



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

SEDE LATACUNGA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURA PARA ACOPLARSE AL SISTEMA DE CARACTERIZACIÓN DE MEDIOS ISOTÉRMICOS EN EL CMFT”.

CBOS.DE COM. EDGAR ANIBAL ALOMOTO TOAQUIZA
CBOS. DE COM. IVAN FERNANDO BASTIDAS DUCHI

Latacunga – Ecuador

2009

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo de graduación fue desarrollado en su totalidad por los señores: CBOS. DE COM. EDGAR ANÍBAL ALOMOTO TOAQUIZA y CBOS. DE COM. IVÁN FERNANDO BASTIDAS DUCHI, previo a la obtención del Título de Tecnólogo Electrónico, bajo nuestra supervisión.

Ing. José Bucheli
DIRECTOR

Ing. Amparo Meythaler
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A Dios y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron para que este trabajo llegue a su culminación.

DEDICATORIA

En especial a nuestros padres como una atribución a su inmensa confianza y sacrificio que siempre depositaron en nosotros y a nuestros hermanos que siempre nos alentaron para salir adelante.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
-------------------	---

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 INTRODUCCIÓN.....	9
1.2 MEDIOS ISOTÉRMICOS.....	9
1.2.1 PROCESO ISOTÉRMICO.....	9
1.3 TIPOS DE INTERFASES.....	11
1.3.1 CLASIFICACIÓN.....	11
1.3.1.1 HARWARE.....	11
1.3.1.2 SOFTWARE.....	13
1.3.1.3 FIRWARE.....	16
1.3.1.4 NETWORK.....	16
1.3.1.5 INTERFASES INTEGRADOS.....	16
1.4 CARACTERÍSTICAS Y ARQUITECTURA DE LOS MICROCONTROLADORES	17
1.4.1 INTRODUCCIÓN.....	17
1.4.2 FÁBRICAS COMUNES DE MICROCONTROLADORES.....	18
1.4.3 RECURSOS BÁSICOS.....	18
1.4.4 LA FAMILIA PIC DE LA FÁBRICA MICROCHIP.....	22
1.4.5 CARACTERÍSTICAS DEL PIC16F877A.....	22
1.4.6 CARACTERÍSTICAS DEL PIC16F819.....	23
1.5 SENSORES DE TEMPERATURA.....	24
1.5.1 CALOR Y TEMPERATURA, RELACIONES Y DIFERENCIAS.....	25
1.5.2 ESCALAS DE TEMPERATURA.....	25
1.5.3 EQUILIBRIO TÉRMICO Y TERMOMETRÍA.....	26
1.5.4 DISPOSITIVOS DE MEDICION DE TEMPERATURA.....	27
1.5.5 TERMOCUPLAS.....	28
1.5.6 CÓDIGO DE COLORES DE LAS TERMOCUPLAS.....	30

1.5.7 TERMISTORES.....	32
1.5.8 TERMÓMETRO DE RESISTENCIA.....	33
1.5.9 SENSORES DE IC.....	34
1.6 VISUALIZADOR GRÁFICO LABVIEW.....	34
1.6.1 PANEL FRONTAL.....	35
1.6.2 DIAGRAMA DE BLOQUE.....	36
1.6.3 PALETAS.....	37

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y DISEÑO

2.1 INTRODUCCIÓN.....	40
2.2 ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL.....	40
2.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL <i>BLACK STACK MODEL 1560</i>	41
2.3 ELEMENTOS PARA EL SISTEMA DE TEMPERATURA.....	42
2.3.1 SENSOR DE TEMPERATURA LM35.....	42
2.3.2 MICROCONTROLADOR PIC16F819.....	43
2.3.3 MAX232.....	44
2.3.4 INTERFASE RS232.....	45
2.3.5 TRANSMISOR RECEPTOR ASK DE 433MHZ.....	46
2.3.6 MICROCONTROLADOR PIC 16F877A.....	47
2.3.7 INTERFAZ SERIAL.....	48
2.4 DISEÑO DEL ACONDICIONADOR DE SEÑAL.....	49
2.5 DISEÑO DEL HARDWARE.....	52
2.5.1 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL SISTEMA DE MONITOREO	52
2.5.2 CIRCUITO PARA LAS DISTANCIAS DE 2 Y 5 METROS.....	53
2.5.3 CIRCUITO PARA LAS DISTANCIAS DE 10m EN ADELANTE.....	54
2.5.4 CIRCUITO MÁSTER.....	55
2.6 DISEÑO DEL SOFTWARE.....	56
2.6.1 PROGRAMA PARA EL MICROCONTROLADOR PIC16F819.....	56

2.6.2 EL JUEGO DE INSTRUCCIONES USADO POR EL MICROCONTROLADOR PIC16F877A.....	58
2.6.3 PROGRAMA EN EL VISUALIZADOR GRÁFICO LABVIEW.....	60

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO Y ANÁLISIS TEÓRICO ECONÓMICO

3.1 SITIO DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	63
3.2 SISTEMA ACTUAL EN BASE AL (<i>BLACK STACK</i> THERMOMETER) CON QUE CUENTA EL CMFT.....	64
3.3 SISTEMA DE MONITOREO IMPLEMENTADO.....	65
3.4 ANÁLISIS TEÓRICO ECONÓMICO.....	66

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.....	70
4.2 RECOMENDACIONES.....	71

ANEXOS

A	GLOSARIO DE TÉRMINOS
B	MANUAL DE USUARIO
C	HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el monitoreo de temperatura es un proceso fundamental para el desarrollo científico y tecnológico, saber sobre esta variable es muy importante ya que se encuentra en nuestro entorno diario.

El monitoreo de temperatura para la caracterización de medios isotérmicos es una actividad que realiza el laboratorio de Termometría del Centro de Metrología de la Fuerza Terrestre (CMTF) en el área de temperatura y humedad, pues esto involucra el conocimiento previo de conceptos básicos y generales sobre medios isotérmicos, sensores de temperatura, microcontroladores y software.

Este proyecto consista en la ubicación de varios sensores de temperatura a diferentes distancias y lugares, las señales son adquiridas por un microcontrolador y enviadas a una PC, donde a través de LABVIEW son visualizadas en tiempo real.

En el capítulo I se analiza, qué es un proceso isotérmico, lenguajes de programación, microcontroladores, sensores y el programa Labview.

En el capítulo II se realiza el análisis del Sistema actual, se selecciona el sensor, los microcontroladores, se diseñan los circuitos acondicionadores, se seleccionan el transmisor y el receptor de señales, se realiza la programación de los microcontroladores y del programa LABVIEW para la visualización

En el capítulo III se realiza la implementación en el centro de Metrología de la Fuerza Terrestre y el análisis técnico económico del sistema implementado.

Al final del documento se incluyen las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron al término del trabajo.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se desarrolla la parte teórica de la monografía, en la cual se detallan conceptos básicos referentes a medios isotérmicos, la clasificación de interfases, funcionamiento de los sensores de temperatura, la estructura y funcionamiento de los microcontrolador PIC16F819 y PIC16F877A y los elementos acopladores.

1.2 MEDIOS ISOTÉRMICOS

Medio isotérmico es la uniformidad, homogeneidad y estabilidad de un área determinada, para ello se puede medir temperaturas en diversos puntos y a distintas distancias.

1.2.1 PROCESO ISOTÉRMICO

Para la realización de la caracterización de un medio isotérmico es necesario disponer de al menos 5 o 9 sensores, en función del área de trabajo. Con un solo sensor no sería posible evaluar el gradiente de temperatura en varias zonas en el mismo instante de tiempo.¹

También, es necesario realizar la caracterización del medio en estabilidad, que es la diferencia de temperatura en una misma zona del equipo en función del tiempo.

Calculados los errores de estabilidad y homogeneidad como diferencias de lecturas, las incertidumbres asociadas a esos parámetros se calculan con

¹Wapedia.moviles/procesosisotérmicos.

fórmulas especiales según una distribución rectangular. Como se muestra en la figura 1.1

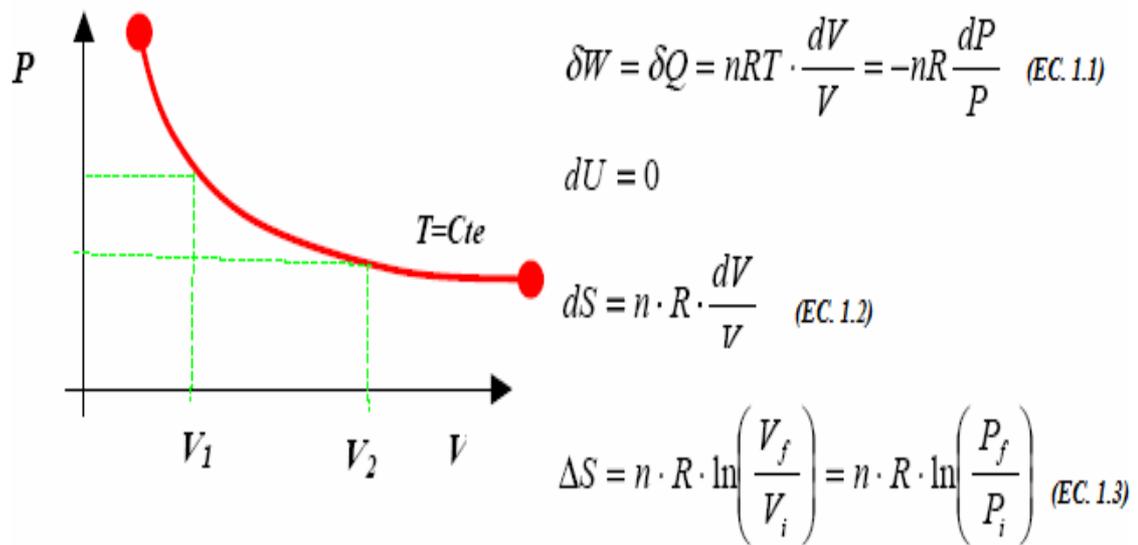


Figura 1.1 Representación de la curva de un proceso isotérmico

Donde:

W = Trabajo isotérmico.

Q = Calor.

n = Numero de moles del gas.

R = Constante universal de los gases.

T = Temperatura en °C.

V = Volumen.

P = Presión.

Una curva isotérmica es una línea que sobre un diagrama representa los valores sucesivos de las diversas variables de un sistema en un proceso isotérmico.

1.3 TIPOS DE INTERFASES

Los Avances de la Ciencia y la Tecnología han puesto al hombre en un plano intermedio entre lo tangible e intangible computacionalmente hablando, es ahora tan común el convivir con un computador diariamente que cada vez se hace más imperativo la mejor interacción hombre-máquina a través de una adecuada interfaz, que le brinde tanto comodidad, como eficiencia.

Una interfaz: Es el puerto (circuito físico) a través del que se envían o reciben señales desde un sistema o subsistemas hacia otros. No existe una interfaz universal, sino que existen diferentes estándares por ejemplo Interfaz USB, interfaz SCSI, etc.

1.3.1 CLASIFICACIÓN

Hardware: ratón, teclado, monitor, puertos.

Software: sistemas operativos, lenguajes de programación, aplicaciones.

Firmware: tarjetas, microprogramas.

Network: puente (bridge), pasarela (gateway), NIC.

Interfaces integradas: NDIS, ODI.

1.3.1.1 HARDWARE

Son todos los dispositivos que hacen posible la interacción hombre-máquina, gracias a estos se puede ingresar al control de procesos de la máquina. En las figuras se muestran varios de estos dispositivos.



Figura 1.2a Mouse o ratón

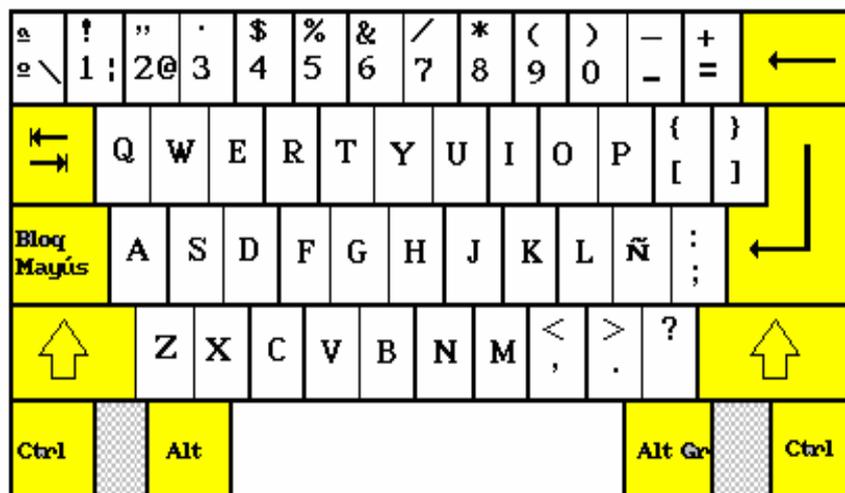


Figura 1.2b Teclado

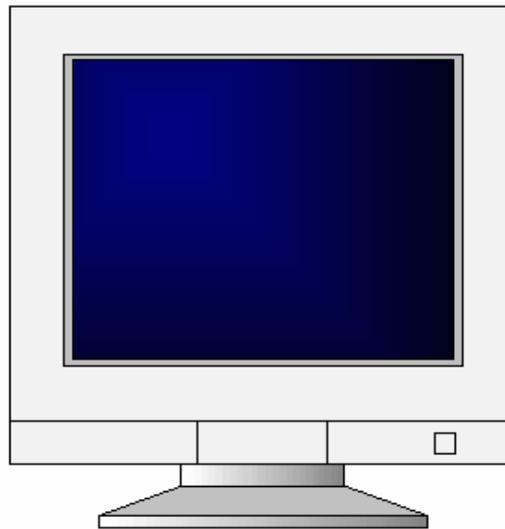


Figura 1.2c Monitor



Figura 1.2d Puertos

1.3.1.2 SOFTWARE

Son programas diseñados conformes las necesidades del usuario. Un sistema operativo es un software de sistema; es decir, un conjunto de programas de computadora destinados a permitir una administración eficaz de sus recursos. La figura 1.3 muestra diferente software que se pueden instalar en la PC.

