ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"Rediseño e Implementación de un Medidor del Tiempo de Reacción Humana"

TÓPICO DE GRADUACIÓN EN ELECTRÓNICA MÉDICA

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Presentado por:

Yasser Denek Montero Florín
Fausto Enrique Veloz Pacheco

GUAYAQUIL – ECUADOR

2009

AGRADECIMIENTO

Al amado Maestro Sant Rajinder Singh Ji Maharaj.

A mis amigos y compañeros con los que compartí largas jornadas de estudio y que me han ayudado de una u otra manera a obtener los objetivos que me he propuesto.

Yasser

AGRADECIMIENTO

A Dios, por regalarme una familia ejemplar, mi madre ejemplo de tenacidad y coraje, mi hermana ejemplo de superación y éxito y mi padre una demostración de sacrificio y lealtad a sus principios. Agradezco además a mi compañera de vida por regalarme el tesoro más preciado de mi vida, mi hijo.

Fausto.

DEDICATORIA

A mi amada madre Rosa por todo su apoyo, esfuerzo y tenacidad que me dan la fuerza necesaria para ir cumpliendo sueños, a mi querido hermano Bismark, a mi novia Andrea por su paciencia y comprensión.

Yasser

DEDICATORIA

A toda mi familia por apoyarme a lo largo de toda mi carrera profesional, por mostrarme el camino de superación aprendiendo a sacrificarme por cumplir mis metas y esforzarme por ser mejor cada día teniendo siempre a mi lado la fe en Dios.

Fausto.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Jorge Aragundi.
SUBDECANO FIEC
PRESIDENTE

Ing. Miguel Yapur A.
DIRECTOR DE TÉSIS

Ing. Alberto Larco G.
VOCAL

Ing. Carlos Valdivieso A.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Yasser Denek Montero Florín

Fausto Enrique Veloz Pacheco

RESUMEN

Al estar inmiscuidos en un mundo globalizado donde cada vez el desarrollo y mejoramiento de las tecnologías simplifica la vida de las personas, existe la necesidad imperiosa de contribuir con la sociedad actual, contando con un dispositivo que permita medir la reacción humana ante eventos aleatorios.

Es así, que en este proyecto se busca rediseñar en su estructura interna y estética un dispositivo que ya fue desarrollado en el Laboratorio de Electrónica Médica anteriormente con tecnología de microprocesadores, el cual tuvo como objetivo ayudar a los médicos de cualquier hospital o centro de salud a analizar la reacción de los seres humanos ante estímulos luminosos.

El enfoque hacia el cambio de tecnología está basado en el uso de un microcontrolador que gobierne las señales que serán emitidas hacia el

usuario así como la información que se receptará del mismo, para ser procesadas y enviadas a un dispositivo gráfico que permitirá de una manera dinámica y amigable para el médico, tener una idea clara de la reacción y motricidad de un paciente ante un estímulo luminoso.

Otra de las facilidades que presta el equipo, es que independientemente de si se encuentra o no conectado a una PC, se pueden observar los tiempos de reacción y movimiento por medio de dos juegos de despliegues visuales instalados en el equipo.

ÍNDICE GENERAL

Página

CAPÍTULO II

CAPÍTULO III

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO V

5. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCION

Este proyecto tiene como finalidad reemplazar el equipo que actualmente utilizan los estudiantes del Tópico de Electrónica Médica para realizar la práctica correspondiente, que consiste en medir el tiempo de reacción humana, así como demostrar la ley de Hick.

Se consideró realizar este trabajo debido a que el equipo actual presenta inconvenientes para transmitir los datos a un computador y por ende, no se puede obtener la curva que ayuda a corroborar la vigencia de la ley de Hick; además, el software con el que actualmente se cuenta en el Laboratorio no es lo suficientemente amigable.

Se ha creído conveniente utilizar un microcontrolador para que gobierne el sistema de trabajo del equipo, así como el desarrollo de un software adecuado, en un lenguaje de programación visual, que permita al usuario una perfecta interpretación de las muestras obtenidas al momento de realizar las mediciones correspondientes, agilizando el tiempo de realización de las prácticas.

CAPÍTULO I

6. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Antecedentes

Uno de estos modelos de equipo fue desarrollado por el psicólogo Arthur Jensen de la Universidad de California en Berkeley, en el año 1987, como un aparato estándar para medir el tiempo de reacción de elección, especialmente en relación con diferencias de inteligencia. Otro de estos modelos fue el de George Kondraske de la Universidad de Texas en Arlington.

Desde que se planteó este paradigma, las correlaciones entre los tiempos de reacción simple y de elección han sido demostradas en varios cientos de estudios con una población de alrededor de 900 individuos, demostrando correlaciones entre los tiempos de reacción simple y de elección de alternativas.

Todos los equipos utilizados en este tipo de mediciones son similares; aproximadamente 20 pulgadas de ancho y 12 pulgadas de profundidad, con una superficie en la que ocho botones son distribuidos en un semicírculo, más un botón ‘inicio’ en el centro inferior. Sobre cada botón de respuesta yace un pequeño indicador luminoso que puede ser encendido y además contiene un altavoz para poder emitir sonidos de alerta.

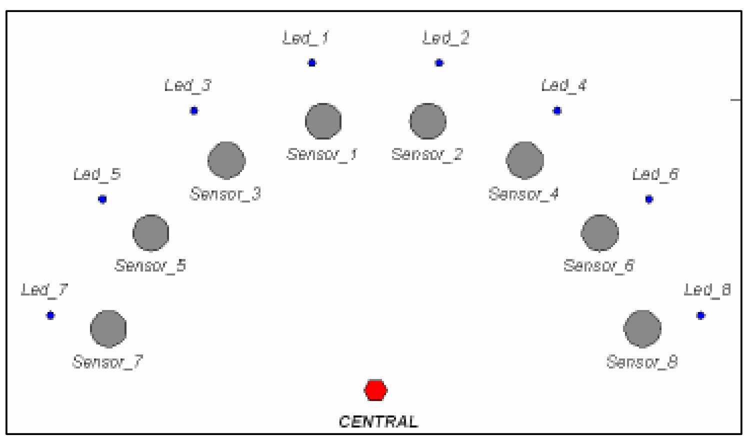


Fig. 1.1. Equipo estándar para medir el tiempo de reacción de elección humana.

Siguiendo la ley de Hick, los tiempos de reacción que son rápidos ocurren cuando todos los botones menos uno están cubiertos, así como, las respuestas son más lentas cuando todos los ocho botones presentados están descubiertos.

Diversos parámetros pueden ser extraídos como por ejemplo el tiempo de reacción simple; primero, la pendiente de la función a través de 1, 2, 4 y 8 luces, que dan la tasa de procesamiento de información; segundo, una varianza o desviación estándar en los tiempos de reacción, que pueden ser extraídos para obtener una medida de la variabilidad de respuestas entre los sujetos sometidos a esta prueba; finalmente, el tiempo en que se libera el botón de inicio y el tiempo que toma en tocar el botón de respuesta pueden ser medidos por separado y, éstos son típicamente considerados para cuantificar el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento; aunque en el paradigma estándar, los pacientes pueden cambiar el tiempo de decisión a la fase de movimiento, liberando el botón de inicio mientras el cálculo de ubicación está aún incompleto.

El tiempo de reacción simple se correlaciona con el coeficiente intelectual y hay alguna evidencia de que la pendiente de correspondencia también lo hace, siempre y cuando el acceso a un estímulo sea controlado.

1.2. Objetivos del Proyecto

Los avances constantes de la tecnología permiten utilizar recursos más versátiles que ayudan a optimizar tiempo y esfuerzo, para obtener mejores resultados en lo que a investigación se refiere. Por lo tanto, para el desarrollo de este proyecto se ha tomado en cuenta la tecnología de los microcontroladores, que ayuda a esta investigación de cómo medir el tiempo de reacción humana ante estímulos luminosos.

1.2.1. Objetivos Generales del Proyecto

Utilizar las bondades que presentan los microcontroladores para el desarrollo de proyectos electrónicos.

Hacer un análisis de la infraestructura utilizada en la construcción de este equipo frente a la que actualmente se encuentra en el Laboratorio de Electrónica Médica, con el objeto de verificar la optimización de recursos utilizados y la disminución de la complejidad en el desarrollo del mismo.

1.2.2. Objetivos Específicos del Proyecto

Utilizar el equipo para comprobar la ley de Hick, la cual indica, que el tiempo que tarda una persona en tomar una decisión es directamente proporcional al número de posibilidades que se le presentan. Al mismo tiempo se trata de verificar los estudios realizados a miles de personas en algunas universidades norteamericanas, que indican que una persona promedio sometida a la prueba que permite el equipo, tarda entre 300 a 500 milisegundos en reaccionar ante un estímulo luminoso.

CAPÍTULO II

7. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Ley de Hick

La ley de Hick, toma su nombre del psicólogo británico William Edmund Hick, o Ley de Hick-Hyman (por Ray Hyman); ella describe el tiempo que tarda una persona en tomar una decisión como consecuencia de las posibles opciones que tiene. La ley de Hick evalúa la información obtenida de los experimentos que miden la capacidad de reaccionar y elegir. La cantidad de tiempo tomado para procesar cierta cantidad de datos es conocida como el rango de ganancia de información. Dadas n similares probables opciones, el tiempo de reacción promedio T requerido para escoger entre ellas es aproximadamente:

$$T = b \log_2 (n)$$

donde b es una constante que puede ser determinada empíricamente mediante la obtención de una curva creada a partir de los datos obtenidos.

El enunciado de la ley de Hick establece que el tiempo que le supone a una persona tomar una decisión, depende del número de posibles opciones que tenga y de la complejidad de éstas. También influye la familiaridad que se tenga con la decisión (si ya se ha tomado una decisión similar en el pasado) y se conoce el formato de ésta (listado de palabras, videos, sonidos, etc).

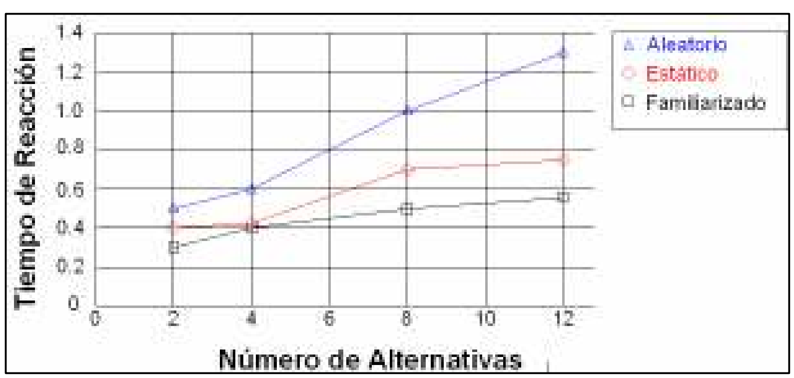


Fig. 2.1. Gráfico que muestra las Curvas del Número de Posibilidades vs Tiempo de Reacción

Esta ley requiere una interpretación cuidadosa, porque hay que contextualizarla en función del caso.

La ley de Hick tiene forma logarítmica debido a que las personas subdividen el total de las opciones a escoger en categorías, eliminando a la mitad el número de opciones por cada siguiente prueba a la que es sometida, en lugar de considerar todas y cada una de las opciones, lo cual requiere un tiempo lineal.

Siguiendo la idea anterior, muchas veces se ha interpretado la ley de Hick diciendo que es mejor un menú con diez opciones, que uno en el que los diez elementos estén organizados en dos submenús de 5 opciones.

La ley de Hick se cita a veces para justificar decisiones de diseño de menú. Sin embargo, la aplicación del modelo a los menús debe hacerse con cuidado. Por ejemplo, para buscar una palabra determinada en una lista de palabras ordenadas al azar, el escaneo de cada palabra de la lista requiere un tiempo lineal, de modo que la ley de Hick no se aplica. Sin embargo, si la lista es alfabética y el usuario conoce el nombre del comando, podrá ser capaz de utilizar una estrategia de subdivisión que trabaja en tiempo logarítmico.

Así que hay que interpretar todo con cautela y contextualizar el problema que se tenga. En cada situación se necesita un tipo de solución particular, pero lo importante es recordar que para tomar esta decisión se tiene como referencia el enunciado de la ley que, aún siendo interpretable y contextualizable, es una base sólida a partir de la cual se puede tomar una decisión.

Si esto es importante para los usuarios que no presentan problemas, para los que tienen problemas cognitivos (de concentración, distracción, etc.) sí es crítico. Hay que tratar de simplificar al máximo la toma de decisiones creando arquitecturas de informaciones sólidas y bien pensadas, estudiando bien los modelos conceptuales de los usuarios y adaptándose a ellos, rotulando bien los elementos.

Así se tiene que, el tiempo que tarda una persona en tomar una decisión depende directamente del número de posibilidades que enfrenta; esto indica que el tiempo que le toma a una persona tomar una decisión aumenta logarítmicamente a medida que se incrementa el número de alternativas.

1.1. Tiempo de Reacción.

El tiempo de reacción es la cantidad de tiempo que transcurre entre el momento en que se produce una acción y el momento en que se reacciona ante ella.

Es una medida que varía con cada persona y depende de muchos factores; cansancio, alcohol, drogas, entrenamiento. Lo que sí parece claro es que los adictos a los juegos de video tienen unos tiempos de respuesta inferiores (mejores que la media).

1.1. Tiempo de Movimiento.

El tiempo de movimiento es la cantidad de tiempo que transcurre entre el momento en que se produce una reacción ante un evento y el momento en que se toma una decisión ante ella.

De manera similar al tiempo de reacción, el tiempo de movimiento se ve afectado por factores externos como los antes mencionados e incluso podría alterar mayormente la medición debido a que en el tiempo de movimiento se ve involucrado la toma de alguna decisión.

CAPÍTULO III

8. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO ACTUAL

El equipo que actualmente se encuentra en el Laboratorio de Electrónica Médica fue construido en el año 1991; por ende la tecnología que se utilizó para controlar y secuenciar los pasos a seguir con el objetivo de obtener una buena muestra estuvo basada en un Microprocesador 8085.

En cuanto a sus características mecánicas, este equipo tiene una dimensión de 45 centímetros de longitud, 35 centímetros de ancho y 15 centímetros de profundidad; un peso aproximado de 2 libras y la comunicación con una PC se realiza mediante un puerto paralelo.

En cuanto a sus características eléctricas, este equipo trabaja con un voltaje de entrada de 115 Vac, 60 Hz, que luego es rectificado hasta lograr obtener un voltaje de alimentación interno de 5 Vdc; su toma de interfase estándar es RS232 y el voltaje de comunicación es 5 Vdc.

El equipo está construido para operar bajo un ambiente protegido del polvo, filtración de líquidos y con buena ventilación.

En cuanto al funcionamiento y operación del equipo, se tiene que el equipo está diseñado con la configuración básica del microprocesador 8085; es decir, su comunicación con las señales externas se realiza mediante una memoria RAM 8155 y una EPROM 8755.

Los datos de tiempo de reacción y tiempo de movimiento se almacenan en la memoria RAM.

La transmisión de los datos se la realiza desde el puerto B de la memoria EPROM.

Una vez culminado el proceso de captación de los tiempos, se carga un programa llamado INDATOS, el mismo que presionando ENTER y la botonera de transmisión en el equipo se inicia el proceso de comunicación. Para esta transmisión se utilizan dos programas desarrollados en lenguaje ASSEMBLER.

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCION DEL EQUIPO

4.1. Diagrama de Bloques

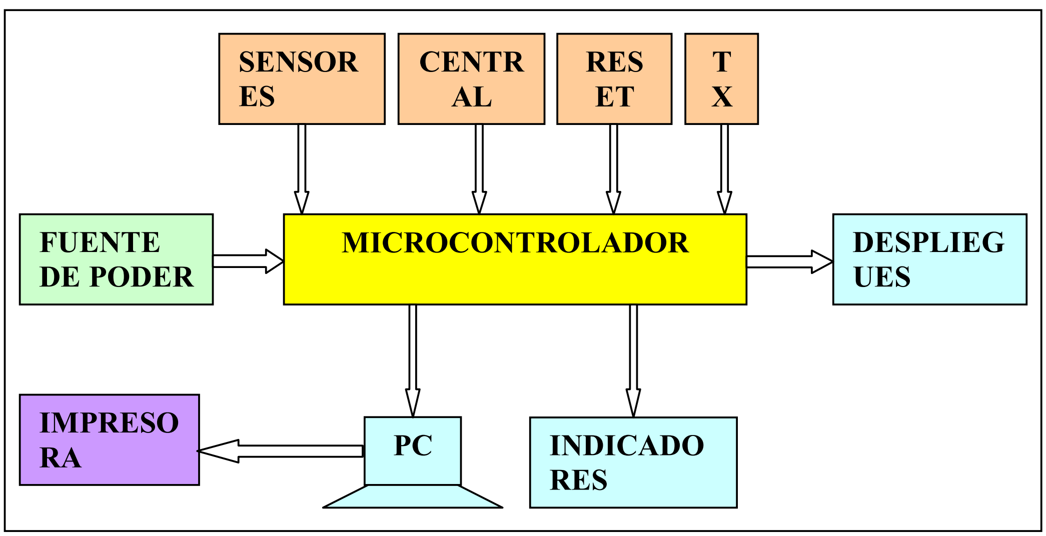


Fig. 4.1. Diagrama de Bloques del Funcionamiento General del Equipo

Mediante esta representación gráfica se puede observar el funcionamiento general del sistema, la organización y relación entre los componentes mismo, así como, sus entradas y salidas.

Como se puede apreciar en la **Fig. 4.1.**, el Microcontrolador gobierna el funcionamiento del equipo; éste recibe su alimentación de voltaje por medio de una **Fuente de Poder** externa que entrega al sistema 9Vdc.

El Microcontrolador envía señales al usuario por medio de los **Indicadores Luminosos** y los despliegues visuales, así mismo, mediante el puerto serie se envía información a una computadora (**PC**). Las señales que recibe por parte del usuario, las obtiene por medio de la botonera **Central**, los **Sensores Táctiles**, la botonera de transmisión de datos (**TX**) y la botonera **Reset**.

Una vez enviados los datos a la PC, se puede imprimir un reporte con la gráfica obtenida.

