

# **ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS**

**SISTEMA DE VENTILACION INTELIGENTE PARA EL  
LABORATORIO DE MICROS DE LA ESCUELA DE FORMACION DE  
TECNOLOGOS DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE TECNOLOGO EN  
ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**

**FABIAN PATRICIO QUILLUPANGUI TITUAÑA**

**e-mail: fab\_quil@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. PATRICIO CARRASCO**

**e-mail: pcarrasco@espe.edu.ec**

**Quito, Septiembre del 2009**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Fabián Patricio Quillupangui Tituaña, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado en las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Fabián Quillupangui T.

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Fabián Patricio Quillupangui Tituaña, bajo mi supervisión.

---

Ing. Patricio Carrasco

## **AGRADECIMIENTO**

Un sentimiento de gratitud a los distinguidos profesores de la Escuela de Formación de Tecnólogos, que día a día me brindaron su apoyo tanto en las aulas como en la realización de este proyecto.

## DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico con mucho cariño a mis padres que gracias a su esfuerzo constante de trabajo y entrega colaboraron incondicionalmente en el desarrollo de este proyecto

MARIA ISABEL - JOSÉ ANTONIO

Y a quien con su constancia y respeto me enseñó que no debemos desistir en los momentos difíciles, que siempre se debe empezar desde abajo, que la vida es un nivel en el que cada día debemos luchar para poder ascender y crecer como personas; y para un pequeño ser, ese ser especial a quien debo responsabilidad, respeto, cariño y ternura, valores que cada instante de mi vida, de mi trabajo y en el desarrollo de este proyecto los pongo en práctica

JOHANNA PATRICIA - DOMENICA SHINAE

## CONTENIDOS

DECLARACION.....	I
CERTIFICACION.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
CONTENIDOS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE CUADROS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
PRESENTACION.....	IX
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	X
ANEXOS.....	XI

### Capítulo 1 Fundamentación teórica para la aplicación del proyecto

1.1 Definiciones Básicas.....	1
1.1.1 Calor y Temperatura.....	1
1.1.1.1 Calor.....	1
1.1.1.2 Calor Solar.....	2
1.1.1.3 Temperatura.....	2
1.1.1.4 Escala de Temperatura.....	2
1.1.2 Transferencia de Calor.....	3
1.1.2.1 Conducción.....	3
1.1.2.2 Convección.....	4
1.1.2.3 Radiación.....	5
1.2 El Clima en el Ecuador y en la ciudad de Quito.....	6
1.2.1 Análisis climatológico del Ecuador.....	6

1.2.1.1	Julio 2008.....	6
1.2.1.2	Agosto2008.....	7
1.2.1.3	Septiembre 2008.....	8
1.2.1.4	Octubre2008.....	8
1.2.1.5	Noviembre2008.....	9
1.2.1.6	Diciembre2008.....	10
1.2.2	Conclusiones de la climatología en el país.....	11
1.3	El laboratorio de Microprocesadores de la E.S.F.O.T.....	11
1.3.1	Ubicación.....	12
1.3.2	Dimensiones del laboratorio de microprocesadores.....	14
1.3.3	Administración y servicios del laboratorio.....	17
1.3.4	Valores de temperatura sensados en el laboratorio.....	18
1.4	Transductores.....	19
1.4.1	Sensores.....	20
1.4.1.1	Tipos de sensores.....	20
1.4.1.2	Sensores de temperatura.....	22
1.4.1.2.1	Bimetales.....	22
1.4.1.2.2	Detectores de temperatura.....	23
1.4.1.2.3	Termistores.....	24
1.4.1.2.4	Termopares.....	25
1.4.1.3	Acondicionamiento de la señal de un sensor.....	26
1.4.2	Actuadores.....	28
1.4.2.1	Ventilador.....	29
1.4.2.2	Calefactor.....	29
1.4.2.3	Extractor.....	29
1.5	El Microcontrolador PIC.....	30
1.5.1	Introducción de los microcontroladores.....	30
1.5.2	Aplicación de los microcontroladores.....	30
1.5.3	El mercado de los microcontroladores.....	31
1.5.4	Recursos comunes en todos los microcontroladores.....	31
1.5.5	Arquitectura de un microcontrolador.....	32
1.5.6	Segmentación.....	33
1.5.7	Formatos de las instrucciones.....	33

