

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica



**Instituto Costarricense de Electricidad.
ICE**

Red de Comunicación One Wire para el Monitoreo de Variables Atmosféricas

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en
Electrónica con el Grado Académico de Licenciatura**

Juan Pablo Chávez Hernández

Cartago, Julio 2003

Resumen

Para el Instituto Costarricense de Electricidad es de suma importancia realizar el monitoreo de diversas variables ambientales tales como: lluvia, humedad, temperatura, velocidad y dirección del viento, entre otras; con el fin de tomar las medidas necesarias para mantener el adecuado funcionamiento de los diversos equipos que se encuentran en lugares distantes y cuyas condiciones ambientales son inestables.

Debido a esto el Departamento de Investigación y Desarrollo inicia un proceso de búsqueda de soluciones que puedan ser acopladas a los módulos de acceso remoto, por este motivo se establece el diseño e implementación de una red One Wire para el mejoramiento del monitoreo de variables atmosféricas y aumento de la versatilidad de los módulos MOSCAD-L. La tecnología mencionada solamente requiere dos cables, datos y tierra. Este elemento disminuye sustancialmente el cableado necesario para la implementación de una red de comunicación.

Para el desarrollo de una red de esta tecnología se recurrió al uso de un circuito que pudiese traducir el protocolo RS-232 de puerto serial a su equivalente One Wire, de ello se diseñó la interfaz RS-232/ One Wire, la cual es la encargada del manejo de los sensores que fueron diseñados.

Por otra parte se desarrolló un programa para los usuarios del sistema, con el objetivo de visualizar y graficar los datos provenientes de la red, garantizando una presentación muy amena y un fácil manejo del mismo. Finalmente es importante destacar que el proyecto realizado constituye un producto final, ya que todo lo referente al hardware posee su circuito impreso y carcasa, tanto para su protección y fácil manejo como para realzar el aspecto estético del mismo.

Palabras claves : **One Wire, Red, Monitoreo ,Variables Atmosféricas, Red de Comunicación One Wire, Estaciones Remotas.**

Abstract.

For the Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) is very important to observe several atmospheric variables such as : rain, humidity, temperature, wind speed, wind direction, and others ; in order to take the necessary dispositions to keep the suitable performance of the equipment that is in distant places with unstable environmental conditions.

For this reason the Research and Development Department begin a search process of solutions with capacity to be coupled with remote access modules, due to is necessary designing and the implementation of an One Wire Net to improve the atmospheric variables observation and increase the MOSCAD-L modules versatile. The technology described require only two wires, data and ground. This detail decreased the number of wires needed to establish a communication net.

The net require a circuit to be able to translate the RS-232 protocol to One Wire protocol, for this reason was developed the RS/232/ One Wire interface that allows to lead the One Wire sensors.

On the other hand, the user's program allows to show the data from sensors and it make the data going through the net. Besides, it has an agreeable and easy interface just whose use the One Wire net.

Finally is important to annotate that the project designed is a final product, because all devices have their printed circuit board and case, in order to protect the circuits and increase the aesthetic of the net.

Keywords: One Wire, Net, Weather Stations, One Wire Communication Net, Atmospheric Variables.

Dedicatoria.

A mis padres por su apoyo, sacrificio y guía en el camino recorrido para la consecución de este gran logro.

Agradecimiento.

A Dios por brindarme la vida hasta el día de hoy , para poder disfrutar de las metas alcanzadas producto de la dedicación y sacrificios realizados.

Agradezco a los Ingenieros Luis Moya , Alexander Mora y Fernando Lizana por sus asesoría y colaboración brindada. Al Instituto Costarricense de Electricidad por brindarme la posibilidad de formar parte de su comunidad y abrirme las puertas para el desarrollo de la etapa final de mi formación profesional.

A los centros de servicio de investigación y desarrollo , laboratorio de Electrónica y Circuitos impresos y Centro de Investigación en Corrosión por permitir el uso de sus instalaciones y recursos cuando se requirió, en especial a la Ing Ana Catalina Villalobos por su disponibilidad y valioso aporte.

A mi profesor asesor Ing. Néstor Hernández y finalmente al Instituto Tecnológico de Costa Rica por brindarme la formación profesional que permitirá mi desarrollo personal y familiar.

INDICE GENERAL

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción de la empresa.	1
1.2 Definición del problema y su importancia.	3
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo General	6
1.3.2 Objetivos Específicos	6
CAPITULO 2: ANTECEDENTES.	7
2.1 Estudio del problema por resolver.	7
2.2 Requerimientos de la empresa.	11
2.3 Solución Propuesta.	12
CAPITULO 3: PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.	17
CAPITULO 4: DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO.	19
4.1 Interfaz RS-232 a One Wire	19
4.2 Sensor de Temperatura	21
4.3 Sensor de Lluvia	22
CAPITULO 5: DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO.	24
CAPITULO 6: ANÁLISIS Y RESULTADOS	33
6.1 Explicación del Diseño.	33
6.1.1 Explicación del Hardware	33
6.1.2 Explicación del Software	46
6.1.2.1 Rutina de configuración del puerto serie.	46
6.1.2.2 Rutina de análisis de red	49
6.1.2.3 Rutina del envío de 16 bytes	53
6.1.2.4 Rutina de obtención del identificador	57
6.1.2.5 Rutina de medición de temperatura.	60
6.1.2.6 Rutina de conversión de temperatura	62
6.1.2.7 Rutina de lectura del registro del DS18B20	65
6.1.2.8 Rutina de obtención de temperatura	67
6.1.2.9 Rutina de establecimiento de resolución	70
6.1.2.10 Rutina de medición de lluvia.	73
6.1.2.11 Rutina de lectura del contador de lluvia.	74
6.1.2.12 Rutina de obtención del valor de lluvia.	76
6.1.2.13 Rutina de encendido y apagado de los indicadores luminosos	77
6.1.2.14 Rutina de habilitación del bus.	81
6.1.2.15 Rutina de deshabilitación del bus	83
6.1.2.16 Rutina de envío de identificador.	84
6.1.2.17 Rutina de detección de Errores.	86
6.2 Alcances y limitaciones.	88
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
7.1 Conclusiones.	91
7.2 Recomendaciones.	92

BIBLIOGRAFÍA	94
a. <i>Documentos.</i>	94
b. <i>Direcciones Electrónicas.</i>	94
APÉNDICES Y ANEXOS	95
<i>Apéndice A.1 Glosario.</i>	95
<i>Apéndice A.2 Abreviaturas.</i>	96
<i>Apéndice A.3 Simbología.</i>	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	<i>Módulo de adquisición MOSCAD-L</i>	3
Figura 2.1	<i>Estructura del identificador de los dispositivos de la tecnología One Wire</i>	8
Figura 2.2	<i>Interruptor controlado de lluvia</i>	10
Figura 2.3	<i>Circuito utilizado para mantener la alimentación</i>	13
Figura 2.4	<i>Secuencia de transmisión de datos en una red one wire</i>	13
Figura 2.5	<i>Capas de protocolo one wire</i>	14
Figura 4.2	<i>Vista lateral del circuito de interfaz RS-232/ One Wire</i>	20
Figura 4.3	<i>Vista superior del circuito de interfaz RS-232/ One Wire</i>	20
Figura 4.3	<i>Vista Superior del Sensor de Temperatura</i>	21
Figura 4.4	<i>Vista lateral del Sensor de Temperatura</i>	21
Figura 4.5	<i>Vista superior del medidor pluvial</i>	22
Figura 4.5	<i>Vista lateral del contador de lluvia</i>	23
Figura 4.6	<i>Vista superior del contador de lluvia</i>	23
Figura 5.1	<i>Interfaz de bienvenida a usuario</i>	24
Figura 5.2	<i>Pantalla de configuración del puerto serie</i>	25
Figura 5.3	<i>Mensaje de error en ausencia de la interfaz</i>	26
Figura 5.4	<i>Pantalla de análisis de la red</i>	27
Figura 5.5	<i>Pantalla de acceso a medición de variables y análisis del sistema</i>	28
Figura 5.6	<i>Pantalla de acceso a medición de Temperatura</i>	29
Figura 5.7	<i>Pantalla de acceso a medición de lluvia</i>	30
Figura 5.8	<i>Pantalla de medición de ambas variables</i>	31
Figura 5.10	<i>Mensaje de error en caso de desconexión de sensor</i>	32
Figura 6.1	<i>Circuito de la interfaz RS-232 / One Wire</i>	34
Figura 6.2	<i>Cara superior del circuito impreso de la Interfaz RS-232/ One Wire</i>	38
Figura 6.3	<i>Cara inferior del circuito impreso de la Interfaz RS-232/ One Wire</i>	39
Figura 6.4	<i>Circuito correspondiente al sensor de Temperatura</i>	40
Figura 6.5	<i>Circuito impreso correspondiente al sensor de Temperatura</i>	40
Figura 6.6	<i>Circuito esquemático correspondiente al sensor de lluvia</i>	42
Figura 6.7	<i>Cara superior del circuito impreso correspondiente al sensor de lluvia</i>	42
Figura 6.8	<i>Cara inferior del circuito impreso correspondiente al sensor de lluvia</i>	43
Figura 6.9	<i>Diagrama de flujo de la rutina de configuración del puerto serie</i>	48
Figura 6.10	<i>Estructura de los 16 bytes de datos que se utilizan para realizar una búsqueda de identificador</i>	49

Figura 6.11	<i>Diagrama de flujo de proceso de análisis de la red.</i>	51
Figura 6.12	<i>Diagrama de flujo de proceso de envío de 16 bytes.</i>	55
Figura 6.13	<i>Estructura de los 16 bytes de respuesta que se obtienen después de ejecutar una búsqueda de identificador.</i>	57
Figura 6.14	<i>Diagrama de flujo de proceso de obtención del identificador.</i>	59
Figura 6.15	<i>Rutina correspondiente a la medición de temperatura.</i>	61
Figura 6.16	<i>Diagrama de flujo de proceso de conversión de temperatura.</i>	63
Figura 6.17	<i>Diagrama de flujo de proceso de lectura de los registros del DS18B20.</i>	66
Figura 6.18	<i>Ponderación de los bits del registro de temperatura.</i>	67
Figura 6.19	<i>Proceso de obtención de temperatura.</i>	69
Figura 6.20	<i>Byte de establecimiento de resolución.</i>	70
Figura 6.21	<i>Proceso de establecimiento de resolución de temperatura.</i>	72
Figura 6.22	<i>Proceso de medición de lluvia.</i>	73
Figura 6.23	<i>Proceso de lectura de datos de memoria del DS2423.</i>	75
Figura 6.24	<i>Proceso de obtención de cantidad de lluvia.</i>	77
Figura 6.25	<i>Byte de control configurable.</i>	78
Figura 6.26	<i>Proceso de encendido de los indicadores luminosos.</i>	80
Figura 6.27	<i>Proceso de habilitación del bus.</i>	82
Figura 6.28	<i>Proceso de deshabilitación del bus.</i>	83
Figura 6.29	<i>Proceso de envío de bytes de identificador.</i>	85
Figura 6.30	<i>Proceso de detección de interfaz desconectada.</i>	86
Figura 6.31	<i>Proceso de detección de sensor desconectado.</i>	87
Figura 6.32	<i>Interfaz RS-232/ One Wire.</i>	88

INDICE DE TABLAS

Tabla 6.1	<i>Especificaciones del puerto serie</i>	<i>47</i>
Tabla 6.2	<i>Valores de primer byte de los dispositivos One Wire usados.....</i>	<i>53</i>
Tabla 6.3	<i>16 bytes a enviar en función del dispositivo.</i>	<i>54</i>
Tabla 6.4	<i>Tabla de conversión para obtener el valor de identificador.....</i>	<i>58</i>
Tabla 6.5	<i>Tabla de conversión de datos para obtener el valor de temperatura.</i>	<i>67</i>
Tabla 6.6	<i>Tabla de configuración de resolución.....</i>	<i>70</i>
Tabla 6.7	<i>Cantidad de conteo de acuerdo con la posición byte.....</i>	<i>76</i>

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de la empresa.

La empresa en la que se gestiona el proyecto de graduación lleva por nombre Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). El ICE fue creado por el decreto-ley número 449 el 8 de abril de 1949 como una institución autónoma, con personalidad jurídica y patrimonio propio. Está dotado de plena autonomía e independencia administrativa, técnica y financiera. Al Instituto Costarricense de Electricidad le corresponde, por medio de sus empresas, desarrollar, ejecutar, producir y comercializar todo tipo de servicios públicos de electricidad y telecomunicaciones así como actividades o servicios complementarios a éstos.

Como objetivos primarios el ICE debe desarrollar, de manera sostenible, las fuentes productoras de energía existentes en el país y prestar el servicio de electricidad. A su vez, se encarga de desarrollar y prestar los servicios de telecomunicaciones, con el fin de promover el mayor bienestar de los habitantes del país y fortalecer la economía nacional.

Posteriormente en 1963 por la ley número 3226 se le confirió al ICE un nuevo objetivo: el establecimiento, mejoramiento, extensión y operación de los servicios de comunicaciones telefónicas, radiotelegráficas y radiotelefónicas en el territorio nacional. Luego de tres años instaló las primeras centrales telefónicas automáticas.

Éste se dedica a brindar servicios de generación eléctrica y telecomunicaciones; desarrollo de proyectos orientados a métodos alternativos de producción de la energía así como otros medios de transmisión de datos. En el campo de la energía se tienen proyectos hidroeléctricos tales como: Garita, Río Macho I y II, Cachí I y II, Arenal; los geotérmicos como Miravalles I y II y el proyecto eólico de Tejona.

En telecomunicaciones, acoge los grandes adelantos de la era moderna como el sistema de transmisión a través de luz o fibra óptica. Además el ICE ha puesto en marcha proyectos como: el cableado submarino denominado Cable Maya, Internet II, ARCOS y otros que están estudiándose como el Global Crossing.

Cuenta además con una unidad de servicios empresariales para satisfacer las altas exigencias en relación con el suministro de servicio de telecomunicaciones entre los que se pueden mencionar Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), Marcación Directa a la Extensión (MDE), Centrales Empresariales Privadas (PABX), Videoconferencias entre otras. El sector de mercado al cual el ICE brinda sus servicios se ubica a lo largo y ancho del territorio nacional, también se extiende hacia otras naciones del área Centroamericana.

Por otra parte el departamento donde se realizó el proyecto se denomina **Departamento de Investigación y Desarrollo**. Este departamento tiene como objetivo principal la elaboración de soluciones aplicadas principalmente a la adquisición de datos. En la actualidad se encuentran trabajando con sistemas SCADA (sistemas de adquisición de datos desde estaciones remotas), para llevar a cabo el monitoreo de diversos patrones, con el fin de proporcionar un adecuado control sobre las estaciones.

Cabe mencionar que dicho departamento se encuentran en una constante actualización, en cuanto a los equipos y tecnologías usadas por este, ya que una de sus principales orientaciones es la utilización de tecnología de punta para llevar a cabo las soluciones a las problemáticas que se les plantea.

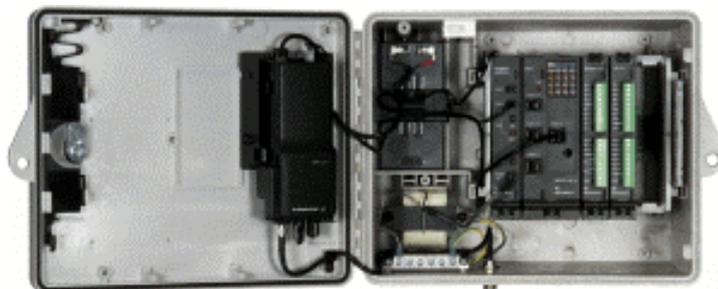
En este departamento laboran cinco personas, todos ellos ingenieros en electrónica, la coordinación de proyectos esta a cargo del ingeniero Luis Moya, su número telefónico es el 220-82-79 y el número de fax es 220-86-84.

1.2 Definición del problema y su importancia.

Para el Instituto Costarricense de Electricidad es de suma importancia, realizar el monitoreo de diversas variables ambientales tales como: lluvia, humedad, temperatura, velocidad del viento, dirección del viento, entre otras; con el fin tomar las medidas necesarias para mantener un adecuado funcionamiento de los diversos equipos que se encuentran en lugares distantes y cuyas condiciones ambientales son muy inestables.

Este tipo de monitoreo remoto es necesario ya que existen zonas en las que el acceso de personal de manera frecuente es muy difícil. Por ello, contar con módulos que realicen la observación de éstas variables es preponderante, ya que éstos poseen la capacidad de enviar información continuamente y de una forma eficiente, permitiendo así, la corrección de alguna problemática en función de las condiciones que se presentan en determinado momento. Además, trae consigo una reducción sustancial de los gastos económicos en los que el ICE debería incurrir, para llevar a cabo el proceso de monitoreo a través de la toma de datos empleando personal.

El departamento de investigación y desarrollo en la actualidad cuenta con módulos de adquisición de datos denominados MOSCAD-L, la figura 1 muestra el dispositivo mencionado.



PAINT

Figura 1.1 Módulo de adquisición MOSCAD-L

Estos proporcionan dos funcionalidades; una de ser un terminal remoto y la otra de poder ser programables lógicamente mediante un controlador . Además posee un procesador 68000, con memoria ROM y RAM, interfase RS-232 y RS-485 y entradas tanto digitales como analógicas. Adicionalmente estos módulos poseen la capacidad de transmisión de datos vía RF(radio frecuencia), así como, permiten la configuración de los mismos para que funcionen dentro de una pequeña red local.

Como se mencionó anteriormente existen variables ambientales de interés que requieren ser observadas, para ello se necesitan sensores específicos. Este aspecto hace que la cantidad de estos pueda ser amplia y como se recordará estos deben ser conectados a los módulos descritos. A pesar de la gran versatilidad mostrada por los módulos existe una limitante en cuanto a la cantidad de sensores que pueden ser conectados. Además hay que considerar el número de cables requeridos, este aspecto disminuye la eficiencia y también repercute en la facilidad de manejo de la información proveniente de los sensores. Cabe destacar que en ciertas ocasiones los sensores no se encuentran muy cercanos al módulo lo que afecta de manera directa la calidad de la señal proveniente de estos, ya que hay que tomar en consideración las pérdidas en el cableado.

Los elementos mencionados poseen una repercusión en el aspecto económico, ya que la inversión realizada en la adquisición de los módulos no es aprovechada en su totalidad, esto debido a que las capacidades del módulo están siendo limitadas. Además hay que tomar en consideración que un alto número de cables repercute en la cantidad de sensores que pueden ser utilizados, así como, en la cantidad de terminales disponibles para llevar a cabo otras actividades fuera del monitoreo.

Como se puede apreciar la problemática se centra en la búsqueda de la eficiencia y versatilidad del sistema para albergar varios sensores con la utilización de un mínimo de cableado. Esto permitiría recibir la información de diversos sensores lo cual hace que el monitoreo sea mucho mas exhaustivo y permite un uso más eficiente de los módulos antes descritos.

Para resolver la problemática planteada se pretende hacer uso solamente del puerto serie que posee el módulo MOSCAD-L , como medio para enviar la información proporcionada por los sensores. Para llevar a cabo esto, se pretende diseñar e implementar una red one-wire , con una interfase RS-232 que convierta el protocolo one-wire al protocolo de comunicación serie, este elemento disminuye de manera sustancial la cantidad de cableado, así como, permite una distancia de transmisión relativamente larga, ya que la información vía RS-232 puede alcanzar distancias de hasta 15 metros. A esto hay que abonarle que mediante la tecnología mencionada se pueden extender redes con distancias hasta de 300 metros lo cual nuevamente favorece de manera sustancial el área de monitoreo que puede ser abarcada.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar e implementar una red One Wire para el mejoramiento del monitoreo de variables atmosféricas y aumento de la eficiencia y versatilidad de los módulos MOSCAD-L.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a.** Investigar las características más relevantes de una red one wire.
- b.** Investigar los dispositivos que requiere una red one wire.
- c.** Investigar acerca de la programación de los dispositivos que conforman la red one wire.
- d.** Investigar sobre los sensores a implementar.
- e.** Investigar sobre construcción de circuitos impresos.
- f.** Investigar sobre montaje de circuitos integrados superficiales.
- g.** Implementar la interfase entre la red one wire con el puerto serie RS-232 de la PC.
- h.** Diseñar una red one wire.
- i.** Construir circuito impreso para montaje de circuitos integrados superficiales.
- j.** Implementar los sensores que conforman la red.
- k.** Implementar una red one wire.
- l.** Diseñar software de control e interfase con el usuario.

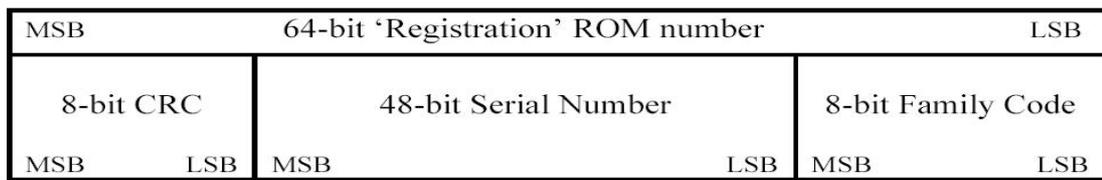
CAPITULO 2: ANTECEDENTES.

2.1 Estudio del problema por resolver.

Para llevar a cabo la solución del problema planteado, se hizo uso de la tecnología one wire , la cual consiste en la utilización de solamente dos cables. Uno de ellos corresponde a la referencia del sistema (tierra) y el segundo constituye el medio por el cual se establece la transmisión y recepción de los datos y adicionalmente se convierte a su vez, en el proveedor de la fuente de alimentación para los dispositivos que se encuentren conectados a la red.

Todos los circuitos integrados usados son de Dallas Semiconductors, empresa que tiene los derechos exclusivos sobre dicha tecnología. Para llevar a cabo la implementación de la interfase RS-232 al protocolo One Wire se usó el DS2480B, el cual es un chip de interfase que puede operar a velocidad regular, flexible y Overdrive para protocolo One Wire, este es capaz de traducir cualquier trama recibida en RS-232 a su respectivo equivalente en el protocolo antes descrito. Por otra parte puede trabajar a tasas de transmisión de 9600, 19200,57600 y 115200 bits por segundo para comunicarse al puerto serial.

Por otro lado este dispositivo posee un conjunto de instrucciones específicas para realizar el manejo de los elementos que se conecten a la red, dentro de estos se pueden mencionar: Reset éste es usado para iniciar cualquier transferencia de datos entre maestro y cualquier otro elemento conectado a la red, Search Rom dicho comando permite conocer los identificadores de los dispositivos que estén conectados, entre otros. Cabe destacar que cada dispositivo posee un identificador cuya extensión es de 8 bytes, de los cuales el menos significativo corresponde a tipo de dispositivo, los 6 siguientes corresponden al identificador y el byte más significativo corresponde a código de detección de error en la transmisión, esto se muestra de manera más gráfica en la figura 2.1.



PAINT

Figura 2.1 Estructura del identificador de los dispositivos de la tecnología One Wire.

Este dispositivo posee diversas características que pueden ser configuradas tales como: slew rate que es la tasa de cambio de voltaje máximo permisibles en un lapso de tiempo determinado, la tasa de transmisión de datos, los tiempos de escritura de datos, entre otros. El mismo es de montaje superficial.

De acuerdo con el diseño de la red planteado se realiza la subdivisión de ésta en dos ramas; una que contiene la visualización lumínica y otra para la conexión de los sensores. Para realizar esta tarea se hizo uso de los dispositivos DS2409, los cuales son acopladores de red, que evitan una carga excesiva al maestro, así como, permiten realizar subdivisiones de la red como la que se describió anteriormente. Al igual que el DS2480B estos poseen un set de instrucciones para poder realizar el manejo del mismo. Presenta tres salidas, dos de las cuales son utilizadas para establecer comunicación con los dispositivos de la red y la salida restante puede ser usada por el usuario para el manejo de dispositivos de conmutación. Al igual que el DS2480B este dispositivo es de montaje superficial.

Para llevar a acabo la implementación de los indicadores luminosos se utilizaron los interruptores manejables DS2406, los cuales poseen un salida que soporta 60 mA, dichas salidas se usaron para poner en conducción a los diodos emisores de luz que se usaron para tal fin. El encapsulado de estos es TO-92.

Adicionalmente, poseen 1 Kbit de memoria que puede ser usada para llevar a cabo identificación de subramas, así como, almacenar información. Puede trabajar con alimentación fija o mediante el uso de cargas parásitas, esta última es de gran utilidad puesto que permite alimentar el chip mediante el cable que conduce los datos.

Por otra parte, para la implementación del sensor de temperatura se hizo uso del DS18S20, el cual es un sensor especialmente diseñado para trabajar en redes one wire, permite medir temperaturas que van desde los -10 hasta los 85 grados centígrados, la resolución del mismo puede ser configurable dentro de los siguientes valores 0.5 , 0.25 , 0.125 , 0.0625 grados centígrados. Permite adicionalmente establecerle valores de alarma para que envíe una señal en caso de que la temperatura este fuera del rango que fue establecido. Posee una resolución máxima de 12 bits y un tiempo de conversión máxima de 750 ms. Al igual que el DS2406 posee dos formas de alimentación una parásita y una fija siendo la primera de uso primordial para el desarrollo del proyecto. Posee además un número único de identificación lo que permite conectar varios sensores a la red sin que exista problemas en la transmisión de datos correspondientes a la temperatura.

Para la implementación del sensor de lluvia se usó el DS2423 , el cual posee 4 contadores de 32 bits cada uno, posee adicionalmente 4kbit de memoria y puede comunicarse en los tres posibles clase de velocidad para la red, las cuales ya han sido mencionadas. Tiene las mismas características de alimentación y protocolo de comunicación de todos los dispositivo mencionados anteriormente. Este es además de montaje superficial.

Con el DS2423 debe trabajar en conjunto un interruptor controlado, denominado interruptor de caña, el cual envía un pulso cada vez que se ha llenado una cantidad de agua equivalente a 0.254 mm. De esta forma se realiza un conteo y se determina la precipitación de lluvia. La figura 2.2 muestra el interruptor mencionado.

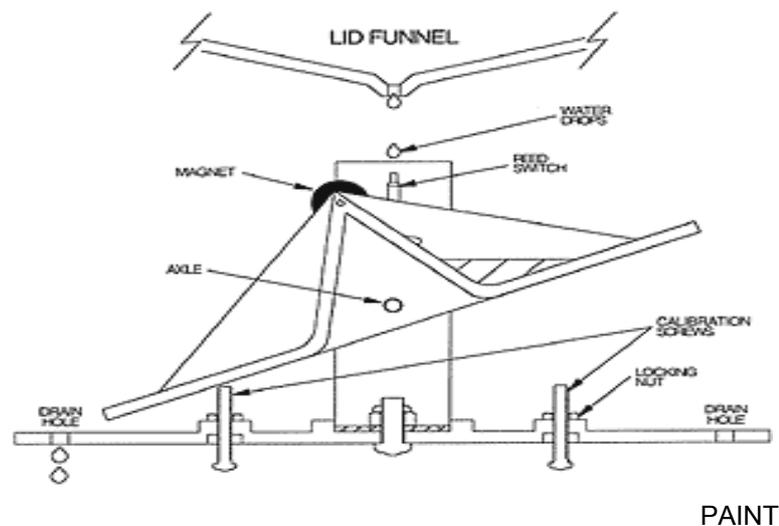


Figura 2.2 Interruptor controlado de lluvia.