4.2. Diagrama Esquemático

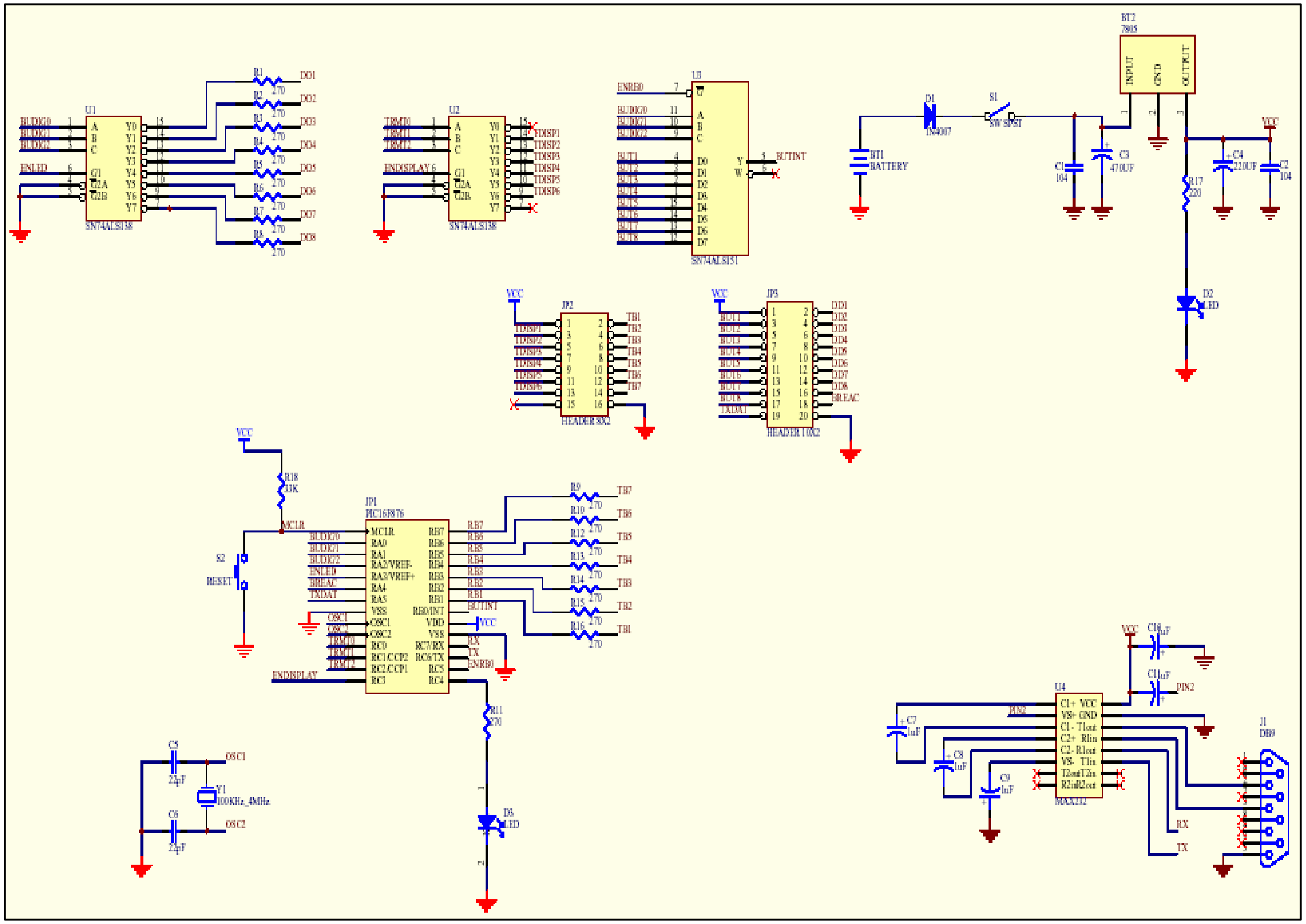


Fig. 4.2. Sistema de Control

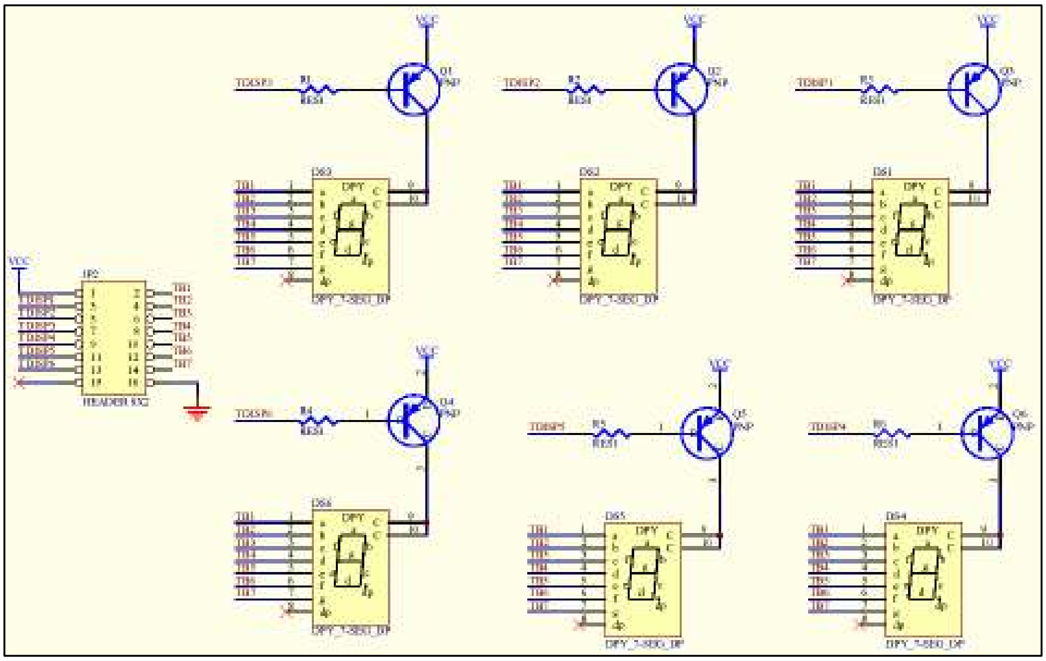


Fig. 4.3. Sistema de Luces Desplegables

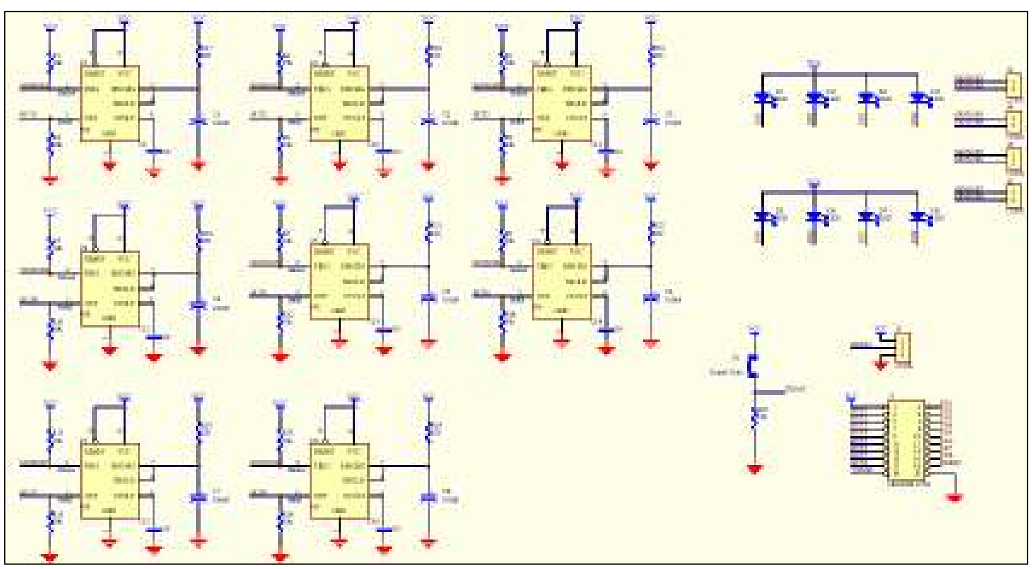


Fig. 4.4. Sistema de Sensores Táctiles

En los diagramas esquemáticos representados en **Fig. 4.2**., **Fig. 4.3**. y **Fig. 4.4**., se puede observar las conexiones entre los dispositivos.

Al momento de presionar la **Botonera Central** que se encuentra en el tablero principal del equipo, se envía una señal de 1 lógico (5Vdc) a la entrada RA4 (Pin 6) del microcontrolador, lo que hace que el programa genere tres señales aleatorias a través de las salidas RA0 (Pin 2), RA1 (Pin 3) y RA2 (Pin 4) del mismo, que a su vez llegan a las entradas de los integrados U1 (Decodificador 74LS138) y U4 (Multiplexor 74151) para seleccionar en el caso de U1, el indicador luminoso que se encenderá y en lo que a U4 se refiere, habilita el sensor táctil correspondiente al indicador luminoso encendido.

Para poder habilitar al integrado U1, el microcontrolador envía una señal de 1 lógico por intermedio del puerto RA4 (Pin 6) y hace lo propio enviando 0 lógico desde el puerto RC5 (Pin 16) al integrado U4.

El integrado U2 (Decodificador 74LS138), que se encarga de llevar las señales que habilitan a los despliegues visuales, recibe la señal de accionamiento desde el puerto RC3 (Pin 14) del microcontrolador y desde los puertos RC0 (Pin 11), RC1 (Pin 12) y RC2 (Pin 13) adquiere la señal que selecciona el despliegue visual que deberá ser activado.

Los segmentos dentro de los despliegues visuales son encendidos mediante señales proveniente del los puertos RB1 (Pin 22), RB2 (Pin 23), RB4 (Pin 24), RB5 (Pin 25), RB6 (Pin 26) y RB7 (Pin 28) del microcontrolador.

Otro de los arreglos que podemos observar es la configuración de los sensores táctiles mediante 8 integrados LM555, que al momento de ser tocados por el usuario envían una señal de interrupción hacia el puerto RB0 (Pin 21) del microcontrolador pasando previamente por el multiplexor U4.

Para poder controlar y regular el voltaje de operación del equipo, se ha colocado el integrado 7805.

Finalmente, utilizamos los pines 13 y 14 del MAX232 para conectar al DB9 del puerto serial que se utilizará para la transmisión de datos a la PC.

4.3. Diseño del Circuito Impreso

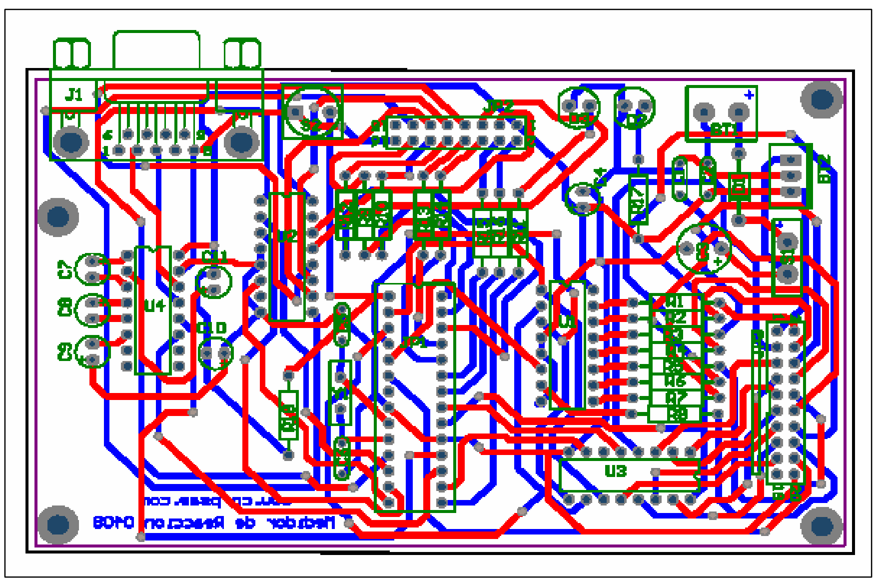


Fig. 4.5. Circuito Impreso del Sistema de Control

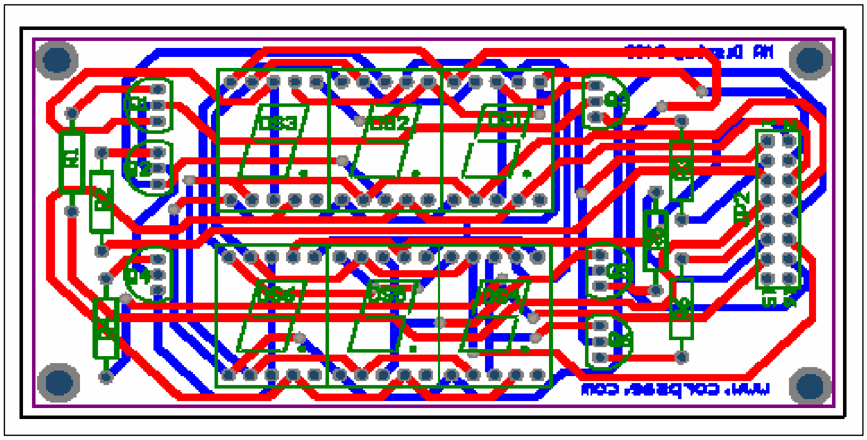


Fig. 4.6. Circuito Impreso del Sistema de Luces Desplegables

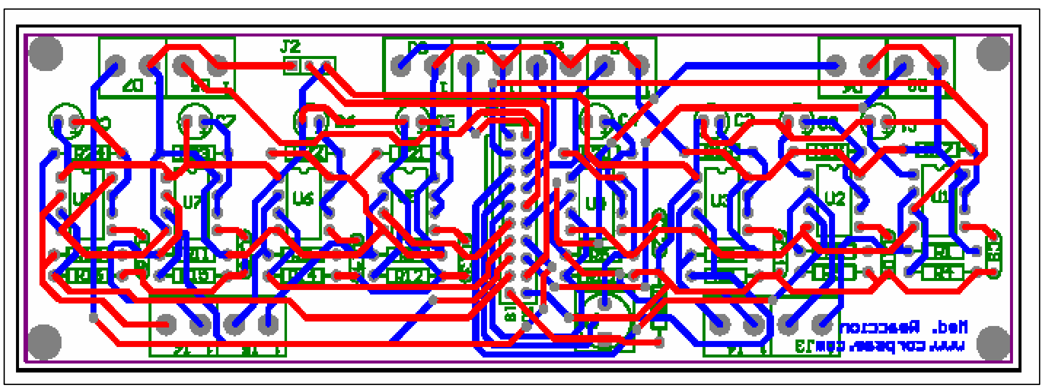


Fig. 4.7. Circuito Impreso del Sistema de Sensores Táctiles

Para la realización de este proyecto, se han construido tres tarjetas; primero, la tarjeta de control que es donde está ubicado el Microcontrolador y los integrados mediante el cual se gobierna el funcionamiento y operación del sistema; segundo, la tarjeta donde están ubicados los despliegues visuales y finalmente, la tarjeta donde se encuentran los integrados LM555 que son parte de la configuración para que los sensores táctiles cumplan de manera efectiva su función.

4.4. Código Fuente del Microcontrolador

4.4.1 Lenguaje C

TABLA 4.1. Directrices de Dispositivos y Librerías

```
//--------------- DIRECTRICES DE DISPOSITIVOS Y LIBRERIAS --------------------\\

#include <16F876A.h>
#device adc=8

#FUSES NOWDT                //No Watch Dog Timer
#FUSES HS                   //High speed Osc (> 4mhz)
#FUSES NOPUT                //No Power Up Timer
#FUSES NOPROTECT            //Code not protected from reading
#FUSES NODEBUG              //No Debug mode for ICD
#FUSES NOBROWNOUT           //No brownout reset
#FUSES NOLVP                //No low voltage programming, B3(PIC16) or B5(PIC18) used for I/O
#FUSES NOCPD                //No EE protection
#FUSES NOWRT                //Program memory not writes protected

#use delay(clock=20000000)
#use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8)

#include <math.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>

#byte PORT_A = 0x05
#byte PORT_B = 0x06
#byte PORT_C = 0x07
```

En la Tabla 4.1. se muestran, las líneas de código donde se empieza a programar el PIC 16F876A; aquí se coloca la plataforma básica, sobre la cual trabajará el programa.

#FUSES NOWDT, es usada para evitar que el PIC se auto reinicie cuando ocurra una falla o problema en el software.

#FUSES HS, permite utilizar un cristal de 20MHz.

#FUSES NOPUT, elimina la temporización al encendido.

#FUSES NOPROTECT, el código del PIC puede ser leído.

#FUSES NODEBUG, no permite que el PIC funcione con voltajes menores a 5 Vdc.

#FUSES NOBROWNOUT, no permite que se realice ninguna operación si el PIC tiene una tensión de alimentación menor a 5 Vdc.

#FUSES NOLVP, no permite la programación en bajo voltaje por el puerto B.

#FUSES NOCPD, elimina la protección de la memoria EEPROM.

#FUSES NOWRT, permite que el PIC pueda ser programado nuevamente.

Luego se procede a configurar el cristal que va a ser usado junto con las bibliotecas que serán necesarias para desarrollar el programa.

#include <math.h>, es una biblioteca que incluye las operaciones matemáticas básicas.

#include <stdio.h>, proporciona la capacidad de entrada y/o salida en el lenguaje C.

#include <string.h>, permite utilizar funciones que manejen cadena de caracteres.

#include <stdlib.h>, se define un tipo de dato llamado size_t, que representa el tamaño de un vector para las funciones miembro de la biblioteca.

Luego se procede a configurar los espacios de memoria correspondientes a los puertos A, B y C.

TABLA 4.2. Definición de Pines del Microcontrolador

```
//----------------  DEFINICION DE PINES DEL PIC  ----------------------\\

//LED INDICADOR PARA CONTINUAR
//PRUEBA DEL MEDIDOR DE REACCION
  #DEFINE EnLedIndicador PIN_C4


//BOTON PARA TRANSMITIR DATOS A PC
  #DEFINE TXDATO bit_test(PORT_A,5)

//BOTON PARA MEDIR TIEMPO DE REAACION
  #DEFINE BREAC bit_test(PORT_A,4)
//BOTON PARA INTERRUPCCIÓN
//Tiempo de reacción
  #DEFINE BUTINT bit_test(PORT_B,0)

// ON/OFF LED O BOTONERA
//Habilitación de led
  #DEFINE ENLED PIN_A3
//Habilitación de botonera
  #DEFINE EnRB0 PIN_C5

// Selección del led encendido
//y botonera activa (para medir tiempo de movimiento)
  #DEFINE BUDIG0 PIN_A0
  #DEFINE BUDIG1 PIN_A1
  #DEFINE BUDIG2 PIN_A2

//ELEGIR DISPLAY QUE ENCENDERA -->> sean estos en el de reaccion y/o movimiento
//Habilitación de display
  #DEFINE ENDISPLAY PIN_C3
// Selección del display a encender
  #DEFINE TRMT0 PIN_C0
  #DEFINE TRMT1 PIN_C1
  #DEFINE TRMT2 PIN_C2
//Digito presentado en el un display
  #DEFINE TB1 PIN_B1
  #DEFINE TB2 PIN_B2
  #DEFINE TB3 PIN_B3
  #DEFINE TB4 PIN_B4
  #DEFINE TB5 PIN_B5
  #DEFINE TB6 PIN_B6
  #DEFINE TB7 PIN_B7
```

En la Tabla 4.2. se encuentra una parte del programa, donde se procede a dar un nombre propio y que a la vez sea más amigable para el programador, a cada uno de los puertos del microcontrolador.

TABLA 4.3. Constantes y Variables Globales

```
//---------------------------  CONSTANTES  -----------------------------\\

float const resolucion= 1600; //1600 nanosegundos

//------------------------ VARIABLES GLOBALES------------------------\\

int centena1=0,decena1=0,unidad1=0;
int centena2=0,decena2=0,unidad2=0;
int Wait_Rb0,numero,TReaccion[3],TMovimiento[3];
unsigned long int vuelta=1;
unsigned int const disp[14]={0x80,0xF2,0x48,0x60,0x32,0x24,0x06,0xF0,0x00,0x30,0x42,0X0C,0X5E,0X0E};
          // 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  d  E  r  t
//unsigned int const d= 0x42;
```

La Tabla 4.3. contiene las líneas de código donde se definen las constantes y las variables globales que serán utilizadas dentro del programa, entendiéndose por variables globales a las variables pueden ser utilizadas tanto en el programa principal como en todos los subprogramas donde se haga referencia al identificador de la misma.

TABLA 4.4. Cabeceras de las funciones y funciones de interrupción

```
//------------------CABECERAS DE LAS FUNCIONES--------------------------\\

//Función mensajes Error, dato y transmisión
void Mensaje(int L1, int dL2, int dL3);
//Función inicio del sistema
void inicio();
//Función presenta digito en un display de 7 segmento
void Segmento7On(int Transistor);
//Separa los dígitos de 3 cifras
void defragmentar(unsigned long int digdec1,unsigned long int digdec2);
//Presenta los digitos del tiempo de reacción y movimineto
//conmutando los 6 display
void Display_7seg();
//Genero el número semi-aleatorio
void aleatorio(int max);
//Comprueba que no sea cero
void Comprobacion(int max);
//Enciende un led indicando que botonera debe ser presionada
void LEDOn(int LED);
//retardo de encendido de led
void RetardoLEDOn(int Retardo);

//------ CABECERAS DE LAS FUNCIONES DE INTERRUPCION ------\\

//Interrupción por RB0
#int_EXT
void reaccion_int_ext();
//Interrupción por TMR1
#int_TIMER1
void TIMER1_isr();
```

El código donde están configuradas las cabeceras tanto de las funciones del programa como de las funciones de interrupción aparecen en la Tabla 4.4.

