SUBSECRETARIA DE EDUCACION SUPERIOR

DIRECCION GENERAL DE EDUCACION SUPERIOR TECNOLOGICA

INSTITUTO TECNOLOGICO DE MAZATLAN

INGENIERIA ELECTRONICA

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LA MATERIA

MICROPROCESADORES AVANZADOS

CLAVE DE LA ASIGNATURA: **CMM-0802**

INGENIERIA ELECTRONICA

PRÁCTICA # 1

CALCULADORA CIENTÍFICA

OBJETIVO

Utilizar un microcontrolador de 16 o 32 bits para realizar una calculadora científica.

INTRODUCCIÓN

Los microcontroladores de 16 o 32 bits son capaces de realizar operaciones matemáticas a gran velocidad, ya que integran una poderosa ALU capaz de realizar operaciones de multiplicación, división y algunos pueden efectuar operaciones mas complejas. Se puede realizar casi cualquier cálculos matemático a partir de operaciones mas sencillas como sumas, restas, multiplicaciones y divisiones usando series y métodos numéricos.

En esta práctica se pretende realizar cálculos comunes de calculadoras científicas como funciones trigonométricas y exponenciales, a partir de operaciones sencillas.

INGENIERIA ELECTRONICA

MATERIAL Y EQUIPO

1 Microcontrolador de 16 o 32 bits
1 Teclado de 16 teclas
1 Display LCD de 16x2
1 Oscilador de Cristal
2 Capacitores para el oscilador
(el valor de los capacitores depende de la frecuencia del cristal, véase Tabla 1)
1 Capacitor de 100nF

Fuente de alimentación
Protoboard
Pinzas

Tabla 1. Valores de Capacitores para frecuencias de Cristal [1]

Mode	Frequency	C1,C2 (pF)
LP	32 KHz	33
	200 KHz	15
XT	200 KHz	22-68
	1.0 MHz	15
	4.0 MHz	15
HS	4.0 MHz	15
	8.0 MHz	15-33
	20.0 MHz	15-33
	25.0 MHz	15-33

INGENIERIA ELECTRONICA

PROCEDIMIENTO

1. Construir el circuito de la Figura 1.
2. Diseñar un programa que permita realizar las siguientes operaciones:
   - Suma
   - Resta
   - Multiplicación
   - División
   - Potenciación (x^y)
   - Log_{10}
   - Logaritmo natural
   - e^x
   - Seno
   - Coseno
   - Tan

La calculadora debe tener la capacidad de almacenar el último resultado, para poder realizar más operaciones con este último.

INGENIERIA ELECTRONICA

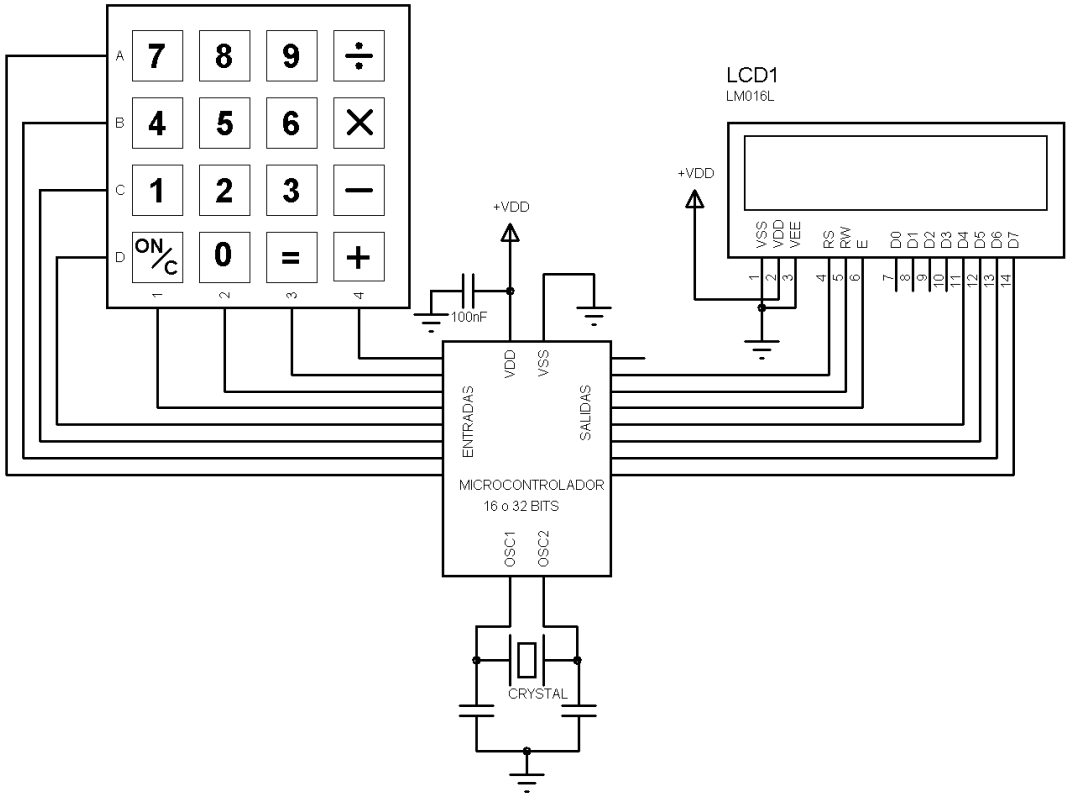

Figura 1

INGENIERIA ELECTRONICA

REPORTE

El reporte de la práctica deberá contener:

- Portada con los datos pertinentes, incluyendo un resumen descriptivo de la práctica, entre 100 y 150 palabras.
- Objetivo de la práctica.
- Marco teórico.
- Metodología empleada (explicar algoritmos mediante diagramas de flujo o de bloques).
- Diagrama esquemático del circuito.
- Listado de programas (se recomienda como apéndice).
- Resultados experimentales obtenidos.
- Conclusiones.
- Bibliografía.