Cabe destacar, que muchos de los dispositivos utilizados son de montaje superficial, por lo cual, se debió llevar a cabo la realización de diversos circuitos impresos tanto para la implementación de la interfase RS232/One Wire como para los sensores utilizados en el monitoreo requerido.

2.2 Requerimientos de la empresa.

El sistema debe ser manejado a través de una PC, más específicamente mediante el puerto RS-232, esto con el fin de poder llegar a acoplarlo a los módulos de adquisición de datos con los que se encuentran trabajando en la actualidad este departamento.

Por otra parte la red debe contener al menos dos sensores, uno de temperatura y uno de lluvia. De esta manera el sistema debe ser capaz de tomar muestras de ambos sensores, mostrar el valor actual y realizar una gráfico de la variable atmosférica que se está monitoreando.

Se debe contar con una interfaz amigable con el usuario, con el fin de establecer los parámetros que pueden ser modificados y obtener y visualizar de una forma más clara y versátil los datos del muestreo de las variables que se encuentra realizando el sistema.

Adicionalmente se debe implementar el circuito impreso correspondiente, de esta forma el sistema desarrollado debe ser un producto final. Cabe acotar que la tarjeta que se conecta el puerto RS-232 debe poseer un puerto RJ-11 con el fin de llevar a cabo el acceso a los elementos que se conectarán a la red.

El circuito impreso mencionado, abarca de igual forma el montaje de los sensores, cada uno de los ellos debe tener un conector RJ-11, con el fin de poder ser conectados a la interfase RS-232 / One Wire.

2.3 Solución Propuesta.

Para llevar a cabo la solución a la problemática planteada, se diseñó e implementó una red One Wire. Este tipo de red es definida como una arquitectura maestro – esclavo y consta de tres elementos principales:

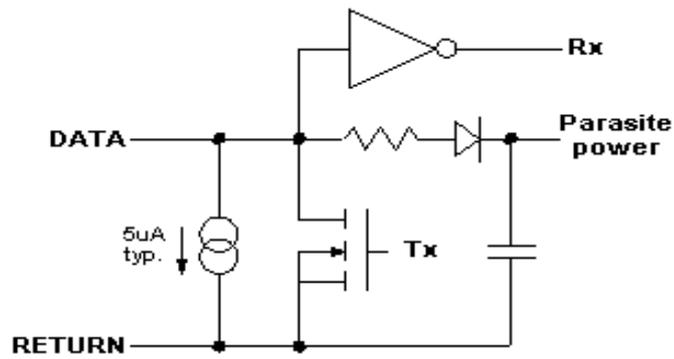
- a. Maestro: es el encargado de manejar el bus de datos, es quien decide cual elemento de la red recibe o envía datos, este control se realiza mediante software.
- b. El cableado y los conectores asociados.
- c. Los dispositivos One-Wire.

En este tipo de comunicación se suprime el uso del cable que se utiliza para llevar la alimentación de los chips, así como , uno de los cables que se utiliza para la comunicación serial, esto debido a que en una red one-wire la información de los elementos que la componen, viaja a través del mismo conductor que sirve de alimentación (5V) para los dispositivos de la red, de esta forma, solo se tiene la referencia y un conductor que realiza la función que se describió.

Para poder llevar a cabo la transmisión en el cable de alimentación, se codifica la información como tiempos durante los cuales el bus de datos del sistema se ausenta, de esta manera, un uno lógico se representa como un tiempo en bajo equivalente a 15 μ s, mientras que un cero lógico se representa como un tiempo de 60 μ s. Por otra parte, cabe destacar que la sincronización de los elementos que conforman la red esta dada por el flaco negativo que proporciona el maestro de la red. Para mantener la alimentación de los circuitos integrados cuando el bus de datos pase a nivel bajo, se recurre a la configuración mostrada en la figura 2.3

:

PAINT
PAINT

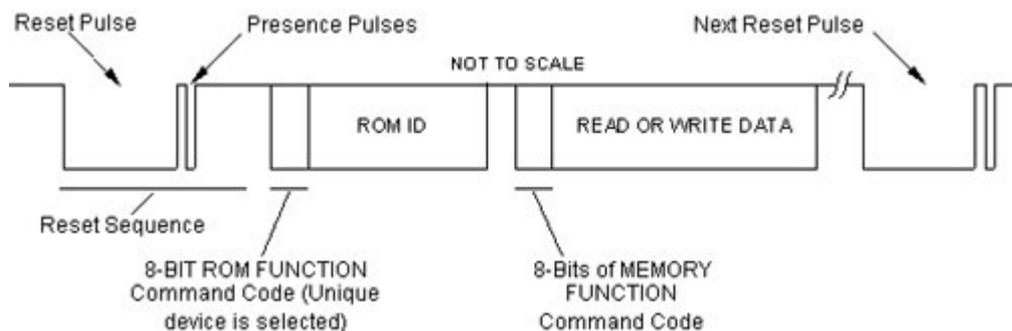


PAINTE

Figura 2.3 Circuito utilizado para mantener la alimentación

El funcionamiento básico de este circuito consiste en el mantenimiento de la carga proporcionada por el capacitor. Cuando la línea correspondiente a datos se encuentra en alto polariza el diodo en directa, transfiriendo así la carga al capacitor y la alimentación a dispositivo, de esta manera, si se da la transmisión es decir, el bus de datos es conmutado a tierra, el diodo se polariza en inversa y el capacitor proporciona su carga al dispositivo.

Por otra parte el protocolo de transmisión de datos a través de la red incluye: pulso de reset de inicio, identificador de dispositivo de red, comando que especifica la operación, datos y reset de finalización, la figura 2.4 muestra la secuencia antes descrita.



PAINTE

Figura 2.4 Secuencia de transmisión de datos en una red one wire.

Cabe mencionar que el protocolo One Wire se encuentra estructurado en cinco capas establecidas de la siguiente manera:

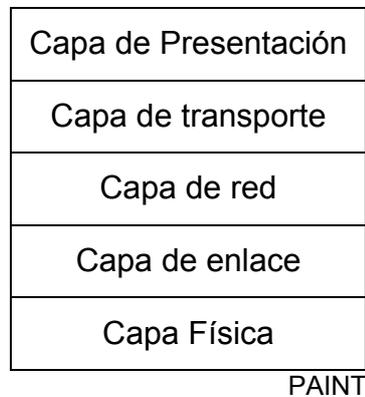


Figura 2.5 Capas de protocolo one wire.

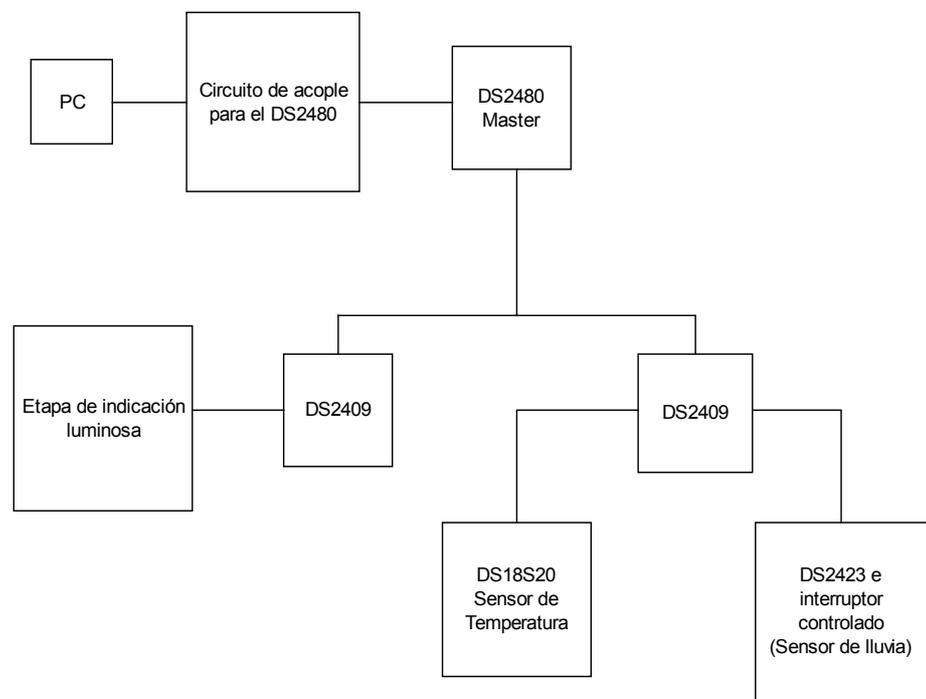
La capa física define las características eléctricas, tales como, niveles lógicos y de voltaje de la red. La capa de enlace provee las funciones básicas de comunicación entre elementos one wire. La capa de red provee los identificadores mediante los cuales se accesan los elementos de red. La capa de transporte es la responsable de la transferencia de datos entre los dispositivos de red y el maestro. Y en última instancia la capa de presentación, la cual provee las funciones de memoria con los dispositivos.

Como se mencionó, cada uno de los dispositivos posee una identificación única, la cual se encuentra almacenada en la memoria interna de los dispositivos. Esta identificación permite realizar operaciones con dispositivos específicos, de esta forma, no importa la cantidad de elementos en la red solo responderá aquel que acepte su identificación.

Debido a las características mencionadas, se establece la tecnología One Wire como la más apropiada para llevar a cabo la solución del problema, ya que en primer lugar el cableado disminuye sustancialmente, y por otro, una red de este tipo puede ser ampliada sin tener que realizar grandes modificaciones en cuanto a hardware y software se refiere.

Se debió implementar una interfase que convirtiera el protocolo RS-232 del puerto serial del computador al protocolo One Wire, esto con el fin de poder acceder a los elementos que se encuentren conectados a la red. La figura 2.6 muestra el diagrama general de la red que se implementó. En dicho diagrama se observa la conexión de la PC al módulo de acople de niveles, el cual es el encargado de regular los niveles de tensión provenientes del puerto, con el fin de que el DS2480 pueda interpretar los comandos que se le envían. El DS2480 es el encargado de traducir todo los comandos en protocolo RS-232 a su respectivo equivalente en protocolo One Wire. Como se mencionó anteriormente se utilizan acopladores DS2409 con el fin de subdividir la red y evitar una carga excesiva al maestro del sistema.

La etapa de indicación luminosa esta conformada por interruptores controlados DS2406 y diodos emisores de luz (LED). Por otro lado la subred restante esta conformada por los sensores que medirán las variables deseadas.



VISIO

Figura 2.6 Diagrama general del sistema implementado.

Por otra parte se debió implementar un programa en lenguaje de alto nivel, mas específicamente en Delphi 5, para desarrollar una interfaz amigable con el usuario. De esta manera se facilita el acceso al sistema, así como, aumenta la eficiencia y versatilidad para llevar a cabo la visualización de la variables atmosféricas que están siendo monitoreadas por el mismo. Esta interfaz permite entre otras cosas: configurar el puerto serial del computador, analizar cuales dispositivos han sido conectados a la red y visualizar y graficar los valores de las lecturas de los sensores de manera independiente como simultánea.

CAPITULO 3: PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.

- a.** Reconocimiento de las características más importante de una red one wire:
 - Estudio de la documentación dada por el departamento.
 - Búsqueda de documentación a fin, a través de Internet.

- b.** Estudio de los elementos básicos que conforman una red one- wire.

- c.** Búsqueda y estudio de los elementos más importantes para llevar a acabo el manejo de los circuitos integrados que conforman una red One-Wire.

- d.** Estudio de los posibles sensores a implementar.

- e.** Estudio sobre el diseño de circuitos impresos y montaje de circuitos integrados superficiales.

- f.** Diseño de la etapa de comunicación serie.
 - Búsqueda de información asociada.
 - Implementación
 - Prueba

- g.** Software para manejo de la interfaz RS232-One Wire.

- h.** Diseño de la red One Wire.

- i.** Implementación de los sensores.
 - Selección de los sensores a implementar
 - Diseño de los mismos
 - Prueba de los mismos

- j.** Implementación de la red one wire.

- k.** Diseño e implementación del circuito impreso final.

- l.** Diseño del software alto nivel:
 - Creación del programa de interfaz con el usuario.
 - Creación de programa de captura de datos de la red

- m.** Prueba funcional del prototipo.
 - Acople de los módulos de Hardware-Software.
 - Pruebas simuladas controladas de utilización.

- n.** Elaboración del informe final

CAPITULO 4: DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO.

4.1 Interfaz RS-232 a One Wire

Como su nombre lo indica dicha interfaz es la encargada de traducir todos los comandos provenientes en protocolo RS-232 a su respectivo equivalente en el protocolo One Wire, con el fin de que los sensores diseñados puedan interpretar lo datos que se le envíen y así proporcionen las lecturas provenientes de las mediciones que los mismos se encuentran ejecutando.

En primera instancia se realizó el diseño de la etapa que permitiera convertir los niveles de tensión provenientes del puerto RS-232 del computador, ya que el DS2480B dispositivo usado para llevar a cabo la interfase RS-232 / One Wire solo interpreta niveles comprendidos entre -0.5 V a 7V , entre tanto, el computador maneja niveles comprendidos entre -12 V y 12 V . De esta manera el chip antes mencionado sufriría irremediablemente daños internos.

Por otra parte, debido a que tanto los acopladores (DS2409) como el maestro (DS2480) son de montaje superficial se realizó el diseño y montaje de un circuito impreso de dos caras, el cual contiene el convertidor de niveles, conexión al puerto RS-232, entrada para alimentación externa, el master, la subred luminosa y finalmente el acoplador restante el cual posee un puerto RJ-11 para la conexión de los sensores que fueron implementados. Las figuras 4.2 y 4.3 muestran el circuito descrito.

El desarrollo y explicación de cada una de las secciones que conforma este circuito se realizará en capítulos posteriores.

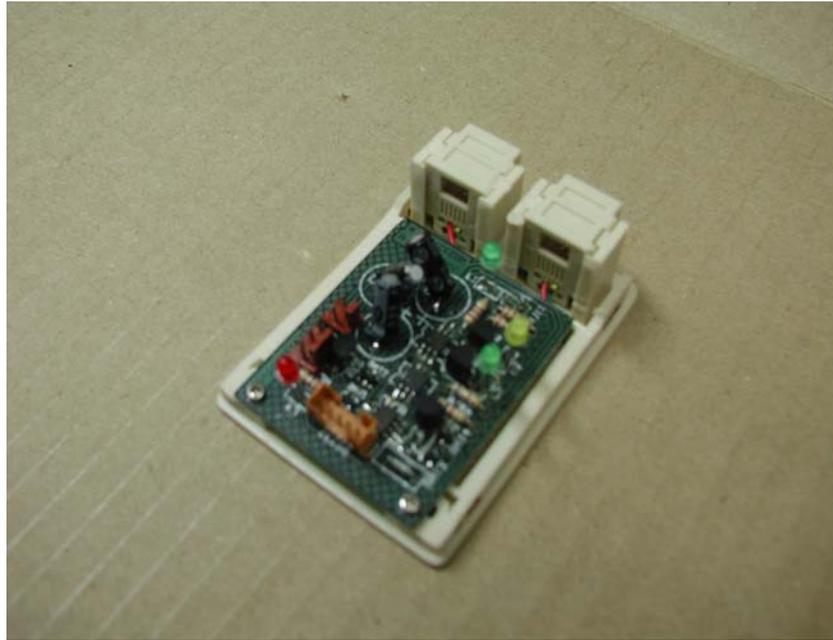


Figura 4.2 Vista lateral del circuito de interfaz RS-232/ One Wire

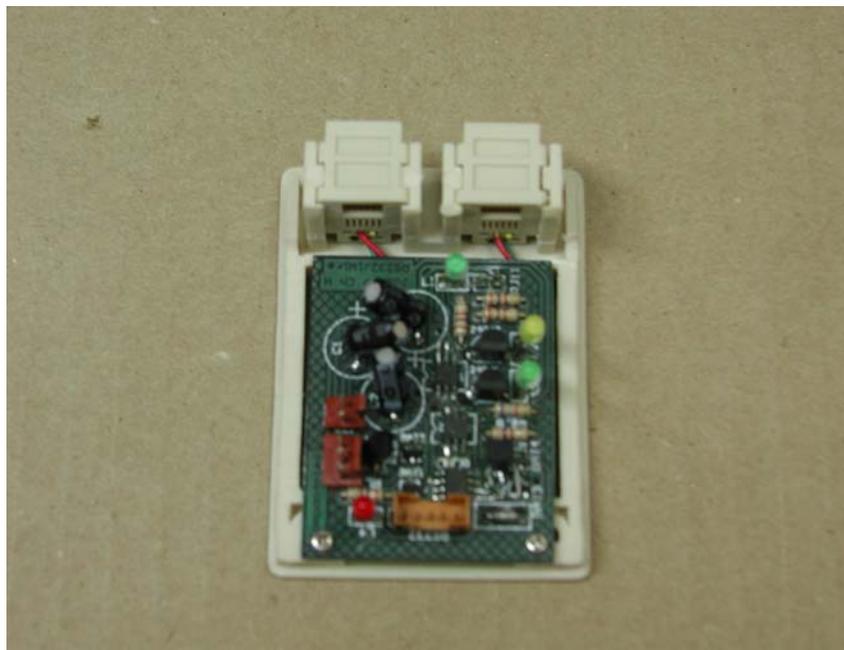


Figura 4.3 Vista superior del circuito de interfaz RS-232/ One Wire

4.2 Sensor de Temperatura

Al igual que la interfaz mostrada anteriormente, cada uno de los sensores implementados posee un puerto RJ –11 y están conformados por un DS18B20, el cual es un sensor de temperatura con resolución configurable y un rango de medición que va desde los –10 hasta 125 grados centígrados. Las figuras 4.3 y 4.4 muestran el dispositivo en cuestión.

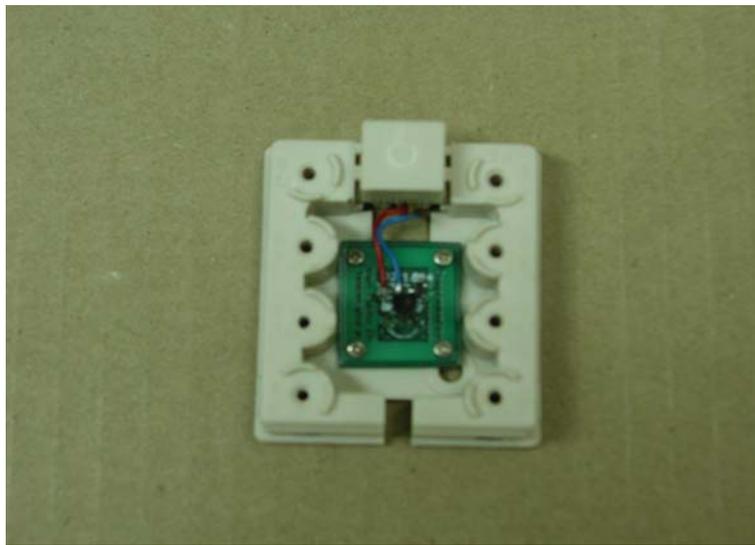


Figura 4.3 Vista Superior del Sensor de Temperatura

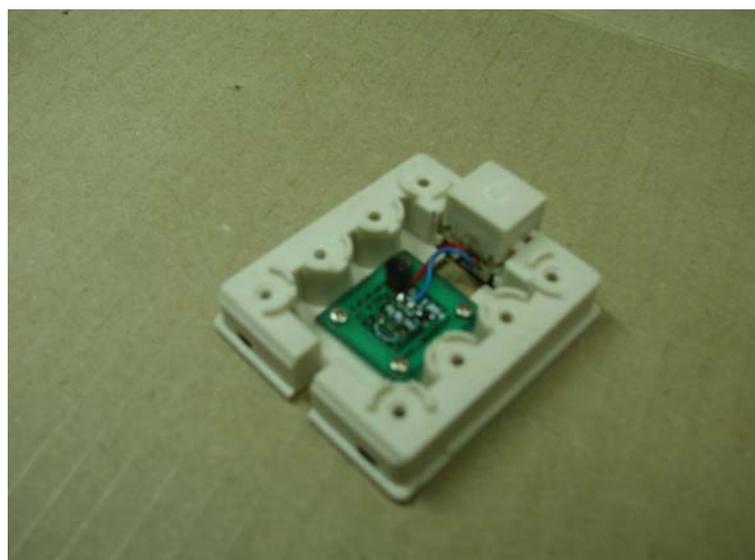


Figura 4.4 Vista lateral del Sensor de Temperatura

4.3 Sensor de Lluvia

Para la implementación de este dispositivo se realizó el uso de dos elementos, en primera instancia se recurre al medidor de precipitación, el cual es un interruptor de caña el cual produce un pulso cada vez que el se ha alcanzado una cantidad de agua equivalente a 0.254 mm de agua. La figura 4.5 muestran el medidor antes mencionado.



Figura 4.5 Vista superior del medidor pluvial

El segundo elemento requerido es el contador DS2423, el cual es el encargado de llevar a cabo el conteo de las cantidad de veces que el interruptor de caña del medidor de precipitación se conmute, el contador posee dos canales externos por los cual a un solo contador pueden conectarse dos medidores de precipitación. Al igual que los interruptores controlados y el maestro de la interfaz RS-232/ One Wire, el contador es de montaje superficial, lo cual indudablemente requirió del diseño y montaje de un circuito impreso. Las figuras 4.5 y 4.6 muestran circuito antes descrito.

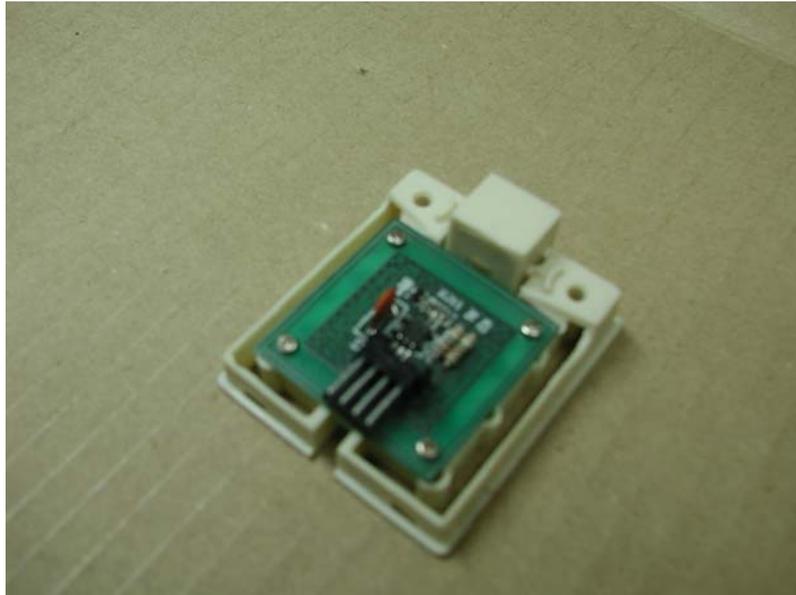


Figura 4.5 Vista lateral del contador de lluvia

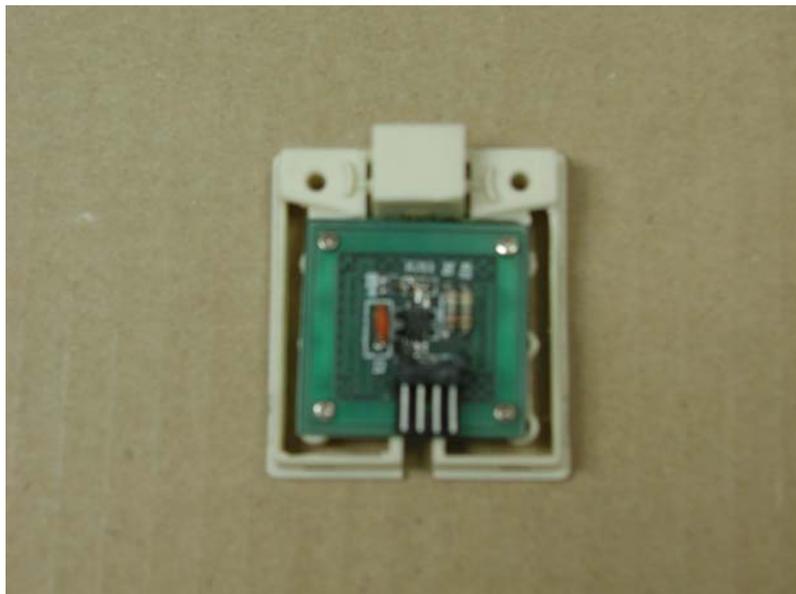
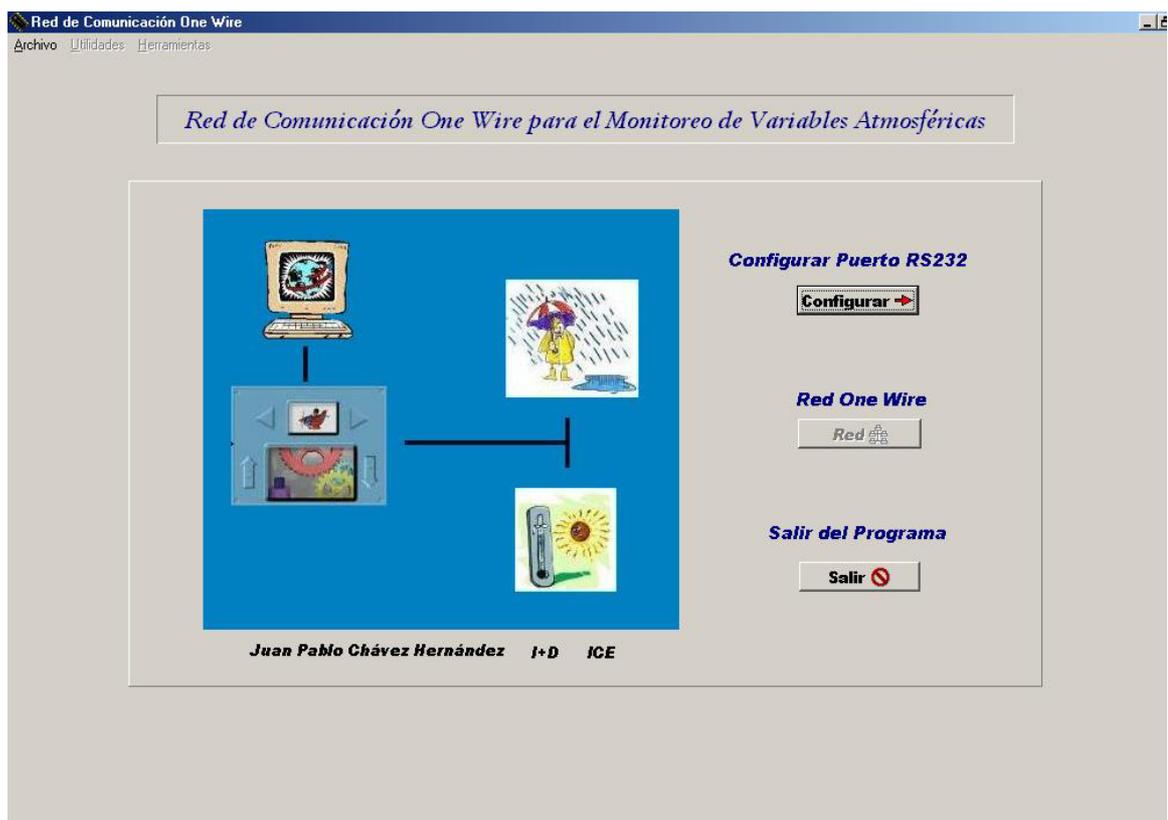


Figura 4.6 Vista superior del contador de lluvia

CAPITULO 5: DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO.

