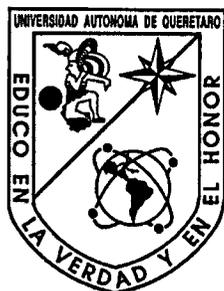


# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN INSTRUMENTO  
REGISTRADOR ELECTRÓNICO

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO EN INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE  
PROCESOS**

PRESENTA  
**VERÓNICA MEJÍA GALLARDO**

DIRIGIDA POR  
**ING. RICARDO CHAPARRO SÁNCHEZ**

CENTRO UNIVERSITARIO  
QUERÉTARO, QRO.

NOVIEMBRE 2001

No Adq. H 65942

No. Título TS

Clas. 621.374

M516d

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



.../

**PARTE III PRUEBAS**

- I INSTRUMENTACIÓN**
  - I.1 ENTRADAS**
- II ELECTRÓNICA**
  - II.1 CONVERSIÓN ANALÓGICA DIGITAL**
  - II.2 TIEMPO**
  - II.3 COMUNICACIÓN SERIAL**
  - II.4 ALMACENAMIENTO**
  - II.5 EXHIBICIÓN**
- III SISTEMA COMPLETO**

**PARTE IV CONCLUSIONES**

- I ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- II CONCLUSIONES**
- III SUGERENCIAS**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANTONIO CREUS, "INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL", ALFAOMEGA MARCOMBO, ESPAÑA 1993.**

**HOLZBOCK WENER G., "INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN Y CONTROL", COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL, 2ª. EDICIÓN, MÉXICO 1979.**

**CHESTER L. NACHTIGAL, INSTRUMENTATION AND CONTROL, FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS, WILEY SERIES IN MECHANICAL ENGINEERING PRACTICE, 1990.**

**JAMES W. DALLY, WILLIAN F. RILEY, HENNETH G. MCCONNELL, INSTRUMENTATION FOR ENGINEERING MEASUREMENTS, JOHN WILEY & SONS, INC., 1984.**

**IEEE JOURNAL OF OCEANIC ENGINEERING, VOLUMEN 16, No. 4, OCTUBRE DE 1991.**

**IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, VOLUMEN 19, No. 6, DICIEMBRE DE 1990.**





.../

PÁGINAS DE INTERNET

- 7.- [www.synetcom.com/rtu-frm1.htm](http://www.synetcom.com/rtu-frm1.htm)
- 8.- [www.unidata.com.au/indez.htm](http://www.unidata.com.au/indez.htm)
- 9.- [www.feracorp.com/dvmspec.htm](http://www.feracorp.com/dvmspec.htm)
- 10.- [thiesclima.com/dl15e.htm](http://thiesclima.com/dl15e.htm)
- 11.- [www.pace-sci.com/](http://www.pace-sci.com/)
- 12.- [www.imchem.de/dmx2eng.html](http://www.imchem.de/dmx2eng.html)
- 13.- [www.isa.org/directory](http://www.isa.org/directory)

*También hago de su conocimiento las disposiciones de nuestra Facultad, en el sentido de que antes de su Examen Profesional deberá cumplir con los requisitos de nuestra Legislación y deberá reimprimir el presente oficio en todos los ejemplares de su Tesis.*

*Sin otro particular, quedo de usted.*

**Atentamente**  
**"EL INGENIO PARA CREAR NO PARA DESTRUIR"**

**Ing. Jorge Martínez Carrillo**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**

C.c.p.- Archivo  
\*JMC/GRSG/sar

# **DEDICATORIAS**

## ***A Dios,***

Por que siempre se encuentra conmigo, guiando e iluminando cada instante de mi vida.

## ***A mi Papá y a mi Mamá,***

Por darme siempre lo mejor, todo su cariño, sus consejos y su confianza,  
por esos sacrificios y esfuerzos que han hecho para sacarnos adelante a mis hermanos y a  
mi, por estar siempre a mi lado recibiendo todo su apoyo en la realización de cada una  
de mis actividades, por enseñarme a vivir de la mejor manera  
y simplemente porque todo lo que soy y lo que he logrado se los debo a Ustedes.

**GRACIAS POR TODO**

## ***A mis hermanos,***

Por todos los momentos que pasamos juntos,  
por aguantarme todo el tiempo (aunque nos les quede de otra),  
por estar siempre dispuestos a escucharme y apoyarme,  
por la amistad y el cariño que nos unen  
y porque sé que siempre saldrán adelante en cualquier circunstancia y ante cualquier  
dificultad que se les presente.

## ***A mi familia,***

Por todo su apoyo y cariño a pesar de todo.

## ***Y a mis seres queridos que me acompañan desde allá arriba,***

Los quiero y los recuerdo siempre.

*Con todo mi cariño*

***Verónica***

# AGRADECIMIENTOS

**A mi Asesor de tesis, Ing. Ricardo Chaparro Sánchez.**

Gracias Ricardo por toda la ayuda (de todo tipo) que me proporcionaste durante este tiempo, por toda tú paciencia, por la confianza que depositaste en mi para empezar y terminar esta tesis y por la amistad que durante estos años me brindaste. Y recuerda que **"Triunfar en la vida es hacer triunfar a los demás"** y tú lograste a pesar de tantas cosas que terminara este trabajo.

## **AI UNIDEP**

Por facilitarme todo lo necesario para realizar esta tesis, instalaciones, material y equipo. Y por el apoyo y confianza que recibí siempre, principalmente del Dr. Vladimir Rauch, Ricardo Chaparro y Adriana Rojas.

## **A mis sinodales,**

**M. en I. Sergio Cervantes Pérez, Ing. Rafael Urretavizcaya Garbus e Ing. Efrén Gorrostieta Hurtado**, por sus comentarios y sugerencias para concluir esta tesis, especialmente a ti Rafa por toda tu ayuda (incluyendo los dieces), tu amistad y por los consejos buenos y los no tan buenos que me brindaste.

## **A la UAQ**

Y principalmente a la Facultad de Ingeniería y a todos los que pertenecen a ella, por esos 5 años que permitieron mi formación profesional. Y un agradecimiento muy especial a mis compañeros, por esos grandiosos 5, 4, 3, 2 o 1 año según sea el caso, que compartimos juntos.

## INDICE GENERAL

Índice general .....	i
Índice de figuras .....	iii
Índice de diagramas .....	vi
Resumen .....	vii
<b>PARTE I    ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>1</b>
<b>1    ANTECEDENTES .....</b>	<b>2</b>
1.1    Históricamente .....	2
1.2    Actualmente .....	8
<b>2    JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>3    OBJETIVO .....</b>	<b>13</b>
<b>PARTE II    DESARROLLO .....</b>	<b>14</b>
<b>1    SOLUCIÓN PROPUESTA .....</b>	<b>15</b>
<b>2    MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1.    Instrumentación .....	16
2.2    Electrónica .....	20
2.3    Programación .....	31
<b>3    DESARROLLO .....</b>	<b>33</b>
3.1    Instrumentación .....	33
3.2    Electrónica .....	36
3.3    Implementación física .....	43
3.4    Implementación final .....	50
<b>PARTE III    PRUEBAS .....</b>	<b>53</b>
<b>1    INSTRUMENTACIÓN .....</b>	<b>56</b>
1.1    Entradas .....	56

2	<b>ELECTRÓNICA</b> .....	<b>62</b>
2.1	Conversión analógica digital .....	62
2.2	Exhibición .....	64
2.3	Tiempo .....	68
2.4	Almacenamiento .....	74
2.5	Comunicación serial .....	78
3	<b>SISTEMA COMPLETO</b> .....	<b>84</b>
<b>PARTE IV RESULTADOS Y TRABAJO FUTURO</b> .....		<b>87</b>
1	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>88</b>
2	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>91</b>
3	<b>TRABAJO FUTURO</b> .....	<b>93</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		<b>95</b>
<b>ANEXOS</b> .....		<b>99</b>
<b>ANEXO A</b>		
	Listado de programas de pruebas .....	100
<b>ANEXO B</b>		
	Esquemáticos .....	117
<b>ANEXO C</b>		
	PCB .....	125

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1.1	Registrador convencional	2
1.2	Registrador gráfico rectangular	3
1.3	Registrador electrónico o Datalogger	4
1.4	Interconexión con otros dispositivos	4
1.5	Estación Meteorológica	5
1.6	Elementos que constituyen un registrador electrónico	6
1.7	Dispositivos que constituyen un registrador electrónico	7
1.8	Registrador DL 15 Thies CLIMA	8
1.9	Registrador RTU	9
1.10	Registrador XR440 Pocket	10
2.1	Sistema de control de lazo abierto	16
2.2	Intercambiador de calor	17
2.3	Características de los instrumentos	19
2.4	Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador	20
2.5	Arquitectura de un microcontrolador	21
2.6	Diagrama de bloques de un LCD	23
2.7	Diagrama de bloques de una unidad de memoria	24
2.8	Buses de una computadora	26
2.9	Transmisión en paralelo	27
2.10	Transmisión en serie	27
2.11	Esquema de bloque de un instrumento con recursos de comunicación serie normalizados	28
2.12	Formas posibles de conectar una tecla	29

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
2.13	Clasificación de los lenguajes de programación	31
2.14	Tipos de entradas del datalogger	33
2.15	Posición de las entradas dentro del conector	34
2.16	Posición de entradas dentro del bus de expansión	35
2.17	Posición de las entradas dentro del diagrama esquemático	35
2.18	Arquitectura del registrador electrónico	36
2.19	Diagrama de bloques de los dispositivos que incluye el registrador electrónico	37
2.20	Mapa de memoria	40
2.21	Posición de los elementos del registrador en el diagrama esquemático	42
2.22	Esquemático de la primera etapa de la implementación física	44
2.23	Primera tarjeta de pruebas	44
2.24	Distribución de los dispositivos del registrador electrónico, primer diseño	46
2.25	Primer diseño de la segunda parte de implementación física	47
2.26	Segundo diseño de la segunda etapa de implementación física	48
2.27	Segunda tarjeta de pruebas	49
2.28	Posición de los elementos del registrador en la tarjeta impresa	50
2.29	Montaje final del registrador electrónico	51

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
3.1	Registrador electrónico	55
3.2	Entradas y salidas digitales	56
3.3	Entradas analógicas	58
3.4	Entradas de pulso	61
3.5	Conexión entre microcontrolador y pantalla	60
3.6	Conexión de Reloj de tiempo real (RTC)	68
3.7	Conexión entre microcontrolador y memoria no volátil	74
3.8	Conexión entre microcontrolador y el puerto serial de la PC	78
3.9	Secuencia a seguir en la recepción de información	79
4.1	Esquema de la prueba de entradas analógicas	88
4.2	Esquema de la prueba con RTC	89
4.3	Esquema de la prueba con memoria	89
4.4	Esquema de conexión completa de registrador	90

## INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama		Página
1	Configuración de entradas y salidas digitales	57
2	Configuración de convertidor A/D	59
3	Configuración de entradas tipo pulso	61
4	Conversión analógica digital mediante interrupciones	62
5	Inicialización de LCD	65
6	Parte 1, Configuración de LCD	66
7	Parte 2, Configuración de LCD	67
8	Parte 1, Configuración de Reloj de tiempo real	70
9	Parte 2, Configuración de reloj de tiempo real	71
10	Función para escribir hora y fecha en RTC	72
11	Función para configurar alarmas en RTC	72
12	Función para leer dato y mostrarlo en LCD	73
13	Parte 1, Lectura y escritura en memoria	75
14	Parte 2, Lectura y escritura en memoria	76
15	Parte1, Comunicación serial, recepción	81
16	Parte 2, Comunicación serial, recepción	82
17	Transmisión de datos	83
18	Prueba global del registrador electrónico	86

## RESUMEN

Los registradores electrónicos son dispositivos que permiten el monitoreo de una o más variables durante un período de tiempo establecido. Ante los registradores convencionales, tienen la ventaja de que pueden almacenar las mediciones tomadas de varios sensores en forma histórica y posteriormente realizar un análisis de la información y sin que esto implique estar en continuo contacto con el proceso. Además de que es un instrumento muy flexible ya que acepta diferentes tipos de entradas así como un gran número de ellas, en algunos casos.

En este trabajo se diseñó y se implementó un registrador electrónico, el cual contiene las características más comunes que presentan los existentes en el mercado según análisis desarrollado.

El registrador electrónico diseñado consiste básicamente de una memoria no volátil para el almacenamiento temporal de los datos, 8 canales analógicos, 2 digitales y 2 contadores para la adquisición de las distintas señales que proporcionan los sensores, un display de cristal líquido en el que se visualizan las funciones que se realizan en el registrador, ya sea el almacenamiento de datos, descarga de la información, la hora, etc., una batería para la alimentación de los componentes, un reloj de tiempo real para poder almacenar en forma histórica la información y para realizar las variaciones de los tiempos de muestreo en los que se van a tomar las mediciones de los sensores, y para transferir la información contenida en la memoria hacia una computadora se utiliza el estándar de comunicación RS-232.

Para manejar y regular las funciones de cada uno de los dispositivos del registrador electrónico se utiliza un microcontrolador, el cual contiene como

características: convertidores A/D, entradas analógicas y digitales, salidas digitales, timers, contadores, puertos de comunicación síncrona y asíncrona, etc.

Este trabajo en un principio pretende aplicarse en proyectos de investigación que se están realizando en la propia Universidad Autónoma de Querétaro y que por su naturaleza requieren de dispositivos con las características que ofrece un registrador electrónico para el análisis y manejo de datos. En el desarrollo de la investigación, no se habla de algún proyecto en específico solo se diseño de una manera general para adaptarse a cualquier tipo de aplicación.

PARTE I  
ESTADO DEL ARTE

# 1. ANTECEDENTES

## 1.1 HISTÓRICAMENTE

Los instrumentos fueron naciendo a medida que las exigencias del proceso lo impusieron, es decir, la gradual complejidad con la cual se han ido desarrollando los procesos y las necesidades de la industria, ha exigido la creación de nuevos instrumentos que permitan mantener y regular en condiciones idóneas las diversas variables que involucran; lo que origina que los procesos se puedan llevar a cabo en condiciones estables de calidad y de características.

Los instrumentos de acuerdo a la función que realizan dentro del proceso, se pueden clasificar en diversos tipos, entre los cuales se encuentran los registradores. Los instrumentos registradores almacenan con trazo continuo o por puntos el comportamiento de una o varias variables que intervienen en algún proceso, tienen la capacidad de recibir señales eléctricas de sensores y convertir sus magnitudes (y las variaciones de sus magnitudes) en un registro gráfico permanente.

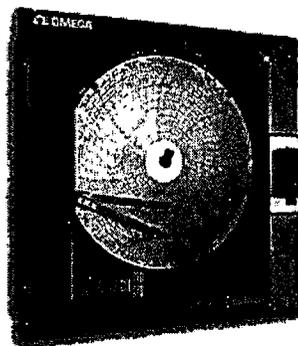


Fig. 1.1 Registrador convencional

Existen distintas clases de registradores gráficos, pero su funcionamiento básico consiste en que el valor instantáneo de una variable medida está dado por la

posición de una pluma, la cual se mueve sobre una carta de papel y se desplaza simultáneamente con las variaciones de la variable.

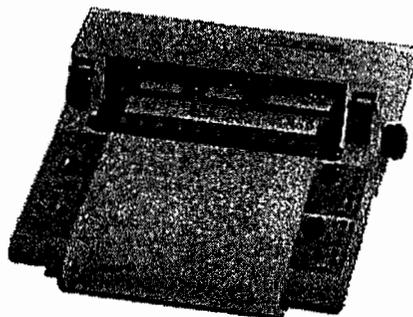


Fig. 1.2 Registrador gráfico rectangular

Las ventajas de los registradores gráficos, es su simplicidad y bajo costo, pero por otra parte también tienen una serie de desventajas que los hacen inadecuados para analizar el comportamiento del proceso. Entre las desventajas se encuentran: la baja precisión con que se realiza el registro, la dificultad para cambiar la velocidad de registro, el reemplazo de papel de manera muy frecuente, el mismo papel corre el riesgo de maltratarse y por lo tanto perder información que no es posible repetir, el mantenimiento continuo del instrumento, el registro correspondiente de las variables es único y por lo tanto tiene que ser reproducido varias veces para mayor seguridad, perdiendo exactitud de los datos en cada copia que se realiza (Holzbock Werner, 1979).

Como consecuencia de esta serie de desventajas de los registradores gráficos para aquellas aplicaciones en las cuales se requiere determinar el comportamiento de una o varias variables después de transcurrido cierto período de tiempo, se han desarrollado otros instrumentos que proporcionen mayor versatilidad para el manejo y almacenamiento de la información que se obtiene de los procesos. Uno de los instrumentos que cuenta con estas características es el registrador electrónico o datalogger.

El Datalogger es un registrador cronológico de datos (Biblioteca, web). El objetivo principal del datalogger es el monitoreo y almacenamiento de las diferentes mediciones aplicables a los procesos (Datalogger, web). Las funciones básicas que realiza un registrador electrónico son: adquisición y almacenamiento de datos, variación y control en los intervalos de tiempo para la medición de los sensores y la transferencia de la información almacenada en la memoria del datalogger hacia un dispositivo externo.



Fig. 1.3 Registrador electrónico o Datalogger

Los elementos que contiene un registrador electrónico básicamente son: una memoria no volátil para el almacenamiento temporal de los datos, batería para la alimentación de sus componentes, distintos protocolos de comunicación para la transferencia de datos, como la RS-232, RS-485, etc.; variación en los tiempos de muestreo por medio de un reloj de tiempo real, entradas digitales y analógicas para la toma de las señales de entrada de los sensores; exhibidores, para indicar la tarea que esta realizando el instrumento, ya sea una pantalla de cristal líquido o simplemente un led indicador; salidas y algunos contadores.

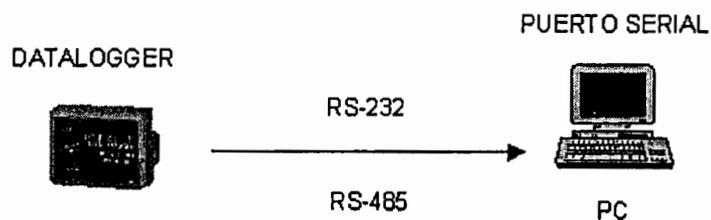


Fig. 1.4 Interconexión con otros dispositivos

Algunos registradores electrónicos pueden presentar características adicionales tales como: radio modem, cargador de batería, paneles solares, memoria adicional, etc. Cada característica que posee el registrador ocasiona que incremente su precio y complejidad, por lo que en la actualidad este tipo de instrumentos es de costo muy elevado.

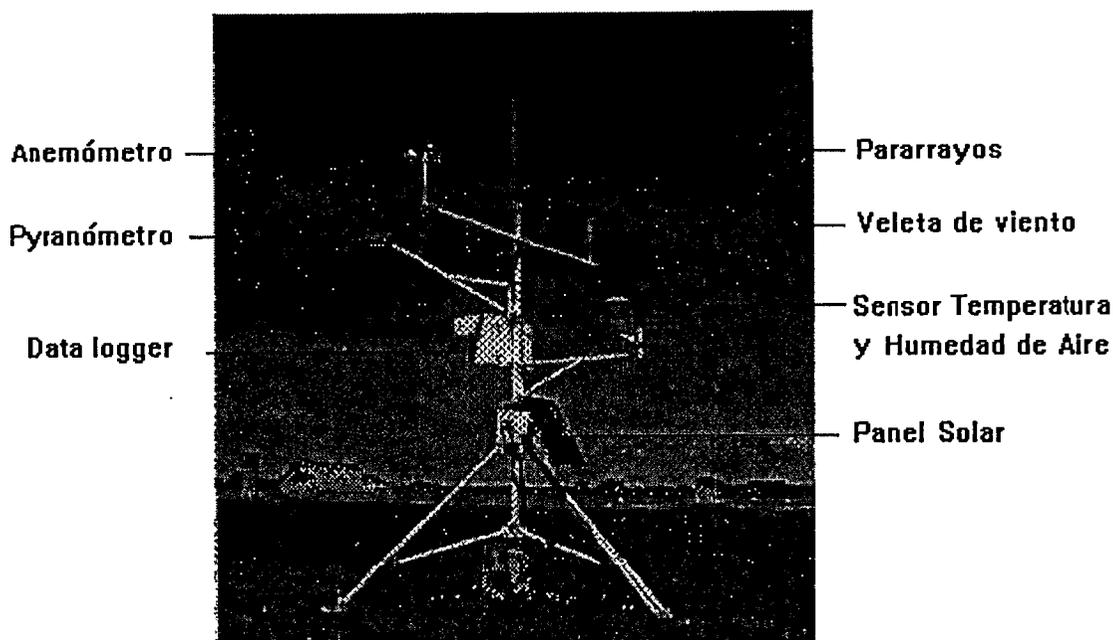


Fig. 1.5 Estación Meteorológica

En la Universidad Autónoma de Querétaro han existido trabajos en los cuales de alguna u otra forma se ha requerido el uso de un registrador electrónico para el análisis y manejo de datos, los ejemplos más importantes son el desarrollo de la red de estaciones hidroclimatológicas proyecto desarrollado en colaboración con la Comisión Estatal de aguas así como las propuestas realizadas por Comisión Federal de Electricidad para la medición de nivel de agua en presas y ríos, proyectos que por su naturaleza requieren de dispositivos con las características que ofrece un registrador electrónico.

Los cinco elementos que constituyen un registrador electrónico y que le permiten realizar sus funciones básicas de adquisición y almacenamiento de datos, de variación y control en los intervalos de tiempo para la medición de los sensores y la transferencia de la información almacenada en la memoria del registrador hacia un dispositivo externo son: un módulo de medición, un dispositivo de almacenamiento, una interface de comunicación y un sistema de control y direccionamiento (Fig. 1.6)

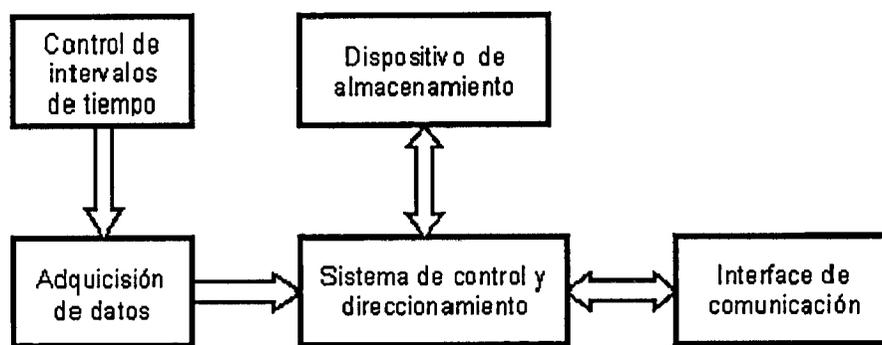


Fig. 1.6 Elementos que constituyen un registrador electrónico

*Adquisición de datos*, consiste de varios canales para captar las mediciones de los distintos sensores y que están adaptados para recibir señales de voltaje (utilizando un convertidor A/D) o pulsos (contador de pulsos), según el tipo de sensor utilizado. Por medio de un reloj se envían señales para *controlar los intervalos de tiempo* en que son tomadas las mediciones de cada canal. El *dispositivo de almacenamiento* es una memoria que guarda todos los valores captados por el módulo de medición. *La interface de comunicación* es el medio por el cual se envían los datos correspondientes a algún dispositivo externo. El *sistema de control y direccionamiento* se encarga de regular las funciones de los otros dispositivos, así como direccionarlos para enviar los datos correspondientes a cada uno de ellos cuando sea requerido.



## 1.2 ACTUALMENTE

Realizando una recopilación de información en distintas fuentes como revistas, catálogos, páginas de Internet, etc., se elaboró una lista de características de algunos de los registradores electrónicos existentes en el mercado. La mayoría de los fabricantes de este tipo de instrumentos ofrecen registradores para una aplicación en específico, por ejemplo, para medir temperatura, el cual contiene características especiales para climas con calor extremo ó para temperaturas muy bajas, otros que soportan alta humedad, otros que se especializan en medir presiones, en medir sonidos, etc., pero todos al final cuentan con sistemas similares.

Todos los registradores electrónicos poseen características similares como lo podemos observar en el modelo DL 15 de THIES CLIMA, que incluye 256 k de memoria tipo RAM o una tarjeta estándar Smart Card, contiene una pantalla de cristal líquido de 16 por 2 líneas, 5 entradas digitales y 10 analógicas, comunicación RS-232, panel solar que recarga la batería la cual es de 3.2 Ah, calendario a través de un reloj de tiempo real, intervalos de tiempo variables, entre otras muchas opcionales.

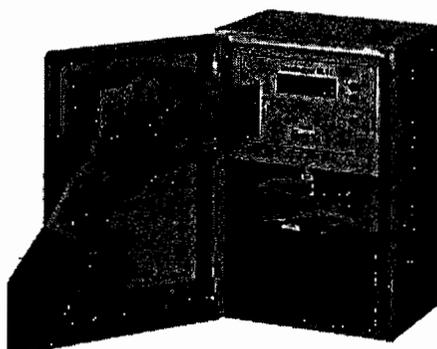


Fig. 1.8 Registrador DL 15 Thies CLIMA

La marca FERA ofrece en su modelo DVM 3300 una pantalla de cristal líquido de 8 líneas, memoria no volátil de 256 K, memoria RAM de 640k, 1.1 M y 2.2M para datos y programas, reloj de tiempo real, una batería de 9 voltios recargables, batería de respaldo de 400 horas, comunicación serial RS-232, cuatro canales multi-rango, e impedancia dual.

El registrador Cole-Palmer, para medir temperatura cuenta con las siguientes características: un sensor interno que mide la temperatura, interface serial bidireccional RS-232, intervalo de tiempo de 2 segundos a 36 horas, batería de litio con duración de 5 años, lecturas que van de 8 k a 32 k, con un precio en su versión más sencilla de 140 dólares, la más cara es de 300 dólares.

El registrador RTU ofrece 4 entradas analógicas y 4 digitales, memoria no volátil de 64K, puerto serial para la comunicación, batería con duración de 2 años, filtración digital para AC para reducir ruidos, definición de alarmas por los usuarios, cargador de batería, puerto de expansión, además menciona que sus aplicaciones: puede medir en condiciones extremas o demandantes, temperatura, presión, humedad, flujo, concentración, viscosidad, pH y mucho más, la memoria se llena en cuarenta días si el tiempo de muestreo es de 10 minutos, incluye alarmas entre otras aplicaciones y características.



Fig. 1.9 Registrador RTU

Otro registrador es el que ofrece Pace Scientific, modelo XR440, con un precio de 499 dólares, puede medir temperatura, humedad, presión, corriente CA y voltaje de CA, usa comunicación serial RS-232, batería estándar de 9 volts con duración de 2 años, rango de muestreo de 2 segundos a 12 horas, los datos son retenidos por 200 años, 32 k de memoria para datos, cuatro entradas de multi-propósito, resolución de 8, 10 o 12 bits, entrada de 0-5 V CD, entre otras.



Fig. 1.10 Registrador XR440 Pocket

El precio de los registradores electrónicos varía mucho según su complejidad, hay algunos con un precio de alrededor de 150 dólares, pero sus características son limitadas: poca memoria, pocas entradas digitales y analógicas, sin pantalla de cristal líquido, etc., hasta los de alto costo (más de 500 dólares), algunos incluyen teclado, pantalla, grandes cantidades de memoria, etc. El aumento en características también aumenta el costo del instrumento.

Basándose en la lista de características de los registradores comerciales, se eligieron las que se consideraron más básicas, además de otras que proporcionen mayor funcionalidad y manejo, tomando en cuenta que éstas no aumenten el costo y complejidad del registrador.

## 2. JUSTIFICACIÓN

A medida que suceden grandes avances tecnológicos y científicos, estos se ven reflejados en cualquier ámbito de la vida cotidiana, y aun más en los procesos industriales. Como consecuencia de estos avances, se ve la necesidad de desarrollar nuevos y novedosos instrumentos, que permitan obtener una mayor precisión en la medición y control de las diferentes variables que involucran los procesos.

Un instrumento importante que permite conocer el comportamiento de los procesos es el registrador, debido a que proporciona el único elemento tangible que describe su comportamiento en forma histórica, y por lo tanto, deben ser lo suficientemente confiables y contar con las características adecuadas que le permitan realizar estas funciones.

Para aquellos procesos en los cuales se requiere determinar el comportamiento de una o varias variables después de transcurrido cierto período de tiempo es más adecuado el uso de un registrador electrónico o datalogger que un registrador tradicional, registrador gráfico, debido a las desventajas que este tipo de instrumentos presenta, y entre las cuales se encuentran: la baja precisión con que se realiza el registro, el cambio continuo de papel, el registro que se obtiene de la variable es único y por lo tanto irremplazable, la dificultad para cambiar el tiempo de muestreo o velocidad del instrumento, etc.

Este tipo de procesos que por sus características requieren de un registrador electrónico, es decir, de un instrumento capaz de registrar una o varias variables durante un período de tiempo determinado sin ser necesario tener una visualización del valor de las variables en cada instante de tiempo en que son monitoreadas, sino una vez adquirida la información durante cierto intervalo de tiempo (días, semanas,

etc.), realizar un análisis de los datos y determinar su comportamiento. No requieren que se este en contacto directo con el instrumento como en el caso de los registradores gráficos.

Las características que originan que un registrador electrónico sea el más adecuado para el monitoreo de variables de este tipo de procesos es que es un instrumento capaz de almacenar las mediciones obtenidas de varios sensores en forma histórica durante cierto período de tiempo establecido para posteriormente transferirlas a un dispositivo externo tal como una computadora y realizar el análisis de la información, son muy flexibles ya que aceptan un gran número de entradas (canales analógicos y digitales) y no limita el tipo de sensores a monitorear.

