

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DATA LOGGER UNIVERSAL
CON COMUNICACIÓN RS-232 Y USB HACIA UNA PC.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA Y CONTROL**

MÓNICA DEL ROCÍO QUITO AVILA

DIRECTOR: DR. LUIS CORRALES PAUCAR

Quito, Mayo 2005

DECLARACIÓN:

Yo, Mónica del Rocío Quito Avila, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

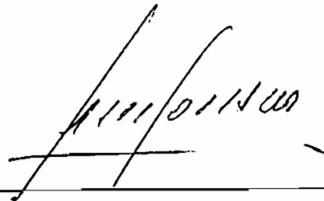
A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line. The signature is stylized and appears to read 'Mónica Del Rocío Quito Avila'. There is a long, sweeping stroke extending from the end of the signature to the right.

Mónica Del Rocío Quito Avila

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mónica del Rocío Quito Avila, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Corrales', is written over a horizontal line.

Dr. Luis Corrales
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Muchas personas colaboraron de distintas maneras en la culminación de este gran sueño. No todas ellas contribuyeron con conocimientos científicos sino que ayudaron grandemente en cosas que generalmente pasan desapercibidas para los ojos que solo miran las cosas físicas. Entre estas personas mi más grande y principal agradecimiento va hacia El Sagrado Corazón de Jesús que siempre estuvo a mi lado dándome ánimo, valor, fuerza e inspiración especialmente en los momentos difíciles; a mis padres Alejandro y Gerardina que me han tenido mucho amor y gran paciencia y, me han guiado fervientemente en el camino de la vida.

De manera especial quiero agradecer a todos aquellos profesores que supieron darme una mano y apoyarme a lo largo de mi carrera estudiantil. Sería imposible recordar a todos aquellos que influyeron notablemente en mí, pero intentaré mencionar a los más recordados: Ing. Córdova quien me ayudó en el ICB; Ing. Oscar Cerón quien me tuvo mucha paciencia cuando estuve cruzando estudios en la facultad; Ing. José Antonio Pazmiño, Ing. Carlos Herrera, Ing. Tarquino Sánchez, Ing. Fernando Carrera, quienes además de ayudarme en mis estudios, me brindaron su amistad y me hicieron crecer como persona.

Finalmente deseo dar un profundo agradecimiento al Dr. Luis Corrales por su ayuda a lo largo de mi vida politécnica y por su apoyo en la ejecución del presente proyecto, además de su valiosa y acertada dirección para la culminación de mi carrera. No puedo dejar de mencionar en estos agradecimientos a los miembros de mi tribunal, Msc. Patricio Chico y Msc. Patricio Burbano, quienes con sus valiosos aportes dieron forma final a este proyecto. Este agradecimiento no estaría completo sin mencionar a mis amigos y compañeros de esta etapa de mi vida.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi amor y esperanza a mi hija Carolina Rachel quien es mi fuerza y mi motivación para seguir adelante, trabajando constantemente y mejorando cada día de mi vida. Deseo legarle la firme convicción de que no importan los problemas cuando se persigue un sueño, que las metas se pueden alcanzar con perseverancia y voluntad, que lo importante no es llegar primero sino saber llegar, que no importan los comentarios negativos o pesimistas sino el optimismo y el positivismo, en fin que hay que ver con buenos ojos, alegres y sinceros, la lucha diaria de la vida.

CONTENIDO

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN A LOS DATA LOGGER

1.1. Descripción General del Data Logger y Objetivo del Proyecto	1
1.2. Motivación	2
1.3. Metodología	2
1.3.1. Características de Funcionamiento	2
1.3.2. Señal de Entrada	3
1.3.3. Capacidad de la Memoria	4
1.3.4. Software de Adquisición de Datos	4
1.4. Planteamiento de Soluciones	4

CAPITULO 2: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE DEL DATA LOGGER

2.1. Generalidades	8
2.2. Fuente	8
2.3. Acondicionamiento de las Entradas Analógicas	10
2.3.1. Acondicionamiento de Señal de Voltaje	10
2.3.2. Acondicionamiento de Señal de Corriente	11
2.4. Determinación de las Tareas del PIC	12
2.4.1. Breves Características de los Elementos a Usar	12
2.4.1.1. Características del PIC	12
2.4.1.2. Características de la Memoria 24LC64	13
2.4.1.3. Características del USBMOD2	14
2.4.2. Conexiones del PIC	17

2.4.2.1. Operaciones de Entrada (pulsadores)	18
2.4.2.2. Conversor A/D	18
2.4.2.2.1. Diseño del Conversor A/D	20
2.4.2.3. Almacenamiento en la EEPROM	21
2.4.2.4. Módulo LCD	22
2.4.2.5. Comunicación serial	24
2.4.2.5.1. Puerto RS-232	24
2.4.2.5.2. Puertos USB	25

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL SOFTWARE DE COMUNICACIÓN DE DATOS.

3.1. Factores Principales	32
3.2. Diseño del Software del PIC	32
3.2.1. Algoritmo del Programa del PIC	32
3.2.1.1. Subrutina Leer Pulsadores	33
3.2.1.2. Subrutina Ingresar Fecha, Hora y Tiempo de muestreo	35
3.2.1.3. Subrutina Visualizar Datos	37
3.2.1.4. Subrutina Seleccionar el Tipo de Señal	38
3.2.1.4.1. Programa para el Conversor A/D	38
3.2.1.5. Subrutina Guardar Datos	39
3.2.1.6. Subrutina Descargar Datos	41
3.2.1.7. Subrutina Transferencia de Datos	43
3.3. Desarrollo del Software de Comunicación de Datos	43
3.3.1. Generalidades	43
3.3.2. Descripción del Software de Interfase	44
3.4. Programa en Visual Studio Basic 6.0	47

CAPÍTULO 4: PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. Generalidades	50
4.2. Prueba De Funcionamiento Del Equipo	50
4.3. Pruebas Comparativas	54
4.4. Prueba De Exactitud	55
4.5. Prueba Con Un Transmisor	60

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	63
5.2. Recomendaciones	64

ANEXOS:

- A. Data Sheet PIC 16C774
- B. Data Sheet Memoria 24LC64
- C. Data Sheet USBMOD2
- D. Conexiones del PIC
- E. Fotos y esquemas del DATALOGGER MQA-1
- F. Programa del PIC16C774

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue diseñar y construir un Data Logger que posibilita la adquisición de datos desde transmisores comerciales que entregan señales de voltaje de 0 a 10 V_{DC}, 0 a 5 V_{DC} o señales de corriente de 4 a 20 mA. El equipo debe permitir el ingreso del tiempo de muestreo y transferir los datos almacenados a una PC sea vía el pórtico RS-232 o vía el Pórtico USB.

El diseño se basó en un PIC 16C774, el mismo que puede manejar un display y teclado de 4 pulsadores para el ingreso de los datos de configuración del Data Logger. Este PIC se seleccionó pues posee su propio conversor A/D de 12 bits, y posibilita una comunicación serial. Para la comunicación vía USB se utilizó el módulo integrado USBMOD2. Los datos se almacenan en una memoria EEPROM de 64 KB.

Un programa se desarrolló en la PC con Visual Basic 6.0 para ayudar en la descarga de los datos desde el Data Logger.

El dispositivo fue probado y funcionó como se esperaba; es, capaz de trabajar con diferentes tipos de transmisores, se puede seleccionar el tiempo de muestreo desde 0.1s hasta 24 horas, puede comunicarse con una PC vía RS-232 o USB. Los datos son guardados en la PC en un formato que posibilita leerlos desde otros programas como el EXCEL. Desde la PC se podría guardar los datos en una memoria FLASH USB. Al ser una solución propia, se podrá modificar tanto el hardware como el software para ajustarse a cualquier otro tipo de demanda.

PRESENTACIÓN

Hoy en día, la mayoría de los científicos e ingenieros usan a las computadoras personales (PCs) con pórtricos tipo USB o FireWire, que vienen de forma adicional a los tradicionales puertos paralelo o serie. Constituye un reto buscar alternativas que posibiliten el uso de esta nueva tecnología para aplicaciones de adquisición de datos en automatización industrial. En la búsqueda de estas alternativas se orienta este trabajo.

La necesidad de almacenamiento de datos siempre ha sido una prioridad en la industria y, en general, en cualquier tipo de actividad tanto comercial como industrial. Es por esto que se crearon los instrumentos registradores que han evolucionado hasta los dispositivos conocidos como Data Loggers. No hay una gran variedad de estos dispositivos en el mercado local. De allí se pensó que sería una buena idea ofrecer una solución local propia que posibilite contar con el "Know How" de estos aparatos, para poder adaptarlos a nuevas demandas o aplicaciones.

En este trabajo se hace una primera aproximación para ofrecer un interesante instrumento registrador en la forma de una Data Logger con comunicación tradicional RS-232 pero también con un pórtrico USB. Si a esto se añade un diseño que posibilite su empleo con cualquier tipo de transmisor industrial, entonces se puede pensar en que se logrará producir un equipo interesante y de allí competitivo en el mercado local.

Para cumplir con este propósito en el Capítulo 1 se realiza una descripción de los parámetros con que trabajan los Data Logger comerciales y sus especificaciones, con el propósito de extraer características que sirvan de referencia.

En el segundo capítulo se realiza el diseño y construcción del Data Logger, el cual emplea un PIC para el control del display, teclado y da cabida al software que se encarga de la adquisición y registro de los datos, así como de la transmisión vía RS-232 o USB.

En el tercer capítulo se desarrolla el software tanto del PIC como el software de soporte para la comunicación con la PC.

En el cuarto capítulo se realizan las pruebas para comprobar el correcto funcionamiento del equipo diseñado.

Finalmente, en el quinto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones que se pudieron extraer del presente proyecto de titulación.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN A LOS DATA LOGGERS

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DATA LOGGER Y OBJETIVO DEL PROYECTO

La mayoría de empresas o industrias que fabrican diferentes productos, necesitan en sus sistemas de elaboración, diferentes tipos de almacenamiento de datos. La posibilidad de tener datos históricos, hacer proyecciones y predicciones en base a los datos guardados es lo que impulsa su utilización.

Si bien un monitoreo diario, semanal o mensual, de una o de diferentes variables podría hacerse en forma manual, una mejor alternativa es contar con un sistema que colecte los datos de manera automática y controlada.

Las dificultades que se presentan en diferentes fábricas o empresas en el monitoreo de sus variables físicas vitales, ha creado entonces la necesidad de instalar un dispositivo que facilite este tipo de trabajo, garantizando la recolección de muestras tomadas en tiempos precisos, información que puede repercutir en la eficiencia del control del sistema de producción.

Independientemente de los métodos utilizados para llevar el control estadístico de algún proceso o del mantenimiento de equipos, sean manuales o hasta los más completos programas por computadoras, los registros son base fundamental de cualquier disciplina.

En este proyecto se busca diseñar una solución para muestrear en forma automática señales analógicas, emitidas por diferentes transmisores comerciales, garantizando así la diversidad del dispositivo. Un programa desarrollado para una PC ofrecerá la posibilidad de transmitir los datos desde el dispositivo hacia la PC sea por el pórtico serial o por el nuevo pórtico USB que actualmente está siendo utilizado por el ancho de banda que ofrece.

1.2. MOTIVACIÓN

Alternativas de sistemas de almacenamiento digital se comercian en diferentes formas y precios. Los que se consiguen en el mercado local, a precios razonables, generalmente suelen ser de propósito específico, en el sentido de que se los construye para trabajar con un solo sensor o variable. Así mismo, no ofrecen, por poner un ejemplo, herramientas para modificar el tiempo de muestreo.

La oportunidad de ofrecer un "Data Logger" que sea de propósito general, diseñado para trabajar con transmisores comerciales, se piensa explorar con este trabajo, como una primera aproximación para lograr en el futuro un dispositivo comercialmente competitivo.

Se espera que la industria nacional se interese por este dispositivo y motive su posterior investigación, hasta conseguir la versión final que proporcione una solución nacional propia, a una vieja necesidad.

1.3. METODOLOGÍA

En primera instancia es imprescindible estudiar las características comerciales y esperadas de un Data Logger, buscando una referencia que sirva de guía al trabajo presente.

1.3.1. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Un Data Logger es un instrumento de registro electrónico que almacena los diversos cambios de las variables siendo medidas en el tiempo. Los mismos pueden medir temperatura, humedad relativa, intensidad de la luz, voltaje, presión, golpes y otros.

Hoy en día existen diversas formas y tamaños de Data Logger y se utilizan en variados lugares, desde el refrigerador de un restaurante hasta en la Estación Espacial Internacional.

El instrumento mismo, así como los elementos primarios (transductores y transmisores) deben ser validados con patrones certificados, dichas calibraciones deberán registrarse como constancia de exactitud del sistema.

Una vez recolectados los datos, se puede:

1. Mantener registros históricos de un proceso industrial en cuanto a sus variables mas relevantes.
2. Identificar rápidamente la causa y efecto de las deficiencias ocurridas en ciertos parámetros de las fabricas.
3. Procesar los datos almacenados para análisis estadístico, que presenta entre otras cosas la posibilidad de identificar tendencias.

Es necesario que el instrumento, particularmente los de naturaleza "portátil", tenga baterías que aseguren su operación continua. Esto quiere decir que deben ser diseñados para que consuman la menor potencia posible.

Un uso muy práctico es el de poder obtener y guardar los registros periódicos de variables fundamentales del cuerpo humano. Otra suele ser la captura de datos, de variables ambientales donde sería un desperdicio ocupar una persona solo con este propósito.

Un Data Logger se caracteriza por una serie de parámetros que permiten definir su utilización. Los parámetros se fijan a partir de un conjunto de funciones y dispositivos internos entre los cuales destacan el nº de canales de entrada, análogos y/o digitales, convertidores analógico-digitales, y los márgenes dinámicos de entrada y salida.

1.3.2. SEÑAL DE ENTRADA

Merece particular atención hablar de las señales o canales de entrada pues es uno de los objetivos de este trabajo hacer que el Data Logger trabaje con transmisores industriales comerciales. Como es de conocimiento los transmisores entregan señales analógicas normalizadas, siendo 4 – 20 mA, 0 –

10 V y 0 – 5 V los valores más empleados. Esto quiere decir que el Data Logger de este proyecto deberá poder aceptar las corrientes y los voltajes mencionados.

1.3.3. CAPACIDAD DE LA MEMORIA

Los Data Logger que se comercian localmente, por lo general no permiten modificar el periodo de muestreo; adicionalmente están limitados por la cantidad de memoria interior que posean. Por consiguiente, antes de especificar un Data Logger, es importante calcular la cantidad de memoria requerida determinando el numero de muestras que se tomará, multiplicado por el tiempo que se muestreará, multiplicado por el numero de bytes de cada muestra. Por ejemplo: Si una aplicación requiere periodos de muestra de 1 por segundo y la prueba dura una hora, el Data Logger debe poder guardar 3600 muestras (1 muestra/segundo x 1 hora x 3600 segundos/1hora x numero de bytes).

1.3.4. SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El software de adquisición de datos debe ser capaz de comunicarse con el sistema, controlarlo y permitir bajar y guardar los datos medidos en un formato que pueda ser leído por aplicaciones con el Excel, por dar un ejemplo.

1.4. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

La solución planteada a continuación es una propuesta preliminar de solución a los objetivos antes explicados. Esta solución será analizada, diseñada y probada adecuadamente, y los resultados son detallados en los siguientes capítulos.

En reconocimiento a la creciente demanda de una administración óptima, y a la necesidad de pequeños instrumentos de registro, se han desarrollado Data Logger miniaturizados, equipados con un microprocesador y sistema de almacenamiento de datos. Algunos Data Logger entregan la información en una pequeña tira de papel, mientras otros pueden conectarse a un computador personal y simplemente bajar la información, conectando el registrador a un puerto de su computador. Usando un software especializado se puede analizar, organizar e imprimir los datos o, en el caso de los registradores inalámbricos,

acceder remotamente a la información. Con los registradores inalámbricos se puede monitorear distintos lugares al mismo tiempo, creando el equivalente a una red de registradores, pero siendo la multiplexación la tecnología detrás de ellos.

Diversos tipos de Data Logger se encuentran disponibles para satisfacer las necesidades específicas de cada usuario, por ejemplo el registro de los datos da información clave para la manipulación segura y verificar si los productos se mantuvieron en condiciones ideales.

Los Data Logger pueden ser fijos o móviles. Dependiendo de las necesidades, pueden ser colocados al muro de un recipiente frío, puestos dentro de una caja, dentro de un contenedor; por su pequeño tamaño pueden ser instalados en cualquier lugar.

Los Data Loggers están diseñados para resistir y soportar las condiciones ambientales en las cuales se utilizan. Incluyen un resistente envase que protege la unidad de almacenamiento de datos. Los Data Logger son fuertes y sólidos, algunos modelos son incluso 100% resistentes al agua. La mayoría de modelos están garantizados para resistir temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Dependiendo del tipo de registrador que ha utilizado, la información será presentada de diferentes maneras. Los registradores mecánicos producen información en papel la cual se puede fácilmente destruir. Los electrónicos e inalámbricos transfieren su información a un computador personal. Un software ayudara a bajar, observar, analizar e imprimir la información que necesite.

Hoy día, con la ayuda de los registradores, la cadena de control de productos consumibles y sensibles puede ser perfectamente monitoreada y finalmente garantizada. Estos pequeños pero altamente confiables dispositivos son no-invasivos y fáciles de utilizar. Proveen de información muy importante para mejorar la seguridad y calidad.

Resumiendo lo dicho, se propone en una primera aproximación los componentes que se muestran en la Figura 1.1. El primer bloque presenta el acondicionamiento de la señal, que deberá hacerse ya que se trabajará con

transmisores de voltaje de 0 – 10V, 0 - 5V y transmisores de corriente 4 – 20mA. El acondicionamiento tendrá como objetivo convertir cualquiera de estos voltajes o corriente a un valor de entrada adecuado para el conversor, que es el siguiente bloque.

Un conversor A/D permitirá convertir la señal analógica proveniente del acondicionador a digital, previa a ser almacenada en la memoria del Data Logger. Los datos llegarán a la PC a través del puerto de comunicación Serial o el USB.

El manejo de los datos hasta guardarlos en la memoria del Data Logger, así como el manejo de las comunicaciones se hará por medio de un PIC, quien además posibilitará la selección de diferentes tiempos de muestreo, uno de los principales objetivos de este proyecto.

Finalmente en la PC se desarrollará un programa que permitirá descargar los datos desde el Data Logger y ser guardados con cualquier aplicación que permita manipular los mismos o ser transferidos a una unidad de almacenamiento como es una Memoria Flash USB.

En los próximos capítulos se evaluará y probará esta propuesta inicial.

DIAGRAMA DE BLOQUES DE LAS SOLUCIONES DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL DATA LOGGER:

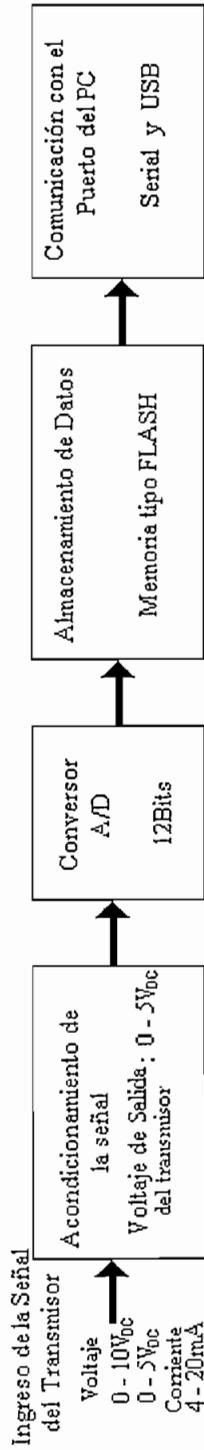


Figura. 1.1. Diagrama de bloques funcional del Data Logger

CAPITULO 2

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE DEL DATA LOGGER

2.1. GENERALIDADES

Este Capitulo describe el diseño y construcción del hardware de Data Logger que incluye: la fuente de alimentación, el acondicionamiento de las entradas analógicas, y el diseño del circuito para la transmisión de datos.

La fuente estará diseñada considerando todas las seguridades, de tal manera de garantizar un perfecto funcionamiento, en cualquier lugar requerido. Con esto se conseguirá que el Data Logger muestree las señales continuamente. (Fuente de $5V_{DC}$ para el funcionamiento del PIC y de $24V_{DC}$ para transmisores de corriente.)

En el Data Logger se habilitarán entradas que acepten valores normalizados de voltaje ($0 - 10V_{DC}$) y corriente ($4 - 20mA$), para que sea factible conectar transmisores comerciales estándar, que serán digitalizadas con una resolución de doce bits (Convertor A/D 12Bits), tal que se posibilite su empleo en un buen número de aplicaciones.

El diseño del circuito para la transmisión de datos por medio de los pórticos serial (RS – 232) y USB (1.1 ó 2.0) deberá cumplir con los requisitos necesarios para garantizar una buena comunicación con la PC.

2.2. FUENTE

Como fuente de alimentación de este proyecto se decidió dotarle de dos alternativas: Alimentación con AC y mediante una batería interna ya que al ser portátil debe garantizarse voltaje de alimentación permanente y estable.

Los reguladores de voltaje comprenden una clase de CI (circuito integrado) ampliamente usados. Los CI reguladores contienen la circuitería de la fuente de

referencia, el amplificador comparador, el dispositivo de control y la protección de sobre carga, todo en un CI.

La fuente de alimentación puede construirse usando un transformador conectado a la línea de alimentación de AC para cambiar el voltaje AC a la amplitud deseada, luego rectifica ese voltaje, filtrándolo con un filtro RC y, por ultimo, se puede regular el voltaje DC con un CI regulador.

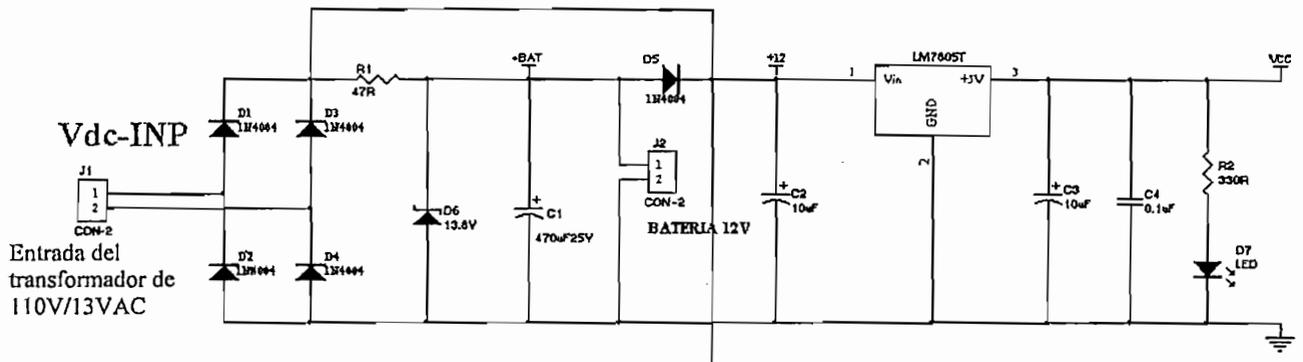


Figura 2.1. Esquema del circuito de alimentación del sistema Data Logger

Los diodos D1, D2, D3 y D4 constituyen el puente rectificador. La R1 conjuntamente con el Zener de 13.8V constituyen un cargador para la batería de respaldo cuya corriente esta limitada por R1, y su voltaje de carga por el diodo Zener.

El diodo D4 actúa como un conmutador electrónico para alimentar el circuito con la red normal o por medio de la batería en ausencia de este. La batería a usar es marca PORTALAC de 12V_{DC}, 0.8A/h

El integrado LM7805 es el regulador de +5V que se seleccionó para el equipo, el mismo que provee un voltaje de +5V y una corriente de 1A. La corriente fue seleccionada en base al consumo total que se proveyó para todo el Data Logger; esto es 120mA.

Como se puede observar en el esquema (Figura 2.1) el circuito esta asegurando un funcionamiento permanente en el momento de usar el sistema para el respectivo monitoreo, garantizando un tiempo de respaldo mínimo de 4 horas de

uso continuo de la batería ($0.8A/80mA \cdot 1h = 6.67h$; vida útil de la batería en condiciones normales de carga de 3 años según datos del fabricante)

2.3. ACONDICIONAMIENTO DE LAS ENTRADAS ANALÓGICAS

Para el acondicionamiento de las entradas analógicas se usa un amplificador operacional que es un amplificador de una ganancia elevada que posee una impedancia de entrada alta y una baja impedancia de salida, lo que permite conectarse en una gran cantidad de circuitos para proporcionar diversas características de operación.

El circuito seguidor unitario, que se muestra en la Figura 2.2 y la Figura 2.3, proporciona una ganancia unitaria sin inversión de polaridad o fase.

El circuito opera como un circuito seguidor de emisor garantizando un buen acoplamiento de impedancias.

2.3.1. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL DE VOLTAJE

Al trabajar con señales de voltaje $0 - 5V_{DC}$ y $0 - 10V_{DC}$ se hace necesario el uso de un acondicionamiento que permita obtener una señal de voltaje adecuada para ser digitalizada.

El uso de una señal adecuada garantizará un buen funcionamiento del convertidor que requiere de una señal entre $0 - 5V_{DC}$.

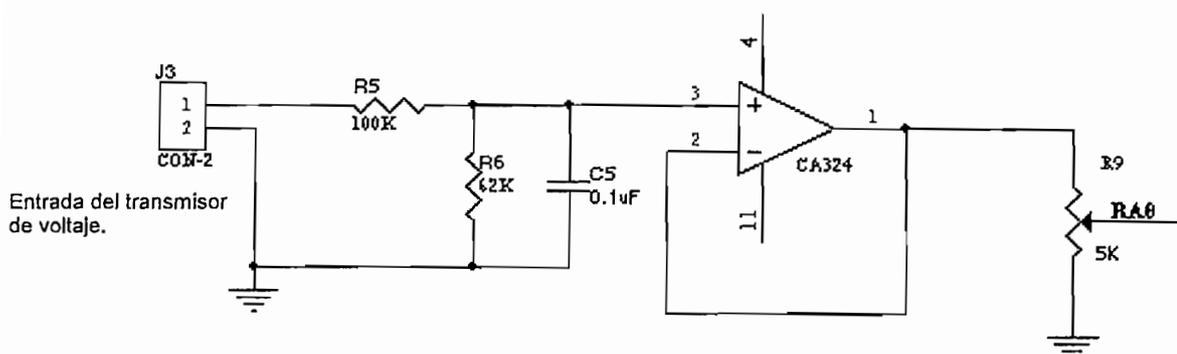


Figura 2.2. Esquema del acondicionamiento de señal de entrada para voltaje

La Figura 2.2 muestra el esquema del acondicionamiento de señal de voltaje. Las resistencias R5 y R6 forman un divisor de voltaje con el cual se consigue tener voltaje superior a la mitad del que viene desde el sensor, el cual ingresa al operacional LM324 en configuración seguidor de voltaje. La señal del operacional llega al potenciómetro R9, el mismo que sirve para obtener una señal adecuada que será llevada al RA0 del PIC. El objetivo del potenciómetro es regular el voltaje, tal que el dispositivo pueda trabajar con dos tipos de señal del transmisor 0 -10V_{DC} y de 0 -5V_{DC}.

2.3.2. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL DE CORRIENTE

Muchos de los transmisores que se usan en aplicaciones de control y monitoreo de procesos generan una señal de corriente, normalmente de 0 - 20mA o de 4 - 20mA. Las señales de corriente se usan porque son menos propensas a los errores causados por ruido o caídas de voltaje en cables que son muy largos. Los acondicionadores de señal convierten las señales de corriente a señales de voltaje al pasar la corriente a través de una resistencia de precisión (Vea Figura 2.3). El voltaje que resulta puede ser digitalizado.

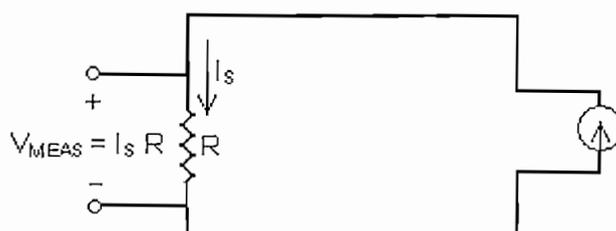


Figura 2.3. Las señales de corriente de 0 a 20 mA o 4 a 20 mA se convierten en Señales de voltaje pasando por un resistor de alta precisión.

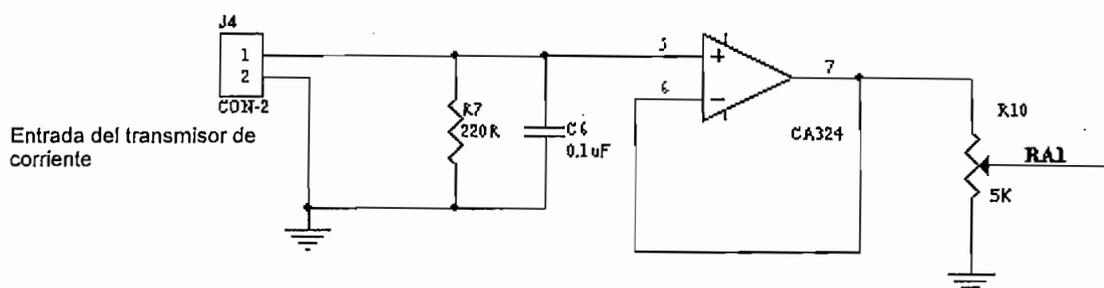


Figura 2.4. Esquema del acondicionamiento de señal de entrada para corriente

La Figura 2.4 presenta el esquema del acondicionamiento de señal de corriente. La resistencia R7, cuyo valor es de 220Ω , sirve para convertir la corriente del transmisor a voltaje, el cual se aplica al LM324 que trabaja en configuración seguidor de voltaje. La señal del operacional pasa al potenciómetro R10, el mismo que sirve para obtener una señal adecuada que será llevada al RA1 (pin del puerto A) del PIC.

2.4. DETERMINACIÓN DE LAS TAREAS DEL PIC

El diseño del software del PIC, debe garantizar un perfecto funcionamiento para el convertor A/D, la señales de control para el LCD, para decodificar los pulsadores, almacenamiento de los datos en la memoria EEPROM; además de la transmisión vía pÓrtico serial y USB. Analizando todo el trabajo que debía realizar el PIC se paso a seleccionar el que mejor se ajustaba a los requerimientos. El PIC escogido resulta ser el 16C774.

