

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Escuela de Ingeniería Electrónica**



**Sistema autónomo de medición de variables de temperatura y humedad relativa en un secador solar para madera con capacidad de transmitir los datos vía USB a un dispositivo flash**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

**Róger Meléndez Poltronieri**

**Cartago, Diciembre 2008**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica****Escuela de Ingeniería Electrónica****Proyecto de Graduación****Tribunal Evaluador**

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

**Miembros del Tribunal Evaluador****Ing. Juan Carlos Jiménez Robles***Profesor lector***Ing. Roberto Pereira Arroyo***Profesor lector***Ing. Arys Carrasquilla Batista***Profesora asesora*

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

**Cartago, 15 de Diciembre, 2008**

## Declaratoria de autenticidad

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

San José, Diciembre 2008



**Róger Meléndez Poltronieri**

*Céd: 1-1152-0367*

## Resumen

El control de variables ambientales como temperatura y porcentajes de humedad relativa, es de esencial importancia en procesos en los cuales la toma de decisiones del mismo, depende estrictamente del comportamiento de estos parámetros.

Para asegurar el secado de la madera, en la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se utiliza entre otros métodos, el secado mediante un secador solar. En éste, la toma de variables de humedad y temperatura, así como la apertura de ventilas que permiten el intercambio de aire interno y externo, es realizado manualmente.

Con esta idea en mente; se diseña un sistema de medición de variables en tiempo real, con transmisión de los mismos, a un dispositivo de almacenamiento masivo tipo flash. Para tal efecto, se hace uso primeramente de la toma de mediciones mediante sensores analógicos, haciendo uso del módulo analógico/digital de un microcontrolador. Para la transmisión de los datos al dispositivo de memoria externa, se utiliza un VDrive2 de Vinculum el cual es un dispositivo que permite el adaptar el manejo USB a dispositivos que no cuentan con esta posibilidad.

Mediante las comparaciones de la consigna de humedad se procede a tomar las decisiones de apertura y cierre de las ventilas del secador. Todo lo anterior permite que el sistema de toma de mediciones actual, sea autónomo, simple y con posibilidad de análisis de datos posteriormente en una interfaz de software implementada en el lenguaje de programación de alto nivel Delphi.

**Palabras clave:** *Temperatura; Humedad relativa; Secador Solar; Microcontrolador; Convertidor Analógico/Digital (ADC); USART; Interfaz  $^{\circ}$ C; Reloj de tiempo real (RTC); Sensor; Controlador Host USB;*

## Abstract

The climate control variables such as temperature and relative humidity are very important in processes where the outcome or end result relies heavily on these input variables.

In the School of Forest Engineering of the Technical Institute of Costa Rica (ITCR) the seasoning lumber, amongst several diverse methods, is done by an air-dried technique which basically consists of constantly measuring temperature and humidity and manually compensating by opening a set of tin shutters which permit ventilation.

Through the implementation of a microcontroller's ADC it is possible to convert the analogue signals produced by the ambient sensors present with the lumber to a binary code which in turn is transmitted in real time and stored in a flash memory. The transmission of these digital signals is accomplished by VDrive2 from Vinculum.

By processing the present information the system is able to make decisions in a manner which is totally independent of an observer or manager, the decisions or outputs variables in turn automatically open and close the atmospheric vents. The variables produced by the sensors and the system are made available after processing through a software interface that applies a high end programming language called Delphi.

**Keywords:** *Temperature; Relative humidity (rh); Solar dryer; Microcontroller; Analog to digital converter (ADC); USART; I<sup>2</sup>C Interface; Real time clock (RTC); Sensor; Host USB Controller;*

## Dedicatoria

*A mis padres Róger y Jenny y a mi hermano Johnny porque sin su amor y apoyo incondicional hubiera sido totalmente imposible finalizar mis estudios como ingeniero.*

*Gracias por estar ahí en todo momento de mi vida.*

## **Agradecimiento**

A Andrea Bermúdez Solano, por la comprensión y apoyo brindado durante todo el desarrollo de este proyecto y mi carrera.

A la profesora Arys Carrasquilla Batista; por la gran cantidad de aportes propuestos para mi proyecto y su excelente labor como profesor asesor además de la oportunidad que me dio para realizar este proyecto de graduación.

A los ingenieros Juan Carlos Jiménez, Roberto Pereira y demás profesores de la Escuela de Ingeniería Electrónica; por su manera particular de inspirarme deseos de seguir adelante y finalizar mi carrera.

# Indice General

<i>Sección</i>	<i>Página</i>
Declaratoria de autenticidad .....	i
Resumen .....	ii
Abstract .....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento .....	v
Indice General.....	vi
Indice de Figuras .....	viii
Indice de Tablas .....	x
1. Introducción .....	1
1.1. Problema existente.....	1
1.2. Solución propuesta.....	2
2. Metas y objetivos.....	3
2.1. Meta.....	3
2.2. Objetivos generales.....	3
2.3. Objetivos específicos.....	3
3. Marco teórico.....	4
3.1. Secadores Solares .....	4
3.1.1 Principio de funcionamiento.....	4
3.1.2 Ventiladas de intercambio de aire.....	7
3.1.3 Aislamiento de calor .....	9
3.2. Tecnología actual aplicada a la solución.....	10
3.2.1 Microcontrolador PIC de Microchip .....	10
3.2.2 Reloj de tiempo real (RTC) .....	14
3.2.3 Sensores Analógicos.....	15
3.2.4 Almacenamiento de datos.....	18
3.2.5 Visualización .....	20
3.3. Principios físicos relacionados.....	21
3.3.1 Temperatura.....	21
3.3.2 Humedad.....	22
4. Solución implementada.....	24
4.1. Diseño del reloj de tiempo real RTC.....	24
4.2. Sensores utilizados.....	32
4.3. Almacenamiento de datos.....	40
4.4. Rutinas para la toma de mediciones .....	54
4.5. Programación de los tiempos entre mediciones .....	56



4.6.	Apertura de ventilas .....	58
4.7.	Etapa de visualización.....	64
4.8.	Etapa de potencia.....	65
4.9.	Rutina principal .....	66
4.10.	Interfaz humano/máquina .....	69
5.	Análisis de resultados .....	72
6.	Conclusiones y recomendaciones.....	75
6.1.	Conclusiones.....	75
6.2.	Recomendaciones.....	76
7.	Referencias .....	78
8.	Apéndices.....	83
8.1.	Glosario .....	83
8.2.	Manual de operación.....	85
8.3.	Diagrama eléctrico completo .....	100
8.4.	Distribución de entradas/salidas del Microcontrolador .....	101
9.	Anexos.....	102
9.1.	Hojas de datos .....	102

## Indice de Figuras

<i>Sección</i>	<i>Página</i>
Figura 3-1 Vista frontal del secador solar para madera de la Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.....	4
Figura 3-2 Principio general de funcionamiento del secador solar. [5].....	6
Figura 3-3 Ventilanas de intercambio de aire del secador solar para madera. ....	8
Figura 3-4 Ventilanas de apertura manual existentes. ....	9
Figura 3-5 Aislamiento de calor. [5].....	10
Figura 3-6 Esquema de un microcontrolador. [11].....	11
Figura 4-1 Establecer la hora en el DS1307. ....	29
Figura 4-2 Obtener la hora del RTC. ....	30
Figura 4-3 Esquemático para el reloj de tiempo real. ....	31
Figura 4-4 Acople entre el microcontrolador y el sensor de temperatura LM35DT. ....	34
Figura 4-5 Conexión del sensor de humedad. ....	36
Figura 4-6 Rutina de toma de mediciones del ADC del microcontrolador. ....	39
Figura 4-7 Rutina de recepción de datos del dispositivo VDrive2. ....	43
Figura 4-8 Transmisión de datos. ....	44
Figura 4-9 Rutina de inicialización del HOST USB. ....	45
Figura 4-10 Buscar dispositivo USB.....	46
Figura 4-11 Abrir el archivo para escribir. ....	49
Figura 4-12 Formato del archivo generado.....	50
Figura 4-13 Escribir en el archivo de texto. ....	51
Figura 4-14 Estructura interna del archivo de texto escrito.....	52
Figura 4-15 Cerrar el archivo. ....	53
Figura 4-16 Conexión entre el dispositivo VDrive2 y el microcontrolador. [3].....	54
Figura 4-17 Rutina de medición de variables. ....	55
Figura 4-18 Rutina de toma de mediciones.....	57
Figura 4-19 Rutina de interrupción. ....	58
Figura 4-20 Procedimiento de apertura manual o automática. ....	60
Figura 4-21 Modo automático de apertura de ventilanas. ....	63
Figura 4-22 Esquemático de la etapa de visualización.....	65
Figura 4-23 Rutina principal. ....	68
Figura 4-24 Rutina principal de la interfaz humano/máquina.....	71
Figura 8-1 Diagrama de descripción del hardware.....	85
Figura 8-2 Pantalla principal de la interfaz de usuario.....	91
Figura 8-3 Información general. ....	92
Figura 8-4 Abrir el archivo de texto. ....	93

Figura 8-5	Leyenda de archivo incompatible.....	94
Figura 8-6	Tabulación y graficas de la información del archivo. ....	94
Figura 8-7	Acercar las mediciones.....	95
Figura 8-8	Acercar el rango de medición. ....	95
Figura 8-9	Aumento de área de graficación. ....	96
Figura 8-10	Gráfico a pantalla completa. ....	96
Figura 8-11	Disminuir la precisión al graficar. ....	97
Figura 8-12	Salvar gráficas.....	98
Figura 8-13	Esquemático completo de la solución. ....	100

## Indice de Tablas

<i>Sección</i>	<i>Página</i>
Tabla 3-1 Tipos de sensores de temperatura. [18] .....	17
Tabla 4-1 Distribución de los sensores de temperatura y humedad en el PIC. ....	38
Tabla 4-2 Distribución de pines del host USB y conexión al PIC.....	53
Tabla 8-1 Descripción del hardware. ....	86
Tabla 8-2 Mensajes de configuración de hora y fecha. ....	87
Tabla 8-3 Distribución de las entradas y salidas del microcontrolador. ....	101

# **1. Introducción**

## **1.1. Problema existente**

La Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica cuenta con un secador solar para madera como uno de los medios de secado de este material, esto debido a que los índices de humedad relativa conseguidos son ideales para que los productos no presenten contracciones en la madera o problemas en la aplicación de adhesivos y acabados.

Durante el proceso actual, dependiendo de la especie de madera a secar, esta puede permanecer dentro del secador hasta por 70 días. Durante todo este tiempo, un operario, debe hacer visitas diarias para tomar las mediciones de humedad y temperatura haciendo uso de sensores portátiles.

Dependiendo de los parámetros medidos, el operario toma diariamente la decisión de abrir o no las ventilas que permiten la salida del aire más húmedo del secador. Esta decisión es tomada siempre y cuando se cumplan una serie de condiciones, como la hora del día o si el valor del porcentaje de humedad relativa interno es mayor al externo, las cuales deben ser bien conocidas por el mismo para que el proceso de secado se lleve a cabo de la mejor manera.

Con lo anterior expuesto es fácilmente identificable el hecho de que el proceso de secado necesita automatizarse, es decir, que dicho proceso no dependa directamente del control manual, sino que pueda hacerse tanto de la recolección de variables ambientales como de la apertura y cierre de ventilas un proceso autónomo.

De esta manera, las visitas se podrían reducir hasta el punto de introducir la madera al secador y dar inicio al proceso de secado, programando los tiempos

de toma de mediciones, y volver al secador solamente por que el proceso de secado ya finalizó y estar en capacidad de recoger los datos que fueron recolectados durante los días en que éste se llevo a cabo para su posterior análisis, graficación y tabulación.

## **1.2. Solución propuesta**

A la hora de proponer una solución; que permitiera solventar este problema, se tomaron en cuenta los aspectos que en principio establecen dicha necesidad. De modo que al realizar el diseño, la solución fuera acorde con las expectativas de la Escuela de Forestal y los requerimientos del proceso como tal.

También se pone atención al hecho de que se va a trabajar a partir de la medición de variables ambientales, en este caso temperatura y porcentajes de humedad relativa, por lo que la escogencia de sensores adecuados para tal efecto es de suma importancia.

Dado que ya se cuenta con el secador solar y con procesos de secado continuos, pero manejados manualmente, se implementa la solución del proyecto haciendo uso de la programación de un microcontrolador. Esto en complemento con el hardware adecuado, permitirán dar autonomía a la toma de mediciones así como a la apertura controlada de ventilas.

El manejo de la transmisión de los valores de las variables que se miden continuamente, se maneja en conjunto con el microcontrolador y un dispositivo de manejo serial llamado VDrive2 de la casa Vinculum.

Por último se implementa el desarrollo de una interfaz de usuario en el lenguaje de programación de alto nivel Delphi. Este software cuenta con las posibilidades de que el usuario tabule los datos medidos en el secador, y por consiguiente pueda graficarlos para su control.

## **2. Metas y objetivos**

### **2.1. Meta**

Optimizar el comportamiento del sistema de recolección de variables de humedad relativa y temperatura así como de toma de decisiones de apertura de las ventilas del secador solar para madera.

### **2.2. Objetivos generales**

- Diseñar un dispositivo capaz de medir y almacenar las condiciones ambientales de humedad relativa y temperatura dentro y fuera del secador solar para madera.
- Controlar las acciones mecánicas de apertura y cierre de las ventilas del secador según sea el valor del diferencial de la consigna de humedad.

### **2.3. Objetivos específicos**

- Medir y almacenar parámetros de humedad relativa y temperatura y estar en capacidad de enviar estos datos a un dispositivo flash mediante el puerto USB.
- Diseñar un prototipo capaz de tomar las decisiones de apertura y cierre de las ventilas del secador mediante las comparaciones del parámetro de humedad relativa interna y externa del mismo.
- Programar un software que brinde una interfase amigable con el usuario, que muestre y grafique los datos de las diferentes mediciones.

### 3. Marco teórico

#### 3.1. Secadores Solares

##### 3.1.1 Principio de funcionamiento

La base del secado mediante cámaras solares, corresponde a la capacidad de las mismas, de almacenar el calor que es generado mediante la incidencia de los rayos solares sobre un colector de temperatura. La idea principal es que el secado sea posible precisamente debido a la utilidad que se le da a este calor generado. En la figura 3-1 se muestra el secador solar de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



**Figura 3-1** Vista frontal del secador solar para madera de la Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Un secador solar para madera cuenta con dos partes fundamentales, la responsable de que el aire se caliente, que se ubica en la parte superior de la



cámara, y por consiguiente el área de apilado de la madera que esta en proceso de secado.

### **Techo del secador solar**

El techo del secador debe garantizar el ingreso de los rayos solares. Para Costa Rica, deberá tener una inclinación de un 10% en dirección Norte-Sur aproximadamente, para que los rayos solares incidan perpendicularmente al colector durante todo el año.

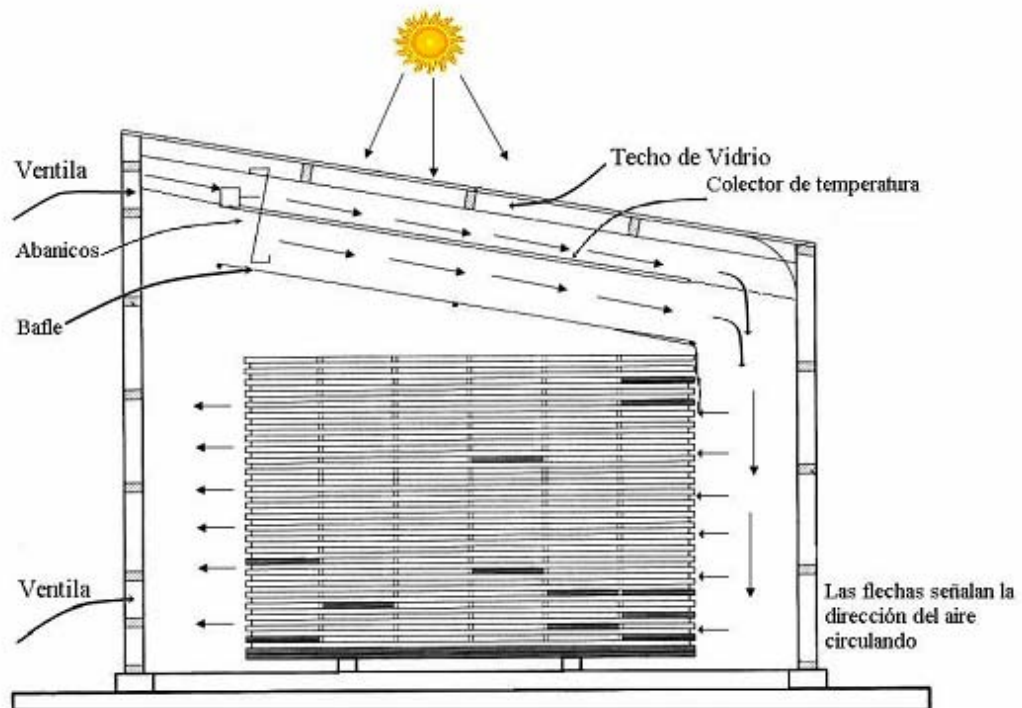
La construcción del techo en un secador solar, requiere de gran atención, pues a través de él, se capta la energía solar que calentará la masa de aire interno de la cámara. Para su construcción se utiliza vidrio o láminas transparentes, pero los mejores resultados se obtienen al utilizar el primero.

Los rayos solares pasan a través del vidrio utilizando onda corta, y una vez atravesado, la misma energía no puede escapar ya que es reflejada en forma de onda larga, permitiendo que dentro de la cámara se cree un efecto invernadero debido a la energía que quedó atrapada. [\[58\]](#)

### **Colector solar**

El colector debe colocarse entre la pila de madera y el techo. Tiene como función capturar la energía solar, la cual se transforma en calor y se transmite luego al aire para calentarlo. Por otro lado, permite que los rayos solares no incidan directamente sobre la madera que se va a secar, para evitar decoloración o grietas al material.

Para la construcción del colector, se utiliza generalmente una lámina de hierro pintada de color negro mate, de al menos 3 mm de espesor. En la figura 3-2 se muestran los componentes principales del secador.



**Figura 3-2** Principio general de funcionamiento del secador solar. [5]

Explicando de una manera sencilla, el principio de funcionamiento general de la cámara de secado, corresponde a que una vez que el aire internamente se calienta, el mismo se pone a circular entre la madera gracias a un sistema de abanicos.

Continuamente la masa de aire caliente se hace circular entre la madera, para que la misma se caliente y con esto, el material libera el agua que contiene, con lo que el proceso de secado inicia. De esta manera los porcentajes de humedad relativa contenidos en el mismo descienden hasta alcanzar los niveles deseados en la industria de la madera.

A pesar del diseño y construcción simple que forma parte del secador en si, la cámara de secado permite y a la vez requiere control sobre algunas condiciones ambientales internas y externas. En este caso temperatura y humedad relativa. Lo anterior se hace posible gracias a que en la cámara se instalan ventilas de

intercambio de aire, es decir, permiten cuando es necesario la salida de aire húmedo y por consiguiente el ingreso de masas de aire fresco para continuar con el proceso.

### **3.1.2 Ventilación de intercambio de aire**

La humedad que se encuentra contenida en la madera, es recogida por la masa de aire que circula a través de la pila, saturando en determinado momento el aire caliente y elevando por consiguiente, el porcentaje de humedad relativa interno de la cámara de secado.

Si esto sucede, el proceso de secado se estanca, y en el supuesto de que dicho exceso de humedad no se saque del secador, el proceso de secado se detendrá, y en el peor caso, la humedad volverá al material.

Para evitar lo anterior, el secador debe tener ventilación de intercambio de masas de aire (Figura 3-4). Dichas ventanas se ubican en las paredes y permiten aperturas controladas para el intercambio de la humedad ambiental interna y externa de la cámara de secado.

Para dicha apertura controlada se consideran algunas condiciones como el hecho de que la humedad externa no sobrepase el 90%, pero la principal condición para la decisión de apertura, es que la humedad interna del secador debe ser mayor a la externa. En la figura 3-3 se muestran las cuatro ventilación del secador solar.



**Figura 3-3** Ventiladas de intercambio de aire del secador solar para madera.

A lo interno el secador solar cuenta con ventiladores que hacen circular las masas de aire caliente. Debido a este movimiento del aire y a la presión interna y externa de la cámara, es que una parte de la masa de aire caliente interna sale de la cámara por las ventiladas y por otro lado, otra porción de aire menos húmedo y por consiguiente mas frío, entra para reemplazar el aire que salió.

El procedimiento anterior, permite que los porcentajes de humedad relativa internamente se reduzcan, pero a cambio de esto se tiende a perder temperatura interna.

El proceso de saturación de humedad de la masa de aire interna se hace mas intenso durante la noche cuando el aire se vuelve mas frío, por lo que la apertura de ventiladas del secador debe hacerse durante la mañana, cuando el sol aun no ha calentado lo suficiente el aire interno de la cámara, de esta manera el sacrificio de temperatura se disminuye.



**Figura 3-4** Ventilación de apertura manual existente.

### **3.1.3 Aislamiento de calor**

Desde el diseño y posterior construcción de un secador solar, es de suma importancia el hecho de evitar en la medida de lo posible cualquier pérdida de calor. Mantener la temperatura internamente es de gran importancia para acelerar los procesos de secado de cualquier especie de madera, y por consiguiente llevar el material a contenidos de humedad que no se alcanzarían en procesos de secado al aire libre.

El principal objetivo del aislamiento es lograr en la medida de lo posible la mayor diferencia entre la temperatura ambiental (medida externamente) y la temperatura a lo interno del secador. En la figura 3-5, puede observarse que el secador se construye evitando en la medida de lo posible cualquier fuga de calor.



**Figura 3-5** Aislamiento de calor. [\[5\]](#)

## **3.2. Tecnología actual aplicada a la solución**

Para la implementación de un diseño adecuado para la solución del problema planteado en el momento de la ejecución del proyecto, se pueden establecer cuatro grandes bloques que centralizan toda la información necesaria para tal efecto. En este caso corresponden a un reloj de tiempo real, una etapa de sensores para variables ambientales, una etapa de almacenamiento de datos y por consiguiente una etapa de visualización. Todo lo anterior es fácilmente manejado por un microcontrolador PIC.

Lo anterior es material suficiente para elaborar una solución adecuada al problema planteado.

### **3.2.1 Microcontrolador PIC de Microchip**

Para el desarrollo de soluciones a problemas específicos, la utilización de un microcontrolador es la base para muchas de ellas, esto debido a la gran cantidad de aplicaciones que se pueden implementar a partir de un dispositivo programable.

De esta manera es fácilmente encontrado en infinidad de proyectos el uso de microcontroladores PIC de Microchip Technology Inc. [10]

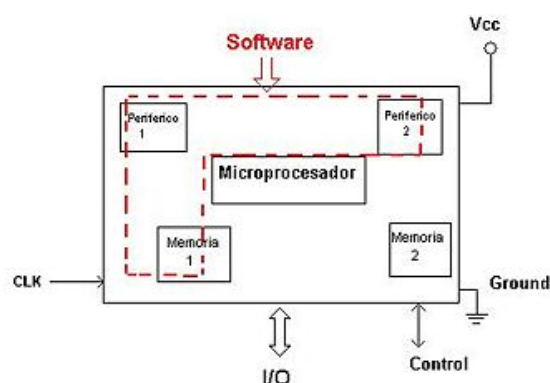
El nombre completo proviene de PICmicro y es usualmente utilizado como Controlador de Interfaz Periférico.

Los mismos se diseñan normalmente para reducir el consumo tanto de energía como del costo económico de un sistema en particular. Es por esta razón que la cantidad de puertos, periféricos, memoria y el tamaño de la unidad central de procesos, dependerán de la aplicación.

La escogencia del microcontrolador debe hacerse basado en el conocimiento previo de los módulos internos que el mismo debe poseer. Esto para garantizarse que todos los procedimientos podrán ser ejecutados correctamente.

Un microcontrolador básico, posee una pequeña cantidad de memoria RAM, ROM/EPROM/EEPROM/FLASH, así como un generador de reloj integrado. De esta manera es más que suficiente algunas líneas de un programa de control y un cristal externo de sincronización para hacer funcionar una aplicación específica.

[11] Un diagrama de bloques general de un PIC sería el de la figura 3-6.



**Figura 3-6** Esquema de un microcontrolador. [11]

El uso de señales analógicas y digitales puede ser manejado en conjunto y sin ninguna dificultad. De ahí que sea posible la implementación de un dispositivo que controle variables ambientales y que a partir del análisis interno de las mismas tome decisiones específicas.

En este caso específico, es importante que el microcontrolador cuente con un módulo ADC, el cual corresponde a un dispositivo de entrada/salida para conversiones analógico a digital, un módulo UART para el manejo del puerto serial del PIC y por consiguiente buses de interfaz serial especializado como I<sup>2</sup>C.

### **Módulo Convertidor A/D (ADC)**

Para un microcontrolador de 40 pines se cuenta con 8 canales de entrada analógica. La conversión de una señal de entrada analógica, resulta en su equivalente digital en 10 bits de resolución. Esto quiere decir que para entradas de voltaje analógicas entre 0 y 5 voltios, se posee una precisión de 4.88 mV por cada cambio del ADC.

De este modo, se puede trabajar con señales analógicas externas al PIC, y establecer su equivalente digital internamente por medio de la matemática del microcontrolador.

Es posible la obtención de datos de cada canal mediante la programación del microcontrolador. De este modo se puede contar con 4 sensores distintos, por ejemplo, en 4 canales del ADC pero solamente obtener el valor medido por uno de ellos en el momento deseado activando el módulo A/D y ese canal en específico.



## Puerto RS-232 y USART

USART corresponde al acrónimo de Transmisor/Receptor Asíncrono Síncrono Universal y corresponde a uno de los dos módulos seriales de entrada/salida de un microcontrolador. Dicho módulo es bien conocido como SCI ó Interfaz Serial de Comunicación.

El USART puede ser configurado de varias maneras, una de ellas como un sistema asíncrono full-duplex que pueda comunicarse con dispositivos periféricos como terminales CTR o computadores personales o bien puede ser configurado como sistema síncrono half-duplex para ser comunicado con dispositivos periféricos como circuitos integrados para aplicaciones específicas tales como convertidores analógico digital o viceversa, y memorias externas seriales tipo EEPROM. [\[8\]](#)

UART en este caso transmisor/Receptor asíncrono Universal, es utilizado en conjunto con otros estándares de comunicación como lo son EIA RS-232, [\[13\]](#) donde EIA corresponde a Electronic Industries Alliance la cual es una asociación comercial de productos electrónicos en los Estados Unidos de América. Por otro lado RS-232 significa en telecomunicaciones: Estándar Recomendado 232 que es un estándar para datos binarios seriales conectados entre un Equipo Terminal de Datos DTE y un DCE o Equipo Circuito-Terminación de Datos. [\[12\]](#)

### Modo Asíncrono del USART

En este modo, el USART utiliza el estándar de formato NRZ (No retorna cero). Hace uso de un bit de inicio, ocho o nueve bits de datos y un bit de parada, siendo ocho bits lo más común. Se hace uso de un generador de baudios de 8 bits interno al micro dedicado exclusivamente para derivar tasas de baudios estándar a partir de frecuencias del oscilador. El USART transmite y recibe primero el LSB.

