



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIAGNÓSTICO DE UN AMBIENTE LABORAL MEDIANTE EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA CALCULAR EL ESTRÉS TÉRMICO EN CALIENTE CON EL MÉTODO TEMPERATURA DEL GLOBO Y BULBO HÚMEDO (TGBH), EN EL TREN AUTOMÁTICO DE LA EMPRESA NOVACERO S. A.

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**ELABORADA POR:
MONTALUISA BENITEZ ROBERTO JAVIER**

LATACUNGA, abril 2009

AUTORIZACIÓN

Yo, Roberto Javier Montaluisa Benitez, en pleno uso de mis facultades, autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la biblioteca virtual de la institución el proyecto de grado con el tema “DIAGNÓSTICO DE UN AMBIENTE LABORAL MEDIANTE EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA CALCULAR EL ESTRÉS TÉRMICO EN CALIENTE CON EL MÉTODO TEMPERATURA DEL GLOBO Y BULBO HÚMEDO (TGBH), EN EL TREN AUTOMÁTICO DE LA EMPRESA NOVACERO S. A.”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 24 de abril del 2009

Roberto J. Montaluisa B.

050291120-9

DECLARACIÓN

Quien suscribe Roberto Javier Montaluisa Benitez, portador de la Cedula de Identidad 0502911209, libre y voluntariamente declaro que el presente tema de tesis "DIAGNÓSTICO DE UN AMBIENTE LABORAL MEDIANTE EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA CALCULAR EL ESTRÉS TÉRMICO EN CALIENTE CON EL MÉTODO TEMPERATURA DEL GLOBO Y BULBO HÚMEDO (TGBH), EN EL TREN AUTOMÁTICO DE LA EMPRESA NOVACERO S. A.", su contenido, ideas, análisis, conclusiones y propuestas son originales, autenticas y personales.

En tal virtud declaro la autenticidad de éste contenido, y para los efectos legales y académicos que se desprenden del presente proyecto de grado, es y será de mi propiedad exclusiva, responsabilidad legal y académica.

Para respetar el derecho intelectual del autor de la información secundaria utilizada a manera de bibliografía, la misma se muestra en el documento como pie de página.

La información contenida en el documento es principalmente el soporte intelectual del conocimiento adquirido en el transcurso de mi carrera.

Latacunga, 24 de abril del 2009

Roberto J. Montaluisa B.

050291120-9

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Montaluisa Benitez Roberto Javier, como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico.

Ing. Vicente Hallo
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Marco Singaña
CODIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Mario Jiménez
COORDINADOR DE CARRERA

Dr. Eduardo Vásquez A.
SECRETARIO ABOGADO

AGRADECIMIENTO

A la empresa NOVACERO S.A., en la persona del Ing. Francisco Jácome, al Ing. Marco Singaña y al Ing. Vicente Hallo colaboradores científicos, por la colaboración y apoyo entregados para desarrollar el presente proyecto, a mis profesores, que durante mi formación académica han sabido impartir sus conocimientos, a mis compañeros. A mi madre Fanny y a Cristina por sus palabras de aliento, su confianza, compañía y el apoyo incondicional en esta etapa de mi vida. A Dios por darme la alegría de vivir.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedicó a mi madre Fanny, que siempre ha estado impulsándome a cumplir mis metas y objetivos, apoyándome en los momentos de alegría y tristeza.

CONTENIDO

RESUMEN	ix
ANTECEDENTES	x
IMPORTANCIA	x
OBJETIVO GENERAL	xi
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	xii
ALCANCES	xii
CAPÍTULO I	1
1.- GENERALIDADES	1
1.1.- ESTRÉS TÉRMICO	1
1.2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ESTRÉS TÉRMICO	1
1.2.1.- SEXO	2
1.2.2.- CONSTITUCIÓN CORPORAL	3
1.2.3.- EDAD	4
1.2.4.- ETNIA	4
1.2.5.- VESTIDO	5
1.2.6.- ACLIMATACIÓN AL CALOR	5
1.3.- AMBIENTE TÉRMICO	5
1.3.1.- MAGNITUDES Y UNIDADES	6
1.4.- MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL ESTRÉS TÉRMICO	7
1.4.1.- ÍNDICE DE VALORACIÓN MEDIO (IVM) FANGER	8
1.4.2.- ÍNDICE DE LA SOBRECARGA CALÓRICA	9
1.4.3.- ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO Y BULBO HÚMEDO	10
1.4.4.- ÍNDICE DE SUDORACIÓN REQUERIDA (SWreq)	12
1.5.- INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE LAS TEMPERATURAS	13

1.5.1.- TERMÓMETROS LÍQUIDOS.....	15
1.5.2.- SENSORES DE TEMPERATURA CON TERMOPARES	16
1.5.3.- SENSORES DE TEMPERATURA CON ELEMENTOS RESISTIVOS.....	18
1.6.- MICROCONTROLADORES	20
1.6.1.- ARQUITECTURA INTERNA.....	21
1.7.- COMUNICACIONES.....	27
1.7.1.- MEDIOS DE TRANSMISIÓN	27
1.7.2.- COMUNICACIÓN SERIAL.....	31
1.8.- INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL	36
1.8.1.- INTRODUCCIÓN	36
1.8.2.- INSTRUMENTOS TRADICIONALES	37
1.8.3.- INSTRUMENTOS VIRTUALES	37
1.8.4.- VENTAJAS	39
1.8.5.- EL SOFTWARE EN LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL	40
1.8.6.- EL SOFTWARE LABVIEW	41
CAPÍTULO II	48
2.- DISEÑO, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO	48
2.1.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....	48
2.1.1.- BLOQUE DE SENSORES	48
2.1.2.- BLOQUE PROCESADOR.....	49
2.1.1.- BLOQUE DE COMUNICACIÓN.....	49
2.2.- DISEÑO DEL SISTEMA.....	50
2.3.- SELECCIÓN DE ELEMENTOS	51
2.3.1.- SENSORES.....	51
2.3.2.- AMPLIFICADORES	52

2.3.3.- MICROCONTROLADOR	52
2.3.4.- RELOJ EN TIEMPO REAL	53
2.3.5.- MEMORIA EXTERNA	54
2.3.6.- MÓDULO DE VISUALIZACIÓN	56
2.3.7.- INTERFACE MICROCONTROLADOR-PC	57
2.3.8.- ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA	58
2.4.- ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES	59
2.4.1.- ETAPA DE AMPLIFICACIÓN	59
2.5.- HARDWARE DEL MICROCONTROLADOR	60
2.5.1.- ENLACE DEL RELOJ Y LA MEMORIA	60
2.5.2.- ENLACE CON LA PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO	61
2.5.3.- ENLACE PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS	62
2.6.- ALIMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO	63
CAPÍTULO III	65
3.- DESARROLLO DEL SOFTWARE	65
3.1.- PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR	65
3.1.1.- PROGRAMA PARA EL MONITOREO	65
3.1.2.- PROGRAMA PARA DESCARGA DE DATOS	66
3.1.3.- PROGRAMA PARA SINCRONIZAR EL RELOJ	68
3.2.- PROGRAMA PARA ANÁLISIS DE DATOS	69
3.2.1.- DISEÑO DEL SOFTWARE	70
CAPÍTULO IV	76
4.- PRUEBAS Y RESULTADOS	76
4.1.- PRUEBAS DE SENSORES	76
4.2.- PRUEBAS DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS	77

4.3.- PRUEBAS DE COMUNICACIÓN	79
4.4.- PRUEBAS DEL DISPOSITIVO MEDIDOR	80
4.5.- DIAGNÓSTICO DE UN AMBIENTE LABORAL	81
4.5.1.- CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA METABÓLICA.....	82
CAPÍTULO V.....	92
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
5.1.- CONCLUSIONES	92
5.2.- RECOMENDACIONES.....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
Anexos	97

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1.- Curvas representativas de la relación superficie-volumen.....	4
Figura 1.2.- Instrumentos para la medición del TGBH	11
Figura 1.3.- Termómetro Líquido.....	15
Figura 1.4.- Voltaje del termopar con referencia a 0°C	17
Figura 1.5.- Respuesta de una RTD vs. un termopar tipo S	18
Figura 1.6.- Características comunes de los termistores o NTC	19
Figura 1.7.- Esquema de linealización del termistor.....	20
Figura 1.8.- Microcontrolador	20
Figura 1.9.- Diagrama de bloques de un Microcontrolador	22
Figura 1.10.- Arquitectura de Von Neumann.....	22
Figura 1.11.- Arquitectura Harvard.....	23
Figura 1.12.- Dispositivos periféricos de un Microcontrolador.....	26
Figura 1.13.- Cable Par Trenzado.....	28
Figura 1.14.- Cable Coaxial.....	29
Figura 1.15.- Fibra Óptica	30
Figura 1.16.- Secuencia de Pulsos en la Comunicación serial.....	33
Figura 1.17.- Conector DB-9	35
Figura 1.18.- Tablero de control tradicional.....	38
Figura 1.19.- Tablero de control virtual	39
Figura 1.20.- Panel Frontal de un VI hecho con LABVIEW	43
Figura 1.21.- Diagrama de Bloques de un VI hecho con LABVIEW	44
Figura 1.22.- Paleta de Herramientas de LABVIEW.....	45
Figura 1.23.- Paleta de controles de LABVIEW.....	46
Figura 1.24.- Paleta de Funciones de LABVIEW.....	47

Figura 2.1.- Esquema general del instrumento	50
Figura 2.2.- Sensor LM35AH	51
Figura 2.3.- Circuito Integrado LM358.....	52
Figura 2.4.- Microcontrolador PIC18F452	53
Figura 2.5.- RTC DS1307	54
Figura 2.6.- Memoria EEPROM	54
Figura 2.7.- Conexión de dispositivos I2C.....	55
Figura 2.8.- Pantalla de cristal líquido (LCD)	56
Figura 2.9.- Circuito integrado MAX232	57
Figura 2.10.- Conexión típica del MAX232 con un microcontrolador	58
Figura 2.11.- Regulador de voltaje LM7805	59
Figura 2.12.- Conexión LM35 y LM358	60
Figura 2.13.- Conexión del microcontrolador, la memoria y el RTC.....	61
Figura 2.14.- Conexión del microcontrolador y el LCD.....	62
Figura 2.15.- Conexión del microcontrolador y el MAX232	63
Figura 3.1.- Diagrama de flujo para el programa del microcontrolador	67
Figura 3.2.- Diagrama de flujo leer datos desde la EEPROM	68
Figura 3.3.- Diagrama de flujo para sincronizar el reloj.....	69
Figura 3.4.- Diagrama para habilitar y configurar el puerto serie	70
Figura 3.5.- Estructura FOR LOOP	70
Figura 3.6.- Diagrama para trocear una cadena	71
Figura 3.7.- Filtrado de datos	71
Figura 3.8.- Uso de Ecuaciones en LABVIEW	71
Figura 3.9.- Diagrama para unir datos	72
Figura 3.10.- Diagrama para guardar datos con LABVIEW	73

Figura 3.11.- Panel frontal: Parámetros de cálculo	74
Figura 3.12.- Panel Frontal: Mediciones	74
Figura 3.13.- Panel Frontal: Temperaturas	75
Figura 3.14.- Panel Frontal: Valores de estrés térmico	75
Figura 4.1.- Mensajes en la LCD.....	77
Figura 4.2.- Cadena de caracteres recibida	78
Figura 4.3.- Lecturas mostradas en la LCD.	79
Figura 4.4.- Cadena de caracteres recibida en el Usart Terminal.....	80
Figura 4.5.- Medidor de Estrés Térmico	81

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1.- Índices de confort más importantes	8
Tabla 1.2.- Índices de estrés más importantes.....	8
Tabla 1.3.- Características de diferentes líquidos	16
Tabla 1.4.- Características de diferentes tipos de termopares.....	17
Tabla 1.5.- Características de diferentes tipos de RTD.....	18
Tabla 1.6.- Designación de pines del conector DB-9	36
Tabla 1.7.- Tipos de datos en LABVIEW.....	45
Tabla 2.1.- Características de microcontroladores PIC.....	53
Tabla 4.1.- Relación Temperatura-Voltaje de los sensores LM35.....	76
Tabla 4.2.- Periodos de actividad de conformidad al índice TGBH.....	82
Tabla 4.3.- Metabolismo en función de la posición y movimiento del cuerpo.....	83
Tabla 4.4.- Metabolismo en función del trabajo que desempeña	83
Tabla 4.5.- Cálculo del CTM para el operador del horno	84
Tabla 4.6.- Cálculo del CTM para el empujador del horno.....	84
Tabla 4.7.- Cálculo del CTM para el desbastador	85
Tabla 4.8.- Cálculo del CTM para el operador del pulpito	85
Tabla 4.9.- Cálculo del CTM para la mesa de enfriamiento	86
Tabla 4.10.- Cálculo del CTM para el operador de la cizalla.....	86
Tabla 4.11.- Cálculo del CTM para la mesa de empaquetado	87
Tabla 4.12.- Puestos de trabajo del Tren 1	87
Tabla 4.13.- Resultados de las mediciones.	87

RESUMEN

Con el pasar del tiempo han aparecido riesgos derivados de las actividades diarias que desarrollan las personas, riesgos que al no ser controlados derivan en enfermedades profesionales que a la larga afectan al desenvolvimiento óptimo de un trabajador.

La mayoría de los trabajos se ejecutan en lugares cerrados o semicerrados, en ellos se generan condiciones climáticas que aunque influidas por el clima externo, difieren normalmente de éste. Los trabajadores de la industria metalúrgica están expuestos a un ambiente térmico agresivo que puede ocasionar daños en su salud, siendo necesario cuantificar la exposición a temperaturas elevadas, esta valoración se hace a través del índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo (TGBH).

Las entidades encargadas de velar por la seguridad de los trabajadores han emitido leyes y reglamentos que regulan las actividades en función de los riesgos presentes en las mismas, siendo obligación de las empresas realizar las mediciones y acondicionar los lugares de trabajo para cumplir con la normativa vigente.

Por esta razón es imprescindible efectuar mediciones de este parámetro, donde exista una fuente de calor representativa, para de esta manera obtener datos que permitan comparar con valores estandarizados.

Conociendo el método de medición se puede automatizar la forma de tomar las lecturas, es aquí donde interviene la tecnología existente; por medio de dispositivos que puedan transformar la variable física en variable electrónica, se puede realizar las mediciones; en este caso la variable física es la temperatura, el dispositivo es un sensor el cual entrega un voltaje que es la variable electrónica, el voltaje es transformado en información entendible para el usuario, esta operación se realiza con un microcontrolador.

Es conocido que los microcontroladores pueden gobernar una infinidad de dispositivos para llevar a cabo diferentes tareas, si se habla de automatizar el proceso de medición el dispositivo debe trabajar como si una persona estuviera

en el sitio registrando las lecturas en intervalos de tiempo definidos, para visualizar los datos se tiene una pantalla de cristal liquido (LCD), como se necesita almacenar los valores de las lecturas se provee al instrumento de una memoria con la capacidad suficiente de albergar los distintos valores; para establecer el instante en el cual se guardan los datos, el dispositivo posee un reloj calendario que se encarga de proporcionar la fecha y hora en tiempo real; una fácil interfaz con el usuario se propicia con un teclado situado en la parte frontal del instrumento, una vez terminado el proceso de medición el instrumento debe enviar los datos por medio del puerto serial de una computadora para su análisis en un software elaborado para este propósito, es así como se ha concebido el instrumento medidor del índice TGBH.

Los datos recolectados adquieren su relevancia al ser interpretados y analizados para emitir una recomendación que vaya en beneficio de las personas que se encuentran trabajando en el proceso de producción del Tren Automático de la Empresa NOVACERO S.A.

ANTECEDENTES

Conociendo la formación académica adquirida y las sólidas bases técnicas y científicas, las mismas que son para el beneficio personal y por supuesto para aportar al desarrollo de nuestro país y esencialmente de las empresas en donde nos involucremos cada uno de los alumnos de la ESPE-L.

En la evaluación del confort del puesto de trabajo existen varios factores entre ellos el estrés térmico; en la empresa NOVACERO debido a que sus líneas de producción son de laminado en caliente, este factor es de vital importancia al momento de evaluar el puesto de trabajo. Motivo por el cual se crea la necesidad de contar con un dispositivo de fácil uso que permita medir este parámetro en cada puesto de trabajo.

IMPORTANCIA

Como respuesta a esta necesidad surge la importancia de diseñar y construir un instrumento que nos permita medir este parámetro en distintas zonas y tener valores exactos, confiables y rápidos de las variables que intervienen en la

valoración del estrés térmico en las diferentes áreas de trabajo de la empresa. La legislación ecuatoriana (Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del medio ambiente de trabajo, artículo 54, literal e) regula los periodos de actividad de conformidad al (TGBH), índice de Temperatura de Globo y Bulbo húmedo, por lo que se elige este método para la elaboración del dispositivo. Para esto se medirá las variables que intervienen en este proceso de valoración, los mismos que influyen en la determinación de este parámetro de evaluación del puesto de trabajo.

La implementación de este dispositivo es de gran importancia para la empresa debido a que en la actualidad este procedimiento se lo realiza de forma manual, lo cual involucra pérdida de tiempo al momento de medir y calcular estos valores; además para realizar las mediciones en el lugar de trabajo es necesario la presencia de una persona durante todo el proceso de evaluación. Al realizar la medición de este parámetro se consigue una mejora en el puesto de trabajo de la persona a través de la adopción de medidas correctivas necesarias y así conseguir:

- ✓ Mayor eficiencia por parte de los trabajadores.
- ✓ Disminución de errores laborales por efecto del desgaste físico.
- ✓ Establecimiento de tiempos de exposición adecuadas.

Con esto se logra un beneficio para la empresa al disminuir las posibilidades de enfermedades profesionales por efecto de la temperatura.

Así se pretende con el instrumento realizar las mediciones de forma automática y solo se hará necesario la colocación del mismo en el lugar a evaluar. Este dispositivo dará valores exactos y confiables que en su momento se podrán descargar en un archivo de EXCEL para su posterior uso.

OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar el ambiente laboral mediante el Diseño y construcción de un dispositivo para evaluar Estrés Térmico en el Tren Automático, de la empresa NOVACERO S. A.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Investigar sobre los aspectos necesarios para la evaluación del riesgo de estrés térmico.
- ✓ Determinar los elementos óptimos para medir las variables que intervienen en este proceso.
- ✓ Construir el dispositivo para determinar los niveles de estrés térmico en el área denominada Tren Automático.
- ✓ Realizar las pruebas del dispositivo en las distintas zonas de trabajo que conforman el Tren Automático.
- ✓ Emitir las recomendaciones de acuerdo a los resultados obtenidos.

ALCANCES

- ✓ Determinar las variables que se evaluarán para cuantificar el estrés térmico.
- ✓ Realizar las consideraciones necesarias para el diseño del instrumento medidor.
- ✓ Diseñar un dispositivo capaz de medir las variables que intervienen el cálculo del índice TGBH.
- ✓ Establecer la estructura y elementos del dispositivo.
- ✓ Describir el procedimiento para la construcción del dispositivo.
- ✓ En los distintos puestos de trabajo del área seleccionada realizar las pruebas para comprobar su funcionamiento.

CAPÍTULO I

1.- GENERALIDADES

1.1.- ESTRÉS TÉRMICO

Un ambiente térmico inadecuado causa reducciones de los rendimientos físico y mental, y por lo tanto de la productividad, provoca irritabilidad, incremento de la agresividad, de las distracciones, de los errores, incomodidad al sudar o temblar, aumento o disminución de la frecuencia cardiaca, etc., lo que repercute negativamente en la salud e incluso, en situaciones límite puede desembocar en la muerte¹.

El estrés térmico es la presión que provoca determinados efectos en un trabajador expuesto a temperaturas extremas, tanto en el frío como en el calor. Cada persona reacciona de manera diferente a esta presión, que depende de su susceptibilidad y grado de aclimatación, aunque los niveles de temperatura, humedad y velocidad del aire sean iguales.

Cuando el calor producido por el propio cuerpo y el recibido externamente no está en equilibrio, tiende a producirse una modificación de la temperatura corporal. Las condiciones físicas del ambiente laboral condicionan en el trabajador una determinada carga térmica. El conjunto de estas cargas que representan la acción agresiva térmica sobre el trabajador se llama estrés térmico.²

1.2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ESTRÉS TÉRMICO³

No resulta sencillo determinar los efectos de la exposición al calor o al frío, pues algunos factores son difíciles de identificar y evaluar. Al efectuar experimentos con grupos de personas expuestas a condiciones de sobrecarga térmica, sucede

¹ <http://www.prevention-world.com>, Prevención Integral.

² <http://www.medicinam.com/ArticulosMN/Seguridad%20e%20Higiene2.htm>, Capítulo 2: El ambiente físico de trabajo.

³ PEDRO MÓNDELO, Diseño de puestos y espacios de trabajo, Tercera Edición, 2004, Pág. 25

que las reacciones resultan muy variadas y se producen algunas respuestas completamente diferentes. Esto puede ser, simplemente, consecuencia de las diferencias fisiológicas entre sujetos (aclimatación, edad, aptitud física, sexo, constitución corporal, etc.). Pero también pueden intervenir otros factores personales más sutiles, como es el estado físico de las personas, que puede variar en unas horas por múltiples causas.

En pruebas efectuadas con grupos de personas sometidas a diferentes condiciones térmicas, se ha encontrado que la misma persona y bajo idénticas condiciones de vestimenta y actividad, ante un ambiente térmico que en días anteriores le pareció confortable, en otro momento lo ha hallado ligeramente frío o ligeramente caluroso.

Experimentos efectuados (Fanger, P.O., Hojbjerre, J. & Thomsen, J.O.B., 1973) con 16 sujetos durante un ambiente simulado de 8 horas de trabajo de una actividad sedentaria, con una vestimenta de 0.6 clo^4 , velocidad relativa del aire menor de 0.1 m/s , humedad relativa del 50 % y temperatura radiante media igual a la temperatura del aire, muestran que la temperatura ambiental preferida oscila ligeramente siguiendo el ritmo circadiano de la temperatura interna del cuerpo, con tendencia a preferir temperaturas algo superiores (de casi $1.5 \text{ }^\circ\text{C}$) entre las 12 y 13 horas, en relación con las 9 y 10 horas.

Por otro lado, según investigaciones realizadas por la universidad de Kansas (1990) no existen diferencias entre las temperaturas preferidas para condiciones de confort, entre el invierno y el verano.

1.2.1.- SEXO

Por lo general las mujeres muestran mayores dificultades para soportar la sobrecarga calórica que los hombres, sobre todo cuando están embarazadas. La menor capacidad cardiovascular de la mujer hace que se aclimate peor. Su temperatura de la piel, la capacidad evaporativa y su metabolismo son ligeramente inferiores de las de los hombres.

⁴ clo, es el aislamiento necesario para mantener confortable a una persona que desarrolle una actividad sedentaria (menos de 60W/m^2) a una temperatura de $21 \text{ }^\circ\text{C}$.

Respecto a la temperatura de confort preferida, experimentos realizados con 520 mujeres y la misma cantidad de hombres muestran diferencias mínimas: Nevins da como valores de referencia 25.8 °C para las mujeres y 25.4 °C para los hombres, mientras que Fanger & Langkilde dan 25.1 °C para las mujeres y 25.0 °C para los hombres. Según B. W. Olesen, estas pequeñas diferencias pueden deberse a que las mujeres utilizan ropas más ligeras.

1.2.2.- CONSTITUCIÓN CORPORAL

El elefante padece por el calor, mientras que el ratoncillo muere por el frío. El elefante y el ratoncillo son dos mamíferos terrestres de constituciones corporales límites, son los dos extremos frente al calor y frente al frío. Los elefantes, por su tamaño, sufren con el calor, y necesitan ducharse a menudo con su trompa, no por limpios, sino para disipar su exceso de calor por evaporación del agua; frente a ellos los ratoncillos, también por su tamaño, sufren por el frío, por lo que deben comer continuamente, no para gastarse los dientes que crecen continuamente (como se creía antes), aunque es cierto este crecimiento, sino para mantener alta su producción de calor metabólico y no morir de frío.

Por lo mismo, las personas corpulentas están en desventaja en ambientes cálidos pero en ventaja en los ambientes fríos, frente a las personas menos corpulentas.

Esto se debe a que la producción de calor de un cuerpo es proporcional a su volumen (W/m^3), mientras que la disipación es proporcional a la superficie (W/m^2), por lo que, a medida que aumenta el tamaño corporal la relación superficie-volumen se hace cada vez menor, dado que la superficie crece con el cuadrado de sus medidas y el volumen crece al cubo. Esta diferencia se la puede apreciar en la Figura 1.1.

Sin embargo, un trabajador corpulento está en ventaja cuando, sin que se le exijan grandes esfuerzos temporales, se ve expuesto a grandes cambios de temperatura para temperaturas extremas actuando sólo durante un tiempo relativamente corto, por el efecto amortiguador del cuerpo, que es mayor cuanto menor sea la relación superficie/volumen.

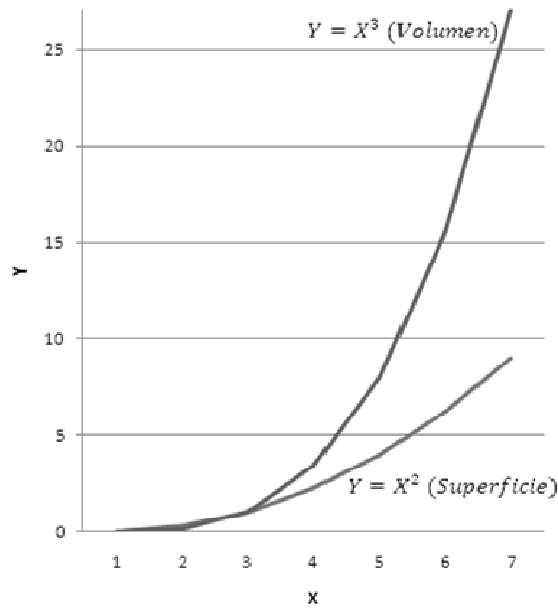


Figura 1.1.- Curvas representativas de la relación superficie-volumen

1.2.3.- EDAD

Con la edad, los mecanismos termorreguladores del organismo se hacen menos eficientes, la frecuencia cardiaca máxima y la capacidad de trabajo físico disminuyen, y la producción de calor metabólico correspondiente a una determinada cantidad de trabajo aumenta poco o nada con la edad.

En ambientes muy calurosos, las personas de más edad tropiezan con más dificultades que las jóvenes para disipar la carga calorífica, al parecer debido a un retraso en la respuesta de sudoración, que se muestra lenta, y a una disminución de la capacidad de disipar calor, lo que da como resultado un almacenamiento superior de calor durante la actividad, y una aumento de tiempo necesario para la recuperación.

1.2.4.- ETNIA

Las diferencias étnicas frente al calor son sumamente sutiles y no se ha podido comprobar que el color de la piel tenga efectos importantes en la absorción de las radiaciones infrarrojas. Por otra parte cuando sujetos nórdicos, por ejemplo, se exponen por primera vez a los climas calurosos del trópico sus organismos sufren notablemente, hasta que se aclimatan, por lo que seguramente las diferencias se deban más a problemas de aclimatación.

1.2.5.- VESTIDO

Otro factor muy importante es el vestido que modifica la interrelación entre el organismo y el medio al formar una frontera de transmisión entre ambos que amortigua o incrementa (según el caso) los efectos del ambiente térmico sobre la persona.

La ropa ejerce un apantallamiento protector ante el calor radiante del sol o de un horno y en caso de frío limita el contacto de la piel con el frío, formando un colchón de aire caliente (calentado por el cuerpo) entre el aire frío y la piel, y limita la velocidad del aire frío sobre la piel.

1.2.6.- ACLIMATACIÓN AL CALOR

Es la adaptación a condiciones micro-climáticas calurosas y se adquiere en un tiempo entre 7 y 14 días, y quizás más, de exposición a las mismas. No obstante, ni una aclimatación “perfecta” puede garantizar que una persona esté totalmente protegida en situaciones extremas. Cuando una persona se expone inicialmente a un ambiente caluroso, se manifiesta bruscamente en ella una tensión calórica superior a la que experimenta una persona aclimatada, su temperatura rectal y su frecuencia cardíaca sufren aumentos rápidos y muy pronunciados, se presentan malestares que pueden llegar a ser muy severos y hasta alcanzar situaciones de angustia.

1.3.- AMBIENTE TÉRMICO⁵

El intercambio de calor entre el medio y el hombre determina el grado de compatibilidad térmica entre el organismo y el entorno donde se encuentra. Este intercambio, que es extremadamente complejo, se efectúa por varias vías, de las cuales las fundamentales desde el punto de vista práctico son: la radiación, la convección, la evaporación del sudor.

Así pues, el fenómeno térmico se estudia utilizando los cuatro factores que componen y caracterizan el ambiente térmico: temperatura del aire, temperatura

⁵ PEDRO MÓNDELO, Diseño de puestos y espacios de trabajo, Tercera Edición, 2004, Pág. 37

radiante media, velocidad del aire y humedad, interrelacionados con el calor metabólico y la vestimenta.

1.3.1.- MAGNITUDES Y UNIDADES

En el estudio de la interrelación entre las personas y el ambiente térmico: dentro del sistema hombre-máquina, es necesario analizar los parámetros térmicos propios del cuerpo humano (temperaturas del cuerpo, metabolismo, etc.), los factores que integran el ambiente térmico (temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad del aire), y otros factores, como la ropa que, de una forma u otra intervienen en dicho intercambio.

1.3.1.1.- De los factores humanos

Temperaturas, todas en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$)

- ✓ Interna (t_i) o corporal (t_c)
- ✓ Esofágica
- ✓ Rectal
- ✓ Sublingual, oral o bucal
- ✓ Timpánica
- ✓ De la piel o cutánea

Calor metabólico (M), en Joules (J)

Fuerza (F), en Newton (N)

Trabajo (W), en joule (J)

Nivel de actividad, potencia (P), en Watts (W)

Aislamiento térmico de la ropa

1.3.1.2.- De los factores del ambiente térmico

Temperaturas, todas en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$)

- ✓ Del aire (t_a) o seca (t_s) o de bulbo seco (t_{bs})

- ✓ Húmeda (th) o de bulbo húmedo (tbh)
- ✓ De globo (tg)
- ✓ Radiante media (TRM)
- ✓ Del aire natural (tan) o ambiental (tamb)
- ✓ De bulbo húmedo natural (tbhn)
- ✓ Temperatura operativa (to)

Humedad del aire

- ✓ Humedad relativa (HR) %
- ✓ Humedad absoluta (HA) Kg/Kg aire seco, o en kg/m^3
- ✓ Presión parcial del vapor de agua (pa)

Velocidad del aire, en m/s

- ✓ Velocidad del aire (va)
- ✓ Velocidad relativa del aire (var)

1.4.- MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL ESTRÉS TÉRMICO

La proporción de trabajadores que desarrollan su actividad en el sector de servicios es cada vez más numerosa y son frecuentes los problemas creados por la falta de confort térmico. Por lo que es de gran interés disponer de criterios de valoración y métodos de control para estas situaciones.

Mientras tanto, los estados críticos de estrés térmico se siguen manteniendo no solo en la industria siderometalúrgica, vidrio, y hornos en general, sino también en la agricultura, la pesca y la construcción, por citar los sectores más productivos. El interés por la valoración del microclima laboral no es nuevo y desde principios de siglo los especialistas han procurado encontrar un índice que resuma en un solo valor una situación micro climática dada.

De todas formas la proliferación de índices es un argumento más que razonable para poner en duda la eficacia absoluta de éstos. Últimamente diferentes normas

ISO han sido publicadas y recogidas como referencia en el campo del estrés y confort térmico. A continuación se detallan los índices de confort y estrés térmico más importantes que han aparecido históricamente, así como los autores y los años de publicación.

AÑO	MÉTODO	AUTOR
1923	Temperatura efectiva	Houghton & Yaglogou
1929/36	Temperatura equivalente	Dufton
1931/48	Temperatura resultante	Missenard
1967	Temperatura media de la piel	Gagge
1970	Índice de valoración media	Fanger
1972	Temperatura efectiva estándar	Gagge
1973	Humedad de la piel	González & Gagge

Tabla 1.1.- Índices de confort más importantes

AÑO	MÉTODO	AUTOR
1945	Índice de viento frío	Siple & Passel
1946	Temperatura efectiva corregida	Bedford
1947/60	Predicción de la sudoración para 4 horas	McArdle & McPhurson
1955	Índice de sobrecarga calórica	Belding & hatch
1957	Temperatura de globo y bulbo húmedo	Yaglou & Minard
1957	Índice Oxford	Lind
1960	Predicción de los latidos del corazón	Fuller & Brouha
1963/76	Índice de estrés térmico	Givoni
1971	Índice de temperatura de globo húmedo	Bostford
1974/77	Limite de exposición termicofisiológica	Dasler
1981	Tasa de sudoración requerida	Vogt
1984	Índice del aislamiento del vestido requerido	Holmér

Tabla 1.2.- Índices de estrés más importantes

1.4.1.- ÍNDICE DE VALORACIÓN MEDIO (IVM) FANGER⁶

El método Fanger para la valoración del confort térmico, fue propuesto en 1973 por P.O. Fanger, en la publicación Thermal Comfort (New York, McGraw-Hill,

⁶ <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>

1973). Este método es en la actualidad uno de los más extendidos para la estimación del confort térmico.

A partir de la información relativa a la vestimenta, la tasa metabólica, la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad relativa del aire y la humedad relativa o la presión parcial del vapor de agua, el método calcula dos índices denominados Voto Medio Estimado (PMV-predicted mean vote) y Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPD-predicted percentage dissatisfied), valores ambos, que aportan información clara y concisa sobre el ambiente térmico al evaluador. La importancia y aplicación generalizada del método queda patente en su inclusión como parte de la norma ISO 7730 relativa a la evaluación del ambiente térmico.

El Voto Medio Estimado, es un índice que refleja el valor de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto de una escala de sensación térmica de 7 niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso, muy caluroso), basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano (la producción interna de calor del cuerpo es igual a su pérdida hacia el ambiente).

El equilibrio térmico depende de la actividad física, de la vestimenta, y de parámetros ambientales como: la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad del aire y la humedad del aire.

El Voto Medio Estimado predice el valor medio de la sensación térmica. No obstante, los votos individuales se distribuirán alrededor de dicho valor medio, por lo que resulta útil estimar el porcentaje de personas insatisfechas por notar demasiado frío o calor, es decir aquellas personas que considerarían la sensación térmica provocada por el entorno como desagradable.

1.4.2.- ÍNDICE DE LA SOBRECARGA CALÓRICA

Si se quiere tener una idea del grado de tensión térmica a que está expuesto un sujeto, se puede optar por el índice de Sobrecarga Calórica (ISC). Este índice fue desarrollado por Belding y Hatch en 1955, en la universidad de Pittsburgh, como Heat Stress Index (HSI).

El método se basa en el cálculo de la magnitud de los intercambios térmicos entre la persona y el ambiente por medio de los tres mecanismos fundamentales a través de los cuales tiene lugar dicho intercambio térmico: convección, radiación y evaporación, además de la producción de calor metabólico generado por la actividad.

Para sus cálculos se utilizan la expresión que se muestran a continuación, aunque para una visión rápida, pero no tan precisa como la que ofrece el método analítico, también existen nomogramas. El ISC expresa la relación existente entre la evaporación requerida (E_{req}) para lograr el equilibrio térmico, y la evaporación máxima posible (E_{max}) en ese ambiente.

$$ISC = \frac{E_{req}}{E_{max}} * 100 \quad \text{Ec. 1.1}$$

1.4.3.- ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO Y BULBO HÚMEDO

El índice TGBH (O WBGT por sus siglas en ingles Wet Bulb Globe Temperature) fue establecido por Yaglou & Minard, en los años 50 para la US NAVY, como un método rápido y fácil para determinar la severidad del ambiente térmico durante la ejecución de ejercicios y entrenamientos militares. Ha sido recogido como criterio internacional por la ISO 7243 y tiene, entre otras, la ventaja de su sencillez en su aplicación: mediciones, cálculos e interpretación. Para el cálculo del TGBH se utilizan las siguientes expresiones, según sea, sin radiación solar (Ec. 1.2), o con presencia de radiación solar (Ec. 1.3).

$$TGBH = 0.7t_{bhn} + 0.3t_g \quad \text{Ec. 1.2}$$

$$TGBH = 0.7t_{bhn} + 0.2t_g + 0.1t_a \quad \text{Ec. 1.3}$$

Siendo:

TGBH: Índice de temperatura de globo y bulbo húmedo, (°C)

t_{bhn} : Temperatura de bulbo húmedo natural, (°C)

t_g : Temperatura de globo, (°C)

t_a : Temperatura del aire, (°C)

1.4.3.1.- Metodología para la medición

La determinación del valor del índice TGBH requiere del empleo de un termómetro de globo negro, termómetro de bulbo húmedo natural, y un termómetro de bulbo seco, según se muestra en el esquema de la Figura 1.2.

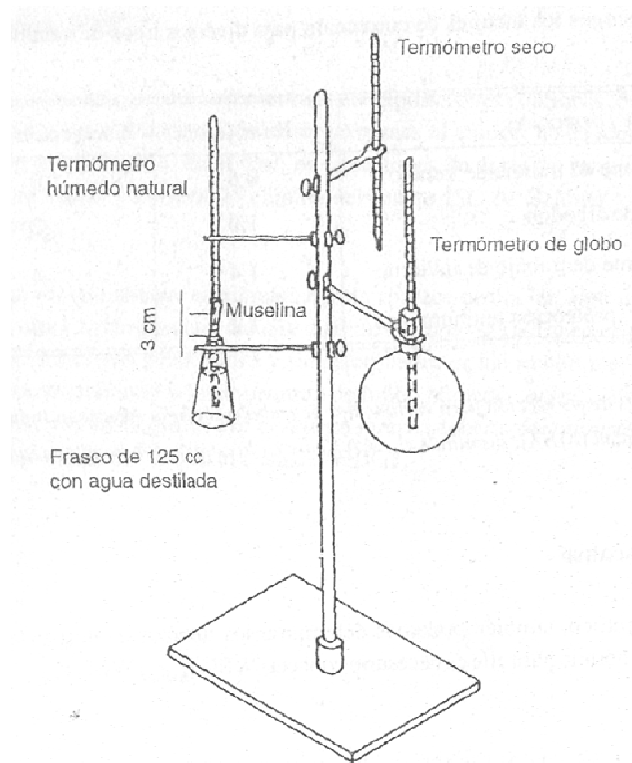


Figura 1.2.- Instrumentos para la medición del TGBH

El termómetro de globo está constituido por un termómetro cuya parte sensor se encuentra en el centro de un globo hueco de cobre, pintado de negro mate, que debe ser expuesto hasta que se establezca la medida, lo que usualmente ocurre entre los 20 y los 25 minutos.

El termómetro de bulbo húmedo natural, se encuentra recubierto de una muselina empapada en agua destilada cuyo extremo inferior debe estar inmerso en un recipiente de agua destilada, del que debe salir de entre 2 y 3 centímetros. El recipiente que contiene el agua destilada estará diseñado de tal forma que la temperatura del agua en su interior no pueda elevarse como resultado de la radiación del ambiente.

La muselina o camiseta de algodón estará siempre empapada, y para iniciar las mediciones tendrá que haber sido mojada al menos 15 minutos antes.

El termómetro de bulbo seco se usará únicamente cuando existe radiación solar; consiste en un termómetro cuyo sensor debe estar protegido de la radiación mediante un dispositivo que no impida la libre circulación del aire a su alrededor.

El valor de las mediciones se debe recoger simultáneamente en todos los termómetros, y con las medidas obtenidas se calcula el TGBH con una de las dos ecuaciones indicadas anteriormente, según sea el caso.

1.4.3.2.- Aplicabilidad del índice TGBH

El índice es aplicable en la evaluación del estrés térmico en exposiciones continuas, pero en periodos de tiempos de exposición cortos; en situaciones de estrés próximas al confort no es representativo, por lo que no es recomendable su utilización. En el caso de situaciones de agresión muy intensa y duración muy corta es mucho más fiable y correcto el empleo del índice ISC o el de la sudoración requerida.