REFERENCIAS

- Ibrahim D., *Advanced PIC Microcontroller Projects in C*, Elsevier, 2008.
- Di Jasio L., *Programming 16 bit Microcontrollers in C*, Elsevier, 2007.
- Di Jasio L., *Programming 32 bit Microcontrollers in C*, Elsevier, 2008.

INGENIERIA ELECTRONICA

PRÁCTICA # 2

FRECUENCÍMETRO DIGITAL

OBJETIVO

Utilizar un microcontrolador de 16 o 32 bits para realizar un frecuencímetro digital.

INTRODUCCIÓN

Los microcontroladores de 16 o 32 bits tienen entradas de contadores de 32 bits o más por medio de las cuales es posible contar pulsos rectangulares de alta velocidad. Contando el número de pulsos que entran en un segundo obtenemos la frecuencia de la señal entrada.

INGENIERIA ELECTRONICA

MATERIAL Y EQUIPO

1 Microcontrolador de 16 o 32 bits
1 Display LCD de 16x2
1 Oscilador de Cristal
2 Capacitores para el oscilador
(el valor de los capacitores depende de la frecuencia del cristal, véase Tabla 1)
1 Capacitor de 100nF

Fuente de alimentación
Generador de señales
Protoboard
Pinzas

Tabla 2. Valores de Capacitores para frecuencias de Cristal [1]

Mode	Frequency	C1,C2 (pF)
LP	32 KHz	33
	200 KHz	15
XT	200 KHz	22-68
	1.0 MHz	15
	4.0 MHz	15
HS	4.0 MHz	15
	8.0 MHz	15-33
	20.0 MHz	15-33
	25.0 MHz	15-33

INGENIERIA ELECTRONICA

PROCEDIMIENTO

1. Armar el circuito de la Figura 1.
2. Diseñar un programa para el microcontrolador que reciba pulsos cuadrados por un pin del contador de pulsos externos y muestre en el display LCD la frecuencia de la señal de entrada.
3. La frecuencia debe estar en formato de Ingeniería expresando kilos y Megas.

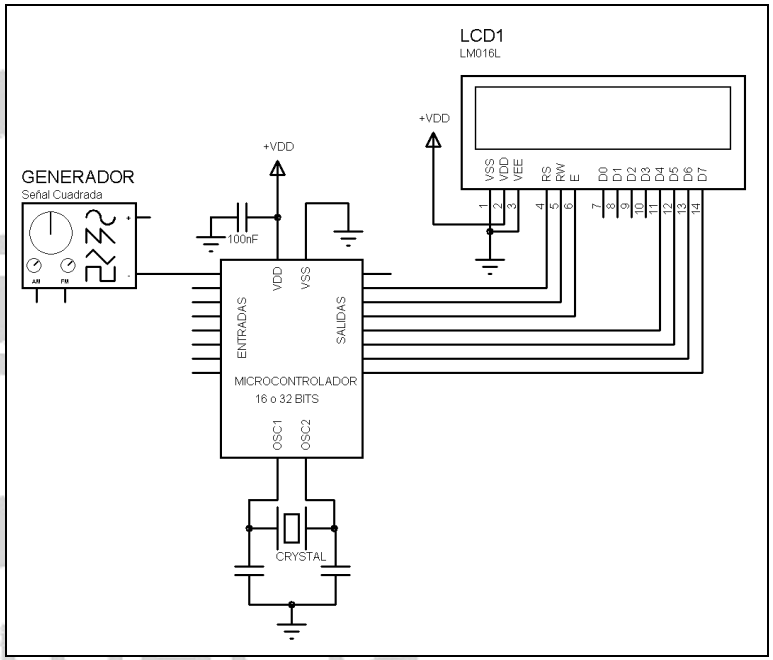

Figura 1

INGENIERIA ELECTRONICA

REPORTE

El reporte de la práctica deberá contener:

- Portada con los datos pertinentes, incluyendo un resumen descriptivo de la práctica, entre 100 y 150 palabras.
- Objetivo de la práctica.
- Marco teórico.
- Metodología empleada (explicar algoritmos mediante diagramas de flujo o de bloques).
- Diagrama esquemático del circuito.
- Listado de programas (se recomienda como apéndice).
- Resultados experimentales obtenidos.
- Conclusiones.
- Bibliografía.

REFERENCIAS

- Ibrahim D., *Advanced PIC Microcontroller Projects in C*, Elsevier, 2008.
- Di Jasio L., *Programming 16 bit Microcontrollers in C*, Elsevier, 2007.
- Di Jasio L., Programming 32 bit Microcontrollers in C, Elsevier, 2008.

INGENIERIA ELECTRONICA

PRÁCTICA # 3

DIGITALIZACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE SEÑALES

OBJETIVO

Utilizar el módulo ADC y DAC o PWM para digitalizar y reconstruir señales.

INTRODUCCIÓN

Los microcontroladores de 16 o 32 bits poseen convertidores A/D de alta velocidad y convertidores D/A o módulos PWM que permiten realizar los procesos de digitalizar señales y convertir valores digitales a voltaje continuo. Un sistema de digitalización y reconstrucción de señales es muy utilizado en los campos del Control en tiempo discreto y Procesamiento Digital de Señales como punto de entrada y punto de salida de la información o señal.