Tanto el transmisor como el receptor son funcionalmente independientes pero utilizan el mismo formato de datos y la misma tasa de baudios.

## **Interfaz I<sup>2</sup>C**

Algunos microcontroladores poseen un módulo especializado llamado Puerto Serial Síncrono Maestro (MSSP). Esta es una interfaz serial de gran utilidad en la comunicación con otros periféricos u otros dispositivos microcontroladores.

Todos estos dispositivos periféricos, pueden ser EEPROMs de manejo serial, registros de desplazamiento, controladores para displays, convertidores analógico/digital, etc.

El módulo MSSP puede operar en dos modos distintos: Interfaz Serial Periférica (SPI) ó Circuito Inter-Integrado (I<sup>2</sup>C) tanto en modo de esclavo o maestro.

La interfaz hace uso únicamente de dos líneas bidireccionales Dato Serial (SDA) y Clock Serial (SCL). Un diseño de referencia posee un espacio de 7 bits de dirección y 16 direcciones reservadas, por lo tanto un máximo de 112 nodos podrían comunicarse haciendo uso del mismo bus. El máximo número de nodos está limitado por el espacio de direccionamiento y por una capacitancia total del bus de 400 pF, lo cual restringe las distancias prácticas de comunicación a pocos metros. [\[14\]](#)

### **3.2.2 Reloj de tiempo real (RTC)**

Es de gran importancia contar con sistemas que toman el tiempo como una de sus variables principales. En éste caso, el manejo de variables ambientales va de la mano completamente con la toma de decisiones en tiempo real.

El desarrollo de un reloj de tiempo real se puede hacer de varias maneras. Una es implementarlo por software, es decir programarlo en código dentro del microcontrolador, haciendo uso de los módulos temporizadores internos del PIC. La desventaja de hacerlo así, es que se hace uso de mucha matemática interna en el microcontrolador. Esta es una buena implementación cuando lo único que se desea realizar es un reloj. Ahora bien cuando se utiliza más de un módulo interno del PIC para hacer varias tareas como tomar mediciones del ADC, hacer cálculos matemáticos a partir de estos valores y utilizar el puerto serie, es conveniente hacer uso de un reloj de tiempo real externo.

Existe amplia variedad de dispositivos que generalmente hacen uso de interfaces seriales para trabajar, que son RTC, es decir se inicializan por software con una hora y fecha específica, y luego mantienen estos datos para que un microcontrolador pueda obtener en cualquier momento deseado la hora del día. Con esto se hace uso de un poco más de hardware pero la programación se hace más sencilla.

El término RTC es comúnmente utilizado para evitar confusiones con relojes de hardware ordinario, los cuales corresponden a señales que rigen el comportamiento de la electrónica digital y que por lo tanto no siempre cuentan el tiempo en las unidades que el ser humano está acostumbrado en este caso los segundos. [\[15\]](#)

### **3.2.3 Sensores Analógicos**

Los sensores analógicos, generan valores menos estables que un sensor digital, en el sentido de que generalmente los valores medidos deben ser acondicionados antes de utilizarlos o analizarlos con un microcontrolador por ejemplo.

Los digitales por otro lado hacen uso de una interfaz serial como SPI en la mayoría de casos. Los sensores para medición de variables ambientales como temperatura y humedad relativa se implementan de igual manera, tanto analógica como digital y su utilización o escogencia depende de la aplicación específica.

En general un sensor mide en su mayoría fenómenos físicos y manifestaciones de cualidades, como velocidad, cantidad, humedad, temperatura, etc. Para decirlo fácilmente es un transductor que transforma la magnitud que se desea medir en otra que facilita grandemente su medida como por ejemplo voltaje. [\[16\]](#)

Actualmente, la medición de temperatura y porcentajes de humedad relativa, es un aspecto muy utilizado en la industria y en la vida diaria de todas las personas. Muchas aplicaciones electrónicas, toman en cuenta la medición de estas variables ya que en la mayoría de los casos, las aplicaciones finales son procesos eficientes y económicos.

El gran avance de la electrónica en la industria, ha permitido el desarrollo de una gran variedad de sensores de humedad y temperatura, desde los básicos hasta los más costosos y complejos.

## **Sensor de temperatura**

Existen sensores de temperatura digitales y analógicos. Ambos generan valores que de un modo u otro deben ser analizados mediante un dispositivo que en la mayoría de los casos es un microcontrolador.

La mayoría de sensores de temperatura analógicos como el LM35 o LM335 poseen dos terminales de alimentación y una patilla de dato de salida, en la cual se obtiene un valor de voltaje que representa una equivalencia al valor de temperatura medido en ese momento por el sensor. Es este valor de voltaje el

que se analiza, se pasa por un convertidor analógico digital y se almacena para su posterior representación o para tomar alguna decisión en algún proceso específico. La tabla 3-1 muestra algunos de los tipos de sensores de temperatura existentes.

**Tabla 3-1** Tipos de sensores de temperatura. [18]

Tipo	Analógicos	Digitales	Analog plus	Controladores del sistema
<b>Descripción</b>	La señal que proporcionan, es proporcional al valor de temperatura.	Poseen un bus de comunicación pues su salida es digital. Las interfaces mas utilizadas son I <sup>2</sup> C y SPI.	La relación de tiempos en alto/bajo, la frecuencia y el periodo de una señal cuadrada son directamente proporcionales al valor de temperatura medido.	Son las más complejos y especializados de los anteriormente expuestos. Producen señales de alarma en caso de tensiones fuera de rangos preestablecidos, controlan refrigeración, etc.

## Sensor de humedad

De igual manera que los sensores de temperatura, los podemos encontrar desde los más sencillos y económicos hasta aquellos muy elaborados y complejos. Es muy común observar sensores de humedad relativa y temperatura en un mismo encapsulado, esto debido a que en la mayoría de aplicaciones, se hace uso de la medición de ambas variables ambientales. Un ejemplo de sensor de humedad relativa, es el HIH-4000-001 de la casa Honeywell. Este sensor es lineal y la humedad está dada por una ecuación de línea recta en función de su voltaje de salida. De acá que sea de gran facilidad analizar los porcentajes de humedad relativa en el ambiente por medio de este sensor analógico.

## **Acondicionamiento de la señal**

Es de suma importancia el procesar correctamente las señales provenientes de un sensor analógico. Las señales que son registradas por un sensor son normalmente bajas en amplitud y a frecuencias de funcionamiento normal, el sensor y su interfaz presentan una alta impedancia.

Las funciones de la unión de la interfaz de un sensor y los circuitos que procesan las señales también llamados acondicionador de señales CAS, son primeramente amplificar la señal, transformación de la impedancia y el filtrado. La amplificación, es en este caso la actividad más importante, pues la mayoría de los sensores, generan señales que son normalmente bajas en amplitud.

El hecho de amplificar una señal, aumenta la relación señal/ruido y disminuye el efecto del ruido externo y por consiguiente, permite que el rango del convertidor analógico/digital se aproveche al máximo. [\[1\]](#)

### **3.2.4 Almacenamiento de datos**

En aplicaciones en las cuales se realizan mediciones de variables, el almacenamiento de datos es de gran utilidad. Dichos parámetros almacenados, sirven para la toma de decisiones, posterior tabulación, análisis, y por consiguiente graficación en muchos casos.

Si se hace uso de un microcontrolador, los datos se pueden almacenar en memoria interna del PIC, pero generalmente la misma no es muy amplia. Es decir no se puede almacenar gran cantidad de variables. Es por esto que se tiende a utilizar dispositivos periféricos externos al microcontrolador para almacenamiento de datos.

Dichos dispositivos son normalmente memorias EEPROM externas de manejo serial, o en otros casos controladores de dispositivos de almacenamiento masivo USB tipo flash. Estos dispositivos se han hecho muy comunes actualmente en aplicaciones en las cuales ahora las memorias encapsuladas en un chip externo al microcontrolador, están siendo sustituidas por circuitos electrónicos en los que el almacenamiento se hace directamente en un dispositivo USB tipo llave maya.

Lo anterior facilita el hecho de que los datos almacenados en un pendrive, directamente desde un microcontrolador, sin uso directo de una computadora, puedan ser llevados luego a cualquier ordenador para extraer los datos en archivos de extensión .txt por ejemplo, fácilmente manejables por interfaces de usuario implementadas en lenguajes de alto nivel para graficación y o tabulación.

## **Controladores Host USB**

Cuando se trabaja directamente con dispositivos de almacenamiento masivo USB, mediante un microcontrolador PIC, se podría pensar que el mando de dichos dispositivos puede complicarse hasta el extremo de hacer el manejo de la tabla de asignación de archivos a partir de un dispositivo que no cuenta con el hardware necesario para tal actividad, esto por que, tanto el microcontrolador como la llave USB, son dispositivos esclavos, y se requiere que al menos uno de los dispositivos sea Master.

Si el trabajo lo hiciera un ordenador, seria fácilmente solucionado al hacer que el computador tome el papel de maestro para así transferir los datos desde el mismo hasta el dispositivo flash.

Mediante el uso de un controlador host USB por ejemplo de la casa Vinculum [\[17\]](#), que posee un chip integrado tipo FTDI (Future Technology Devices

International) se maneja la interfaz Host USB así como funciones de transferencia de datos.

Cuando un dispositivo de almacenamiento masivo tipo llave maya o cámara digital es conectado, Vinculum también hace transparente la estructura de archivos FAT, comunicando vía UART, SPI o interfases paralelas FIFO mediante la implementación de un simple set de comandos.

Vinculum es una poderosa herramienta utilizada actualmente para adaptar capacidades USB a dispositivos o productos que previamente no contaban con los recursos de hardware disponibles para tal efecto.

### **3.2.5 Visualización**

La etapa de visualización en los circuitos electrónicos, se considera la guía o seguimiento del proceso que se controla. Ya sea mediante luces indicadoras, displays de 7 segmentos o bien los más especializados LCD, se puede mostrar al usuario las distintas banderas, alarmas e información en general relevante en determinada rutina.

Si se utiliza un LCD manejado directamente a partir de un microcontrolador, las rutinas de inicialización y envío de datos son fácilmente implementadas.

Ahora bien, al hacer la implementación de las rutinas del programa en PIC-C, se puede usar las librerías que previamente fueron implementadas para dar manejo a estos dispositivos periféricos. De este modo, si se utiliza un LCD, el trabajo se limita únicamente a importar las librerías, inicializarlo y se estará en capacidad de enviar los datos en el momento deseado.



Para el manejo de este dispositivo, se requiere de al menos siete líneas del microcontrolador. Tres líneas de control y cuatro de datos. El control es realizado por las líneas E (Enable), R/W (Read/Write Select) y RS (Data/Instruction Register Select).

### **3.3. Principios físicos relacionados**

#### **3.3.1 Temperatura**

La temperatura, físicamente está relacionada para un sistema termodinámico, con la energía interna del mismo. Corresponde a una magnitud escalar, y esta asociada al movimiento de las partículas del sistema, ya sean vibraciones, movimiento trasnacional y rotacional. Entre mayor sea la energía interna y por consiguiente el movimiento de las partículas, mayor será la temperatura del objeto.

Cuando se habla de la temperatura de un objeto sólido, la misma corresponde a la vibración de las partículas en su sitio dentro del objeto.

Es importante ver que una causa a nivel microscópico como la energía promedio por partícula, es una propiedad de los sistemas físicos a nivel macroscópico.

La temperatura esta estrechamente ligada con la energía interna y la entalpía, es decir a mayor temperatura, mayor será el valor tanto de entalpía como de energía interna. [\[19\]](#)

## Unidades de temperatura

Las escalas de medición de temperatura se dividen normalmente en dos tipos: las relativas y absolutas. Los valores que se pueden alcanzar para esta variable, no tienen un máximo establecido, pero si un valor mínimo que corresponde al cero absoluto. Las absolutas como su palabra lo dice, se basan en el cero absoluto para dar su definición.

Las diferentes escalas relativas por ejemplo el Grado Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), basan la medida de temperatura en valores mínimo y máximo. Para el anterior en especial, se basa en el punto de fusión y de ebullición del agua.

Por otro lado, las escalas absolutas se conocen como escalas de dos puntos, pues asignan valores distintos de temperatura en dos puntos distintos. La escala más utilizada es el Kelvin (K). [\[19\]](#)

### 3.3.2 Humedad

La cantidad de vapor presente en el aire es conocida como humedad. Es expresada como gramos de agua por kilo de aire seco. [\[20\]](#) La humedad puede ser atmosférica, absoluta, específica o relativa:

**Atmosférica:** Esta depende de la temperatura, por lo que es mucho mas elevada en masas de aire caliente. Es la cantidad de vapor de agua en el aire. Podemos medirla mediante un higrómetro y es expresada mediante los términos de humedad relativa, absoluta y específica.

**Absoluta:** A la masa total de agua que existe en el aire por unidad de volumen (gramos por metro cúbico de aire) se le llama humedad absoluta.

**Específica:** Corresponde a la masa de agua en estado gaseoso en un kilogramo de aire húmedo (gramos por kilogramo de aire).

**Relativa:** Es una relación porcentual, entre la cantidad de vapor de agua real en la atmósfera y la máxima que podría contener a idéntica temperatura.

## **4. Solución implementada**

Con una idea clara en mente acerca de lo que representa el problema planteado, se procedió a una implementación que cumpliera con las expectativas esperadas.

El diseño completo a partir de este punto será basado en función del uso de un microcontrolador de la familia Microchip. El mismo debe poseer o contar con el módulo ADC, USART, interfaz I<sup>2</sup>C y al menos tres puertos de entrada/salida.

El manejo de memoria interna del PIC no es extenso por lo que después de un análisis previo, se decide hacer uso del microcontrolador 16F877A de Microchip. Este dispositivo cuenta con todas las características anteriores, posee memoria RAM y ROM suficiente para implementar un programa mediante el cual se ejecuten todas las rutinas necesarias para la solución del problema.

La programación del microcontrolador se lleva a cabo utilizando el lenguaje C para PICs (PIC-C), y la compilación del mismo llevada a cabo mediante el uso del compilador PCWH versión 4.049.

### **4.1. Diseño del reloj de tiempo real RTC**

El sistema como tal debe hacer un manejo de la variable tiempo, por lo que el inicio del diseño se basó en la búsqueda de un reloj de tiempo real lo suficientemente preciso.

La manera de implementar un reloj, es variable. Existen varios métodos entre los cuales el diseño por software a lo interno del PIC fue la primera opción puesta a prueba.

Se pueden generar rutinas internas programadas en el microcontrolador, con las cuales los módulos temporizadores del PIC, son los que generan los retardos necesarios para obtener el tiempo en segundos, minutos y horas por consiguiente. Haciendo uso entonces de las interrupciones internas del Timer0, Timer1 o bien el Timer2, se procede a generar una rutina principal que lleve el tiempo.

Dentro de las librerías del programa PIC-C, se encuentran muchos ejemplos que hacen uso de los Timer. Entre estos ejemplos uno en especial llamado `ex_rtctimer.c` hace uso del Timer2 para generar un reloj de tiempo real.

Ahora bien, el programa hace uso de librerías de PIC-C preestablecidas como `time.h` y `rtctimer.c` las cuales aparte de ocupar demasiado espacio en la memoria del microcontrolador que bien será utilizada en otras rutinas para el programa, generaban retardos en la base de tiempo de segundos por lo que después de pruebas fue descartado como base para el desarrollo del reloj deseado.

Investigando un poco las posibilidades de implementar el reloj con base en un chip externo, y después de analizar los diferentes relojes de tiempo real encapsulados en el mercado tales como el DS1820, DS1302, DS1305 o bien DS1307, de Maxim Dallas Semiconductor, los cuales son los más utilizados en aplicaciones mediante un microprocesador, se llevó a cabo la solución a partir del DS1307.

El DS1307 es un reloj/calendario de baja potencia que posee 56 bytes de memoria SRAM y posibilidad de batería de respaldo. El mismo provee información de segundos, minutos, horas, día de la semana, fecha, mes y año. La fecha al final del mes tiene corrección para meses de menos de 31 días, y por consiguiente corrección para año bisiesto. El DS1307 opera como dispositivo esclavo sobre el

bus I<sup>2</sup>C. Posee direcciones de registros internos para llevar así cada variable de tiempo, así como las direcciones de memoria internas para respaldo.

El principio de funcionamiento del mismo es: para obtener acceso al chip, se implementa por software una condición de INICIO (START) previendo al dispositivo de un código de identificación seguida de una dirección de registro. Los demás registros internos, pueden ser secuencialmente accedidos, hasta que una condición de PARADA (STOP) se ejecute.

### **Protocolo de datos de comunicación utilizado**

Como bien se aclaró anteriormente, el DS1307 soporta el protocolo I<sup>2</sup>C. Un dispositivo que envía datos por el bus es definido como transmisor, y el que los recibe es por consiguiente el receptor. Ahora bien el dispositivo que controla un mensaje es conocido como MASTER o maestro y por el contrario, el que es controlado por el maestro se llama dispositivo esclavo. Lo anterior para llegar a que el bus es controlado por un dispositivo maestro que genera la señal de reloj (SCL), controla también el acceso al bus y las señales de inicio y detención o parada. Todo lo anterior es controlado por rutinas en el microcontrolador, y el DS1307 opera en el modo de esclavo para el bus I<sup>2</sup>C.

Condiciones para poder utilizar de la manera correcta el reloj de tiempo real:

- La transferencia de datos puede ser únicamente iniciada si el bus no se encuentra ocupado.
- Durante las transferencias de datos, la línea de datos debe permanecer estable siempre y cuando la línea de reloj se encuentre en alto. Los cambios en la línea de datos que se presenten cuando la línea de control permanezca en alto, serán interpretados como señales de control.

De este modo, las condiciones que se generan son:

Bus no ocupado: Tanto la línea de datos como la de control permanecen en alto.

Inicio de transmisión: Un cambio en la línea de datos de un estado alto a bajo, cuando la línea de reloj (SCL) permanece en alto se llama START o inicio.

Detención o parada de transmisión: Un cambio en la línea de datos (SDA) de un estado bajo a alto, cuando la línea de reloj se encuentra en alto se llama STOP o detención.

Dato válido: El estado de la línea de datos representa un dato válido, después de una condición de inicio de transmisión, si el dato es estable durante el estado alto del periodo de la línea de reloj. El dato puede variar durante el estado bajo del periodo de la línea de reloj. Hay un pulso de reloj por cada bit del dato.

Cada transferencia de datos, es iniciada con una condición de START, y finalizada con una condición de STOP. El número de datos que serán transferidos entre START y STOP es ilimitado, y es definido únicamente por el dispositivo master. El DS1307 trabaja en el modo estándar de velocidad de 100KHz.

Reconocimiento: Si más de un dispositivo se está utilizando en el diseño, y ocupa el bus I<sup>2</sup>C, es decir se maneja también por este protocolo, cada dispositivo cuando es diseccionado, está obligado a generar un reconocimiento después de la recepción de cada byte. El Maestro genera un pulso extra de reloj que está directamente asociado con el bit de reconocimiento,

Para el caso de éste diseño específico, únicamente un dispositivo hará uso del bus serial I<sup>2</sup>C. Dicho dispositivo es el RTC DS1307.

Teniendo en mente el funcionamiento de la interfaz I<sup>2</sup>C, se hace sencillo crear las rutinas del programa de control del DS1307 para programar la hora y

fecha deseada, y posterior a esto estar en capacidad de obtener las mismas en el momento deseado.

Serán necesarias rutinas para establecer hora y fecha en los registros internos del RTC, así como la obtención de la hora. Es decir que una vez inicializadas las variables globales del sistema que serán almacenadas luego en los registros internos del DS1307 con el fin de inicializar la hora, se procede a hacer uso únicamente de dos rutinas: Establecer la hora y Obtener la misma. A continuación el diagrama de flujo de cada uno de ellos, basado en la programación del PIC en el lenguaje mencionado al inicio de la implementación de la solución.

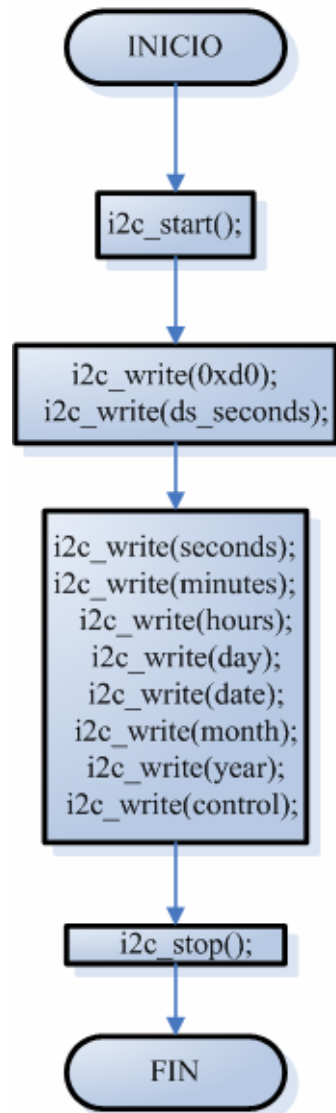
### **Establecer la hora del DS1307**

Se puede notar de la figura 4-1, donde se muestra el diagrama de flujo del programa para establecer hora y fecha, que tal y como se explicó anteriormente la transmisión de datos, se hace únicamente hasta que se dio una orden de START. Una vez finalizada la carga de los registros con los valores adecuados, se procede a dar una orden desde el microcontrolador y de manera programada para la detención o STOP.

Entonces y de manera más generalizada, se procede a dar inicio al I<sup>2</sup>C, se direcciona luego la escritura en el DS1307 y a indicar que se dará inicio a la escritura a partir del registro de los segundos. Una vez hecho lo anterior, se esta en capacidad de escribir uno a uno y secuencialmente los registros de segundos, minutos, horas, día, mes, año y control con el valor correspondiente a la hora y fecha correcta. Por último se detiene la interfaz I<sup>2</sup>C.

Una vez que la rutina de programa para establecer hora sea llamada, el DS1307 ya estará marcando el tiempo.





**Figura 4-1** Establecer la hora en el DS1307.

### Obtener la hora del DS1307

Para obtener la hora del dispositivo RTC, basta con llamar al procedimiento del diagrama de flujo de la figura 4-2. De igual modo se inicia la interfaz serial, para posicionarse en el registro de los segundos. La variante respecto a la rutina explicada anteriormente, es que se inicia nuevamente la interfaz I<sup>2</sup>C pero ahora para leer el DS1307 estableciendo una dirección distinta en la escritura del RTC. De esta manera se pueden luego modificar nuevamente las variables del

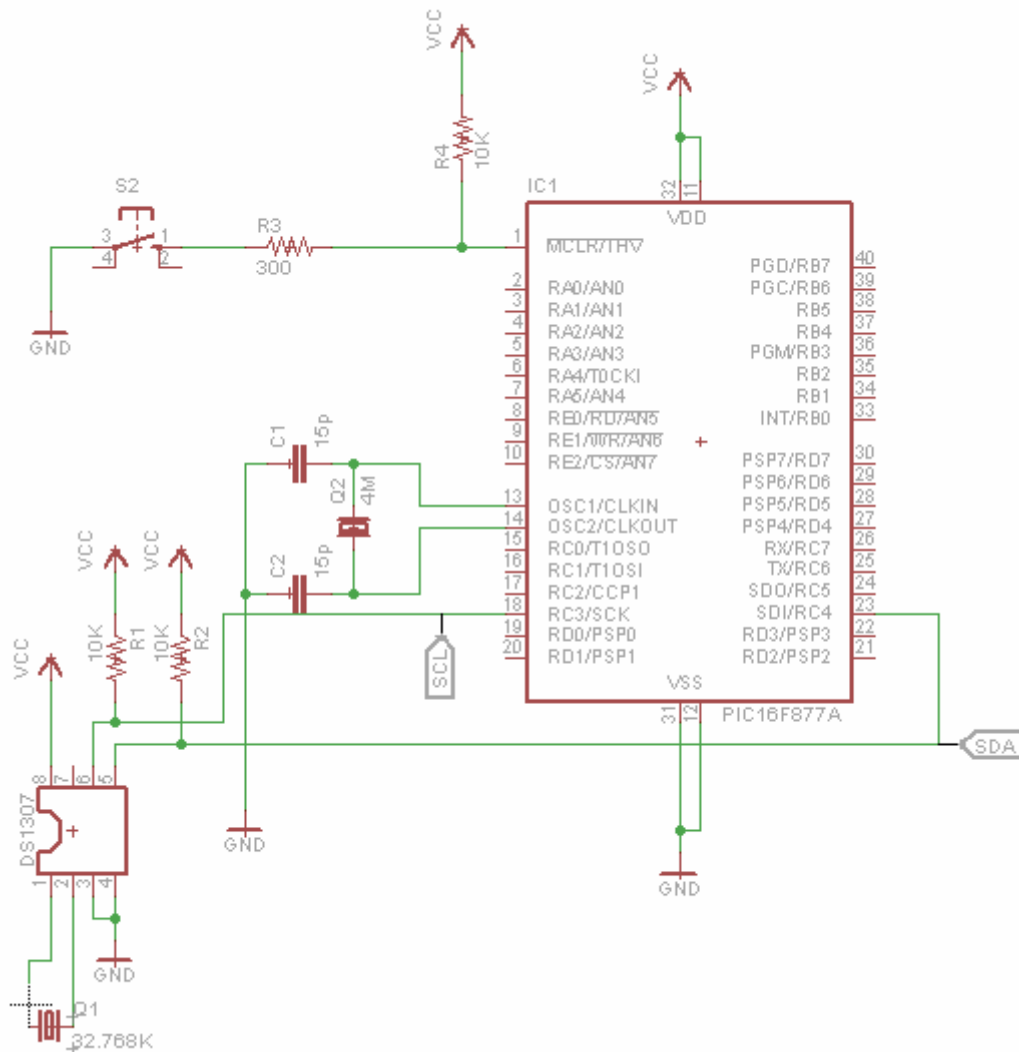
programa, pero ahora con los valores internos manejados por el DS1307 para el tiempo y fecha correctos. Para finalizar se da STOP nuevamente a la interfaz.

Para obtener la hora y fecha correctas se llama a esta rutina la cantidad de veces que se desee.



**Figura 4-2** Obtener la hora del RTC.

El esquemático para el reloj de tiempo real se muestra en la figura 4-3.



