

AMPERÍMETRO DIGITAL DE BAJA POTENCIA IMPLEMENTADO CON MICROCONTROLADOR PIC16F877A

RESUMEN

La correcta adquisición y procesamiento de señales para su posterior tratamiento está relacionada en gran medida con el sistema de adquisición y con la forma en que se analicen dichos datos; es pues entonces como surge la necesidad de desarrollar sistemas que nos permitan realizar este tipo de procedimientos de forma más práctica y a un menor costo para múltiples fines.

Es siendo entonces consecuentes con lo anterior como se desarrolló el amperímetro digital, a partir de la adquisición de niveles de corriente mediante un sistema de acondicionamiento, y su posterior retención mediante el sistema de conversión analógico-digital incluido entre los recursos del microcontrolador PIC16F877 con el cual quedan los datos dispuestos para ser analizados dentro del código generado en Mplab.

PALABRAS CLAVE: Frecuencia de muestreo, Microcontrolador, tiempo de adquisición.

ABSTRACT

The correct acquisition and processing of signals for further processing is related largely to the acquisition system and how to analyze the data, is then as the need arises to develop systems that allow us to perform such procedures a more practical and cheaper for multiple purposes.

It is then consistent with the above how the digital ammeter, from the acquisition of current levels through a conditioning system, and subsequent retention by the system including digital-analog conversion between the resources with which the Microcontroller PIC16F877 the data are ready for analysis within the generated code in MPLAB

KEYWORDS: *Sampling frequency, Microcontroller, time of acquisition.*

JAIME ALBERTO FORERO LAGUNA.

Candidato a Ingeniero Electrónico
Universidad tecnológica de Pereira
Jforers21@gmail.com

JOSÉ ANDRÉS CHAVES OSORIO.

Ingeniero Electricista.
Universidad Tecnológica de Pereira.
Especialista en Pedagogía.
Universidad Nacional Abierta y a
Distancia.
Candidato a Magíster en
Instrumentación Física.
Universidad Tecnológica de Pereira.
Profesor Auxiliar.
Universidad Tecnológica de Pereira.
jachaves@utp.edu.co

OMAR ENRIQUE CASTRO HERNÁNDEZ.

Ingeniero Electricista.
Universidad Tecnológica de Pereira.
Candidato a Magíster en Ingeniería
Eléctrica.
Universidad Tecnológica de Pereira.
Profesor Asistente.
Universidad Tecnológica de Pereira.
ramo@utp.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

Es en la baja potencia donde se observa la gran utilidad de este dispositivo, debido a la deficiencia existente en el mercado para proveer instrumentos de medida que ofrezcan buena exactitud para bajas escalas, tan utilizadas en circuitos electrónicos.

Las mediciones de los niveles de corriente son generalmente tomadas de forma indirecta para el caso de la baja potencia; es entonces cuando es necesario recurrir a la implementación de un sistema de acondicionamiento conformado por una etapa de amplificación del nivel de voltaje generado por la caída de tensión sobre un elemento pasivo como la resistencia, que permite obtener un valor proporcional de la corriente que circula a través de ella debido a su comportamiento lineal. Cabe anotar que para poder implementar el dispositivo en el laboratorio debe pasar las respectivas pruebas metrológicas.

2. DEFINICIONES

2.1 EL MICROCONTROLADOR

Se denomina controlador, al dispositivo empleado para la administración de uno o varios procesos.

Aunque el concepto de controlador ha permanecido invariable a través de los tiempos, su implementación era exclusivamente con componentes de lógica discreta; posteriormente se emplearon los microprocesadores, que se complementaban con elementos de memoria y dispositivos de entrada y salida sobre una tarjeta de circuito impreso no integrada.

En los años 70, los fabricantes de circuitos integrados implementaron un nuevo circuito para control, medición e instrumentación al que llamaron microcomputador en un sólo chip o de manera más exacta microcontrolador, que incluía los elementos hasta antes no disponibles en un solo integrado.