2.4.1. BREVES CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS A USAR

2.4.1.1. Características del PIC

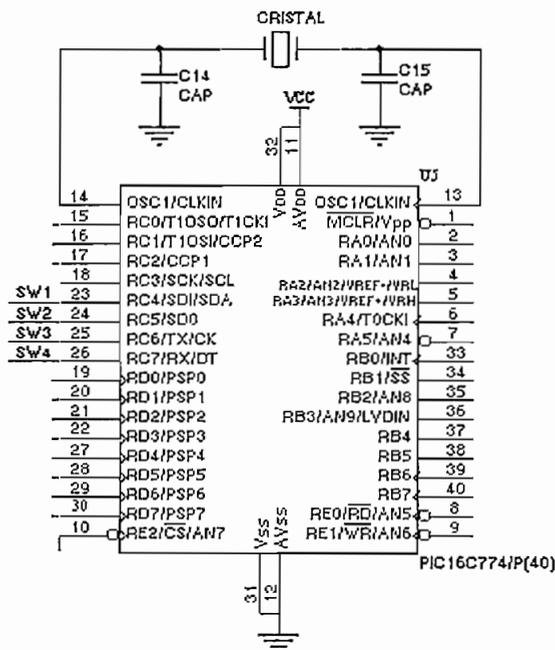


Figura 2.5. Esquema del PIC16C774

El PIC16C774 EPROM es un microcontrolador con 10 canales análogo/digital de 12 bits de resolución dando una solución completa a señales mixtas. Además posee 4096x14 palabras de memoria de programa y 256 bytes usados para memoria RAM con 5 MIPS de rendimiento @ 20MHz. Destacan dos módulos de PWM y dos puertos seriales. La sincronización del puerto serial puede ser configurado como: SPI interfaz periférico serial, bus I2C Inter-Integrated Circuit y como USART Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter, también conocido como interfaz de comunicación serial SCI. (Mas información en Anexo A)

2.4.1.2. Características de la Memoria 24LC64

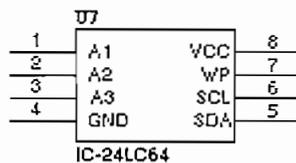


Figura 2.6. Memoria 24LC64

El circuito integrado EEPROM 24LC64 es una memoria reprogramable y borrrable que contiene 8192 localidades de memoria con 8 bits cada una, (8K X 8) (64K bit) y opera con una fuente de alimentación desde +1.8V a +5.5V. La capacidad de escritura de una página es de 32bytes por dato, aproximadamente se puede almacenar 4081bytes.

El tamaño del bus de datos es de ocho líneas equivalente a 512Kbits de direcciones, de ahí que el tamaño estándar es de 8 pines. (Mayor información en Anexo B)

BLOCK DIAGRAM

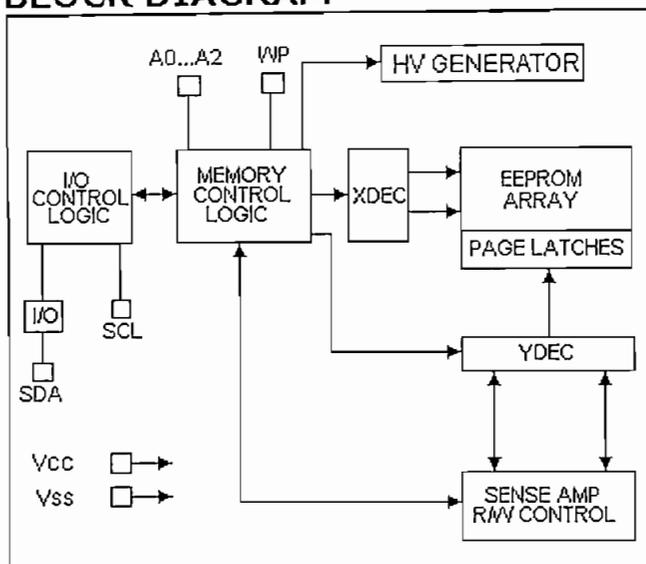


Figura 2.7. Diagrama de bloques

2.4.1.3. Características del USBMOD2

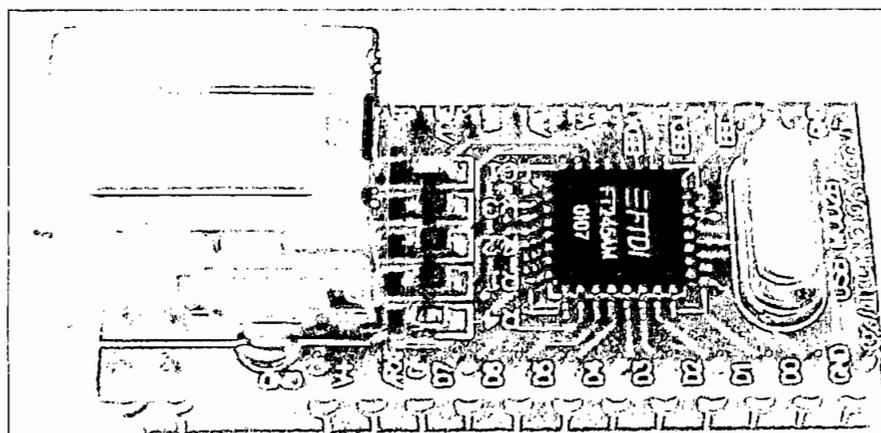


Figura 2.8. El USBMOD2

El USBMOD2 es un modulo integrado de bajo costo para la transferencia de datos desde un periférico y una PC. Su velocidad es de 8 millones de Bits (1 Megabyte) por segundo. Esta basado en el interfase FTDI FT8U245 USB FIFO que facilita la comunicación.

La velocidad de transferencia paralela de este IC facilita las interfaces con CPU y otros dispositivos que manejen mapas de memorias con su CPU, I/O, DMA y control de pórticos I/O.

El USBMOD2 es ideal para desarrollo rápido de prototipos Plug and Play.

Sus características más relevantes son:

- Emplea un simple modulo de alta velocidad para aplicaciones USB UART.
- Esta basado en FTDI FT8U245 USB FIFO – IC de Transferencia rápida de datos paralelos.
- Empaquetamiento Standard 32 pines tipo DIP.
- Conector integrado USB tipo B.
- Cristal y todos los componentes pasivos integrados en la misma tarjeta.
- Se puede conectar una memoria tipo EEPROM externa.
- Provee fuente desde el USB con una corriente máxima de 50mA.

CARACTERÍSTICAS DEL IC FT8U245

- Ofrece una solución simple para transferencia de datos vía USB en un solo chip.
- Envía y recibe datos hasta una velocidad de 1 MByte / Segundo
- Posee un buffer de 384 bytes para recepción y 128 bytes para transmisión
- Tiene una interfaz simple para CPU o MCU.
- No se necesita conocimientos especiales sobre el USB, ni conocer el manejo de protocolos USB, esto lo hace automáticamente el IC.
- El pòrtico virtual COM - FTDI y los drivers de estos eliminan la necesidad de drivers específicos para el USB.
- Tiene un multiplicador de reloj integrado de 6Mhz – 48Mhz que ayuda en aplicaciones de FCC y CE.
- No requiere de regulador externo, tiene integrado un regular interno de 3.3V.
- Trabaja con especificaciones USB 1.1.
- Permite la conexión de EEPROM externa para almacenamiento de datos.
- Para mayor información favor ver el Anexo C.

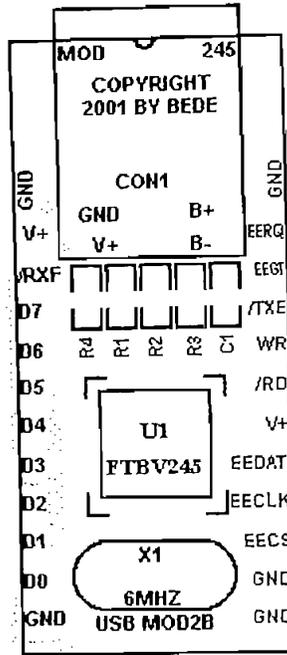


Figura 2.9. Diagrama del módulo USBMOD2.

2.4.2. CONEXIONES DEL PIC

En la Figura 2.10 se puede apreciar la conexión del PIC16C774, con los pulsadores, circuitos de acondicionamiento de señales de entrada, LCD, memoria EEPROM, MAX 232 y USBMOD2. (Para mejor visualización ver anexo D)

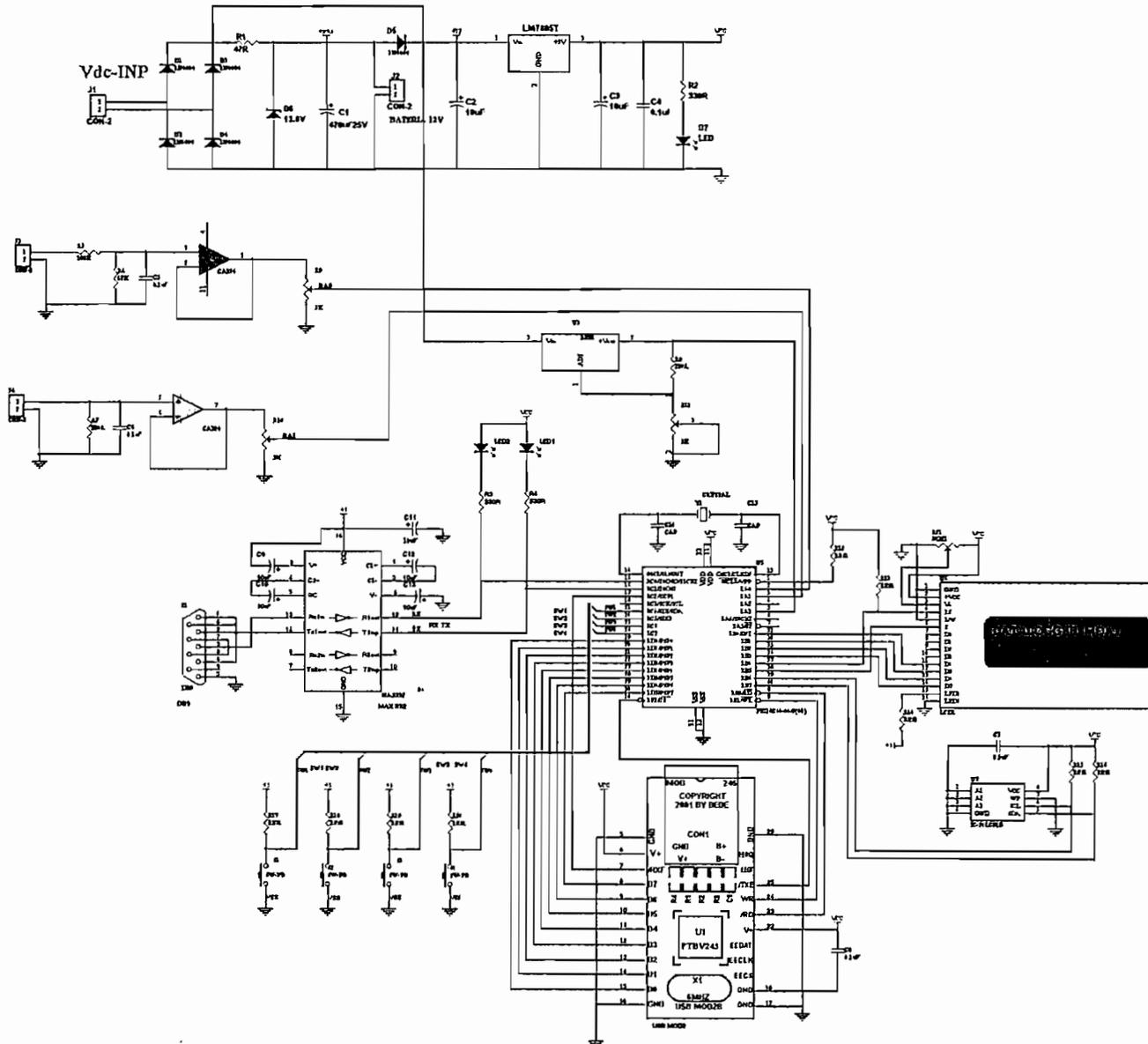


Figura 2.10. Conexiones del PIC16C774 (Anexo D)

2.4.2.1. Operaciones de Entrada (Pulsadores)

Para entrada de datos y seteo de parámetros se utiliza 4 pulsadores descritos como UP, DOWN, SI Y NO. Para que el PIC lea correctamente estos, su p rtico de I/O correspondiente debe estar configurado correctamente; esto se realiza, colocando un 1L en el bit correspondiente del registro TRIS del p rtico para que actu  como entrada o un 0L para que actu  como salida. Al momento de iniciarse el PIC todos su puertos quedan como entradas y sus conversores A/D en modo análogo, por lo que es preciso definir también el modo de trabajo.

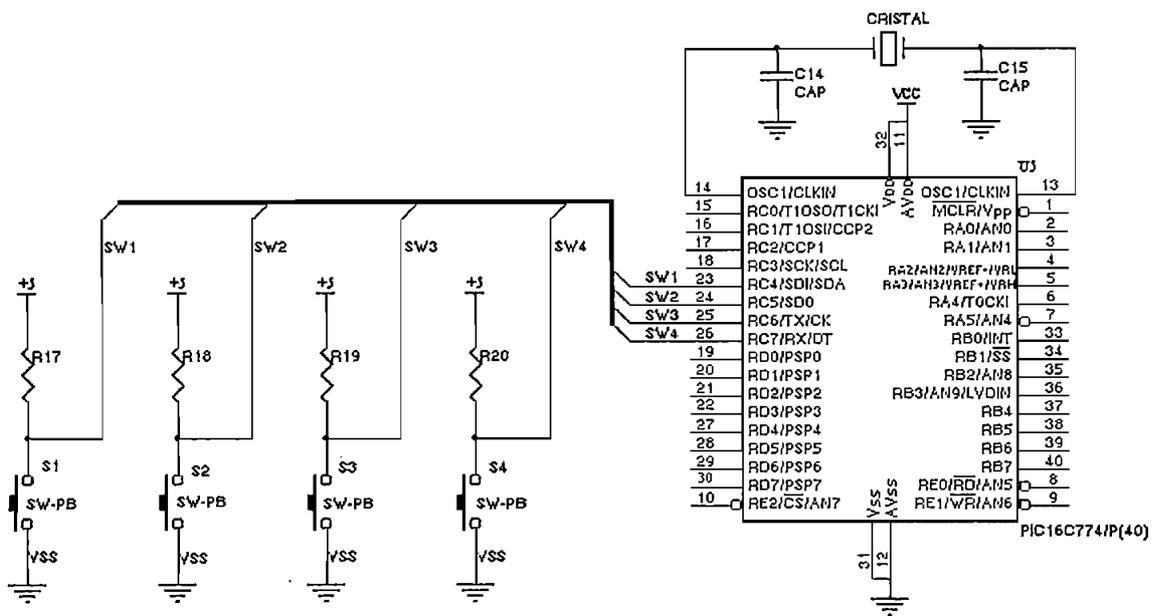


Figura 2.11. Hardware para los pulsadores

En el hardware de la Figura 2.11 se observa que se han colocado 4 pulsadores al puerto C a través de resistencias pull up lo que garantiza que cuando no se encuentra pulsado el pin no se halle flotando, y así de un nivel lógico estable.

Dependiendo de la tecla presionada se ejecutan las instrucciones de acuerdo al algoritmo diseñado, visualizándose esta información en el display LCD.

2.4.2.2. Conversor A/D

Este elemento fija muchas de las características del Data Logger. Cuanto mayor sea el proceso de conversión, mayores serán las posibles frecuencias de

muestreo.* Las señales de entrada han de ser muestreadas según el criterio de Nyquist, por lo que es importante que el convertidor analógico-digital pueda convertir la señal en palabras digitales en el menor tiempo posible; un proceso rápido adquiere más valores en un tiempo dado que uno lento y esto permite el poder representar mejor las señales originales.

Otro parámetro muy importante en el conversor analógico-digital es la resolución, que se puede definir como el número de bits que utiliza el conversor para representar la señal analógica.

La resolución del convertidor debe ser suficientemente alta para detectar el mínimo cambio de tensión exigido.

En la actualidad existen diferentes tipos de convertidores analógico-digitales. El más popular es el de aproximaciones sucesivas, ya que ofrece la máxima velocidad y resolución.* Este tipo de conversor es característico del PIC16C774.

Basado en la teoría de la cuantización se calcula el intervalo de tensión al cual se le denomina medida de cuantización o cuántum Q . El Q para el proyecto está dado por:

$$Q = \frac{\Delta U}{2^n}$$

ΔU : rango de tensión analógica
 n : cantidad de salidas digitales

$$Q = \frac{10V}{2^{12}} = \frac{10V}{4096} = 2.44mV$$

El error de cuantización se sitúa siempre entre $+\frac{Q}{2}$ y $-\frac{Q}{2}$.

Error de cuantización para el proyecto estará entre $+1.22mV$ y $-1.22mV$.*

* Ver Pág. 188, Curso de Electrónica V; Técnica de Medición y Regulación

* Ver Pág. 193, Curso de Electrónica V; Técnica de Medición y Regulación

* Ver Pág. 186 y 187, Curso de Electrónica V; Técnica de Medición y Regulación

El tiempo de conversión es el tiempo que toma un convertidor A/D para convertir la información analógica en un valor digital. De este sigue que la señal de entrada analógica no debe variar hasta que la conversión se haya ejecutado.

Existen principalmente tres diferentes principios de conversión:

Método de integración también conocido como método dual-slope. La construcción del circuito es simple, pero la conversión es lenta.

Método de comparación también llamado de realimentación o de aproximaciones sucesivas. Su estructura es más complicada, pero la conversión es rápida.

Método paralelo también denominado conversión directa o flash. La construcción del circuito es complicada pero la conversión es muy rápida.*

El conversor A/D del PIC se basa en el método de aproximaciones sucesivas.

2.4.2.2.1. Diseño del conversor A/D.

Considerando el teorema de Nyquist y el método de comparación, se da paso a la configurar el pórtilo correspondiente A/D como análogo, en modo de 12 bits, tiempo de muestreo 50 μ seg .

La toma de la señal análoga, se realiza por medio del potenciómetro que actúa como divisor de tensión, para obtener el valor adecuado a la entrada análoga del PIC; RA0 para voltaje y RA1 para corriente. El voltaje máximo de entrada debe ser igual al voltaje de referencia del PIC que es igual a RA3.

* Ver Pág. 304. Curso de Electrónica III; Módulos de la μ electrónica

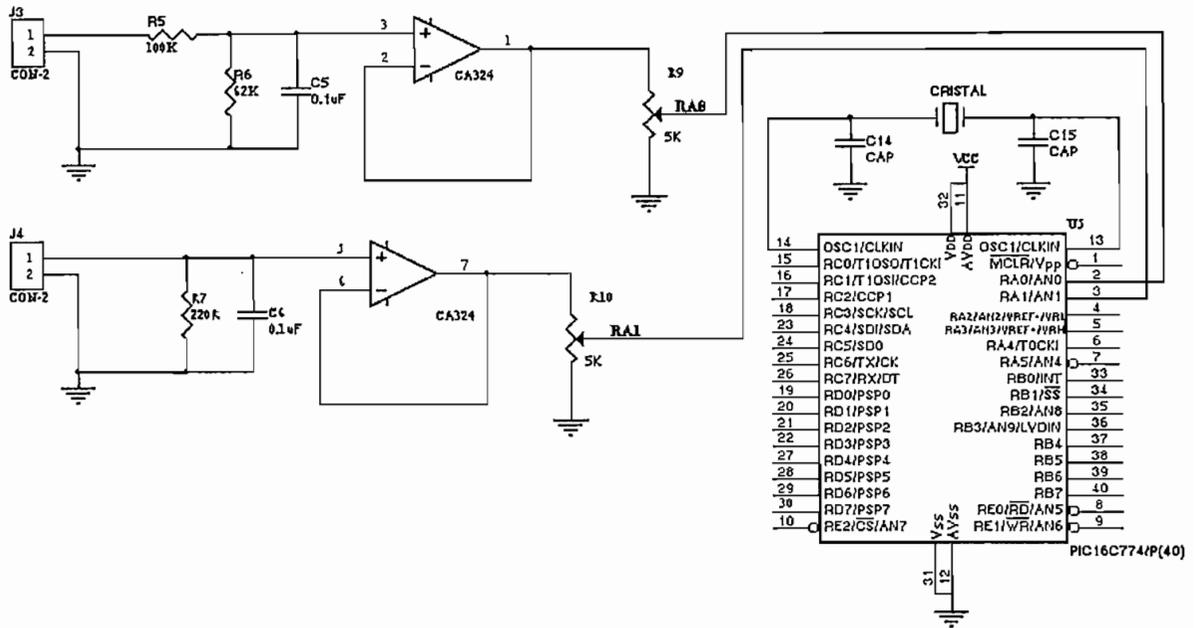


Figura 2.12. Hardware utilizado para el acondicionamiento de las señales de entrada.

2.4.2.3. Almacenamiento en la EEPROM

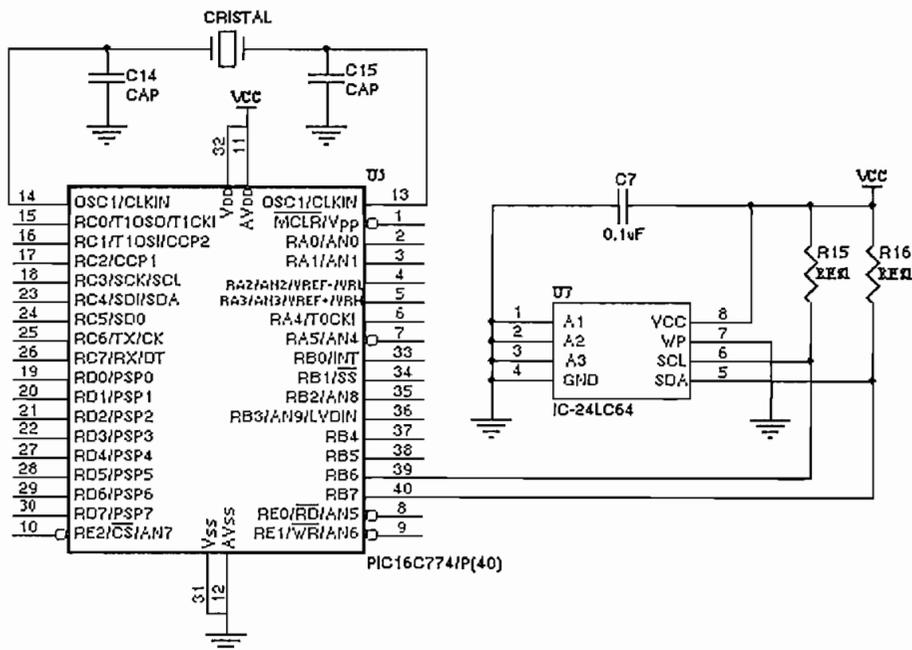


Figura 2.13. Almacenamiento en la memoria EEPROM.

La Figura 2.13 muestra las conexiones que hacen posible el almacenamiento de datos en la memoria. Dentro de los varios tipos de comunicación serial síncrona se destaca el protocolo I2C.[^]

En el diseño del Data Logger se considera la comunicación síncrona porque la transmisión de datos (SDA) se realiza sincronizada con una señal de reloj (SCL), que permitirá el almacenamiento de datos en forma ordenada.

2.4.2.4. Módulo LCD

El LCD garantizará la visualización de preguntas necesarias en la ejecución del programa del PIC, por ejemplo los datos obtenidos de la muestra, el número total de muestras, garantizando un total entendimiento del proyecto.

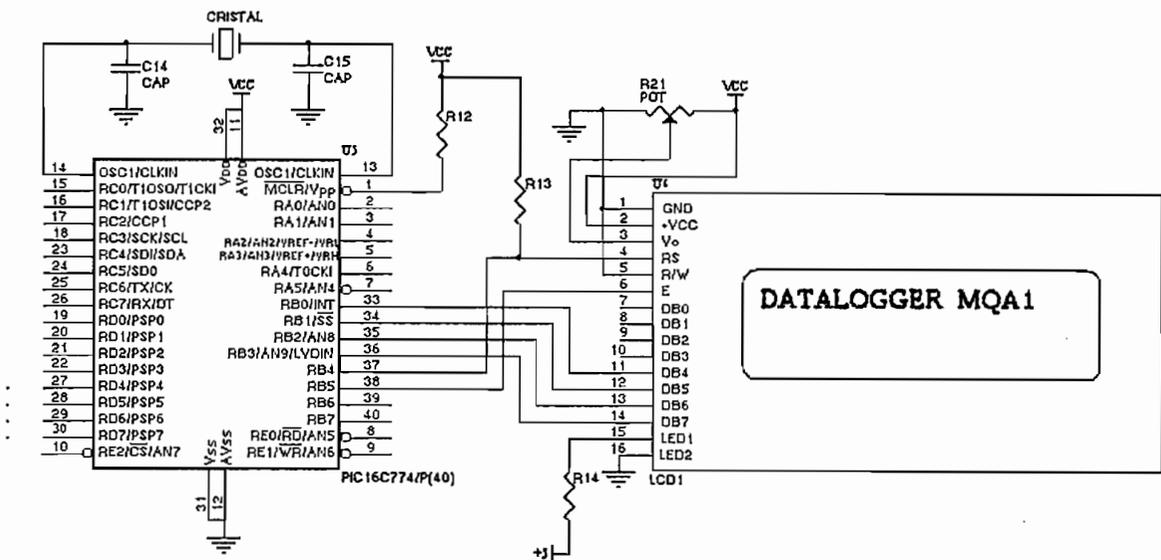


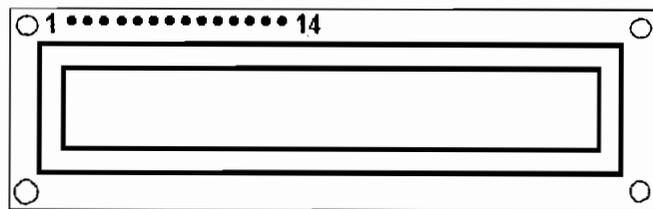
Figura 2.14. Hardware para el LCD

Los módulos LCD están compuestos básicamente por una pantalla de cristal líquido y un circuito microcontrolador especializado para el manejo de datos y señales de control necesarias para desplegar el conjunto de caracteres ASCII. La

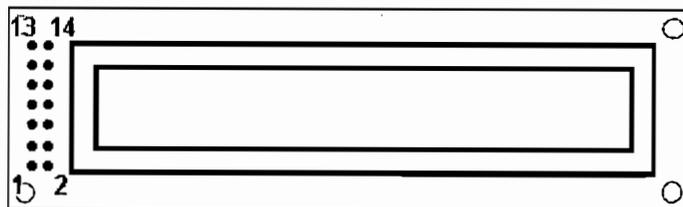
[^] Ver Pág. 52, Manual Microprocesadores PIC

lógica de control se encarga de mantener la información en la pantalla hasta que ella sea sobrescrita o borrada de la memoria RAM de datos.*

El microcontrolador y la pantalla de cristal líquido están colocados sobre un circuito impreso (PCB) y se interconectan con el mundo exterior (μC , μP) a través de un conector de 14 pines, el cual puede obtenerse en dos presentaciones de una línea y dos líneas teniendo la siguiente distribución (Figura 2.15).



Conector de 1 línea por 14



Conector de 2 líneas por 7

Figura 2.15. Tipos de conectores del LCD

Pin número	Símbolo	Función
1	Vss	Tierra ó Masa
2	Vdd	Alimentación + 5 VDC
3	Vo	Voltaje de ajuste de contraste
4	RS	Selección de Dato / Comando
5	R/W	Lectura / Escritura
6	E	Habilitador
7	DB0	1a línea de datos (LSB)

* Ver Pág. 67, Manual Microprocesadores PIC

8	DB1	2a línea de datos
9	DB2	3a línea de datos
10	DB3	4a línea de datos
11	DB4	5a línea de datos
12	DB5	6a línea de datos
13	DB6	7a línea de datos
14	DB7	8a línea de datos (MSB)

Tabla 2.1. Descripción de pines de los módulos LCD

2.4.2.5. Comunicación Serial

Frecuentemente los controladores y reguladores en sistemas de control se implementan en computadoras. Estos son capaces de, a partir de una medición, tomar decisiones de acuerdo a un grupo de condiciones establecidas por el usuario. Los resultados de las mediciones son mayoritariamente señales eléctricas analógicas, por lo que es necesario transformar esta señal para que sea compatible con las señales de entrada al PC.*

En la actualidad los microcontroladores se han hecho muy populares y muy a menudo se comunican con PCs. Muchos de ellos se construyen sobre interfaces de comunicación serial, ya que esta reduce apreciablemente la cantidad de pines necesarias para establecer la comunicación.

2.4.2.5.1. Puerto RS 232

A continuación se muestra algunas de las especificaciones eléctricas de los Puertos Serie RS232. †

1. Un 0 lógico esta entre +3 y +25 V.
2. Un 1 lógico esta entre -3 y -25 V.

* Para mayor información ver <http://www.lvr.com>

<http://www.monografias.com/trabajos5/transdat/transdat.shtml#muestre>

† Para mayor información ver <http://www.redcientifica.com/doc/doc200207030001.html>
<http://www.euskalnet.net/shizuka/rs232.html>

3. La región entre -3 y +3 V no está definida.
4. El voltaje en circuito abierto no debe exceder los 25 V, en referencia a tierra.
5. La corriente en cortocircuito no debe exceder los 500mA.

La comunicación efectuada por un Puerto RS232 es asincrónica. Esto significa que no hay señal de reloj asociada a la señal de datos. Cada palabra es sincronizada empleando un bit de comienzo (start bit) y un reloj interno en cada lado que mantiene la temporización.

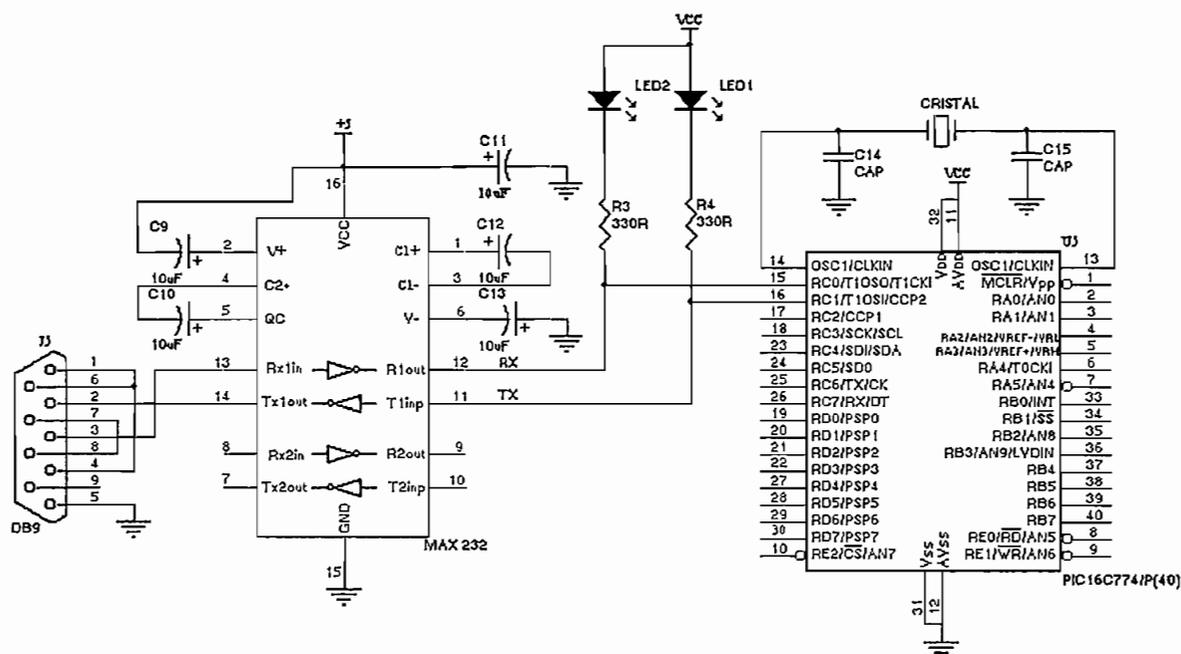


Figura 2.16. Hardware utilizado para la comunicación serial.