INGENIERIA ELECTRONICA

MATERIAL Y EQUIPO

1 Microcontrolador de 16 o 32 bits
1 Oscilador de Cristal
2 Capacitores para el oscilador (ver valores en práctica 1)
1 Capacitor de 100nF
Filtro pasa bajas (amplificador operacional, resistencias y capacitores).

Fuente de alimentación
Generador de señales
Osciloscopio
Protoboard
Pinzas

INGENIERIA ELECTRONICA

PROCEDIMIENTO

1. Armar el circuito de la Figura 1.
2. Diseñar un programa para el microcontrolador que realice lo siguiente:
   a). Recibe dos señales sinusoidales de generadores de señales en sus entradas analógicas.
   b). Digitaliza ambas señales usando el ADC interno a una tasa de muestreo de 100kHz.
   c). Suma las señales muestra por muestra y almacena el resultado en una variable.
   d). Envía el resultado de la suma por el módulo DAC o bien por PWM.
   e). En el Osciloscopio debe visualizarse la suma de las señales de entrada.

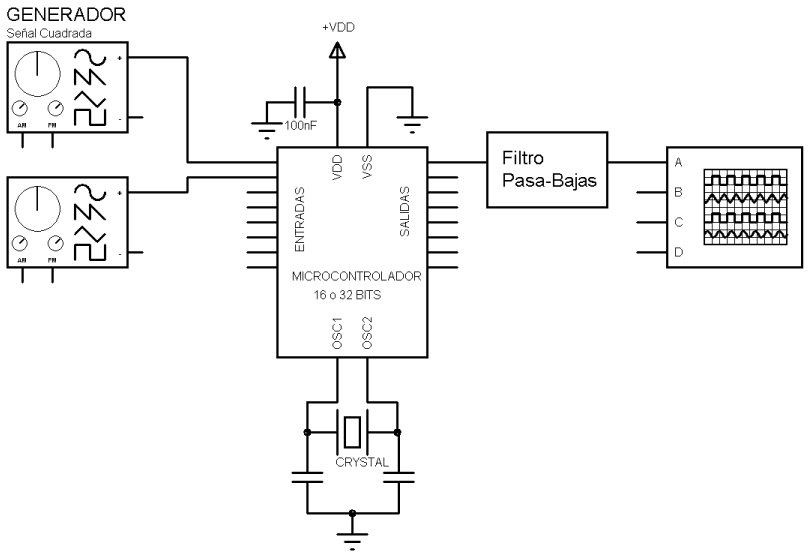

Figura 1

INGENIERIA ELECTRONICA

REPORTE

El reporte de la práctica deberá contener:

- Portada con los datos pertinentes, incluyendo un resumen descriptivo de la práctica, entre 100 y 150 palabras.
- Objetivo de la práctica.
- Marco teórico.
- Metodología empleada (explicar algoritmos mediante diagramas de flujo o de bloques).
- Diagrama esquemático del circuito.
- Listado de programas (se recomienda como apéndice).
- Resultados experimentales obtenidos.
- Conclusiones.
- Bibliografía.

REFERENCIAS

- Ibrahim D., *Advanced PIC Microcontroller Projects in C*, Elsevier, 2008.
- Di Jasio L., *Programming 16 bit Microcontrollers in C*, Elsevier, 2007.
- Di Jasio L., Programming 32 bit Microcontrollers in C, Elsevier, 2008.

INGENIERIA ELECTRONICA

PRÁCTICA # 4

OSCILOSCOPIO EN COMPUTADORA

OBJETIVO

Utilizar el microcontrolador de 16 o 32 bits para desarrollar un Osciloscopio Digital en computadora usando el módulo UART.

INTRODUCCIÓN

Un osciloscopio es un instrumento de medición electrónico para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo. Es muy usado en electrónica para obtener información visual sobre las señales. En la actualidad los osciloscopios analógicos están siendo desplazados en gran medida por los osciloscopios digitales, entre otras razones por la facilidad de poder transferir las medidas a una computadora personal o pantalla LCD.

En el osciloscopio digital la señal es previamente digitalizada por un conversor analógico-digital. Al depender la fiabilidad de la visualización de la calidad de este componente, esta debe ser cuidada al máximo.

Las características y procedimientos usados para los osciloscopios analógicos son aplicables a los digitales. Sin embargo, en estos se tienen posibilidades adicionales, tales como el disparo anticipado (pre-triggering) para la visualización de eventos de corta duración, o la memorización del oscilograma transfiriendo los datos a un PC. Esto permite comparar medidas realizadas en el mismo punto de un circuito o elemento. Existen asimismo equipos que combinan etapas analógicas y digitales.

INGENIERIA ELECTRONICA

La principal característica de un osciloscopio digital es la frecuencia de muestreo, la misma determinara el ancho de banda máximo que puede medir el instrumento, viene expresada generalmente en MS/s (millones de muestra por segundo).

La mayoría de los osciloscopios digitales en la actualidad están basados en control por FPGA (Field Programmable Gate Array), el cual es el elemento controlador del conversor analógico a digital de alta velocidad del aparato y demás circuiteria interna, como memoria, buffers, entre otros.