Un microcontrolador es entonces un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador, el cual se emplea para como un dispositivo para controlar el funcionamiento de una tarea específica; en su memoria sólo reside un programa destinado a administrar una aplicación puntual una vez programado; sus líneas de entrada/salida soportan la conexión de sensores y actuadores.

Lo anterior significa que una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para la tarea asignada en su programa.

2.1.1 Descripción del modulo CAD (Convertidor analógico-digital).

En la Figura 1 se observa el módulo que permite la conversión de las señales análogas en digitales requerida en la implementación del amperímetro.

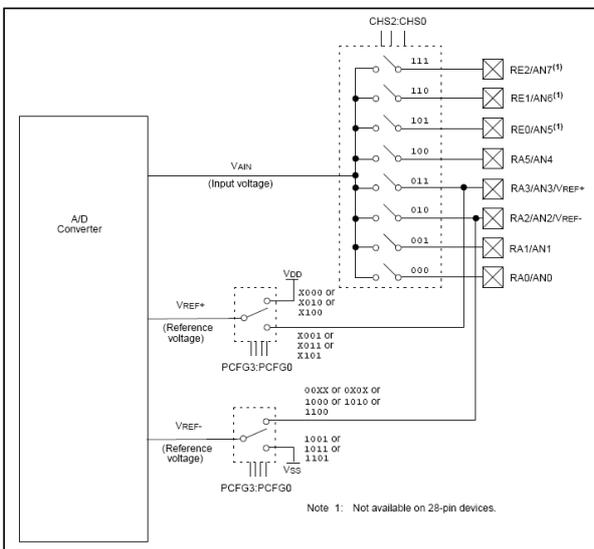


Figura 1. Módulo Conversor A/D.

2.1.2 Descripción de secuencia de conversión.

En la Figura 2 se aprecia un diagrama donde se muestra el tiempo que tarda el módulo conversor A/D para convertir la señal análoga en una digital.

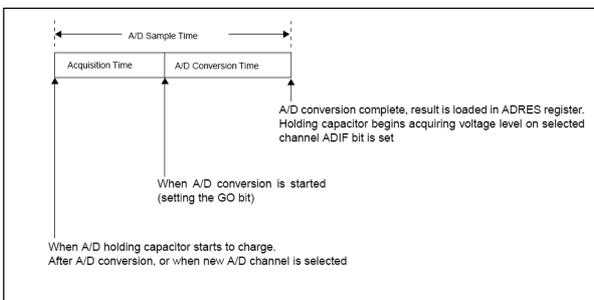


Figura 2. Tiempo de conversión

2.1.3 Descripción de la conversión A/D

El tiempo resultante de conversión estará dado por la sumatoria del tiempo de carga o retención del capacitor interno del micro mas el tiempo de conversión que empezará a contar una vez sea activado el bit GO dentro del código principal y previamente se le haya sido asignado el canal de conversión a utilizar.

3. COMPONENTES BÁSICOS DEL MICROCONTROLADOR.

Los componentes de los que dispone normalmente un microcontrolador son:

- Procesador o CPU (Unidad central de proceso).
- Memoria RAM para almacenamiento de datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM/EEPROM.
- Líneas de E/S para comunicación con el exterior.
- Módulos para el control de periféricos (Temporizadores, puertos serie y paralelo, CAD, etc.)
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

3.1 RECURSOS ESPECIALES DEL MICROCONTROLADOR

Los recursos especiales más comunes que pueden poseer los microcontroladores son los siguientes:

- Temporizador y/o contador.
- Perro guardián o Watchdog.
- Protección ante el fallo de la alimentación.
- Estado de reposo o de bajo consumo.
- Conversor análogo a digital (CAD).
- Conversor digital a análogo (CDA).
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertos de entrada y salidas digitales.
- Puertos de comunicación (USART, USB, SCI, etc.)

Para el desarrollo del proyecto se utiliza un microcontrolador PIC 16F877 de la compañía Microchip por sus características adecuadas, especialmente su conversor analógico a digital incorporado. Existen diferentes modelos de PIC; el uso de uno u otro depende de las exigencias de la implementación, la selección se realiza con base a criterios como el número de líneas de E/S y los recursos que ofrece cada dispositivo.