**Figura 4-3** Esquemático para el reloj de tiempo real.

La configuración utilizada para el dispositivo DS1307, es la recomendada por el fabricante. Se utiliza un cristal de 32.768KHz que no requiere de capacitores o resistencias externas para funcionar correctamente y generar las bases de tiempo correctas.

Como puede observarse, el RTC funciona únicamente a partir de dos líneas: SDA y SCL, funcionando como esclavo. Dichas líneas son open drain por lo que para su funcionamiento se requieren resistencias de pullup.

## 4.2. Sensores utilizados

Para la toma de mediciones de temperatura y porcentajes de humedad relativa, se procedió a utilizar sensores analógicos. Lo anterior implica el uso de cuatro canales del puerto A del microcontrolador. Se debe hacer uso de cuatro sensores. Dos de ellos para la medición de temperatura y los otros dos para humedad.

Los sensores deben tomar datos del interior y exterior del secador solar, por lo que se instalará uno de humedad y temperatura dentro y los otros dos fuera de la cámara de secado.

Para realizar las mediciones de temperatura, se emplea un sensor muy utilizado en aplicaciones de este tipo. El sensor es el LM35 de Nacional Semiconductor. Dicho sensor es lineal, es decir su salida de voltaje es linealmente proporcional a la temperatura en grados centígrados. Posee una precisión calibrada de 1 °C y un rango de temperatura de -55 °C a +150 °C. La salida de voltaje del sensor corresponde a 10mV por grado Centígrado. [\[9\]](#)

Para la medición del parámetro de humedad, se hace uso de un sensor analógico de la casa Honeywell. El sensor HIH 4000-001 consta de un encapsulado de tres pines, lo suficientemente pequeño para adaptarlo a cualquier circuito de medición de la manera más sencilla. Dos de las patillas son para su alimentación, y la otra para su salida de voltaje la cual es lineal en función del porcentaje de humedad relativa en el ambiente.

Según la hoja de datos del fabricante, la construcción del sensor posee integrada una pequeña etapa de acondicionamiento de señal. Los voltajes de salida del sensor son valores en el orden de voltios, específicamente de un voltio a cuatro voltios aproximadamente según la ecuación de línea recta de la hoja de

datos, por lo que la salida del sensor puede ser directamente conectada al circuito convertidor analógico/digital que en este caso se encuentra integrado como parte de uno de los módulos internos del microcontrolador.

### **Acople de los sensores de temperatura**

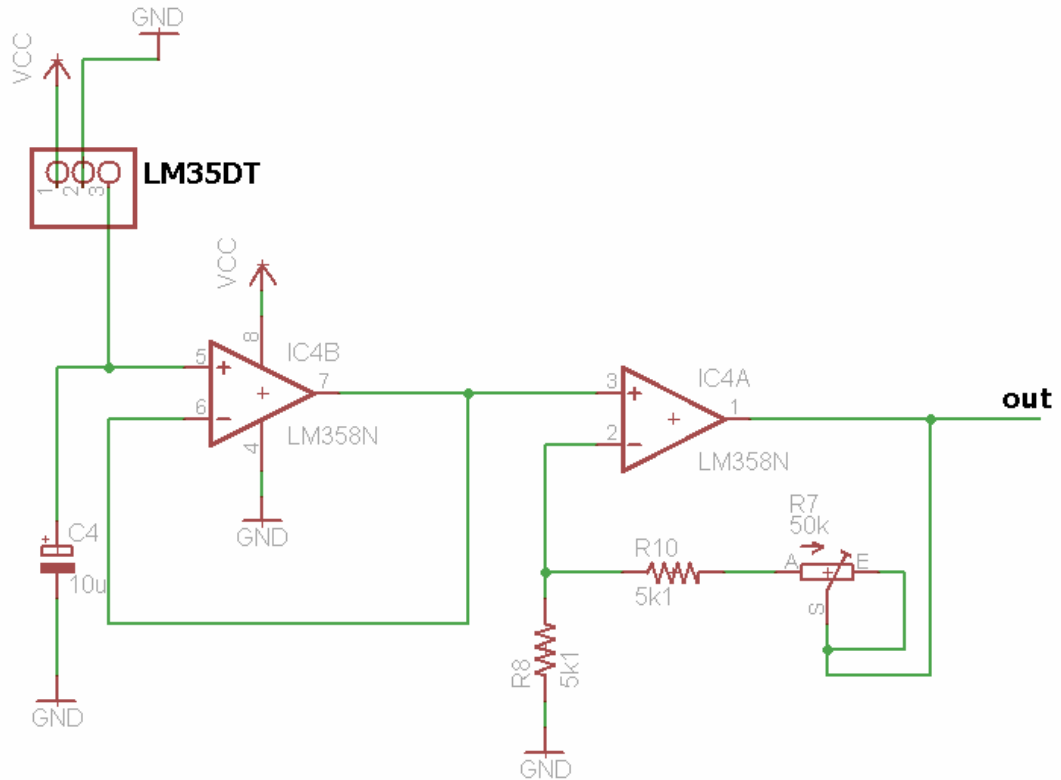
Los valores de voltaje de salida del sensor LM35, están en el orden de los mV, por lo que es preferible implementar un circuito de acople y amplificación entre el sensor y el microcontrolador. Esto es importante debido a que si se utiliza la salida directamente conectada del sensor al ADC del PIC, los valores medidos serán magnitudes muy pequeñas de voltaje y valores ruidosos y erróneos generalmente.

Cabe destacar que la mayoría de sensores analógicos, son muy sensibles, por lo que al tocarlos o recibir corrientes fuertes de aire, los valores de voltaje de su salida inducirán a obtener valores erróneos en la medición.

Para la implementación del circuito de acople, se tomó en cuenta que tanto dentro como fuera del secador la temperatura mínima es la temperatura ambiente, y la máxima temperatura según datos obtenidos de un experto en la Escuela de Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, es aproximadamente 65 °C. Ahora bien, el ADC del PIC está configurado para trabajar con todas las entradas analógicas y con voltaje mínimo de 0 V y máximo voltaje de operación VDD, es decir 5 V.

De esta manera se pensó como ganancia de la etapa de amplificación, un valor de 3 para que dado el valor de temperatura máximo, el sensor genere un valor que incrementado en esta etapa, no sobrepase los 5 voltios de operación del ADC y se encuentre dentro del rango de medición.

El circuito de acople entre los sensores de temperatura y el microcontrolador corresponde al de la figura 4-4.



**Figura 4-4** Acople entre el microcontrolador y el sensor de temperatura LM35DT.

La implementación consiste en hacer uso de un amplificador operacional LM358 que tiene la característica de alta ganancia y compensación en frecuencia, además de permitir el trabajo con fuentes monopolares. Un solo encapsulado de 8 pines consta con dos amplificadores operacionales, lo que reduce el tamaño del diseño.

Se cuenta con un seguidor de tensión para tomar el valor de voltaje de salida del sensor y realizar el debido acople de impedancias, así como un capacitor de acople para eliminar el ruido de la señal de entrada. Posteriormente se cuenta con un amplificador no inversor para el cual la ganancia se ajusta en 3. Para tal

efecto se hace uso de un potenciómetro de precisión multivuelta, y como ganancia mínima se tiene un valor de 2.

De esta manera se puede acoplar el valor del voltaje de salida del sensor y el ADC del microcontrolador para realizar la matemática interna y obtener una representación correcta de los datos de temperatura.

De la figura 4-4 es fácilmente calculada la ganancia del circuito como:

$$\Delta V = \frac{R7 + R10}{R8} + 1 \quad (3.1)$$

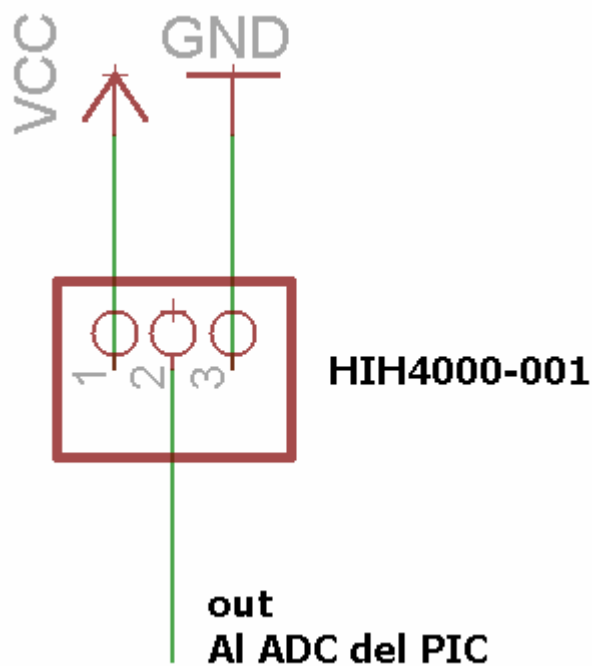
La matemática interna del PIC para obtener un dato que represente un valor correcto de temperatura depende de varios parámetros que cabe resaltar. La cantidad de bits de precisión del ADC en el microcontrolador se definió como 10 bits, de acá que la cantidad máxima de pasos del ADC es  $2^{10} = 1024$ . El valor de voltaje máximo de referencia del módulo ADC del PIC es 5 V.

La ecuación utilizada para obtener la temperatura es la siguiente:

$$Temperatura = \frac{(valor\_adc / 1024 * 5) * 100}{\Delta V} \quad (3.2)$$

## Medición del porcentaje de humedad

Los sensores de humedad, debido a los valores de voltaje de salida que presentan, se pueden conectar directamente al ADC del microcontrolador y aplicando la matemática adecuada a partir del valor de voltaje, se puede obtener un valor adecuado para el porcentaje de humedad. La manera de conectar los sensores al microcontrolador, se muestra en la figura 4-5.



**Figura 4-5** Conexión del sensor de humedad.

La hoja de datos del fabricante muestra la línea recta de mejor ajuste para el porcentaje de humedad relativa en función del voltaje de salida del sensor. De este modo se toma el valor de voltaje y se consigue el porcentaje de humedad a partir de esta ecuación. La ecuación conseguida a partir de dos puntos de la gráfica se obtiene como se muestra a continuación.

Las coordenadas de los puntos escogidos para el cálculo son:  $p1 = (0, 0.80769)$  y  $p2 = (87.0968, 3.5)$  donde el primer valor del par ordenado



corresponde a un valor de porcentaje de humedad relativa, y el segundo valor por consiguiente al voltaje respectivo de salida para ese valor de humedad.

Para calcular la pendiente:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{3.5 - 0.80769}{87.0968} = 0.030911698$$

(3.3)

El punto de intersección con el eje y para la línea de mejor ajuste es 0.80769 por lo que teniendo esta información la ecuación sería:

$$\%humedad = \frac{(valor\_adc / 1024 * 5) - 0.80769}{0.030911698}$$

(3.4)

Donde  $(valor\_adc / 1024 * 5)$  corresponde al valor de voltaje equivalente a la medición del ADC.

### **Diagramas de flujo de la toma de mediciones de los sensores**

Primeramente es importante definir en que canal analógico del ADC estará conectado cada sensor, para esto la distribución de los sensores se muestra en la tabla 4-1.

**Tabla 4-1** Distribución de los sensores de temperatura y humedad en el PIC.

<b>Canal analógico</b>	<b>Sensor</b>
AN0	Temperatura Interna
AN1	Temperatura Externa
AN2	Humedad Interna
AN3	Humedad Externa

Para las mediciones de temperatura, se realiza un promedio de 10 mediciones distintas, tal y como se muestra en la figura 4-6, esto para conseguir que el valor medido sea más estable.

El diagrama de flujo de la rutina de medición de parámetros muestra que se establece el canal deseado donde se encuentra cada sensor y se lee el valor de la conversión del ADC. Dicho valor del convertidor, se procede a almacenar en memoria interna del microcontrolador y llevada a cabo la matemática adecuada se procede a almacenar estos valores como un carácter, lo que más adelante se explicará en detalle.

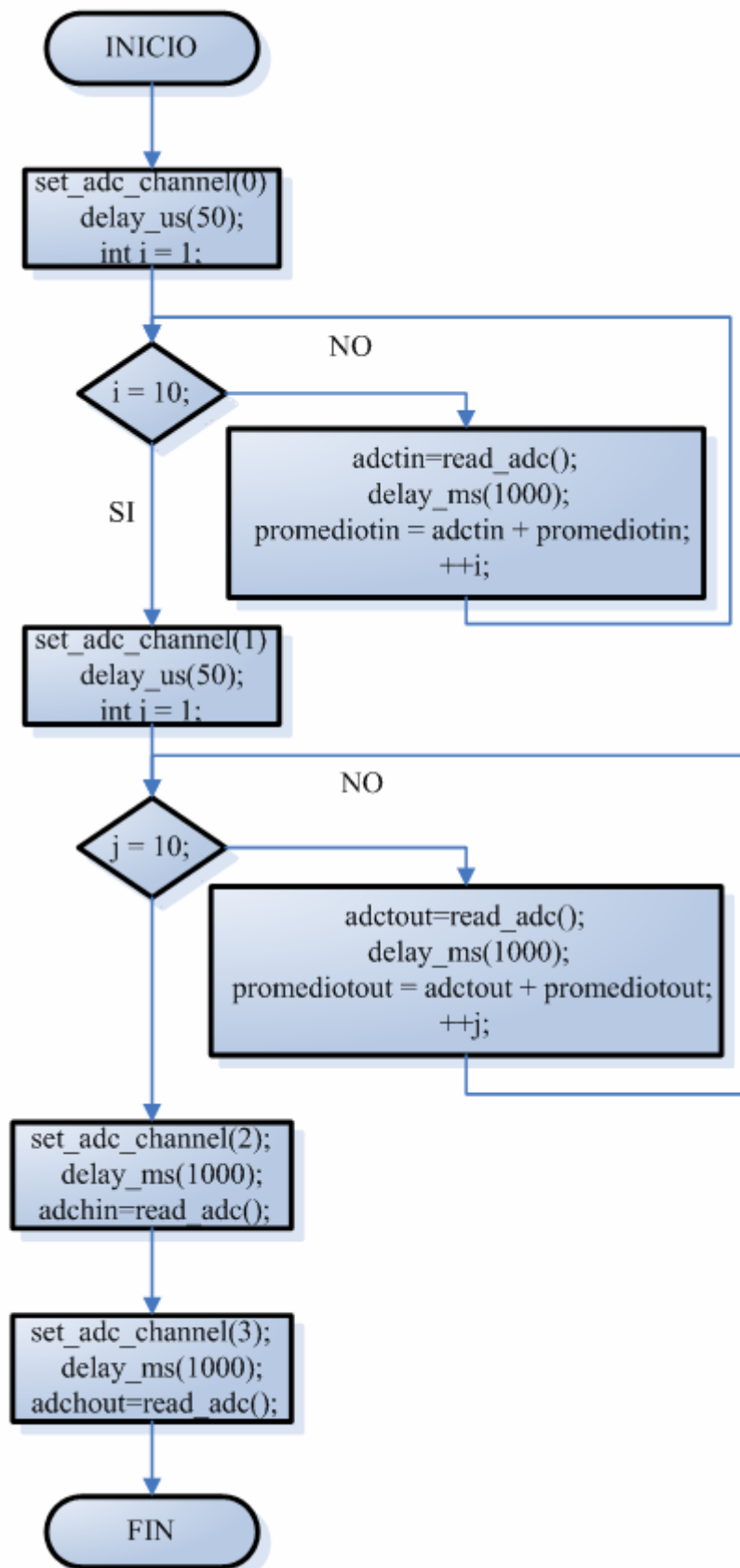


Figura 4-6 Rutina de toma de mediciones del ADC del microcontrolador.

### 4.3. Almacenamiento de datos

El diseño general requiere, que los datos obtenidos de los sensores de humedad y temperatura, sean almacenados en memoria. Después del estudio de las diversas maneras para almacenar los parámetros, se decidió optar por la opción de hacer el manejo de datos en un dispositivo tipo flash de interfaz USB.

Los datos podrían manejarse en memoria interna del PIC, o en algún dispositivo periférico para tal efecto, es decir memoria externa de alguna interfaz serial, pero estas serían otras opciones que cabe mencionar, mas no son las implementadas en este diseño.

La idea del manejo de datos se soluciona a partir de un diseño basado en un controlador Host USB de Vinculum. El mismo hace uso de un chip integrado FTDI y permite el trabajo serial a partir de cuatro líneas, en este caso RX, TX, CTS, RTS.

El dispositivo es llamado VDrive2 y servirá precisamente para adaptar una interfaz USB al circuito. El dispositivo posee una interfaz de entrada/salida llamada VNC1L que hace uso del firmware VDAP de Vinculum. [\[3\]](#) El VDrive2, posee un jumper por medio del cual se puede establecer su funcionamiento mediante puerto serie USART o protocolo SPI. En el caso específico de este diseño, se utilizó el puerto serie.

Es necesario, conocer el funcionamiento del dispositivo VDrive2, para su manejo adecuado. Se debe manejar la interrupción del puerto serie para la recepción de datos del dispositivo hacia el PIC. Por otro lado es de suma importancia implementar un método de transmisión de caracteres o bytes al dispositivo.

Una vez implementados los procedimientos anteriores, se requiere inicializar el VDrive2 para que el mismo este en capacidad de recibir y enviar datos. Lo anterior se define, enviándole al dispositivo la indicación acerca del set de comandos mediante el cual manejará las distintas tareas. El mismo puede ser extendido o corto. Para el caso del diseño llevado a cabo, se hace uso del modo corto de instrucciones al dispositivo.

### **Rutinas de recepción y transmisión de datos**

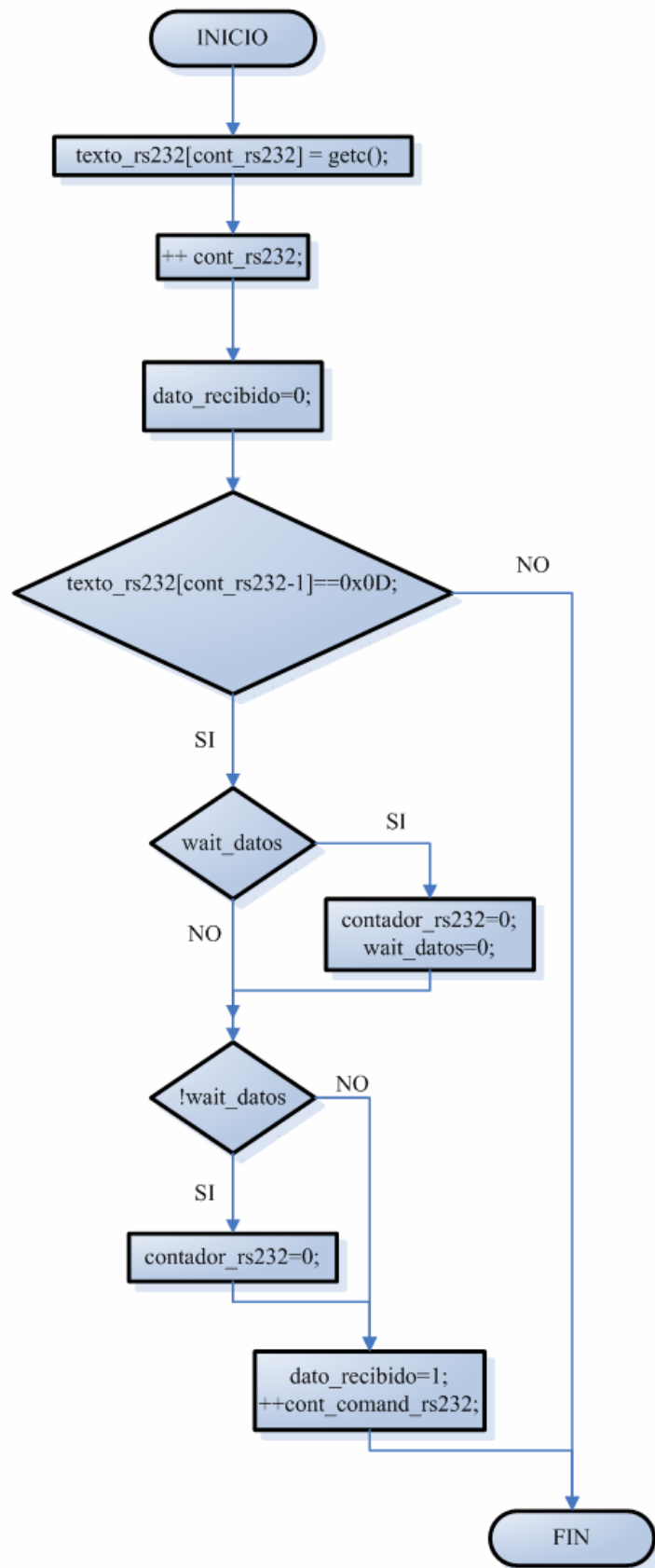
La recepción de datos, es manejada por medio de la interrupción del puerto serie. Cada vez que la interrupción es llamada, se procede a correr la rutina de recepción de datos seriales. La interrupción del puerto serie es llamada en PIC-C como int\_RDA.

Tal y como se observa en el diagrama de flujo de la figura 4-7, la recepción de datos se implementa a partir de variables globales y un contador de caracteres del puerto serie. Cada vez que un dato es recibido, el mismo es almacenado en una variable tipo char (cadena de caracteres), de cierto tamaño, y el contador es incrementado. El procedimiento hace el manejo de una bandera de dato recibido.

Siguiendo como guía el manual de usuario mas actualizado hasta la fecha, para el firmware de manejo del dispositivo VDrive2, se sabe que como convención, el dispositivo toma como final de cada comando al caracter ↵, cuyo valor hexadecimal es 0x0D. Este es llamado carriage return y como he mencionado, es la indicación de que una palabra de comando o una transmisión de datos ha finalizado.

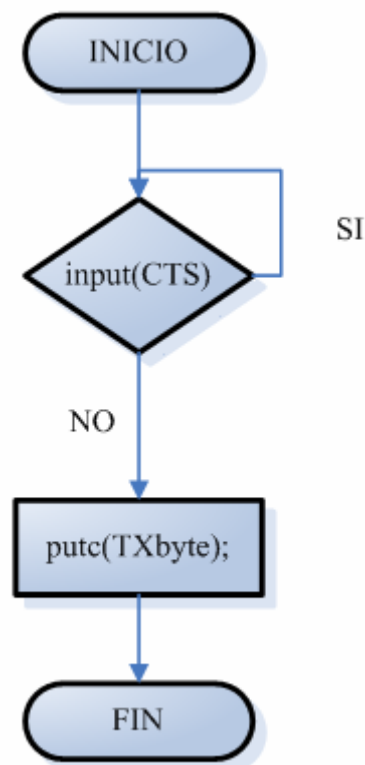
Por lo tanto para una cadena de caracteres enviados por el VDrive2 al microprocesador a través del puerto serie, se sabe que se ha llegado al final de la misma si el último carácter enviado es un 0x0D.

Continuando entonces con la explicación de la rutina, cada vez que un dato es recibido, se pregunta si el dato es o no el final, y en caso de que sea el final de la recepción, pregunta si se está o no esperando por mas datos, para así tomar la decisión de borrar los contadores de datos recibidos o incrementar los contadores de comandos del puerto serie.



**Figura 4-7** Rutina de recepción de datos del dispositivo VDrive2.

La transmisión de datos al dispositivo serial, es más sencilla aún, y está controlada por la condición del estado de la señal Clear to Send (CTS) que significa libre para enviar. La rutina se mantiene esperando mientras la condición de la señal sea un estado alto y hace una transmisión serial si la condición de la señal pasa a un estado bajo. El flujo del programa explicado anteriormente se muestra en la figura 4-8.



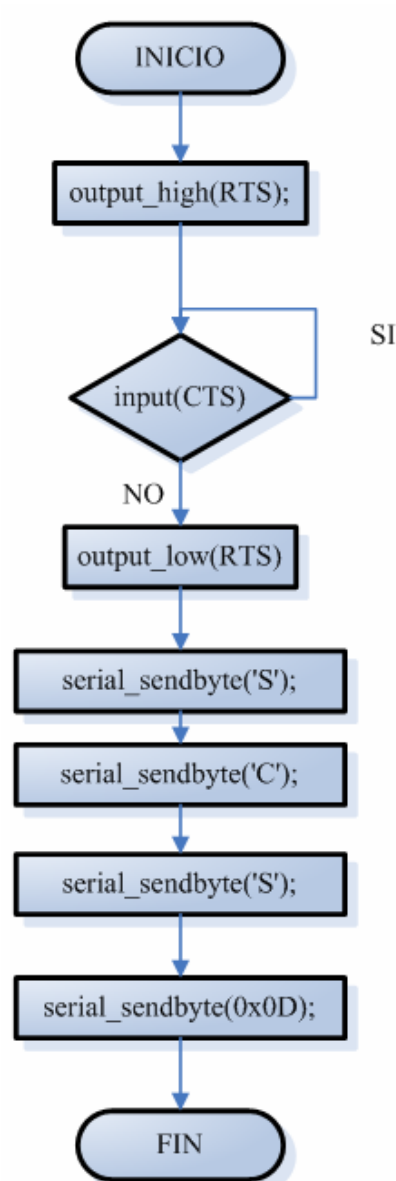
**Figura 4-8** Transmisión de datos.

### **Inicialización del dispositivo periférico VDrive2**

Una vez implementadas las rutinas de envío y recepción, el siguiente paso es dar al dispositivo la información necesaria para saber que se encuentra listo para enviar o recibir. Lo mismo se hace inicializándolo y para esto se le dice por ejemplo el modo de comando a utilizar.



La rutina de inicialización del dispositivo consiste en mantener en alto la señal de solicitud de envío [4] (RTS) y esperar mientras la señal CTS o libre para envío se encuentra en alto. Una vez que CTS cambia de estado alto a bajo, se procede a cambiar el estado de alto a bajo de la señal RTS. Este juego de cambio de estados en estas dos señales, da como inicializado el dispositivo. Lo que proseguiría es especificar entonces que el modo de comando corto será utilizado tal y como lo establece el manual de usuario para el firmware de los dispositivos periféricos de Vinculum.



**Figura 4-9** Rutina de inicialización del HOST USB.

Una vez inicializado el VDrive2, se hace uso de la rutina de transmisión para enviar byte a byte la indicación del modo de comando corto tal y como se muestra en la figura 4-9. Una vez declarado el modo de comando se finaliza con un carriage return.

### Buscar la memoria USB

Una vez inicializado el dispositivo, el mismo se encuentra listo para trabajar, pero lo primero que debe hacer, es esperar por que un dispositivo de almacenamiento masivo, sea reconocido.

La manera en que el VDrive2 sabe que hay un dispositivo, es que al enviar continuamente un carriage return, si el dispositivo es encontrado, se recibe como respuesta por el puerto serie, un caracter hexadecimal 0x3E que corresponde según el manual a la función Echo utilizada en sincronización (figura 4-10).