Los osciloscopios digitales añaden prestaciones y facilidades al usuario imposibles de obtener con circuitería analógica, como los siguientes:

- Medida automática de valores de pico, máximos y mínimos de señal. Verdadero valor eficaz.
- Medida de flancos de la señal y otros intervalos.
- Captura de transitorios.
- Cálculos avanzados, como la FFT para calcular el espectro de la señal.

MATERIAL Y EQUIPO

1 Microcontrolador de 16 o 32 bits
1 Oscilador de Cristal
2 Capacitores para el oscilador (ver valores en práctica 1)
1 Capacitor de 100nF
Acondicionador de señal (amplificadores operacionales, resistencias y capacitores).

Fuente de alimentación
Generador de señales
Computadora
Protoboard
Pinzas

INGENIERIA ELECTRONICA

PROCEDIMIENTO

1. Armar el circuito de la Figura 1.
2. Diseñar un programa para el microcontrolador que realice lo siguiente:
    f). Recibe una señal de un generador de señales por una entrada analógica.
    g). Digitaliza la señal con la tasa de muestreo máxima permitida por la comunicación.
    h). Envía la muestra obtenido por interfase UART a una computadora.

3. Desarrollar una aplicación visual (Visual C, Visual Basic, C#, JAVA, LabVIEW, etc.) para computadora que reciba la información del microcontrolador y grafique en forma de osciloscopio. Véase Figura 2. Esta aplicación deberá tener forma de variar el ***Volt/Div*** y ***Time/Div***.