La legislación ecuatoriana (Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del medio ambiente de trabajo, artículo 54, literal e) regula los periodos de actividad de conformidad al (TGBH), índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, con lo que se hace necesaria la aplicación de este método para las mediciones estrés térmico para cumplir con la normativa en lo referente al ambiente laboral.

1.4.4.- ÍNDICE DE SUDORACIÓN REQUERIDA (SW_{req})

De los métodos existentes para la evaluación del estrés térmico, uno de los métodos más completos es el índice de la sudoración requerida SW_{req} desarrollado por Vogt, Candas, Libert & Daull en 1981, y recogido en la norma ISO 7933.

La importancia de este método radica en que no solo proporciona los intervalos idóneos de sudoración requerida para colocar a la persona en situación de equilibrio térmico sino que, además, su interpretación establece una comparación

entre la sudoración, la humedad de la piel y la evaporación del sudor requeridas por la actividad, y lo que es fisiológicamente posible y aceptable para el operario.

Este índice se apoya en la ecuación de balance térmico, y al igual que el método de Fanger para el confort, basa su cálculo en el conocimiento de los seis parámetros básicos:

- ✓ Carga metabólica
- ✓ Temperatura del aire
- ✓ Temperatura radiante media
- ✓ Velocidad del aire
- ✓ Aislamiento térmico de la ropa
- ✓ Humedad relativa (o presión parcial del vapor de agua)

1.5.- INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE LAS TEMPERATURAS

Las temperaturas se miden con termómetros que pueden ser de diferentes tipos: líquidos, de resistencia, termoeléctricos y termistores.

- ✓ LÍQUIDOS: En los termómetros líquidos la sustancia termoscópica utilizada es un líquido cuya dilatación debe ser lo más regular posible las temperaturas que reflejen sus cambios de estado deben encontrarse muy alejadas entre sí. Su utilización es muy sencilla, pero tienen el inconveniente de su fragilidad y su constante de tiempo (entre 3 y 15 minutos). El líquido más satisfactorio es el mercurio, que además no moja el vidrio y permanece líquido y limpio desde los -40 °C hasta los 350 °C.
- ✓ TERMOELÉCTRICOS: Se basan en la fuerza electromotriz que se produce cuando se sueldan dos hilos de metales distintos formando un circuito cerrado, siempre que las dos soldaduras estén a distintas temperaturas. La fuerza electromotriz para un par de metales dados depende de la diferencia de temperaturas entre sus soldaduras. Aunque son instrumentos caros y su sensibilidad es baja, se utilizan en estudios fisiológicos, pues su constante

de tiempo es baja (entre 30 y 50 segundos) y permiten hacer medidas remotas en varios puntos simultáneamente.

- ✓ RESISTIVOS: Los termómetros de resistencia se basan en un metal puro cuya resistencia eléctrica aumenta aproximadamente 0.4% por grado centígrado de incremento de temperatura.

Lo constituyen las RTD (Resistance Temperature Detector) o PT100 basadas en la dependencia de la resistividad de un conductor con la temperatura, están caracterizadas por un coeficiente de resistividad positivo PTC (Positive Thermal Coefficient). También lo son las NTC (Negative Thermal Coefficient), que se llaman termistores y están caracterizadas por un coeficiente de temperatura negativo.

Como la medida de resistencia eléctrica se basa en general en una comparación con otras resistencias, es preciso mantener la de referencia a una temperatura fija y constante durante la medida. Las resistencias utilizadas suelen ser de hierro-níquel, o de platino, dependiendo de la zona de temperaturas en que se va a trabajar. Estos instrumentos permiten realizar medidas a distancia y su respuesta es lineal, aunque presentan altas constantes de tiempo (del orden de 7 minutos).

- ✓ TERMISTORES: Son semiconductores en los que se produce un cambio sustancial en su resistencia en respuesta a un pequeño cambio de temperatura. Se basan en la variación de la conducción de una unión P-N polarizada directamente.

Son instrumentos de uso sencillo que presentan una sensibilidad elevada y una constante de tiempo despreciable. Sus posibilidades para aplicaciones especiales son enormes. Entre los inconvenientes que implican hay que destacar su elevado precio y que su respuesta no es lineal, lo que obliga a constantes calibraciones.

1.5.1.- TERMÓMETROS LÍQUIDOS⁷

Funciona por la dilatación de un líquido alojado en un bulbo, que se visualiza en un capilar cuyo pequeño diámetro permite apreciar grandes variaciones de la longitud del fluido dilatado para un determinado volumen.

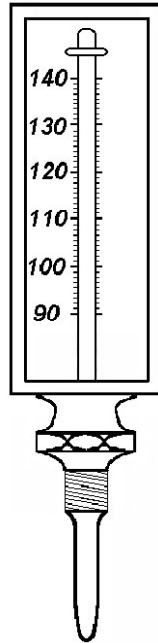


Figura 1.3.- Termómetro Líquido

La expresión del volumen total del fluido encerrado es:

$$V = V_0(1 + \alpha * \Delta t) \quad \text{Ec. 1.3}$$

Los errores que se pueden generar en este tipo de termómetros están dados, por la dilatación del tubo de vidrio, y debido al tiempo de inmersión del bulbo.

En aplicaciones industriales se protege los termómetros con una vaina o cubierta de metal, que puede ser acero (generalmente inoxidable) o bronce, latón, aluminio, níquel.

Los rangos de medición de algunos líquidos de se presentan en la Tabla 1.3.

⁷ <http://www.fi.uba.ar/laboratorios/lscm/termometros.pdf>

Líquido	Desde	Hasta
Mercurio	-35 °C	280 °C
Mercurio y capilar lleno de gas	-35 °C	450 °C
Pentanol	-200 °C	20 °C
Alcohol	-110 °C	50 °C
Tolueno	-70 °C	100 °C

Tabla 1.3.- Características de diferentes líquidos

El vidrio tiene una forma convexa que permite ampliar mediante efecto óptico el ancho del capilar lleno de fluido al efecto de visualizar más fácilmente la temperatura.

El espacio entre el bulbo y la vaina se rellena de algún material altamente conductor térmico como un aceite de silicona, o fino polvo de cobre o bronce para obtener constantes de tiempo lo más pequeñas posibles, por ejemplo del orden del medio segundo. En los últimos años se han desarrollado encapsulados transparentes de teflón a fin de evitar contaminaciones en caso de rotura. Los termómetros se calibran para ser usados de diversos modos por ejemplo:

Inmersión parcial, se sumerge el bulbo en el fluido cuya temperatura se quiere medir.

Inmersión total, se sumerge toda la columna de líquido de medición.

Inmersión completa, se sumerge todo el termómetro.

Los termómetros de máxima tienen una restricción a la salida del bulbo que impide el fácil retorno del mercurio al mismo. Se debe agitar en forma violenta el termómetro para lograr este retorno.

Aplicación clásica de lo mencionado es el termómetro clínico.

1.5.2.- SENSORES DE TEMPERATURA CON TERMOPARES⁸

Los termopares son baratos y robustos, tienen una estabilidad bastante buena a lo largo del tiempo. Debido a su pequeño tamaño, responden rápidamente a los cambios de temperatura. Funcionan sobre rangos de temperatura criogénos, tiene

⁸ http://www.bairesrobotics.com.ar/data/sensores_2003.pdf

una linealidad y exactitud razonable. Debido a que el número de electrones libres en un metal depende de la temperatura y de la composición del metal, dos metales de desigual isoterma, dan una diferencia de potencial que es una función repetible de la temperatura.

Este fenómeno se observa en la Figura 1.4. El voltaje resultante depende de las temperaturas, T1 y T2, de una manera repetible.

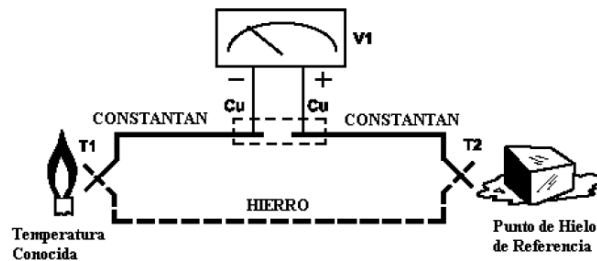


Figura 1.4.- Voltaje del termopar con referencia a 0°C

En la Tabla 1.4 se muestra los distintos tipos de termopares con su rango típico, su sensibilidad y la designación estándar.

Material de la unión	Rango típico (°C)	Sensibilidad (µV/°C)	Designación
Pt6%/Rodio–Pt(30%)/Rodio	38 a 1800	7.7	B
Tungsteno(5%)/Renio-Tungsteno(26%)/Renio	0 a 2300	16	C
Cromo- Constantán	0 a 982	76	E
Hierro – Constantán	0 a 760	55	J
Cromo – Aluminio	-184 a 1260	39	K
Pt(13%)/Rodio – Pt	0 a 1593	11.7	R
Pt(10%)/Rodio – Pt	0 a 1538	10.4	S
Cobre- Constantán	-184 a 400	45	T

Tabla 1.4.- Características de diferentes tipos de termopares

Puesto que el termopar es básicamente un dispositivo de medida diferencial, se necesita una temperatura de referencia conocida para una de las uniones, así la temperatura de la otra unión será deducida del voltaje de salida. Los termopares están fabricados de materiales especialmente seleccionados que se han caracterizado exhaustivamente en términos de voltaje con la temperatura de comparación, que normalmente es la del punto de agua/hielo de 0°C.

1.5.3.- SENSORES DE TEMPERATURA CON ELEMENTOS RESISTIVOS

1.5.3.1.- RTD (Resistance Temperature Detector)

Los dispositivos RTD más comunes están contruidos con una resistencia de platino (Pt), llamadas también PRTD, aunque también se utilizan otros materiales cuyas características se recogen en la Tabla 1.5. Típicamente tienen una resistencia entre 20 Ω y 20k Ω . La ventaja más importante es que son lineales dentro del rango de temperatura entre -200 $^{\circ}$ C y 850 $^{\circ}$ C.

Material	Rango de temperaturas ($^{\circ}$ C)	Variación coef. (%/ $^{\circ}$ C a 25 $^{\circ}$ C)
Platino	-200 a 850	0.39
Níquel	-80 a 320	0.67
Cobre	-200 a 260	0.38
Níquel-acero	-200 a 260	0.46

Tabla 1.5.- Características de diferentes tipos de RTD

La Figura 1.5 muestra la respuesta de la resistencia de la RTD con la temperatura y la comparativa respecto a un termopar tipo S.

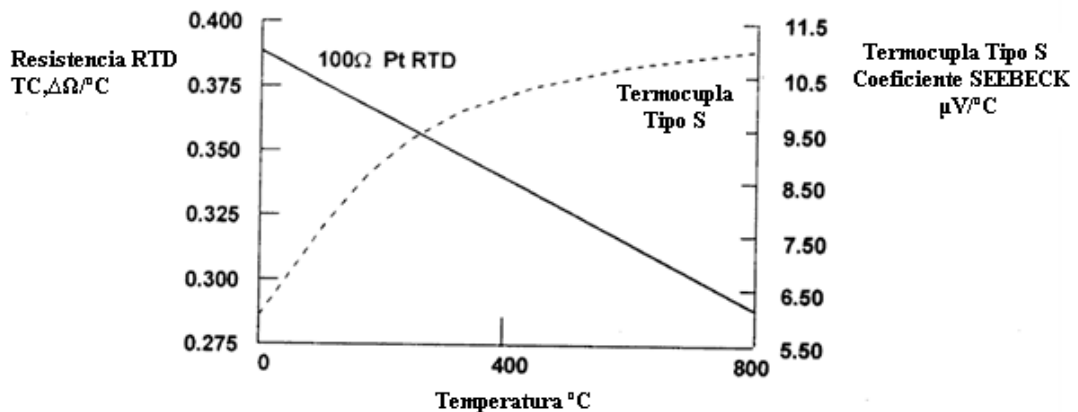


Figura 1.5.- Respuesta de una RTD vs. un termopar tipo S

1.5.3.2.- Termistores

Otros sensores resistivos mucho más económicos que las RTD son los termistores, aunque no son lineales son mucho más sensibles, pueden tener un coeficiente de temperatura positivo o negativo, estos últimos son los más usados y se denominan NTC.

1.5.3.3.- NTC (Negative Thermal Coefficient)

Los termistores NTC son resistencias sensibles a la temperatura, están fabricados de una mezcla de óxidos de Mn, Ni, Co, Cu, Fe y están moldeados en un cuerpo cerámico de varios tamaños, típicamente tienen una resistencia entre 50Ω y $1M\Omega$ a $25^{\circ}C$ y una sensibilidad del $4\%/^{\circ}C$ a $25^{\circ}C$.

El efecto de Coeficiente Negativo con la Temperatura puede resultar de un cambio externo de la temperatura ambiente o un calentamiento interno debido al efecto Joule de una corriente que fluye a través del termistor. En la Figura 1.6 se observa la curva típica del termistor.

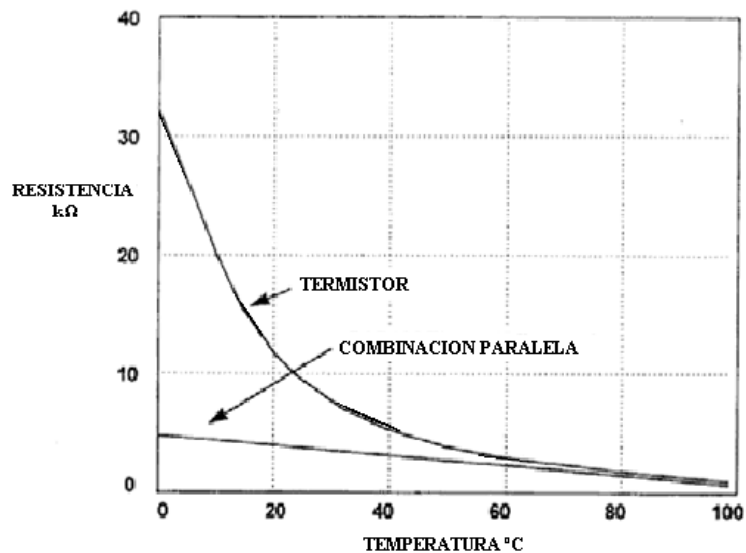


Figura 1.6.- Características comunes de los termistores o NTC

La curva del termistor se puede linealizar con una resistencia montada en paralelo con la NTC, como se observa en la Figura 1.7.

1.5.3.4.- PTC (Positive Temperature Coefficient)

Los termistores PTC son resistencias que principalmente están compuestas de bario y estroncio con titanio. La adición de dopantes hace que la componente semiconductor entregue una característica de resistencia con respecto a la temperatura, aunque son muy poco utilizados.

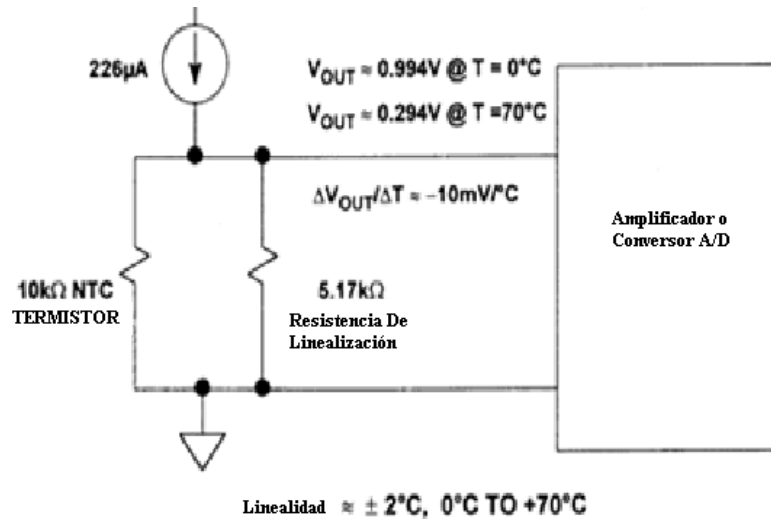


Figura 1.7.- Esquema de linealización del termistor

1.6.- MICROCONTROLADORES⁹

Es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador (esto es CPU, memorias RAM, EEPROM). Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada, y debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de controlador incrustado.

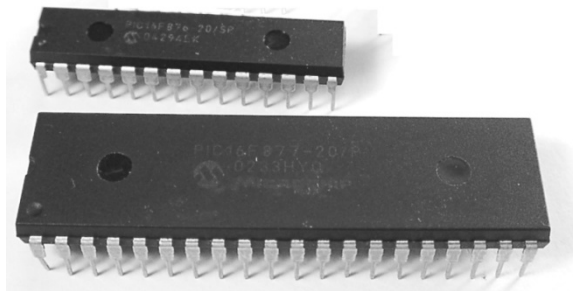


Figura 1.8.- Microcontrolador

El microcontrolador (Figura 1.8) es un computador dedicado. En su memoria solo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen

⁹ CARLOS A REYES, Microcontroladores Pic, Tercera Edición, 2004, Pág. 1

como única finalidad atender a sus requerimientos. Una vez configurado y programado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

1.6.1.- ARQUITECTURA INTERNA¹⁰

Un microcontrolador posee todos los componentes de un computador, pero con unas características fijas que no pueden alterarse.

Las partes principales de un microcontrolador son:

- ✓ Procesador
- ✓ Memoria no volátil para contener el programa
- ✓ Memoria de lectura y escritura para guardar los datos
- ✓ Líneas de E/S para los controladores de periféricos:
 - a) Comunicación paralelo
 - b) Comunicación serie
 - c) Diversas puertas de comunicación (Bus I²C, USB, etc.)
- ✓ Recursos Auxiliares:
 - a) Circuito de reloj
 - b) Temporizadores
 - c) Perro Guardián
 - d) Conversores AD y DA
 - e) Comparadores analógicos
 - f) Protección ante fallos de alimentación
 - g) Estado de reposo o de bajo consumo

En la Figura 1.9 se aprecia el diagrama de bloques de un microcontrolador.

¹⁰ CARLOS A REYES, Microcontroladores Pic, Tercera Edición, 2004, Pág. 5

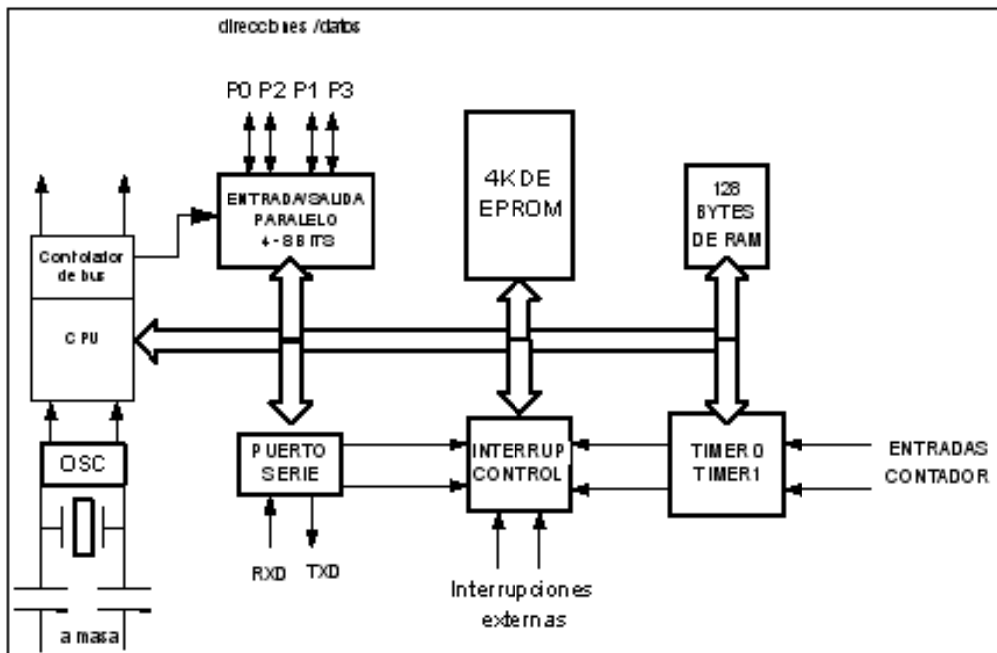


Figura 1.9.- Diagrama de bloques de un Microcontrolador

1.6.1.1.- EL PROCESADOR

La necesidad de conseguir elevados rendimientos en procesamiento de las instrucciones ha desembocado en el empleo generalizado de procesadores de arquitectura Hardware, frente a los tradicionales que seguían la arquitectura de Von Neumann. Esta última se caracterizaba porque la UCP (Unidad Central de Proceso) se conectaba con una memoria única, donde coexistían datos e instrucciones, a través de un sistema de buses. En la Arquitectura Von Neumann la UCP se comunicaba a través de un sistema de buses con la memoria, donde se guardaban las instrucciones y los datos (Figura 1.10).

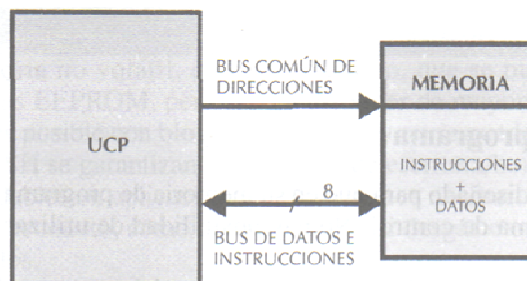


Figura 1.10.- Arquitectura de Von Neumann

En la arquitectura Harvard son independientes la memoria de instrucciones y la memoria de datos, cada una dispone de su propio sistema de buses para el acceso. Esta dualidad además de propiciar el paralelismo, permite la adecuación del tamaño de las palabras y los buses a los requerimientos específicos de las instrucciones y de los datos. También la capacidad de cada memoria es diferente. En la arquitectura Harvard la memoria de instrucciones y la de datos son independientes, lo que permite optimizar sus características y propiciar el paralelismo, en la Figura 1.11 se observa que la memoria de instrucciones tiene 1K de posiciones de 14 bits cada una, mientras que la de datos solo dispone 512 posiciones de un Byte.

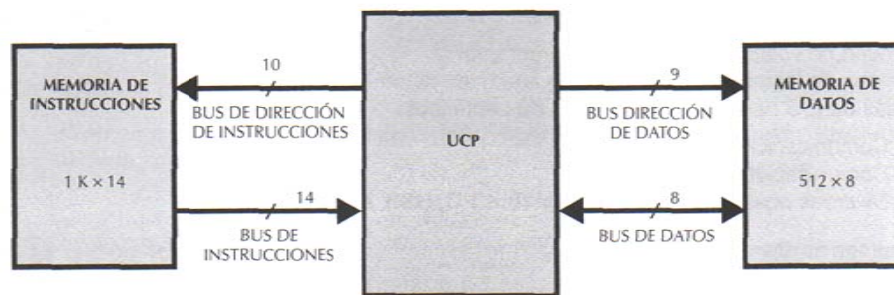


Figura 1.11.- Arquitectura Harvard

El procesador de los modernos microcontroladores responde a la arquitectura RISC (Computadores de juego de instrucciones reducido), que se identifica por poseer un repertorio de instrucciones máquina pequeño y simple, de forma que la mayor parte de las instrucciones se ejecutan en un ciclo de instrucción.

Otra aportación frecuente que aumenta el rendimiento del computador es el fomento del paralelismo implícito, que consiste en la segmentación del procesador (pipe-line), descomponiéndolo en etapas para poder procesar una instrucción diferente en cada una de ellas y trabajar con varias a la vez. El alto rendimiento y elevada velocidad que alcanzan los modernos procesadores, como el que poseen los microcontroladores PIC, se debe a la conjunción de las tres técnicas:

- ✓ Arquitectura Harvard
- ✓ Computador tipo RISC
- ✓ Segmentación

1.6.1.2.- MEMORIA DE PROGRAMA

El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de aplicación.

Como el programa a ejecutar siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente. Los tipos de memoria adecuados para soportar esta función admiten cinco versiones diferentes:

ROM con máscara: En este tipo de memoria el programa se graba en el chip durante el proceso de su fabricación mediante el uso de máscaras. Los altos costes de diseño e instrumental solo aconsejan usar este tipo de memoria cuando se precisan series muy grandes.

EPROM: La grabación de esta memoria se realiza mediante un dispositivo físico gobernado desde un computador personal, que recibe el nombre de grabador. En la superficie de la capsula del microcontrolador existe una ventana de cristal por la que se puede someter al chip de la memoria a rayos ultravioletas para producir su borrado y emplearla nuevamente. Es interesante la memoria EPROM en la fase de diseño y depuración de los programas, pero su coste unitario es elevado.

OTP (Programmable otra vez): Este modelo de memoria solo se puede grabar una vez por parte del usuario, utilizando el mismo procedimiento que con la memoria EPROM. Posteriormente no se puede borrar. Su bajo precio y la sencillez de la grabación aconsejan este tipo de memoria para prototipos finales y series de producción cortas.

EEPROM: La grabación es similar a las memorias OTP y EPROM, pero el borrado es mucho más sencillo al poderse efectuar de la misma forma que el grabado, o sea, eléctricamente. Sobre el mismo zócalo del grabador puede ser programada y borrada tantas veces como se quiera, lo cual la hace ideal para la enseñanza y en la creación de nuevos proyectos.

Aunque se garantiza 1000000 de ciclos de escritura/borrado en una EEPROM, todavía su tecnología de fabricación tiene obstáculos para alcanzar capacidades

importantes y el tiempo de escritura de las mismas es relativamente grande y con elevado consumo de energía.

FLASH: Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar en circuito al igual que la EEPROM, pero suelen disponer de mayor capacidad que estas últimas. El borrado solo es posible con bloques completos y no se puede realizar sobre posiciones concretas. En la flash se garantizan 1000 ciclos de escritura/borrado.

Son muy recomendables en aplicaciones en las que sea necesario modificar el programa a lo largo de la vida del producto, como consecuencia del desgaste o cambios de piezas, como sucede con los vehículos. Por sus mejores prestaciones está sustituyendo a la memoria EEPROM para contener instrucciones. De esta forma microchip comercializa los microcontroladores prácticamente iguales, que solo se diferencian en que la memoria de programa de uno de ellos es de tipo EEPROM y la del otro tipo FLASH.

1.6.1.3.- MEMORIA DE DATOS

La memoria de datos que manejan los programas varían continuamente, y esto exige que la memoria que les contiene debe ser de lectura y escritura, por lo que a memoria RAM estática (SRAM) es la más adecuada, aunque sea volátil.

Hay microcontroladores que también disponen como memoria de datos una de lectura y escritura no volátil, del tipo EEPROM. De esta forma, un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de información, que está disponible al reiniciarse el programa.

1.6.1.4.- LÍNEAS DE E/S PARA PERIFÉRICOS

A excepción de dos pines destinados a recibir la alimentación, otros dos para el cristal de cuarzo, que regula la frecuencia de trabajo, y una más para provocar el reset, Los restantes pines de un microcontrolador sirven para soportar su comunicación con los periféricos externos que controla (Figura 1.12). Las líneas de E/S que se adaptan con los periféricos manejan información en paralelo y se agrupan en grupos de ocho, que reciben el nombre de puertas. Hay modelos que soportan la comunicación en serie; otros disponen de conjuntos de líneas que

implementan puertas de comunicación para diversos protocolos, como el I²C, el USB, etc.



Figura 1.12.- Dispositivos periféricos de un Microcontrolador

1.6.1.5.- RECURSOS AUXILIARES

Según las aplicaciones a las que orienta el fabricante cada modelo de microcontrolador, incorpora una diversidad de complementos que refuerzan la potencia y la flexibilidad del dispositivo. Entre los recursos más comunes se citan los siguientes:

- ✓ Circuito de reloj, encargado de generar los impulsos que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.
- ✓ Temporizadores, orientados a controlar tiempos.
- ✓ Perro guardián (watchdog), destinado a provocar una re-inicialización cuando el programa queda bloqueado.
- ✓ Conversores Análogo-Digitales y Digitales-Análogos, para poder recibir y enviar señales analógicas. Comparadores analógicos, para verificar el valor de una señal analógica.
- ✓ Sistema de protección ante fallos de la alimentación.
- ✓ Estado de reposo, en el que el sistema queda congelado y el consumo de energía se reduce al mínimo.

1.7.- COMUNICACIONES

La necesidad de comunicación que ha encontrado el hombre desde el comienzo de su historia lo ha llevado a dar pasos gigantes en la evolución. Pero estos pasos no están dados solo en lo biológico, sino también en lo tecnológico, ya que una de las principales metas del hombre ha sido el romper con todo tipo de barreras que se le interpongan en su camino, y por consiguiente en su capacidad de comunicarse con los demás. Al comienzo su preocupación fue la lengua, luego la comunicación entre ciudades, más tarde países, continentes y el espacio.

Pero él no ha superado esto solo con su cuerpo, se ha valido de equipos tecnológicos para lograr su cometido, y esto ha llevado al desarrollo de más dispositivos que giran alrededor de ellos. Esto significa que mientras más evolucionado sea un equipo de comunicación, al mismo tiempo se necesita de más y mejores medios de transmisión de los diferentes tipos de datos que se desea que sean conocidos por los demás.

Las posibilidades son muchas, claro está cada una con sus posibilidades, dentro de las cuales están sus ventajas y desventajas y al tiempo acorde con las necesidades que tenemos a la hora de usarlos.

El desarrollo de estos dispositivos como el de cualquier equipo de comunicación va de la mano y realmente parece que tienen un largo camino por recorrer.

1.7.1.- MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Los medios de transmisión son los caminos físicos por medio de los cuales viaja la información y en los que usualmente lo hace por medio de ondas electromagnéticas.

Los medios de transmisión están clasificados en guiados (por cable) y no guiados (sin cable). Normalmente los medios de transmisión vienen afectados por los factores de fabricación, y se encuentra características básicas que los diferencian:

- ✓ Ancho de banda: mayor ancho de banda proporciona mayor velocidad de transmisión.

- ✓ Problemas de transmisión: puede ser la atenuación y se define como alta en el cable coaxial y el par trenzado y baja en la fibra óptica.
- ✓ Interferencias: tanto en los guiados como en los no guiados y ocasionan la distorsión o destrucción de los datos.
- ✓ Espectro electromagnético: que se encuentra definido como el rango en el cual se mueven las señales que llevan los datos en ciertos tipos de medios no guiados.

1.7.1.1.- MEDIOS GUIADOS

Se conoce como medios guiados a aquellos que utilizan unos componentes físicos y sólidos para la transmisión de datos. También conocidos como medios de transmisión por cable.

1.7.1.1.1.- Par Trenzado

Es un enlace de comunicaciones, normalmente están formados por un par de conductores de cobre aislados entrelazados formando una espiral como se observa en la Figura 1.13. En éstos el paso del trenzado es variable y pueden ir varios en una envoltura. El hecho de ser trenzado es para evitar la diafonía (la diafonía es un sonido indeseado el cual es producido por un receptor telefónico).

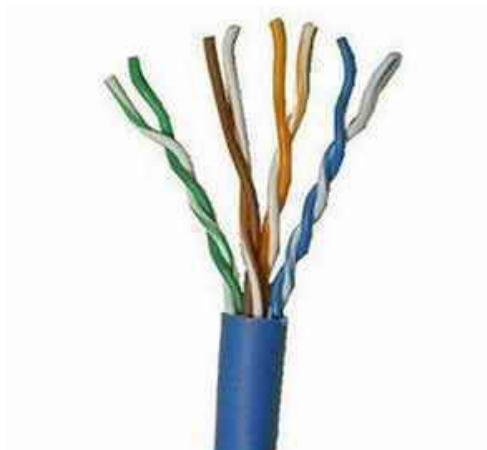


Figura 1.13.- Cable Par Trenzado

Es el medio más común de transmisión de datos que existe en la actualidad. Se utiliza para la formación de una red telefónica, redes industriales, comunicación

de dispositivos, etc. Las redes locales manejan una velocidad de transmisión de información comprendida entre los 10 Mbps y los 100 Mbps.

En este medio de transmisión se encuentra a favor el hecho de ser prácticamente el más económico que se puede ubicar en el mercado actual, también es el más fácil de trabajar por lo que cualquier persona con un mínimo de conocimientos puede adaptarlo a sus necesidades. Por otro lado tiene en contra que tiene una baja velocidad de transferencia, en medio rango de alcance y un corto rango de alcance en LAN para mantener la velocidad alta de transferencia (100 m).

1.7.1.1.2.- Cable Coaxial

El cable coaxial es un medio de transmisión relativamente reciente y muy conocido ya que es el más usado en los sistemas de televisión por cable. Físicamente es un cable cilíndrico constituido por un conducto cilíndrico externo que rodea a un cable conductor, usualmente de cobre (Figura 1.14). Es un medio más versátil ya que tiene más ancho de banda (500Mhz) y es más inmune al ruido. Es un poco más caro que el par trenzado, aunque bastante accesible al usuario común.



Figura 1.14.- Cable Coaxial

Encuentra múltiples aplicaciones dentro de la televisión, telefonía a larga distancia (puede llevar 10.000 llamadas de voz simultáneamente), redes de área local (tiende a desaparecer ya que un problema en un punto, compromete a toda la red).

1.7.1.1.3.- Fibra Óptica

Es el medio de transmisión más novedoso dentro de los guiados y su uso se está masificando en todo el mundo, reemplazando el par trenzado y el cable coaxial en casi todos los campos. En estos días se puede encontrar en la televisión por cable y la telefonía.

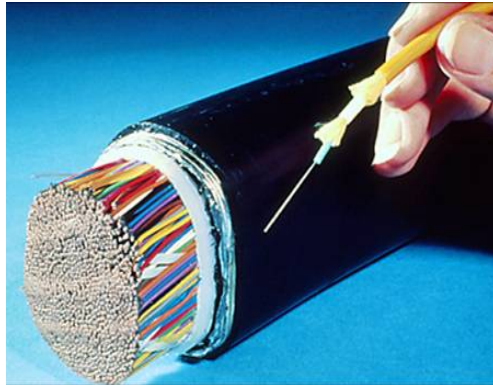


Figura 1.15.- Fibra Óptica

En este medio, los datos se transmiten mediante una haz confinado de naturaleza óptica, de ahí su nombre, es mucho más caro y difícil de manejar, pero sus ventajas sobre los otros medios lo convierten muchas veces en una muy buena elección al momento de observar rendimiento y calidad de transmisión.

Físicamente un cable de fibra óptica está constituido por un núcleo formado por una o varias fibras o hebras muy finas de cristal o plástico (Figura 1.15); un revestimiento de cristal o plástico con propiedades ópticas diferentes a las del núcleo, cada fibra viene rodeada de su propio revestimiento y una cubierta plástica para protegerla de humedades y el entorno.

1.7.1.2.- MEDIOS NO GUIADOS

Los medios no guiados o sin cable han tenido gran acogida al ser un buen medio para cubrir grandes distancias y hacia cualquier dirección, su mayor logro se dio desde la conquista espacial a través de los satélites y su tecnología sigue cambiando. De manera general se puede definir la siguiente característica de este tipo de medios:

La transmisión y recepción se realiza por medio de antenas, las cuales deben estar alineadas cuando la transmisión es direccional, o si es omnidireccional la señal se propaga en todas las direcciones.

1.7.1.2.1.- Ondas de radio

Son las más usadas, pero tienen apenas un rango de ancho de banda entre 3 KHz y los 300 GHz. Son poco precisas, y solo son usados por determinadas redes de datos o los infrarrojos.

1.7.2.- COMUNICACIÓN SERIAL

Un dispositivo serial utiliza un protocolo de comunicación, que es estándar para casi cualquier PC. La mayoría de las computadoras incluyen dos puertos seriales RS-232 (fue desarrollado en 1960 como un estándar para manejar la interconexión entre Terminales y Modems). Serial es también un protocolo de comunicación para instrumentación en muchos dispositivos, y muchos dispositivos compatibles GPIB vienen con un puerto RS-232. Además se puede usar comunicación serial para adquisición de datos en conjunto con un dispositivo de muestreo remoto.¹¹

El concepto de comunicación serial es simple; el puerto serial envía y recibe bytes de información, un bit a la vez. Aunque esto es más lento que la comunicación paralela, la cual permite la transmisión entera de bytes de una sola vez, es más sencillo y puede utilizarlo en distancias grandes. Por ejemplo, las especificaciones IEEE 488 para comunicación paralela definen que el cableado entre equipos no debe ser mayor de 20 metros en total, con no más de 2 metros entre dos dispositivos; en comunicación serial se puede extender hasta 1200 metros.

Típicamente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII. Para realizar la comunicación se utiliza 3 líneas de transmisión: (1) Tierra o referencia, (2) Transmisión, (3) Recepción. Debido a que la transmisión es asincrónica, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra. Existen otras líneas disponibles para realizar handshaking, o intercambio de

¹¹ <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/D275FD9CA656670286256F930061491D>

pulsos de sincronización, pero no son requeridas. Las características más importantes de la comunicación serial son la velocidad de transmisión, los bits de datos, los bits de parada, y la paridad. Para que dos puertos se puedan comunicar, es necesario que las características sean iguales.¹²

Para permitir que dos dispositivos se comuniquen se necesita un método de comunicación y un lenguaje o protocolo común entre los dos dispositivos. La forma más común de establecer dicha comunicación es utilizando la comunicación serie. La comunicación serie consiste en la transmisión y recepción de pulsos digitales, a una misma velocidad.

El transmisor envía pulsos que representan el dato enviado a una velocidad determinada, y el receptor escucha dichos pulsos a esa misma velocidad. Esta técnica es conocida como comunicación serie asíncrona. Un caso práctico es el de un modem externo conectado a un PC.

Por ejemplo, si se dispone de dos dispositivos conectados y que intercambian datos a una velocidad de 9600 bits por segundo (también llamados baudios), el receptor capturará el voltaje que le está enviando el transmisor, y cada 1/9600 de un segundo, interpretará dicho voltaje como un nuevo bit de datos. Si el voltaje tiene valor HIGH, interpretará el dato como 1, y si tiene valor LOW (0v), interpretará el dato como 0. De esta forma, interpretando una secuencia de bits de datos, el receptor puede obtener el mensaje transmitido¹³.

Los dispositivos electrónicos usan números para representar en bytes, caracteres alfanuméricos (letras y números). Para ello se utiliza el código estándar llamado ASCII (enlace), el cual asigna a cada número o letra el valor de un byte comprendido entre el rango de 0 a 127. El código ASCII es utilizado en la mayoría de los dispositivos como parte de su protocolo de comunicaciones serie. Así, para enviar el número 90 desde un dispositivo a otro. Primero, se pasa el número desde su formato decimal a su formato binario; en binario 90 es 01011010 (1

¹² <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1>

¹³ <http://www.arduino.cc/es/Comunicaci%F3nSerie/Comunicaci%F3nSerie>

byte). Y el dispositivo lo transmitiría como secuencia de pulsos, como se muestra en la Figura 1.16.

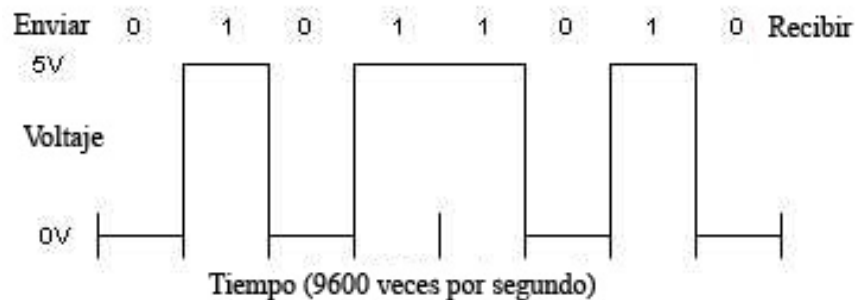


Figura 1.16.- Secuencia de Pulsos en la Comunicación serial

Otro punto importante, es determinar el orden de envío de los bits. Normalmente, el transmisor envía en primer lugar, el bit con más peso (o más significativo), y por último el de menos peso (o menos significativo) del formato binario.