TABLA 4.5. Programa Principal e Inicializaciones

```
//---------------------PROGRAMA PRINCIPAL-----------------------------\\

void main(VOID)
{
 int ran,Retardo_Led;
 int i,sw=0;
 unsigned long int TReaMov,Tiempo,TiempoTR,TiempoTM;
 //unsigned long int TMov,tiempoM,tiempoMT;
 //unsigned int32 tiempo;
 unsigned int const CLed[5]={0,1,2,4,8};
 unsigned long int TiReac[5],Timov[5];

// INICIALIZACIONES GENERALES

    delay_ms(333);                  // Esperamos a que todo se estabilice
 disable_interrupts(global);        // se inicializa el Micro
 disable_interrupts(int_timer1);
 disable_interrupts(int_ext);
 setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
 setup_adc(ADC_OFF);
 setup_spi(FALSE);
 setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_256);
 setup_timer_1(T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_8);
 setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
 setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
 setup_vref(FALSE);
 port_b_pullups(TRUE);
 delay_ms(333);

//INICIALIZACIONES PERTINENTES A LA APLICACION

 ext_int_edge(L_TO_H);              // Configuro captura de 1er flanco de subida
 //FlagToggleFlanco = 0;            // inicializo el Flag para cambiar de flanco
 //Habilito las interrupciones necesarias
 enable_interrupts(int_ext);
 enable_interrupts(INT_TIMER1);
 enable_interrupts(global);

 output_b(0x01);
 SET_TRIS_A(0x30);
 SET_TRIS_B(0x01);
 SET_TRIS_C(0x80);

 output_low (EnLedIndicador);
 output_low (EnDisplay);
 output_high(EnRB0);
 output_high (EnLed);
 inicio();
 output_low (EnLed);
 aleatorio(CLed[3]);
 while(TRUE)
 {
```

```
       aleatorio(CLed[3]);
       for (i=1; i<=4 ; i++)
        {
          aleatorio(CLed[3]);          // Selección del retardo de encendido del LED
          Comprobacion(CLed[i]);       // Comprueba que no sea cero el número aleatorio
          Retardo_Led=Numero;
          output_high (EnLedIndicador);
          while (!BREAC)
          {
            output_low (EnLed);
            aleatorio(CLed[i]);          // Aleatorio(max): seleccion del led a encender entre 1 a max
            Comprobacion(CLed[i]);       // Comprueba que no sea cero el número aleatorio
            //printf("\n\led encendido %d\n\r",numero);
          }
          SET_TRIS_B(0x01);                    //Cuando uso la función output_b se desconfigura el puerto (salidas y
entradas)
                                //tenemos que reconfigurar el puerto.
          output_low (EnRB0);
          output_low (EnDisplay);
          output_low (EnLedIndicador);
          output_low (EnLed);
          RetardoLEDOn(Retardo_Led);              //      funcion   <---   aqui   tiempo   de   para   encender   led
<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<------------------------------
          set_timer1(3036);
          numero = numero - 1;
          LEDOn(numero);
          output_high (EnLed);
          vuelta=1;
          while (BREAC)
          {
            //printf("\n\restamos en la vuelra %lu\n\r",vuelta);
          }
          //output_low (EnLed);
          TReaMov=get_timer1() - 3036;
          if (TReaMov <0)
            TReaMov=(-1)*TReaMov;
          Tiempo =(vuelta-1)*100;
          TiempoTR=(TReaMov*resolucion/1000000);
          TiempoTR=Tiempo+tiempoTR;

          if (TiempoTR>999)
           {
            Mensaje(11,12,12); //Error
            reset_cpu();
           }
          set_timer1(3036);
          vuelta=1;
          Wait_Rb0=1;
          while (Wait_Rb0)
          {
            //printf("\n\restamos en la vuelra %lu\n\r",vuelta);
          }
          output_high(EnRB0);
          TReaMov=get_timer1() - 3036;
          output_low (EnLed);
          if (TReaMov <0)
            TReaMov=(-1)*TReaMov;
          Tiempo =(vuelta-1)*100;
          TiempoTM=(TReaMov*resolucion/1000000);
```

```
        TiempoTM=Tiempo+tiempoTM;
        if (TiempoTM>999)
         {
          Mensaje(11,12,12); //Error
          reset_cpu();
         }
        //printf("\n\restamos en la TiempoTR %lu\n\r",TiempoTR);
        //printf("\n\restamos en la TiempoTM %lu\n\r",TiempoTM);
        //printf("\n\r-----------------------------");
        TiReac[i]= TiempoTR;
        TiMov[i] = TiempoTM;
        defragmentar(TiempoTR,TiempoTM);
        sw=1;
      }
     i=4;
     //output_b(disp[unidad1]);
     //Segmento7On(1);
     sw=1;
     while (!TXDATO)
     {
       if (sw)
       {
        Mensaje(10,13,i); //Mostrar dato
        sw=0;
       }
       Display_7seg();

       while (BREAC)
       {
        sw=1;
        if (i>=4) i=0;
        i=i+1;
        output_low (EnDisplay);
        while (BREAC)
         { printf("\n\ri=%d\n\r",i); }
        defragmentar(TiReac[i],TiMov[i]);
       }
     }

     for (i=1;i<=4;i++)
      {
        Mensaje(13,10,i); //Tranmisión
        printf("\n\r%lu",TiReac[i]);
        delay_ms(100);
        printf("\n\r%lu",TiMov[i]);
        delay_ms(100);
      }
      printf("\n\rok");
      reset_cpu(); // una vez mostrado los 6 números reseteo el PIC.
    }

  }
```

En la Tabla 4.5. se encuentra escrito el programa principal que comienza con la declaración de las variables se serán utilizadas posteriormente, así como, la declaración de las entradas, salidas, inicialización de las salidas como 0 o 1 lógicos, etc. Una vez concluida esta parte del programa, se continúa con el desarrollo en sí del mismo.

TABLA 4.6. Funciones

// F U N C I O N E S

<pre>//Función error
void Mensaje(int L1, int L2, int L3)
{
   vuelta=0;
   set_timer1(3036);
   while(vuelta<20)
   {
     //L1
     output_b(disp[L1]);
     Segmento7On(3);
     output_high(EnDisplay);
     delay_us(2500); //10
     output_low (EnDisplay);
     //L2
     output_b(disp[L2]);
     Segmento7On(2);
     output_high(EnDisplay);
     delay_us(2500); //10
     output_low (EnDisplay);
     //L3
     output_b(disp[L3]);
     Segmento7On(1);
     output_high(EnDisplay);
     delay_us(2500); //10
     output_low (EnDisplay);
   }
}
 	
//---\\
//Función inicio del sistema</pre>

```
void inicio()
{
 int i=0;
 for(i=0;i<8;i++)
  {
     LEDOn(i);
     delay_ms(50);
  }
for(i=7;i<=0;i--)
  {
     LEDOn(i);
     delay_ms(1000);
  }
}
//-------------------------------------------------------------------\\
//Función presenta digito en un display de 7 segmento
void Segmento7On(int Transistor)
 {
   switch (Transistor)
    {
      case 1:
         output_low (TRMT2);
         output_low (TRMT1);
         output_high(TRMT0);
         break;
      case 2:
         output_low (TRMT2);
         output_high(TRMT1);
         output_low (TRMT0);
         break;
      case 3:
         output_low (TRMT2);
         output_high(TRMT1);
         output_high(TRMT0);
         break;
      case 4:
         output_high(TRMT2);
         output_low (TRMT1);
         output_low (TRMT0);
         break;
      case 5:
         output_high(TRMT2);
         output_low (TRMT1);
         output_high(TRMT0);
         break;
      case 6:
         output_high(TRMT2);
         output_high(TRMT1);
         output_low (TRMT0);
         break;
   }
 }
//-------------------------------------------------------------------\\
//Separa los dígitos de 3 cifras
void defragmentar(unsigned long int digdec1,unsigned long int digdec2)
{
   unsigned long int centedecena;
   //Defragmenatar tiempo de reacción en los tres display
   unidad1=(digdec1 % 10);
```

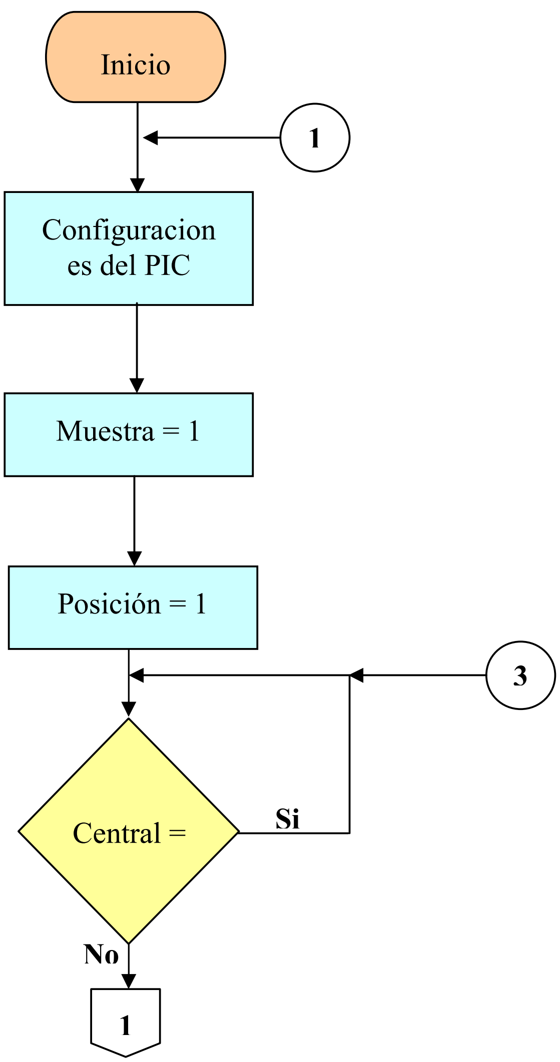
```
    centedecena=digdec1/10;
    decena1=(centedecena % 10);
    centena1=(centedecena/10);
    //Defragmenatar tiempo de movimiento en los tres display
    unidad2=(digdec2 % 10);
    centedecena=(digdec2/10);
    decena2= (centedecena % 10);
    centena2=(centedecena/10);
  }
  //---------------------------------------------------------------------\\
  //Presenta los digitos del tiempo de reacción y movimineto
  //conmutando los 6 display y dar la apariencia que todos esten prendidos
  void Display_7seg()
   {
    //Presentar tiempo de reacción en los tres display
    output_b(disp[unidad1]);
    Segmento7On(1);
    output_high(EnDisplay);
    delay_us(2500);  //10
    output_low (EnDisplay);

    output_b(disp[decena1]);
    Segmento7On(2);
    output_high(EnDisplay);
    delay_us(2500);  //10
    output_low (EnDisplay);
    output_b(disp[centena1]);
    Segmento7On(3);
    output_high(EnDisplay);
    delay_us(2500);  //10
    output_low (EnDisplay);
    //Presentar tiempo de movimiento en los tres display
    output_b(disp[unidad2]);
    Segmento7On(4);
        output_high(EnDisplay);
        delay_us(2500);  //10
        output_low (EnDisplay);
    output_b(disp[decena2]);
    Segmento7On(5);
        output_high(EnDisplay);
        delay_us(2500);  //10
        output_low (EnDisplay);
    output_b(disp[centena2]);
    Segmento7On(6);
        output_high(EnDisplay);
        delay_us(2500);  //10
        output_low (EnDisplay);
  /*
        output_b(disp[10]);
        Segmento7On(3);
        output_high(EnDisplay);
        delay_us(2500);  //10
        output_low (EnDisplay);
*/

   }
  //---------------------------------------------------------------------\\
  //Genero el número semi-aleatorio
  void aleatorio(int max)
```

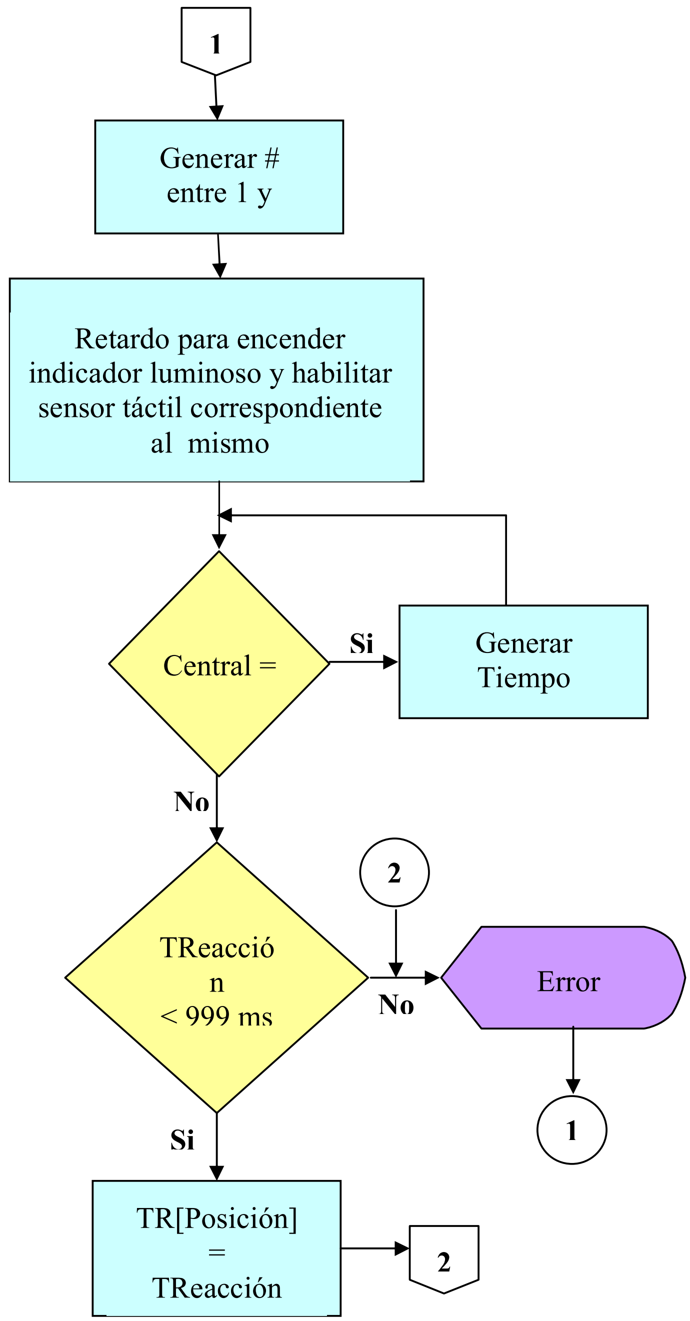
```
{


  numero = abs(get_rtcc());
  delay_ms(20);
  //printf("\n\rNume_get:%d\n\r",numero);
  numero = numero % (max+1);
  //printf("\n\rNume_get/49:%d\n\r",numero);
  delay_ms(20);

}
//---------------------------------------------------------------------\\
//Comprueba que no sea cero
void Comprobacion(int max)
{
  while (numero==0)
  {
    //printf("\n\rcomprobó que fue cero\n\r");
    aleatorio(max);
  }
}
//---------------------------------------------------------------------\\
//Enciende un led indicando que botonera debe ser presionada
void LEDOn(int LED)
 {
   switch (LED)
   {
      case 0:
         output_low (BUDIG2);
         output_low (BUDIG1);
         output_low (BUDIG0);
         break;
      case 1:
         output_low (BUDIG2);
         output_low (BUDIG1);
         output_high(BUDIG0);
         break;
      case 2:
         output_low (BUDIG2);
         output_high(BUDIG1);
         output_low (BUDIG0);
         break;
      case 3:
         output_low (BUDIG2);
         output_high(BUDIG1);
         output_high(BUDIG0);
         break;
      case 4:
         output_high(BUDIG2);
         output_low (BUDIG1);
         output_low (BUDIG0);
         break;
      case 5:
         output_high(BUDIG2);
         output_low (BUDIG1);
         output_high(BUDIG0);
         break;
      case 6:
         output_high(BUDIG2);
```

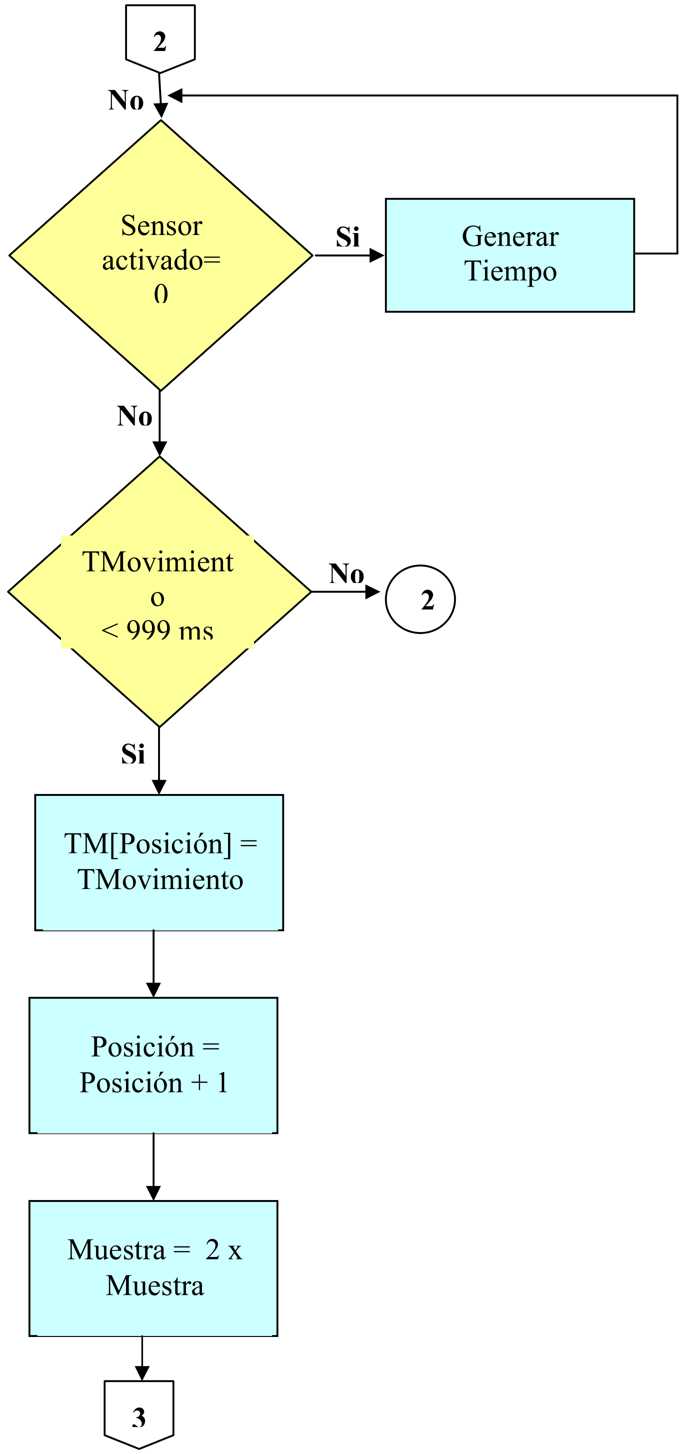
```
        output_high(BUDIG1);
        output_low (BUDIG0);
        break;
      case 7:
        output_high(BUDIG2);
        output_high(BUDIG1);
        output_high(BUDIG0);
        break;
   }
 }


//--------------------------------------------------------------------\\
 void RetardoLEDOn(int Retardo)
 {
  switch (Retardo)
   {
     case 1:
        delay_ms(2000);
        break;
     case 2:
        delay_ms(3000);
        break;
     case 3:
        delay_ms(4000);
        break;
     default:
        delay_ms(5000);
        break;
   }
 }
//--------------------------------------------------------------------\\
//Interrupcion por RB0
#int_EXT
void reaccion_int_ext()
{
  Wait_Rb0=0;
}


//Interrupción por TMR1
#int_TIMER1
void TIMER1_isr()
{
 set_timer1(3036);
 vuelta=vuelta+1;
}
```

Finalmente, tenemos en la Tabla 4.6. todas las funciones que son llamadas desde el programa principal y se encargan de realizar subrutinas específicas que en conjunto consiguen el funcionamiento correcto del sistema.