2.4.2.5.2. Puertos USB[▲]

El PC adolece de una serie de imprevisiones, característica propia del diseño, entre las que se destaca la escasez de determinados recursos; básicamente líneas de interrupción IRQs y canales de acceso directo a memoria DMA.

La instalación de periféricos ha sido un constante quebradero de cabeza para los ensambladores, que debían asignar los escasos recursos disponibles entre la creciente variedad de dispositivos que debían conectarse a los sistemas.

▲ Para mayor información ver http://www.zator.com/Hardware/H2_5_3.htm# o la pagina <http://www.usb.org/>

El intento de dotar al PC de un bus de alta velocidad que ofreciera las características ideales Plug and Play (PnP) de universalidad, facilidad de conexión y desconexión, y sobre todo, que consumiese pocos recursos. Intel y otros líderes de la industria han diseñado el denominado puerto USB Universal Serial Bus que, como su nombre lo indica, es un bus serie, bidireccional y de bajo costo.

Topología del bus

El bus USB soporta intercambios simultáneos de datos entre un ordenador principal y un amplio conjunto de periféricos. Todos los periféricos conectados comparten el ancho de banda del bus por medio de un protocolo de arbitraje basado en testigos ("Tokens"). El bus permite conexión y desconexión dinámica, es decir, que los periféricos se conectan, configuran, manipulan y desconectan mientras el sistema principal y otros periféricos permanecen en funcionamiento.

La topología del bus USB adopta forma de estrella y se organiza por niveles. En un bus USB existen dos tipos de elementos: Principal ("host") y dispositivos; a su vez, los dispositivos pueden ser de dos tipos: concentradores y funciones. Algunos dispositivos pueden ser de los dos tipos al mismo tiempo. Por ejemplo, una pantalla USB (función) puede ser a su vez un concentrador con dos o más conexiones auxiliares para conectar otros dispositivos.

Los concentradores ("Hubs") son el centro de una estrella, y sirven para conectar con el sistema principal, con otro hub o con una función. Cada hub puede proporcionar 500 mA de energía de alimentación (hasta 2.5 W) a cada uno de los dispositivos a él conectados, ya que el cable de conexión tiene hilos de señal (datos) y de alimentación ($5 V_{CD} \pm 0.25 V$).

Una función es un dispositivo capaz de transmitir o recibir datos o información de control en un bus USB, suele conectarse como un dispositivo independiente enlazado por un cable de menos de 5 metros, a un puerto del hub o directamente al sistema principal.

Que un hub pueda estar conectado a otro hub, significa que pueden conectarse dispositivos en cascada; el sistema soporta un total de 127 dispositivos. Una característica importante es que el PC principal o el concentrador proporcionan la energía necesaria a la función por el cable de conexión, lo que evita la necesidad de fuentes de alimentación independientes.

Funcionamiento

El bus serie USB es síncrono. En este sistema existen dos voltajes opuestos; una tensión de referencia corresponde a un "1", pero no hay retorno a cero entre bits, de forma que una serie de unos corresponde a un voltaje uniforme; en cambio los ceros se marcan como cambios del nivel de tensión, de modo que una sucesión de ceros produce sucesivos cambios de tensión entre los conductores de señal.

El controlador USB instalado en el ordenador, denominado controlador de host, o concentrador raíz ("Root hub"), proporcionan un enlace entre el bus de la placa-base, por ejemplo PCI, y una o más conexiones iniciales con el exterior. A partir de estas, utilizando hubs adicionales, pueden conectarse más dispositivos.

El protocolo de comunicación utilizado es de testigo, que guarda cierta similitud con el sistema Token-Ring de IBM. Puesto que todos los periféricos comparten el bus y pueden funcionar de forma simultánea, la información es enviada en paquetes; cada paquete contiene una cabecera que indica el periférico a que va dirigido. Existen cuatro tipos de paquetes distintos: Token; Datos; Handshake, y Especial, el máximo de datos por paquete es de 8; 16; 32 y 64 Bytes respectivamente.

El funcionamiento está centrado en el host, todas las transacciones se originan en él; es el controlador host el que decide todas las acciones, incluyendo el número asignado a cada dispositivo (esta asignación es realizada automáticamente por el controlador "host" cada vez que se inicia el sistema o se añade, o elimina, un nuevo dispositivo en el bus), su ancho de banda, etc. Cuando se detecta un nuevo dispositivo es el host el encargado de cargar los drivers oportunos sin necesidad de intervención por el usuario.

El sistema utiliza cuatro tipos de transacciones que resuelven todas las posibles situaciones de comunicación. Cada transacción utiliza un mínimo de tres paquetes, el primero es siempre un Token que avisa al dispositivo que puede iniciar la transmisión.

Transferencia de control ("Control transfer"): Ocurre cuando un dispositivo se conecta por primera vez. En este momento el controlador de host envía un paquete "Token" al periférico notificándole el número que le ha asignado.

Transferencia de pila de datos ("Bulk data transfer"): Este proceso se utiliza para enviar gran cantidad de datos de una sola vez. Es útil para dispositivos que tienen que enviar gran cantidad de datos cada vez, como escáneres o máquinas de fotografía digital.

Transferencia por interrupción ("Interrupt data transfer"): Este proceso se utiliza cuando se solicita enviar información por el bus en una sola dirección (de la función al host).

Transferencia de datos isócrona ("Isochronous data transfer"): Este proceso se utiliza cuando es necesario enviar datos en tiempo real. Los datos son enviados con una cadencia precisa ajustada a un reloj, de modo que la transmisión es a velocidad constante.

Cables y conectores

El cable de bus USB es de 4 hilos, y comprende líneas de señal (datos) y alimentación, con lo que las funciones pueden utilizar un único cable.

Pin	Nombre	Descripción	Color
1	VBUS	+ 5 V _{CD}	rojo
2	D-	Data -	azul
3	D+	Data +	amarillo
4	GND	Tierra	verde

Tabla 2.2. Distribución de pines

Existen dos tipos de cable: apantallado y sin apantallar. En el primer caso el par de hilos de señal es trenzado; los de tierra y alimentación son rectos, y la cubierta de protección (pantalla) solo puede conectarse a tierra en el principal. En el cable sin apantallar todos los hilos son rectos. Las conexiones a 15 Mbps y superiores exigen cable apantallado.

AWG	mm Ø	long. máx.
28	0.321	0.81 m
26	0.405	1.31 m
24	0.511	2.08 m
22	0.644	3.33 m
20	0.812	5.00 m

Tabla 2.3. Conexiones del USB

Se utilizan diámetros estándar para los hilos de alimentación del bus. Para cada sección se autoriza una longitud máxima del segmento.

Se usan dos tipos de conectores, A y B. Ambos son polarizados (solo pueden insertarse en una posición) y utilizan sistemas de presión para sujetarse. Los de tipo A utilizan la hembra en el sistema principal, y suelen usarse en dispositivos en los que la conexión es permanente (por ejemplo, ratones y teclados). Los de tipo B utilizan la hembra en el dispositivo USB (función), y se utilizan en sistemas móviles (por ejemplo, cámaras fotográficas o altavoces). En general podemos afirmar que la hembra de los conectores A están en el lado del host (PC) o de los concentradores (hubs), mientras las de tipo B están del lado de los periféricos.

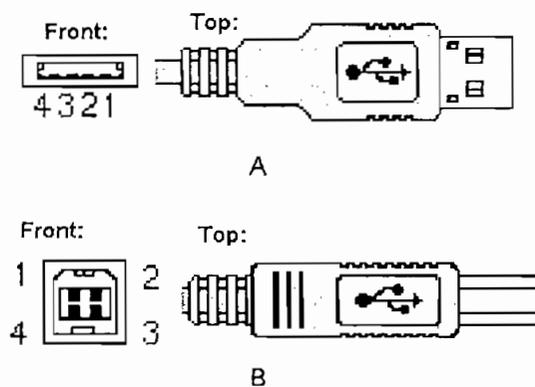


Figura 2.17. Conectores USB

Para que la interfaz USB se debe considerar que la transmisión de la información se dispone de 4 cables, uno de alimentación, otro de tierra (o línea de referencia común), y dos, donde van los datos, en forma balanceada (si se transmite un 1 con 2,5V, en una línea van +2,5V y en la otra -2,5 V).

3.4.2.5.2.1. *Usbmod2*

El IC USBMOD2 posee pines que nos permiten obtener los datos de manera sencilla sin necesidad de conocimientos especiales sobre el USB, ni conocer el manejo de protocolos USB, esto lo hace automáticamente el IC.

Para la obtención de datos a través del USBMOD2 se debe considerar los siguientes pines:

/RD (pin de entrada): Si esta en bajo habilita los bytes de datos en D0...D7 que corresponde al bus de datos bidireccional Bit #0 al Bit #7 respectivamente, a la transición alta saca el siguiente byte de datos si existe.

WR (pin de entrada): En la transición de alto a bajo escribe el byte de datos en D0...D7

ITXE (pin de salida): Cuando esta en bajo pueden escribirse datos caso contrario no.

/RXF (pin de salida): Cuando esta en alto, no lee datos y cuando esta en bajo pueden leerse los datos disponibles.*

Por lo tanto se garantiza el perfecto funcionamiento de la interfaz USB. (Ver Figura 2.18)

* Para mayor información ver Anexo C

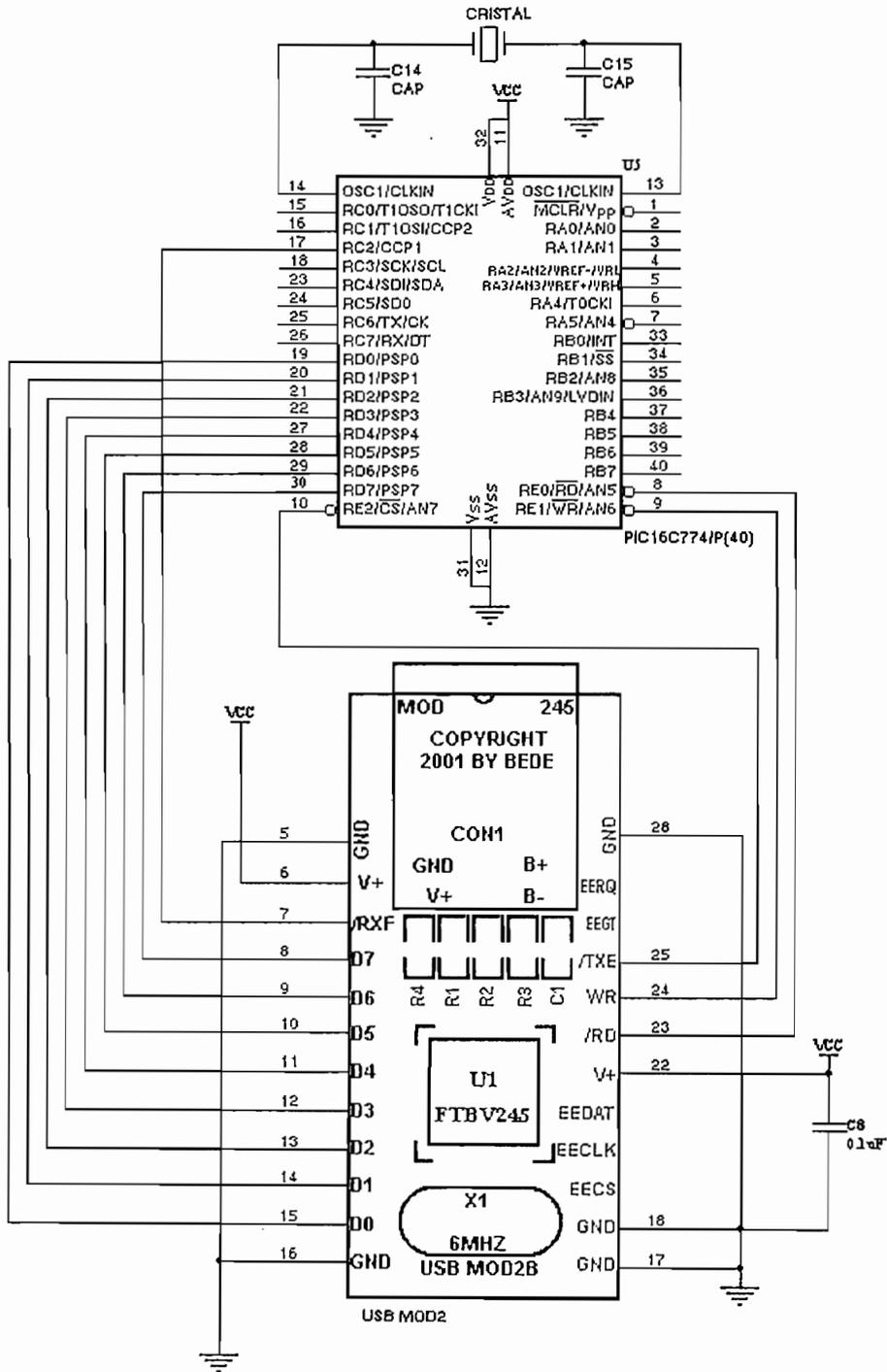


Figura 2.18. Hardware utilizado para la comunicación USB.

En el desarrollo de este capítulo se ha justificado el diseño para la construcción de un Data Logger, los esquemas del hardware de cada una de las etapas que intervienen en el proyecto garantizan su funcionamiento.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL SOFTWARE DE COMUNICACIÓN DE DATOS.

3.1. FACTORES PRINCIPALES

La utilización rápida y eficaz del microcomputador en todos los campos del saber humano y especialmente en aquellos trabajos que requieran de comunicación serial y almacenamiento de datos, llevó a la creación de paquetes de utilidad como el DataSTORE V1.0.

En el presente capítulo se darán las bases fundamentales que se tomaron en cuenta para la elaboración del Software del PIC, y el desarrollo del software de comunicación de datos con la PC.

3.2. DISEÑO DEL SOFTWARE DEL PIC

3.2.1. ALGORITMO DEL PROGRAMA DEL PIC

Este programa permite realizar las funciones siguientes:

1. Mediante pulsadores ingresar fecha y hora en que se inicia el muestreo
2. Ingresar el tiempo de muestreo
3. Seleccionar el tipo de señal a muestrear voltaje o corriente
4. Guarda los datos en la memoria, y
5. Tener acceso a ellos por medio de la comunicación serial y USB

Para lograr estas funciones se desarrollo el programa principal cuyo diagrama de flujo se muestra en la Figura 3.1 siguiente.



Figura 3.1. Programa Principal

Para la programación del PIC se realizó un breve análisis de las características de cada uno de los elementos que intervienen en el sistema Data Logger y se utilizó para el desarrollo el compilador PICBASICPRO.

En la Figura 2.10 del capítulo anterior se puede apreciar la conexión del PIC16C774, con los pulsadores, circuitos de acondicionamiento de señales de entrada, LCD, memoria EEPROM, MAX 232 y USBMOD2.

3.2.1.1. Subrutina Leer Pulsadores

Esta subrutina tiene como función interpretar las ordenes que vienen de los pulsadores. Los pulsadores a detectar son: UP, DOWN, SI y NO.

La lectura de los pulsadores se realiza con el siguiente programa cuyo diagrama básico se muestra en la Figura 3.2.

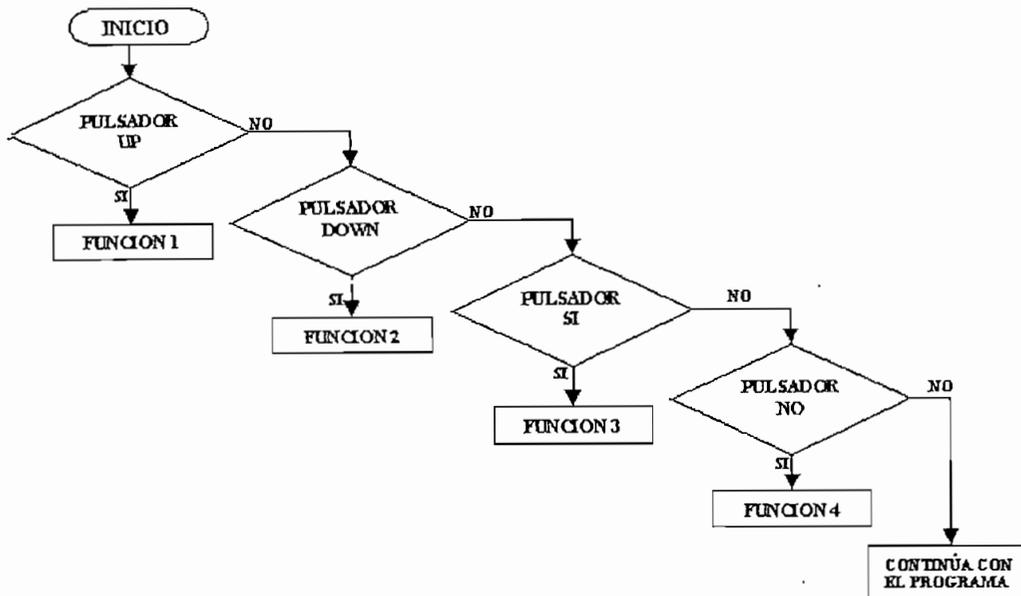


Figura 3.2. Algoritmo del Programa para Pulsadores

Dependiendo de la tecla que se presione, se selecciona una de cuatro funciones:

- Función 1: Incrementar contador
- Función 2: Decrementar contador
- Función 3: Guardar el dato
- Función 4: Salir de la subrutina

El programa para la interpretación de los pulsadores se en lenguaje estructurado, con finalidad de facilitar la comprensión de las funciones que hace cada pulsador.

Inicio:

Pulsador Up:

Leer el pulsador **Up**

Si esta presionado continuar con la subrutina

Función 1:

Ejecutar subrutina "función 1"

Si **No** esta presionado pasar a leer el siguiente pulsador

Pulsador Down:

Leer pulsador **Down**

Si esta presionado continuar con la subrutina

Función 2:

Ejecutar subrutina "función 2"
 Si **No** esta presionado pasar a leer el siguiente pulsador
Pulsador Si:
 Leer pulsador **Si**
 Si esta presionado continuar con la subrutina
Función 3:
 Ejecutar subrutina "función 3"
 Si **No** esta presionado pasar a leer el siguiente pulsador
Pulsador No:
 Leer pulsador **No**
 Si esta presionado continuar con la subrutina
Función 4:
 Ejecutar subrutina "función 4"
 Si **No** esta presionado pasa a leer el siguiente bloque
Continúa con el programa:
 Ejecuta el programa principal

3.2.1.2. Subrutina Ingresar Fecha, Hora y Tiempo de Muestreo

Esta subrutina permite ingresar datos de fecha, hora y tiempo de muestreo.

Para el ingreso de Fecha, hora y tiempo de muestreo se separan primeramente localidades de la memoria para el almacenamiento de los datos de Fecha y Hora en que se inicia el muestreo. El ingreso de estos datos implica el uso de los pulsadores UP, DOWN que permitirá ir variando números pertinentes. El programa obedece al diagrama de flujo siguiente:

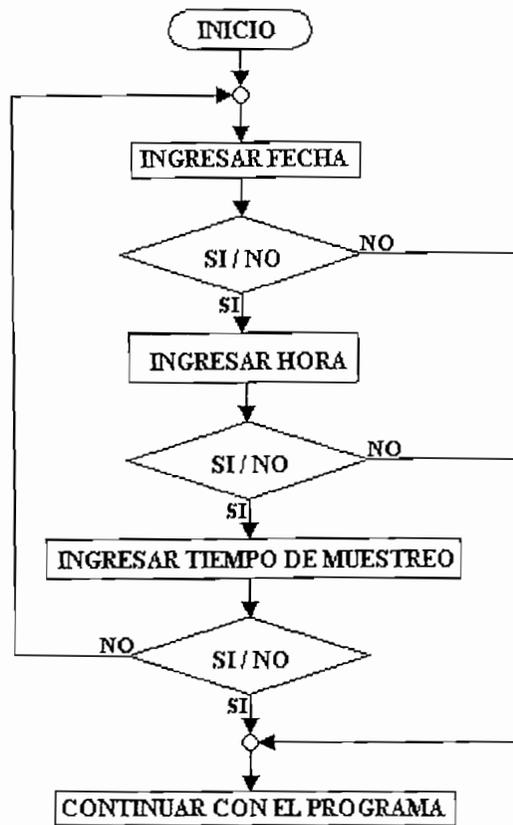


Figura 3.3. Algoritmo del programa para Ingresar Fecha, Hora y Tiempo de Muestreo

Los datos de fecha y hora se guarda en las primeras localidades de la memoria. Para este programa se realizó un contador donde el pulsador DOWN incrementa el contador y el pulsador UP decrementa el contador. Los pulsadores SI, NO permite que se guarde el dato en la memoria.

Inicio:

Ingresar fecha:

Leer pulsadores Up y Down

Up incrementa

Down decremента

Leer pulsadores Si y No

Si guarda dato

No sale al programa principal

Ingresar hora:

Leer pulsadores Up y Down

Up incrementa

Down decremента

Leer pulsadores Si y No

Si guarda dato

No sale al programa principal

Ingresar tiempo de muestreo:

Leer pulsadores Up y Down

Up incrementa

Down decrementa
 Leer pulsadores **Si** y **No**
 Si guarda dato
 No sale al programa principal
Continuar con el programa:
 Ejecutar instrucciones del programa principal

3.2.1.3. Subrutina Visualizar Datos

Esta subrutina se encarga de manejar los datos que serán mostrados en el LCD.

En la Figura 3.3 se muestra el diagrama de flujo del programa para el manejo del LCD.

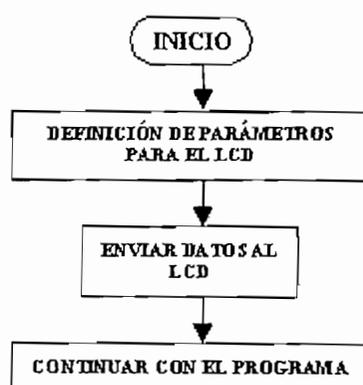


Figura 3.3 Algoritmo del LCD

En lenguaje estructurado el programa realiza lo siguiente:

Inicio:

Definición de parámetros para el LCD

```

Definir LCD_DREG  PORTB
Definir LCD_DBIT  0
Definir LCD_RSREG PORTB
Definir LCD_RSBIT  4
Definir LCD_EREG  PORTB
Definir LCD_EBIT  5
Definir LCD_BITS  4
  
```

Enviar datos al LCD:

Desplegar datos en el LCD

Continuar con el programa:

Ejecutar instrucciones del programa principal

3.2.1.4. Subrutina Seleccionar el Tipo de Señal

Esta subrutina permite seleccionar la señal a muestrear y configurar el pórtilo correspondiente en el A/D como análogo, en modo de 12 bits, tiempo de muestreo 50 μ seg.

El algoritmo que realiza esta función se muestra en la Figura 3.4.

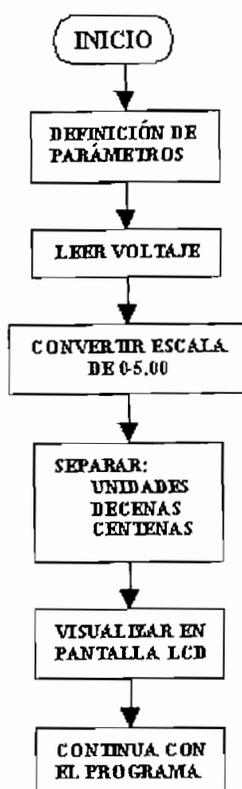


Figura 3.4. Algoritmo para el Conversor A/D

3.2.1.4.1. Programa para el Conversor A/D

Este programa primeramente localiza las entradas tanto de voltaje como corriente y configura sus puertos como entradas analógicas.

La visualización debe ser lo más sencilla por ello se introduce formulas para representar a la muestra como un numero entero y dos cifras significativas. El

software que logra estas funciones en lenguaje estructurado es como sigue:

Inicio:

Definición de parámetros:

Definir VDC como una variable de 16 Bits
Definir ADC_BITS como el número de bits del resultado
Definir ADC_CLOCK como fuente de reloj el interno (3=rc)
Definir ADC_SAMPLEUS como el tiempo de muestreo en μ s
Leer canal 0 a VDC (0 - 4096)

Leer Voltaje:

Leer el canal 0 a VDC (0 - 4096)

Convertir escala de 0 – 5.00

Ejecutar la siguiente formula: $(VDC * 500)/4096$

Separar: Unidades Decenas Centenas:

Separar el valor obtenido en valores de unidad, decena y centena

Visualizar en pantalla LCD:

Desplegar valor obtenido en el LCD
"DC Volts ="#AUX1,".#AUX2,#AUX3,"

Continuar con el programa:

Ejecutar mas instrucciones del programa principal

3.2.1.5. Subrutina Guardar datos

Esta subrutina se encarga de guardar los datos en la memoria por medio del protocolo de comunicación I²C.

El diagrama de flujo para el manejo de la memoria se representa en la Figura 3.4.

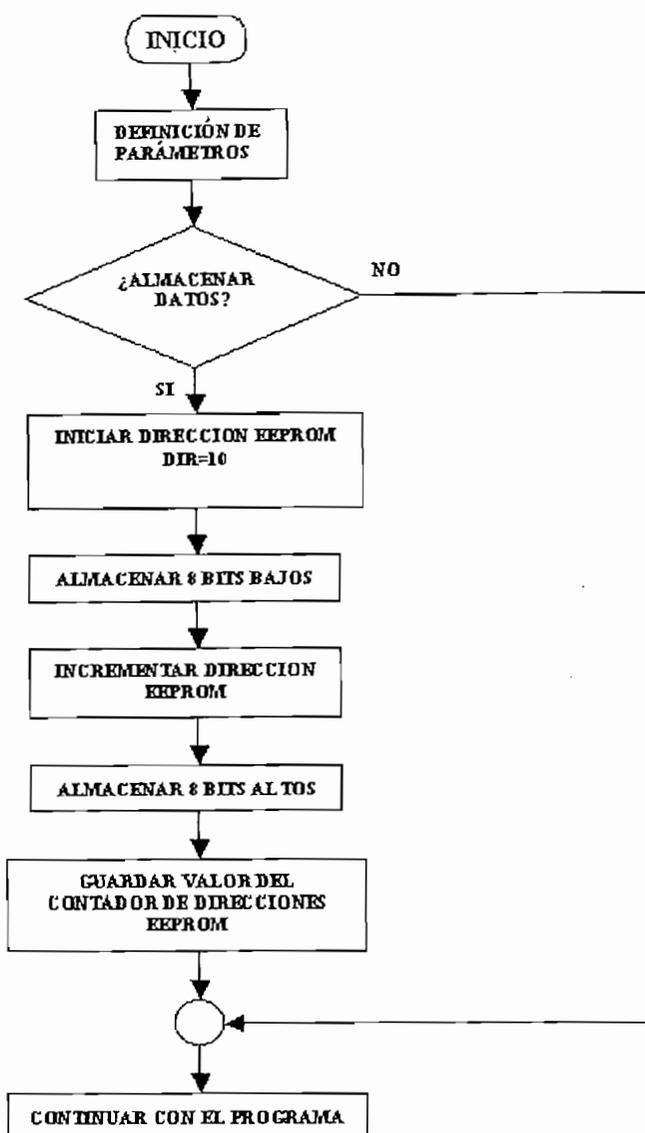


Figura 3.5. Algoritmo del Almacenamiento de Datos

Cada subrutina obedece al programa siguiente:

Inicio:

Definir parámetros:

Definir variables y constantes a usar

¿Almacenar datos?

Si **No** esta presionado continua con el programa principal

Si esta presionado pasa a la siguiente instrucción

Iniciar dirección EEPROM:

Inicializar la dirección de la EEPROM en DIR=10; a partir de esta dirección se almacenaran los datos

Almacenar 8 bits bajos:

Almacenar los 8 bits menos significativos en la dirección 10 de la EEPROM

Incrementar la dirección EEPROM:

Incrementar la dirección de la EEPROM, DIR=11

Almacenar 8 bits altos:

Almacenar los 8 bits mas significativos en la dirección 11 de la EEPROM

Guardar valor del contador de direcciones EEPROM:

Guardar el número total

Continuar con el programa:

Ejecutar mas instrucciones del programa principal

3.2.1.6. Subrutina Descargar datos

Este programa permite la transmisión simultánea tanto por el pórtico serial como pórtico USB.

Para la comunicación Serial RS-232

Esta parte del programa de la comunicación serial RS-232 considera los parámetros de transmisión pertinentes.

En la Figura 3.6, se da el algoritmo base para la transmisión de datos.

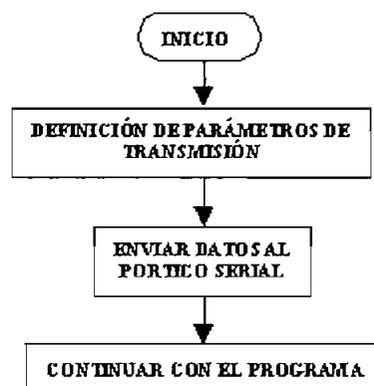


Figura 3.6. Algoritmo de la Comunicación Serial RS-232

Programa para la de Comunicación Serial RS-232

Inicio:

Definición de parámetros de transmisión:

Definir los pines y variables que se usara en la comunicación

Pin de recepción RX que esta dado por el PORTC.0

Pin de transmisión TX que esta dado por el PORTC.1

Variable de dirección para el contador de datos

Variables para el mes, día, hora y minutos en el que se inicia el muestreo

Enviar datos al p rtico serial:

Enviar los datos obtenidos en el muestreo al p rtico serial para que sean llevados a la PC

Continuar con el programa:

Ejecuta instrucciones del programa principal

Para la comunicación por el p rtico USB se solicita también el ingreso de los parámetros de transmisión y recepción de datos.

Es importante saber la función que realiza el USBMOD2, ya que al ser un módulo integrado tiene ciertos parámetros que deben ser configurados, como el pin RXF que indica si el buffer esta con datos o no. Si este buffer esta con datos se debe dar la instrucción para el inicio de comunicación.