Entonces, como conclusión; para que sea posible la comunicación serie, ambos dispositivos deben concordar en los niveles de voltaje (HIGH y LOW), en la velocidad de transmisión, y en la interpretación de los bits transmitidos. Es decir, que deben tener el mismo protocolo de comunicación serie (conjunto de reglas que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre dispositivos). Generalmente se usa el protocolo serie llamado RS-232 e interfaces (conectores vs puertos serie) que utilizan dicha norma.

Velocidad de transmisión (baud rate): Indica el número de bits por segundo que se transfieren, y se mide en baudios (bauds). Por ejemplo, 300 baudios representan 300 bits por segundo. Cuando se hace referencia a los ciclos de reloj se está hablando de la velocidad de transmisión; es decir, si el protocolo hace una llamada a 4800 ciclos de reloj, entonces el reloj está corriendo a 4800 Hz, lo que significa que el puerto serial está muestreando las líneas de transmisión a 4800 Hz. Las velocidades de transmisión más comunes para las líneas telefónicas son de 14400, 28800, y 33600. Es posible tener velocidades más altas, pero se reduciría la distancia máxima posible entre los dispositivos. Las altas velocidades se utilizan cuando los equipos se encuentran uno junto al otro, como es el caso de dispositivos GPIB.

Bits de datos: Se refiere a la cantidad de bits en la transmisión. Cuando la computadora envía un paquete de información, el tamaño de ese paquete no necesariamente será de 8 bits. Las cantidades más comunes de bits por paquete son 5, 7 y 8 bits. El número de bits que se envía depende en el tipo de información que se transfiere. Por ejemplo, el ASCII estándar tiene un rango de 0 a 127, es decir, utiliza 7 bits; para ASCII extendido es de 0 a 255, lo que utiliza 8 bits. Si el tipo de datos que se está transfiriendo es texto simple (ASCII estándar), entonces es suficiente con utilizar 7 bits por paquete para la comunicación. Un paquete se refiere a una transferencia de byte, incluyendo los bits de inicio/parada, bits de datos, y paridad. Debido a que el número actual de bits depende en el protocolo que se seleccione, el término paquete se usará para referirse a todos los casos.

Bits de parada: Usado para indicar el fin de la comunicación de un solo paquete. Los valores típicos son 1, 1.5 o 2 bits. Debido a la manera como se transfiere la información a través de las líneas de comunicación y que cada dispositivo tiene su propio reloj, es posible que los dos dispositivos no estén sincronizados. Por lo tanto, los bits de parada no sólo indican el fin de la transmisión, sino además dan un margen de tolerancia para esa diferencia de los relojes. Mientras más bits de parada se usen, mayor será la tolerancia a la sincronía de los relojes, sin embargo la transmisión será más lenta.

Paridad: Es una forma sencilla de verificar si hay errores en la transmisión serial. Existen cuatro tipos de paridad: par, impar, marcada y espaciada. La opción de no usar paridad alguna también está disponible. Para paridad par e impar, el puerto serial fijará el bit de paridad (el último bit después de los bits de datos) a un valor para asegurarse que la transmisión tenga un número par o impar de bits en estado alto lógico. Por ejemplo, si la información a transmitir es 011 y la paridad es par, el bit de paridad sería 0 para mantener el número de bits en estado alto lógico como par. Si la paridad seleccionada fuera impar, entonces el bit de paridad sería 1, para tener 3 bits en estado alto lógico. La paridad marcada y espaciada en realidad no verifican el estado de los bits de datos; simplemente fija el bit de paridad en estado lógico alto para la marcada, y en estado lógico bajo para la espaciada. Esto permite al dispositivo receptor conocer de antemano el

estado de un bit, lo que serviría para determinar si hay ruido que esté afectando de manera negativa la transmisión de los datos, o si los relojes de los dispositivos no están sincronizados.

1.7.2.1.- COMUNICACIÓN SERIAL RS-232

RS-232 (Estándar ANSI/EIA-232) es el conector serial que se encuentra en todas las PCs en la actualidad. Los usuarios lo utilizan con diversos propósitos, como el conectar periféricos, impresoras, o módems, así como para instrumentación industrial. Debido a la línea del driver y mejoras en el cableado, las aplicaciones comúnmente incrementan el desempeño del RS-232 más allá de la distancia y velocidad listadas en el estándar.

El RS-232 está limitado a conexiones punto a punto entre puertos seriales y dispositivos PC. Se puede utilizar el hardware RS-232 para comunicaciones seriales en distancias de hasta 16 metros. En la Figura 1.17 se observa la distribución de pines del conector DB9 que se usa para la comunicación serie.

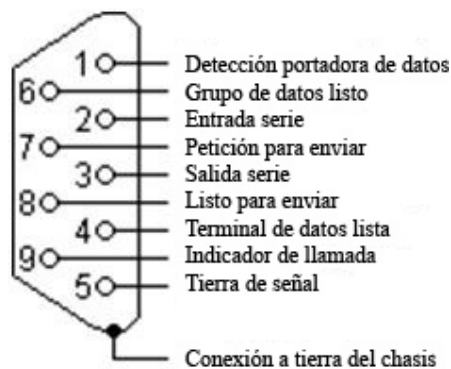


Figura 1.17.- Conector DB-9

Características Eléctricas: La característica más resaltante de este estándar, es que los niveles lógicos no son compatibles con TTL. La lógica TTL es usada en la mayoría, por no decir todos, los microprocesadores y microcontroladores; por lo que es necesaria la conversión de señales RS- 232C a TTL y viceversa para su interconexión con un PC que use un puerto serial.

En la Tabla 1.6 se describe la función de cada uno de los pines del conector DB9 que se usa para la comunicación entre dispositivos externos y la PC.

Pin	Señal	E/S	Definición
1	DCD	E	Detección de portadora de datos
2	SIN	E	Entrada serie
3	SOUT	S	Salida serie
4	DTR	S	Terminal de datos lista
5	GND	N/D	Tierra de señal
6	DSR	E	Grupo de datos listo
7	RTS	S	Petición para enviar
8	CTS	E	Listo para enviar
9	RI	E	Indicador de llamada
Casquete	N/D	N/D	Conexión a tierra del chasis

Tabla 1.6.- Designación de pines del conector DB-9

Un receptor RS-232C interpreta un voltaje más negativo que $-3V$ como un 1 lógico, y un voltaje más positivo que $+3V$ como un 0 lógico. Un transmisor RS-232C debe tener como salida un voltaje más negativo que $-5V$ para un 1 lógico y un voltaje más positivo que $+5V$ para un 0 lógico.

Los valores típicos RS-232C para un 0 ó 1 lógico, está entre $\pm 10V$ a $\pm 12V$. Las características eléctricas del estándar RS-232C permite mayores distancias para los cables de conexión y una mayor inmunidad a ruidos.

1.8.- INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

1.8.1.- INTRODUCCIÓN¹⁴

La rápida adopción de la PC en los últimos 20 años generó una revolución en la instrumentación de ensayos, mediciones y automatización. Un importante desarrollo resultante de la generalidad de la PC es el concepto de instrumentación virtual, el cual ofrece variados beneficios a ingenieros y científicos que requieran mayor productividad, precisión y rendimiento.

Un instrumento virtual consiste de una computadora o una estación de trabajo, equipada con poderosos programas (software), hardware económico, tales como placas para insertar, y manejadores (drivers) que cumplen, en conjunto, las

¹⁴ http://www.aadeca.org/socios/tracnova/La_Instrumentacion_Virtual.pdf

funciones de instrumentos tradicionales. Los instrumentos virtuales representan una parte fundamental de los sistemas de instrumentación basados en el hardware a sistemas centrados en el software que aprovechan la potencia de cálculo, productividad, exhibición y capacidad de conexión de las populares computadoras de escritorio y estaciones de trabajo. Aunque la PC y la tecnología de circuitos integrados han experimentado avances significativos en las últimas dos décadas, es el software el que realmente provee la ventaja para construir sobre esta potente base de hardware para crear los instrumentos virtuales, proveyendo mejores maneras de innovar y de reducir los costos significativamente. Con los instrumentos virtuales, los usuarios construyen sistemas de medición y automatización que se ajustan exactamente a sus necesidades (definidos por el usuario), en lugar de estar limitados por los instrumentos tradicionales de funciones fijas (definidos por el fabricante).

1.8.2.- INSTRUMENTOS TRADICIONALES

Los instrumentos autónomos tradicionales, tales como osciloscopios y generadores de ondas, son muy poderosos, caros y diseñados para llevar a cabo una o más tareas específicas definidos por el fabricante. Sin embargo, el usuario por lo general no puede extender o personalizar esas tareas.

Las perillas y botones del instrumento, sus circuitos electrónicos y las funciones disponibles para el usuario son todas específicas a la naturaleza del instrumento. Además, deben desarrollarse una tecnología especial y costosos componentes para construirlos, lo cual los hace muy caros y lentos para adaptarlos. En la Figura 1.18, se muestra un tablero, donde se encuentra los diferentes instrumentos ubicados físicamente y de acuerdo a la necesidad específica de un proceso.

1.8.3.- INSTRUMENTOS VIRTUALES

Debido a que están basados en la PC, los instrumentos virtuales aprovechan substancialmente los beneficios de la última tecnología de las computadoras personales corrientes. Estos avances en tecnología y rendimiento, que están cerrando rápidamente la brecha entre los instrumentos autónomos y las PCs,

incluyen poderosos procesadores, tales como el Pentium 4 anteriormente y en la actualidad los Core 2 Duo y sistemas operativos y tecnologías tales como el Microsoft Windows XP, .NET y el Apple Mac OS X. Además de incorporar características poderosas, esas plataformas también ofrecen un acceso sencillo a herramientas también poderosas tales como la Internet. Los instrumentos tradicionales también adolecen frecuentemente de falta de portabilidad, en tanto que los instrumentos virtuales que corren en las computadoras portátiles automáticamente incorporan esta naturaleza portátil.



Figura 1.18.- Tablero de control tradicional

Los usuarios de la instrumentación virtual cuyas necesidades, aplicaciones y requerimientos varían muy rápidamente, necesitan flexibilidad para crear sus propias soluciones. Se puede adaptar un instrumento virtual a las necesidades particulares sin necesidad de reemplazar todo el instrumento dado que posee el software de aplicación instalado en la computadora y al amplio rango disponible de hardware para instalar en ella. Los instrumentos virtuales se pueden observar en un monitor con lo que se reduce espacio en las instalaciones de monitoreo y control.

En la Figura 1.19 se tiene el panel frontal de una aplicación desarrollado en un software de instrumentación virtual.

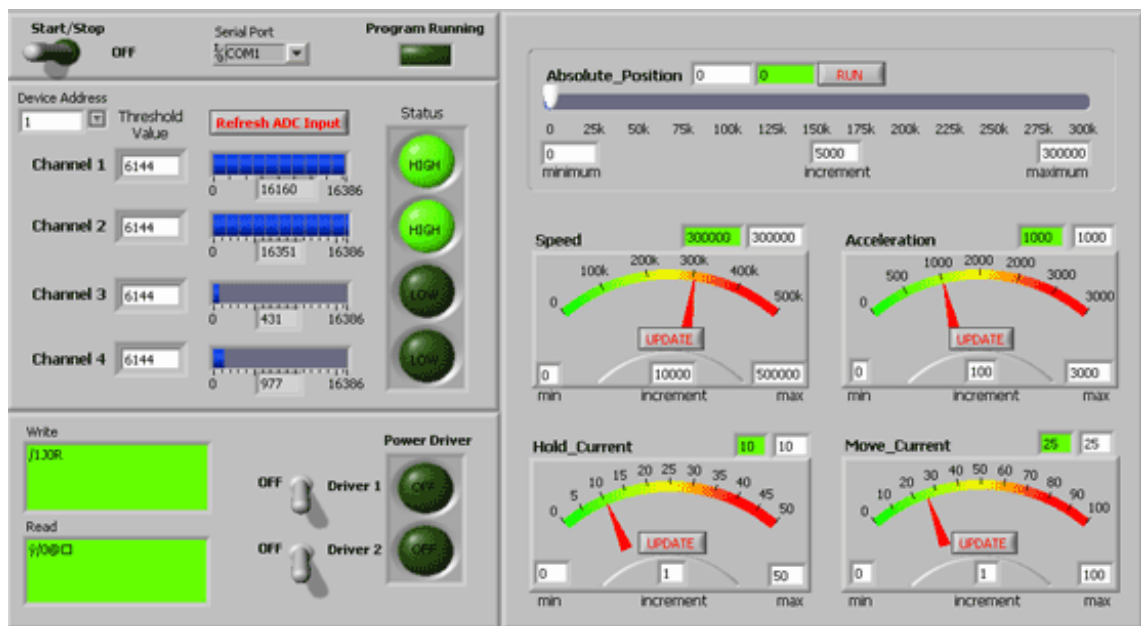


Figura 1.19.- Tablero de control virtual

1.8.4.- VENTAJAS

1.8.4.1.- FLEXIBILIDAD

A excepción de los componentes especializados y los circuitos hallados en los instrumentos tradicionales, la arquitectura general de los instrumentos autónomos es muy similar a la hallada en un instrumento virtual basado en computadora. Ambos requieren uno o más microprocesadores, puertos de comunicación (por ejemplo: serie y GPIB) y capacidad de mostrar resultados así como también módulos de adquisición de datos. Lo que diferencia uno del otro es su flexibilidad y el hecho que puede modificar y adaptar el instrumento a necesidades particulares. Un instrumento tradicional podría contener un circuito integrado para llevar a cabo un conjunto particular de instrucciones de procesamiento de datos; en un instrumento virtual estas funciones podrían llevarse a cabo por el programa que corre en el procesador de la computadora. Se puede fácilmente extender ese conjunto de funciones y estar sólo limitado por la potencia del software que se utilice.

1.8.4.2.- REDUCCIÓN DE COSTOS

Utilizando soluciones basadas en la instrumentación virtual, se puede reducir los costos de inversión, desarrollo de sistemas y mantenimiento al mismo tiempo que mejora el tiempo de comercialización y la calidad de sus propios productos.

1.8.4.3.- HARDWARE PARA APLICACIONES ESPECÍFICAS

Existe una amplia variedad disponible de hardware que se puede o bien insertar en una computadora o bien acceder a través de una red. Estos dispositivos ofrecen un amplio rango de capacidades de adquisición de datos a un costo significativamente inferior que el correspondiente a dispositivos dedicados. A medida que la tecnología de circuitos integrados avanza y los componentes comunes se vuelven más baratos y poderosos, también lo hacen las placas que ellos utilizan. Junto con estos avances tecnológicos viene un incremento en las velocidades de adquisición de datos, precisión de las mediciones y mejor aislamiento de las señales.

Dependiendo de la aplicación en particular, el hardware que se elija podría incluir entradas o salidas analógicas, entradas o salidas digitales, contadores, temporizadores, filtros, muestreo simultáneo y capacidades de generación de ondas. La amplia gama de placas y hardware podría incluir cualquiera de esas características o una combinación de ellas.

1.8.5.- EL SOFTWARE EN LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

El software es el componente más importante de un instrumento virtual. Con la herramienta de software apropiada los usuarios pueden crear eficientemente sus propias aplicaciones, diseñando e integrando las rutinas que requiere un proceso en particular. También pueden crear las interfaces de usuario que mejor satisfagan el objetivo de la aplicación y de aquéllos que van a interactuar con ellas. Pueden definir cómo y cuándo la aplicación adquiere datos desde el dispositivo, cómo los procesa, manipula y almacena los datos y cómo se presentan los resultados al usuario.

Contando con un software poderoso, se puede dotar a los instrumentos con capacidades de inteligencia y de toma de decisiones de manera tal que se

adapten cuando las señales medidas varíen inadvertidamente o cuando se requiera mayor o menor potencia de procesamiento.

1.8.5.1.- VENTAJA DEL SOFTWARE

Modularidad.- Cuando se trata de un gran proyecto, los usuarios generalmente abordan la tarea dividiéndola en unidades funcionales manejables. Estas tareas subsidiarias son más manejables y más fáciles de probar dadas las menores dependencias que podrían causar comportamientos inesperados. Se puede diseñar un instrumento virtual para solucionar cada una de estas tareas subsidiarias y luego reunir las en un sistema completo para resolver la tarea de mayor envergadura. La facilidad con la cual se puede realizar esta división de tarea depende en mayor medida de la arquitectura subyacente en el software.

Aplicaciones Distribuidas.- Un instrumento virtual no está limitado a estar confinado en una computadora autónoma. En realidad, con los recientes desarrollos en tecnologías de redes y la Internet, es más común utilizar la potencia de conectividad de los instrumentos con el fin de compartir tareas. Ejemplos típicos incluyen supercomputadoras, monitoreo distribuido y dispositivos de control, así como también datos o visualización de resultados desde múltiples sitios.

1.8.6.- EL SOFTWARE LABVIEW

LABVIEW es una parte integral de la instrumentación virtual dado que provee un medio ambiente de desarrollo de aplicaciones que es fácil de utilizar y está diseñado específicamente teniendo en mente las necesidades de ingenieros y científicos. LABVIEW ofrece poderosas características que facilitan la conexión a una gran variedad de hardware y otro software.

1.8.6.1.- PROGRAMACIÓN GRÁFICA

Una de las características más poderosas que LABVIEW ofrece a los usuarios es un medio ambiente de programación que es gráfico. Con LABVIEW se puede diseñar instrumentos virtuales a medida creando interfaces gráficas de usuario en la pantalla de la computadora con la cual se puede:

- ✓ Operar el programa de instrumentación
- ✓ Controlar el hardware seleccionado
- ✓ Analizar datos adquiridos
- ✓ Visualizar los resultados

Se puede personalizar paneles frontales con perillas, botones, diales y gráficos a fin de emular paneles de control de instrumentos tradicionales, crear paneles de ensayo personalizados o representar visualmente el control y operación de procesos.

La similitud existente entre los diagramas de flujo y los programas gráficos acorta la curva de aprendizaje asociada con lenguajes tradicionales basados en texto.

En este entorno de programación se puede determinar el comportamiento de los instrumentos virtuales conectando íconos entre sí para crear diagramas de bloques, que son representaciones de diseño naturales para los usuarios. Con un lenguaje gráfico se logra desarrollar sistemas más rápidamente que con lenguajes de programación convencionales mientras que conserva la potencia y flexibilidad necesarias para crear una variedad de aplicaciones.

La instrumentación virtual está motorizada por la siempre creciente tecnología computacional que le ofrece a la industria y usuarios el poder de crear y definir su propio sistema basado en un marco de trabajo abierto. Este concepto no sólo asegura que el trabajo será utilizable en el futuro sino que también provee la flexibilidad de adaptarlo y extenderlo a medida que cambian sus necesidades.

1.8.6.2.- COMPONENTES PARA TRABAJAR EN LABVIEW

Los programas desarrollados mediante LABVIEW se denominan Instrumentos Virtuales (VIs), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los VIs tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes

de otros VIs. Todos los VIs tienen un panel frontal y un diagrama de bloques. Las paletas contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los VIs.

Panel Frontal: Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc. Cada uno de ellos puede estar definido como un control o un indicador. Los primeros sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación. En la Figura 1.20 se tiene un panel frontal desarrollado en LABVIEW.



Figura 1.20.- Panel Frontal de un VI hecho con LABVIEW

Diagrama de bloques: El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesado de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LABVIEW. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales. Son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes convencionales.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales.

El diagrama de bloques se construye conectando los distintos objetos entre sí, como si de un circuito se tratará. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos. En la Figura 1.21 se tiene un diagrama de bloques de un instrumento virtual desarrollado en LABVIEW.

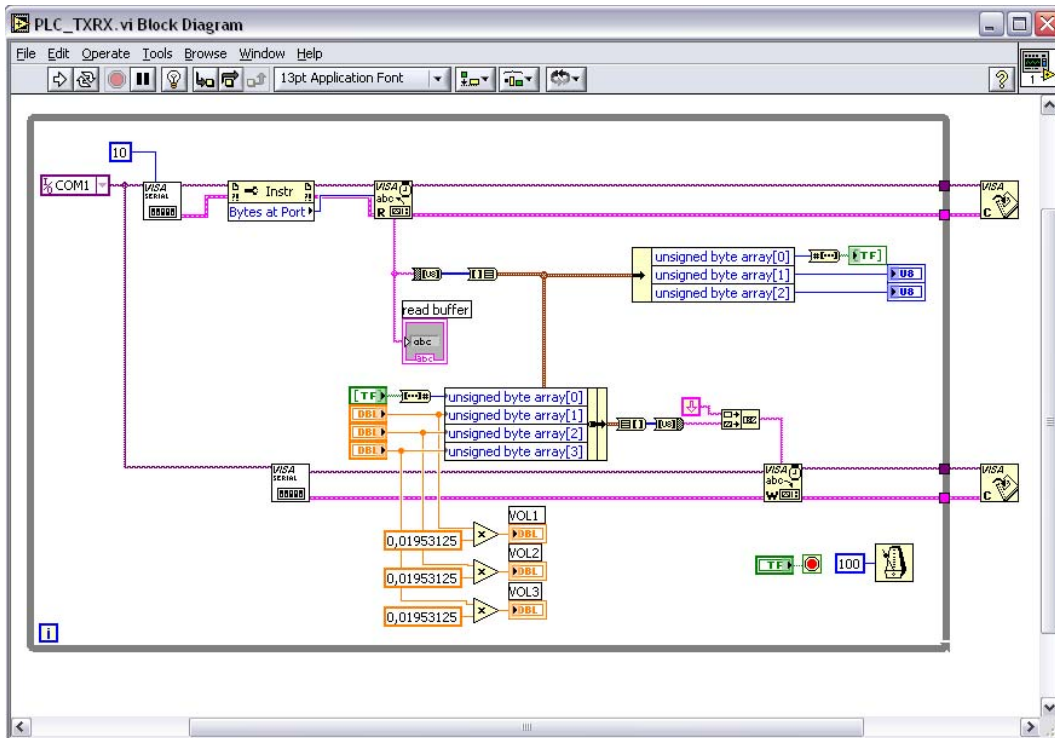


Figura 1.21.- Diagrama de Bloques de un VI hecho con LABVIEW

LABVIEW posee una extensa biblioteca de funciones, entre ellas, aritméticas, comparaciones, conversiones, funciones de entrada/salida, de análisis, etc.

Las estructuras, similares a las declaraciones causales y a los bucles en lenguajes convencionales, ejecutan el código que contienen de forma condicional o repetitiva (Bucle For, While, Case,...).

Los cables son las trayectorias que siguen los datos desde su origen hasta su destino, ya sea una función, una estructura, un terminal, etc. Cada cable tiene un color o un estilo diferente, lo que diferencia unos tipos de datos de otros. Algunos tipos de datos que se usa en LABVIEW describe en la Tabla 1.7.











Control	Indicador	Tipo de dato
		Número con punto flotante
		Número complejo, con punto flotante
		Número entero
		Cadena de caracteres
		Dato boleano, entrega o recibe valores de verdadero o falso.

Tabla 1.7.- Tipos de datos en LABVIEW

1.8.6.2.1.- Paletas

Las paletas de LABVIEW proporcionan las herramientas que se requieren para crear y modificar los VIs. Estas paletas aparecen de acuerdo al requerimiento del usuario en el panel frontal o en el diagrama de bloques. En la versión 8.5 de LABVIEW se tiene las siguientes paletas:

Paleta de Herramientas (Tools Palette)

Se emplea tanto en el panel frontal como en el diagrama de bloques. Contiene las herramientas necesarias para editar y depurar los objetos tanto del panel frontal como del diagrama de bloques. Para seleccionar una función basta con colocarse con el ratón sobre el icono que se desea.

La paleta de herramientas con sus diferentes opciones, de la versión 8.5 de LABVIEW se muestra en la Figura 1.22.



Figura 1.22.- Paleta de Herramientas de LABVIEW

Paleta de Controles (Controls Palette)

Se utiliza únicamente en el panel frontal. Contiene todos los controles e indicadores que se emplearán para crear la interfaz del VI con el usuario. Aquí se encuentra una gran cantidad de elementos muy útiles para representar las diferentes tareas para las cuales se ha creado el programa. Se puede elegir elementos parecidos a los que se encuentra en un tablero de control tradicional, es decir botones, lámparas indicadoras, selectores, diales, etc., todos estos de forma virtual. La paleta de controles con sus respectivos submenús se observa en la Figura 1.23.

Al seleccionar objetos desde el menú Controls estos aparecen sobre el panel frontal, pueden colocarse donde convenga, y además tienen su propio menú desplegable que permite la configuración de algunos parámetros específicos de cada tipo de control.

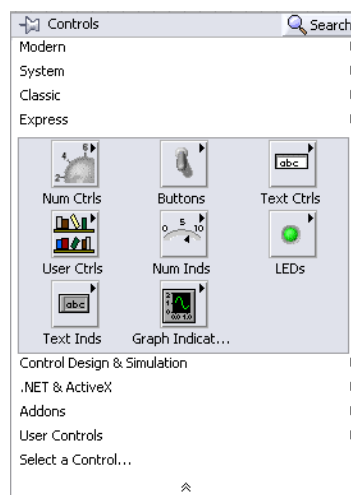


Figura 1.23.- Paleta de controles de LABVIEW

Paleta de Funciones (Functions Palette)

Se emplea en el diseño del diagrama de bloques. La paleta de funciones (Figura 1.24) contiene todos los objetos que se emplean en la implementación del programa del VI, ya sean funciones aritméticas, de entrada/salida de señales, entrada/salida de datos a fichero, adquisición de señales, temporización de la ejecución del programa.

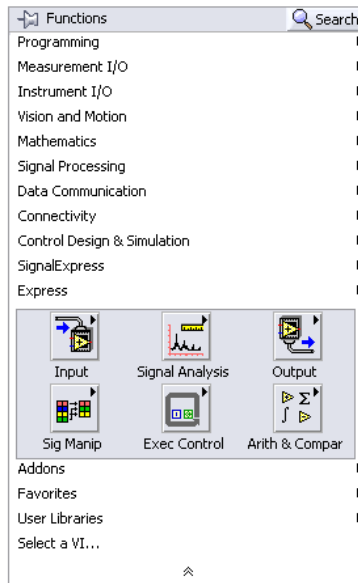


Figura 1.24.- Paleta de Funciones de LABVIEW

Para seleccionar una función o estructura concretas, se debe desplegar el menú Functions y elegir entre las opciones que aparecen.

CAPÍTULO II

2.- DISEÑO, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

2.1.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

El dispositivo debe cumplir con las características de ser compacto, para medición en el sitio, con la facilidad de montaje en un trípode. Enfocado a las partes constitutivas del sistema se tendrá un bloque de sensores, en el cual estará ubicado los sensores de temperatura húmeda, temperatura de globo y temperatura ambiente. Estos estarán acoplados al dispositivo el cual se encargará de procesar las señales, realizar los cálculos necesarios, mostrar los datos al usuario, y en su momento entregar estos datos para ser usados de la manera más pertinente.

Las condiciones ambientales en las cuales trabajará el dispositivo son de características no muy severas, humedad relativa en el rango de 25 al 65%, temperaturas entre 5 y 40 °C, niveles sonoros oscilando entre 80 y 110 dB¹⁵.

Con el objetivo de asegurar las mediciones, el instrumento se contrastará con los instrumentos de medición de temperatura que se posee en la empresa, y así tener la seguridad que las medidas que se están tomando son suficientemente precisas y confiables.

2.1.1.- BLOQUE DE SENSORES

Los sensores se encuentran dispuestos de la siguiente forma:

En la parte izquierda el sensor de la temperatura ambiente, este debe estar protegido de la radiación solar, pero sin impedir el flujo de aire normal por el elemento sensor.

¹⁵ NOVACERO S.A., Mediciones realizadas en los puestos de trabajo y mediciones realizadas por el laboratorio de control de calidad, Higrotermómetro TECH, sonómetro AMPROBE, 2008.

En la parte central se encuentra el sensor de la temperatura húmeda natural, este elemento debe ser recubierto de una tela empapada del líquido usado para la medición, esta tela debe poseer la característica de absorber el líquido constantemente debido a que durante todo el proceso de medición debe estar empapada de alcohol o agua destilada.

En la parte derecha se encuentra el sensor de la temperatura de globo, este sensor está localizado en la parte central de un globo de cobre de diámetro considerable, pintado de negro mate.

2.1.2.- BLOQUE PROCESADOR

Se denomina así a la parte medular del dispositivo, es donde se localiza toda la circuitería electrónica, se encarga de:

- ✓ Recibir las señales provenientes de los sensores y procesarlas a través de los convertidores análogos-digitales del microcontrolador.
- ✓ Leer e indicar en la LCD, la fecha y la hora.
- ✓ Mostrar en la pantalla de cristal líquido (LCD) las diferentes variables.
- ✓ Guardar los datos de las variables en la memoria externa.
- ✓ Leer los datos de la memoria externa y enviar los datos a través del puerto serial a una computadora.

2.1.1.- BLOQUE DE COMUNICACIÓN

Se encuentra la interfaz del dispositivo con el usuario (teclado y pantalla LCD) y el puerto DB-9 para la conexión del dispositivo medidor con el computador. Desde aquí se puede controlar la visualización de los diferentes datos con los cuales se está trabajando, si es el necesario sincronizar el reloj interno, encender la luz de fondo de la pantalla de cristal líquido, y ordenar al dispositivo que realice una de las actividades para las cuales está configurado (realizar las mediciones, sincronizar reloj, descargar datos).

2.2.- DISEÑO DEL SISTEMA

Para el diseño se partió de los conocimientos de electrónica, en primera instancia se diseña la etapa de amplificación y acondicionamiento de señales de los sensores, por ser la más delicada del sistema, luego a las etapa de comunicación con la memoria y el RTC, también se controla las corrientes que se están manejando en el PIC sean las adecuadas y no dañen las entradas y salidas de este elemento. En cada elemento se procedió a medir la corriente que consume para en lo posible tratar de ahorrar energía en la batería.

Para establecer la comunicación entre el evaluador de estrés térmico y un computador se trabajará con comunicación serial RS232, y un software elaborado para este propósito.

El esquema general para la implementación del instrumento se ilustra en la Figura 2.1.

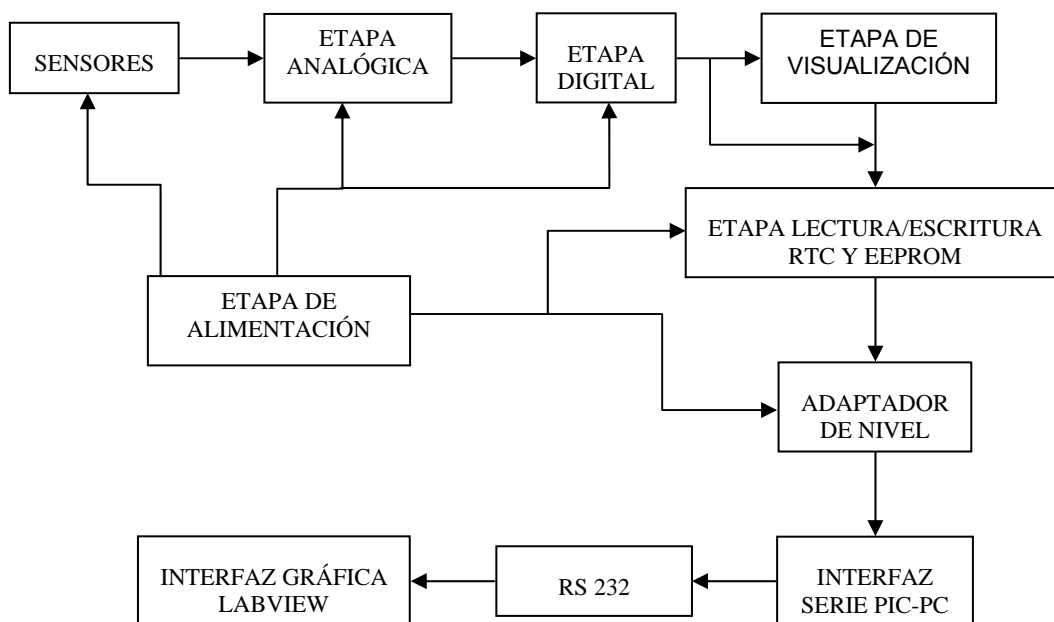


Figura 2.1.- Esquema general del instrumento

En lo referente a la parte mecánica se tiene una caja en la cual se colocará la tarjeta con los elementos, esta caja se puede acoplar a un trípode para realizar las mediciones durante toda la jornada de labores. El trípode debe ser lo

suficientemente seguro para evitar que el instrumento se desplome al piso o se exponga a movimientos bruscos.

2.3.- SELECCIÓN DE ELEMENTOS

El medidor de estrés térmico para cumplir con su función en forma eficiente necesita de la unión de varios elementos que son de vital importancia para su funcionamiento. Los mismos que deben funcionar de forma sincronizada con el microcontrolador.

2.3.1.- SENSORES

Como el instrumento es para medición de temperaturas ambientales, donde exista una fuente de calor a la cual este expuesta una persona, el rango de temperatura a medir se encuentra entre 5°C y 45°C, en las condiciones más extremas que se podría encontrar en el interior de una nave industrial de laminación, por lo que se puede trabajar con los sensores LM35AH del fabricante NATIONAL SEMICONDUCTOR (Figura 2.2), cuyos datos se encuentran en el Anexo 3, este sensor encapsulado en un circuito integrado, entrega una salida de voltaje proporcional a la temperatura con una variación de 10mV por cada grado centígrado, la alimentación de este sensor está en el rango de los 4 a 20 voltios de tensión continua, el rango de temperatura en el cual trabaja este elemento está entre -55 °C hasta los 150 °C. Razones suficientes para elegir este tipo de encapsulados como los elementos sensores del instrumento; ofreciendo una estabilidad y precisión en las mediciones que se tomarán.



Figura 2.2.- Sensor LM35AH

2.3.2.- AMPLIFICADORES

La señal proveniente de los sensores necesita ser amplificada para lo cual se utiliza el circuito integrado LM358 del fabricante STMICROELECTRONICS (Figura 2.3), este elemento es un circuito compuesto de dos amplificadores operacionales independientes, diseñado para funcionar con una alimentación simple o dual de 0 a 32 voltios de corriente continua. La ganancia se la configura por medio de resistores externos, ofrece un rechazo al modo común (CMRR) de 85 dB. El consumo de corriente de 500 μ A.

Para mayor información de este circuito integrado refiérase al Anexo 6.

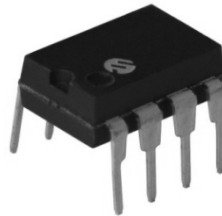


Figura 2.3.- Circuito Integrado LM358

2.3.3.- MICROCONTROLADOR

De la gama de microcontroladores de que existe en el mercado local se elige uno que sea versátil para su uso, de bajo consumo de corriente entre otras características. El programa con el cual funciona el dispositivo es de un tamaño considerable por lo que necesita un gran espacio de memoria en el microcontrolador.

Además tiene varios periféricos conectados al microcontrolador para lo cual se requiere de una cantidad considerable de pines para su respectiva conexión.

En la Tabla 2.1 se tiene una breve descripción de las características de los microcontroladores de la serie PIC18Fxx2.

En la Figura 2.4 se tiene un microcontrolador PIC18F452 del fabricante Microchip, este dispositivo posee 40 pines de los cuales 33 se pueden usar como entradas o salidas.



Figura 2.4.- Microcontrolador PIC18F452

Device	On-Chip Program Memory		On-Chip RAM (bytes)	Data EEPROM (bytes)
	FLASH (bytes)	# Single Word Instructions		
PIC18F242	16K	8192	768	256
PIC18F252	32K	16384	1536	256
PIC18F442	16K	8192	768	256
PIC18F452	32K	16384	1536	256

Tabla 2.1.- Características de microcontroladores PIC

El PIC18F452 (para más detalles ver Anexo 2) es el que posee las mejores características y se acopla a nuestras necesidades, este microcontrolador posee una memoria FLASH de 32 Kbytes, una memoria RAM de 1536 bytes y una memoria EEPROM de 256 bytes. Además, un convertidor análogo-digital de 10 bits, comunicación serial RS232 y RS485, timers, interrupciones, comunicación por el protocolo I2C, entre otras características. Particularidades necesarias para el correcto funcionamiento del medidor de temperatura.

2.3.4.- RELOJ EN TIEMPO REAL

El dispositivo debe tomar lecturas en determinadas horas durante la jornada de labores, siendo necesario tener un control del tiempo, para el efecto se tiene un reloj en tiempo real (RTC por sus siglas en inglés Real Time Clock), éste consiste en el circuito integrado DS1307 (del fabricante DALLAS SEMICONDUCTOR, Figura 2.5, Anexo 5) de las siguientes características:

- ✓ Proporciona los segundos, minutos, horas, día de la semana, fecha, mes y año, con corrección de año bisiesto hasta el 2100.
- ✓ Alimentación de a 5 voltios, bajo consumo, 500 mA.
- ✓ Se puede conectar una batería de respaldo, en el caso de faltar la alimentación principal se conecta la batería de respaldo y evita que el reloj

pierda los datos. La conexión y desconexión de la batería de respaldo es automática.

- ✓ Debido al bajo consumo de corriente, la batería de respaldo puede durar 10 años aproximadamente.
- ✓ Salida a colector abierto programable (SQW/OUT) en cuatro modos (1 Hz, 4 KHz, 8 KHz, 32 KHz).
- ✓ La precisión de este integrado es de +/- 2 minutos por mes a 25°C.

Este chip posee la característica de comunicarse con el microcontrolador a través del protocolo I2C, lo que le convierte en el apropiado para trabajar con microcontroladores PIC.



Figura 2.5.- RTC DS1307

2.3.5.- MEMORIA EXTERNA

El equipo debe almacenar una gran cantidad de datos durante la jornada de trabajo, para lo que se provee de una memoria 24LC04 del fabricante ATMEL (Figura 2.6), esta EEPROM provee de 4096 bits, organizados en páginas de 512 bits. El borrado/escritura es de forma eléctrica. Para la comunicación con el microcontrolador se usa el protocolo I2C, por lo que se coloca la memoria en el mismo bus en el cual se encuentra el RTC DS1307.

Además puede soportar 1000000 de procesos de borrado/escritura, asegurando una duración del equipo.

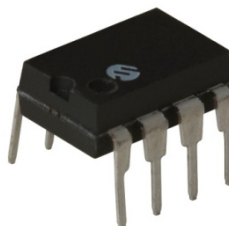


Figura 2.6.- Memoria EEPROM

Para mayor información acerca de la memoria refiérase al Anexo 4.

DEFINICIÓN DE I2C (I²C)

Abreviatura de Inter-IC (inter integrated circuits), un tipo de bus diseñado por Philips Semiconductors a principios de los 80s, que se utiliza para conectar circuitos integrados (ICs). El I2C es un bus con múltiples maestros, lo que significa que se pueden conectar varios chips al mismo bus y que todos ellos pueden actuar como maestro, sólo con iniciar la transferencia de datos. Este bus se utiliza en muchos dispositivos, en especial en equipos de vídeo como monitores de computadora, televisores y videocaseteras.

El bus I2C, un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos con cierto nivel de "inteligencia", sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa. Permite el intercambio de información entre muchos dispositivos a una velocidad aceptable, de unos 100 Kbits por segundo, aunque hay casos especiales en los que el reloj llega hasta los 3,4 MHz.

La metodología de comunicación de datos del bus I2C (Figura 2.7) es en serie y sincrónica. Una de las señales del bus marca el tiempo (pulsos de reloj) y la otra se utiliza para intercambiar datos.

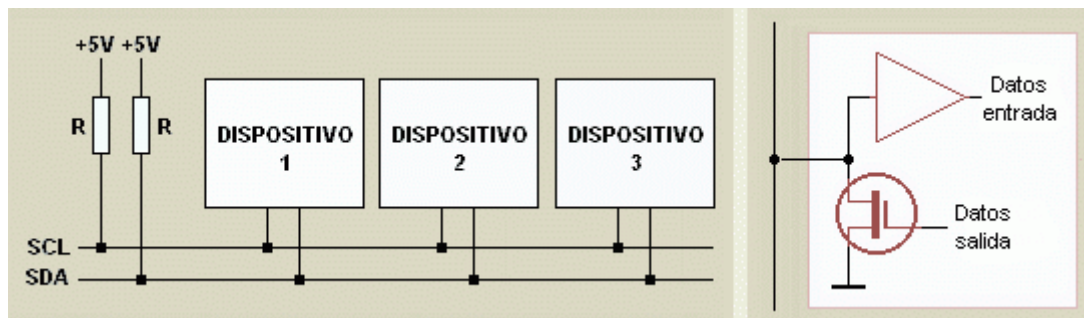


Figura 2.7.- Conexión de dispositivos I2C

Descripción de las señales

SCL (System Clock) es la línea de los pulsos de reloj que sincronizan el sistema.