### 3. OBJETIVO

Diseñar y construir un instrumento para adquirir y almacenar las señales de voltaje que proporcionan los sensores de un proceso, que incluya una interface de comunicación para la transferencia de datos con una computadora personal.

PARTE II  
DESARROLLO

## 1. SOLUCIÓN PROPUESTA

Con base al análisis previo, el registrador electrónico o datalogger debe poseer las siguientes características:

- ◆ **Versátil.** Debe poseer características que lo hagan más adecuado para adaptarse a problemáticas presentadas que los registradores comerciales.
- ◆ **Económico.** Las características del registrador le deben proporcionar funcionalidad y facilidad de manejo, sin que esto implique tener un costo elevado.
- ◆ **Capacidad de almacenaje.** Debe incluir una memoria base de 64k, con posibilidad de expandirse para incrementar su capacidad de almacenamiento.
- ◆ **Visualización.** Debe contener un módulo de exhibición con el fin de visualizar información requerida sobre la operación del registrador.
- ◆ **Configurable.** Debe tener la capacidad de monitorear varios sensores en un mismo instante, así como de configurar en forma individual cada canal de entrada, para ello se incluirá un reloj de tiempo real que permitirá manejar distintos periodos de muestreo para cualquier tipo de entrada que se requiera, ya sea analógica (8), digital (2) o simplemente un contador de eventos.
- ◆ **Interface de comunicación.** Debe tener la capacidad de transferir la información almacenada a una computadora por medio de una interfaz RS232.
- ◆ **Teclas de control.** Debe ser fácilmente controlado a través de un pequeño teclado que permita manipular el instrumento.
- ◆ **Fuente de poder.** Batería, que suministre energía al sistema.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 INSTRUMENTACIÓN

Los instrumentos de medición y de control se clasifican de acuerdo a la función que realizan o en función de la variable de proceso. De acuerdo a la función del instrumento se dividen en: instrumentos ciegos, indicadores, registradores, elementos primarios o sensores, transmisores, transductores, convertidores, receptores, controladores y elementos finales de control o actuadores. Y en función de la variable de proceso, los instrumentos se dividen en instrumentos de caudal, nivel, presión, temperatura, densidad y peso específico, humedad y punto de rocío, viscosidad, posición, velocidad, pH, etc.

Los registradores forman parte muy importante de un proceso debido a que son los que muestran de una manera tangible el comportamiento del proceso. En base a esta información se efectúa la toma de decisiones o simplemente informa acerca de las condiciones en las que se está efectuando un proceso. En el siguiente diagrama se muestra la disposición de un registrador para un sistema de control de lazo abierto.



Fig. 2.1 Sistema de control de lazo abierto

Un registrador electrónico incorpora las funciones de varios tipos de instrumentos ya que capta la variable de proceso a través del elemento primario o sensor, estas mediciones generalmente hay que modificarlas antes de transmitir las en señales de salida estándar (función de un transductor) para posteriormente

enviarlas a un dispositivo que almacena todos los valores captados por el módulo de medición (función de un registrador). Los datos almacenados se envían también en forma de señales estándar a un dispositivo externo.

## SENSORES Y TRANSMISORES

Los elementos primarios de medición o sensores "están en contacto con la variable y utilizan o absorben energía del medio para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable" (Creus Solé, 1995:11). El efecto producido por un sensor puede ser un cambio de presión, fuerza, posición, medida eléctrica, etc. Por ejemplo en los elementos primarios de temperatura de bulbo y capilar, el efecto es la variación de presión del fluido que los llena y en los de termopar se presenta una variación de fuerza electromotriz.

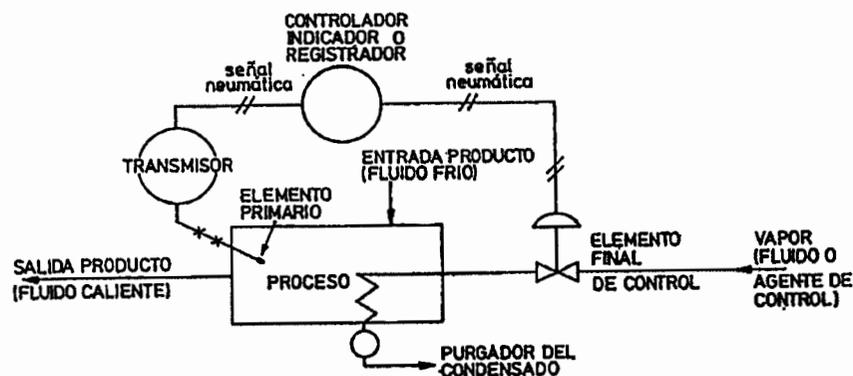


Fig. 2.2 Intercambiador de calor

"Los transmisores son instrumentos que toman la variable de proceso y la transmiten a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos" (Creus Solé, 1995:47).

Existen varios tipos de señales de transmisión: neumáticas, electrónicas, digitales, hidráulicas y telemétricas. Las más empleadas en la industria son las tres primeras.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS

Algunos términos importantes empleados en las especificaciones de los instrumentos son los siguientes:

**Campo de medida.** Conjunto de valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida o de transmisión del instrumento; viene expresado estableciendo los dos valores extremos.

**Alcance (*span*).** Diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento.

**Error.** Diferencia algebraica entre el valor leído o transmitido por el instrumento y el valor real de la variable.

**Precisión.** Tolerancia de medida o de transmisión del instrumento que define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio.

**Sensibilidad.** Razón entre el incremento de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona, después de haber alcanzado el estado de reposo. Dos factores limitan la sensibilidad: la pendiente de la curva de calibración y la reproducibilidad o precisión del sistema de medida.

**Repetibilidad.** Capacidad de reproducción de las posiciones de la pluma o del índice o de la señal de salida, del instrumento al medir repetidamente valores idénticos de la variable en las mismas condiciones de servicio y en el mismo sentido de variación, recorriendo todo el campo de medida.

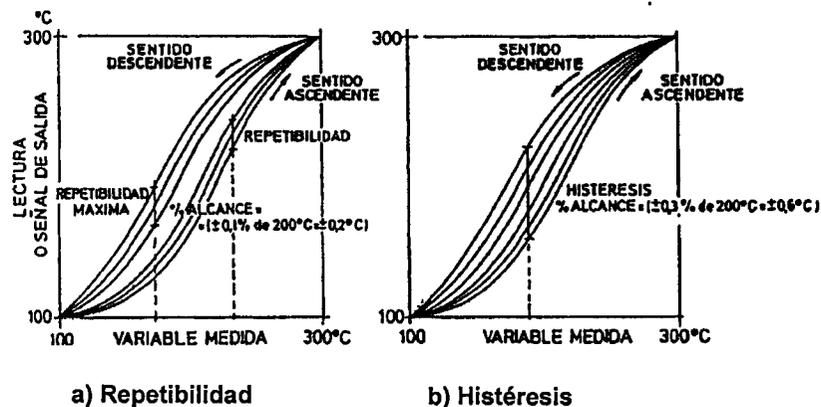


Fig. 2.3 Características de los instrumentos

**Histéresis.** Diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el índice o la pluma del instrumento para el mismo valor cualquiera del campo de medida, cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente.

## 2.2 ELECTRÓNICA

### MICROPROCESADORES

El microprocesador es un circuito integrado que contiene la Unidad Central de Proceso (UCP), también llamada procesador. La UCP está formada por la Unidad de Control, que interpreta las instrucciones, y el Camino de Datos, que las ejecuta. Un microprocesador es un sistema abierto porque su configuración es variable de acuerdo con la aplicación a la que se destine, es decir, con un microprocesador puede construirse un sistema con las características que se desee, acoplándole los módulos necesarios.

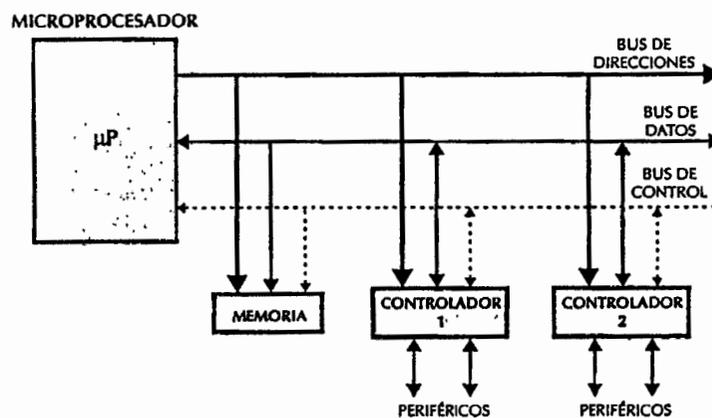


Fig. 2.4 Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador

### MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador (Angulo Usategui, 1999:1). Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna.

En la memoria de un microcontrolador sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan la conexión de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

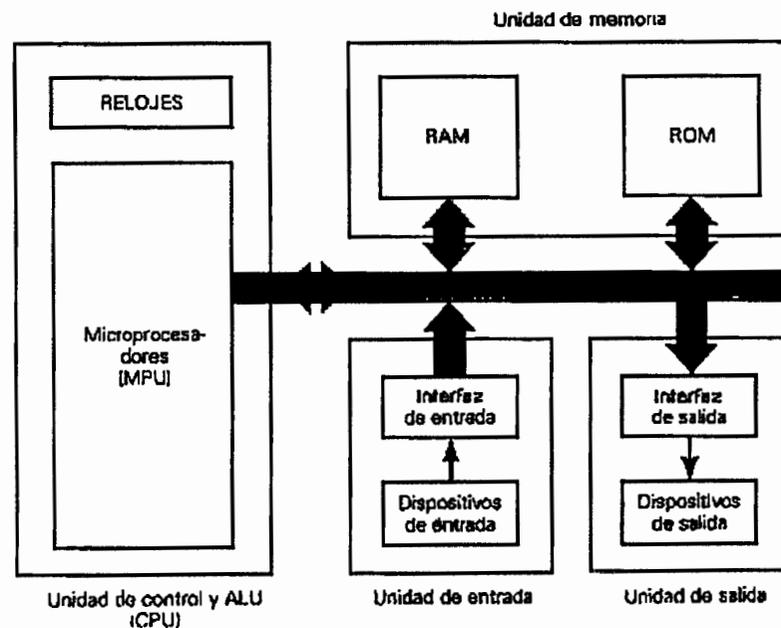


Fig. 2.5 Arquitectura de un microcontrolador

Un microcontrolador es un sistema cerrado que contiene un computador completo y de prestaciones limitadas que no se pueden modificar. Todas las partes del sistema están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos. Las partes principales de un microcontrolador son:

1. Procesador.
2. Memoria no volátil para almacenar el programa.
3. Memoria de lectura y escritura para guardar datos.

**4. Líneas de E/S para controladores de periféricos:**

- a) *Comunicación paralelo.*
- b) *Comunicación serie.*
- c) *Sistema de comunicación (bus, I<sup>2</sup>C, USB, etc..)*

**5. Recursos auxiliares:**

- a) *Circuito de reloj*, generador de impulsos que sincroniza el funcionamiento de todo el sistema.
- b) *Temporizadores*, controlador de tiempos.
- c) *Perro guardián (watchdog)*, sistema de reinicialización cuando el programa quede bloqueado.
- d) *Convertidores DA, AD.*
- e) *Comparadores analógicos*, verifican el valor de una señal analógica.
- f) *Estado de reposo o de bajo consumo*, en el que el sistema queda en un estado tal que el consumo de energía se reduce.

“Los microcontroladores se usan cada vez más para el control de instrumentos y para el procesamiento, almacenamiento y visualización de los datos obtenidos de los mismos” (SKOOG:41, 1998).

El uso de un microcontrolador en los instrumentos permite una automatización parcial o completa de las mediciones. Por lo general, la automatización conduce a una adquisición de datos más rápida, lo que acorta el tiempo necesario para un análisis o aumenta la precisión, ya que proporciona tiempo suplementario para realizar medidas repetidas adicionales. Además al microcontrolador se pueden conectar elementos externos que amplían su capacidad de entrada y salida.

## ADQUISICIÓN DE DATOS

Existen muchas aplicaciones en las que los datos analógicos tienen que ser digitalizados (convertidos en digital) y transferidos a la memoria de una computadora. El proceso por el cual la computadora adquiere estos datos analógicos digitalizados se conoce como adquisición de datos. La computadora puede ejecutar varias tareas con los datos, según la aplicación.

## EXHIBIDORES CON CRISTAL LÍQUIDO (LCD)

El LCD es un dispositivo de visualización de cristal líquido. El despliegue de cristal líquido (LCD) requiere poca energía y es adecuado para dispositivos operados por baterías.

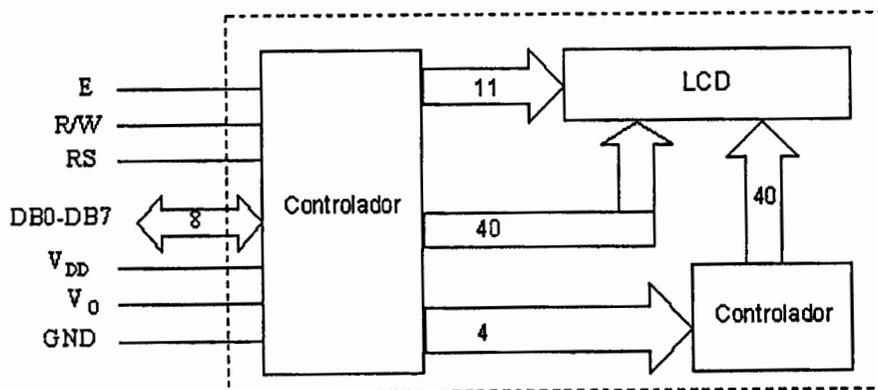


Fig. 2.6 Diagrama de bloques de un LCD

La pantalla de cristal líquido (LCD) es uno de los visualizadores más utilizados en la actualidad debido a las importantes ventajas que ofrece. Los mensajes se visualizan en la pantalla LCD introduciendo los correspondientes códigos ASCII de cada uno de los caracteres a visualizar.

## DISPOSITIVOS DE MEMORIA

Una ventaja importante de los sistemas digitales sobre los analógicos es la capacidad de almacenar fácilmente grandes cantidades de información por períodos cortos o largos.

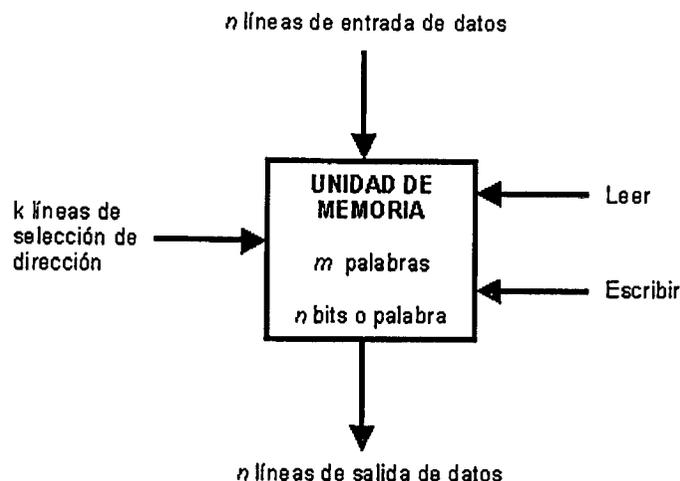


Fig. 2.7 Diagrama de bloque de una unidad de memoria

Una unidad de memoria almacena información binaria en grupos de bits denominados palabras. Cada una de las palabras es almacenada en un registro de la memoria. La comunicación entre la unidad de memoria y su ambiente se lleva a cabo a través de líneas de control (especifican la dirección de la transferencia requerida, lectura o escritura de datos), líneas de selección de dirección (especifican la palabra particular elegida), y líneas de salida (suministran la información que sale de la memoria) y entrada (proporcionan la información que se debe almacenar en la memoria), en la mayoría de los casos estas líneas son multiplexadas (entrada/salida).

Existen distintos tipos de memorias que pueden almacenar datos, entre las cuales se encuentran las siguientes:

**Memoria de sólo lectura (ROM).** Son un tipo de memoria de semiconductor que están diseñadas para retener datos que son permanentes o que no cambian.

**Memoria de acceso aleatorio (RAM).** Es el tipo de memoria con la cual se puede tener acceso fácilmente a cualquier localidad de dirección de memoria. Se puede escribir en ella y también se puede leer de ella muy rápidamente con la misma facilidad. Las RAM se dividen generalmente en: RAM estática (SRAM) y RAM dinámica (DRAM), sin embargo, por sus características también se pueden clasificar en:

- 1. Memoria volátil.** Cualquier tipo de memoria que requiere la aplicación de energía eléctrica a fin de almacenar información. Si se retira la energía eléctrica, toda la información almacenada se perderá.
- 2. Memoria no volátil.** Son aquellas que pueden almacenar información sin necesitar de potencia eléctrica.

## RELOJ DE TIEMPO REAL

Un reloj de tiempo real (RTC) es un dispositivo que permite desempeñar funciones en tiempo real tal como, almacenamiento de datos. Un RTC contiene registros de tiempo, de horas, minutos, segundos y milisegundos, con los cuales se puede escribir o leer la hora al reloj, así como un calendario. También incorpora registros de alarma, que permiten al reloj generar interrupciones en una hora específica del día, o generar interrupciones cada hora, minuto o segundo. Un cristal externo permite al procesador mantener actualizada la hora programada en ausencia de energía.

## BUS DE EXPANSIÓN

Un *bus* es una ruta eléctrica común entre múltiples dispositivos. Los buses se pueden dedicar a fines especiales como conectar un microprocesador a uno o varios coprocesadores o memorias locales. Dentro del mismo microprocesador puede haber varios buses para conectar sus componentes internos.

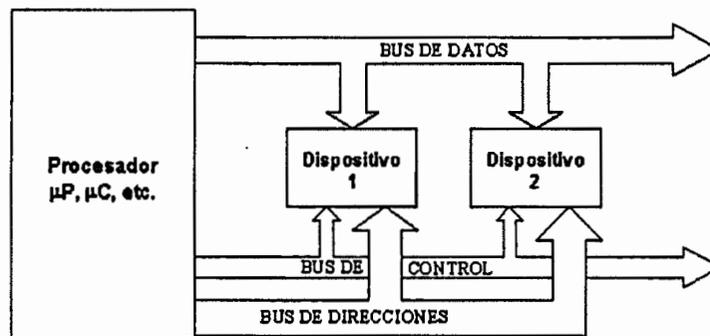


Fig. 2.8 Buses de una computadora

Existen reglas que deben ser obedecidas por todos los dispositivos conectados a un bus, estas reglas se denominan *protocolo de bus*. Debe haber especificaciones mecánicas y eléctricas para que las tarjetas diseñadas se ajusten al gabinete de tarjetas y tengan los conectores necesarios para acoplarse a la tarjeta matriz, tanto físicamente como en términos de voltaje.

Varias organizaciones de normalización se han preocupado por desarrollar interfaces, buses y procedimientos de interconexión, protocolos para sistemas digitales. Un bus ampliamente usado y su protocolo, que ha sido desarrollado para la interconexión de instrumentos y microprocesadores, comúnmente llamado *bus de interfase de propósito general*, está descrito en la norma IEEE 488-1979, que es una norma para buses de microcomputadoras.

## COMUNICACIÓN SERIAL

La comunicación de datos es el proceso de transferir información digital entre dos o más puntos. Un sistema de comunicación de datos esta conformada por una fuente de información digital, un medio de transmisión y un destino. Existen muchos tipos diferentes de medios de transmisión incluyendo la transmisión de radio en el espacio libre, facilidades de cable metálico y cables de fibra óptica.

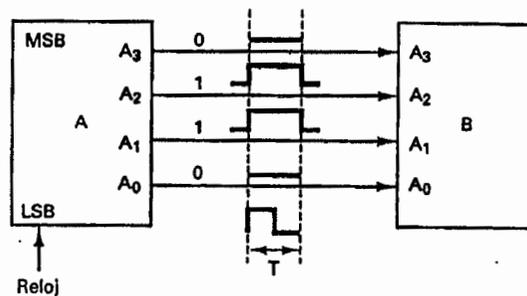


Fig. 2.9 Transmisión en paralelo

La fig. 2.10 muestra cómo un código binario se transmite en forma serial. Existe un sola línea de transmisión y, por lo tanto, sólo un bit puede transmitirse a la vez. Consecuentemente requiere de cuatro pulsos de reloj para transmitir toda la palabra. Este tipo de transmisión se llama *serial*.

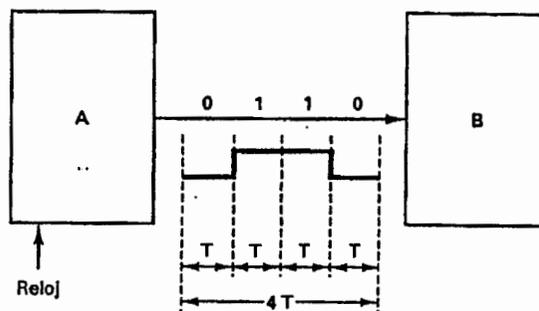


Fig. 2.10 Transmisión en serie

El principal compromiso entre la transmisión paralela y serial es la velocidad contra la simplicidad. La transmisión de datos se puede lograr mucho más rápido usando la transmisión paralela. Sin embargo, la transmisión paralela requiere más líneas entre la fuente y el destino. Como una regla general, la transmisión paralela se usa para la comunicación a corta distancia, y dentro de una computadora, y la transmisión serial se usa para la comunicación a larga distancia.

Numerosas son las formas en que se puede establecer comunicación con una computadora que se han desarrollado para normalizar la transmisión de datos. De todas ellas la más utilizada para conexión de instrumentos es la norma RS-232, que es un método de transmisión de información en serie.

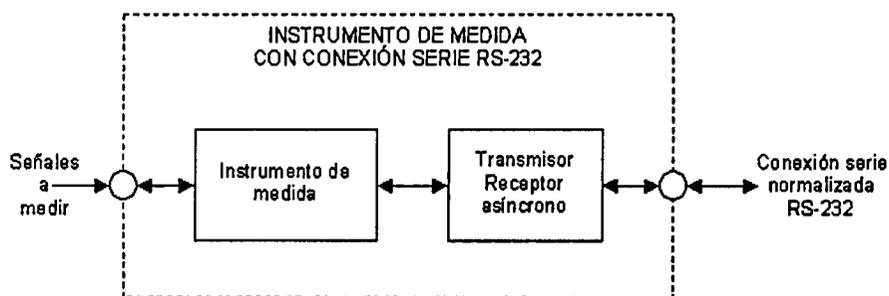


Fig. 2.11 Esquema de bloques de un instrumento con recursos de comunicación serie normalizados

El interfaz de comunicaciones es en este caso un transmisor-receptor asíncrono que permite la transmisión de órdenes desde una computadora hacia el instrumento y datos desde éste hacia aquél, mediante el establecimiento del adecuado protocolo.

## TIMERS, CONTADORES

En una medición digital generalmente se utiliza un contador, para contar el número de pulsos que se originan en unas condiciones fijas y determinadas. Los pulsos de entrada pueden ser pulsos de entrada o pueden originarse de una fuente externa. Pueden ocurrir a intervalos uniformes de tiempo o al azar. Se utilizan para contar el número de ocurrencias de un evento y son útiles para generar señales de tiempo para controlar la secuencia de operaciones.

Una de las labores más habituales en los programas de control de dispositivos suele ser determinar intervalos concretos de tiempo, y recibe el nombre de temporizador (*timer*) el elemento encargado de realizar esta función. También suele ser frecuente contar los impulsos que se producen en el exterior del sistema, y el elemento destinado a este fin se denomina *contador*.

## TECLADOS

Un instrumento puede ser fácilmente controlado a través de un teclado. Generalmente los instrumentos tienen un teclado como dispositivo de entrada. Un teclado consiste en una serie de interruptores activados por teclas. En la mayoría de los casos contienen un codificador con el propósito de producir una salida binaria que contenga información con respecto a la tecla que fue presionada.

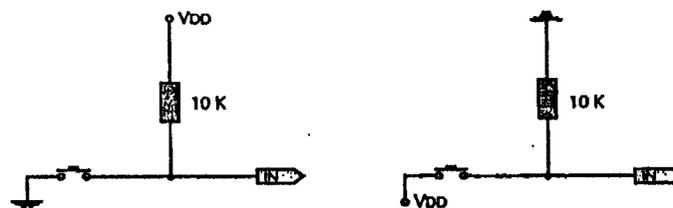


Fig. 2.12 Formas posibles de conectar una tecla

A medida que se presiona la tecla, con frecuencia se presenta un efecto de rebote. El interruptor hace contacto momentáneo, luego deja de hacer contacto un instante, y por último hace un buen contacto. Existen dos procedimientos para eliminar el rebote del interruptor: por software, es decir, el propio programa que controla el sistema lo elimina, y el otro retira el efecto por circuitería externa o hardware.

## FUENTE DE PODER

Todo lo que realiza algún trabajo debe tener una fuente que le suministre energía, una fuente de alimentación. En electrónica, una fuente de alimentación es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en la clase y cantidad de corriente alterna o continua que necesitan los diferentes tipos de circuitos electrónicos.

## 2.3 PROGRAMACIÓN

Los instrumentos electrónicos que contienen un procesador o microprocesador, la memoria principal y varios periféricos, al igual que un sistema computador completo, incluyen tanto hardware como software. El hardware consta de los componentes físicos y todo el equipo asociado. El software se refiere a los programas que son escritos para el funcionamiento del sistema.

Para realizar un programa se tiene que especificar, directa o indirectamente, una secuencia de instrucciones de máquina. Las instrucciones de máquina forman un patrón binario que es difícil entender y trabajar con él. Es preferible escribir programas con símbolos más familiares del conjunto de caracteres alfanuméricos. Como consecuencia, hay necesidad de traducir los programas simbólicos orientados al usuario en programas binarios que sean reconocidos por el hardware.



Fig 2.13 Clasificación de los lenguajes de programación

Una división importante de los lenguajes de programación es: lenguajes de bajo nivel y de alto nivel. Los lenguajes de bajo nivel tienden a ser muy parecidos al código de la máquina. Esto los hace difíciles de entender, y requieren mucho trabajo de programación para realizar tareas mínimas. El lenguaje de bajo nivel más común es el ensamblador.

## LENGUAJE ENSAMBLADOR

Un lenguaje ensamblador es un programa que acepta un programa de lenguaje simbólico y produce su equivalente binario de lenguaje máquina. El programa simbólico de entrada se denomina el *programa fuente* y el programa binario resultante se denomina *programa objeto*. Un lenguaje ensamblador utiliza palabras y frases para representar los códigos máquina.

Los lenguajes ensambladores proporcionan los siguientes servicios, que ahorran trabajo a los programadores:

1. Símbolos nemotécnicos de las operaciones de la máquina (como MOV, para mover caracteres, ADD, etc.)
2. Nombres simbólicos (etiquetas) para las localidades de instrucciones y datos.
3. Nombres simbólicos para constantes.
4. Expresiones en que intervienen nombres y constantes simbólicos.
5. Inicialización de datos en formas legibles para el operador (es decir, constantes decimales en vez de patrones binarios).
6. Comentarios en líneas respectivas separadas y comentarios anexos a cada instrucción.

Con un lenguaje ensamblador se puede tener acceso a todos los recursos e instrucciones de la máquina a la que se aplica, pero no siempre con un lenguaje de alto nivel, es decir, todo lo que puede hacerse en lenguaje máquina puede hacerse también en ensamblador, pero muchas instrucciones, registros, etc., no están disponibles para que el programador en lenguaje de alto nivel las use.

### 3. DESARROLLO

De acuerdo a un análisis realizado respecto a las características contenidas en los registradores electrónicos comerciales y a las problemáticas mencionadas anteriormente, se seleccionaron aquellas que serían de mayor utilidad para el funcionamiento del registrador, así como los elementos que permitieran realizar estas acciones de una manera adecuada y sencilla. Por lo que a continuación se describen cada una de las características contenidas en este diseño, así como los dispositivos usados para lograrlo.

#### 3.1 INSTRUMENTACIÓN

##### TIPOS DE ENTRADAS

El registrador electrónico contiene tres tipos de entradas, de acuerdo a las características del microcontrolador seleccionado y un bus de expansión que va a permitir incrementar las características al registrador. En la siguiente figura se muestra la cantidad de entradas para cada tipo.

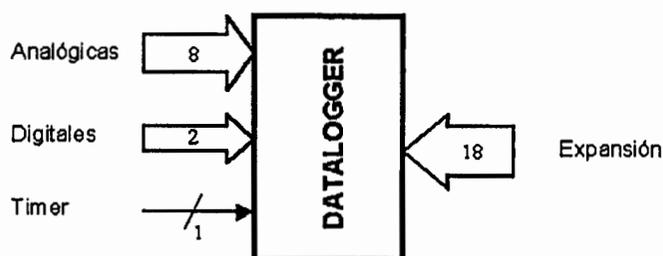


Fig. 2.14 Tipos de entradas del registrador electrónico

### Entradas Analógicas

El registrador contiene ocho canales analógicos de 0-5 Vcd, con una impedancia de 10 k $\Omega$ .

### Entradas digitales

Contiene 2 canales digitales con niveles TTL.

### Entradas tipo timer

Contiene una entrada tipo timer/contador de 8 bits, con escalar programable para especificar cada cuando se cuenta un pulso.