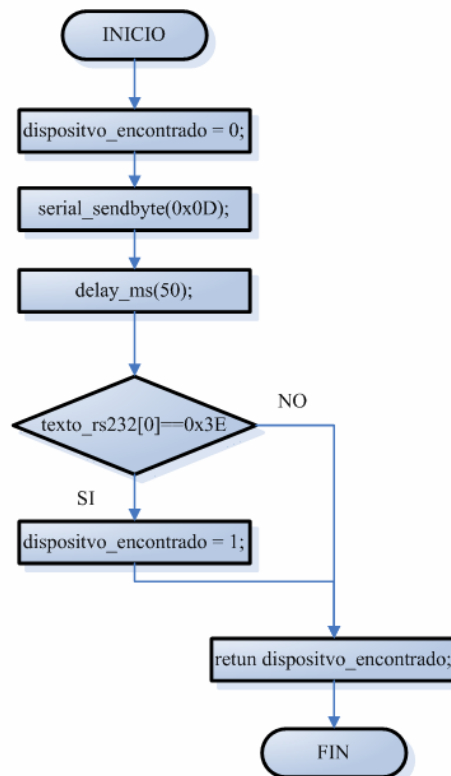


Figura 4-10 Buscar dispositivo USB.

## Escritura en el dispositivo flash

Ya habiendo inicializado el dispositivo, además de contar con una memoria flash conectada al circuito y estar seguro de que la misma fue reconocida y sincronizada, se está en capacidad de implementar las rutinas necesarias para hacer las escrituras en la llave maya.

Esta implementación crea un archivo de texto de nombre MEDICION.TXT en el dispositivo flash, escribe en él la información de las mediciones de cada sensor y finalmente cierra el archivo de texto para que el mismo sea posteriormente funcional.

Antes de presentar las rutinas para abrir, escribir y cerrar un archivo de texto, es necesario explicar la rutina implementada de nombre Carácter.

El procedimiento envía los valores medidos por los sensores, los cuales son valores enteros, a una variable tipo String y posteriormente este string es convertido en una cadena de caracteres llamada PRINT[36], que será escrita caracter a caracter en el archivo de texto generado. El tamaño del carácter PRINT es 36 pues la información que se escribirá en el archivo de texto al llamar a la rutina de escritura consta de 36 bytes. Cada byte corresponde a un carácter y los 36 bytes juntos contienen la información de los parámetros medidos por los cuatro sensores.

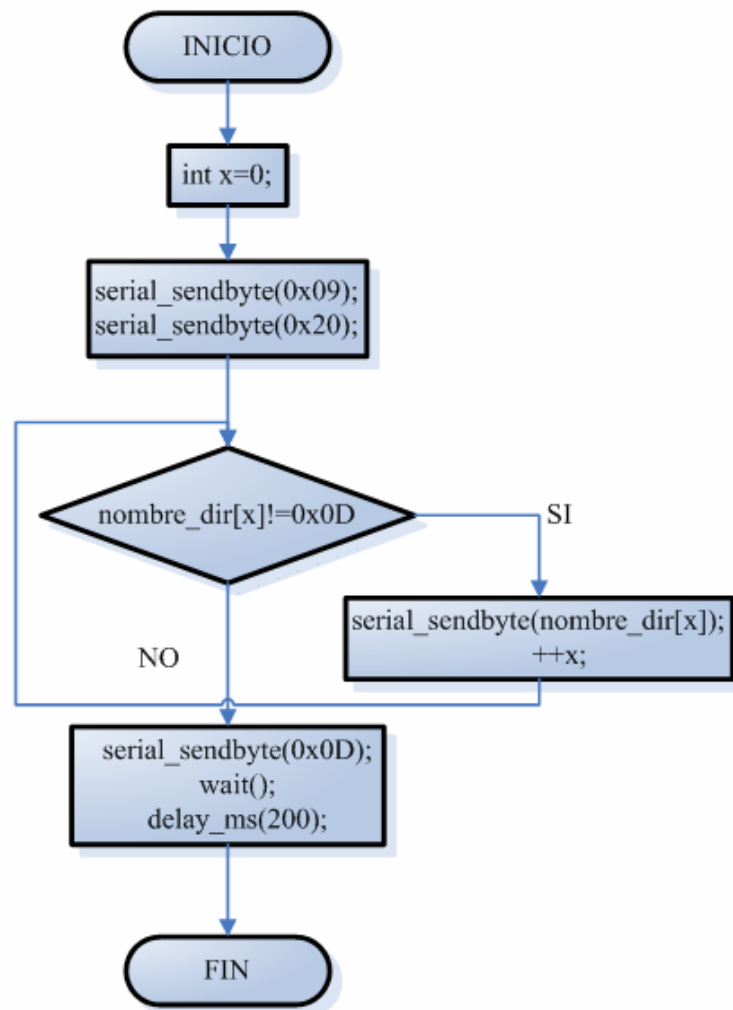
## Rutina OPW

OPW es la manera en que llama el manual de vinculum a abrir un archivo para escribir en él. Si el archivo se encuentra en el dispositivo flash, el comando lo abre pero si no existe lo crea.

La manera de abrir un archivo, consiste en seguir los pasos siguientes: (utilizando modo de comandos corto)

- Enviar un 0x09
- Enviar un 0x20
- Enviar el nombre del archivo
- Enviar un 0x0D

La extensión del archivo creado será TXT (figura 4-12), pues en el nombre de la variable tipo Char para este efecto así se definió. El diagrama de flujo de la figura 4-11 muestra la rutina OPW.



**Figura 4-11** Abrir el archivo para escribir.

Es muy importante que en los métodos de apertura y cierre del archivo, se proporcione el mismo nombre del archivo, pues de lo contrario se presentará una inconsistencia y por consiguiente un error que dará como resultado el hecho de que la información se pierda y por consiguiente el archivo de texto no sea funcional.



**Figura 4-12** Formato del archivo generado.

### **Rutina WRF**

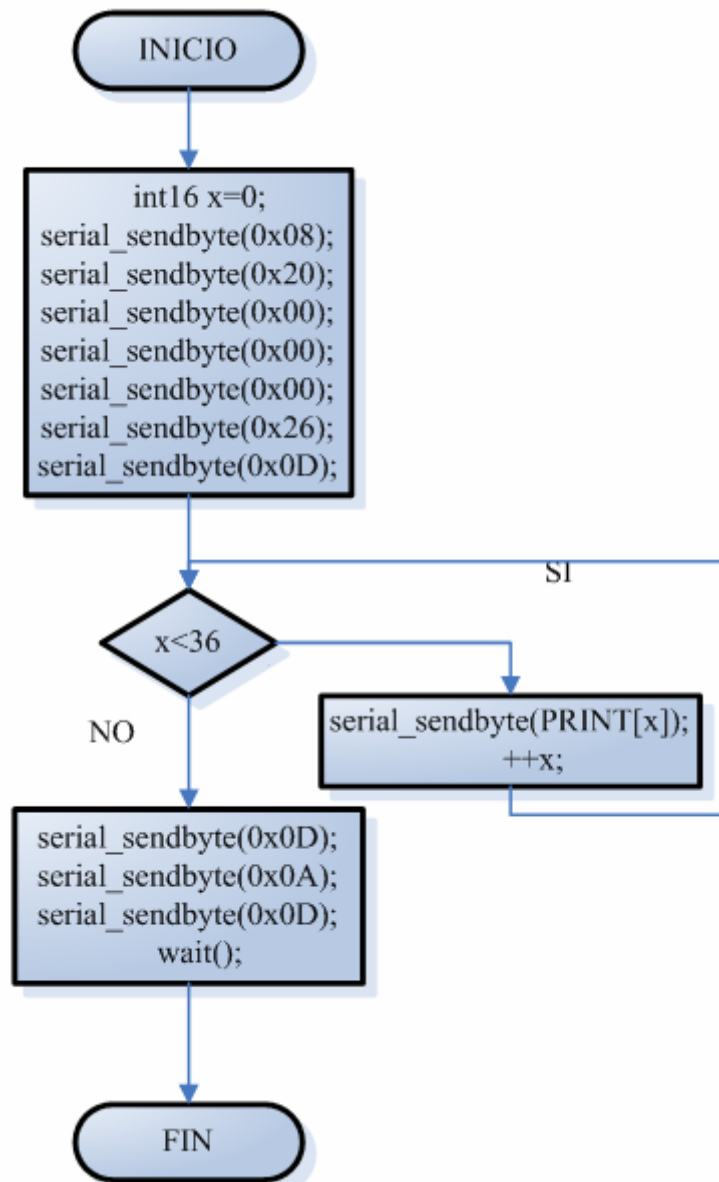
El diagrama de flujo de la figura 4-13 muestra la rutina de escritura. Cuando el archivo de texto se encuentra creado y abierto, se puede escribir en él. La idea de la rutina es que cada vez que la misma es llamada, se escriben 36 caracteres y se da cambio de línea al final para dejar el archivo listo para una nueva escritura una vez cerrado.

Los pasos necesarios para la escritura son:

- Enviar un 0x08
- Enviar un 0x20
- Enviar un double Word
- Enviar un 0x0D
- Enviar los datos

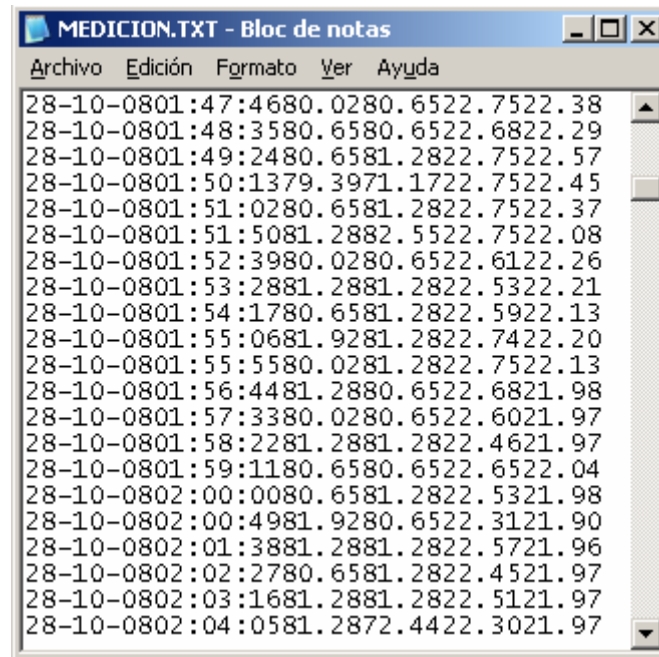
Es importante que el double Word indique exactamente la cantidad de bytes que se escribirán en el archivo, pues de lo contrario, los datos no se escribirán y la rutina se llevará a cabo sin éxito.

Para este caso específico, el double Word representa 38 caracteres, es decir es un 38 decimal, o bien un 0x26. El mismo corresponde a 36 bytes de datos de los sensores y dos bytes extra que representan el cambio de línea.



**Figura 4-13** Escribir en el archivo de texto.

Cada vez que el método de escritura es llamado, en el archivo de texto, se escribe una nueva línea de información de los valores de hora, fecha y medición de los cuatro sensores, tal y como se muestra en la figura 4-14.



**Figura 4-14** Estructura interna del archivo de texto escrito.

Una vez que el archivo de texto este listo, se podrá interpretar la información de su interior mediante una interfaz de usuario implementada en el lenguaje de programación de alto nivel Delphi. Este paso se explicará en detalle en una sección posterior de la solución.

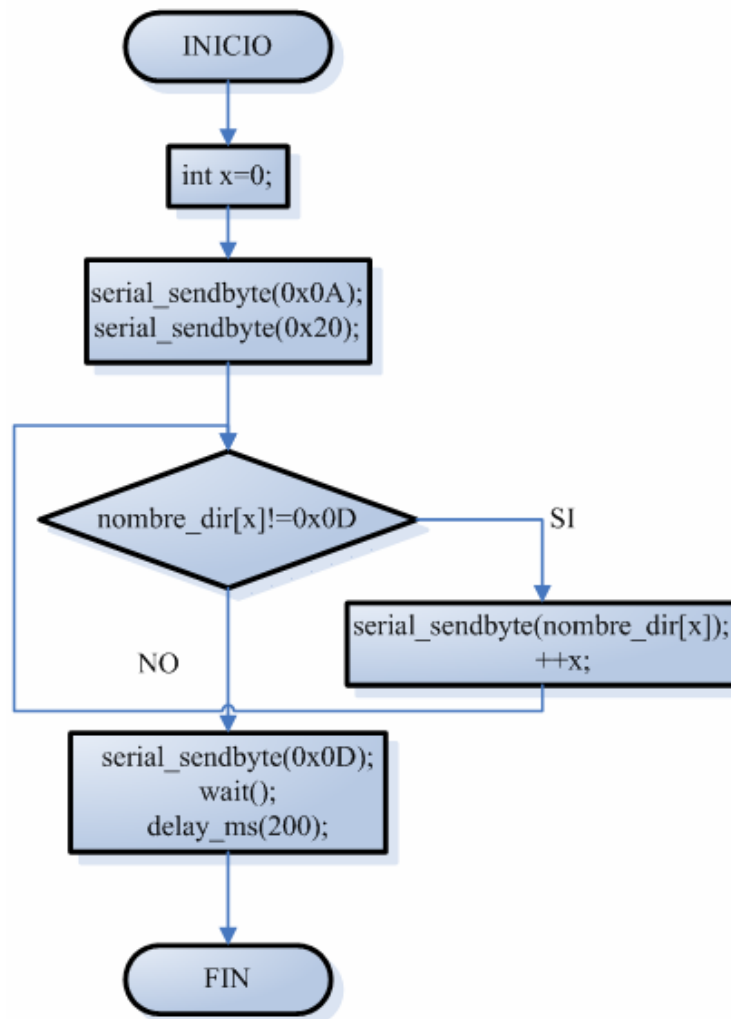
### **Rutina CLF**

El archivo de texto debe ser cerrado por medio de un comando implementado mediante una rutina en el microcontrolador. El cerrar el archivo después de una escritura se realiza de la siguiente manera:

- Enviar un 0x0A
- Enviar un 0x20
- Enviar el nombre del archivo
- Enviar un 0x0D

El diagrama de flujo para este procedimiento sería el de la figura 4-15.





**Figura 4-15** Cerrar el archivo.

### Circuito de conexión con el VDrive2

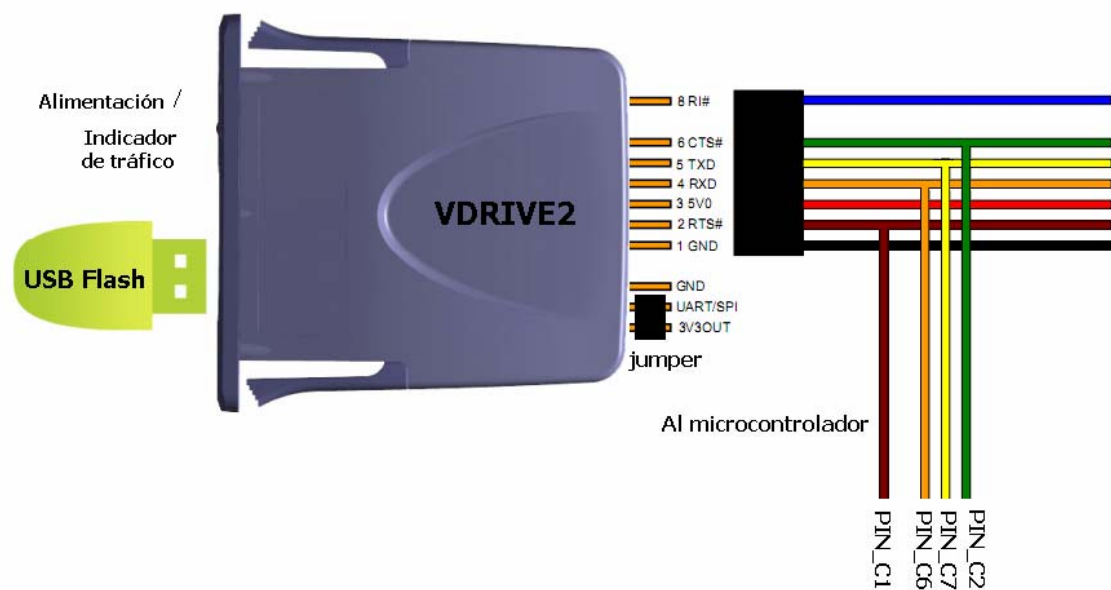
El manejo es realizado únicamente mediante 4 líneas como fue mencionado anteriormente. El nombre y número de pin del microcontrolador para estas señales se muestra en la tabla 4-2.

**Tabla 4-2** Distribución de pines del host USB y conexión al PIC.

	<b>Microcontrolador</b>	<b>VDrive2</b>
<b>Nombre y # de Pin</b>	TX – PIN_C6 - # 25	RX - # 4
	RX – PIN_C7 - # 26	TX - # 5
	CTS – PIN_C1 - # 16	RTS - # 2
	RTS – PIN_C2 - # 17	CTS - # 6

La conexión de las señales es importante en este caso, pues para un funcionamiento correcto, tanto RX, TX como CTS, RTS son opuestas para cada dispositivo. Lo anterior se debe implementar de esta manera pues el microcontrolador es un dispositivo MASTER y el VDrive2 se comporta como dispositivo SLAVE.

Nótese en la figura 4-16, la posición del jumper para seleccionar el manejo por UART del dispositivo.

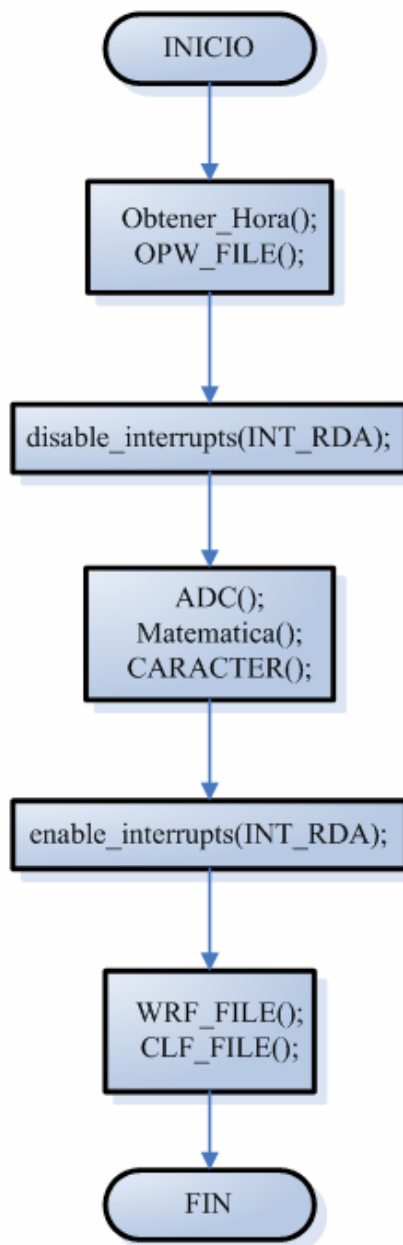


**Figura 4-16** Conexión entre el dispositivo VDrive2 y el microcontrolador. [3]

#### 4.4. Rutinas para la toma de mediciones

Las rutinas explicadas anteriormente, son la base de la implementación de los procedimientos que se explican a partir de este momento.

La rutina de la toma de mediciones completa (figura 4-17), se basa en obtener la hora y fecha del reloj de tiempo real, obtener la medición de cada sensor, abrir el archivo para escribirlo, transferir al archivo de texto los parámetros de temperatura, humedad, fecha y hora, y para finalizar el procedimiento, se procede a cerrar el archivo.



**Figura 4-17** Rutina de medición de variables.

Durante la toma de datos del ADC, la matemática implementada internamente para adaptar los valores de los sensores y por consiguiente la definición de la variable a enviar en la escritura al archivo de texto, se procedió a deshabilitar las interrupciones del puerto serie para evitar una toma errónea de cualquier parámetro.

#### 4.5. Programación de los tiempos entre mediciones

Uno de los requerimientos principales del diseño es que la toma de mediciones sea llevada a cabo en intervalos definidos por el usuario. Para esto se procedió a establecer estos tiempos mediante tres push button.

Cada uno de los botones cumple una función específica:

- Incrementar una variable
- Decrementar una variable
- Seleccionar

En la rutina principal del programa se puede establecer la hora y fecha inicial del RTC así como el intervalo de tiempo entre una y otra medición/escritura, haciendo uso de los tres botones externos.

Una vez definido el tiempo deseado se procede a ejecutar la rutina de programa de la figura 4-18.

Es importante el hecho de que la rutina maneja una bandera llamada 'salir'. Siempre y cuando ésta bandera posea un estado bajo, la rutina se estará implementando ininterrumpidamente durante el tiempo que se desee. La única manera que el proceso de medición se detenga, es que el estado de esta bandera cambie. Esto es posible gracias a que mediante el uso de una interrupción externa del microcontrolador, la bandera 'salir' cambia su estado a alto, permitiendo que el proceso de medición/escritura se detenga y así poder retirar el dispositivo USB.

La rutina consiste en llevar el incremento de una variable minutos temporal y realizar la llamada a la rutina de medición de variables, solamente cuando esta variable temporal alcance el valor del tiempo programado al inicio del proceso.

Cada vez que una medición es realizada, se revisa la condición de apertura de ventilas.

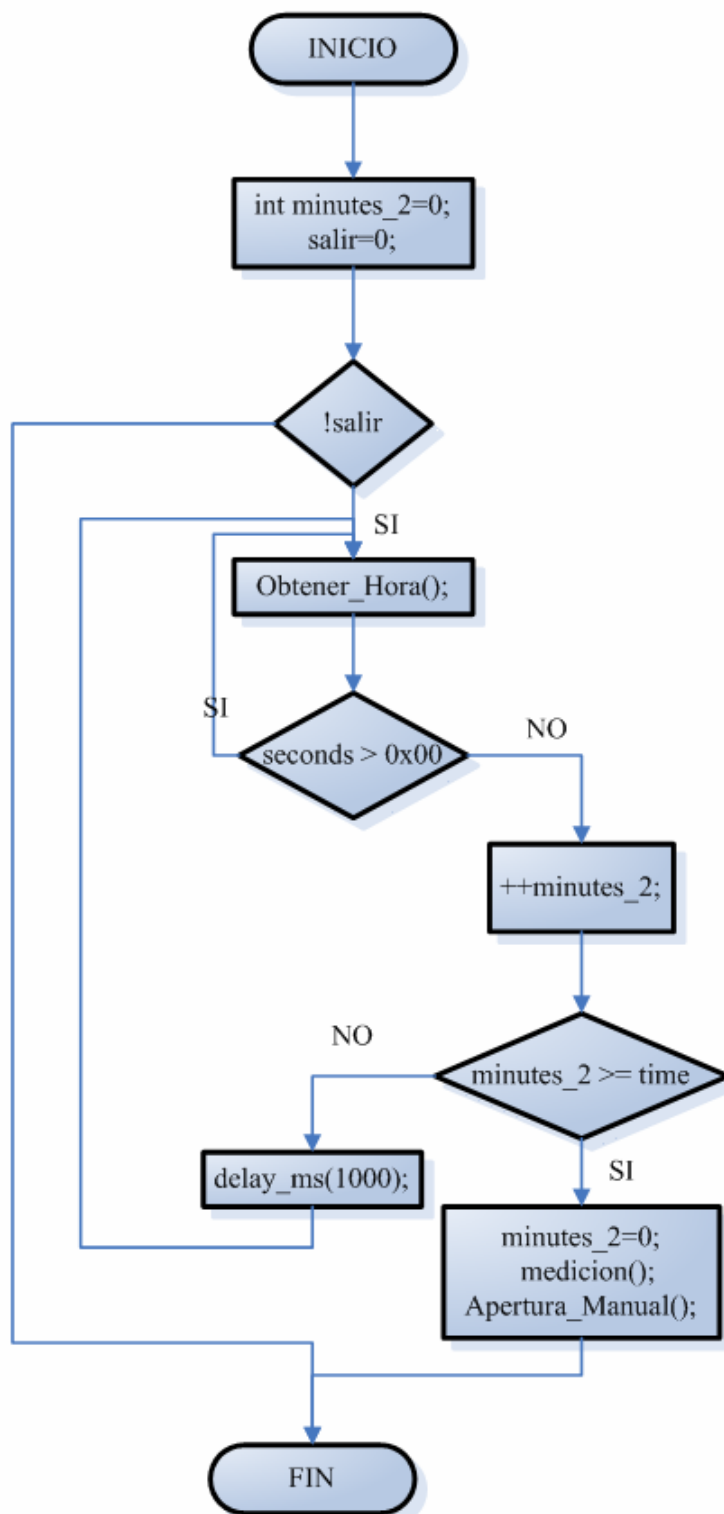
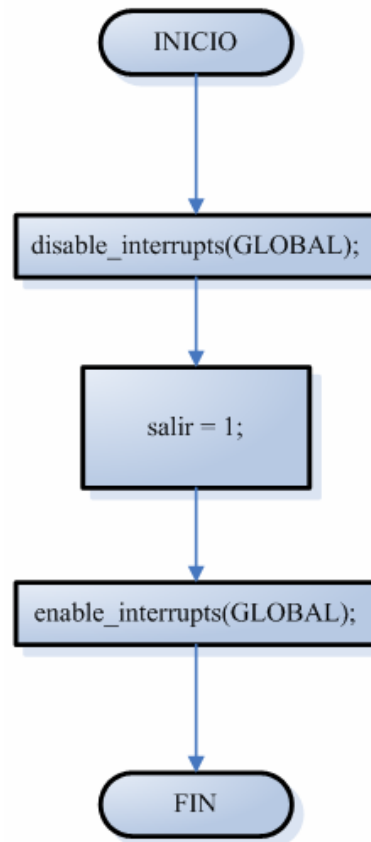


Figura 4-18 Rutina de toma de mediciones.

La interrupción externa presenta el diagrama de flujo de la figura 4-19.



**Figura 4-19** Rutina de interrupción.

La interrupción externa es activada mediante un botón colocado en el PIN\_B0 del microcontrolador. Este pin corresponde a la INTO (externa) del mismo.