SDA (System Data) es la línea por la que se mueven los datos entre los dispositivos.

GND (Masa) común de la interconexión entre todos los dispositivos conectados al bus.

Las líneas SDA y SCL son del tipo drenaje abierto, es decir, un estado similar al de colector abierto, pero asociadas a un transistor de efecto de campo (o FET). Se deben polarizar en estado alto (conectando a la alimentación por medio de resistores "pull-up") lo que define una estructura de bus que permite conectar en paralelo múltiples entradas y salidas.

Las dos líneas del bus están en un nivel lógico alto cuando están inactivas. En principio, el número de dispositivos que se puede conectar al bus no tiene límites, aunque hay que observar que la capacidad máxima sumada de todos los dispositivos no supere los 400 pF. El valor de los resistores de polarización no es muy crítico, y puede ir desde 1K8 (1.800 ohms) a 47K (47.000 ohms). Un valor menor de resistencia incrementa el consumo de los integrados pero disminuye la sensibilidad al ruido y mejora el tiempo de los flancos de subida y bajada de las señales. Los valores más comunes en uso son entre 1K8 y 10K.

2.3.6.- MÓDULO DE VISUALIZACIÓN

Para mostrar los datos como son la hora, fecha, temperaturas y modo de trabajo, se hace necesario la colocación de un modulo de visualización de datos externo al microcontrolador, con este fin se elige una pantalla de cristal líquido (LCD) del fabricante VISHAI cuya hoja de datos se encuentra en el Anexo 8; este periférico muestra los caracteres enviados desde el microcontrolador en una pantalla de 2 filas, de 16 columnas cada una. En la Figura 2.8 se puede apreciar una pantalla de cristal líquido.

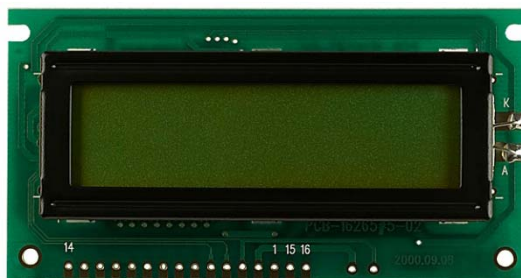


Figura 2.8.- Pantalla de cristal líquido (LCD)

2.3.7.- INTERFACE MICROCONTROLADOR-PC

Los datos almacenados en la memoria, en un determinado instante deben ser llevados a una PC, por lo que se necesita implementar un enlace entre estos dos dispositivos. Esto se lleva a cabo a través del circuito integrado MAX232 (Figura 2.9) de MAXIM cuyos datos se encuentran en el Anexo 7.

El MAX232 es un circuito integrado que convierte los niveles de las líneas de un puerto serie RS232 a niveles TTL y viceversa. Lo interesante es que sólo necesita una alimentación de 5V, ya que con la ayuda de un juego de condensadores genera internamente algunas tensiones que son necesarias para el estándar RS232. Otros integrados que manejan las líneas RS232 requieren dos voltajes, +12V y -12V. 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, el circuito integrado posee dos convertidores de nivel TTL a RS232 y otros dos que, a la inversa, convierten de RS232 a TTL, estos convertidores son suficientes para manejar las cuatro señales más utilizadas del puerto serie del PC, que son TX, RX, RTS y CTS.

TX es la señal de transmisión de datos, RX es la de recepción, y RTS y CTS se utilizan para establecer el protocolo para el envío y recepción de los datos. En la mayoría de las aplicaciones solo se usa RX, TX y GND obteniendo excelentes resultados en la transmisión de datos.

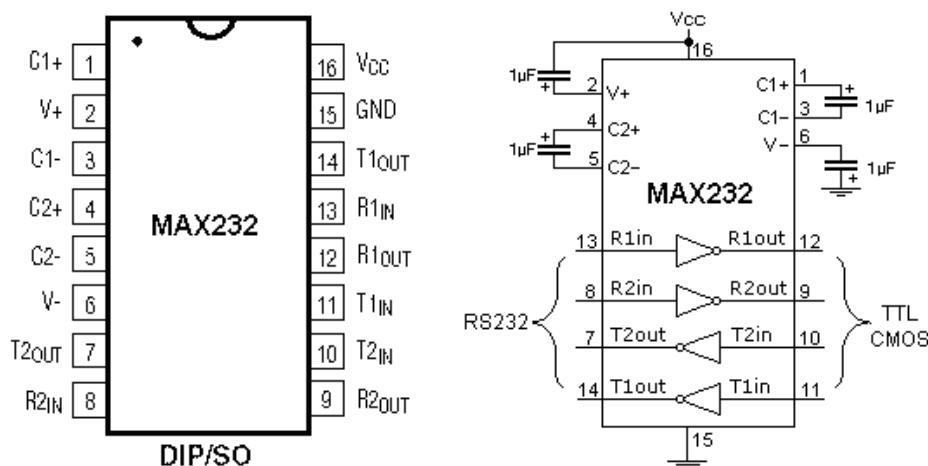


Figura 2.9.- Circuito integrado MAX232

La conexión típica de para este tipo de circuito se muestra en a Figura 2.10.

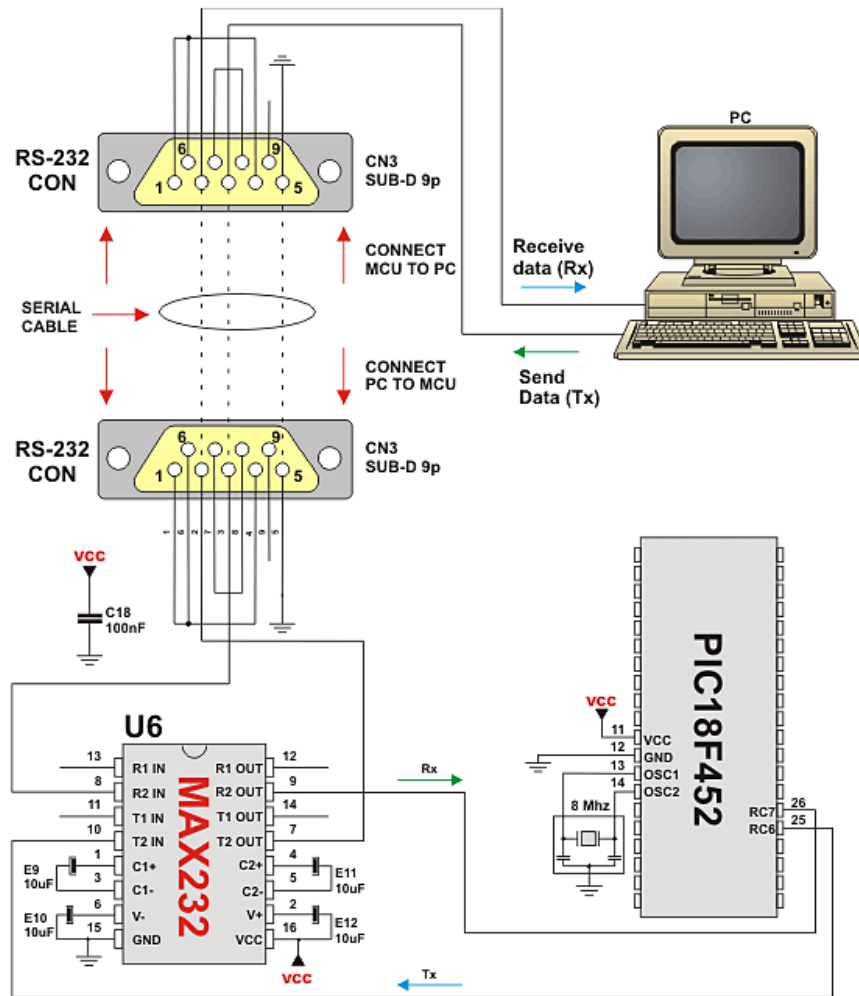


Figura 2.10.- Conexión típica del MAX232 con un microcontrolador

2.3.8.- ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA

La alimentación del dispositivo debe estar asegurada durante 12 horas continuas de trabajo, por lo que elige una batería de alto rendimiento, la cual provee 7.2 voltios, como el microcontrolador, los sensores y demás componentes funcionan a 5 voltios se coloca un regulador de voltaje LM7805, similar al mostrado en la Figura 2.11. Este integrado entrega a la salida un voltaje constante de 5 voltios.

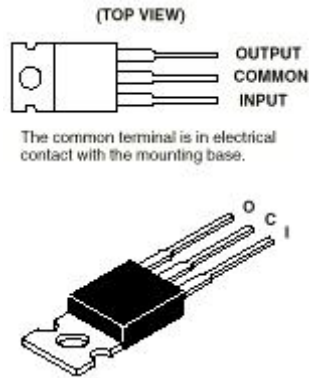


Figura 2.11.- Regulador de voltaje LM7805

2.4.- ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES

Para tener una señal óptima a la entrada del microcontrolador, se debe acondicionar la señal proveniente de los sensores, colocando filtros para eliminar ruidos externos y que pueden distorsionar la señal.

2.4.1.- ETAPA DE AMPLIFICACIÓN

Esta es la etapa más sensible del sistema por lo que se debe tener un especial cuidado en el diseño, se debe evitar el ingreso de ruido externo a la señal del sensor, los elementos que integran esta etapa deben ser de un bajo consumo de corriente. Razones por las que se elige el amplificador operacional LM358 para esta operación.

Este circuito integrado del fabricante STMICROELECTRONICS está formado por dos amplificadores operacionales, se lo puede alimentar con una fuente dual o sencilla de corriente continua.

En este caso se usa los dos amplificadores que se dispone en este circuito integrado, el primer amplificador se configura como un seguidor de voltaje y a éste se ingresa la señal del sensor; el segundo se lo configura como un amplificador no inversor. Para el cálculo de la ganancia en este circuito se usa la ecuación 2.1.

$$G = \frac{R_2}{R_1} + 1 \quad \text{Ec. 2.1}$$

De acuerdo a la ecuación planteada se necesita de dos resistencias para configurar la ganancia, quedando el diagrama de conexiones como el que se observa en la Figura 2.12. Se elige trabajar con una ganancia aproximada de 10,

dos elementos en el mismo bus para que se comuniquen con el microcontrolador, tomando en cuenta únicamente la dirección de cada uno de los dispositivos.

El reloj en tiempo real posee una salida, cual se puede activar por software al momento de inicializar el reloj. Esta salida se encarga de encender un diodo LED para indicar al usuario que el dispositivo se encuentra funcionando. El Hardware usado para acoplar el microcontrolador con la memoria y el reloj se observa en la Figura 2.13.

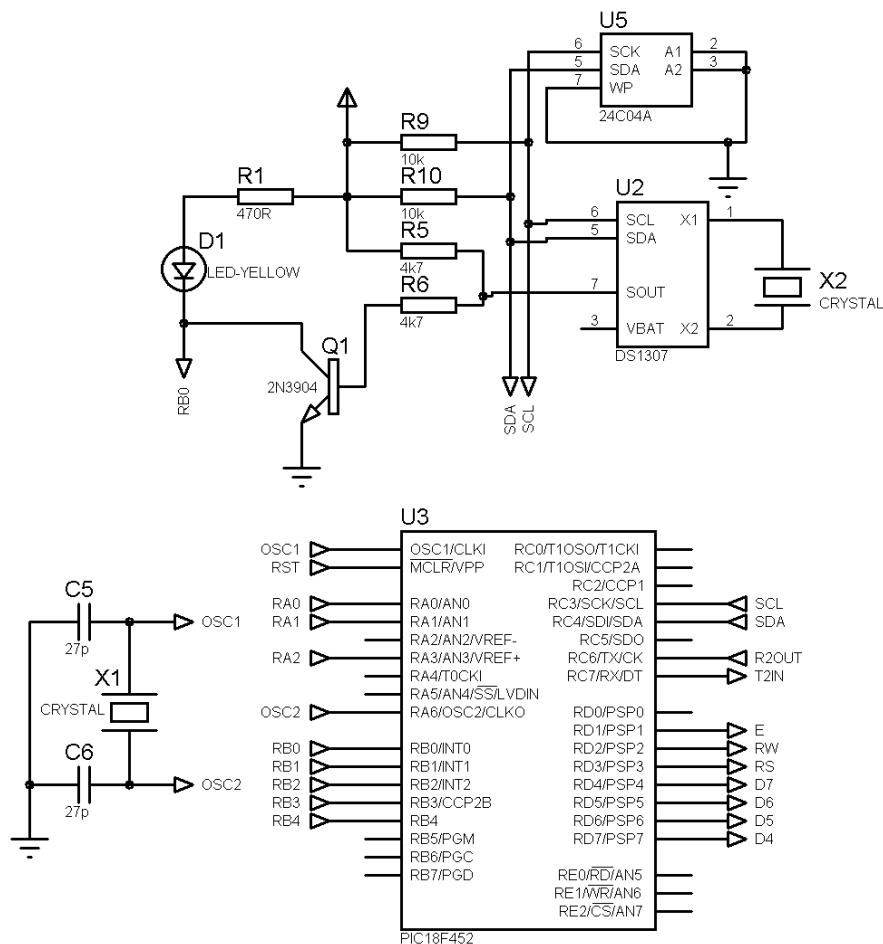


Figura 2.13.- Conexión del microcontrolador, la memoria y el RTC

2.5.2.- ENLACE CON LA PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO

Para mostrar mensajes se provee al medidor de una pantalla de cristal líquido (LCD), para el control de esta pantalla se asigno el puerto D del microcontrolador, como el LCD funciona a 5 voltios se puede usar la misma alimentación que se tiene para el microcontrolador. El control del contraste está a cargo de una

resistencia de 1.1KΩ que va desde el pin 3 del LCD a tierra. La luz de fondo o BACKLIGHT es controlada a través de un pulsador que se encuentra en el panel frontal, este pulsador se encarga de encender o apagar esta luz, esto se hace con el objetivo de ahorrar energía en la batería. Esta conexión se muestra en la Figura 2.14. En esta pantalla se mostrará en 3 diferentes presentaciones la fecha y hora, las temperaturas, y los valores de estrés térmico interior y exterior que se están calculando. Así también las opciones para la descarga de datos y sincronización del reloj. Estas presentaciones se controlan por medio de pulsadores.

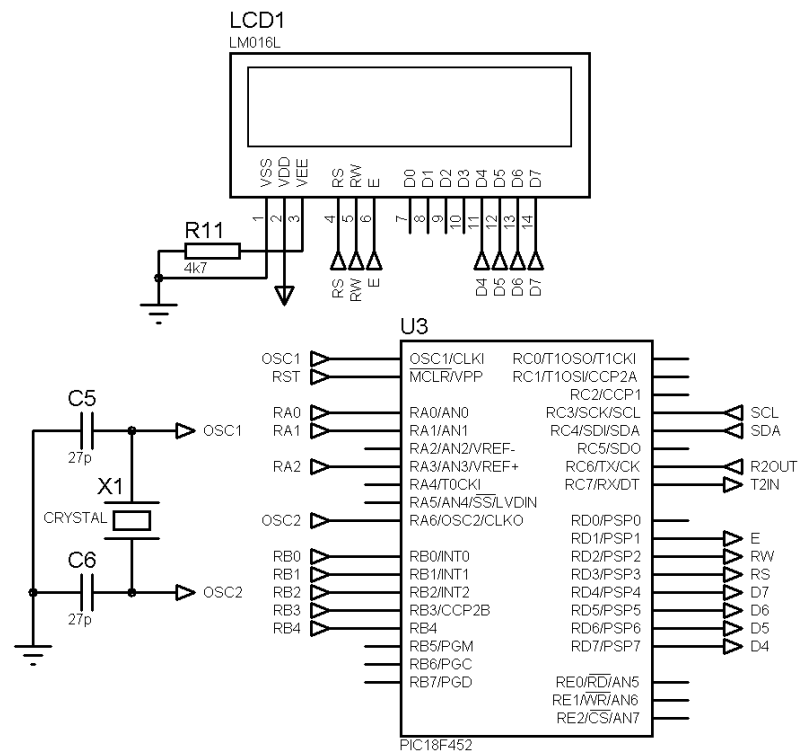


Figura 2.14.- Conexión del microcontrolador y el LCD

2.5.3.- ENLACE PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS

Para la transmisión de datos se necesita conectar el microcontrolador con el MAX232, estos dos elementos en conjunto se encargan de enviar los datos en forma serial desde la memoria hasta el computador. La conexión del dispositivo y el computador se hace a través de un cable y por medio de los conectores DB9 que se encuentran en los dos elementos.

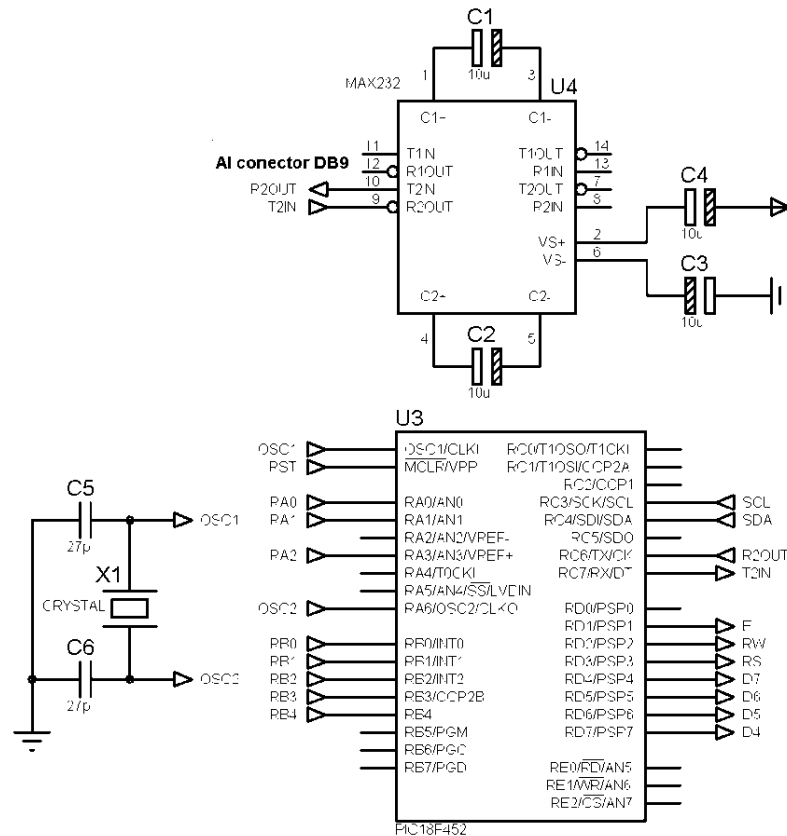


Figura 2.15.- Conexión del microcontrolador y el MAX232

2.6.- ALIMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

Para la alimentación se partió del consumo de corriente que tendrá el dispositivo, en pruebas realizadas se estableció que en funcionamiento normal consumen 25 mA, con este dato se debe implementar las baterías, las mismas que deben asegurar que el elemento funcione continuamente mínimo por 12 horas. Por estas razones se elige baterías recargables de alto rendimiento a 700 mAh¹⁶, con estas baterías se asegura que el instrumento permanecerá encendido por 24 horas aproximadamente.

Las baterías que lleva el dispositivo son recargables, por esta razón se debe implementar una etapa de recarga para las baterías en el mismo instrumento, con este fin se usa el integrado LM317 que es un regulador de corriente, éste se encargará de entregar una corriente constante a las baterías.

¹⁶ mAh: Abreviatura usada para indicar el consumo de corriente de un aparato en miliamperios-hora

Para asegurar un largo periodo de vida útil de las baterías el fabricante aconseja realizar la recarga al 10% de la capacidad de las baterías, es decir a 70 mA para el presente proyecto.

De acuerdo a la hoja de datos del LM317 con la colocación de una resistencia entre los pines 1 y 2 se logra regular la corriente que este elemento entrega. Esta corriente está dada por la ecuación:

$$I_{OUT} = \frac{V_{ref}}{R} \quad Ec. 2.3$$

En el caso actual la corriente es un dato conocido y es de 70 mA, y el voltaje de referencia dado por la hoja de datos del LM317 es de 1.25V, con estos datos se puede encontrar el valor de la resistencia que servirá para regular la corriente que se suministra a las baterías.

$$R = \frac{V_{ref}}{I_{OUT}} \quad Ec. 2.4$$

$$R = \frac{1.25V}{0.07A} = 17.85\Omega$$

El valor comercial más cercano es de 15Ω, con este valor no difiere mayormente del valor inicial por lo que es el valor de resistencia elegido.

Como el cargador que se ha diseñado es lento se necesita de 12 horas mínimo para que la batería este completamente recargada. El tiempo es elevado, pero si se considera que el costo de la batería es considerable, se debe tener prioridad por conservar por un periodo de tiempo más largo la batería.

Para la recarga se conecta el instrumento a la red de energía a través de un conector de pared (similares a los usados en los celulares), se puede cargar las baterías y al mismo tiempo hacer que el instrumento se encuentre registrando la temperatura, esto es muy útil para casos en los que se tiene puestos de trabajo cercanos a un enchufe para la alimentación.

CAPÍTULO III

3.- DESARROLLO DEL SOFTWARE

Para controlar cada una de las tareas para las cuales fue diseñado este dispositivo, se crea un programa el mismo que se almacenará en el microcontrolador, este programa que se divide en varias etapas, las cuales se describen en los apartados posteriores.

Para gestionar y visualizar los datos almacenados en el instrumento se debe elaborar un software el cual permita llevar los datos desde el medidor hasta una computadora, analizar gráficamente el comportamiento de las diferentes temperaturas durante la jornada de labores y además generar un archivo en formato XLS (Excel) que contenga los datos para un posterior uso.

3.1.- PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

En la actualidad existe una amplia gama de software que permiten programar los microcontroladores, yendo desde los más versátiles como los desarrollados en lenguaje BASIC, hasta los más complejos que se desarrollan en lenguaje de máquina.

De estos paquetes de programación se elige el paquete MIKROBASIC, pues éste es el que mejor se acopla a las necesidades de programación y por la facilidad que se tiene para elaborar las diferentes instrucciones que se utilizan durante la ejecución de las tareas para las cuales se encuentra diseñado el instrumento.

3.1.1.- PROGRAMA PARA EL MONITOREO

Esta parte del programa es la más importante, pues aquí es donde se seleccionará los canales analógicos en los cuales se conectarán los sensores, se realizará las operaciones para transformar los bytes de los conversores en valores de temperatura, se mostrará en el LCD estos valores y se los almacenará en la memoria externa. Los valores que se almacena en la memoria corresponden a las temperaturas tomadas en intervalos de treinta minutos durante toda la jornada de labores, el microcontrolador se encargará de discriminar si está trabajando en

horario diurno o nocturno. El dispositivo, siempre que esté encendido, estará sensando las tres temperaturas. Para guardar el dato de la temperatura en la memoria se opta por separar en tres variables el valor de la medición; es decir que si se tiene un valor de 23,4 °C, para almacenar en la memoria se separa el número 2 en una variable, el número 3 corresponderá a la segunda variable, y el valor decimal se almacenará en la tercera variable.

Para almacenar los valores de temperatura en la memoria se asume que en la empresa hay dos jornadas de labores, la una comprendida entre las 7:00 hasta las 18:00 y la siguiente jornada comprende desde las 19:00 hasta las 6:00 del día siguiente. Las personas en la parte inicial y final de la jornada no se encuentran en condiciones extremas de temperatura, el instrumento guardará los valores de las temperaturas en intervalos de 30 minutos a partir de las 8:30 hasta las 17:00 en el primer caso, y a partir de las 20:30 hasta las 5:00 en el caso de horario nocturno. Registrando 18 lecturas en cualquiera de las 2 condiciones. Con esta cantidad de datos es suficiente para determinar el confort térmico en una determinada área de trabajo. El diagrama de flujo del programa se muestra en la Figura 3.1.

3.1.2.- PROGRAMA PARA DESCARGA DE DATOS

Una vez que se tiene registrados los datos de las temperaturas de toda una jornada de labores se debe llevar estos datos a un computador, en el programa principal se tiene una subrutina a la cual se accede a través de un pulsador dispuesto para esta tarea. Al entrar el microcontrolador en esta opción, éste espera una señal proveniente del software de análisis de datos, al recibir la señal enviará los datos que se han almacenado en la memoria, esto se hace a través del puerto serie de la PC y la salida serie del dispositivo, la comunicación se realiza bajo el protocolo RS232 detallado anteriormente. Al momento de enviar los datos hacia el computador se suma 100 a cada dato, con el objetivo de obtener una cadena uniforme y constante durante la transmisión de datos. Una vez que ha enviado todos los datos hacia el computador, el microcontrolador retorna a su funcionamiento normal, es decir sensar y registrar las temperaturas.

El diagrama de flujo de esta operación se muestra en la Figura 3.2.

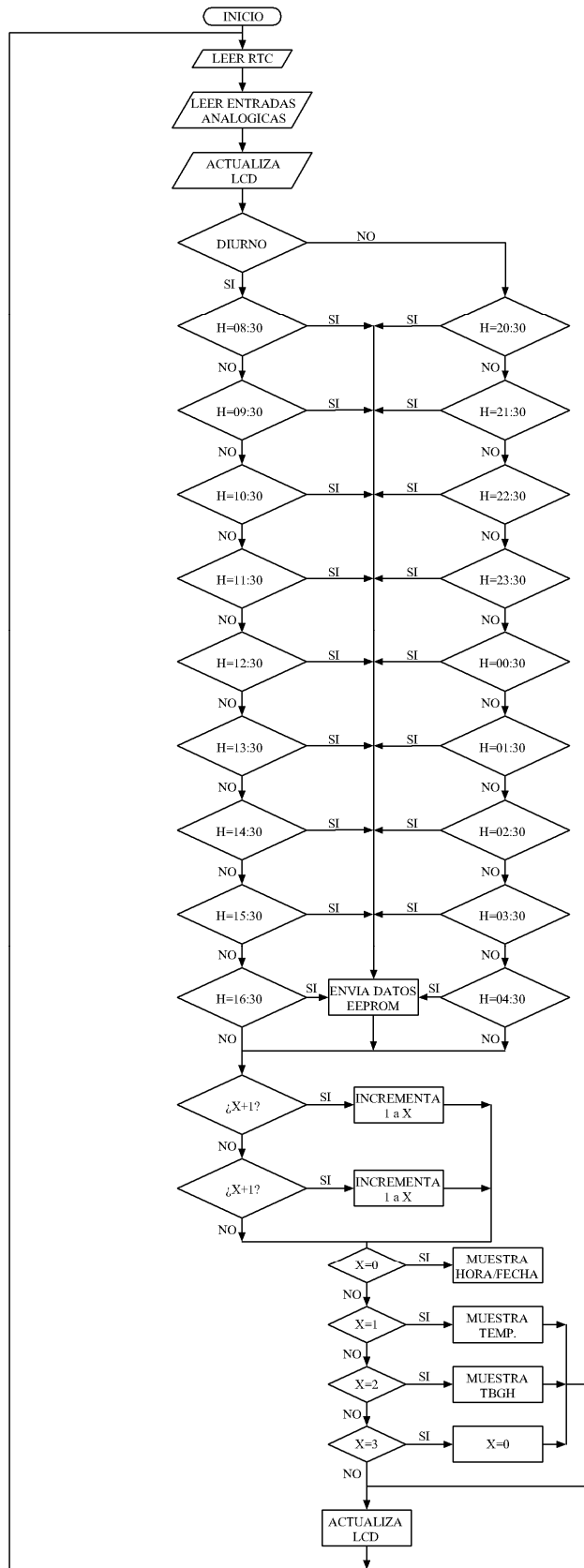


Figura 3.1.- Diagrama de flujo para el programa del microcontrolador

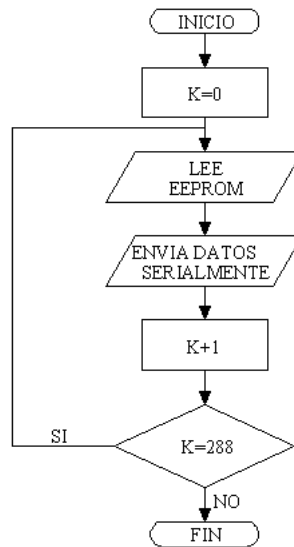


Figura 3.2.- Diagrama de flujo leer datos desde la EEPROM

3.1.3.- PROGRAMA PARA SINCRONIZAR EL RELOJ

El reloj que se encuentra en el instrumento se puede desigualar debido a varios factores como son:

- ✓ Agotamiento de la batería.
- ✓ Errores propios del reloj.

Por lo que es indispensable añadir una etapa de sincronización del RTC, esto se lo hace a través de las teclas que se encuentran en el panel frontal del instrumento. Al igual que el caso anterior se tiene una subrutina para este propósito.

En esta opción, a través de los pulsadores se incrementa las posiciones, partiendo desde la hora, minuto, día del mes, mes y año; y en cada una de éstas incrementando o decrementando los valores de acuerdo a las necesidades. Una vez que se ha escrito los valores actuales en el reloj el dispositivo retorna a su funcionamiento normal.

Esta opción no será usada con frecuencia pero es necesaria incluirla.

El diagrama de flujo para esta opción se ilustra en la Figura 3.3.

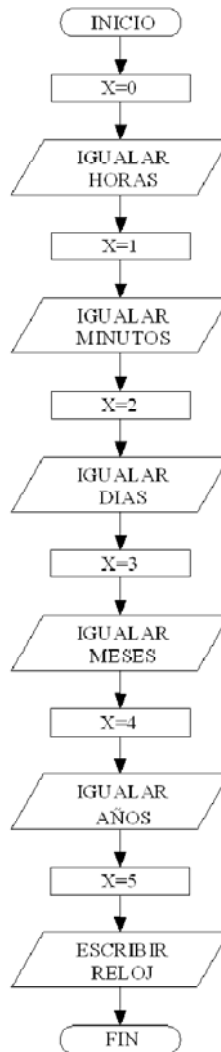


Figura 3.3.- Diagrama de flujo para sincronizar el reloj

3.2.- PROGRAMA PARA ANÁLISIS DE DATOS

Una vez que la cadena de datos llega al computador se debe gestionar estos datos para graficar y almacenarlos en una tabla, con este objetivo se desarrolló un software, el mismo que se diseñó en la plataforma LABVIEW versión 8.5, de la casa NATIONAL INSTRUMENTS. Este programa se encargará de enviar una señal que al ser recibida por el microcontrolador, éste enviará los datos; luego se troceará la cadena en 18 subgrupos, de esta cadena troceada se extraerán los datos y se almacenarán en una tabla para graficar el comportamiento de las temperaturas y de la misma forma comparar los valores de estrés térmico con valores referenciales que se ingresarán previamente en el software.

3.2.1.- DISEÑO DEL SOFTWARE

Los datos son enviados de forma serial por lo que se debe habilitar y configurar el puerto serial, esto se hace a través de los comandos de la librería VISA, la conexión para enviar y recibir los datos por el puerto serie se muestra en la Figura 3.4. La cadena que ingresará al software está compuesta por 864 elementos.

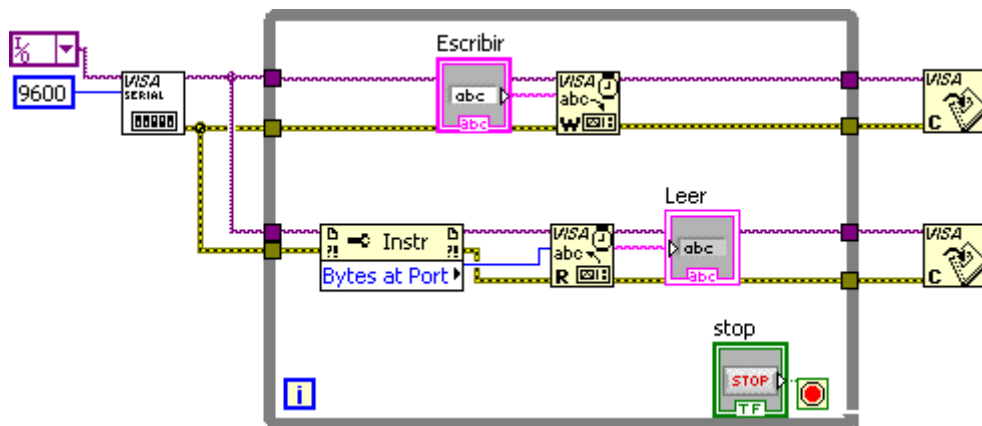


Figura 3.4.- Diagrama para habilitar y configurar el puerto serie

Una vez leída la cadena de caracteres se debe dividir en subgrupos de 48 elementos, para posteriormente separarlos en lo que será la fecha y hora en las que se tomó las lecturas, así mismo los valores de temperatura que se registraron en ese momento. Esto se hace 18 veces, que corresponde a las 18 mediciones que se tomaron en la jornada de trabajo. Para esta tarea se usa la estructura FOR LOOP (Figura 3.5).

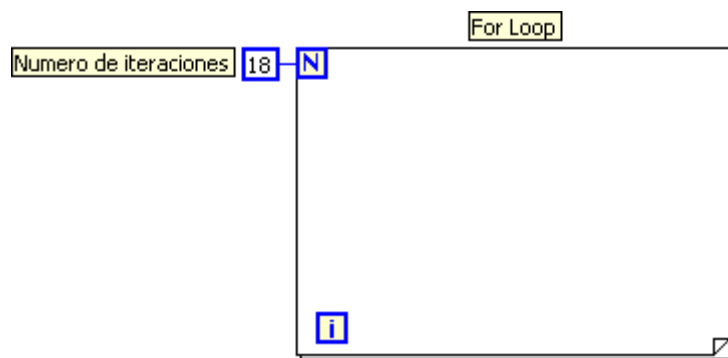


Figura 3.5.- Estructura FOR LOOP

Para separar los datos, se empleó la herramienta denominada STRING SUBSET, la forma de utilizar esta herramienta se muestra en la Figura 3.6. La cadena

ingresa a esta función, en el recuadro Offset se elige desde que elemento de la cadena se separa los datos, en el recuadro Length se elige de cuantos elementos estará formada la nueva cadena.

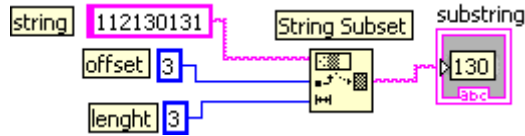


Figura 3.6.- Diagrama para trocear una cadena

A la cadena resultante se debe restar 100 para obtener el valor real (valor que se sumó a cada dato al momento de enviar desde el microcontrolador), este valor será el que almacenará en la tabla. El procedimiento para esta operación se ilustra en Figura 3.7. La cadena es transformada en un número entero para poder realizar la resta, una vez realizada la operación se transforma este resultado nuevamente en una cadena.

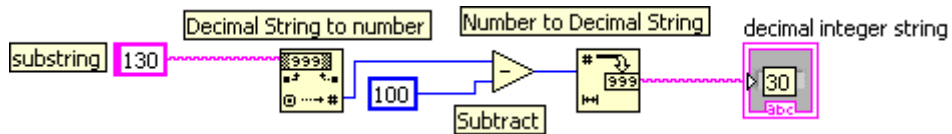


Figura 3.7.- Filtrado de datos

Esta operación se realiza con los datos que corresponde a la fecha y hora; en el caso de los datos que corresponde a los valores de temperatura se debe operar de tal manera que se obtenga el valor de temperatura con una precisión de un decimal. Para este caso se selecciona la función denominada FORMULA NODE, esta función permite evaluar formulas matemáticas expresiones similares a las usadas en el lenguajes de programación C. La forma de usar esta función se ilustra en la Figura 3.8.

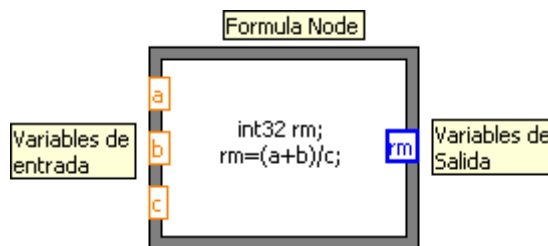


Figura 3.8.- Uso de Ecuaciones en LABVIEW

Una vez que se tiene los datos reales que se registraron en la memoria, se debe llevar a una tabla para visualizar y graficar cada variable.

Para esta operación se usa la función BUILD ARRAY, con esta función se obtiene un arreglo de varios elementos que contienen la fecha, hora y lecturas en cada una de las iteraciones del programa. La forma de usar esta función se ilustra en la Figura 3.9.

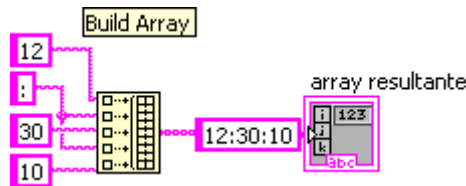


Figura 3.9.- Diagrama para unir datos

De esta forma se obtiene los datos que se almacenan en la tabla y se grafican en un WAVEFORM GRAPHS.

Para crear el archivo en Excel se usa la herramienta denominada WRITE TO TEXT FILE, esta herramienta necesita de los siguientes argumentos para poder crear el archivo:

File: Se debe escribir la dirección y el nombre del archivo que se creará. En el nombre del archivo se debe especificar la extensión.

Text: Aquí deben llegar los datos que contendrá el archivo.

Para dar el nombre del archivo se elige tomar la fecha y hora como referencia; por ejemplo si se baja los datos el martes 23 de diciembre del 2008 a las 17H45, el nombre para este archivo será mar_23_dic_08_17H45.xls y se almacenará en una carpeta que se encuentra en el disco C de la computadora, con la cual trabajará este dispositivo, la misma que se creará previamente.

Para obtener la cadena que contiene la fecha, se usa la herramienta denominada FORMAT DATE/TIME STRING, la cual toma la fecha y hora del sistema y entrega una cadena con estos datos, de acuerdo al formato que se elige en la entrada Time Format String.

La dirección donde se almacenará el archivo y el nombre se unen a través de la herramienta CONCATENATE STRINGS, esta función recibe como entrada varias cadenas de caracteres y a la salida entrega una sola cadena.

La cadena con la dirección y el nombre del archivo es de tipo String y la entrada con el nombre del archivo del WRITE TO TEXT FILE es de tipo File Path, por lo que es necesario convertirla para ello se usa la herramienta STRING TO PATH.

Este procedimiento se ilustra detalladamente en la Figura 3.10.

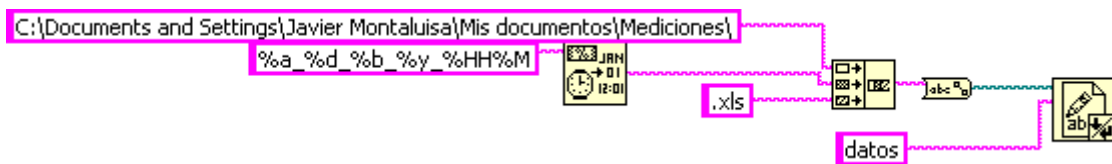


Figura 3.10.- Diagrama para guardar datos con LABVIEW

Para la presentación de los datos en el panel frontal se tiene un TAB CONTROL, esta herramienta es un recuadro con varias pestañas que al ser seleccionadas despliegan una ventana con las funciones que a ella han sido asignadas.

En primera posición se tiene los parámetros de cálculo, aquí se elegirá si la medición fue realizada con carga solar (exteriormente) o sin ella (interiormente); así mismo se introducirá valores referenciales del índice de temperatura máximos y mínimos para comparar con los valores que se leerán del instrumento. Estos valores referenciales sirven para comparar gráficamente con los valores que han sido registrados por el instrumento. Esta ventana se aprecia en la Figura 3.11.