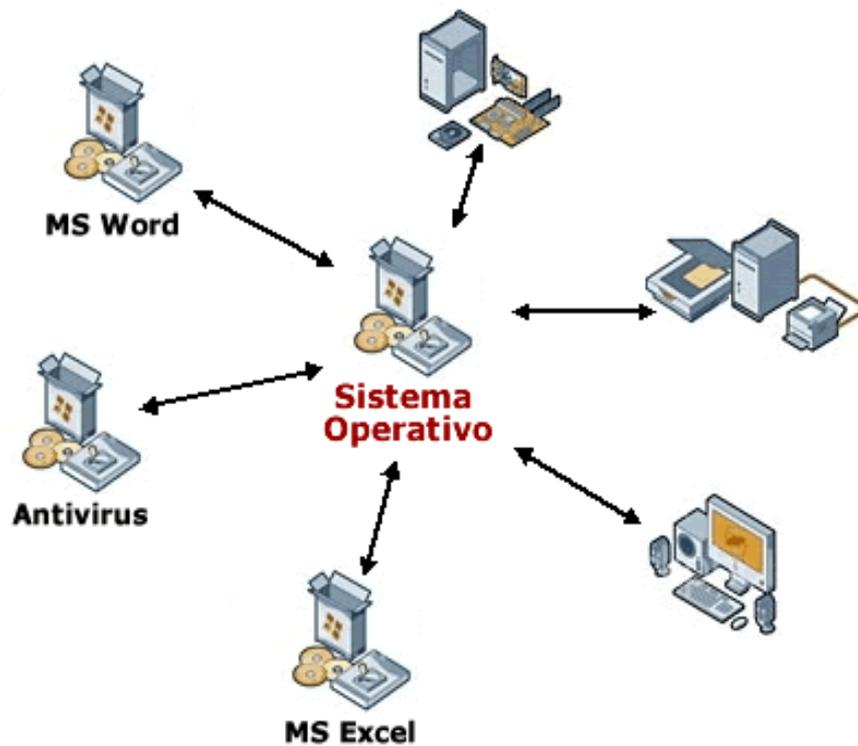


Figura 1.3 Sistema operativo de un software

Lenguaje de programación: Es un conjunto de símbolos, reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura, el significado de sus elementos y expresiones. Es utilizado para controlar el comportamiento físico y lógico de una máquina.

El lenguaje de programación permite a uno o más programadores especificar de manera precisa sobre qué datos debe operar una computadora, cómo estos datos deben ser almacenados o transmitidos y qué acciones debe tomar bajo una variada gama de circunstancias.

Los lenguajes de programación se pueden clasificar atendiendo a varios criterios:

- Según el nivel de abstracción.
- Según la forma de ejecución.
- Según el paradigma de programación que poseen cada uno de ellos.

A continuación se detalla según su nivel de abstracción

a) Lenguajes de Máquina

Están escritos en lenguajes directamente inteligibles por la máquina, ya que sus instrucciones son cadenas binarias (0 y 1). Da la posibilidad de cargar sin necesidad de traducción posterior lo que supone una velocidad de ejecución superior, sólo que con poca fiabilidad y dificultad de verificar y poner a punto los programas.

b) Lenguajes de bajo nivel

Son lenguajes de programación que se acercan al funcionamiento de una computadora. El lenguaje de más bajo nivel por excelencia es el código máquina. A éste le sigue el lenguaje ensamblador, ya que al programar en ensamblador se trabajan con los registros de memoria de la computadora de forma directa.

c) Lenguajes de medio nivel

Hay lenguajes de programación que son considerados por algunos expertos como lenguajes de medio nivel (como es el caso del lenguaje C) al tener ciertas características que los acercan a los lenguajes de bajo nivel pero teniendo, al mismo tiempo, ciertas cualidades que lo hacen un lenguaje más cercano al humano y, por tanto, de alto nivel.

d) Lenguajes de alto nivel

Los lenguajes de alto nivel son normalmente fáciles de aprender porque están formados por elementos de lenguajes naturales, como el inglés. En BASIC, uno de los lenguajes de alto nivel más conocidos, los comandos como "IF CONTADOR = 10 THEN STOP" pueden utilizarse para pedir a la computadora que pare si el **CONTADOR** es igual a **10**. Esta forma de trabajar puede dar la sensación de que las computadoras parecen comprender un lenguaje natural.

1.3.1.3 FIRMWARE

Una combinación de software y hardware (en este caso, chips). En su conjunto son Chips que poseen dentro pequeños programas que son guardados y que se denominan Firmware.

Estos chips normalmente son de los siguientes tipos:

ROM(s) Read Only Memory (Memoria de sólo lectura)

PROM(s) Programmable read-only memory (Memoria programable de sólo lectura)

EPROM(s) Erasable programmable read-only memory (Memoria programable y con capacidad de ser borrada)

El firmware en PROM o EPROM está diseñado para ser modificado si es necesario a través de una actualización de software.

1.3.1.4 NETWORK (RED)

No es más que dos o más computadoras conectadas por un cable (o en algunos casos, por una conexión inalámbrica) para que puedan intercambiar información.

1.3.1.5 INTERFASES INTEGRADOS: NDIS, ODI

NDIS (Especificación de interfaz de controlador de red). Es un estándar que define una interfaz para la comunicación entre el subnivel MAC y los controladores de protocolos. Permitiendo el uso simultáneo de múltiples protocolos y controladores, NDIS considera un entorno flexible de intercambio de datos. Ésta define la interfaz software, conocida como interfaz NDIS. Los controladores de protocolos utilizan esta interfaz para comunicarse con las tarjetas de red.

ODI (interfaz abierta de enlace de datos). Especificación adoptada por Novell y Apple para simplificar el desarrollo de controladores para sus sistemas operativos de red. Proporciona soporte para múltiples protocolos en una única tarjeta de red. De forma parecida a NDIS, ODI permite escribir los controladores de Novell NetWare sin hacer referencia al protocolo que se utilizará por encima de ellos.

1.4 CARACTERÍSTICAS Y ARQUITECTURA DE LOS MICROCONTROLADORES

1.4.1 INTRODUCCIÓN

Los microcontroladores están conquistando el mundo, están presentes en nuestro trabajo, en nuestra casa y en nuestra vida, en general. Se pueden encontrar controlando el funcionamiento de los ratones y teclados de los computadores, en los teléfonos, en los hornos microondas y los televisores de nuestro hogar. Pero la invasión acaba de comenzar y el nacimiento del siglo XXI será testigo de la conquista masiva de estos diminutos computadores, que gobernarán la mayor parte de los aparatos que se fabrican y usan los humanos.

Un Microcontrolador es un Circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de un ordenador: CPU, Memoria y Unidades de E/S; es decir, se trata de un computador completo en un sólo circuito integrado.²

Un microcontrolador típico posee en su interior un generador de reloj integrado, una pequeña cantidad de memoria RAM y ROM/EPROM/EEPROM.

Diseño práctico de aplicaciones en Microcontroladores PIC ²

1.4.2 FÁBRICAS COMUNES DE MICROCONTROLADORES

En la Tabla 1.1 se indican algunas de las fábricas más comunes

Tabla 1.1 Microcontroladores más comunes

Empresa	8 bits	12 bits	14 bits	16 bits	32 bits	64 bits
Freescle (antes Motorola)	68HC05, 68HC08, 68HC11, HCS08	X	X	68HC12, 68HCS12, 68HCSX12 , 68HC16	683xx, PowerPC Architecture	X
Intel	MCS-48 (familia 8048) MCS51 (familia 8051) 8xC251	X	X	MCS96, MXS296	X	x
National Semiconductor	COP8	X	X	X	X	x
Microchip	Familia 10f2xx Familia 12Cxx Familia 12Fxx, 16Cxx y 16Fxx 18Cxx y 18Fxx			dsPIC30F XX y dsPIC33F de 16 bits	PIC32	x
Texas Instruments	TMS370, MSP430					

1.4.3 RECURSOS BÁSICOS

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc.

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores o "Timers".
- Perro guardián o "Watchdog".
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- Estado de reposo o de bajo consumo.
- Conversor A/D.
- Conversor D/A.
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertas de E/S digitales.
- Puertas de comunicación.³

a) Temporizadores o "Timers"

Empleados para controlar periodos de tiempo (temporizadores) y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores).

Para la medida de tiempos se carga un registro con el valor adecuado y a continuación dicho valor se va incrementando o decrementando al ritmo de los impulsos de reloj o algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso.

b) Perro guardián o "Watchdog"

El Perro guardián es un temporizador que, cuando se desborda y pasa por 0, provoca un reset automáticamente en el sistema.

Se debe diseñar el programa de trabajo que controla la tarea de forma que refresque o inicialice al Perro guardián antes de que provoque el reset.

Electrónica práctica con Microcontroladores ³

c) Protección ante fallo de alimentación o "Brownout"

Se trata de un circuito que resetea al microcontrolador cuando el voltaje de alimentación (VDD) es inferior a un voltaje mínimo ("brownout"). Mientras el voltaje de alimentación sea inferior al de brownout el dispositivo se mantiene reseteado, comenzando a funcionar normalmente cuando sobrepasa dicho valor.

d) Estado de reposo ó de bajo consumo

Son abundantes las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar, sin hacer nada, a que se produzca algún acontecimiento externo que le ponga de nuevo en funcionamiento. Para ahorrar energía, los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP en los PIC), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos. En dicho estado se detiene el reloj principal y se "congelan" sus circuitos asociados, quedando sumido en un profundo "sueño" el microcontrolador. Al activarse una interrupción ocasionada por el acontecimiento esperado, el microcontrolador se despierta y reanuda su trabajo.

e) Conversor A/D (CAD)

Los microcontroladores que incorporan un Conversor Analógico - Digital procesan señales analógicas, tan abundantes en las aplicaciones. Suelen disponer de un multiplexor que permite aplicar a la entrada del CAD diversas señales analógicas desde las patitas del circuito integrado.

f) Conversor D/A (CDA)

Transforma los datos digitales obtenidos del procesamiento del computador en su correspondiente señal analógica que saca al exterior por una de las patitas del encapsulado.

g) Comparador analógico

Algunos microcontroladores disponen internamente de un Amplificador Operacional que actúa como comparador entre una señal fija de referencia y otra variable que se aplica por una de las patitas de la cápsula. La salida del comparador proporciona un nivel lógico 1 ó 0 según una señal sea mayor o menor que la otra.

h) Modulador de anchura de impulsos o PWM

Son circuitos que proporcionan en su salida impulsos de anchura variable, que se ofrecen al exterior a través de las patitas del encapsulado.

i) Puertos de E/S digitales

Los microcontroladores destinan algunas de sus patitas a soportar líneas de E/S digitales. Por lo general, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando Puertos.

Las líneas digitales de los Puertos pueden configurarse como Entrada o como Salida cargando un 1 ó un 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración.

j) Puertos de comunicación

El microcontrolador puede comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microprocesadores, buses de sistemas, buses de redes y poder adaptarlos con otros elementos bajo otras normas y protocolos. Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que destacan:

UART: Adaptador de comunicación serie asíncrona.

USART: Adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona.

USB: Moderno bus serie para los PC.

1.4.4 LA FAMILIA PIC DE LA FÁBRICA MICROCHIP

Esta familia, desarrollada por **Microchip**, se divide en cuatro gamas, **gamas enana, baja, media y alta**. Las principales diferencias entre estas gamas radica en el número de instrucciones y su longitud, el número de puertos y funciones, lo cual se refleja en el encapsulado, la complejidad interna y de programación y en el número de aplicaciones.

1.4.5 CARACTERÍSTICAS DEL PIC16F877A

Este microcontrolador es un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico. En la figura 1.4 muestra el diagrama de configuración de este PIC y a continuación se detalla sus características básicas.

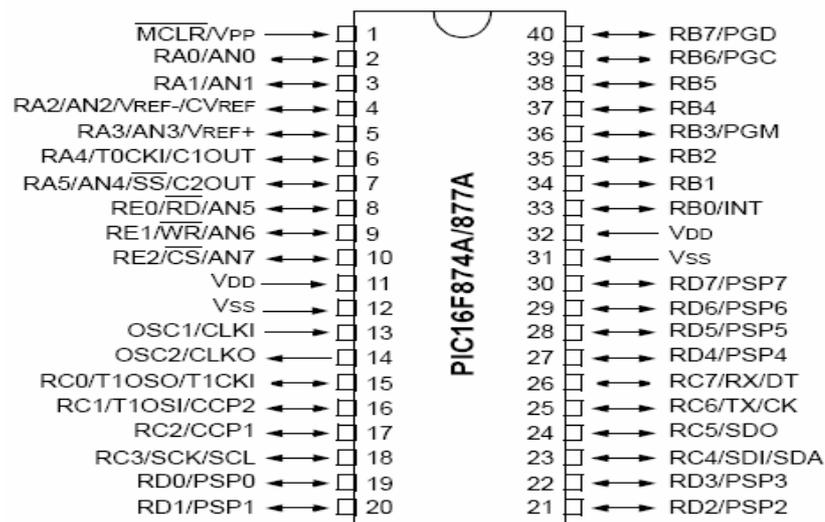


Figura 1.4 Diagrama del PIC16F877

- Gama media.

- Frecuencia de operación de 20 MHz.
- Amplia memoria para datos y programas.
- Memoria de datos de 358 bytes.
- Memoria reprogramable tipo FLASH de 8Kx14.
- Memoria de datos EEPROM de 256 bytes.
- Puertos de I/O A, B, C, D, E.
- Timer 3.
- PWM 3.
- Comunicación serial MSSP, USART.
- Comunicación paralela PSP.
- Conversor analógico – digital 8 canales de entrada.
- Comparadores analógicos 2.
- Posee 15 interrupciones.
- Set de instrucciones reducidas tipo RISC 35 Instrucciones.

1.4.6 CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F819

- Memoria de programa de 2048 Words.
- Memoria de datos EEPROM de 256 bytes.
- Memoria RAM de 256 bytes.
- 16 pines de entrada y salida.
- 5 conversores análogo/digital, que trabaja a 10bits.
- MLCR programable.
- Oscilador interno, el cual se puede calibrar hasta 8 posiciones desde 31,25 KHz hasta 8 MHz

En la Figura 1.5 muestra la distribución de los pines.