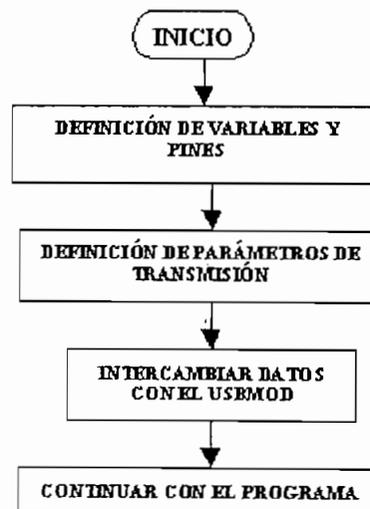


Figura 3.7. Algoritmo de la Comunicación Serial USB

Programa de la Comunicación Serial USB

Inicio:

Definición de variables y pines:

Definir dato a escribir o leer del USB dataUSB

Contador para enviar mensajes al USB auxUSB

Leer dato desde el buffer RD_USB conectado al PORTE.0

Escribir dato en el buffer WR_USB conectado al PORTE.1

/Tx indica que el buffer esta lleno y esta conectado al PORTE.2

/Rx indica que el buffer esta vació y esta conectado al PORTC.2

Definición de parámetros de transmisión:

Definir al puerto en uso como puerto de entrada de datos

Indicar cuando leer y escribir en el USB

Intercambiar datos con el USBMOD:

Los datos llegan al buffer que se comunica con la PC
 La PC da una señal que inicializa la comunicación

Continuar con el programa:

Ejecutar instrucción del programa principal

3.2.1.7. Subrutina Transferencia de datos

Esta subrutina permite transferir los datos hacia la PC.

Para el inicio de transferencia de datos se envía una marca o un código que permita dar el inicio de comunicación puede ser este un "1" o " * " desde la PC; dentro del software del PIC se establecerá es código.



Figura 3.8. Algoritmo para la transferencia de datos

Programa para la transferencia de datos

Inicio:

Definición de parámetros de transmisión:

Definir el código "1" o " * " con el cual se da el inicio de la transferencia de datos

Transferencia de datos:

El PIC espera el código de la PC para el iniciar la transferencia de datos

Continuar con el programa:

Ejecutar instrucción del programa principal

3.3. DESARROLLO DEL SOFTWARE DE COMUNICACIÓN DE DATOS

3.3.1. GENERALIDADES

Microsoft Visual Studio 6.0 es un ambiente de desarrollo de programas. Este hace uso de sistemas de programación basado en texto para crear líneas de código. Visual Studio presenta información de programación técnica, código de

ejemplo, documentación, artículos técnicos y también incluye herramientas de desarrollo de programas haciendo que las tareas de programación sean más sencillas.

Microsoft Visual Studio 6.0 se clasifica en Microsoft Visual SourceSafe, Microsoft Visual Basic 6.0, Microsoft Visual FoxPro 6.0, Microsoft Visual C++ 6.0, Microsoft Visual InterDev 6.0, Microsoft Visual Java 6.0. (Ver Figura 3.8)

Para el desarrollo del Software del proyecto Data Logger, se empleo el programa Microsoft Visual Basic 6.0, por ser el más practico para este tipo de aplicaciones.

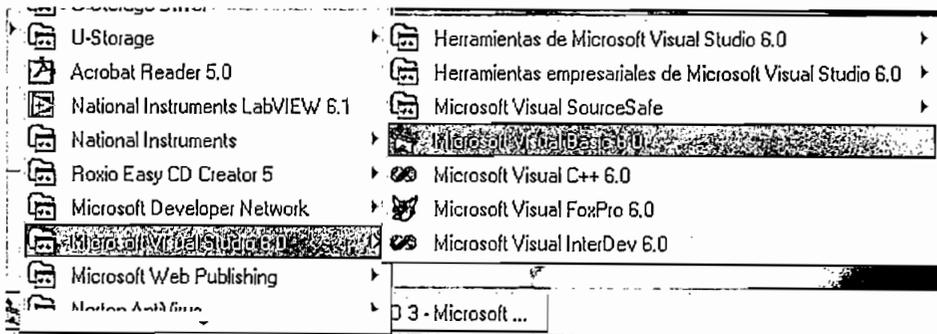


Figura 3.9. Microsoft Visual Studio 6.0

3.3.2. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE INTERFASE

Al inicio del programa se ha previsto una pantalla en la cual se puede seleccionar dos funciones a realizar, continuar y salir.



Figura 3.10. Pantalla principal

Al seleccionar  se despliega otra pantalla que permite realizar otras funciones.

Si se elige  abandona el programa.

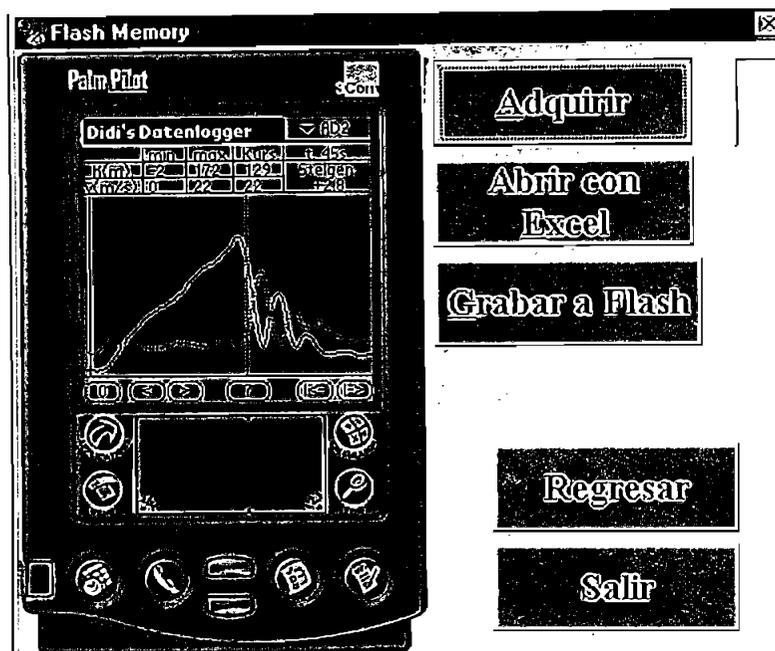


Figura 3.11. Pantalla de funciones

Al seleccionar este icono  se da el inicio a la transferencia de datos desde el Data Logger a la PC, se obtiene una indicación visual de los datos que se están almacenando en el siguiente recuadro.

Este software presenta dos opciones adicionales:

La primera: 

Esta opción permite enviar los datos y ser recuperados en una hoja de calculo Excel con el cual se puede realizar gráficos, análisis estadísticos y todas las herramientas que ofrece el Microsoft Excel.

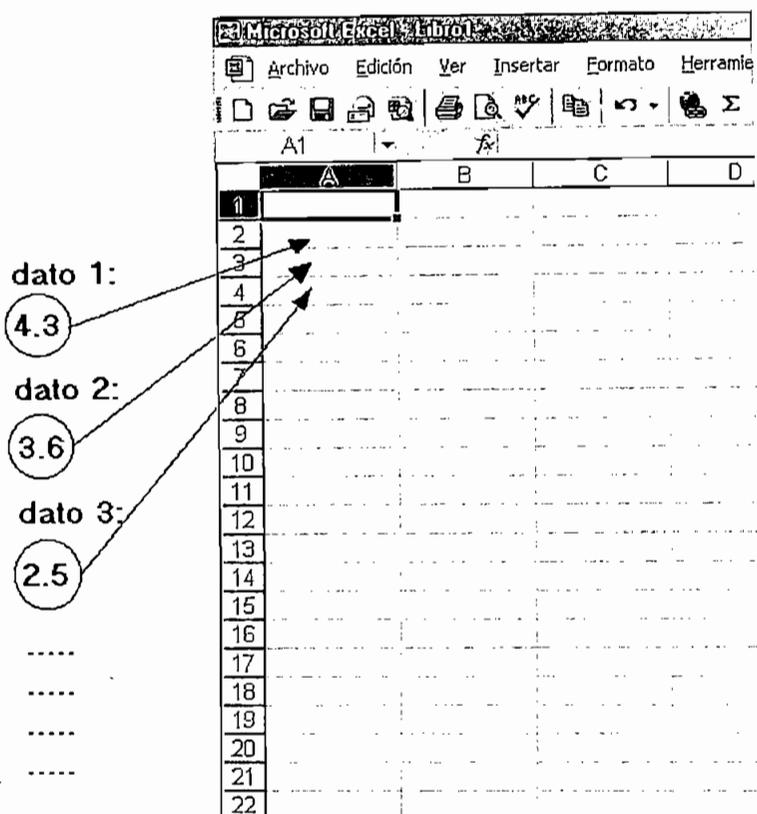


Figura 3.12. Datos que llegan a la hoja de Excel

La segunda opción:



Permite guardar los datos obtenidos del data logger en una memoria flash USB.

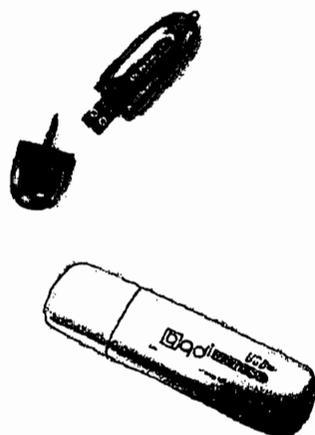


Figura 3.13. Memoria Flash USB

El archivo es tipo texto y se graba con el nombre de datos.xls, el nombre esta dado por el programa.

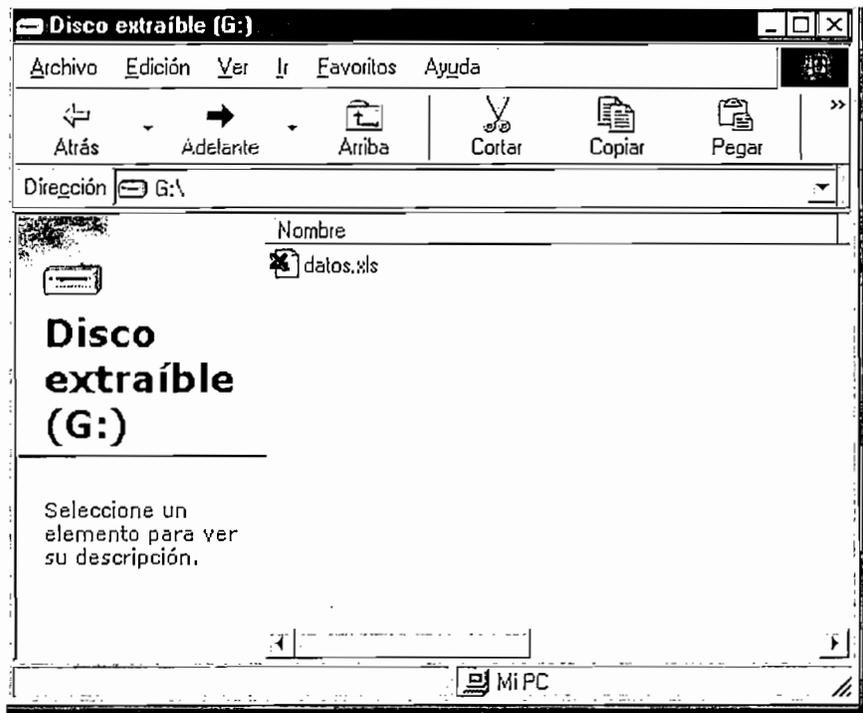


Figura 3.14. Datos En Memoria Flash USB

Al seleccionar  se despliega la pantalla principal.

Si se elige  abandona el programa.

3.4. PROGRAMA EN VISUAL STUDIO BASIC 6.0

Este programa permite obtener los datos de una manera sencilla. En base a comandos se puede pasar de una pantalla a otra; después de adquirir los datos se envía a una hoja de calculo de EXCEL, y/o a grabar en la Memoria Flash USB. La Figura 3.15 indica el algoritmo del programa desarrollado en Visual Studio Basic.

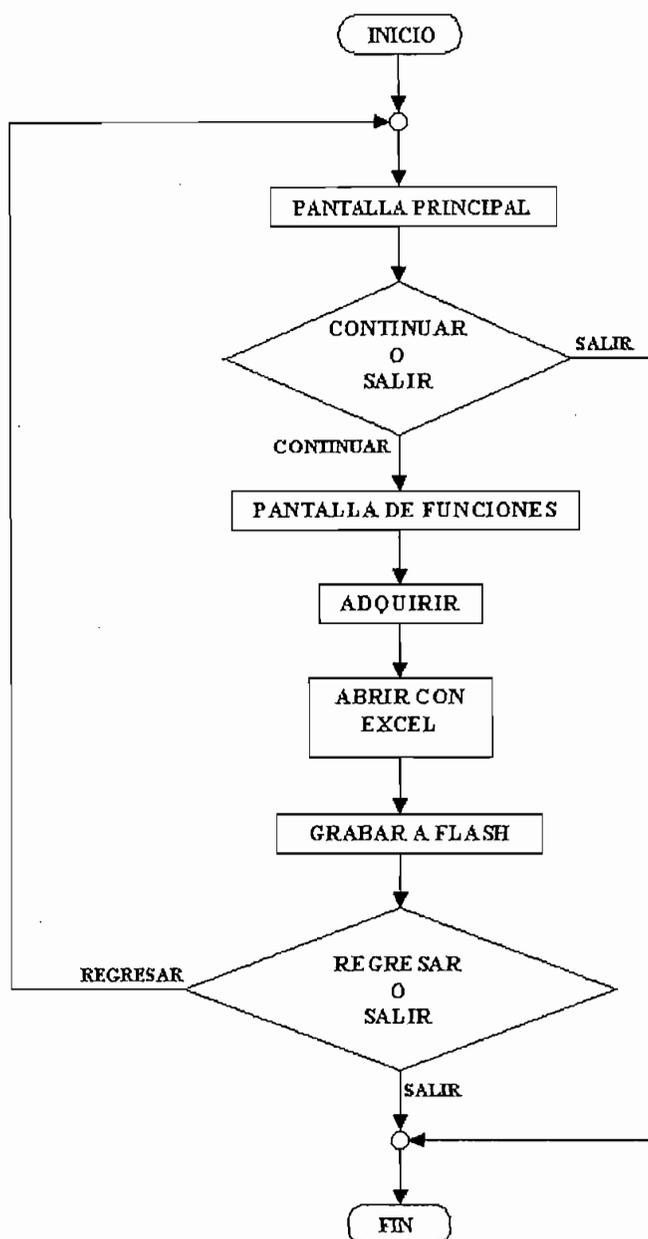


Figura 3.15. Algoritmo del Programa en Visual Studio Basic

Este algoritmo se interpreta en lenguaje estructurado para mayor comprensión del mismo.

Inicio:

Inicializa el programa

Pantalla principal:

En esta pantalla hay una breve presentación del software

Continuar o salir:

Si da un clic en **Salir** saldrá automáticamente fuera del programa

Si da un clic en **Continuar** se despliega la pantalla de funciones

Pantalla de funciones:

En esta pantalla se observa tres iconos adquirir, abrir con EXCEL, grabar a Flash

Adquirir:

En adquirir se envía un dato ya determinado que le indica al PIC el inicio de comunicación serial y USB

Abrir con EXCEL:

Los datos son llevados a una hoja de Calculo, que permitirá tener acceso a las herramientas que ofrece MICROSOFT EXCEL

Grabar a Flash:

Una vez adquiridos los datos se puede grabar a una memoria Flash USB, con el nombre de datos.xls, este es nombre dentro de las instrucciones, lo cual no permite cambiar de nombre

Regresar o Salir:

Si da un clic en **Regresar** se despliega la pantalla principal, reiniciando el programa.

Si da un clic en Salir saldrá automáticamente fuera del programa

Fin:

Finaliza el programa

Como se puede apreciar el software es fácil de implementar en Visual Studio Basic 6.0. conociendo un poco al programa.

Visual Studio ofrece herramientas que facilitan el ensamblaje del programa obteniendo así un programa ejecutable que permitirá ser instalado en cualquier computador sin que sea necesario instalar previamente Visual Studio.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. GENERALIDADES

En este capítulo se describe los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al equipo. También se incluyen comparaciones que se hicieron con equipos comerciales de características parecidas, para validar los resultados obtenidos con el equipo presente.

4.2. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

Esta primera prueba se diseñó para probar el equipo y así determinar el comportamiento del hardware y corregir y/o descartar problemas con la parte electrónica del sistema. Para esto se aplicó un voltaje conocido desde una fuente para simular el transmisor industrial.

Para esta prueba las mediciones se realizaron con un multímetro Radio SHACK TRUE RMS DIGITAL, con una resolución $3\frac{2}{3}$ dígitos.

Como se recordará, el equipo es capaz de trabajar con transmisores de voltaje y corriente, por lo que se tuvo que probarlo aplicando tanto voltaje como corriente.

Pruebas con voltaje:

Voltaje de alimentación = $4,99V_{DC}$

Voltaje de referencia = Voltaje de alimentación = $4,99V_{DC}$

En las pruebas se midieron 32 muestras.

Voltaje Real: medido por el multímetro

Voltaje Medido: el que se ve en el LCD

# MUESTRAS	VOLTAJE REAL	VOLTAJE MEDIDO
1	0,003	0,00
2	0,155	0,15
3	0,244	0,23
4	0,335	0,32
5	0,497	0,48
6	0,712	0,69
7	0,820	0,80
8	0,921	0,91
9	1,019	1,00
10	1,098	1,08
11	1,110	1,09
12	1,205	1,19
13	1,305	1,29
14	1,412	1,40
15	1,538	1,53
16	1,625	1,61
17	1,720	1,71
18	1,826	1,82
19	1,943	1,93
20	2,016	2,01
21	2,223	2,21
22	2,352	2,34
23	2,502	2,49
24	2,723	2,72
25	2,956	2,95
26	3,312	3,31
27	3,621	3,62
28	3,940	3,94
29	4,310	4,30
30	4,570	4,55
31	4,950	4,93
32	4,990	4,99

Tabla 4.1. Cuadro de medidas de voltaje

De acuerdo a la Tabla 4.1 se calcularon los siguientes errores:

Error Relativo: $Valor\ Real - Valor\ Medido$

Error Absoluto: $\frac{Valor\ Real - Valor\ Medido}{Valor\ Real}$

Error Porcentual: $Error\ Absoluto \times 100 = Error\ \%$

En la Tabla 4.2. se listan los errores calculados.

# MUESTRAS	ERROR RELATIVO	ERROR ABSOLUTO	ERROR PORCENTUAL
1	0,003	0,000	0%
2	0,005	0,032	3%
3	0,014	0,057	6%
4	0,015	0,045	4%
5	0,017	0,034	3%
6	0,022	0,031	3%
7	0,020	0,024	2%
8	0,011	0,012	1%
9	0,019	0,019	2%
10	0,018	0,016	2%
11	0,020	0,018	2%
12	0,015	0,012	1%
13	0,015	0,011	1%
14	0,012	0,008	1%
15	0,008	0,005	1%
16	0,015	0,009	1%
17	0,010	0,006	1%
18	0,006	0,003	0%
19	0,013	0,007	1%
20	0,006	0,003	0%
21	0,013	0,006	1%
22	0,012	0,005	1%
23	0,012	0,005	0%
24	0,003	0,001	0%
25	0,006	0,002	0%
26	0,002	0,001	0%
27	0,001	0,000	0%
28	0,000	0,000	0%
29	0,010	0,002	0%
30	0,020	0,004	0%
31	0,020	0,004	0%
32	0,000	0,000	0%

Tabla 4.2: Errores Relativo, Errores Absoluto y Error Porcentual

Por enfatizar, con los datos de la Tabla 4.2 se hizo los gráficos de las Figura 4.2 y Figura 4.3:

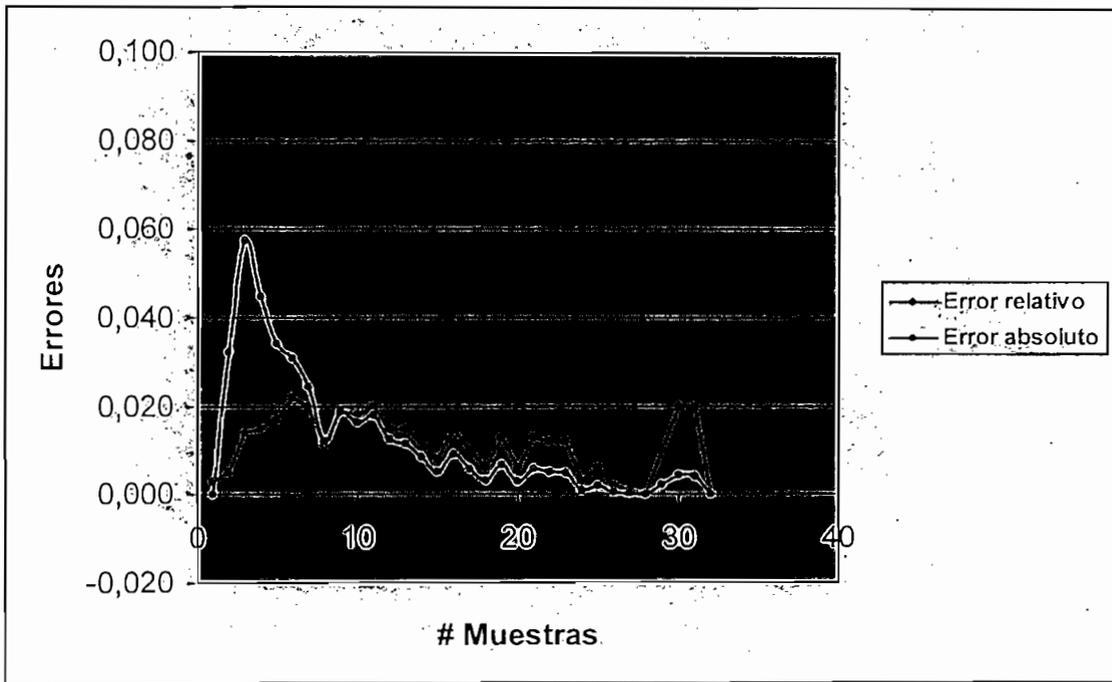


Figura 4.1. Error Relativo y Error Absoluto

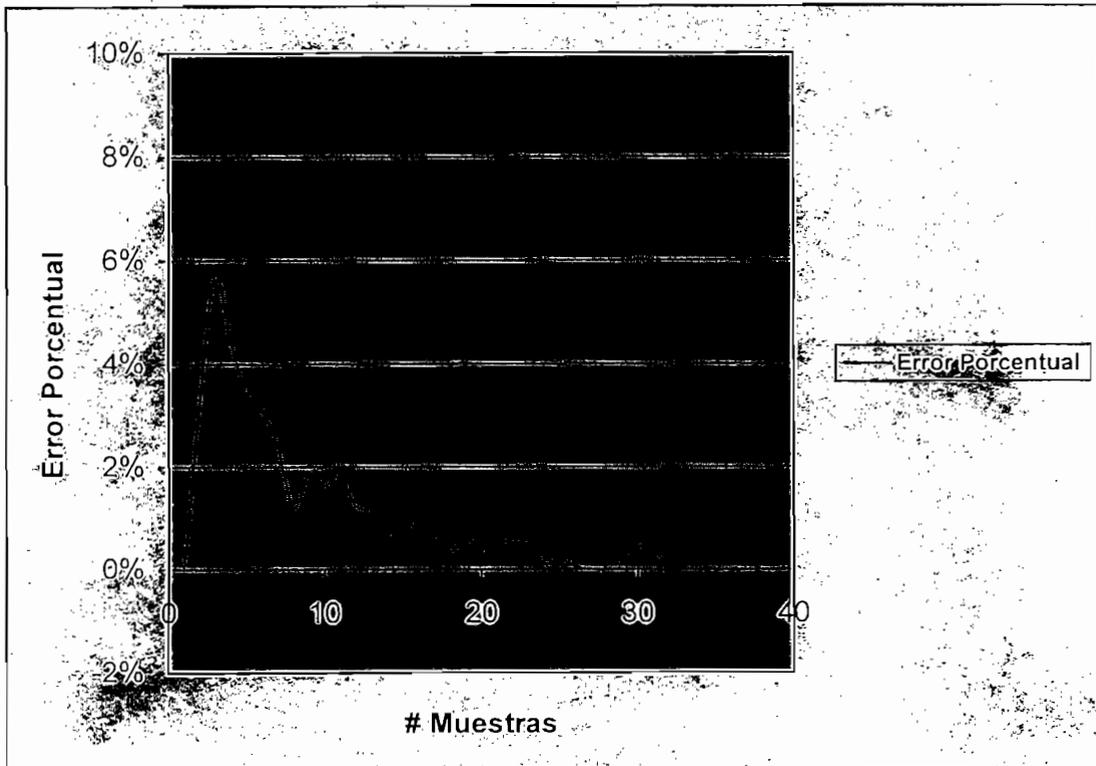


Figura 4.2. Error Porcentual

El promedio de error absoluto es el siguiente:

$$\text{Promedio de error absoluto} = \frac{\sum \text{errores absolutos}}{\# \text{muestras}}$$

$$\text{Promedio de error absoluto} = \frac{0.149}{34} = 0.004 = 0.438\%$$

4.3. PRUEBAS COMPARATIVAS

A continuación se listan las características de los equipos tipo "Data Logger" comerciales que se usaron para comparación. En primer lugar se hace una comparación en cuanto a especificaciones.

EQUIPO BASE DE COMPARACIÓN:

Testo 175: Data Logger compacto para temperatura, humedad, voltaje y corriente

- Memoria para hasta 16.000 lecturas
- Máximo 2 canales
- Intervalo: 10 s a 24 h
- Vida de la pila: > 2.5 años
- Versiones visualizador LCD, 1 línea

Testo 177: Data Logger profesional para medición a largo plazo y multi canal de temperatura y humedad

- Memoria para hasta 48.000 lecturas
- Máximo 4 canales
- Intervalo: 2 s a 24 h
- Vida de la pila: > 5 años

- Versión visualizador LCD, 2 líneas

En base a estos equipos de comparación se afirma que el Data Logger diseño propio presenta las siguientes características:

Data Logger diseño propio para medición de transmisores de voltaje y corriente

- Memoria para hasta 32.000 lecturas
- Máximo 2 canales
- Intervalo: 0.1 s a 99 h
- Versión visualizador LCD, 2 líneas

Debe hacerse notar que ninguno de los equipos comerciales ofrece la posibilidad de transmisión de datos vía pórtico USB.

Una vez calibrado el equipo, se procedió a realizar las pruebas necesarias, para comparar los resultados con los entregados por los referidos. Así se podría asegurar que el software y el hardware trabajan conjuntamente de acuerdo a lo previsto y cumple con los requisitos planteados para el presente proyecto.

4.4. PRUEBA DE EXACTITUD

Esta segunda prueba consistió en medir las variaciones de voltaje AC de la línea comercial de 110 VAC y contrastarlas con la medición realizada por un equipo comercial. Para poder realizar esta medición, el voltaje de red se bajo a 10 VAC a través de un transformador, luego se rectificó y filtro para obtener un voltaje DC proporcional al voltaje de la Red, con el circuito de la Figura 4.3. Las muestras se tomaron cada 60s durante 1h.

Características del Equipo Comercial

Para esta prueba las mediciones se realizaron con un multímetro METEX DIGITAL, con una resolución 3 $\frac{2}{3}$ dígitos, interfaz RS-232, medición AC desde 20 μ A hasta 20A, DC corriente desde 20 μ A hasta 20A, resistencia desde 200 Ω a

2M Ω , auto rango de medidor de temperatura de -40 a 1200°C , DATA HOLD SWITCH.

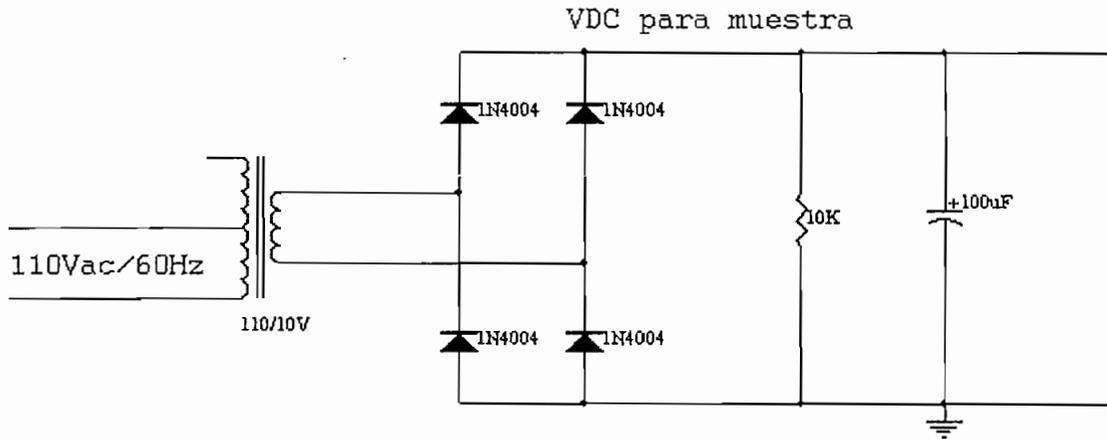


Figura 4.3. Esquema implementado para el monitoreo de la red

El objetivo es determinar que tanto las muestras almacenadas corresponden en tiempo y voltaje a valores verdaderos medidos.

TIEMPO MINUTOS	EQUIPO PROPIO		EQUIPO COMERCIAL	
	VDC ALMACENADO	VAC Monitoreado	VDC ALMACENADO	VAC Monitoreado
1	1,17	117	1,17	117
2	1,18	118	1,17	117
3	1,17	117	1,16	116
4	1,17	117	1,17	117
5	1,18	118	1,18	118
6	1,19	119	1,19	119
7	1,18	118	1,18	118
8	1,17	117	1,18	118
9	1,17	117	1,17	117
10	1,16	116	1,16	116
11	1,18	118	1,17	117
12	1,18	118	1,18	118
13	1,17	117	1,17	117
14	1,18	118	1,18	118
15	1,19	119	1,19	119
16	1,18	118	1,18	118
17	1,17	117	1,17	117
18	1,17	117	1,16	116
19	1,16	116	1,16	116
20	1,16	116	1,17	117
21	1,17	117	1,17	117

22	1,16	116	1,16	116
23	1,17	117	1,17	117
24	1,18	118	1,18	118
25	1,18	118	1,19	119
26	1,17	117	1,18	118
27	1,16	116	1,17	117
28	1,17	117	1,17	117
29	1,18	118	1,18	118
30	1,18	118	1,18	118
31	1,17	117	1,18	118
32	1,16	116	1,17	117
33	1,16	116	1,17	117
34	1,17	117	1,18	118
35	1,16	116	1,18	118
36	1,17	117	1,17	117
37	1,18	118	1,16	116
38	1,18	118	1,16	116
39	1,17	117	1,17	117
40	1,16	116	1,17	117
41	1,17	117	1,18	118
42	1,18	118	1,19	119
43	1,18	118	1,18	118
44	1,17	117	1,17	117
45	1,17	117	1,17	117
46	1,16	116	1,17	117
47	1,18	118	1,18	118
48	1,18	118	1,19	119
49	1,17	117	1,18	118
50	1,18	118	1,17	117
51	1,19	119	1,16	116
52	1,18	118	1,16	116
53	1,17	117	1,17	117
54	1,17	117	1,17	117
55	1,18	118	1,18	118
56	1,19	119	1,19	119
57	1,18	118	1,18	118
58	1,17	117	1,17	117
59	1,17	117	1,16	116

Tabla 4.3. Valores de Voltaje tanto DC como AC

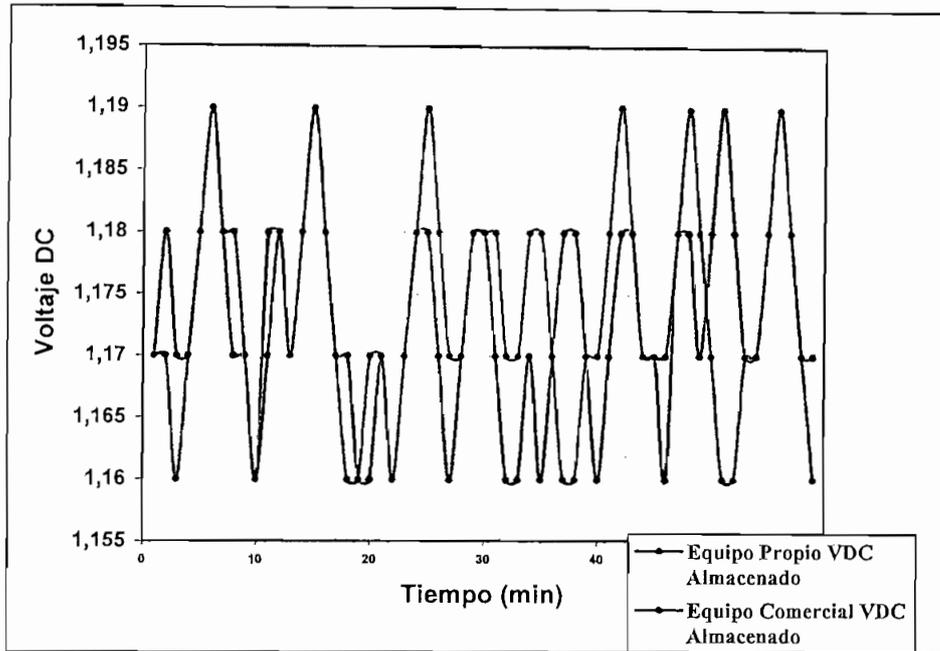


Figura 4.4. Valores VDC Almacenado

En la Figura 4.4 se puede analizar, con la ayuda de gráficos hechos en Excel, el voltaje de la red tal como fue capturado por el equipo comercial y el equipo propio.