La segunda ventana contendrá una tabla con los valores de las 18 lecturas que se han tomado durante la jornada de labores. En la primera y segunda columna se encuentra los valores que corresponde a la hora y la fecha en la cual se registró la lectura, de la tercera a la quinta columna se tiene los valores de temperatura de globo, de bulbo húmedo y temperatura ambiental, en este orden, en la sexta columna se tiene el valor del índice de temperatura de globo y bulbo húmedo (TGBH) con carga solar o sin ella, de acuerdo al sitio en el cual se realizó las mediciones. Esto se muestra en la Figura 3.12.

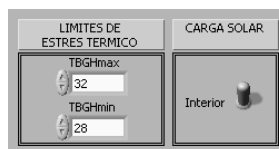


Figura 3.11.- Panel frontal: Parámetros de cálculo

LECTURAS ALMACENADAS

HORA	FECHA	T HUMED	T GLOBO	T AMBIENTE	TBGHii
8:30:0	21/1/9	15,20	14,10	14,90	14,87
9:0:0	21/1/9	15,30	14,70	15,00	15,12
9:30:0	21/1/9	15,40	15,00	15,20	15,28
10:0:0	21/1/9	15,80	15,40	15,60	15,68
10:30:0	21/1/9	16,20	15,70	16,00	16,05
11:0:0	21/1/9	17,10	16,20	16,80	16,83
11:30:0	21/1/9	17,80	16,90	17,60	17,53
12:0:0	21/1/9	18,40	17,40	18,20	18,10
12:30:0	21/1/9	24,10	18,50	21,20	22,42
13:0:0	21/1/9	21,90	20,80	20,30	21,57
13:30:0	21/1/9	19,00	20,10	18,20	19,33
14:0:0	21/1/9	18,40	18,60	17,10	18,46
14:30:0	21/1/9	21,00	18,90	18,80	20,37
15:0:0	21/1/9	22,40	20,30	20,30	21,77
15:30:0	21/1/9	21,50	20,80	20,00	21,29
16:0:0	21/1/9	20,80	20,50	19,00	20,71
16:30:0	21/1/9	20,00	20,10	18,80	20,03
17:0:0	21/1/9	19,60	19,70	18,70	19,63

LEER DATOS
Leer
STOP

Figura 3.12.- Panel Frontal: Mediciones

En la tercera ventana se tiene un gráfico que mostrará las curvas que indican el comportamiento de la temperatura de globo, la temperatura de bulbo húmedo y la temperatura de bulbo seco o ambiental, durante el periodo de mediciones. La presentación de esta ventana se aprecia en la Figura 3.13.

Y en la última ventana se tiene un gráfico con la curva que muestra los valores del índice TGBH, en esta ventana se podrá apreciar si estos valores se encuentran dentro de los límites referenciales que se ingresó en la primera ventana. En función de este gráfico se puede emitir un criterio sobre la exposición al calor de la persona que se encuentra en el puesto de trabajo en el que se realizó la medición.

La escala de las ventanas se autoajusta en función de los valores que se han leído del instrumento.

Esta ventana se observa en la Figura 3.14.

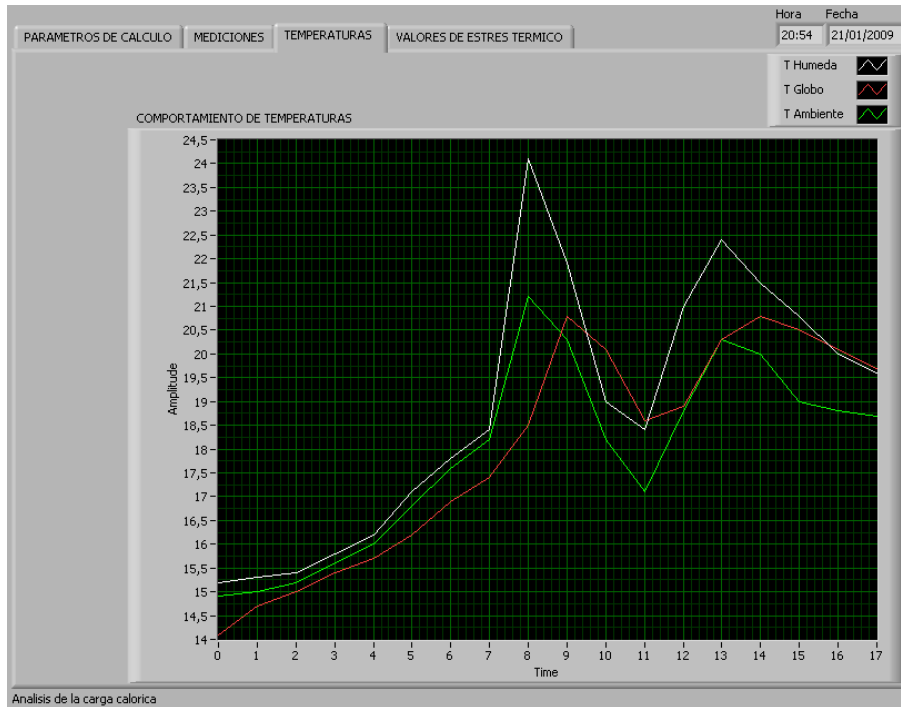


Figura 3.13.- Panel Frontal: Temperaturas

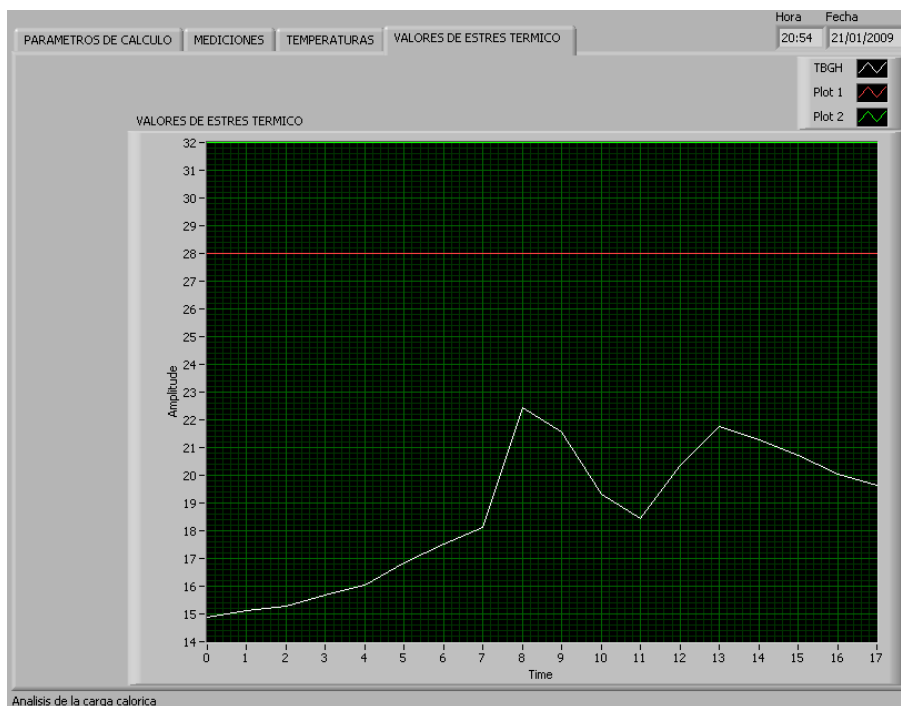


Figura 3.14.- Panel Frontal: Valores de estrés térmico

CAPÍTULO IV

4.- PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas que se desarrollan son con la finalidad de comprobar el óptimo funcionamiento de cada uno de los elementos que forman parte del instrumento y el instrumento en su totalidad.

4.1.- PRUEBAS DE SENSORES

Para verificar el correcto funcionamiento de los sensores se toma como referencia un termómetro que posee la Empresa, en este instrumento se tiene la temperatura con una precisión de 1 décima de grado Celsius, similar a la precisión que se usa en el instrumento que se ha diseñado.

Para las pruebas se ha realizado las conexiones de los tres sensores que intervienen en el cálculo de estrés térmico, pero fuera del globo de cobre y del recipiente con agua destilada; es decir, los tres sensores medirán la temperatura ambiental al igual que el instrumento patrón. En la hoja de datos del sensor LM35AH, se tiene que por cada °C de incremento, a la salida del sensor se incrementará 10mV. Entonces para las pruebas se debe tener en cuenta la lectura del instrumento patrón y la lectura en mili-voltios a la salida del sensor. De esta comparación se tiene la siguiente tabla de valores:

TERMÓMETROS			
Patrón (°C)	Sensor 1 (mV)	Sensor 2 (mV)	Sensor 3 (mV)
14,3	145	143	144
16,8	168	170	168
18,1	179	180	180
20,2	203	205	202
22,5	226	226	224
24,3	244	243	245
26,5	266	265	267
28,4	286	282	283
30,8	307	306	307

Tabla 4.1.- Relación Temperatura-Voltaje de los sensores LM35

Con esta prueba se concluye que los sensores están funcionando correctamente, y tienen una salida en mili-voltios proporcional a la temperatura, de acuerdo a la información obtenida en la hoja de datos de este elemento.

4.2.- PRUEBAS DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

Para conseguir un correcto funcionamiento del dispositivo se han acoplado varios elementos, como son el LCD, la memoria, el reloj en tiempo real, los amplificadores, el circuito integrado MAX232.

La forma más coherente para comprobar su correcto funcionamiento es conectar cada uno de estos elementos y verificar si cumplen la función a ellos asignada.

En el caso del LCD, muestra los mensajes de acuerdo a la programación (Figura 4.1), el contraste es el correcto, pues se puede apreciar los caracteres con facilidad. La luz de fondo o backligh se enciende al presionar el pulsador que para esta función se asignó.

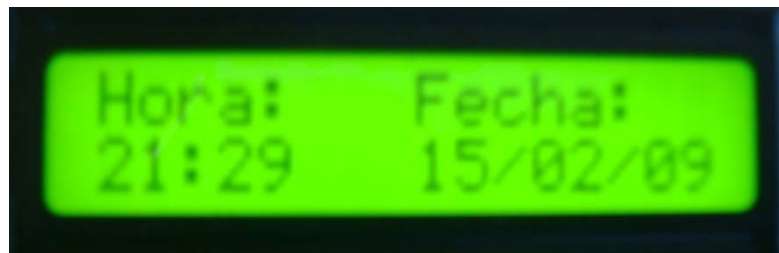


Figura 4.1.- Mensajes en la LCD

En lo referente al reloj en tiempo real, una vez sincronizado mantiene los datos siempre, aún cuando en la hoja de datos se menciona que se retrasa 2 minutos por mes, durante el tiempo que se ha trabajado con este elemento, este detalle ha sido imperceptible.

Con la memoria, se toma como referencia los datos de un periodo de medición y se compara si son los mismos que se aprecia en LCD al momento de guardarlos, tomando en cuenta el instante en el cual se almacenará los datos.

Para el integrado MAX232 se observará si la comunicación con el dispositivo es correcta, además si recibe y envía datos sin errores (principalmente sin la aparición de caracteres extraños por la presencia de ruido).

Para la realización de las pruebas de cada uno de los elementos se registrará los datos de tres mediciones, verificando de esta manera si los datos que se observan en el LCD son los mismos que se registran en la memoria, luego se leerán estos datos a través del puerto serial con el programa Hyper Terminal.

Los datos que se almacenan son los correspondientes al 12 de diciembre del 2008, a las 8:30:00, 8:31:10 y a las 8:32:20, así se obtiene los siguientes resultados:

En la Figura 4.2 se observa la cadena de caracteres que envía el dispositivo, esta cadena corresponde a las tres lecturas que se tomó:

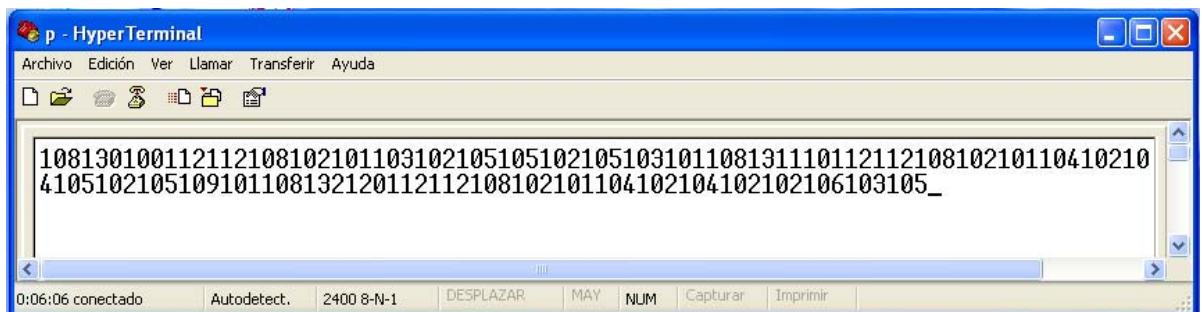


Figura 4.2.- Cadena de caracteres recibida

Del gráfico se puede extraer la cadena correspondiente a la primera lectura y manualmente realizar las operaciones para obtener los datos registrados en ese instante.

La cadena es: 10813010011211210810210110310210510510210510310, al momento de enviar el dato desde el microcontrolador hacia el puerto se suma 100, este valor deberá ser restado para obtener el valor verdadero.

En el caso de la fecha y la hora que corresponden a los 18 primeros datos de la cadena se obtendrá los siguientes valores 8, 30, 0, 12, 12, 8 que significa que la lectura fue tomada a las 08:30:00 del día 12/12/08, el resto de la cadena corresponde a las lecturas de los termómetros y estos valores son: 21.3, 25.5 y 25.3. Estos datos concuerdan con los datos que se aprecian el LCD como se muestra en las Figuras 4.3.a, 4.3.b y 4.3.c.



a)



b)



c)

Figura 4.3.- Lecturas mostradas en la LCD.

Con esta prueba también se demuestra que la adquisición es correcta, pues los datos que se muestran en la pantalla son los que se han registrado en la memoria y luego se han enviado por medio del puerto serial.

4.3.- PRUEBAS DE COMUNICACIÓN

Para verificar que el dispositivo y la computadora se sincronizan correctamente se establecerá la conexión con el programa Usart Terminal, este programa forma parte del paquete Mikrobasic y permite manipular el puerto serie para establecer una conexión con un dispositivo externo. En la Figura 4.4 se observa el dato que se ha enviado desde la computadora como señal para que el medidor envíe los datos almacenados, en este caso se ha enviado la letra "A" e inmediatamente el medidor envía los datos que tiene almacenados en la memoria.

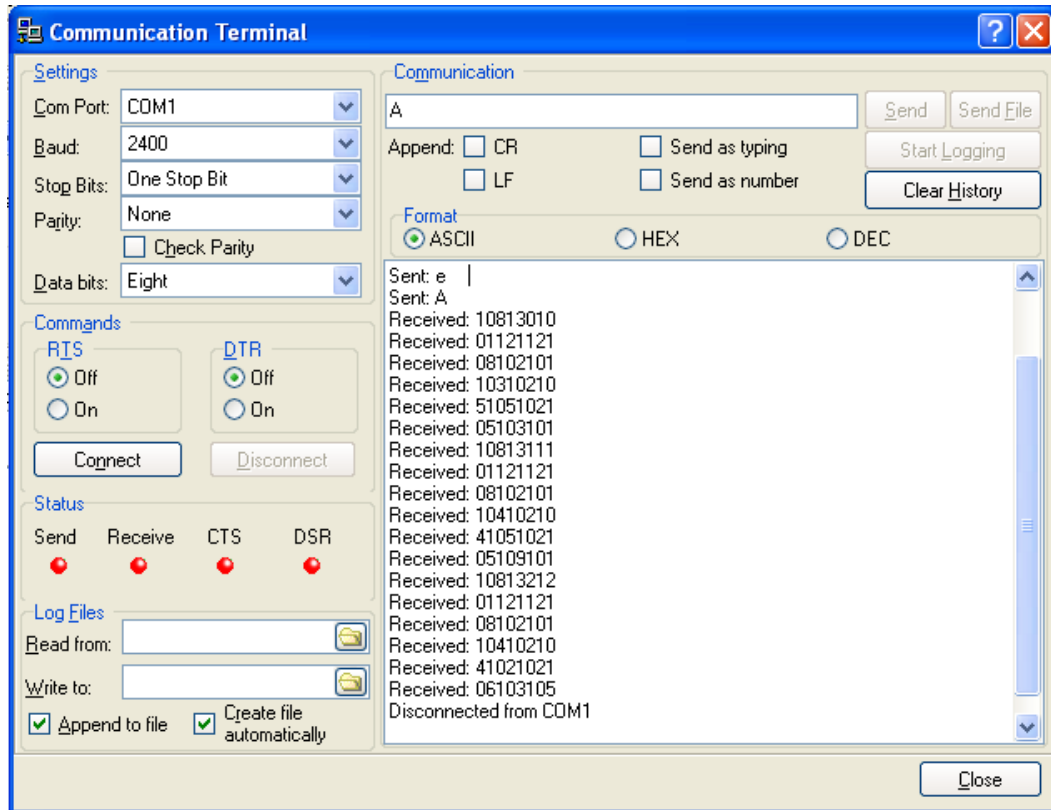


Figura 4.4.- Cadena de caracteres recibida en el Usart Terminal

4.4.- PRUEBAS DEL DISPOSITIVO MEDIDOR

Para verificar si las mediciones que está realizando el dispositivo son las correctas, una vez armada la placa y se ha puesto en funcionamiento todos los elementos, se compara con termómetros de referencia y se somete al aparato a un proceso de calibración.

Una de las entidades encargadas de calibrar instrumentos es el INEN (Instituto Ecuatoriano de normalización), obteniendo el certificado de calibración con resultados aceptables y fiables (Anexo 10).

El dispositivo en funcionamiento se observa en la Figura 4.5.



Figura 4.5.- Medidor de Estrés Térmico

4.5.- DIAGNÓSTICO DE UN AMBIENTE LABORAL

Una persona que se encuentra en un puesto de trabajo, el mismo que se encuentra en un área con influencia de la temperatura, tiene que ser constantemente monitoreada, pues se debe cuidar que esta persona se encuentre libre de exposiciones severas a temperaturas elevadas.

En la legislación ecuatoriana, específicamente en el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, artículo 54, literal e, se regula los periodos de actividad de conformidad al TGBH (Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo). En este reglamento se establece valores del índice TGBH en función de los periodos trabajo-descanso que tiene un trabajador en una hora y del tipo de trabajo que desempeña. O si es el caso de acuerdo al consumo de calorías que se produce como consecuencia de desarrollar una actividad. Por esta razón todas las empresas del país que tengan procesos donde hay presencia de calor deben realizar mediciones de estrés térmico y adecuar los puestos de trabajo para entregar el mayor confort al trabajador. Los valores que se han normalizado en el reglamento mencionado anteriormente se detallan en la Tabla 4.1.

TIPO DE TRABAJO	CARGA DE TRABAJO		
	LIVIANA	MODERADA	PESADA
	Inferior a 200 Kcal/hora	De 200 a 350 Kcal/hora	Igual o mayor a 350 Kcal/hora
Trabajo continuo	TGBH=30.0	TGBH=26.7	TGBH=25.0
75% trabajo, 25% descanso cada hora	TGBH=30.6	TGBH=28.8	TGBH=25.9
50% trabajo, 50% descanso cada hora	TGBH=31.4	TGBH=29.4	TGBH=27.9
25% trabajo, 75% descanso cada hora	TGBH=32.2	TGBH=31.1	TGBH=30.0

Tabla 4.2.- Periodos de actividad de conformidad al índice TGBH

El presente estudio comprende al personal que se encuentra laborando en el proceso de laminación del Tren Automático de la empresa Novacero (Tren 1). Para llevar a cabo el análisis se tomará como referencia el horario de trabajo (si es el turno del día o el turno de la noche), la función que desempeña en el proceso de laminación y la carga térmica metabólica (CTM) que se necesita para desarrollar esta actividad; este detalle se presenta en la Tabla 4.12.

4.5.1.- CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA METABÓLICA¹⁷

La carga térmica metabólica es la cantidad de gasto energético durante una actividad, para el cálculo de la carga térmica metabólica se usa la siguiente ecuación:

$$CTM = PMC + TT + MB \quad \text{Ec. 5.1}$$

Donde:

CTM: Carga térmica metabólica

PMC: Posición y movimiento del cuerpo

TT: Tipo de trabajo

MB: Metabolismo basal

¹⁷ NOVACERO S.A., Planta Lasso, Método de trabajo Medición Carga Térmica, Edición 0, 2008

Los parámetros descritos en la ecuación 5.1 se encuentran en las tablas siguientes, y de acuerdo a la actividad se tomará el valor para ingresar a la ecuación, haciendo referencia al tiempo de exposición.

El metabolismo basal es la cantidad del gasto energético de un animal durante el descanso, expresada generalmente por unidad de peso. En el ser humano, el metabolismo basal se expresa como la pérdida de calorías por metro cuadrado de superficie corporal y por hora. El metabolismo basal promedio es de 1 Kcal/min, sea para un hombre o una mujer.

Posición y movimiento del cuerpo	Kcal./min
Sentado	0.3
De pie	0.6
Andando en terreno llano	2.0 – 3.0
Andando en pendiente	+ 0.8 por metro de desnivel

Tabla 4.3.- Metabolismo en función de la posición y movimiento del cuerpo

Tipo de trabajo		Valor medio Kcal./min	Valor límite Kcal./min
Trabajo manual	ligero	0.4	0.2 – 12
	pesado	0.9	0.7 – 25
Trabajo con 1 brazo	ligero	1.0	0.7 – 2.5
	pesado	1.8	
Trabajo con 2 brazos	ligero	1.5	1.0 – 3.5
	pesado	2.5	
Trabajo con el cuerpo	ligero	3.5	2.5 – 15.0
	moderado	5.0	
	pesado	7.0	
	muy pesado	9.0	

Tabla 4.4.- Metabolismo en función del trabajo que desempeña

Durante la jornada laboral se tiene periodos trabajo – descanso, por lo que el gasto metabólico no es similar durante toda la jornada, para lo se calcula el CTM medio.

$$\overline{CTM} = \frac{CTM_1*t_1+CTM_2*t_2+\dots+CTM_n*t_n}{t_1+t_2+\dots+t_n} * 60min \quad Ec. 4.2$$

Para determinar la Carga Térmica Metabólica de la persona que se encuentra laborando en un determinado puesto de trabajo, se calcula de acuerdo al procedimiento descrito; los cálculos y valores obtenidos se detallan a continuación:

Operador del horno:

Esta persona tiene la función de operar el panel con el cual se controla un mecanismo que introduce la palanquilla al interior del horno, permanece de pie en el área de trabajo, los datos de su actividad se resumen en la Tabla 4.5. (Ésta y las siguientes tablas fueron desarrolladas por el autor del presente proyecto)

	Actividad	Valor	Unidad
Trab.	Posición del cuerpo	0,6	Kcal/min
	Tipo de trabajo	1	Kcal/min
	Tiempo de trabajo	0,5	h
Desc.	Posición del cuerpo	0,6	Kcal/min
	Tipo de trabajo	0,4	Kcal/min
	Tiempo de descanso	0,5	h
CTM		138	Kcal/h

Tabla 4.5.- Cálculo del CTM para el operador del horno

Operador salida del horno:

En este puesto de trabajo está ubicada la caja de control para sacar la palanquilla del interior del horno, esta persona esporádicamente colabora lejos de su puesto habitual de trabajo, si en la salida del horno se atasca la palanquilla, su posición de trabajo es sentado. Los datos para esta actividad se resumen en la Tabla 4.6.

	Actividad	Valor	Unidad
Trab.	Posición del cuerpo	0,6	Kcal/min
	Tipo de trabajo	1	Kcal/min
	Tiempo de trabajo	0,5	h
Desc.	Posición del cuerpo	0,3	Kcal/min
	Tipo de trabajo	0,4	Kcal/min
	Tiempo de descanso	0,5	h
CTM		129	Kcal/h

Tabla 4.6.- Cálculo del CTM para el empujador del horno

Operador del desbastador principal:

En este puesto se encuentra la caja de control encargada de gobernar al desbastador principal, acá se tiene una persona que se encuentra de pie y en los periodos de descanso lo hace en una silleta que se encuentra en el lugar. En ocasiones se mueve de su puesto de trabajo para ayudar en actividades extras al proceso. Los datos para el cálculo se presentan en la Tabla 4.7.

	Actividad	Valor	Unidad
Trab.	Posición del cuerpo	0,6	Kcal/min
	Tipo de trabajo	1	Kcal/min
	Tiempo de trabajo	0,5	h
Desc.	Posición del cuerpo	0,6	Kcal/min
	Tipo de trabajo	0,4	Kcal/min
	Tiempo de descanso	0,5	h
CTM		138	Kcal/h

Tabla 4.7.- Cálculo del CTM para el desbastador

Operador del pulpito:

Esta persona es la encargada de controlar la operación de cada máquina que interviene en el proceso desde un centro de control que se encuentra en la parte alta de la nave industrial, su actividad la desarrolla sentado. Los valores para este puesto se presentan en la Tabla 4.8.

	Actividad	Valor	Unidad
Trab.	Posición del cuerpo	0,3	Kcal/min
	Tipo de trabajo	1	Kcal/min
	Tiempo de trabajo	0,5	h
Desc.	Posición del cuerpo	0,3	Kcal/min
	Tipo de trabajo	0,4	Kcal/min
	Tiempo de descanso	0,5	h
CTM		120	Kcal/h

Tabla 4.8.- Cálculo del CTM para el operador del pulpito

Mesa de enfriamiento:

En este lugar permanentemente se encuentran 2 personas, una en cada extremo de la mesa, la mayoría del tiempo permanece fuera de la fuente de calor, ingresa a la mesa de enfriamiento únicamente si existe un problema al momento que sale

la varilla. Su actividad siempre la desarrolla de pie. Los valores para esta actividad se presentan en la Tabla 4.9.

	Actividad	Valor	Unidad
Trab.	Posición del cuerpo	0,6	Kcal/min
	Tipo de trabajo	3,5	Kcal/min
	Tiempo de trabajo	0,5	h
Desc.	Posición del cuerpo	0,6	Kcal/min
	Tipo de trabajo	0,4	Kcal/min
	Tiempo de descanso	0,5	h
CTM		213	Kcal/h

Tabla 4.9.- Cálculo del CTM para la mesa de enfriamiento

Operador cizalla de corte en frío:

En este puesto se encuentra el operador, encargado de controlar el ingreso y salida de la varilla del interior de la máquina. Esta persona siempre se encuentra de pie. Por la presencia del producto en la cercanía de la máquina hay calor en el puesto de trabajo. Los valores para este puesto de trabajo se detallan en la Tabla 4.10.

	Actividad	Valor	Unidad
Trab.	Posición del cuerpo	0,6	Kcal/min
	Tipo de trabajo	1	Kcal/min
	Tiempo de trabajo	0,5	h
Desc.	Posición del cuerpo	0,6	Kcal/min
	Tipo de trabajo	0,4	Kcal/min
	Tiempo de descanso	0,5	h
CTM		138	Kcal/h

Tabla 4.10.- Cálculo del CTM para el operador de la cizalla.

Mesa de empaquetado:

En esta actividad intervienen cinco personas, los periodos de trabajo para este grupo de operarios son constantes, el descanso está en función de la cantidad de barras que se ha producido, siempre se encuentran de pie y trabajando con todo el cuerpo, a esta mesa la varilla llega a una temperatura considerable. Los valores para esta actividad se presentan en la Tabla 4.11.

	Actividad	Valor	Unidad
Trab.	Posición del cuerpo	0,6	Kcal/min
	Tipo de trabajo	3,5	Kcal/min
	Tiempo de trabajo	0,75	h
Desc.	Posición del cuerpo	0,6	Kcal/min
	Tipo de trabajo	0,4	Kcal/min
	Tiempo de descanso	0,25	h
CTM		214,5	Kcal/h

Tabla 4.11.- Cálculo del CTM para la mesa de empaquetado

DENOMINACIÓN	HORARIO		C.T.M. Kcal/h
	DÍA	NOCHE	
Operador horno	x	x	138
Empujador horno	x	x	129
Operador Desbastador	x	x	138
Operador Pulpito	x	x	120
Operador Mesa de enfriamiento	x	x	213
Operador Cizalla corte en frío	x	x	138
Empaquetadores	x	x	214,5

Tabla 4.12.- Puestos de trabajo del Tren 1

Para determinar las condiciones de temperatura en las que se encuentra cada uno de estos lugares se debe realizar las mediciones en el lugar. De las mediciones realizadas en cada sitio se han extraído los siguientes datos (ver tablas 4.2 y 4.12):

DENOMINACIÓN	TGBH MAX						Carga Trabajo
	Día	Hora	Prom.	Noche	Hora	Prom.	
Operador horno	17,65	15:30	17,17	15,92	21:00	14,72	Liviana
Operador salida del horno	21,58	11:30	20,16	20,52	22:30	18,27	Liviana
Oper. desbastador principal	23,72	13:30	19,65	16,9	3:30	15,7	Liviana
Operador pulpito	27,15	17:00	23,68	24,62	20:30	23,02	Liviana
Mesa de enfriamiento 1	30,35	14:30	24,27	25,95	3:00	21,05	Moderada
Mesa de enfriamiento 2	35,39	15:00	27,53	27,03	2:00	21,6	Moderada
Oper. Cizalla corte en frío	32,6	14:30	26,09	25,6	2:30	23,24	Liviana
Mesa de empaquetado	30,53	14:30	23,99	20,8	0:30	18,13	Moderada

Tabla 4.13.- Resultados de las mediciones.

Estos datos se comparan con los valores que se tiene en la normativa (Tabla 4.2) y se concluye lo siguiente:

Operador del horno:

Esta persona tiene una carga de trabajo liviana, está protegido de la radiación solar, existe circulación de aire debido a la ausencia de paredes, los valores del índice TGBH no son representativos para esta área.

Operador salida del horno:

La actividad de esta persona es liviana, los valores de las mediciones en el día como en la noche son aceptables y no está expuesta a temperaturas elevadas. Esta persona se expone al calor extremo únicamente cuando se abre la puerta del horno, este intervalo de tiempo es pequeño por lo que no afecta al ambiente en el cual se desenvuelve. Junto a este lugar se encuentra un dispensador de agua, facilitando la hidratación a las personas que se encuentran en el área.

Operador del desbastador principal:

Este puesto de trabajo posee una ventilación suficiente, por esta razón el índice TGBH es bajo, existe presencia de calor únicamente cuando la barra pasa por el desbastador, este tiempo es aproximadamente de 30 segundos, siendo este tiempo reducido como para afectar el ambiente en su totalidad. Cercano a este sitio se encuentra un dispensador de agua.

Operador del Pulpito:

Esta actividad se desarrolla en el interior de una habitación, los valores del índice TGBH se incrementan a medida que avanza el día, tomando sus valores máximos por la tarde, estos valores son tolerables y se encuentran por debajo del límite establecido en la norma. La habitación posee aire acondicionado y un dispensador de agua con el objetivo de hacer más comfortable el ambiente de trabajo. En la noche con el pasar de las horas la temperatura disminuye, por lo que esta zona de trabajo es comfortable para desarrollar las actividades sea en el día o en la noche.

Mesa de enfriamiento:

Esta zona del proceso es donde se tiene un contacto más cercano de la persona con el producto caliente. Los valores que se han registrado están por encima de la

norma. En la mesa se destacan dos puntos en donde siempre se encuentra una persona para colaborar con el proceso.

En la parte norte de la mesa de enfriamiento es menor la exposición, pues ahí se encuentra la punta de la varilla y por el lugar hay circulación de aire debido a la presencia de una puerta. Por el contrario en el otro extremo el ambiente se encuentra más caliente debido a la poca ventilación y por el paso de la varilla proveniente del proceso.

En toda la longitud de la mesa se encuentran distribuidos cinco ventiladores con lo que se fuerza la circulación del aire. También existe dos dispensadores de agua.

Operador de la cizalla de corte en frío:

La zona se encuentra junto a la mesa de enfriamiento, el calor que emana la misma afecta al operador de la cizalla, su actividad física no demanda de mucho esfuerzo. El valor del índice TGBH para su actividad rebasa el límite en 1°C aproximadamente, considerando que este valor no es constante durante toda la jornada de labores sino en algunos instantes del día, es tolerable la condición de estrés térmico.

Cercano al puesto de trabajo se encuentra un dispensador de agua.

Mesa de empaquetado:

Por la cantidad de producto que se acumula en la mesa, el calor se incrementa, haciendo el ambiente caluroso. Durante el día existe un valor pico en la medición del índice TGBH, este valor está por encima de la norma; el mayor riesgo está en determinadas horas del día, siendo necesario tomar las debidas precauciones en estos periodos. Por otra parte el promedio de las mediciones se encuentra bajo el límite establecido por la normativa.

RECOMENDACIONES:

- ✓ Los resultados muestran que en determinadas horas del día existe riesgo de estrés térmico, debido al incremento de la sudoración y el riesgo de deshidratación, por lo que es indispensable la reposición del líquido perdido.

- ✓ En la mesa de enfriamiento, se distingue claramente que en la parte norte el riesgo de estrés térmico es menor, por lo que se puede rotar las actividades entre las dos personas que se encuentran en este lugar o con el personal del resto del proceso.
- ✓ En la mesa de enfriamiento se debe mantener encendidos los ventiladores en las horas más calurosas del día, para favorecer la circulación del aire.
- ✓ En lo posible cumplir con los periodos de trabajo-descanso que se han estimado para el cálculo de la carga térmica metabólica.
- ✓ Se debe informar al personal que se encuentra en el interior de la nave industrial, el lugar específico en donde se encuentra un suministro de líquido.
- ✓ Concientizar al personal que debe consumir líquido durante el periodo de trabajo, sin esperar a tener sed, pues éste es un estímulo de deshidratación no siempre fiable.
- ✓ Establecer un ritmo de trabajo para toda la jornada de labores.
- ✓ Alrededor de la mesa de empaquetado evitar apilar producto terminado, esto con el objetivo de favorecer la circulación de aire fresco desde exterior.
- ✓ Las personas que se encuentran en las zonas de mayor influencia de temperatura, no deben salir rápidamente al exterior para evitar enfriamientos ya que en el exterior la temperatura es menor y hay viento. De esta forma se puede evitar enfermedades respiratorias (gripes) o espasmos por cambios bruscos de temperatura.
- ✓ Las prendas utilizadas deben ser de color claro y que no sean muy ceñidas al cuerpo para mejorar con ello la evacuación del calor corporal.
- ✓ Al tener el ingreso de una persona nueva al proceso, se debe considerar la aclimatación, por lo que debería empezar trabajando en una zona donde la temperatura no es elevada, como es el caso del empujador del horno y luego cambiarle de puesto hacia las zonas donde se han registrado temperaturas altas.

- ✓ A una persona que se encuentra en un proceso de adaptación debe incluir tanto la realización progresiva de trabajos de mayor carga como del tiempo de realización y estancia junto a las fuentes de calor.
- ✓ Al seleccionar el personal que trabajará en esta zona de la empresa, se debe tener especial cuidado en su peso, pues una persona obesa tiene mayor riesgo de sufrir estrés por calor.

CAPÍTULO V

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

- ✓ Los niveles del índice TGBH, en la zona del tren automático de la Empresa Novacero S.A. Planta Lasso, son tolerables de acuerdo a las mediciones realizadas, registrándose el mayor riesgo en las zonas comprendidas entre la mesa de enfriamiento y la mesa de empaquetado, en estas zonas en determinadas horas del día se registra valores que deben ser tomados en cuenta cuando se analiza el puesto de trabajo. Refiriéndose al promedio de las mediciones se deduce que el ambiente es caluroso pero tolerable para el personal que labora en las zonas de mayor riesgo.
- ✓ Al exponer a los trabajadores a niveles de estrés térmico elevados, se puede disminuir su rendimiento por los efectos de la sudoración al mismo tiempo que ocasiona incomodidad al tener la ropa húmeda. En el departamento médico de la Empresa no se tiene registros de problemas ocasionados por el calor, pero al no tener un correcto manejo del personal puede presentarse desmayos, sudoración excesiva, aumento del ritmo cardiaco o enfermedades producidas por cambios bruscos de temperatura.
- ✓ El instrumento que se ha diseñado funciona de acuerdo a los requerimientos de la Empresa Novacero; gracias al proceso de certificación que tiene el instrumento se tiene la seguridad que las mediciones que se están realizando son las correctas. Pudiendo realizar las mediciones sin ningún inconveniente en otras áreas y empresas donde exista presencia de calor en sus líneas de producción como son cuartos de maquinas, centrales de generación, hornos de vidrio, etc.
- ✓ Con la elaboración de un software para gestionar y visualizar los datos, se puede emitir un criterio rápido y confiable sobre las condiciones de temperatura en las cuales se desenvuelve un trabajador. Y en cualquier

instante hacer uso de los mismos al tener registrados en un archivo de fácil uso y comprensión.

- ✓ Se ha conseguido un instrumento fácil de utilizar, optimizando tiempo al realizar las mediciones y consiguiendo que funcione por un periodo de tiempo considerable con total autonomía, aprovechando los conocimientos que se adquieren en la formación académica en conjunto con la experiencia laboral.

5.2.- RECOMENDACIONES

- ✓ En las zonas de mayor incidencia de calor se debe favorecer la circulación del aire, por lo que se debe considerar este parámetro al momento de realizar el diseño de una nave industrial. Independientemente del valor obtenido en una medición, al tener una correcta evacuación del aire caliente se puede mantener un ambiente confortable.
- ✓ El líquido proporcionado para la rehidratación del personal debe contener sales de rehidratación como son el potasio y el sodio, un elemento accesible y que contiene estos elementos es el suero oral, acompañado de un saborizante para hacerlo agradable al consumo; otra opción, pero con un valor más elevado es la conocida bebida hidratante GATORADE.
- ✓ En la actualidad está tomando fuerza el control de los ambientes laborales, por lo que el profesional técnico que se encuentra al frente de un grupo de trabajo debe estar capacitado y actualizado con los métodos de medición de los distintos parámetros para la determinación del confort laboral.
- ✓ El Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) con su departamento Riesgos del Trabajo, como entidad encargada de velar por la seguridad de los trabajadores en el país, debe obligar a realizar las mediciones de carga calórica en las empresas donde se desarrollan procesos con la presencia de calor, así mismo controlar que se acondicione los puestos de trabajo para reducir el riesgo de estrés térmico.
- ✓ Acondicionar los lugares de trabajo lo más confortablemente posible para la persona que se encuentra en ese lugar, pues una persona que se

encuentra a gusto en sus actividades diarias, siempre será más eficiente; siendo este un factor influyente en la productividad de una empresa.