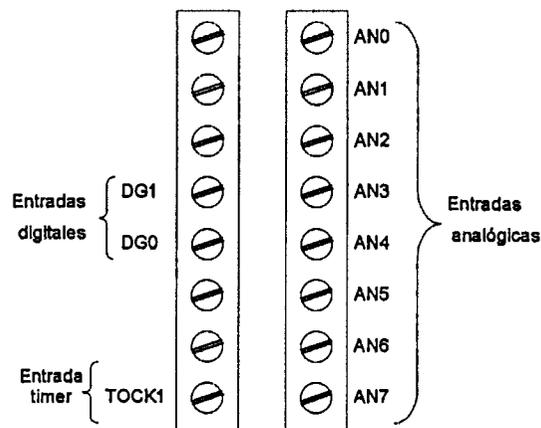


Fig. 2.15 Posición de las entradas dentro del conector

### BUS DE EXPANSIÓN

Con el fin incrementar alguna característica en el registrador, tal como la capacidad de almacenaje, este dispositivo cuenta con un bus de expansión, el cual contiene los 16 bits de dirección, 8 bits de datos, 3 líneas para activar los circuitos adicionales, 2 líneas para seleccionar entre lectura y escritura, alimentación y tierra.

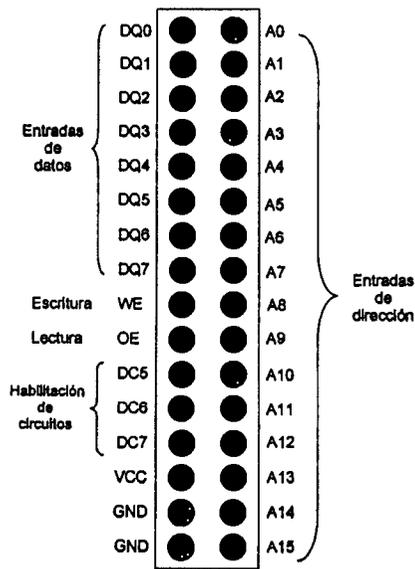


Fig. 2.16 Posición de entradas dentro del bus de expansión

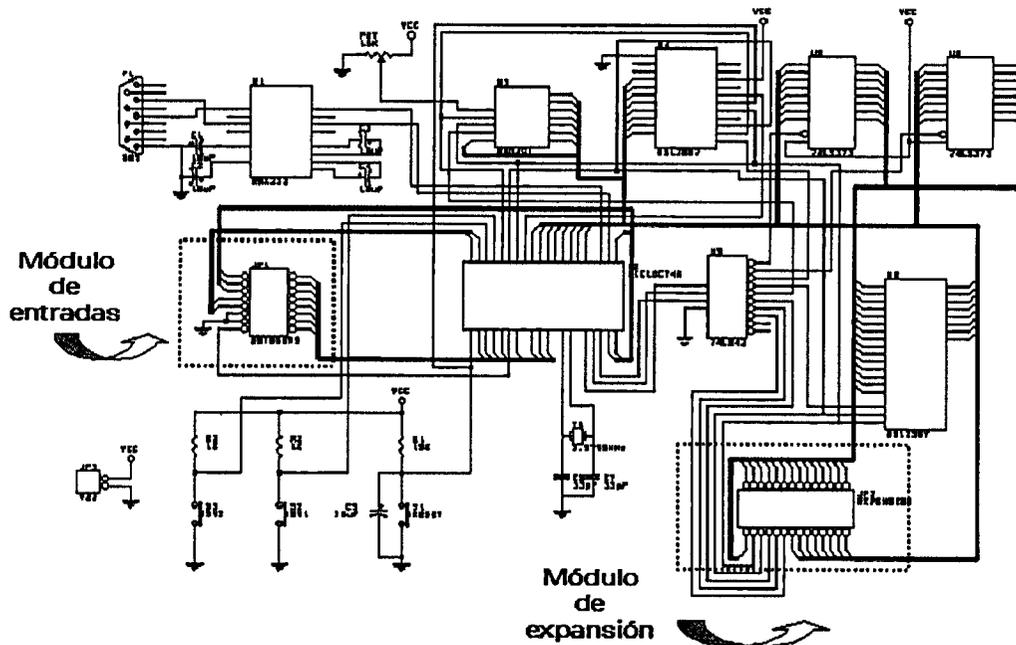


Fig. 2.17 Posición de los entradas dentro del diagrama esquemático\*

\* Para mayor detalle ver Anexo B3

## 3.2 ELECTRÓNICA

El primer paso para el desarrollo y diseño del registrador, fue definir la arquitectura, es decir, el conjunto de características y la organización de los elementos a poseer, buses de datos y direcciones, etc.

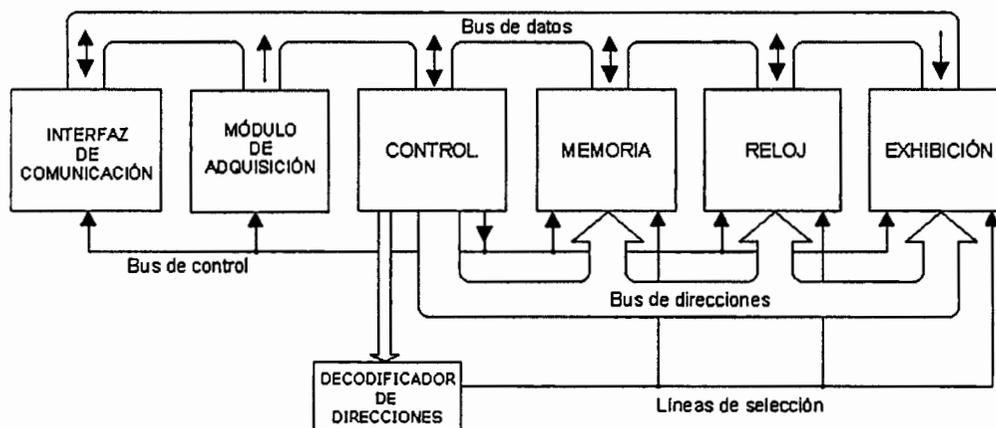


Fig. 2.18 Arquitectura del registrador electrónico

La arquitectura del registrador electrónico se muestra en la Fig. 2.18. En el centro de todas las operaciones está la unidad de control. Tiene las líneas de dirección que forman el bus de direcciones y las líneas de datos.

Contiene una memoria como dispositivo de almacenamiento temporal de lectura/escritura. Tiene entradas de dirección, línea de selección de dispositivo, habilitación de lectura/escritura y el bus de datos.

La arquitectura de la figura 2.18 muestra también un reloj de tiempo real que se encarga de controlar los períodos de muestreo en los cuales se va realizar la operación de adquisición a través del módulo correspondiente de entradas, tiene las líneas de dirección y de datos así como línea de selección y habilitación de lectura/escritura.

El registrador utiliza como salida tanto la interfaz de comunicación como el módulo de exhibición. La interfaz de comunicación es el medio por el cual se envían los datos almacenados en la memoria a un dispositivo externo, y por conducto del módulo de exhibición se muestran las acciones que realiza el registrador.

Para conectar o habilitar solamente el dispositivo ordenado, un decodificador de direcciones activa la línea adecuada para la selección de dispositivo, habilitando el elemento correcto.

En base a la arquitectura, se seleccionaron aquellos dispositivos que cumplieran con las características adecuadas y que realizaran de una manera eficaz su función correspondiente. La figura siguiente se muestra un diagrama completo del registrador electrónico con los dispositivos necesarios para su funcionamiento, así como la interconexión entre los mismos.

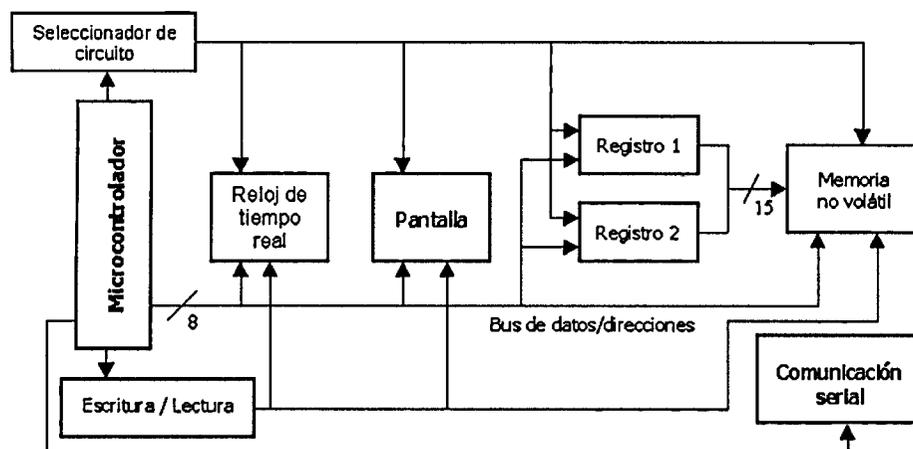


Fig. 2.19 Diagrama de bloques de los dispositivos que incluye el registrador electrónico

El registrador electrónico requiere de un dispositivo que permita manejar y controlar tanto el funcionamiento individual de cada elemento como el total del instrumento, por lo que se utiliza un microcontrolador que contenga las características adecuadas para llevar a cabo dichos objetivos, las cuales son:

- Microchip PIC16C74A
- 192 bytes de RAM
- 33 pines de entradas/salidas
- 3 módulos de timer/contadores
- 8 canales analógicos/digitales
- Comunicación serial
- Puerto de comunicación serial sincrónica
- Fuentes de interrupción externas.

Con el fin de poder tener un mejor aprovechamiento de los puertos del microcontrolador e incrementar las características del instrumento, se usa un decodificador 74LS42, el cual permite habilitar en nivel bajo hasta 8 dispositivos (10 líneas de salida) con únicamente cuatro líneas de entrada. Y de esta manera se habilitan cada uno de los elementos externos al microcontrolador.

## CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

Para el almacenamiento de la información captada de los sensores, se propone una memoria con las siguientes características:

- DALLAS SEMICONDUCTOR DS1225AB
- Retención de datos en ausencia de poder, no volátil.
- 64k bytes SRAM
- Ciclos de escritura ilimitados.
- Tiempos de escritura y lectura menores 70 ns.
- Encapsulado estándar de 28 pines.

Para poder direccionar la memoria en sus 13 bits, con únicamente un puerto de 8 bits, se incluyen dos registros 74LS374. Al enviar los primeros 8 bits (parte baja de la dirección) al primer registro y habilitarlo los mantiene en ese nivel hasta que se envían los siguientes 8 bits (parte alta de la dirección) al segundo registro y de esta manera se puede direccionar una memoria de mayor capacidad de 64k, que requiere de 16 bits. Este arreglo permite tener un ahorro de los puertos del microcontrolador.

La capacidad de almacenamiento de un registrador electrónico se mide en base a los tiempos de muestreo de los datos y a la capacidad de la memoria. Generalmente los registradores comerciales miden su capacidad en días. Para el caso de la memoria seleccionado que tiene la capacidad de almacenar 8192 palabras y tomando muestras cada hora, la capacidad de almacenamiento se obtendría de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Capacidad memoria}}{\text{Muestras por día} \times \text{Número de entradas}} = \text{Capacidad de almacenamiento (en días)}$$

$$\frac{8192}{24(10)} = 34.13 \text{ días}$$

Esto significa, que si se toman muestras cada hora en 10 entradas (8 analógicas y 2 digitales), se tendrá una capacidad de almacenamiento de datos por 1 mes aproximadamente, únicamente con la memoria base que se incluye en el registrador.

Con el bus de expansión se aumentaría la capacidad de almacenamiento a 2.3 años. Ya que de acuerdo al bus, 3 líneas de selección están disponibles para habilitar tres memorias adicionales con una capacidad de 64k, debido a que son 16 las líneas de dirección que se pueden ocupar para direccionarlas proporcionados

por ambos registros. De esta manera si agregan tres memorias de 64k a la memoria base de 8k, se tienen 200k, que equivale a 204,800 localidades, por lo que la capacidad de almacenamiento aumentaría a:

$$\frac{204800}{24(10)} = 853.33 \text{ días} \approx 2.3 \text{ años}$$

A continuación se muestra un pequeño mapa de memoria donde se muestra la forma en que se integran las memorias adicionales para incrementar la capacidad de almacenamiento.

0	Registro 0
1	Registro 1
2	RTC
3	LCD
4	Memoria 0 8k
5	Memoria 1 64k
6	Memoria 2 64k
7	Memoria 3 64k

Fig. 2.20 Mapa de memoria

## VARIACIÓN EN TIEMPOS DE MUESTREO

El registrador incluye un reloj de tiempo real con el fin de almacenar la información en forma histórica así como para el manejo de distintos períodos en los cuales que se van a tomar los datos. El reloj seleccionado cuenta con las siguientes características:

- DALLAS DS12887
- No volátil.
- Cuenta segundos, minutos, horas, días, de la semana, días, mes y años.
- Representación de la fecha y hora en Binario o BCD.
- Selección del reloj en modo de 12 hrs o 24 hrs.
- Opción a configurar automáticamente el horario de verano.
- Bus multiplexado.
- 128 bytes en RAM, 14 bytes para el reloj y registros de control y 114 bytes para propósito general.
- 3 tipos de interrupciones independientes; generación de alarmas una vez al día, cada hora, o cada segundo; generación de interrupciones entre 122 ms y 500 ms así como generación de interrupción al ocurrir un inicio o fin de un ciclo de actualización.

## EXHIBICIÓN

Con la finalidad de visualizar las operaciones que realiza el registrador, se cuenta con un lcd cuyas características son:

- SHARP LM16255
- 16 X 2 caracteres.
- Interface directa con microprocesador de 8 bits.
- Gran número de instrucciones para manejo de display.
- Display de datos RAM.
- Incorpora un generador de caracteres ROM.

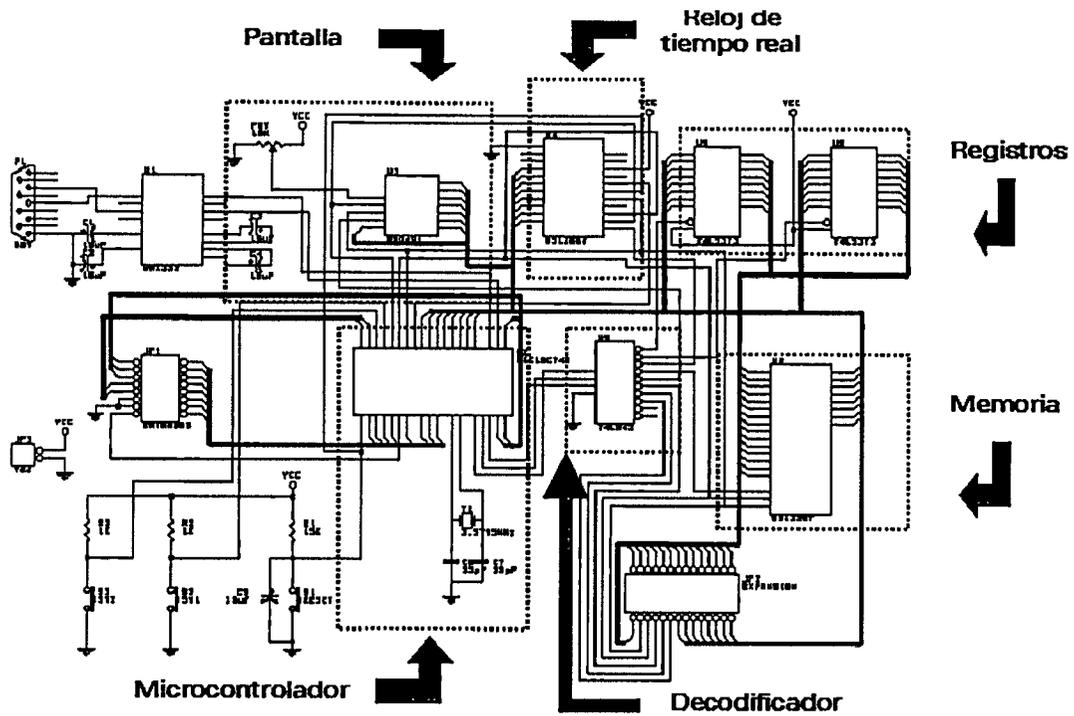


Fig. 2.21 Posición de los elementos del registrador en el diagrama esquemático\*

\* Para mayor detalle ver Anexo B3

### 3.3 IMPLEMENTACIÓN FÍSICA

Con el fin de tener mayor facilidad del manejo de los dispositivos y familiarizarse con el funcionamiento de cada uno de ellos de una manera más sencilla, se considera necesario realizar la implementación física del registrador electrónico en varias etapas, en las cuales se diseñó primeramente un esquemático del circuito a implementar que permita observar la interconexión entre los circuitos, para posteriormente y con ayuda de estos elaborar la tarjeta impresa y efectuar las pruebas correspondientes.

#### PRIMERA ETAPA

Se plantea como primera etapa de implementación física, la familiarización con el microcontrolador PIC16C74A y sus periféricos, principalmente aquellos que son de utilidad para el desarrollo del registrador electrónico, tales como puertos analógicos y digitales, convertidor analógico/digital, puerto serial y timers.

El esquemático de circuito (anexo B1) y la tarjeta impresa (ver anexo C1), de esta primera etapa, cuenta únicamente con los elementos necesarios para el funcionamiento del PIC16C74A y sus periféricos, los cuales son: el microcontrolador – PIC16C74 -, y su oscilador, en este caso un cristal de 3.5795 MHz con dos capacitores; un circuito de reset, que permite reinicializar los registros del microcontrolador, el cual consta de un botón, una resistencia y un capacitor; el circuito integrado MAX 232 y cuatro capacitores, que sirve como interface entre el microcontrolador, el conector DB9 para la comunicación serial, transmisión y recepción con dispositivos externos; y tres conectores que corresponden respectivamente a los puertos internos A, B y D del microcontrolador, los cuales se pueden configurar como entradas digitales o analógicas o salidas digitales. Estos

conectores cuentan con cinta plana y otro conector para montarse en una tarjeta prototipo para facilitar el uso de los puertos.

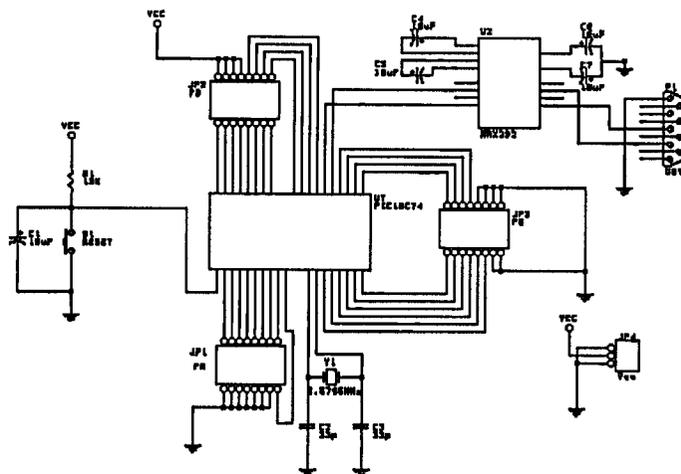


Fig. 2.22 Esquemático de la primera etapa de la implementación física\*

Esta primer tarjeta permite el manejo principalmente de los puertos analógicos y digitales, del convertidor analógico digital, los timers así como la realización de pruebas muy sencillas de comunicación serial que incluye el microcontrolador.

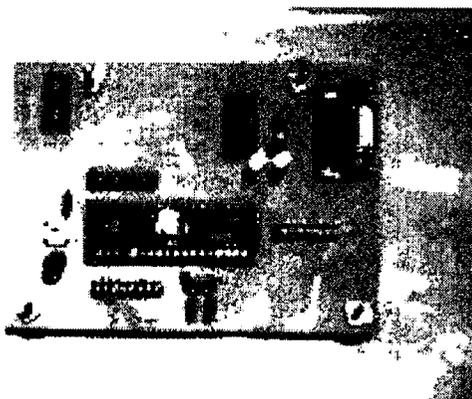


Fig. 2.23 Primera tarjeta de pruebas

\* Para mayor detalle ver Anexo B1

Algunos problemas de diseño que se presentaron durante esta etapa fueron: la mal ubicación de los conectores, pues no permiten el libre movimiento del microcontrolador (quitar o montar el circuito integrador PIC16C74 con facilidad), también se presentó el mismo problema para el circuito integrado MAX 232. En cuanto al diseño de las pistas sólo se presentó una falla, ya que las pistas de transmisión y recepción que unen al microcontrolador con el MAX 232 se colocaron en forma invertida, por lo que se tuvo que corregir. Todos estos problemas se tomaron en cuenta para los siguientes diseños.

## SEGUNDA ETAPA

Como segunda etapa de implementación física del registrador electrónica se considera que después de manipular casi totalmente el microcontrolador y sus periféricos es necesario familiarizarse con el uso y funcionamiento de los demás dispositivos que abarca el registrador, tales como, la memoria no volátil, el reloj de tiempo real y la pantalla.

Nuevamente y como en la etapa anterior, se elaboró tanto el diagrama esquemático como la tarjeta impresa, pero en esta ocasión incluyendo todos los dispositivos. Se realizaron tres diseños durante esta etapa ya que se tuvieron diversos problemas que se explicaran más adelante.

Estos tres circuitos básicamente contienen los mismos dispositivos, el microcontrolador PIC16C74A, encargado de coordinar el funcionamiento de los demás dispositivos, el circuito integrado MAX 232 para la comunicación serial, el conector DB9 que contiene las entradas seriales; el decodificador 74LS42 (seleccionador de circuito), que sirve para seleccionar los dispositivos y activarlos según la secuencia de funcionamiento; dos flip-flops 74LS374 (registros) para direccionar la memoria no volátil, ya que se requieren de 13 bits de dirección para

su funcionamiento y solo se cuenta con 8 bits por lo que se requiere enviar en dos partes la dirección, parte baja y alta; el reloj de tiempo real DS12887 para establecer las bases de tiempo, dos memorias DS1230Y para almacenar los datos que se obtienen de los sensores, un conector para la pantalla LM16255, para la exhibición de datos y varios conectores, los cuales incluyen el de alimentación y otro para el manejo de otros dispositivos, como el puerto de entradas analógicas.

El primer circuito diseñado durante esta etapa contiene dos memorias no volátiles y además cuenta con dos buses independientes, uno para direcciones y otro para datos. En la siguiente figura se muestra la distribución de los dispositivos en este primer diseño.

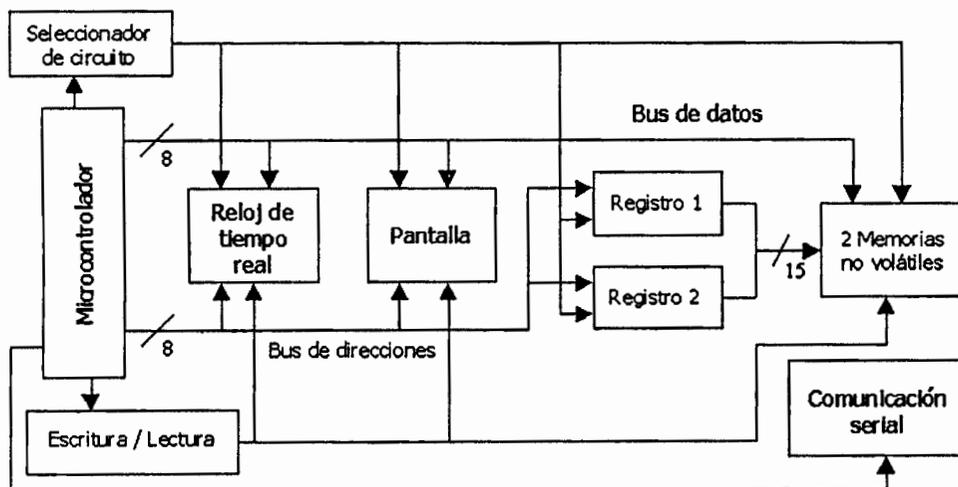


Fig. 2.24 Distribución de los dispositivos del registrador electrónico, primer diseño

Para la realización del esquemático se utilizaron las hojas de datos de los dispositivos que previamente se seleccionaron (ver anexo B), con el fin de definir la forma más apropiada de conectarlos así como la forma de manejar cada uno de los elementos con el microcontrolador. En este caso se estableció que la mejor forma de manejar los dispositivos es generando un bus de datos y otro de direcciones y por medio del decodificador se habilita cada uno de los dispositivos.

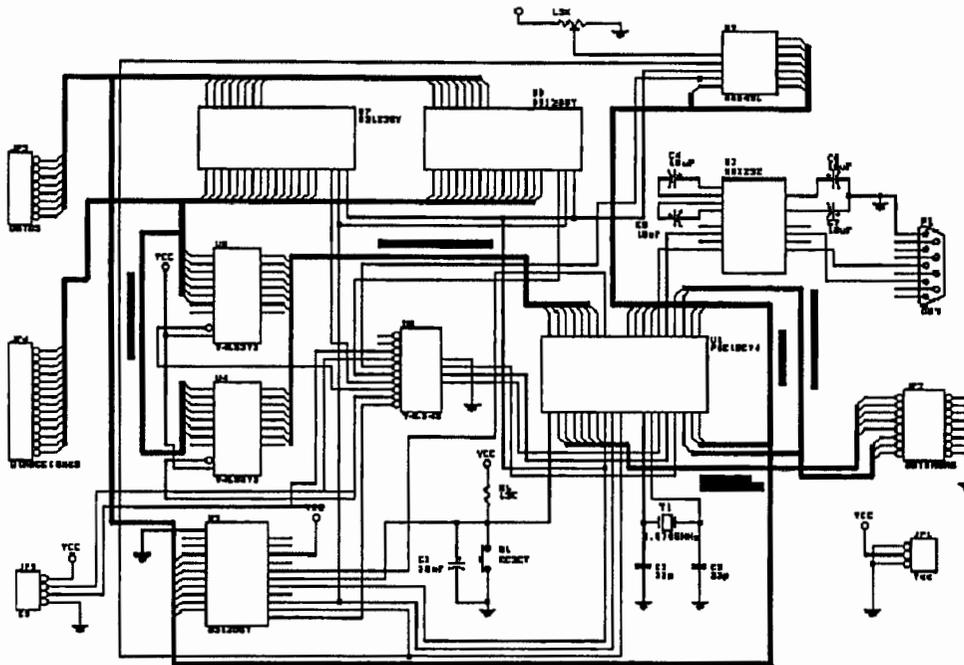


Fig. 2.25 Primer diseño de la segunda parte de implementación física\*

Un problema que se presentó durante este primer diseño del esquemático fue que el uso de dos puertos para datos y direcciones respectivamente eliminaba la posibilidad de manejar características que plantearon al inicio para el registrador, como son: comunicación síncrona, contadores externos y entradas digitales; también reducía el número de entradas analógicas.

Al finalizar el diseño de la tarjeta impresa, se observó que sus dimensiones eran excesivas, alrededor de 22 cm por 18 cm, lo cual resulta muy inconveniente ya que la cantidad de elementos que contiene la tarjeta no justifica tales dimensiones (ver anexo C2).

Esto problemas plantearon la necesidad de elaborar un segundo diseño que proporcionará dimensiones más apropiadas, así como el incremento de las características del registrador.

\* Para mayor detalle ver Anexo B2

En este nuevo diseño, se suprime una de las memorias, ya que se consideró la posibilidad de agregar conectores que permitieran expandir las características del registrador, entre ellas la capacidad de almacenamiento. También se plantea la necesidad de que el manejo de todos los dispositivos se realice de forma multiplexada, es decir, que uno de los puertos del microcontrolador se encargue de manejar los datos y las direcciones de la memoria, la pantalla y el reloj de tiempo real, para reducir el número de pistas que se utilizan en el diagrama anterior y por tanto reducir el tamaño de la tarjeta final.

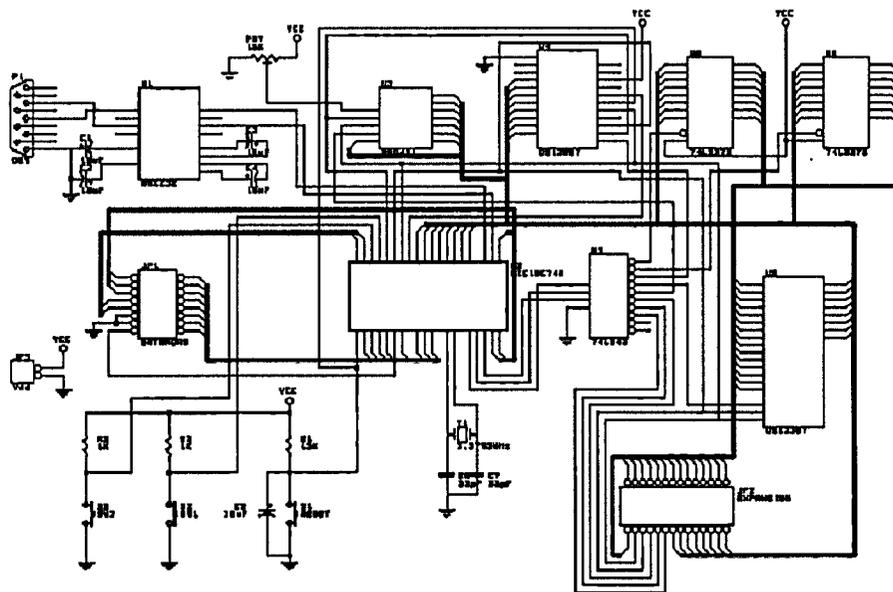


Fig. 2.26 Segundo diseño de la segunda etapa de implementación física\*

Este multiplexado de las direcciones y los datos también resuelve el otro problema que se presentó en el diseño de la segunda tarjeta, la eliminación de características del registrador (comunicación síncrona, contadores, entradas digitales, etc.), ya que el uso de un solo puerto del microcontrolador para el manejo de direcciones y datos libera un puerto, el cual se aprovecha para incrementar estas características al registrador electrónico diseñado.