INGENIERIA ELECTRONICA

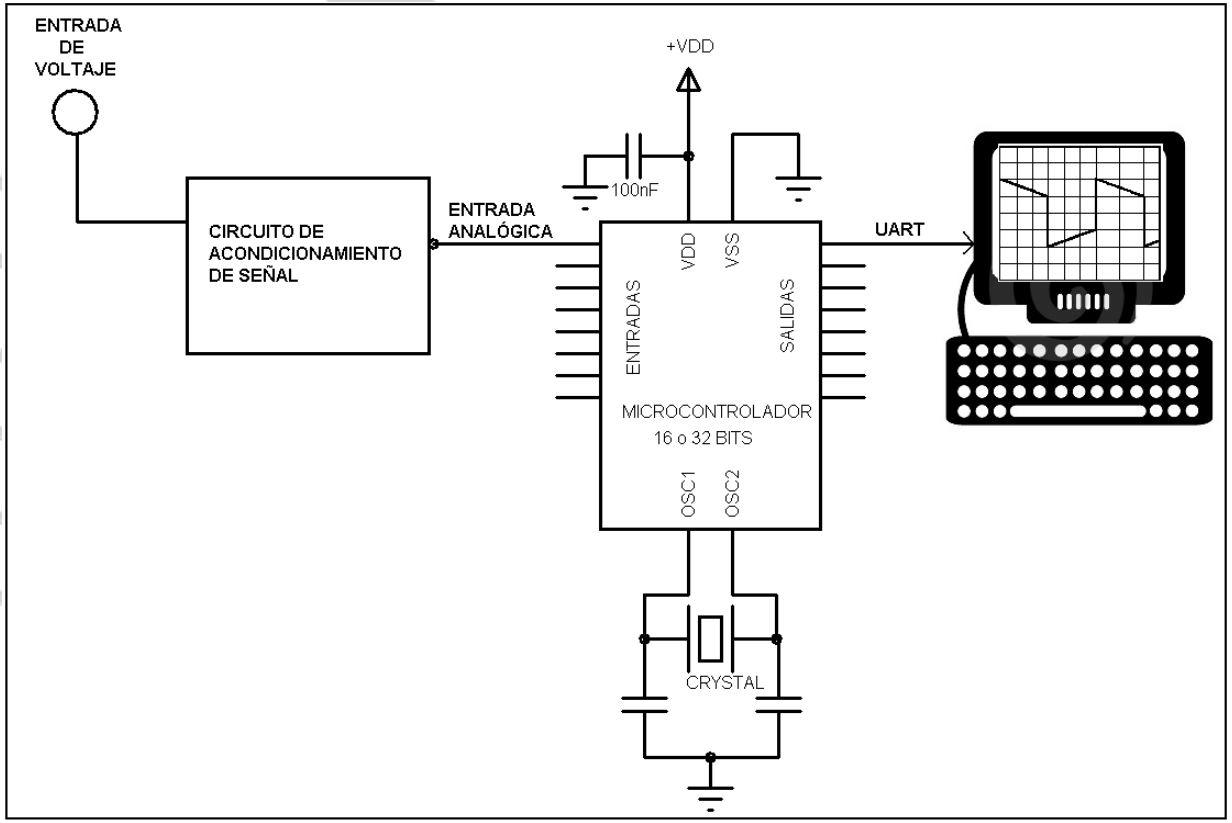

Figura 1

INGENIERIA ELECTRONICA

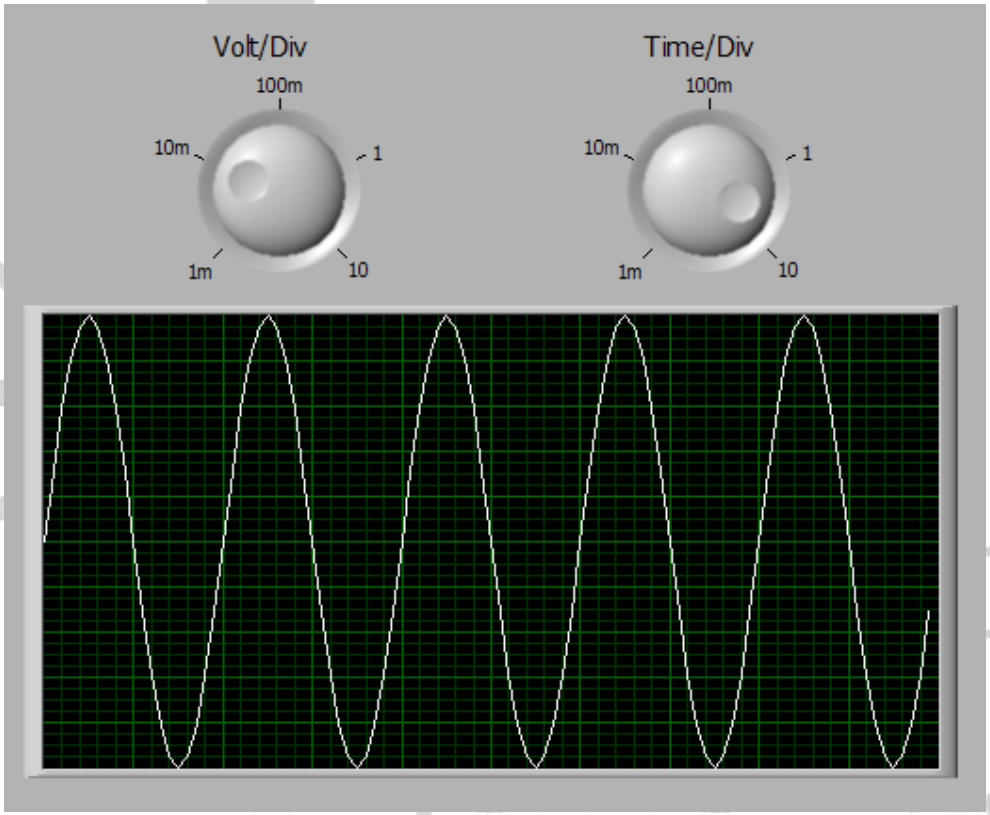

Figura 2

INGENIERIA ELECTRONICA

REPORTE

El reporte de la práctica deberá contener:

- Portada con los datos pertinentes, incluyendo un resumen descriptivo de la práctica, entre 100 y 150 palabras.
- Objetivo de la práctica.
- Marco teórico.
- Metodología empleada (explicar algoritmos mediante diagramas de flujo o de bloques).
- Diagrama esquemático del circuito.
- Listado de programas (se recomienda como apéndice).
- Resultados experimentales obtenidos.
- Conclusiones.
- Bibliografía.

REFERENCIAS

- Ibrahim D., *Advanced PIC Microcontroller Projects in C*, Elsevier, 2008.
- Di Jasio L., *Programming 16 bit Microcontrollers in C*, Elsevier, 2007.
- Di Jasio L., Programming 32 bit Microcontrollers in C, Elsevier, 2008.

INGENIERIA ELECTRONICA

PRÁCTICA # 5

TERMÓMETRO DIGITAL CON ALMACENAMIENTO MASIVO

OBJETIVO

Diseñar y construir un termómetro digital capaz de almacenar las mediciones de temperatura en una memoria de almacenamiento masivo tipo SD-Card usando el módulo SPI para la comunicación.

INTRODUCCIÓN

Existen aplicaciones de control embebido en donde se requiere almacenar gran cantidad de datos y la capacidad de las memorias EEPROM no es suficiente. Por ejemplo si se requieren almacenar megabytes o tal vez gigabytes como es el caso de los reproductores de audio portátiles, cámaras digitales, teléfonos celulares, o registradores digitales de alguna señal (señales cardiacas, cerebrales, sísmicas, etc.).

Actualmente si queremos almacenar gran cantidad de datos usamos discos duros. Sin embargo en los últimos años han aparecido en el mercado memorias de estado sólido basadas en tecnología Flash como por ejemplo CompactFlash®, SmartMedia™, Secure Digital (SD), Multimedia Card (MMC), Memory Stick® y otras. Con el paso de los años, estas memorias han bajado sus costos a tal grado que es posible o incluso conveniente integrarlas en aplicaciones de control embebido.

INGENIERIA ELECTRONICA

Las especificaciones de la SD Card representan una evolución de una tecnología previa llamada *Multimedia Card* o MMC, con la cual son parcialmente compatibles eléctricamente y mecánicamente.

La *Secure Digital Card Association* (SDCA) posee y controla las especificaciones técnicas para la memoria SD y ellos exigen que todas las compañías que usan estas memorias en sus productos se hagan miembros de la asociación pagando una tarifa de aproximadamente $2,000 dólares anuales. La *Multi Media Card Association* (MMCA) por otro lado no requiere que las compañías que usan su producto se vuelvan miembros, pero vende las especificaciones desde $500 dólares. Como podemos ver ambas tecnologías no son gratuitas sin embargo existe una versión simplificada de las especificaciones que ha sido liberada al público por la SDCA para poder "probar" el producto antes de volverse miembro.

Interfase física de las SD/MMC card

Las memorias SD solo requieren 9 contactos eléctricos (Figura 1) y el conector SD/MMC compatible posee 2 pines extras: uno para detectar la inserción y el otro para detectar la *protección de escritura*

Existen 2 modos de funcionamiento en las memorias SD:

1. SD bus: el cual requiere un bus de 4 bits.
2. Serial: Este modo usa comunicación serial SPI.

En esta práctica usaremos el modo Serial para poner en práctica el uso de la interfase SPI.

En cuanto a voltajes de operación, la especificación señala que el rango de voltaje debe estar entre 2.0V a 3.6V.