- ✓ Para toda actividad laboral que se desarrolla en nuestro país existen reglamentos como el Reglamento de Seguridad y Salud, emitido por el IESS, por esta razón la persona que se encuentra al frente de las actividades debe estar familiarizado con cada uno de ellos. De esta forma se puede trabajar seguro y apegado a la ley.
- ✓ Con el diseño de instrumentos versátiles en base de los conocimientos adquiridos durante la formación académica, se puede dar un punto de partida para desarrollar tecnología de bajo costo en nuestro país.
- ✓ Para realizar las mediciones, sin importar las condiciones ambientales del lugar, se debe colocar el instrumento por lo menos veinte minutos antes de iniciar el registro de datos, esto se hace con la finalidad de que se establezca la temperatura en el interior del globo y la temperatura del agua se equilibre con la temperatura ambiental.
- ✓ Al desarrollar un aparato de medición se debe tener la seguridad de que los valores que entrega el mismo son exactos, por lo que periódicamente se debe realizar una calibración del aparato, en el país existen varias entidades que realizan esta actividad, entre ellas el Instituto Ecuatoriano de normalización (INEN).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ PEDRO MONDELO, Diseño de puestos y espacios de trabajo, Tercera Edición, 2004.
- ✓ SANTIAGO CORRALES, Electrónica Práctica con Microcontroladores, 1ª Edición, 2006.
- ✓ CARLOS A REYES, Microcontroladores Pic, Tercera Edición, 2004
- ✓ ALBERT D. HELFRICK, WILLIAM D. COOPER, Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición, primera edición, 1991.
- ✓ DR. CESAR RAMÍREZ, Manual de seguridad industrial, primera edición, 1992.
- ✓ IESS, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.
- ✓ IESS, Código del trabajo

ENLACES

- ✓ <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>
- ✓ <http://www.fi.uba.ar/laboratorios/lscm/termometros.pdf>
- ✓ http://www.bairesrobotics.com.ar/data/sensores_2003.pdf
- ✓ <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/D275FD9CA656670286256F930061491D>
- ✓ <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1>
- ✓ <http://www.arduino.cc/es/Comunicaci%F3nSerie/Comunicaci%F3nSerie>

ANEXOS

Anexos

Anexo 1: Programa del microcontrolador PIC18F452

Anexo 2: Hoja de datos del microcontrolador PIC18F452

Anexo3: Hoja de datos del sensor LM35

Anexo 4: Hoja de datos de la Memoria Externa

Anexo 5: Hoja de datos del reloj calendario DS1307

Anexo 6: Hoja de datos del amplificador LM358

Anexo 7: Hoja de datos del circuito integrado MAX232

Anexo 8: Hoja de datos de la pantalla de cristal liquido

Anexo 9: Hoja de datos del regulador de corriente LM317

Anexo 10: Certificado de calibración

Anexo 11: Guía de uso del Instrumento

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	1
<pre> program evaluador2 dim segu, minu, hora, dias, diaf, mes, anio, cont, m, jm, l, mem as byte dim k, contm as word dim isegu, iminu, ihora as short dim idias, idiaf, imes, ianio as byte dim ta1, ta2, ta3, th1, th2, th3, tg1, tg2, tg3, x, OP as byte dim tsegu, tminu, thora, tdias, tdiaf, tmes, tanio as char[2] dim esi1, esi2, esi3, ese1, ese2, ese3 as byte dim jmb as string[2] dim tm as char[2] const meme = %10100000 const meml = %10100001 const diu as byte[10] = (08,09,10,11,12,13,14,15,16,17) const noc as byte[10] = (20,21,22,23,00,01,02,03,04,05) sub procedure leer_rtc() I2C_init(100000) I2C_start I2C_wr(\$D0) I2C_wr(0) I2C_Repeated_Start I2C_wr(\$D1) segu = Bcd2Dec(I2C_rd(1)) minu = Bcd2Dec(I2C_rd(1)) hora = Bcd2Dec(I2C_rd(1)) dias = Bcd2Dec(I2C_rd(1)) </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	2
<pre> diaf = Bcd2Dec(I2C_rd(1)) mes = Bcd2Dec(I2C_rd(1)) anio = Bcd2Dec(I2C_rd(0)) I2C_stop end sub sub procedure ByteToString(dim data as byte, dim byref text as char[2]) dim strData as char[3] ByteToStr(data, strData) text[0] = strData[1] text[1] = strData[2] text[2] = 0 if text[0] = 32 then text[0] = "0" end if end sub sub procedure DisplayData(dim row as byte, dim col as byte, dim data as byte) dim text as char[2] ByteToString(data, text) Lcd_out(row, col, text) end sub sub procedure DisplayDateTime() if x=0 then if (m=0) or (segu=0) or (segu=5) or (segu=10) or (segu=15) or (segu=20) or (segu=25) or (segu=30) or (segu=35) or (segu=40) or (segu=45) or (segu=50) or </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	3
<pre> (segu=55) then lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Hora:") DisplayData(2,1, hora) DisplayData(2,4, minu) lcd_out(2,3,":") lcd_out(1,9,"Fecha:") DisplayData(2,9, diaf) DisplayData(2,12, mes) DisplayData(2,15, anio) lcd_out(2,11,"/") lcd_out(2,14,"/") end if end if end sub sub procedure Sensor_th() dim thlong as longint dim th as word th=ADC_READ(0) delay_ms(5) thlong=th*4820 delay_ms(5) th1= (thlong div 1000000) delay_ms(5) th2=(thlong div 100000) mod 10 delay_ms(5) th3=(thlong div 10000) mod 10 end sub </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	4
<pre> sub procedure Sensor_tg() dim tglong as longint dim tg as word tg=ADC_READ(1) delay_ms(5) tglong=tg*4820 delay_ms(5) tg1= tglong div 1000000 delay_ms(5) tg2=(tglong div 100000) mod 10 delay_ms(5) tg3=(tglong div 10000) mod 10 delay_ms(5) end sub sub procedure Sensor_ta() dim talong as longint dim ta as word ta=ADC_READ(3) delay_ms(5) talong=ta*4820 delay_ms(5) ta1= (talong div 1000000) delay_ms(5) ta2=(talong div 100000) mod 10 </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	5
<pre> delay_ms(5) ta3=(talong div 10000) mod 10 delay_ms(5) if x=1 then if (m=0) or (segu=0) or (segu=5) or (segu=10) or (segu=15) or (segu=20) or (segu=25) or (segu=30) or (segu=35) or (segu=40) or (segu=45) or (segu=50) or (segu=55) then LCD_Cmd (lcd_clear) LCD_Out(1,1,"Th:") lcd_chr(2,1,48+th1) lcd_chr(2,2,48+th2) lcd_chr(2,3, ".") lcd_chr(2,4,48+th3) LCD_Out(1,6,"Tg:") lcd_chr(2,6,48+tg1) lcd_chr(2,7,48+tg2) lcd_chr(2,8, ".") lcd_chr(2,9,48+tg3) LCD_Out(1,11,"Ta:") LCD_Out(2,15,"oC") lcd_chr(2,11,48+ta1) lcd_chr(2,12,48+ta2) lcd_chr(2,13, ".") lcd_chr(2,14,48+ta3) end if end if end sub sub procedure tbghi() dim tbghi as longint tbghi=adc_read(0)*3779+adc_read(1)*1619 esi1= tbghi div 1000000 esi2=(tbghi div 100000) mod 10 esi3=(tbghi div 10000) mod 10 end sub sub procedure tbghe() dim tbghe as longint </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	6
<pre> tbghe=adc_read(0)*3779+adc_read(1)*1080+adc_read(2)*539 ese1= tbghe div 1000000 ese2=(tbghe div 100000) mod 10 ese3=(tbghe div 10000) mod 10 if x=2 then if (m=0) or (segu=0) or (segu=5) or (segu=10) or (segu=15) or (segu=20) or (segu=25) or (segu=30) or (segu=35) or (segu=40) or (segu=45) or (segu=50) or (segu=55) then LCD_Cmd (lcd_clear) LCD_Out(1,1,"TBGHi:") LCD_Out(1,13,"oC") lcd_chr(1,8,48+esi1) lcd_chr(1,9,48+esi2) lcd_chr(1,10, ".") lcd_chr(1,11,48+esi3) LCD_Out(2,1,"TBGHe:") LCD_Out(2,13,"oC") lcd_chr(2,8,48+ese1) lcd_chr(2,9,48+ese2) lcd_chr(2,10, ".") lcd_chr(2,11,48+ese3) end if end if end sub sub procedure grabardatos() I2C_Init(100000) I2C_Start I2C_Wr(mem) I2C_Wr(contm) I2C_Wr(hora) I2C_Wr(minu) I2C_Wr(segu) I2C_Wr(diaf) I2C_Wr(mes) I2C_Wr(anio) I2C_Wr(th1) I2C_Wr(th2) I2C_Wr(th3) I2C_Wr(tg1) I2C_Wr(tg2) I2C_Wr(tg3) I2C_Wr(ta1) I2C_Wr(ta2) I2C_Wr(ta3) </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	7
<pre> I2C_Stop end sub sub procedure Grabar() dim h1, h2, h3, h4, h5, h6, h7, h8, h9, h10 as byte if ((hora>6) AND (hora<18)) then h1=diu[0] h2=diu[1] h3=diu[2] h4=diu[3] h5=diu[4] h6=diu[5] h7=diu[6] h8=diu[7] h9=diu[8] h10=diu[9] else h1=noc[0] h2=noc[1] h3=noc[2] h4=noc[3] h5=noc[4] h6=noc[5] h7=noc[6] h8=noc[7] h9=noc[8] h10=noc[9] end if if ((hora=h1) and (minu=30) and (segu=00)) then '1 mem=%10100000 contm=0 grabardatos end if if ((hora=h2) and (minu=00) and (segu=00)) then '2 mem=%10100000 contm=16 grabardatos end if if ((hora=h2) and (minu=30) and (segu=00)) then '3 </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	8
<pre> mem=%10100000 contm=32 grabardatos end if if ((hora=h3) and (minu=00) and (segu=00)) then '4 mem=%10100000 contm=48 grabardatos end if if ((hora=h3) and (minu=30) and (segu=00)) then '5 mem=%10100000 contm=64 grabardatos end if if ((hora=h4) and (minu=00) and (segu=00)) then '6 mem=%10100000 contm=80 grabardatos end if if ((hora=h4) and (minu=30) and (segu=00)) then '7 mem=%10100000 </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	9
<pre> contm=96 grabardatos end if if ((hora=h5) and (minu=00) and (segu=00)) then '8 mem=%10100000 contm=112 grabardatos end if if ((hora=h5) and (minu=30) and (segu=00)) then '9 mem=%10100000 contm=128 grabardatos end if if ((hora=h6) and (minu=00) and (segu=00)) then '10 mem=%10100000 contm=144 grabardatos end if if ((hora=h6) and (minu=30) and (segu=00)) then '11 mem=%10100000 contm=160 </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	10
<pre> grabardatos end if if ((hora=h7) and (minu=00) and (segu=00)) then '12 mem=%10100000 contm=176 grabardatos end if if ((hora=h7) and (minu=30) and (segu=00)) then '13 mem=%10100000 contm=192 grabardatos end if if ((hora=h8) and (minu=00) and (segu=00)) then '14 mem=%10100000 contm=208 grabardatos end if if ((hora=h8) and (minu=30) and (segu=00)) then '15 mem=%10100000 contm=224 grabardatos </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	11
<pre> end if if ((hora=h9) and (minu=00) and (segu=00)) then '16 mem=%10100000 contm=240 grabardatos end if if ((hora=h9) and (minu=30) and (segu=00)) then '17 mem=%10100010 contm=0 grabardatos end if if ((hora=h10) and (minu=00) and (segu=00)) then '18 mem=%10100010 contm=16 grabardatos end if end sub sub procedure interrupt Inc(cont) INTCON = \$90 end sub </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	12
<pre> MAIN: lcd_config (portd,4,5,6,7, portd,3,2,1) 'configuracion de la salida lcd_cmd (lcd_cursor_off) lcd_cmd (lcd_clear) Lcd_out(1,1,"NOVACERO S.A.") Lcd_out(2,1,"PLANTA LASSO") Delay_ms(1000) lcd_cmd (lcd_clear) Lcd_out(1,5,"MEDIDOR") Lcd_out(2,2,"ESTRES TERMICO") Delay_ms(1000) TRISB=%01111111 ADCON1 = %10000000 INTCON=%10010000 INTCON2.6=1 cont=0 x=0 OP=1 l=0 m=0 isegu=segu iminu=minu ihora=hora idias=dias idiaf=diaf imes=mes ianio=anio WHILE TRUE IF Button(PORTB,6,100,0) then inc(l) end if IF Button(PORTB,2,100,0) then inc(OP) end if if l=0 then portb.7=0 end if if l=1 then portb.7=1 end if if l>1 then l=0 end if IF (OP=1) and (cont=1) THEN </pre>		

```
if Button(PORTB,1,100,0) then inc(x) m=0 end if
if x>2 then x=0 end if
  leer_rtc
  DisplayDateTime
  Sensor_th
  Sensor_tg
  Sensor_ta
  tbghi
  tbghe
  Grabar
  cont=0
  inc(m)
  if (segu=0) or (segu=5) or (segu=10) or (segu=15) or (segu=20) or (segu=25) or
(segu=30) or (segu=35) or (segu=40) or (segu=45) or (segu=50) or (segu=55) THEN m=1
end if
  delay_ms(50)
END IF

IF OP=2 THEN
  GOSUB DESCARGA
end if

IF OP=3 THEN
  GOSUB IGUALAR
  cont=0
end if
```



```
if OP>3 then OP=1 m=0 end if
```

```
Wend
```

```
DESCARGA:
```

```
lcd_cmd(lcd_clear)
```

```
lcd_out(1,1,"Leer Datos?")
```

```
delay_ms(200)
```

```
USART_init(2400)
```

```
if (Usart_Read=65) or (Button(PORTB,1,100,0)) then inc(x) end if
```

```
if (x=1) then
```

```
    lcd_cmd(lcd_clear)
```

```
    lcd_out(1,1,"Bajando datos...")
```

```
    I2C_init(100000)
```

```
    I2C_start
```

```
    I2C_wr(meme)
```

```
    I2C_wr(0)
```

```
    I2C_Repeated_Start
```

```
    I2C_wr(meml)
```

```
    for k=0 to 286
```

```
        bytetostr(100+I2C_rd(1),tm)
```

```
        Usart_Write_Text(tm)
```

```
    next k
```

```
    bytetostr(100+I2C_rd(0),tm)
```

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	15
<pre> Usart_Write_Text(tm) I2C_stop delay_ms(1000) lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Desconecte") lcd_out(2,1,"La unidad.") delay_ms(2000) reset end if RETURN IGUALAR: if Button(PORTB,1,100,0) then inc(x) end if select case x case 0 if Button(PORTB,3,100,0) then inc(ihora) end if if Button(PORTB,4,100,0) then dec(ihora) end if if ihora>23 then ihora=0 end if if ihora<0 then ihora=23 end if bytetoststring(ihora,thora) lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Hora:") lcd_out(1,7,"hh") lcd_out(1,9,":") lcd_out(1,10,"mm") lcd_out(2,7,thora) </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	16
<pre> case 1 if Button(PORTB,3,100,0) then inc(iminu) end if if Button(PORTB,4,100,0) then dec(iminu) end if if iminu>59 then iminu=0 end if if iminu<0 then iminu=59 end if bytetostring(iminu,tminu) isegu=00 bytetostring(isegu,tsegu) idias=1 bytetostring(idias,tdias) lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Hora:")'Hora lcd_out(1,7,"hh") lcd_out(1,9,":") lcd_out(1,10,"mm") lcd_out(2,7,thora) lcd_out(2,9,":") lcd_out(2,10,tminu) case 2 if Button(PORTB,3,100,0) then inc(idiaf) end if if Button(PORTB,4,100,0) then dec(idiaf) end if if idiaf>31 then idiaf=1 end if if idiaf<1 then idiaf=31 end if bytetostring(idiaf,tdiaf) lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Fecha:") lcd_out(1,8,"dd") lcd_out(1,10,"/") lcd_out(1,11,"mm") lcd_out(1,13,"/") </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	17
<pre> lcd_out(1,14,"aa") lcd_out(2,8,tdiaf) case 3 if Button(PORTB,3,100,0) then inc(imes) end if if Button(PORTB,4,100,0) then dec(imes) end if if imes>12 then imes=1 end if if imes<1 then imes=12 end if bytetostring(imes,tmes) lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Fecha:") lcd_out(1,8,"dd") lcd_out(1,10,"/") lcd_out(1,11,"mm") lcd_out(1,13,"/") lcd_out(1,14,"aa") lcd_out(2,8,tdiaf)lcd_out(2,10,"/") lcd_out(2,11,tmes) case 4 if Button(PORTB,3,100,0) then inc(ianio) end if if Button(PORTB,4,100,0) then dec(ianio) end if if ianio>14 then ianio=8 end if if ianio<8 then ianio=14 end if bytetostring(ianio,tanio) lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Fecha:") lcd_out(1,8,"dd") lcd_out(1,10,"/") lcd_out(1,11,"mm") lcd_out(1,13,"/") lcd_out(1,14,"aa") lcd_out(2,8,tdiaf) lcd_out(2,10,"/") lcd_out(2,11,tmes) </pre>		

ANEXO 1	Programa del microcontrolador	18
<pre> lcd_out(2,13,"") lcd_out(2,14,tanio) case 5 lcd_cmd(lcd_clear) lcd_out(1,1,"Sincronizando...") I2C_init(100000) I2C_start I2C_wr(\$D0) I2C_wr(0) I2C_wr(Dec2Bcd(isegu)) I2C_wr(Dec2Bcd(iminu)) I2C_wr(Dec2Bcd(ihora)) I2C_wr(Dec2Bcd(idias)) I2C_wr(Dec2Bcd(idiaf)) I2C_wr(Dec2Bcd(imes)) I2C_wr(Dec2Bcd(ianio)) I2c_wr(\$10) I2C_stop delay_ms(1000) reset end select RETURN END. 'DESARROLLADO EN MIKROBASIC 'PIC18F452 @ 16MHz </pre>		



PIC18FXX2

28/40-pin High Performance, Enhanced FLASH Microcontrollers with 10-Bit A/D

High Performance RISC CPU:

- C compiler optimized architecture/instruction set
 - Source code compatible with the PIC16 and PIC17 instruction sets
- Linear program memory addressing to 32 Kbytes
- Linear data memory addressing to 1.5 Kbytes

Device	On-Chip Program Memory		On-Chip RAM (bytes)	Data EEPROM (bytes)
	FLASH (bytes)	# Single Word Instructions		
PIC18F242	16K	8192	768	256
PIC18F252	32K	16384	1536	256
PIC18F442	16K	8192	768	256
PIC18F452	32K	16384	1536	256

- Up to 10 MIPS operation:
 - DC - 40 MHz osc./clock input
 - 4 MHz - 10 MHz osc./clock input with PLL active
- 16-bit wide instructions, 8-bit wide data path
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier

Peripheral Features:

- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupt pins
- Timer0 module: 8-bit/16-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1 module: 16-bit timer/counter
- Timer2 module: 8-bit timer/counter with 8-bit period register (time-base for PWM)
- Timer3 module: 16-bit timer/counter
- Secondary oscillator clock option - Timer1/Timer3
- Two Capture/Compare/PWM (CCP) modules. CCP pins that can be configured as:
 - Capture input: capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns (TCY/16)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (TCY)
 - PWM output: PWM resolution is 1- to 10-bit, max. PWM freq. @: 8-bit resolution = 156 kHz
10-bit resolution = 39 kHz
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module, Two modes of operation:
 - 3-wire SPI™ (supports all 4 SPI modes)
 - I²C™ Master and Slave mode

Peripheral Features (Continued):

- Addressable USART module:
 - Supports RS-485 and RS-232
- Parallel Slave Port (PSP) module

Analog Features:

- Compatible 10-bit Analog-to-Digital Converter module (A/D) with:
 - Fast sampling rate
 - Conversion available during SLEEP
 - Linearity ≤ 1 LSB
- Programmable Low Voltage Detection (PLVD)
 - Supports interrupt on-Low Voltage Detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR)

Special Microcontroller Features:

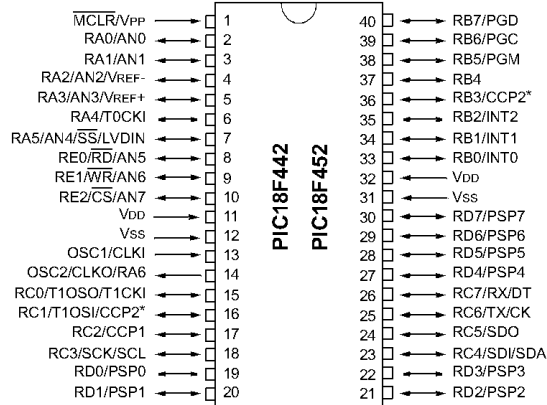
- 100,000 erase/write cycle Enhanced FLASH program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory
- FLASH/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options including:
 - 4X Phase Lock Loop (of primary oscillator)
 - Secondary Oscillator (32 kHz) clock input
- Single supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

CMOS Technology:

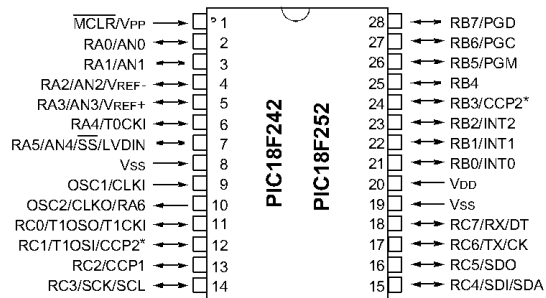
- Low power, high speed FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Industrial and Extended temperature ranges
- Low power consumption:
 - < 1.6 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 25 μ A typical @ 3V, 32 kHz
 - < 0.2 μ A typical standby current

PIC18FXX2

Pin Diagrams (Cont.'d)

DIP

Note: Pin compatible with 40-pin PIC16C7X devices.

DIP, SOIC

* RB3 is the alternate pin for the CCP2 pin multiplexing.

PIC18FXX2**1.0 DEVICE OVERVIEW**

This document contains device specific information for the following devices:

- PIC18F242
- PIC18F252
- PIC18F442
- PIC18F452

These devices come in 28-pin and 40/44-pin packages. The 28-pin devices do not have a Parallel Slave Port (PSP) implemented and the number of Analog-to-Digital (A/D) converter input channels is reduced to 5. An overview of features is shown in Table 1-1.

The following two figures are device block diagrams sorted by pin count: 28-pin for Figure 1-1 and 40/44-pin for Figure 1-2. The 28-pin and 40/44-pin pinouts are listed in Table 1-2 and Table 1-3, respectively.

TABLE 1-1: DEVICE FEATURES

Features	PIC18F242	PIC18F252	PIC18F442	PIC18F452
Operating Frequency	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz
Program Memory (Bytes)	16K	32K	16K	32K
Program Memory (Instructions)	8192	16384	8192	16384
Data Memory (Bytes)	768	1536	768	1536
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256
Interrupt Sources	17	17	18	18
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART
Parallel Communications	—	—	PSP	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	5 input channels	8 input channels	8 input channels
RESETS (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)
Programmable Low Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions
Packages	28-pin DIP 28-pin SOIC	28-pin DIP 28-pin SOIC	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP

PIC18FXX2**17.0 COMPATIBLE 10-BIT
ANALOG-TO-DIGITAL
CONVERTER (A/D) MODULE**

The Analog-to-Digital (A/D) converter module has five inputs for the PIC18F2X2 devices and eight for the PIC18F4X2 devices. This module has the ADCON0 and ADCON1 register definitions that are compatible with the mid-range A/D module.

The A/D allows conversion of an analog input signal to a corresponding 10-bit digital number.

The A/D module has four registers. These registers are:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register 0 (ADCON0)
- A/D Control Register 1 (ADCON1)

The ADCON0 register, shown in Register 17-1, controls the operation of the A/D module. The ADCON1 register, shown in Register 17-2, configures the functions of the port pins.

REGISTER 17-1: ADCON0 REGISTER

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
						bit 7	bit 0

bit 7-6 **ADCS1:ADCS0**: A/D Conversion Clock Select bits (ADCON0 bits in **bold**)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

bit 5-3 **CHS2:CHS0**: Analog Channel Select bits

000 = channel 0, (AN0)
 001 = channel 1, (AN1)
 010 = channel 2, (AN2)
 011 = channel 3, (AN3)
 100 = channel 4, (AN4)
 101 = channel 5, (AN5)
 110 = channel 6, (AN6)
 111 = channel 7, (AN7)

Note: The PIC18F2X2 devices do not implement the full 8 A/D channels; the unimplemented selections are reserved. Do not select any unimplemented channel.

bit 2 **GO/DONE**: A/D Conversion Status bit

When ADON = 1:

1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion which is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)
 0 = A/D conversion not in progress

bit 1 **Unimplemented**: Read as '0'

bit 0 **ADON**: A/D On bit

1 = A/D converter module is powered up
 0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

PIC18FXX2**REGISTER 17-2: ADCON1 REGISTER**

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

- bit 7 **ADFM:** A/D Result Format Select bit
1 = Right justified. Six (6) Most Significant bits of ADRESH are read as '0'.
0 = Left justified. Six (6) Least Significant bits of ADRESL are read as '0'.
- bit 6 **ADCS2:** A/D Conversion Clock Select bit (ADCON1 bits in **bold**)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	Frc (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	Frc (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

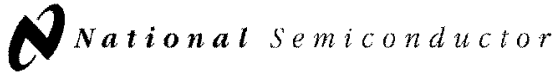
- bit 5-4 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 3-0 **PCFG3:PCFG0:** A/D Port Configuration Control bits

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C / R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8 / 0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	7 / 1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5 / 0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	4 / 1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3 / 0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	VSS	2 / 1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0 / 0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6 / 2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6 / 0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	5 / 1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4 / 2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3 / 2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2 / 2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1 / 0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1 / 2

A = Analog input D = Digital I/O
C/R = # of analog input channels / # of A/D voltage references

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

Note: On any device RESET, the port pins that are multiplexed with analog functions (ANx) are forced to be an analog input.



December 1994

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

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

available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

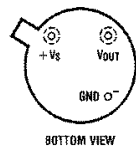
Features

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

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D
Precision Centigrade Temperature Sensors

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



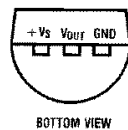
BOTTOM VIEW

TL/H/5516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH,
LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

TO-92
Plastic Package

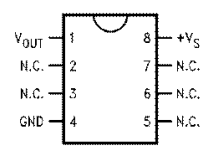


BOTTOM VIEW

TL/H/5516-2

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

SO-8
Small Outline Molded Package



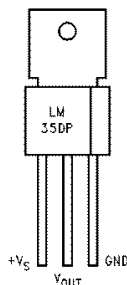
Top View

N.C. = No Connection

TL/H/5516-21

Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

TO-202
Plastic Package

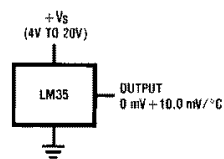


TL/H/5516-24

Order Number LM35DP
See NS Package Number P03A

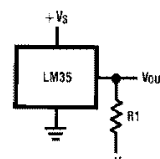
TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

Typical Applications



TL/H/5516-3

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



TL/H/5516-4

Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade
Temperature Sensor

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp., TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-202 Package,	-65°C to +150°C

Lead Temp.:

TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C
TO-92 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
TO-202 Package, (Soldering, 10 seconds)	+230°C

SO Package (Note 12):

Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T _{MIN} to T _{MAX} (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

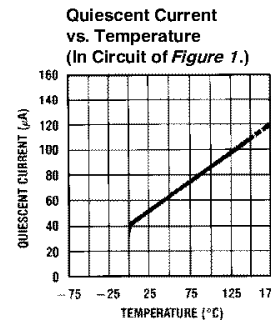
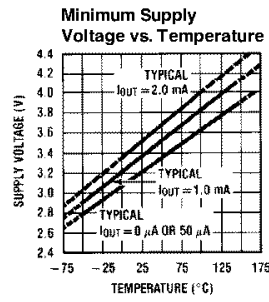
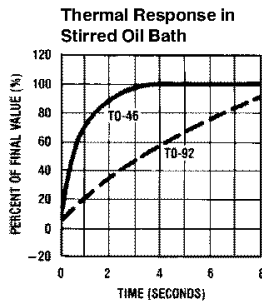
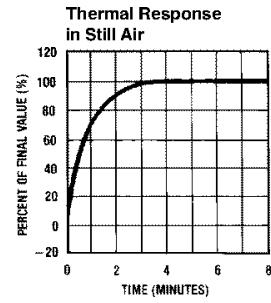
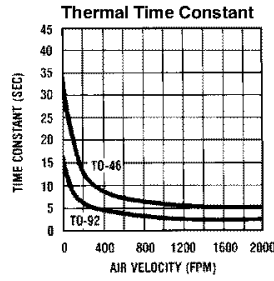
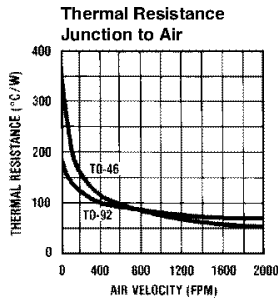
Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	T _A = +25°C T _A = -10°C T _A = T _{MAX} T _A = T _{MIN}	±0.2 ±0.3 ±0.4 ±0.4	±0.5 ±1.0 ±1.0		±0.2 ±0.3 ±0.4 ±0.4	±0.5 ±1.0	±1.0 ±1.5	°C °C °C °C
Nonlinearity (Note 8)	T _{MIN} ≤ T _A ≤ T _{MAX}	±0.18		±0.35	±0.15		±0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	T _{MIN} ≤ T _A ≤ T _{MAX}	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) 0 ≤ I _L ≤ 1 mA	T _A = +25°C T _{MIN} ≤ T _A ≤ T _{MAX}	±0.4 ±0.5	±1.0	±3.0	±0.4 ±0.5	±1.0	±3.0	mV/mA mV/mA
Line Regulation (Note 3)	T _A = +25°C 4V ≤ V _S ≤ 30V	±0.01 ±0.02	±0.05	±0.1	±0.01 ±0.02	±0.05	±0.1	mV/V mV/V
Quiescent Current (Note 9)	V _S = +5V, +25°C V _S = +5V V _S = +30V, +25°C V _S = +30V	56 105 56.2 105.5	67 68	131 133	56 91 56.2 91.5	67 68	114 116	μA μA μA μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	4V ≤ V _S ≤ 30V, +25°C 4V ≤ V _S ≤ 30V	0.2 0.5	1.0	2.0	0.2 0.5	1.0	2.0	μA μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	μA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, I _L = 0	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	T _J = T _{MAX} , for 1000 hours	±0.08			±0.08			°C

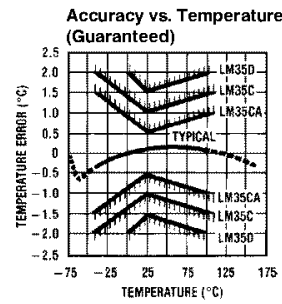
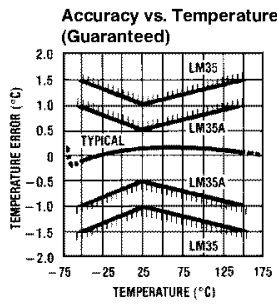
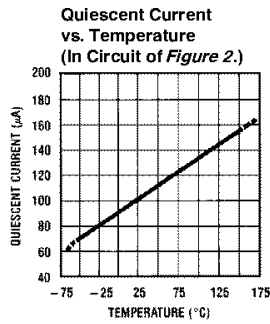
Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: -55°C ≤ T_J ≤ +150°C for the LM35 and LM35A; -40°C ≤ T_J ≤ +110°C for the LM35C and LM35CA; and 0° ≤ T_J ≤ +100°C for the LM35D. V_S = +5Vdc and I_{LOAD} = 50 μA, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from +2°C to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is 40°C/W, junction to ambient, and 2°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 180°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-202 package is 85°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

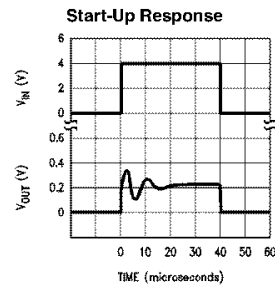
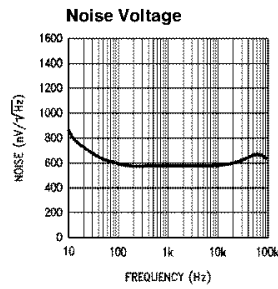
Typical Performance Characteristics



TL/H/5516-17



TL/H/5516-18



TL/H/5516-22

Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature.

This presumes that the ambient air temperature is almost the same as the surface temperature; if the air temperature were much higher or lower than the surface temperature, the actual temperature of the LM35 die would be at an intermediate temperature between the surface temperature and the air temperature. This is especially true for the TO-92 plastic package, where the copper leads are the principal thermal path to carry heat into the device, so its temperature might be closer to the air temperature than to the surface temperature.

To minimize this problem, be sure that the wiring to the LM35, as it leaves the device, is held at the same temperature as the surface of interest. The easiest way to do this is to cover up these wires with a bead of epoxy which will insure that the leads and wires are all at the same temperature as the surface, and that the LM35 die's temperature will not be affected by the air temperature.

The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V- terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed-end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and varnishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small lightweight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadiest reading despite small deviations in the air temperature.

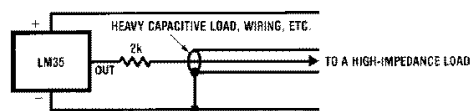
Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance)

	TO-46, no heat sink	TO-46, small heat fin*	TO-92, no heat sink	TO-92, small heat fin**	SO-8 no heat sink	SO-8 small heat fin**	TO-202 no heat sink	TO-202 *** small heat fin
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	85°C/W	60°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	25°C/W	40°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W				
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W				
(Clamped to metal, Infinite heat sink)	(24°C/W)				(55°C/W)		(23°C/W)	

* Wakefield type 201, or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

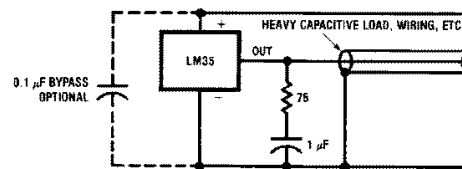
** TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

Typical Applications (Continued)



TL/H/5516-19

FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load



TL/H/5516-20

FIGURE 4. LM35 with R-C Damper

CAPACITIVE LOADS

Like most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pf without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor; see Figure 3. Or you can improve the tolerance of capacitance with a series R-C damper from output to ground; see Figure 4.

When the LM35 is applied with a 200Ω load resistor as shown in Figure 5, 6, or 8, it is relatively immune to wiring

capacitance because the capacitance forms a bypass from ground to input, not on the output. However, as with any linear circuit connected to wires in a hostile environment, its performance can be affected adversely by intense electromagnetic sources such as relays, radio transmitters, motors with arcing brushes, SCR transients, etc., as its wiring can act as a receiving antenna and its internal junctions can act as rectifiers. For best results in such cases, a bypass capacitor from V_{IN} to ground and a series R-C damper such as 75Ω in series with 0.2 or 1 μF from output to ground are often useful. These are shown in Figures 13, 14, and 16.

Typical Applications (Continued)

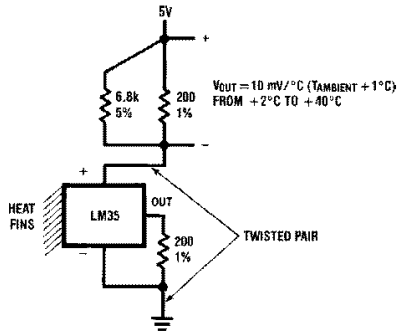


FIGURE 5. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Grounded Sensor)

TL/H/5516-5

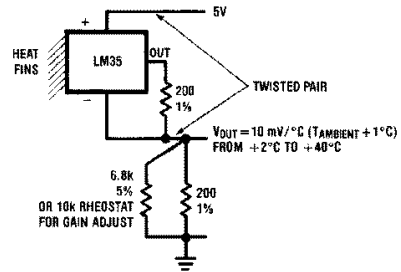


FIGURE 6. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

TL/H/5516-6

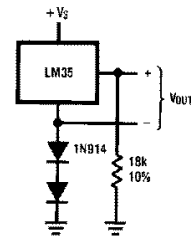


FIGURE 7. Temperature Sensor, Single Supply, -55°C to +150°C

TL/H/5516-7

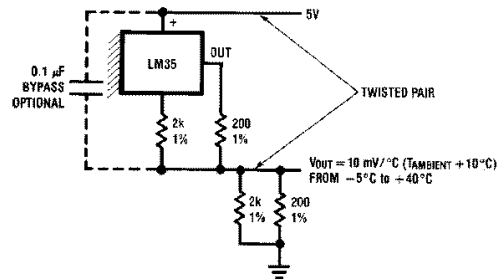


FIGURE 8. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

TL/H/5516-8

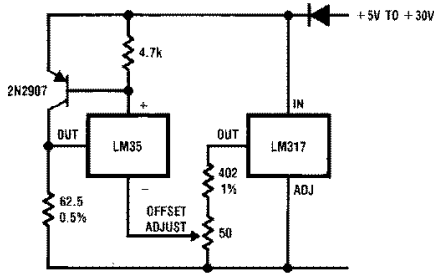


FIGURE 9. 4-To-20 mA Current Source (0°C to +100°C)

TL/H/5516-9

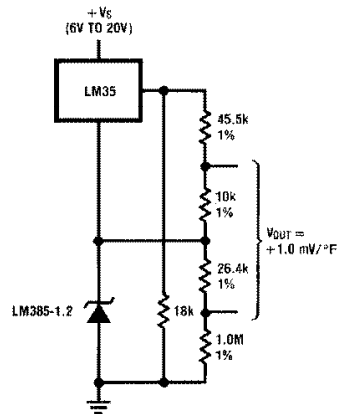
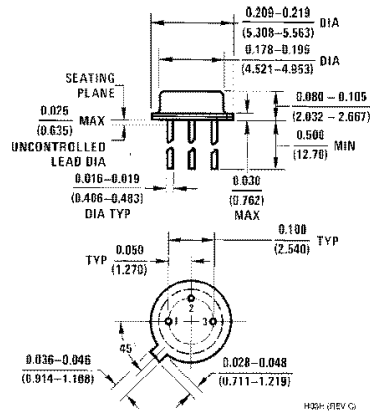


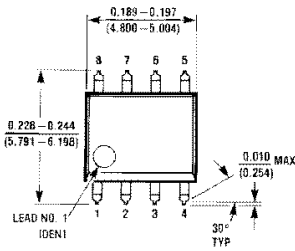
FIGURE 10. Fahrenheit Thermometer

TL/H/5516-10

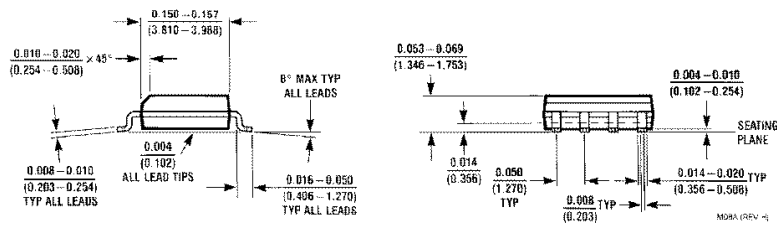
Physical Dimensions inches (millimeters)



TO-46 Metal Can Package (H)
 Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH,
 LM35CAH, or LM35DH
 NS Package Number H03H



SO-8 Molded Small Outline Package (M)
 Order Number LM35DM
 NS Package Number M08A



Features

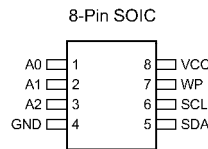
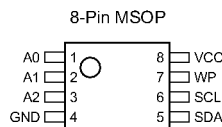
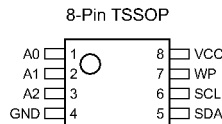
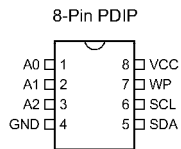
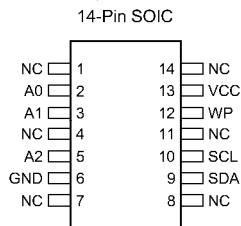
- **Low-Voltage and Standard-Voltage Operation**
 - 5.0 (V_{CC} = 4.5V to 5.5V)
 - 2.7 (V_{CC} = 2.7V to 5.5V)
 - 2.5 (V_{CC} = 2.5V to 5.5V)
 - 1.8 (V_{CC} = 1.8V to 5.5V)
- **Internally Organized 128 x 8 (1K), 256 x 8 (2K), 512 x 8 (4K), 1024 x 8 (8K) or 2048 x 8 (16K)**
- **2-Wire Serial Interface**
- **Schmitt Trigger, Filtered Inputs for Noise Suppression**
- **Bidirectional Data Transfer Protocol**
- **100 kHz (1.8V, 2.5V, 2.7V) and 400 kHz (5V) Compatibility**
- **Write Protect Pin for Hardware Data Protection**
- **8-Byte Page (1K, 2K), 16-Byte Page (4K, 8K, 16K) Write Modes**
- **Partial Page Writes Are Allowed**
- **Self-Timed Write Cycle (10 ms max)**
- **High Reliability**
 - **Endurance: 1 Million Write Cycles**
 - **Data Retention: 100 Years**
 - **ESD Protection: >3000V**
- **Automotive Grade and Extended Temperature Devices Available**
- **8-Pin and 14-Pin JEDEC SOIC, 8-Pin PDIP, 8-Pin MSOP, and 8-Pin TSSOP Packages**

Description

The AT24C01A/02/04/08/16 provides 1024/2048/4096/8192/16384 bits of serial electrically erasable and programmable read only memory (EEPROM) organized as 128/256/512/1024/2048 words of 8 bits each. The device is optimized for use in many industrial and commercial applications where low power and low voltage operation are essential. The AT24C01A/02/04/08/16 is available in space saving 8-pin PDIP, (AT24C01A/02/04/08/16), 8-Pin MSOP (AT24C01A/02), 8-Pin TSSOP (AT24C01A/02/04/08/16), and 8-Pin and 14-Pin JEDEC SOIC (AT24C01A/02/04/08/16) packages and is accessed via a 2-wire serial interface. In addition, the entire family is available in 5.0V (4.5V to 5.5V), 2.7V (2.7V to 5.5V), 2.5V (2.5V to 5.5V) and 1.8V (1.8V to 5.5V) versions.