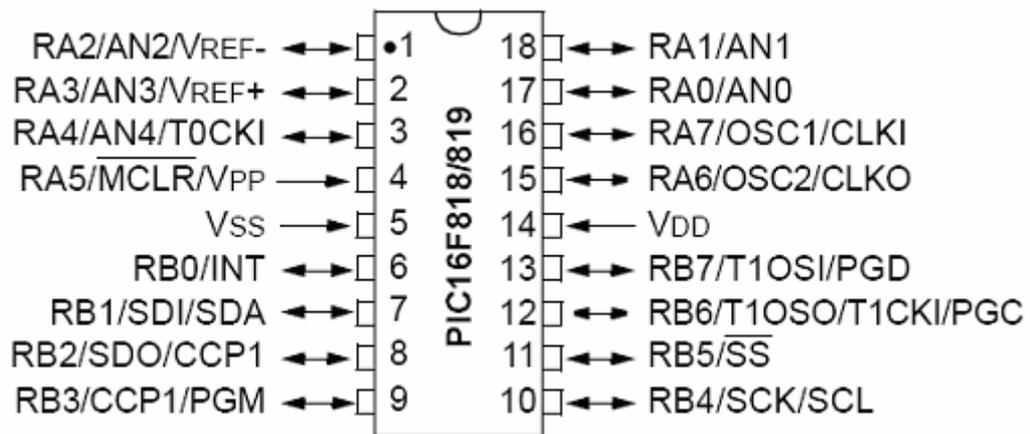


Figura 1.5 Diagrama del PIC16F819

1.5 SENSORES DE TEMPERATURA

La energía térmica se transmite de 3 formas distintas: **la conducción, la convección y la radiación.**

La conducción es la manera más común en los cuerpos sólidos, ésta es la transferencia de energía cinética entre las partículas del cuerpo cuando ellas chocan, transfiriendo energía cinética de las moléculas con mayor temperatura a las moléculas con menos temperatura.

El movimiento de los fluidos provocados por la diferencia de temperaturas y de densidades transfiere **calor por convección**. Las corrientes de convección de la atmósfera son las responsables del estado atmosférico de nuestro planeta.⁴

La radiación es el proceso por el cual el calor se transfiere mediante ondas electromagnéticas. El calor radiante se puede reflejar o refractar, es decir, parte de él se absorbe y otra parte se refleja.

1.5.1 CALOR Y TEMPERATURA, RELACIONES Y DIFERENCIAS

El calor y la temperatura son dos cosas diferentes. La relación entre ellas es causal ya que la temperatura viene siendo un efecto de la transferencia del calor.

La temperatura indica hacia dónde va a fluir el calor cuando se ponen dos cuerpos en interacción; el calor pasa del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura, hasta que ambos llegan a una temperatura estable.

El calor es la energía que fluye como resultado de una diferencia de temperatura.

La temperatura es una medida de la energía cinética promedio de un determinado cuerpo.

1.5.2 ESCALAS DE TEMPERATURA

Anders Celsius, se basó en las propiedades del agua para desarrollar una escala de temperatura, conocida con el nombre de escala Celsius. Las propiedades que utilizó Celsius fueron: el punto de congelación del agua, a la cual le asignó el valor de cero grados (0°C) y el punto de ebullición del agua al nivel del mar, a la cual se asignó el valor de cien grados (100°C).

La temperatura no tiene un límite superior, pero sí un límite inferior.

La escala de temperaturas que se basa en el cero absoluto se conoce como Kelvin, en ésta escala el punto cero (0 K) es el cero absoluto, el punto de congelación del agua (0°C) es 273.15°K , y el punto de ebullición del agua (100°C) es 373.15°K .

Otra escala de temperatura es la llamada Fahrenheit, en esta se utilizó mercurio para medir la temperatura, donde el punto de fusión o congelación del agua a 32°F y el punto de ebullición en 212°F.

La equivalencia entre escalas es:

- Grados Kelvin = Grados Centígrados + 273
- Grados Rankine = Grados Fahrenheit + 460
- Grados Fahrenheit = Grados Celsius * 1,8 + 32

En la figura 1.6 se muestra las diferentes escalas de temperatura.

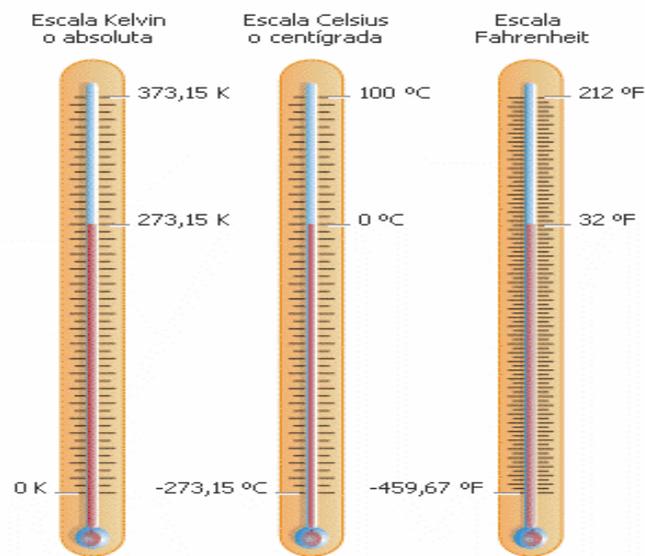


Figura 1.6 Escalas de temperatura

1.5.3 EQUILIBRIO TÉRMICO Y TERMOMETRÍA

Cuando dos cuerpos con diferentes temperaturas están en contacto de manera que fluye calor entre ellos, se dice que están en contacto térmico. El calor fluye del cuerpo con mayor temperatura al de menor temperatura, cuando los cuerpos

alcanzan una misma temperatura, ya no fluye calor entre ellos por lo que se dice que alcanzaron un equilibrio térmico.⁵

1.5.4 DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Transductores: Son aquellos elementos de un circuito electrónico que efectúan una trasposición de una variable física en una eléctrica. Se puede diferenciar dos clases de transductores:

1) **Los de entrada** (o sensores): Que transforman una variable física, en una variable eléctrica por lo general la primera se encuentra en uno de los 5 campos de señales más comunes: Radiante, química, magnética, térmica ó mecánica, mientras que la segunda queda restringida normalmente a variaciones de tensión y corriente, a veces en forma directa o indirecta a través de variación de algún parámetro pasivo (Resistencia, capacidad, inductancia).

2) **Los de Salida:** (o actuadores): Estos traducirán una variable eléctrica a una variable física en alguno de los 5 campos mencionados.

Transductores de temperatura: Los más comunes son: Termocupla, termorresistencia y elementos de estado sólido.

En la Tabla 1.2 se comparan los cuatro tipos de transductores de temperatura más utilizados, y refleja los factores que deben tenerse en cuenta: las prestaciones, el alcance efectivo, el precio y la comodidad.

Instrumentación electrónica de Míguas A Pérez García⁵

Tabla 1.2 Ventajas y desventajas de los dispositivos de medición de temperatura

	RTD	Termistor	Sensor de IC	Termopar
Ventajas	Más estable. Más preciso. Más lineal que los Termopares.	Alto rendimiento. Rápido. Medida de dos hilos.	El más lineal. El de más alto rendimiento. Económico.	Autoalimentado. Robusto. Económico. Amplia variedad de formas físicas. Amplia gama de temperaturas.
Desventajas	Caro. Lento. Precisa fuente de alimentación. Pequeño cambio de resistencia. Medida de 4 hilos. Autocalentable.	No lineal. Rango de temperaturas limitado. Frágil. Precisa fuente de alimentación. Autocalentable.	Limitado a < 250 °C. Precisa fuente de alimentación. Lento. Autocalentable. Configuraciones limitadas.	No lineal. Baja tensión. Precisa referencia. El menos estable. El menos sensible.

1.5.5. TERMOCUPLAS

Si se presenta un gradiente de temperatura en un conductor eléctrico, el flujo de calor creará un movimiento de electrones y con ello se generará una fuerza electromotriz (FEM) en dicha región. La magnitud y dirección de la FEM será dependientes de la magnitud y dirección del gradiente de temperatura del material que conforma al conductor. Las termocuplas se basan para su funcionamiento en el efecto SEEBEK: En la figura 1.7 se muestra la dirección de la FEM en una termocupla.

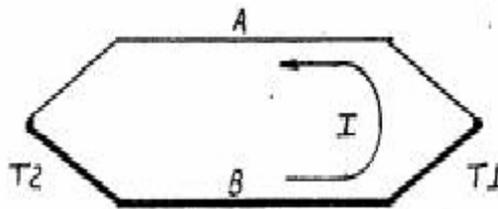


Figura 1.7 Dirección de la FEM en una termocupla

Calentando la juntura de dos materiales distintos que componen un circuito cerrado, se establece una corriente.

Las leyes principales que rigen su funcionamiento son:

Ley de Homogeneidad del circuito: No se puede obtener corriente calentando un solo metal. (Efecto Thompson).⁶

Ley de Metales Intermedios: La sumatoria de las diferencias de potencial térmicas es cero en un circuito con varios metales, si estos están a temperatura uniforme. (Efecto Peltier).⁷

En la figura 1.8 se muestran a dos instrumentos marcarán igual; es decir, la corriente circulante dependerá en ambos casos de T1 y T2 exclusivamente.

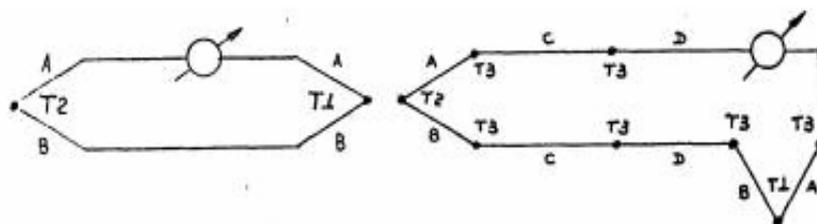


Figura 1.8 Ley de los metales intermedios

Ley de Temperaturas intermedias: La fuerza electromotriz térmica de una termocupla no depende de las temperaturas - intermedias.⁸

1.5.6 CÓDIGO DE COLORES DE LAS TERMOCUPLAS

El alambrado de las termocuplas está codificado dependiendo del tipo.

Varios países utilizan códigos diferentes para los colores, los códigos más comunes se indican en las siguientes figuras.

United States ASTM:

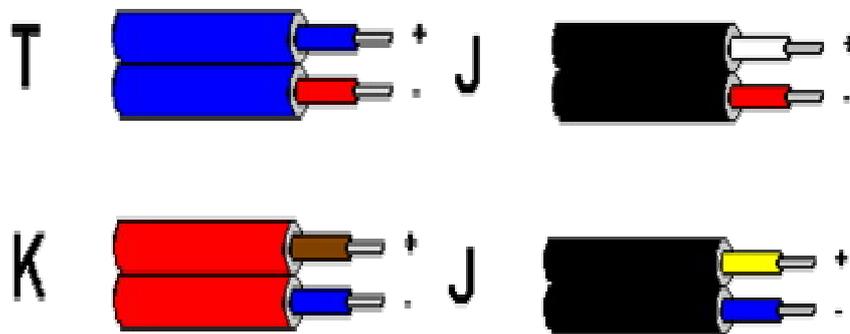
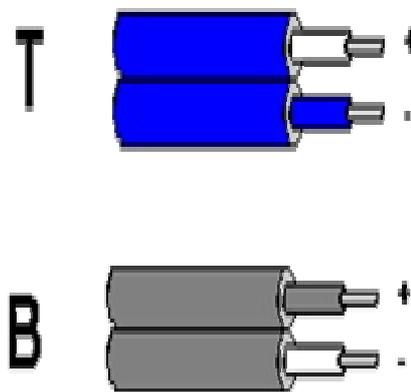


Figura 1.9 Código según Estados Unidos

British BS1843: 1952:



9

Figura 1.10 Código según Bretaña

British BS4937: Part 30: 1993:

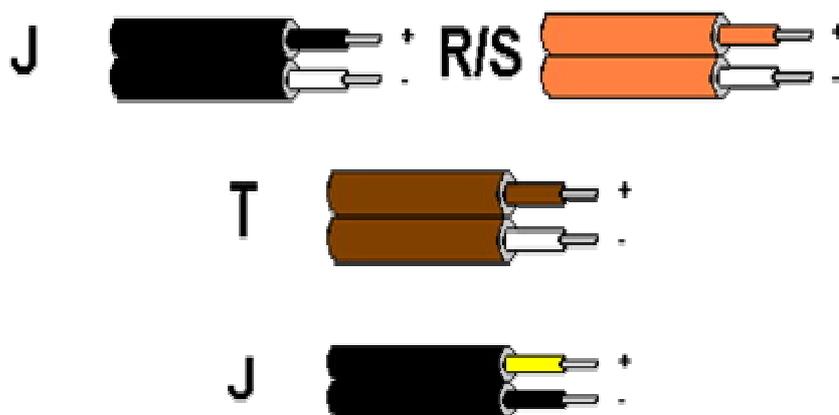


Figura 1.11 Código según Bretaña¹⁰

French NFE:

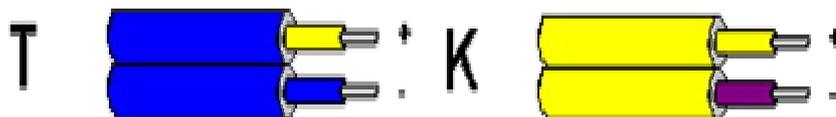


Figura 1.12 Código según Francia¹¹

German DIN:

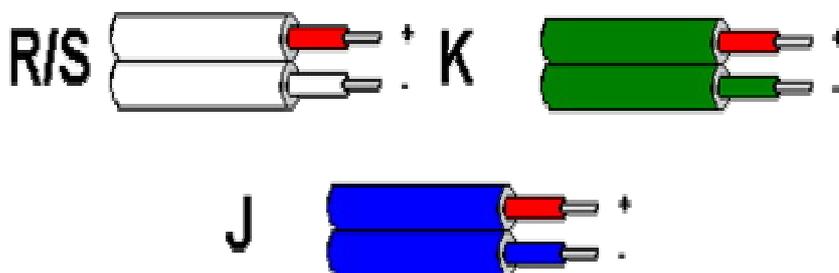


Figura 1.13 Código según Alemania¹²

1.5.7 TERMISTORES

Compuesto de una mezcla sintetizada de óxidos metálicos, el termistor es esencialmente un semiconductor que se comporta como un "resistor térmico" con un coeficiente térmico de temperatura negativo de valor muy elevado.