3.2 SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR

Los requerimientos del proyecto implican la captura de una señal analógica, la entrada y salida de varias señales así como también se busca la implementación de un puerto serial como entrada y salida de datos.

3.2.1 Características principales

- CPU RISC de alto rendimiento
- Grupo de 35 instrucciones
- Todas las instrucciones son de un ciclo excepto aquellas que incluyen saltos que pasan de 2 ciclos.
- Velocidad de Trabajo:
CC - 20 MHz de entrada de reloj
CC - 200 ns ciclo de instrucción
- Hasta 8K x 14 words de memoria FLASH para programa
- Hasta 368 x 8 bytes de memoria de datos (RAM)
- Hasta 256 x 8 bytes de memoria de datos EEPROM
- Manejo de Interrupciones (hasta 14 fuentes)
- Stack de hardware de 8 niveles
- Modo de direccionamiento directo, indirecto y relativo.
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) y Oscillator Startup Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) con el reloj RC Interno para mejor seguridad.
- Protección de código programable.
- Programación serial a través de 2 pines
- Depuración en circuito a través de 2 pines
- Amplio rango de voltaje de trabajo: 2.0V a 5.5V

3.2.2 Características periféricas del microcontrolador PIC 16f877

Características Principales	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	8K
Data Memory (bytes)	368
EEPROM Data Memory (bytes)	256
Interrupts	15
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E
Timers	3
Capture/Compare/PWM modules	2
Serial Communications	MSSP, USART
Parallel Communications	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	8 input channels
Analog Comparators	2
Instruction Set	35 Instructions
Packages	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

Tabla 1. Características periféricas del Microcontrolador PIC 16F877

3.3 DIAGRAMAS DEL PIC16F877

En la Figura 3 se aprecia la distribución de pines en un circuito integrado tipo DIP del PIC 16F877; mientras que en la Figura 4 se observa la distribución interna del mismo microcontrolador en la forma de un diagrama de bloques [1].

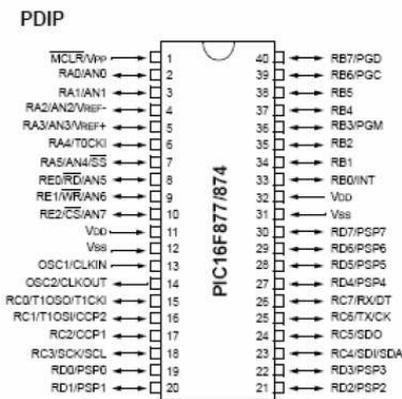


Figura 3. Pines del PIC16F877

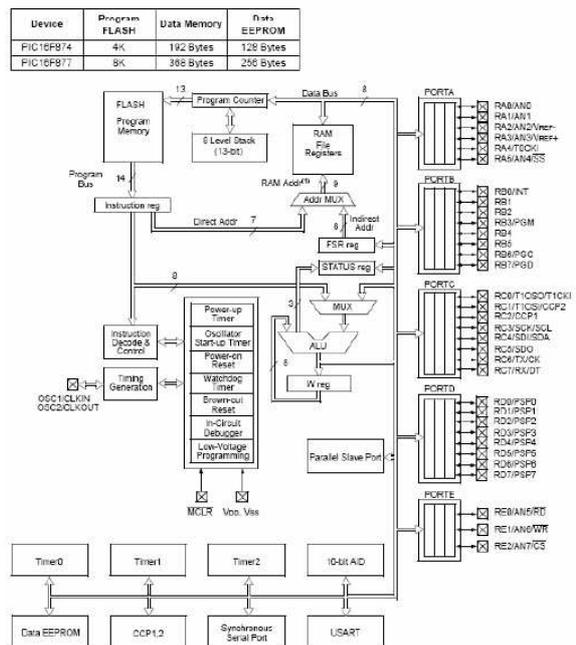


Figura 4. Diagrama de bloques del PIC16F877

4. DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO IMPLEMENTADO

En la Figura 5 se muestra un diagrama circuital del amperímetro digital en el que se incluyen todos los componentes involucrados, como puede apreciarse los resultados de la medición se leen en una pantalla de cristal líquido.