Pin Configurations

Pin Name	Function
A0 - A2	Address Inputs
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock Input
WP	Write Protect
NC	No Connect



**2-Wire
Serial EEPROM**

1K (128 x 8)

2K (256 x 8)

4K (512 x 8)

8K (1024 x 8)

16K (2048 x 8)

- AT24C01A**
- AT24C02**
- AT24C04**
- AT24C08**
- AT24C16**



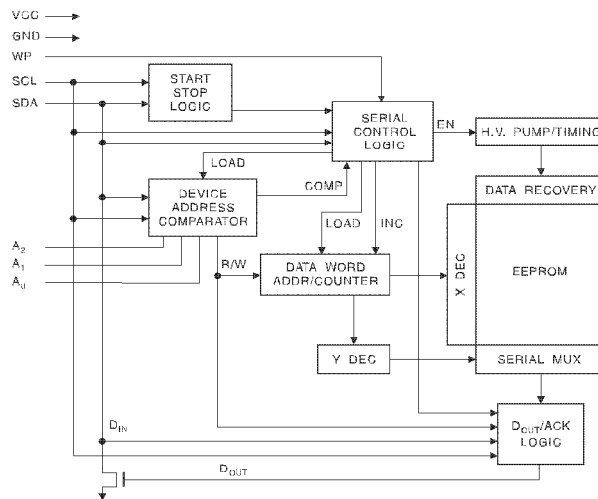


Absolute Maximum Ratings

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.25V
DC Output Current.....	5.0 mA

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

Block Diagram



Pin Description

SERIAL CLOCK (SCL): The SCL input is used to positive edge clock data into each EEPROM device and negative edge clock data out of each device.

SERIAL DATA (SDA): The SDA pin is bidirectional for serial data transfer. This pin is open-drain driven and may be wire-ORed with any number of other open-drain or open collector devices.

DEVICE/PAGE ADDRESSES (A2, A1, A0): The A2, A1 and A0 pins are device address inputs that are hard wired for the AT24C01A and the AT24C02. As many as eight 1K/2K devices may be addressed on a single bus system (device addressing is discussed in detail under the Device Addressing section).

The AT24C04 uses the A2 and A1 inputs for hard wire addressing and a total of four 4K devices may be addressed on a single bus system. The A0 pin is a no connect.

The AT24C08 only uses the A2 input for hardwire addressing and a total of two 8K devices may be addressed on a single bus system. The A0 and A1 pins are no connects.

The AT24C16 does not use the device address pins which limits the number of devices on a single bus to one. The A0, A1 and A2 pins are no connects.

WRITE PROTECT (WP): The AT24C01A/02/04/16 has a Write Protect pin that provides hardware data protection. The Write Protect pin allows normal read/write operations when connected to ground (GND). When the Write Protect pin is connected to V_{CC} , the write protection feature is enabled and operates as shown in the following table.

AT24C01A/02/04/08/16

WP Pin Status	Part of the Array Protected				
	24C01A	24C02	24C04	24C08	24C16
At V _{CC}	Full (1K) Array	Full (2K) Array	Full (4K) Array	Normal Read/Write Operation	Upper Half (8K) Array
At GND	Normal Read/Write Operations				

Memory Organization

AT24C01A, 1K SERIAL EEPROM: Internally organized with 128 pages of 1-byte each, the 1K requires a 7-bit data word address for random word addressing.

AT24C02, 2K SERIAL EEPROM: Internally organized with 256 pages of 1-byte each, the 2K requires an 8-bit data word address for random word addressing.

AT24C04, 4K SERIAL EEPROM: The 4K is internally organized with 256 pages of 2 bytes each. Random word addressing Chip Number requires a 9-bit data word address.

AT24C08, 8K SERIAL EEPROM: The 8K is internally organized with 4 blocks of 256 pages of 4 bytes each. Random word addressing requires a 10-bit data word address.

AT24C16, 16K SERIAL EEPROM: The 16K is internally organized with 8 blocks of 256 pages of 8 bytes each. Random word addressing requires an 11-bit data word address.

Pin Capacitance⁽¹⁾

Applicable over recommended operating range from T_A = 25°C, f = 1.0 MHz, V_{CC} = +1.8V.

Symbol	Test Condition	Max	Units	Conditions
C _{I/O}	Input/Output Capacitance (SDA)	8	pF	V _{I/O} = 0V
C _{IN}	Input Capacitance (A ₀ , A ₁ , A ₂ , SCL)	6	pF	V _{IN} = 0V

Note: 1. This parameter is characterized and is not 100% tested.

DC Characteristics

Applicable over recommended operating range from: T_A = -40°C to +85°C, V_{CC} = +1.8V to +5.5V, T_{AC} = 0°C to +70°C, V_{CC} = +1.8V to +5.5V (unless otherwise noted).

Symbol	Parameter	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
V _{CC1}	Supply Voltage		1.8		5.5	V
V _{CC2}	Supply Voltage		2.5		5.5	V
V _{CC3}	Supply Voltage		2.7		5.5	V
V _{CC4}	Supply Voltage		4.5		5.5	V
I _{CC}	Supply Current V _{CC} = 5.0V	READ at 100 kHz		0.4	1.0	mA
I _{CC}	Supply Current V _{CC} = 5.0V	WRITE at 100 kHz		2.0	3.0	mA
I _{SB1}	Standby Current V _{CC} = 1.8V	V _{IN} = V _{CC} or V _{SS}		0.6	3.0	μA
I _{SB2}	Standby Current V _{CC} = 2.5V	V _{IN} = V _{CC} or V _{SS}		1.4	4.0	μA
I _{SB3}	Standby Current V _{CC} = 2.7V	V _{IN} = V _{CC} or V _{SS}		1.6	4.0	μA
I _{SB4}	Standby Current V _{CC} = 5.0V	V _{IN} = V _{CC} or V _{SS}		8.0	18.0	μA
I _{LI}	Input Leakage Current	V _{IN} = V _{CC} or V _{SS}		0.10	3.0	μA
I _{LO}	Output Leakage Current	V _{OUT} = V _{CC} or V _{SS}		0.05	3.0	μA
V _{IL}	Input Low Level ⁽¹⁾		-0.6		V _{CC} × 0.3	V
V _{IH}	Input High Level ⁽¹⁾			V _{CC} × 0.7	V _{CC} + 0.5	V
V _{OL2}	Output Low Level V _{CC} = 3.0V	I _{OL} = 2.1 mA			0.4	V
V _{OL1}	Output Low Level V _{CC} = 1.8V	I _{OL} = 0.15 mA			0.2	V

Note: 1. V_{IL} min and V_{IH} max are reference only and are not tested.





AC Characteristics

Applicable over recommended operating range from $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = +1.8\text{V}$ to $+5.5\text{V}$, $CL = 1$ TTL Gate and 100pF (unless otherwise noted).

Symbol	Parameter	2.7-, 2.5-, 1.8-volt		5.0-volt		Units
		Min	Max	Min	Max	
f_{SCL}	Clock Frequency, SCL		100		400	kHz
t_{LOW}	Clock Pulse Width Low	4.7		1.2		μs
t_{HIGH}	Clock Pulse Width High	4.0		0.6		μs
t_i	Noise Suppression Time ⁽¹⁾		100		50	ns
t_{AA}	Clock Low to Data Out Valid	0.1	4.5	0.1	0.9	μs
t_{BUF}	Time the bus must be free before a new transmission can start ⁽¹⁾	4.7		1.2		μs
$t_{HD,STA}$	Start Hold Time	4.0		0.6		μs
$t_{SU,STA}$	Start Set-up Time	4.7		0.6		μs
$t_{HD,DAT}$	Data In Hold Time	0		0		μs
$t_{SU,DAT}$	Data In Set-up Time	200		100		ns
t_R	Inputs Rise Time ⁽¹⁾		1.0		0.3	μs
t_F	Inputs Fall Time ⁽¹⁾		300		300	ns
$t_{SU,STO}$	Stop Set-up Time	4.7		0.6		μs
t_{DH}	Data Out Hold Time	100		50		ns
t_{WR}	Write Cycle Time		10		10	ms
Endurance ⁽¹⁾	5.0V, 25°C, Page Mode	1M		1M		Write Cycles

Note: 1. This parameter is characterized and is not 100% tested.

Device Operation

CLOCK and DATA TRANSITIONS: The SDA pin is normally pulled high with an external device. Data on the SDA pin may change only during SCL low time periods (refer to Data Validity timing diagram). Data changes during SCL high periods will indicate a start or stop condition as defined below.

START CONDITION: A high-to-low transition of SDA with SCL high is a start condition which must precede any other command (refer to Start and Stop Definition timing diagram).

STOP CONDITION: A low-to-high transition of SDA with SCL high is a stop condition. After a read sequence, the stop command will place the EEPROM in a standby power mode (refer to Start and Stop Definition timing diagram).

ACKNOWLEDGE: All addresses and data words are serially transmitted to and from the EEPROM in 8-bit words. The EEPROM sends a zero to acknowledge that it has received each word. This happens during the ninth clock cycle.

STANDBY MODE: The AT24C01A/02/04/08/16 features a low power standby mode which is enabled: (a) upon power-up and (b) after the receipt of the STOP bit and the completion of any internal operations.

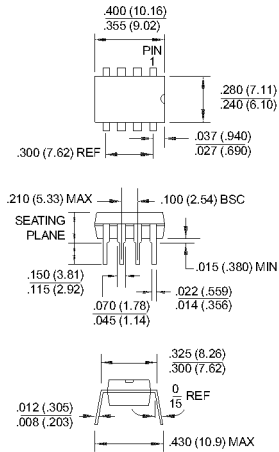
MEMORY RESET: After an interruption in protocol, power loss or system reset, any 2-wire part can be reset by following these steps:

1. Clock up to 9 cycles.
2. Look for SDA high in each cycle while SCL is high.
3. Create a start condition as SDA is high.

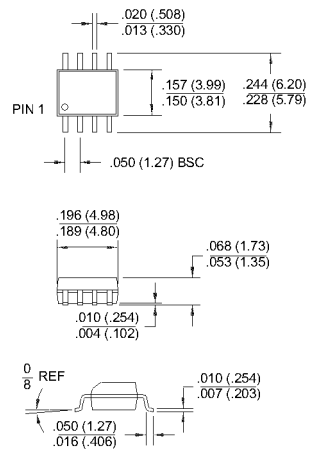


Packaging Information

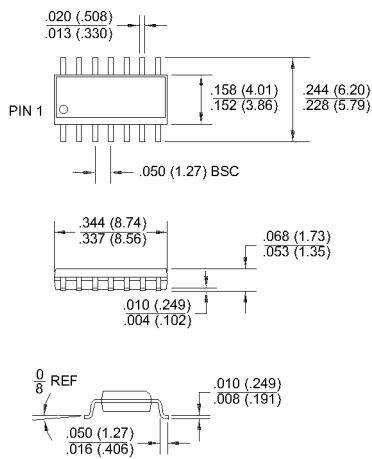
8P3, 8-Lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)
 JEDEC STANDARD MS-001 BA



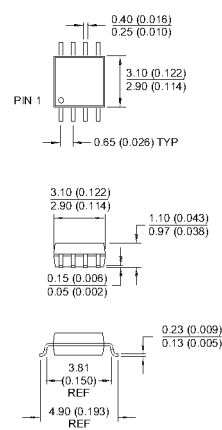
8S1, 8-Lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (JEDEC SOIC)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)



14S, 14-Lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (SOIC)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)



8M, 8-Lead, 0.118" Wide, Miniature Small Outline (MSOP)
 Dimensions in Millimeters and (Inches)



* Controlling dimension: millimeters



DS1307/DS1308 64 X 8 Serial Real Time Clock

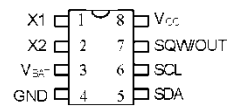
FEATURES

- Real time clock counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap year compensation valid up to 2100
- 56 byte nonvolatile RAM for data storage
- 2-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500 nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range -40°C to +85°C (IND) available for DS1307 and DS1308
- DS1307 available in 8-pin DIP or SOIC
- DS1308 available in 36-pin SMD BGA (Ball Grid Array)
- DS1308 accuracy is better than ± 2 minute/month at 25°C

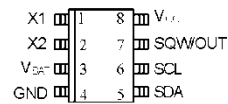
ORDERING INFORMATION

DS1307	Serial Timekeeping Chip; 8-pin DIP
DS1307Z	Serial Timekeeping Chip; 8-pin SOIC (150-mil)
DS1307N	8-pin DIP (IND)
DS1307ZN	8-pin SOIC (IND)
DS1308	36-pin BGA
DS1308N	36-pin BGA (IND)

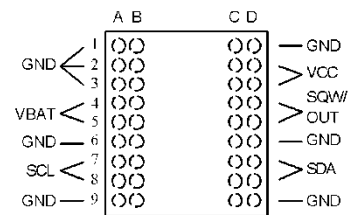
PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300-mil)



DS1307Z 8-Pin SOIC (150-mil)

DS1308 36-Pin SMD BGA
(TOP VIEW)

PIN DESCRIPTION DS1307/DS1308

V _{CC}	- Primary Power Supply
X1, X2	- 32.768 kHz Crystal Connection
V _{BAT}	- +3 Volt Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square wave/Output Driver

DS1308 PIN IDENTIFIER

V _{CC}	- C2, C3, D2, D3
V _{BAT}	- A4, A5, B4, B5
SDA	- C7, C8, D7, D8
SCL	- A7, A8, B7, B8
SQW/OUT	- C4, C5, D4, D5
GND	- All Remaining Balls

DESCRIPTION

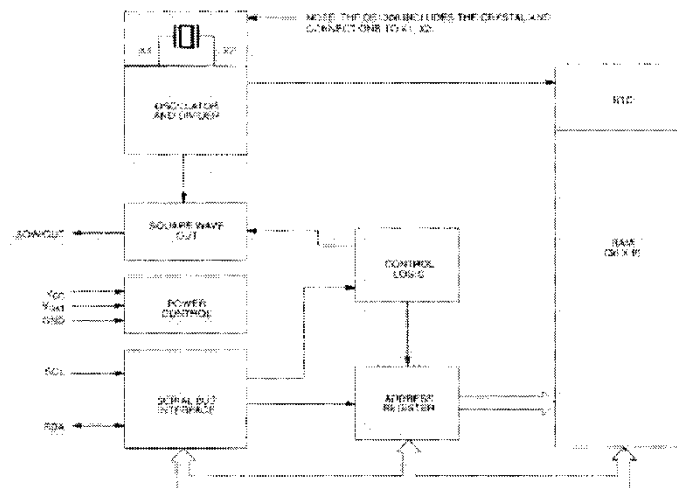
The DS1307 Serial Real Time Clock is a low power, full BCD clock/calendar plus 56 bytes of nonvolatile SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with less than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit which detects power failures and automatically switches to the battery supply.

The DS1308 incorporates the DS1307 chip with a 32.768 kHz crystal in a surface mountable, 36-pin ball grid array package (BGA). The close proximity of the embedded crystal to the high impedance crystal input pins on the DS1307 minimizes capacitive loading and noise injection problems associated with many other oscillator designs. The total area required for installation is less than that of one United States dime; thus, minimizing PCB space required.

OPERATION

The DS1307/1308 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When V_{CC} falls below $1.25 \times V_{BAT}$ the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When V_{CC} falls below V_{BAT} the device switches into a low current battery backup mode. Upon power up, the device switches from battery to V_{CC} when V_{CC} is greater than $V_{BAT} + 0.2V$ and recognizes inputs when V_{CC} is greater than $1.25 \times V_{BAT}$. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the Serial Real Time Clock.

DS1307/DS1308 BLOCK DIAGRAM Figure 1



SIGNAL DESCRIPTIONS

V_{CC}, GND - DC power is provided to the device on these pins. V_{CC} is the +5 volt input. When 5 volts is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a 3-volt battery is connected to the device and V_{CC} is below 1.25 x V_{BAT}, reads and writes are inhibited. However, the Timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage. As V_{CC} falls below V_{BAT} the RAM and timekeeper are switched over to the external power supply (nominal 3.0V DC) at V_{BAT}.

V_{BAT} - Battery input for any standard 3-volt lithium cell or other energy source. Battery voltage must be held between 2.0 and 3.5 volts for proper operation. The nominal write protect trip point voltage at which access to the real time clock and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 x V_{BAT} nominal. A lithium battery with 48 mAh or greater will back up the DS1307/DS1308 for more than 10 years in the absence of power at 25 degrees C.

SCL (Serial Clock Input) - SCL is used to synchronize data movement on the serial interface.

SDA (Serial Data Input/Output) - SDA is the input/output pin for the 2-wire serial interface. The SDA pin is open drain which requires an external pullup resistor.

SQW/OUT (Square Wave/ Output Driver) - When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square wave frequencies (1 Hz, 4 kHz, 8 kHz, 32 kHz). The SQW/OUT pin is open drain which requires an external pullup resistor.

NOTE: X1, X2 are not applicable for the DS1308 or DS1308N.

X1, X2 - Connections for a standard 32.768 kHz quartz crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (CL) of 12.5 pF.

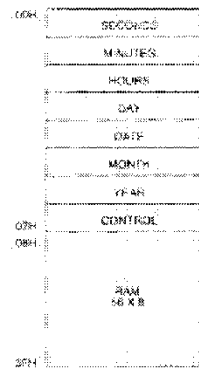
For more information on crystal selection and crystal layout considerations, please consult Application Note 58, "Crystal Considerations with Dallas Real Time Clocks." The DS1307 can also be driven by an external 32.768 kHz oscillator. In this configuration, the X1 pin is connected to the external oscillator signal and the X2 pin is floated.

Please review Application Note 95, "Interfacing the DS1307/DS1308 with a 8051-Compatible Microcontroller" for additional information.

RTC AND RAM ADDRESS MAP

The address map for the RTC and RAM registers of the DS1307/DS1308 is shown in Figure 2. The real time clock registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multi-byte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

DS1307 ADDRESS MAP Figure 2



CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. The real time clock registers are illustrated in Figure 3. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the Binary-Coded Decimal (BCD) format. Bit 7 of Register 0 is the Clock Halt (CH) bit. When this bit is set to a 1, the oscillator is disabled. When cleared to a 0, the oscillator is enabled.

Please note that the initial power on state of all registers is not defined. Therefore it is important to enable the oscillator (CH bit=0) during initial configuration.

The DS1307/DS1308 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12- or 24-hour mode select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the second 10 hour bit (20-23 hours).

DS1307/DS1308 TIMEKEEPER REGISTERS Figure 3

REG	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	
0000	CH	10 SECONDS			SECONDS				00-00
	X	10 MINUTES			MINUTES				00-00
	X	12 / 24	AM / PM	10-19	HOURS				00-10 / 00-11
	X	X	X	X	X	DAY			1-31
	X	X	10 DATE			DATE			01-00 / 01-01
	X	X	X	10 MONTH			MONTH		01-12
	YEAR				YEAR				00-99
000E	OUT	X	X	SCW	X	X	REG	HAL	

DS1307/1308

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground -0.5V to +7.0V

Operating Temperature 0°C to 70°C

Storage Temperature -55°C to +125°C

Soldering Temperature 260°C for 10 seconds (See NOTE 12)

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

The Dallas Semiconductor DS1307/DS1308 is built to the highest quality standards and manufactured for long term reliability. All Dallas Semiconductor devices are made using the same quality materials and manufacturing methods. However, standard versions of the DS1307/DS1308 are not exposed to environmental stresses, such as burn-in, that some industrial applications require. Products which have successfully passed through this series of environmental stresses are marked IND or N, denoting their extended operating temperature and reliability rating. For specific reliability information on this product, please contact the factory at (972) 371-4448.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(0°C to 70°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V _{CC}	4.5	5.0	5.5	V	1
Logic 1	V _{IH}	2.2		V _{CC} +0.3	V	1
Logic 0	V _{IL}	-0.3		+0.8	V	1
V _{BAT} Battery Voltage	V _{BAT}	2.0		3.5	V	1

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS(0°C to 70°C; V_{CC} = 4.5V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage	I _{LI}			1	μA	10
I/O Leakage	I _{LO}			1	μA	11
Logic 0 Output	V _{OL}			0.4	V	2
Active Supply Current	I _{CCA}			1.5	mA	9
Standby Current	I _{CCS}			200	μA	3
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I _{BAT1}		300	500	nA	4
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32 kHz)	I _{BAT2}		480	800	nA	4



LM158,A-LM258,A
LM358,A

LOW POWER DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

- INTERNALLY FREQUENCY COMPENSATED
- LARGE DC VOLTAGE GAIN: 100dB
- WIDE BANDWIDTH (unity gain): 1.1MHz (temperature compensated)
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/OP (500 μ A) ESSENTIALLY INDEPENDENT OF SUPPLY VOLTAGE
- LOW INPUT BIAS CURRENT: 20nA (temperature compensated)
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE: 2mV
- LOW INPUT OFFSET CURRENT: 2nA
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE RANGE EQUAL TO THE POWER SUPPLY VOLTAGE
- LARGE OUTPUT VOLTAGE SWING 0V TO ($V_{CC} - 1.5V$)

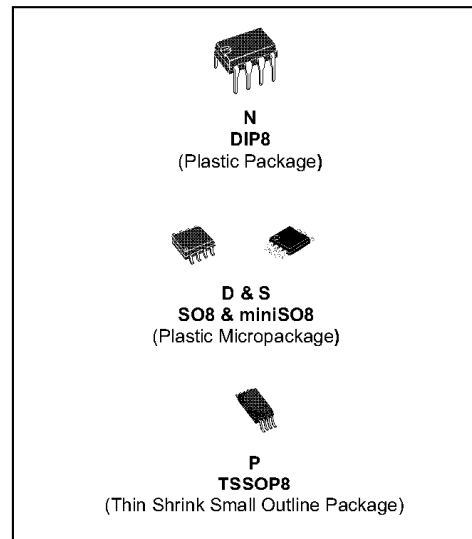
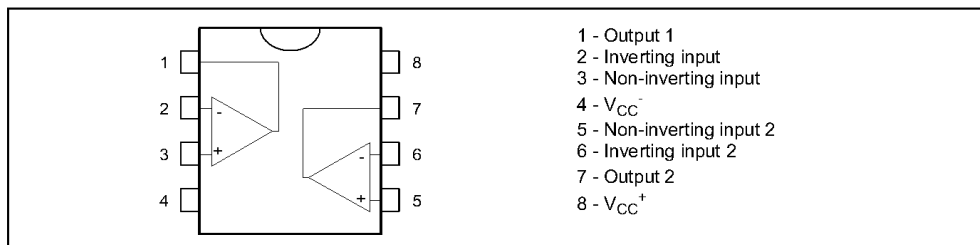
DESCRIPTION

These circuits consist of two independent, high gain, internally frequency compensated which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. The low power supply drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, these circuits can be directly supplied with the standard +5V which is used in logic systems and will easily provide the required interface electronics without requiring any additional power supply.

In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.

PIN CONNECTIONS (top view)



ORDER CODE

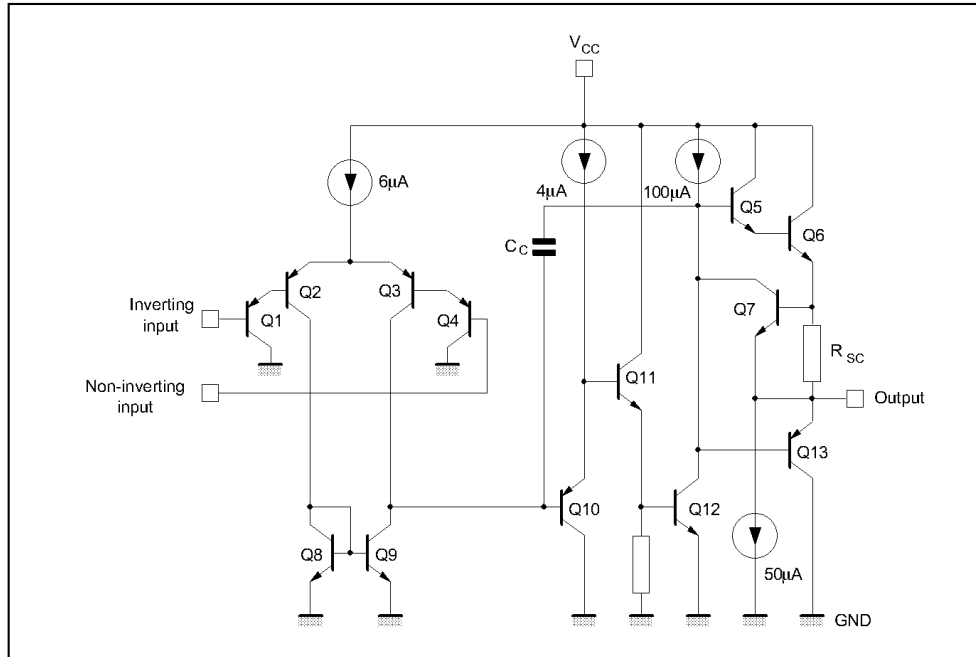
Part Number	Temperature Range	Package			
		N	S	D	P
LM158,A	-55°C, +125°C	•		•	•
LM258,A	-40°C, +105°C	•		•	•
LM358,A	0°C, +70°C	•	•	•	•

Example : LM258N

N = Dual in Line Package (DIP)
D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
S = Small Outline Package (miniSO) only available in Tape & Reel (DT)
P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)

LM158,A-LM258,A-LM358,A

SCHEMATIC DIAGRAM (1/2 LM158)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	LM158,A	LM258,A	LM358,A	Unit
V_{CC}	Supply voltage		+32		V
V_i	Input Voltage		-0.3 to +32		V
V_{id}	Differential Input Voltage		+32		V
P_{tot}	Power Dissipation ¹⁾		500		mW
	Output Short-circuit Duration ²⁾		Infinite		
I_{in}	Input Current ³⁾		50		mA
T_{oper}	Operating Free-air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range		-65 to +150		°C

- Power dissipation must be considered to ensure maximum junction temperature (T_j) is not exceeded.
- Short-circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating if $V_{CC} > 15V$. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of V_{CC} . Destructive dissipation can result from simultaneous short-circuit on all amplifiers.
- This input current only exists when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistor becoming forward biased and thereby acting as input diodes clamps. In addition to this diode action, there is also NPN parasitic action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the Op-amps to go to the V_{CC} voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output will set up again for input voltage higher than -0.3V.

LM158,A-LM258,A-LM358,A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

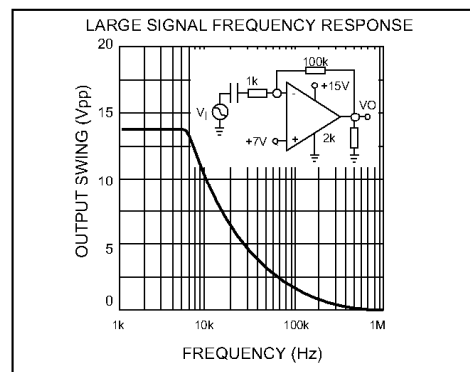
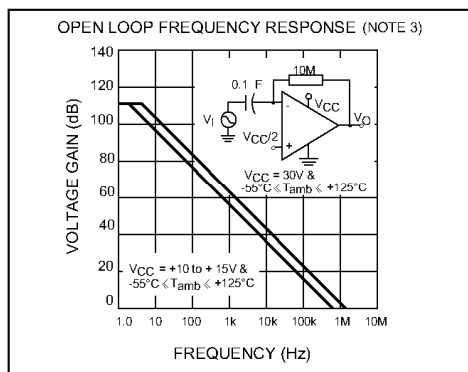
 $V_{CC}^+ = +5V$, $V_{CC}^- = \text{Ground}$, $V_o = 1.4V$, $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	LM158A-LM258A LM358A			LM158-LM258 LM358			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input Offset Voltage - note ¹⁾ $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$		1	3		2	7 5	mV
	LM158, LM258 LM158A $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$			2 4			9 7	
I_{io}	Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		2	10 30		2	30 40	nA
I_{ib}	Input Bias Current - note ²⁾ $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		20	50 100		20	150 200	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain $V_{CC} = +15V$, $R_L = 2k\Omega$, $V_o = 1.4V$ to $11.4V$ $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	50 25	100		50 25	100		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $V_{CC}^+ = 5V$ to $30V$ $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	65 65	100		65 65	100		dB
I_{CC}	Supply Current, all Amp, no load $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC} = +5V$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC} = +30V$		0.7	1.2 1		0.7	1.2 2	mA
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range $V_{CC} = +30V$ - note ³⁾ $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	V
CMR	Common Mode Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	70 60	85		70 60	85		dB
I_{source}	Output Current Source $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$, $V_{id} = +1V$	20	40	60	20	40	60	mA
I_{sink}	Output Sink Current ($V_{id} = -1V$)	10	20		10	20		mA
	$V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$ $V_{CC} = +15V$, $V_o = +0.2V$	12	50		12	50		μA
V_{OPP}	Output Voltage Swing ($R_L = 2k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ\text{C}$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	

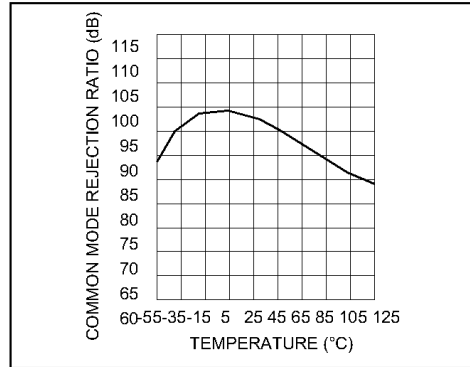
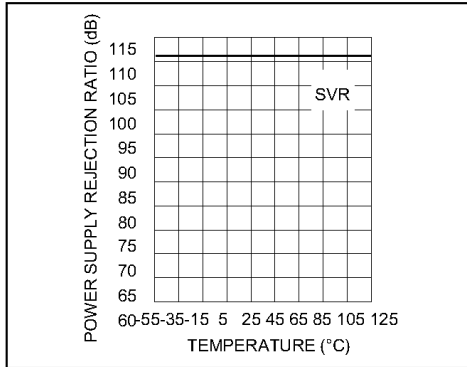
LM158,A-LM258,A-LM358,A

Symbol	Parameter	LM158A-LM258A LM358A			LM158-LM258 LM358			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V _{OH}	High Level Output Voltage (V _{CC} ⁺ = 30V) T _{amb} = +25°C R _L = 2kΩ	26	27		26	27		V
	T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max} T _{amb} = +25°C R _L = 10kΩ	26 27 27	28		26 27 27	28		
V _{OL}	Low Level Output Voltage (R _L = 10kΩ) T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}		5	20 20		5 20 20		mV
SR	Slew Rate V _{CC} = 15V, V _i = 0.5 to 3V, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, unity Gain	0.3	0.6		0.3	0.6		V/μs
GBP	Gain Bandwidth Product V _{CC} = 30V, f = 100kHz, V _{in} = 10mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF	0.7	1.1		0.7	1.1		MHz
THD	Total Harmonic Distortion f = 1kHz, A _v = 20dB, R _L = 2kΩ, V _o = 2V _{pp} , C _L = 100pF, V _O = 2V _{pp}		0.02			0.02		%
e _n	Equivalent Input Noise Voltage f = 1kHz, R _s = 100Ω, V _{CC} = 30V		55			55		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
DV _{io}	Input Offset Voltage Drift		7	15		7 30		μV/°C
DI _{io}	Input Offset Current Drift		10	200		10 300		pA/°C
V _{o1} /V _{o2}	Channel Separation - note 4) 1kHz ≤ f ≤ 20kHz		120			120		dB

- V_o = 1.4V, R_s = 0Ω, 5V < V_{CC}⁺ < 30V, 0 < V_{ic} < V_{CC}⁺ - 1.5V
- The direction of the input current is out of the IC. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is V_{CC} - 1.5V, but either or both inputs can go to +32V without damage.
- Due to the proximity of external components insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

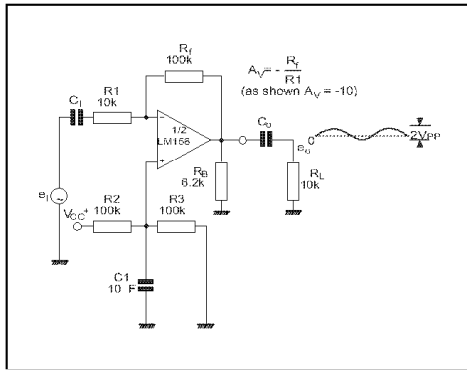


LM158,A-LM258,A-LM358,A

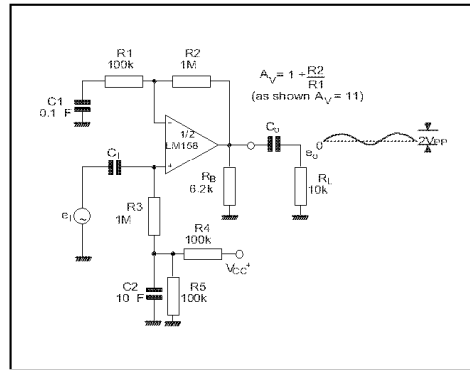


TYPICAL APPLICATIONS (single supply voltage) $V_{cc} = +5V_{dc}$

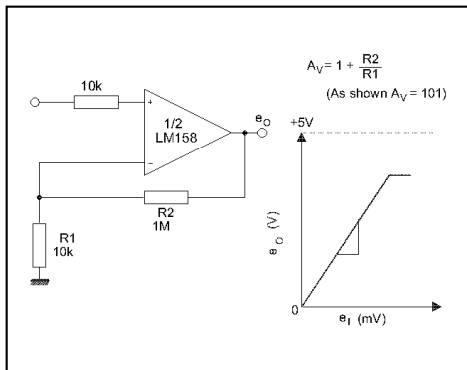
AC COUPLED INVERTING AMPLIFIER



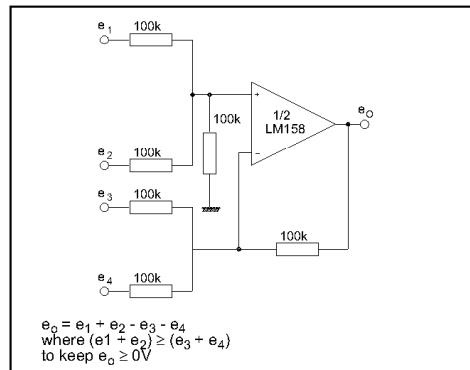
AC COUPLED NON-INVERTING AMPLIFIER



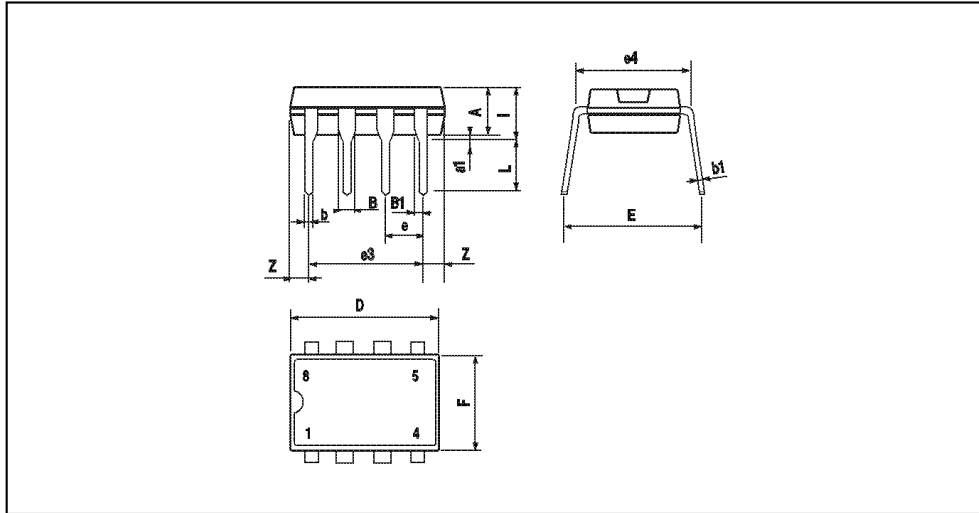
NON-INVERTING DC AMPLIFIER



DC SUMMING AMPLIFIER



LM158,A-LM258,A-LM358,A

PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC DIP

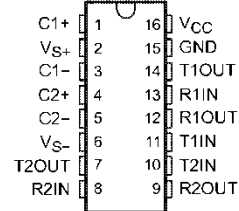
Dim.	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A		3.32			0.131	
a1	0.51			0.020		
B	1.15		1.65	0.045		0.065
b	0.356		0.55	0.014		0.022
b1	0.204		0.304	0.008		0.012
D			10.92			0.430
E	7.95		9.75	0.313		0.384
e		2.54			0.100	
e3		7.62			0.300	
e4		7.62			0.300	
F			6.6			0.260
i			5.08			0.200
L	3.18		3.81	0.125		0.150
Z			1.52			0.060

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L – FEBRUARY 1989 – REVISED MARCH 2004

- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operates From a Single 5-V Power Supply With 1.0- μ F Charge-Pump Capacitors
- Operates Up To 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- \pm 30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- ESD Protection Exceeds JESD 22
 - 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Upgrade With Improved ESD (15-kV HBM) and 0.1- μ F Charge-Pump Capacitors is Available With the MAX202
- Applications
 - TIA/EIA-232-F, Battery-Powered Systems, Terminals, Modems, and Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply TIA/EIA-232-F voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts TIA/EIA-232-F inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V, a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept \pm 30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into TIA/EIA-232-F levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232N	MAX232N
		Tube of 40	MAX232D	MAX232
	SOIC (D)	Reel of 2500	MAX232DR	
		SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232DW
			Reel of 2000	MAX232DWR
SOP (NS)	Reel of 2000	MAX232NSR	MAX232	
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232IN	MAX232IN
		Tube of 40	MAX232ID	MAX232I
	SOIC (D)	Reel of 2500	MAX232IDR	
		SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232IDW
			Reel of 2000	MAX232IDWR

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated

 **TEXAS
INSTRUMENTS**
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L - FEBRUARY 1989 - REVISED MARCH 2004

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

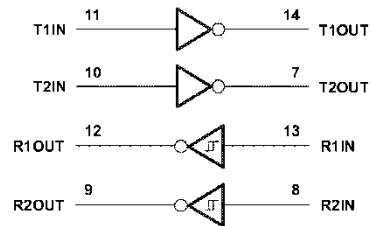
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L – FEBRUARY 1989 – REVISED MARCH 2004

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}	$V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V_I : Driver	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 2 and 3): D package	73°C/W
DW package	57°C/W
N package	67°C/W
NS package	64°C/W
Operating virtual junction temperature, T_J	150°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTES: 1. All voltages are with respect to network GND.

2. Maximum power dissipation is a function of $T_J(\text{max})$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\text{max}) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.

3. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)			0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage			+30	V
T_A	Operating free-air temperature			0	70
		MAX232		-40	85

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 4 and Figure 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP‡	MAX	UNIT	
I_{CC}	Supply current			8	10	mA

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$.

NOTE 4: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$.