En la Tabla 4.4 se listan los errores obtenidos en las mediciones

Error Relativo	Error Absoluto	Error Porcentual
0,002	0,001	0,001%
0,007	0,006	0,005%
0,012	0,010	0,009%
0,003	0,003	0,003%
0,001	0,001	0,001%
0,003	0,002	0,002%
0,001	0,000	0,000%
0,011	0,009	0,008%
0,003	0,002	0,002%
0,003	0,002	0,002%
0,007	0,006	0,005%
0,003	0,002	0,002%
0,003	0,002	0,002%
0,003	0,002	0,002%
0,003	0,002	0,002%
0,002	0,002	0,001%
0,002	0,002	0,001%
0,012	0,010	0,009%
0,001	0,000	0,000%
0,011	0,009	0,008%
0,003	0,002	0,002%

4.5. PRUEBA CON UN TRANSMISOR

El Laboratorio de Instrumentación proporcionó un transmisor comercial de temperatura TX91-K2 (transmisor de corriente) con el que se hizo pruebas para capturar sus valores mientras medía la temperatura de un “baño maría”.

En esta prueba se midieron 20 muestras, para lo cual se uso una termocupla tipo K.

Corriente Real: medido por el multímetro

Corriente Medida: el que se ve en el LCD

# MUESTRAS	CORRIENTE REAL (mA)	CORRIENTE MEDIDA (mA)
1	9.58	9.58
2	10.25	10.25
3	10.65	10.65
4	11.25	11.25
5	11.75	11.75
6	12.05	12.05
7	12.55	12.54
8	12.89	12.89
9	13.05	13.04
10	13.55	13.55
11	13.75	13.74
12	14.25	14.25
13	14.85	14.84
14	15.25	15.24
15	16.45	16.45
16	17.25	17.25
17	18.21	18.21
18	18.87	18.86
19	19.25	19.25
20	19.95	19.94

Tabla 4.5. Cuadro de medidas de voltaje

De acuerdo a la Tabla 4.5 se calcularon error relativo, error absoluto y error porcentual que se listan en la Tabla 4.6.

# MUESTRAS	ERROR RELATIVO	ERROR ABSOLUTO	ERROR PORCENTUAL
1	0,00000	0,00000	0,000
2	0,00000	0,00000	0,000
3	0,01000	0,00094	0,094
4	0,00000	0,00000	0,000
5	0,00000	0,00000	0,000
6	0,00000	0,00000	0,000
7	0,01000	0,00080	0,080
8	0,01000	0,00078	0,078
9	0,01000	0,00077	0,077
10	0,00000	0,00000	0,000
11	0,01000	0,00073	0,073
12	0,00000	0,00000	0,000
13	0,00000	0,00000	0,000
14	0,01000	0,00066	0,066
15	0,00000	0,00000	0,000
16	0,01000	0,00058	0,058
17	0,01000	0,00055	0,055
18	0,01000	0,00053	0,053
19	0,00000	0,00000	0,000
20	0,01000	0,00050	0,050

Tabla 4.6. Errores relativos, errores absolutos y errores porcentuales.

Con los datos de la Tabla 4.6 se realizo los gráficos de las Figura 4.5 y Figura 4.6.

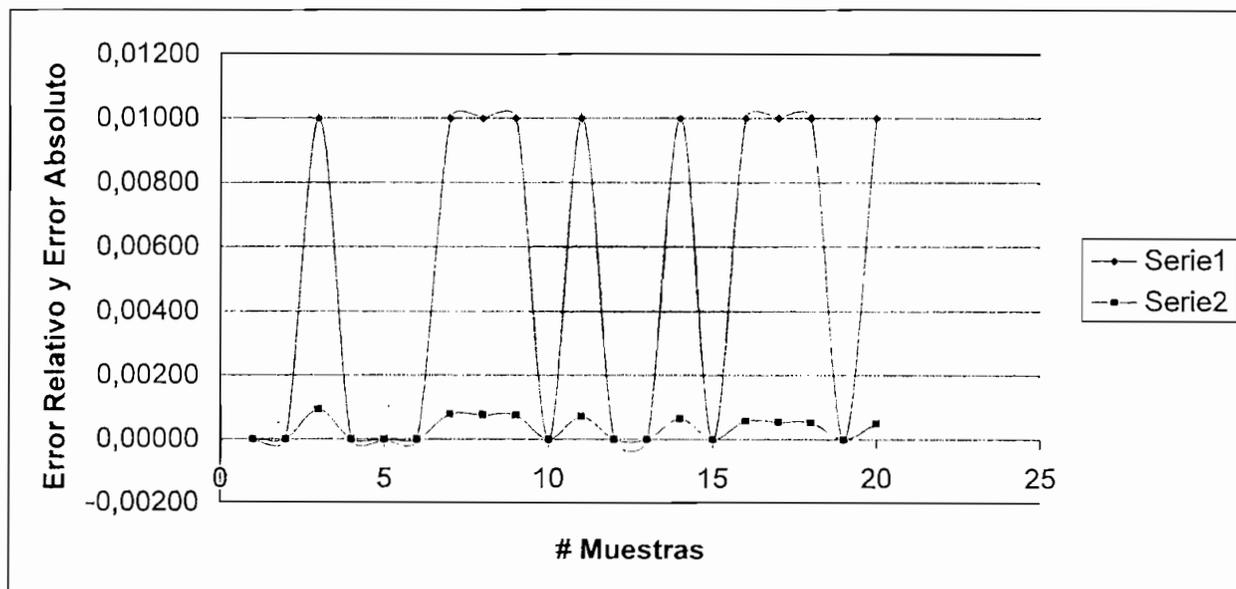


Figura 4.5. Error Relativo y Error Absoluto

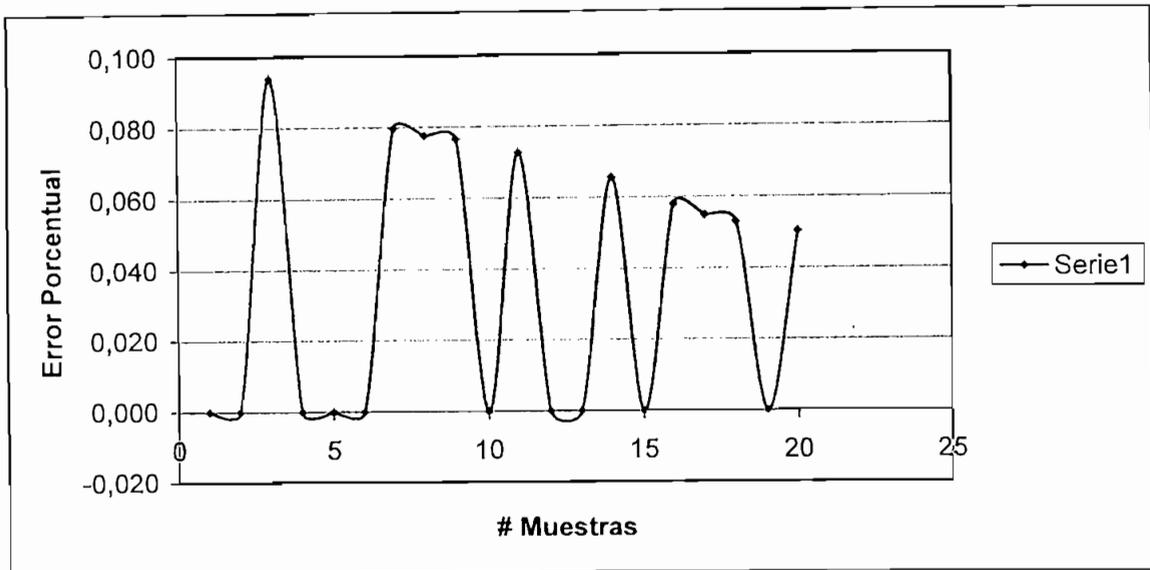


Figura 4.6. Error Porcentual

El promedio de error absoluto es el siguiente:

$$\text{Promedio de error absoluto} = \frac{\sum \text{errores absolutos}}{\# \text{muestras}}$$

$$\text{Promedio de error absoluto} = \frac{0,0068}{20} = 0,00034 = 0,034\%$$

Lo que se puede manifestar al respecto es que el equipo pudo captar los cambios de temperatura en valores de corriente y luego fue posible transferir esta información a una PC y, desde allí a una memoria Flash vía USB, todo lo cual era el objetivo del presente trabajo.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De las pruebas realizadas al equipo y de la poca experiencia que se ha podido adquirir durante el diseño, construcción y puesta en marcha de este proyecto práctico, es posible extraer las conclusiones y recomendaciones siguientes.

5.1. CONCLUSIONES

En la industria es muy difundido el uso de transmisores que midan las variables de un proceso. Al entregar valores de corriente o voltaje normalizados, favorecen y facilitan la creación de dispositivos de propósito general, uno de los objetivos del trabajo presente. Pero si bien el DATA LOGGER que aquí se ha construido, está listo para trabajar con cualquier transmisor, muy bien pueda ser empleado para que se acople a sensores o equipos de medición de diseño propio, con la única condición que generen corriente o voltajes estándar.

Para el funcionamiento en otros rangos de corriente o voltaje o tiempos de muestreo diferentes a los implementados, el haber producido una solución local, posibilita alterar tanto el software como el hardware para ajustar este pequeño sistema a otras aplicaciones. Una conclusión valiosa que se puede extraer de lo hasta aquí dicho es la conveniencia de que la Universidad promueva y apoye el desarrollo de tecnología propia.

Una de las cosas que se debe tomar en cuenta es que este sistema, con los parámetros descritos, constituye un DATA LOGGER de carácter universal por que prácticamente permite cubrir las necesidades más usuales de adquisición y almacenamiento de datos, tanto en rangos de voltaje como en corriente.

Si bien existen DATA LOGGERS en el mercado, incluso algunos de bajo costo, estos no cumplen con todas las funciones implementadas en este equipo, y si lo tienen, su costo es elevado. Sin embargo, uno no se debería apresurar en afirmar que esta solución es más barata, por los costos ocultos del proyecto como el costo del desarrollo, por dar un ejemplo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- The Measurement and Automation Catalog 2004 (National Instruments)
- Transactions in Measurement and Control (Omega)
- Non-Contact Temperature Measurement (Omega)
- Data Acquisition (Omega)
- Force-Related Measurements (Omega)
- Flow & Level Measurement (Omega)
- PICkit™ 1 FLASH Starter Kit User's Guide (Microchip)
- PICDEM™ USB User's Guide (Microchip)
- Curso de Electrónica V; Técnica de Medición y Regulación
- Curso de Electrónica III; Módulos de la μ electrónica

Paginas Web:

<http://www.e84.net/data-logger.html>

<http://www.electronicaestudio.com/virtuales.htm>

<http://www.termometal.com/dl-340.html>

<http://www.tigerdirect.com/applications/SearchTools/itemdetails.asp?EdpNo=704769&Sku=L61-3466&CatId=379>

<http://www.futurlec.com/USB.shtml>

<http://www.hobbyengineering.com/SectionIN.html>

<http://www.ni.com/cgi-bin/redirect.cgi?dest=lv61faq>

<http://www.lvr.com>

<http://www.monografias.com/trabajos5/transdat/transdat.shtml#muestre>

<http://www.redcientifica.com/doc/doc200207030001.html>

ANEXOS

ANEXO A



MICROCHIP

PIC16C77X

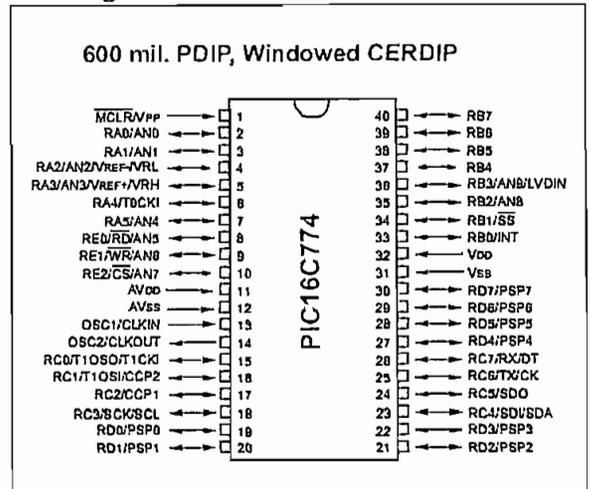
28/40-Pin, 8-Bit CMOS Microcontrollers w/ 12-Bit A/D

Microcontroller Core Features:

- High-performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- 4K x 14 words of Program Memory,
256 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
- Interrupt capability (up to 14 internal/external interrupt sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect, and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code-protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low-power, high-speed CMOS EPROM technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP)
- Wide operating voltage range: 2.5V to 5.5V
- High Sink/Source Current 25/25 mA
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption:
 - < 2 mA @ 5V, 4 MHz
 - 22.5 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

* Enhanced features

Pin Diagram



Peripheral Features:

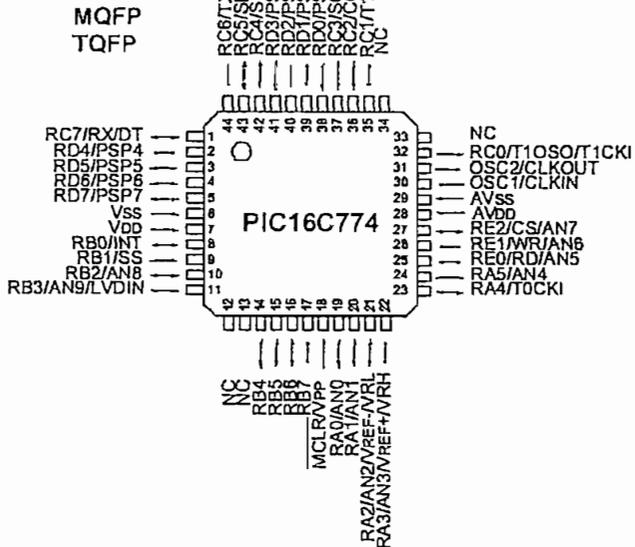
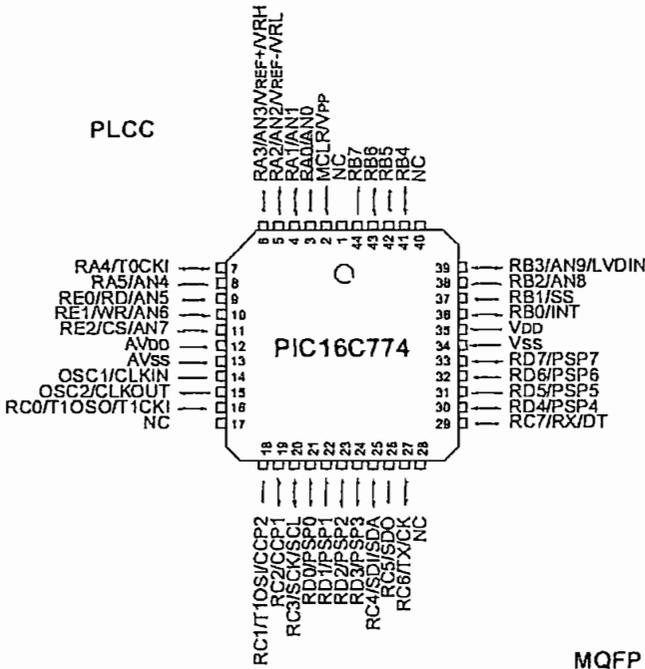
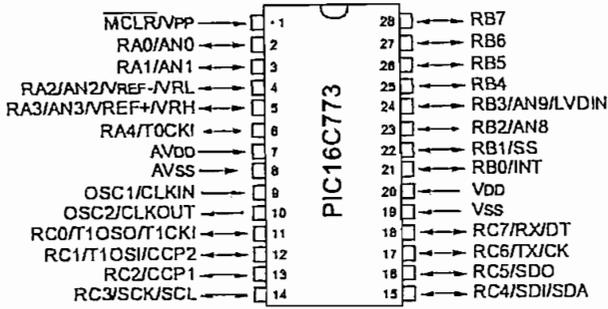
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
- Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns, Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns, PWM max. resolution is 10-bit
- * • 12-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- * • On-chip absolute bandgap voltage reference generator
- * • Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master Mode) and I²C™
- * • Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter, supports high/low speeds and 9-bit address mode (USART/SCI)
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with external RD, WR and CS controls
- * • Programmable Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)
- * • Programmable Low-voltage detection circuitry

This is an advanced copy of the data sheet and therefore the contents and specifications are subject to change based on device characterization.

PIC16C77X

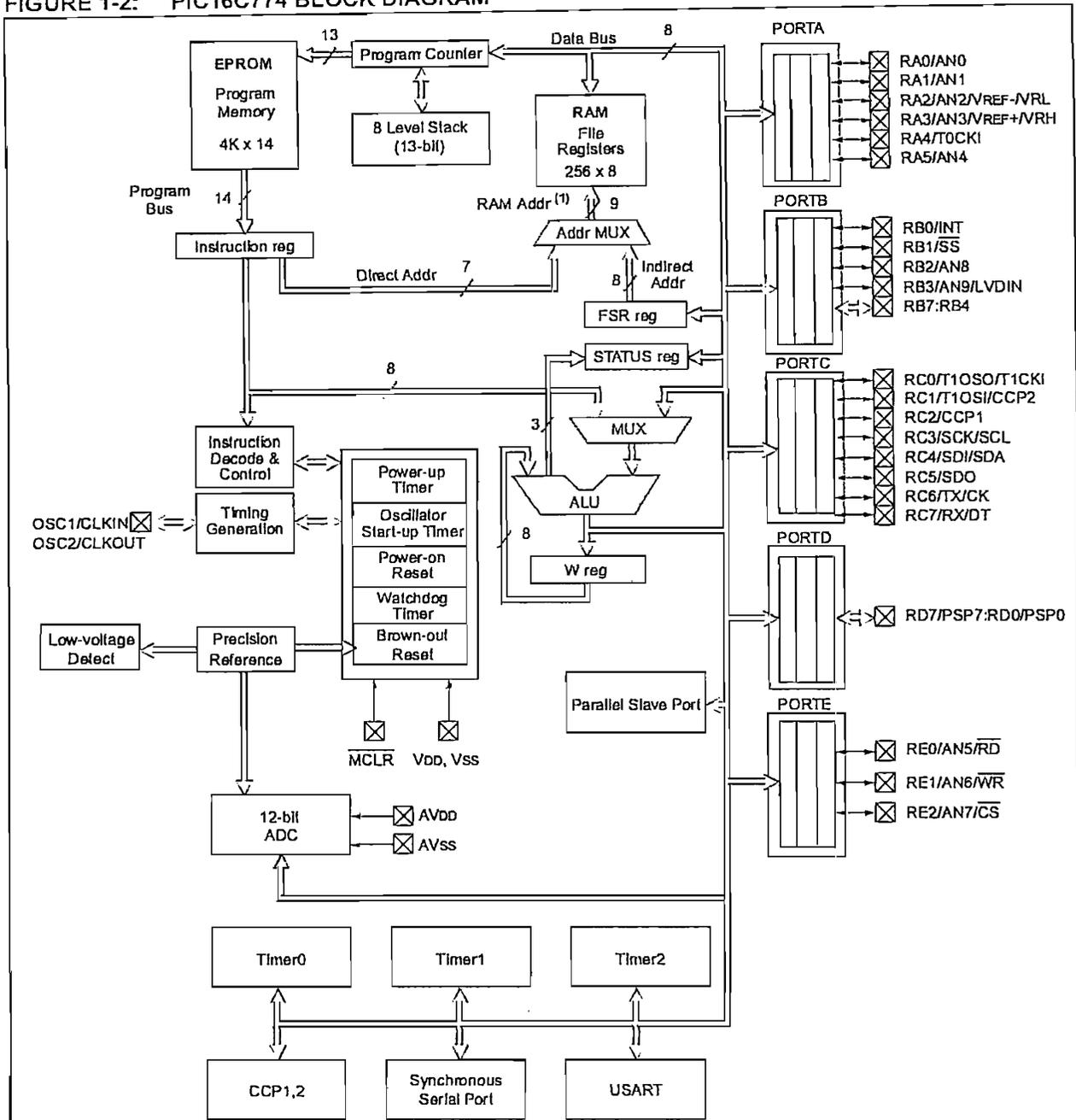
Pin Diagrams

300 mil. SDIP, SOIC, Windowed CERDIP, SSOP



PIC16C77X

FIGURE 1-2: PIC16C774 BLOCK DIAGRAM



Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

TABLE 1-1 PIC16C773 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP, SSOP, SOIC Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	9	I	ST/CMOS ⁽³⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	10	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, the OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP	1	I/P	ST	Master clear (reset) input or programming voltage input. This pin is an active low reset to the device.
RA0/AN0	2	I/O	TTL	<p>PORTA is a bi-directional I/O port.</p> <p>RA0 can also be analog input0</p> <p>RA1 can also be analog input1</p> <p>RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage input or internal voltage reference low</p> <p>RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage input or internal voltage reference high</p> <p>RA4 can also be the clock input to the Timer0 module. Output is open drain type.</p>
RA1/AN1	3	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-VRL	4	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+VRL	5	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	I/O	ST	
RB0/INT	21	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	<p>PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.</p> <p>RB0 can also be the external interrupt pin.</p> <p>RB1 can also be the SSP slave select</p> <p>RB2 can also be analog input8</p> <p>RB3 can also be analog input9 or the low voltage detect input reference</p> <p>RB4 Interrupt on change pin.</p> <p>RB5 Interrupt on change pin.</p> <p>RB6 Interrupt on change pin. Serial programming clock.</p> <p>RB7 Interrupt on change pin. Serial programming data.</p>
RB1/SS	22	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	
RB2/AN8	23	I/O	TTL	
RB3/AN9/LVDIN	24	I/O	TTL	
RB4	25	I/O	TTL	
RB5	26	I/O	TTL	
RB6	27	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7	28	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RC0/T1OSO/T1CKI	11	I/O	ST	<p>PORTC is a bi-directional I/O port.</p> <p>RC0 can also be the Timer1 oscillator output or Timer1 clock input.</p> <p>RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.</p> <p>RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.</p> <p>RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I²C modes.</p> <p>RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I²C mode).</p> <p>RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).</p> <p>RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.</p> <p>RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.</p>
RC1/T1OSI/CCP2	12	I/O	ST	
RC2/CCP1	13	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	14	I/O	ST	
RC4/SDI/SDA	15	I/O	ST	
RC5/SDO	16	I/O	ST	
RC6/TX/CK	17	I/O	ST	
RC7/RX/DT	18	I/O	ST	
AVss	8	P		Ground reference for A/D converter
AVDD	7	P		Positive supply for A/D converter
Vss	19	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured for the multiplexed function.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16C77X

TABLE 1-2 PIC16C774 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP	1	2	18	I/P	ST	Master clear (reset) input or programming voltage input. This pin is an active low reset to the device.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	<p>PORTA is a bi-directional I/O port.</p> <p>RA0 can also be analog input0</p> <p>RA1 can also be analog input1</p> <p>RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage input or internal voltage reference low</p> <p>RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage input or internal voltage reference high</p> <p>RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type.</p> <p>RA5 can also be analog input4</p>
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-/VRL	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+/VRH	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	<p>PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.</p> <p>RB0 can also be the external interrupt pin.</p> <p>RB1 can also be the SSP slave select</p> <p>RB2 can also be analog input8</p> <p>RB3 can also be analog input9 or input reference for low voltage detect</p> <p>Interrupt on change pin.</p> <p>Interrupt on change pin.</p> <p>Interrupt on change pin. Serial programming clock.</p> <p>Interrupt on change pin. Serial programming data.</p>
RB1/ \overline{SS}	34	37	9	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	
RB2/AN8	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/AN9/LVDIN	36	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6	39	43	16	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7	40	44	17	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured for the multiplexed function.
 Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
 Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
 Note 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

TABLE 1-2 PIC16C774 PINOUT DESCRIPTION (Cont.'d)

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I ² C modes.
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I ² C mode).
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE0/ \overline{RD} /AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	<p>PORTE is a bi-directional I/O port.</p> <p>RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5.</p>
RE1/ \overline{WR} /AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	<p>RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6.</p>
RE2/ \overline{CS} /AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	<p>RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.</p>
AVss	12	13	29	P		Ground reference for A/D converter
AVDD	11	12	28	P		Positive supply for A/D converter
Vss	31	34	6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	32	35	7	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28,40	12,13,33,34		—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured for the multiplexed function.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

ANEXO B



MICROCHIP

24AA64/24LC64

64K I²C™ CMOS Serial EEPROM

DEVICE SELECTION TABLE

Part Number	Vcc Range	Max Clock Frequency	Temp Ranges
24AA64	1.8-5.5V	400 kHz [†]	I
24LC64	2.5-5.5V	400 kHz [‡]	I, E

[†]100 kHz for Vcc < 2.5V.
[‡]100 kHz for E temperature range.

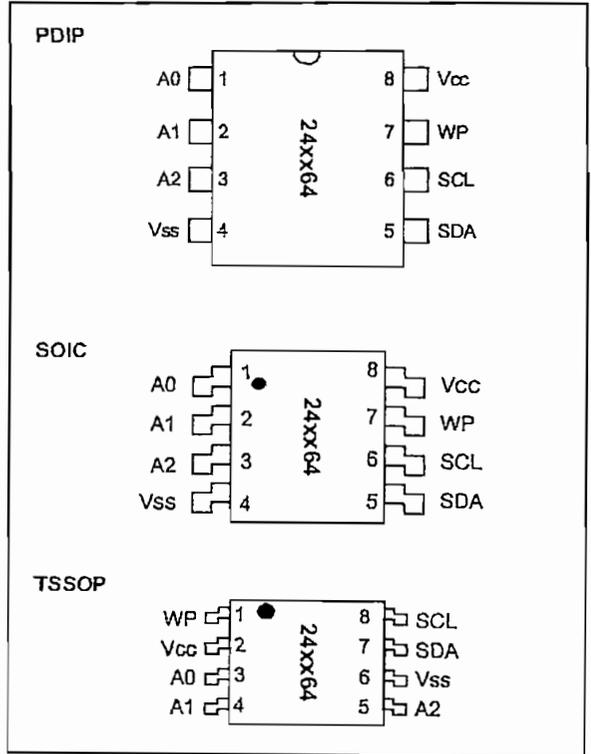
FEATURES

- Low power CMOS technology
 - Maximum write current 3 mA at 5.5V
 - Maximum read current 400 µA at 5.5V
 - Standby current 100 nA typical at 5.5V
- 2-wire serial interface bus, I²C compatible
- Cascadable for up to eight devices
- Self-timed ERASE/WRITE cycle
- 32-byte page or byte write modes available
- 5 ms max write cycle time
- Hardware write protect for entire array
- Output slope control to eliminate ground bounce
- Schmitt trigger inputs for noise suppression
- 1,000,000 erase/write cycles guaranteed
- Electrostatic discharge protection > 4000V
- Data retention > 200 years
- 8-pin PDIP, SOIC (150 and 208 mil) and TSSOP packages; 14-pin SOIC package
- Temperature ranges:
 - Industrial (I): -40°C to +85°C
 - Automotive (E) -40°C to +125°C

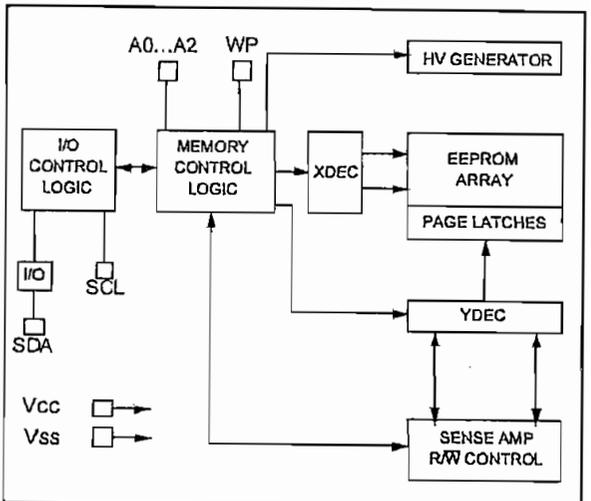
DESCRIPTION

The Microchip Technology Inc. 24AA64/24LC64 (24xx64*) is a 8K x 8 (64K bit) Serial Electrically Erasable PROM capable of operation across a broad voltage range (1.8V to 5.5V). It has been developed for advanced, low power applications such as personal communications or data acquisition. This device also has a page-write capability of up to 32 bytes of data. This device is capable of both random and sequential reads up to the 64K boundary. Functional address lines allow up to eight devices on the same bus, for up to 512 Kbits address space. This device is available in the standard 8-pin plastic DIP, 8-pin SOIC (150 and 208 mil), and 8-pin TSSOP.

PACKAGE TYPE



BLOCK DIAGRAM



I²C is a trademark of Philips Corporation.

*24xx64 is used in this document as a generic part number for the 24AA64/24LC64 devices.