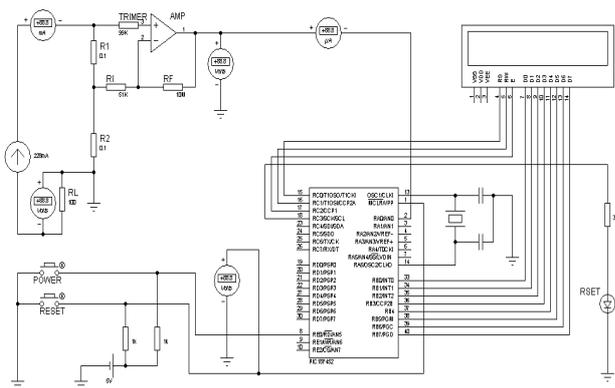


Figura 5. Esquema general del dispositivo

4.1 ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO

La Figura 6 muestra en detalle el circuito utilizado para el acondicionamiento de la señal que va a ser leída por el instrumento.

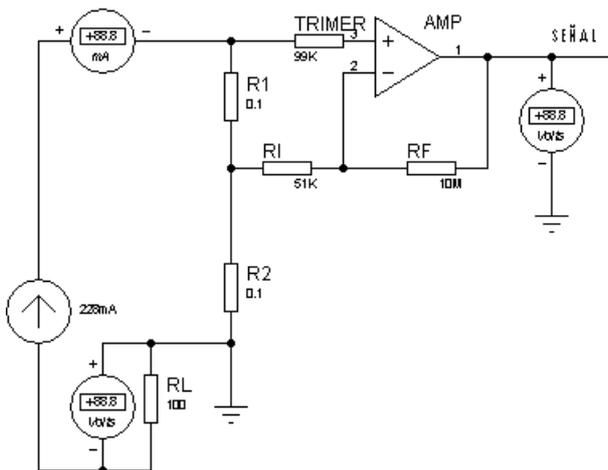


Figura 6. Acondicionamiento de la señal

4.1.1 Descripción de la etapa de acondicionamiento.

El acondicionamiento realizado consta de una etapa de amplificación del nivel de tensión generado por la caída voltaje sobre la resistencia de referencia R1, que forma un divisor de tensión junto con la resistencia R2, y que debido a su bajo valor resistivo genera una despreciable pérdida la cual es usada como referencia para la posterior obtención del nivel de corriente que circula a través de ella; el divisor de tensión es el circuito introducido en el circuito externo al cual se le realizaran las mediciones, es decir se deberán introducir los dos extremos de este, interrumpiendo al circuito externo, para realizar una medida de corriente como se hace comúnmente en dichos casos.

Es después entonces la salida de este circuito la señal ingresada al modulo de conversión digital.

4.2 VISUALIZACIÓN DE LA MEDIDA

En la Figura 7 se muestra un acercamiento a la etapa de visualización en la que el microcontrolador controla la operación de la pantalla LCD, indicando a través de ella el resultado de la medición.