Todo lo referente al software del sistema se realizó en el lenguaje de alto nivel denominado Delphi 5, el cual es un lenguaje orientado a objetos. Se utilizó de manera exitosa la unidad **nrcomm**, la cual permite acceder de manera muy versátil el puerto RS-232 del computador, lo cual es de vital importancia para el desarrollo del proyecto ya que como se recordará el manejo de los sensores, así como, la adquisición de datos se realiza mediante este puerto.

En primera instancia la figura 5.1 muestra la pantalla de inicio, es decir, es la interfaz inicial con la que el usuario se va a encontrar cuando ejecute el programa.



PAINT

Figura 5.1 Interfaz de bienvenida a usuario.

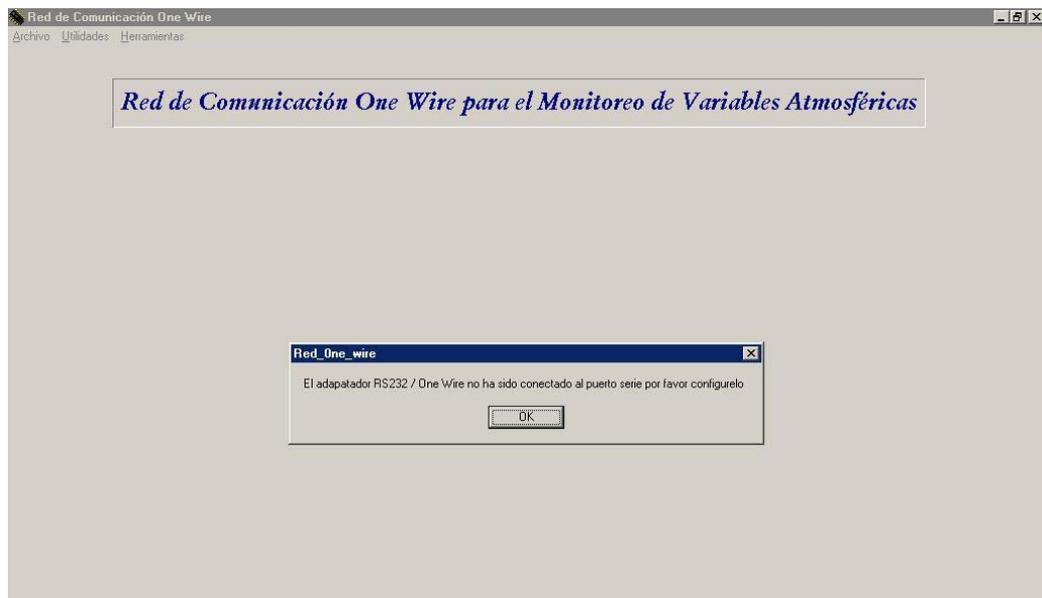
Una vez que el usuario ingresa, las únicas opciones que se encuentran habilitadas corresponden a la de configuración del puerto serie o salida del sistema, esto se debe a que la red no puede ser accesada hasta que se reciba un pulso de sincronización, este se proporciona durante la configuración del puerto serial. Las características que pueden ser modificadas por el usuario corresponden al puerto que se desea conectar ya sea COM1 o COM2 y el control de flujo. La longitud de dato , paridad, tasa de transmisión y bits de parada son características del puerto serial que no pueden ser modificadas, ya que el DS2480 solo responde a dichas características, ello se desarrollara con más detalle en el capítulo 6. La figura 5.2 muestra la pantalla de configuración, antes descrita.



PAINT

Figura 5.2 Pantalla de configuración del puerto serie.

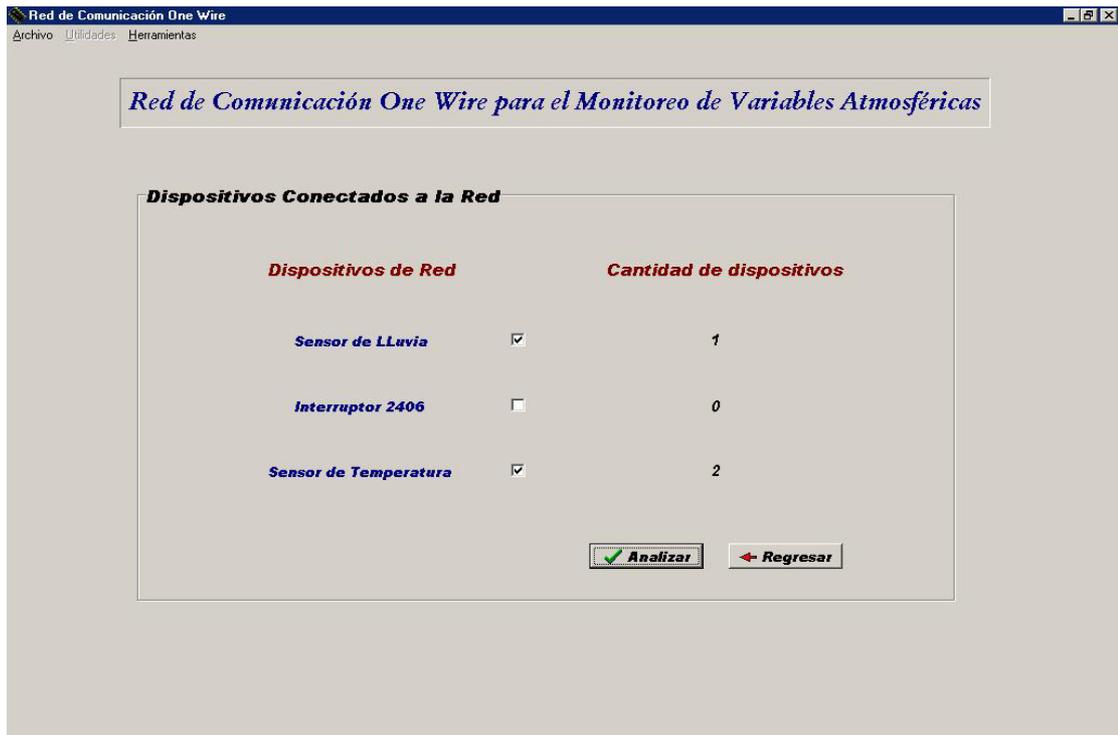
Por otra parte, el programa establece la presencia de la interfaz RS-232/ One Wire, si por alguna razón éste es desconectado dentro de algún proceso el programa envía un mensaje de error y remite al usuario a volver a configurar el sistema, ya que como se mencionó anteriormente, el maestro requiere de un pulso de sincronización, el mensaje de error es mostrado en la figura 5.3.



PAINT

Figura 5.3 Mensaje de error en ausencia de la interfaz

Una vez que el puerto ha sido configurado y la interfaz ha sido sincronizada, se permite el acceso a la red y se habilitan la herramientas del sistema ubicadas en el menú superior. Cuando se pulse el botón correspondiente a red, el sistema realiza un análisis con el fin de conocer que dispositivos se encuentran conectados a ésta, en dicha pantalla, se muestra que dispositivos ha sido encontrados y la cantidad. Adicionalmente se deja abierta la posibilidad para que el usuario vuelva a realizar un análisis en caso de que se conecten nuevos elementos en la red, esto se muestra en la figura 5.4.

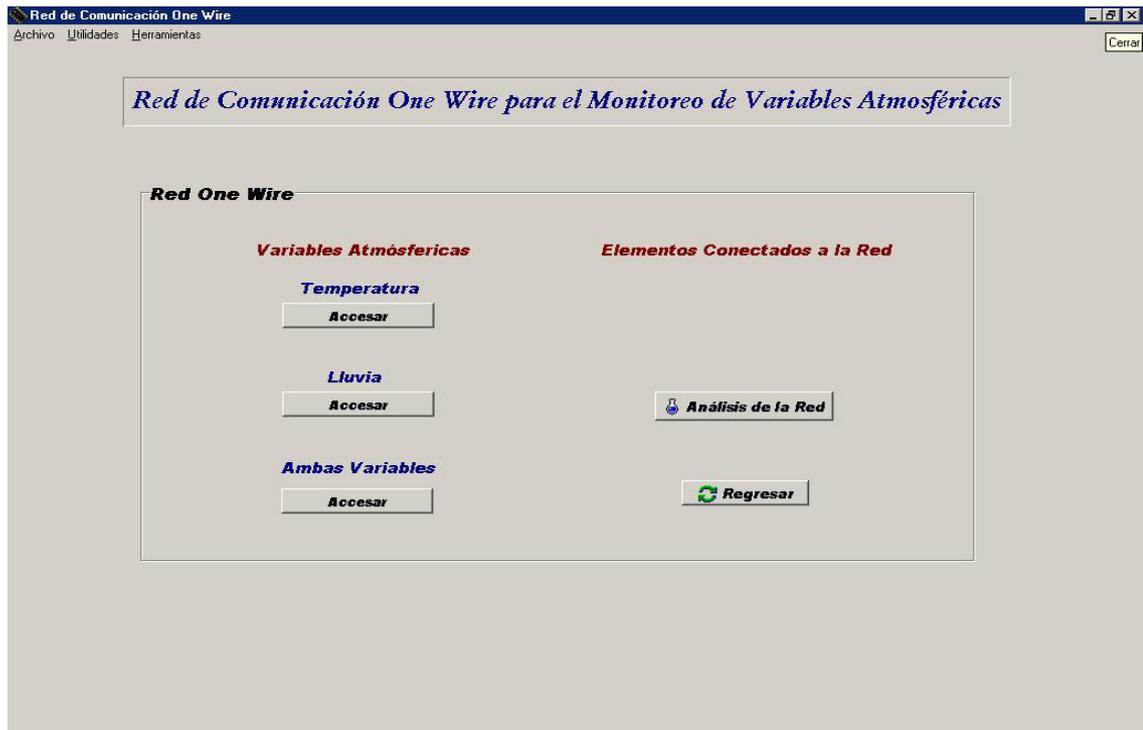


PAINT

Figura 5.4 Pantalla de análisis de la red

Una vez que el sistema ha sido analizado y se tiene conocimiento de que sensores están conectados a la red, se habilita la pantalla que permite el acceso a las mediciones de lluvia, temperatura o de ambas variables a la vez. A su vez se deja abierta la posibilidad para que el usuario realice análisis y conozca el estado de la red. Lo descrito se muestra en la figura 5.5.

Adicionalmente en caso de que no hayan elementos conectados a la red, el sistema alerta al usuario de esta situación, mediante un mensaje de error en el que se le comunica que no hay dispositivos conectados a ésta.



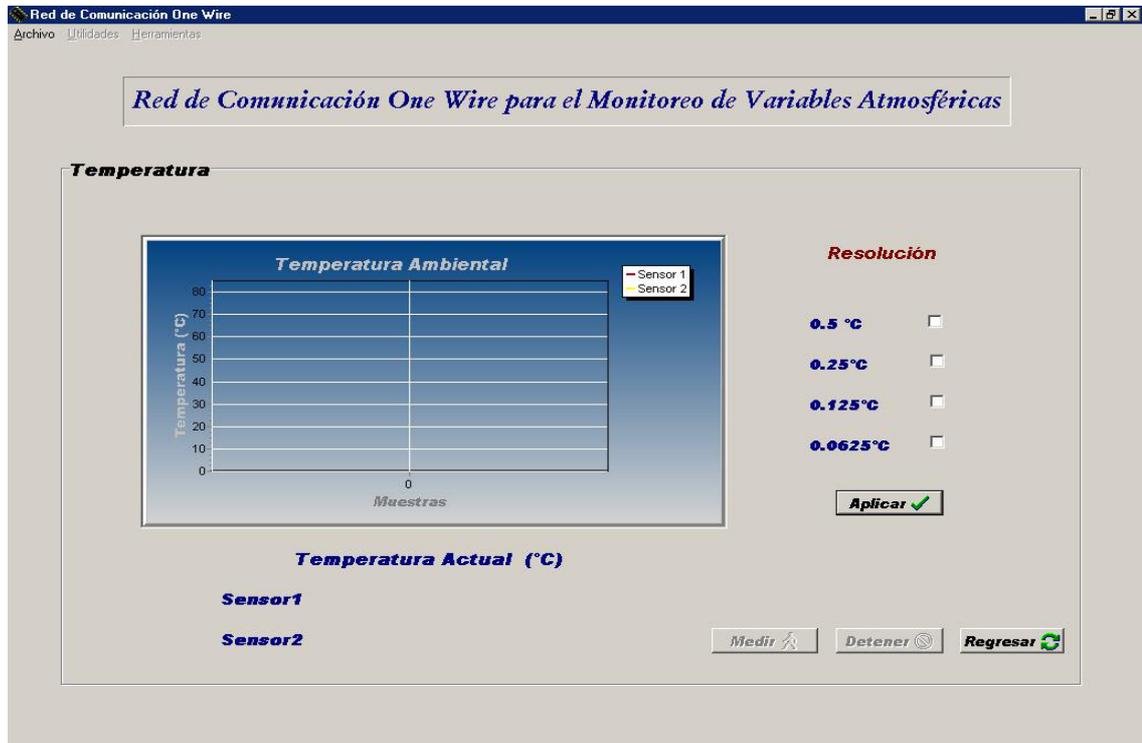
PAINT

Figura 5.5 Pantalla de acceso a medición de variables y análisis del sistema.

El sistema habilita el acceso a las diferentes mediciones, de acuerdo con los sensores que han sido encontrados, si solo encontrase sensores de temperatura permite solamente la medición de dicha variable, de la misma forma sucede si solo hay sensores de lluvia. Sin embargo cuando están presentes ambos sensores se habilitan todas las opciones, incluyendo la medición de ambas variables de manera simultánea. Conociendo esto, se habilitan las opciones correspondientes a utilidades del menú que aparecen en la parte superior izquierda de la pantalla, del programa.

En caso de que solo la medición de temperatura se pudiese realizar, el programa presenta la pantalla mostrada en la figura 5.6. Cabe destacar que en dicha medición el sistema puede monitorear dos sensores de temperatura a la vez, esto es observado por el programa durante los análisis que se le practiquen a la red. De esta forma, tanto el gráfico como los valores de medición son adecuados de acuerdo con la cantidad de sensores de temperatura conectados.

Es importante rescatar que el sistema permite configurar la resolución de los sensores de temperatura, desde los 0.5 hasta 0.0625 grados centígrados, la medición de dicha variable solo se habilita hasta que el usuario haya realizado dicha configuración.



PAINT

Figura 5.6 Pantalla de acceso a medición de Temperatura.

Por otra parte, si solo se encuentran conectados sensores de lluvia, el programa presenta la pantalla de la figura 5.7. En este punto el usuario puede establecer cual de los canales del DS2423 desea monitorear, o si desea monitorear ambos canales a la vez. Al igual que en el caso de la medición de temperatura, tanto los gráficos como los datos de la mediciones son adecuados de acuerdo con la cantidad de canales que el usuario desee observar y la medición se habilita hasta que se haya realizado la configuración antes descrita.

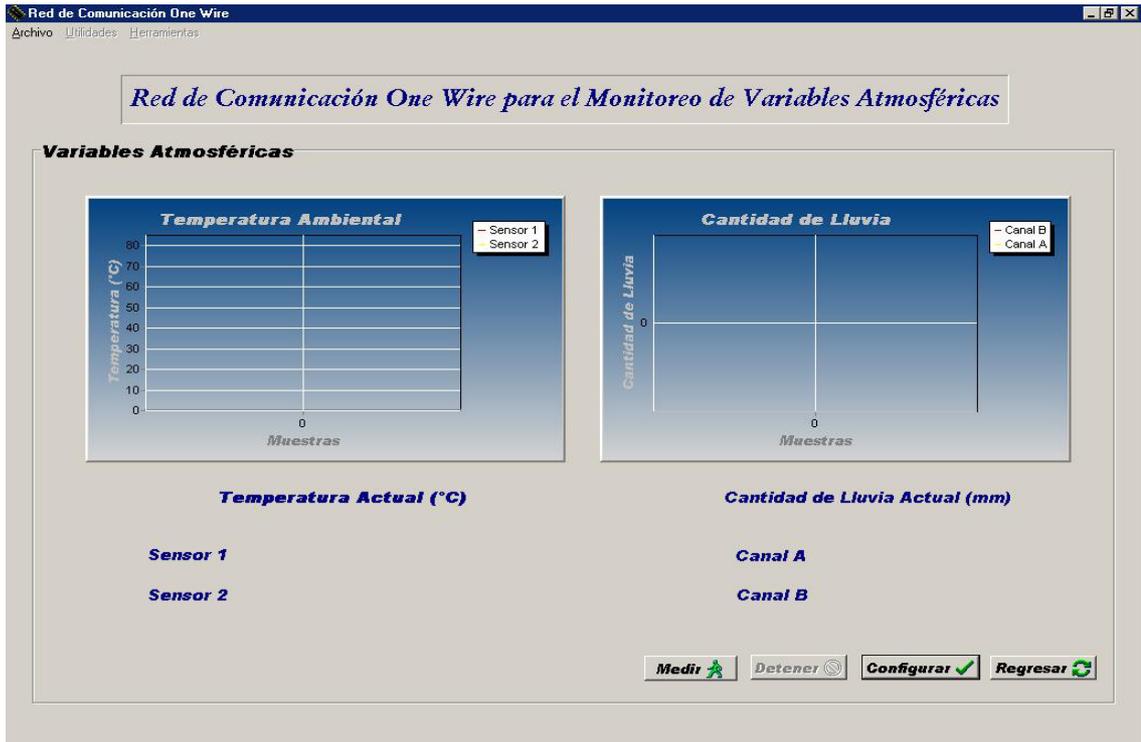


PAINT

Figura 5.7 Pantalla de acceso a medición de lluvia.

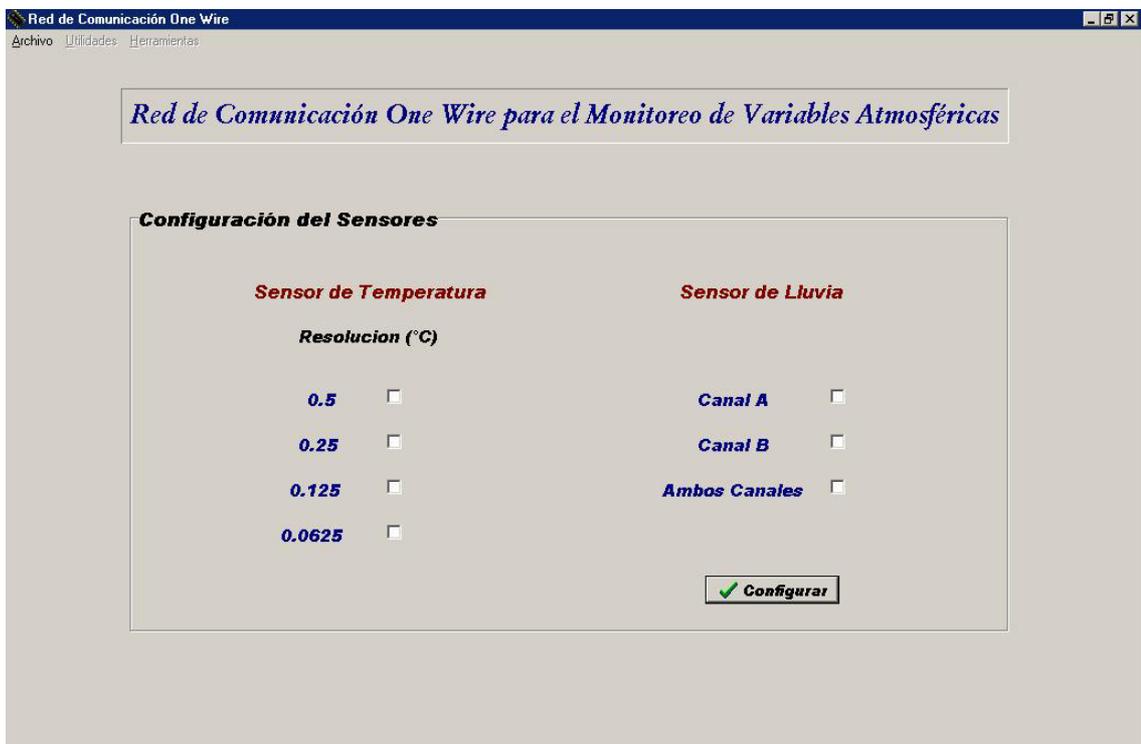
Como se mencionó, durante el análisis se observan que sensores ha sido conectados a la red, de esta manera, si ambos sensores son encontrados el software habilita la medición de ambas variables de manera simultánea, el usuario se encontrará con la pantalla mostrada en la figura 5.8.

Antes de iniciar el proceso de medición es indispensable configurar las características de los sensores, la pantalla de configuración de los mismos se muestra en la figura 5.9. Al igual que cuando se miden las variables de manera independiente los gráficos y los valores de las mediciones son adecuados de acuerdo con la cantidad de sensores y configuración realizada.



PAINT

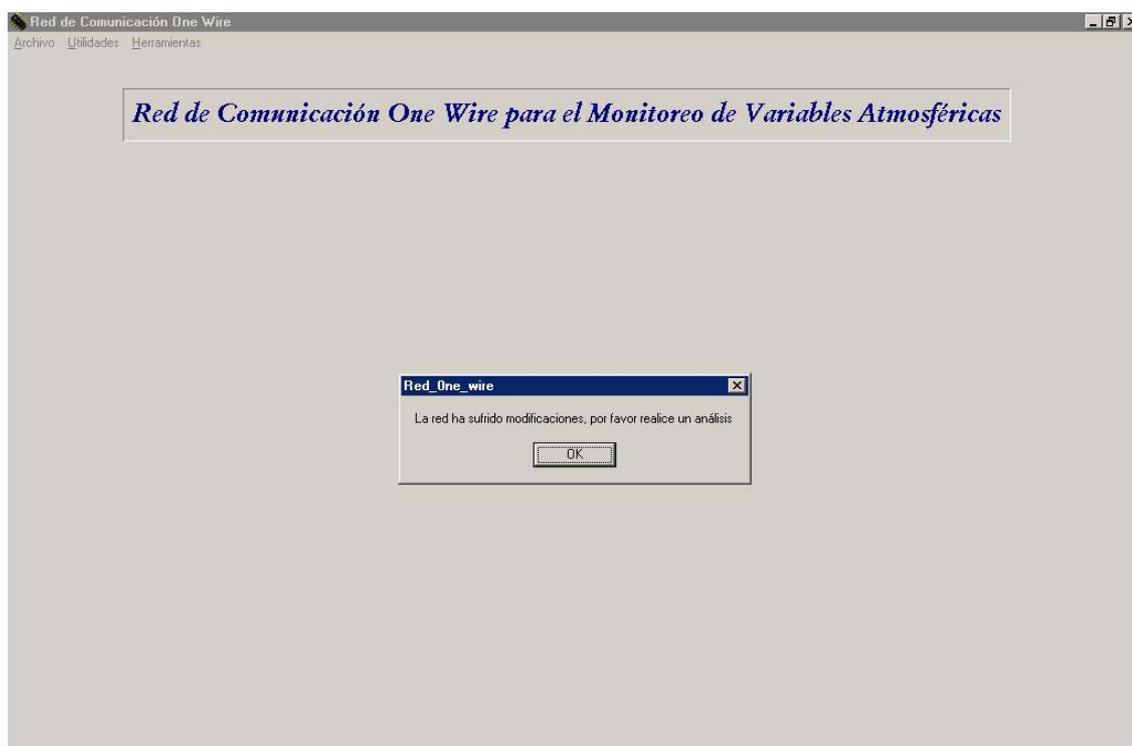
Figura 5.8 Pantalla de medición de ambas variables .



PAINT

Figura 5.9 Pantalla de acceso a la configuración de sensores cuando se miden ambas variables de forma simultánea.

Finalmente, el programa tiene la propiedad de detectar cuando un sensor ha sido desconectado durante un proceso de adquisición de datos. Cuando este proceso ocurre, se envía un mensaje de alerta al usuario indicándole que la red ha sufrido modificaciones y se realiza de manera automática un análisis para indicar que sensor ha sido desconectado. La figura 5.10 muestra el mensaje que se observará en el programa en la situación antes mencionada.



PAINT

Figura 5.10 Mensaje de error en caso de desconexión de sensor.