\* Para mayor detalle ver Anexo B3

En la elaboración de esta nueva tarjeta impresa se tomaron en cuenta aspectos que se consideran podrían reducir aun más las dimensiones del circuito así como su mejor manejo: la colocación adecuada de los componentes que reduzca el número de pistas así como de terminales, la facilidad de quitar y poner los circuitos integrados y el uso de los push botton del reset y del teclado.



Fig. 2.27 Segunda tarjeta de pruebas

Durante la ejecución de las pruebas correspondientes de esta tercera tarjeta se encontraron varias fallas, tales como: falsos contactos, conexiones que no se realizaron entre dispositivos, se implementaron conectores cuyo tamaño no era estándar etc. Estas fallas no permitieron proseguir con las pruebas de todos los dispositivos, por lo que fue necesario diseñar una cuarta tarjeta en la que se corrigiera las fallas descritas anteriormente.

Esta cuarta tarjeta básicamente contiene el mismo diseño que la anterior, únicamente se realizaron las correcciones correspondientes, se realizaron las conexiones faltantes entre los dispositivos y se cambio a un tamaño estándar para los conectores. También se realizaron algunos otros cambios que faciliten la implementación de la tarjeta con el fin eliminar los problemas que se presentaron de falsos contactos, entre los cuales la corrección en el tamaño de las vías y pads de la tarjeta.

### 3.4 IMPLEMENTACIÓN FINAL

Nuevamente en esta tarjeta se tuvieron algunos problemas de diseño mínimos que se corrigieron en el transcurso de las pruebas y como se fueron presentando, entre ellos se encuentran, una mala conexión de los registros y del reloj de tiempo real. Una vez que se obtuvo el funcionamiento tanto individualmente de los dispositivos como global de la tarjeta y que se corrigieron todos los problemas, se diseñó y se implementó la tarjeta final.

Esta última tarjeta se montó sobre una caja metálica con las siguientes dimensiones: ancho  $\text{cm}^3$ . También se incluyó tanto la fuente de alimentación así como el módulo de entradas, que únicamente consiste en una serie de conectores y que permiten un mayor facilidad para el manejo de las mismas.

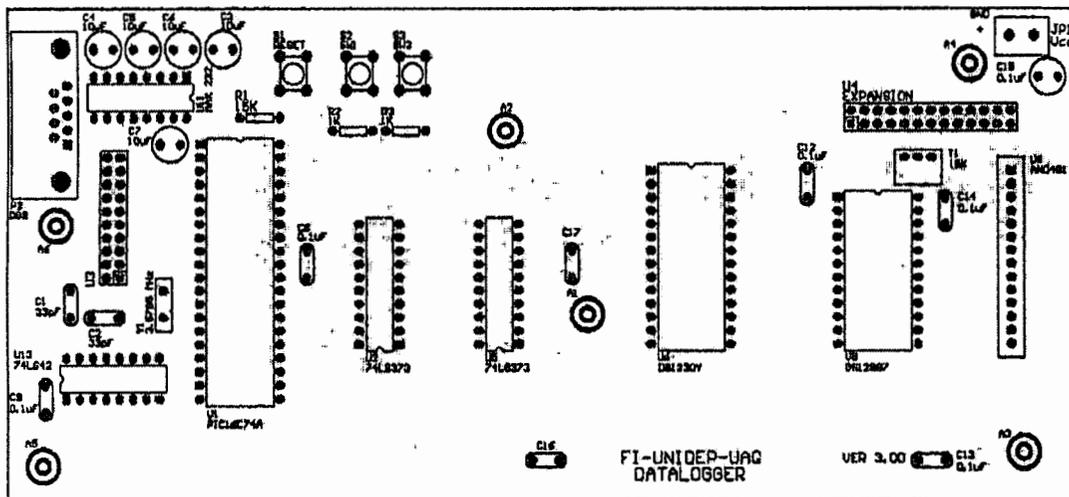


Fig. 2.28 Posición de los elementos del registrador en la tarjeta impresa

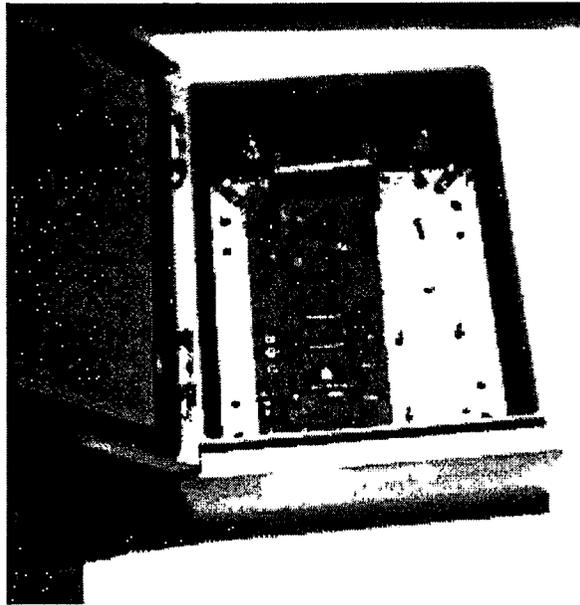


Fig. 2.29 Implementación final del registrador electrónico

## COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Los costos del material y del equipo utilizado para la implementación de la tarjeta final del registrador electrónico se muestran en la siguiente tabla, cabe mencionar que solo son válidos en el mes de Octubre de 2001, ya que en este tipo de dispositivos los precios generalmente varían mucho de un mes a otro por lo que para los siguientes meses estos pueden ser obsoletos. Otra observación con respecto a estos costos es que no incluye impuestos.

De acuerdo a esto, la fabricación de una sola tarjeta tendría un costo de \$1,580, únicamente considerando el material que incluye el registrador electrónico y sin iva.

CANTIDAD	DESCRIPCION	MODELO	COSTO	TOTAL
1	Microcontrolador	PIC16C74	\$150.00	\$150.00
1	Memoria no volátil	DS1225A	\$75.00	\$75.00
1	Reloj de tiempo real	DS12887A	\$150.00	\$150.00
1	Pantalla LCD	LM16255	\$100.00	\$100.00
1	Conv. RS232-TTL	MAX232	\$10.00	\$10.00
1	Decodificador	SN74LS42	\$10.00	\$10.00
2	Registros	SN74LS374	\$10.00	\$20.00
1	Conector	DB9	\$15.00	\$15.00
1	Push Button	SN	\$5.00	\$5.00
1	Cristal	4MHz	\$10.00	\$10.00
1	Capacitores	Varios	\$10.00	\$10.00
1	Preset	15K	\$15.00	\$15.00
1	Caja metálica	15x30x30	\$600.00	\$600.00
1	Tarjeta PCB	12x25	\$400.00	\$400.00
1	Resistencias	Varias	\$10.00	\$10.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$1530.00</b>

PARTE III  
PRUEBAS

## INTRODUCCIÓN

En esta parte se explica cada uno de los pasos que se realizaron para lograr tanto el diseño final de la tarjeta del registrador electrónico así como el programa de funcionamiento del mismo.

Se llevaron a cabo varias etapas de pruebas ya que se considero que era más sencillo ir implementando de manera independiente cada uno de los elementos principales que integra el registrador y posteriormente unir dichas partes y conformar el diseño final del instrumento. Definir primeramente el funcionamiento de cada una de estos dispositivos permitió comprender y analizar mejor el funcionamiento total del registrador electrónico.

Las pruebas se realizaron durante todo el diseño de la tarjeta, inicialmente fueron pruebas básicas que incluían algún periférico interno del microcontrolador (puertos analógicos y digitales, convertidores, comunicación serial, etc.), posteriormente se realizaron pruebas que incluían tanto al microcontrolador como algún otro dispositivo externo (pantalla, memoria, reloj de tiempo real, etc.), enseguida se hicieron pruebas del microcontrolador con dos o más dispositivos, hasta que finalmente se realizaron pruebas que incluían todos los dispositivos que integran el registrador. Es por esta razón que se consideró importante incluir una parte completa en la que se explicara brevemente cada una de estas pruebas que permitieron obtener el diseño final del registrador electrónico.

## METODOLOGÍA

Desde un inicio se plantean los dispositivos principales que incluye el registrador, y de esta manera se diseñan las tarjetas que permitieran realizar las pruebas.

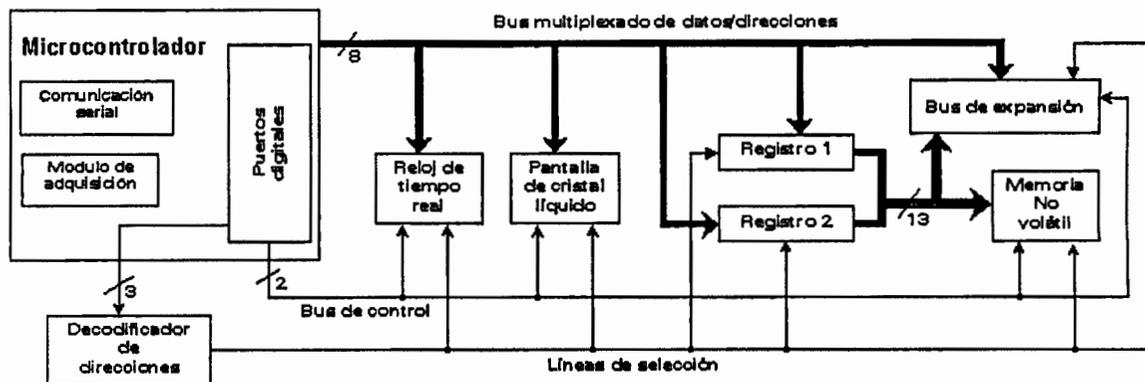


Fig. 3.1 Registrador electrónico

Para llevar a cabo las pruebas con los dispositivos principales que integra el registrador (fig. 3.1) se diseñan varias tarjetas con el fin de manejar cada uno de los elementos principales tal como se mencionó en la parte II.

El proceso de pruebas se realizó separando al sistema en una sección electrónica, programación, instrumentación, etc.

# 1. INSTRUMENTACIÓN

## 1.1 ENTRADAS

Las entradas del registrador que consisten en ocho analógicas, dos digitales y una de pulso, corresponden a los puertos del microcontrolador, tal como se mencionó anteriormente. Las pruebas correspondientes a cada tipo de entrada se llevan a cabo de manera independiente, es decir, primero se realizan las de las entradas digitales, posteriormente las analógicas y por último las entradas de pulso.

### *Entradas digitales*

La primera prueba con canales digitales consiste en configurar un puerto del microcontrolador como entrada y otro como salida, posteriormente al puerto de entrada se le aplica un dato digital, se lee esta información y se transfiere posteriormente (se escribe) al puerto de salida.

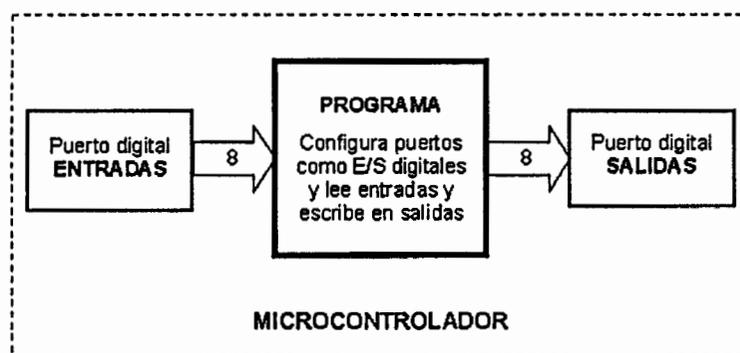


Fig. 3.2 Entradas y salidas digitales

En esta primera prueba se trabaja con la configuración tanto de entradas como de salidas digitales de los puertos del microcontrolador. Para configurar un puerto como entrada o salida digital se le debe asignar por software un código ya

definido al registro correspondiente de configuración de E/S de cada puerto (TRISA para el puerto A, TRISB para el puerto B, etc.), es decir, para configurar un puerto como entrada se escribe "FF" al registro respectivo, y para configurarlo como salida se asigna "00" (Ver anexo A1). Cada puerto tiene su propio registro de configuración E/S.

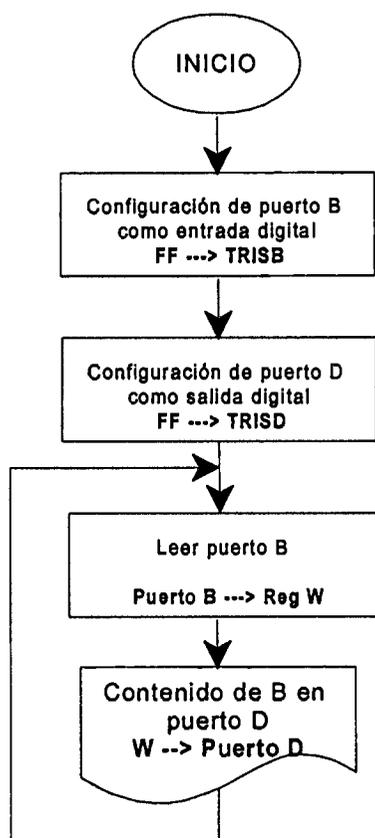


Diagrama 1 Configuración de entradas y salidas digitales

Con este programa se analiza el uso de los puertos E/S digitales así como los registros que involucra cada uno para definirlos como entradas o como salidas digitales (Ver anexo A1).

## Entradas analógicas

Para realizar las pruebas correspondientes a las entradas analógicas es necesario el uso del convertidor analógico digital que también conforma el microcontrolador PIC16C74A. Un convertidor A/D, al igual que los puertos digitales también requiere de ciertos registros de configuración para poder realizar un ciclo de conversión.

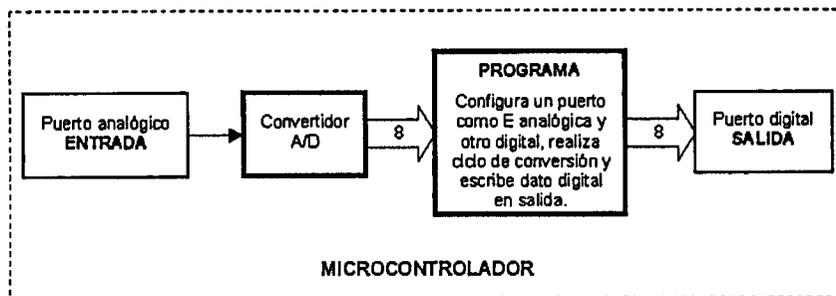


Fig. 3.3 Entradas analógicas

El programa para la prueba de las entradas analógicas, consiste en los siguientes pasos:

1. Configuración de los puertos que contempla este microcontrolador para entradas analógicas, es decir parte del puerto A y el puerto E.
2. Configuración de los registros que corresponden al convertidor para definir canal a convertir, iniciar conversión, checar fin de conversión, etc.
3. Aplicación de voltaje al canal seleccionado.
4. Inicio del ciclo de conversión.
5. Verificación de fin de conversión. Una vez finalizado dicho ciclo continuar a paso 6.
6. Enviar resultado a puerto previamente configurado como salida digital para comprobar que la conversión se efectuó correctamente.

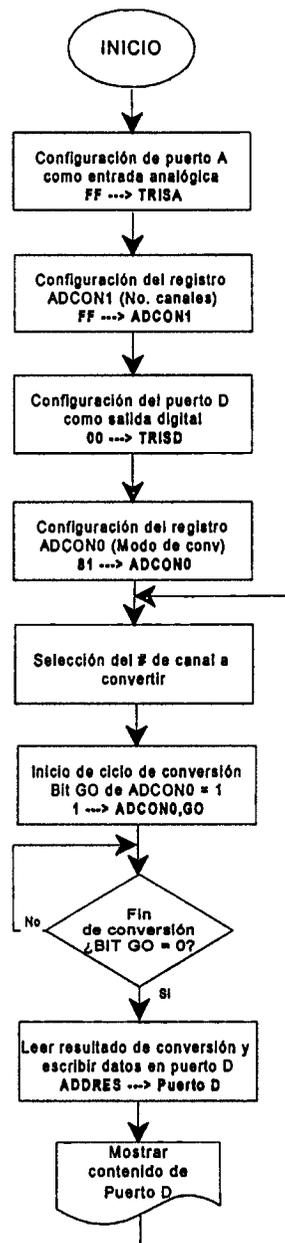


Diagrama 2 Configuración de convertidor A/D

En este programa se analiza el funcionamiento de los convertidores A/D, los registros que involucra este periférico como: los canales analógicos, el almacenamiento del dato convertido, fin de conversión, etc. También este programa permite configurar los pines del puerto A como entradas analógicas. En este

programa se verifica un bit para definir el final de la conversión (polling). (Ver anexo A2).

### **Entrada pulso**

En esta prueba se manejan las interrupciones para determinar que alguna acción en específica ha ocurrido. En este caso particular se usan las interrupciones para establecer que se ha efectuado un pulso (o cambio de información) en el canal 0 del puerto B del microcontrolador. Esta acción puede ser útil cuando se requiera contar cierto número de eventos y realizar alguna acción determinada. En este programa se cuenta el número de pulsos que se han efectuado y el resultado lo escribe en el puerto D.

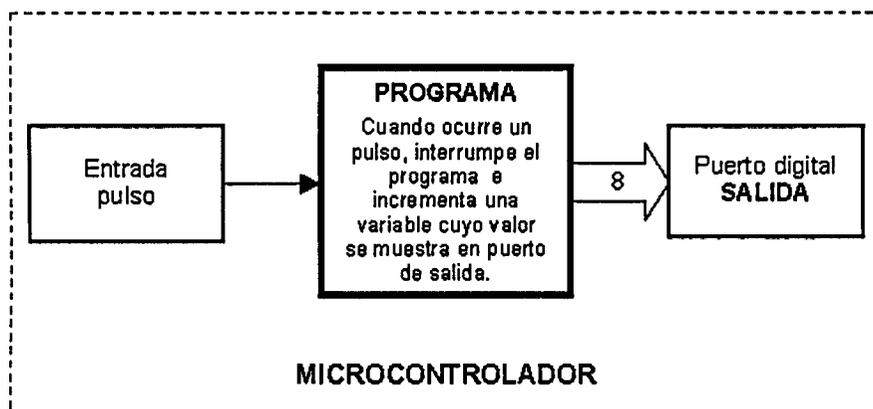


Fig. 3.4 Entradas de pulso

El microcontrolador maneja varios tipos de interrupciones y para habilitarlas se requieren de registros, los cuales se configuran según sea el caso. Para esta prueba en específico se configura el registro INTCON tanto para habilitar la interrupción externa como para limpiar la bandera de dicha interrupción.

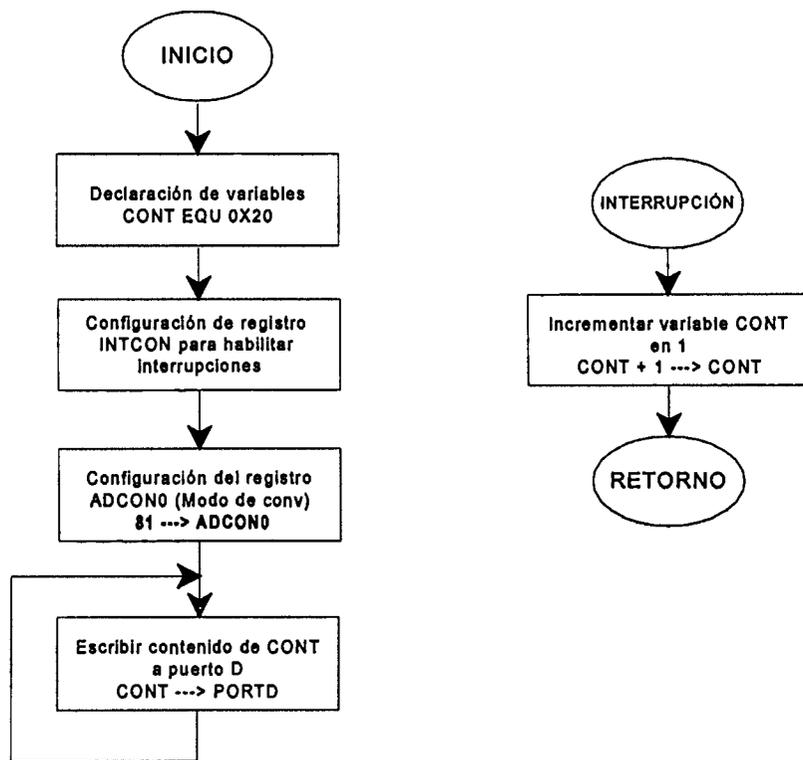


Diagrama 3 Configuración de entradas tipo pulso

Esta prueba de entrada pulso es útil para conocer el funcionamiento de las interrupciones ya que con ellas se puede “avisar” al microcontrolador que ha ocurrido una interrupción externa y que particularmente para el diseño del registrador permite interactuar al microcontrolador con los otros dispositivos externos, principalmente con el reloj de tiempo real (Ver anexo A3).

## 2. ELECTRÓNICA

### 2.1 CONVERSIÓN ANALÓGICA DIGITAL

Una segunda prueba con el convertidor analógico digital del microcontrolador consiste en utilizar las interrupciones para determinar el fin de conversión. En esta prueba las interrupciones son usadas para indicar que el ciclo de conversión de un dato analógico a uno digital ha finalizado. Como en la prueba anterior, se trabaja con los registros correspondientes a esta interrupción en específico así como con los convertidores.

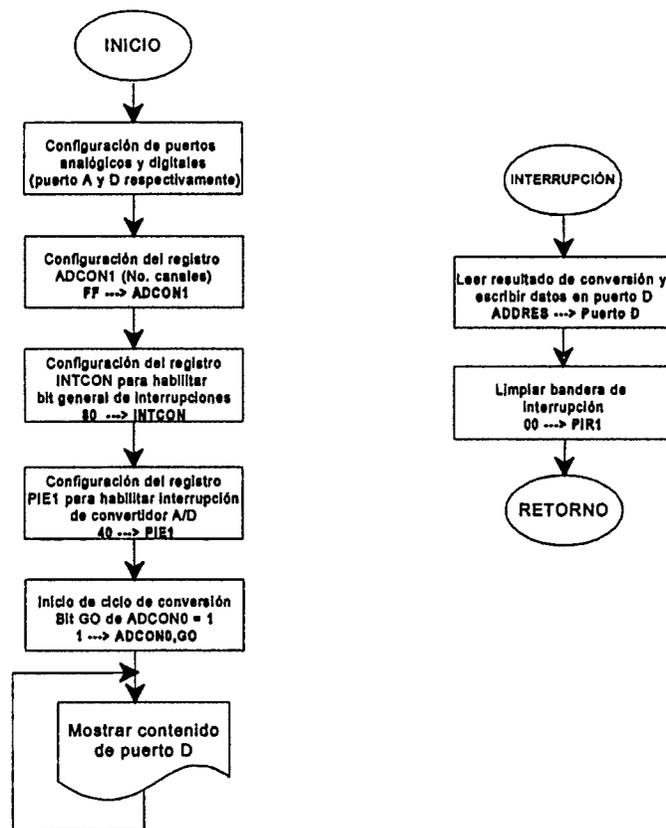


Diagrama 4 Conversión A/D mediante interrupciones

Este programa lee un dato analógico del canal 0 del puerto A, realiza la conversión y cuando finaliza dicha conversión ocurre una interrupción en el programa para leer el registro que contiene el resultado de la conversión y escribirlo finalmente en el puerto D. (Ver anexo A4)

El ciclo de conversión analógico digital en conjunto con las interrupciones permite realizar otras acciones mientras que transcurre este ciclo, debido a que se aprovecha el tiempo para ejecutar diversas tareas, tales como mostrar un dato en puerto, y que por polling se utilizaría para estar checando el bit que indica el fin de conversión.

## 2.2 EXHIBICIÓN

Para realizar las pruebas correspondientes con la pantalla de cristal líquido es necesario el uso del microcontrolador debido a que para inicializar la pantalla es necesario llevar a cabo una serie de secuencias con diversos registros de configuración en un período de tiempo establecido.

La pantalla cuenta con varios pines de entrada que sirven para configurarla, tales como E, RS, R/W y 8 bits de datos (DB0 a DB7). Según la entrada que se aplique a cada uno de estos pines se ejecutarán diversas instrucciones en la pantalla, por ejemplo si solo se encuentra en nivel alto el bit DB0, la función que se ejecutará es la de limpiar el área de la pantalla.

De esta manera se deben llevar a cabo diversas instrucciones tanto para configurarla como para comenzar a mostrar datos, las cuales se deben ejecutar en una determinada secuencia y tiempo, razón por la cual se utiliza el microcontrolador para interactuar de una manera más eficiente con la pantalla de cristal líquido.

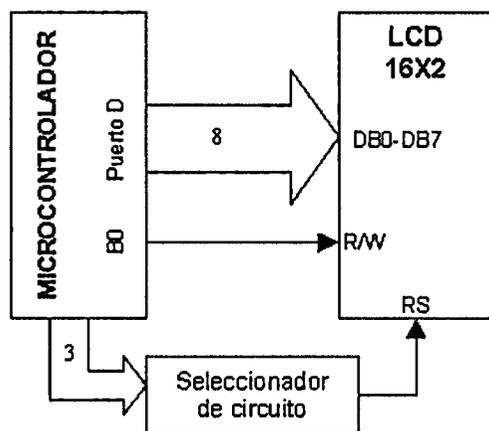


Fig. 3.5 Conexión entre microcontrolador y pantalla

Para verificar el funcionamiento de la pantalla se elabora un programa en el que se muestran diversos caracteres y enteros. Se utiliza una variable de control que según su valor, escribirá en la pantalla diversos datos ya sea, enteros largos (hasta 65535), enteros cortos (hasta 255) o caracteres (a,b,c..). También la variable de control sirve para indicar en que posición y línea de la pantalla se tiene que mostrar el dato previamente definido. Los enteros largos y cortos debe mostrarlos en valor decimal, y para ello realiza un programa que convierte un valor binario en su valor decimal correspondiente. De esta manera cualquier número (menor de 65535) o cadena de caracteres debe mostrarse en la pantalla. (Ver anexo A5)