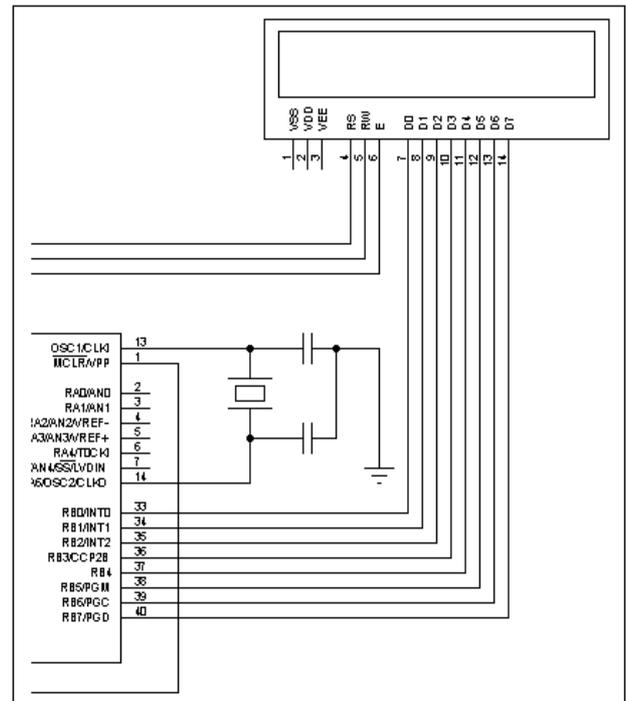


Figura 7. Esquema de visualización.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA Y SU SIMULACIÓN

El lenguaje de programación usado para el desarrollo del sistema es el ensamblador, un lenguaje de programación de bajo nivel de relativamente fácil sintetización y comprensión con el cual fue generado el código fuente encargado de interpretar los valores de las señales obtenidas y su posterior tratamiento para representar las medidas de corriente, esta etapa del proceso también puede realizar programando en C y compilando haciendo uso de software especializado, para citar un caso específico se puede mencionar el IAR [2]. Adicionalmente se utilizó Proteus en su versión 7.4 para simular el circuito completo y realizar ajustes hasta garantizar el adecuado funcionamiento del sistema.

A continuación se describen las rutinas básicas que componen el programa, ellas son: Rutina de inicialización del display, Rutina para la conversión de la señal analógica en digital [3], [4] y finalmente un Rutina para la realización de operaciones.

5.1 RUTINA DE INICIALIZACIÓN DEL DISPLAY.

```

; _____ RUTINAS DE INICIALIZACION DEL DISPLAY _____
INICIALIZACION
; CALL RETARDO_2s
  MOV LW B'00010100'
  MOV W F PORTC
  CALL RETARDO_50us
  MOV LW B'00000000'
  MOV W F PORTB ; INICIALIZAMOS EN LA DIRECCION 0x00h DEL
;                                     DISPLAY
  BCF PORTC, 2
  CALL RETARDO_32ms ; SE ESPERA 32ms
  MOV LW B'00111100'
  BSF PORTC, 2
  MOV W F PORTB ; ASIGNAMOS FORMATO AL DISPLAY
  CALL RETARDO_50us ; SE ESPERA 50us
  BCF PORTC, 2
  CALL RETARDO_50us
  MOV LW B'00001100'
  BSF PORTC, 2 ; HABILITO EL DATO PARA EL ENVIO
  MOV W F PORTB ; ASIGNO ENCENDIDO DEL
;                                     DISPLAY
  CALL RETARDO_50us ; SE ESPERA 50us
  BCF PORTC, 2
  CALL RETARDO_50us
  MOV LW B'00000001'
  BSF PORTC, 2
  MOV W F PORTB ; SE BORRA DISPLAY
  CALL RETARDO_1540us ; SE ESPERA 1540us
  BCF PORTC, 2
  CALL RETARDO_50us
  MOV LW B'00000100'
  BSF PORTC, 2
  CALL RETARDO_50us
  MOV W F PORTB ; SE ASIGNA EL MODO DE ENTRADA DE DATOS
  CALL RETARDO_50us
  BCF PORTC, 2
  CALL RETARDO_50us
  