24AA64/24LC64

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

1.1 Maximum Ratings*

V _{CC}	7.0V
All inputs and outputs w.r.t. V _{SS}	-0.6V to V _{CC} +1.0V
Storage temperature.....	-65°C to +150°C
Ambient temp. with power applied.....	-65°C to +125°C
Soldering temperature of leads (10 seconds).....	+300°C
ESD protection on all pins.....	≥ 4 kV

*Notice: Stresses above those listed under "Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

TABLE 1-1 PIN FUNCTION TABLE

Name	Function
A0,A1,A2	User Configurable Chip Selects
V _{SS}	Ground
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock
WP	Write Protect Input
V _{CC}	+1.8 to 5.5V (24AA64) +2.5 to 5.5V (24LC64)

TABLE 1-2 DC CHARACTERISTICS

Parameter	Symbol	Industrial (I): V _{CC} = +1.8V to 5.5V		Units	Conditions
		Min	Max		
All parameters apply across the recommended operating ranges unless otherwise noted.					Automotive (E): V _{CC} = 4.5V to 5.5V T _{amb} = -40°C to +85°C T _{amb} = -40°C to 125°C
A0, A1, A2, SCL, SDA, and WP pins: High level input voltage	V _{IH}	0.7 V _{CC}	—	V	V _{CC} ≥ 2.5V V _{CC} < 2.5V
Low level input voltage	V _{IL}	—	0.3 V _{CC}	V	
Hysteresis of Schmitt Trigger inputs (SDA, SCL pins)	V _{HYS}	0.05 V _{CC}	—	V	V _{CC} > 2.5V (Note)
Low level output voltage	V _{OL}	—	0.40	V	I _{OL} = 3.0 mA @ V _{CC} = 4.5V I _{OL} = 2.1 mA @ V _{CC} = 2.5V
Input leakage current	I _{LI}	-10	10	μA	V _{IN} = V _{SS} to V _{CC} , WP = V _{SS} V _{IN} = V _{SS} or V _{CC} , WP = V _{CC}
Output leakage current	I _{LO}	-10	10	μA	V _{OUT} = V _{SS} to V _{CC}
Pin capacitance (all inputs/outputs)	C _{IN} , C _{OUT}	—	10	pF	V _{CC} = 5.0V (Note) T _{amb} = 25°C, f _c = 1 MHz
Operating current	I _{CC} Write	—	3	mA	V _{CC} = 5.5V
	I _{CC} Read	—	400	μA	V _{CC} = 5.5V, SCL = 400 kHz
Standby current	I _{CCS}	—	1	μA	SCL = SDA = V _{CC} = 5.5V A0, A1, A2, WP = V _{SS}

Note: This parameter is periodically sampled and not 100% tested.

FIGURE 1-1: BUS TIMING DATA

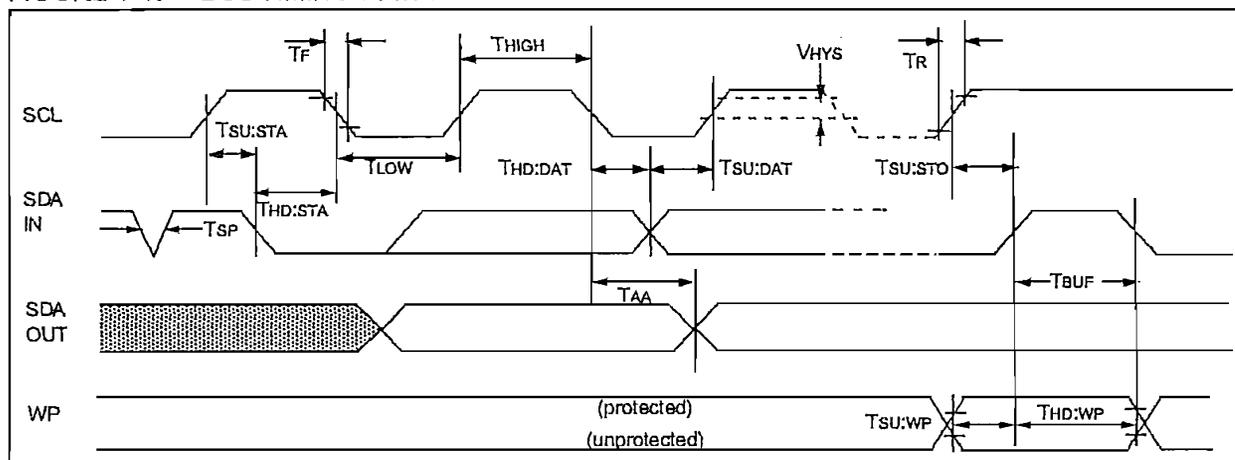


TABLE 1-3 AC CHARACTERISTICS

Parameter	Symbol	Industrial (I): Vcc = +1.8V to 5.5V Automotive (E): Vcc = +4.5V to 5.5V			Tamb = -40°C to +85°C Tamb = -40°C to 125°C	
		Min	Max	Units	Conditions	
Clock frequency	FCLK	— — —	100 100 400	kHz	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E Temp range) 1.8V ≤ Vcc ≤ 2.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V	
Clock high time	THIGH	4000 4000 600	— — —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E Temp range) 1.8V ≤ Vcc ≤ 2.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V	
Clock low time	TLOW	4700 4700 1300	— — —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E Temp range) 1.8V ≤ Vcc ≤ 2.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V	
SDA and SCL rise time (Note 1)	TR	— — —	1000 1000 300	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E Temp range) 1.8V ≤ Vcc ≤ 2.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V	
SDA and SCL fall time	TF	—	300	ns	(Note 1)	
START condition hold time	THD:STA	4000 4000 600	— — —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E Temp range) 1.8V ≤ Vcc ≤ 2.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V	
START condition setup time	TSU:STA	4700 4700 600	— — —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E Temp range) 1.8V ≤ Vcc ≤ 2.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V	
Data input hold time	THD:DAT	0	—	ns	(Note 2)	
Data input setup time	TSU:DAT	250 250 100	— — —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E Temp range) 1.8V ≤ Vcc ≤ 2.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V	
STOP condition setup time	TSU:STO	4000 4000 600	— — —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E Temp range) 1.8V ≤ Vcc ≤ 2.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V	
WP setup time	TSU:WP	4000 4000 600	— — —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E Temp range) 1.8V ≤ Vcc ≤ 2.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V	
WP hold time	THD:WP	4700 4000 1300	— — —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E Temp range) 1.8V ≤ Vcc ≤ 2.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V	
Output valid from clock (Note 2)	TAA	— — —	3500 3500 900	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E Temp range) 1.8V ≤ Vcc ≤ 2.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V	
Bus free time: Time the bus must be free before a new transmission can start	TBUF	4700 4700 1300	— — —	ns	4.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E Temp range) 1.8V ≤ Vcc ≤ 2.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V	
Output fall time from VIH minimum to VIL maximum	TOF	10	250	ns	Cb ≤ 100 pF (Note 1)	
Input filter spike suppression (SDA and SCL pins)	TSP	—	50	ns	(Notes 1 and 3)	
Write cycle time (byte or page)	TWC	—	5	ms		
Endurance		1M	—	cycles	25°C, Vcc = 5.0V, Block Mode (Note 4)	

Note 1: Not 100% tested. C_B = total capacitance of one bus line in pF.

2: As a transmitter, the device must provide an internal minimum delay time to bridge the undefined region (minimum 300 ns) of the falling edge of SCL to avoid unintended generation of START or STOP conditions.

3: The combined TSP and VHYS specifications are due to new Schmitt trigger inputs which provide improved noise spike suppression. This eliminates the need for a TI specification for standard operation.

4: This parameter is not tested but guaranteed by characterization. For endurance estimates in a specific application, please consult the Total Endurance Model which can be obtained on Microchip's BBS or website.

24AA64/24LC64

2.0 PIN DESCRIPTIONS

2.1 A0, A1, A2 Chip Address Inputs

The A0,A1,A2 inputs are used by the 24xx64 for multiple device operation. The levels on these inputs are compared with the corresponding bits in the slave address. The chip is selected if the compare is true.

Up to eight devices may be connected to the same bus by using different chip select bit combinations. These inputs must be connected to either Vcc or Vss.

2.2 SDA Serial Data

This is a bi-directional pin used to transfer addresses and data into and data out of the device. It is an open-drain terminal, therefore, the SDA bus requires a pullup resistor to Vcc (typical 10 k Ω for 100 kHz, 2 k Ω for 400 kHz)

For normal data transfer SDA is allowed to change only during SCL low. Changes during SCL high are reserved for indicating the START and STOP conditions.

2.3 SCL Serial Clock

This input is used to synchronize the data transfer from and to the device.

2.4 WP

This pin can be connected to either Vss, Vcc or left floating. An internal pull-down resistor on this pin will keep the device in the unprotected state if left floating. If tied to Vss or left floating, normal memory operation is enabled (read/write the entire memory 0000-1FFF).

If tied to Vcc, WRITE operations are inhibited. Read operations are not affected.

3.0 FUNCTIONAL DESCRIPTION

The 24xx64 supports a bi-directional two-wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter, and a device receiving data as a receiver. The bus must be controlled by a master device which generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions while the 24xx64 works as a slave. Both master and slave can operate as a transmitter or receiver but the master device determines which mode is activated.

4.0 BUS CHARACTERISTICS

The following bus protocol has been defined:

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is HIGH. Changes in the data line while the clock line is HIGH will be interpreted as a START or STOP condition.

Accordingly, the following bus conditions have been defined (Figure 4-1).

4.1 Bus not Busy (A)

Both data and clock lines remain HIGH.

4.2 Start Data Transfer (B)

A HIGH to LOW transition of the SDA line while the clock (SCL) is HIGH determines a START condition. All commands must be preceded by a START condition.

4.3 Stop Data Transfer (C)

A LOW to HIGH transition of the SDA line while the clock (SCL) is HIGH determines a STOP condition. All operations must end with a STOP condition.

4.4 Data Valid (D)

The state of the data line represents valid data when, after a START condition, the data line is stable for the duration of the HIGH period of the clock signal.

The data on the line must be changed during the LOW period of the clock signal. There is one clock pulse per bit of data.

Each data transfer is initiated with a START condition and terminated with a STOP condition. The number of the data bytes transferred between the START and STOP conditions is determined by the master device.

4.5 Acknowledge

Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an acknowledge signal after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse which is associated with this acknowledge bit.

Note: The 24xx64 does not generate any acknowledge bits if an internal programming cycle is in progress.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. During reads, a master must signal an end of data to the slave by NOT generating an acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave (24xx64) will leave the data line HIGH to enable the master to generate the STOP condition.

FIGURE 4-1: DATA TRANSFER SEQUENCE ON THE SERIAL BUS

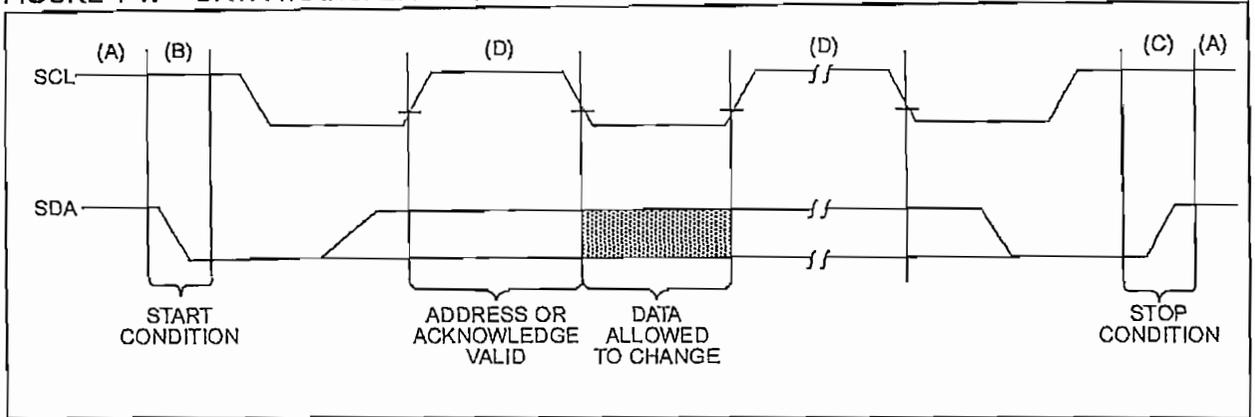
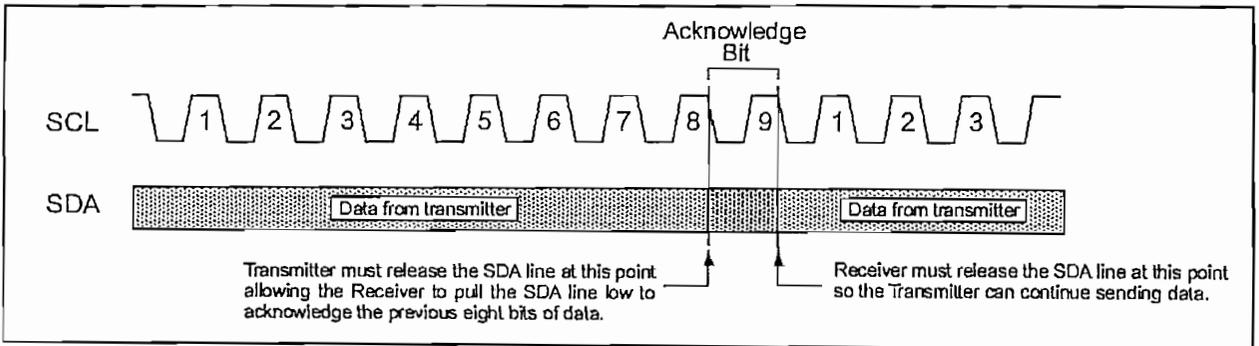


FIGURE 4-2: ACKNOWLEDGE TIMING



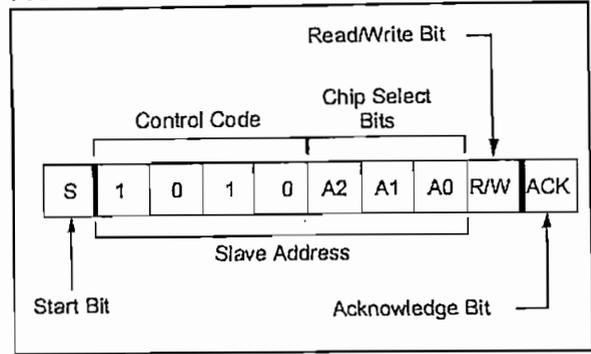
5.0 DEVICE ADDRESSING

A control byte is the first byte received following the start condition from the master device (Figure 5-1). The control byte consists of a four bit control code; for the 24xx64 this is set as 1010 binary for read and write operations. The next three bits of the control byte are the chip select bits (A2, A1, A0). The chip select bits allow the use of up to eight 24xx64 devices on the same bus and are used to select which device is accessed. The chip select bits in the control byte must correspond to the logic levels on the corresponding A2, A1, and A0 pins for the device to respond. These bits are in effect the three most significant bits of the word address.

The last bit of the control byte defines the operation to be performed. When set to a one a read operation is selected, and when set to a zero a write operation is selected. The next two bytes received define the address of the first data byte (Figure 5-2). Because only A12..A0 are used, the upper three address bits are don't care bits. The upper address bits are transferred first, followed by the less significant bits.

Following the start condition, the 24xx64 monitors the SDA bus checking the device type identifier being transmitted. Upon receiving a 1010 code and appropriate device select bits, the slave device outputs an acknowledge signal on the SDA line. Depending on the state of the R/W bit, the 24xx64 will select a read or write operation.

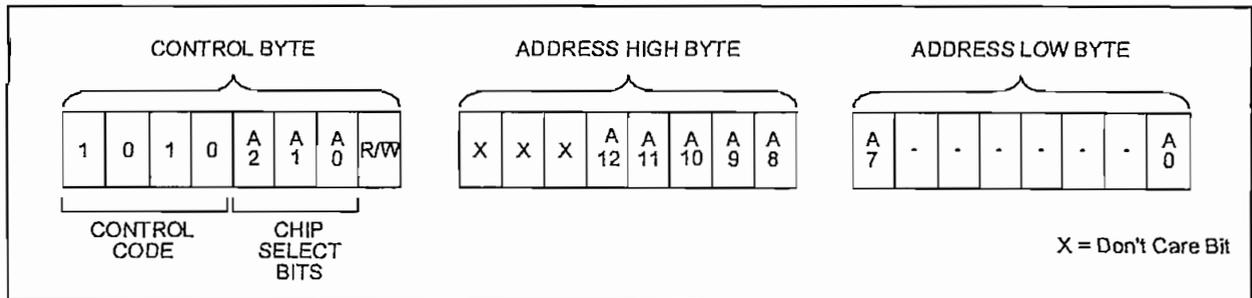
FIGURE 5-1: CONTROL BYTE FORMAT



5.1 Contiguous Addressing Across Multiple Devices

The chip select bits A2, A1, A0 can be used to expand the contiguous address space for up to 512K bits by adding up to eight 24xx64's on the same bus. In this case, software can use A0 of the control byte as address bit A13, A1 as address bit A14, and A2 as address bit A15. It is not possible to sequentially read across device boundaries.

FIGURE 5-2: ADDRESS SEQUENCE BIT ASSIGNMENTS



6.0 WRITE OPERATIONS

6.1 Byte Write

Following the start condition from the master, the control code (four bits), the chip select (three bits), and the R/W bit (which is a logic low) are clocked onto the bus by the master transmitter. This indicates to the addressed slave receiver that the address high byte will follow after it has generated an acknowledge bit during the ninth clock cycle. Therefore, the next byte transmitted by the master is the high-order byte of the word address and will be written into the address pointer of the 24xx64. The next byte is the least significant address byte. After receiving another acknowledge signal from the 24xx64 the master device will transmit the data word to be written into the addressed memory location. The 24xx64 acknowledges again and the master generates a stop condition. This initiates the internal write cycle, and during this time the 24xx64 will not generate acknowledge signals (Figure 6-1). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command but no write cycle will occur, no data will be written and the device will immediately accept a new command. After a byte write command, the internal address counter will point to the address location following the one that was just written.

6.2 Page Write

The write control byte, word address and the first data byte are transmitted to the 24xx64 in the same way as in a byte write. But instead of generating a stop condition, the master transmits up to 31 additional bytes which are temporarily stored in the on-chip page buffer and will be written into memory after the master has transmitted a stop condition. After receipt of each word, the five lower address pointer bits are internally incremented by one. If the master should transmit more than 32 bytes prior to generating the stop condition, the address counter will roll over and the previously received data will be overwritten. As with the byte write operation, once the stop condition is received, an internal write cycle will begin (Figure 6-2). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command but no write cycle will occur, no data will be written and the device will immediately accept a new command.

6.3 Write Protection

The WP pin allows the user to write protect the entire array (0000-1FFF) when the pin is tied to Vcc. If tied to Vss or left floating, the write protection is disabled. The WP pin is sampled at the STOP bit for every write command (Figure 1-1) Toggling the WP pin after the STOP bit will have no effect on the execution of the write cycle.

FIGURE 6-1: BYTE WRITE

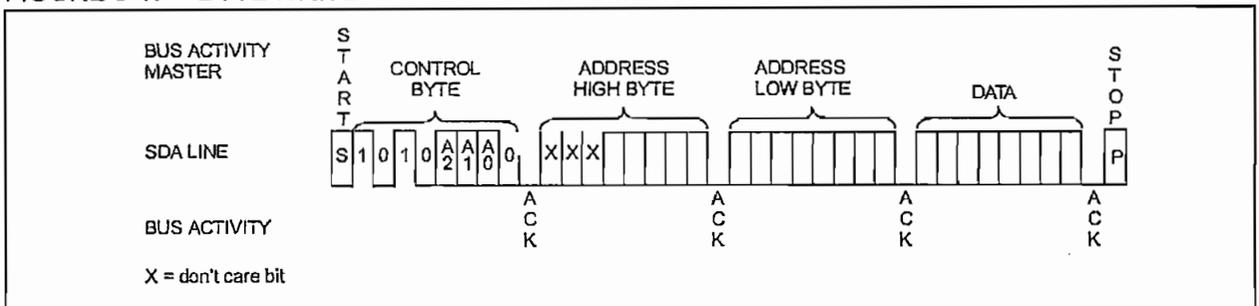
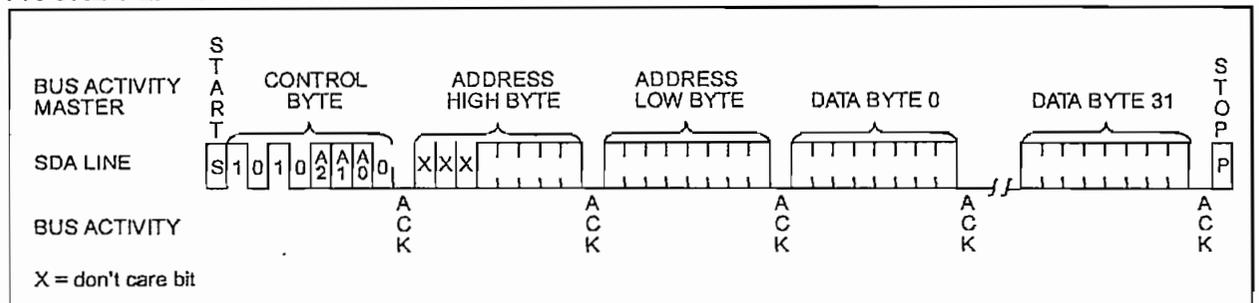


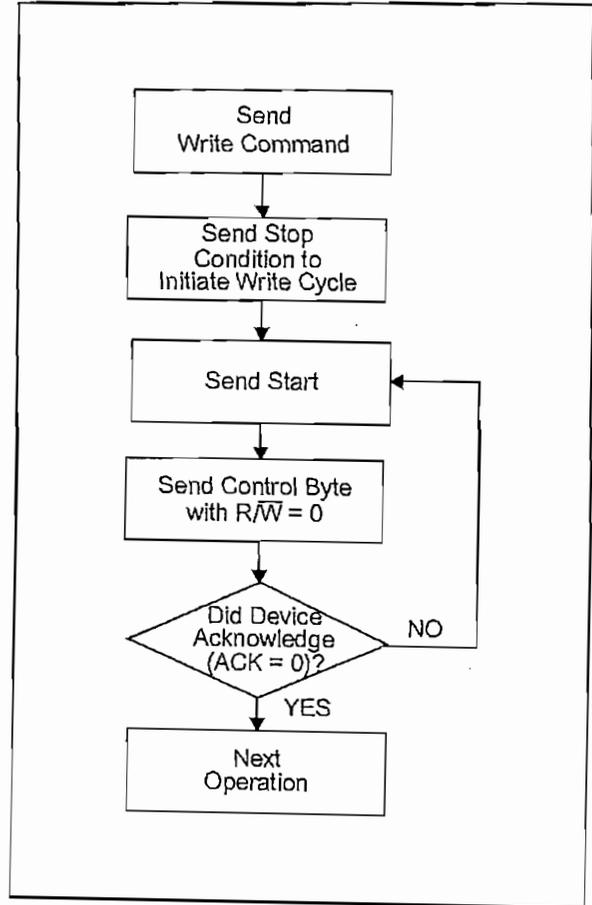
FIGURE 6-2: PAGEWRITE



7.0 ACKNOWLEDGE POLLING

Since the device will not acknowledge during a write cycle, this can be used to determine when the cycle is complete (this feature can be used to maximize bus throughput). Once the stop condition for a write command has been issued from the master, the device initiates the internally timed write cycle. ACK polling can be initiated immediately. This involves the master sending a start condition followed by the control byte for a write command ($R/\overline{W} = 0$). If the device is still busy with the write cycle, then no ACK will be returned. If no ACK is returned, then the start bit and control byte must be re-sent. If the cycle is complete, then the device will return the ACK and the master can then proceed with the next read or write command. See Figure 7-1 for flow diagram.

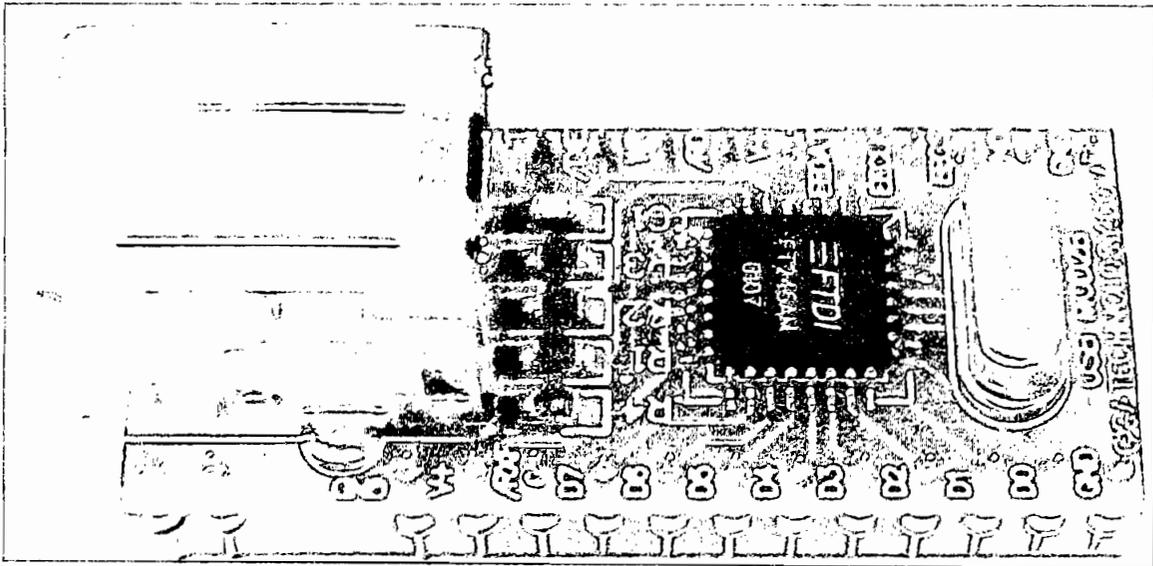
FIGURE 7-1: ACKNOWLEDGE POLLING FLOW



ANEXO C

USB Plug and Play Parallel 8-Bit FIFO Development Module

The USBMOD2 is a low-cost integrated module for transferring data to / from a peripheral and host PC at up to 8 Million bits (1 Megabyte) per second. Based on the FTDI FT8U245 USB FIFO – Fast Parallel Data Transfer IC, it's simple FIFO-like design makes it easy to interface to an CPU (MCU) either by mapping the device into the memory or I/O map of the CPU, using DMA or controlling the device via I/O ports.



The USBMOD2 is ideal for rapid prototyping and development by offering a complete plug and play type solution.

MODULE FEATURES

- Single module High-Speed USB UART solution
- Based on FTDI FT8U245 USB FIFO – Fast Parallel Data Transfer IC
- Standard 32-pin Dual In-Line Type Package (Ideal for prototyping)
- Fits directly into a standard 32-pin 600mil IC Socket or Breadboard.
- Integrated Type-B USB Connector
- On-board Crystal and All required Passive Components
- Provision for external EEPROM for custom USB enumeration data
- No other external components required for operation
- Module powered from USB bus with up to 50mA from USB for user hardware

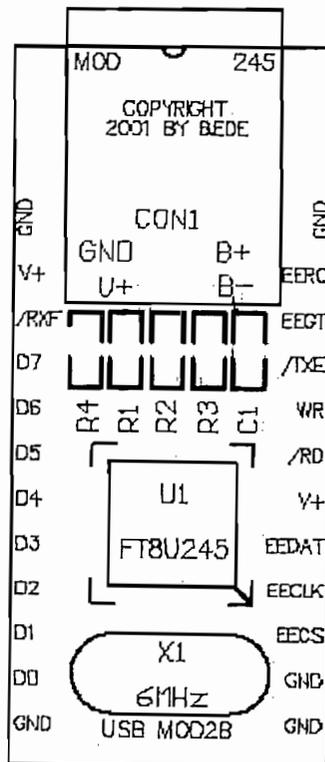
FT8U245 IC FEATURES

- Single Chip USB Data Transfer Solution
- Send / Receive Data over USB at up to 1 MByte / Second
- 384 byte receive buffer / 128 byte transmit buffer for high data throughput
- Simple interface to CPU or MCU bus
- No in-depth knowledge of USB required as all USB Protocol is handled automatically within the IC
- FTDI's Virtual COM port and Direct drivers eliminate the need for USB driver development in most cases.
- Integrated 6Mhz – 48Mhz Clock Multiplier aids FCC and CE compliance
- Integrated 3.3v Regulator – No External Regulator Required

- UHCI / OHCI Compliant
- USB 1.1 Specification Compliant
- USB VID, PID, Serial Number and Product Description Strings in external E2PROM.

For further information regarding the FTDI FT8U245 USB FIFO – Fast Parallel Data Transfer IC please refer to the FT8U245 Datasheet.