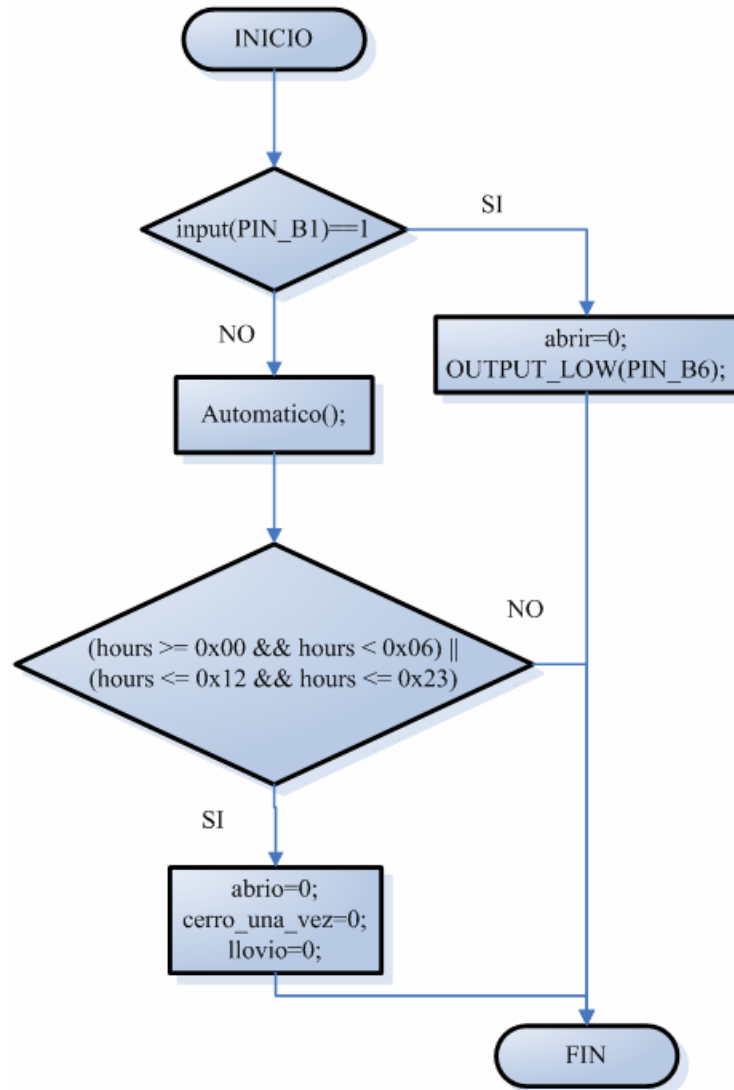
#### 4.6. Apertura de ventilas

El sistema debe contar con la capacidad de la apertura automática de las ventilas, así como posibilitar el manejo manual.

El prototipo cada vez que realiza una medición, analiza el procedimiento de apertura manual y toma así la decisión pertinente.

Como ya no existe disponible en el microcontrolador una interrupción externa desocupada, la decisión de apertura manual, se realiza verificando el estado de un pin del puerto B del PIC. Haciendo uso de un interruptor, el usuario puede variar el estado de la señal entre alto y bajo dependiendo del modo de apertura de las ventilas que desee usar en ese instante.

Si el estado de la señal es alto, el modo de apertura es manual. Por el contrario el modo de apertura se realiza automáticamente. Como puede observarse del diagrama de flujo de la figura 4-20, el modo manual de apertura consiste en mantener en bajo una señal del microcontrolador destinada a controlar la etapa de potencia que permite o no el cierre y apertura de un Damper Motorizado, del cual se detallará mas adelante.



**Figura 4-20** Procedimiento de apertura manual o automática.

La señal eléctrica del PIN\_B6 de microcontrolador, se mantiene siempre en bajo al hacer manejo manual de apertura de ventilas. Ahora bien si el manejo de apertura es automático, una vez hecha la llamada a la rutina que evalúa las condiciones de apertura, se revisa la condición de la hora del día. Si la misma se encuentra entre doce medio día y las seis de la mañana del día siguiente, se procede a borrar las banderas del procedimiento de modo automático. Cada bandera cumple una función específica y se explican en el apartado a continuación.



## **Modo automático de apertura**

Varias son las condiciones que deben tomarse en cuenta para abrir o cerrar las ventilas del secador de manera autónoma.

La primera de las condiciones, y la de mayor prioridad, tal y como se muestra en el diagrama de flujo de apertura automática de la figura 4-21, es conocer la hora. Si la misma se encuentra entre seis de la mañana y doce medio día, la apertura de las ventilas se podrá realizar, por el contrario las ventilas permanecerán cerradas.

Una vez ciertos de que la condición de hora del día se cumple, se debe saber si está lloviendo o casi por llover. Como no se hace uso de sensores de lluvia, la condición se evalúa, cuando el porcentaje de humedad relativa fuera del secador es mayor al 90%. Dicha condición afirma el hecho de que casi esta lloviendo o en efecto afuera de la cámara de secado la lluvia ha comenzado a caer. En el caso de que la condición se cumpla, la ventila tampoco se abrirá y se levantará una bandera indicando que la ventila permanece cerrada o se ha cerrado por motivo de lluvia. La bandera se levanta únicamente si la ventila ya fue abierta anteriormente. En caso de que la condición no se cumpla, se procede con la siguiente pregunta.

La tercera condición pregunta si durante la toma de mediciones, ya las ventilas han sido abiertas o si ya en algún momento del día se ha levantado la bandera que indica que ha llovido o se ha cerrado la ventila por que la humedad externa superó el 90%. Esta condición lo que permite es que si durante la toma de mediciones (todo el periodo permitido de tiempo de apertura automática) la bandera de lluvia se levantó primero que la que indica que la ventila fue abierta, se pueda permitir aperturas posteriormente. De lo contrario, si la ventila se abre y luego se cierra por causa de lluvia, durante todo el resto del proceso, la apertura ya no será permitida.

Se maneja otra bandera llamada 'cerro\_una\_vez', y la misma como su nombre lo dice, indica si ya se cerró la ventila una vez, después de haber sido previamente abierta durante algún tiempo. Por consiguiente y como cuarta condición, se pregunta si ya se abrió y cerró una vez. Si la condición se cumple, se procede a mantener cerrado. De lo contrario, se puede analizar la última condición.

La última condición de apertura de las ventilas se da cuando la humedad interna del secador supera a la humedad externa. De cumplirse, se abre la ventila si esta inicialmente cerrada, o se mantiene abierta lo que dure la condición analizada. Una vez que se incumple la condición, se procede entonces a cerrar la ventila.

Cabe resaltar que de estar abiertas las ventilas, una vez cerradas, no se volverán a abrir hasta el día siguiente, eso si se cumplen las condiciones de apertura.

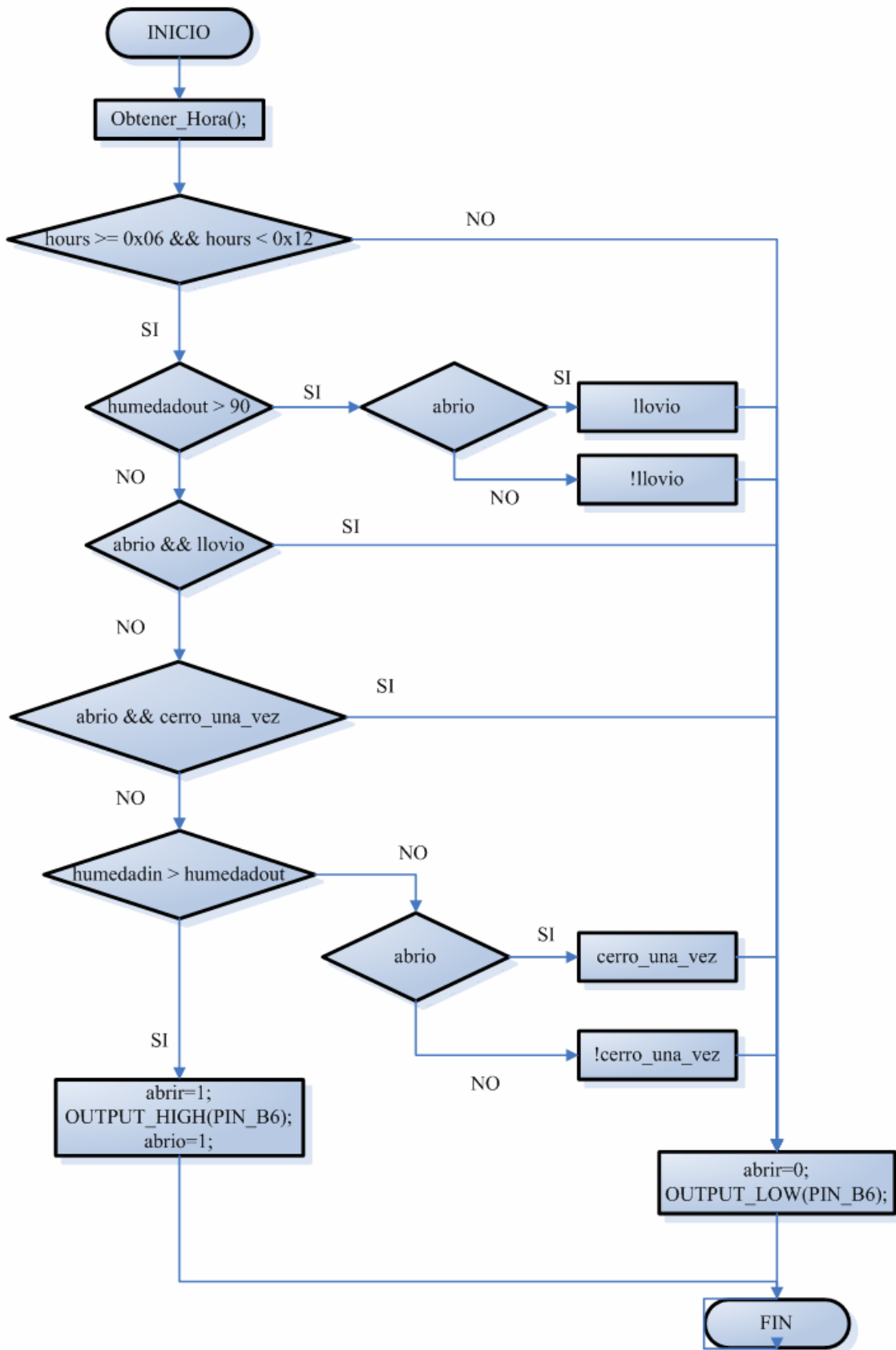


Figura 4-21 Modo automático de apertura de ventilas.

#### **4.7. Etapa de visualización**

Durante todo el procedimiento del programa, es necesario el mostrar alguna información relevante del proceso en el LCD. Por ejemplo el indicar con un mensaje cuando el sistema arranca, la indicación de que se deben programar la hora y fecha, así como las indicaciones de escritura en la memoria externa y por consiguiente las instrucciones de insertar o retirar la memoria. Todo lo anterior ayuda a que el usuario sepa como manejar el dispositivo y tenga una guía de lo que el sistema se encuentra haciendo en algún momento específico.

Para la implementación de esta parte del prototipo, se hace uso de un LCD de 4 líneas y 16 caracteres. El modelo utilizado corresponde a un MTC-16400X de la casa Microtips Technology cuyo manejo es implementado mediante tres líneas de control del microcontrolador y un bus de datos de cuatro bits. El esquemático de esta parte del diseño se muestra en la figura 4-22.

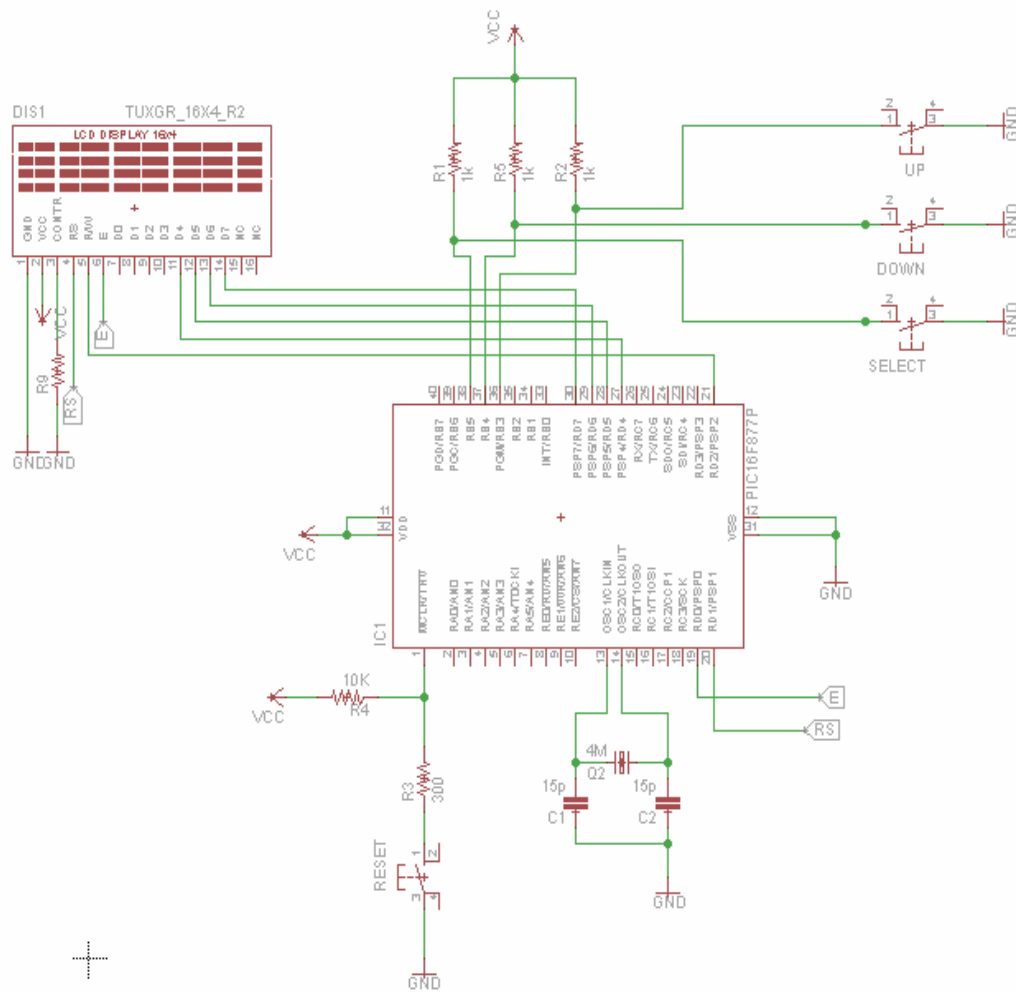


Figura 4-22 Esquemático de la etapa de visualización.

## 4.8. Etapa de potencia

La apertura y cierre de ventilas, se implementará mediante la posterior utilización de un Damper Motorizado de DuroZone MULTILINE adaptado a cada ventila del secador solar. Cada Damper cuenta con dos líneas de alimentación de 24 voltios AC. Según la indicación de la hoja de datos, el transformador requerido es de 24 vac/ 40 VA disponible entre su equipo de venta. Las otras dos terminales corresponden a las líneas de abrir/cerrar el Damper.

Si las terminales se abren, el Damper se cierra y por consiguiente, uniendo las terminales, el Damper se abre. Es por esto, que para el control de apertura y cierre de estas terminales, es más que suficiente el adaptar la etapa digital y los motores del Damper (etapa de potencia), mediante el uso de un relay. Lo anterior permite que el contactor, se maneje por medio de la salida del microcontrolador que indica apertura y cierre que en este caso corresponde al pin B6 del puerto B del PIC. Por otro lado los contactos del Damper se manejan entonces con los contactos abiertos/cerrados del relay.

#### **4.9. Rutina principal**

Una vez que se cuenta con todos los procedimientos adecuados, y que cumplen con una tarea específica, se procede a implementar la rutina principal del programa. Es en la rutina principal donde se inicializan las interrupciones del microcontrolador, así como inicializar también los periféricos utilizados. Es importante definir que bits de cada puerto son entradas o salidas.

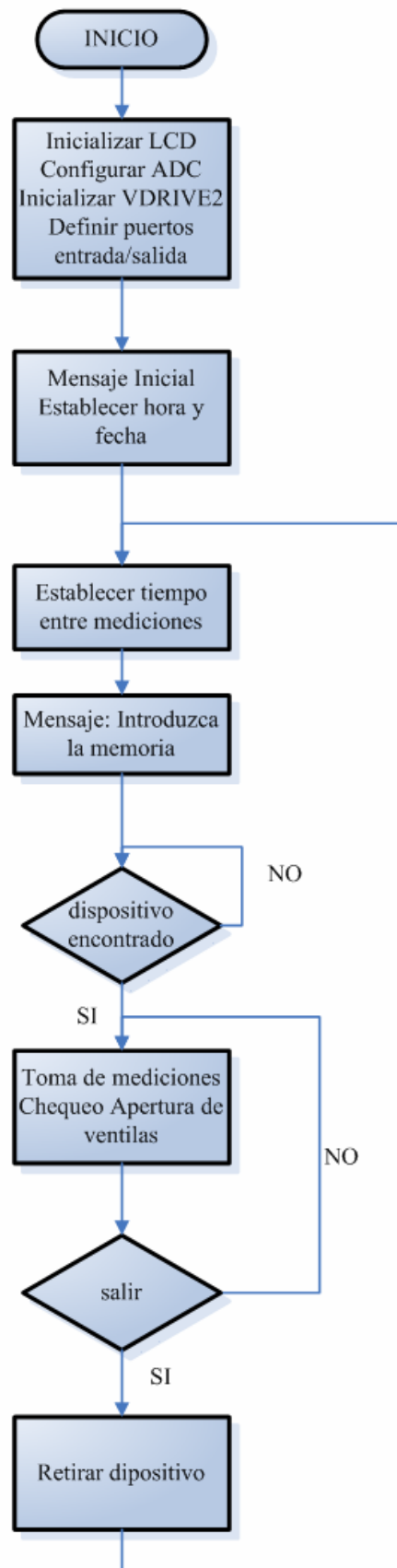
Configurado el microcontrolador adecuadamente, e inicializado todos los módulos que se utilizan, se procede según el procedimiento a establecer manualmente, haciendo uso de los tres push botton (UP, DOWN y SELECT), la hora y fecha. El sistema inicia con un mensaje que indica lo anterior, y se queda en espera de introducir cada dato. Una vez configurados los parámetros correctos, la hora y fecha estarán ya establecidos en el reloj de tiempo real.

El sistema indica entonces que introduzca ahora el tiempo entre una medición y otra. El mínimo intervalo entre mediciones es un minuto y el máximo es 59 minutos. El usuario puede escoger el tiempo que guste y el sistema está en capacidad de tomar las mediciones de humedad y temperatura respetando estos intervalos de tiempo.

Se indica posteriormente en el LCD que introduzca la memoria USB, y una vez hecho lo anterior, se inicia entonces la toma de mediciones y por consiguiente la verificación de variables para el control automático o manual de apertura.

Un push botton conectado directamente a la interrupción externa del microcontrolador, detiene la toma de mediciones si es pulsado. De este modo el sistema indica que la memoria debe retirarse y se procede a mostrar en pantalla el mensaje de introducir un nuevo intervalo de tiempo para iniciar con un nuevo proceso de mediciones si es necesario.

El sistema cuenta con un selector (dip switch) que permite la escogencia de apertura manual o automática de ventilas. Durante cada toma de mediciones la condición de esta entrada, es evaluada y de esta manera, se procede según sea el caso. La rutina principal del programa se muestra en la figura 4-23.



**Figura 4-23** Rutina principal.



#### **4.10. Interfaz humano/máquina**

En los archivos de texto generados durante la toma de mediciones de los sensores de humedad y temperatura se encuentra la información de la hora y fecha de cada medición, así como las magnitudes de las mismas.

Es requerimiento de este diseño, el contar con una interfaz de usuario, con la cual se pueda tomar el archivo de texto, colocar su información en una tabla y generar a partir de la misma los gráficos correspondientes de humedad y temperatura en función del tiempo.

El software se implementó en el lenguaje de programación de alto nivel Delphi 7, debido a su fácil manejo de objetos y su eficiente modo de manejar las series de datos para su graficación.

El mismo está en capacidad de dar al usuario, mensajes de error al intentar abrir archivos incompatibles, ya sea por que su extensión es no válida o por que no cuenta con el formato interno y tamaño de cada línea de texto para ser analizado.

Cuando se abre un archivo de medición, el programa muestra la ruta de acceso del archivo de texto, coloca en casillas de una tabla, la hora y fecha así como el valor de la medición correspondiente de cada uno de los cuatro sensores. De igual modo muestra los gráficos de humedad interna y externa en función del tiempo en una gráfica y en otra gráfica el comportamiento de la temperatura interna y externa del secador.

Cada gráfico puede maximizarse al tamaño de la pantalla para un mejor aumento en la escala. Es importante el hecho de que cada gráfico es un objeto activo, por lo que responde a los mandatos con el ratón del ordenador. Si se

arrastra el Mouse sobre el gráfico hacia la derecha, se puede hacer zoom a cualquier parte de la toma de mediciones en específico para todo el intervalo de mediciones. Es decir se puede saber el valor exacto de una medición para un valor de fecha y hora específica de la toma de mediciones.

Por último el programa esta en capacidad de guardar como imágenes de formato tipo bmp desde una copia al portapapeles, cualquier imagen de los gráficos de humedad y temperatura, esto para control de variables y mejor manejo de los datos.

Tal y como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 4-24, se puede observar el procedimiento principal del programa donde inicialmente se declaran las variables con que se va a trabajar. En caso de abrir un archivo de texto, el mismo se chequea para saber si el formato interno es el correcto para cargar la tabla de datos y las series para graficar correctamente.

De cargarse el archivo correcto, se procede a dar un ajuste interno para manejo de datos en Delphi, al formato del archivo de texto original. Los valores de temperatura y humedad son valores decimales separados por punto decimal, pero Delphi hace uso de valores decimales para las series de la tabla, separados por coma (',') por lo que el cambio de todo el archivo completo, se realiza a nivel de software.

Por último se procede a llamar a las rutinas de carga de datos en la tabla y finalmente a graficar.

Con esto se estará en capacidad completa de análisis de los datos medidos durante todo el tiempo de medición en el secador solar.

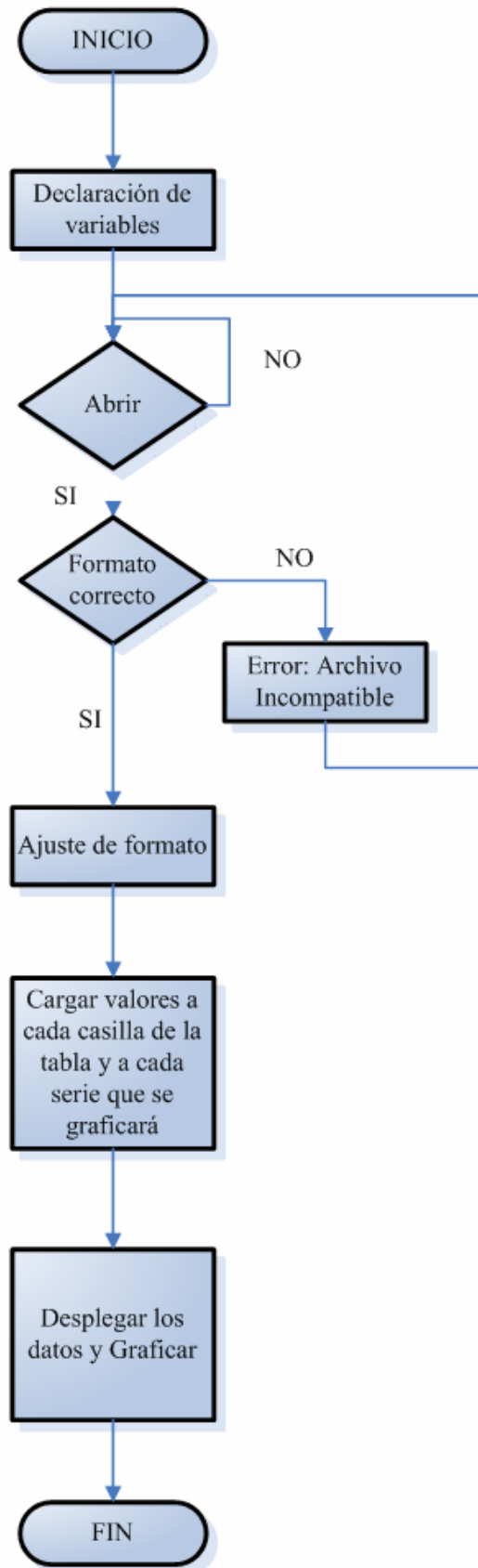


Figura 4-24 Rutina principal de la interfaz humano/máquina.

## 5. Análisis de resultados

La implementación completa del prototipo de medición de variables de temperatura y porcentajes de humedad relativa, fue posible gracias al desarrollo de circuitos independientes y funcionales y la prueba y depuración de cada uno de ellos por separado. Una vez realizadas dichas pruebas, se procedió a dar unión a los diferentes bloques que conforman la totalidad del diseño, y por consiguiente a realizar las pruebas conjuntas pertinentes.

El desarrollo del reloj de tiempo real, se dio en un inicio, mediante la programación del mismo en el microcontrolador, haciendo uso de la matemática interna del PIC, y de las interrupciones de los Timer internos del mismo. Dicho desarrollo hacía uso de muchos recursos de memoria interna del microcontrolador y durante las pruebas del mismo no se consiguió una precisión aceptable del reloj implementado, por el contrario el mismo se retrasaba a razón de 1 segundo cada dos días aproximadamente. Dicha condición influyó a que sobre la marcha y desarrollo del reloj, se decidiera investigar otras posibilidades de implementación basado en un RTC externo y de interfaz I<sup>2</sup>C.

Fue necesario entonces el estudio del funcionamiento de la interfaz serial I<sup>2</sup>C, para poder implementar las rutinas en PIC-C adecuadas para la programación del DS1307 (RTC) y la posterior obtención de hora y fecha. Para tal efecto, se procedió a una etapa de pruebas mediante el puerto serie de la PC, para comunicarse con el PIC haciendo uso del programa HyperTerminal. Para poder realizar el acople de niveles de tensión entre la PC y el Microcontrolador se hizo uso de un MAX232, de este modo la programación en un inicio de los registros internos del RTC así como la visualización de hora y fecha se realizaba por este medio mas rápidamente.

Posteriormente la etapa de programación por medio de la PC, fue cambiada fácilmente a tres botones de configuración de hora y fecha, independizando de este modo al dispositivo del uso de un computador.

Una vez que la etapa de la toma del tiempo y la fecha se encontraban depuradas, se procedió a implementar conjuntamente la toma de datos de los sensores analógicos de temperatura (LM35DT) y humedad (HIH-4000-001). Para tal efecto, se analizó primeramente la toma de datos de cada sensor mediante el módulo ADC del microcontrolador. Para los sensores de temperatura fue necesario el implementar una etapa de acople entre el PIC y el sensor, esto debido a las pequeñas magnitudes de salida de voltaje del sensor, lo cual introducía ruidos en las mediciones obtenidas por el ADC. Por consiguiente, se hizo necesario tomar un promedio de 10 mediciones de temperatura.

Los sensores de humedad fueron conectados directamente al PIC, esto debido a que los valores de voltaje de salida de los mismos, son estables y superiores a 1 voltio, lo que permite que la toma de mediciones por parte del convertidor analógico digital sean muy estables después de aplicar la matemática adecuada para obtener los valores correctos de porcentajes de humedad relativa en función de los voltajes obtenidos por el ADC.