CAPITULO 6: ANÁLISIS Y RESULTADOS

6.1 Explicación del Diseño.

6.1.1 Explicación del Hardware

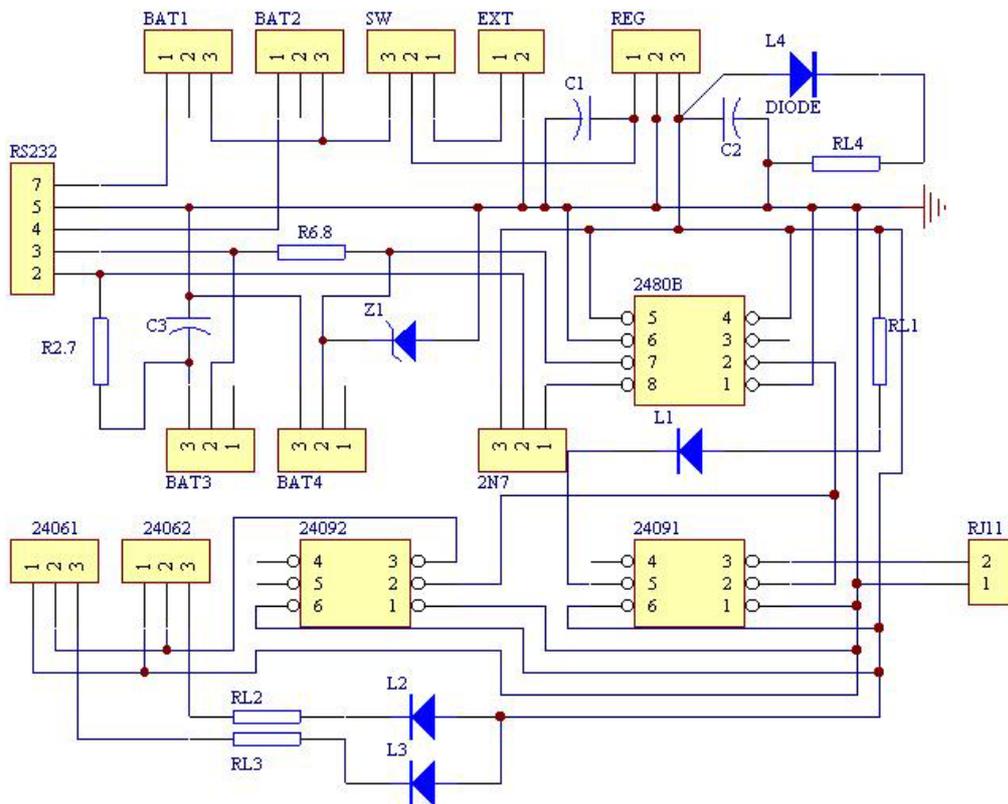
De acuerdo con el desarrollo del problema que se planteó en el capítulo 2, la tecnología One Wire posee las características apropiadas para la realización de la solución que se le proporcionó a la problemática planteada.

De esta manera se establece, el diseño e implementación de una red One Wire para el monitoreo de Variables Atmosféricas. Para la puesta en marcha de esta solución, en primera instancia debe realizarse el estudio de la teoría, así como, las características que competen a la tecnología que se escogió para desarrollar el proyecto.

Posterior a este se realizó la implementación de una interfaz entre la computadora y la red, con el fin de permitir la comunicación con los dispositivos que se encuentren conectados a la misma, ya que de otra manera sería imposible que los dispositivos interpretaran las directivas que se envían. Esta tarea le compete al DS2480B, el cual es un chip de interfase entre el protocolo RS-232 y el protocolo One Wire. Su escogencia se justifica en la gran versatilidad que posee este dispositivo, ya que tiene gran cantidad de parámetros que pueden ser establecidos por el diseñador, tales como: tasa de transmisión, duración del pulso de levantamiento, tasa de cambio de voltaje, entre otras; que permiten adecuar las características de la red, dependiendo de la distancia de los elementos al master, a la cantidad de dispositivos conectados a la red y a los niveles de atenuación en la señal.

Sin embargo, éste no puede ser conectado directamente al puerto RS-232 ya que como se recordará, la señalización de este tipo de comunicación serial se produce a niveles de voltaje comprendidos entre 12V y -12V y el DS2480B maneja niveles de señalización comprendidos entre los -0.5 V y 7V , por ello, se debe realizar una etapa para cambiar los niveles de voltaje y de esta manera no dañar el dispositivo antes mencionado.

En la figura 6.1 se presenta el circuito utilizado para realizar dicha función, adicionalmente esta figura contiene elementos adicionales los cuales constituyen la interfaz RS-232 / One Wire. El funcionamiento del mismo se presenta a continuación.



PROTEL

Figura 6.1 Circuito de la interfaz RS-232 / One Wire

En primera instancia se describe la sección encargada de cambiar los niveles de voltaje. Cuando el computador envía un dato lógico equivalente a un uno, el puerto RS-232 envía un pulso en un tiempo de bit a un nivel de 12 V. Así cuando este entra en el circuito los diodos BAT3 y BAT4 se polarizan en inversa y la tensión que llegará al pin TX del DS2480B, estará dada por el valor de tensión regulada por el diodo zener Z1 , que para efectos del circuito es de 4.7 V, esto recorta el nivel de tensión a un valor permisible por el maestro de la red. Cuando el computador envía un dato lógico equivalente a un cero, el puerto envía un pulso en un tiempo de bit equivalente a -12 V, cuando esta señal llega al circuito los diodos BAT3 y BAT4 se polarizan en directa , el primero de ellos permite cargar el capacitor C3 el cual se emplea para la transmisión, detalle que se ampliará más adelante. EL diodo BAT4 se emplea con el fin de limitar la tensión que llega al pin TX al voltaje de polarización del mismo, que por ser un diodo Schottky asciende a los 0.25 V , lo cual se encuentra por debajo del limite inferior establecido por el fabricante y cuyo valor se describió anteriormente.

Para la etapa de transmisión, se emplea el transistor 2N7 y la carga del capacitor C3. Así cuando el DS2480B envía un uno lógico, el transistor es conmutado y el valor del pulso asciende a 5 V, valor que perfectamente puede ser interpretado por el computador, ya que como se recordará la banda prohibida en el protocolo de comunicación en el puerto RS-232 se encuentra comprendida entre los 3 y -3 V. Por lo tanto, cualquier valor que se esté fuera de este rango puede ser interpretado por el computador sin ningún problema, es por esto, que una tensión de 5 V es un nivel apropiado para representar un uno lógico. Durante este proceso el diodo BAT3 se polariza en inversa con lo cual la carga del capacitor se mantiene. Cuando el DS2480B, debe transmitir un cero lógico, el transistor queda inactivo y el diodo BAT3 se polariza en directa permitiendo así la descarga del capacitor C3, proporcionando el nivel de tensión negativo requerido para la correcta interpretación del dato enviado por parte del DS2480B al computador, se debe recordar que el valor de carga de esta capacitancia asciende a los -12 V, lo cual esta por encima de la banda prohibida ya descrita.

Es importante mencionar que la resistencia de $6.8\text{ K}\Omega$ se encarga de la limitación de corriente sobre el pin TX del maestro, cuyo máximo nivel de corriente se encuentra dado por 4 mA , con el valor de resistencia establecido el máximo valor de corriente asciende a 1.7279 mA , lo cual asegura un margen de 2.2721 mA , por debajo del umbral máximo establecido. Al igual que la resistencia descrita, el resistor de $2.8\text{ K}\Omega$ es el limitador hacia el pin de recepción de la PC, cuando se le proporciona el pulso de nivel negativo, el valor de corriente asciende a 4.2857 mA . De acuerdo con las especificaciones para los diversos manejadores de puerto serie RS-232, poseen la capacidad de percibir una corriente máxima de 6 mA en los pines de comunicación, de esta forma se logra estar 1.7143 mA por debajo del umbral máximo permitido.

Por otra parte cabe destacar que la alimentación del sistema es tomada de las señales de control que no se encuentra utilizadas, estas son: data terminal ready (DTR) y request to send (RTS), para ello se usan los diodos BAT1 y BAT2. Se debe acotar, que es muy claro que dichos pines son de señalización para la transferencia de datos, por lo tanto los circuitos de acople entre la UART y el puerto serie, no se encuentran diseñados para proporcionar altos niveles de corriente. Teniendo presente eso se investigó y se conoció que dichos pines pueden proporcionar hasta 100 mA , lo cual permite conectar el sistema diseñado ya que el mismo tiene un consumo máximo de corriente 13.5 mA con todos los sensores conectados a la red. Este valor proporciona la certeza de que el sistema no afectará la integridad del computador al que se conecte.

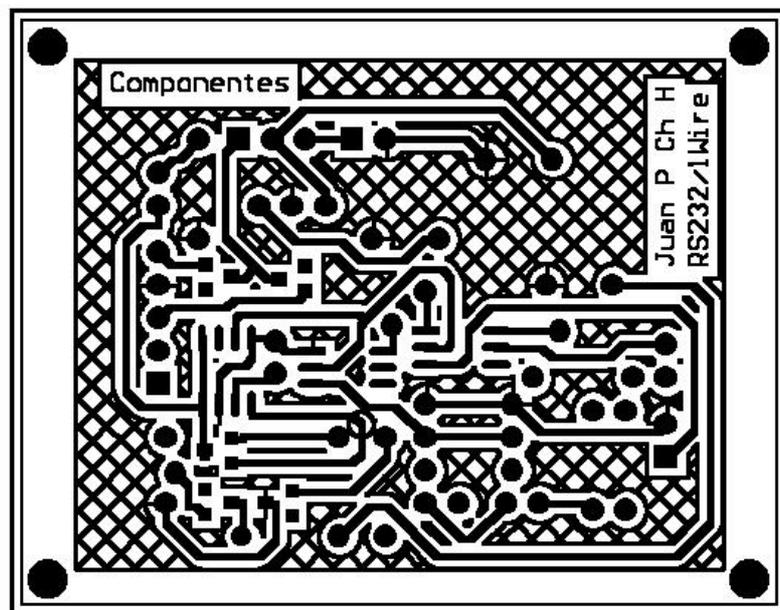
Sin embargo, previendo posibles expansiones de la red se dejó previsto en el circuito de interfaz una terminal para alimentación externa a 12V . De esta manera el circuito puede funcionar de dos modos distintos, energizado mediante el puerto serial o mediante la terminal externa, esto abona versatilidad al sistema ya que permite expansiones de la red sin necesidad de realizar modificaciones al hardware que ya está diseñado. Se tiene además un indicador luminoso, el cual permite conocer si el sistema ha sido energizado, esta función es realizada por el diodo emisor de luz (LED) L4.

Como se mencionó en el capítulo 2 se emplearon acopladores DS2409, en primera instancia estos dispositivos no permiten que el master se vea cargado por la demanda de los sensores conectados. Por otro lado, permite subdividir la red en subredes lo cual hace que el desarrollo de redes de este tipo de tecnología pueda ser llevado de una manera modular, lo cual facilita la detección de fallas, así como, la identificación de los dispositivos que se encuentren conectados a la red. Estos se encuentran interconectados con el DS2480B a través del pin 2 de éste, el cual proporciona los datos en protocolo One Wire, ello se mostró en la figura 6.1. Adicionalmente los acopladores (DS2409) poseen un pin de control (5) que puede ser usado por el diseñador a su gusto, para el caso de la solución planteada este será utilizado para activar un diodo emisor de luz (L1) , con el fin de indicar que se encuentra haciendo un acceso al bus manejado por dicho acoplador. Como se mencionó la red puede ser subdividida, para el sistema desarrollado se dividió en dos subredes, una para la conexión de los sensores que se emplean para el monitoreo de variables atmosféricas y otra denominada de indicadores luminosos, la cual se usa para informar al usuario cuando se está haciendo un muestreo ya sea de temperatura o lluvia, esta indicación compete a los diodos emisores de luz L2 y L3. Es importante mencionar que las resistencias usadas para limitar la corriente que circula a través de todos los diodos LED's es de $2.7K\Omega$, este valor se escoge tratando de obtener el mínimo consumo por parte de estos, sin menoscabar en la brillantez de la luminosidad que puede ser proporcionada.

El manejo de los indicadores luminosos se realizó mediante el uso de los interruptores controlados DS2406 de la Dallas Semiconductors, estos se conectan al bus manejado por uno de los acopladores de red mencionados anteriormente, estos dispositivos poseen una salida que puede ser controlado por el diseñador. Para la aplicación desarrollada este pin es usado para permitir la conducción de los diodos emisores de luz, sin embargo, puede ser utilizada para activar diversos dispositivos, ya que permite hasta un máximo de 80 mA. Como se observa la exigencia que demanda estos interruptores es mínima ya que para permitir la iluminación de los diodos LED's, se requiere tan solo una corriente de 1.7 mA, de acuerdo con el valor de resistencia que se estableció para cada uno de ellos.

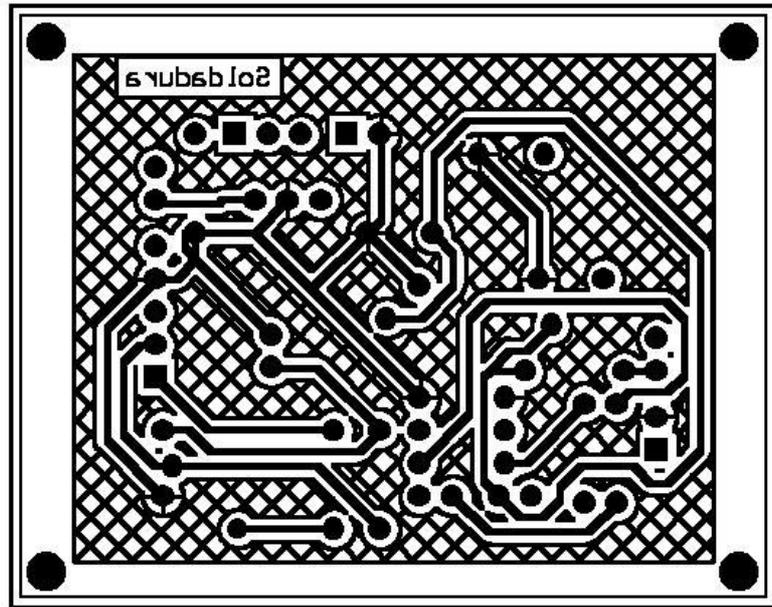
Todos los sensores empleados deben de ser capaces de interpretar el protocolo One Wire, es por esta razón que solamente se pueden utilizar sensores de la Dallas semiconductor, ya que como se mencionó en el capítulo 1, esta empresa posee los derechos exclusivos sobre dicha tecnología.

Debido a las características constructivas del maestro DS2480B, los diodos Schottky BAT54S y de los acopladores de red DS2409 se hizo necesario la construcción de un circuito impreso, tanto para poder realizar la pruebas iniciales necesarias, así como, para implementar la interfaz RS-232/ One Wire. Este se realizó mediante la utilización del software denominado Protel , el cual es uno de los paquetes informáticos más utilizados a nivel mundial para el diseño de circuitos impresos, esto debido a la gran cantidad funciones que pone a disposición de los usuarios, así como, por el alto grado de especialización de sus librerías y trazado de pistas. La figuras 6.2 y 6.3 muestran la cara superior e inferior del circuito descrito.



PROTEL

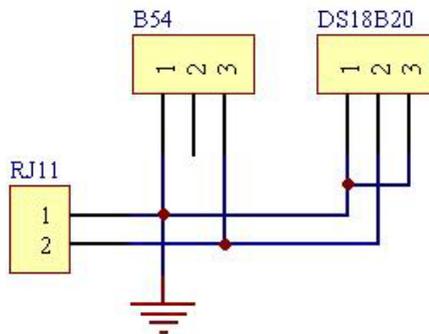
Figura 6.2 Cara superior del circuito impreso de la Interfaz RS-232/ One Wire.



PROTEL

Figura 6.3 Cara inferior del circuito impreso de la Interfaz RS-232/ One Wire.

Además de la interfaz RS-232/ One Wire , se diseñaron e implementaron los sensores que se utilizan en la red para llevar a cabo el monitoreo de las variables atmosféricas de temperatura y precipitación lluviosa. En primera instancia se abarca el sensor de temperatura, para ello se usó el DS18B20 el cual posee un rango de medición que se extiende desde los -10 hasta 85 grados centígrados, adicionalmente posee dos modos de alimentación, directa o parásita esta última ya fue explicada en el capítulo 2. Por ende se usó este tipo de alimentación ya que uno de los requerimientos del sistema es usar la menor cantidad de cableado posible, para ello se conecta el terminal correspondiente a Vdd con tierra, así , el dispositivo se adecua para trabajar en dicha configuración. Por otra parte su resolución es configurable y el formato de la lectura de temperatura es proporcionada de manera digital con una extensión de 16 bits (2 bytes). A este dispositivo se adicionó un diodo Schottky BAT54S, con el fin de brindar protección al sensor contra voltaje negativos, el mismo se colocó entre las terminales de datos y tierra como lo muestra la figura 6.4.



PROTEL

Figura 6.4 Circuito correspondiente al sensor de Temperatura.

Al igual que con la interfaz se requería entregar un producto final, a su vez el diodo Schottky es de montaje superficial, por esta razón era de inherente necesidad el diseño y construcción de un circuito impreso, el cual se detalla en la figura 6.5. Cabe acotar que al igual que la interfaz , este sensor posee un puerto RJ-11 para ser accedido.



PROTEL

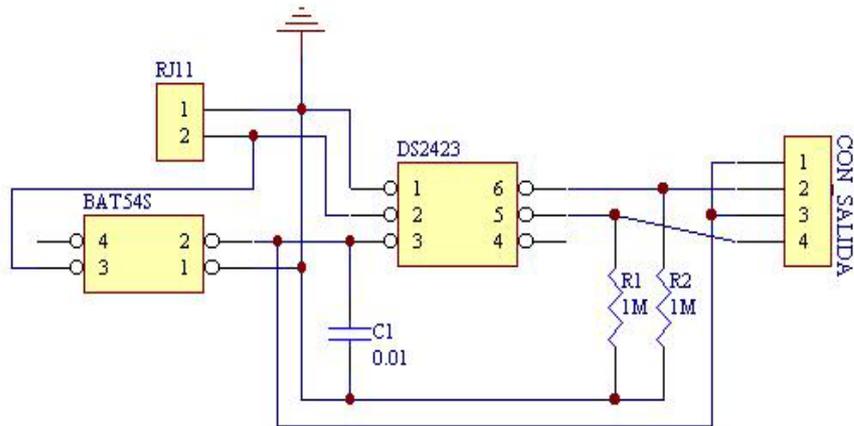
Figura 6.5 Circuito impreso correspondiente al sensor de Temperatura.

Por otra parte se encuentra el sensor de lluvia, para llevar a cabo la implementación del mismo se recurrió al uso del contador DS2423 y del medidor de precipitación TR5251 de la Texas Electronics, el cual fue mostrado en la figura 4.5. Como se mencionó, este dispositivo cierra un interruptor cada vez que haya completado una cantidad de 0.254 mm de agua, cada cierre es usado para incrementar el contador antes mencionado.

El circuito para el contador DS2423 se muestra en la figura 6.6. Los resistores conectados a las patillas 5 y 6 son utilizadas como resistencias de pull-down, es decir, hacen que en el momento en que el interruptor se encuentre inactivo las entradas de cada uno de los canales tengan un nivel de voltaje equivalente a un cero lógico. Cuando el interruptor se cierra, en dichos terminales aparece el voltaje almacenado en la capacitancia C1. Este capacitor almacena energía para ejecutar dos funciones, la primera de ellas es proporcionar el voltaje requerido para generar el pulso necesario para el conteo y la segunda proporcionar la alimentación para la sección de memoria SRAM contenida en este dispositivo, en esta sección es donde se almacena cada conteo realizado por el DS2423. La extensión de cada uno de los contadores es de 32 bits y el proceso de reset se logra mediante la pérdida de la carga de la capacitancia C1 y desconexión del bus de datos.

Como se recordará, no se cuenta con un canal dedicado para proporcionar la alimentación de los chips, de esta manera la forma de cargar el capacitor C1 es usando el principio de capacitancia parásita. El diodo BAT54S posee dos diodos conectados en antiparalelo, de esta forma se usa uno de ellos para proporcionar la protección contra voltaje negativos, el cual se conecta entre tierra y el canal dedicado a los datos. El diodo restante es usado para cargar a C1 cuando el bus está en alto, esto se logra debido a que éste se polariza en directa y conecta el bus tanto a la patilla 3 del DS2426 como a la terminal del capacitor.

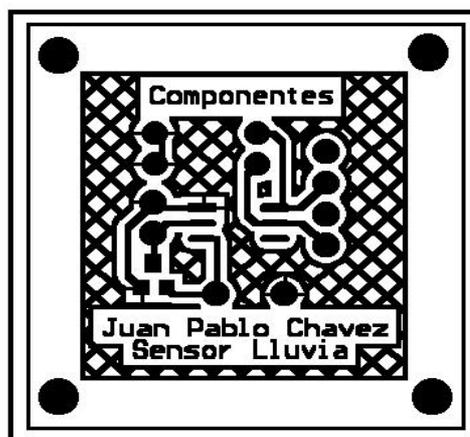
Cuando se genera una transferencia de datos el bus es conmutado a niveles de tensión correspondientes a un cero lógico, así, el diodo se polariza en inversa con lo que se evita que la carga del capacitor se drene a través del bus, logrando que la alimentación de la sección de memoria no se pierda y los conteos realizados no se borren. Para llevar a cabo la conexión al bus de datos se cuenta con un puerto RJ-11.



PROTEL

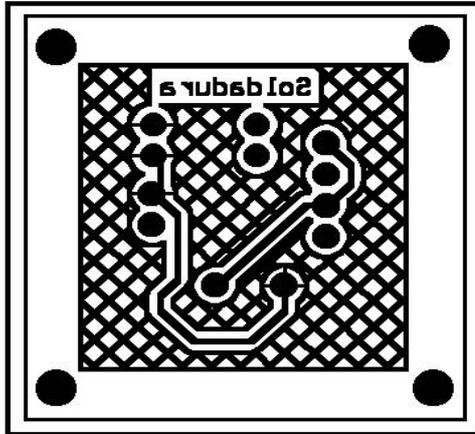
Figura 6.6 Circuito esquemático correspondiente al sensor de lluvia.

Como con la interfaz y el sensor de temperatura, se cuenta con el diseño e implementación del circuito impreso correspondiente al sensor antes descrito. Las figuras 6.7 y 6.8, muestran en detalle las caras superior e inferior del mismo.



PROTEL

Figura 6.7 Cara superior del circuito impreso correspondiente al sensor de lluvia.



PROTEL

Figura 6.8 Cara inferior del circuito impreso correspondiente al sensor de lluvia.

Ahora que se conocen las características constructivas del sistema, es importante adicionar datos en cuanto a la máxima cantidad de sensores que pueden ser conectados a la red. Este dato se obtiene de la siguiente ecuación que describe la máxima carga a la que puede estar sometido un acoplador de red.

$$FanOut = \frac{V_s - V_{min}}{R_{pull-up}} * \frac{1}{15\mu A} \quad (1)$$

Donde: V_s : voltaje de alimentación.

V_{min} : voltaje mínimo de operación de los dispositivo One Wire.

$R_{pull-up}$: resistencia de pull-up.

El cociente con el valor de corriente de $15\mu A$, se debe a que éste corresponde a la mínima corriente requerida por los dispositivos utilizados para mantenerse activos. Tomando el valor de alimentación típico de 5 V, el umbral mínimo correspondiente a 3V el cual se encuentra dado por el voltaje mínimo que puede aceptar un sensor de temperatura y la resistencia de pull-up del acoplador DS2409 cuyo valor corresponde a $1.5 k\Omega$, se obtiene que la máxima cantidad de dispositivos que pueden conectarse a la red y cuyo valor corresponde a 88 dispositivos.

Este dato refuerza la versatilidad del sistema ya que los cambios requeridos en hardware para ampliar la red es mínima o nula al igual que con el software, ya que, las rutinas son generales lo que debería realizarse es la adecuación del despliegue de los datos.

Otro dato que es importante mencionar es el relacionado a la longitud máxima del cable que puede ser empleado para conectar a los sensores que integran la red de monitoreo. Para ello se hace uso de la fórmula que define la constante de tiempo τ , la cual define el tiempo máximo permitido para alcanzar el voltaje umbral mínimo, con el fin de permitir la diferenciación de un bit de dato con otro. Para ello se hace uso de la siguiente ecuación matemática.

$$\tau = \frac{\textit{Tiempodemuestreo}}{\ln\left[\frac{V_s}{V_s - V_{\min}}\right]} \quad (2)$$

Donde: **Tiempo de muestreo**: tiempo máximo permitido por el DS2480B para la lectura de un bit de dato.

V_s : voltaje de alimentación.

V_{\min} : voltaje mínimo de operación de los dispositivo One Wire.

Para encontrar el tiempo de muestreo máximo del maestro DS2480B, se aplica la expresión que se muestra a continuación.

$$\textit{TiempodeMuestreo} = 1.5 * \left[\frac{1}{\textit{TasadeTransmisión}} \right] \quad (3)$$

Debido a que la tasa de transmisión se encuentra establecida en 9600 bps(bits por segundo), el tiempo de muestreo del DS2480B asciende a 156.25 μ s por bit de dato, es importante observar que cuanto mayor sea la tasa de transmisión, el tiempo de muestreo disminuye, lo cual repercute directamente en la constante de tiempo τ .

Conociendo el tiempo de muestreo, tomando el voltaje de alimentación de 5 V y el voltaje umbral mínimo de 3V, se sustituyen dichos valores en la expresión 2 con lo cual la constante de tiempo de muestreo asciende a 170.53 μ s. Este valor es de suma importancia para poder calcular el máximo valor de capacitancia que puede ser conectada a la red, con el fin de cumplir con los requerimientos de la constante de tiempo τ . Para conocer ese valor se recurre a la siguiente fórmula.

$$\tau = RC \quad (4)$$

Donde: **R**: resistencia de pull-up.

C: capacitancia máxima permitida.

Realizando los procesos matemático requeridos y conociendo que la resistencia de pull-up asciende a los 1.5 K Ω , el valor máximo de capacitancia permisible es de 0.114 μ F. Para conocer el valor de capacitancia que aporta el cable, se le sustrae al valor máximo calculado la capacitancia que aportan los sensores implementados cuyo valor asciende a 0.1 μ F, de esta manera la capacitancia que puede aportar el cable es de 0.014 μ F.

Tomando en consideración el uso de cable telefónico de categoría 5, se tiene que el aporte de capacitancia por metro de cable es de 50 pF. Como se conoce la máxima capacitancia que puede proporcionar el cableado, se puede obtener la longitud máxima de cable que puede ser empleado, el cual es de 280 metros. De esta manera como la red se encuentra conformada por tres sensores, con la distancia calculada cada uno de ellos puede estar a una distancia de 93 metros de la interfaz RS/232/One Wire, lo cual proporciona un área de monitoreo bastante aceptable.

Es importante mencionar que para estos cálculos no se toma en consideración la resistencia del cable, ya que su aporte no es significativo debido a que para el cable telefónico se establece un valor resistivo por metro de 100 mΩ. Otro aspecto que no se debe dejar de lado es que estos valores son validos para una tasa de transmisión de 9600 bps, si este valor es modificado los datos descritos anteriormente deben ser recalculados.

6.1.2 Explicación del Software

Ya se conoce todo lo relacionado a nivel de hardware, es imprescindible conocer los procesos que manejan todos los circuitos antes descritos, desde la configuración del puerto serial hasta la toma y manipulación de los datos provenientes de los sensores implantados. Para ello se recurrirá al uso de los diagramas de flujo, con el fin de proporcionar al lector un mecanismo de fácil comprensión de los algoritmos diseñados, igualmente se trata de manera individual cada procedimiento con el fin de proporcionar un detalle mayor a cerca del diseño del software realizado.

6.1.2.1 Rutina de configuración del puerto serie.

Dentro de los requerimientos del sistema, se encuentra la utilización de un computador para la visualización de los datos provenientes de los sensores conectados a la red, así como, para realizar el manejo de los mismos. De acuerdo con ello es indispensable el uso de un periférico del computador para llevar a cabo dicha función, esto justifica el uso el puerto serial. Para acceder y configurar sus características, se recurrió al componente **nrcomm** el cual es una herramienta que proporciona Delphi para el manejo del puerto antes mencionado, permite configurar características tales como : tasa de transmisión, control de flujo, puerto que se desea utilizar, longitud de datos, paridad entre otras.