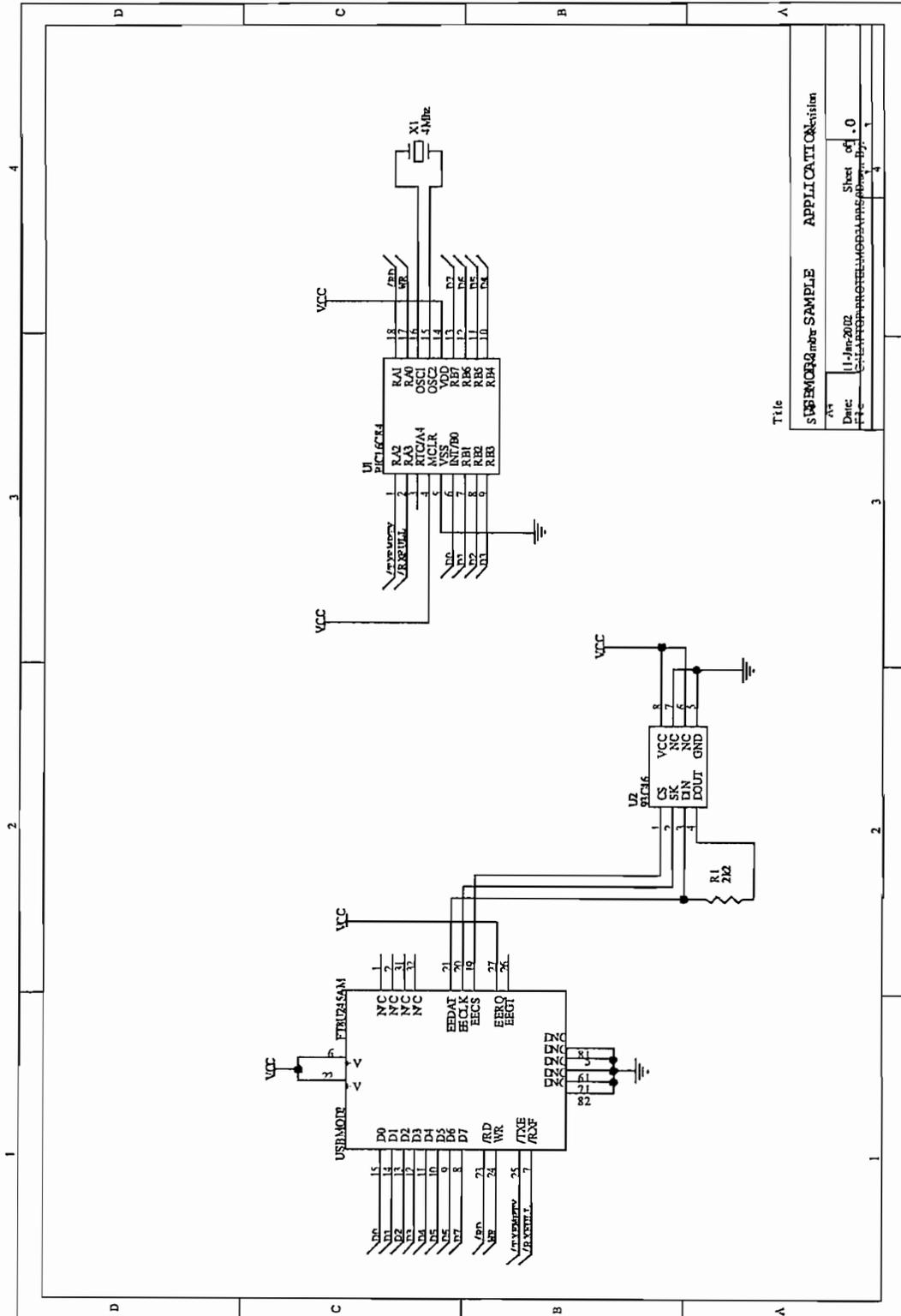
MODULE DIAGRAM



USBMOD2 PINOUT

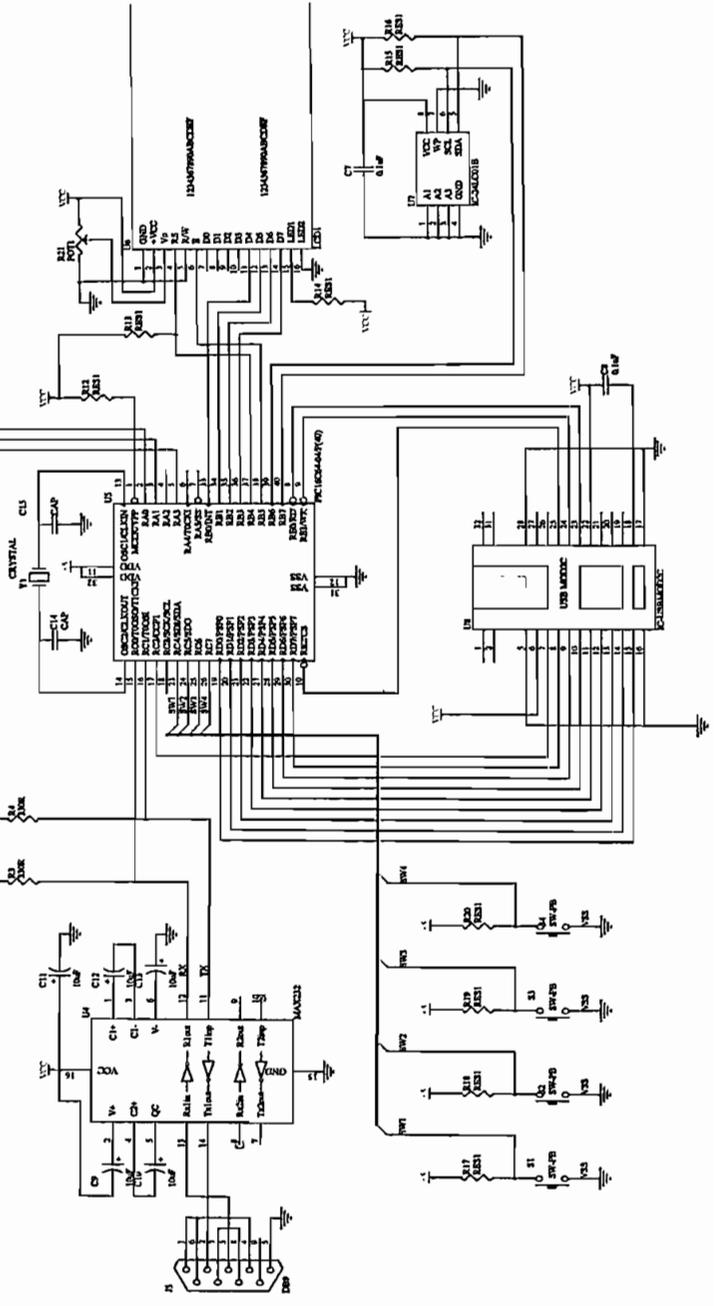
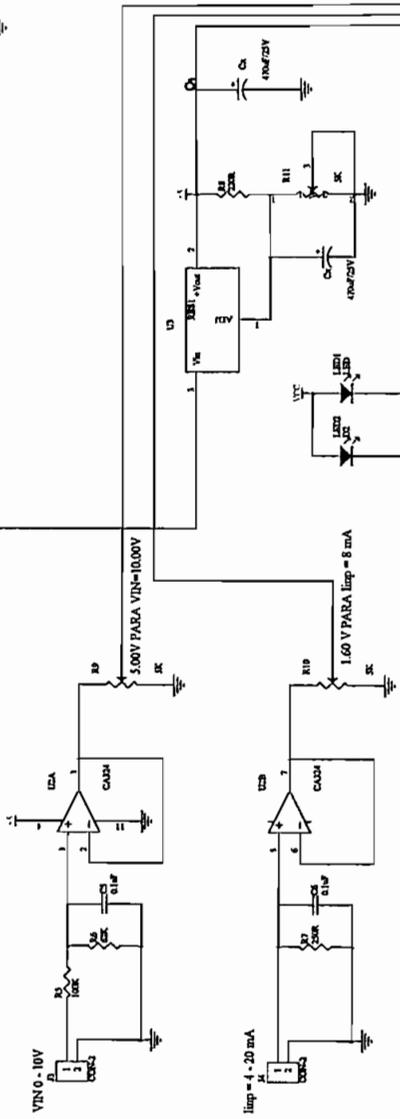
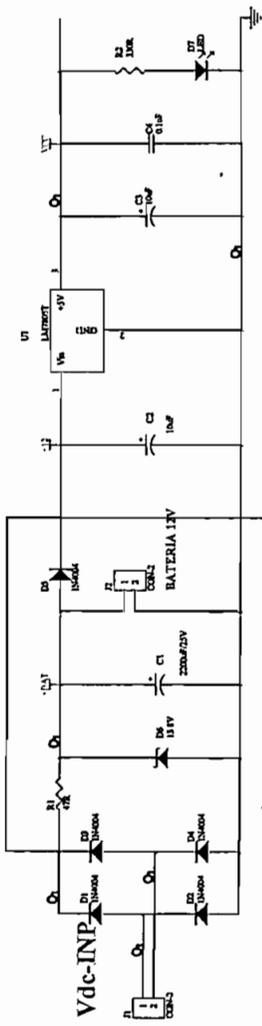
PIN #	SIGNAL	TYPE	DESCRIPTION
1	N/C	MOUNT	Mounting Pin for module USB connector support
2	N/C	MOUNT	Mounting Pin for module USB connector support
3	NO PIN	NO PIN	
4	NO PIN	NO PIN	
5	GND	PWR	Device – Ground Supply Pin
6	V+	PWR	Device - +4.4 volt to +5.25 volt Power Supply Pin
7	/RXF	OUT	When high, do not read data from FIFO. When low, there is data available in the FIFO which can be read by strobing /RD low the high again.
8	D7	I/O	Bi-Directional Data Bus Bit #7
9	D6	I/O	Bi-Directional Data Bus Bit #6
10	D5	I/O	Bi-Directional Data Bus Bit #5
11	D4	I/O	Bi-Directional Data Bus Bit #4
12	D3	I/O	Bi-Directional Data Bus Bit #3
13	D2	I/O	Bi-Directional Data Bus Bit #2
14	D1	I/O	Bi-Directional Data Bus Bit #1
15	D0	I/O	Bi-Directional Data Bus Bit #0
16	GND	PWR	Device – Ground Supply Pin
17	GND	PWR	Device – Ground Supply Pin
18	GND	PWR	Device – Ground Supply Pin
19	EECS	I/O	Optional EEPROM – Chip Select
20	EECLK	I/O	Optional EEPROM – Clock
21	EEDAT	I/O	Optional EEPROM – Data I/O
22	V+	PWR	Device - USB Power Supply Pin +5V Nominal
23	/RD	IN	Enables Current FIFO Data Byte on D0..D7 when low. Fetches the next FIFO Data Byte (if available) from the Receive FIFO Buffer on low to high transition.
24	WR	IN	Writes the Data Byte on D0..D7 into the Transmit FIFO Buffer on high to low transition.
25	/TXE	OUT	When high, do not write data into the FIFO. When low, data can be written into the FIFO by strobing WR.
26	EEGT	OUT	When low, allows the EEPROM contents to be accessed via the Data Bus
27	EERQ	IN	Requests the EEPROM contents to be accessed via the Data Bus.
28	GND	PWR	Device – Ground Supply Pin
29	NO PIN	NO PIN	
30	NO PIN	NO PIN	
31	N/C	MOUNT	Mounting Pin for module USB connector support
32	N/C	MOUNT	Mounting Pin for module USB connector support

SAMPLE APPLICATION



Title

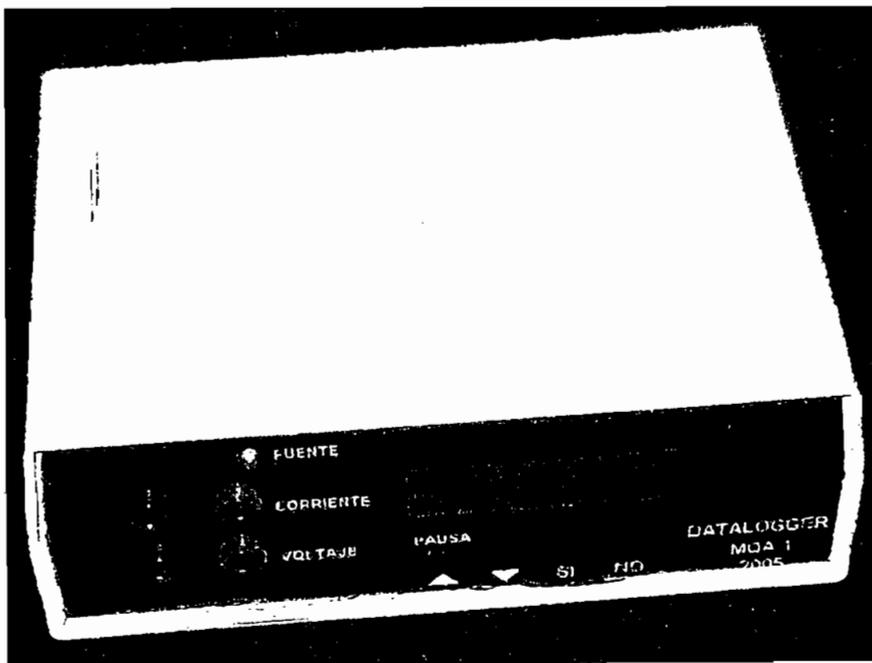
USBMOD2	APPLI
Sample	CAUTION
Sheet	of .0
Date	11-Jan-2002
Author	GIGATECHNOLOGY
Drawn	by



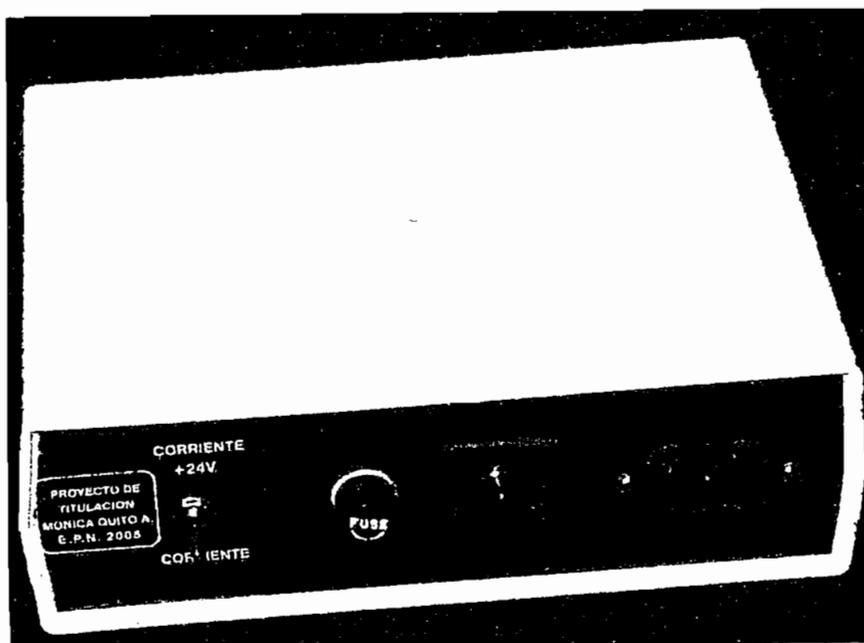
ANEXO E

FOTOGRAFÍAS Y CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DATALOGGER MQA1

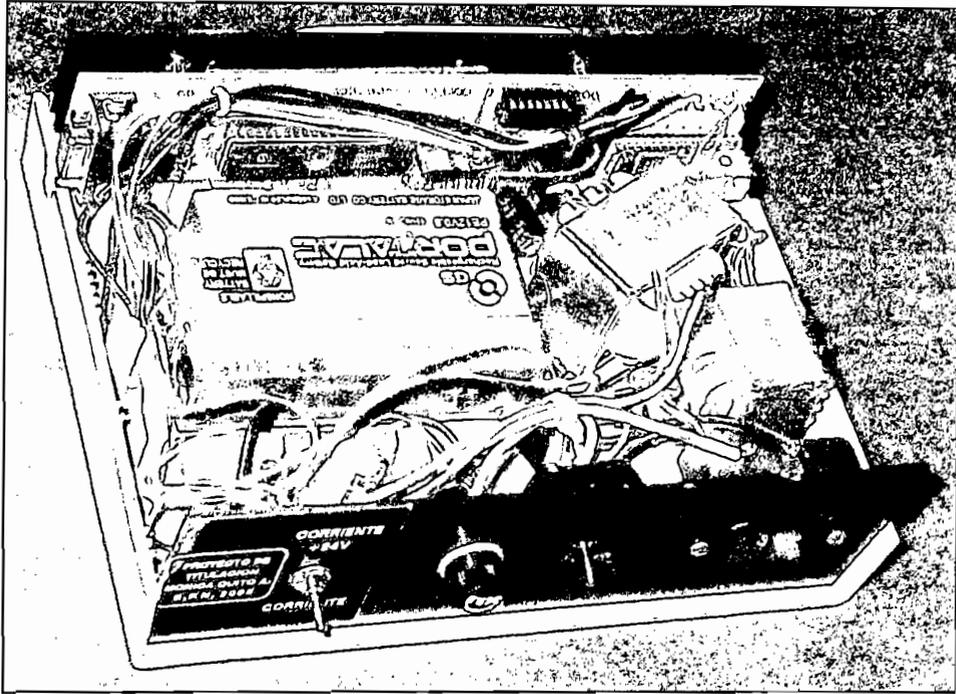
En este anexo se encuentran las fotografías del equipo DATALOGGER MQA-1 que revelan la construcción del mismo.



Fotografía 1. Vista superior



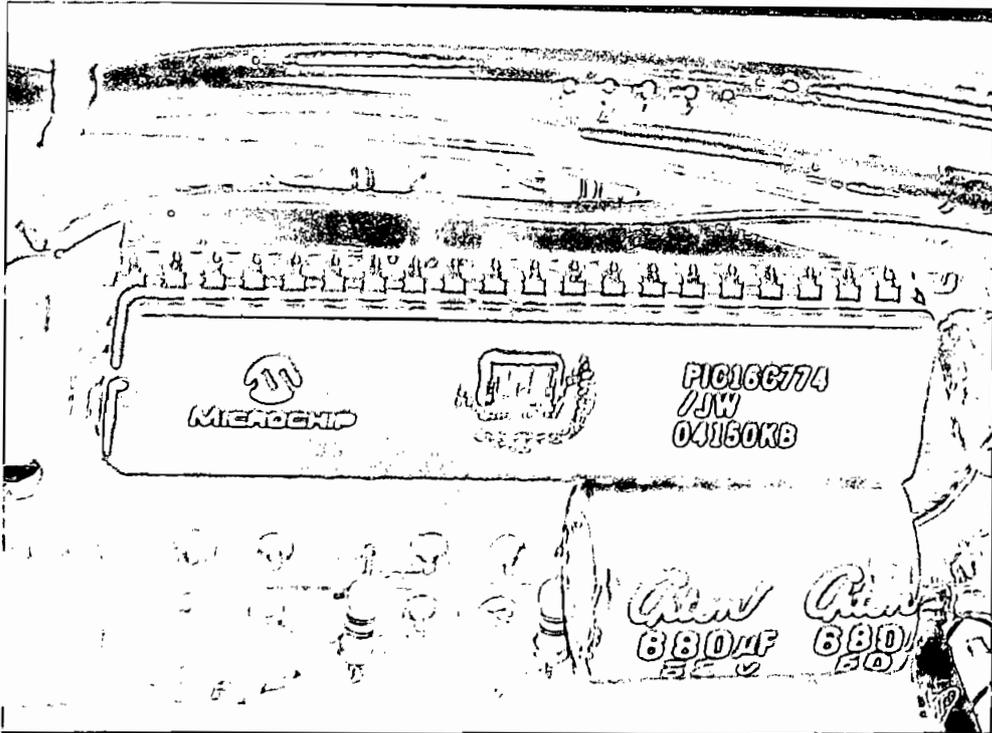
Fotografía 2. Vista posterior



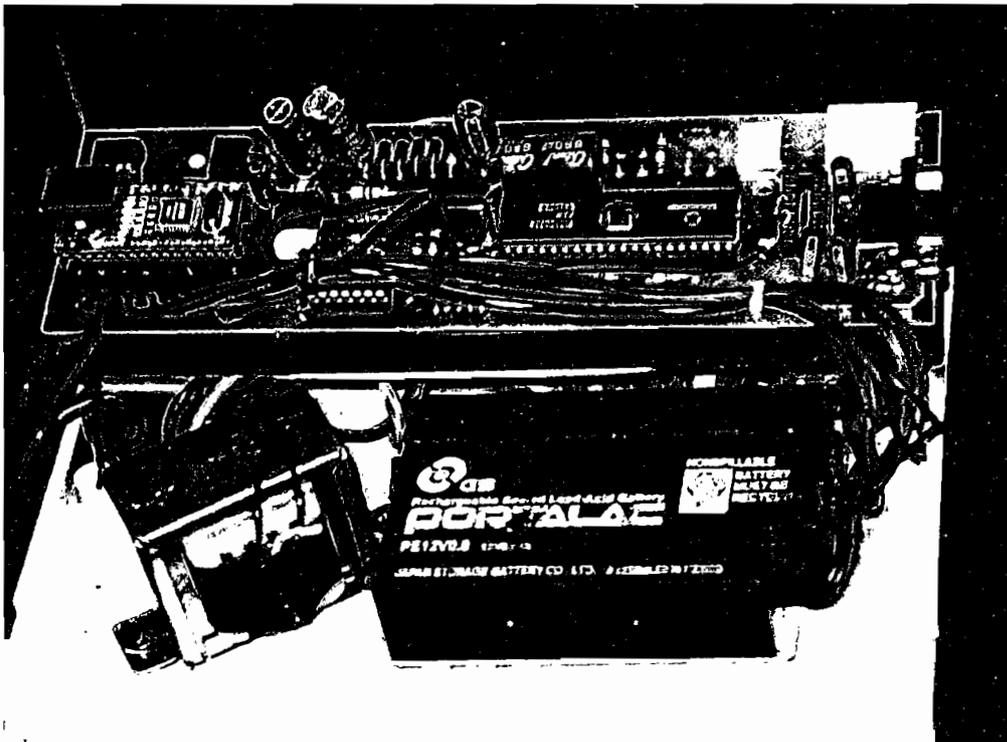
Fotografía 3. Parte interna (destacando la parte posterior)



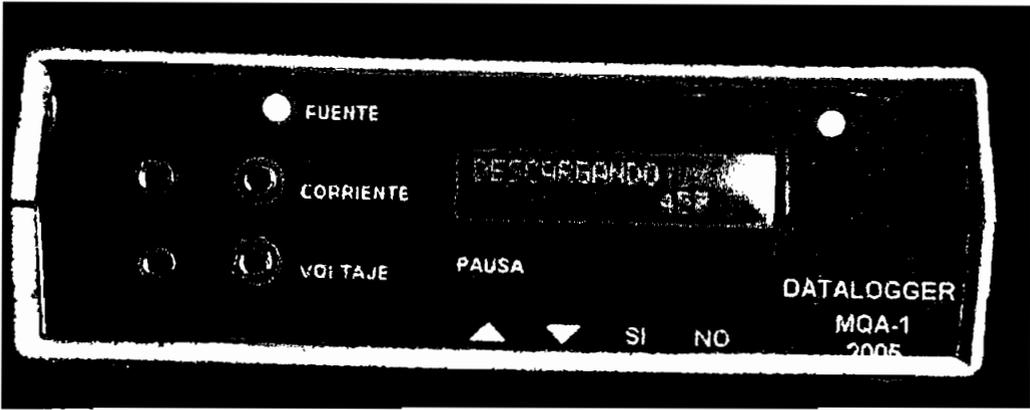
Fotografía 4. Parte interna (destacando la parte delantera)



Fotografía 5. Esta revela el uso del PIC16C774



Fotografía 6. Esta destaca la placa principal del equipo.



Fotografía 7. Esta fotografía revela el funcionamiento total del equipo.

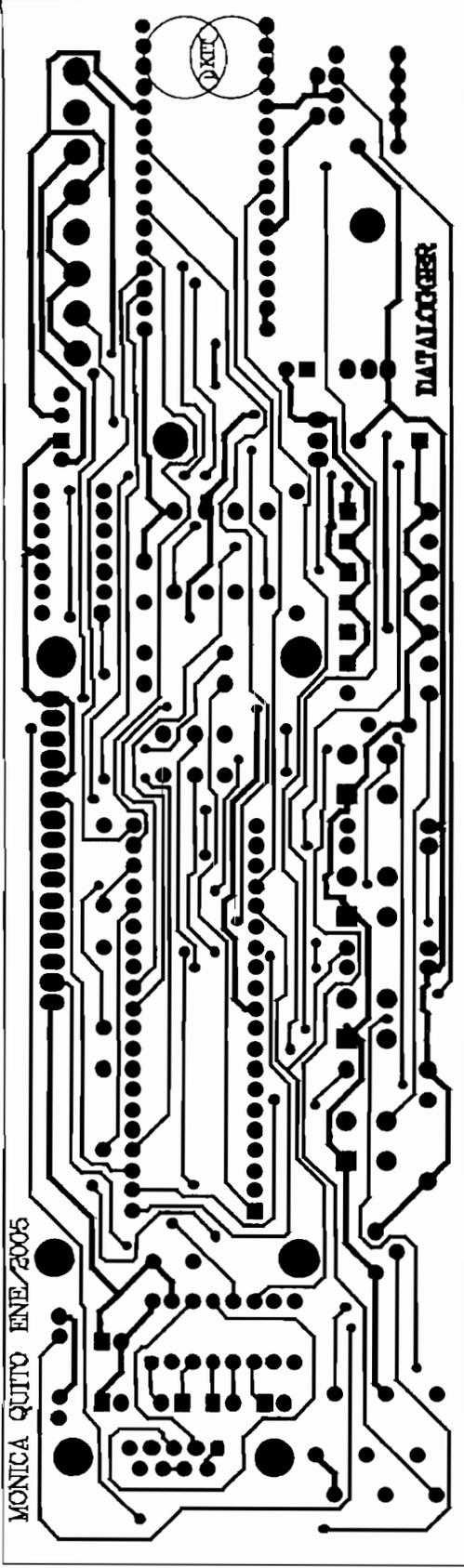


Figura 8. Parte posterior de la baquelita

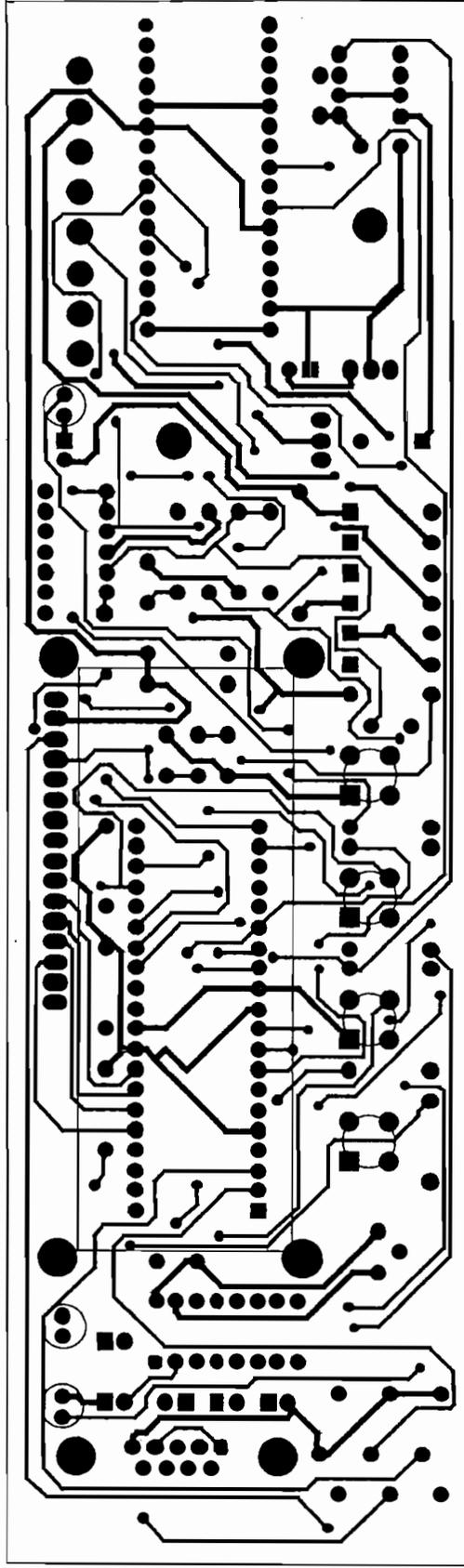


Figura 9. Parte delantera de la baquelita

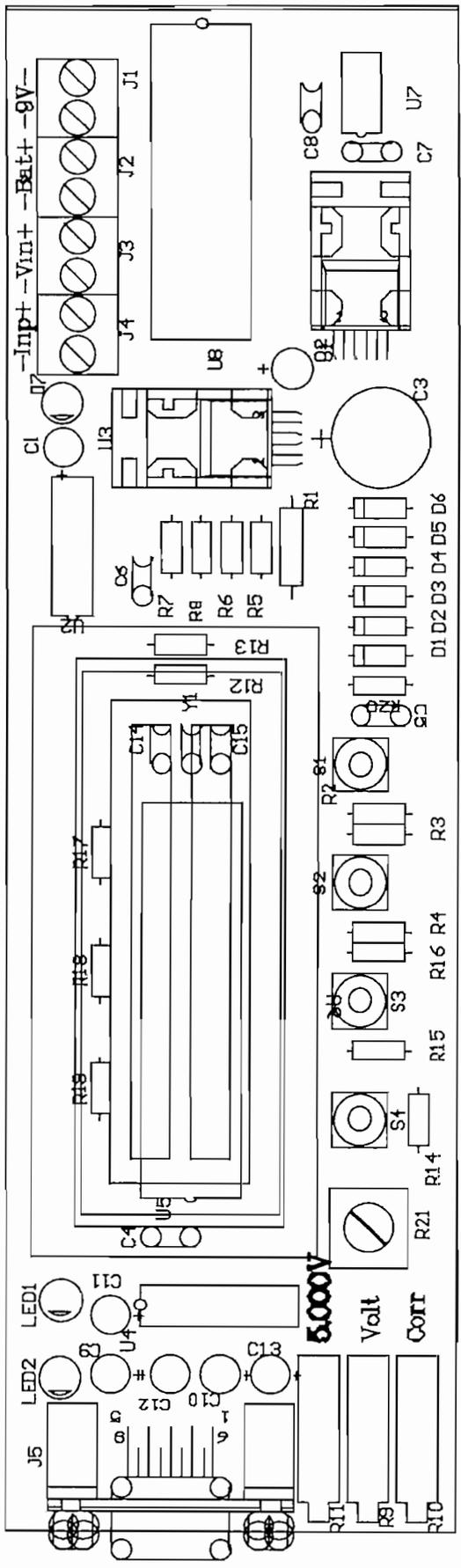


Figura 10: Ubicación de los elementos

MANUAL DE USUARIO

1. ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

Voltaje de alimentación 110VAC \pm 20% a 60Hz

Señales de entrada:

Voltaje de entrada máximo 10VDC

Corriente de entrada máxima 20mA (conexión serie 24VDC)

Entrada independiente para voltaje y corriente

Convertor A/D 12bits

Display LCD 2*16

Teclado básico de cuatro pulsadores

Batería de respaldo 12V 0.8A/h

Tiempo de respaldo mínimo 4 horas

Dimensiones 21*16*6.8 cm

Peso neto 1588 gramos

Comunicación RS-232 9600 bps

Comunicación USB1.0

2. EL TECLADO Y LA PANTALLA

Organización de la Pantalla

En la mayoría de las aplicaciones la pantalla aparecerá como se indica en la Figura 1.



Figura 1. Pantalla del Data Logger.

La pantalla presenta los siguientes mensajes y opciones:

Mensajes.- Proporcionan información para ayudar al usuario a utilizar el Data Logger de un modo más eficaz.

Opciones.- Muestran las operaciones correspondientes a las cuatro teclas ubicadas debajo de la pantalla.

Organización del teclado

El teclado del Data Logger se compone de cuatro teclas, las mismas que realizan diferentes funciones (Figura 2).

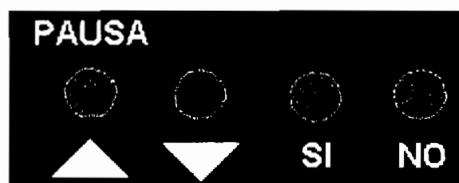


Figura 2. Teclado del Data Logger.

Teclado de cambio ascendente.-

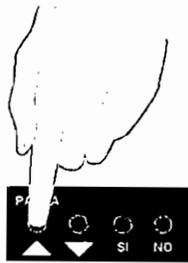


Figura 3. Tecla de cambio ascendente

Se activa pulsando la tecla (Figura 3). Esta localizada en la parte inferior derecha, debajo de la pantalla. Esta tecla tiene la función de cambiar los valores en orden ascendente, como 1,2,3,.....

Además tiene la función de poner pausa cuando se toma las muestras.