```

5.2 RUTINA DE CONVERSIÓN ANALÓGICA DIGITAL.

```

; _____ RUTINA_CONVERSION_AD _____
ADC_CURRT
  MOV LW B'10000000'
  MOV W F ADCON0 ; CONFIGURO VELOCIDAD, CANAL, INICIO DE ADC Y
ON_OFF DE ADC
  MOV LW B'00001110'
  MOV W F ADCON1 ; CONFIGURO PINES, VREF+, VREF- Y DESTINO DE LA
CONVERSION
  MOV LW B'10000000'
  MOV W F ADCON0 ; SELECCIONO EL CANAL A LEER
  BSF ADCON0, ADON ; ACTIVO EL CONVERTIDOR
  CALL RETARDO_19us
  BSF ADCON0, 2 ; INICIO LA CONVERSION
END_ADC
  BTFS C ADCON0, 2 ; VERIFICO EL FIN DE LA CONVERSION
  GOTO END_ADC ; SI NO HA FINALIZADO VUELVO A VERIFICAR
  MOV F ADRESH, W ; MUEVO EL VALOR DE LA CONVERSION A W
  MOV W F CURRT ; MUEVO EL VALOR DE LA CONVERSION A CURRT
  BCF ADCON0, ADON ; APAGO EL CONVERTIDOR
; CLRF ADRESH
; CLRF ADRESL ; LIMPIO LOS REGISTROS DE CONVERSION
  
```

Una vez obtenidos los valores de tipo binario, correspondientes a las medidas tomadas por el conversor, se continúa con la etapa de operaciones.

5.3 RUTINA DE OPERACIONES.

```

; _____ RUTINA_OPERACIONES _____
CENTENAS
  CLRF STATUS
  MOV LW .100 ; CARGO W CON LA CONSTANTE 100
  SUB W F CURRT, W ; RESTO CURRT CON LA CONSTANTE 100 Y LO
; ALMACENO EN CURRT
TESTEO BTFS C STATUS, 2 ; TESTEO EL BIT DE OPERACIONES CON RESULTADO
; CERO DE STATUS
  GOTO TS1
  GOTO TS2
TS1
  MOV W F CURRT
  GOTO CENTS1 ; SI EL RESULTADO FUE CERO CARGO CENTS CON 1
TS2
  BTFS S STATUS, 0 ; TESTEO EL BIT DE ACARREO DEL REGISTRO
; STATUS
; SI NO SE GENERÓ UN ACARREO CARGO CENTS CON 0
  MOV W F CURRT ; MUEVO EL VALOR W A CURRT
  MOV LW .100 ; SI NO CARGO NUEVAMENTE W CON LA CONSTANTE
100
  SUB W F CURRT, W ; RESTO NUEVAMENTE CURRT CON LA CONSTANTE 100
  BTFS C STATUS, 2 ; TESTEO EL BIT DE RESULTADO 0
  GOTO CENTS2 ; SI EL RESULTADO FUE CERO CARGO CENTS CON 2
  BTFS S STATUS, 0 ; SI NO SE GENERÓ UN ACARREO CARGO CENTS CON 0
  GOTO CENTS1 ; SI NO SE GENERÓ ACARREO CARGO CENTS CON 2
  MOV W F CURRT ; MUEVO EL VALOR DE W A CURRT
  GOTO CENTS2 ; SI SE GENERÓ ACARREO CARGO CENTS CON 1
CENTS0
  MOV LW '0'
  MOV W F CENTS
  GOTO DECENAS
CENTS1
  MOV LW '1'
  MOV W F CENTS
  GOTO DECENAS
CENTS2
  MOV W F CURRT
  MOV LW '2'
  MOV W F CENTS
  GOTO DECENAS
DECENAS
  MOV LW .10 ; CARGO W CON EL VALOR DE 10
  SUB W F CURRT, W ; RESTO CURRT CON EL VALOR DE LA CONSTANTE 10
  BTFS C STATUS, 2 ; TESTEO EL BIT RESULTADO CERO
  GOTO DECS1 ; SI EL RESULTADO FUE CERO CARGO DECS CON 1
  BTFS S STATUS, 0 ; TESTEO EL BIT DE ACARREO
  GOTO DECS0 ; SI SE GENERÓ ACARREO CARGO DECS CON 0
  MOV W F CURRT ; MUEVO EL VALOR DE W A CURRT
  MOV LW .10 ; RECARGO W CON LA CONSTANTE 10
  SUB W F CURRT, W ; RESTO CURRT CON EL VALOR DE LA CONSTANTE 10
  BTFS C STATUS, 2
  GOTO DECS2
  BTFS S STATUS, 0
  GOTO DECS1
  MOV W F CURRT
  MOV LW .10
  SUB W F CURRT, W
  BTFS C STATUS, 2
  GOTO DECS3
  BTFS S STATUS, 0
  GOTO DECS2
  MOV W F CURRT
  MOV LW .10
  SUB W F CURRT, W
  BTFS C STATUS, 2
  GOTO DECS4
  BTFS S STATUS, 0
  GOTO DECS3
  MOV W F CURRT
  MOV LW .10
  SUB W F CURRT, W
  BTFS C STATUS, 2
  GOTO DECS5
  BTFS S STATUS, 0
  GOTO DECS4
  MOV W F CURRT
  MOV LW .10
  SUB W F CURRT, W
  BTFS C STATUS, 2
  GOTO DECS6
  BTFS S STATUS, 0
  