En algunos casos, la resistencia de un termistor a la temperatura ambiente puede disminuir en hasta 6% por cada 1°C de aumento de temperatura.

Esta elevada sensibilidad a variaciones de temperatura hace que el termistor resulte muy adecuado para mediciones precisas de temperatura, se lo utiliza ampliamente en aplicaciones de control y compensación en el rango de 150°C a 450°C.

Los termistores sirven para la medición o detección de temperatura tanto en gases, como en líquidos o sólidos. A causa de su muy pequeño tamaño, se los encuentra normalmente montados en sondas o alojamientos especiales que pueden ser específicamente diseñados para posicionarlos y protegerlos adecuadamente, cualquiera sea el medio donde tengan que trabajar.

En la figura 1.14 se muestra el símbolo del termistor.



Figura 1.14 Símbolo básico del termistor

CARACTERÍSTICAS

- El termistor no ofrece ventajas de exactitud de salida y estabilidad.
- Una ventaja importante es la extremadamente elevada sensibilidad del termistor a variaciones de temperatura.

- Poseen elevadas resistencias a baja temperatura, pero sus resistencias disminuyen exponencialmente a medida que crece la temperatura.
- Los termistores resultan particularmente útiles para medir alcances reducidos de temperatura justamente a causa de sus grandes variaciones de resistencia.

1.5.8 TERMÓMETRO DE RESISTENCIA

Consiste en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica.

El material que forma el conductor se caracteriza por el llamado "coeficiente de temperatura de resistencia" que expresa, a una temperatura especificada, la variación de la resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia su temperatura. En la figura 1.15 se muestra algunos tipos de Termómetros de Resistencia.



Figura 1.15 Tipos de termómetros de resistencia

1.5.9 SENSORES DE IC

Se pueden considerar como sensores inteligentes ya que, se ha utilizado en varios contextos para clasificar desde sensores que incorporan unos pocos dispositivos activos para mejorar la calidad de la señal hasta sensores que incorporan bloques sofisticados de circuitos electrónicos con parte analógica y digital para convertir un sensor pasivo en un sensor inteligente.

Se considera que un sensor inteligente es capaz de:

1. Proporcionar una señal digital.
2. Comunicarse a través de un bus digital bidireccional.
3. Ejecutar funciones y órdenes lógicas.

Sin embargo, los sensores de IC no tienen tantas opciones de configuraciones del producto o de gama de temperaturas, y además son dispositivos activos, por lo que requieren una fuente de alimentación.

Los sensores de IC forman parte de la tendencia hacia los "sensores inteligentes", que son unos transductores cuya inteligencia incorporada facilita las actividades de reducción y análisis de datos que el usuario debe realizar normalmente en el sistema de adquisición de datos.

1.6 VISUALIZADOR GRÁFICO LABVIEW

LabVIEW es un sistema de programación gráfico para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos. Las ventajas que presenta este programa se resumen en los siguientes:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y muy fácil de aprender.

- Dota de gran flexibilidad al sistema permitiendo cambios y actualizaciones tanto del Hardware como del Software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema esta dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.
- Una de las diferencias que marca este tipo de programa con referencia a los demás que este utiliza un programador gráfico.

Los programas desarrollados mediante Labview se denominan instrumentos virtuales (Vis), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real.

Todos los Vis tienen un panel frontal y un diagrama de bloques. Las paletas contienen las opciones que se crean para emplear para crear y modificar los instrumentos virtuales.

1.6.1 PANEL FRONTAL

Se trata de un interfaz gráfico de instrumento virtual con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Esta formado por una serie de bloques, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc. Cada uno de ellos puede estar definido como un control (a) o como un indicador (b).

Los primeros sirven para introducir parámetros al instrumento virtual, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sea datos adquiridos o resultados de alguna operación. En la Figura 1.16 se muestra el panel frontal.

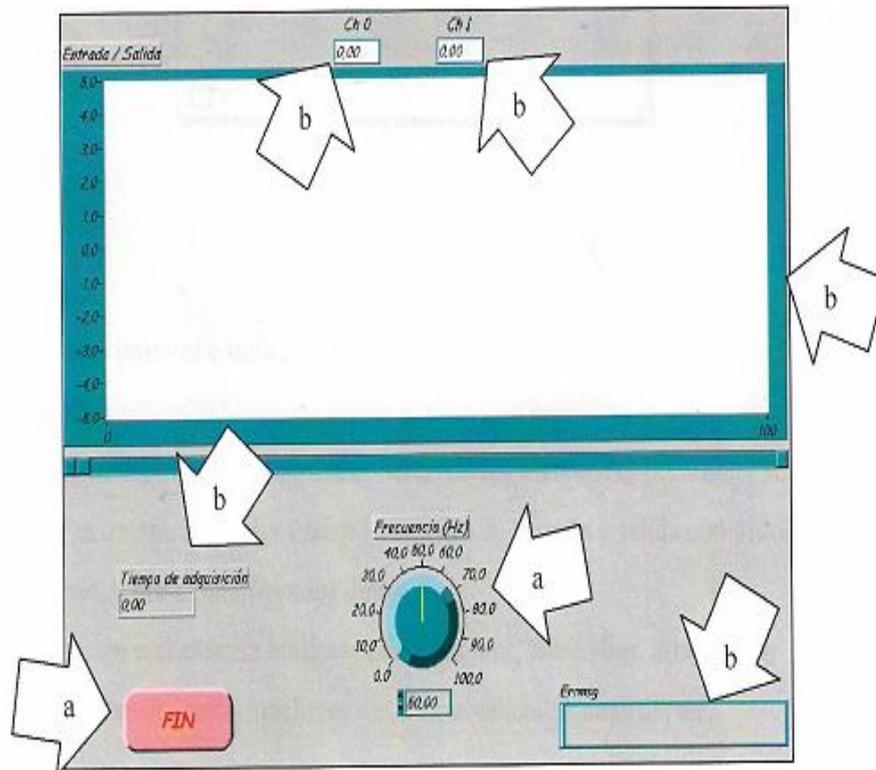


Figura 1.16 Panel Frontal

1.6.2 DIAGRAMA DE BLOQUE

Constituye el código fuente del instrumento virtual, es aquí donde se realiza la implementación del programa. En la Figura 1.17 se muestra el diagrama de bloques.

- a) Función.
- b) Terminales (control e indicador).
- c) Estructura.

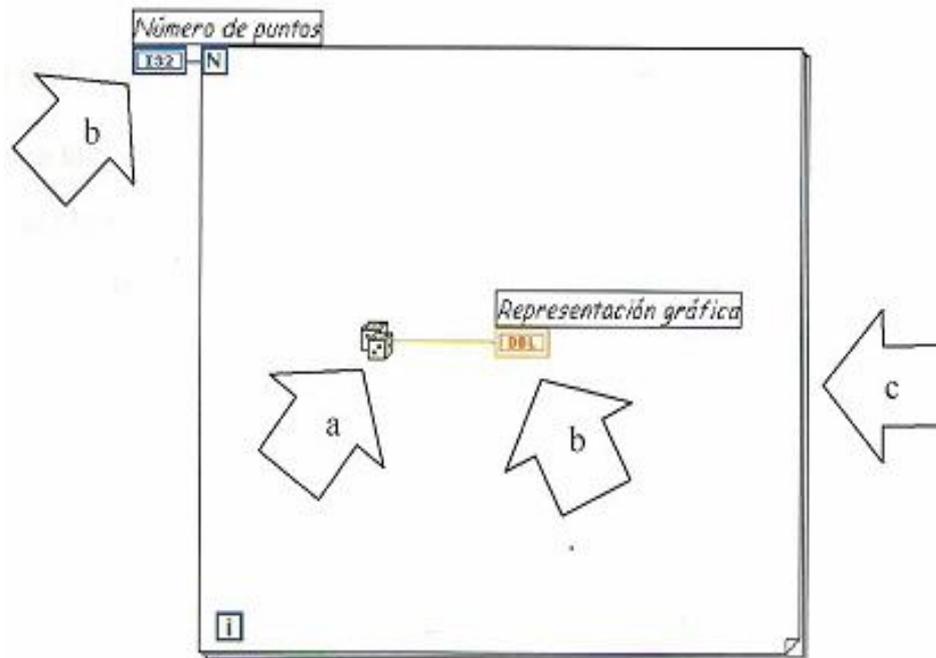


Figura 1.17 Diagrama de bloque

1.6.3 PALETAS

Las *paletas* de LabVIEW proporcionan las herramientas que se requieren para crear y modificar tanto el panel frontal como el diagrama de bloques. Existen las siguientes paletas:

a) Paleta de herramientas

Contiene las herramientas necesarias para editar y depurar los objetos tanto del panel frontal como del diagrama de bloques. En la Figura 1.18 se muestra la paleta de herramientas.



Figura 1.18 Paleta de Herramientas

b) Paleta de controles

Se utiliza únicamente en el panel frontal. Contiene todos los controles e indicadores que se emplearán para crear la interfaz del instrumento virtual con el usuario. En la Figura 1.19 se muestra la Paleta de Controles.



Figura 1.19 Paleta de Controles

c) Paleta de funciones

Se emplea en el diseño del diagrama de bloques. La paleta de funciones contiene todos los objetos que se emplean en la implementación del programa, ya sean funciones aritméticas, de entrada/salida de señales, entrada/salida de datos a

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y DISEÑO

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se tratarán temas como: el análisis del sistema actual con el que cuenta en Centro de metrología de la Fuerza Terrestre, los requerimientos para el sistema de temperatura, el diseño del acondicionador de señal y el diseño del hardware y software.

Para el diseño de la solución del tema “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de temperatura para acoplarse al Sistema de Caracterización de Medios Isotérmicos en el CMFT” se han tomado los siguientes criterios:

- El rango de temperatura será de -55°C a 150°C .
- Los sensores de temperatura estarán colocados al microcontrolador a diferentes distancias, dentro del rango de 1m hasta 20m.
- La caída de tensión que existe del sensor al microcontrolador.
- La visualización de los datos será en una PC.

2.2 ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL

La Caracterización de Medios Isotérmicos en el CMFT se realiza hasta el momento a través del **Black Stack Thermometer Readout - Model 1560**, el cual es uno de los equipos más versátiles, rentables y de lectura exacta en el mundo.

Los termómetros pueden hacer varios trabajos, pero son caros, complejos y difíciles de utilizar a diferencia de este equipo.

2.2.1 CARACTERÍSTICAS **BLACK STACK THERMOMETER READOUT - MODEL 1560**

- Lee RTDs, termistores y termopares.
- Tiene módulos de: PRT(módulo de elevada temperatura), normas termistor, escáner de termistor, termopar de precisión y termopar escáner.
- Alta precisión de referencia ($\pm 0,0013 \text{ } ^\circ \text{C}$)

Este sistema posee variadas opciones tanto de sensores como de configuración que le hacen un dispositivo muy eficaz en el momento de la caracterización de medios isotérmicos.

Cabe destacar que este dispositivo posee un cable de conexión desde el sensor de temperatura determinado hasta este modulo de solo 50 cm lo que representa una dificultad en el momento de trabajar en lugares amplios donde la caracterización se toma hasta 3 días o más.

En la figura 2.1 se muestra el Black Stack Thermometer el mismo que es utilizado en el Centro de Metrología de la Fuerza Terrestre.



Figura 2.1 Termómetro de lectura Modelo 1560

El termómetro de lectura tiene un módulo de base el cual consta de las siguientes partes: la pantalla con el procesador principal de trabajo (botones de control, y puerto RS-232 incorporado), la fuente de alimentación, coordinación y software para todos los otros módulos.

2.3 ELEMENTOS PARA EL SISTEMA DE TEMPERATURA

Para ubicar a los sensores hasta una distancia de 5 metros la conexión se hará por medios alámbricos y para los sensores ubicados a más de 5 metros se hará a través de medios inalámbricos, estas señales de los sensores requieren previamente ser acondicionados para que a través de los microcontroladores establezcan la adquisición a la PC.

Por lo anterior, los elementos necesarios para el sistema de temperatura son los siguientes:

- Sensores de temperatura LM35.
- Microcontrolador PIC16F819
- MAX232
- Interfase RS232
- PIC12F629
- Transceiver 433MHz
- Microcontrolador PIC16F877A
- Puerto Serial.

2.3.1 SENSOR DE TEMPERATURA LM35

Se seleccionó éste sensor ya que posee una precisión calibrada de 1°C, puede medir temperaturas en el rango que abarca desde -55° a + 150°C. La salida es muy lineal y cada grado centígrado equivale a 10 mV en la salida. Se utilizan 8 de este tipo para la caracterización.

El sensor se presenta en diferentes encapsulados pero el más común es el To-92 de igual forma que un típico transistor con 3 patas, dos de ellas para alimentarlo y la tercera nos entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo. La figura 2.2 muestra su configuración de izquierda a derecha los pines son: VCC - Vout - GND.

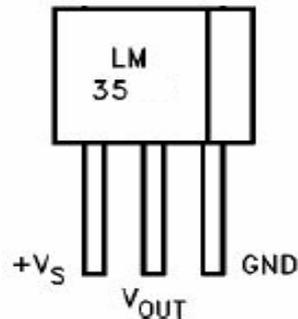


Figura 2.2 Sensor de temperatura LM35

Posee las siguientes características:

- Rango de alimentación comprendido entre 4 y 30 voltios.
- Podemos conectarlo a un conversor Analógico/Digital y tratar la medida digitalmente, almacenarla o procesarla con un μ Controlador o similar.
- La salida es lineal y equivale a $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ por lo tanto:

$$+1500\text{mV} = 150^\circ\text{C}$$

$$+250\text{mV} = 25^\circ\text{C}$$

$$-550\text{mV} = -55^\circ\text{C}.$$

2.3.2 MICROCONTROLADOR PIC16F819

El MAX232 y el Tranceiver requieren de señales digitales, por la cual se debe utilizar éste microcontrolador que posee un conversor analógico – digital.