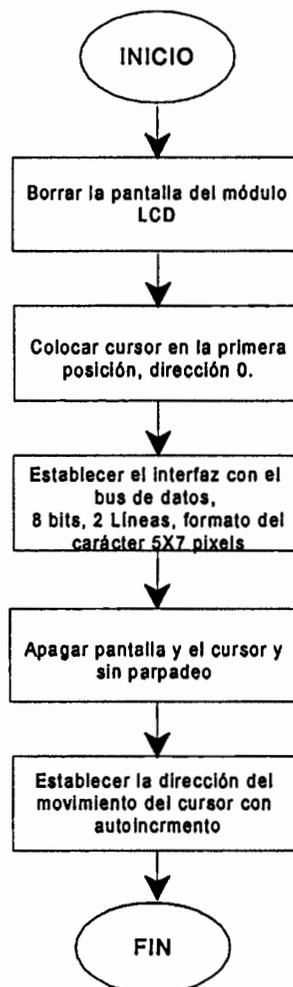


Diagrama 5 Inicialización de LCD

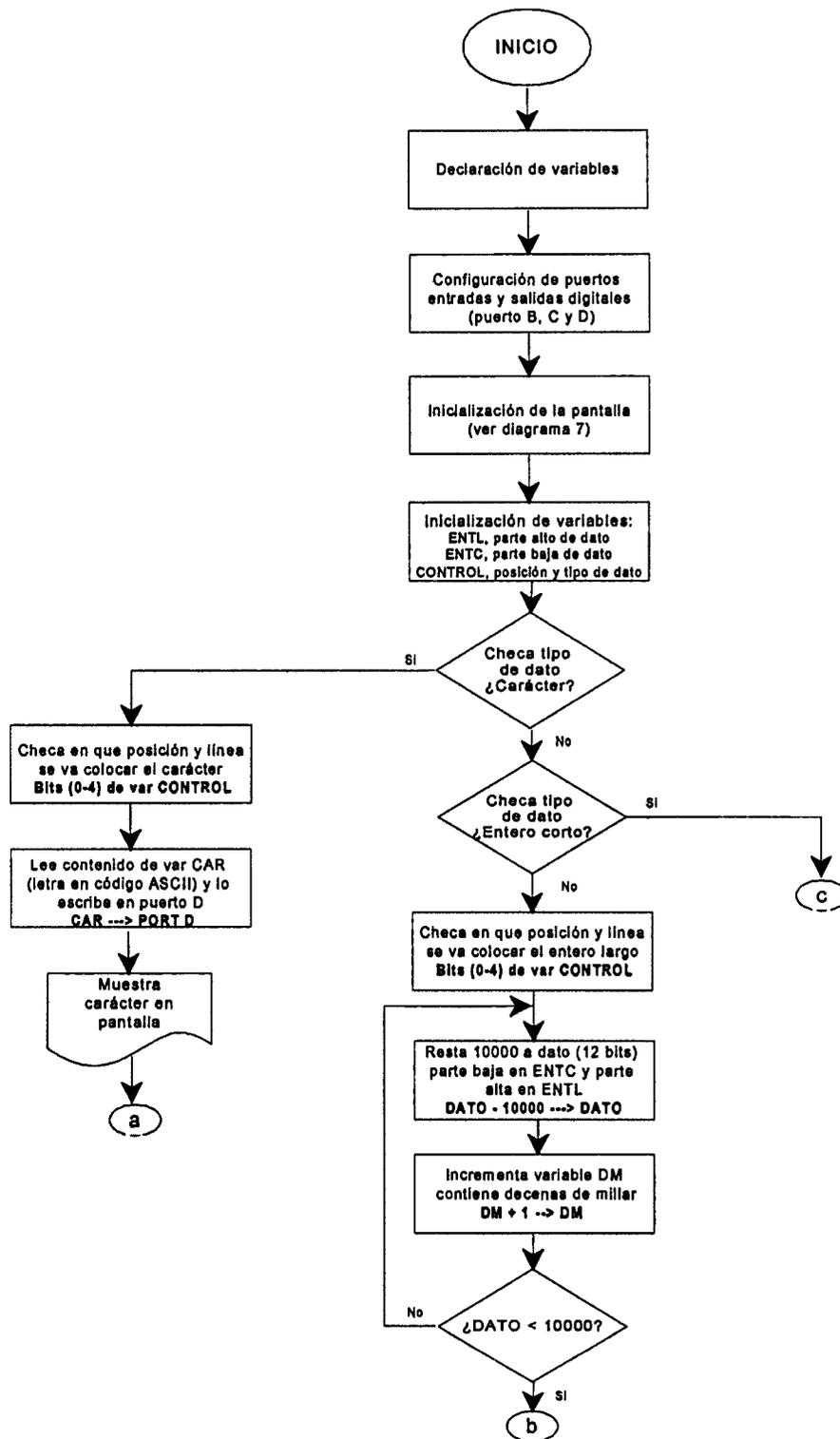


Diagrama 6 Parte 1, Configuración de LCD

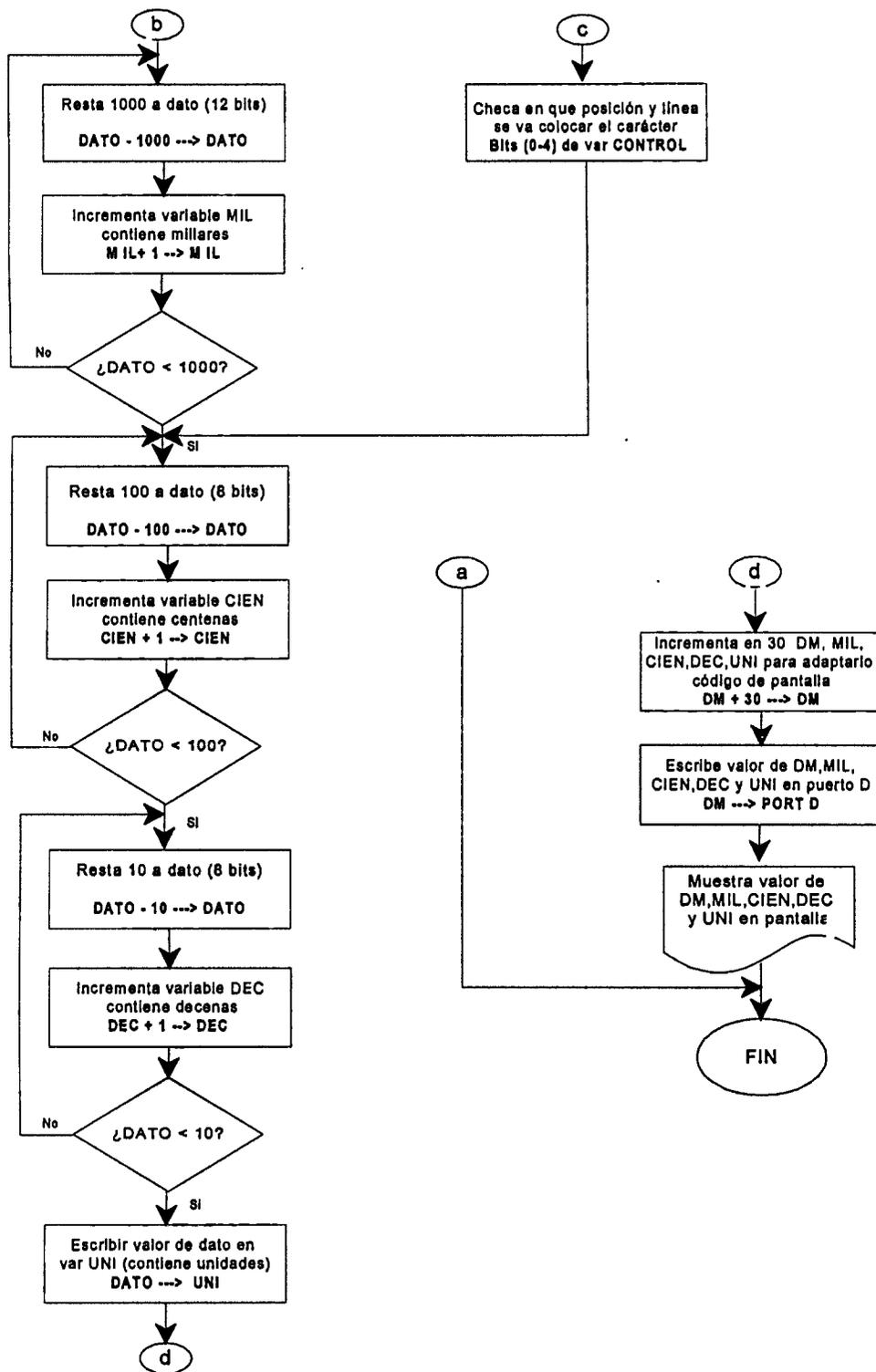


Diagrama 7 Parte 2, Configuración de LCD

## 2.3 TIEMPO

El reloj de tiempo real requiere tanto del microcontrolador como de la pantalla para poder realizar las pruebas correspondientes a este dispositivo. El programa consiste en escribir la hora y la fecha al reloj de tiempo real y por medio de la pantalla comprobar que efectivamente se actualiza el reloj.

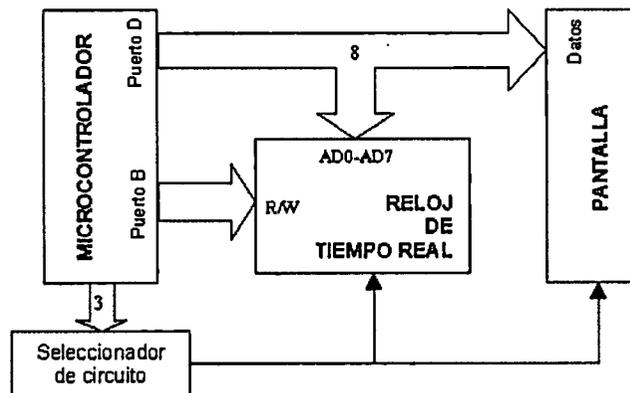


Fig. 3.6 Conexión de Reloj de tiempo real

El reloj contiene varios registros que se deben de configurar para que trabaje en forma adecuada, incluye 7 registros para establecer la fecha (año, mes, día del mes y día de la semana) y la hora (hora, segundos y minutos), también contiene otros registros que permiten configurar funciones adicionales al reloj tales como: el modo en que se va a acceder la información al reloj (formato binario o BCD), establecer un horario de verano o configurar diversas alarmas e interrupciones al ocurrir un período de tiempo establecido, entre otras.

Para realizar esta prueba con el reloj de tiempo real es necesario utilizar una variable que según su valor se ejecutan diversas funciones tales como, poner o leer la hora y la fecha al reloj, habilitar alarmas cada hora, minuto o cada segundo, etc. Primero se lee dicha variable para que en base a su valor se ejecuten las acciones correspondientes. En el caso de poner la hora al reloj se debe inicializar los valores

de segundos, minutos y hora y accesar la información en su respectiva dirección y para mostrarlo en la pantalla se deben configurar primeramente la variable de control para indicarle en que posición colocará la información. (Ver anexo A6)

## NOTAS

1. Para configurar una alarma cada minuto en el reloj de tiempo real se utilizan los mismos pasos descritos en el diagrama 7, la única dirección que sufre modificación es la de las horas que se debe escribir una valor menor de C0 (en hexadecimal), por ejemplo: **00 → Dir Alarm hrs (5)**
2. Para configurar una alarma cada hora en el reloj de tiempo real se utilizan casi los mismos pasos descritos en el diagrama 7, las únicas direcciones que sufren modificación es la de los minutos y los segundos, en los cuales se debe escribir una valor menor de C0 (en hexadecimal), por ejemplo: **00 → Dir Alarm seg (1), 00 → Dir Alarm min (3)**
3. Para leer y mostrar en pantalla cualquier byte de fecha (día, mes, año) y de tiempo (horas, minutos, segundos) contenidos en el reloj de tiempo real se utilizan los mismos pasos descritos en el diagrama 9, lo único que se modifica es la dirección que se quiera leer y la posición en la que se desea mostrar en la pantalla.

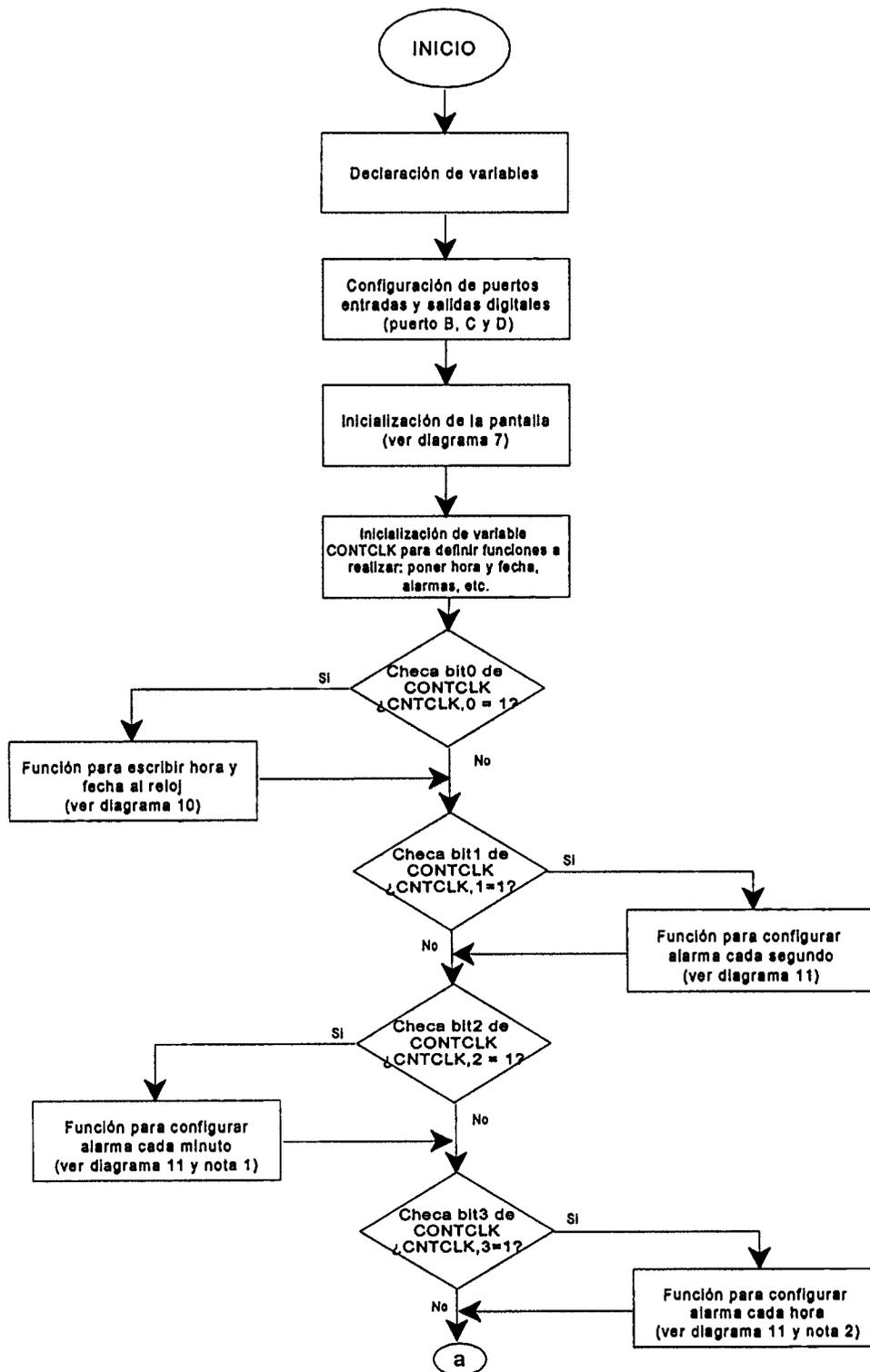


Diagrama 8 Parte 1, Configuración de reloj de tiempo real (RTC)

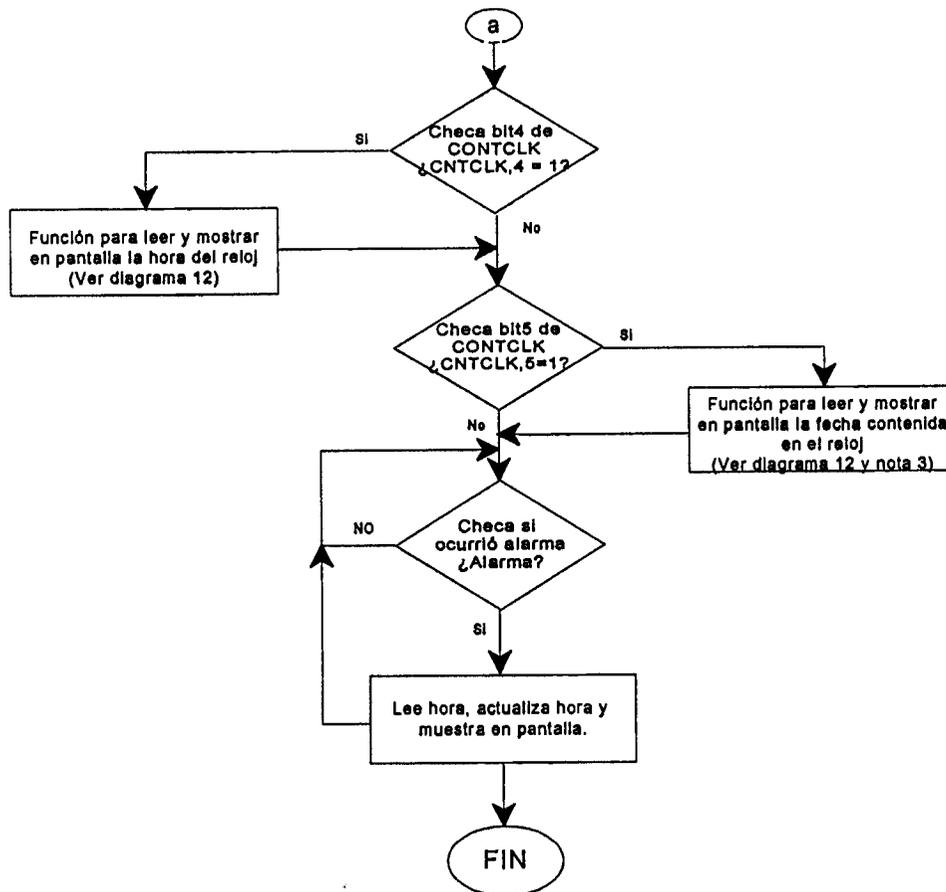


Diagrama 9 Parte 2, Configuración de Reloj de tiempo real

Este programa se divide en varias funciones para mayor facilidad así como para evitar repetir rutinas que son muy utilizadas. por ejemplo para leer o para escribir en una dirección de horas, segundos y minutos.

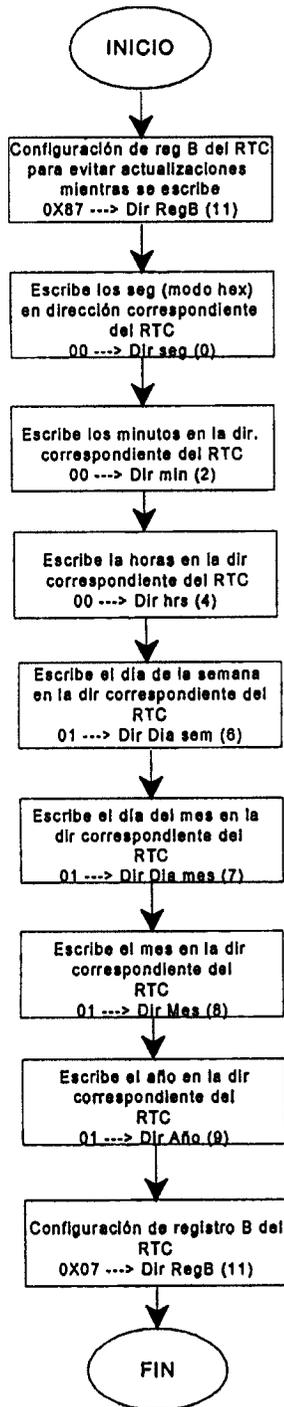


Diagrama 10 Función para escribir hora y fecha a RTC

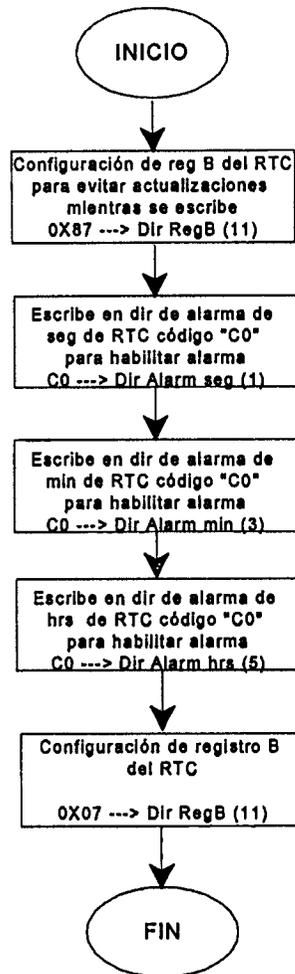


Diagrama 11 Función para configurar alarmas a RTC

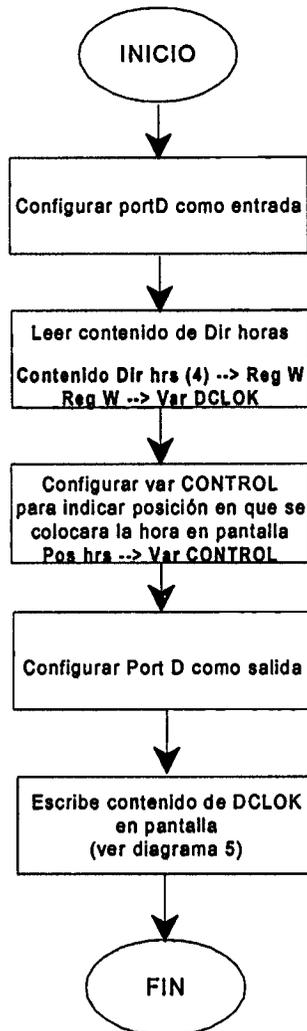


Diagrama 12 Función para leer y mostrar en pantalla

Con este programa se analiza el funcionamiento del reloj de tiempo real. Es importante el manejo de los registros de configuración, alarmas, mapa de direcciones así como los períodos de tiempo para la habilitación del reloj, de los modos escritura o lectura, y de las entradas de habilitación de dato o dirección. La pantalla es importante durante la realización de esta prueba ya que mostrando los datos en la misma es más sencillo trabajar con el reloj de tiempo real.

## 2.4 ALMACENAMIENTO

Para realizar las pruebas de almacenamiento en la memoria no volátil se utiliza el microcontrolador y dos registros para direccionar los trece bits con un solo puerto de 8 bits.

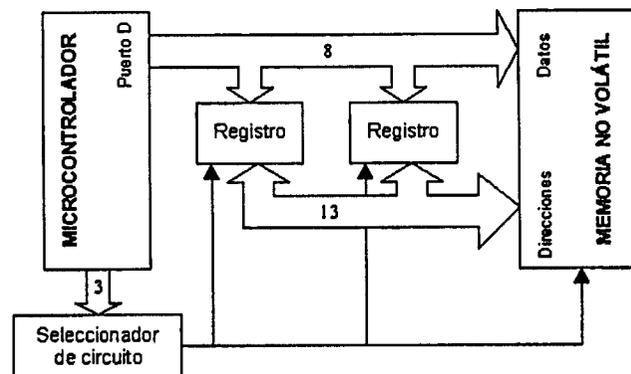


Fig. 3.7 Conexión entre microcontrolador y memoria no volátil

El programa de la memoria consiste en almacenar un dato conocido en cada una de las localidades, posteriormente se lee y compara si el dato que se escribe es el mismo que se lee y de esta manera comprobar que no exista algún error en ciclo de lectura y escritura.

Para direccionar la memoria a cada una de sus localidades con un solo puerto de 8 bits se usan dos registros, con los cuales, primero se envía la parte baja de la dirección (bits A0 a A7) a uno de los registros para que permanezca esta información en la entrada de la memoria hasta que se envíe posteriormente la parte alta (bits A8 a A12) al segundo registro. Una vez que los trece bits se transfieren, se habilita la memoria para escribir o leer en la localidad seleccionada. Se trabajan con los diversos pines de entrada de la memoria para la habilitación de los modos escritura y lectura así como para establecer si el dato que se manda es una dirección o dato ya que como se muestra en la figura anterior se maneja un bus multiplexado.

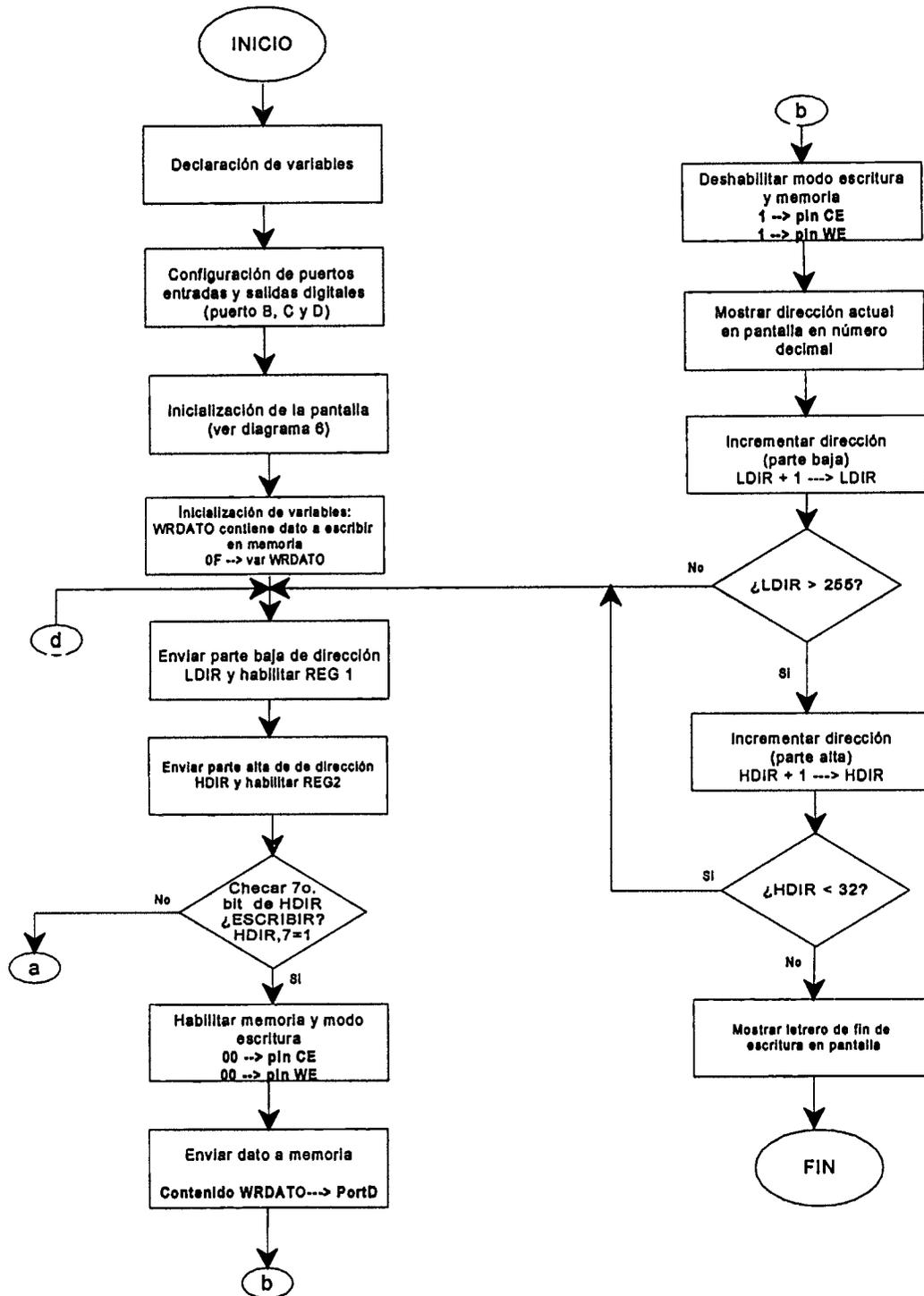


Diagrama 13 Parte 1, Lectura y escritura de memoria

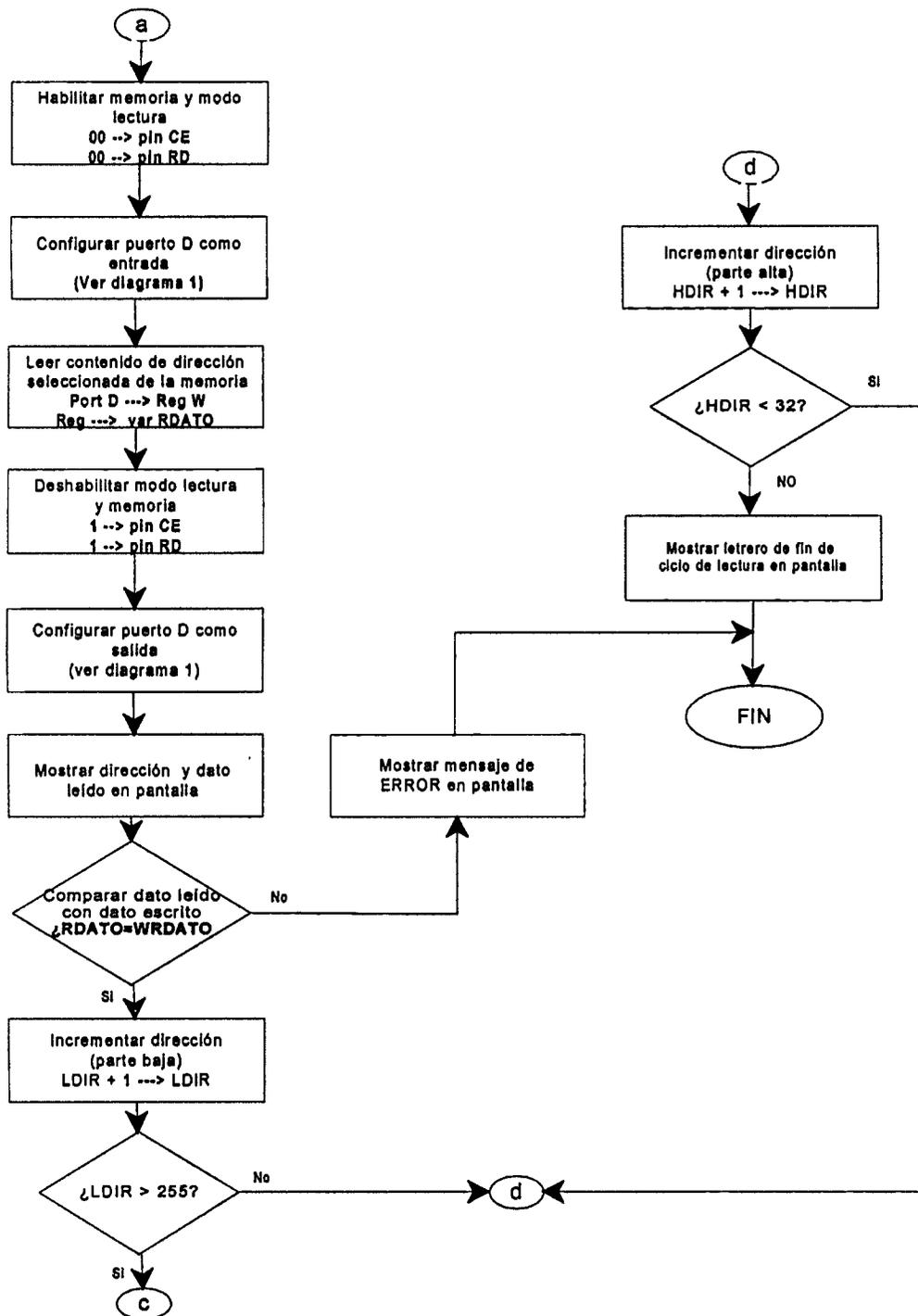


Diagrama 14 Parte 2, Lectura y escritura de memoria

Para la realización de esta prueba (ver anexo A7) es importante el uso de la pantalla ya que con ella se observa el comportamiento de la memoria, es decir, se comprueba si se realizan correctamente los ciclos de lectura y escritura. Los tiempos de habilitación de los pines de entrada (escritura, lectura, y habilitación de memoria) también son de importancia ya que estos se deben habilitar después de haber seleccionado la dirección con la cual se va a trabajar.