Como base de comparación de los valores de humedad y temperatura obtenidos en las pruebas del prototipo desarrollado, se hizo uso de sensores calibrados de la casa Onset Computer Corporation, específicamente los sensores StowAway RH (Relative Humidity Logger) para porcentajes de humedad relativa y por consiguiente el StowAway XTI (Internal/External Temperature Logger) para la temperatura. Dichos sensores fueron proporcionados por la Escuela de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Una vez que la etapa de obtención de datos en tiempo real se encontró implementada y depurada, se hizo necesario el estudio exhaustivo del controlador

UBS, en este caso del VDrive2 de Vinculum. Para tal efecto, fue de gran utilidad el manual del firmware del dispositivo, pues para su funcionamiento se ocupa una correcta inicialización, transmisión y recepción de datos. Mediante una etapa extensa de pruebas únicamente del host USB, fue posible primeramente su inicialización, para después de implementadas otras rutinas, poder abrir y cerrar un archivo de texto llamado MEDICION, que fuera funcional en cualquier computador.

De este modo, se procedió a acoplar la etapa de medición de variables con la nueva etapa de transmisión USB y así contar con un dispositivo casi funcional en su totalidad.

La última etapa de diseño consistió en la programación de las rutinas de apertura de ventilas. Las condiciones de apertura, se programaron con base en la experiencia de los operadores del secador solar, los cuales conocen la hora y condiciones adecuadas para que las mismas puedan o no ser abiertas. El manejo físico y posterior de las ventilas se realizó por medio de una línea de salida del microcontrolador. Para la decisión del manejo manual o automático se habilitó un interruptor externo mediante el cual se toma dicha decisión, de igual manera para dar por finalizado el proceso, se hizo uso de un interruptor de fin de proceso mediante interrupción.

Para finalizar y de manera conjunta desde el momento en que la toma de datos y escrituras en la memoria USB fue posible, se comenzó el desarrollo de una interfaz humano/máquina, para el análisis, tabulación y graficación de la información previamente recolectada. Después de varias versiones del software, y cambios implementados sobre la marcha del proyecto, se dio por concluido el diseño.

## 6. Conclusiones y recomendaciones

### 6.1. Conclusiones

- Con base en la utilización de un dispositivo periférico RCT, se implementaron las rutinas adecuadas para el manejo de la hora y la fecha externamente al microcontrolador.
- El estudio y las pruebas realizadas al reloj de tiempo real implementado por software, reveló que el hacer uso del mismo, introducía retardos no convenientes para el proceso.
- El sistema de toma de mediciones de los sensores de temperatura, necesita de una etapa de acople y acondicionamiento de señal, para que las mediciones tomadas sean valores estables y sin ruido.
- El hacer uso de un controlador host USB, permitió realizar el manejo de dispositivos de almacenamiento masivo a partir del microcontrolador.
- El uso de herramientas disponibles en PIC-C para diseñar rutinas de transmisión y recepción serial permitió reducir el tiempo de implementación de la solución y uso del controlador USB.
- El orden correcto de los comandos de manejo del controlador USB VDrive2, permite la creación, escritura y cierre de un archivo de texto funcional.
- Mediante el uso correcto de las interrupciones externas del microprocesador, y la implementación de las rutinas de programa adecuadas, se hace posible finalizar el proceso de mediciones.
- El análisis correcto de variables de tiempo, y de la consigna de humedad relativa, permiten la implementación de las rutinas correctas de apertura y cierre de las ventilas.
- El uso de una interfaz de programación de alto nivel basado en el manejo de objetos como Delphi, hace posible la tabulación, almacenamiento y graficación de archivos y variables.

## 6.2. Recomendaciones

- Teniendo en cuenta que el manejo de sensores analógicos genera valores de voltaje proporcionales al valor deseado de temperatura o porcentajes de humedad, que son generalmente ruidosos y que requieren por consiguiente de una etapa de acople de impedancias y acondicionamiento de señal y su respectiva amplificación, se podría hacer uso de sensores digitales, con etapas de acondicionamiento internas al chip e interfases de trabajo de fácil manejo como I<sup>2</sup>C o SPI. Un ejemplo de un sensor que puede utilizarse en el STH1x (Sensor de humedad y temperatura) de la casa Sensirion.
- Como continuación del desarrollo de este proyecto, se puede hacer el mismo manejo de datos, con posibilidad de envío mediante algún protocolo Bluetooth o Wi-Fi.
- Como futura mejora, se puede hacer uso de un teclado hexadecimal para la introducción de los parámetros de configuración de hora, fecha y tiempos entre mediciones.
- La introducción de memoria externa de interfaz serial, se puede implementar para eliminar así el que la llave USB esté conectada durante todo el proceso de secado al dispositivo de toma de mediciones.
- Hacer uso de un microcontrolador cuya tecnología sea de 32 bits, para así dar mayor rapidez a los procedimientos y rutinas implementadas.
- Hacer uso de algún sistema operativo de tiempo real con posible grado de predicción y corrección de respuestas bajo restricciones de tiempo.



- Implementar un sistema multitarea, para dar además de eficiencia al sistema, poder implementar otras tareas conjuntamente a la toma de mediciones.

## 7. Referencias

- [1] Coughlin Robert F., **Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales**, Prentice Hall, México, 1998.
- [2] VICULUM, **Future Technology Devices International Ltd. Vinculum Firmware User Manual**, Document Reference No.: FT\_000006, Version 2.05, Issue Date: 2008-08-04
- [3] VINCULUM Binding USB Technologies, **VDRIVE2 Vinculum VNC1L Module**, Future Technology Devices International Ltd. 2007
- [4] Interface Serial RS232, **Descripción detallada del puerto serial de la PC, RS232**, Visitada el 26/11/2008. Disponible en:  
<http://interface-serial-rs232.blogspot.com/2008/08/especificaciones-mecnicas-el-conector.html>
- [5] Informe técnico N° 1, **Diseño y construcción de un secador para madera**, Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- [6] VINCULUM, **Future Technology Devices International Ltd. Vinculum Firmware Tools User Manual**, Version: 1.0, Issue Date: 2007-10-30
- [7] Russell Pinnington, **Advanced PIC Programming**, Visitada el 4/10/2008. Disponible en:  
<http://www.1337Robotics.com>
- [8] MICROCHIP, **PIC16F87XA Data Sheet 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers**, 2003 Microchip Technology Inc.
- [9] X-Robotics robótica &  $\mu$ C PIC, **Sensores**, Visitada el 2/09/2008. Disponible en:  
<http://www.x-robotics.com/sensores.htm>
- [10] Wikipedia, **Microcontrolador PIC**, Visitada el 2/11/2008. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador\\_PIC](http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador_PIC)
- [11] Wikipedia, **Microcontrolador**, Visitada el 2/11/2008. Disponible en:  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador>
- [12] Wikipedia, **RS-232**, Visitada el 11/10/2008. Disponible en:  
<http://en.wikipedia.org/wiki/RS-232>
- [13] Wikipedia, **Universal asynchronous receiver/transmitter**, Visitada el 11/10/2008. Disponible en:

- <http://en.wikipedia.org/wiki/UART>
- [14] Wikipedia, **I<sup>2</sup>C**,  
Visitada el 10/10/2008. Disponible en:  
<http://en.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- [15] Wikipedia, **Real-time clock**,  
Visitada el 16/10/2008. Disponible en:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Real-time\\_clock](http://en.wikipedia.org/wiki/Real-time_clock)
- [16] Wikipedia, **Sensor**,  
Visitada el 18/10/2008. Disponible en:  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>
- [17] Vinculum, **Binding USB Technologies**,  
Visitada el 14/09/2008. Disponible en:  
<http://www.vinculum.com/>
- [18] CUCEI, **Sensores, Detectores, Interruptores de proximidad, Sondas**, Mtro. Carlos M. Ruvalcaba Becerra, Universidad de Guadalajara  
Visitada el 14/09/2008. Disponible en:  
<http://proton.ucting.udg.mx/~cruval/sensores100.pdf>
- [19] Wikipedia, **Temperatura**,  
Visitada el 15/09/2008. Disponible en:  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>
- [20] Wikipedia, **Humedad ambiental**,  
Visitada el 15/09/2008. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Humedad\\_ambiental](http://es.wikipedia.org/wiki/Humedad_ambiental)
- [21] Microchip, **MPLAB C Compiler for PIC18 MCUs**,  
Visitada el 08/08/2008. Disponible en:  
[http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS\\_GET\\_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en010014&part=SW006011](http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en010014&part=SW006011)
- [22] monografias.com, **Sensor digital de temperatura**,  
Visitada el 15/09/2008. Disponible en:  
<http://www.monografias.com/trabajos12/sensor/sensor.shtml>
- [23] G.M. ELECTRONICA S.A, **Sensor de humedad HIH4000-001**,  
Visitada el 15/09/2008. Disponible en:  
<http://www.gmelectronica.com.ar/catalogo/pag43.html>
- [24] Estación meteorológica Automática, **Sensores**,  
Visitada el 15/09/2008. Disponible en:  
<http://www.qsl.net/ea3cno/meteo.htm>
- [25] TODOPIC Argentina, **Ejemplos en C para PIC16**,  
Visitada el 16/09/2008. Disponible en:  
<http://todopic.mforos.com/46840/4061462-ejemplitos-en-c-para-16f648a/?pag=6>
- [26] CLOCK54.ASM, **PIC16C54**,

- Visitada el 10/09/2008. Disponible en:  
<http://www.pablin.com.ar/electron/circuito/mc/reloj/CLOCK54.ASM>
- [27] PIC16C54, **Reloj digital para casa o coche**,  
Visitada el 19/09/2008. Disponible en:  
<http://www.pablin.com.ar/electron/circuito/mc/reloj/index.htm>
- [28] C Applications, **PIC Designs**,  
Visitada el 23/09/2008. Disponible en:  
<http://www.phanderson.com/PIC/PICC/index.html>
- [29] CCS Inc. Custom Computer Services, Inc, **Device Datasheets**,  
Visitada el 14/10/2008. Disponible en:  
<https://www.ccsinfo.com/content.php?page=devicedatasheets>
- [30] PIC Microcontroller, **Radix Time Math Method**,  
Visitada el 14/10/2008. Disponible en:  
<http://www.piclist.com/techref/microchip/math/radix/bcdrtc.htm>
- [31] PIC Manía, Redraven, **Proyectos: Aux RTC real time clock con DS1307**,  
Visitada el 15/10/2008. Disponible en:  
[http://www.garcia-cuervo.com/picmania.garcia-cuervo.net/Proyectos\\_AUX\\_RTC.php](http://www.garcia-cuervo.com/picmania.garcia-cuervo.net/Proyectos_AUX_RTC.php)
- [32] Cuaderno técnico I, **Comunicaciones serie (HW)**,  
Visitada el 15/09/2008. Disponible en:  
<http://www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct1/ct1.html>
- [33] PIC Manía, Redraven, **El rincón del CCS C: Ideas, Rutinas y Técnicas**,  
Visitada el 11/08/2008. Disponible en:  
<http://picmania.garcia-cuervo.net/PICC.php>
- [34] DS1307, **Real Time Clock and 56 byte NVRAM**,  
Visitada el 10/09/2008. Disponible en:  
<http://www.lecad.uni-lj.si/~leon/electronics/thermo/src/ds1307.c.html>
- [35] Cytron Technologies, **Sensor**,  
Visitada el 10/09/2008. Disponible en:  
<http://www.cytron.com.my/>
- [36] CCS Inc. Custom Computer Services, Inc, **Compiler Examples**,  
Visitada el 11/09/2008. Disponible en:  
<http://www.ccsinfo.com/content.php?page=compexamples>
- [37] TODOPIC Argentina, **Lenguaje C para microcontroladores**,  
Visitada el 11/10/2008. Disponible en:  
<http://www.todopic.com.ar/foros/index.php?topic=4533.200>
- [38] MAXIM, **DS1307**,  
Visitada el 02/09/2008. Disponible en:  
[http://www.maxim-ic.com/quick\\_view2.cfm/qv\\_pk/2688](http://www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/2688)
- [39] QuBits, **Control de temperatura con sensor LM35DZ**,  
Visitada el 02/09/2008. Disponible en:

- <http://qubits.wordpress.com/tag/lm35/>
- [40] SIXCA Knowledge on the Cyber, **Digital clock and temperature**,  
Visitada el 02/09/2008. Disponible en:  
<http://www.sixca.com/eng/articles/clock/>
- [41] TODOPIC Argentina, **16F876A: Temperatura y Luminosidad con un LM35a y una LDR (Conv. AD)**,  
Visitada el 03/09/2008. Disponible en:  
<http://todopic.mforos.com/46840/4676675-ejemplito-16f876a-temperatura-y-luminosidad-con-un-lm35a-y-una-ldr-conv-ad/>
- [42] Hardcore Modding Comunidad Modding, **Precisión del sensor LM35**,  
Visitada el 03/09/2008. Disponible en:  
<http://www.hardcore-modding.com/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&t=26857&start=0&postdays=0&postorder=asc&highlight=>
- [43] CTRL, **Acondicionador de señal para LM35x**,  
Visitada el 02/10/2008. Disponible en:  
[http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=Acondicionador\\_de\\_se%C3%B1al\\_para\\_LM35x](http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=Acondicionador_de_se%C3%B1al_para_LM35x)
- [44] PSICOFX, **Sensores de Temperatura y Humedad con pic16f877**,  
Visitada el 04/10/2008. Disponible en:  
<http://www.psicofxp.com/forums/electronica.149/583440-sensores-temperatura-y-humedad-pic-16f877.html>
- [45] Wikipedia, **Amplificador Operacional**,  
Visitada el 02/10/2008. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador\\_operacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional)
- [46] Wikipedia, **Amplificador de Instrumentación**,  
Visitada el 02/10/2008. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador\\_de\\_instrumentaci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_de_instrumentaci%C3%B3n)
- [47] Proyectos, **Circuito de reset**,  
Visitada el 07/10/2008. Disponible en:  
<http://electronica.ugr.es/~amroldan/modulos/proyectos/cerradura/presentacion/sld019.htm>
- [48] Dispositivos lógicos programables, **Características especiales del PIC16F84A**,  
Visitada el 07/10/2008. Disponible en:  
[http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic16f84\\_3.htm#reset\\_manual](http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic16f84_3.htm#reset_manual)
- [49] Ejemplos CCS - 008, **EEPROM interna 1**,  
Visitada el 17/10/2008. Disponible en:  
[http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php/Ejemplos\\_CCS\\_-\\_008\\_EEPROM\\_interna\\_1](http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php/Ejemplos_CCS_-_008_EEPROM_interna_1)
- [50] EmbeddedRelated, **Example code in C for R/W data to EEPROM**,  
Visitada el 21/10/2008. Disponible en:  
<http://www.embeddedrelated.com/usenet/embedded/show/30377-1.php>

- [51] MAICAS, **Circuito para controlar los cortes de corriente en la red eléctrica**,  
Visitada el 19/11/2008. Disponible en:  
<http://www.maicas.net/goofy/mirared.htm>
- [52] HOBBYPIC, **CSHT11 – SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA**,  
Visitada el 15/09/2008. Disponible en:  
[http://www.hobbypic.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=16&Itemid=27](http://www.hobbypic.com/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=27)
- [53] SENSIRION The sensor company, **Your Partner for Humidity Sensors and Flow Sensor Solutions**,  
Visitada el 15/09/2008. Disponible en:  
<http://www.sensirion.com/>
- [54] PICAXEFORUM, **VDrive2 Sample Code**,  
Visitada el 20/10/2008. Disponible en:  
<http://74.125.45.104/search?q=cache:Br193GpE4FKJ:www.picaxeforum.co.uk/showthread.php%3Ft%3D8035+VDrive2&hl=es&ct=clnk&cd=7&gl=cr>
- [55] Global Development and Computing Portal, **OEM 437**,  
Visitada el 20/10/2008. Disponible en:  
<http://www.microsoft.com/globaldev/reference/oem/437.msp>
- [56] CCS Inc. Custom Computer Services, Inc, **Another DS1307 driver**,  
Visitada el 11/09/2008. Disponible en:  
<http://www.ccsinfo.com/forum/viewtopic.php?t=23255>
- [57] Comunidad Internacional de Electrónicos, **Cargador de batería 50 mA**,  
Visitada el 11/09/2008. Disponible en:  
<http://www.forosdeelectronica.com/proyectos/cargador-bateria.htm>
- [58] Guía Práctica N° 3, **Secadora solar para madera**, Centro de Investigación en Integración Bosque Industria. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## 8. Apéndices

### 8.1. Glosario

**Controlador Host USB:** Permite adaptar fácilmente capacidades USB a dispositivos o productos que previamente no cuentan con recursos de hardware disponibles para tal efecto.

**Convertidor Analógico/Digital (ADC):** Encargado de convertir señales analógicas a digitales. Es un dispositivo electrónico capaz de convertir un voltaje determinado en un valor binario.

**Firmware:** Programación en Firme, instrucciones de programa para propósitos específicos, grabado en una memoria de tipo no volátil (ROM, EEPROM, flash,...), que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo de cualquier tipo.

**Humedad relativa:** Relación porcentual, entre la cantidad de vapor de agua real en la atmósfera y la máxima que podría contener a idéntica temperatura.

**Interfaz I<sup>2</sup>C:** Sus siglas provienen de Inter-Integrated Circuit. Utiliza dos líneas para transmitir información: una para los datos y por la otra la señal del reloj. Es un bus de comunicaciones serie.

**Microcontrolador:** Circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de un computador: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir.

**Pendrive:** En español corresponde a memoria USB, es también conocida como USB flash drive.

**Reloj de tiempo real (RTC):** es un reloj que realiza un seguimiento de la hora actual. Aunque el término se refiere con frecuencia a los dispositivos en computadoras personales, servidores y sistemas embebidos, RTC están presentes en casi cualquier dispositivo electrónico que debe mantener hora exacta.

**Secador Solar:** Es una cámara de dimensiones y construcción adecuadas, según el lugar y clima, orientadas estratégicamente para recoger la mayor cantidad de rayos solares durante todo el año. Recolecta calor, y por efecto del aumento de temperatura en su interior, y el movimiento controlado de corrientes de aire tanto de adentro hacia afuera y viceversa, poder dar secado a la madera.

**Sensor:** mide en su mayoría fenómenos físicos y manifestaciones de cualidades, como humedad, temperatura, etc. Es un transductor que transforma la magnitud que se desea medir en otra que facilita grandemente su medida como por ejemplo voltaje.

**Temperatura:** Es la energía interna de un sistema termodinámico. Es una magnitud escalar ligada al movimiento de partículas de un sistema.

**USART:** Abreviado normalmente como Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART). Conocido también como Interfaz Serial de Comunicación.

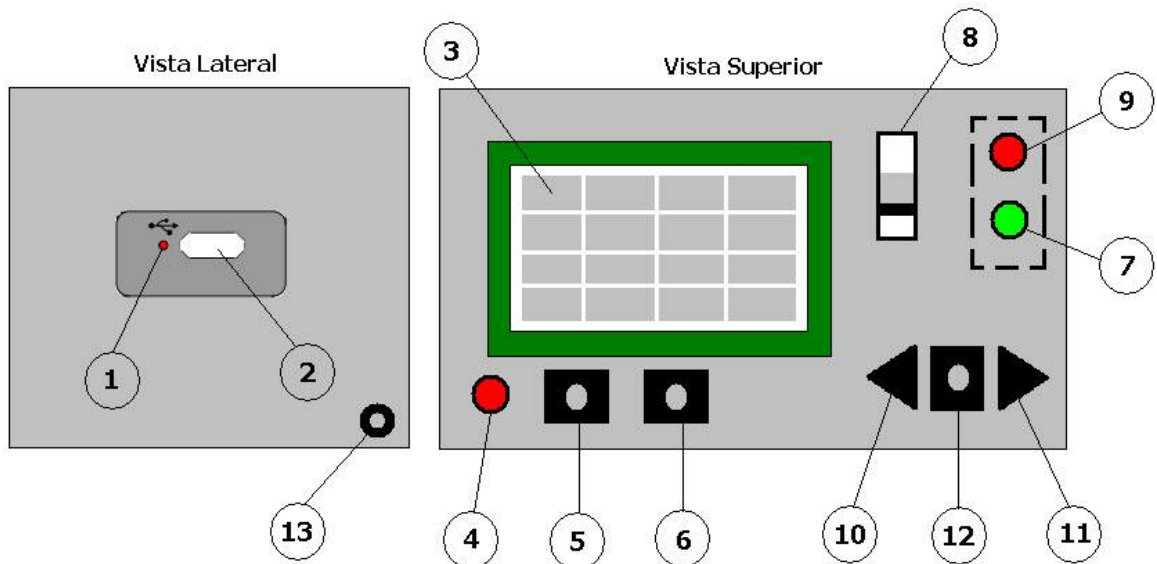
**USB:** Universal Serial Bus



## 8.2. Manual de operación

### Uso del prototipo de hardware

Primeramente es debido realizar una pequeña descripción del hardware del dispositivo de toma de mediciones. Para tal efecto se muestra un diagrama general en la figura 8-1, que hace una explicación visual de cada elemento que compone el diseño.



**Figura 8-1** Diagrama de descripción del hardware.

En la tabla 8-1 se muestra el detalle de cada parte del hardware:

**Tabla 8-1** Descripción del hardware.

Número	Descripción
1	Led indicador de la interfaz USB
2	Puerto USB tipo A
3	Pantalla LCD 4x16
4	Luz de encendido
5	Botón de reset
6	Salir de toma de medición
7	Led Indicador de salir
8	Modo de apertura
9	Led Indicador de apertura de ventilas
10	Bajar
11	Subir
12	Seleccionar
13	Entrada de alimentación

### Arranque del sistema

Una vez que el prototipo es alimentado, el led indicador del punto 4 (figura 8-1), se enciende. En la pantalla LCD se muestra el mensaje: **"Reloj Tiempo Real:" "Conf. Hora-Fecha"**.

### Configuración de hora y fecha

Una vez mostrado el mensaje inicial, la pantalla muestra paso a paso los siguientes mensajes:

Configurar Fecha:

**"Fecha: 01-31"**

**"Fecha: 01"**

El dispositivo está en espera de introducir la fecha. Por lo tanto con los botones de Subir o Bajar (10 y 11 de la figura 8-1) se puede escoger el valor de la fecha específica. Una vez llegado al valor de la fecha, se procede a pulsar el botón Seleccionar.

Del mismo modo (tal y como se muestra en la tabla 8-2) se introducen uno a uno los otros parámetros de hora y fecha, y al pulsar Seleccionar se cambia al siguiente parámetro por configurar:

**Tabla 8-2** Mensajes de configuración de hora y fecha.

<b>Configuración</b>	<b>Mensajes en el LCD</b>
<b>Mes</b>	"Mes: 01-12" "Mes: 01"
<b>Año</b>	"Año: 00-99" "Año: 00"
<b>Hora</b>	"Hora: 00-23" "Hora: 00"
<b>Minutos</b>	"Minutos: 00-59" "Minutos: 00"
<b>Día de la semana</b>	"Día de la semana" "Domingo"

### **Configuración de tiempo entre mediciones**

Ya configurada la hora y fecha, se procede a mostrar un mensaje en el LCD para configuración de los tiempos entre toma de mediciones. De igual modo se muestra:

**"Tiempo: 01-59"**  
**"Tiempo: 1"**

Con los botones de subir, bajar y seleccionar se da configuración a esta parte del proceso. Es posible seleccionar mediciones desde cada minuto, hasta cada 59 minutos.

Seguidamente el sistema muestra un mensaje en espera de que el usuario introduzca la memoria:

**“INTRODUZCA USB”**

Una vez que se introduce el dispositivo externo de memoria, el sistema inicializa y empieza el proceso de toma de mediciones.

Cada vez que se realiza una nueva toma de datos, y los mismos son escritos en la llave maya, se escribe en el LCD un mensaje **“ESCRIBIENDO”** como guía para saber que las escrituras están siendo realizadas.

**Salir de la toma de mediciones**

Desde el momento en que se configuran los tiempos entre toma de mediciones, el sistema inicia la toma de datos continuamente hasta que el usuario decida que el proceso finalice. La manera de indicar al sistema, que el proceso de mediciones ha finalizado, es mediante el botón de salir de toma de medición (punto 6 de la figura 8-1).

Al pulsar éste botón, el led indicador de salir (7 de la figura 8-1), se enciende y apaga nuevamente, indicando al usuario que el sistema fue interrumpido. Al hacer esto, se procede a mostrar en la pantalla LCD un mensaje:

**“RETIRE DISP.”**

Al retirarlo el sistema vuelve nuevamente a la pantalla de configuración de tiempo entre mediciones, en espera de un nuevo valor de tiempo entre las mismas, para dar inicio nuevamente al proceso de toma de variables.

## **Modo de apertura**

Si observamos el led rojo (9 de la figura 8-1), se llevará el control de apertura o cierre de ventilas del secador. Si el mismo se encuentra encendido, la ventila estará abierta, y de lo contrario cerrada.

Esta señal se encenderá (cuando se den las condiciones adecuadas) únicamente si el selector de apertura manual o automático se encuentra apagado. Dicho interruptor corresponde al número 8 de la figura 8-1. Por el contrario si el interruptor es activado, se estará en modo manual de apertura de ventilas, y la señal nunca se encenderá.

## **Capacidad de almacenamiento de datos**

Al utilizarse una memoria externa tipo USB, la capacidad de almacenamiento de información es muy grande. Los archivos de texto generados por el dispositivo son de muy pequeño tamaño por lo que se podría almacenar gran cantidad de procesos de medición en una llave maya de 1 GB por ejemplo.

Para establecer un tamaño máximo del archivo de texto generado en un proceso de 70 días de secado y medición continua se presenta el siguiente cálculo:

Suponiendo mediciones cada minuto durante setenta días de medición, el archivo generado tendría 100800 líneas de texto con información. El tamaño de un archivo con el formato compatible para la interfaz humano/máquina de tabulación, y que posee esa cantidad de líneas de texto, es de 3.65 MB. Hasta 280 archivos de texto distintos de dicho tamaño, podrían ser almacenados en una memoria flash de 1 GB.

## **Cambios al software del microcontrolador**

Si se desean hacer futuros cambios al programa de manejo del microcontrolador interno del prototipo de toma de mediciones, se debe hacer uso del Compilador CCS C Compiler, mas conocido como Compilador PIC-C (**PCWH Compiler Version 4.049**).

El código fuente se encuentra en el archivo de nombre **VDRIVE2.C** así que para modificaciones se debe escribir nuevas rutinas en el mismo.