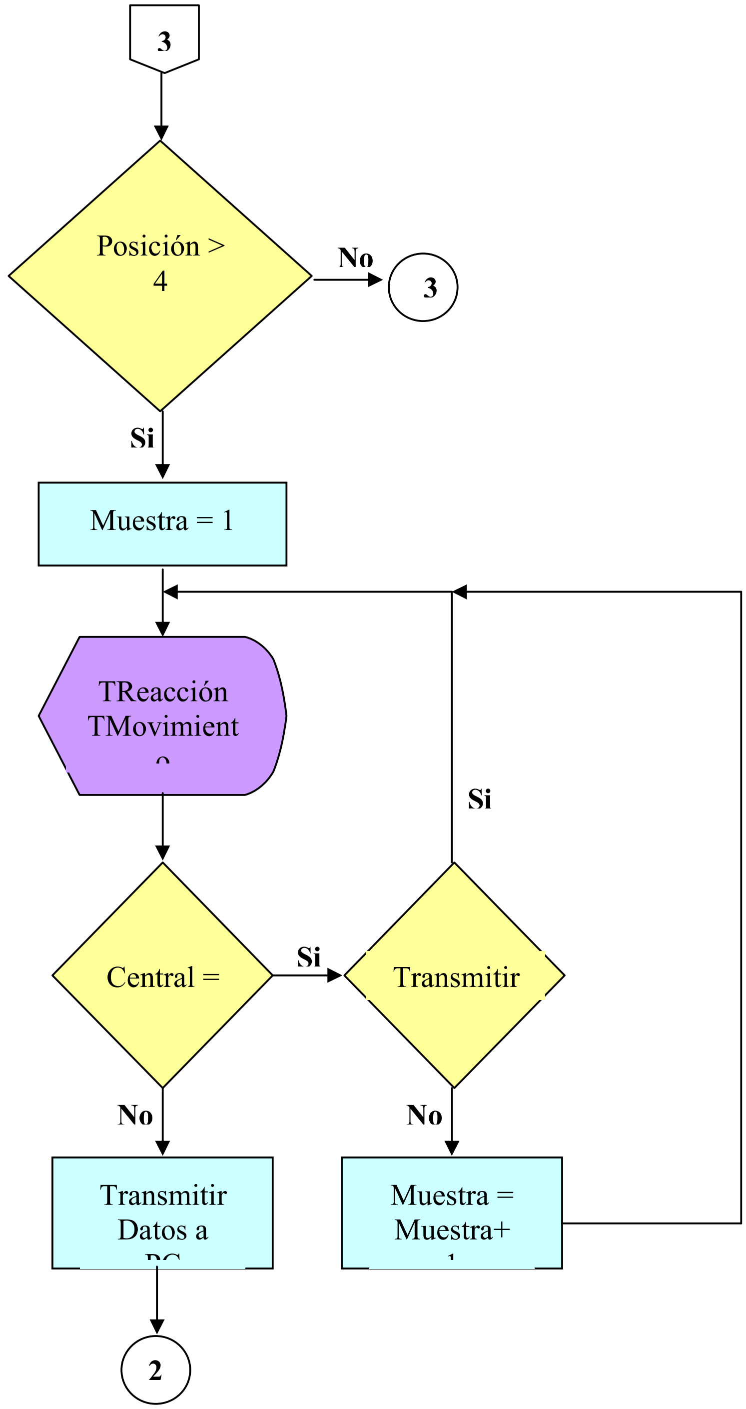
Diagrama de Flujo del Programa del Microcontrolador




1
Generar #
entre 1 y
Retardo para encender indicador luminoso y habilitar sensor táctil correspondiente al mismo
Central =
Si
Generar Tiempo
No
TReacció
n
< 999 ms
2
No
Error
1
Si
TR[Posición]
=
TReacción
2



2
No
Sensor activado= 0
Si
Generar Tiempo
No
TMovimiento < 999 ms
No
2
Si
TM[Posición] = TMovimiento
Posición = Posición + 1
Muestra = 2 x Muestra
3


3
Posición >
4
No
3
Si
Muestra = 1
TReacción
TMovimient
Si
Central =
Si
Transmitir
No
No
Transmitir
Datos a
Muestra =
Muestra+
2