## 2.5 COMUNICACIÓN SERIAL

Para realizar las pruebas correspondientes a la comunicación serial, fue necesario el uso del microcontrolador y del circuito integrado MAX232, el cual sirve como interfaz entre el microcontrolador y el conector DB9 del puerto serial.

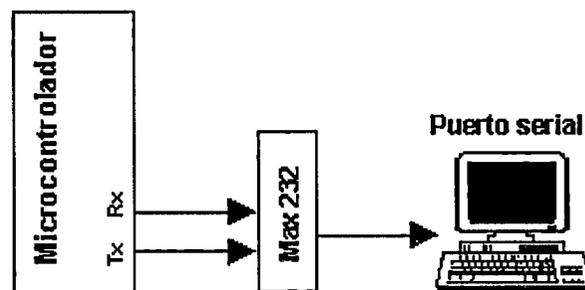


Fig. 3.8 Conexión entre microcontrolador y el puerto serial de la PC

En esta prueba primero se plantearon las tareas que se deseaban ejecutar por medio de la comunicación serial y se definieron las siguientes funciones:

1. *Leer el reloj.* Esta opción tiene por objetivo leer los registros correspondientes a día, mes, año, hora, minuto y segundos del reloj de tiempo real y enviar su respectivo valor por el puerto RS-232 al momento de ejecutar esta función.
2. *Poner el reloj.* En esta función se programa el reloj del tiempo real con la fecha y la hora deseada, enviando por medio del puerto serial el valor de cada uno de los registros correspondientes.
3. *Captura.* En esta opción se inicia o no un ciclo de adquisición y almacenamiento de datos, es decir, por medio de la comunicación se va a enviar un código para indicar que se va a iniciar un ciclo de captura.
4. *Alarma.* Esta función tiene como finalidad programar la alarma deseada en la cual se desea adquirir cada dato, es decir, se selecciona el tiempo de muestreo, ya sea cada hora, cada minuto o cada segundo.

5. *Vaciar*. En esta opción se va a indicar al microcontrolador que realice un acción de vaciado, es decir, debe enviar la información almacenada en la memoria hacia la computadora por medio del puerto serial.

Posteriormente, se establecieron los pasos a seguir al momento de recibir información externa hacia el registrador, los cuales son:

1. *Verificar ID*. Inicialmente debe checar el código de identificación, ID, para verificar que es el registrador electrónico el dispositivo con el que se desean comunicar.
2. *Verificar el Número de función*. Una vez confirmado el ID del registrador, el dispositivo transmisor debe enviar un segundo byte indicando la función que debe realizar el registrador electrónico, por ejemplo si es 1, se debe ejecutar la tarea de leer reloj de tiempo real.
3. *Recepción de datos*. Posteriormente y de acuerdo a la función que se va a realizar el registrador recibirá la información necesaria para ejecutar la función. Por ejemplo en el caso de que se desee poner el reloj, el dispositivo debe enviar los datos de fecha y hora para cada uno de los registro.
4. *Verificar CHS*. Después de enviar los datos, es necesario verificar que se recibió correctamente la información, para ello se utiliza un checksum, el cual, contabiliza los datos que se reciben y al finalizar se compara este valor con el que envía el dispositivo transmisor, si ambos valores son iguales se procede a realizar la función correspondiente y en caso contrario se ignoran los datos recibidos.

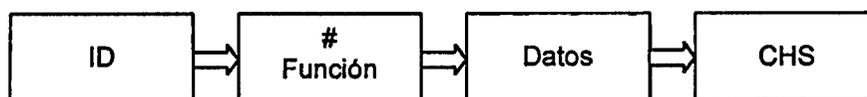


Fig. 3.9 Secuencia a seguir en la recepción de información

En este programa de prueba se utilizan varias variables que sirven para que el proceso de comunicación entre la computadora y el registrador se lleve a cabo adecuadamente. La variable *F* (función), tiene como finalidad identificar la tarea a ejecutar por el registrador, el objetivo de la variable *cont*, es contabilizar el número de datos a recibir de acuerdo a la función que se vaya a realizar, la variable *CHR* se encarga de ir sumando los valores recibidos para que una vez captada toda la información verificar que el proceso se ejecutó correctamente.

El programa consiste en primeramente verificar que el número de identificación es el que le corresponde al registrador electrónico, una vez que se haya comprobado que son iguales se procede a recibir el número de función. Enseguida se recibirán todos los datos necesarios para realizar la función indicada y se asignaran a su respectiva variable, al mismo tiempo que se actualizará el checksum. Finalmente, ya recibida toda la información, se verificara que los datos se hayan recibido correctamente, comparando que el checksum del registrador corresponda al que envía el transmisor, si esta condición se cumple se ejecuta la función y en caso contrario se ignora todos la información capturada.

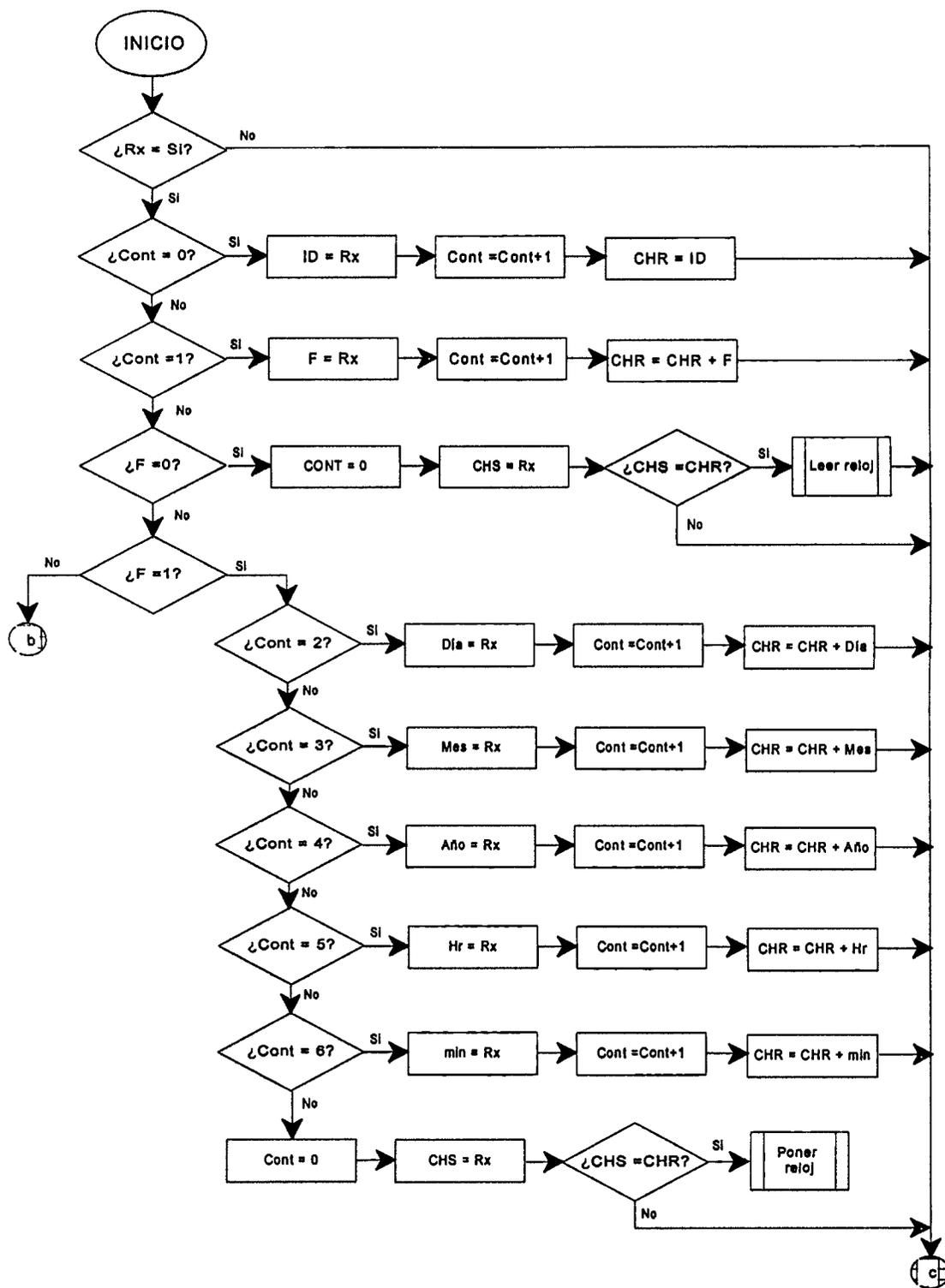


Diagrama 15 Parte 1, Comunicación serial, recepción

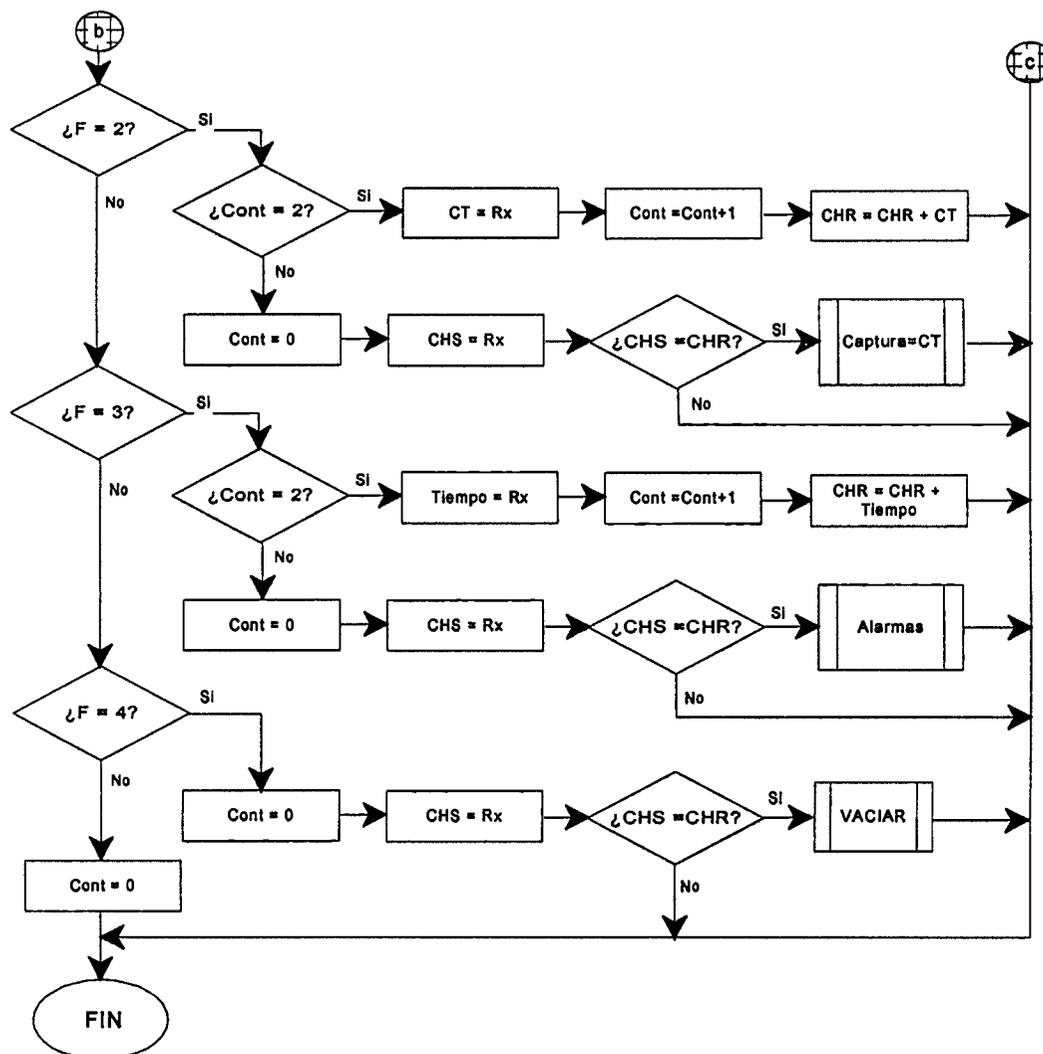


Diagrama 16 Parte 2, Comunicación serial, recepción

Las funciones de leer el reloj y de vaciar, requieren la transmisión de datos del registrador hacia la computadora. Para lo cual primeramente se envía el número de identificación, posteriormente la función a realizar y finalmente la información que se desea transferir.

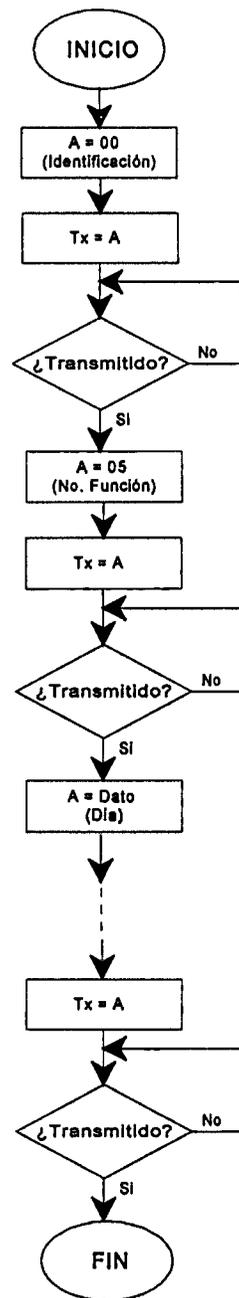


Diagrama 17 Transmisión de datos

### 3. SISTEMA COMPLETO

Una vez concluidas las pruebas correspondientes con cada uno de los dispositivos, se elaboró un programa que los incluyera a todos, con la finalidad de ejecutar una prueba global del registrador electrónico.

En esta prueba se utilizan las diversas variables y básicamente todas las secuencias de instrucciones que se siguieron para cada una de los programas realizados, se integraron todos los programas modificando únicamente aquellas partes que impedían interactuar el funcionamiento de algún dispositivo con otro (Anexo A8).

Para evitar que el programa se extendiera demasiado, se dividió en cinco partes, las cuales se anexan en el programa principal. Cada una de estas partes contiene funciones de algún dispositivo en específico, uno contiene funciones para inicializar la pantalla, el segundo básicamente contiene las secuencias que se encargan de convertir un dato binario y mostrarlo en la pantalla en forma decimal, el tercer y cuarto anexo contienen las funciones para la configuración del reloj de tiempo real y la memoria respectivamente y por último el quinto programa contiene la secuencia de inicio y final de conversión de un dato analógico a uno digital.

El programa para esta prueba, consiste de los siguientes pasos:

1. *Configuración.* Se incluye lo que es la declaración e Inicialización de las variables, configuración de los puertos, configuración de los canales de entrada, inicialización de la pantalla, configuración de variables de control del reloj de tiempo real y de la memoria.

2. *Verificación de Captura.* Se verifica si el registrador se encuentra en el modo de captura de datos, el cual previamente se indica por medio de la comunicación serial.
3. *Alarma.* En caso de estar en modo de captura, se checa si ha ocurrido alguna alarma en el reloj de tiempo real, según lo configurado.
4. *Adquisición.* Una vez ocurrida la alarma se procede a realizar la adquisición de datos en los canales configurados.
5. *Almacenamiento.* Después de realizar la conversión analógica digital de los datos recibidos se envía el resultado a la localidad correspondiente de la memoria.
6. *Vaciar.* En caso de que el registrador no se encuentre en el modo de captura se procede a verificar si se encuentra configurado para realizar una operación de vaciar memoria. Si esto es correcto, se realiza la función de transmisión en el caso contrario, se checa nuevamente el estado del registrador.
7. *Transmisión.* En esta operación se envían todos los datos almacenados en la memoria hacia la computadora, incrementando en cada transferencia una localidad. Se verifica si la localidad que se está leyendo es la última, en caso de ser correcto se termina el proceso de vaciado y se vuelve a verificar el modo del registrador, en el caso contrario se continúa con la transmisión de la información.

En la pantalla del registrador se muestra la hora, la fecha y la función que está ejecutando. Cada función se encarga de enviarle a la pantalla los datos correspondientes según sea el caso, por ejemplo el reloj de tiempo real, envía los datos del tiempo y la hora, la memoria la localidad que está leyendo o escribiendo, y de esta manera se muestran las tareas realizadas por el registrador electrónico.

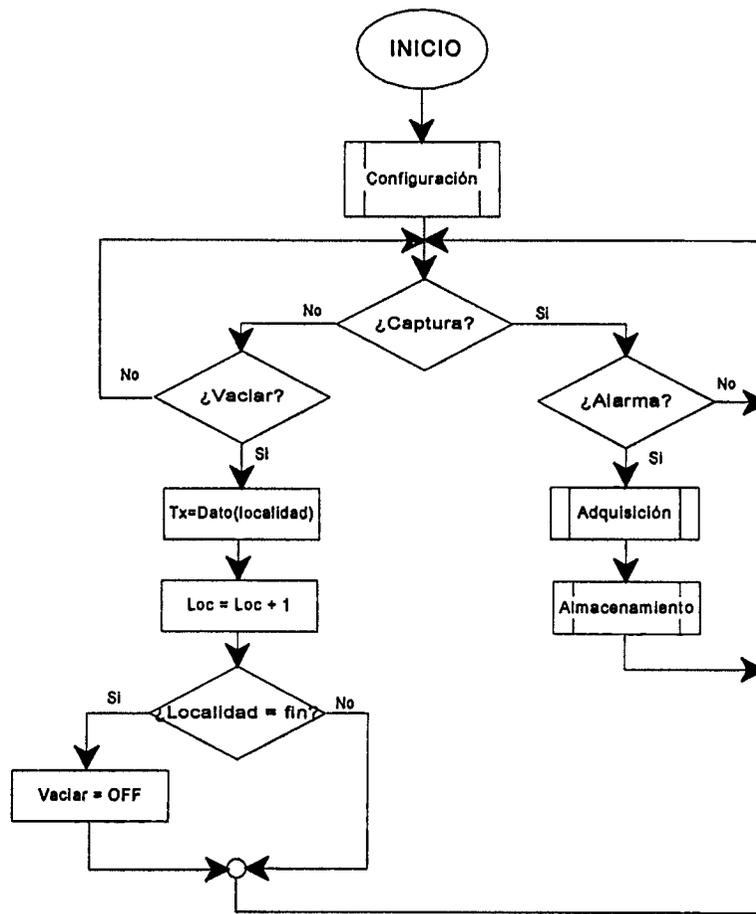


Diagrama 18 Prueba global del registrador electrónico

PARTE IV  
RESULTADOS Y  
TRABAJO FUTURO

## 1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Entradas analógicas

Las pruebas correspondientes a entradas analógicas consiste en aplicar una señal analógica entre 0 y 5 V y verificar por medio de la pantalla que el dato digital correspondiera al voltaje aplicado. Por ejemplo se aplicó en el canal 0 una señal de 2.0 V y se obtuvo en la pantalla el dato binario 01100111 (que equivale a 67 en hex y a 103 en decimal). Como el convertidor es de 8 bits por lo tanto la relación de voltaje/bit, es  $5/255 \approx 0.0196$  V/bit, por lo que  $103 \times 0.0196 = 2.01$ , por lo que el resultado obtenido de la conversión es aceptable y con 1% de error.

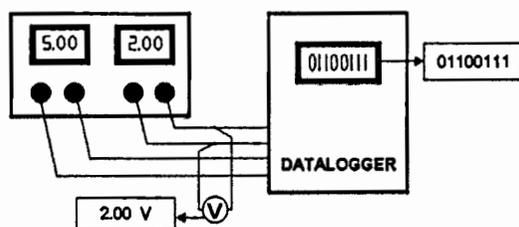


Fig. 4.1 Esquema de la prueba de entradas analógicas

### Tiempo

Para verificar que el reloj de tiempo real realiza en el tiempo programado una señal de alarma, se realizó una prueba que consiste en programar una alarma cada minuto y que al ocurrir actualizara el reloj y lo mostrara en la pantalla, básicamente se obtuvo el funcionamiento de un reloj digital convencional. También posteriormente se hizo el mismo procedimiento pero configurando alarmas cada segundo y cada hora, obteniéndose en ambos una actualización del reloj cada segundo y hora respectivamente.

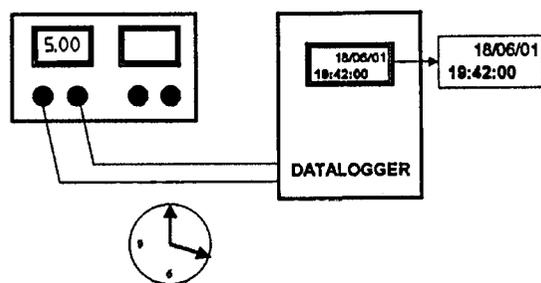


Fig. 4.2 Esquema de la prueba con RTC

### Almacenamiento

Para comprobar que se ejecutara correctamente los ciclos de lectura y escritura, se realizó una prueba, la cual consistió en almacenar en cada una de las localidades de la memoria un dato conocido y posteriormente se ejecutó un ciclo de lectura, en el cual, el dato leído de la localidad correspondiente se comparaba con el dato que previamente se había escrito, si los datos eran distintos se mostraba un mensaje de error en la pantalla y de lo contrario continuaba con la verificación del resto de las localidades. Finalmente todas las localidades fueron escritas y leídas correctamente.

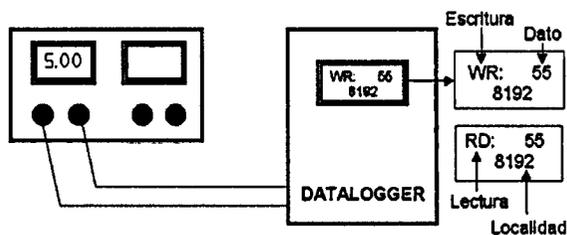


Fig. 4.3 Esquema de la prueba con la memoria

### Corrida completa

Una forma de verificar el funcionamiento global del dispositivo, consistió en que al ocurrir una señal de alarma dada por el RTC (configurado previamente para

que se ejecutara una alarma cada minuto) se leía el canal analógico y después de realizar la conversión correspondiente de este dato analógico a digital, se almacenaba en una localidad de la memoria. Para verificar el dato y la localidad en la cual se escribía se mostraba en el lcd. Posteriormente se llevo a cabo un ciclo de lectura en las localidades de memoria escritas y se comprobó que los datos correspondieran a los que se leyeron.

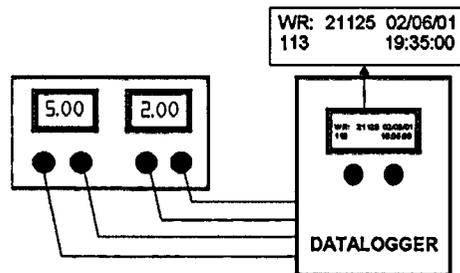


Fig. 4.4 Esquema de conexión completa del registrador

## 2. CONCLUSIONES

El registrador electrónico desarrollado en este trabajo es un instrumento con las siguientes características: contiene 8 entradas de tipo analógico (rango de 0-5 Vcd) y 2 digitales, las cuales se pueden monitorear en tres distintos períodos de tiempo, cada hora, cada minuto y cada segundo. La información captada se guarda en una memoria no volátil cuya capacidad de almacenamiento es de 8192 lecturas, incluye un bus de expansión que permite incrementar esta capacidad hasta 204,800 lecturas. Los datos son transmitidos a una PC por medio del protocolo RS 232 y dispone de un display de 2 líneas por 16 caracteres en el cual se muestra el estado de funcionamiento del registrador.

Con respecto a la operación del instrumento y de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas descritas en el punto anterior, el funcionamiento fue correcto en cada una de las etapas realizadas, así como en forma global del registrador electrónico.

Otro aspecto importante a considerar es el costo del registrador electrónico, el cual tiene un precio de \$1,580.00 tomando en cuenta únicamente el costo del material utilizado y comparándolo con algunos comerciales que poseen características básicas y sencillas y que únicamente están disponibles para medir una sola variable, su precio mínimo es de \$99 dólares y no incluye el software para la descarga de los datos. Mencionando solo un ejemplo de este tipo de registrador puedo mencionar el modelo T-100-32 de la marca MicroDAQ.com, que es un registrador para medir temperatura con 8 bits de resolución, los tiempos de muestreo que maneja son de rangos de 1 vez por minuto a 1 vez por día, puede medir y registrar hasta 32,766 lecturas de temperatura, el almacenamiento es no volátil, la interface a la PC es por el protocolo RS232, no incluye el software ni el cable para la interface cuyo costo es de \$59 dólares.

Considerando estos costos, si el registrador electrónico se produjera en serie, su precio disminuiría y podría competir en costo y características con algunos comerciales, ya que cuenta con las características necesarias para adaptarse a cualquier tipo de cada aplicación.

Por lo que puedo concluir al finalizar este trabajo es que se cumplió con el objetivo, de desarrollar un registrador electrónico con las características que se plantearon y con las condiciones esenciales de adquirir, almacenar y transferir las señales de voltaje proporcionadas por diversos sensores, además de que es un diseño propio que se puede adaptar a las necesidades requeridas por proyectos desarrollados en la propia Facultad de Ingeniería.

### 3. TRABAJO FUTURO

Durante las etapas de diseño y pruebas del registrador electrónico surgieron nuevas ideas que fue imposible profundizar en ellas pero que permitirán tanto incrementar las características del instrumento así como facilitar el manejo del mismo. A continuación se describen

1. **Funciones del teclado.** Se incluyeron dos teclas que en este trabajo únicamente cumplen con funciones mínimas, por lo que se propone aprovecharlas y ampliar su utilidad, por ejemplo para configurar el reloj de tiempo real, es decir, para colocar la fecha y hora al reloj así como para seleccionar el período de muestreo en el cual se tomaran los datos. También para seleccionar las entradas analógicas a utilizar.
2. **Muestreo rápido por interrupción.** En este trabajo se tiene la capacidad de seleccionar únicamente entre tres períodos de tiempo para el muestreo de las variables, es decir, cada segundo, cada minuto o cada hora, por lo que se sugiere utilizar la función de interrupciones del reloj de tiempo real para poder tomar muestras en períodos de tiempo menores a un segundo.
3. **Módulo de expansión.** No se diseñó una tarjeta de expansión durante el desarrollo de este trabajo, simplemente se incluyó un módulo que contuviera las señales necesarias para hacer posible incrementar las características del registrador, tal como un incremento en la capacidad de almacenamiento.
4. **Módulos de entrada.** Las señales de entrada analógica que acepta el registrador electrónico es dentro de un rango de 0-5 V y el cual es suficiente ya que cualquier tipo de sensor se puede adaptar a este tipo de rango, pero se propone y con el fin de facilitar al usuario el uso del instrumento, ampliar los

tipos de entradas para aceptar, por ejemplo una señal de 4-20 mA, entre otros. También se propone diseñar una interface para no limitar la transferencia de la información a únicamente por el protocolo RS232 sino también mediante el protocolo RS485.

5. **Interfaz en PC.** Se realizó una interfaz muy sencilla en la PC para la transferencia de la información, por lo que se sugiere elaborar una más completa y con las características adecuadas que faciliten esta operación.
6. **Aplicaciones.** No se trabajó para una aplicación especial durante el desarrollo del datalogger, simplemente se diseñó con las características básicas y más convenientes, por lo que se propone enfocarlo a una aplicación específica en la cual sería de utilidad.

# BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA

- Angulo Usategui, José Ma. Angulo Martínez, Ignacio. 1999. *Microcontroladores PIC*. Diseño práctico de aplicaciones. McGRAW-HILL. España.
- Creus Solé Antonio. 1995. *Instrumentación Industrial*. Alfaomega grupo editor, S.A. de C.V. México.
- Creus Solé Antonio. 1995. *Instrumentos Industriales*. Su ajuste y su calibración. Alfaomega grupo editor, S.A. de C.V. México.
- Dally, James W, Riley William F., McConnell, Kenneth G. 1984. *Instrumentation for Engineering Measurements*. John Wiley & SONS, Inc.
- Gueuning, Francis. 1990. [Microdatalogger ] "Micro Data-Loggers Lead to New Classes of Chips". *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. Diciembre. Volumen 39, No. 6. EUA.
- Holzbock, Werner G. 1980. *Instrumentos para medición y Control*. Compañía editorial Continental, S.A. México.
- Mandado Pérez, Enrique, Mariño Espiñeira, Perfecto, Lago Ferreiro, Alfonso. 1996. *Instrumentación Electrónica*. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. Colombia.
- Nachtigal, Chester L. 1990. *Instrumentation and Control*. Fundamentals and applications. Wiley Series in Mechanical Engineering Practice.
- Pearson, Nicholas D., Thomas Michael R. 1991. [Un Instrumento para medir ]"An Instrument to Measure Seabed Boundary-Layer Processes". *IEEE Journal of Oceanic Engineering*. Octubre. Volumen 16, No.4. EUA.

Tocci, Ronald J. 1996. *Sistemas Digitales*. Principios y aplicaciones. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México, D.F.

## INTERNET

*Biblioteca, elementos auxiliares para la agronomía*. (Documento web).

<http://www.ediho.es/biblioteca/doc18.html>

3 de Septiembre de 1999

*Datalogger o registradores de datos*. (Documento web).

<http://www.worldlink.cl/seiman/3.html>

27 de Noviembre de 2000

*DATALOGGER, Registrador multicanal*. (Documento web).

<http://www.iberdrola.es/conozca/generaenergía/destecnologico/proyectos/terminados/datalogger.htm>

27 de Noviembre de 2000

*MicroDAQ.com*. (Documento web)

<http://www.microdaq.com>

18 de Septiembre de 2001

*Pace Scientific Data Loggers and Sensors*. (Documento web). 1999.

