB.1=1             'CONFIGURO BIT RB1 COMO INGRESO (ECHO)
SENSOR_OUT VAR PORTB.0 'BIT PARA GENERAR EL PULSO DE
CONTROL SENSOR
SENSOR_IN VAR PORTB.1 'BIT PARA RECIBIR EL PULSO RESULTANTE
DEL SENSOR
```

```

CONTEO VAR WORD          'VARIABLES PARA TOMAR EL CONTEO DEL
TEMPORIZADOR
CONTEO_LSB VAR WORD
DISTANCIA VAR WORD      'VARIABLE PARA GUARDAR EL DATO DE LA
DISTANCIA MEDIDA
xd var word
xd=0

```

```

PESO VAR WORD
LB VAR WORD             'VARIABLE DONDE GUARDO LOS DATOS
CONVERTIDOS
imc var word
imc1 var word
x var byte             'INDICE PARA BUCLE DE PROMEDIOS
k var word             ' variable para los kilos
m var word             ' variable para los metros

```

```

X=0
PORTB=0
peso=0

```

```

imc=0
imc1=0
k=0
m=0
trisd=0

```

```

PAUSE 200              'TIEMPO PARA QUE ARRANQUE EL DISPLAY
LCDOUT $FE,1          'INICIALIZO EL DISPLAY
LCDOUT $FE,1," -INDICE-" 'ESCRIBO EN INICIO DE PRIMERA FILA
LCDOUT $FE,$C0," -MASA CORPORAL-" 'ESCRIBO EN SEGUNDA LINEA

```

```

*****
'
'          programa principal
*****

```

INICIO:

```
CONTEO=0
CONTEO_LSB=0
'PRECARGA AL TIMER1
TMR1H= $8E          'PRECARGA TMR1 MSB
TMR1L= $B7          'PRECARGA TMR1 LSB
```

```
'PULSO DE DISPARO AL SENSOR PARA GENERAR ULTRASONIDO DE
DISTANCIA
SENSOR_OUT=1          ' AQUI GENERO DISPARO ULTRASONICO
SENSOR
```

```
ASM
NOP
ENDASM          'PAUSA 10 ms
SENSOR_OUT=0
```

```
'while (not sensor_in)
WHILE (SENSOR_IN==0)          'ESPERO HASTA RECIBIR UN 1 EN EL PIN
DESDE SENSOR
WEND
' ACTIVO EL TEMPORIZADOR 1
T1CON.0=1          'HE RECIBIDO EL PULSO AHORA ACTIVO EL TMR1

' OJO AQUI CON EL ALGORITMO
```

```
WHILE (SENSOR_IN==1 AND NOT PIR1.0) 'ESPERO QUE CUENTE EL
TMR1 HASTA QUE PULSO DE ECO TERMINE Ó DESBORDE TMR1
WEND
```

```
IF PIR1.0==1 THEN      ' SI SE DESBORDA TMR1 VUELVO A PROCEDER
CON CONTEO
  PIR1.0=0              'CARGO PARA QUE VUELVA A CONTAR-- BAJO
BANDERA DE CONTADOR
  T1CON.0=0
  GOTO INICIO          ' DE LA DISTANCIA HASTA ENCONTRAR OBJETO
ENDIF
```

```
'DESACTIVO AL TEMPORIZADOR CUANDO TERMINE EL CONTEO
T1CON.0=0
```

```
CONTEO=TMR1H
CONTEO_LSB=TMR1L
```

```
CONTEO=CONTEO<<8
CONTEO=CONTEO+CONTEO_LSB
```

```
'CALCULO DE LA DISTANCIA MEDIDA
DISTANCIA=(CONTEO-$8EB7)/29/2
```

```
xd=210-distancia      '210 distancia desde base al sensor de altura
```

```
if xd>=210 then
  XD=0
  goto inicio
endif
```

```
ADCIN 0,PESO          'GUARDO EL VALOR DEL PESO TOMADO
LB=PESO*489
LB= DIV32 100         'DISCRIMINO LOS DOS DIGITOS LSB
```

```
m=(xd*xd)/100        'metros al cuadrado
k=lb*453              'libras pasar a kilos
k=div32 100          'ignoro a los dos digitos LSB
```

imc=k/m '----->calculo el valor del INDICE DE MASA CORPORAL<-----

```

IF X==1 THEN
  LCDOUT $FE,1
  LCDOUT $FE,1,"ALTURA:"
  LCDOUT $FE,$87,DEC xd DIG 2,",", DEC xd DIG 1, DEC xd Dig 0,"m"
'ESCRIBO EN INICIO DE PRIMERA FILA
  lcdout $FE,$C0,"PESO:",DEC LB DIG 3, DEC LB DIG 2,DEC LB DIG 1,",",
DEC LB DIG 0,"lb" 'EXHIBO EL VALOR DEL PESO EN SEGUNDA FILA
  PAUSE 600
ENDIF

```