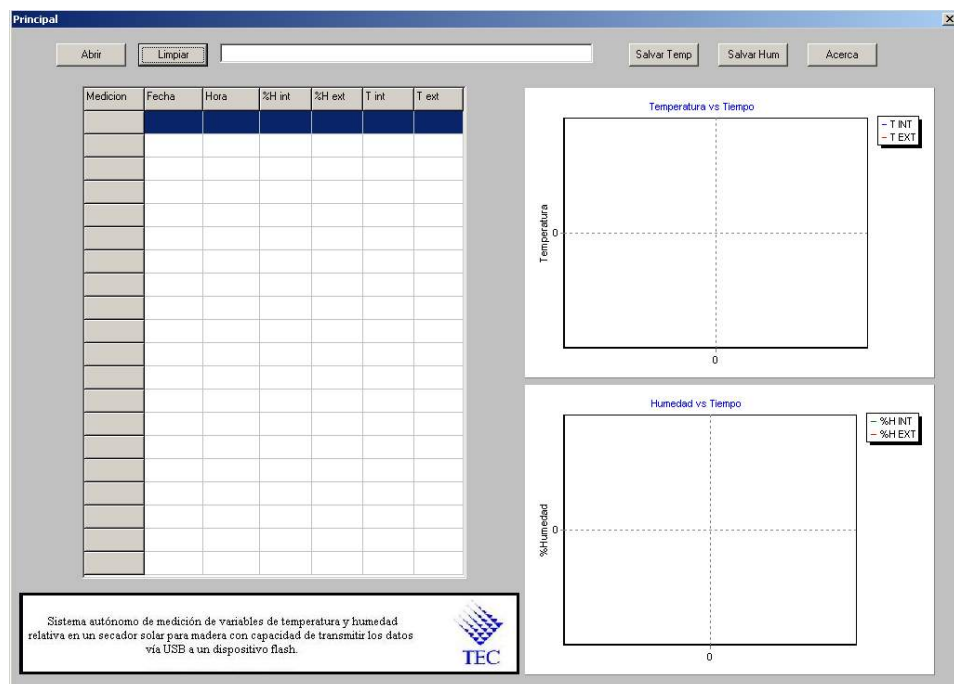
## Uso de la interfaz humano/máquina

Cada una de las ventanas que se implementan en la unidad de visualización, cuentan con suficiente información con la finalidad de que el manejo de la interfaz se haga lo mas sencilla y amigable posible.

La idea de esta interfaz, es tabular y graficar los datos medidos previamente por los sensores de humedad y temperatura, tanto a lo interno como a lo externo del secador solar para madera. Los datos se encuentran en un archivo de texto de formato especifico, creado por la interfaz de hardware diseñada.

## Pantalla principal

La pantalla principal de la figura 8-2, está diseñada con el fin de mostrar al usuario, todas las capacidades de la aplicación. Los botones poseen el nombre exacto de la actividad que realizan.



**Figura 8-2** Pantalla principal de la interfaz de usuario.

## Acerca

La pantalla de la figura 8-3, cumple con la función de mostrar los créditos, es decir la información general, nombre del proyecto y por quien fue implementado al pulsar el botón con ese nombre.



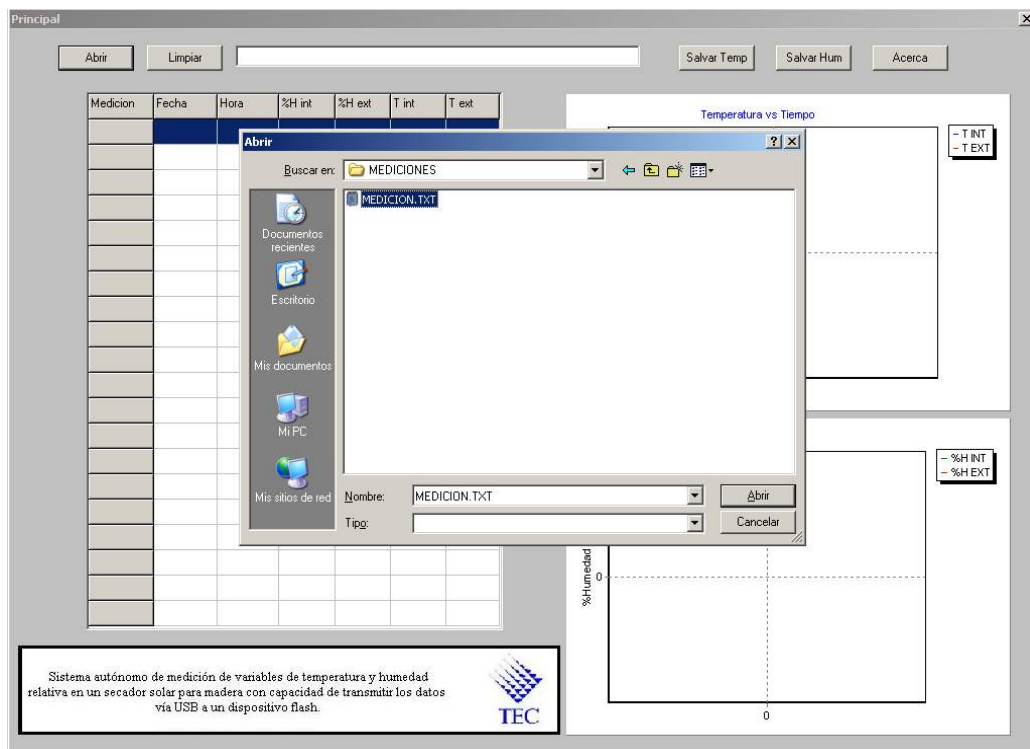
**Figura 8-3** Información general.

De una manera muy sencilla se puede regresar a la pantalla principal de la aplicación, al pulsar el botón con ese nombre.



## Abrir archivo

El primer paso es abrir un archivo de mediciones previamente guardado, tal y como se muestra en la figura 8-4. Para tal efecto se procede a pulsar el botón Abrir y seleccionar el mismo.



**Figura 8-4** Abrir el archivo de texto.

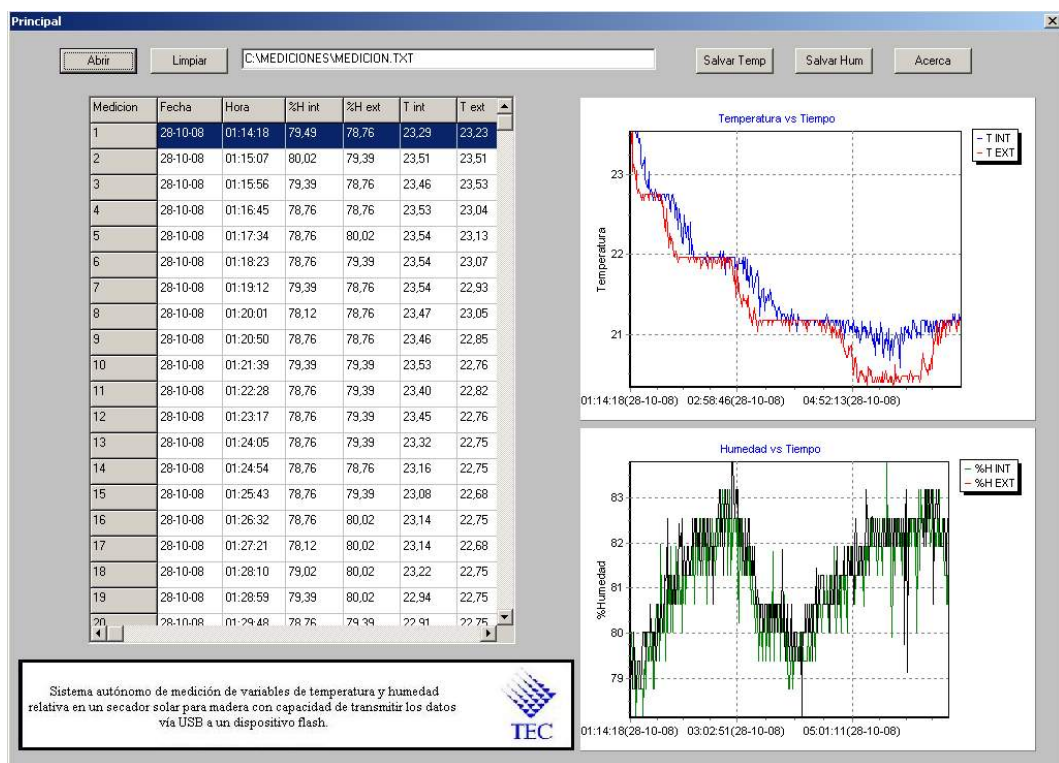
## Archivo incompatible

Cuando se desea abrir un archivo, si la extensión o el contenido del mismo no son compatibles con las que la interfaz debe analizar previamente a su apertura, el programa principal muestra un error de archivo incompatible, como el de la figura 8-5.



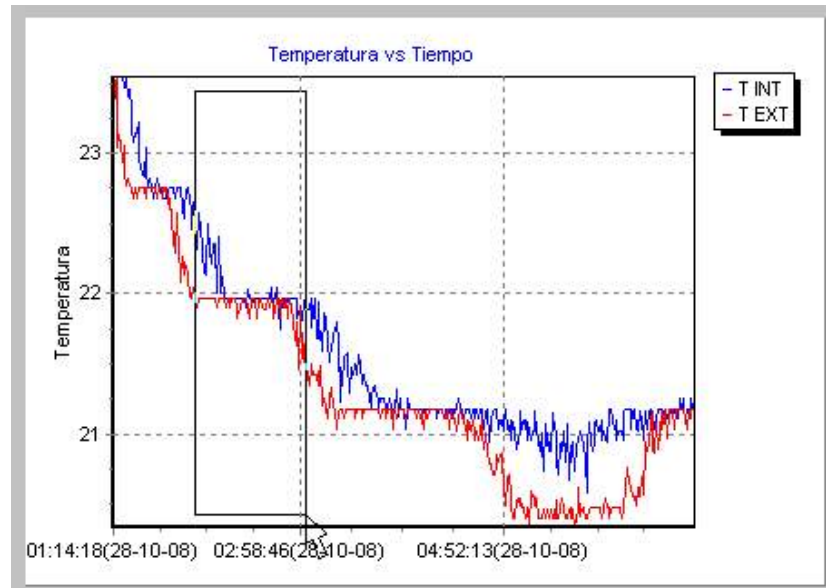
**Figura 8-5** Leyenda de archivo incompatible.

Una vez seleccionado un archivo correcto, los datos son cargados por el programa, distribuidos correctamente en la tabla de la pantalla principal, y por consiguiente graficados, tal como se muestra en la figura 8-6.



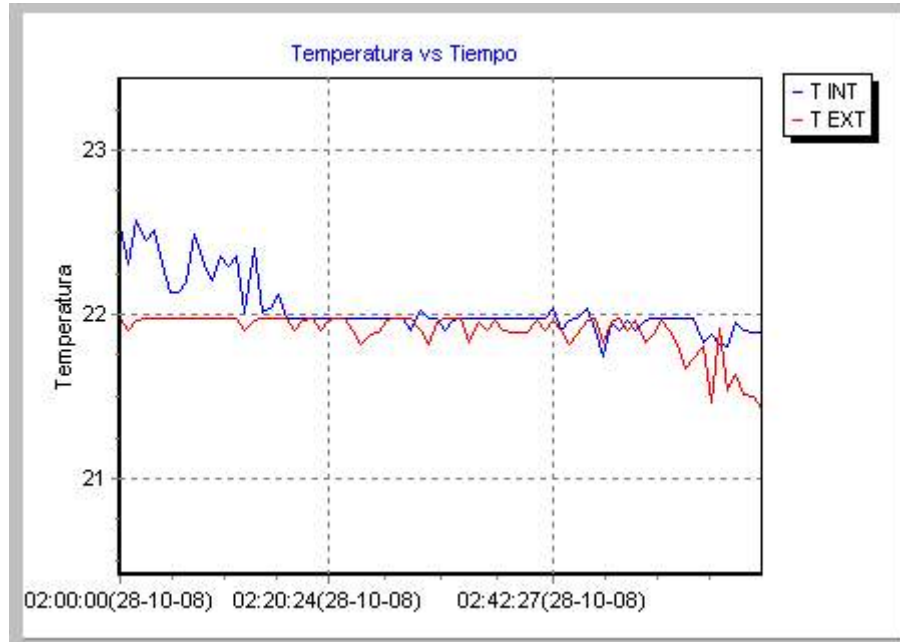
**Figura 8-6** Tabulación y graficas de la información del archivo.

Teniendo los datos cargados, tabulados y graficados, se puede tener acción sobre los dos gráficos. Haciendo clic con el mouse, sobre el área que se desea detallar o agrandar el cualquiera de los gráficos, y arrastrando el mismo hacia la derecha, se puede dar zoom a las gráficas. (Figura 8-7)



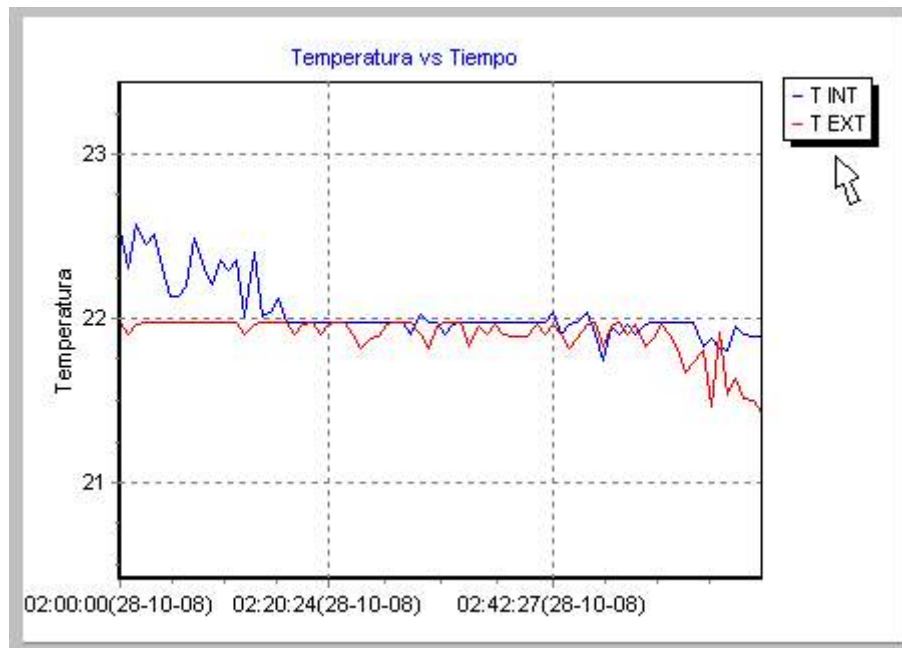
**Figura 8-7** Acercar las mediciones.

Como lo muestra la figura 8-8, se tendrá una mejor visión de los datos del gráfico.



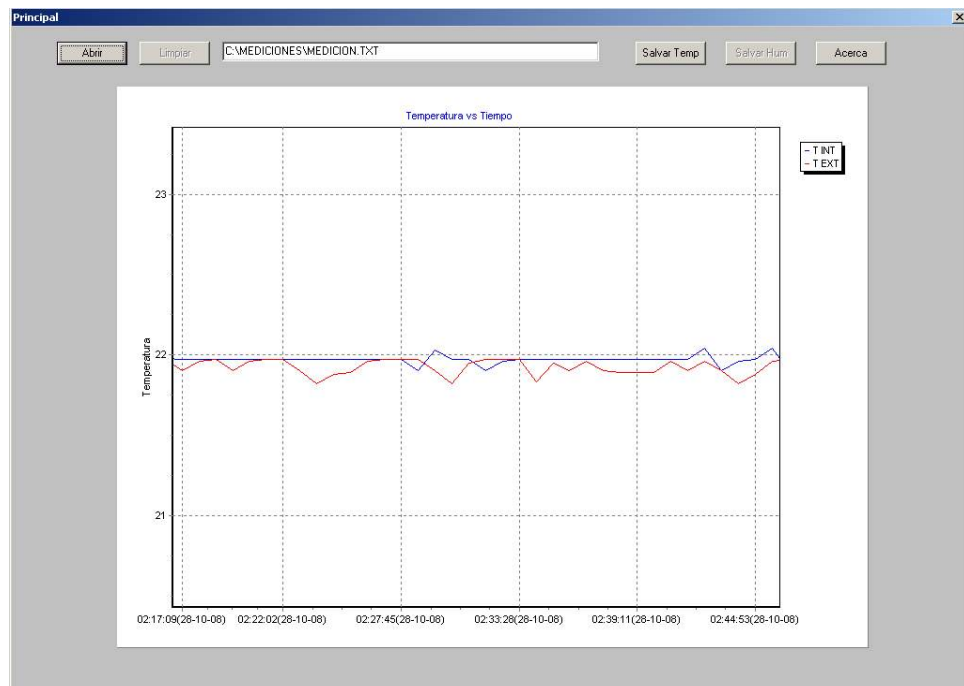
**Figura 8-8** Acercar el rango de medición.

Pero si se desea ver el gráfico completo más grande (figura 8-9), se procede a pulsar sobre la leyenda de la derecha, al lado superior:



**Figura 8-9** Aumento de área de graficación.

El gráfico se hace del tamaño de la pantalla para un mejor manejo de los datos (ver figura 8-10).

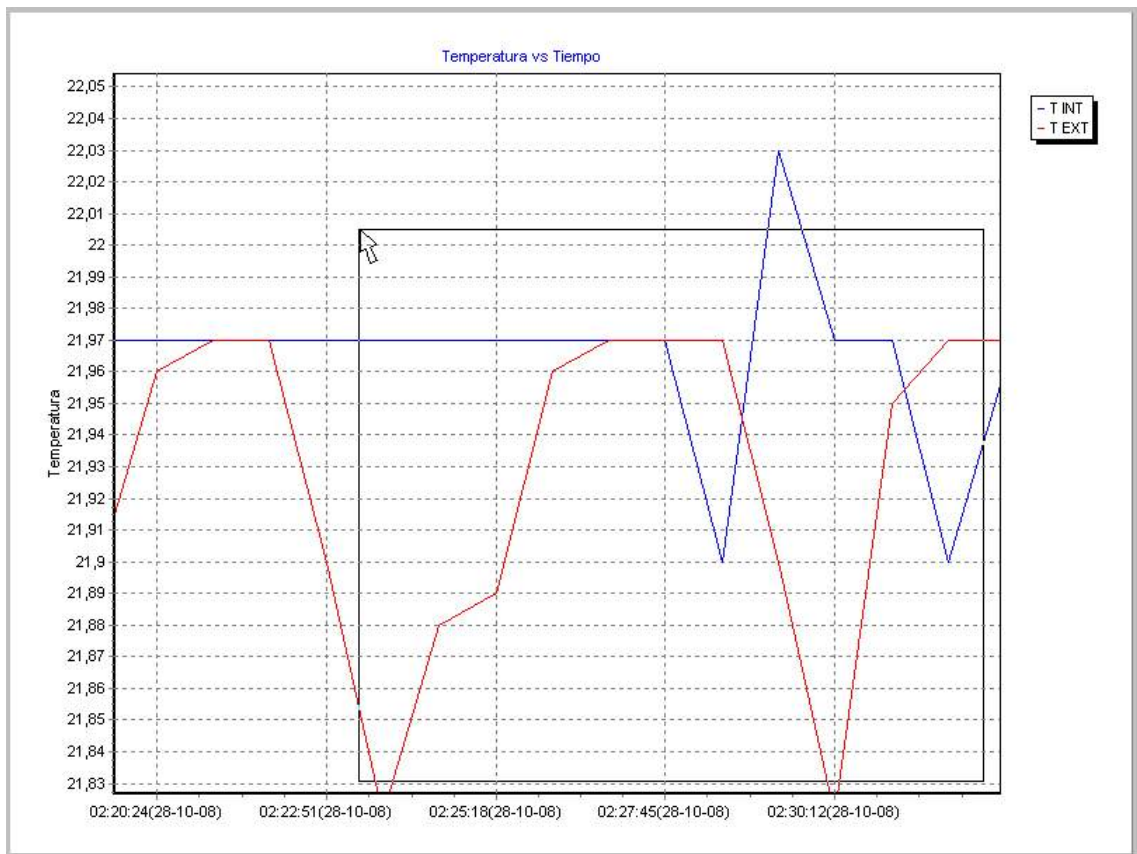


**Figura 8-10** Gráfico a pantalla completa.

Es posible dar zoom al gráfico tanto como se desee, hasta el hecho de poder ver el valor exacto de temperatura o el porcentaje de humedad relativa para un dato de hora y fecha exacto.

Una vez que se desea volver a la pantalla principal, se deberá pulsar nuevamente la leyenda superior.

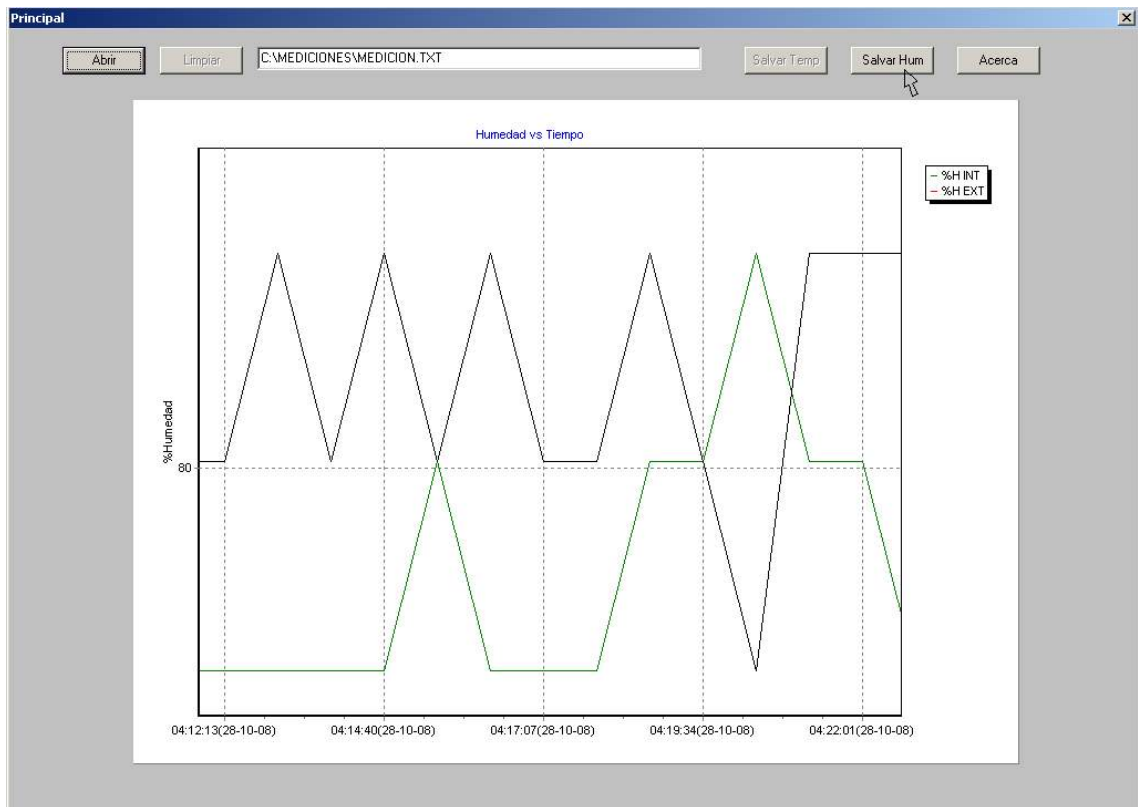
Para hacer zoom out sobre el gráfico (figura 8-11) y volver a graficar la tendencia general para todo el rango completo de mediciones, se debe arrastrar el Mouse sobre el gráfico, pero esta vez hacia la izquierda.



**Figura 8-11** Disminuir la precisión al graficar.

La última acción importante que se puede utilizar (tal como se observa en la figura 8-12) es, salvar las gráficas. Esto es posible al pulsar los botones para tal

efecto. Lo que sucede es que al pulsar el botón Salvar Tem ó Salvar Hum, se hace una captura del gráfico, y el mismo puede ser pegado en cualquier programa de Windows como mspaint o Word en formato de imagen BMP.



**Figura 8-12** Salvar gráficas.

Se cuenta con la posibilidad de limpiar la pantalla completa, tanto los gráficos como la tabla de datos. Para esto se pulsa el botón Limpiar.

## **Futuros cambios al funcionamiento o visualización de la interfaz**

Para tal efecto se cuenta con la carpeta del programa llamada Secador Solar. Dentro de ella se encuentra tanto la aplicación en su archivo ejecutable (**drive.exe**) implementado en **Borland Delphi 7**, así como las imágenes requeridas dentro de la pantalla principal.

Ahí mismo se cuenta con el archivo **vdrive.pas** donde se encuentra el código fuente de la aplicación. Cualquier cambio futuro deberá realizarse al modificar dicho archivo. Por otro lado se cuenta con el archivo **drive.dpr** que contiene la rutina principal del programa.

### 8.3. Diagrama eléctrico completo

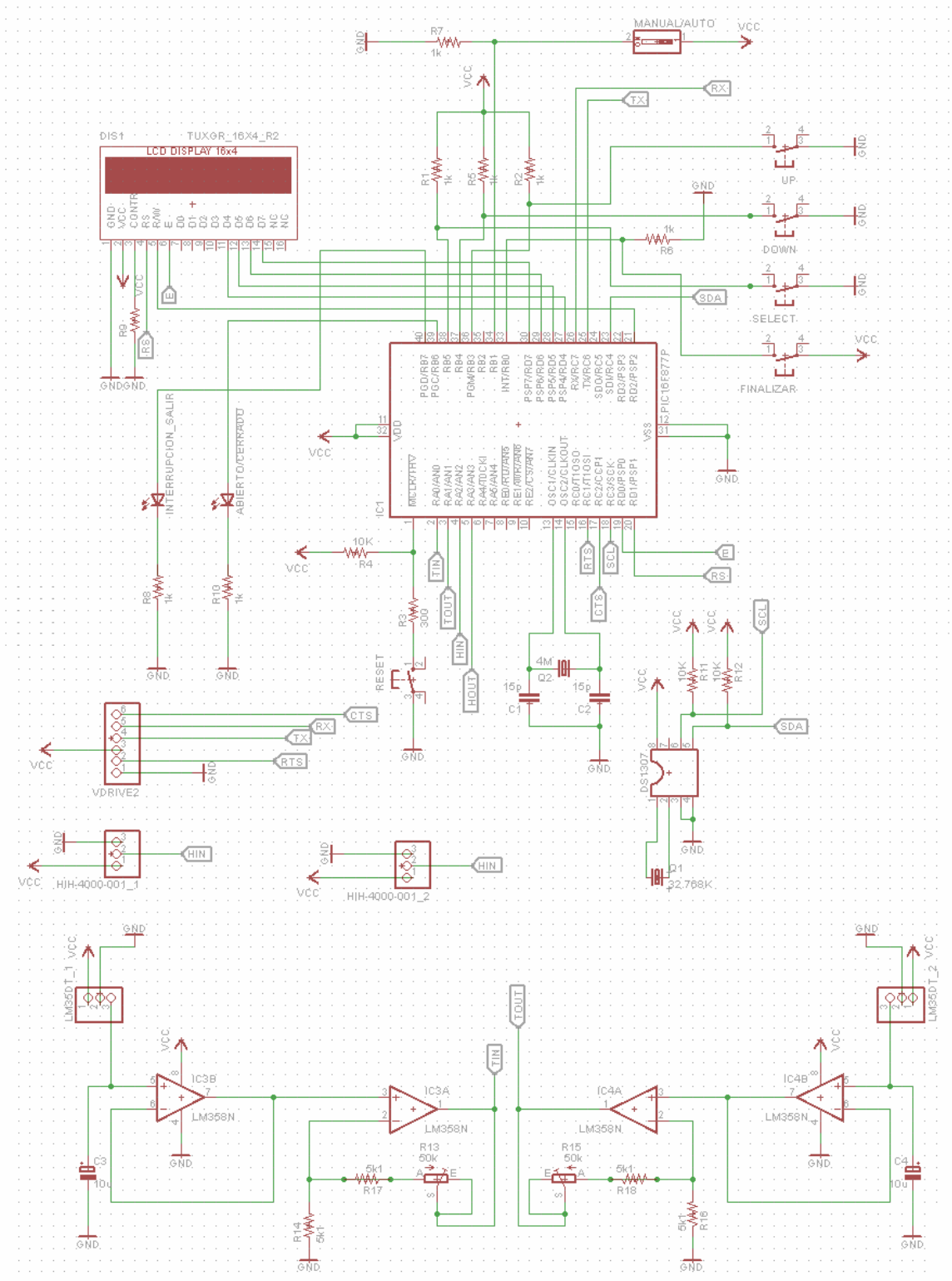


Figura 8-13 Esquemático completo de la solución.