<http://www-pace-sci.com/prod01.htm>

10 de noviembre de 2000

*Programmable Data Acquisition System "DATAMAX CH8"*. (Documento web).

<http://www.synnetcom.com/private/industri.htm>

13 de Diciembre de 2000

*Recording, Printing & Storage.* (Documento web)

<http://www.omega.com>

3 de Septiembre de 1999

*RTU Datalogger.* (Documento web).

<http://www.synnetcom.com/private/industri.htm>

13 de Diciembre de 2000

*SL200 Temperature Datalogger.* (Documento web).

<http://linseis.com/esp/program.htm>

27 de Noviembre de 2000

*ZENO→3200 DATALOGGER.* (Documento web).

<http://www.coastal.org/datlog/datz3200.html>

27 de Noviembre de 2000

# ANEXOS

ANEXO A  
LISTADO DE PROGRAMAS DE PRUEBA

## ANEXO A1

## CONFIGURACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES

```

INCLUDE <C74A.INC>
LIST      P=16C74A
ORG      0X00
GOTO     MAIN

INICIO   MACRO
          CLRF   PORTB
          CLRF   PORTD
          BSF   STATUS,RP0
          MOVLW 0XFF
          MOVWF TRISB
          MOVLW 0X00
          MOVWF TRISD
          BCF   STATUS,RP0
          ENDM

MAIN     INICIO
CICLO   MOVF   PORTB,0
          MOVWF PORTD
          GOTO  CICLO
          END

```

## ANEXO A2

## CONFIGURACIÓN DE CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL

```

INCLUDE <e74a.inc>
LIST      P=16C74A

ORG      0X00
GOTO     MAIN

ORG      0X04
CLRF     INTCON
RETFIE

INICIO   MACRO
          CLRF   PORTD           ; limpiamos puerto d
          BSF   STATUS,RP0       ; cambio de pagina (pag 1)
          CLRF   ADCON1         ; configuracion de 8 canales analogicos
          MOVLW 0XFF
          MOVWF TRISA           ;
          CLRF   TRISD          ; configuramos como entrada al puerto A
          BCF   STATUS,RP0       ; Configuramos como salida digital al puerto D
          ENDM                 ; cambio de pagina (pag 0)

MAIN     INICIO
CICLO   MOVLW 0X81               ; 10000001 -> w
          MOVWF ADCON0          ; Controla la operacion del convertidor, canal0
          NOP
          NOP
          NOP
          BSF   ADCON0,GO       ; habilitamos el inicio de la conversion ( con 1 )
          BTFS  ADCON0,GO       ; chequear fin de conversion (GO en 0)
          GOTO  CONV            ; ciclo de espera
          MOVF  ADRES,W         ; leer el resultado de la conversion
          MOVWF PORTD          ; pone el resultado en el puerto D
          GOTO  CICLO           ; a ciclo

CONV    BTFS  ADCON0,GO
          MOVF  PORTD
          END

```

### ANEXO A3

## CONFIGURACIÓN DE ENTRADA PULSO

```
INCLUDE <e74a.inc>
LIST          P=16C74A

CBLOCK 0X20
ENDC

ORG 0X00
GOTO MAIN

ORG 0X04
BTFS INTCON,INTF
CALL CONTADOR
MOVLW 0X10
MOVWF INTCON
RETFIE

INICIO MACRO
CLRF          CONT
MOVLW 0XAA
MOVWF CONT
BSF          STATUS,RP0
MOVLW 0XFF
MOVWF TRISB
CLRF          TRISD
BCF          STATUS,RP0
MOVLW 0X90
MOVWF INTCON
ENDM

MAIN INICIO
CICLO MOVF          PORTD      CONT,W
      MOVWF          PORTD
      GOTO          CICLO

CONTADOR INCF          CONT,F
RETURN
END
```

## ANEXO A4

## CONVERSIÓN A/D MEDIANTE INTERRUPTIONES

```

INCLUDE <c74a.inc>
LIST      P=16C74A

ORG      0X00
GOTO     MAIN

ORG      0X04
BTFSC   PIR1,ADIF
CALL    FIN
BSF     STATUS,RP0
MOVLW   0X40
MOVWF   PIE1
BCF     STATUS,RP0
RETFIE

INICIO   MACRO
          CLRFB   PORTD           ; limpiamos puerto d
          MOVLW   0X81           ; 10000001 -> w
          MOVWF   ADCON0        ; w -> adcon0
          BCF     PIR1,ADIF      ; bandera de int convertidor A/D (1 conv completada)
          BSF     STATUS,RP0     ; cambio de pagina (pag 1)
          BSF     PIE1,ADIE      ; Habilitar interrupcion A/D
          CLRF    ADCON1        ; configuracion de 8 canales analogicos
          MOVLW   0XFF          ;
          MOVWF   TRISA         ; configuramos como entrada al puerto A
          CLRF    TRISD         ; Configuramos como salida digital al puerto D
          BCF     STATUS,RP0     ; cambio de pagina (pag 0)
          BSF     INTCON,GIE     ; Habilitacion global int (1)
          BSF     INTCON,PEIE    ; Habilitacion de int por perifericos (1)
          ENDM

MAIN     INICIO
CICLO   NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        BSF     ADCON0,GO      ; habilitamos el inicio de la conversion ( con 1 )
        GOTO   CICLO         ; a ciclo

FIN     MOVF    ADRES,W       ; leer el resultado de la conversion
        MOVWF   PORTD        ; pone el resultado en el puerto D
        BCF     PIR1,ADIF
        RETURN
        END

```

## ANEXO A5

### CONFIGURACIÓN LCD

```

**** Declaraciones ****
INCLUDE <c74a.inc>
LIST P=16C74A

**** Programa Principal ****
ORG 0X00
GOTO MAIN

**** Bloque de variables
CONTROLEQU EQU 0X50
CAR EQU 0X51
ENTC EQU 0X61
ENTL EQU 0X62

**** Declaracion de variables ****
CBLOCK 0x20
UNI,DEC,CIEN,MIL,DM,DM_L,DM_H,M_L,M_H,C_L,C_H,REGLON
ENDC

**** Programa de Interrupciones ****
ORG 0X04
CLRF INTCON
RETFIE

INCLUDE <lcd_c.asm>
INCLUDE <num_car.asm>

**** Inicializacion ****
INICIO MACRO
CLRF PORTC
BSF STATUS,RP0 MOVLW 0XF0
MOVWF TRISB
CLRF TRISC
CLRF TRISD
BCF STATUS,RP0
CLRF DM
CLRF MIL
CLRF CIEN
CLRF DEC
CLRF UNI
ENDM

**** Programa Principal ****
MAIN INICIO
CALL UP_INI
MOVLW 0X92
MOVWF CONTROL MOVLW 0X1B
MOVWF ENTC
MOVLW 0XF4
MOVWF ENTL
CALL PANTA

FPRINT GOTO FPRINT
END

```

## ANEXO A6

### CONFIGURACIÓN DEL RELOJ DE TIEMPO REAL

```

****      Declaraciones      ****
      INCLUDE <c74a.inc>                LIST    P=16C74A

****      Programa Principal    ****
      ORG    0X00
      GOTO   MAIN

****      Bloque de variables
      CONTROL EQU    0X50
      CAR      EQU    0X51
      ENTC     EQU    0X61

****      Declaracion de variables ****
      CBLOCK  0x40
              TEMP1,TEMP2,CONT,INLET,ADDRESS,DCLOCK,SEG,MIN,HRS,DIASEM,DIAMES,MES,AÑO,CONTCLK
      ENDC

****      Programa de Interrupciones      ****
      ORG    0X04
      CLRF   INTCON
      RETFIE

      INCLUDE <lcd_c.asm>
      INCLUDE <num_car.asm>
      INCLUDE <clk_c.asm>

****      Inicializacion      ****
INICIO  MACRO
      CLRF   PORTC
      BSF   STATUS,RP0
      MOVLW 0XF0
      MOVWF TRISB
      CLRF  TRISC
      CLRF  TRISD
      BCF   STATUS,RP0
      CLRF  PORTB
      CLRF  PORTD
      MOVLW 0X07
      MOVWF PORTC
      CLRF  CONTCLK
      ENDM

****      Programa Principal      ****
      ORG    0X200

MAIN    INICIO
      CALL   UP_INI

      MOVLW 0X12
      MOVWF CONTCLK
      CALL   CLK

CICLO   MOVLW 0X0C
      MOVWF ADDRESS
      CALL   READ
      BTFSS DCLOCK,5
      CALL   RDCLK
      GOTO   CICLO

      END

```

## ANEXO A7 MEMORIA

```

;**** Declaraciones ****
        INCLUDE <g74a.inc>
        LIST      P=16C74A

;**** Programa Principal ****
        ORG      0X00
        GOTO    MAIN

;**** Bloque de variables
CONTROL EQU    0X50
CAR      EQU   0X51
ENTC     EQU   0X61
ENTL     EQU   0X62

;**** Declaracion de variables ****
        CBLOCK  0x30
                RENGLON,UNI,DEC,CIEN,MIL,DM,DM_L,DM_H,M_L,
M_H,C_L,C_H,LDIR,HDIR,WRDATO,RDATO,NoCICLOS,X,CONT,I
NLET,LETRA,CONMEM,DATSAVE
                ENDC

;**** Programa de Interrupciones ****
        ORG      0X04
        CLRF    INTCON
        RETFIE

        INCLUDE <memo_c.asm>
        INCLUDE <lcd_c.asm>
        INCLUDE <num_car.asm>

;**** Inicializacion ****
INICIO  MACRO
        CLRF    PORTC
        BSF    STATUS,RP0
        MOVLW  0XF0
MOVWF   TRISB
CLRF   TRISC
CLRF   TRISD
BCF   STATUS,RP0
CLRF   PORTB
CLRF   PORTD
MOVLW  0X07
MOVWF  PORTC
CLRF   LDIR
CLRF   HDIR
CLRF   WRDATO
CLRF   RDATO
CLRF   DM
CLRF   MIL
CLRF   CIEN
CLRF   DEC
CLRF   UNI
CLRF   INLET
ENDM

;**** Programa Principal ****
MAIN    INICIO
        CALL   UP_INI
        MOVLW  0X20
        MOVWF  NoCICLOS
        MOVLW  0XE1
        MOVWF  WRDATO

        MOVLW  0XFF
        MOVWF  LDIR
        MOVLW  0X00
        MOVWF  HDIR

        MOVLW  0X0D
        MOVWF  CONMEM
        CALL   MEMO

FPRINT  NOP
        CALL  DELAY
        GOTO  FPRINT
        END

```

## INCLUDE &lt;LCD\_C&gt;

```

ORG      0X600

;****   Bloque de etiquetas   ****
        #define  LEE      BSF      PORTB,1
        #define  ESCRIBE BSF      PORTB,1
        #define  RS_OFF  BCF      PORTB,3
        #define  RS_ON   BSF      PORTB,3

;****   Inicializacion   ****
UP_INI  RS_OFF
        CALL    DS_LCD
        CLRF   PORTD
        CALL   LCD_INI
        CALL   HOME
        CALL   LCD_ON
        MOVLW 0X80
        CALL  REG
        MOVLW 0X06
        CALL  REG
        RETURN

;****   RUTINA LCD_BUSY   ****
BUSY    LEE      STATUS,RP0
        BSF     STATUS,RP0
        MOVLW  0XFF
        MOVWF  TRISD
        BCF     STATUS,RP0
        CALL   E_LCD
        nop

L_BUSY  BTFSC   PORTD,7
        GOTO   L_BUSY
        CALL   DS_LCD
        BSF     STATUS,RP0
        CLRF   TRISD
        BCF     STATUS,RP0
        ESCRIBE
        RETURN

;****   RUTINA LCD_E   ****
LCD_E   CALL    E_LCD
        NOP
        CALL   DS_LCD
        RETURN

;****   RUTINA LCD_DATO   ****
DATO    RS_OFF
        MOVWF  PORTD
        CALL   BUSY
        RS_ON
        CALL   LCD_E
        CALL   DELAY
        RETURN

;****   RUTINA REG   ****
REG     RS_OFF
        MOVWF  PORTD
        CALL   BUSY
        CALL   LCD_E
        RETURN

;****   RUTINA LCD_INI   ****
LCD_INI MOVLW  0X38
        CALL  REG
        MOVLW 0X38
        CALL  REG
        MOVLW 0X38
        CALL  REG
        RETURN

;****   RUTINA BORRA_Y_HOME   ****
HOME    MOVLW  0X01
        CALL  REG
        RETURN

;****   RUTINA DISPLAY_ON_CUR_OFF   ****
LCD_ON  MOVLW  0X0C
        CALL  REG
        RETURN

E_LCD   MOVLW  0X07
        MOVWF PORTC
        RETURN

DS_LCD  MOVLW  0X04
        MOVWF PORTC
        RETURN

DATOM   MOVLW  0X30
        ADDWF DM,W
        CALL  DATO
        MOVLW 0X30
        ADDWF MIL,W
        CALL  DATO
        MOVLW 0X30
        ADDWF CIEN,W
        CALL  DATO
        TWODATO MOVLW 0X30
        ADDWF DEC,W
        CALL  DATO
        ONEDATO MOVLW 0X30
        ADDWF UNI,W
        CALL  DATO
        RETURN

```

## INCLUDE &lt;LCD\_C&gt;

```

ORG      0X600

;****   Bloque de etiquetas   ****
        #define  LEE      BSF      PORTB,1
        #define  ESCRIBE  BCF      PORTB,1
        #define  RS_OFF   BCF      PORTB,3
        #define  RS_ON    BSF      PORTB,3

;****   Inicializacion   ****
UP_INI  RS_OFF
        CALL     DS_LCD
        CLRF    PORTD
        CALL     LCD_INI
        CALL     HOME
        CALL     LCD_ON
        MOVLW   0X80
        CALL     REG
        MOVLW   0X06
        CALL     REG
        RETURN

;****   RUTINA LCD_BUSY   ****
BUSY    LEE
        BSF     STATUS,RP0
        MOVLW   0XFF
        MOVWF   TRISD
        BCF     STATUS,RP0
        CALL    E_LCD
        nop

L_BUSY  BTFSCL  PORTD,7
        GOTO   L_BUSY
        CALL   DS_LCD
        BSF   STATUS,RP0
        CLRF  TRISD
        BCF   STATUS,RP0
        ESCRIBE
        RETURN

;****   RUTINA LCD_E   ****
LCD_E   CALL    E_LCD
        NOP
        CALL   DS_LCD
        RETURN

;****   RUTINA LCD_DATO   ****
DATO    RS_OFF
        MOVWF  PORTD
        CALL   BUSY
        RS_ON
        CALL   LCD_E
        CALL   DELAY
        RETURN

;****   RUTINA REG   ****
REG     RS_OFF
        MOVWF  PORTD
        CALL   BUSY
        CALL   LCD_E
        RETURN

;****   RUTINA LCD_INI   ****
LCD_INI MOVLW   0X38
        CALL   REG
        MOVLW  0X38
        CALL   REG
        MOVLW  0X38
        CALL   REG
        RETURN

;****   RUTINA BORRA_Y_HOME   ****
HOME    MOVLW   0X01
        CALL   REG
        RETURN

;****   RUTINA DISPLAY_ON_CUR_OFF   ****
LCD_ON  MOVLW   0X0C
        CALL   REG
        RETURN

E_LCD   MOVLW   0X07
        MOVWF  PORTC
        RETURN

DS_LCD  MOVLW   0X04
        MOVWF  PORTC
        RETURN

DATOM   MOVLW   0X30
        ADDWF  DM,W
        CALL   DATO
        MOVLW  0X30
        ADDWF  MIL,W
        CALL   DATO
DATOC   MOVLW   0X30
        ADDWF  CIEN,W
        CALL   DATO
TWODATO MOVLW   0X30
        ADDWF  DEC,W
        CALL   DATO
ONEDATO MOVLW   0X30
        ADDWF  UNI,W
        CALL   DATO
        RETURN

```

## INCLUDE &lt;NUM\_CAR&gt;

```

ORG      0X700
;****   Etiquetas
CONTROL EQU 0X50
CAR      EQU 0X51
ENTC    EQU 0X61
ENTL    EQU 0X62
;****   Variables
        CBLOCK 0x30
        RENGLON,UNI,DEC,CIEN,MIL,DM,DM_L,DM_H,M_L,
M_H,C_L,C_H
        ENDC
;****   Determina la posición del caracter o número
POS      MOV LW 0X00
        BTFSZ CONTROL,4
        GOTO NUML
        MOV LW 0X01
NUML     CALL LINEA
        MOVWF RENGLON
        MOV LW 0X0F
        ANDWF CONTROL,F
        MOVF RENGLON,W
        IORWF CONTROL,W
        CALL REG
        RETURN
;****   Determina el tipo de número entero corto o entero largo
F1       MOVF ENTC,W
        MOVWF DM_L
        MOV LW 0X10
        SUBWF ENTC,F
        BTFSZ STATUS,0
        GOTO DM_NEG
        GOTO DM_POS
DM_NEG   MOVF DM_L,W
        MOVWF ENTC
        MOV LW 0XF0
        ADDWF ENTC,F
        MOVF ENTL,W
        MOVWF DM_H
        DECF ENTL,F
        GOTO POS0
DM_POS   MOVF ENTL,W
        MOVWF DM_H
POS0     MOV LW 0X27
        SUBWF ENTL,F
        BTFSZ STATUS,0
        GOTO MILLAR
        INCF DM,F
        GOTO F1
MILLAR   MOVF DM_L,W
        MOVWF M_L
        MOV LW 0XE8
        SUBWF DM_L,F
        BTFSZ STATUS,0
        GOTO M_NEG
        GOTO M_POS
M_NEG    MOVF M_L,W
        MOVWF DM_L
        MOV LW 0X18
        ADDWF DM_L,F
        MOVF DM_H,W
        MOVWF M_H
        INCF DM_H,F
        DECFSZ DM_H,F
        GOTO NOCERO
        GOTO CENTENA
NOCERO   DECF DM_H,F
        GOTO POS1
M_POS    MOVF DM_H,W
        MOVWF M_H
        MOV LW 0X03
        SUBWF DM_H,F
        BTFSZ STATUS,0
        GOTO CENTENA
        INCF MIL,F
        GOTO MILLAR
CENTENA  MOVF M_L,W
        MOVWF C_L
        MOV LW 0X64
        SUBWF M_L,F
        BTFSZ STATUS,0
        GOTO C_NEG
        GOTO C_POS
C_NEG    MOVF C_L,W
        MOVWF M_L
        MOV LW 0X9C
        ADDWF M_L,F
        MOVF M_H,W
        MOVWF C_H
        INCF M_H,F
        DECFSZ M_H,F
        GOTO NOCERO1
        GOTO DECENAS
NOCERO1  DECF M_H,F
        GOTO POS2
C_POS    MOVF M_H,W
        MOVWF C_H
        POS2   INCF M_H,F
        DECFSZ M_H,F
        GOTO F3
        GOTO F4
F3       INCF CIEN,F
        GOTO CENTENA
F4       INCF CIEN,F
        GOTO F5
F2       MOVF ENTC,W
        MOVWF M_L
        MOVF M_L,W
        MOVWF C_L
        MOV LW 0X64
        SUBWF M_L,F
        BTFSZ STATUS,0
        GOTO DECENAS
        INCF CIEN,F
        GOTO F5
DECENAS  MOVF C_L,W
        MOVWF UNI
        MOV LW 0X0A
        SUBWF C_L,F
        BTFSZ STATUS,0
        RETURN
        INCF DEC,F

```

	GOTO	DECENAS		CALL	POS
.****				MOVF	CAR,W
.****		borra la totalidad de las variables utilizadas en la		CALL	DATO
		subrutina que determina el tipo de número		RETURN	
BORRA	CLRF	DM	ENTG	BTFS	CONTROL,6
	CLRF	MIL		GOTO	ENTH
	CLRF	CIEN		CALL	POS
	CLRF	DEC		CALL	F2
	CLRF	UNI		CALL	DATOC
	CLRF	INLET		RETURN	
	CLRF	DM_L			
	CLRF	DM_H	ENTH	CALL	POS
	CLRF	M_L		CALL	F1
	CLRF	M_H		CALL	DATOM
	CLRF	C_L		RETURN	
	CLRF	C_H			
	RETURN			ORG	0X10
.***		Determina el tipo de dato: número o caracter	LINEA	ADDWF	PCL,1
PANTA	BTFS	CONTROL,5		RETLW	0x80
	GOTO	ENTG		RETLW	0xC0
				RETLW	0x00

## INCLUDE &lt;CLK\_C&gt;

```

ORG      0X500

;****   Bloque de etiquetas   ****

#define  AS_ON   BSF   PORTB,3
#define  AS_OFF  BCF   PORTB,3
#define  DS_ON   BSF   PORTB,1
#define  DS_OFF  BCF   PORTB,1
#define  WR_ON   BSF   PORTB,2
#define  WR_OFF  BCF   PORTB,2

;****   SUBROUTINAS DE RELOJ   ****

CLK      BTFSCL  CONTCLK,0
        CALL    SETCLK
        BTFSCL  CONTCLK,1
        CALL    ALSEG
        BTFSCL  CONTCLK,2
        CALL    ALMIN
        BTFSCL  CONTCLK,3
        CALL    ALHRS
        BTFSCL  CONTCLK,4
        CALL    RDCLK
        BTFSCL  CONTCLK,5
        CALL    TIMECLK
        RETURN

SETCLK   MOVLW  0X0B
        MOVWF  ADDRESS
        MOVLW  0X87
        MOVWF  DCLOCK
        CALL   WRITE

        MOVLW  0X00
        MOVWF  ADDRESS
        MOVLW  0X00
        MOVWF  DCLOCK
        CALL   WRITE

        MOVLW  0X02
        MOVWF  ADDRESS
        MOVLW  0X1E
        MOVWF  DCLOCK
        CALL   WRITE

        MOVLW  0X04
        MOVWF  ADDRESS
        MOVLW  0X14
        MOVWF  DCLOCK
        CALL   WRITE

        MOVLW  0X06
        MOVWF  ADDRESS
        MOVLW  0X03
        MOVWF  DCLOCK
        CALL   WRITE

        MOVLW  0X07
        MOVWF  ADDRESS
        MOVLW  0X14
        MOVWF  DCLOCK
        CALL   WRITE

        MOVLW  0X08
        MOVWF  ADDRESS
        MOVLW  0X03
        MOVWF  DCLOCK
        CALL   WRITE

        MOVLW  0X09
        MOVWF  ADDRESS
        MOVLW  0X01
        MOVWF  DCLOCK
        CALL   WRITE

        MOVLW  0X0B
        MOVWF  ADDRESS
        MOVLW  0X07
        MOVWF  DCLOCK
        CALL   WRITE
        RETURN

RDCLK    MOVLW  0X04
        MOVWF  ADDRESS
        CALL   READ
        MOVLW  0X49
        MOVWF  CONTROL
        CALL   PANT_TK

        MOVLW  0X2B
        MOVWF  CONTROL
        MOVLW  0X3A
        MOVWF  CAR
        CALL   PANTA

        MOVLW  0X02
        MOVWF  ADDRESS
        CALL   READ
        MOVLW  0X4C
        MOVWF  CONTROL
        CALL   PANT_TK

        MOVLW  0X00
        MOVWF  ADDRESS
        CALL   READ
        MOVLW  0X4E
        MOVWF  CONTROL
        CALL   PANT_TK

        MOVLW  0X0B
        MOVWF  ADDRESS
        MOVLW  0X07
        MOVWF  DCLOCK
        CALL   WRITE

        RETURN

TIMECLK  MOVLW  0X0B
        MOVWF  ADDRESS
        MOVLW  0X87
        MOVWF  DCLOCK
        CALL   WRITE

        MOVLW  0X07
        MOVWF  ADDRESS
        CALL   READ
        MOVLW  0X50
        MOVWF  CONTROL
        CALL   PANT_TK

        MOVLW  0X32
        MOVWF  CONTROL
        MOVLW  0X2F
        MOVWF  CAR
        CALL   PANTA

        MOVLW  0X08

```

	MOVWF	ADDRESS		MOVWF	ADDRESS
	CALL	READ		MOVLW	0XC0
	MOVLW	0X53		MOVWF	DCLOCK
	MOVWF	CONTROL		CALL	WRITE
	CALL	PANT_TK			
				MOVLW	0X0B
	MOVLW	0X35		MOVWF	ADDRESS
	MOVWF	CONTROL		MOVLW	0X07
	MOVLW	0X2F		MOVWF	DCLOCK
	MOVWF	CAR		CALL	WRITE
	CALL	PANTA			
				RETURN	
	MOVLW	0X09			
	MOVWF	ADDRESS		ALHRS	MOVLW
	CALL	READ			0X0B
	MOVLW	0X56			MOVWF
	MOVWF	CONTROL			ADDRESS
	CALL	PANT_TK			MOVLW
					0X87
					MOVWF
					DCLOCK
					CALL
					WRITE
	RETURN				
					MOVLW
ALSEG	MOVLW	0X0B			0X01
	MOVWF	ADDRESS			MOVWF
	MOVLW	0X87			ADDRESS
	MOVWF	DCLOCK			MOVLW
	CALL	WRITE			0X10
					MOVWF
					DCLOCK
					CALL
					WRITE
	MOVLW	0X01			
	MOVWF	ADDRESS			MOVLW
	MOVLW	0XC0			0X03
	MOVWF	DCLOCK			MOVWF
	CALL	WRITE			ADDRESS
					MOVLW
					0X10
					MOVWF
					DCLOCK
					CALL
					WRITE
	MOVLW	0X03			
	MOVWF	ADDRESS			MOVLW
	MOVLW	0XC0			0X05
	MOVWF	DCLOCK			MOVWF
	CALL	WRITE			ADDRESS
					MOVLW
					0XC0
					MOVWF
					DCLOCK
					CALL
					WRITE
	MOVLW	0X05			
	MOVWF	ADDRESS			MOVLW
	MOVLW	0XC0			0X0B
	MOVWF	DCLOCK			MOVWF
	CALL	WRITE			ADDRESS
					MOVLW
					0X07
					MOVWF
					DCLOCK
					CALL
					WRITE
					RETURN
	MOVLW	0X0B		;****	RUTINA LCD_DELAY ****
	MOVWF	ADDRESS			
	MOVLW	0X07		ORG	0X100
	MOVWF	DCLOCK			
	CALL	WRITE		WRITE	MOVLW
					0X06
	RETURN				MOVWF
					PORTB
					CALL
					DELAY
					AS_ON
					CALL
					DELAY
					ADDRESS,W
					MOVWF
					PORTD
					CALL
					CS_ON
					CALL
					DELAY
					AS_OFF
					CALL
					DELAY
					MOVWF
					DCLOCK,W
					MOVWF
					PORTD
					WR_OFF
					CALL
					DELAY
					CALL
					DELAY
					CALL
					DELAY
					WR_ON
					CALL
					CS_OFF
					AS_ON
					RETURN
				READ	MOVLW
					0X06
					MOVWF
					PORTB
ALMIN	MOVLW	0X0B			
	MOVWF	ADDRESS			
	MOVLW	0X87			
	MOVWF	DCLOCK			
	CALL	WRITE			
	MOVLW	0X01			
	MOVWF	ADDRESS			
	MOVLW	0X00			
	MOVWF	DCLOCK			
	CALL	WRITE			
	MOVLW	0X03			
	MOVWF	ADDRESS			
	MOVLW	0XC0			
	MOVWF	DCLOCK			
	CALL	WRITE			
	MOVLW	0X05			

```

CALL    DELAY
AS_ON
CALL    DELAY
MOVF    ADDRESS,W
MOVWF   PORTD
CALL    CS_ON
CALL    DELAY
AS_OFF
CALL    DELAY
CLRF    PORTD
DS_OFF
CALL    DELAY
CALL    DELAY
CALL    ENT_PD
MOVF    PORTD,W
MOVWF   DCLOCK
CALL    DELAY
CALL    DELAY
DS_ON
CALL    CS_OFF
AS_ON
CALL    SAL_PD
RETURN

CS_ON   MOVLW 0X02
        MOVWF PORTC
        RETURN

CS_OFF  MOVLW 0X04
        MOVWF PORTC
        RETURN

ENT_PD  BSF    STATUS,RP0
        MOVLW 0XFF
        MOVWF TRISD
        BCF   STATUS,RP0
        RETURN

SAL_PD  BSF    STATUS,RP0
        CLRF  TRISD
        BCF   STATUS,RP0
        RETURN

PANT_TK MOVF   DCLOCK,W
        MOVWF ENTC
        CLRF  DEC
        CALL  POS
        CALL  F2
        CALL  TWODATO
        RETURN

DELAY   CLRWDT
        MOVLW 6
        MOVWF TEMP1
        CLRF  TEMP2

DELAY_1 DECFSZ TEMP2,F
        GOTO DELAY_1
        DECFSZ TEMP1,F
        GOTO DELAY_1
        RETURN