```

IF X==2 THEN

  LCDOUT $FE,1          'INICIALIZO EL DISPLAY
  LCDOUT $FE,$80,"IMC:",dec2 imc 'ESCRIBO EN INICIO DE PRIMERA
  FILA

```

```

  while(imc<16)
    LCDOUT $FE,$C0,"DELG. SEVERA"          'ESCRIBO EN SEGUNDA
  LINEA
  wend

```

```

  WHILE(IMC>16 AND IMC<17)
    LCDOUT $FE,$C0,"DELG. MODERADA"
  WEND

```

```

  WHILE(IMC>17 AND IMC<18)
    LCDOUT $FE,$C0,"DELG. ACEPTABLE"
  WEND

```

```

  WHILE(IMC>18 AND IMC<25)
    LCDOUT $FE,$C0,"PESO NORMAL"
  WEND

```

```

  WHILE(IMC>25 AND IMC<30)
    LCDOUT $FE,$C0,"PRE OBESO"

```

```
WEND

WHILE(IMC>30 AND IMC<35)
  LCDOUT $FE,$C0,"OBESO TIPO I"
WEND

WHILE(IMC>35 AND IMC<40)
  LCDOUT $FE,$C0,"OBESO TIPO II"
WEND

WHILE(IMC>40)
  LCDOUT $FE,$C0,"OBESO TIPO III"
WEND

  pause 450
ENDIF

'AQUI HAGO LA SELECCION TIPO MENU DE VISUALIZAR EN EL DISPLAY
LOS VALORES TOMADOS
trisd.1=1
while(portd.1==0)

  PAUSE 500
  X=X+1

  IF X>2 THEN
    X=0
  ENDIF

wend
trisd.1=0

GOTO INICIO

END
```

HC-SR04 Ultrasonic Range Finder

Manual

Features

Distance measurement range: 2cm- 400cm

Accuracy: 0.3cm

Detect angle: 15 degree

Single +5VDC operation

Current consumption: 15mA

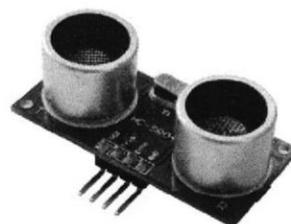


Fig. 1

How It Works

HC-SR04 consists of ultrasonic transmitter, receiver, and control circuits.

When triggered it sends out a series of 40KHz ultrasonic pulses and receives echo from an object. The distance between the unit and the object is calculated by measuring the traveling time of sound and output it as the width of a TTL pulse.

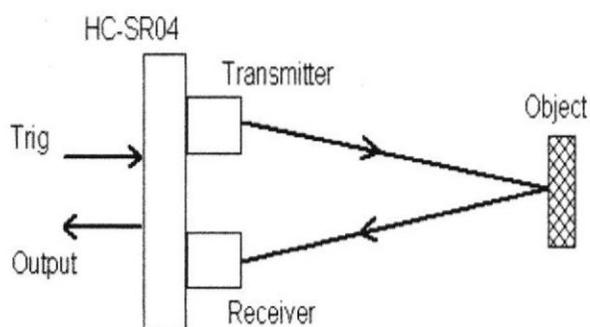


Fig. 2

How To Use It

To measure distance you need to generate a trig signal and drive it to the Trig Input pin. The trig signal level must meet TTL level requirements (i.e. High level > 2.4V, low level < 0.8V) and its width must be greater than 10us. At the same time you need to monitor the Output pin by measuring the pulse width of output signal. The detected distance can be calculated by the formula below.

$$DISTANCE = \frac{Pulse\ Width * Sound\ Speed}{2}$$

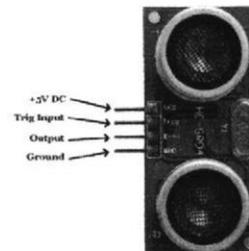


Fig.3

Where the pulse width is in unit of second and sound speed is in unit of meter/second.

Normally sound speed is 340m/s under room temperature.

Notes:

1. The width of trig signal must be greater than 10us.
2. The repeat interval of trig signal should be greater than 60ms to avoid interference between consecutive measurements.

Specifications

Parameters	Specification
Operating Voltage	+5V DC
Operating Current	15 mA
Perating Frequency	40 KHz
Maximum Distance	500 cm
Minimum Distance	2cm
Detect Angle	15 degree
Resolution	0.3 cm
Input Trig Signal	>10us TTL pulse
Output Signal	TTL pulse with width representing distance
Weight	
Dimension	45 x 20 x 15 mm