```

El valor correspondiente a cada uno de los dígitos que conformaran el valor total de la medida, que será mostrada en el LCD, se calcula mediante restas sucesivas; y es almacenado en las variables unidades, decenas y centenas. Luego estos valores son enviados al vector de variables que serán a su vez enviados en forma binaria al display [5].

6. LISTADO DE MATERIALES REQUERIDOS.

Design Title : AMPERIMETRO.DSN
Author :
Revision :
Design Created : sábado, 29 de noviembre de 2008
Design Last Modified : viernes, 12 de diciembre de 2008
Total Parts In Design : 20

5 Resistors

<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
2	R1, R2	0.1
2	R4, R6	1k
1	R5	330

2 Capacitors

<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
2	C1, C2	22p

1 Integrated Circuits

<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
1	U3	PIC18F452

12 Miscellaneous

<u>Quantity:</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
1	AMP	LM324
1	BAT2	5V
1	I1	228mA
1	LCD2	LM032L
1	POWER	POWER
1	RESET	
1	RF	10M
1	RI	51K
1	RL	100
1	RSET	LED-RED
1	TRIMER	99K

6. CONCLUSIONES

- El PIC 16F877 ofrece soluciones económicas y versátiles para el diseño y construcción de sistemas que

requieran la adquisición de datos; aunque presenta como principal desventaja su baja respuesta a señales de alta frecuencia. Este proyecto tiene un rango de frecuencia trabajo entre 1 Hz y 1,5 kHz

- La Programación del microcontrolador es ágil y medianamente sencilla a través de la utilización de compiladores de alto nivel y la amplia disponibilidad de literatura relacionada con el dispositivo.

- La ausencia de operaciones básicas como multiplicadores y divisores en Hardware, disminuye el rendimiento del programa; ya que permanentemente se requiere de su utilización, lo que implica la implementación recursiva de sumas y restas que incrementa el tiempo computacional. Por esta misma condición no es factible implementar una rutina de transformada de Fourier que permita el análisis de señales con múltiples frecuencias.

REFERENCIAS

[1] Página oficial del fabricante del PIC16F87Xa, Microchip [fecha de consulta: 21 de Octubre del 2008]. Disponible en <<http://www.microchip.com> , >.

[2] Página oficial del distribuidor del compilador de C IAR [fecha de consulta: 28 de Octubre del 2008]. Disponible en <<http://www.iar.com>>.

[3] Referencia estadística sobre el tratamiento de los Datos RMS [fecha de consulta: 15 de Octubre del 2008]. Disponible en la dirección electrónica <http://www.mathwords.com/r/root_mean_square.htm>.

[4] Referencia estadística sobre el tratamiento de los Datos RMS [fecha de consulta: 16 de Octubre del 2008]. Disponible en internet en la dirección electrónica <http://www.statcan.ca/english/edu/power/ch11/mean/mean.htm> >.

[5] Página oficial del fabricante de instrumentos de medida Fluke [fecha de consulta: 25 de Octubre del 2008]. Disponible en <<http://www.fluke.com>>.