La Figura 2 muestra la conexión del conector SD con el microcontrolador.

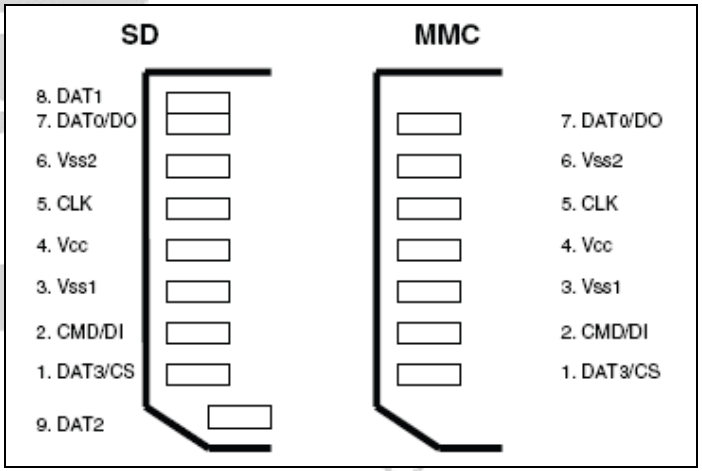

Figura 1

INGENIERIA ELECTRONICA

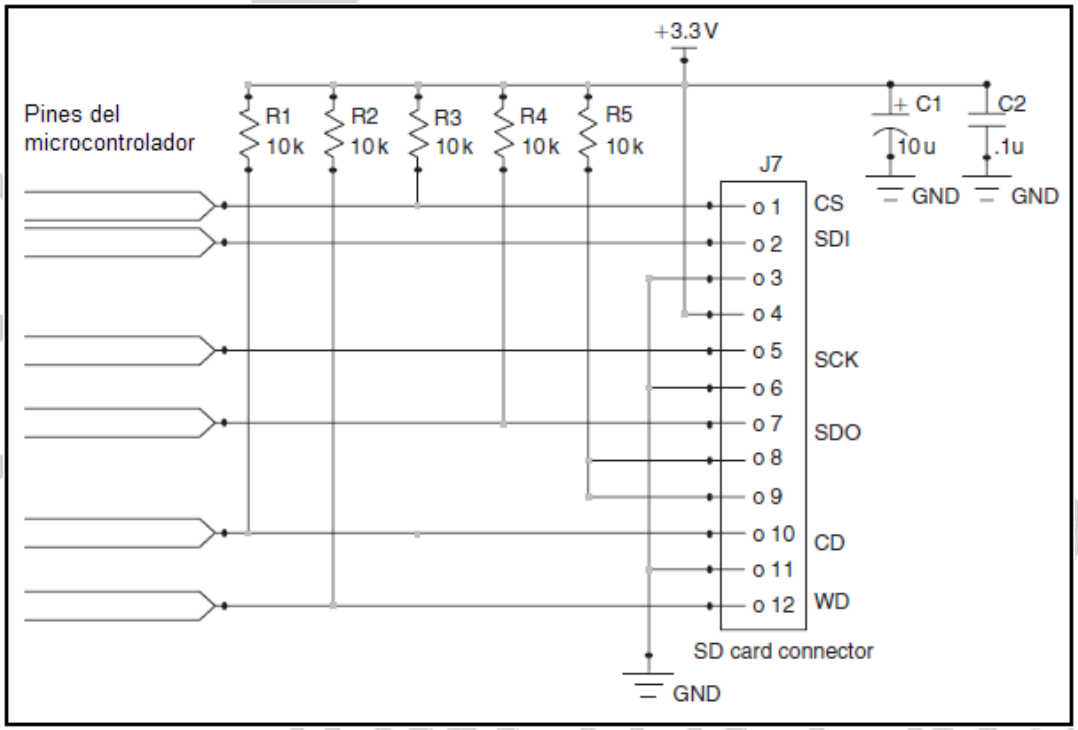

Figura 2

INGENIERIA ELECTRONICA

MATERIAL Y EQUIPO

1 Microcontrolador de 16 o 32 bits
1 Oscilador de Cristal
2 Capacitores para el oscilador (ver valores en práctica 1)
1 Capacitor de 100nF
1 sensor de temperatura LM35 o equivalente.
1 Display LCD de 16x2 lineas
1 Conector para SD Card
1 Memoria SD Card

Fuente de alimentación
Protoboard
Pinzas

PROCEDIMIENTO

1. Armar el circuito de la Figura 3.
2. Desarrollar un programa para el microcontrolador de 16 o 32 bits que tenga 2 modos de funcionamiento: escritura de mediciones de temperatura en la memoria y lectura de las mediciones grabadas.

   a) Escritura:

   El microcontrolador realiza mediciones de temperatura del sensor y almacene dichas mediciones en una memoria tipo SD Card cada segundo. La pantalla LCD mostrará la medición actual y la cantidad de datos almacenados.

   Las mediciones almacenadas en la memoria estarán en su forma cruda, de la forma que una computadora que quiera leer la SD Card detectará que la memoria no tiene formato, pues el sistema operativo no entiende la información almacenada.

INGENIERIA ELECTRONICA

b) Lectura:

El sistema debe ser capaz de mostrar la información grabada en la pantalla LCD usando botones para moverse entre mediciones almacenadas. La pantalla debe indicar cuantas mediciones son en total y que número medición es la que se muestra actualmente.