4.4.2. Lenguaje Ensamblador

TABLA 4.7. Código en Lenguaje Ensamblador

```
            list    P=16F876A
            include <p16F876A.inc>

0000:  MOVLW  08
0001:  MOVWF  0A
0002:  GOTO   000
0003:  NOP
0004:  MOVWF  7F
0005:  SWAPF  03,W
0006:  CLRF   03
0007:  MOVWF  21
0008:  MOVF   0A,W
0009:  MOVWF  20
000A:  CLRF   0A
000B:  MOVF   04,W
000C:  MOVWF  22
000D:  MOVF   77,W
000E:  MOVWF  23
000F:  MOVF   78,W
0010:  MOVWF  24
0011:  MOVF   79,W
0012:  MOVWF  25
0013:  MOVF   7A,W
0014:  MOVWF  26
0015:  MOVF   7B,W
0016:  MOVWF  27
0017:  BCF    03.7
0018:  BCF    03.5
0019:  BTFSS  0B.4
001A:  GOTO   01D
001B:  BTFSC  0B.1
001C:  GOTO   036
001D:  MOVLW  8C
001E:  MOVWF  04
001F:  BTFSS  00.0
0020:  GOTO   023
0021:  BTFSC  0C.0
0022:  GOTO   039
0023:  MOVF   22,W
0024:  MOVWF  04
0025:  MOVF   23,W
0026:  MOVWF  77
0027:  MOVF   24,W
0028:  MOVWF  78
0029:  MOVF   25,W
002A:  MOVWF  79
002B:  MOVF   26,W
002C:  MOVWF  7A
002D:  MOVF   27,W

0833:  BSF    03.5
0834:  BSF    1F.0
0835:  BSF    1F.1
0836:  BSF    1F.2
0837:  BCF    1F.3

0819:  CLRF   31
081A:  CLRF   32
081B:  CLRF   33

081C:  MOVLW  01
081D:  MOVWF  3C
081E:  CLRF   3D

0800:  CLRF   04
0801:  BCF    03.7
0802:  MOVLW  1F
0803:  ANDWF  03,F
0804:  MOVLW  81
0805:  BSF    03.5
0806:  MOVWF  19
0807:  MOVLW  A6
0808:  MOVWF  18
0809:  MOVLW  90
080A:  BCF    03.5
080B:  MOVWF  18
080C:  BSF    03.5
080D:  BSF    1F.0
080E:  BSF    1F.1
080F:  BSF    1F.2
0810:  BCF    1F.3
0811:  MOVLW  07
0812:  MOVWF  1C

0821:  CLRF   42

0822:  MOVLW  03
0823:  MOVWF  5F
0824:  MOVLW  6F
0825:  MOVWF  62
0826:  BCF    0A.3
0827:  CALL   07E
0828:  BSF    0A.3
0829:  DECFSZ 5F,F
082A:  GOTO   024

082B:  BCF    0B.6
082C:  BCF    0B.7
082D:  BTFSC  0B.7
082E:  GOTO   02C

082F:  BSF    03.5
0830:  BCF    0C.0

0831:  BCF    03.5
0832:  BCF    0B.4
0868:  MOVWF  78
0869:  MOVWF  12
086A:  MOVLW  00
086B:  BSF    03.5
086C:  MOVWF  12
```

```
0838:  BCF    03.5
0839:  BCF    1F.0

083A:  BCF    14.5
083B:  BCF    3E.5
083C:  MOVF   3E,W
083D:  BSF    03.5
083E:  MOVWF  07
083F:  BCF    03.5
0840:  BSF    3E.4
0841:  MOVF   3E,W
0842:  BSF    03.5
0843:  MOVWF  07
0844:  BCF    03.5
0845:  BCF    3E.3
0846:  MOVF   3E,W
0847:  BSF    03.5
0848:  MOVWF  07
0849:  MOVLW  00
084A:  BCF    03.5
084B:  MOVWF  14
084C:  BSF    03.5
084D:  MOVWF  14

084E:  MOVLW  07
084F:  MOVWF  77
0850:  BTFSS  77.3
0851:  GOTO   05D
0852:  MOVLW  07
0853:  BCF    03.5
0854:  CLRF   01
0855:  MOVLW  81
0856:  MOVWF  04
0857:  BCF    03.7
0858:  MOVF   00,W
0859:  ANDLW  C0
085A:  IORLW  0F
085B:  MOVWF  00
085C:  BSF    03.5
085D:  CLRWDT
085E:  MOVLW  81
085F:  MOVWF  04
0860:  MOVF   00,W
0861:  ANDLW  C0
0862:  IORWF  77,W
0863:  MOVWF  00

0864:  MOVLW  B5
0865:  BCF    03.5
0866:  MOVWF  10

0867:  MOVLW  00

0898:  MOVLW  80
0899:  MOVWF  07
089A:  BCF    03.5
089B:  MOVWF  3E

089C:  BCF    3E.4
089D:  MOVF   3E,W
089E:  BSF    03.5
089F:  MOVWF  07
08A0:  BCF    03.5
08A1:  BCF    07.4

086D:  MOVLW  07
086E:  MOVWF  1C
086F:  MOVF   05,W
0870:  MOVLW  10
0871:  MOVWF  77
0872:  DECFSZ 77,F
0873:  GOTO   072
0874:  NOP
0875:  MOVF   1C,W
0876:  BCF    03.5
0877:  BCF    0D.6

0878:  BSF    03.5
0879:  CLRF   1D

087A:  BCF    01.7

087B:  MOVLW  03
087C:  BCF    03.5
087D:  MOVWF  5F
087E:  MOVLW  6F
087F:  MOVWF  62
0880:  BCF    0A.3
0881:  CALL   07E
0882:  BSF    0A.3
0883:  DECFSZ 5F,F
0884:  GOTO   07E

0885:  BSF    03.5
0886:  BSF    01.6

0887:  BCF    03.5
0888:  BSF    0B.4

0889:  BSF    03.5
088A:  BSF    0C.0

088B:  MOVLW  C0
088C:  BCF    03.5
088D:  IORWF  0B,F

088E:  BSF    03.5
088F:  CLRF   06
0890:  MOVLW  01
0891:  BCF    03.5
0892:  MOVWF  06

0893:  MOVLW  30
0894:  BSF    03.5
0895:  MOVWF  05

0896:  MOVLW  01
0897:  MOVWF  06
08C9:  MOVLW  04
08CA:  MOVWF  61
08CB:  BCF    0A.3
08CC:  CALL   144
08CD:  BSF    0A.3

08CE:  MOVF   41,W
08CF:  BCF    0A.3
08D0:  CALL   04E
08D1:  BSF    0A.3
08D2:  MOVWF  5F
08D3:  MOVWF  60
08D4:  BCF    0A.3
```

```
08A2: BCF   3E.3
08A3: MOVF  3E,W
08A4: BSF   03.5
08A5: MOVWF 07
08A6: BCF   03.5
08A7: BCF   07.3

08A8: BCF   3E.5
08A9: MOVF  3E,W
08AA: BSF   03.5
08AB: MOVWF 07
08AC: BCF   03.5
08AD: BSF   07.5

08AE: BSF   03.5
08AF: BCF   05.3
08B0: BCF   03.5
08B1: BSF   05.3

08B2: BCF   0A.3
08B3: GOTO  10D
08B4: BSF   0A.3

08B5: BSF   03.5
08B6: BCF   05.3
08B7: BCF   03.5
08B8: BCF   05.3

08B9: MOVLW 04
08BA: MOVWF 61
08BB: BCF   0A.3
08BC: CALL  144
08BD: BSF   0A.3

08BE: MOVLW 04
08BF: MOVWF 61
08C0: BCF   0A.3
08C1: CALL  144
08C2: BSF   0A.3

08C3: MOVLW 01
08C4: MOVWF 41
08C5: MOVF  41,W
08C6: SUBLW 04
08C7: BTFSS 03.0
08C8: GOTO  273

08FA: MOVWF 06

08FB: BCF   03.5
08FC: BCF   3E.5
08FD: MOVF  3E,W
08FE: BSF   03.5
08FF: MOVWF 07
0900: BCF   03.5
0901: BCF   07.5

0902: BCF   3E.3
0903: MOVF  3E,W
0904: BSF   03.5
0905: MOVWF 07
0906: BCF   03.5
0907: BCF   07.3

0908: BCF   3E.4
0909: MOVF  3E,W
```

```
08D5: CALL  15A
08D6: BSF   0A.3

08D7: MOVF  35,W
08D8: MOVWF 40

08D9: BCF   3E.4
08DA: MOVF  3E,W
08DB: BSF   03.5
08DC: MOVWF 07
08DD: BCF   03.5
08DE: BSF   07.4

08DF: BTFSC 05.4
08E0: GOTO  0F8

08E1: BSF   03.5
08E2: BCF   05.3
08E3: BCF   03.5
08E4: BCF   05.3

08E5: MOVF  41,W
08E6: BCF   0A.3
08E7: CALL  04E
08E8: BSF   0A.3
08E9: MOVWF 5F
08EA: MOVWF 61
08EB: BCF   0A.3
08EC: CALL  144
08ED: BSF   0A.3

08EE: MOVF  41,W
08EF: BCF   0A.3
08F0: CALL  04E
08F1: BSF   0A.3
08F2: MOVWF 5F
08F3: MOVWF 60
08F4: BCF   0A.3
08F5: CALL  15A
08F6: BSF   0A.3

08F7: GOTO  0DF

08F8: MOVLW 01
08F9: BSF   03.5

0929: BTFSC 05.4
092A: GOTO  129

092B: MOVF  0F,W
092C: MOVWF 7A
092D: MOVF  0E,W
092E: MOVWF 77
092F: MOVF  0F,W
0930: SUBWF 7A,W
0931: BTFSS 03.2
0932: GOTO  12B
0933: MOVF  77,W
0934: MOVWF 5F
0935: MOVF  7A,W
0936: MOVWF 60
0937: MOVLW DC
0938: SUBWF 5F,W
0939: MOVWF 43
093A: MOVF  60,W
093B: MOVWF 44
```

```
090A:  BSF    03.5
090B:  MOVWF  07
090C:  BCF    03.5
090D:  BCF    07.4

090E:  BSF    03.5
090F:  BCF    05.3
0910:  BCF    03.5
0911:  BCF    05.3

0912:  MOVF   40,W
0913:  MOVWF  5F
0914:  BCF    0A.3
0915:  GOTO   162
0916:  BSF    0A.3

0917:  MOVLW  0B
0918:  MOVWF  0F
0919:  MOVLW  DC
091A:  MOVWF  0E

091B:  MOVLW  01
091C:  SUBWF  35,F

091D:  MOVF   35,W
091E:  MOVWF  60
091F:  BCF    0A.3
0920:  CALL   092
0921:  BSF    0A.3

0922:  BSF    03.5
0923:  BCF    05.3
0924:  BCF    03.5
0925:  BSF    05.3

0926:  CLRF   3D
0927:  MOVLW  01
0928:  MOVWF  3C

0961:  MOVWF  61
0962:  MOVF   78,W
0963:  MOVWF  60
0964:  MOVF   77,W
0965:  MOVWF  5F
0966:  CLRF   66
0967:  CLRF   65
0968:  MOVLW  48
0969:  MOVWF  64
096A:  MOVLW  89
096B:  MOVWF  63
096C:  BCF    0A.3
096D:  CALL   1C2
096E:  BSF    0A.3
096F:  MOVF   77,W
0970:  MOVWF  5F
0971:  MOVF   78,W
0972:  MOVWF  60
0973:  MOVF   79,W
0974:  MOVWF  61
0975:  MOVF   7A,W
0976:  MOVWF  62
0977:  MOVWF  66
0978:  MOVF   61,W
0979:  MOVWF  65
097A:  MOVF   60,W
097B:  MOVWF  64

093C:  MOVLW  0B
093D:  BTFSS  03.0
093E:  MOVLW  0C
093F:  SUBWF  44,F

0940:  MOVLW  01
0941:  SUBWF  3C,W
0942:  MOVWF  5F
0943:  MOVF   3D,W
0944:  MOVWF  60
0945:  MOVLW  00
0946:  BTFSS  03.0
0947:  MOVLW  01
0948:  SUBWF  60,F
0949:  MOVF   60,W
094A:  MOVWF  62
094B:  MOVF   5F,W
094C:  MOVWF  61
094D:  CLRF   64
094E:  MOVLW  64
094F:  MOVWF  63
0950:  BCF    0A.3
0951:  CALL   190
0952:  BSF    0A.3
0953:  MOVF   79,W
0954:  MOVWF  46
0955:  MOVF   78,W
0956:  MOVWF  45

0957:  MOVF   44,W
0958:  MOVWF  60
0959:  MOVF   43,W
095A:  MOVWF  5F
095B:  BCF    0A.3
095C:  CALL   1A5
095D:  BSF    0A.3
095E:  MOVF   7A,W
095F:  MOVWF  62
0960:  MOVF   79,W
099B:  INCFSZ 46,W
099C:  ADDWF  48,F

099D:  MOVF   48,W
099E:  SUBLW  02
099F:  BTFSC  03.0
09A0:  GOTO   1B2
09A1:  XORLW  FF
09A2:  BTFSS  03.2
09A3:  GOTO   1A8
09A4:  MOVF   47,W
09A5:  SUBLW  E7
09A6:  BTFSC  03.0
09A7:  GOTO   1B2

09A8:  MOVLW  0B
09A9:  MOVWF  5F
09AA:  MOVLW  0C
09AB:  MOVWF  60
09AC:  MOVWF  61
09AD:  BCF    0A.3
09AE:  CALL   3B3
09AF:  BSF    0A.3

09B0:  CLRF   0A
09B1:  GOTO   000
```

```
097C:  MOVF   5F,W
097D:  MOVWF  63
097E:  CLRF   6A
097F:  MOVLW  24
0980:  MOVWF  69
0981:  MOVLW  74
0982:  MOVWF  68
0983:  MOVLW  92
0984:  MOVWF  67
0985:  BCF    0A.3
0986:  CALL   237
0987:  BSF    0A.3
0988:  MOVF   7A,W
0989:  MOVWF  66
098A:  MOVF   79,W
098B:  MOVWF  65
098C:  MOVF   78,W
098D:  MOVWF  64
098E:  MOVF   77,W
098F:  MOVWF  63
0990:  BCF    0A.3
0991:  CALL   301
0992:  BSF    0A.3
0993:  MOVF   79,W
0994:  MOVWF  48
0995:  MOVF   78,W
0996:  MOVWF  47

0997:  MOVF   45,W
0998:  ADDWF  47,F
0999:  MOVF   46,W
099A:  BTFSC  03.0
09CC:  MOVWF  5F
09CD:  MOVF   7A,W
09CE:  MOVWF  60
09CF:  MOVLW  DC
09D0:  SUBWF  5F,W
09D1:  MOVWF  43
09D2:  MOVF   60,W
09D3:  MOVWF  44
09D4:  MOVLW  0B
09D5:  BTFSS  03.0
09D6:  MOVLW  0C
09D7:  SUBWF  44,F

09D8:  BSF    03.5
09D9:  BCF    05.3
09DA:  BCF    03.5
09DB:  BCF    05.3

09DC:  MOVLW  01
09DD:  SUBWF  3C,W
09DE:  MOVWF  5F
09DF:  MOVF   3D,W
09E0:  MOVWF  60
09E1:  MOVLW  00
09E2:  BTFSS  03.0
09E3:  MOVLW  01
09E4:  SUBWF  60,F
09E5:  MOVF   60,W
09E6:  MOVWF  62
09E7:  MOVF   5F,W
09E8:  MOVWF  61
09E9:  CLRF   64
09EA:  MOVLW  64
09EB:  MOVWF  63

09B2:  MOVLW  0B
09B3:  MOVWF  0F
09B4:  MOVLW  DC
09B5:  MOVWF  0E

09B6:  CLRF   3D
09B7:  MOVLW  01
09B8:  MOVWF  3C

09B9:  MOVWF  34

09BA:  MOVF   34,F
09BB:  BTFSS  03.2

09BC:  GOTO   1BA

09BD:  BCF    3E.5
09BE:  MOVF   3E,W
09BF:  BSF    03.5
09C0:  MOVWF  07
09C1:  BCF    03.5
09C2:  BSF    07.5

09C3:  MOVF   0F,W
09C4:  MOVWF  7A
09C5:  MOVF   0E,W
09C6:  MOVWF  77
09C7:  MOVF   0F,W
09C8:  SUBWF  7A,W
09C9:  BTFSS  03.2
09CA:  GOTO   1C3
09CB:  MOVF   77,W
0A04:  MOVLW  48
0A05:  MOVWF  64
0A06:  MOVLW  89
0A07:  MOVWF  63
0A08:  BCF    0A.3
0A09:  CALL   1C2
0A0A:  BSF    0A.3
0A0B:  MOVF   77,W
0A0C:  MOVWF  5F
0A0D:  MOVF   78,W
0A0E:  MOVWF  60
0A0F:  MOVF   79,W
0A10:  MOVWF  61
0A11:  MOVF   7A,W
0A12:  MOVWF  62
0A13:  MOVWF  66
0A14:  MOVF   61,W
0A15:  MOVWF  65
0A16:  MOVF   60,W
0A17:  MOVWF  64
0A18:  MOVF   5F,W
0A19:  MOVWF  63
0A1A:  CLRF   6A
0A1B:  MOVLW  24
0A1C:  MOVWF  69
0A1D:  MOVLW  74
0A1E:  MOVWF  68
0A1F:  MOVLW  92
0A20:  MOVWF  67
0A21:  BCF    0A.3
0A22:  CALL   237
0A23:  BSF    0A.3
0A24:  MOVF   7A,W
0A25:  MOVWF  66
```

```
09EC:  BCF    0A.3
09ED:  CALL   190
09EE:  BSF    0A.3
09EF:  MOVF   79,W
09F0:  MOVWF  46
09F1:  MOVF   78,W
09F2:  MOVWF  45

09F3:  MOVF   44,W
09F4:  MOVWF  60
09F5:  MOVF   43,W
09F6:  MOVWF  5F
09F7:  BCF    0A.3
09F8:  CALL   1A5
09F9:  BSF    0A.3
09FA:  MOVF   7A,W
09FB:  MOVWF  62
09FC:  MOVF   79,W
09FD:  MOVWF  61
09FE:  MOVF   78,W
09FF:  MOVWF  60
0A00:  MOVF   77,W
0A01:  MOVWF  5F
0A02:  CLRF   66
0A03:  CLRF   65
0A3D:  XORLW  FF
0A3E:  BTFSS  03.2
0A3F:  GOTO   244
0A40:  MOVF   49,W
0A41:  SUBLW  E7
0A42:  BTFSC  03.0
0A43:  GOTO   24E

0A44:  MOVLW  0B
0A45:  MOVWF  5F
0A46:  MOVLW  0C
0A47:  MOVWF  60
0A48:  MOVWF  61
0A49:  BCF    0A.3
0A4A:  CALL   3B3
0A4B:  BSF    0A.3

0A4C:  CLRF   0A
0A4D:  GOTO   000

0A4E:  BCF    03.0
0A4F:  RLF    41,W
0A50:  ADDLW  4B
0A51:  MOVWF  04
0A52:  BCF    03.7
0A53:  INCF   04,F
0A54:  MOVF   48,W
0A55:  MOVWF  00
0A56:  DECF   04,F
0A57:  MOVF   47,W
0A58:  MOVWF  00

0A59:  BCF    03.0
0A5A:  RLF    41,W
0A5B:  ADDLW  55
0A5C:  MOVWF  04
0A5D:  BCF    03.7
0A5E:  INCF   04,F
0A5F:  MOVF   4A,W
0A60:  MOVWF  00
0A61:  DECF   04,F
0A26:  MOVF   79,W
0A27:  MOVWF  65
0A28:  MOVF   78,W
0A29:  MOVWF  64
0A2A:  MOVF   77,W
0A2B:  MOVWF  63
0A2C:  BCF    0A.3
0A2D:  CALL   301
0A2E:  BSF    0A.3
0A2F:  MOVF   79,W
0A30:  MOVWF  4A
0A31:  MOVF   78,W
0A32:  MOVWF  49

0A33:  MOVF   45,W
0A34:  ADDWF  49,F
0A35:  MOVF   46,W
0A36:  BTFSC  03.0
0A37:  INCFSZ 46,W
0A38:  ADDWF  4A,F

0A39:  MOVF   4A,W
0A3A:  SUBLW  02
0A3B:  BTFSC  03.0
0A3C:  GOTO   24E
0A71:  INCF   41,F
0A72:  GOTO   0C5

0A73:  MOVLW  04
0A74:  MOVWF  41

0A75:  MOVLW  01
0A76:  MOVWF  42

0A77:  BTFSC  05.5
0A78:  GOTO   2DD

0A79:  MOVF   42,F
0A7A:  BTFSC  03.2
0A7B:  GOTO   286

0A7C:  MOVLW  0A
0A7D:  MOVWF  5F
0A7E:  MOVLW  0D
0A7F:  MOVWF  60
0A80:  MOVF   41,W
0A81:  MOVWF  61
0A82:  BCF    0A.3
0A83:  CALL   3B3
0A84:  BSF    0A.3

0A85:  CLRF   42

0A86:  BCF    0A.3
0A87:  GOTO   49F
0A88:  BSF    0A.3
0A89:  BTFSS  05.4
0A8A:  GOTO   2DC

0A8B:  MOVLW  01
0A8C:  MOVWF  42

0A8D:  MOVF   41,W
0A8E:  SUBLW  03
0A8F:  BTFSS  03.0
0A90:  CLRF   41
```

```
0A62:  MOVF   49,W
0A63:  MOVWF  00

0A64:  MOVF   48,W
0A65:  MOVWF  64
0A66:  MOVF   47,W
0A67:  MOVWF  63
0A68:  MOVF   4A,W
0A69:  MOVWF  66
0A6A:  MOVF   49,W
0A6B:  MOVWF  65
0A6C:  BCF    0A.3
0A6D:  CALL   44A
0A6E:  BSF    0A.3

0A6F:  MOVLW  01
0A70:  MOVWF  42

0AA0:  INCF   5F,F
0AA1:  MOVWF  77
0AA2:  MOVF   77,W
0AA3:  BTFSS  0C.4
0AA4:  GOTO   2A3
0AA5:  MOVWF  19
0AA6:  MOVLW  04
0AA7:  SUBWF  5F,W
0AA8:  BTFSS  03.2
0AA9:  GOTO   29C
0AAA:  MOVF   41,W
0AAB:  MOVWF  60
0AAC:  MOVLW  1F
0AAD:  MOVWF  61
0AAE:  BCF    0A.3
0AAF:  GOTO   568
0AB0:  BSF    0A.3
0AB1:  MOVLW  0A
0AB2:  BTFSS  0C.4
0AB3:  GOTO   2B2
0AB4:  MOVWF  19
0AB5:  MOVLW  0D
0AB6:  BTFSS  0C.4
0AB7:  GOTO   2B6
0AB8:  MOVWF  19
0AB9:  GOTO   299

0ABA:  BCF    03.0
0ABB:  RLF    41,W
0ABC:  ADDLW  4B
0ABD:  MOVWF  04
0ABE:  BCF    03.7
0ABF:  INCF   04,F
0AC0:  MOVF   00,W
0AC1:  MOVWF  60
0AC2:  DECF   04,F
0AC3:  MOVF   00,W
0AC4:  MOVWF  5F
0AC5:  BCF    03.0
0AC6:  RLF    41,W
0AC7:  ADDLW  55
0AC8:  MOVWF  04
0AC9:  BCF    03.7
0ACA:  INCF   04,F
0ACB:  MOVF   00,W
0ACC:  MOVWF  62
0ACD:  DECF   04,F
0ACE:  MOVF   00,W

0A91:  MOVLW  01
0A92:  ADDWF  41,F

0A93:  BCF    3E.3
0A94:  MOVF   3E,W
0A95:  BSF    03.5
0A96:  MOVWF  07
0A97:  BCF    03.5
0A98:  BCF    07.3

0A99:  BTFSS  05.4
0A9A:  GOTO   2BA
0A9B:  CLRF   5F
0A9C:  MOVF   5F,W
0A9D:  BCF    0A.3
0A9E:  CALL   057
0A9F:  BSF    0A.3
0ADA:  BSF    0A.3

0ADB:  GOTO   289

0ADC:  GOTO   277

0ADD:  MOVLW  01
0ADE:  MOVWF  41
0ADF:  MOVF   41,W
0AE0:  SUBLW  04
0AE1:  BTFSS  03.0
0AE2:  GOTO   330
0AE3:  MOVLW  0D
0AE4:  MOVWF  5F
0AE5:  MOVLW  0A
0AE6:  MOVWF  60
0AE7:  MOVF   41,W
0AE8:  MOVWF  61
0AE9:  BCF    0A.3
0AEA:  CALL   3B3
0AEB:  BSF    0A.3
0AEC:  BCF    03.0
0AED:  RLF    41,W
0AEE:  ADDLW  4B
0AEF:  MOVWF  04
0AF0:  BCF    03.7
0AF1:  INCF   04,F
0AF2:  MOVF   00,W
0AF3:  MOVWF  60
0AF4:  DECF   04,F
0AF5:  MOVF   00,W
0AF6:  MOVWF  5F
0AF7:  MOVLW  0A
0AF8:  BTFSS  0C.4
0AF9:  GOTO   2F8
0AFA:  MOVWF  19
0AFB:  MOVLW  0D
0AFC:  BTFSS  0C.4
0AFD:  GOTO   2FC
0AFE:  MOVWF  19
0AFF:  MOVLW  10
0B00:  MOVWF  04
0B01:  MOVF   60,W
0B02:  MOVWF  62
0B03:  MOVF   5F,W
0B04:  MOVWF  61
0B05:  BCF    0A.3
0B06:  CALL   5D3
```

```
0ACF:  MOVWF  61
0AD0:  MOVF   60,W
0AD1:  MOVWF  64
0AD2:  MOVF   5F,W
0AD3:  MOVWF  63
0AD4:  MOVF   62,W
0AD5:  MOVWF  66
0AD6:  MOVF   61,W
0AD7:  MOVWF  65
0AD8:  BCF    0A.3
0AD9:  CALL   44A
0B10:  MOVWF  04
0B11:  BCF    03.7
0B12:  INCF   04,F
0B13:  MOVF   00,W
0B14:  MOVWF  60
0B15:  DECF   04,F
0B16:  MOVF   00,W
0B17:  MOVWF  5F
0B18:  MOVLW  0A
0B19:  BTFSS  0C.4
0B1A:  GOTO   319
0B1B:  MOVWF  19
0B1C:  MOVLW  0D
0B1D:  BTFSS  0C.4
0B1E:  GOTO   31D
0B1F:  MOVWF  19
0B20:  MOVLW  10
0B21:  MOVWF  04
0B22:  MOVF   60,W
0B23:  MOVWF  62
0B24:  MOVF   5F,W
0B25:  MOVWF  61
0B26:  BCF    0A.3
0B27:  CALL   5D3
0B28:  BSF    0A.3

0B29:  MOVLW  64
0B2A:  MOVWF  62
0B2B:  BCF    0A.3
0B2C:  CALL   07E
0B2D:  BSF    0A.3

0B2E:  INCF   41,F
0B2F:  GOTO   2DF

0B30:  CLRF   5F
0B31:  MOVF   5F,W
0B32:  BCF    0A.3
0B33:  CALL   064
0B34:  BSF    0A.3
0B35:  INCF   5F,F
0B36:  MOVWF  77
0B37:  MOVF   77,W
0B38:  BTFSS  0C.4
0B39:  GOTO   338
0B3A:  MOVWF  19
0B3B:  MOVLW  04
0B3C:  SUBWF  5F,W
0B3D:  BTFSS  03.2
0B3E:  GOTO   331

0B3F:  CLRF   0A
0B40:  GOTO   000

0B41:  GOTO   0BE
```

```
0B07:  BSF    0A.3

0B08:  MOVLW  64
0B09:  MOVWF  62
0B0A:  BCF    0A.3
0B0B:  CALL   07E
0B0C:  BSF    0A.3

0B0D:  BCF    03.0
0B0E:  RLF    41,W
0B0F:  ADDLW  55
03B5:  MOVLW  0B
03B6:  MOVWF  0F
03B7:  MOVLW  DC
03B8:  MOVWF  0E

03B9:  MOVF   3D,F
03BA:  BTFSS  03.2
03BB:  GOTO   424
03BC:  MOVF   3C,W
03BD:  SUBLW  13
03BE:  BTFSS  03.0
03BF:  GOTO   424

03C0:  MOVF   5F,W
03C1:  CALL   03C
03C2:  MOVWF  62
03C3:  BSF    03.5
03C4:  CLRF   06
03C5:  BCF    03.5
03C6:  MOVF   62,W
03C7:  MOVWF  06

03C8:  MOVLW  03
03C9:  MOVWF  62
03CA:  CALL   320

03CB:  BCF    3E.3
03CC:  MOVF   3E,W
03CD:  BSF    03.5
03CE:  MOVWF  07
03CF:  BCF    03.5
03D0:  BSF    07.3

03D1:  MOVLW  02
03D2:  MOVWF  62
03D3:  CALL   07E
03D4:  MOVLW  02
03D5:  MOVWF  62
03D6:  MOVLW  F9
03D7:  MOVWF  63
03D8:  CALL   3A4
03D9:  DECFSZ 62,F
03DA:  GOTO   3D6

03DB:  BCF    3E.3
03DC:  MOVF   3E,W
03DD:  BSF    03.5
03DE:  MOVWF  07
03DF:  BCF    03.5
03E0:  BCF    07.3
03E1:  MOVF   60,W
03E2:  CALL   03C
03E3:  MOVWF  62
03E4:  BSF    03.5
03E5:  CLRF   06
```

```
0B42:  SLEEP

03B3:  CLRF   3D
03B4:  CLRF   3C

03E9:  MOVLW  02
03EA:  MOVWF  62
03EB:  CALL   320

03EC:  BCF    3E.3
03ED:  MOVF   3E,W
03EE:  BSF    03.5
03EF:  MOVWF  07
03F0:  BCF    03.5
03F1:  BSF    07.3

03F2:  MOVLW  02
03F3:  MOVWF  62
03F4:  CALL   07E
03F5:  MOVLW  02
03F6:  MOVWF  62
03F7:  MOVLW  F9
03F8:  MOVWF  63
03F9:  CALL   3A4
03FA:  DECFSZ 62,F
03FB:  GOTO   3F7

03FC:  BCF    3E.3
03FD:  MOVF   3E,W
03FE:  BSF    03.5
03FF:  MOVWF  07
0400:  BCF    03.5
0401:  BCF    07.3

0402:  MOVF   61,W
0403:  CALL   03C
0404:  MOVWF  62
0405:  BSF    03.5
0406:  CLRF   06
0407:  BCF    03.5
0408:  MOVF   62,W
0409:  MOVWF  06

040A:  MOVLW  01
040B:  MOVWF  62
040C:  CALL   320

040D:  BCF    3E.3
040E:  MOVF   3E,W
040F:  BSF    03.5
0410:  MOVWF  07
0411:  BCF    03.5
0412:  BSF    07.3

0413:  MOVLW  02
0414:  MOVWF  62
0415:  CALL   07E
0416:  MOVLW  02
0417:  MOVWF  62
0418:  MOVLW  F9
0419:  MOVWF  63
0322:  ADDLW  FA
0323:  BTFSC  03.0
0324:  GOTO   399
0325:  ADDLW  06
0326:  GOTO   39A

03E6:  BCF    03.5
03E7:  MOVF   62,W
03E8:  MOVWF  06

041A:  CALL   3A4
041B:  DECFSZ 62,F
041C:  GOTO   418

041D:  BCF    3E.3
041E:  MOVF   3E,W
041F:  BSF    03.5
0420:  MOVWF  07
0421:  BCF    03.5
0422:  BCF    07.3

0423:  GOTO   3B9
0424:  RETLW  00
010D:  CLRF   5F

010E:  CLRF   5F
010F:  MOVF   5F,W
0110:  SUBLW  07
0111:  BTFSS  03.0
0112:  GOTO   11B

0113:  MOVF   5F,W
0114:  MOVWF  60
0115:  CALL   092

0116:  MOVLW  32
0117:  MOVWF  62
0118:  CALL   07E

0119:  INCF   5F,F
011A:  GOTO   10F

011B:  MOVLW  07
011C:  MOVWF  5F
011D:  MOVF   5F,F
011E:  BTFSS  03.2
011F:  GOTO   12C

0120:  MOVF   5F,W
0121:  MOVWF  60
0122:  CALL   092

0123:  MOVLW  04
0124:  MOVWF  60
0125:  MOVLW  FA
0126:  MOVWF  62
0127:  CALL   07E
0128:  DECFSZ 60,F
0129:  GOTO   125

012A:  DECF   5F,F
012B:  GOTO   11D

012C:  BSF    0A.3
012D:  BCF    0A.4
012E:  GOTO   0B4 (RETURN)

0320:  MOVLW  01
0321:  SUBWF  62,W
0355:  BSF    03.5
0356:  MOVWF  07
0357:  BCF    03.5
```

```
0327:  BCF    3E.2
0328:  MOVF   3E,W
0329:  BSF    03.5
032A:  MOVWF  07
032B:  BCF    03.5
032C:  BCF    07.2

032D:  BCF    3E.1
032E:  MOVF   3E,W
032F:  BSF    03.5
0330:  MOVWF  07
0331:  BCF    03.5
0332:  BCF    07.1

0333:  BCF    3E.0
0334:  MOVF   3E,W
0335:  BSF    03.5
0336:  MOVWF  07
0337:  BCF    03.5
0338:  BSF    07.0

0339:  GOTO   399

033A:  BCF    3E.2
033B:  MOVF   3E,W
033C:  BSF    03.5
033D:  MOVWF  07
033E:  BCF    03.5
033F:  BCF    07.2

0340:  BCF    3E.1
0341:  MOVF   3E,W
0342:  BSF    03.5
0343:  MOVWF  07
0344:  BCF    03.5
0345:  BSF    07.1

0346:  BCF    3E.0
0347:  MOVF   3E,W
0348:  BSF    03.5
0349:  MOVWF  07
034A:  BCF    03.5
034B:  BCF    07.0

034C:  GOTO   399

034D:  BCF    3E.2
034E:  MOVF   3E,W
034F:  BSF    03.5
0350:  MOVWF  07
0351:  BCF    03.5
0352:  BCF    07.2

0353:  BCF    3E.1
0354:  MOVF   3E,W

0386:  BCF    3E.2
0387:  MOVF   3E,W
0388:  BSF    03.5
0389:  MOVWF  07
038A:  BCF    03.5
038B:  BSF    07.2

038C:  BCF    3E.1
038D:  MOVF   3E,W
0358:  BSF    07.1

0359:  BCF    3E.0
035A:  MOVF   3E,W
035B:  BSF    03.5
035C:  MOVWF  07
035D:  BCF    03.5
035E:  BSF    07.0

035F:  GOTO   399

0360:  BCF    3E.2
0361:  MOVF   3E,W
0362:  BSF    03.5
0363:  MOVWF  07
0364:  BCF    03.5
0365:  BSF    07.2

0366:  BCF    3E.1
0367:  MOVF   3E,W
0368:  BSF    03.5
0369:  MOVWF  07
036A:  BCF    03.5
036B:  BCF    07.1

036C:  BCF    3E.0
036D:  MOVF   3E,W
036E:  BSF    03.5
036F:  MOVWF  07
0370:  BCF    03.5
0371:  BCF    07.0

0372:  GOTO   399

0373:  BCF    3E.2
0374:  MOVF   3E,W
0375:  BSF    03.5
0376:  MOVWF  07
0377:  BCF    03.5
0378:  BSF    07.2

0379:  BCF    3E.1
037A:  MOVF   3E,W
037B:  BSF    03.5
037C:  MOVWF  07
037D:  BCF    03.5
037E:  BCF    07.1

037F:  BCF    3E.0
0380:  MOVF   3E,W
0381:  BSF    03.5
0382:  MOVWF  07
0383:  BCF    03.5
0384:  BSF    07.0

0385:  GOTO   399
0469:  MOVWF  2F

046A:  MOVF   68,W
046B:  MOVWF  6A
046C:  MOVF   67,W
046D:  MOVWF  69
046E:  CLRF   6C
046F:  MOVLW  0A
0470:  MOVWF  6B
0471:  CALL   425
```

```
038E:  BSF   03.5
038F:  MOVWF  07
0390:  BCF   03.5
0391:  BSF   07.1

0392:  BCF   3E.0
0393:  MOVF   3E,W
0394:  BSF   03.5
0395:  MOVWF  07
0396:  BCF   03.5
0397:  BCF   07.0

0398:  GOTO   399

0399:  RETLW  00

044A:  MOVF   64,W
044B:  MOVWF  6A
044C:  MOVF   63,W
044D:  MOVWF  69
044E:  CLRF   6C
044F:  MOVLW  0A
0450:  MOVWF  6B
0451:  CALL   425
0452:  MOVF   77,W
0453:  MOVWF  30

0454:  MOVF   64,W
0455:  MOVWF  6A
0456:  MOVF   63,W
0457:  MOVWF  69
0458:  CLRF   6C
0459:  MOVLW  0A
045A:  MOVWF  6B
045B:  CALL   425
045C:  MOVF   79,W
045D:  MOVWF  68
045E:  MOVF   78,W
045F:  MOVWF  67

0460:  MOVF   68,W
0461:  MOVWF  6A
0462:  MOVF   67,W
0463:  MOVWF  69
0464:  CLRF   6C
0465:  MOVLW  0A
0466:  MOVWF  6B
0467:  CALL   425
0468:  MOVF   77,W

049E:  RETLW  00
049F:  MOVF   30,W
04A0:  CALL   03C
04A1:  MOVWF  5F
04A2:  BSF   03.5
04A3:  CLRF   06
04A4:  BCF   03.5
04A5:  MOVF   5F,W
04A6:  MOVWF  06

04A7:  MOVLW  01
04A8:  MOVWF  62
04A9:  CALL   320

04AA:  BCF   3E.3
04AB:  MOVF   3E,W

0472:  MOVF   78,W
0473:  MOVWF  2E

0474:  MOVF   66,W
0475:  MOVWF  6A
0476:  MOVF   65,W
0477:  MOVWF  69
0478:  CLRF   6C
0479:  MOVLW  0A
047A:  MOVWF  6B
047B:  CALL   425
047C:  MOVF   77,W
047D:  MOVWF  33

047E:  MOVF   66,W
047F:  MOVWF  6A
0480:  MOVF   65,W
0481:  MOVWF  69
0482:  CLRF   6C
0483:  MOVLW  0A
0484:  MOVWF  6B
0485:  CALL   425
0486:  MOVF   79,W
0487:  MOVWF  68
0488:  MOVF   78,W
0489:  MOVWF  67

048A:  MOVF   68,W
048B:  MOVWF  6A
048C:  MOVF   67,W
048D:  MOVWF  69
048E:  CLRF   6C
048F:  MOVLW  0A
0490:  MOVWF  6B
0491:  CALL   425
0492:  MOVF   77,W
0493:  MOVWF  32

0494:  MOVF   68,W
0495:  MOVWF  6A
0496:  MOVF   67,W
0497:  MOVWF  69
0498:  CLRF   6C
0499:  MOVLW  0A
049A:  MOVWF  6B
049B:  CALL   425
049C:  MOVF   78,W
049D:  MOVWF  31

04D1:  MOVLW  02
04D2:  MOVWF  62
04D3:  CALL   07E
04D4:  MOVLW  02
04D5:  MOVWF  5F
04D6:  MOVLW  F9
04D7:  MOVWF  63
04D8:  CALL   3A4
04D9:  DECFSZ 5F,F
04DA:  GOTO   4D6

04DB:  BCF   3E.3
04DC:  MOVF   3E,W
04DD:  BSF   03.5
04DE:  MOVWF  07
04DF:  BCF   03.5
04E0:  BCF   07.3
```

```
04AC:  BSF    03.5
04AD:  MOVWF  07
04AE:  BCF    03.5
04AF:  BSF    07.3

04B0:  MOVLW  02
04B1:  MOVWF  62
04B2:  CALL   07E
04B3:  MOVLW  02
04B4:  MOVWF  5F
04B5:  MOVLW  F9
04B6:  MOVWF  63
04B7:  CALL   3A4
04B8:  DECFSZ 5F,F
04B9:  GOTO   4B5

04BA:  BCF    3E.3
04BB:  MOVF   3E,W
04BC:  BSF    03.5
04BD:  MOVWF  07
04BE:  BCF    03.5
04BF:  BCF    07.3

04C0:  MOVF   2F,W
04C1:  CALL   03C
04C2:  MOVWF  5F
04C3:  BSF    03.5
04C4:  CLRF   06
04C5:  BCF    03.5
04C6:  MOVF   5F,W
04C7:  MOVWF  06

04C8:  MOVLW  02
04C9:  MOVWF  62
04CA:  CALL   320

04CB:  BCF    3E.3
04CC:  MOVF   3E,W
04CD:  BSF    03.5
04CE:  MOVWF  07
04CF:  BCF    03.5
04D0:  BSF    07.3

0504:  MOVWF  5F
0505:  BSF    03.5
0506:  CLRF   06
0507:  BCF    03.5
0508:  MOVF   5F,W
0509:  MOVWF  06

050A:  MOVLW  04
050B:  MOVWF  62
050C:  CALL   320

050D:  BCF    3E.3
050E:  MOVF   3E,W
050F:  BSF    03.5
0510:  MOVWF  07
0511:  BCF    03.5
0512:  BSF    07.3

0513:  MOVLW  02
0514:  MOVWF  62
0515:  CALL   07E
0516:  MOVLW  02
0517:  MOVWF  5F

04E1:  MOVF   2E,W
04E2:  CALL   03C
04E3:  MOVWF  5F
04E4:  BSF    03.5
04E5:  CLRF   06
04E6:  BCF    03.5
04E7:  MOVF   5F,W
04E8:  MOVWF  06

04E9:  MOVLW  03
04EA:  MOVWF  62
04EB:  CALL   320

04EC:  BCF    3E.3
04ED:  MOVF   3E,W
04EE:  BSF    03.5
04EF:  MOVWF  07
04F0:  BCF    03.5
04F1:  BSF    07.3

04F2:  MOVLW  02
04F3:  MOVWF  62
04F4:  CALL   07E
04F5:  MOVLW  02
04F6:  MOVWF  5F
04F7:  MOVLW  F9
04F8:  MOVWF  63
04F9:  CALL   3A4
04FA:  DECFSZ 5F,F
04FB:  GOTO   4F7

04FC:  BCF    3E.3
04FD:  MOVF   3E,W
04FE:  BSF    03.5
04FF:  MOVWF  07
0500:  BCF    03.5
0501:  BCF    07.3

0502:  MOVF   33,W
0503:  CALL   03C

0536:  CALL   07E
0537:  MOVLW  02
0538:  MOVWF  5F
0539:  MOVLW  F9
053A:  MOVWF  63
053B:  CALL   3A4
053C:  DECFSZ 5F,F
053D:  GOTO   539

053E:  BCF    3E.3
053F:  MOVF   3E,W
0540:  BSF    03.5
0541:  MOVWF  07
0542:  BCF    03.5
0543:  BCF    07.3

0544:  MOVF   31,W
0545:  CALL   03C
0546:  MOVWF  5F
0547:  BSF    03.5
0548:  CLRF   06
0549:  BCF    03.5
054A:  MOVF   5F,W
054B:  MOVWF  06
```

```
0518:  MOVLW  F9
0519:  MOVWF  63
051A:  CALL   3A4
051B:  DECFSZ 5F,F
051C:  GOTO   518

051D:  BCF    3E.3
051E:  MOVF   3E,W
051F:  BSF    03.5
0520:  MOVWF  07
0521:  BCF    03.5
0522:  BCF    07.3

0523:  MOVF   32,W
0524:  CALL   03C
0525:  MOVWF  5F
0526:  BSF    03.5
0527:  CLRF   06
0528:  BCF    03.5
0529:  MOVF   5F,W
052A:  MOVWF  06

052B:  MOVLW  05
052C:  MOVWF  62
052D:  CALL   320

052E:  BCF    3E.3
052F:  MOVF   3E,W
0530:  BSF    03.5
0531:  MOVWF  07
0532:  BCF    03.5
0533:  BSF    07.3

0534:  MOVLW  02
0535:  MOVWF  62

0145:  MOVWF  62
0146:  MOVF   62,W
0147:  MOVF   62,W
0148:  MOVWF  35

0149:  MOVLW  14
014A:  MOVWF  62
014B:  CALL   07E

014C:  MOVLW  01
014D:  ADDWF  61,W
014E:  MOVWF  62
014F:  MOVF   35,W
0150:  MOVWF  66
0151:  MOVF   62,W
0152:  MOVWF  67
0153:  CALL   12F
0154:  MOVF   77,W
0155:  MOVWF  35

0156:  MOVLW  14
0157:  MOVWF  62
0158:  CALL   07E

0159:  RETLW  00

015A:  MOVF   35,F
015B:  BTFSS  03.2
015C:  GOTO   161
```

```
054C:  MOVLW  06
054D:  MOVWF  62
054E:  CALL   320

054F:  BCF    3E.3
0550:  MOVF   3E,W
0551:  BSF    03.5
0552:  MOVWF  07
0553:  BCF    03.5
0554:  BSF    07.3

0555:  MOVLW  02
0556:  MOVWF  62
0557:  CALL   07E
0558:  MOVLW  02
0559:  MOVWF  5F
055A:  MOVLW  F9
055B:  MOVWF  63
055C:  CALL   3A4
055D:  DECFSZ 5F,F
055E:  GOTO   55A

055F:  BCF    3E.3
0560:  MOVF   3E,W
0561:  BSF    03.5
0562:  MOVWF  07
0563:  BCF    03.5
0564:  BCF    07.3

0565:  BSF    0A.3
0566:  BCF    0A.4
0567:  GOTO   288 (RETURN)

0144:  MOVF   01,W
00A3:  BCF    05.0

00A4:  GOTO   100

00A5:  BSF    03.5
00A6:  BCF    05.2
00A7:  BCF    03.5
00A8:  BCF    05.2

00A9:  BSF    03.5
00AA:  BCF    05.1
00AB:  BCF    03.5
00AC:  BCF    05.1

00AD:  BSF    03.5
00AE:  BCF    05.0
00AF:  BCF    03.5
00B0:  BSF    05.0

00B1:  GOTO   100

00B2:  BSF    03.5
00B3:  BCF    05.2
00B4:  BCF    03.5
00B5:  BCF    05.2

00B6:  BSF    03.5
00B7:  BCF    05.1
00B8:  BCF    03.5
00B9:  BSF    05.1
```

```
015D:  MOVF   60,W
015E:  MOVWF  61
015F:  CALL   144

0160:  GOTO   15A

0161:  RETLW  00

0092:  MOVF   60,W
0093:  ADDLW  F8
0094:  BTFSC  03.0
0095:  GOTO   100
0096:  ADDLW  08
0097:  GOTO   101

0098:  BSF    03.5
0099:  BCF    05.2
009A:  BCF    03.5
009B:  BCF    05.2

009C:  BSF    03.5
009D:  BCF    05.1
009E:  BCF    03.5
009F:  BCF    05.1

00A0:  BSF    03.5
00A1:  BCF    05.0
00A2:  BCF    03.5

00D0:  BSF    03.5
00D1:  BCF    05.1
00D2:  BCF    03.5
00D3:  BCF    05.1

00D4:  BSF    03.5
00D5:  BCF    05.0
00D6:  BCF    03.5
00D7:  BCF    05.0

00D8:  GOTO   100

00D9:  BSF    03.5
00DA:  BCF    05.2
00DB:  BCF    03.5
00DC:  BSF    05.2

00DD:  BSF    03.5
00DE:  BCF    05.1
00DF:  BCF    03.5
00E0:  BCF    05.1

00E1:  BSF    03.5
00E2:  BCF    05.0
00E3:  BCF    03.5
00E4:  BSF    05.0

00E5:  GOTO   100

00E6:  BSF    03.5
00E7:  BCF    05.2
00E8:  BCF    03.5
00E9:  BSF    05.2

00EA:  BSF    03.5
00EB:  BCF    05.1
00EC:  BCF    03.5
```

```
00BA:  BSF    03.5
00BB:  BCF    05.0
00BC:  BCF    03.5
00BD:  BCF    05.0

00BE:  GOTO   100

00BF:  BSF    03.5
00C0:  BCF    05.2
00C1:  BCF    03.5
00C2:  BCF    05.2

00C3:  BSF    03.5
00C4:  BCF    05.1
00C5:  BCF    03.5
00C6:  BSF    05.1

00C7:  BSF    03.5
00C8:  BCF    05.0
00C9:  BCF    03.5
00CA:  BSF    05.0

00CB:  GOTO   100

00CC:  BSF    03.5
00CD:  BCF    05.2
00CE:  BCF    03.5
00CF:  BSF    05.2
00FE:  BSF    05.0
00FF:  GOTO   100

0100:  RETLW  00
0162:  MOVF   5F,W
0163:  XORLW  01
0164:  BTFSC  03.2
0165:  GOTO   16D
0166:  XORLW  03
0167:  BTFSC  03.2
0168:  GOTO   175
0169:  XORLW  01
016A:  BTFSC  03.2
016B:  GOTO   17D
016C:  GOTO   185

016D:  MOVLW  08
016E:  MOVWF  60
016F:  MOVLW  FA
0170:  MOVWF  62
0171:  CALL   07E
0172:  DECFSZ 60,F
0173:  GOTO   16F

0174:  GOTO   18D

0175:  MOVLW  0C
0176:  MOVWF  60
0177:  MOVLW  FA
0178:  MOVWF  62
0179:  CALL   07E
017A:  DECFSZ 60,F
017B:  GOTO   177

017C:  GOTO   18D

017D:  MOVLW  10
017E:  MOVWF  60
```

```
00ED:  BSF    05.1

00EE:  BSF    03.5
00EF:  BCF    05.0
00F0:  BCF    03.5
00F1:  BCF    05.0

00F2:  GOTO   100
00F3:  BSF    03.5
00F4:  BCF    05.2
00F5:  BCF    03.5
00F6:  BSF    05.2

00F7:  BSF    03.5
00F8:  BCF    05.1
00F9:  BCF    03.5
00FA:  BSF    05.1

00FB:  BSF    03.5
00FC:  BCF    05.0
00FD:  BCF    03.5


006D:  CLRF   34

006E:  BCF    0B.1
006F:  BCF    0A.3
0070:  BCF    0A.4
0071:  GOTO   023

0072:  MOVLW  0B
0073:  MOVWF  0F
0074:  MOVLW  DC
0075:  MOVWF  0E

0076:  MOVLW  01
0077:  ADDWF  3C,F
0078:  BTFSC  03.0
0079:  INCF   3D,F

007A:  BCF    0C.0
007B:  BCF    0A.3
007C:  BCF    0A.4
007D:  GOTO   023

017F:  MOVLW  FA
0180:  MOVWF  62
0181:  CALL   07E
0182:  DECFSZ 60,F
0183:  GOTO   17F

0184:  GOTO   18D

0185:  MOVLW  14
0186:  MOVWF  60
0187:  MOVLW  FA
0188:  MOVWF  62
0189:  CALL   07E
018A:  DECFSZ 60,F
018B:  GOTO   187

018C:  GOTO   18D

018D:  BSF    0A.3
018E:  BCF    0A.4
018F:  GOTO   116
```