```

## INCLUDE &lt;MEMO\_C&gt;

```

      ORG      0X400

:****      Declaracion de variables ****

TEMP1 EQU    0X63
TEMP2 EQU    0X64
RDATO EQU    0X3F

:*****      SUBRUTINAS      *****

MEMO      BTFSZ  CONMEM,0
          CALL  ALLDIR
          BTFSZ  CONMEM,1
          CALL  WRMEMO
          BTFSZ  CONMEM,2
          CALL  RDMEMO
          BTFSZ  CONMEM,3
          CALL  MUDATS
          RETURN

; SUBRUTINA PARA ESCRIBIR UN DATO EN LA MEMORIA

WRMEMO    MOVLW  0XFF
          MOVWF  LDIR
          MOVLW  0X00
          MOVWF  HDIR
          MOVLW  0X20
          MOVWF  CONT
RETLET    MOVF   CONT,W
          MOVWF  CONTROL
          INCF   CONT,F
          MOVF   INLET,W
          CALL   LETWR
          MOVWF  CAR
          INCF   INLET,F
          INCF   CAR,F
          DECFSZ CAR,F
          GOTO   M_PANTA
          GOTO   WR1

M_PANTA   CALL   PANTA
          GOTO   RETLET
WR1       CALL   WRDATOS
          MOVLW  0X88
          MOVWF  CONTROL
          CALL   BORRAR
          INCF   HDIR,F
          DECFSZ HDIR,F
          GOTO   DLARGO
          MOVLW  0X48
          MOVWF  CONTROL
DLARGO    MOVF   LDIR,W
          MOVWF  ENTC
          MOVF   HDIR,W
          MOVWF  ENTL
          CALL   PANTA
          RETURN

; SUBRUTINA MUESTRA DATO LEIDO O ESCRITO

MUDATS    MOVF   DATSAVE,W
          MOVWF  RDATO
          CALL   BORRAR
          MOVF   WRDATO,W
          BTFSZ  CONMEM,1
          MOVF   RDATO,W
          MOVWF  ENTC
          MOVLW  0X4C
          MOVWF  CONTROL
          CALL   PANTA
          RETURN

DIREC     RETURN

ALLDIR    MOVLW  0X55
          MOVWF  WRDATO
          CLRF   LDIR
          CLRF   HDIR
          MOVF   RDATO,W
          MOVWF  DATSAVE
          CALL   WRDATOS
CICLWR    INCFSZ LDIR,F
          GOTO   SEND
          DECF   NoCICLOS,F
          INCF   HDIR,F
          CALL   WRDATOS
          INCF   NoCICLOS,F
          DECFSZ NoCICLOS,F
          GOTO   CICLWR

CICLWR    CLRF   LDIR
          CLRF   HDIR
          CALL   BORRAR
          MOVLW  0X92
          MOVWF  CONTROL
          INCF   HDIR,F
          DECFSZ HDIR,F
          GOTO   DLARGO4
          MOVLW  0X52
          MOVWF  CONTROL

; SUBRUTINA QUE LEE UNA DIRECCION DE LA MEMORIA

RDMEMO    MOVLW  0X20
          MOVWF  CONT
RETLET1   MOVF   CONT,W
          MOVWF  CONTROL)
          INCF   CONT,F
          MOVF   INLET,W
          CALL   LETRD
          MOVWF  CAR

```

DLARGO4	MOVF	LDIR,W			
	MOVWF	ENTC			
	MOVF	HDIR,W		C_U2	MOVLW 0X01
	MOVWF	ENTL			MOVWF PORTC
	GOTO	PANTA			MOVLW 0X04
INCDIR	CALL	RDATOS			MOVWF PORTC
	MOVLW	0XAA			RETURN
	SUBWF	RDATO,F		C_U5	MOVLW 0X00
	INCF	RDATO,F			MOVWF PORTC
	DECFSZ	RDATO,F			MOVLW 0X04
	GOTO	EROR			MOVWF PORTC
	INCF	LDIR,F			RETURN
	GOTO	SEND2			
	DEC	NoCICLOS,F		EN_READ	CALL E_MEMO
SEND2	INCF	HDIR,F			CALL E_READ
	INCF	NoCICLOS,F			CALL DELAY
	DECFSZ	NoCICLOS,F			RETURN
	GOTO	CICLRD			
	CLRF	INLET		E_READ	MOVLW 0X04
	MOVLW	0X32			MOVWF PORTB
	MOVWF	CONT			CALL DELAY
RETLET3	MOVF	CONT,W			RETURN
	MOVWF	CONTROL		L_READ	MOVLW 0X06
	INCF	CONT,F			MOVWF PORTB
	MOVF	INLET,W			CALL DELAY
	CALL	BIEN			RETURN
	MOVWF	CAR		ENABLE	CALL E_MEMO
	INCF	INLET,F			CALL E_WRITE
	INCF	CAR,F			CALL DELAY
	DECFSZ	CAR,F			RETURN
	GOTO	PANTA2			
	RETURN				
PANTA2	CALL	POS		E_MEMO	MOVLW 0X03
	MOVF	CAR,W			MOVWF PORTC
	CALL	DATO			RETURN
	GOTO	RETLET3		L_MEMO	MOVLW 0X04
EROR	CLRF	INLET			MOVWF PORTC
	MOVLW	0X2A			RETURN
	MOVWF	CONT		E_WRITE	MOVLW 0X02
RETLET4	MOVF	CONT,W			MOVWF PORTB
	MOVWF	CONTROL			RETURN
	INCF	CONT,F		L_WRITE	MOVLW 0X06
	MOVF	INLET,W			MOVWF PORTB
	CALL	LE_ER			RETURN
	MOVWF	CAR			
	INCF	INLET,F			
	INCF	CAR,F			
	DECFSZ	CAR,F			
	GOTO	PANTA3			
	RETURN				
PANTA3	CALL	POS		DIR	MOVF LDIR,W
	MOVF	CAR,W			MOVWF PORTD
	CALL	DATO			CALL C_U2
	GOTO	RETLET4			MOVF HDIR,W
					MOVWF PORTD
					CALL C_U5
					CALL DELAY
					RETURN
;..... SUBRUTINAS .....					
WRDATOS	CALL	DIR		SENDATA	MOVF WRDATO,W
	CALL	ENABLE			MOVWF PORTD
	CALL	SENDATA			CALL DELAY
	RETURN				CALL L_WRITE
					CALL L_MEMO
RDATOS	CALL	DIR			RETURN
	CALL	DELAY		LEE_DAT	CALL ENT_PD
	CALL	EN_READ			CALL DELAY
	CALL	LEE_DAT			;MOVF PORTD,0
	CALL	DELAY			MOVLW 0X64
	RETURN				

```
MOVWF  RDATO
CALL   DELAY
CALL   L_READ
CALL   L_MEMO
CALL   SAL_PD
RETURN

BORRAR  CLRF  DM
        CLRF  MIL
        CLRF  CIEN
        CLRF  DEC
        CLRF  UNI
        CLRF  INLET
        CLRF  DM
        CLRF  DM_L
        CLRF  DM_H
        CLRF  M_L
        CLRF  M_H
        CLRF  C_L
        CLRF  C_H
        RETURN

        ORG   0X50

LETWR   ADDWF PCL,1
        RETLW 0x57
        RETLW 0x52
        RETLW 0XA0
        RETLW 0x4D
        RETLW 0x45
        RETLW 0x4D
        RETLW 0X00

LETRD   ADDWF PCL,1
        RETLW 0x52
        RETLW 0x44
        RETLW 0XA0
        RETLW 0x4D
        RETLW 0x45
        RETLW 0x4D
        RETLW 0X00

BIEN    ADDWF PCL,1
        RETLW 0x46
        RETLW 0x49
        RETLW 0x4E
        RETLW 0xFE
        RETLW 0x57
        RETLW 0x52
        RETLW 0X00

LE_ER   ADDWF PCL,1
        RETLW 0x45
        RETLW 0x72
        RETLW 0x72
        RETLW 0x6F
        RETLW 0x72
        RETLW 0x2E
        RETLW 0x2E
        RETLW 0x00
```

ANEXO B  
ESQUEMÁTICOS

## ANEXO B1

## Descripción del esquemático

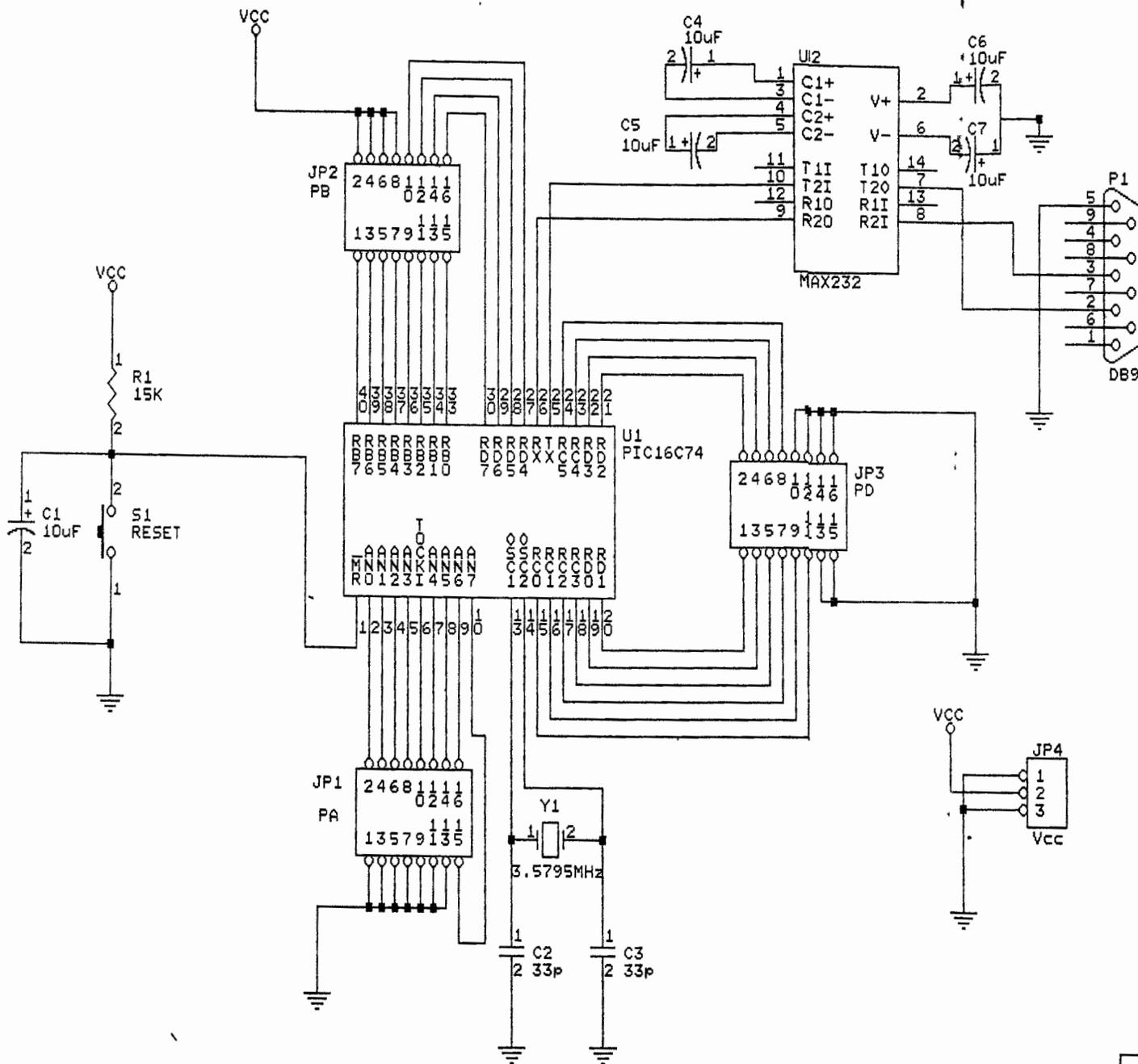
## "Familiarización con el microcontrolador PIC16C74A"

Se planteó como primera etapa en la realización física del registrador electrónico, la familiarización con el uso y funcionamiento del microcontrolador PIC16C74 y de sus periféricos.

Con el fin de poder realizar pruebas con el microcontrolador que involucraran el uso de los periféricos y principalmente de los puertos analógicos y digitales, del convertidor A/D, de los puertos de comunicación serial, de los contadores y timers; se diseñó una primera tarjeta que permitiera manejar dichos periféricos de una forma eficaz. Inicialmente se realizó un diagrama esquemático del circuito a implementar, en el que se mostraran los dispositivos a utilizar y la interconexión entre los mismos y el cual se muestra en la página siguiente. Posteriormente y con ayuda de este esquema se diseñó la tarjeta impresa (ver anexo C1).

Elemento principales que conforman el circuito:

No. Parte	Descripción	Función
PIC16C74A	Microcontrolador de 8 bits	Se encarga de realizar el procesamiento de datos, temporización.
MAX232	Convertidor de protocolo TTL-RS232	Realiza la conversión necesaria entre los protocolos de comunicación serial síncrona, (TTL-RS232)
Conector DB9	Puerto de comunicación	Interface serial RS 232
Conectores	Corresponden a los puertos A, B y C del microcontrolador	Puertos que se pueden configurar como entradas analógicas o digitales o salidas digitales.



## ANEXO B2

**“Tarjeta de pruebas del registrador electrónico”**

Como segunda etapa de implementación del registrador electrónico, se diseñó un segundo circuito que permitiera realizar las pruebas correspondientes con los demás dispositivos que abarca el registrador y principalmente de la memoria no volátil, el reloj de tiempo real y la pantalla.

Para la realización de este esquemático fue necesario obtener las hojas de datos de los dispositivos (memoria no volátil, reloj de tiempo real y pantalla) que previamente se seleccionaron, para poder definir la forma más apropiada de conectarlos así como la forma de manejar cada uno de los elementos con el microcontrolador. En este caso se estableció que la mejor forma de manejar los dispositivos es generando un bus de datos y otro de direcciones.

Elementos principales que conforman el circuito:

No. Parte	Descripción	Función
PIC16C74A	Microcontrolador de 8 bits	Se encarga de realizar el procesamiento de datos, temporización.
MAX232	Convertidor de protocolo TTL-RS232	Realiza la conversión necesaria entre los protocolos de comunicación serial síncrona, (TTL-RS232)
DS12887	Reloj de tiempo real	Sincroniza la adquisición de datos y lleva la fecha calendario
DS1230Y	Memoria no volátil	Almacena los datos
LM16255	Pantalla LCD (2-16)	Exhibe los resultados del proceso de registro.
SN74LS373	Registros de Dirección	Almacenan la dirección de almacenamiento.
SN74LS42	Decodificador	Direcciona los diferentes dispositivos del diseño.
Bus de entradas.	Canales digitales y analógicos.	Incluye las 8 entradas analógicas, entradas digitales.
Conector DB9	Puerto de comunicación	Interface serial RS 232

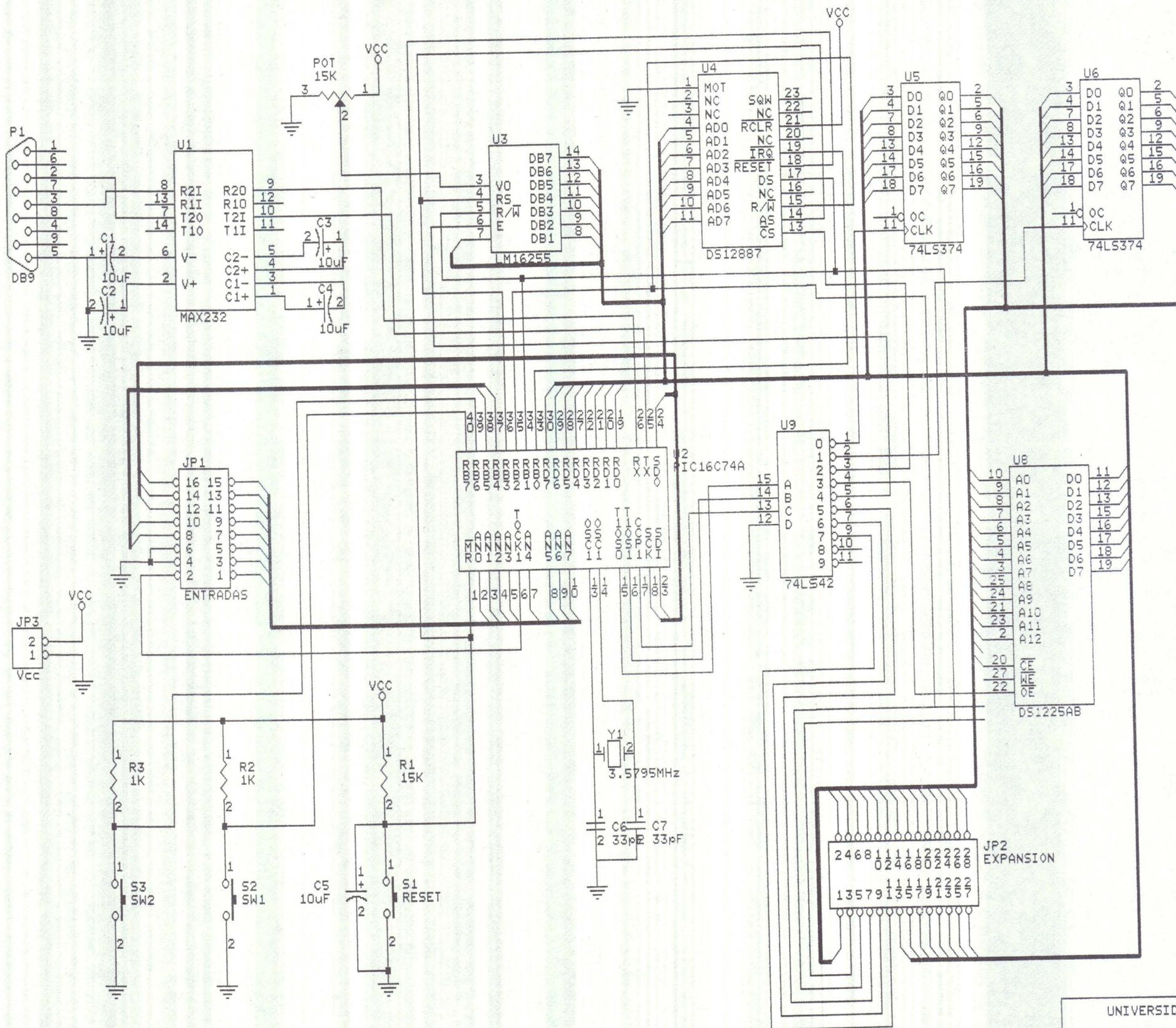
## ANEXO B3

### Descripción del esquemático “Tarjeta final del registrador electrónico”

La tercera tarjeta de implementación física se elaboró con la finalidad de mejorar el diseño realizado en la etapa anterior, ya que como se mencionó en la parte III del presente trabajo (p. 48) el manejo de un bus de datos y otro direcciones, impide la posibilidad de agregar características al registrador electrónico ya que se utiliza un puerto del microcontrolador que contiene funciones como: comunicación síncrona, contadores externos, entradas digitales y analógicas. Otro aspecto importante fue que las dimensiones de la tarjeta impresa correspondiente a este esquemático son excesivas (ver anexo C2), alrededor de 22 cm por 18 cm, lo cual resulta muy inconveniente ya que la cantidad de elementos que contiene la tarjeta no justifica tales dimensiones.

Estos problemas plantearon la necesidad de elaborar otro diseño que nos proporcionará dimensiones más apropiadas, así como el incremento de las características del registrador. El nuevo diseño básicamente contiene los mismos elementos que la tarjeta anterior, únicamente se suprimió una de las memorias, ya que se considero la posibilidad de agregar un modulo de expansión, además de que el manejo de todos los dispositivos se realiza en forma multiplexada, es decir, un solo puerto para el manejo de datos y direcciones con el fin de reducir el número de pistas que se utilizan en el diagrama anterior y por tanto reducir el tamaño de la tarjeta final, además que este arreglo también libera uno de los puertos que permiten incrementar las características del registrador electrónico

El diagrama esquemático del circuito se muestra en la siguiente página y la tarjeta impresa en el anexo C3.

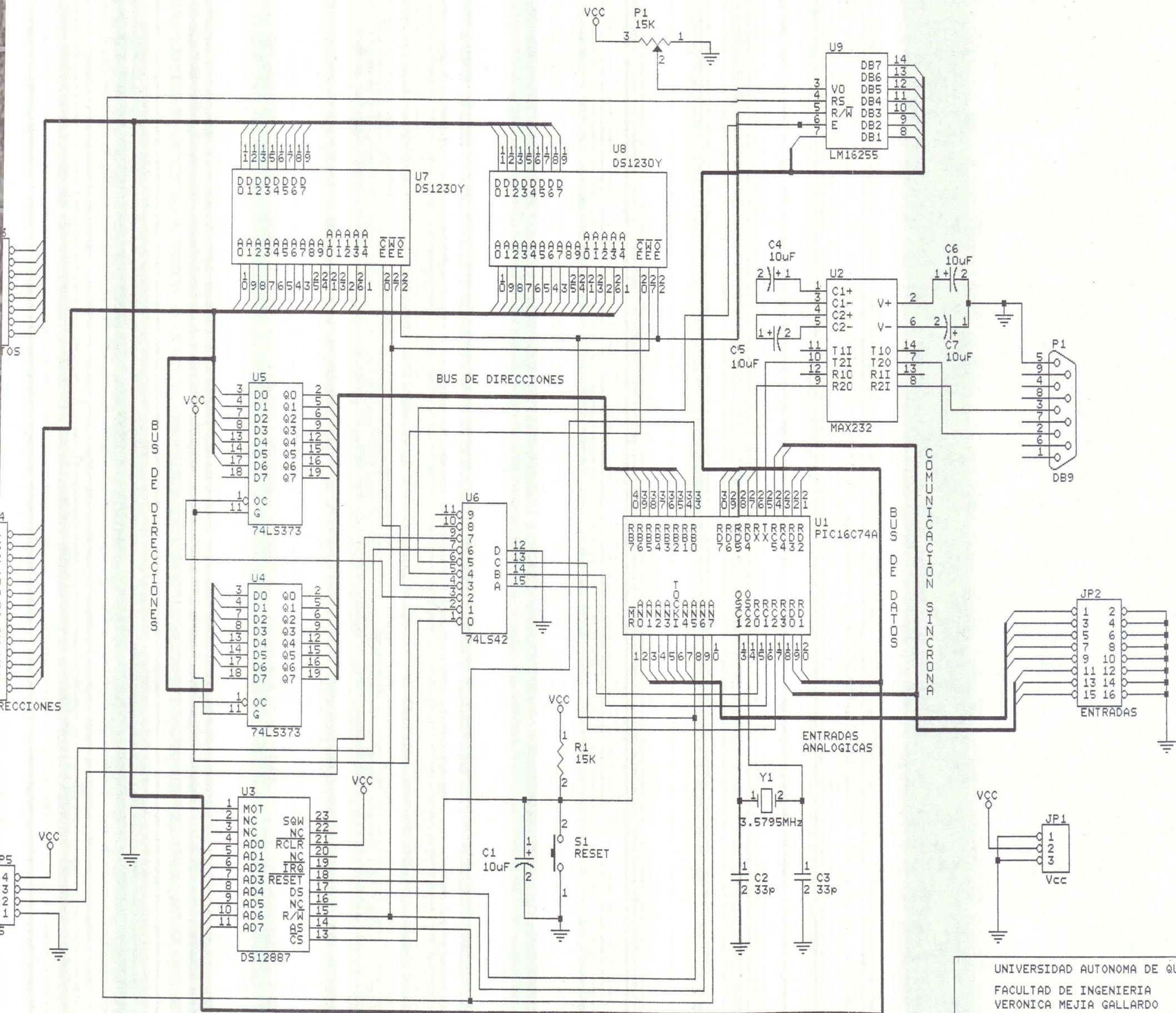


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 VERONICA MEJIA GALLARDO  
 ALFREDO MARTINEZ VILLEGAS

Title		TARJETA FINAL DEL REGISTRADOR ELECTRONICO
Size	Document Number	REV
B	UNIDEP-05	RCH

Elementos principales que conforman el circuito:

No. Parte	Descripción	Función
PIC16C74A	Microcontrolador de 8 bits	Se encarga de realizar el procesamiento de datos, temporización.
MAX232	Convertidor de protocolo TTL-RS232	Realiza la conversión necesaria entre los protocolos de comunicación serial síncrona, (TTL-RS232)
DS12887	Reloj de tiempo real	Sincroniza la adquisición de datos y lleva la fecha calendario
DS1225	Memoria no volátil	Almacena los datos
LM16255	Pantalla LCD (2-16)	Exhibe los resultados del proceso de registro.
SN74LS374	Registros de Dirección	Almacenan la dirección de almacenamiento.
SN74LS42	Decodificador	Direcciona los diferentes dispositivos del diseño.
Bus de expansión	Canal de expansión	Incluye bus de direcciones, bus de datos, bus de control, bus de periféricos.
Bus de entradas.	Canales digitales y analógicos.	Incluye las 8 entradas analógicos, entradas digitales.
Conector DB9	Puerto de comunicación	Interface serial RS 232



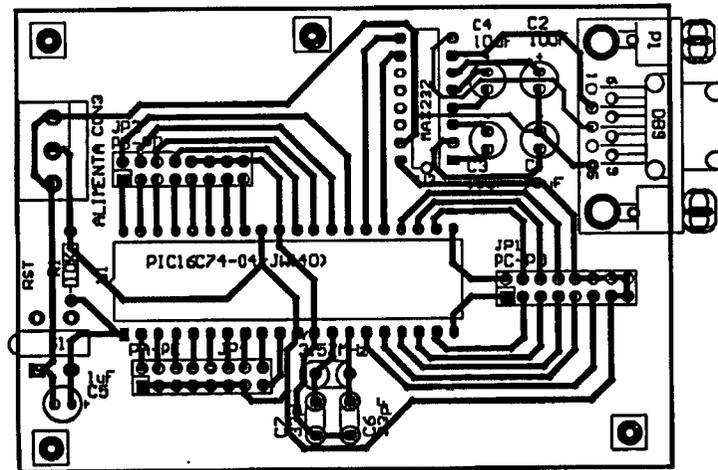
ANEXO C

PCB

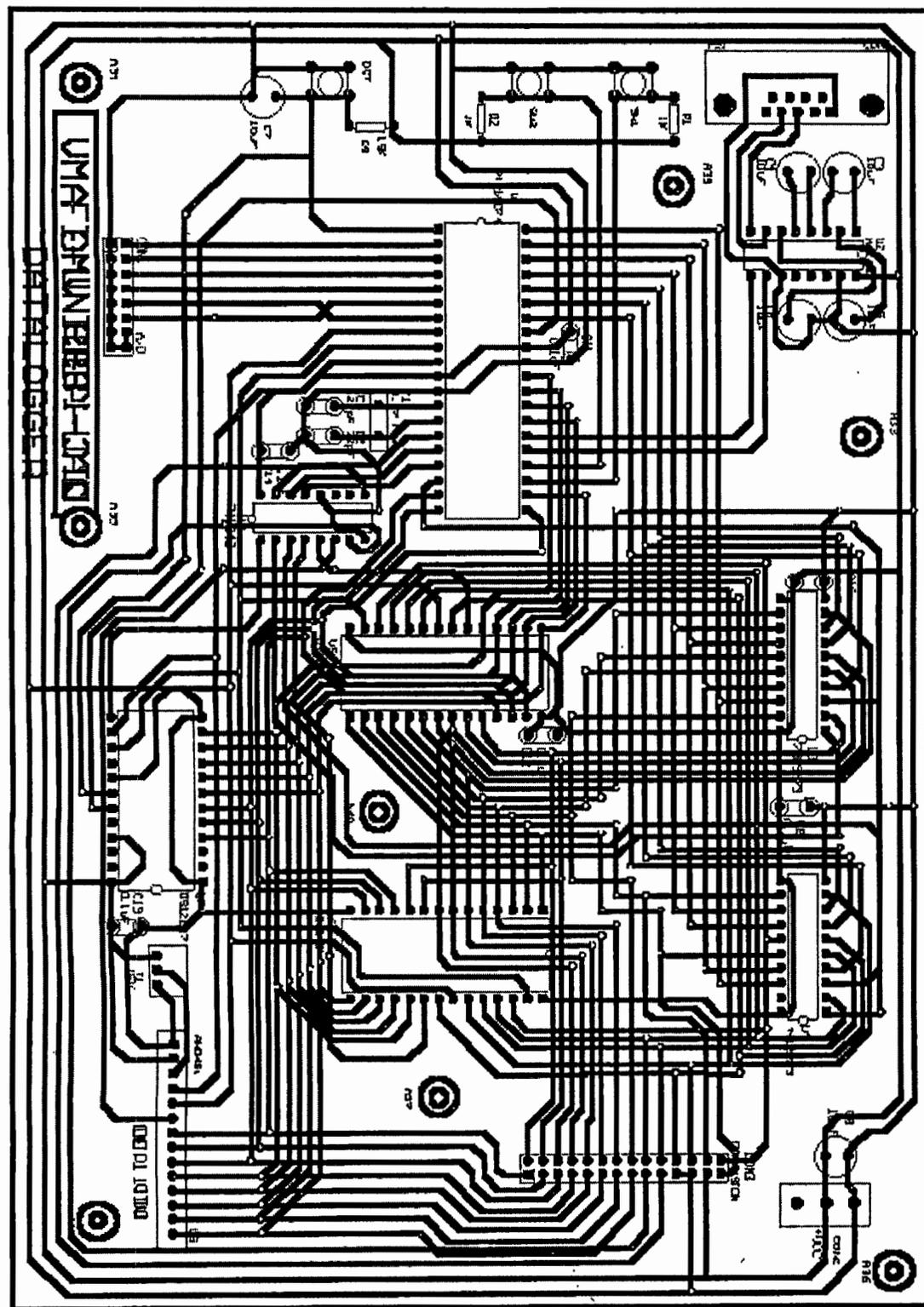
ANEXO C1

Tarjeta impresa de circuito

“Familiarización con el microcontrolador PIC16C74A”



ANEXO C2 "Tarjeta de pruebas del registrador electrónico"



ANEXO C3 "Tarjeta final del registrador electrónico"