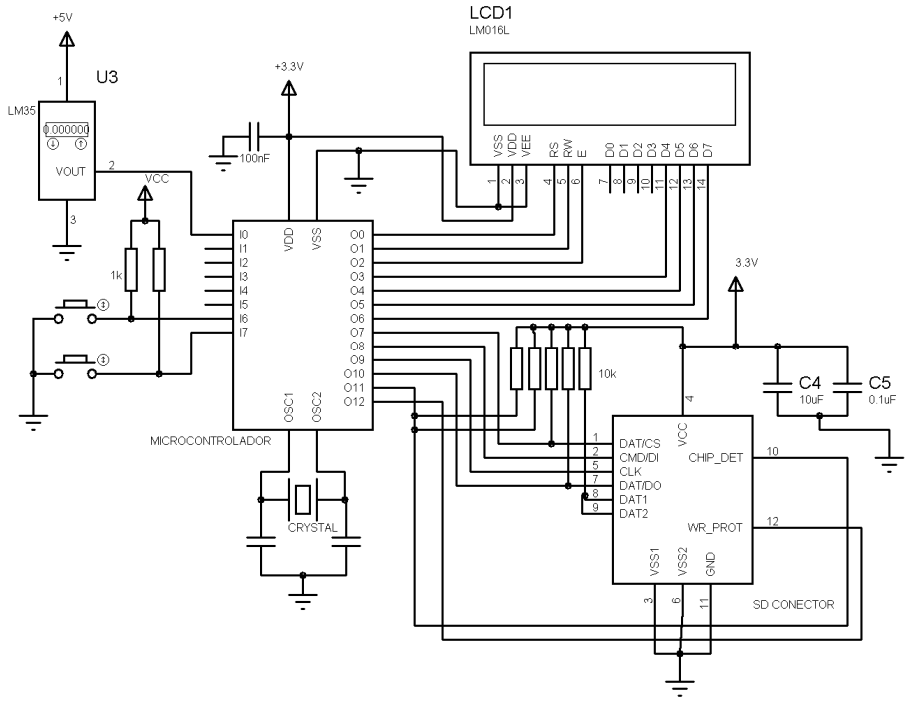

Figura 3

INGENIERIA ELECTRONICA

REPORTE

El reporte de la práctica deberá contener:

- Portada con los datos pertinentes, incluyendo un resumen descriptivo de la práctica, entre 100 y 150 palabras.
- Objetivo de la práctica.
- Marco teórico.
- Metodología empleada (explicar algoritmos mediante diagramas de flujo o de bloques).
- Diagrama esquemático del circuito.
- Listado de programas (se recomienda como apéndice).
- Resultados experimentales obtenidos.
- Conclusiones.
- Bibliografía.

REFERENCIAS

- Ibrahim D., *Advanced PIC Microcontroller Projects in C*, Elsevier, 2008.
- Di Jasio L., *Programming 16 bit Microcontrollers in C*, Elsevier, 2007.
- Di Jasio L., Programming 32 bit Microcontrollers in C, Elsevier, 2008.
- SD Association. Ver: http://www.sdcard.org, Agosto 2009.

INGENIERIA ELECTRONICA

PRÁCTICA # 6

TERMÓMETRO DIGITAL CON SISTEMA DE ARCHIVOS Y RELOJ DE TIEMPO REAL

OBJETIVO

Diseñar y construir un termómetro digital capaz de almacenar las mediciones de temperatura en una memoria de almacenamiento masivo tipo SD-Card con sistema de archivos FAT16 o FAT32 y reloj de tiempo real por interfase serial.

INTRODUCCIÓN

En la práctica anterior se desarrolló una aplicación que permite escribir y leer datos de una memoria SD o MMC. Sin embargo si introducimos esta memoria en nuestra computadora, el sistema operativo no podrá ver los datos escritos en la memoria. Para que el sistema operativo pueda "ver" el contenido de la memoria, debemos crear un sistema de archivos[1] compatible con el que maneja el sistema operativo de nuestra computadora.

En esta práctica se utilizará un sistema de archivos estándar mejor conocido como **FAT16** o **FAT32**. El sistema de archivos **FAT** fue creado por Bill Gates y Marc McDonald en 1977 con el objetivo de manejar discos en BASIC. Fue incorporado por primera vez en el sistema operativo QDOS por Tim Paterson en Agosto de 1980, para los ordenadores S-100 de arquitectura Intel 8086.

[1] Un sistema de archivos es un método para almacenar y organizar archivos y los datos que contienen, para facilitar su búsqueda y acceso.

INGENIERIA ELECTRONICA

El nombre *FAT* es el acrónimo de *file allocation table* comúnmente traducido *como tabla de asignación de archivos* y también se refiere al sistema de archivos usado muchos años por Microsoft y que actualmente se usa solo en unidades de almacenamiento externas (discos flexibles, memorias, etc). Actualmente existen muchas versiones de FAT siendo FAT12, FAT16 y FAT32 las más comunes. En particular FAT16 y FAT32 son reconocidas por la mayoría de los sistemas operativos actuales y en el caso de los dispositivos de almacenamiento masivo Flash se usaba FAT16 comúnmente y ahora FAT32 debido al incremento de la capacidad de las memorias actuales.