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L – FEBRUARY 1989 – REVISED MARCH 2004

DRIVER SECTION
electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH} High-level output voltage	T1OUT, T2OUT R _L = 3 kΩ to GND	5	7		V
V _{OL} Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT R _L = 3 kΩ to GND		-7	-5	V
r _O Output resistance	T1OUT, T2OUT V _{S+} = V _{S-} = 0, V _O = -2 V	300			Ω
I _{OS} § Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT V _{CC} = 5.5 V, V _O = 0		±10		mA
I _{IS} Short-circuit input current	T1IN, T2IN V _I = 0			200	μA

†All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡The algebraic convention, in which the least-positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

§Not more than one output should be shorted at a time.

NOTE 4: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.
switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR Driver slew rate	R _L = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/μs
SR(t) Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/μs
Data rate	One TOUT switching		120		kbit/s

NOTE 4: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.**RECEIVER SECTION**
electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH} High-level output voltage	R1OUT, R2OUT I _{OH} = -1 mA	3.5			V
V _{OL} Low-level output voltage‡	R1OUT, R2OUT I _{OL} = 3.2 mA			0.4	V
V _{IT+} Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C		1.7	2.4	V
V _{IT-} Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C	0.8	1.2		V
V _{hys} Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V	0.2	0.5	1	V
r _i Receiver input resistance	R1IN, R2IN V _{CC} = 5, T _A = 25°C	3	5	7	kΩ

†All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡The algebraic convention, in which the least-positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

NOTE 4: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.
switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 4 and Figure 1)

PARAMETER	TYP	UNIT
t _{PLH(R)} Receiver propagation delay time, low- to high-level output	500	ns
t _{PHL(R)} Receiver propagation delay time, high- to low-level output	500	ns

NOTE 4: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

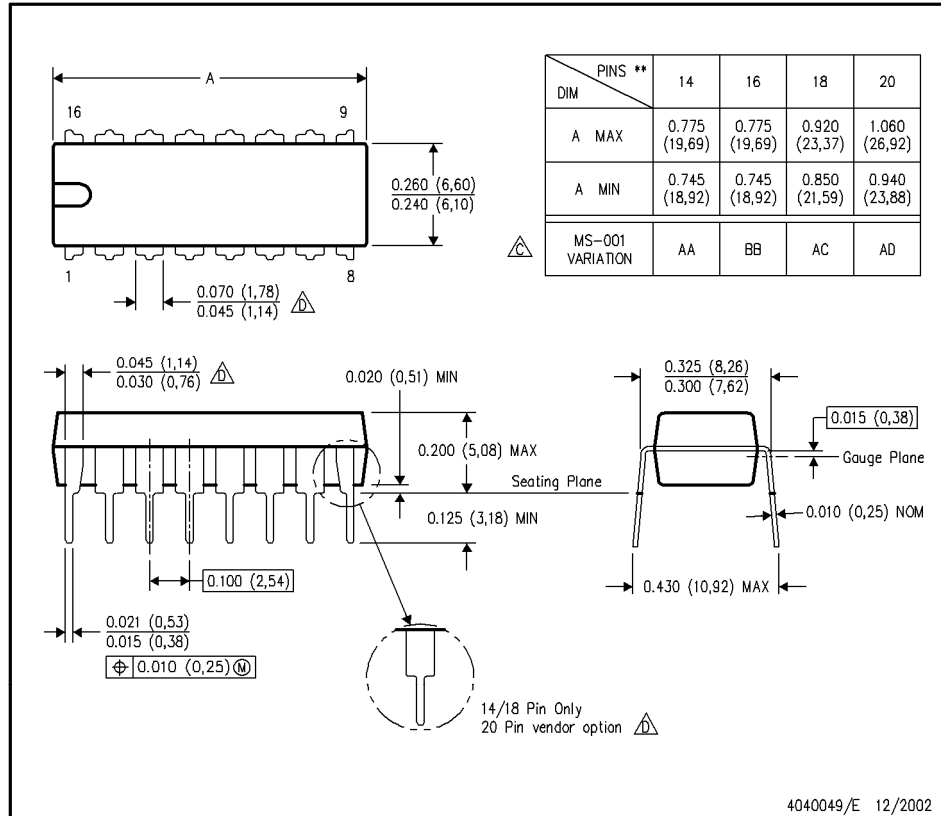
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75266

MECHANICAL DATA

N (R-PDIP-T**)

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE

16 PINS SHOWN



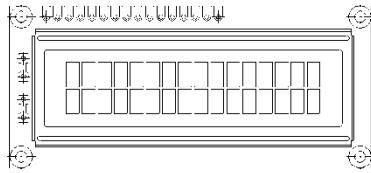
- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - Falls within JEDEC MS-001, except 18 and 20 pin minimum body length (Dim A).
 - The 20 pin end lead shoulder width is a vendor option, either half or full width.



LCD-016M002B

Vishay

16 x 2 Character LCD



FEATURES

- 5 x 8 dots with cursor
- Built-in controller (KS 0066 or Equivalent)
- + 5V power supply (Also available for + 3V)
- 1/16 duty cycle
- B/L to be driven by pin 1, pin 2 or pin 15, pin 16 or A.K (LED)
- N.V. optional for + 3V power supply

MECHANICAL DATA		
ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	80.0 x 36.0	mm
Viewing Area	66.0 x 16.0	mm
Dot Size	0.56 x 0.66	mm
Character Size	2.96 x 5.56	mm

ABSOLUTE MAXIMUM RATING					
ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	VDD-VSS	- 0.3	-	7.0	V
Input Voltage	VI	- 0.3	-	VDD	V

NOTE: VSS = 0 Volt, VDD = 5.0 Volt

ELECTRICAL SPECIFICATIONS							
ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT	
			MIN.	TYP.	MAX.		
Input Voltage	VDD	VDD + 5V	4.7	5.0	5.3	V	
		VDD = + 3V	2.7	3.0	5.3	V	
Supply Current	IDD	VDD 5V	-	1.2	3.0	mA	
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temp. Version Module	VDD - V0	- 20 °C	-	-	-	V	
		0 °C	4.2	4.8	5.1		
		25 °C	3.8	4.2	4.6		
		50 °C	3.6	4.0	4.4		
LED Forward Voltage	VF	25 °C	-	4.2	4.6	V	
LED Forward Current	IF	25 °C	Array	-	130	260	mA
			Edge	-	20	40	
EL Power Supply Current	IEL	Vel = 110VAC:400Hz	-	-	5.0	mA	

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE:																
Display Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DD RAM Address	00	01														0F
DD RAM Address	40	41														4F

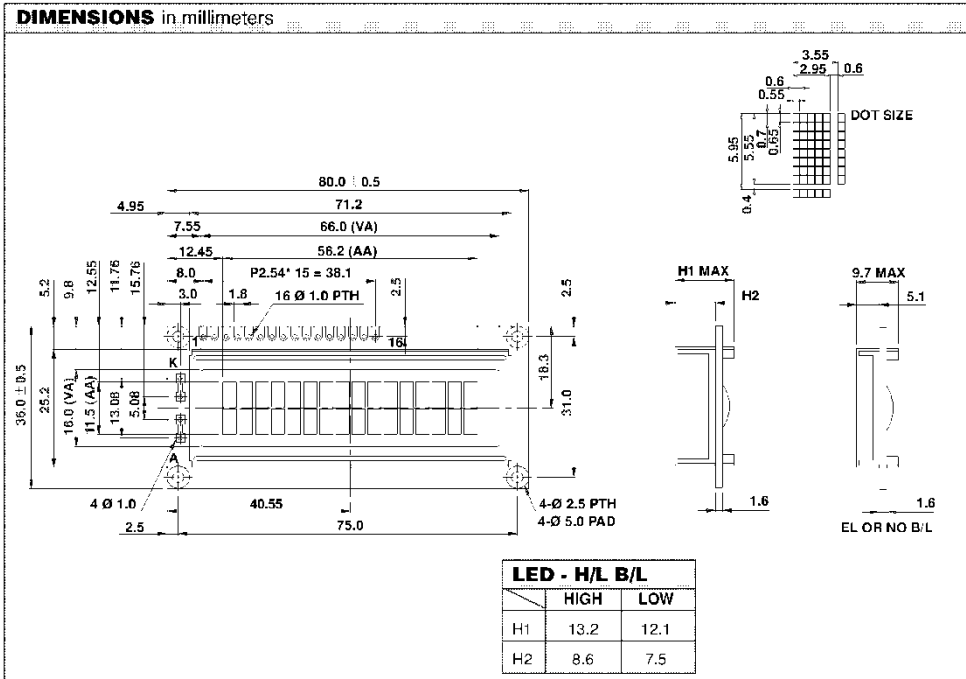
LCD-016M002B

Vishay

16 x 2 Character LCD



PIN NUMBER	SYMBOL	FUNCTION
1	Vss	GND
2	Vdd	+ 3V or + 5V
3	V ₀	Contrast Adjustment
4	RS	H/L Register Select Signal
5	R/W	H/L Read/Write Signal
6	E	H → L Enable Signal
7	DB0	H/L Data Bus Line
8	DB1	H/L Data Bus Line
9	DB2	H/L Data Bus Line
10	DB3	H/L Data Bus Line
11	DB4	H/L Data Bus Line
12	DB5	H/L Data Bus Line
13	DB6	H/L Data Bus Line
14	DB7	H/L Data Bus Line
15	A/Vee	+ 4.2V for LED/Negative Voltage Output
16	K	Power Supply for B/L (OV)





April 2007

LM117/LM317A/LM317 3-Terminal Adjustable Regulator

General Description

The LM117 series of adjustable 3-terminal positive voltage regulators is capable of supplying in excess of 1.5A over a 1.2V to 37V output range. They are exceptionally easy to use and require only two external resistors to set the output voltage. Further, both line and load regulation are better than standard fixed regulators. Also, the LM117 is packaged in standard transistor packages which are easily mounted and handled.

In addition to higher performance than fixed regulators, the LM117 series offers full overload protection available only in IC's. Included on the chip are current limit, thermal overload protection and safe area protection. All overload protection circuitry remains fully functional even if the adjustment terminal is disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated more than 6 inches from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An optional output capacitor can be added to improve transient response. The adjustment terminal can be bypassed to achieve very high ripple rejection ratios which are difficult to achieve with standard 3-terminal regulators.

Besides replacing fixed regulators, the LM117 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential voltage, supplies of several hundred volts can be regulated as long as

the maximum input to output differential is not exceeded, i.e., avoid short-circuiting the output.

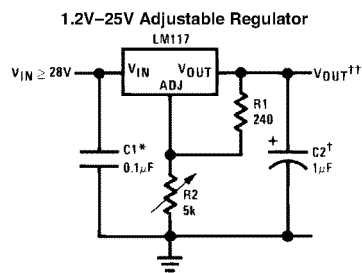
Also, it makes an especially simple adjustable switching regulator, a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment pin and output, the LM117 can be used as a precision current regulator. Supplies with electronic shutdown can be achieved by clamping the adjustment terminal to ground which programs the output to 1.2V where most loads draw little current.

For applications requiring greater output current, see LM150 series (3A) and LM138 series (5A) data sheets. For the negative complement, see LM137 series data sheet.

Features

- Guaranteed 1% output voltage tolerance (LM317A)
- Guaranteed max. 0.01%/V line regulation (LM317A)
- Guaranteed max. 0.3% load regulation (LM117)
- Guaranteed 1.5A output current
- Adjustable output down to 1.2V
- Current limit constant with temperature
- P+ Product Enhancement tested
- 80 dB ripple rejection
- Output is short-circuit protected

Typical Applications



906301

Full output current not available at high input-output voltages.

*Needed if device is more than 6 inches from filter capacitors.

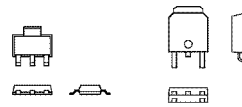
†Optional—improves transient response. Output capacitors in the range of 1μF to 1000μF of aluminum or tantalum electrolytic are commonly used to provide improved output impedance and rejection of transients.

$$\dagger\dagger V_{OUT} = 1.25V \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ}(R_2)$$

LM117/LM317A/LM317 Package Options

Part Number	Suffix	Package	Output Current
LM117, LM317	K	TO-3	1.5A
LM317	T	TO-220	1.5A
LM317	S	TO-263	1.5A
LM317A, LM317	EMP	SOT-223	1.0A
LM117, LM317A, LM317	H	TO-39	0.5A
LM117	E	LCC	0.5A
LM317A, LM317	MDT	TO-252	0.5A

SOT-223 vs. TO-252 (D-Pak) Packages



SOT-223

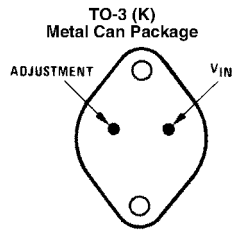
TO-252

906354

Scale 1:1

LM117/LM317A/LM317

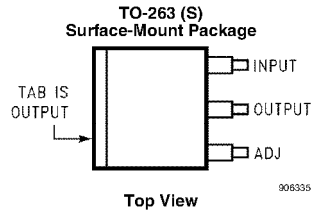
Connection Diagrams



CASE IS OUTPUT

906330

**Bottom View
Steel Package
NS Package Number K02A or K02C**

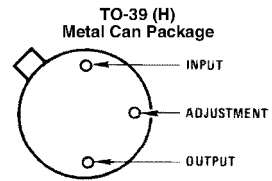


906335

**TO-263 (S)
Surface-Mount Package**

**Side View
NS Package Number TS3B**

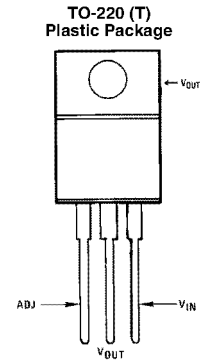
906336



CASE IS OUTPUT

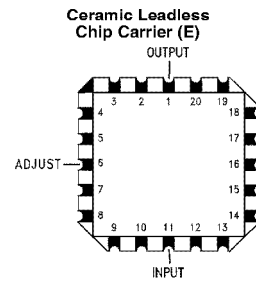
906331

**Bottom View
NS Package Number H03A**



906332

**Front View
NS Package Number T03B**



906334

**Top View
NS Package Number E20A**

LM117/LM317A/LM317

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Power Dissipation	Internally Limited
Input-Output Voltage Differential	+40V, -0.3V
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Lead Temperature	
Metal Package (Soldering, 10 seconds)	300°C
Plastic Package (Soldering, 4 seconds)	260°C
ESD Tolerance (Note 5)	3 kV

Operating Temperature Range

LM117	-55°C ≤ T _J ≤ +150°C
LM317A	-40°C ≤ T _J ≤ +125°C
LM317	0°C ≤ T _J ≤ +125°C

Preconditioning

Thermal Limit Burn-In All Devices 100%

LM117 Electrical Characteristics (Note 3)

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with **boldface type** apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, V_{IN} - V_{OUT} = 5V, and I_{OUT} = 10 mA.

Parameter	Conditions	LM117 (Note 2)			
		Min	Typ	Max	Units
Reference Voltage	3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 40V, 10 mA ≤ I _{OUT} ≤ I _{MAX}	1.20	1.25	1.30	V
Line Regulation	3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 40V (Note 4)		0.01 0.02	0.02 0.05	%/V
Load Regulation	10 mA ≤ I _{OUT} ≤ I _{MAX} (Note 4)		0.1 0.3	0.3 1	%
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.03	0.07	%/W
Adjustment Pin Current			50	100	μA
Adjustment Pin Current Change	10 mA ≤ I _{OUT} ≤ I _{MAX} 3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 40V		0.2	5	μA
Temperature Stability	T _{MIN} ≤ T _J ≤ T _{MAX}		1		%
Minimum Load Current	(V _{IN} - V _{OUT}) = 40V		3.5	5	mA
Current Limit	(V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 15V K Package	1.5	2.2	3.4	A
	H, E Package	0.5	0.8	1.8	A
	(V _{IN} - V _{OUT}) = 40V K Package	0.3	0.4		A
	H, E Package	0.15	0.20		A
RMS Output Noise, % of V _{OUT}	10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz		0.003		%
Ripple Rejection Ratio	V _{OUT} = 10V, f = 120 Hz, C _{ADJ} = 0 μF		65		dB
	V _{OUT} = 10V, f = 120 Hz, C _{ADJ} = 10 μF	66	80		dB
Long-Term Stability	T _J = 125°C, 1000 hrs		0.3	1	%
Thermal Resistance, θ _{JC} Junction-to-Case	K (TO-3) Package		2		°C/W
	H (TO-39) Package		21		°C/W
	E (LCC) Package		12		°C/W
Thermal Resistance, θ _{JA} Junction-to-Ambient (No Heat Sink)	K (TO-3) Package		39		°C/W
	H (TO-39) Package		186		°C/W
	E (LCC) Package		88		°C/W

LM317A and LM317 Electrical Characteristics (Note 3)

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with **boldface type** apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} - V_{OUT} = 5\text{V}$, and $I_{OUT} = 10\text{ mA}$.

Parameter	Conditions	LM317A			LM317			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reference Voltage		1.238	1.250	1.262	-	1.25	-	V
	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$, $10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$	1.225	1.250	1.270	1.20	1.25	1.30	V
Line Regulation	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$ (Note 4)		0.005 0.01	0.01 0.02		0.01 0.02	0.04 0.07	%/V
Load Regulation	$10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$ (Note 4)		0.1 0.3	0.5 1		0.1 0.3	0.5 1.5	%
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.04	0.07		0.04	0.07	%/W
Adjustment Pin Current			50	100		50	100	μA
Adjustment Pin Current Change	$10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$ $3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$		0.2	5		0.2	5	μA
Temperature Stability	$T_{MIN} \leq T_J \leq T_{MAX}$		1			1		%
Minimum Load Current	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 40\text{V}$		3.5	10		3.5	10	mA
Current Limit	$(V_{IN} - V_{OUT}) \leq 15\text{V}$ K, T, S Packages EMP Package H, MDT Packages	- 1.5	- 2.2	- 3.4	1.5 1.5	2.2 2.2	3.4 3.4	A
	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 40\text{V}$ K, T, S Packages EMP Package H, MDT Packages	- 0.112 0.075	- 0.30 0.20		0.15 0.112 0.075	0.40 0.30 0.20		A
RMS Output Noise, % of V_{OUT}	$10\text{ Hz} \leq f \leq 10\text{ kHz}$		0.003			0.003		%
Ripple Rejection Ratio	$V_{OUT} = 10\text{V}$, $f = 120\text{ Hz}$, $C_{ADJ} = 0\text{ }\mu\text{F}$		65			65		dB
	$V_{OUT} = 10\text{V}$, $f = 120\text{ Hz}$, $C_{ADJ} = 10\text{ }\mu\text{F}$		66	80		66	80	dB
Long-Term Stability	$T_J = 125^\circ\text{C}$, 1000 hrs		0.3	1		0.3	1	%
Thermal Resistance, θ_{JC} Junction-to-Case	K (TO-3) Package		-			2		$^\circ\text{C/W}$
	T (TO-220) Package		-			4		
	S (TO-263) Package		-			4		
	EMP (SOT-223) Package		23.5			23.5		
	H (TO-39) Package		21			21		
Thermal Resistance, θ_{JA} Junction-to-Ambient (No Heat Sink)	MDT (TO-252) Package		12			12		$^\circ\text{C/W}$
	K (TO-3) Package		-			39		
	T (TO-220) Package		-			50		
	S (TO-263) Package (Note 6)		-			50		
	EMP (SOT-223) Package (Note 6)		140			140		
H (TO-39) Package		186			186			
MDT (TO-252) Package (Note 6)		103			103			

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics. The guaranteed specifications apply only for the test conditions listed.

Note 2: Refer to RETS117H drawing for the LM117H, or the RETS117K for the LM117K military specifications.

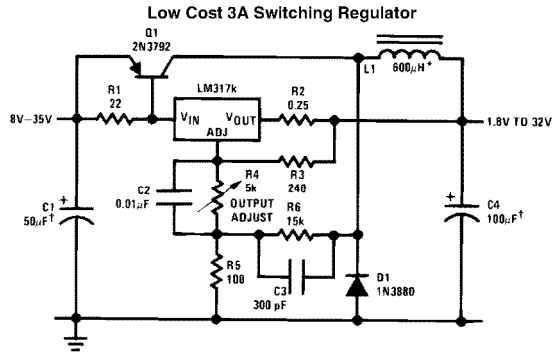
Note 3: $I_{MAX} = 1.5\text{ A}$ for the K (TO-3), T (TO-220), and S (TO-263) packages. $I_{MAX} = 1.0\text{ A}$ for the EMP (SOT-223) package. $I_{MAX} = 0.5\text{ A}$ for the H (TO-39), MDT (TO-252), and E (LCC) packages. Device power dissipation (P_D) is limited by ambient temperature (T_A), device maximum junction temperature (T_J), and package thermal resistance (θ_{JA}). The maximum allowable power dissipation at any temperature is: $P_{D(MAX)} = (T_{J(MAX)} - T_A)/\theta_{JA}$. All Min. and Max. limits are guaranteed to National's Average Outgoing Quality Level (AOQL).

Note 4: Regulation is measured at a constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output voltage due to heating effects are covered under the specifications for thermal regulation.

Note 5: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Note 6: When surface mount packages are used (TO-263, SOT-223, TO-252), the junction to ambient thermal resistance can be reduced by increasing the PC board copper area that is thermally connected to the package. See the Applications Hints section for heatsink techniques.

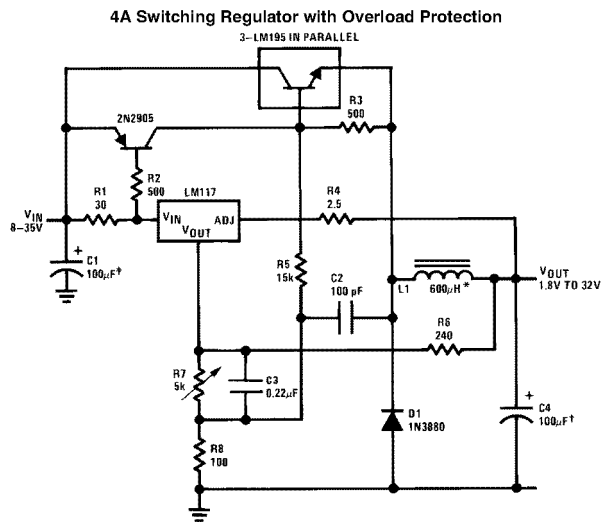
LM117/LM317A/LM317



906319

†Solid tantalum

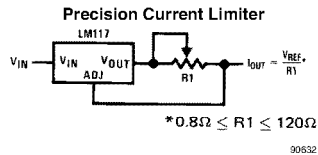
*Core—Arnold A-254168-2 60 turns

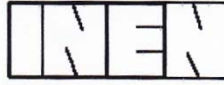


906320

†Solid tantalum

*Core—Arnold A-254168-2 60 turns





INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION
LABORATORIO DE PRUEBAS DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificado No.: LPC-T-2009-130

Página 1 de 2

Fecha de Calibración: 2009-03-13

Instrumento: Termómetro digital con sensor de ambiente

Marca: *****

Modelo o Tipo: *****

Serie: *****

Rango: 0 a 50 °C

División de escala: 0,1 °C

Dispositivo de Lectura: Digital

Código de identificación: RM-T-09-168

Localización: *****

Observaciones: *****

Solicitante: Sr. Montaluiza Xavier

Dirección: Latacunga

Adhesivo No.: 1884

El Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, realizó en sus instalaciones, la calibración del instrumento arriba descrito, utilizando Patrones de referencia trazables a la unidad de Temperatura Termodinámica del Sistema Internacional de Unidades, SI, a través de sensores patrón, pertenecientes al Laboratorio de Pruebas de Calibración del INEN.

La calibración fue realizada bajo un Sistema de Gestión de la Calidad conforme con la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006.

Los resultados de la calibración y su incertidumbre se exponen en las páginas siguientes y son parte de este documento y se refieren al momento y condiciones en que se realizó la calibración.

Este Laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento calibrado.

El usuario está obligado a tener el instrumento recalibrado en intervalos apropiados.

El presente certificado de calibración certifica los valores obtenidos expresados como los resultados de las calibraciones y no constituye un certificado de aptitud para el uso del patrón, instrumento o equipo.

Este documento no significa certificación de calidad y no debe ser utilizado con fines publicitarios. Prohibida su reproducción parcial, la reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección General del INEN.

Ing. Arturo Arévalo

Director de Servicios Tecnológicos (E)

Oficina Principal: Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro, casilla 17-01-3999, teléfono: 593 (2) 2501-885 al 2501 - 891, e-mail: furresta@inen.gov.ec, URL: www.inen.gov.ec, Quito - Ecuador.

Laboratorios: Autopista Gral. Rumiñahui puente peatonal No. 5, telefaxis: 593 (2) 2344-394, 2343-716, 2343-379, e-mail: rgallegos@inen.gov.ec, LPC: aarevalo@inen.gov.ec, Conocoto - Ecuador

Solicitante: Sr. Montaluiza Xavier
Certificado No.: LPC-T-2009-130
Fecha de Calibración: 2009-03-13

CONDICIONES AMBIENTALES DEL ENSAYO

TEMPERATURA: 23,0 °C
PRESION ATM.: 742,0 hPa.
HUMEDAD REL.: 35,8 %

METODO UTILIZADO: Por comparación según procedimiento de calibración LPC-PC-32.

INCERTIDUMBRE DE MEDIDA: La incertidumbre de calibración declarada en este documento es para un nivel de confianza de aproximadamente el 95 % y se la estimó de acuerdo al documento "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" de la ISO 1995.


PATRONES UTILIZADOS

Patrón	Modelo	Marca	Serie	Trazable a
Termómetro Patrón Pt100	5613	Hart Scientific	741461	INEN
Termómetro Patrón Pt100	1620-A 2626-H	Hart Scientific	A71147 A71074	INEN
Termohigrómetro Patrón	5618A	Hart Scientific	741686	INEN
Cámara Estabilizada	AG-228	ADVANTEC TOYO	A9010	INEN
Termómetro Precisión Chub	1529	Hart Scientific	A63113	INEN


RESULTADOS

Temperatura Patrón (°C)	Temperatura Calibrando (°C)	Error (°C)	Incertidumbre (°C)
15,91	15,9	-0,01	± 0,3
24,92	24,9	-0,02	± 0,3
34,93	34,9	-0,03	± 0,3
45,11	45,1	-0,01	± 0,3

Calibrado por:


 Ing. Diego Almeida

Revisado por:


 Ing. Arturo Arévalo

ANEXO 11	Guía de uso del instrumento	1
DESCRIPCIÓN DEL MEDIDOR		
1.- INTRODUCCIÓN		
<p>El confort térmico de una persona está relacionado con el balance térmico de su cuerpo como un todo. Este balance está influenciado por su actividad física y ropa, así como por los parámetros medio ambientales de temperatura de aire, temperatura radiante.</p>		
<p>El estrés térmico origina problemas en la salud de los operarios que desarrollan sus funciones en puestos de trabajo en fundiciones, fábricas de vidrio, cerámica, ladrillos, cemento, centrales térmicas, hornos de coque, en edificios de cristal modernos con un inadecuado aire acondicionado, minería, lavandería, construcción, agricultura, etc. Así como en trabajos realizados exteriormente en climas cálidos. El estrés térmico afecta al organismo humano, produciendo una tensión excesiva que da lugar a unas reacciones fisiológicas como exudación, aumento del ritmo cardíaco y de la temperatura del corazón. Al aumentar el estrés térmico, aumenta la tensión, lo que bajo determinados condicionantes, puede originar alteraciones importantes en la salud de los trabajadores.</p>		
<p>Se han desarrollado diversos métodos para determinar el estrés térmico, en función de factores ambientales, uno de los cuales es el índice W.B.G.T. (Wet Bulb Globe Temperature), definido inicialmente, como un método sencillo en el asesoramiento de estrés térmico, entre el personal militar.</p>		
2.- DESCRIPCIÓN		
<p>El monitor de estrés térmico se muestra en la figura 1.</p>		
<p>Este equipo para medición en el sitio, para realizar las mediciones se lo puede montar en un trípode o sostener en la mano.</p>		
<p>El bloque de sensores se encuentra adherido al instrumento con total seguridad y firmeza, los sensores usan una tecnología de circuito integrado, siendo precisos y muy estables.</p>		
<p>El equipo funciona con baterías recargables o alimentación desde la red, mientras</p>		

que la pantalla de cristal liquido es capaz de visualizar caracteres alfanuméricos. Característica que hace posible visualizar las temperaturas, los valores del índice TGBH, la hora y fecha.



Figura 1. Medidor de estrés térmico

En el equipo se ha implementado un teclado para las funciones de control, además se integra una conexión RS232 para transferir los datos al PC.

2.1.- BLOQUE DE SENSORES

El bloque de sensores se ilustra en la figura 2. Consiste en tres detectores de temperatura de tipo circuito integrado, para medir las tres temperaturas ambientales como se indica a continuación:



Figura 2. Bloque de sensores

Sensor de temperatura de globo

Ubicado al lado izquierdo del sensor de temperatura húmeda, este sensor se encuentra en el centro de una esfera de cobre.

Sensor de temperatura húmeda

Montado verticalmente con una mecha de algodón con forma de tubo toda su extensión y el extremo de algodón se extiende dentro de un depósito de agua.

Sensor de temperatura seca

Ubicado al lado derecho del sensor de temperatura húmeda y con una pantalla tubular contra la radiación solar, con agujeros que favorecen la circulación del aire.

2.2.- ESTRUCTURA DEL MENÚ



La interface del operador del instrumento medidor está basada en las opciones que ofrece el menú a través de cinco teclas y dos leds indicadores colocados en la parte frontal del instrumento (figura 3).


Se utiliza la combinación de teclas del panel para operar el instrumento.





Figura 3. Panel Frontal

Las funciones son las siguientes:

  Se usan para incrementar o disminuir los valores ajustables como son la hora y la fecha.

 La tecla “OP” se usa para visualizar las opciones que ofrece el instrumento.

 Esta tecla permite avanzar al momento de ajustar los datos o visualizar las mediciones.

 Esta tecla permite encender la luz de fondo de la pantalla de cristal líquido.

2.3.- SALIDA RS232

El instrumento está provisto de un cable, identificado para su conexión en cada extremo (figura 4). La salida serial se encuentra al costado derecho del instrumento



Figura 4. Cable de transmisión de datos

3.- FUNCIONAMIENTO

El instrumento es sensible, no se debe exponer a excesiva humedad, vibraciones o golpes.

3.1.- PREPARACIÓN PARA SU USO

3.1.1.- ALIMENTACIÓN

La alimentación del instrumento se efectúa por medio de una batería recargable.

El equipo también puede cargarse continuamente utilizando una fuente externa aplicada con una conexión de 12 V DC. Cuando se conecta la alimentación externa se enciende una luz indicadora de color rojo. La recarga se puede realizar con el instrumento encendido o apagado.




El tiempo de recarga de las baterías es de 12 horas aproximadamente, una batería cargada tiene un período de duración de 30 horas, por lo que el instrumento tiene una autonomía durante dos periodos de medición, a este período de funcionamiento debe seguirle un período de recarga de las baterías.

El encendido del instrumento se hace por medio del interruptor ubicado al costado derecho, junto al conector para alimentación externa.

3.1.2.- CONFIGURACIÓN DE LA FECHA Y HORA

Una vez encendido el instrumento, aparece un mensaje de presentación, seguidamente aparecerá la hora y fecha, si anteriormente han sido configurados, caso contrario en la pantalla permanecerá el mensaje "MEDIDOR ESTRÉS TÉRMICO", en este caso es necesario la configuración de estos datos. El procedimiento es el siguiente.

Presionando la tecla "OP" dos veces se tiene acceso a la configuración de la hora y fecha, apareciendo en primera instancia la opción para configurar la hora, con

las teclas   se incrementa o decrementa los valores hasta obtener el valor deseado, para aceptar este valor se presiona la tecla , aparecerá la

opción para configurar los minutos, se selecciona el valor deseado; este procedimiento se repite con la fecha, hasta obtener en la pantalla el mensaje "SINCRONIZADO...".


De esta forma el instrumento está listo para realizar las mediciones, aparece una pantalla con la fecha y la hora actuales.

3.1.3.- MEDICIÓN

El instrumento está diseñado para realizar mediciones en dos horarios, en el día el instrumento inicia el registro de datos a partir de las 8:30 hasta las 17:00, en el caso de la noche inicia el registro a las 20:30 hasta las 5:00, en los dos casos los periodos de medición son de 30 minutos.

1. Llene el depósito de agua destilada hasta la marca indicada en el mismo. Seguidamente encienda el instrumento, una pantalla de bienvenida se presentará. A continuación se visualiza la fecha y hora. (En caso de no aparecer la hora y fecha al momento de encender el equipo refiérase al procedimiento anterior).

IMPORTANTE: El instrumento debe colocarse en el lugar donde se realizará las mediciones, por lo menos veinte minutos antes de iniciarse el registro de los datos. Con el objetivo de estabilizar el sistema para realizar las mediciones.

2. Al presionar la tecla  aparece los valores de las temperaturas, presionando una vez más la tecla de avance se visualiza los valores de TGBH interior y exterior.

En la pantalla se visualiza los siguientes parámetros medidos o calculados:


- ✓ TG: temperatura de globo
- ✓ TH: temperatura húmeda
- ✓ TA: temperatura ambiental
- ✓ TGBHin: índice de temperatura de globo y bulbo húmedo interior
- ✓ TGBHex: índice de temperatura de globo y bulbo húmedo exterior

3. Una vez terminado el proceso de medición asegúrese de haber vaciado completamente el depósito de agua destilada.

IMPORTANTE: Luego de cada período de medición se debe guardar los datos en una PC a través del software, de lo contrario se perderán los datos almacenados en la memoria al iniciar un nuevo período de medición

3.1.4.- TRANSMISIÓN DE DATOS

Conecte el cable de transmisión de datos al instrumento, tenga precaución con la polaridad del cable.

Presionando la tecla  aparece el mensaje "LEER DATOS?". En este momento el instrumento está listo para enviar los datos almacenados en la memoria por medio del puerto serial al PC, esperando únicamente la señal proveniente del software, para enviar los datos almacenados en la memoria.

4.- SOFTWARE DE APLICACIÓN

El software de aplicación esta desarrollado con la finalidad de volcar los datos a una PC y presentar los datos recogidos por el instrumento para un análisis gráfico. La aplicación está diseñada para operar en el entorno Windows XP o versiones posteriores.

El equipo se comunica con el puerto serie RS232.

Una vez instalado el software, verifique que se ha creado una carpeta con el nombre "Mediciones" en el disco C del computador, caso contrario créela manualmente, en esta carpeta se almacenarán los archivos que contienen las mediciones realizadas con anterioridad.

4.1.- RECIBIENDO DATOS

1. Inicie la aplicación por medio del menú inicio de su computador. O en el icono ubicado en el escritorio.
2. Conecte el instrumento a la PC a través del cable provisto para esta tarea. Asegúrese de colocar el instrumento en la opción de transmisión de datos.

3. Iniciada la aplicación se tiene una pantalla, en la que se encuentra una tabla con los valores referenciales del índice TGBH (figura 5).



Figura 5. Ventana de ingreso de datos

- Introducir el valor máximo y el valor tolerable en las casillas respectivas, tomar como referencia la tabla incluida con el nombre Valores de referencia máximos
- Por medio del selector indique si la medición se realizó con intervención de la radiación solar o sin ella (interior o exterior).
- En las casillas respectivas introducir el nombre de la persona que realizó la medición y la zona donde se instaló el equipo para la recolección de datos.
- Presione la pestaña MEDICIONES, luego presione el botón LEER, la tabla que se muestra en esta pantalla se llenará automáticamente, con los datos registrados en la jornada de mediciones (figura 6).
- Al presionar la pestaña VALORES DE TEMPERATURA obtendrá un gráfico que muestra el comportamiento de las tres temperaturas (figura 7).
- En la pestaña VALORES DE TGBH, obtendrá un gráfico con los valores del índice TGBH que se han tomado durante el período de medición, en este gráfico se puede comparar los valores del índice TGBH medidos con los valores referenciales que se ingresaron anteriormente (figura 8).

Al presentar los gráficos con los valores de temperaturas y del índice TGBH se puede deducir las condiciones ambientales a las que se expone la persona que se encuentra laborando en el lugar que se realizó las mediciones.

Un archivo en formato Excel, conteniendo las mediciones se creará en la carpeta Mediciones que se creó con anterioridad.

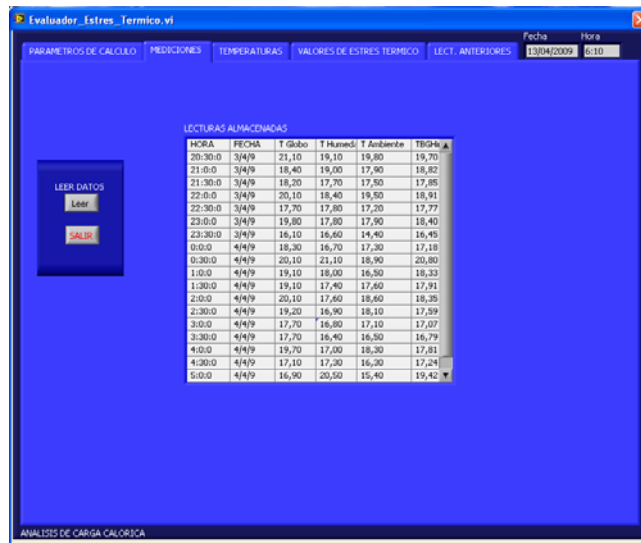


Figura 6. Ventana con los valores leídos.

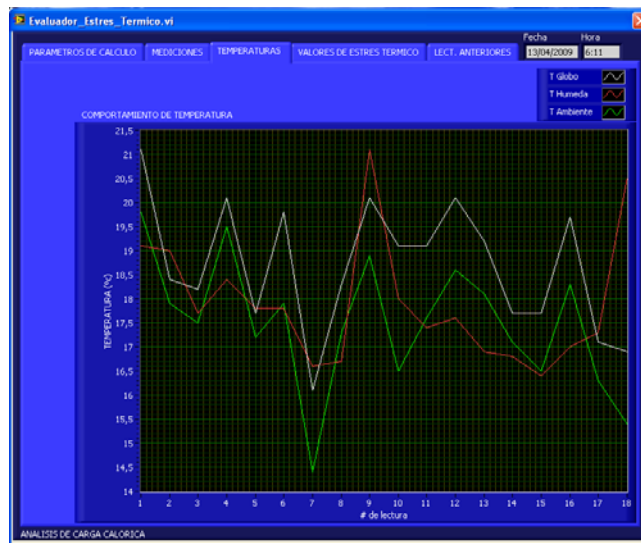


Figura 7. Gráfico de las temperaturas.

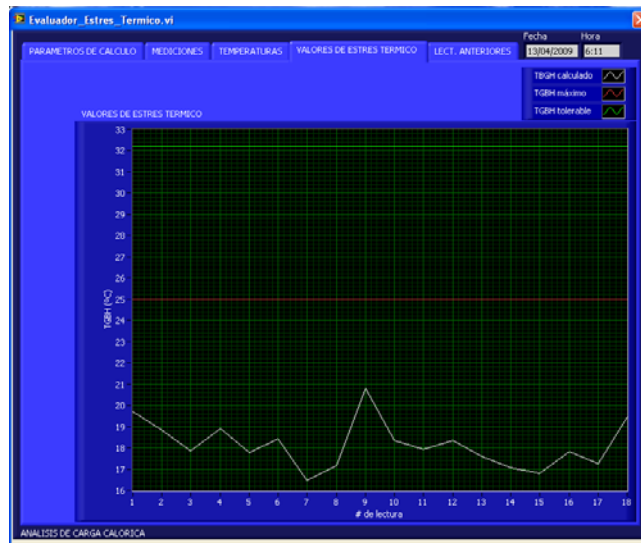


Figura 8. Gráfico de los valores de TGBH.

5.- MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

- ✓ Periódicamente lavar el depósito de agua, evitando que se acumulen sedimentos que se encuentran en el ambiente.
- ✓ Mantener el panel frontal libre de impurezas como grasa o aceite.
- ✓ Periódicamente llevar al equipo al consumo total de la batería, para alargar la vida útil de las mismas.
- ✓ Evitar los golpes y caídas del equipo, situarlo siempre en lugares seguros.
- ✓ Luego de cada medición limpiar el instrumento, para evitar que se acumule polvo en la superficie.