4.5 Código Fuente del Programa de Adquisición de Datos

TABLA 4.8. Programa de Adquisición de Datos

```
//----------------- REGRESIÓN LINEAL -----------------------\\

Public NumPuertos As Integer
***************************************

Private Function Regresion(ValorX As Integer) As Double
 Dim vX, vY, XCuad, XY, b0, b1, y, scxy, scx As Double
 Dim tVx, tvy, txcuad, txy As Double

    vX = 1: tVx = tVx + vX
    vY = Val(Reac1.Caption): tvy = tvy + vY
    XCuad = vX * vX: txcuad = txcuad + XCuad
    XY = vX * vY: txy = txy + XY

    vX = 2: tVx = tVx + vX
    vY = Val(Reac2.Caption): tvy = tvy + vY
    XCuad = vX * vX: txcuad = txcuad + XCuad
    XY = vX * vY: txy = txy + XY

    vX = 3: tVx = tVx + vX
    vY = Val(Reac3.Caption): tvy = tvy + vY
    XCuad = vX * vX: txcuad = txcuad + XCuad
    XY = vX * vY: txy = txy + XY

    vX = 4: tVx = tVx + vX
    vY = Val(Reac4.Caption): tvy = tvy + vY
    XCuad = vX * vX: txcuad = txcuad + XCuad
    XY = vX * vY: txy = txy + XY

  scxy = txy - ((tVx * tvy) / 4)
  scx = txcuad - ((tVx * tVx) / 4)
  b1 = (scxy / scx)
  b0 = (1 / 4) * (tvy - (b1 * tVx))
  y = b0 + (Round(b1, 2) * ValorX)

  Regresion = y
End Function

************************************************************

Private Function Filtrado()

 Dim Cont As Integer

 Cont = 0
 LblCaptura.Visible = False

 For Pos = 0 To 21 Step 3
  Text1.Text = CDec(Text1.Text)
  Text1.SelStart = Pos
```

```
  Text1.SelLength = 3

  Select Case Cont
    Case 0
       Reac1.Caption = Text1.SelText
       Reporte.Reac1.Caption = Reac1.Caption
       LblInt1.Visible = True
       Lbl1Int1.Visible = True
       Reac1.Visible = True
    Case 1
       Mov1.Caption = Text1.SelText
       Reporte.Mov1.Caption = Mov1.Caption
       LblBarra1.Visible = True
       Mov1.Visible = True
    Case 2
       Reac2.Caption = Text1.SelText
       Reporte.Reac2.Caption = Reac2.Caption
       LblInt2.Visible = True
       Lbl1Int2.Visible = True
       Reac2.Visible = True
    Case 3
       Mov2.Caption = Text1.SelText
       Reporte.Mov2.Caption = Mov2.Caption
       LblBarra2.Visible = True
       Mov2.Visible = True
    Case 4
       Reac3.Caption = Text1.SelText
       Reporte.Reac3.Caption = Reac3.Caption
       LblInt3.Visible = True
       Lbl1Int3.Visible = True
       Reac3.Visible = True
    Case 5
       Mov3.Caption = Text1.SelText
       Reporte.Mov3.Caption = Mov3.Caption
       LblBarra3.Visible = True
       Mov3.Visible = True
    Case 6
       Reac4.Caption = Text1.SelText
       Reporte.Reac4.Caption = Reac4.Caption
       LblInt4.Visible = True
       Lbl1Int4.Visible = True
       Reac4.Visible = True
    Case 7
       Mov4.Caption = Text1.SelText
       Reporte.Mov4.Caption = Mov4.Caption
       LblBarra4.Visible = True
       Mov4.Visible = True
  End Select

  Cont = Cont + 1
Next

With Reporte.MSChart1
  '***********************************
  .Column = 1

  .Row = 1
  .Data = 0
```

```
  .Row = 2
  .Data = 400

  .Row = 3
  .Data = 800

  .Row = 4
  .Data = 1200

  .Row = 5
  .Data = 1600

  '************************************
  .Column = 2

  .Row = 1
  .Data = Regresion(0)

  .Row = 2
  .Data = Regresion(1)

  .Row = 3
  .Data = Regresion(2)

  .Row = 4
  .Data = Regresion(3)

  .Row = 5
  .Data = Regresion(4)

 End With

 VerRep.Visible = True
 ImprimeRep.Enabled = True
 VerReport.Enabled = True

End Function

'**************************************************************


Private Sub Command2_Click()
 Resp = MsgBox("¿Desea salir del programa?", vbYesNo + vbQuestion, "Medidor de Reacciones
Humanas")

 If Resp = 6 Then
  End
 End If

End Sub

'**************************************************


Private Sub Form_Initialize()
 NumPuertos = 1
End Sub

Private Sub ImprimeRep_Click()
```

```
 Reporte.PrintForm
End Sub

Private Sub Iniciar_Click()
 Dim Resp As Variant
 On Error GoTo Mensaje

 If (Nombre.Text = "" Or Edad.Text = "" Or Sexo.Text = "(Seleccione)" Or Not IsNumeric(Edad.Text)) Then
  Resp = MsgBox("Ingrese los datos correctamente", vbInformation, "Medidor de Reacciones Humanas")
  Exit Sub
 End If

 If Iniciar.Caption = "Ingresar/Iniciar" Then
  For i = 1 To NumPuertos
   MSComm1.CommPort = i
   MSComm1.PortOpen = True
  Next
  Iniciar.Picture = LoadPicture("images/Parar.gif")
  Iniciar.Caption = "Capturando.."
  LblCaptura.Caption = "Capturando información..."
  LblNombre.Caption = UCase(Nombre.Text)
 ElseIf Iniciar.Caption = "Capturando.." Then
  For i = 1 To NumPuertos
   MSComm1.PortOpen = False
  Next
  Iniciar.Picture = LoadPicture("images/Pesar.gif")
  Iniciar.Caption = "Ingresar/Iniciar"
  LblCaptura.Caption = "Captura no iniciada"
  LblNombre.Caption = "(Ninguno)"

 Else
  Limpiar
  Iniciar.Picture = LoadPicture("images/Pesar.gif")
  Iniciar.Caption = "Ingresar/Iniciar"
  Exit Sub
 End If

 Load Reporte
 Reporte.Hora = Hora.Caption
 Reporte.Fecha = Fecha.Caption
 Reporte.Nombre = UCase(LblNombre.Caption)
 Reporte.Edad = Edad.Text
 Reporte.Sexo = Sexo.Text


Mensaje:
  If Err.Number = 8002 Then
   Resp = MsgBox("!Imposible inicializar el puerto COM " & i & "!", vbCritical, "Medidor de Tiempo de Reacción - Captura de datos")
  End If

End Sub


********************************************************************

Private Function Limpiar()
```

```
  Nombre.Text = ""
  Edad.Text = ""
  Sexo.Text = "(Seleccione)"
  LblNombre.Caption = "(Ninguno)"

  LblInt1.Visible = False
  Lbl1Int1.Visible = False
  Reac1.Visible = False
  LblBarra1.Visible = False
  Mov1.Visible = False

  LblInt2.Visible = False
  Lbl1Int2.Visible = False
  Reac2.Visible = False
  LblBarra2.Visible = False
  Mov2.Visible = False

  LblInt3.Visible = False
  Lbl1Int3.Visible = False
  Reac3.Visible = False
  LblBarra3.Visible = False
  Mov3.Visible = False

  LblInt4.Visible = False
  Lbl1Int4.Visible = False
  Reac4.Visible = False
  LblBarra4.Visible = False
  Mov4.Visible = False

  VerRep.Visible = False
  ImprimeRep.Enabled = False
  VerReport.Enabled = False

  LblCaptura.Caption = "Captura no iniciada"
  LblCaptura.Visible = True

  Nombre.Text = ""
  Nombre.SetFocus
End Function

****************************************************************

Private Sub MSComm1_OnComm()
Dim Cont, Pos As Integer

Cont = 0

 Select Case MSComm1.CommEvent

   ' Errores
      Case comBreak
        MsgBox ("Se ha recibido una interrupción")

      Case comEventFrame
        MsgBox ("Error de trama")

      Case comEventOverrun
        MsgBox ("Datos perdidos")
```

```
    Case comEventRxOver
      MsgBox ("Desbordamiento del búfer de recepción")

    Case comEventRxParity
      MsgBox ("Error de paridad")

    Case comEvReceive
       'MsgBox ("Recibido nº SThreshold de caracteres")

       Text1.Text = MSComm1.Input
       Filtrado

    MSComm1.PortOpen = False

  End Select
End Sub

*****************************************************************

Private Sub Salida_Click()
 End
End Sub

 Private Sub Text1_Keypress(KeyAscii As Integer)
   If Not IsNumeric(Chr$(KeyAscii)) And KeyAscii <> 8 Then KeyAscii = 0
 End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
 Hora.Caption = Time
 Fecha.Caption = Date
End Sub

Private Sub VerRep_Click()
 Iniciar.Picture = LoadPicture("images/Nuevo.gif")
 Iniciar.Caption = "Nuevo"


 Reporte.Show
End Sub

****************************************************************

Private Sub VerReport_Click()
 Iniciar.Picture = LoadPicture("images/Nuevo.gif")
 Iniciar.Caption = "Nuevo"


 Reporte.Show
End Sub
```

El programa arranca con un contador cuya función es hacer incrementar la barra de progreso, seguido de esto aparece nuestra pantalla en la cual se procede a ingresar los datos del paciente cuya funcionalidad consiste en comenzar a crear nuestro reporte final, tomando en cuenta que si no se han ingresado correctamente todos los datos requeridos, no se podrá establecer la comunicación con el equipo y con esto no se iniciará la recepción de los datos. A continuación se procede a capturar los datos provenientes del equipo, para lograr este cometido, el programa utiliza un buffer que primero se encarga de recopilar todos los datos que son enviados y almacenarlos como una trama de 24 caracteres, las cuales son separadas en grupos de tres para organizarlas de manera que, el primer grupo corresponda al tiempo de reacción de la muestra #1, el segundo grupo corresponda al tiempo de movimiento #1, el tercer grupo corresponda al tiempo de reacción de la muestra #2 y así sucesivamente hasta llegar al último grupo correspondiente al tiempo de movimiento de la muestra #4 y con esto haber organizado de una manera clara los 24 caracteres con los cuales se procede a trabajar para conseguir construir la curva que permita al usuario visualizar en un reporte final, de una manera clara, cual ha sido el resultado de las muestras tomadas.

Una vez que se tiene organizado los datos antes mencionados, se toma solamente los valores correspondientes a los tiempos de reacción y los metemos dentro de la función asignada para realizar una regresión lineal y de esta manera obtener la curva ***Número de Posibilidades vs Tiempo de Reacción***.