Además, en éste microcontrolador se tendrá un programa en el cual recibirá órdenes del PIC16F877A para enviar los datos de los sensores cada vez que este lo requiera.

2.3.3 MAX232

Es un circuito integrado que convierte los niveles de las líneas de un puerto serie RS232 a niveles TTL y viceversa.¹⁴ La disposición de pines se muestra en la figura 2.3

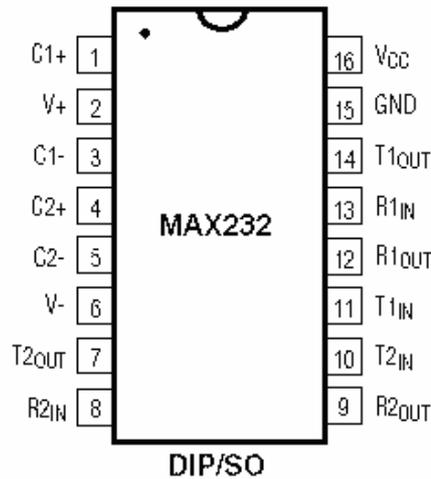


Figura 2.3 Diagrama del MAX232

El MAX232 soluciona la conexión necesaria para lograr comunicación entre el puerto serie de una PC y cualquier otro circuito con funcionamiento en base a señales de nivel TTL/CMOS.

Posee dos conversores de nivel TTL a RS232 y otros dos que, a la inversa, convierten de RS232 a TTL. Como se muestra en la Figura 2.4.

- Estos conversores permiten manejar las cuatro señales más utilizadas del puerto serie del PC, que son TX (señal de transmisión de datos), RX (recepción de datos), RTS y CTS (establecer el protocolo para el envío y recepción de los datos).

www.datasheetcatalog.net/es/datasheets ¹⁴

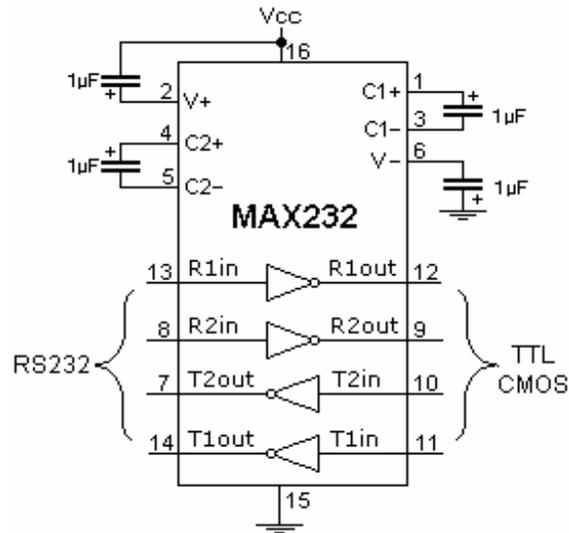


Figura 2.4 Diagrama interno del MAX232

2.3.4 INTERFASE RS232

Es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo Terminal de datos) y un DCE (Equipo de Comunicación de datos) ¹⁵

La interfaz RS-232 está diseñada para distancias cortas, de unos 15 metros o menos. Por esta razón, no se utiliza para sensores ubicados a la distancia de 20m y para velocidades de comunicación bajas, de no más de 20 Kilobytes/segundo.

Esta interfaz se basa en comunicación asíncrona y en modo de transmisión half dúplex; es decir, los datos pueden viajar en una u otra dirección, pero solo en un determinado periodo de tiempo.

El RS232 se utiliza para los sensores ubicados hasta 5m y para la comunicación serial del PIC16F877A a la PC.

¹⁵ es.wikipedia.org/wiki/COM1 - 35k

En la Tabla 2.1 se muestran las señales RS-232 más comunes según los pines asignados para los diferentes conectores.

Tabla 2.1 Diagrama de conexiones para diferentes tipos de conectores

SEÑAL		DB-25	DE-9 (TIA-574)	EIA/TIA 561	YOST	RJ-50	MMJ
Common Ground	G	7	5	4	4,5	6	3,4
Transmitted Data	TD	2	3	6	3	8	2
Received Data	RD	3	2	5	6	9	5
Data Terminal Ready	DTR	20	4	3	2	7	1
Data Set Ready	DSR	6	6	1	7	5	6
Request To Send	RTS	4	7	8	1	4	-
Clear To Send	CTS	5	8	7	8	3	-
Carrier Detect	DCD	8	1	2	7	10	-
Ring Indicator	RI	22	9	1	-	2	-

2.3.5 TRANSMISOR RECEPTOR ASK DE 433MHZ

Se utilizó este tipo de Tranceiver de datos, ya que después de pruebas realizadas con el cable par trenzado existían pérdidas en las distancias menores a 10m, y con el Transmisor Receptor ASK la transmisión no es eficiente para esta aplicación, en vista que la información se transmite bit por bit. En la Figura 2.5 muestra una foto de este tipo de Tranceiver.



Figura 2.5 Diagrama del PIC12F629

El Tranceiver posee las siguientes características:

- Opera a la Frecuencia de 433MHZ.
- Alcance máximo de 500m en línea de vista.
- Interface: RS232/TTL.
- Ocho canales expandibles.
- Modo de transmisión Half duplex.
- El Transmisor y el receptor se encuentran en la misma placa.

2.3.6 MICROCONTROLADOR PIC16F877A

Este microcontrolador ubicado en el circuito máster se encarga de dar órdenes al PIC16F819, el cual envía los datos de los 8 sensores pero uno a la vez; estos una vez serán enviados por medio del interfaz RS232 a la PC para ser visualizados.

Se utilizó este microcontrolador porque posee varios pines de I/O, los mismos que servirán para implementar más sensores si se requieren.

Una de las desventajas es que debe ser conectado con un cristal externo y necesita también el Master Clear una resistencia Pull – up ya que no hay forma de deshabilitar esta opción¹⁶.

2.3.7 INTERFAZ SERIAL

Es un interfase de comunicación de datos digitales utilizado por computadoras y periféricos, en donde la información es transmitida bit a bit enviando un solo bit a la vez.¹⁷

La comunicación serial que ocupa el computador es del tipo RS232, utilizando lógica inversa para la transmisión y recepción de datos. Se la puede hallar en el conector DB9 Macho que posee cada CPU que se lo identifica en la Figura 2.6



Figura 2.6 Conector DB9 Macho

En la Tabla 2.2 se muestra la configuración del Conector DB9.

Tabla 2.2 Configuración del Conector DB9

Propósito de cada uno de los pines del Conector DB9	
<input type="checkbox"/>	Propósito
1	Tierra de chasis.
2	Recibe los datos (RD)
3	Transmite los datos (TD)
4	Terminal de datos está listo (DTR)
5	Tierra de señal.
6	Conjunto de datos está listo (DSR)
7	Solicita permiso para enviar datos (RTS)
8	Pista libre para enviar datos (CTS)
9	Timbre telefónico.

2.4 DISEÑO DEL ACONDICIONADOR DE SEÑAL

Los valores proporcionados por los sensores de temperatura no pueden ser utilizados directamente, pues resulta que son demasiado débiles para conectarlos directamente a un microcontrolador, en este caso al PIC16F819; por esta razón es que se optó por utilizar un circuito amplificador.

Para medir una señal se debe considerar, entre otras cosas, su tipo y valores máximos y mínimos, a fin de saber qué instrumento de medición se requiere y si ésta es susceptible de medición.

Puesto que muchos casos la señal debe ser "preparada" para medirse confiablemente, es indispensable conocer la forma apropiada de lograr esto.

Es necesario implementar un circuito amplificador, ya que la señal que genera el sensor es muy débil, para lo cual se realizó el circuito de la Figura 2.7. que convierte la variación de (-0.55V a 1.50V) a un rango de 0 a 5V.

DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS

- **Batería de 9VDC:** La podemos encontrar en cualquier electrónica. Se utilizó esta batería porque los elementos van conectados a diferentes distancias y sería difícil poner una fuente de alimentación, más aún en los sensores que se transmiten por medios inalámbricos.
- **LM7805:** Regulador de voltaje, el mismo que nos servirá para alimentar a los elementos que requieran trabajar con 5VDC.
- **1N4001:** Se lo utilizó como protección.
- **LM555:** Circuito a estable utilizado para generar pulsos.
- **1N4007:** Diodo utilizado para generar voltajes negativos.
- **1N4733A:** Diodo zener utilizado para mantener el voltaje fijo.
- **Circuito Amplificador sumador no inversor:** Compara los voltajes de la salida del LM35 y del Timer.

En la figura 2.7 se indica el circuito implementado.

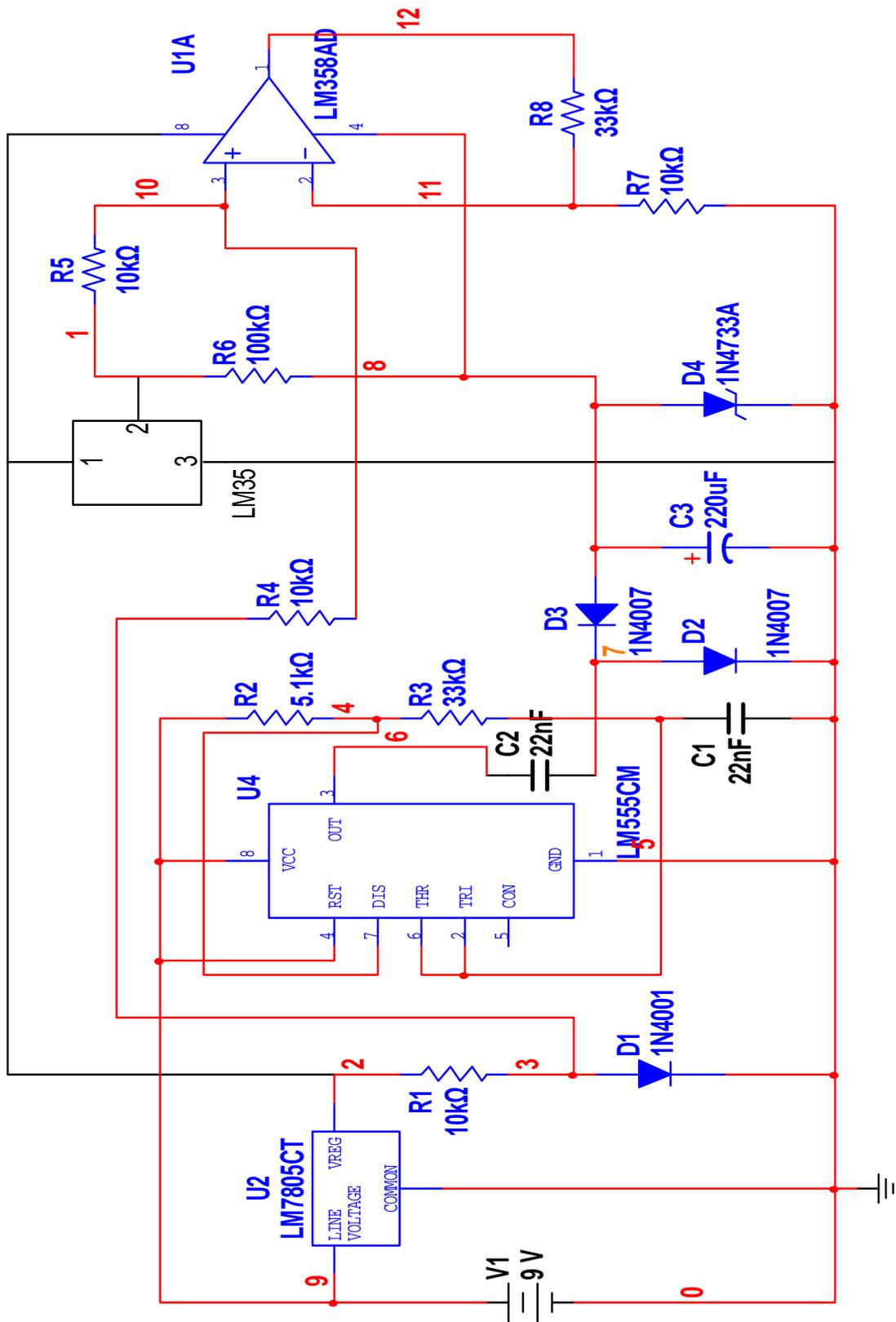
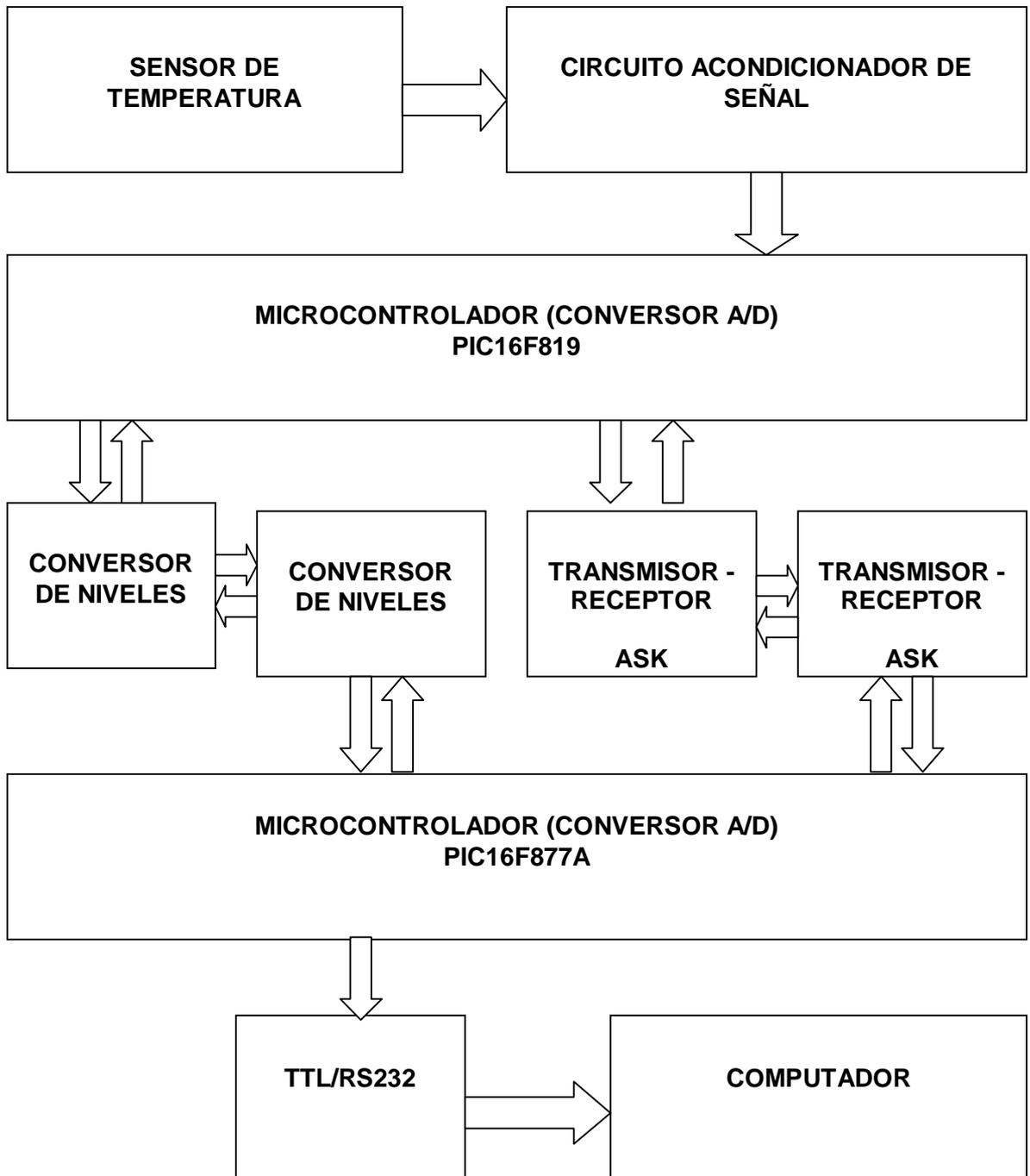