Teclado de cambio descendente.-

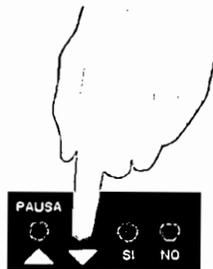


Figura 4. Tecla de cambio descendente

Se activa pulsando la tecla (Figura 4). Esta localizada en la parte inferior derecha, debajo de la pantalla. Esta tecla tiene la función de cambiar los valores en orden descendente, como 24,23,22,.....1

Teclado de aprobación (SI).-

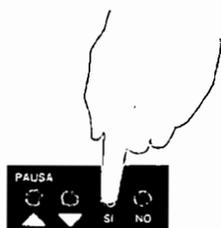


Figura 5. Tecla de aprobación

Se activa pulsando la tecla (Figura 5). Esta tecla tiene la función de aceptar los datos necesarios para el muestreo de la señal.

Teclado de negación (NO).-

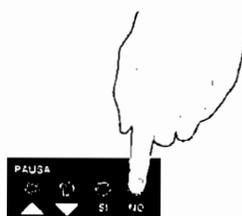


Figura 6. Tecla de negación

Se activa pulsando la tecla (Figura 6). Esta tecla tiene la función de rechazar los datos necesarios para el muestreo de la señal.

3. INSTALACIÓN DEL SOFTWARE DEL DATALOGGER

a. Un paso previo para la instalación del software es descomprimir el archivo:

 r9052154 1.09 (ver Figura 7.), en lo posible descomprimir en un archivo de C:\driver.

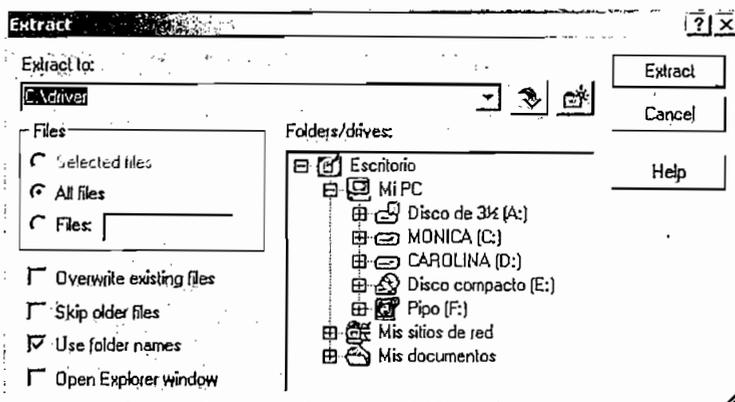


Figura 7. Extraer el archivo r95052154 1.09

b. Conectar el cable serial o USB al computador (Figura 8). La localización del puerto depende del computador a usar.

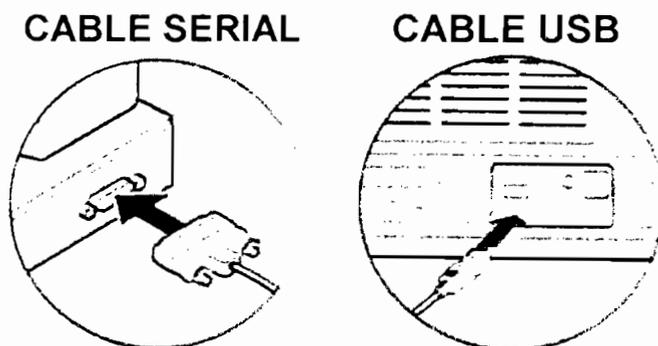


Figura 8. Conexión cable serial y USB parte posterior del computador

c. Conectar el cable serial o USB al equipo (Figura 9.). La localización del puerto se encuentra en los laterales del equipo DATALOGGER MQA-1

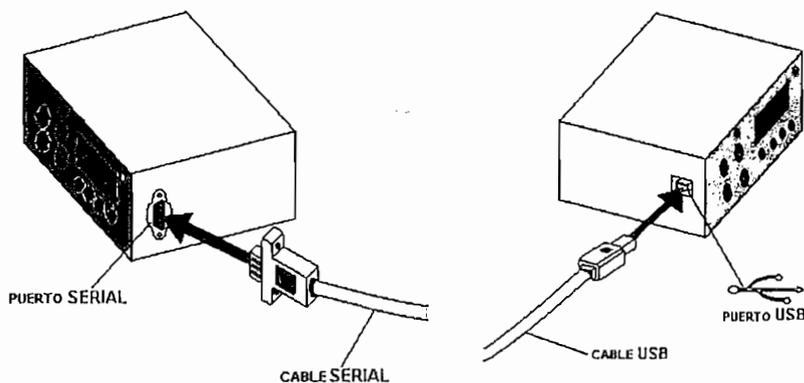


Figura 9. Conexión cable serial y USB al equipo

d. Encienda el equipo (ver Figura 10.)

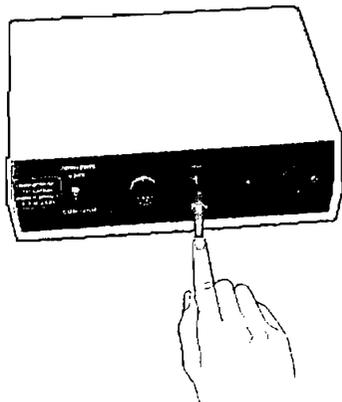


Figura 10. Parte posterior del equipo

e. En la pantalla aparecerá (Figura 11.):



Figura 11. Nuevo hardware encontrado

f. Si se va instalar el controlador del DATALOGGER en **Windows XP** o **Windows 2000**, inicie sesión en el sistema como miembro del grupo **Administrators** [Administradores].

g. Aparecerá automáticamente la pantalla (Figura 12.):

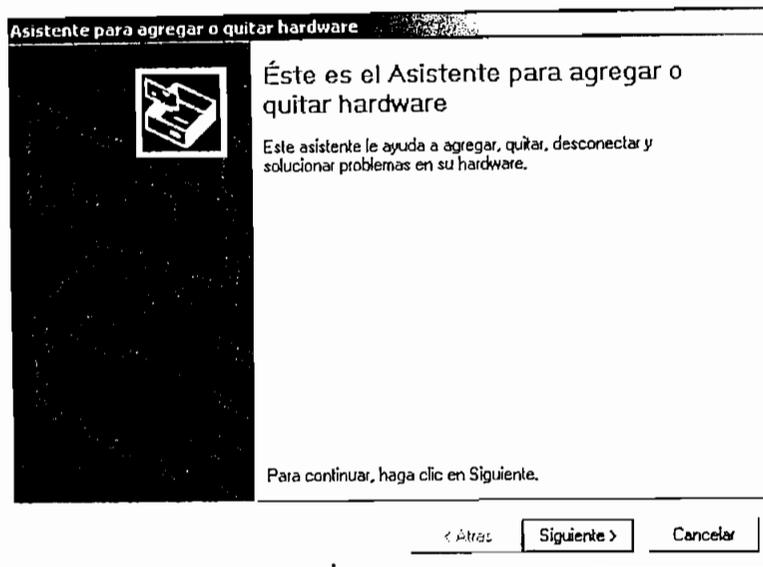


Figura 12. Asistente para agregar hardware

Si el asistente no se ejecuta automáticamente, haga clic en **Star** [Inicio], seleccione **Configuration** [Configuración], **Control Panel** [Panel de Control], haga doble clic en **Add or Remove Hardware** [Agregar o Quitar Hardware] y siga las instrucciones que aparecerá en el asistente hasta terminar la instalación.

Nota: Los drivers necesarios se encuentran en C:\driver.

4. CÓMO INTRODUCIR LOS PARÁMETROS DE INICIO

Estos parámetros son necesarios para el inicio del muestreo. Una vez encendido el equipo, ingresamos datos de fecha y hora, así también el tiempo de muestreo para el monitoreo de la señal.

Parámetros Fecha y Hora

INGRESE MES :	5
ACEPTAR ?	SI

Ingresar el mes utilizando los pulsadores ascendente

y descendente. Aceptar el dato con el pulsador SI.

INGRESE DIA : 5
ACEPTAR ? SI

Ingresar el día utilizando los pulsadores ascendente y descendente. Aceptar el dato con el pulsador SI

INGRESE HORA: 5
ACEPTAR ? SI

Ingresar la hora actual utilizando los pulsadores ascendente y descendente. Aceptar el dato con el pulsador SI.

INGRESE MIN: 5
ACEPTAR ? SI

Ingrese los minutos actuales utilizando los pulsadores ascendente y descendente. Aceptar el dato con el pulsador SI

Hasta aquí se a seteado la fecha y el tiempo de inicio del muestreo.

Parámetros de muestreo

El equipo esta diseñado para monitorear señales desde 1/10 segundos hasta 99 horas, para lo cual se procederá a ingresar los datos de acuerdo a lo solicitado en la pantalla.

LEE C/HORA : 5
ACEPTAR ? SI

Ingresar el tiempo de muestreo en horas utilizando los pulsadores ascendente y descendente. Aceptar el dato con el pulsador SI. Si el muestreo es inferior a una hora dejar en cero 0.

LEE C/MINU : 5
ACEPTAR ? SI

Ingresar el tiempo de muestreo en minutos

utilizando los pulsadores ascendente y descendente. Aceptar el dato con el pulsador SI. Si el muestreo es inferior a un minuto dejar en cero 0.

LEE C/SEG.: 5
ACEPTAR? SI

Ingresar el tiempo de muestreo en segundos utilizando los pulsadores ascendente y descendente. Aceptar el dato con el pulsador SI. Si el muestreo es inferior a un segundo dejar en cero 0.

LEE 1/10 SEG: 5
ACEPTAR? SI

Ingresar el tiempo de muestreo en décimas de segundo utilizando los pulsadores ascendente y descendente. Aceptar el dato con el pulsador SI. Si no se va a monitorear señales en décimas de segundo dejar en cero 0.

Selección de parámetro a muestrear

El equipo está diseñado para monitorear señales de voltaje entre 0 – 10 Voltios y de corriente entre 4 - 20mA, para lo cual se procederá a ingresar el tipo de señal a muestrear solicitado en la pantalla.

MEDIR VOLTAJE?
SI / NO

Aceptar la señal de voltaje con el pulsador SI. Si no es voltaje pulsamos NO y aparecerá automáticamente la opción medir corriente si es corriente pulsamos SI, caso contrario regresa al ingreso de parámetro de fecha y hora.

VOLTAJE
INICIAR? SI/NO

Si ha seleccionado la señal de voltaje, se presenta la pantalla de iniciar el muestreo, para seguridad de la muestra. Aceptar iniciar voltaje con el pulsador SI. Lo mismo sucede con la señal de corriente,

SALIR A INICIO?
SI / NO

Si se presiona la tecla NO dará una opción de salir a

inicio. Si pulsa SI regresa a la pantalla inicial, si pulsa NO regresa a iniciar voltaje.

Si aceptamos iniciar voltaje o iniciar corriente inmediatamente tomara datos de la señal de voltaje o corriente que se desea.

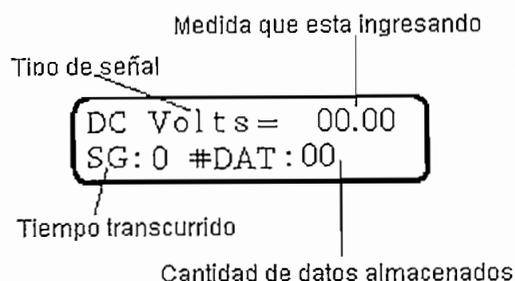


Figura 13. Pantalla de ingreso de datos

Si los datos son suficientes puedo pausar la lectura de datos presionando la tecla pausa. (Ver Figura 14).

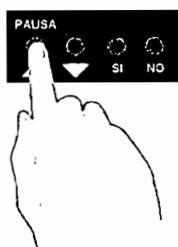


Figura 14. Tecla PAUSA

5. CÓMO DESCARGAR LOS DATOS

Conectar el cable USB o RS232 al computador. El software empleado es **flashmemory**. Para un buen funcionamiento se recomienda copiar el archivo flashmemory al directorio C:\ y ejecutar desde el directorio raíz. El mismo que despliega pantallas para la facilidad del usuario.

Verificar que puertos de comunicación tiene disponible el computador, mediante el panel de control, sistema, administrador de dispositivos.

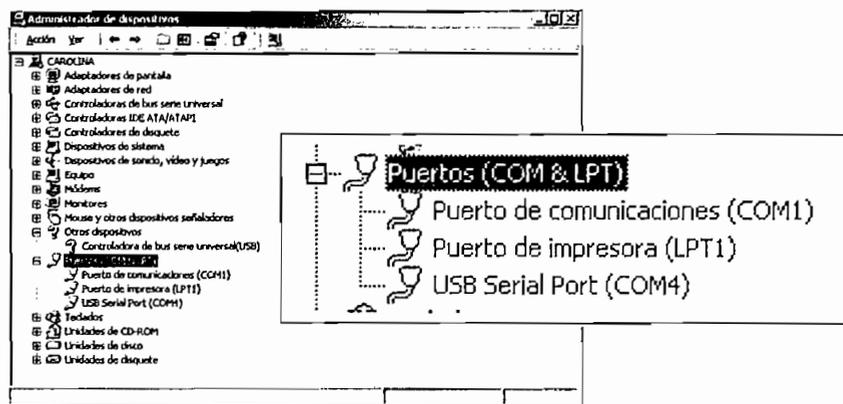


Figura 15. Pantalla administrador de dispositivos

Seleccionamos el puerto de comunicación serial disponible ejemplo COM1 para puerto serial y COM4 para puerto serial USB. (Ver Figura 16)

Estos parámetros deben ser fijados por el usuario en el documento flashmemory.ini, para nuestro ejemplo si usamos el com4 para comunicación USB fijamos los datos en el archivo flashmemory.ini. (Ver Figura 17)

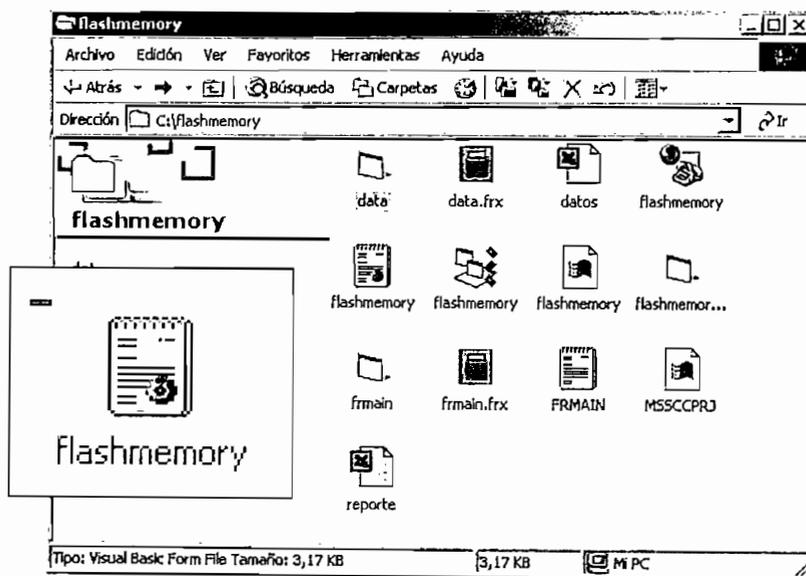


Figura 16. Ubicación del documento Flashmemory.ini en el archivo Flashmemory

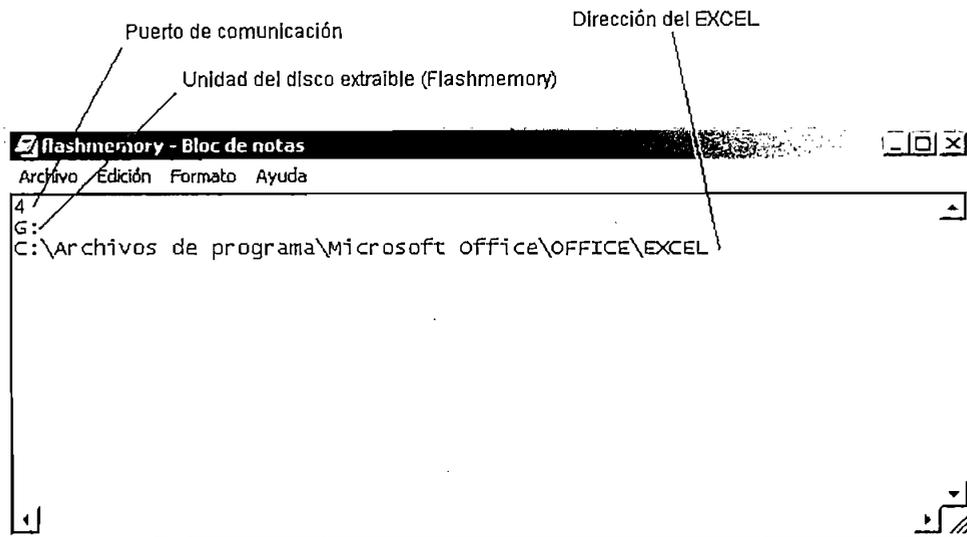


Figura 17. Partes del documento Flashmemory.ini

Nota: Es necesario verificar el correcto puerto de comunicación para la transmisión de datos serial RS – 232 y USB, así también la correcta dirección del excel.exe en el documento flashmemory.ini.

Esta listo para ingresar al programa flashmemory. (Ver Figura 18)

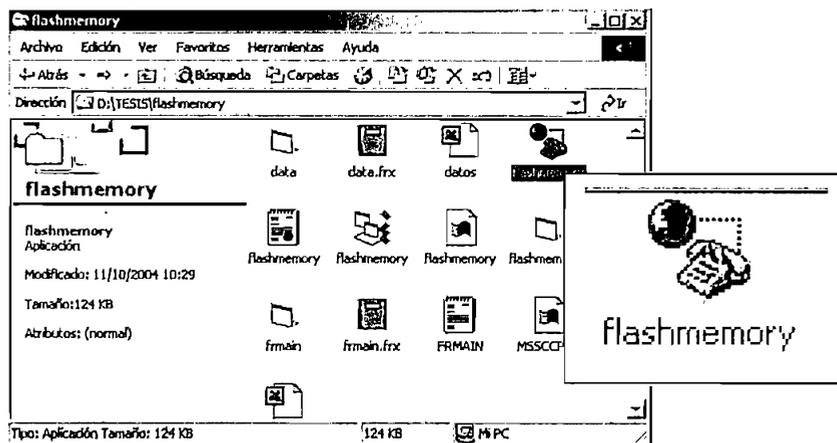


Figura 18. Archivo flashmemory

Ejecutar el programa flashmemory y se despliega pantallas como las Figuras 19 y 20, que nos guiaran para la descarga de datos.

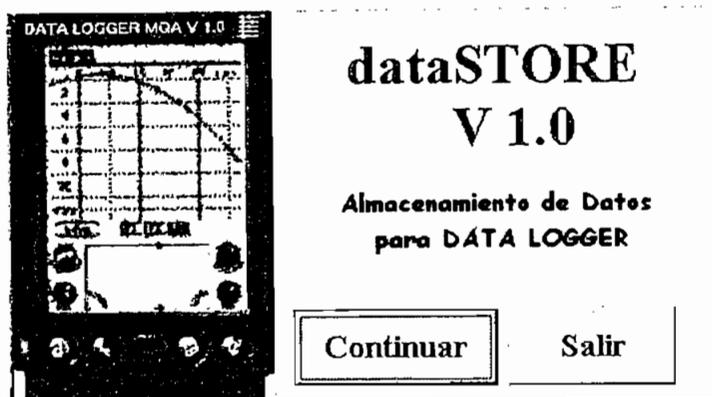


Figura 19. Pantalla principal

Al seleccionar  se despliega otra pantalla que permite realizar otras funciones.

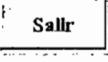
Si se elige  abandona el programa.



Figura 20. Pantalla de funciones

 al seleccionar este icono se da el inicio a la transferencia de datos desde el Data Logger a la PC, se obtiene una indicación visual de los datos que se están almacenando en el siguiente recuadro.

Debemos considerar que el equipo este conectado al computador y en la pantalla este la opción EXISTEN DATOS DESCARGAR?.

EXISTEN DATOS
DESCARGAR? SI/NO

Asegúrese que en el software este **Stop** para seguidamente presionar la tecla SI.

Este software presenta dos opciones adicionales:

Abrir con
Excel

La primera:

Esta opción permite enviar los datos y ser recuperados en una hoja de calculo Excel con el cual se puede realizar gráficos, análisis estadísticos y todas las herramientas que ofrece el Microsoft Excel. (Ver Figura 21)

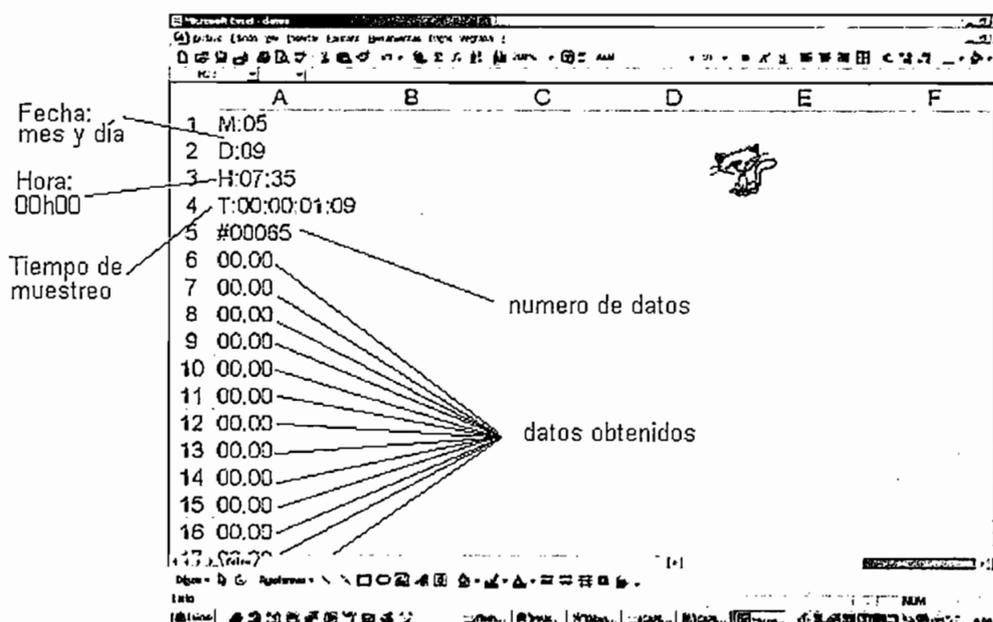


Figura 21. Datos que llegan a la hoja de Excel

Grabar a Flash

La segunda opción:

Permite guardar los datos obtenidos del data logger en una memoria flash USB.

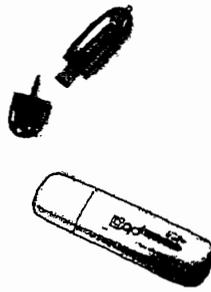


Figura 22. Memoria Flash USB

El archivo es tipo texto y se graba con el nombre de datos.xls, el nombre esta dado por el programa.

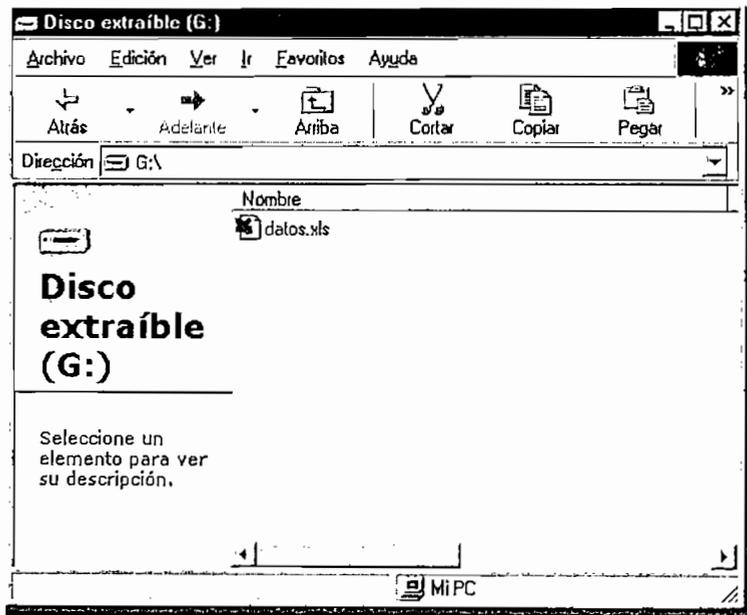


Figura 23. Datos En Memoria Flash USB

Al seleccionar se despliega la pantalla principal.

Si se elige abandona el programa.

6. COMO CONECTAR EL TRANSMISOR

Dado que el DATALOGGER MQA1, esta diseñado para todo tipo de transmisor.

Para conectar el transmisor se debe considerar, si es transmisor de voltaje (0-10V_{DC}) o si es transmisor de corriente (4-20mA).

Si es de voltaje se deberá tomar en cuenta los terminales tanto positivo como el negativo. (Ver Figura 24)

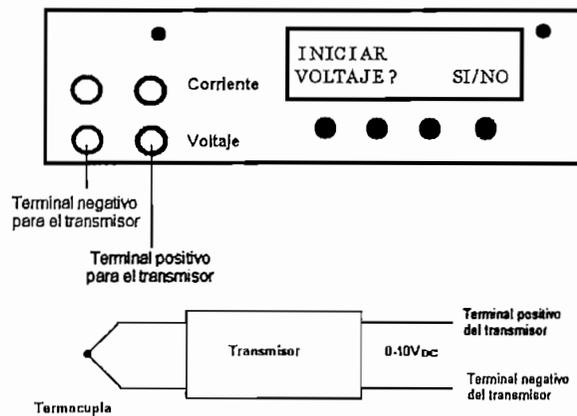


Figura 24. Conexión al DATALOGGER MQA1

Si es de corriente se deberá considerar si el transmisor tiene fuente incluida. Si la tiene se conecta tomando en cuenta los terminales tanto positivo como el negativo. (Ver Figura 25)

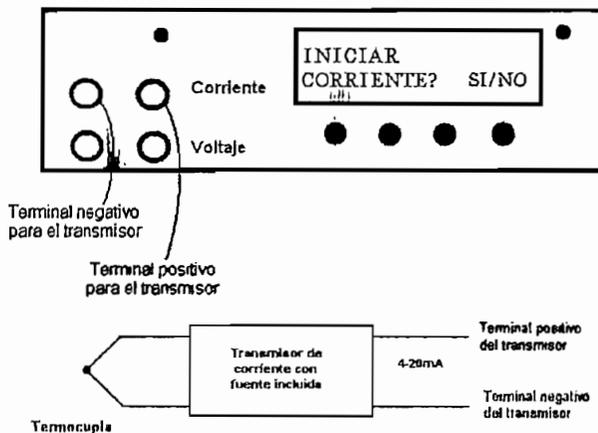


Figura 25. Conexión al DATALOGGER MQA1

Si el transmisor de corriente no tiene fuente incluida, el DATALOGGER MQA1 posee una fuente de hasta $24V_{DC}$, para ello dependerá del transmisor. Se usará como ejemplo el transmisor de temperatura TX91 el cual necesita una fuente de $24V_{DC}$ que conecta tomando en cuenta los terminales tanto positivo como el negativo (Figura 25) y además se deberá encender la fuente, el interruptor (corriente $24V$) que se encuentra en la parte posterior del equipo (Figura 26).

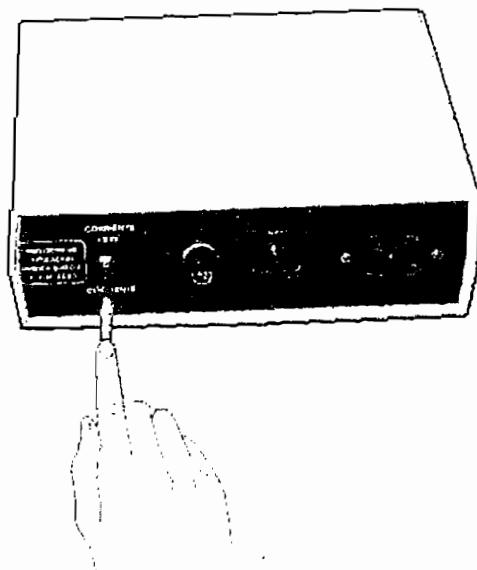


Figura 26. Parte posterior del equipo.

7. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

Para la calibración del equipo se debe destapar con mucha cautela para no provocar lesiones severas al equipo. Los elementos usados como son el microcontrolador PIC16C774 y el CI USBMOD2 son tipo CMOS lo que indica que deben ser tratados con cuidado.

La calibración tanto de corriente como de voltaje se lo hace considerando los potenciómetros que están ubicados junto a la comunicación RS232.(Figura 10)

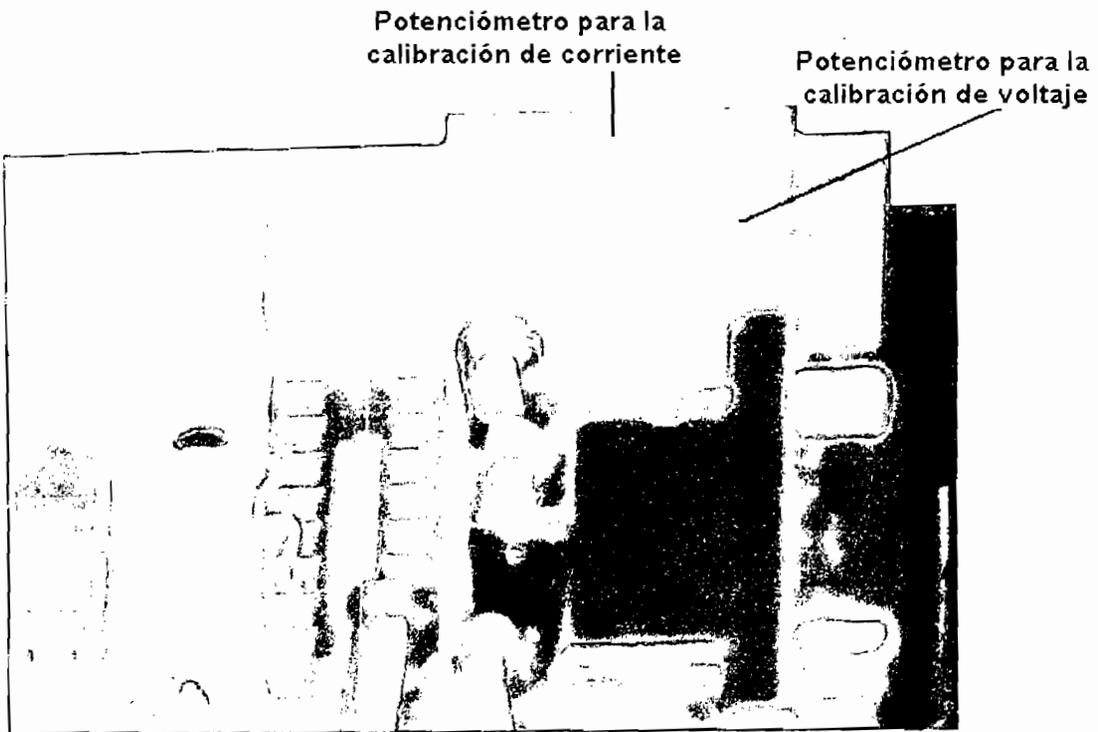


Figura 10. Ubicación de los potenciómetros para la calibración de corriente y de voltaje.