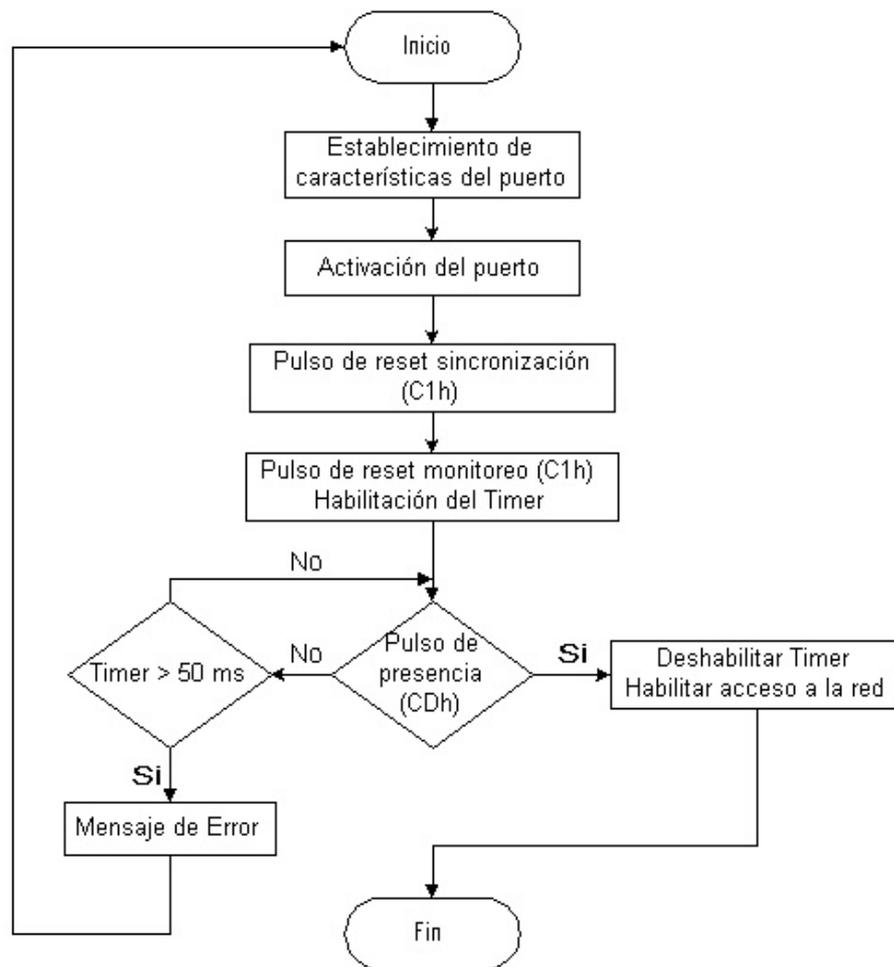
Así mismo posee propiedades que se activan cuando se ha recibido algún dato a través del puerto, esto es de vital importancia ya que permite recibir los datos correspondientes a las lecturas de los sensores, así como, los bytes de respuesta de los dispositivos cuando se accesa alguno de ellos, lo que permite realizar un control exhaustivo del flujo de datos entre el computador y la red.

Debido a las especificaciones del fabricante y limitaciones de los sensores utilizados, las cuales se detallarán en la sección 6.2 existen características del puerto que no pueden ser variables, estas se especifican en la tabla 6.1. De estas características, únicamente pueden ser variadas por el usuario el control de flujo y puerto serial al que desea conectar la interfaz RS-232/ One Wire.

Tabla 6.1 Especificaciones del puerto serie

Característica del puerto serie	Valor
Tasa de Transmisión	9600 bps (bits por segundo)
Paridad	No paridad
Bit de Parada	1
Longitud de Dato	8 bits

Se debe acotar que una vez que el puerto es configurado y activado se envía un pulso de reset, el cual permite la sincronización del maestro DS2480B y no genera ninguna actividad en el bus de datos. Posterior a ello se envía otro pulso de reset con el fin de observar la respuesta de la red, en ese instante se habilita un temporizador con el objetivo de monitorear la presencia de la interfaz RS-232/ One Wire, si luego de 50 milisegundos no se obtiene respuesta de la interfaz se despliega un mensaje de error, alertando al usuario sobre la ausencia del mismo y no permite el acceso de éste a la red. Por otra parte, si la red esta funcionando correctamente el sistema recibe un pulso de respuesta y habilita el acceso a la misma, lo descrito anteriormente lo muestra la figura 6.9 . Una vez que el usuario accesa la red, el programa realiza un análisis de la misma con el fin de conocer que sensores tiene conectados, este proceso se detalla en el siguiente apartado.



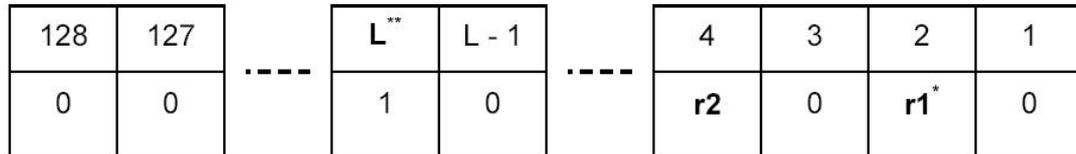
VISIO

Figura 6.9 Diagrama de flujo de la rutina de configuración del puerto serie.

6.1.2.2 Rutina de análisis de red

Para llevar a cabo el análisis de la red, se recurrió a la función proporcionada por maestro DS2480B denominada seach accelerator, ésta permite realizar la búsqueda de los identificadores de los dispositivos de una forma más rápida y eficiente, ya que no hay que verificar a nivel de software los 64 bits que conforman el identificador que contiene cada uno de los dispositivos de la tecnología One Wire, de manera independiente.

La tarea de monitorear bit por bit la realiza el DS2480B, ya que internamente posee un bloque funcional que se encarga de ejecutar dichas labores. Sin embargo cuando la función es utilizada se deben proporcionar 16 bytes de información, cada uno de ellos se encuentra estructurado como lo muestra la figura 6.10.



PAINT

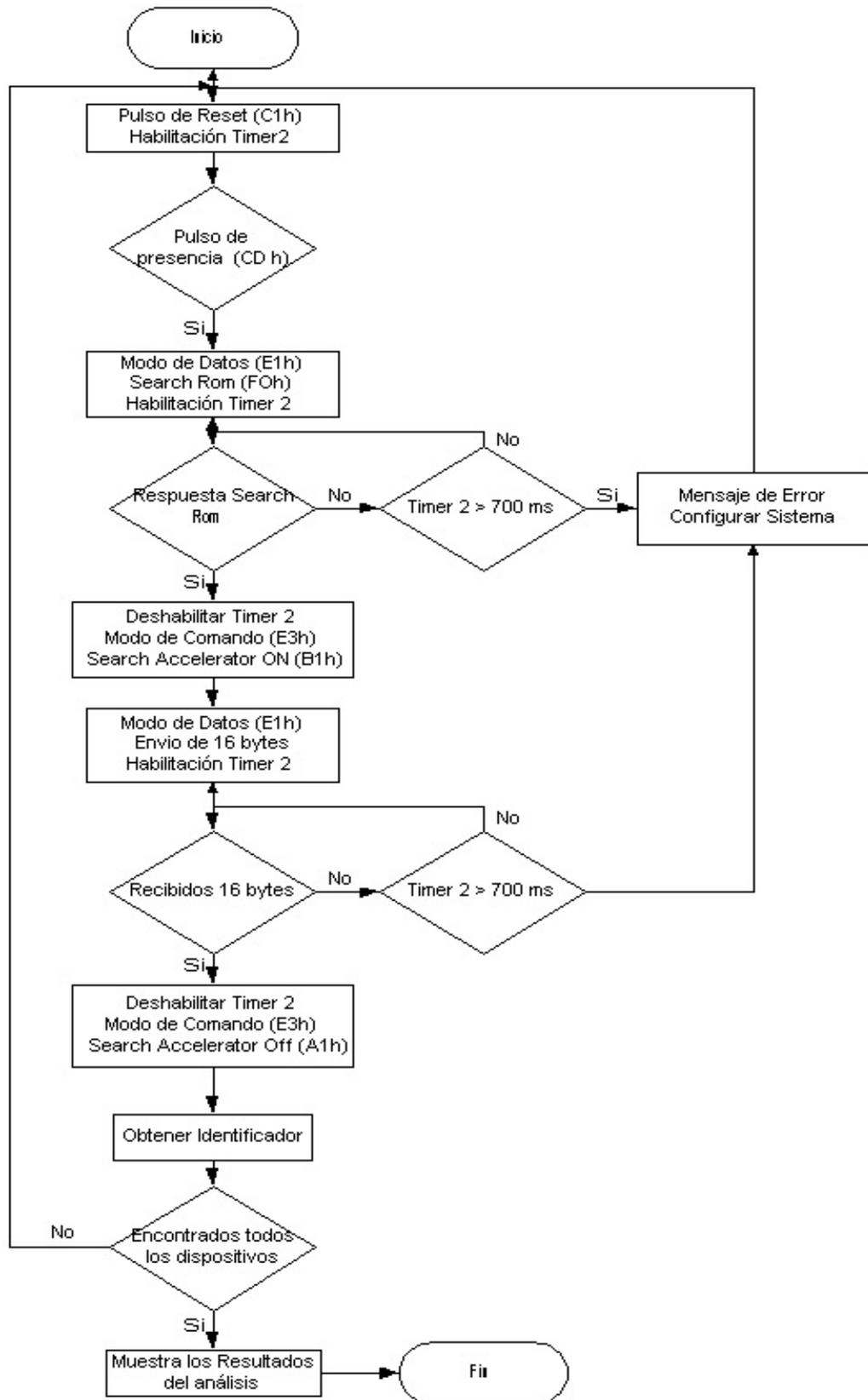
Figura 6.10 Estructura de los 16 bytes de datos que se utilizan para realizar una búsqueda de identificador

Los bits rotulados con los símbolos r_N corresponden a los bits que el DS2480B utilizará para escoger a un dispositivo en caso de que exista una discrepancia, este término se desarrollará más adelante. Se debe mencionar que cuando se realiza una búsqueda de identificadores todos los dispositivos que se encuentren conectados a la red participan de ésta, es decir, una vez que reciban el comando de búsqueda todos elementos de red enviarán de manera simultánea y bit por bit su identificador, por lo tanto, se debe iniciar un proceso de discriminación para seleccionar un único dispositivo.

El proceso de búsqueda se inicia de la siguiente manera, cuando se envía el comando correspondiente, los dispositivos envían de manera conjunta el primer bit de su identificador, posterior a ello envían el complemento de dicho bit. Si los datos recibidos son diferentes, es decir, en primera instancia se recibió un '1' y luego un '0' o viceversa, el DS2480 envía al bus el dato correspondiente al primer bit recibido. Si durante los dos procesos de lectura se recibe el mismo valor del bit del identificador y de su complemento, es indicativo de que existe una discrepancia, esto es, que existe un dispositivo que tiene como valor de bit de identificador un '1' y otro un '0'. La discrepancia ocurre debido a que todos los elementos están conectados al mismo bus y si se producen niveles lógicos distintos a la vez es como si se tuviese una función lógica AND alambrada.

Cuando sucede lo descrito anteriormente, el DS2480B recurre a los 16 bytes que le fueron proporcionados al inicio del proceso, es decir, éste enviará al bus el bit r_N el cual es establecido por el programador. Es importante acotar que cada uno de los dispositivos realiza una comparación del bit que envía el maestro con el que tiene almacenado en su ROM interna, si el bit no corresponde, el dispositivo deja de participar del proceso de búsqueda. Tomando dicha característica, es como se realiza el proceso de discriminación mencionado y permite obtener el identificador de un único dispositivo.

Luego de que el maestro realiza el proceso antes descrito, envía una respuesta constituida de 16 bytes de información que contiene los 8 bytes de identificador y las posiciones en las que se produjo una discrepancia. Esta última información, permite adecuar los próximos 16 bytes que se deben enviar para el siguiente proceso de búsqueda, y así, obtener la identificación de un nuevo dispositivo. Este proceso se describe de manera gráfica en la figura 6.11.



VISIO

Figura 6.11 Diagrama de flujo de proceso de análisis de la red.

Como se aprecia en la figura 6.11, el proceso inicia con un pulso de reset esto hace que todos los elementos de red se encuentren en disposición de ejecutar cualquier comando de memoria, adicionalmente se habilita el timer 2 el cual permite monitorear que todo el proceso se realiza de manera correcta. Este verifica la transferencia de datos , si no se recibe ninguna respuesta del sistema durante un lapso de 700 ms hace que el programa permita la configuración del sistema.

Una vez que el pulso de presencia es recibido se debe pasar al modo de datos, en esta configuración el DS2480B traduce cualquier dato proveniente del puerto serie a su equivalente en protocolo One Wire, se envía el comando correspondiente a la búsqueda de identificadores (F0h) , al igual que con el pulso de reset se espera la respuesta correspondiente al comando enviado. Luego de recibida ésta, se habilita la función del search accelerator (B1h) y se envían los 16 bytes necesarios para la ejecución de la búsqueda, esto es realizado por un procedimiento que evalúa los bytes recibidos y conforma los 16 bytes siguientes para continuar con el proceso de búsqueda, el mismo se detalla más adelante.

Cuando se reciben los 16 bytes de respuesta, la función es deshabilitada y llama al procedimiento encargado de obtener el identificador del dispositivo accesado. Al igual que el procedimiento mencionado, este se expone en los próximos apartados. Posteriormente se verifica que todos los elementos hayan sido encontrados, de ser así el proceso culmina y se muestran los resultados obtenidos sino el proceso vuelve a repetirse.

6.1.2.3 Rutina del envío de 16 bytes

Como se mencionó anteriormente, la función search accelerator requiere de 16 bytes de datos para poder realizar su ejecución. Estos se construyen de acuerdo con los bytes de respuesta que se obtienen de un proceso de búsqueda. En conformidad con la documentación estudiada, se establece que durante el inicio del proceso los bytes a enviar deben ser todos ceros, para la siguiente búsqueda se toma la información en cuanto a las discrepancias suscitadas.

Para el algoritmo desarrollado se realiza una modificación que hace que el proceso sea más versátil y directo en cuanto a cual dispositivo se le desea extraer su identificador. Este se basa en el conocimiento del primer byte del identificador, ya que dicho valor es proporcionado por el fabricante y no es variable como son los 7 bytes restantes, estos valores se muestran en la tabla 6.2.

Tabla 6.2 Valores de primer byte de los dispositivos One Wire usados.

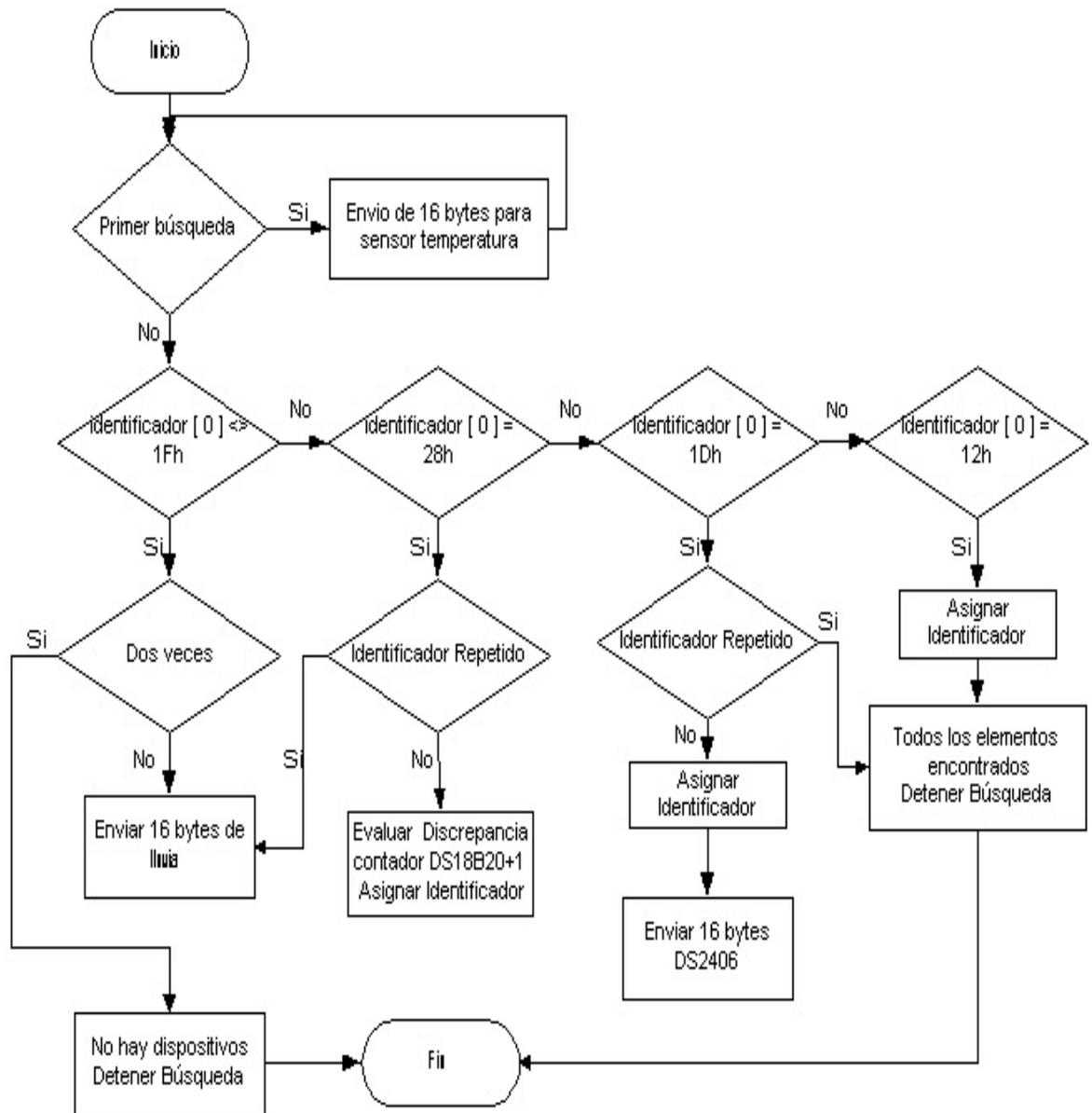
Dispositivo	Primer byte del identificador
DS2409	1Fh
DS2406	12h
DS18B20	28h
DS2423	1Dh

Conociendo estos datos se establece la información requerida para ejecutar la búsqueda, ya que se puede establecer específicamente cual tipo de dispositivo debe quedar participando en la búsqueda y cuales se descartarán durante el proceso. De acuerdo con los valores de la tabla 6.1 se constituyen los bytes a enviar, dicho bytes se muestran en la tabla 6.3.

Tabla 6.3 16 bytes a enviar en función del dispositivo.

Dispositivo	16 bytes de información
DS2409	(LSB) AAh,02h,00h, 00h, 00h (MSB)
DS2406	(LSB) 04h,08h,00h, 00h, 00h (MSB)
DS18B20	(LSB) 80h,08h,00h, 00h, 00h (MSB)
DS2423	(LSB) A2h,02h,00h, 00h, 00h (MSB)

Con los valores mostrados se tiene la certeza de que en el proceso de búsqueda solo participará el dispositivo deseado. En caso de que existan más dispositivos del mismo tipo, el siguiente proceso de búsqueda se basa encontrando la existencia de discrepancias, lo cual viene de manera explícita en los bytes de respuesta proporcionada por el DS2480B. Si no se encontraron discrepancias, eso es indicativo de que no hay más dispositivos de ese tipo, por lo que se procede a realizar la búsqueda del identificador de otro tipo de dispositivo. La figura 6.12 muestra el algoritmo implementado.



VISIO

Figura 6.12 Diagrama de flujo de proceso de envío de 16 bytes.

Una vez que el programa invoca el procedimiento, este verifica si se trata de la primera ejecución de la búsqueda de identificadores si es así se inicia con los sensores de temperatura. Cuando vuelve a ingresar evalúa a que tipo de dispositivo corresponde el primer identificador localizado, si corresponde al del acoplador de red el programa verifica si este suceso se ha dado dos veces, si es así no hay dispositivos conectados a la red, por el contrario envía los 16 bytes correspondientes al sensor de lluvia.

Si se tratase de un sensor de temperatura, se evalúa si el identificador no es repetido, si lo es el programa prosigue con el sensor de lluvia en caso contrario, se evalúa la discrepancia y se ejecuta una búsqueda de más sensores de temperatura, por su puesto el valor del identificador es almacenado para poder acceder los dispositivos cuando el sistema se encuentre realizado la toma de datos.

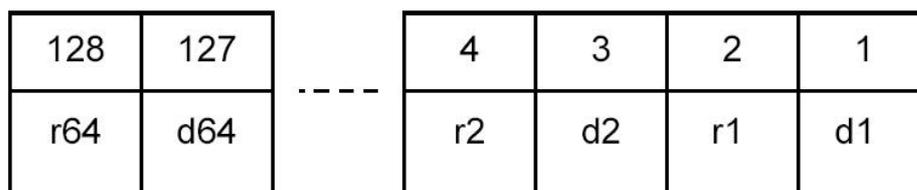
Al igual que con el sensor de temperatura con el lluvia se verifica que no se repita el identificador, si se produce una repetición es indicativo de que no hay más dispositivos, ya que como se observa en la figura 6.12 cuando el proceso transcurre si repetición el programa busca los interruptores DS2406. Si estos no están presentes los dispositivos que responden son los últimos que ha sido identificados, es por ello, que se repetiría el identificador de lluvia. De darse esta situación el programa detiene la búsqueda y muestra los resultados de la misma al usuario del programa.

Con la presencia de los interruptores DS2406 se da el termino de la búsqueda, ya que son los últimos dispositivos que son evaluados durante el proceso. De esta manera el análisis se da por finalizado y se muestran los resultado de la misma, dotando al usuario del tipo de dispositivos encontrados y la cantidad de los mismos.

Cabe destacar que durante el desarrollo del procedimiento de envío de bytes, existen contadores que almacenan las cantidad de sensores encontrados. Estos son utilizados para alertar al usuario del tipo de sensor que esta fallando o ha sido desconectado, ya el sistema cuando encuentra anomalías en los datos recibidos envía un mensaje de error y realiza un análisis para conocer el estado de la red.

6.1.2.4 Rutina de obtención del identificador

Como se mencionó en la rutina del análisis, luego de cada ejecución del search accelerator el DS2480B envía 16 bytes de respuesta que contienen tanto el identificador, así como, las posiciones donde se produjo una discrepancia, la estructura de cada uno de estos bytes se detalla en la figura 6.13.



PAINT

Figura 6.13 Estructura de los 16 bytes de respuesta que se obtienen después de ejecutar una búsqueda de identificador.

Los bits marcados con la denominación r_n corresponden al identificador del dispositivo y los denominados con d_n corresponden a los bits de discrepancia. De lo anterior se observa que cada byte de respuesta contiene 4 bits que corresponden verdaderamente a la identificación del elemento que se encuentra conectado a la red. De ello se puede notar que se deben tomar dos bytes de respuesta por cada byte de identificador.

Inicialmente para descartar los bits que no son utilizables para el fin del procedimiento, se realiza la operación lógica AND con el siguiente valor hexadecimal AAh.

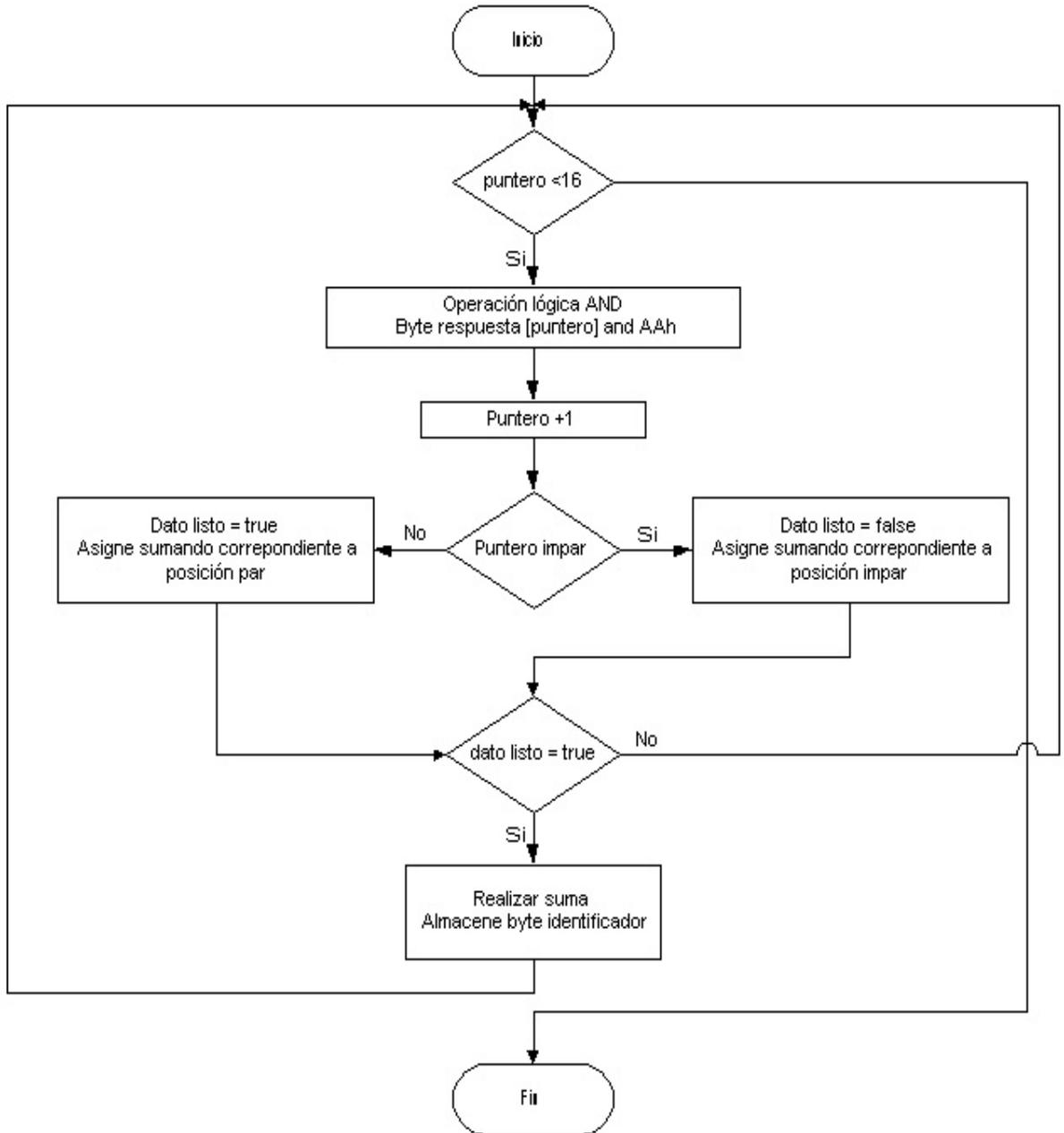
De esta forma los bits correspondientes a discrepancia son llevados al valor lógico ' 0 ' y el valor obtenido después de la operación contiene los bits de interés. Para reconstruir el identificador, no se puede utilizar directamente este valor, por ello se hace uso de los datos mostrados en la tabla 6.4.