Figura 2.7 Circuito para el acondicionador de señal

2.5 DISEÑO DEL HARDWARE

2.5.1 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL SISTEMA DE MONITOREO

Aquí se muestra el proceso a la cual se somete la señal del sensor de temperatura hasta llegar a visualizarse en el computador.



2.5.2 CIRCUITO PARA LAS DISTANCIAS DE 2 Y 5 METROS

En la Figura 2.8 se muestra el circuito utilizado para las distancias de 2 y 5 metros, en donde se encuentra la etapa de acondicionamiento de señal, la conversión de Analógico/ Digital y el CI MAX 232 que convierte señales de TTL a RS232.

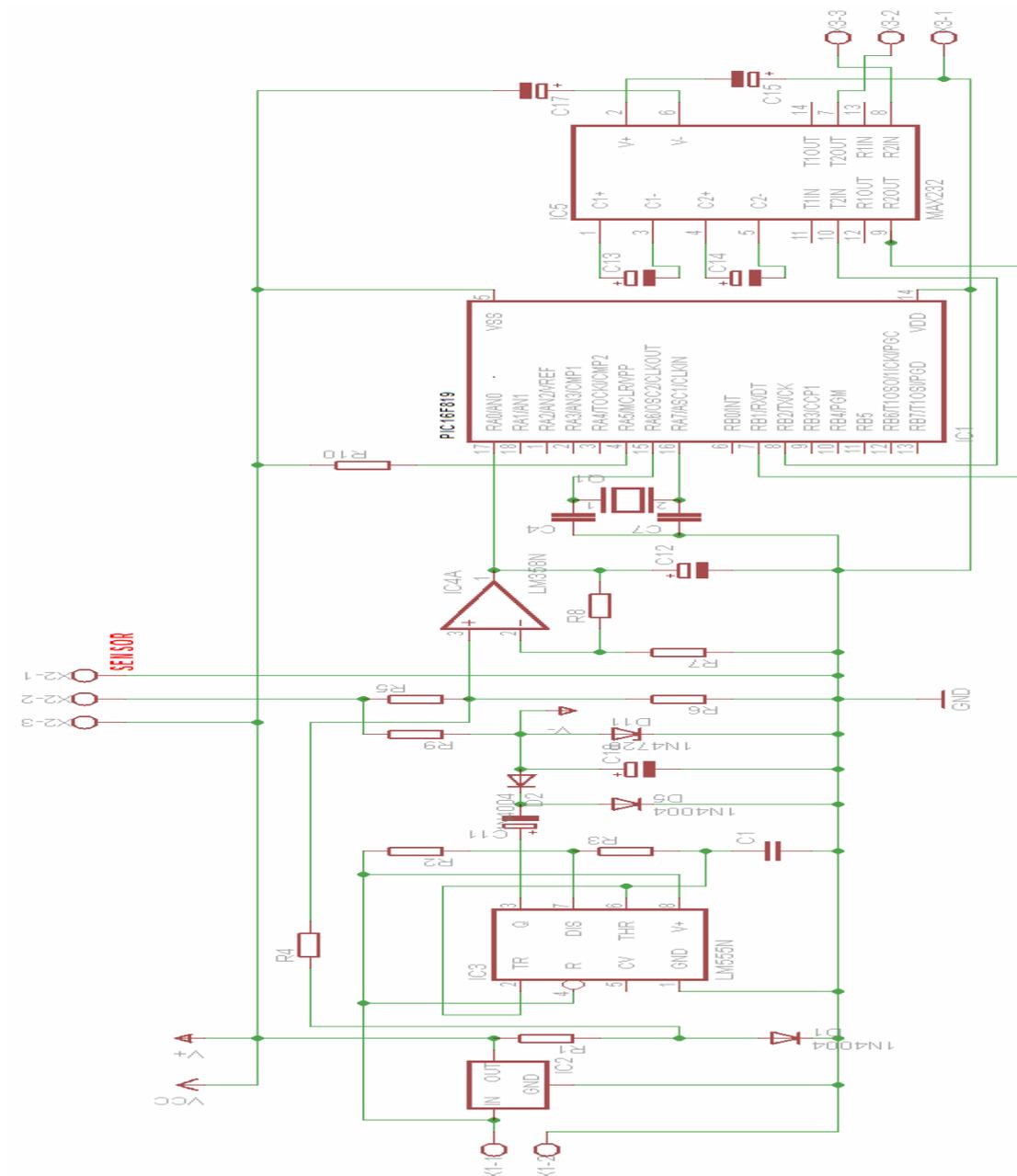


Figura 2.8 Circuito para las distancias de 2 y 5 metros

2.5.3 CIRCUITO PARA LAS DISTANCIAS DE 10 METROS EN ADELANTE

En la Figura 2.9 se muestra el circuito utilizado para las distancias de 10 m en adelante, en donde se ilustra el acondicionamiento de señal, la conversión de Analógico/Digital y la transmisión de datos por medio del Transceiver.

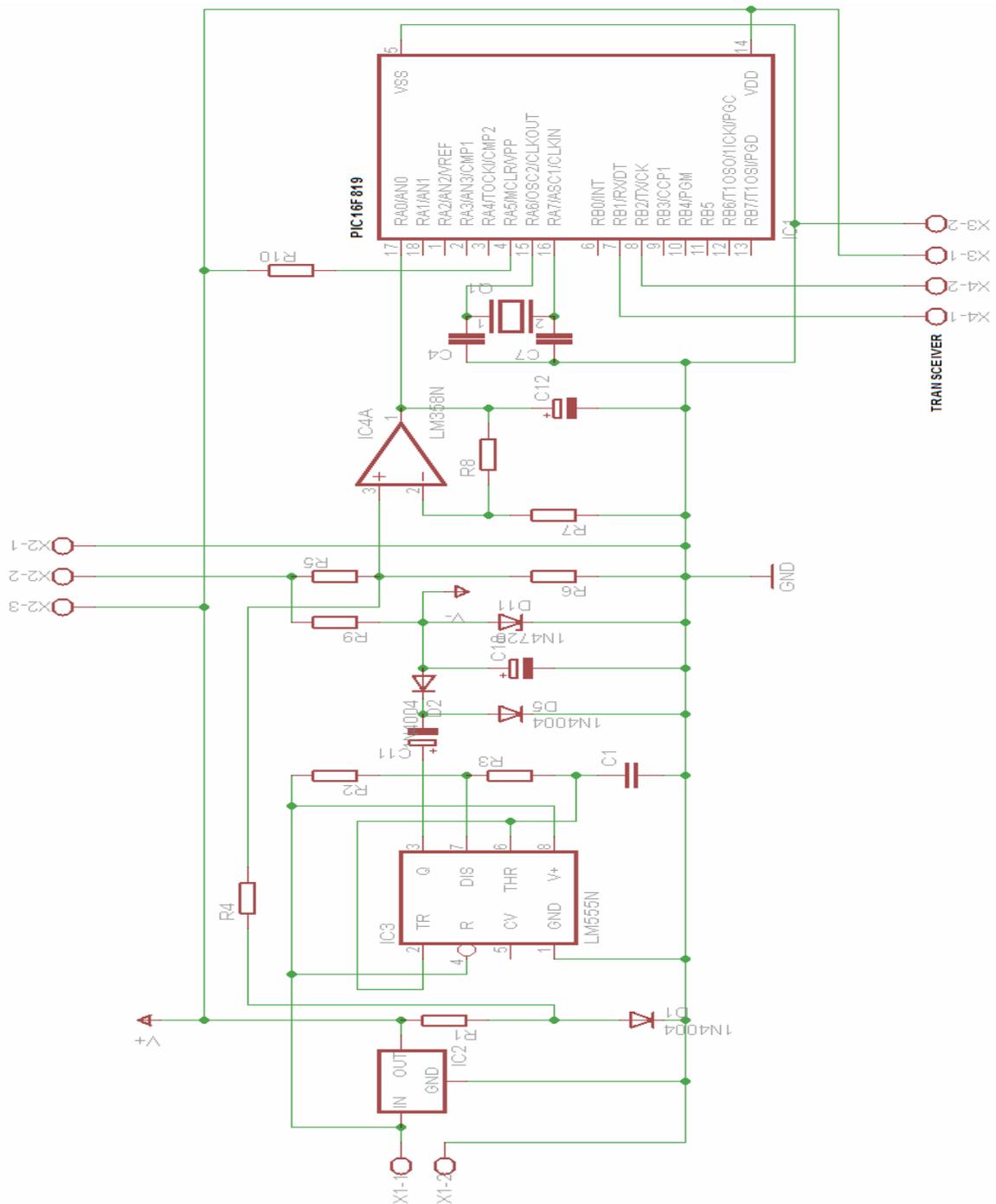


Figura 2.9 Circuito para 10 metros en adelante

2.6 DISEÑO DEL SOFTWARE

Para el Diseño del Software se requieren la programación de los PIC16F819, PIC16F877A y la programación en LABVIEW.

2.6.1 PROGRAMA PARA LOS MICROCONTROLADORES PIC16F819

Para utilizar el conversor análogo - digital que posee este microcontrolador es necesario estudiar la instrucción ADCIN.

Los bits del puerto A, que permiten utilizar la función de conversores análogo - digital son el A.0, A.1, A.2, A.3 y A.4, los que detectan el nivel del voltaje que ingresa por el PIN y si trabajamos a 8 bits, el nivel del voltaje los dividirá en 256 segmentos que irán desde 0 a 255.

Por lo tanto la instrucción ADCIN, permite entregar niveles de voltaje y guardarlos en una variable definida por el usuario.

Su sintaxis de manejo en lenguaje Basic es:

SDCIN 0, DATOS

Que significa lea el canal cero y guarde el resultado obtenido en la variable DATOS.

Para apagar los comparadores de voltaje del puerto A que posee este microcontrolador y convertirlos a digitales, se utiliza la instrucción `ADCON1=%`

El programa realizado en el PIC16F819 para transmitir los datos por medio alámbrico e inalámbrico son direccionados al microcontrolador PIC16F877A.