1.5.8	Juego de instrucciones.....	33
1.5.8.1	Otorgonalidad de la instrucciones.....	33
1.5.8.2	Arquitectura basada en un banco de registros.....	33
1.5.9	El procesador o UCP.....	34
1.5.10	Memoria.....	34
1.5.10.1	Memoria ROM con máscara.....	35
1.5.10.2	Memoria OTP.....	35
1.5.10.3	Memoria EPROM.....	36
1.5.10.4	Memoria EEPROM.....	36
1.5.10.5	Memoria FLASH.....	36
1.5.10.6	PORTICOS de entrada y salida.....	37
1.5.10.7	Reloj principal.....	37
1.5.10.8	Recursos especial.....	37
1.5.10.8.1	Temporizadores o timers.....	38
1.5.10.8.2	Perro guardián o Watchdog.....	38
1.5.10.8.3	Estado de reposo o bajo consumo.....	39
1.5.10.8.4	Convertor A/D.....	39
1.5.10.8.5	Convertor D/A.....	39
1.5.10.8.6	Comparador analógico.....	39
1.5.10.8.7	Modulador de anchura y de pulso o PWM.....	40
1.5.10.8.8	Puertas de E/S digitales.....	40
1.5.10.8.9	Puertas de comunicación.....	40
1.6	Lenguaje de Programación.....	40
1.6.1	Comandos y operadores BASIC utilizados en el programa fuente....	41
1.7	Principales dispositivos electrónicos a utilizar.....	51
1.7.1	El sensor LM35.....	51
1.7.2	EL TRIAC.....	53
1.7.3	Optoacopladores.....	54
1.7.3.1	Parámetros de Optoacoplador.....	55

## Capítulo 2 Diseño y construcción del sistema de ventilación Inteligente

2.1	Desarrollo del sistema de ventilación.....	57
2.1.1	Variables a controlar en el sistema.....	57
2.1.2	Selección del micro controlador.....	58
2.2	Diagrama de bloques.....	59
2.3	Descripción general del funcionamiento del sistema de ventilación Inteligente.....	60
2.3.1	Etapa de alimentación.....	62
2.3.1.1	Funcionamiento de la etapa de alimentación.....	62
2.3.2	Etapa de sensado de temperatura.....	63
2.3.2.1	Funcionamiento.....	63
2.3.3	Etapa de ingreso de datos.....	64
2.3.3.1	Funcionamiento.....	65
2.3.4	Programación del microcontrolador.....	66
2.3.4.1	Definición de parámetros ADC y LCD.....	68
2.3.4.2	Declaración de variables y creación de alias.....	69
2.3.4.3	Configuración de pórtricos y registros.....	69
2.3.4.4	Registros: trisA, trisB y trisC.....	70
2.3.4.5	Lazo inicial.....	71
2.3.4.6	Lazo principal.....	71
2.3.4.7	Subrutina menú configuración de temperatura superior e inferior requerida por el operador.....	72
2.3.4.7.1	Configuración para temperatura inferior.....	72
2.3.4.7.2	Configuración para temperatura superior.....	73
2.3.4.8	Señales de salida de control.....	74
2.3.4.9	Subrutina lee teclado y decodifica.....	75
2.3.4.10	Programa implementado en el pic 16f877.....	76
2.3.5	Etapa de visualización.....	83
2.3.6	Etapa de potencia.....	84
2.3.6.1	Circuito de optoacoplamiento.....	84
2.3.6.2	Circuito de potencia.....	85
2.3.7	Circuito de oscilador.....	86

2.3.8	Circuito de reset.....	87
2.4	Ensamblaje e instalación del sistema.....	88
2.4.1	Cálculo de la cantidad de cable utilizado.....	88
2.4.1.2	Cantidad de cable a utilizar.....	90
2.4.2	Características del ventilador.....	90
2.4.2.1	Conexiones eléctricas del ventilador.....	91
2.4.3	Características del calefactor instalado en el laboratorio.....	92
2.4.4	Características del extractor.....	92
2.4.5	Ensamblaje del circuito de control.....	93
2.5	Análisis técnico económico.....	94
2.5.1	Análisis técnico.....	94
2.5.2	Análisis económico.....	95
2.6	Conclusiones y recomendación.....	97
2.6.1	Conclusiones.....	97
2.6.2	Recomendaciones.....	99

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1	Esquema de localización del Laboratorio de Micros.....	12
Fig. 1.2	Dimensiones parte frontal laboratorio de micros.....	15
Fig. 1.3	Vista lateral exterior laboratorio de micros.....	15
Fig. 1.4	Dimensiones del laboratorio.....	16
Fig.1.5	Dimensiones parte superior.....	16
Fig. 1.6	Bimetales.....	23
Fig. 1.7	Símbolo de un detector de temperaturas resistivo.....	23
Fig. 1.8	Símbolo de un termistor.....	24
Fig. 1.9	Esquema del acondicionamiento de una señal obtenida por un sensor.....	27
Fig. 1.10	Esquema de un sistema inteligente.....	28
Fig. 1.11	Esquema de un microcontrolador.....	32
Fig. 1.12	Ensamblaje de un programa.....	41
Fig. 1.13	Sensor LM35.....	52
Fig. 1.14	Sensor LM35 diagrama de pines.....	53
Fig. 1.15	Configuración del sensor LM35.....	53
Fig. 1.16	Configuración del Triac.....	54
Fig. 1.17	Esquema del optoacoplador.....	55
Fig. 2.1	Diagrama de bloques del sistema de ventilación.....	59
Fig. 2.2	Circuito de la fuente +5VCD.....	62
Fig. 2.3	Etapa de sensado de temperatura.....	64
Fig. 2.4	Teclado matricial.....	65
Fig. 2.5	Conexiones del teclado.....	66
Fig. 2.6	Diagrama de flujo del programa delPIC.....	67
Fig. 2.7	Registros TRIS B.....	70
Fig. 2.8	Entradas y salidas del teclado y LCD.....	83
Fig. 2.9	Etapa de acoplamiento y potencia.....	85
Fig. 2.10	Etapa de potencia.....	86
Fig. 2.11	Circuito del oscilador.....	87
Fig. 2.12	Circuito de reset.....	87