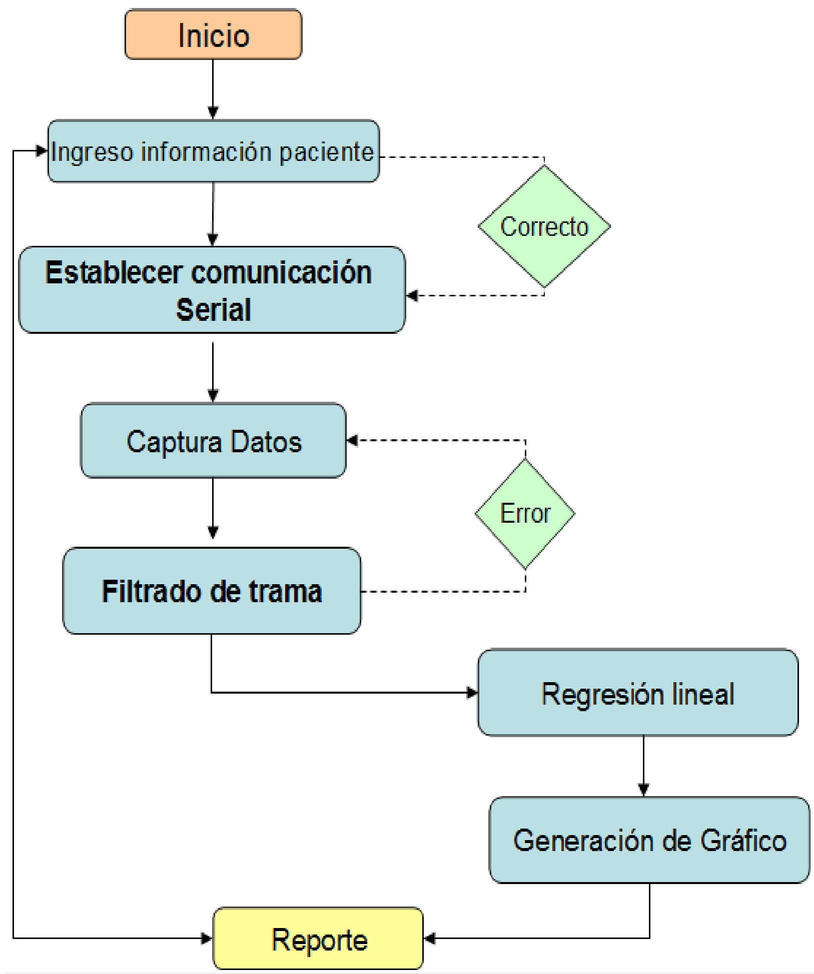
Dentro del programa se hace uso de un objeto llamado MSComm1 se encarga de abrir los puertos disponibles y una vez que los haya encontrado se prepara para recibir información. Este tiene ya definidos parámetros de comunicación serial estándar como son: 9600 bits por segundo, no posee bit de paridad o que posee bit de paridad 1, no posee ningún **Handshaking** (un tipo de protocolo), etc. En lo único en que se diferencia, es que, este programa reconoce una trama luego que se han transferido 24 caracteres.

Una vez que los datos han sido recibidos y las tramas ya han sido definidas, el objeto MSComm1 genera un evento llamado **OnComm**, entonces se procede a categorizar el evento generado como por ejemplo; si es un **comBreak** significa que ha ocurrido una interrupción durante la transmisión de los datos, si es un **comEventFrame** entonces se tiene que existe un error en la trama recibida, si es un **comEventOverrun** esto indica que se han perdido datos, si es un **comEventRxOver** quiere decir que hay un desbordamiento en el búfer de recepción, si es un **comEventRxParity** entonces existe un error de paridad y si es un **comEvReceive** significa que se ha recibido un número SThreshold de caracteres lo cual es lo que normalmente se espera para continuar con el desarrollo del programa.

Una vez terminado este proceso, se almacena la trama dentro de una variable oculta llamada **Text1.Text**, la cual ingreso a la función de filtrado que se encarga de dividir y ubicar a cada grupo dentro de un caso particular que no hace mas que categorizar los datos correspondientes a los tiempos de reacción y tiempos de movimiento de cada una de las cuatro muestras tomadas.

La construcción del gráfico se la realiza con la función **Reporte.MSChart1**, la cual permite colocar los puntos obtenidos correspondientes a los tiempos de reacción de cada una de las pruebas realizadas, sin preocuparse de la presentación del gráfico, porque la escala se acomoda automáticamente de tal manera de que se obtenga una presentación adecuada de la gráfica.

Diagrama de Flujo del Programa de Adquisición de Datos



CAPÍTULO V

5. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

5.1. Manual de Usuario

El Medidor del Tiempo de Reacción Humana es un equipo que permite calcular, en promedio, el tiempo que una persona toma en reaccionar físicamente ante un estímulo luminoso. Para obtener los datos primarios y poderlos procesar es necesario realizar la prueba en diferentes pasos que se describirán a continuación:

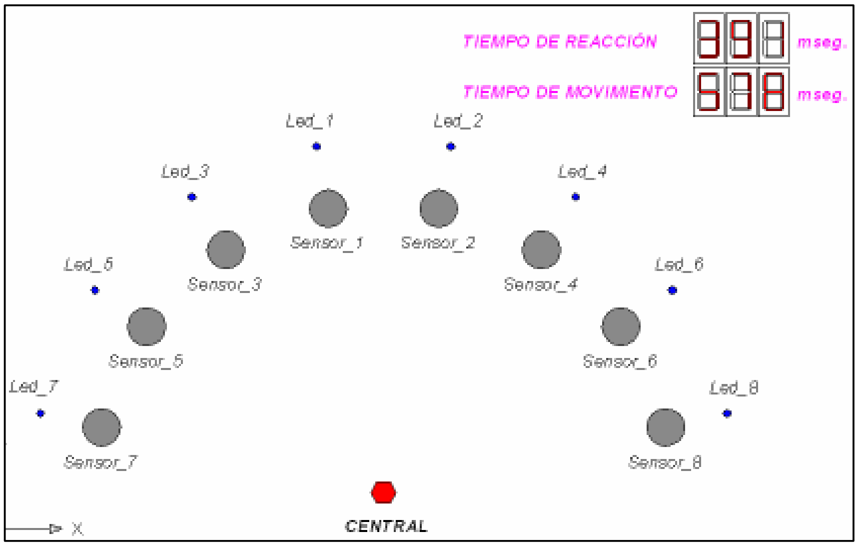


Fig. 5.1. Distribución de la botonera central, indicadores luminosos, sensores táctiles y despliegues visuales en el equipo.

Encendido del Equipo

- ✓ Ubicar el interruptor etiquetado ***ON/OFF*** en la posición que permita encender su respectivo indicador luminoso.
- ✓ En caso de que el indicador luminoso no encendiera, entonces se procede a revisar el estado del fusible.

Toma de Muestra #1

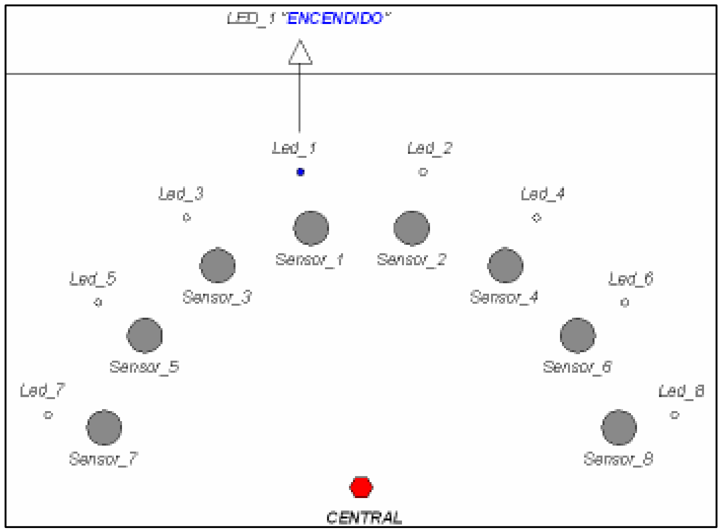


Fig. 5.2. Muestra #1.

- ✓ Mantener pulsada la botonera ***CENTRAL***, hasta que se encienda el ***LED_1***.
- ✓ Cuando el ***LED_1*** se haya encendido, se debe soltar la botonera ***CENTRAL*** y tocar el sensor correspondiente al indicador luminoso encendido.

Toma de Muestra #2

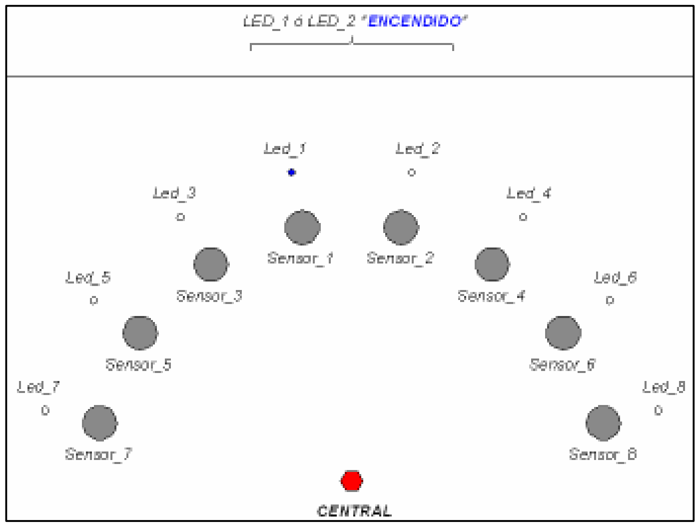


Fig. 5.3. Muestra #2.

- ✓ Mantener pulsada la botonera ***CENTRAL*** hasta que se encienda el ***LED_1*** o ***LED_2***.
- ✓ Una vez que se haya encendido cualquiera de los dos indicadores luminosos antes mencionados, se debe soltar la botonera ***CENTRAL*** y tocar el sensor correspondiente al indicador luminoso encendido.

Toma de Muestra #3

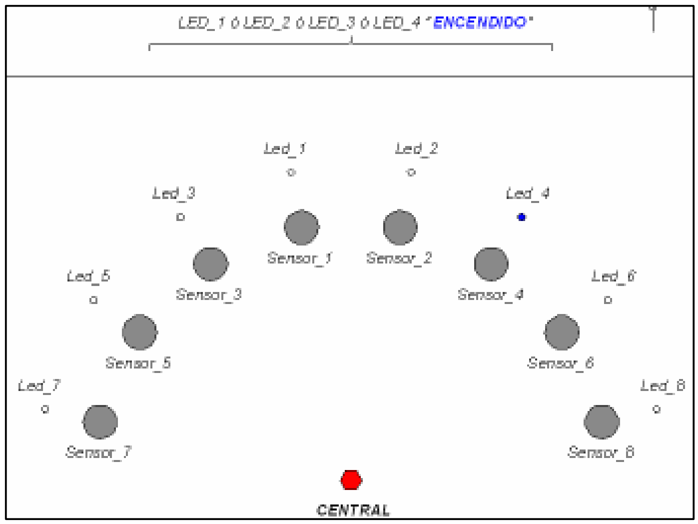


Fig. 5.4. Muestra #3.

- ✓ Mantener pulsada la botonera ***CENTRAL*** hasta que se encienda el ***LED_1*** o ***LED_2*** o ***LED_3*** o ***LED_4***.
- ✓ Una vez que se haya encendido cualquiera de los cuatro indicadores luminosos antes mencionados, se debe soltar la botonera ***CENTRAL*** y tocar el sensor correspondiente al indicador luminoso encendido.

Toma de Muestra #4

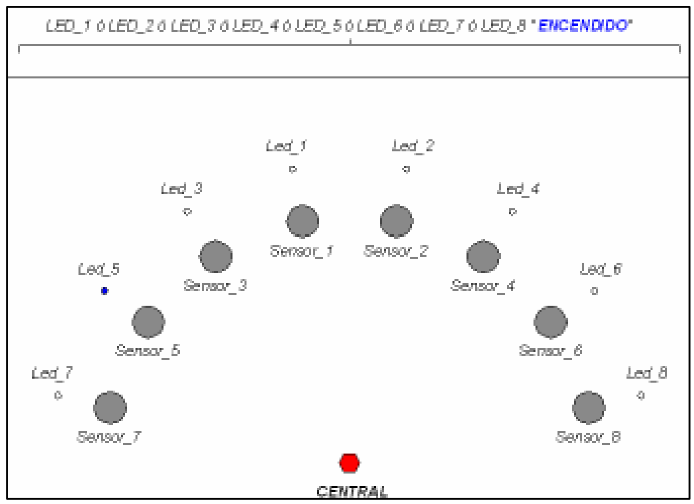


Fig. 5.5. Muestra #4.

- ✓ Mantener pulsada la botonera ***CENTRAL*** hasta que se encienda el ***LED_1*** o ***LED_2*** o ***LED_3*** o ***LED_4*** o ***LED_5*** o ***LED_6*** o ***Led_7*** o ***LED_8***.
- ✓ Una vez que se haya encendido cualquiera de los ocho indicadores luminosos antes mencionados, soltar la botonera ***CENTRAL*** y tocar el sensor correspondiente al indicador luminoso encendido.

Visualización del Tiempo de Reacción y Tiempo de Movimiento

- ✓ Al momento que la muestra número cuatro haya sido tomada, aparecerán automáticamente los tiempos de reacción y tiempo de movimiento en la escala de milisegundos, en los despliegues visuales ubicados en la parte superior derecha del equipo, distribuidos cada tiempo en una fila de tres dígitos de siete segmentos previo a la visualización del texto ***dt4*** durante un segundo en la fila superior, lo que indica que los datos presentados posteriormente corresponden a la muestra cuatro.

Fig. 5.6. Gráfica que indica que los tiempos que aparecerán a continuación corresponden a la muestra #4.

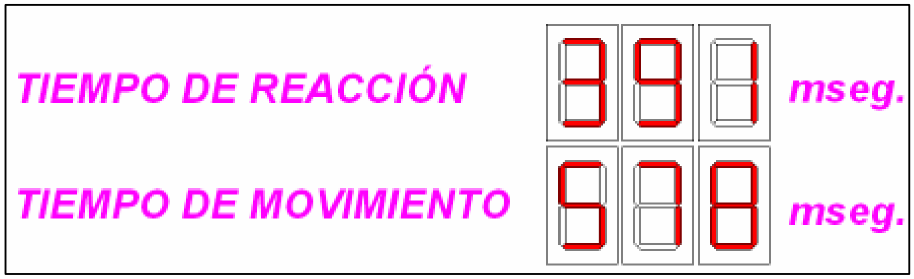


Fig. 5.7. Tiempo de reacción y tiempo de movimiento de la muestra #4.

- ✓ Para observar los tiempos de reacción y movimiento correspondiente a la muestra, sólo se necesita presionar y soltar la botonera ***CENTRAL*** una vez e inmediatamente se visualizará en la fila superior el texto ***dt1*** durante un segundo; seguido de esto aparecerán los tiempos correspondientes a dicha muestra.

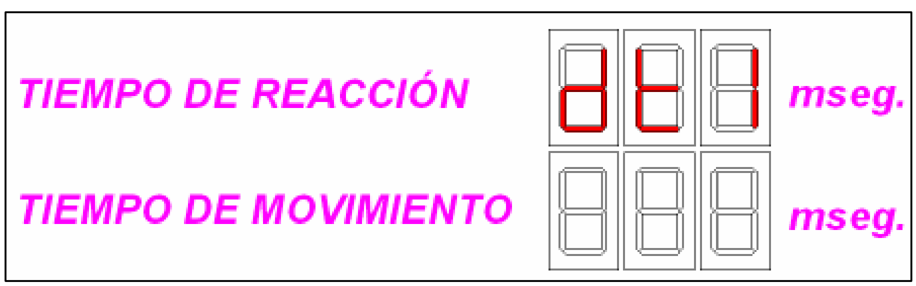


Fig. 5.8. Gráfica que indica que los tiempos que aparecerán a continuación corresponden a la muestra #1.

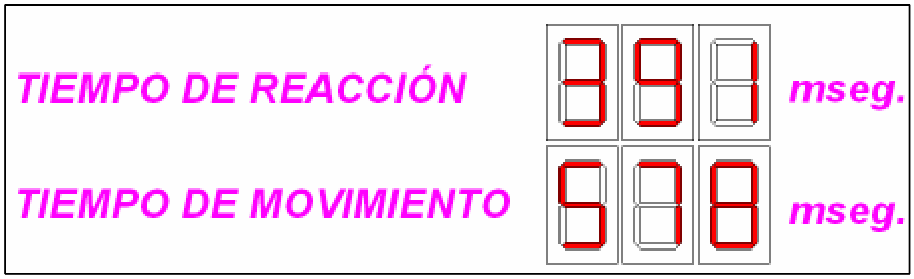


Fig. 5.9. Tiempo de reacción y tiempo de movimiento de la muestra #1.

✓ Para observar los tiempos de reacción y movimiento correspondiente a la muestra dos, sólo se debe presionar y soltar nuevamente la botonera ***CENTRAL*** una vez e inmediatamente se visualizará en la fila superior el texto ***dt2*** durante un segundo; seguido de esto aparecerán los tiempos correspondientes a dicha muestra.

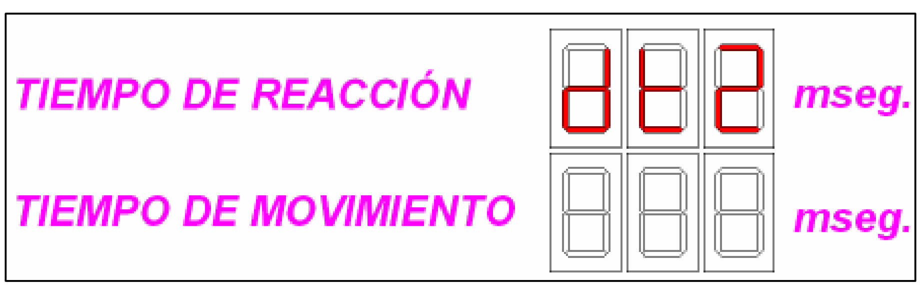
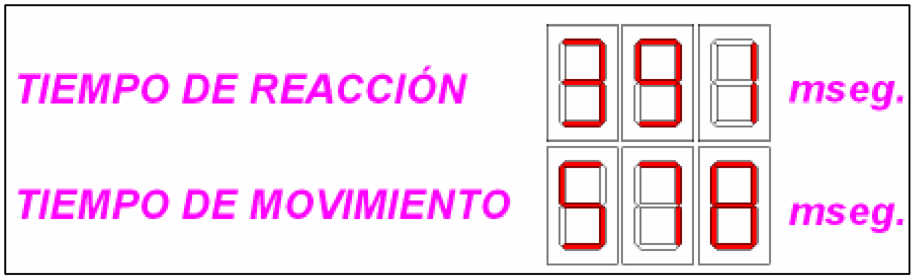


Fig. 5.10. Gráfica que indica que los tiempos que aparecerán a continuación corresponden a la muestra #2.



g. 5.11. Tiempo de reacción y tiempo de movimiento de la muestra #2.

- ✓ Para observar los tiempos de reacción y movimiento correspondiente a la muestra tres, sólo se debe presionar y soltar una vez más la botonera ***CENTRAL*** una vez e inmediatamente se visualizará en la fila superior el texto ***dt3*** durante un segundo; seguido de esto aparecerán los tiempos correspondientes a dicha muestra.

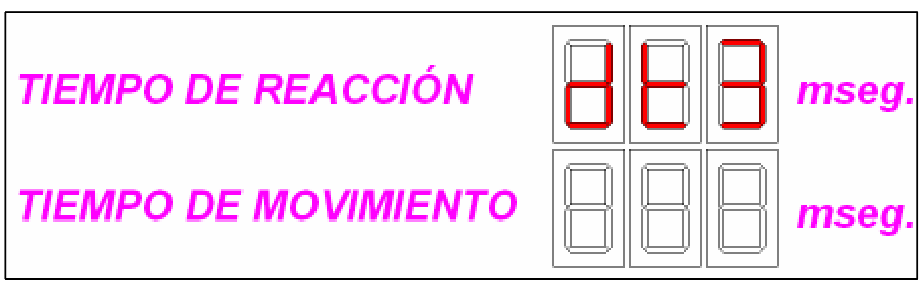


Fig. 5.12. Gráfica que indica que los tiempos que aparecerán a continuación corresponden a la muestra #3.

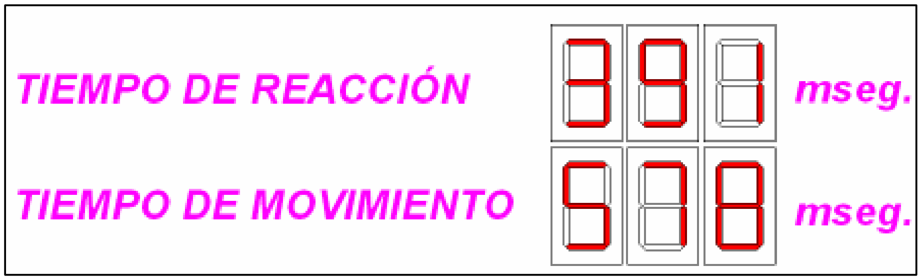


Fig. 5.13. Tiempo de reacción y tiempo de movimiento de la muestra #3.