## 8.4. Distribución de entradas/salidas del Microcontrolador

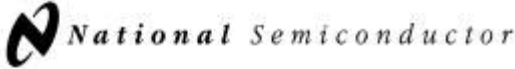
**Tabla 8-3** Distribución de las entradas y salidas del microcontrolador.

Circuito	Nombre	#PIN
RESET y Oscilador	VDD	11, 32
	VSS	12, 31
	MCLR	1
	OSC1, OSC2	13, 14
RTC (Reloj)	SCL	18
	SDA	23
Temperatura	AN0	2
	AN1	3
Humedad	AN2	4
	AN3	5
VDRIVE2	RTC	16
	CTS	17
	TX	25
	RX	26
LCD 4x16	E	19
	RS	20
	RW	21
	Datos	27, 28, 29, 30
Selección hora/fecha	Up	36
	Down	37
	Select	38
Interrupción externa	Salir	33
Manual/automático	RB1	34
Ventila Abierta/cerrada	RB6	39
Luz indicadora Salir	RB7	40

## 9. Anexos

### 9.1. Hojas de datos

#### Sensor de Temperatura LM35DT


November 2000

## LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in <sup>o</sup> Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only 60  $\mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^{\circ}\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^{\circ}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^{\circ}$  to  $+110^{\circ}\text{C}$  range ( $-10^{\circ}$  with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

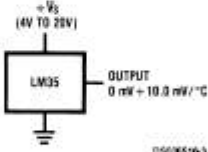
aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

### Features

- Calibrated directly in <sup>o</sup> Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/<sup>o</sup>C scale factor
- 0.5<sup>o</sup>C accuracy guaranteeable (at +25<sup>o</sup>C)
- Rated for full  $-55^{\circ}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60  $\mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^{\circ}\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$  typical
- Low Impedance output, 0.1  $\Omega$  for 1 mA load

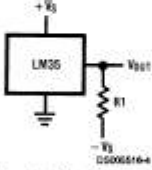
---

### Typical Applications



DS000516-3

**FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor**  
( $+2^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$ )



DS000516-4

Choose  $R_1 = -V_b/20 \mu\text{A}$   
 $V_{out} = +1.500 \text{ mV at } +150^{\circ}\text{C}$   
 $= +250 \text{ mV at } +25^{\circ}\text{C}$   
 $= -550 \text{ mV at } -55^{\circ}\text{C}$

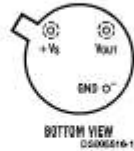
**FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor**

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

LM35

### Connection Diagrams

**TO-46  
Metal Can Package\***



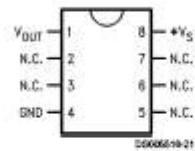
\*Case is connected to negative pin (GND)  
Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH  
See NS Package Number H03H

**TO-92  
Plastic Package**



Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ  
See NS Package Number Z03A

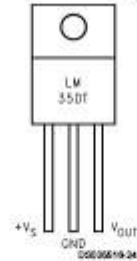
**SO-8  
Small Outline Molded Package**



N.C. = No Connection

Order Number LM35DM  
See NS Package Number M08A

**TO-220  
Plastic Package\***



\*Tab is connected to the negative pin (GND).  
Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT  
See NS Package Number TA03F

## Sensor de Humedad HIH4000-001



*Representative photograph, actual product appearance may vary.*

*Due to regional agency approval requirements, some products may not be available in your area. Please contact your regional Honeywell office regarding your product of choice.*

### HIH-4000-001

HIH-4000 Series Integrated Circuitry Humidity Sensor, 2,54 mm (0.100 in) Lead Pitch SIP

#### Features

- Molded thermoset plastic housing with cover
- Linear voltage output vs %RH
- Laser trimmed interchangeability
- Low power design
- High accuracy
- Fast response time
- Stable, low drift performance
- Chemically resistant

#### Typical Applications

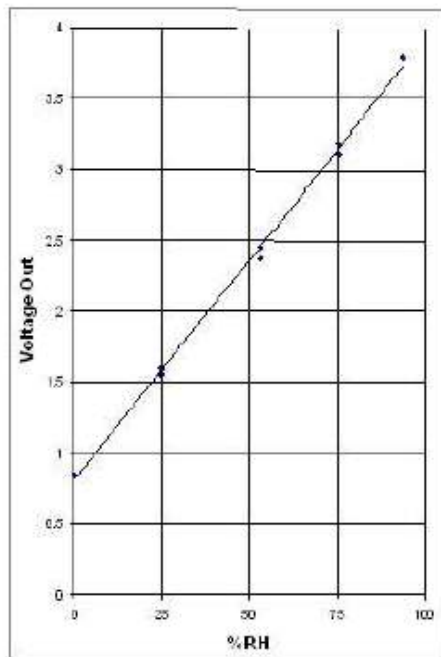
- Refrigeration
- Drying
- Meteorology
- Battery-powered systems
- OEM assemblies

#### Description

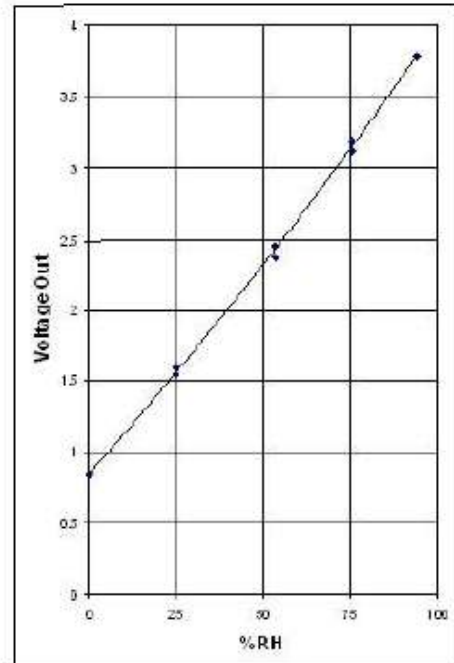
The HIH-4000 Series Humidity Sensors are designed specifically for high volume OEM (Original Equipment Manufacturer) users. Direct input to a controller or other device is made possible by this sensor's linear voltage output. With a typical current draw of only 200  $\mu$ A, the HIH-4000 Series is ideally suited for low drain, battery operated systems. Tight sensor interchangeability reduces or eliminates OEM production calibration costs. Individual sensor calibration data is available.

The HIH-4000 Series delivers instrumentation-quality RH (Relative Humidity) sensing performance in a low cost, solderable SIP (Single In-line Package). Available in two lead spacing configurations, the RH sensor is a laser trimmed, thermoset polymer capacitive sensing element with on-chip integrated signal conditioning. The sensing element's multilayer construction provides excellent resistance to most application hazards such as wetting, dust, dirt, oils and common environmental chemicals.

TYPICAL BEST FIT STRAIGHT LINE



TYPICAL 2nd ORDER CURVE FIT



[Best Fit and 2nd Order C

**Honeywell**

**HIH-4000-001**

HIH-4000 Series Integrated Circuitry Humidity Sensor, 2,54 mm (0.100 in) Lead Pitch SIP

## Microcontrolador PIC16F877A



## PIC16F87XA

## 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

## Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F875A
- PIC16F877A

## High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input  
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

## Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

## Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference (V<sub>REF</sub>) module
  - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
  - Comparator outputs are externally accessible

## Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

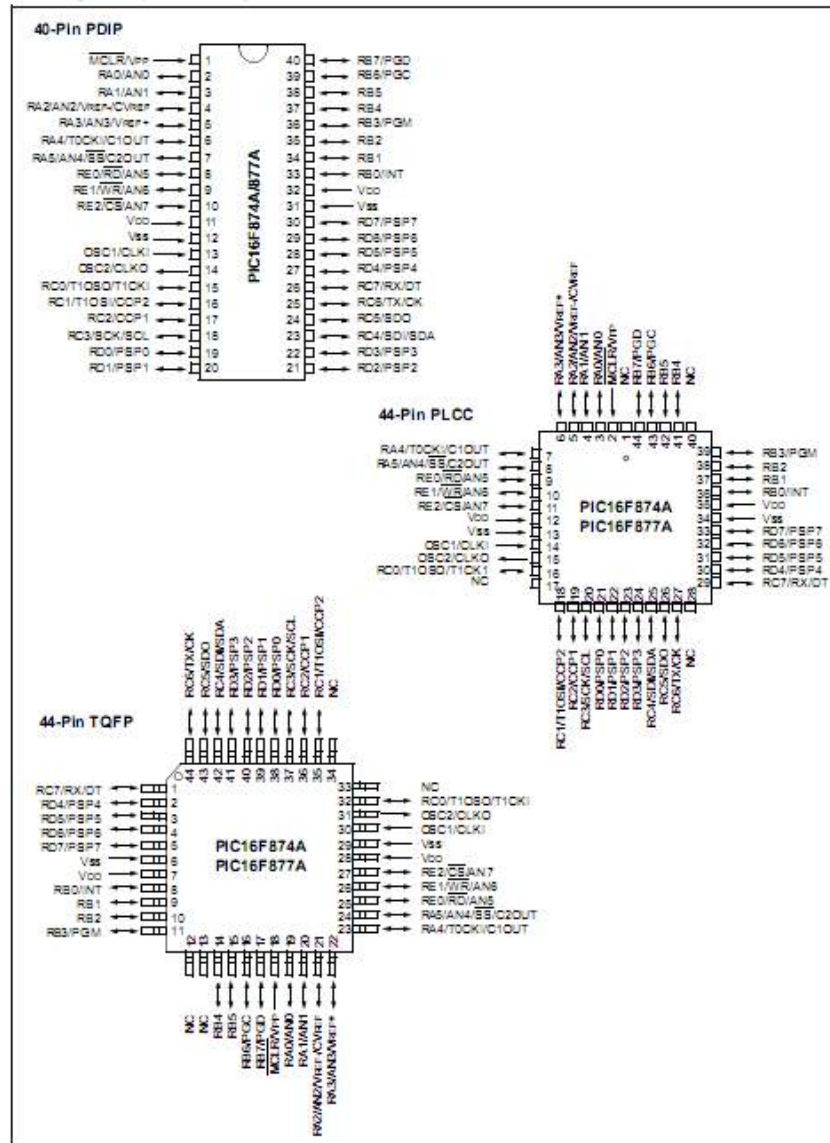
## CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I <sup>2</sup> C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F875A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

# PIC16F87XA

## Pin Diagrams (Continued)



## VDrive2 Vinculum VNC1L Module

### 2. Pin Out

#### 2.1 VDrive2 Pin Out

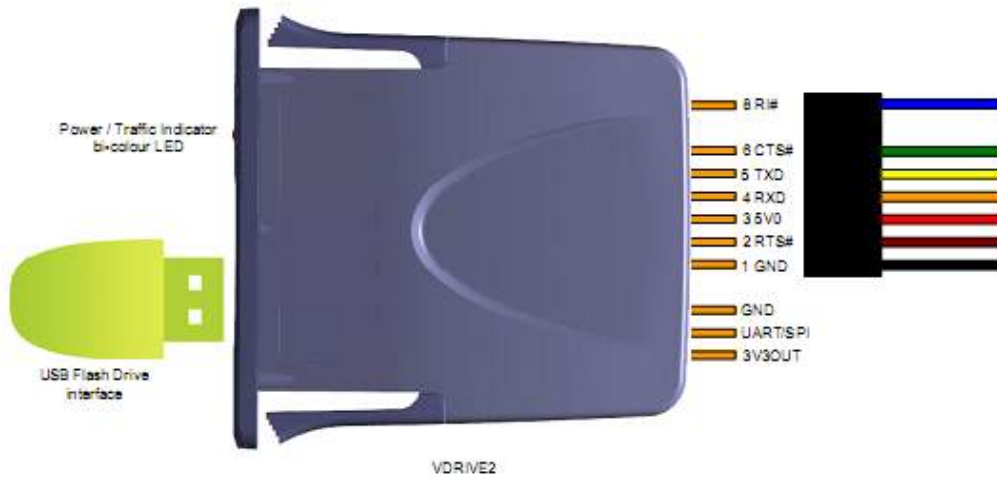


Figure 1 - VDrive2 Pin Out - UART interface.

Table 1 - Port Selection Jumper Pins

UART/SPI	IO Mode
PullUp	Serial UART
PullDown	SPI

### 2.2 UART Interface Signal Descriptions

Table 2 - Data and Control Bus Signal Mode Options - UARTInterface

Pin No.	Name	Type	Description
1	GND	PWR	Signal ground
2	RTS#	Output	Request To Send Control Output / Handshake signal
3	5V0	PWR	5V supply input
4	RXD	Input	Receive asynchronous data input
5	TXD	Output	Transmit asynchronous data output
6	CTS#	Input	Clear To Send Control Input / Handshake signal
7	NC	-	No Connect
8	RI#	Input	Ring Indicator Control Input. Used to resume the Vinculum from suspend.



## RTC DS1307



## DS1307

### 64 x 8, Serial, I<sup>2</sup>C Real-Time Clock

#### GENERAL DESCRIPTION

The DS1307 serial real-time clock (RTC) is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially through an I<sup>2</sup>C, bidirectional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power-sense circuit that detects power failures and automatically switches to the backup supply. Timekeeping operation continues while the part operates from the backup supply.

#### FEATURES

- Real-Time Clock (RTC) Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the week, and Year with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
- 56-Byte, Battery-Backed, Nonvolatile (NV) RAM for Data Storage
- I<sup>2</sup>C Serial Interface
- Programmable Square-Wave Output Signal
- Automatic Power-Fail Detect and Switch Circuitry
- Consumes Less than 500nA in Battery-Backup Mode with Oscillator Running
- Optional Industrial Temperature Range: -40°C to +85°C
- Available in 8-Pin Plastic DIP or SO
- Underwriters Laboratory (UL) Recognized

*Typical Operating Circuit and Pin Configurations appear at end of data sheet.*

#### ORDERING INFORMATION

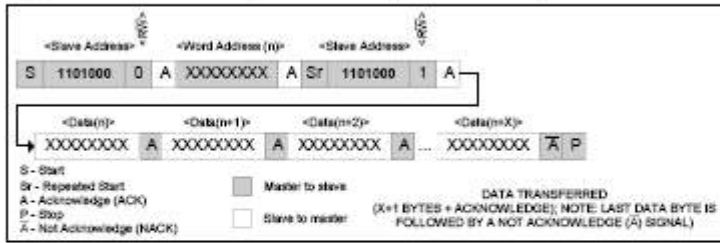
PART	TEMP RANGE	VOLTAGE (V)	PIN-PACKAGE	TOP MARK*
DS1307	0°C to +70°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307
DS1307+	0°C to +70°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307
DS1307N	-40°C to +85°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307N
DS1307N+	-40°C to +85°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307N
DS1307Z	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307
DS1307Z+	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307
DS1307ZN	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307N
DS1307ZN+	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307N
DS1307Z/T&R	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307
DS1307Z+T&R	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307
DS1307ZN/T&R	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307N
DS1307ZN+T&R	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307N

+ Denotes a lead-free/RoHS-compliant device.

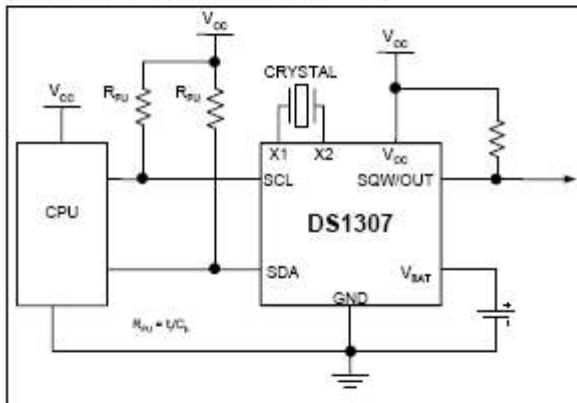
\* A "+" anywhere on the top mark indicates a lead-free device.

*Note:* Some revisions of this device may incorporate deviations from published specifications known as errata. Multiple revisions of any device may be simultaneously available through various sales channels. For information about device errata, click here: [www.maxim-ic.com/errata](http://www.maxim-ic.com/errata).

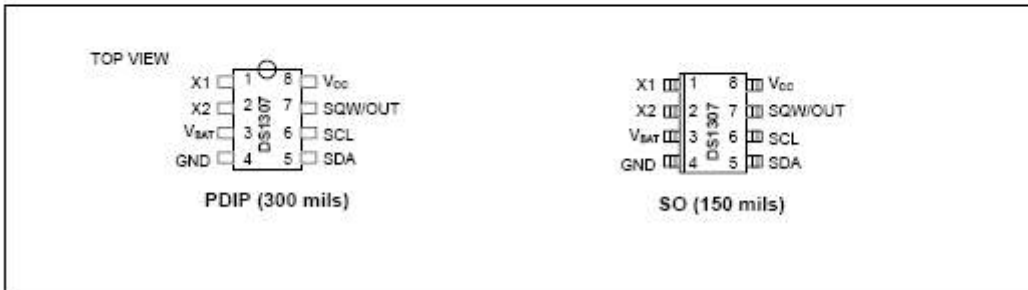
Figure 6. Data Read (Write Pointer, Then Read)—Slave Receive and Transmit



TYPICAL OPERATING CIRCUIT



PIN CONFIGURATIONS



# LCD MTC-16400X



MODEL NO. **MTC-16400X**

## GENERAL SPECIFICATION

Item	Content
Number of Character	16x4
Module Size	87.0(W)x80.0(H)x9.5/14.0(D)mm Max
Viewing Area	81.8(W)x25.2(H)mm
Character Size	2.95(W)x4.75(H)mm
Dot Size/Dot Pitch	0.55(W)x0.55(H)mm/0.60(W)x0.60(H)mm
Backlight	Without/EL/LED
Options	Gray/STN/Yellow/STN/Normal/Extended Temperature/Bottom/Top Viewing

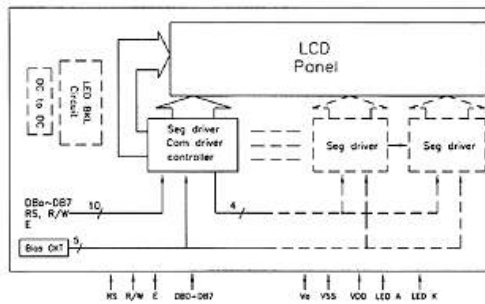
## INTERFACE PIN ASSIGNMENT

Pin No.	Pin Out	Function Description
1	V <sub>ss</sub>	Ground
2	V <sub>cc</sub>	Logic Circuit Power Supply
3	V <sub>o</sub>	Power Supply for LCD Panel
4	RS	Data/Instruction Register Select
5	R/W	Read/Write Select
6	E	Enable Signal
7-14	DB0-DB7	3-State I/O Data Bus
15	BKL1	Power Supply for Backlight: 100V/400Hz AC for EL, 4.2V or 120-180mA DC for LED backlight. Don't care if no backlight.
16	BKL2	

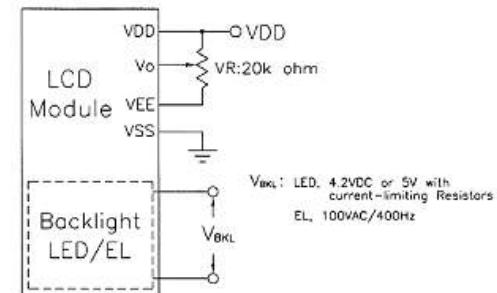
## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Item	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit	Note
Power Supply for Logic	V <sub>cc</sub> -V <sub>ss</sub>	-	2.7	4.5	5.5	Volt	-
Input Voltage	V <sub>IL</sub>	L level	V <sub>ss</sub>	0.2V <sub>cc</sub>	-	Volt	-
	V <sub>IH</sub>	H level	0.6V <sub>cc</sub>	V <sub>cc</sub>	-	Volt	-
LCM Recommend LCD Module Driving Voltage	V <sub>cc</sub> -V <sub>o</sub>	Ta=0°C	4.4	4.56	4.8	Volt	-
		Ta=25°C	4.2	4.4	4.8		
		Ta=50°C	3.9	4.02	4.2		
Power Supply Current for LCM	I <sub>cc</sub> (B/L OFF)	V <sub>cc</sub> =5.0V V <sub>cc</sub> -V <sub>o</sub> =4.4V	-	1.75	2.0	mA	-
	I <sub>led</sub>	V <sub>bkl</sub> =4.2V Ta=25°C	165	220	330		

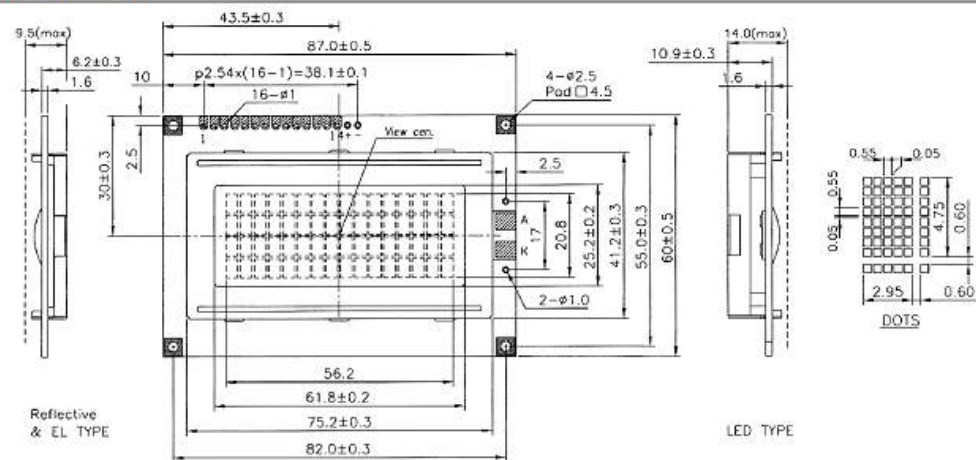
## BLOCK DIAGRAM



## POWER SUPPLY

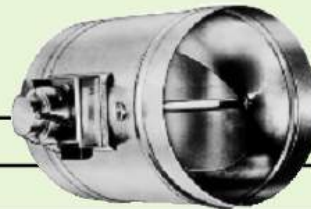


## MECHANICAL



# Damper Motorizado

## DuroZone<sup>®</sup> INSTALLATION INSTRUCTIONS RD SERIES ROUND DAMPER



### INSTALLATION

**In flexible round duct**  
Slip the duct over the ends of the DuroZone section & strap it into place.



**In rigid round duct**  
Slip the duct over the DuroZone section & screw it into place.



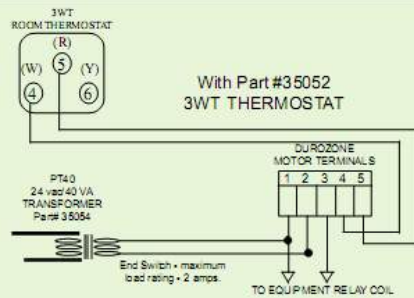
### MOTOR TERMINALS

1. Trim 1/4" off the end of the Control Wiring.
2. Flip the white tab up on the Damper Motor Terminal Strip.
3. Insert the trimmed Control Wire.
4. Flip the white tab down.

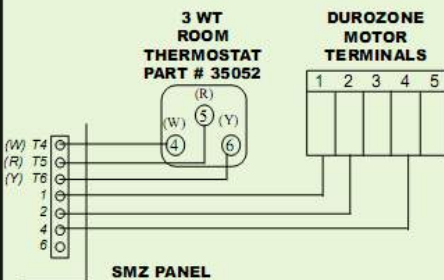


### MOTOR TERMINAL IDENTIFICATION

- Terminals 1 & 2: 24 volt input.
- Terminals 4 & 5: Thermostat Connections - Closing 4 & 5 will open damper. Opening 4 & 5 will close damper.
- Terminal 3: End switch - Connecting an equipment relay across 1 & 3 of damper motor will activate relay when damper is open.

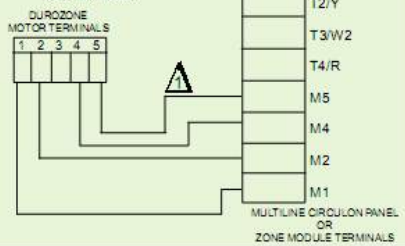


With Part# 35217/35226/35227/35228/35229



### With All Multiline Multizone 8 Circulon Panel/Multizone 8-SBC or Zone Modules

⚠ Motor Terminal 5 is not used on 35207 or 2nd generation zone modules.



Duro Dyne East • Farmingdale, NY 11735 • Phone: 631-249-9000 • Fax: 631-249-8346  
 Duro Dyne Midwest • Fairfield, OH 45011 • Phone: 513-870-8000 • Fax: 513-870-8005  
 Duro Dyne West • Santa Fe Springs, CA 90670 • Phone: 562-926-1774 • Fax: 562-926-5778  
 Duro Dyne Canada • Lachine • Quebec • Canada • Phone: 514-422-9780 • Fax: 514-836-0328

©2001 Duro Dyne Corporation  
 Printed in USA 07/2001  
 9 P035407

### ALL DuroZone DAMPERS FEATURE:

- 3 year limited warranty
- Controlled bypass
- Maintenance free operation
- Quick install mounting clips (except Round Dampers)
- 100% factory testing
- Screwless terminals
- Custom dampers and special controls are available on request.