Tabla 6.4 Tabla de conversión para obtener el valor de identificador.

Valor del byte obtenido de la operación AND	Posición del byte de respuesta es par	Posición del byte de respuesta es impar
00h	00h	00h
02h	10h	01h
08h	20h	02h
0Ah	30h	03h
20h	40h	04h
22h	50h	05h
28h	60h	06h
2Ah	70h	07h
80h	80h	08h
82h	90h	09h
88h	A0h	0Ah
8Ah	B0h	0Bh
A0h	C0h	0Ch
A2h	D0h	0Dh
A8h	E0h	0Eh
AAh	F0h	0Fh

Considerando el primer byte de respuesta como el número uno, se percibe que los 4 bits menos significativos de un byte del identificador se constituyen de los bytes de respuesta cuya posición corresponde a un número impar. Por otra parte los 4 bits más significativos están dados por los bytes cuya posición esta dada por un número par, lo anterior justifica la denominación empleada en la segunda y tercer columna de la tabla 6.4.

Por lo descrito, el valor del byte de identificación se obtiene mediante la suma del valor del byte de la posición impar con el valor del byte de la posición par, los cuales se mostraron en la tabla anterior. El proceso de obtención del identificador es mostrado en el figura 6.14.



VISIO

Figura 6.14 Diagrama de flujo de proceso de obtención del identificador.

Como se muestra en el diagrama, el algoritmo inicia examinando si ya se han recorrido los 16 bytes de respuesta provenientes del DS2480B, si es afirmativo el proceso culmina y de esta forma ya se ha obtenido el identificador en su totalidad. De no ser así, se inicia con la realización de la operación lógica AND con la constante antes mencionada, se incrementa el puntero que señala la posición del byte que se está examinando y se evalúa si el mismo es par o impar. Si es impar la variable dato listo es falsa y se asigna el valor de byte para la posición impar, dicha variable lo que indica es que ya se han examinado dos bytes de respuesta y de esta manera se puede ejecutar la suma de los valores, ya que como se recordará se necesitan dos bytes de respuesta por cada byte de identificador.

Si el puntero es par, se asigna el valor de byte de la posición impar y la variable dato listo es verdadera con lo que se permite la ejecución de la suma y el posterior almacenamiento del byte de identificación que ha sido obtenido.

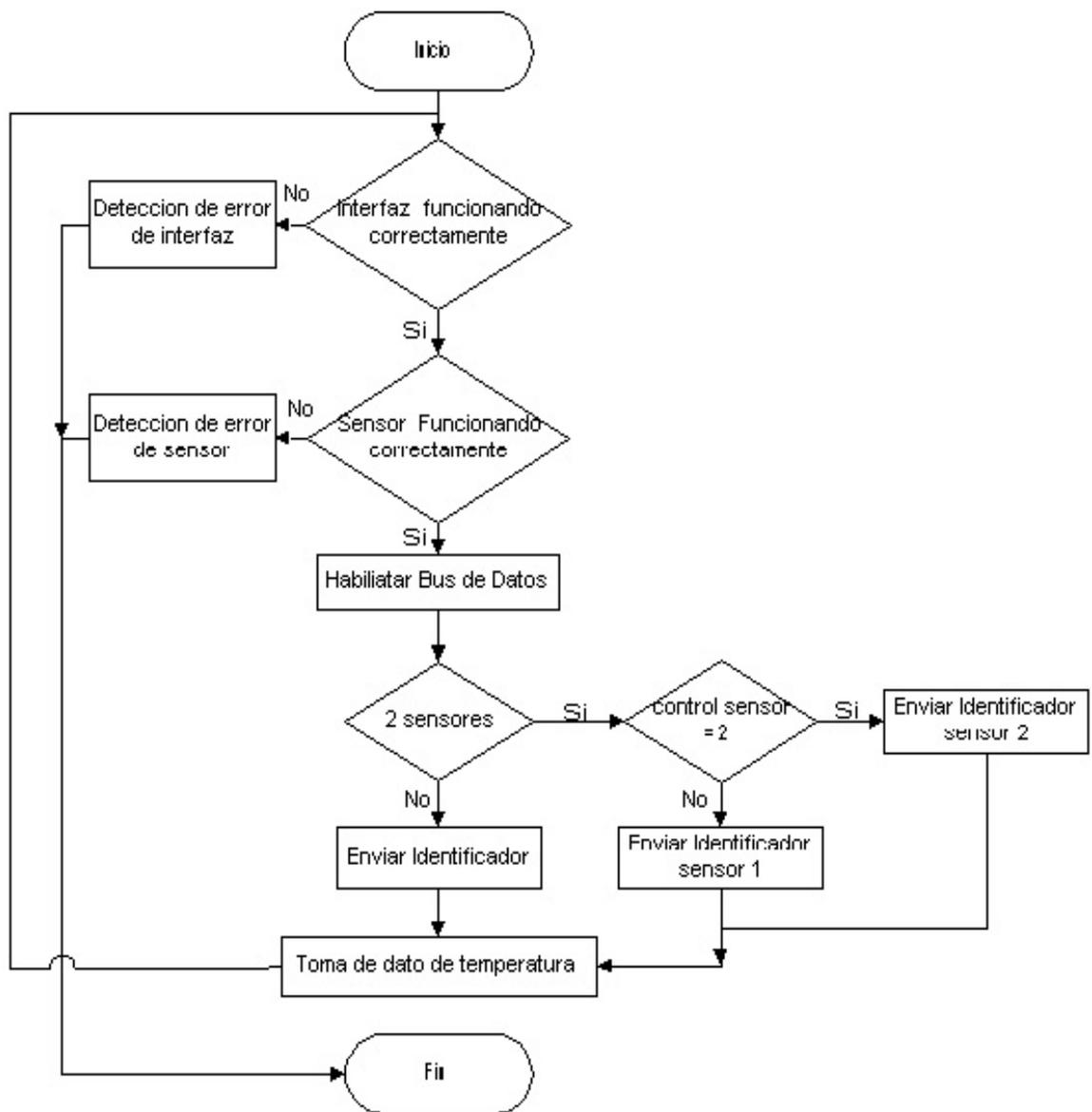
6.1.2.5 Rutina de medición de temperatura.

El proceso de medición de temperatura involucra, la verificación de la presencia de la interfaz, así como, la presencia de los sensores en la red de monitoreo. Si cada uno de los elementos está presente el programa continua con la toma de datos, de no ser así, el sistema toma medidas al respecto las cuales se describirán más adelante en este capítulo.

Posterior a ello se debe habilitar el bus de datos y evaluar la cantidad de sensores disponibles para así seleccionar el sensor del cual se desea obtener el valor de temperatura. Una vez establecido el sensor se ejecuta el proceso de toma de dato de temperatura, el cual está constituido por los siguiente pasos:

- a.** Enviar pulso de conversión.
- b.** Realizar lectura del registro del sensor de temperatura.
- c.** Obtener valor de temperatura del registro del sensor.
- d.** Finalmente, mostrar los datos obtenidos.

Cada uno de los procesos se tratarán con detalle más adelante, este proceso se muestra con el fin de proporcionar al lector de una forma más general todos los procesos que conlleva la medición de ésta variable. La figura 6.15 muestra la rutina de medición de temperatura.



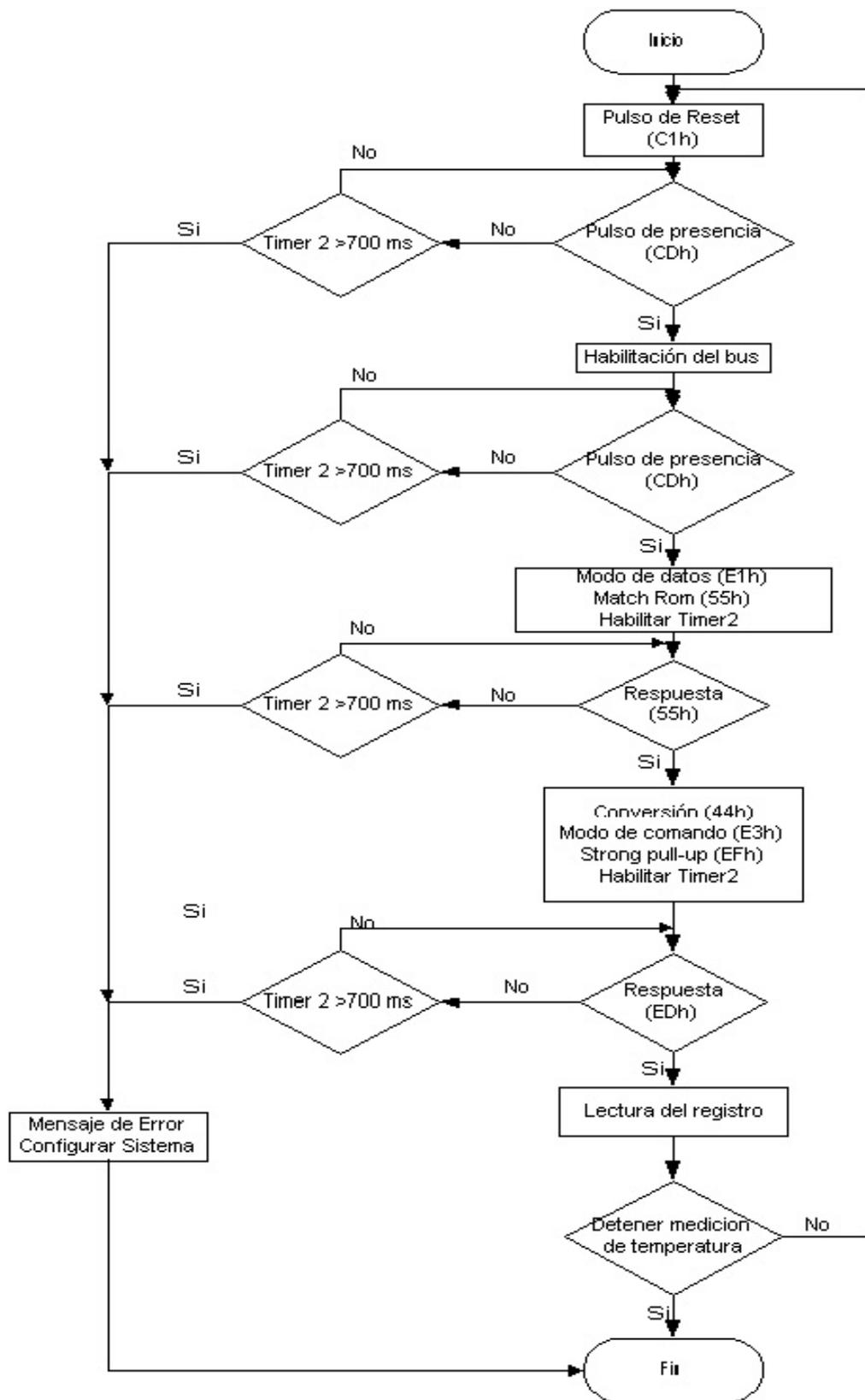
VISIO

Figura 6.15 Rutina correspondiente a la medición de temperatura.

6.1.2.6 Rutina de conversión de temperatura

Una vez realizado el análisis y teniendo el conocimiento de que hay sensores de temperatura conectados a la red se pueden llevar a cabo la toma de datos correspondiente a dicha variable, este proceso conlleva dos acciones, la conversión y la lectura de los registros del DS18B20. Como se recordará la red ha sido subdividida en dos ramas, por lo tanto antes de realizar cualquier acceso a los sensores se debe habilitar la subred a la cual están conectados, esto involucra tener acceso a los acopladores de red.

Con lo descrito anteriormente el proceso de conversión de temperatura conlleva el siguiente proceso, habilitar el bus de datos, acceder al sensor de temperatura, enviar indicación de conversión y finalmente realizar un strong pull-up. Este último proceso lo que hace es que durante la realización de la conversión de temperatura, el bus sea forzado a un nivel constante de 5V, con el fin de proporcionar al DS18B20 la corriente necesaria para que ejecute de manera satisfactoria el proceso de conversión. La figura 6.16 muestra en con mayor detalle el proceso antes mencionado.



VISIO

Figura 6.16 Diagrama de flujo de proceso de conversión de temperatura.

Como todo proceso de transferencia en una red One Wire, se inicia con un pulso reset y se realiza la espera del pulso de presencia. En dicho diagrama se puede observar que para todas las veces en que el programa debe esperar una respuesta se activa un timer con el fin de monitorear si la interfaz RS-232/ One Wire es desconectada o sufre alguna alteración.

Posteriormente se realiza una habilitación del bus, de esta forma es posible acceder los sensores que se encuentren conectados al acoplador DS2409. En este punto es necesario escoger el dispositivo que se debe acceder, es importante recordar que en el bus hay otros dispositivos conectados, esto se logra mediante los 64 bits de identificador que posee cada componente de la tecnología One Wire. Para llevar acabo este procedimiento se recurre a la función de memoria denominada **Match ROM (55h)**, cuando un elemento de red recibe este comando entra en un ciclo de espera del identificador. El sistema debe enviar bit a bit el identificador y el dispositivo compara cada uno de ellos con el que tiene almacenado, si todos concuerdan el dispositivo es seleccionado y espera recibir un comando para ejecutar una función específica. Si alguno de los bits no corresponde el dispositivo sale del proceso y espera un pulso de reset para un nuevo acceso al mismo.

Una vez que el dispositivo ha sido seleccionado, se envía el comando de conversión (44h) y de manera inmediata se envía un strong pull-up. Esto se realiza ya que durante el proceso de conversión el DS18B20 tiene una demanda de corriente mayor (3mA), con esta disposición se garantiza que se proporcionará ese valor de corriente ya que el bus es forzado a mantenerse a 5 V, es decir la transferencia de datos se suspende por un lapso aproximadamente de 524 ms.

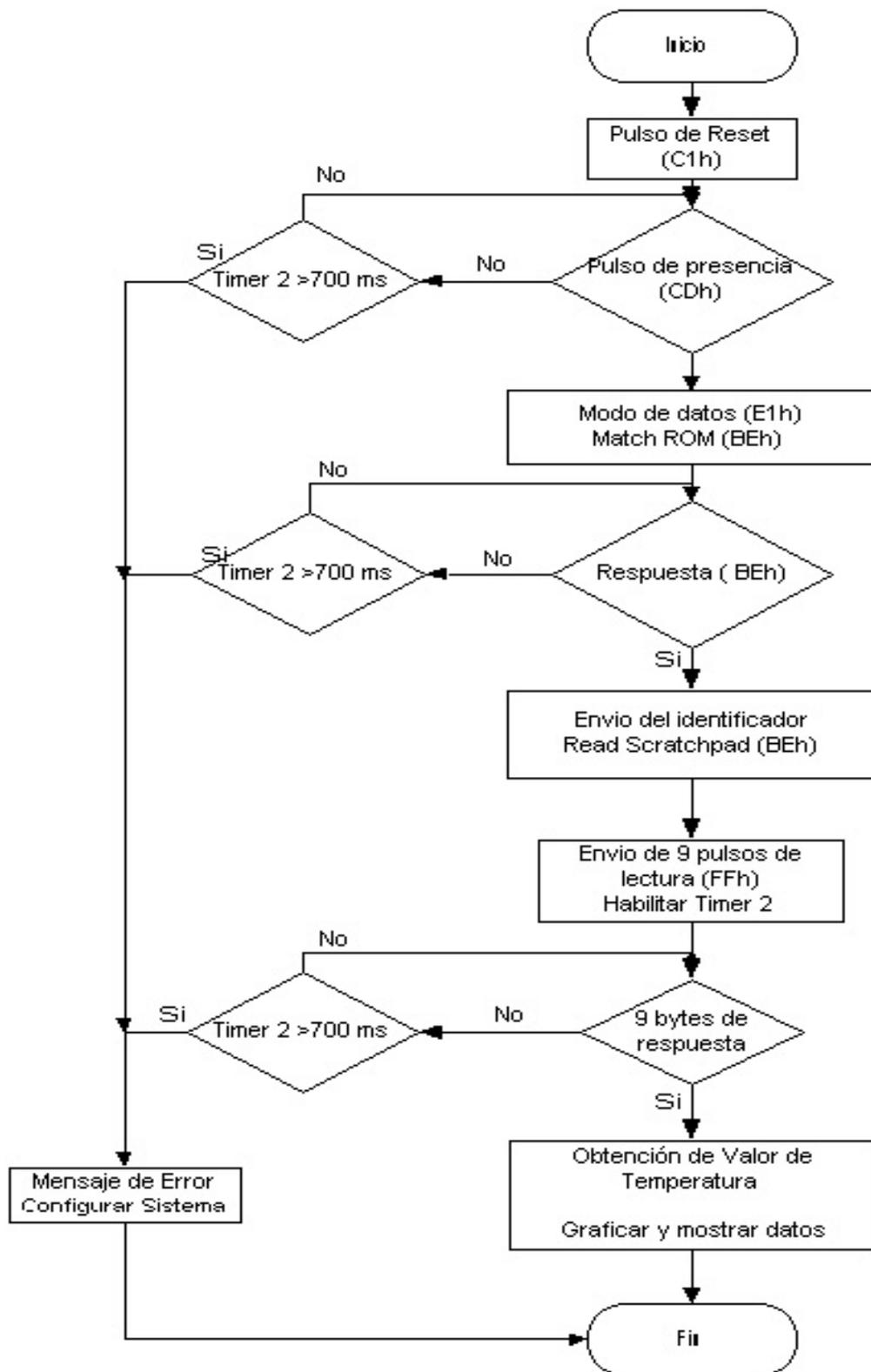
Cuando se recibe la respuesta de la realización del levantamiento del bus, se procede a leer el registro que contiene los dos bytes correspondiente al valor de temperatura que ha sido medido. Este proceso se describe con más detalle en el siguiente apartado.

6.1.2.7 Rutina de lectura del registro del DS18B20

La lectura de los registros de temperatura, constituye la segunda etapa para la obtención de la medición de temperatura realizada por el DS18B20. Para esto se recurre a la función **read scratchpad (BEh)**, ésta permite obtener la información contenida en la memoria del sensor de temperatura, la misma se encuentra estructurada en 9 bytes de información. Los dos primeros bytes corresponden a la medición de temperatura, los dos siguientes corresponden a los umbrales de la alarma que pueden ser configurables en caso de que la temperatura se deba encontrar dentro de un rango establecido. El byte número cinco constituye el registro que permite establecer la resolución del dispositivo y los cuatro bytes restantes son reservados y de uso interno por parte del sensor de temperatura.

Luego de la realización de la conversión el programa ejecuta este procedimiento, en primera instancia se envía un pulso de reset y se espera su respectiva respuesta. Luego de ello se debe seleccionar nuevamente el dispositivo al que se le desea extraer los datos de memoria, la selección del dispositivo se justifica en el hecho de la imposibilidad de poder ejecutar dos comandos de función consecutivos en el sensor. Esto se debe a que una vez que un elemento de la tecnología One Wire ha ejecutado una función de las que se encuentra provisto, espera nuevamente el proceso de inicialización el cual consiste en un pulso de reset, este proceso se discutió en el capítulo 2. Por otra parte cabe destacar que una vez realizado el ciclo de inicialización, el dispositivo espera la ejecución de un comando de memoria, es decir, su identificador para poder ejecutar una nueva función.

Una vez llevado a cabo este proceso, se envía el comando correspondiente a la lectura de la memoria interna del DS18B20 y los pulsos de lectura correspondientes. El sistema espera la información y ejecuta la extracción del valor de temperatura de los bytes respectivos, continuando con la realización del gráfico y muestra de los datos al usuario del programa. En la figura 6.17 se puede observar el proceso de forma gráfica mediante el diagrama de flujo mostrado.



VISIO

Figura 6.17 Diagrama de flujo de proceso de lectura de los registros del DS18B20.

6.1.2.8 Rutina de obtención de temperatura

Luego de obtener la información proveniente del sensor de temperatura, se debe realizar el tratamiento de los datos respectivos. El mismo se basa en la ponderación dada a cada bit por el fabricante, el detalle de ésta se muestra en la figura 6.18.

	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
LS Byte	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
	bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8
MS Byte	S	S	S	S	S	2^6	2^5	2^4

PAINT

Figura 6.18 Ponderación de los bits del registro de temperatura.

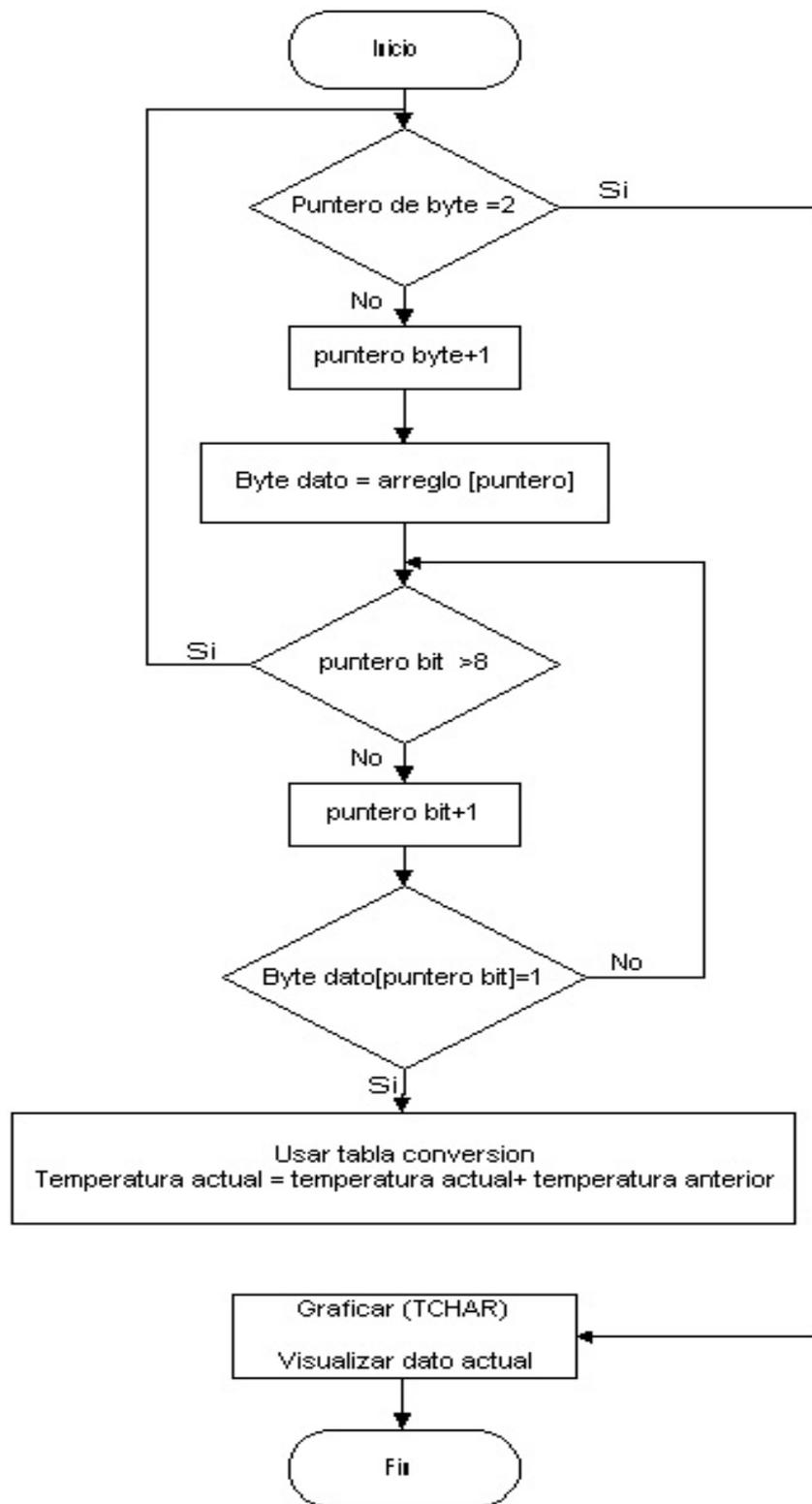
Los bits marcados con el símbolo **S** corresponden a los bits de signo del valor de temperatura. De la ponderación dada a los bits restantes se elabora la siguiente tabla de conversión de datos.

Tabla 6.5 Tabla de conversión de datos para obtener el valor de temperatura.

Bit de dato	Valor de Temperatura (°C)
0	0.0625
1	0.125
2	0.25
3	0.5
4	1
5	2
6	4
7	8
8	16
9	32
10	64

Conociendo dichos valores y utilizando la tabla mostrada, se realiza un análisis bit por bit de los bytes que contienen el valor de temperatura. Básicamente el proceso consiste en evaluar si el bit es un '1', de ser así se toma el valor correspondiente y se almacena en una variable. Se continúa con el mismo proceso y lo que se realiza por cada análisis es la adición del nuevo valor de temperatura al valor que ya se tiene almacenado, este procedimiento se ejecuta hasta recorrer los diez bits correspondiente al valor de temperatura obtenido por el DS18B20.

Una vez obtenido dicho dato, se hace uso del componente **TCHAR**, el cual es una herramienta dotada por Delphi para la realización de gráficos. Adicionalmente se muestra al usuario el último dato obtenido por el sensor de temperatura. La figura 6.19 muestra el algoritmo descrito.



VISIO

Figura 6.19 Proceso de obtención de temperatura.

6.1.2.9 Rutina de establecimiento de resolución

El último proceso que involucra la medición de temperatura corresponde al establecimiento de la resolución del sensor de temperatura DS18B20. Para ello se debe modificar el registro encargado de este proceso, el mismo se muestra en la figura 6.20.

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
0	R1	R0	1	1	1	1	1

PAINT

Figura 6.20 Byte de establecimiento de resolución.

Los bits marcados con la denominación R_N , permiten realizar el cambio de resolución, como se trata de cuatro opciones de resolución se requiere de al menos 2 bits de configuración. Es de suma importancia acotar que de acuerdo con la resolución establecida, el tiempo de conversión del sensor de temperatura varía. La tabla 6.6 contiene la resolución, tiempo de conversión y valor hexadecimal del registro que se debe enviar al sensor para establecer la resolución deseada.