MATERIAL Y EQUIPO

1 Microcontrolador de 16 o 32 bits
1 Oscilador de Cristal
2 Capacitores para el oscilador (ver valores en práctica 1)
1 Capacitor de 100nF
1 sensor de temperatura LM35 o equivalente.
1 Display LCD de 16x2 lineas
1 DS1307 (Reloj tiempo real)
1 Cristal de 32.768kHz
1 Bateria de 3V
1 Conector para SD Card
1 Memoria SD Card

Fuente de alimentación
Protoboard
Pinzas

INGENIERIA ELECTRONICA

PROCEDIMIENTO

1. Armar el circuito de la Figura 1.
2. Escribir un programa para el microcontrolador que realice lo siguiente:
   - Tomar muestras de la temperatura, digitalizar estas muestras y almacenarlas en un archivo de texto dentro la memoria SD Card. Los datos almacenados deben tener el siguiente formato: dd/mm/aaaa hh:mm:ss [temperatura] ºC
   - Mostrar en pantalla la temperatura actual y un contador que indique la cantidad de mediciones almacenadas en el archivo.
   - Cada vez que se alimente el circuito, se debe generar un archivo nuevo en la memoria SD Card y almacenar los datos en dicho archivo generado. Este archico no debe sobrescribir al anterior; puede usar la fecha y hora actual para darle nombre al archivo.
3. Los archivos creados en la memoria SD Card deben escribirse en una estructura de sistema de archivos FAT16 o FAT32 de tal manera que puedan ser vistos como archivos de texto en una computadora.
4. Para llevar control de la fecha y hora úsese un reloj de tiempo real conectado al circuito con su batería de respaldo. En caso de que el microcontrolador tenga reloj de tiempo real integrado, úsese el interno.

INGENIERIA ELECTRONICA

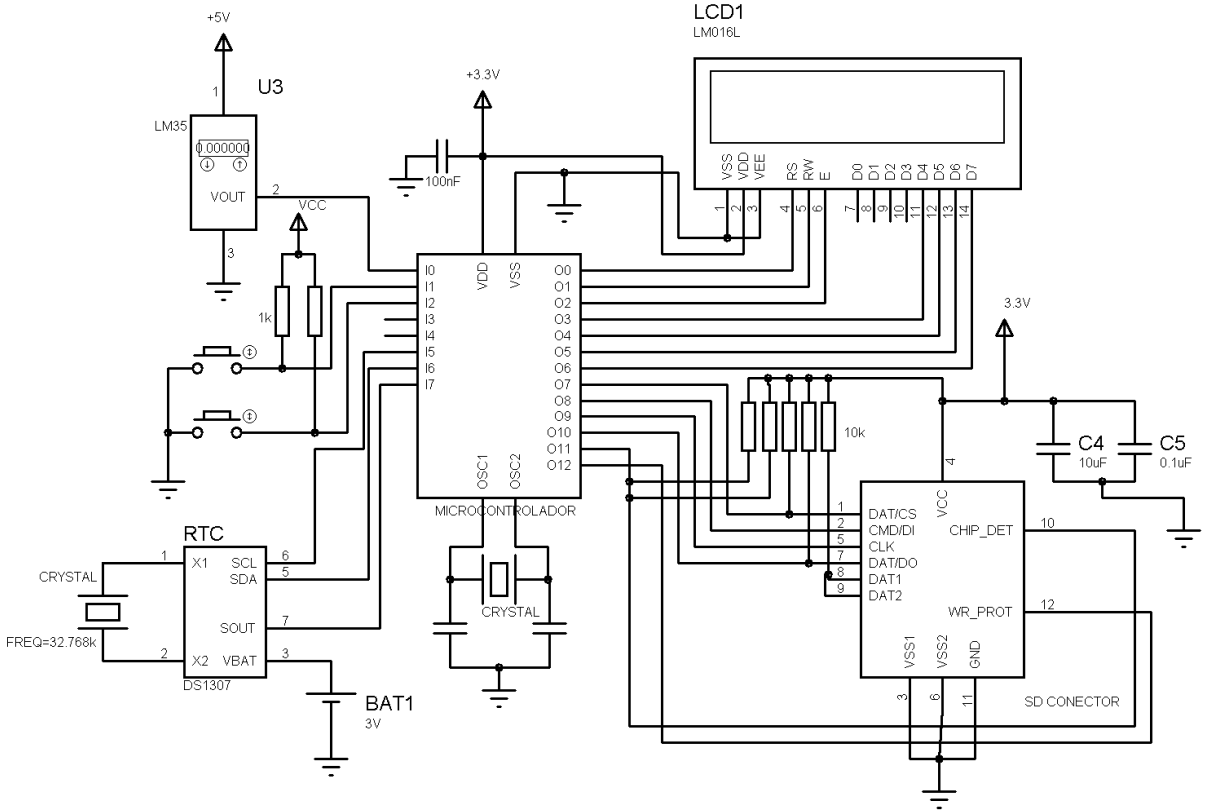

Figura 1

INGENIERIA ELECTRONICA

REPORTE

El reporte de la práctica deberá contener:

- Portada con los datos pertinentes, incluyendo un resumen descriptivo de la práctica, entre 100 y 150 palabras.
- Objetivo de la práctica.
- Marco teórico.
- Metodología empleada (explicar algoritmos mediante diagramas de flujo o de bloques).
- Diagrama esquemático del circuito.
- Listado de programas (se recomienda como apéndice).
- Resultados experimentales obtenidos.
- Conclusiones.
- Bibliografía.

REFERENCIAS

- Ibrahim D., *Advanced PIC Microcontroller Projects in C*, Elsevier, 2008.
- Di Jasio L., *Programming 16 bit Microcontrollers in C*, Elsevier, 2007.
- Di Jasio L., Programming 32 bit Microcontrollers in C, Elsevier, 2008.
- SD Association. Ver: http://www.sdcard.org, Agosto 2009.