Esclavo con max232 para las distancias de 2 y 5 metros

```
DefineADC_BITS    10
DefineADC_CLOCK    3
DefineADC_SAMPLEUS 50
TRISA=%00100001    'RA0
ADCON1=%10001110
TRISB=%00000010
```

```
dato var word
rx var portb.1
tx var portb.2
```

```
loop:
serin2 rx,396,[wait("a")]
PAUSE 10
ADCIN porta.0,dato
serout2 tx,396,["a",dec3 dato]
Pause 1000
Goto loop
```

Esclavo con módulo de RF para las distancias mayores a 10 metros

```
TRISA=%00100001
ADCON1=%10001110
TRISB=%00000010
```

```
dato var word
tx var portb.1
rx var portb.2
cad var byte[5]
temp var word
mil var byte
cent var byte
dece var byte
unid var byte
cad[0]=1
cad[1]=2
cad[2]=3
cad[3]=5
loop:
serin2 rx,396,[wait("f")]
PAUSE 100
ADCIN porta.0,dato
cad[0]=(dato/100)
dato= dato mod 100
```

```

cad[1]=(dato/10)
cad[2]= dato mod 10
serout2 tx,396,["f",STR cad\3]
Pause 1000

```

```
Goto loop
```

2.6.2 EL JUEGO DE INSTRUCCIONES USADO POR EL MICROCONTROLADOR PIC16F877A

```

TRISA=%00000000
ADCON1=7      'puerto a digital
trisb=%10011001
trisd=%10010000
trisc=%10000000
rx1  var portb.7
tx1  var portb.6
tx2  var portb.5
rx2  var portb.4
rx3  var portb.3
tx3  var portb.2
tx4  var portb.1
rx4  var portb.0
rx5  var portd.7
tx5  var portd.6
txp  var portd.5
rxp  var portd.4
rxrf var portc.7
txrf var portc.6
dato  var word
signo var byte
sensor var byte
cad   var byte[4]
loop:
serout2 txp,396,["y ahora?"]
cero:
serout2 tx1,396,["a"]
pause 10
serin2 rx1,396,1000,cero,[wait("a"),dec3 dato]
pause 10
sensor="a"
serout2 txp,396,["recibido",dec3 dato]
gosub envia
'uno:
'  serout2 tx2,396,["b"]

```

```

' pause 10
' serout2 txp,396,["aqui"]
' serin2 rx2,396,1000,uno,[wait("b"),dec3 dato]
' pause 10
' sensor="b"
' gosub envia
'dos:
' serout2 tx3,396,["c"]
' pause 10
' serin2 rx3,396,1000,dos,[wait("c"),dec3 dato]
' pause 10
' sensor="c"
' gosub envia
'tres:
' serout2 tx4,396,["d"]
' pause 10
' serin2 rx4,396,1000,tres,[wait("d"),dec3 dato]
' pause 10
' sensor="d"
' gosub envia
'cuatro:
' serout2 tx5,396,["e"]
' pause 10
' serin2 rx5,396,1000,cuatro,[wait("e"),dec3 dato]
' pause 10
' sensor="e"
' gosub envia
'cinco:
' serout2 txrf,396,["f"]
' pause 10
' serin2 rxrf,396,1000,cinco,[wait("f"),str cad\3]
' pause 10
' sensor="f"
' gosub envia2
'seis:
' serout2 txrf,396,["g"]
' pause 10
' serin2 rxrf,396,1000,seis,[wait("g"),str cad\3]
' pause 10
' sensor="g"
' gosub envia2
'siete:
' serout2 txrf,396,["h"]
' pause 10
' serin2 rxrf,396,1000,siete,[wait("h"),str cad\3]
' pause 10
' sensor="h"
' gosub envia2

```

```

' pause 2000
Goto loop
envia:
'dato=dato/5
if dato<55 then
signo="-"
dato=55-dato
else
'if dato>=55 then
signo="+"
dato=dato/2
dato=dato-27
endif
serout2 txp,396,[sensor,signo,dec3 dato]
pause 1000
return
envia2:
dato=(cad[0])*100+(cad[1])*10+(cad[2])
if dato<55 then
signo="-"
dato=55-dato
else
'if dato>=55 then
signo="+"
dato=dato/2
dato=dato-27
endif
serout2 txp,396,[sensor,signo,dec3 dato]
pause 1000
return

```

2.6.3 PROGRAMA EN EL VISUALIZADOR GRÁFICO LABVIEW

LabVIEW es una herramienta gráfica de programación, esto significa que los programas no se escriben, sino que se dibujan, facilitando su comprensión.

Un programa se divide en Panel Frontal y Diagrama de Bloques. El Panel Frontal es la interfaz con el usuario, donde se visualizan las temperaturas de cada uno de los sensores y las distancias a la que estos se encuentran. En la figura 2.11 se muestra el panel frontal del monitoreo de temperaturas.



Figura 2.11 Panel Frontal del monitoreo de temperaturas

El Diagrama de Bloques es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan íconos que realizan una determinada función y se interconectan (el código que controla el programa). Suele haber una tercera parte icono/conector que son los medios utilizados para conectar un Instrumento Virtual (VI) con otros Instrumentos Virtuales (Vis). En la figura 2.12 muestra el Diagrama de Bloque.

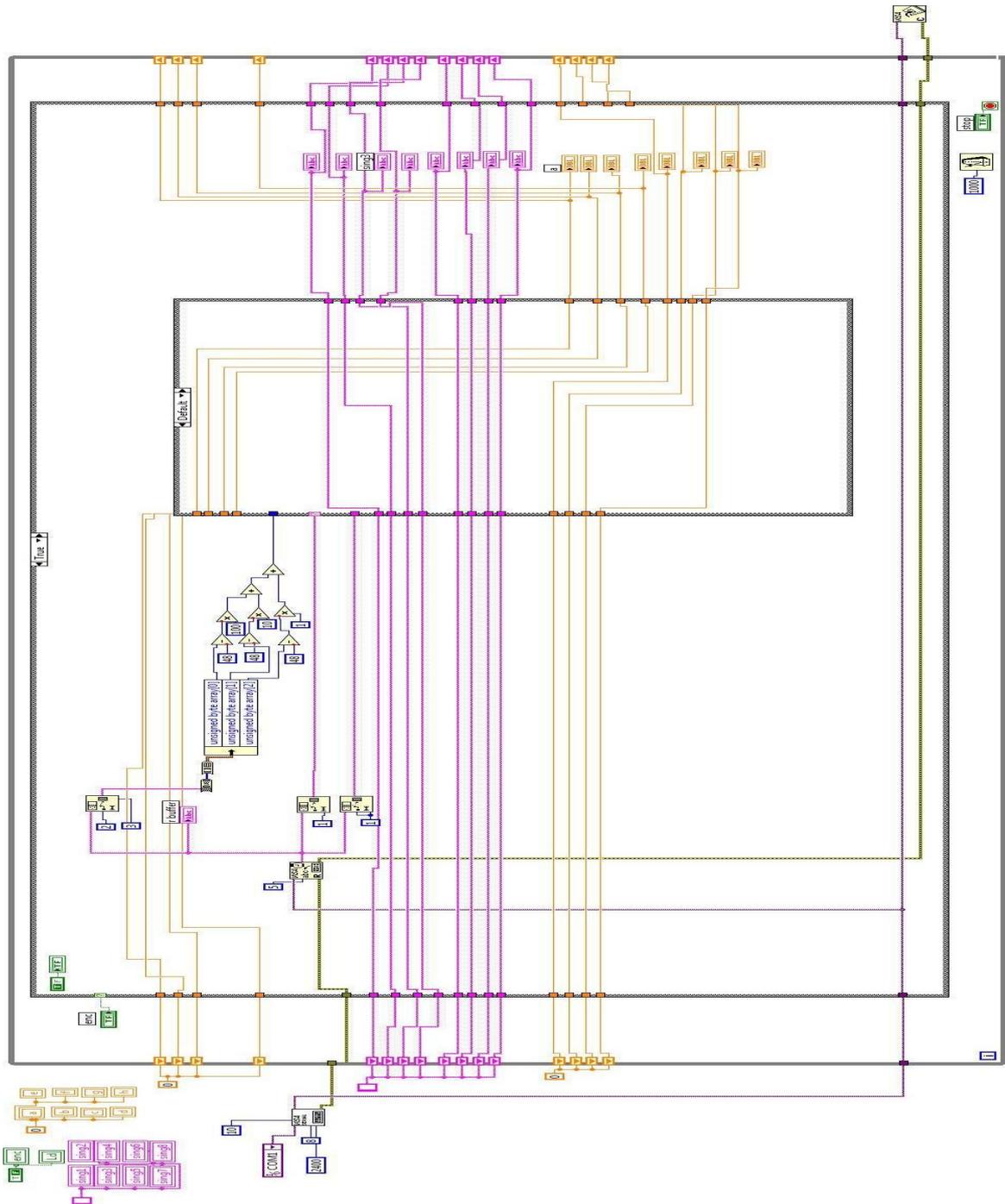


Figura 2.12 Diagrama de Bloques para el monitoreo de temperaturas

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO Y ANÁLISIS TEÓRICO ECONÓMICO

3.1 SITIO DE LA IMPLEMENTACIÓN

La implementación se realizó en el laboratorio de Termometría del Centro de Metrología de la Fuerza Terrestre.



Figura 3.1 Laboratorios del Centro de Metrología de la Fuerza Terrestre

3.2 SISTEMA ACTUAL EN BASE AL (BLACK STACK THERMOMETER) CON QUE CUENTA EL CMFT



Figura 3.2 Sistema actual de Caracterización

3.3 SISTEMA DE MONITOREO IMPLEMENTADO

En la Figura 3.3 se presenta el Sistema de Monitoreo de Temperaturas diseñado y construido para la Caracterización de Medios Isotérmicos implementado en el CMFT.



Figura 3.3 Sistema de Monitoreo Implementado

3.4 ANÁLISIS TEÓRICO ECONÓMICO

Para realizar este análisis se tomó en cuenta la selección y la adquisición de los diferentes elementos y dispositivos a utilizarse en la implementación del sistema de monitoreo.

En la Tabla 3.1 se detalla el costo de los elementos para el circuito esclavo para distancias mayores a 10m.

Tabla 3.1 Costos para circuito mayor a 10m

3 PLACAS PEQUEÑAS			
CANTIDAD	DETALLE	VALOR/UNIT.	TOTAL
30	Resistencias	0,05	1,50
3	lm4733	0,15	0,45
9	1N4007	0,12	1,08
3	cond. 100/50	0,10	0,30
3	cond 22/25	0,10	0,30
3	cond 100/25	0,10	0,30
3	crystal 4MHz	0,75	2,25
6	cond 22pf	0,10	0,60
3	cond 223	0,10	0,30
6	zocalo 8p	0,10	0,60
3	zocalo 18p	0,15	0,45
3	bornera 3p	0,30	0,90
9	bornera 2p	0,25	2,25
3	lm7805	0,55	1,65
3	lm358	0,55	1,65
3	LM555	0,45	1,35
3	PIC16F819	5,30	15,90
		TOTAL	31,83

En la Tabla 3.2 se detalla los costos de los elementos que se utilizan para el circuito esclavo para distancias hasta 5m.

Tabla 3.2 Costos para circuito hasta los 5m

5 PLACAS MEDIANAS			
CANTIDAD	DETALLE	VALOR/UNIT.	TOTAL
50	resistencias	0,05	2,50
5	1n4733	0,15	0,75
15	1n4007	0,12	1,80
5	crystal 4MHz	0,75	3,75
10	cond 22pf	0,10	1,00
10	zocalo 8p	0,10	1,00
5	zocalo 16p	0,15	0,75
5	zocalo 18p	0,15	0,75
5	cond 223	0,10	0,50
10	bornera 3p	0,30	3,00
5	bornera 2p	0,25	1,25
5	cond 100/50	0,10	0,50
5	cond 22/25	0,10	0,50
5	cond 100/25	0,10	0,50
20	cond 1/50	0,10	2,00
5	LM7805	0,55	2,75
5	LM555	0,45	2,25
5	LM358	0,55	2,75
5	PIC16F819	5,30	26,50
5	Max 232	2,30	11,50
		TOTAL	66,30

En la Tabla 3.3 se detalla los costos de los elementos que se utilizan para el circuito máster.

Tabla 3.3 Costos para circuito máster

1 PLACA GRANDE			
CANTIDAD	DETALLE	VALOR/UNIT.	TOTAL
3	bornera 2p	0,25	0,75
5	bornera 3p	0,30	1,50
1	zocalo 40p	0,30	0,30
3	zocalo 16p	0,15	0,45
12	cond 1uf	0,10	1,20
1	resistencia	0,05	0,05
1	LM7805	0,55	0,55
1	crystal 4MHz	0,75	0,75
2	cond 22pf	0,10	0,20
1	DB9H PCB	0,55	0,55
3	Max 232	2,30	6,90
1	PIC 16F877A	8,50	8,50
		TOTAL	21,70

En la Tabla 3.4 se detalla los costos de elementos y materiales adicionales

Tabla 3.4 Costos de materiales adicionales

MATERIALES ADICIONALES			
CANTIDAD	DETALLE	VALOR/UNIT.	TOTAL
4	Transceptor RF	42,00	168,00
1	baquelita 20x30	3,30	3,30
2	papel termosensible	1,00	2,00
2	fda cloruro	0,50	1,00
2	estaño	0,25	0,50
8	LM35	3,00	24,00
		TOTAL	198.8
		TOTAL GASTO	318.63

Realizado un análisis de la Tabla 3.4 se observa que el costo total no es muy elevado si se dispone del programa LABVIEW y de la PC.

Conclusión Técnico Económico

El costo de los elementos que intervienen en el proyecto, al compararlos con un equipo que se puede encontrar en el mercado (como por ejemplo el *Black Stack* Thermometer Readout - Model 1560, u otro) es menor; además los elementos son de fácil adquisición en el mercado, por lo que se puede replicarse y aumentar sus potenciabilidades.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El objetivo trazado al inicio de la presente monografía a sido cumplido en su totalidad.
- En el diseño e implementación del sistema se han empleado los conocimientos teóricos – prácticos adquiridos en el transcurso de la carrera además de la investigación adicional realizada.
- Resulta de gran ayuda los manuales, hojas técnicas, especificaciones dadas por los fabricantes de los circuitos integrados; con la finalidad de obtener valores reales de funcionamiento, características de funcionamiento y aplicaciones de los circuitos integrados.
- Es necesario tener muy en cuenta el tipo de sensor de temperatura, ya que de éste depende el funcionamiento de todo el sistema.
- Para medir temperaturas menores a 0°C el LM35 necesita polarizarse con +- VCC.
- Con la utilización del CI MAX232 se puede disminuir la caída de tensión en los sensores ubicados hasta 5m.
- Con la utilización del Transmisor- Receptor se logra alcanzar distancias mayores a las requeridas.
- La programación en Basic de los microcontroladores de la fábrica Microchip son muy utilizados debido a su fácil comprensión.

- Un programa en LabVIEW permite desarrollar una interfase de usuario amigable.
- Este sistema se encuentra diseñado para monitorear temperaturas entre los -55°C a 150°C .

4.2 RECOMENDACIONES

- En caso de avería se debe revisar el manual del usuario.
- Antes de utilizar el sistema de temperatura, el operador debe haber leído el manual de operación, para evitar algún problema con su manejo.
- Se recomienda acondicionar la señal de salida analógica del sensor de temperatura a un rango adecuado para el manejo con el microcontrolador.
- En la implementación se debe tener en cuenta deshabilitar la opción del MCRL del PIC16F877A ya que ésta opción no se la puede realizar mediante la programación.
- En los microcontroladores PIC16F819 y PIC16F877A se debe trabajar con el oscilador de 4MHz ya que este brinda una mayor estabilidad.
- Se recomienda tener en cuenta que los microcontroladores trabajan con 5V.
- Se debe cuidar de no golpear, mojar o dejar el sistema en lugares húmedos o corrosivos para un mejor mantenimiento de los elementos.
- El sistema debe apagarse después de su utilización.
- Se recomienda que la operación y mantenimiento sea responsabilidad del laboratorio al cual se halla confiado dicho proyecto.