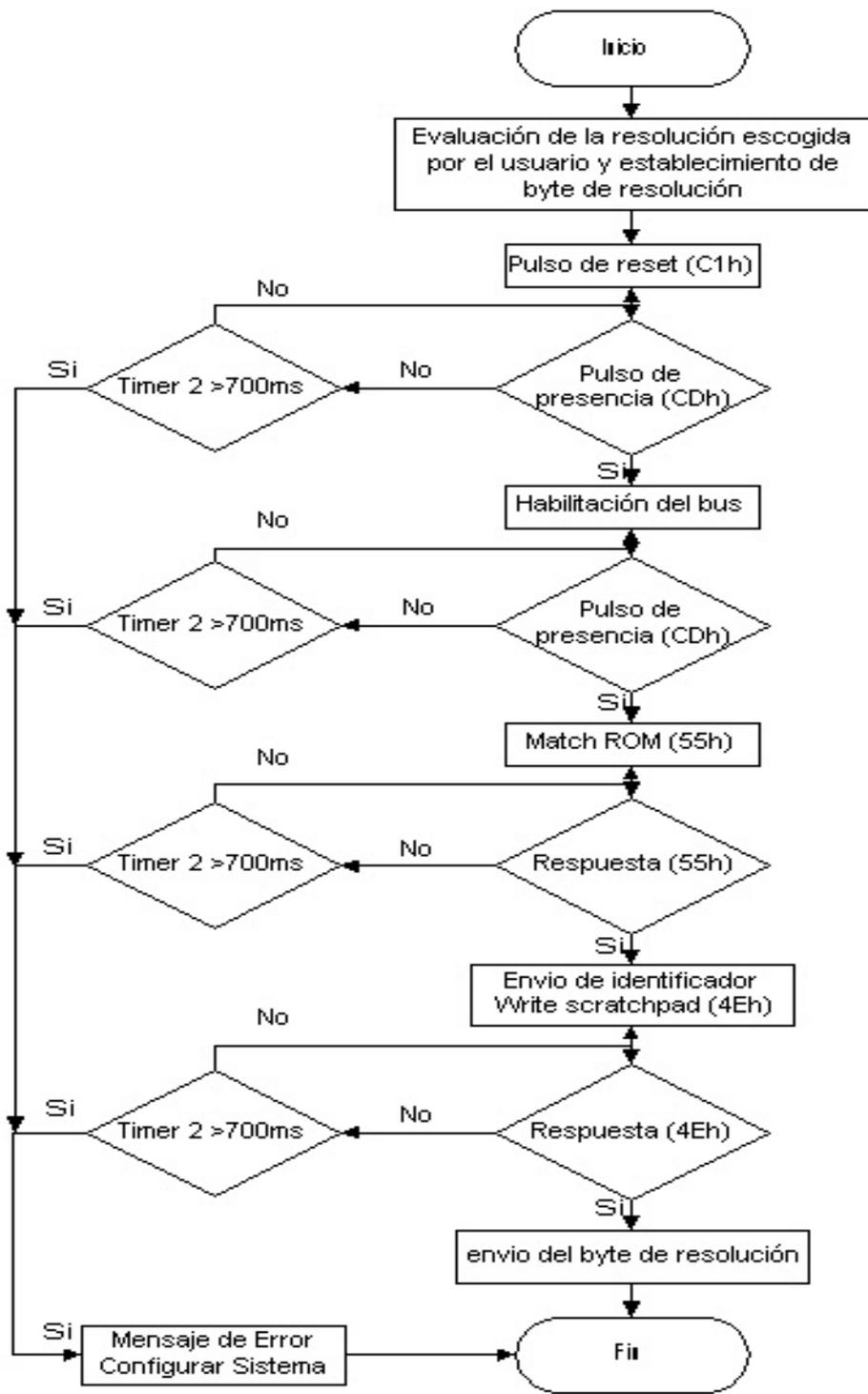
Tabla 6.6 Tabla de configuración de resolución.

R1	R0	Resolución (°C)	Tiempo de Conversión (ms)	Valor byte de configuración
0	0	0.5	93.75	1Fh
0	1	0.25	187.5	3Fh
1	0	0.125	375	5Fh
1	1	0.0625	750	7Fh

Para poder modificar el contenido de los registros del DS18B20, se debe hacer uso de la función **Write Scratchpad (4Eh)**, la cual debe ir seguida del envío del byte correspondiente a la resolución que el usuario desea establecer para las mediciones de dicha variable.

El proceso inicia con la evaluación del tipo de resolución que el usuario desea establecer, esto se realiza con el cuadro de dialogo mostrado en el capítulo 5. De esta manera se establece el valor del byte de configuración que debe ser enviado y que ya fue mostrado en la tabla anterior. Una vez conocido esto se inicia las transacciones en el bus de datos, como toda actividad, se inicia con un pulso de reset y su respectiva respuesta, posteriormente se realiza la habilitación del bus.

Una vez culminado esto, se realiza la selección del dispositivo mediante el envío de su identificador, de esta manera el mismo se encuentra listo para recibir cualquier comando de función, el cual, para este caso específico corresponde al write scratchpad y que fue detallado anteriormente. Luego se envía el byte de resolución y se detiene el proceso. Cabe destacar que al igual que en todos los procesos que involucran transferencia de datos, para la aplicación de la resolución se utiliza un temporizador con el fin de monitorear la interfaz RS-232/ One Wire. El algoritmo se observa en la figura 6.21.



VISIO

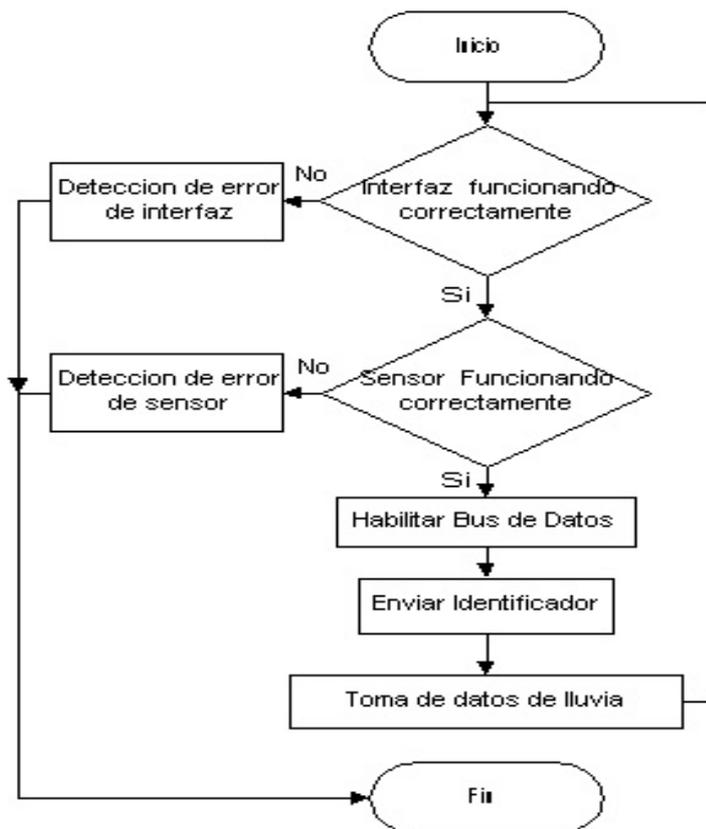
Figura 6.21 Proceso de establecimiento de resolución de temperatura.

6.1.2.10 Rutina de medición de lluvia.

Al igual que la rutina de medición de temperatura, la rutina de medición de lluvia de manera general involucra la toma de datos del contador DS2423. El proceso inicia con la verificación del buen funcionamiento de la interfaz y del dispositivo One Wire, posterior a esto se realiza la selección del contador mediante el envío del identificador respectivo. Una vez accesado se realiza el proceso de toma de datos de lluvia, el cual involucra:

- a. Realizar lectura de memoria del DS2423.
- b. Obtener valor real de precipitación.
- c. Graficar y mostrar datos obtenidos.

Cada uno de estos procesos se muestran en detalle en los próximos apartados, la figura 6.22 muestra el proceso descrito.



VISIO

Figura 6.22 Proceso de medición de lluvia.

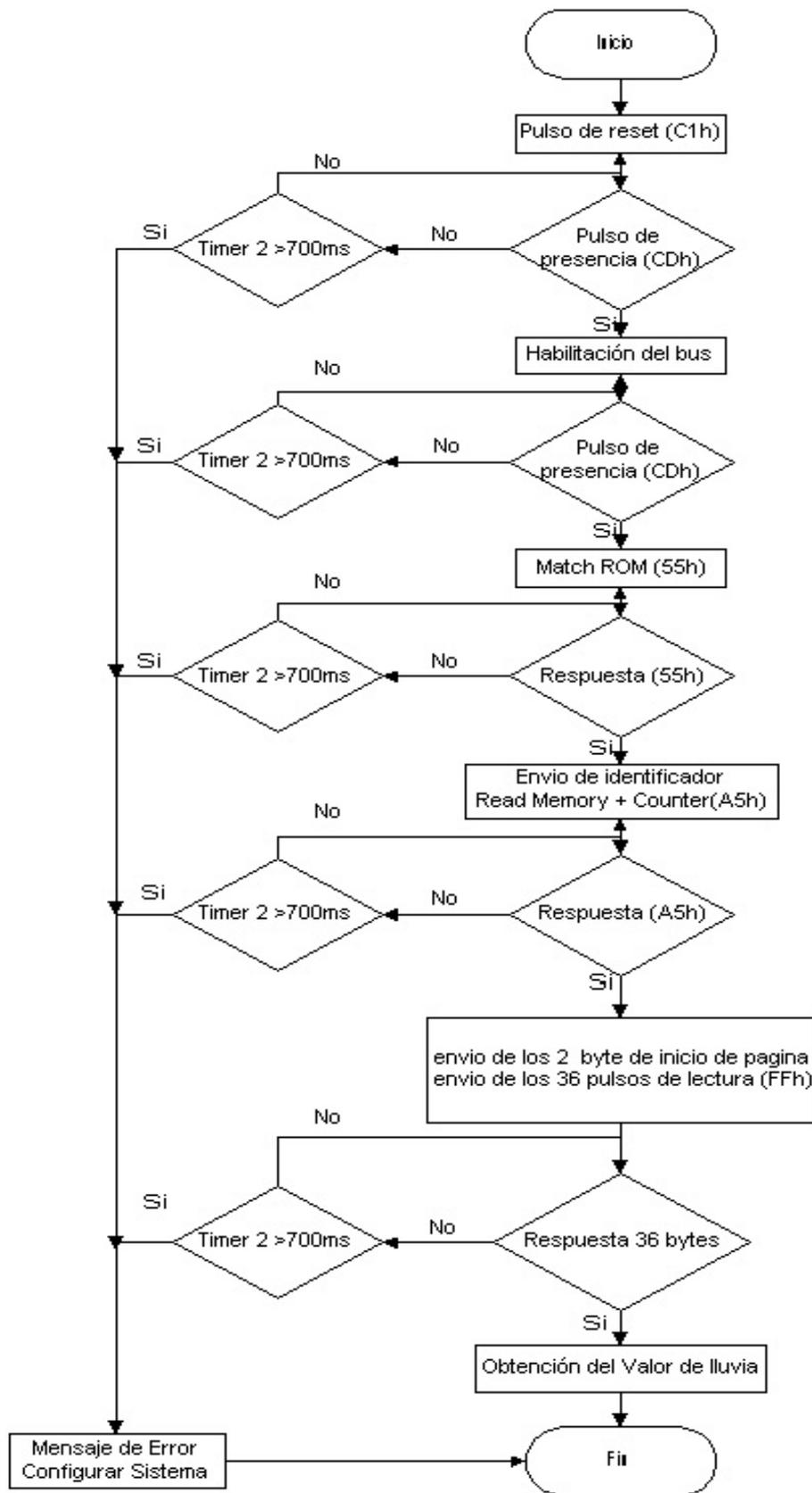
6.1.2.11 Rutina de lectura del contador de lluvia.

Para la implementación del sensor de lluvia se recurrió al uso del contador DS2423, dentro de las características más destacables esta la existencia de dos contadores de 32 bits cuya entrada de disparo es externa, de esta manera un solo DS2423 puede albergar dos medidores de precipitación. Cabe acotar que este dispositivo cuenta con 4 K bits de memoria SRAM, organizada en 16 paginas de 32 bytes cada una, las paginas 15 y 16 albergan el contenido de los contadores de cada una de las entradas mencionadas.

Con el fin de tener acceso al contenido de los contadores se hace uso del comando de función **Read Memory + Counter (A5h)**, este permite obtener los 32 bytes de contenido en la pagina de memoria, así como, los 4 bytes correspondiente al contador. Para la ejecución de este comando es indispensable proporcionar el inicio de página de memoria que se quiere accesar, el cual se constituye de dos bytes. Si se quiere accesar el contador de la entrada A se envía C0h + 01h, en caso de que se quiera observar el contador de la entrada B se envía E0h + 01h.

El proceso de lectura del registro inicia con un pulso de reset y su respectiva respuesta, posterior debe hacerse un acceso al bus de datos, es decir, habilitar la subred de sensores. Durante este proceso un nuevo pulso de reset es ejecutado, luego de habilitar el bus y obtener el pulso de respuesta, se elige el dispositivo One Wire mediante su identificador y se envía el comando de lectura de memoria descrito anteriormente, seguido de los dos bytes que indican el inicio de la página que se desea accesar. Para obtener el contenido de la página de memoria, así como, del contador en necesario enviar los pulsos de lectura (FFh), los cuales ascienden a 36 pulsos.

Lo anterior se justifica en el hecho de que luego de la ejecución de comando de lectura de memoria y contador, el DS2423 enviará 32 bytes correspondientes al contenido de la pagina de memoria y 4 bytes correspondientes al valor del contador. El algoritmo se puede notar en la figura 6.23.



VISIO

Figura 6.23 Proceso de lectura de datos de memoria del DS2423.

6.1.2.12 Rutina de obtención del valor de lluvia.

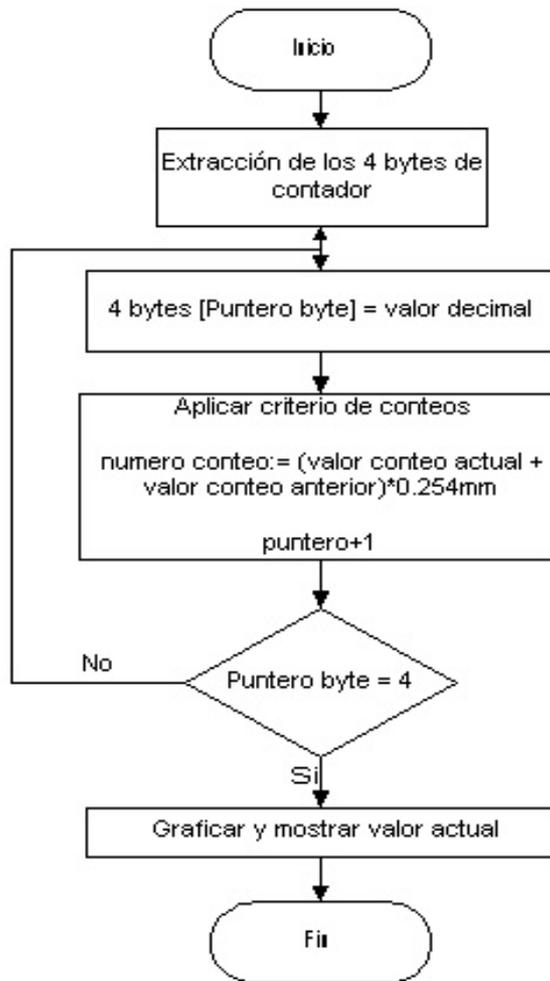
Una vez obtenidos los 36 bytes de respuesta del DS2423, se extraen los 4 bytes correspondientes al valor del contador. Para obtener el valor del conteo se examina byte por byte y se suman los valores de cada byte para obtener el valor total de los conteos que se han realizado, esta suma se realiza tomando en consideración la cantidad de conteos dependiendo de la posición del byte que se esté analizando, este tratamiento es mostrado en la tabla 6.7.

Tabla 6.7 Cantidad de conteo de acuerdo con la posición byte.

Posición del byte	Cantidad de conteos
0 (LSB)	Valor decimal del byte
1	256*(Valor decimal del byte)
2	65536*(Valor decimal del byte)
3 (MSB)	16777216*(Valor decimal del byte)

Aplicando la tabla mostrada se obtienen la cantidad de conteos, para establecer la cantidad de lluvia se utiliza el siguiente factor de conversión : un conteo es igual a 0.254 mm de agua, este valor se obtiene de las especificaciones del medidor de precipitación, el cual se encuentra calibrado para que cada vez que se produzca un balanceo esté dado por la cantidad de agua que fue mencionada.

Una vez que se aplica el factor de conversión a la cantidad de conteos, se procede a mostrar el valor de la cantidad de lluvia que ha sido medida hasta el momento y se realiza la gráfica correspondiente. Al igual que en el caso de la temperatura, estos gráficos son realizados mediante el componente de Delphi **TCHAR**. El algoritmo descrito se muestra en la figura 6.24.



VISIO

Figura 6.24 Proceso de obtención de cantidad de lluvia.

6.1.2.13 Rutina de encendido y apagado de los indicadores luminosos

Como se recordará la red se subdividió en dos ramas, una que contiene los sensores implementados y otra que contiene los indicadores luminosos. Estos últimos están constituidos por diodos emisores de luz, los cuales son manejados por los interruptores controlados DS2406. Estos dispositivos poseen un pin que puede ser conmutado de manera externa, con una capacidad de manejo de corriente de 60 mA, el mismo es el utilizado para permitir el flujo de corriente a través del diodo emisor de luz.

Para realizar esta labor debe hacerse uso del comando de función **Channel Access (F5h)** , el cual permite acceder el pin antes descrito. Para ello se deben enviar dos bytes de control de canal, ello con el fin de establecer diversas características tales como: periodos de lectura y escritura del canal, generación de código de detección de errores, canal que se desea acceder, etc. El primer byte es configurable y se muestra en la figura 6.25 por su parte el segundo byte es fijo y su valor hexadecimal corresponde a **FFh**.

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
ALR	IM	TOG	IC	CHS1	CHS0	CRC1	CRC0

PAINT

Figura 6.25 Byte de control configurable.

Estableciendo el canal A como el canal deseado y deshabilitando la generación del código de detección de errores, esto se realiza por que el DS2406 es utilizado como elemento de conmutación y no como medio para la transferencia de datos. Adicionalmente se configura para que este dispositivo solo escriba datos al pin, con lo mencionado anteriormente el primer byte de control queda establecido en su valor hexadecimal como **84h**.

Cabe mencionar que este dispositivo mantiene en su salida el valor del último bit recibido, ello lo logra mediante un flip flop tipo D, el cual se encarga de realizar la función de memoria antes descrita. Conociendo los valores de datos que deben ser enviados al dispositivo para su correcto funcionamiento , se puede mostrar el proceso completo que involucra el encender un indicador luminoso.

Como todo proceso de la tecnología One Wire, se debe iniciar con un pulso de reset y su respectiva respuesta. Luego se requiere habilitar el acoplador de red que maneja la subred de indicadores luminosos, mediante una habilitación del bus.

Seguido a esto se debe saber cual es el diodo emisor de luz que debe ser encendido, eso se realiza mediante el monitoreo de cual variable se esta midiendo, de esta manera se puede seleccionar el DS2406 correspondiente mediante su identificador. Esto debe realizarse ya que el sistema puede medir tanto lluvia como temperatura, por lo tanto los indicadores de cada uno de ellos es independiente.

Una vez conocido cual interruptor es el que tiene que ser accesado, se envía el comando channel access (F5h), con el fin de acceder el pin al que se encuentran conectados los diodos emisores de luz. Se espera la respuesta por parte de la interfaz, para enviar los respectivos bytes de control los cuales fueron descritos anteriormente.

Con las disposiciones realizadas hasta el momento, el DS2406 se encuentra listo para recibir el valor lógico del bit que el usuario desea poner en el pin de salida.. Para poder realizar la escritura de un bit en el bus, se hizo uso de la función que posee el maestro de la red (DS2480B) denominada **single bit**, la cual permite la escritura de un dato cuya extensión es de un bit. Para poder accesar dicha función debe establecerse al maestro en modo de comando para ello se envía un valor hexadecimal E3h, una vez establecido este se envía el valor correspondiente al valor que desea ser establecido en el bus de datos. De esta forma para el envío de un '1' el sistema debe enviar un 81h, en caso de que se quiera establecer un '0' se debe enviar un 91h. Estos valores hacen que el transistor de salida del DS2423 sea conmutado o no.

Conociendo las características de la función del maestro se debe establecer que es lo se desea hacer con el indicador luminoso. Si se quiere encender se debe escribir un '1' en el bus, por el contrario si se desea apagar de debe escribir un '0', los valores hexadecimales requeridos ya fueron discutidos. La figura 6.26 muestra el algoritmo descrito.

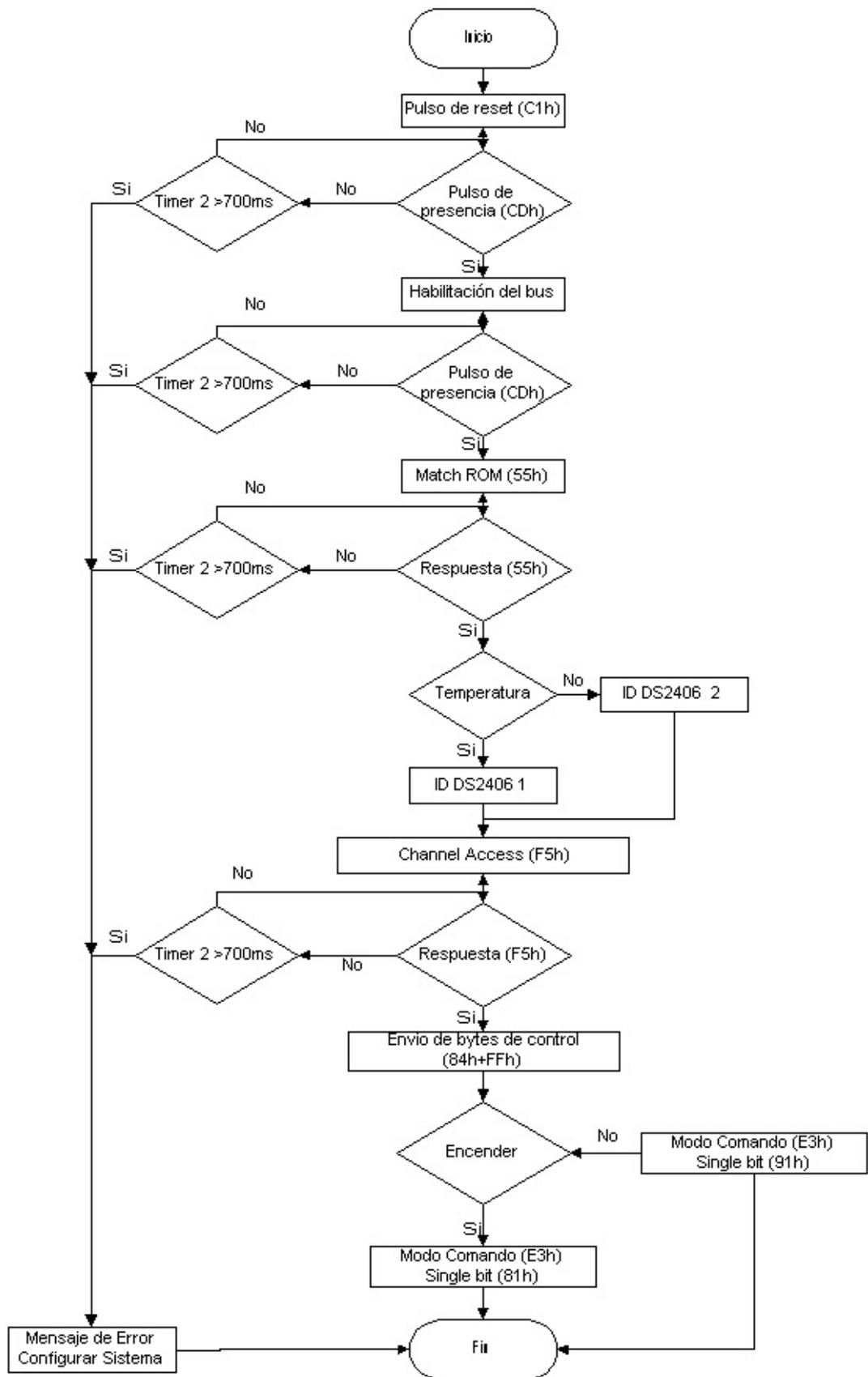


Figura 6.26 Proceso de encendido de los indicadores luminosos.

VISIO

6.1.2.14 Rutina de habilitación del bus.

En los diversos procedimientos expuestos anteriormente, se mencionó la habilitación de bus, sin embargo no se profundizó en el funcionamiento del mismo, este apartado se encarga de la aclaración de éste. La creación de este procedimiento se justifica en las dos subredes en la que fue dividida la red, cada una se encuentra aislada mediante el uso de los acopladores de red DS2406.

Para que un DS2409 transfiera los datos provenientes del maestro a los dispositivos que se encuentran conectados a la salida principal del mismo, se debe aplicar el comando de función denominado **Direct On Main (A5h)**, de esta forma todos los comandos que son enviados desde el computador pueden llegar a los diversos dispositivos de la red.

El proceso de habilitación se inicia con un pulso de reset y su respectiva respuesta. Como se tienen dos acopladores de red se debe escoger cual de ellos es el que se requiere accesar, para ello el sistema consulta cual de las subredes se desea acceder, si la de indicadores luminosos o la de sensores. Conociendo ello se envía el identificador del DS2409 correspondiente a la subred pretendida.

Una vez seleccionado el acoplador de red se envía el comando de habilitación de la salida principal mencionado anteriormente y se espera su respectiva respuesta. Con ello todos los dispositivos que se encuentren conectados a ésta salida, tendrán acceso a todos los datos que sean enviados por el maestro de la interfaz RS-232/ One Wire. Debido a que este proceso involucra la transferencia de datos entre la interfaz y el computador se requiere monitorear cualquier anomalía que se presente durante el procedimiento, para ello se hace uso del temporizador timer2 con el fin de observar el comportamiento del puerto serie. En la figura 6.27 se muestra el proceso de habilitación del bus descrito.