- ✓ Se puede seguir observando indefinidamente los datos uno tras otro, simplemente presionando y soltando la botonera ***CENTRAL.***

Transmisión de Datos al Computador

- ✓ Cargar el programa ***TIEMPO DE REACCIÓN HUMANA*** en el computador.

Fig. 5.14. Gráfica que muestra la inicialización del programa "Medidor del Tiempo de Reacción Humana".

- ✓ Una vez que aparece en pantalla la interfase del programa se procede a llenar los datos personales del paciente como son ***NOMBRE***, ***EDAD***, ***SEXO*** y luego se selecciona el ícono ***INGRESAR/INICIAR,*** para seguidamente presionar la botonera ***TX*** del equipo. Mediante este procedimiento se transfieren los datos que luego de unos pocos segundos aparecerán de manera ordenada y amigable en la ventana del programa junto con los datos del paciente ingresados anteriormente, la fecha y la hora actualizadas. Una vez que se terminaron de transmitir los datos desde el equipo hacia el computador automáticamente se resetea el equipo y queda listo para ser utilizado nuevamente.

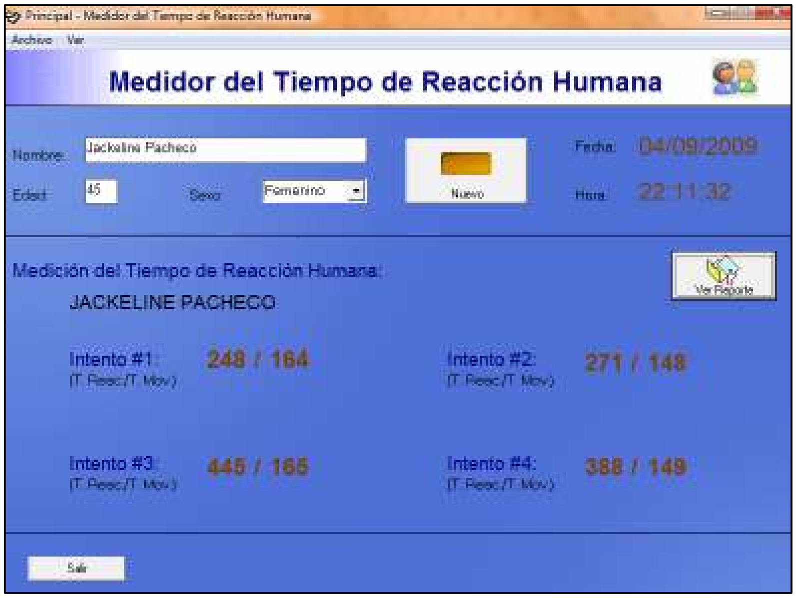


Fig. 5.15. Ventana principal del programa "Medidor del Tiempo de Reacción Humana"

Visualización de la Curva Número de Posibilidades vs Tiempo de Reacción

- ✓ Se debe seleccionar el ícono ***VER REPORTE*** que se muestra en la pantalla. Al hacer esto aparecerá la curva correspondiente a las muestras obtenidas junto con todos los datos anteriormente descritos en el procedimiento anterior.

Fig. 5.16. Ventana donde se muestra la curva obtenida.

Imprimir Reporte

✓ Para imprimir el gráfico junto con los resultados se debe ubicar en la barra de tareas para luego seleccionar ***ARCHIVO*** y después hacer lo propio en ***IMPRIMIR***.

Reiniciar el Equipo

✓ Para reiniciar el equipo y de esta manera proceder a tomar una nueva muestra se debe pulsar la botonera RESET.

Muestras Inválidas

- ✓ Cuando el paciente se ha demorado más de 999 milisegundos en soltar la botonera ***CENTRAL*** (Tiempo de Reacción) luego que un indicador luminoso se ha encendido, se visualizará durante un segundo en la fila superior correspondiente a de los despliegues visuales los caracteres ***Err***, indicando que la muestra es inválida y automáticamente se reiniciará el equipo.
- ✓ Cuando el paciente se ha demorado mas de 999 milisegundos en tocar el sensor correspondiente al indicador luminoso encendido luego de haber soltado la botonera ***CENTRAL*** (Tiempo de Movimiento), se visualizará durante un segundo en la fila superior de los despliegues visuales los caracteres ***Err***, indicando que la muestra es inválida y automáticamente se reiniciará el equipo.

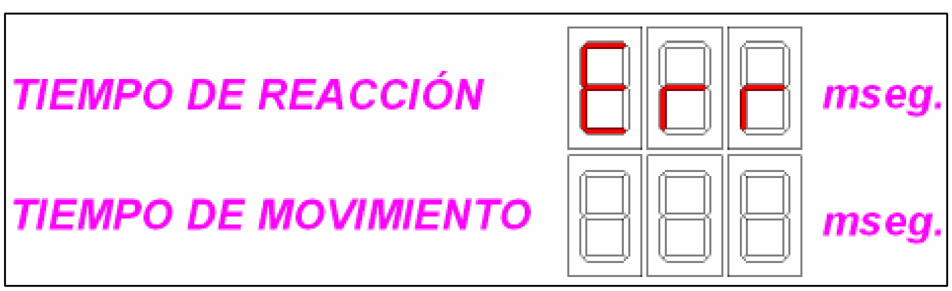


Fig. 5.17. Mensaje de error.

5.2. Especificaciones Técnicas

Eléctricas

Voltaje de Alimentación = 115 Vac

Frecuencia de Entrada = 60 Hz

Voltaje de Operación = 6 Vdc

Cristal de Cuarzo = 20 MHz

Comunicación = Puerto Serie

Conector de Comunicación = RS232

Mecánicas

Construido en plancha de hierro negro de 1.1 milímetros de espesor.

Pintura de fondo epóxico uniprimer.

Pintura de acabado electrostática horneable.

Color Beige RAL 7032.

Peso = 10 libras

Dimensiones en centímetros:

Longitud: 40 Altura: 20 Profundidad: 28

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1) El rediseñar el equipo que actualmente forma parte del Laboratorio de Electrónica Médica, que ayuda a medir el tiempo de reacción humana ante un estímulo luminoso, utilizando un microcontrolador como gobernador del sistema principal, permitió simplificar de manera significativa la cantidad de elementos electrónicos (como por ejemplo memorias RAM, EPROM) necesarios para poder implementar el equipo, que de forma análoga ayuda a demostrar la ley de Hick.

2) El haber elaborado un software que permita capturar los datos correspondientes a los tiempos de reacción para luego de realizar

una linealización de los mismos y puedan ser visualizados mediante un gráfico en la pantalla de una PC, permite al usuario realizar un mejor diagnóstico de los resultados obtenidos.

3) También, el uso del microcontrolador permite utilizar una estructura de programación más amigable y conocida como lo es el lenguaje de programación C, el cual al ser un lenguaje estructurado, permite generar un código más claro y sencillo que el lenguaje de máquina usado con el microprocesador del equipo actual.

4) Al tratarse de una cantidad reducida de datos a transmitirse hacia la PC para la implementación de la interfaz gráfica, se decide utilizar un puerto de transmisión serial lo cual resulta más económico debido a que su constitución física está compuesta de un menor número de líneas además que a nivel de computadoras portátiles existe la facilidad de convertidores de puerto serial a puerto USB (Bus Universal en Serie).

5) La ley de Hick se basa estrictamente a una función logarítmica, para lo cual, la utilización de un lenguaje de programación visual

como interfaz gráfica es un elemento importante al momento de analizar los datos obtenidos de las muestras tomadas con el equipo, para esto se utilizó un programa basado en el lenguaje Visual Basic.

6) En el análisis que se ha realizado en este proyecto se puede comprobar que el tiempo de reacción es linealmente proporcional respecto al logaritmo de base 2 del número de alternativas, esto implica que la ley de Hick está vigente**.**

7) Se concluye así mismo que, mientras menor es la pendiente de la curva ***Número de posibilidades vs Tiempo de Reacción*** graficada por el software, menor es el tiempo de reacción.

8) Además, se puede verificar que a medida que el usuario repite la prueba, disminuye la pendiente de la curva, lo que indica que su tiempo de reacción es menor a debido a que se familiariza con la prueba.

Recomendaciones

1) Se propone como mejora a la versatilidad del equipo la implementación de una pantalla de cristal líquido, dónde además de mostrar los datos de tiempos de reacción y movimiento se pueda mostrar la curva Número de Posibilidades vs Tiempo de Reacción y de esta manera independizar totalmente el equipo de la PC.

2) Se sugiere cambiar el puerto de transmisión de datos serial por un puerto USB, debido a que en la actualidad ya no se encuentran disponibles en las computadoras de última generación.

3) Se recomienda que al momento de realizar la toma de muestras se identifique previamente el tipo de prueba a realizar, es decir, si se va a detallar al usuario el funcionamiento del equipo de manera básica (datos aleatorios), si se va a detallar el funcionamiento sin practicar previamente (datos estáticos no familiares), o si se va a detallar el funcionamiento completo del equipo realizando una práctica previa por parte del usuario (datos estáticos familiares).

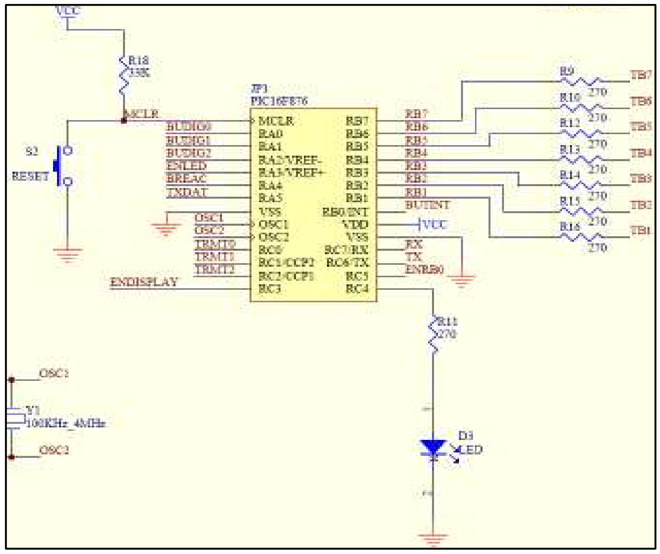
BIBLIOGRAFÍA

- W. E. Hick, **On the rate of gain of information**, Quarterly Journal of Experimental Psychology, 4:11-26, 1952.
- Maiche Alejandro, **Tiempo de Reacción al Inicio del Movimiento: Un Estudio sobre la Percepción de la Velocidad,** Tésis Doctoral, Barcelona-España, 2002.
- Oña Sicilia Antonio, **La Complejidad Motora y su Aprendizaje,** Editorial Limusa, 4ta. Edición, México, 2001.
- R. Hyman, **Stimulus information as a determinant of reaction time,** Journal of Experimental Psychology, 45:188-196, 1953.
- Electrónica Estudio, **Interfase Serial RS232 de I/O Módulo de 5 entradas y 3 salidas,** www.electronicaestudio.com
- Wikipedia, **Hick's Law,** http://en.wikipedia.org/wiki/Hick%27s_law
- Wikipedia, **Arthur Jensen,** http://en.wikipedia.org/wiki/Arthur_Jensen

- University of Texas at Arlington, **George Kondraske,** https://www.uta.edu/ra/real/editprofile.php?pid=219&view=0&onlyview=1&highlight
- Electrical Engineering Faculty UTA, **George Kondraske,** http://www-ee.uta.edu/EEDept/Faculty/kondraske.htm
- Enciclopedia Multimedia Virtual Interactiva, **Regresión Lineal,** http://www.eumed.net/cursecon/medir/index.htm
- Wikipedia, **Regresión Lineal Simple,** http://es.wikipedia.org/wiki/Regresi%C3%B3n_lineal
- Wikipedia, **Jensen Box,** http://en.wikipedia.org/wiki/Jensen_Box
- Data Sheet Catalog, **PIC16F876 - 74LS138 – 74151 – LM555,** http://www.datasheetcatalog.com/

ANEXO 1

JP1 – PIC 16F876A

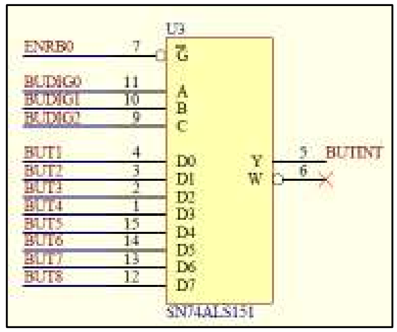


NOMBRE DEL PIN	NUMERO DEL PIN	DESCRIPCION
¬MCLR/Vpp	1	Entrada que viene de la botonera Reset.
RA0/AN0	2	Salidas que llevan la señal del indicador luminoso que deberá encenderse tanto al integrado U1 (74LS138) y su correspondiente sensor táctil en el integrado U4 (74151).
RA1/AN1	3	
RA2/AN2/VREF-	4	
RA3/AN3/VREF+	5	Salida para que habilita al integrado U1 (74LS138) para que pueda ser encendido el indicador luminoso.
RA4/T0CKI/C1OUT	6	Entrada que viene de la botonera Central del Equipo, que le indica al PIC que genere las señales que permitan encender un indicador luminoso y habilitar su correspondiente sensor táctil.
RA5/AN4/¬SS/C2OUT	7	Entrada que viene de la botonera TX (transferir dato)
VSS	8	Referencia a Tierra
OSC1/CLKIN	9	Entradas que vienen de la configuración del reloj externo por medio del cristal de cuarzo de 20 Mhz.
OSC2/CLKOUT	10	

RC0/T1OSO/T1CKI	11	Salidas que indican al integrado U2 (74LS138) el correspondiente despliegue visual que debe habilitarse.
RC1/T1OSI/CCP2	12	
RC2/CCP1	13	
RC3/SCK/SCL	14	Salida de habilitación que va hacia el integrado U2 (74LS138) que habilita el despliegue visual correspondiente.
RC4/SDI/SDA	15	Salida para encender el indicador luminoso que señala que el equipo está encendido.
RC5/SDO	16	Salida que le permite al integrado U4 (74151) apagar el indicador luminoso encendido mediante el envío de una señal de interrupción al puerto RB0.
RC6/TX/CK	17	Transmite los datos almacenados en la memoria del PIC.
RC7/RX/DT	18	Recibe datos
VSS	19	Referencia a Tierra
VDD	20	Fuente de alimentación positiva
RB0/INT	21	Entrada de interrupción que viene desde el integrado U4 (74151).
RB1	22	Salidas que forman caracteres en los despliegues visuales habilitados
RB2	23	
RB3/PGM	24	
RB4	25	
RB5	26	
RB6/PGC	27	
RB7/PGD	28	

ANEXO 2

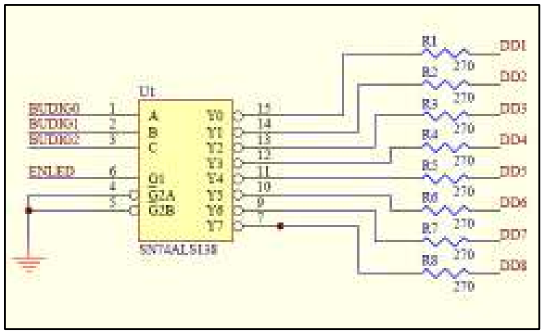
U3 - Multiplexor 74151



NOMBRE DEL PIN	NUMERO DEL PIN	DESCRIPCION
D7	12	Entradas que provienen desde los sensores táctiles.
D6	13	
D5	14	
D4	15	
D3	1	
D2	2	
D1	3	
D0	4	
C	9	Entradas que vienen desde el PIC que seleccionan el número del sensor táctil correspondiente al indicador luminoso encendido
B	10	
A	11	
¬G	7	Entrada proveniente del PIC que habilita o no al integrado.
Y	5	Salida de interrupción que envía al puerto RB0 del PIC.
¬Y	6	-------------------
	8	Tierra
	16	Voltaje de Alimentación

ANEXO 3

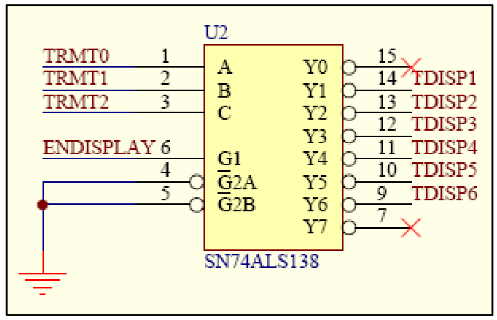
U1 - DEMULTIPLEXOR 74LS138



NOMBRE DEL PIN	NUMERO DEL PIN	DESCRIPCION
C	3	Entradas que vienen desde el PIC que seleccionan el indicador luminoso a ser encendido.
B	2	
A	1	
G1	6	Entrada proveniente del PIC que habilita al integrado.
¬G2A	4	Señal que habilita en dos ternas las señales de salida.
¬G2B	5	
Y0	15	Salidas que llevan la señal correspondiente que permita encender los indicadores luminosos.
Y1	14	
Y2	13	
Y3	12	
Y4	11	
Y5	10	
Y6	9	
Y7	7	
	8	Tierra
	16	Voltaje de Alimentación

ANEXO 4

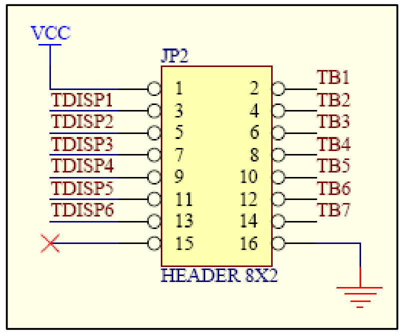
U2 - DEMULTIPLEXOR 74LS138



NOMBRE DEL PIN	**NUMERO DEL PIN**	**DESCRIPCION**
C	3	Entradas que vienen desde el PIC que indican el correspondiente despliegue visual que debe activarse.
B	2	
A	1	
G1	6	Entrada proveniente del PIC que habilita el integrado.
¬G2A	4	Señal que habilita en dos ternas las señales de salida
¬G2B	5	
Y0	15	Salidas que llevan la señal correspondiente, que permita encender los despliegues visuales.
Y1	14	
Y2	13	
Y3	12	
Y4	11	
Y5	10	
Y6	9	
Y7	7	
	8	Tierra
	16	Voltaje de Alimentación

ANEXO 5

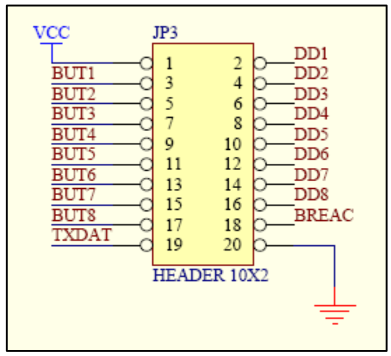
JP2 – HEADER 8 x 2



NUMERO DEL PIN	DESCRIPCION
1	Fuente de alimentación positiva
3	Señales provenientes del integrado U2 (74LS138)
5	
7	
9	
11	
13	
15	-------------------------
2	Señales enviadas a los despliegues visuales.
4	
6	
8	
10	
12	
14	
16	Referencia a Tierra

ANEXO 6

JP3 – HEADER 10 x 2



NUMERO DEL PIN	DESCRIPCION
1	Fuente de alimentación positiva
3	Señales enviadas al PIC
5	
7	
9	
11	
13	
15	
17	
19	Señal enviada al integrado U4 (74151)
2	Señales provenientes desde los sensores táctiles.
4	
6	
8	
10	

12	
14	
16	
18	
20	Referencia a Tierra

ANEXO 7

Regresión Lineal Simple

Sólo se maneja una variable independiente, por lo que sólo cuenta con dos parámetros. Son de la forma:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

donde $\varepsilon_i$es el error asociado a la medición del valor X_i y siguen los supuestos de modo que $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$(media cero, varianza constante e igual a un σ y $\varepsilon_i \perp \varepsilon_j$ con $i \neq j$).

Análisis

Dado el modelo de regresión simple, si se calcula la esperanza (valor esperado) del valor *Y*, se obtiene:

$$E(y_i) = \hat{y}_i = E(\beta_0) + E(\beta_1 x_i) + E(\varepsilon_i)$$

$$= \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i$$

Calculando $\hat{\beta}_0$y $\hat{\beta}_1$. Para esto se buscan dichos parámetros que minimicen $\sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum \hat{\varepsilon}_i^2$

Derivando respecto a $\hat{\beta}_0$y $\hat{\beta}_1$e igualando a cero, se obtiene:

$$\frac{\partial \sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\partial \hat{\beta}_0} = 0$$

$$\frac{\partial \sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\partial \hat{\beta}_1} = 0$$

Obteniendo dos ecuaciones denominadas ecuaciones normales que generan la siguiente solución para ambos parámetros:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum x \sum y - n \sum xy}{\left(\sum x\right)^2 - n \sum x^2} = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2}$$

(12) $$\hat{\beta}_0 = \frac{\sum y - \hat{\beta}_1 \sum x}{n} = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x}$$