- Se recomienda que en la malla de Tecnología en Electrónica se incluya la programación de Labview porque este programador es uno de los más utilizados en la actualidad.

ANEXOS

ANEXOS A

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Medios isotérmicos: Se entiende por medio isotérmico a la uniformidad (homogeneidad y estabilidad de una área determinada) en diversos puntos y a distintas profundidades.

Proceso isotérmico: Proceso en que la temperatura permanece constante.

ENAC, organismo designado por la Administración para evaluar la competencia técnica de acuerdo con normas internacionales.

La GUM: Esta recomendación internacional fue publicada por ISO en el año 1993 y su propósito es entregar recomendaciones generales para evaluar la incertidumbre de medida, "parámetro que caracteriza la dispersión de valores que razonablemente se podría atribuir a una medida" y sin el cual ninguna medición está expresada completamente, pues la incertidumbre está presente desde la materialización y transferencia de las unidades de medida.

Interfaz: una interfaz es el puerto (circuito físico) a través del que se envían o reciben señales desde un sistema o subsistemas hacia otros.

Sistema operativo: Un sistema operativo es un software de sistema, es decir, un conjunto de programas de computadora destinado a permitir una administración eficaz de sus recursos.

Lenguaje de programación: Un lenguaje de programación es un conjunto de símbolos y reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos y expresiones.

ROM: Memoria de solo lectura.

PROM: Memoria programable de solo lectura.

EPROM: Memoria programable y con capacidad de ser borrada.

RTD: Detectores de temperatura de resistencia.

NDIS: (*Network Driver Interface Specification*) Especificación de interfaz de controlador de red.

ODI: (*Open Data-Link Interface*) Interfaz abierta de enlace de datos.

UTP: Siglas en inglés de Unshielded twisted pair o par trenzado no apantallado.

STP: Acrónimo de Shielded Twisted Pair o Par Trenzado Apantallado.

TX: Transmisión de datos.

RX: Recepción.

RTS y CTS: Establecen el protocolo para el envío y recepción de los datos.

ANEXOS B

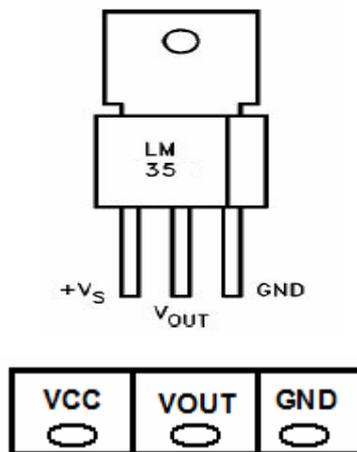
MANUAL DE USUARIO

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA DE CARACTERIZACIÓN DE MEDIOS ISOTÉRMICOS

A continuación se indican los procedimientos que se deben seguir para la operación del sistema, la maniobra, transportación y montaje de las placas; así como el manejo del programa en LabVIEW.

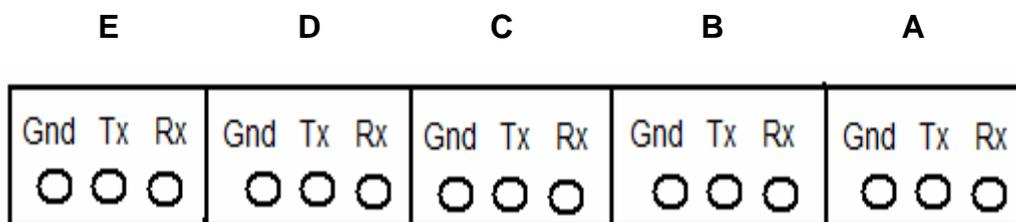
1 CONEXIONES

1.1 Para conectar el sensor LM35



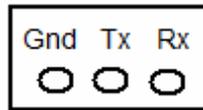
1.2 Conexiones de los circuitos esclavos al circuito máster

Para los módulos alámbricos



a) Entradas y salidas de la placa máster

A



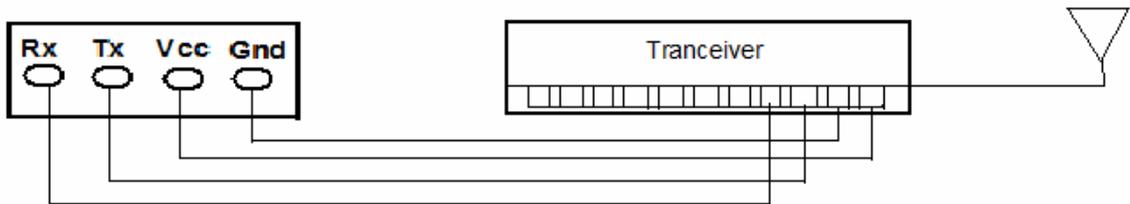
b) Entradas y salidas de las placas esclavo A,B,C,D,E

Conexiones entre la placa máster y el esclavo

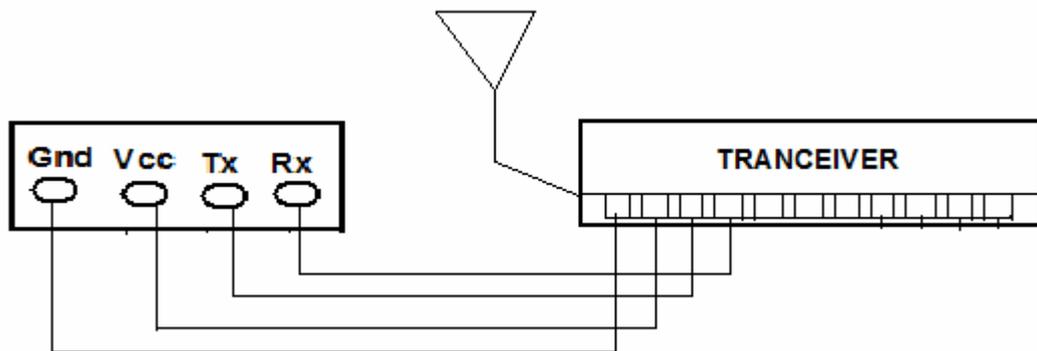
PLACA MÁSTER		PLACA ESCLAVO	
A	RX	TX	A
	TX	RX	
	GND	GND	
B	RX	TX	B
	TX	RX	
	GND	GND	
C	RX	TX	C
	TX	RX	
	GND	GND	
D	RX	TX	D
	TX	RX	
	GND	GND	
E	RX	TX	E
	TX	RX	
	GND	GND	

1.3 Módulos inalámbricos

a) Conexión del tranceiver a la placa



b) Conexión del tranceiver a la placa



2) ALIMENTACIÓN

Las 9 placas necesitan una alimentación de 9VCC, en las placas se especifican la polarización de alimentación.

Vcc + (positivo)

Gnd - (negativo)

3) CONEXIONES A LA PC

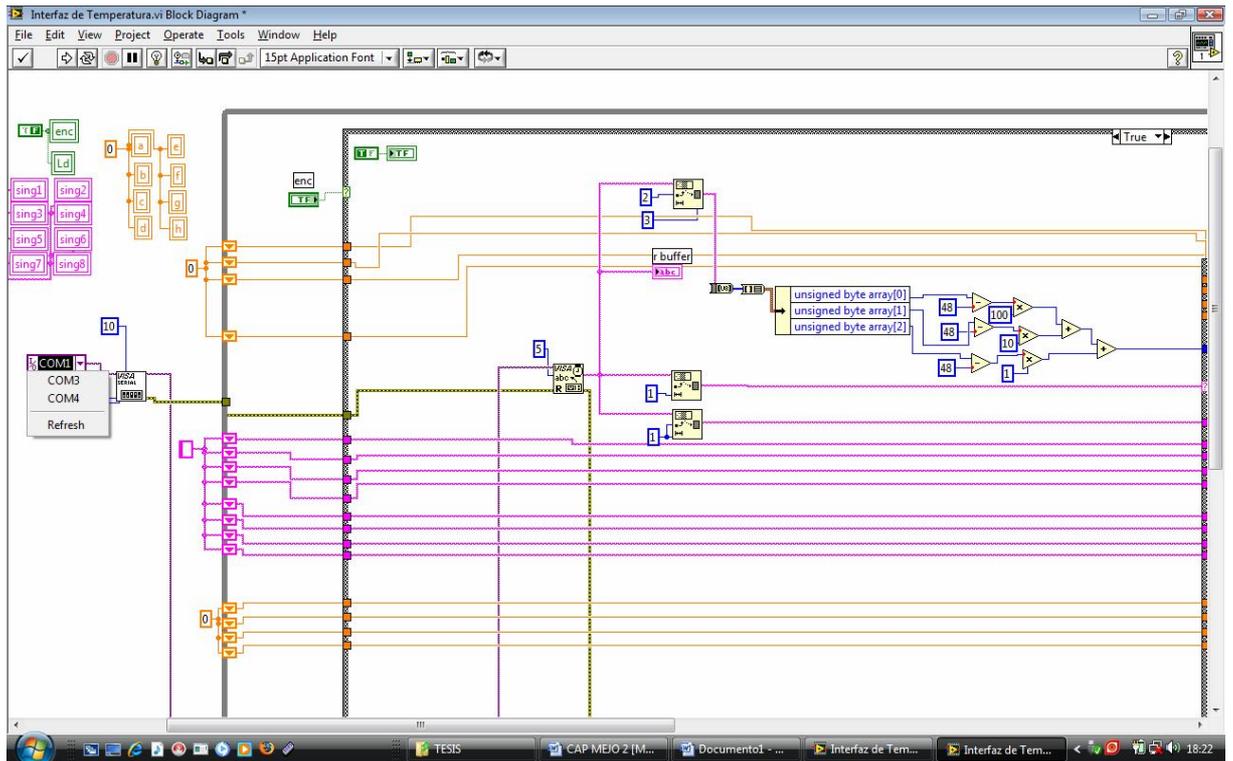
Se utiliza el cable conversor de serial a USB, el mismo que viene con su respectivo software, que sirve para direccionar los datos de la placa máster.

4) PASOS PARA VISUALIZAR LOS DATOS

a) En el escritorio se selecciona el ícono **Monitoreo de Temperatura** y se abre el programa LABVIEW, el panel frontal y el diagrama de bloques.



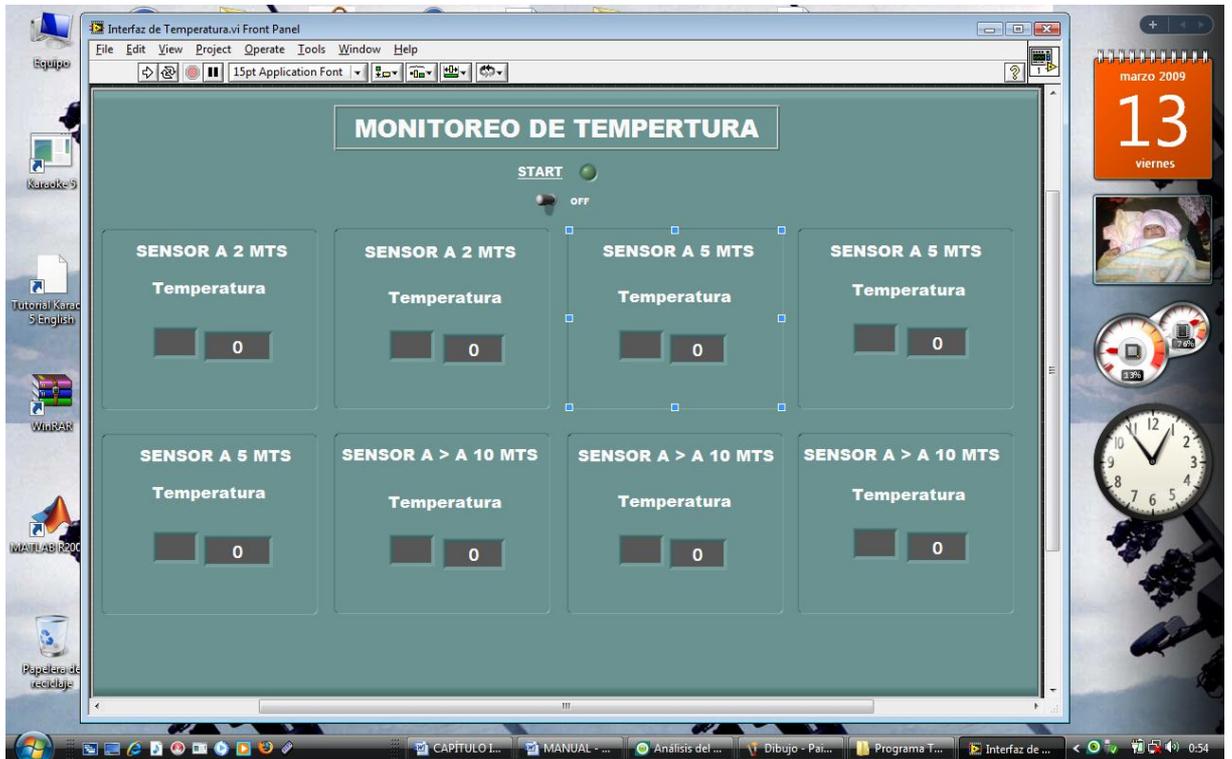
b) En el diagrama de bloques se direcciona el **COM4** en VISA PUERTO SERIAL



c) En la barra de tareas se selecciona la opción **Window** y luego **Show Front Panel** para regresar al panel frontal.

d) En la barra de herramientas se toma la opción **RUN** para correr el programa.

e) En el panel frontal se activa el Switch **OFF/ON** y aparece el monitoreo de los 8 sensores.



- f) Para realizar el monitoreo se selecciona el Swith ON/OFF.
- g) Luego en la barra de herramientas se selecciona la opción Abort.
- h) Se cierran las ventanas.
- i) Se desconectan todas las fuentes de alimentación.

ANEXOS C

HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Latacunga, marzo del 2009

Elaborado por:

CBOS. de Com. Alomoto T. Edgar A.

CBOS. de Com. Bastidas D. Iván F.

EL DIRECTOR DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍA
EN ELECTRÓNICA

Ing. Armando F. Álvarez S.

EL SECRETARIO ACADÉMICO DE LA ESPE – LATACUNGA

Ab. Eduardo Vásquez Alcázar