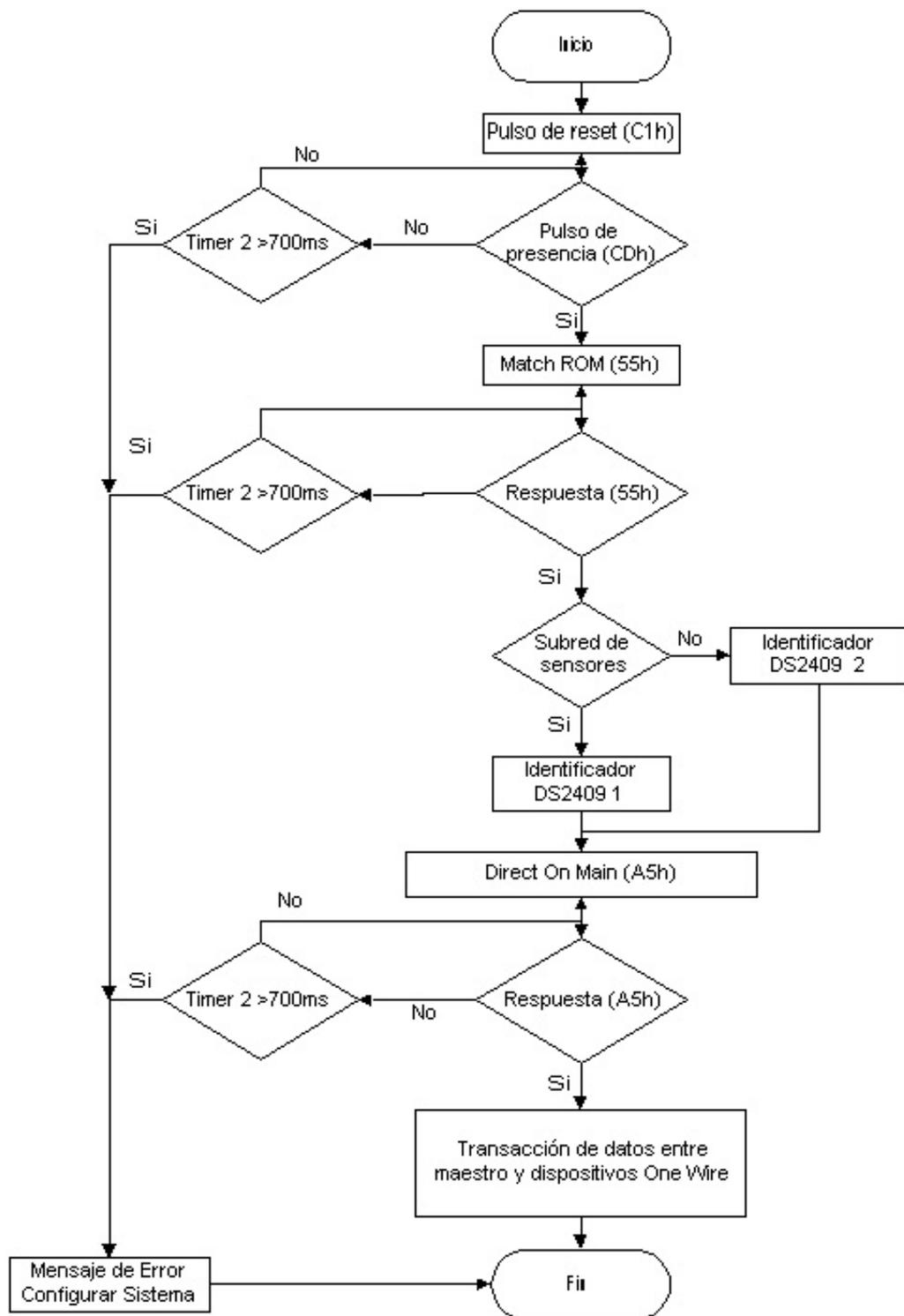
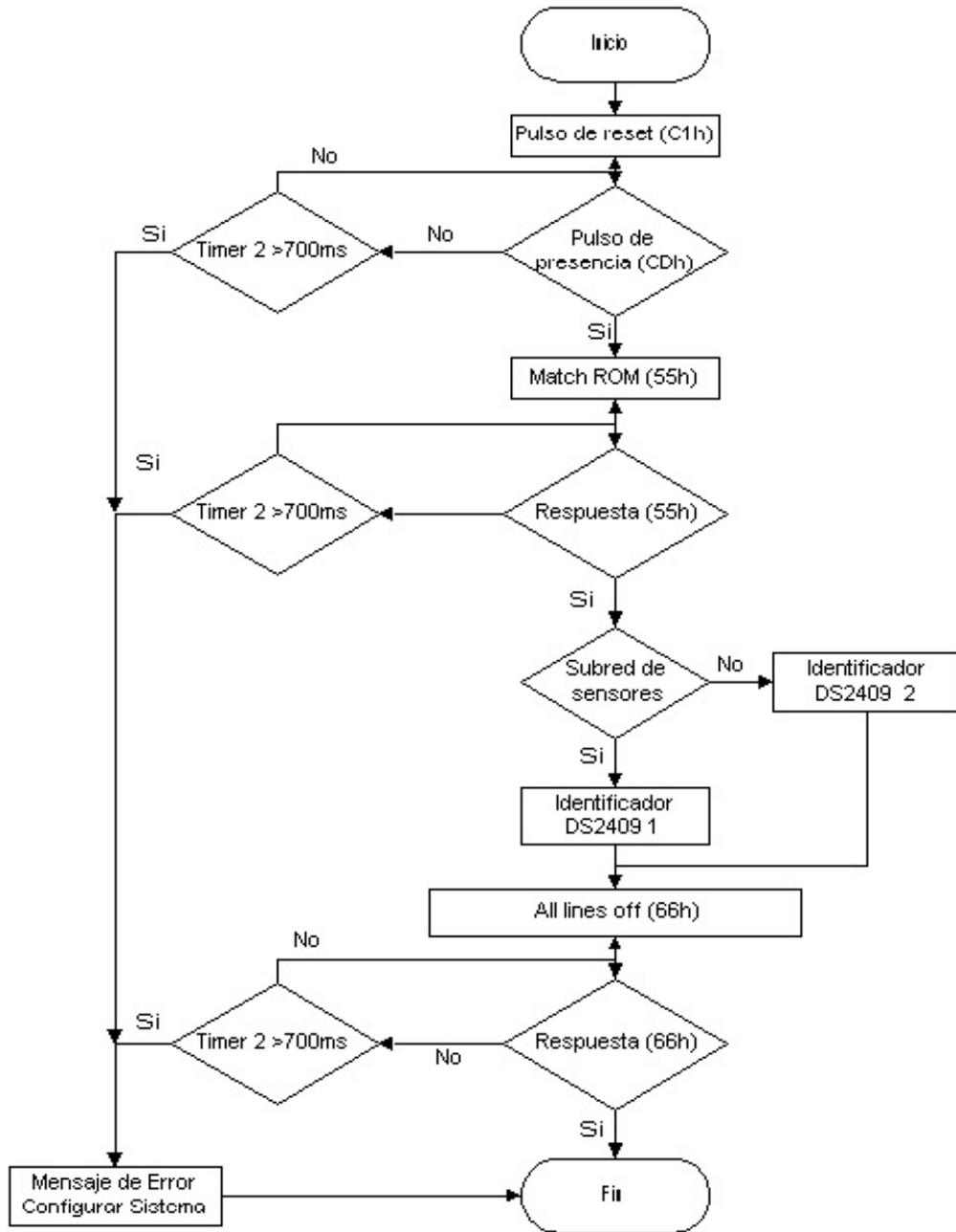


Figura 6.27 Proceso de habilitación del bus.

VISIO

6.1.2.15 Rutina de deshabilitación del bus



VISIO

Figura 6.28 Proceso de deshabilitación del bus.

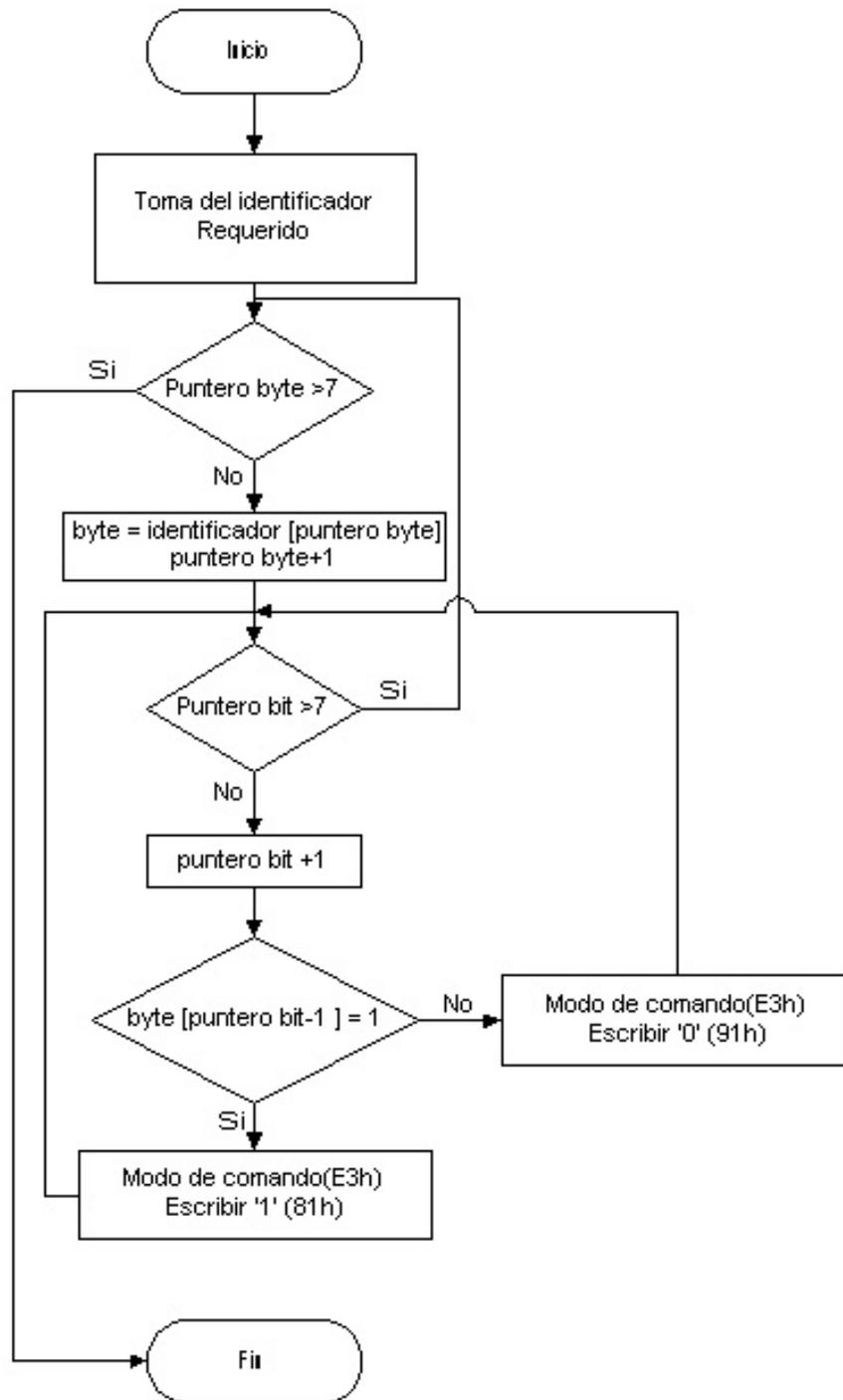
El proceso mostrado en la figura 6.28 es necesario ya que una vez que se accesa una subred, queda abierta la posibilidad de que se requiera acceder a la otra. De esta forma, cada vez que se realiza una transacción de datos se debe inhabilitar la subred considerando el caso anterior.

Para llevar a cabo este proceso se recurre al comando de función denominado **All lines Off (66h)**, este lo que realiza es la deshabilitación de todas las salida del DS2409, ellas son: la principal, la auxiliar y la de control. Al igual que en el caso anterior es imprescindible seleccionar el acoplador que se desea deshabilitar, todo el proceso de transacción de datos es igual al de la habilitación del bus, la única diferencia radica en la utilización del comando antes descrito.

6.1.2.16 Rutina de envío de identificador.

Esta rutina es de suma importancia ya que es la que permite, enviar el identificador del dispositivo bit por bit y así seleccionar al mismo. Para poder realizar esto se hace uso de la función **single bit** la cual ya fue descrita durante el desarrollo de la rutina encargada del manejo de los indicadores luminosos.

Una vez que el identificador del dispositivo ha sido obtenido y almacenado durante el proceso de análisis, el programa toma el identificador requerido e inicia un recorrido bit por bit del mismo, comenzando por el byte menos significativo. De esta manera cuando el bit corresponde a un '1', el programa envía el valor hexadecimal 81h, si el bit corresponde a cero se envía el valor hexadecimal 91h. Este proceso se realiza hasta completar los 64 bits correspondientes al identificador del dispositivo One Wire. La rutina es mostrada en la figura 6.29.

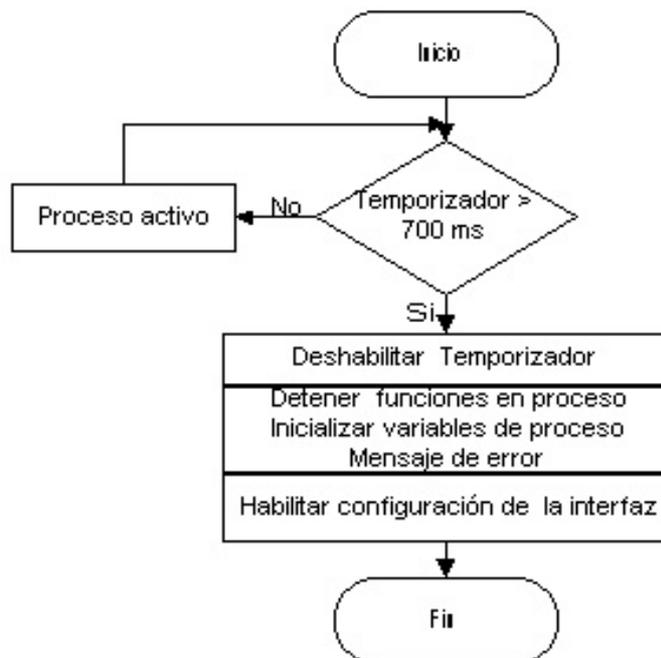


VISIO

Figura 6.29 Proceso de envío de bytes de identificador.

6.1.2.17 Rutina de detección de Errores.

En miras de proteger el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo se plantean procedimientos para la detección de anomalías durante la transacción de información. En primera instancia se abarca el proceso de detección de desconexión de la interfaz RS-232 / One Wire, para ello se hace uso de un temporizador (timer), el cual estará encargado de monitorear el tiempo durante el cual no existe ninguna actividad en el puerto serie. Si este tiempo sobrepasa 700 milisegundos, el programa finaliza todos los procesos que esta realizando e inicializa las variables de proceso que se requieren para ello, muestra un mensaje de error y adicionalmente hace que el usuario deba configurar la interfaz, ya que, como el maestro de red ha perdido comunicación requiere nuevamente de un pulso de sincronización para su correcto funcionamiento, este proceso se muestra en la figura 6.30.

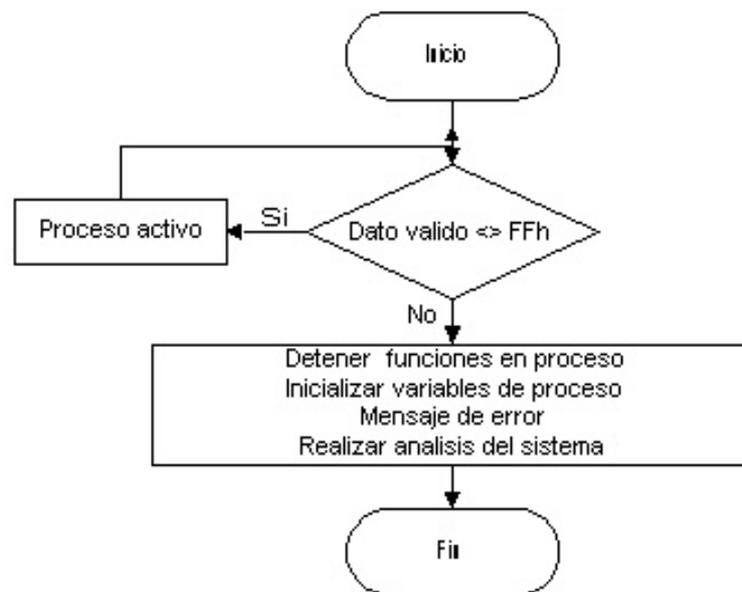


VISIO

Figura 6.30 Proceso de detección de interfaz desconectada.

El otro proceso encargado de velar por el correcto funcionamiento de la red de comunicación, es la detección de la desconexión de un sensor durante un proceso de medición. La manera de detectar esto es evaluando la validez de los datos provenientes del sensor, esto es, si los bytes de respuesta de los sensores están conformados por el valor hexadecimal **FFh** eso indica que el dato no es válido. Esto alerta al programa de la posible desconexión de un sensor o un incorrecto funcionamiento del mismo.

Si se produce esta situación, el sistema detiene los procesos en ejecución e inicializa las variables, de la misma manera que con la desconexión de la interfaz existe un mensaje de error para alertar al usuario de lo que está sucediendo. Posterior a ello, el programa ejecuta un análisis con el fin de reconocer cual o cuales dispositivos han sido desconectados y adecuar al sistema de acuerdo los sensores que se encuentren disponibles. La figura 6.31 muestra este procedimiento.



VISIO

Figura 6.31 Proceso de detección de sensor desconectado.

6.2 Alcances y limitaciones.

En primera instancia se englobaran los alcances logrados durante el desarrollo del proyecto. Cabe indicar que los objetivos planteados al inicio de la ejecución del mismo fueron alcanzados en su totalidad, lo cual se convierte en un elemento muy importante para sustentar el trabajo realizado durante la desenvolvimiento del proyecto de graduación.

Es importante mencionar que el sistema constituye un producto final, esto debido a que tanto la interfaz como los sensores que fueron implementados cuentan con su respectivo circuito impreso y carcasa para proteger a los mismos, así como, para beneficiar el aspecto estético de sistema desarrollado. Esto puede denotarse en la figura 6.32, que muestra la interfaz RS-232/ One Wire.



Figura 6.32 Interfaz RS-232/ One Wire.

Por otra parte el sistema cuenta con una medio de comunicación a nivel de software de agradable presentación y de fácil manejo, con el objetivo de agilizar el proceso de monitoreo y evitar una percepción de dificultad sobre el mismo. El sistema permite configurar características del puerto serie, detectar que clase de sensores se encuentran conectados a la red, mostrar y graficar los datos correspondientes a las variables atmosféricas de lluvia y temperatura y realizar procesos de detección de anomalías sobre la red tales como la ausencia de la interfaz RS-232/ One Wire o desconexión de algún sensor.

Adicionalmente el usuario de la red puede configurar características de los sensores tales como su resolución en el caso de los sensores de temperatura o los canales a observar en el sensor de lluvia. Esto adiciona versatilidad y flexibilidad al sistema ya que permite realizar el monitoreo de las variables de acuerdo con los requerimientos deseados por el usuario.

Otro alcance importante del sistema es el requerimiento de solamente dos cables para poder llevar a cabo el monitoreo de las variables atmosféricas mencionadas, lo que indudablemente facilita y disminuye las labores del cableado de la red. No se puede dejar de lado la distancia a la que pueden extenderse cada uno de los sensores respecto a la interfaz con el computador cuyo valor es de 93 metros. Este dato es de suma importancia ya que permite extender el área de observación de la condiciones ambientales, sin necesidad de movilizar las estaciones de monitoreo remoto con las que se cuentan en la actualidad.

Una vez destacados los alcances del sistema es beneficioso el detallar las limitaciones del mismo, ya que se está ante un proceso de desarrollo y mejoramiento de soluciones, por lo tanto, estas se convierten en el punto de partida para futuras ampliaciones del sistema desarrollado.

Como primer aspecto a mencionar está la incapacidad del sistema de comunicarse con el computador a tasas de transmisión mayores a 9600 bps, esto debido a que para aumentar dicha característica del puerto serie, el maestro de la red debe cambiar el modo de velocidad de transmisión de datos con los sensores. El sistema trabaja a velocidad regular, sin embargo para lograr lo anterior se debería utilizar velocidad Overdrive la cual modifica los tiempos correspondientes al pulso de reset, escritura y lectura de un '0' o un '1', entre otras. Debido a que los dispositivos usados para implementar los sensores no presentan la capacidad de trabajar a dicha velocidad, se imposibilita el incremento de la tasa de transmisión serial, para futuro desarrollos es importante tener en consideración ese aspecto.

Este elemento repercute en el tiempo que se requiere para la toma de datos, es importante ver que para la aplicación establecida al sistema no es tan determinante este tiempo de muestreo, sin embargo, para aplicaciones de monitoreo más exhaustivas esta característica puede trascender negativamente.

Finalmente se debe tomar en consideración la cantidad de variables que pueden ser observadas, las cuales se limitan a temperatura y lluvia. La Dallas Semiconductors presenta gran cantidad de dispositivos que pueden ser usados para el desarrollo de nuevos sensores y así incrementar la variables ambientales que pueden ser abarcadas.

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.

- a.** Se disminuye de manera sustancial el cableado requerido para la obtención de datos proveniente de diversos sensores.
- b.** La distancia a la que pueden extenderse los sensores de la interfaz RS-232/ One Wire, permite una mejor distribución de los mismos y un área de monitoreo mayor.
- c.** La ampliación de la red, no implicará modificaciones a nivel del hardware de la interfaz RS-232/One Wire.
- d.** El tiempo de muestreo requerido por el sistema es aceptable para la aplicación planteada, sin embargo es un elemento a considerar en caso de que se requieran procesos más exhaustivo de monitoreo de variables.
- e.** El sistema desarrollado, aumentará la versatilidad y eficiencia de los módulo de acceso remoto.
- f.** El sistema diseñado cuenta con mecanismos de monitoreo de fallas en la red, lo cual indudablemente aumenta la confiabilidad del mismo.
- g.** El sistema desarrollado, contribuirá en la labor de monitoreo de condiciones atmosféricas en pos del correcto funcionamiento de los diversos equipos con los que cuenta el Instituto Costarricense de Electricidad.

7.2 Recomendaciones.

- a. Para realizar cualquier transacción con los dispositivos de la tecnología One Wire es de suma importancia seguir el siguiente proceso:
 - Pulso de Reset inicial.
 - Comando de Memoria.
 - Proporcionar identificador.
 - Comando de Función.
 - Pulso de reset de terminación.

- b. Para lograr aumentar la tasa de transmisión entre la red y el computador y adicionalmente disminuir los tiempos de muestreo, es de vital importancia la adquisición de dispositivos One Wire que puedan responder a velocidad de transmisión y recepción Overdrive.

- c. Es importante la adquisición de nuevos dispositivos de la tecnología utilizada con el fin de implementar nuevos sensores para que la cantidad de variables atmosféricas observables se vea incrementada.

- d. La posibilidades que proporciona esta tecnología puede ser ampliada a funciones fuera del monitoreo de variables atmosféricas, como control de dispositivos, por lo tanto se debe investigar un poco más para ampliar las aplicaciones.

- e. Para futuras aplicaciones es importante que la transferencia de datos para el manejo de la interfaz sea proporcionado por un microcontrolador y que la computadora sea la encargada de la visualización y graficación. Esto haría que el sistema pueda constituirse como un módulo independiente y portátil, además se puede adicionar un espacio de memoria para la toma de datos en caso de que no se cuente con un computador de manera inmediata.

- f. Es importante dar seguimiento al diseño y elaboración de circuitos impresos para circuitos integrados de montaje superficial, ya que este tipo de dispositivos aumentan el nivel de integración de los módulos que se pueden desarrollar.

BIBLIOGRAFÍA

a. Documentos.

- a. Documentación proporcionada por el Departamento de Investigación y Desarrollo.
- b. Dan Awtrey. *Transmitting Data and Power over a One Wire Bus*.
(www.sensormag.com/articles). Febrero 2000 .
- c. Dan Awtrey. *MicroLAN Desing Guide* .(www.dalsemi.com/teachbriefs/tb1.html).
Febrero 2000

b. Direcciones Electrónicas.

- a. www.ibuton.com/ibutton/standard.pdf
Esta dirección contiene las normativas que rigen la tecnología One Wire.
(consultada Febrero 2003).
- b. www.dalsemi.com
Esta dirección proporciona las hojas de datos de los dispositivos de la
tecnología One Wire (consultada Febrero, Marzo 2003).
- c. www.airborn.com
Esta dirección contiene información sobre la señalización y pines del puerto
serial RS232 (consultada Marzo 2003)

APÉNDICES Y ANEXOS

Apéndice A.1 Glosario.

- a. One Wire: Tecnología basa en el uso de solamente dos cables. Uno de ellos constituye el referencia (tierra) y el otro constituye el medio de alimentación de los dato y a su vez proporciona el medio de transmisión y recepción de datos.
- b. Módulos de Acceso Remoto: Dispositivos que permiten su acceso desde lugares distantes, es decir, no se requiere estar cerca del dispositivo para realizar el manejo del mismo.
- c. Protocolo: Regla de comunicación entre procesos equivalentes que ofrecen un medio de controlar ordenadamente la comunicación de información entre estaciones de un enlace de datos.
- d. Red: conjunto de dispositivos interconectados entre sí que realizan la transmisión y recepción de datos a través del mismo medio.
- e. Bit: unidad básica de información (**binary digit**).
- f. Byte: Conjunto de 8 bits.
- g. Carga Parásita: mantenimiento de la alimentación de un dispositivo mediante la carga de un capacitor.
- h. Polarización Directa: estado de conducción de un diodo.
- i. Polarización Inversa: estado de no conducción de un diodo.
- j. Puntero: variable que indica la posición de una dato en memoria

Apéndice A.2 Abreviaturas.

- a.** ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.
- b.** SACADA: Sistema de adquisición de datos desde estaciones remotas.
- c.** ROM: Read Only Memory (Memoria de solo lectura).
- d.** RAM: Random Access Memory (Memoria de acceso aleatorio).
- e.** SRAM: Static RAM (Memoria RAM estática).
- f.** RF: Radio Frecuencia.
- g.** LED: Light Emmitting Diode (Diodo Emisor de Luz)
- h.** NRCOMM: unidad especializada de DELPHI para el manejo del puerto serial.
- i.** TCHAR: unidad especializada de DELPHI para la realización y manejo de datos.
- j.** DTR: Data terminal ready.
- k.** RTS: Request to Send.
- l.** Bps: bits por segundo.

Apéndice A.3 Simbología.

- a. Ω : Ohms, unidad de resistencia.
- b. $M\Omega$: megaohms (10^6 ohms).
- c. $m\Omega$: miliohms (10^{-3} ohms).
- d. τ : tao , constante de tiempo.
- e. μs : microsegundo (10^{-6} segundos), unidad de tiempo.
- f. μF : microfaradio (10^{-6} Faradios), unidad de capacitancia.
- g. pF : picofaradio (10^{-12} Faradios), unidad de capacitancia.
- h. mA : miliamperio (10^{-3} amperios), unidad de corriente eléctrica.
- i. Kbit: kilobit (1024 bits)
- j. V: unidad de voltaje.
- k. mm: milímetros (10^{-3} metros)