**INDICE DE CUADROS**

Cuadro 1.1	Temperaturas sensadas en el laboratorio.....	18
Cuadro 1.2	Clases de transductores.....	19
Cuadro 2.1	Temperatura máxima y mínima de operación.....	58
Cuadro 2.2	Relación de voltaje y temperatura de unLM35.....	63
Cuadro 2.3	Costo de elementos electrónicos.....	93

## RESUMEN

El trabajo realizado en este proyecto tiene como objetivo construir e implementar un sistema de ventilación acondicionada de tal manera que cuando el ambiente tengamos aire caliente el sistema lo desplace y a la vez inyecte aire fresco y cuando se tenga aire muy frío el sistema inyecte aire caliente en base a un límite de temperatura baja y temperatura alta definidas por un operador. Este proyecto será instalado en el laboratorio de micros de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional. Este documento se divide en dos partes que las vamos a detallar a continuación. En el Capítulo 1 se encuentra la información básica y algunos lineamientos que nos permiten tomar un punto de partida para este proyecto, así como la fundamentación teórica de varios de los conceptos aplicados y los motivos que me impulsaron para el desarrollo de este proyecto, entre ellos analizamos la climatología en la ciudad de Quito. Se realiza además una descripción de todos los componentes del sistema tales como dispositivos eléctricos y electrónicos que se utilizan en el desarrollo de los circuitos que conforman el sistema.

En el Capítulo 2 se realiza una descripción de cada una de las etapas de las que se compone nuestro sistema de ventilación inteligente, se indica el funcionamiento y las partes de las que se encuentran conformados, se presenta también los diagramas lógicos y circuitales de las etapas de control y etapa de potencia se incluye en esta parte el programa desarrollado y grabado en el PIC 16F877 así como el diagrama general del proyecto.

En la última parte del documento se añaden las conclusiones obtenidas en todo el desarrollo del proyecto así como ciertas recomendaciones para el correcto uso del sistema, en los anexos podemos encontrar las características de los elementos electrónicos utilizados y las fotografías del desarrollo de todo los componentes del sistema de ventilación inteligente.

## PRESENTACION

En la ciudad de Quito y generalmente en algunas ciudades de la serranía ecuatoriana se puede evidenciar que el clima es casi impredecible, por lo que se tiene algunos contratiempos y efectos negativos en el confort y bienestar de la población. Mediante la investigación de los fenómenos climatológicos en la ciudad de Quito y haciendo un análisis muy sucinto de la información recopilada en este documento se propone implementar un sistema de ventilación inteligente el cual nos permitirá mejorar el confort de los estudiantes que utilizan el laboratorio de microcontroladores de la Escuela de Formación de Tecnólogos, esto debido a que en las mañanas y en las noches se tiene un frío penetrante mientras que en el medio día se recibe un calor intenso esto debido a la estructura del techo con el cual se encuentra montado allí.

Este proyecto trata de mejorar las condiciones ambientales dentro del laboratorio mediante un sistema que conformado principalmente por tres actuadores eléctricos un ventilador, un calefactor y un extractor. Además un circuito de control que tiene como cerebro un PIC 16F877 el cual mediante un programa implementado en el mismo, trata de mantener un rango de temperatura ambiente que puede ser programada por un operador, en el circuito de control podemos observar la temperatura en tiempo real y se puede ingresar un rango de temperatura mínima y máxima donde no van a trabajar los actuadores, esto mediante un teclado manual.

La señal de temperatura ambiente es obtenida mediante un sensor LM35D el cual recibe y procesa un voltaje analógico generado el mismo que es enviado a un conversor AD que contiene el PIC 16F877 obteniendo así una señal digitalizada esta es enviada a un indicador LCD y dependiendo de la temperatura asignada al control por el operador se encenderá el ventilador o el calefactor hasta que en el laboratorio se tenga la temperatura ambiente deseada.

# **CAPITULO 1**

## **FUNDAMENTACION TEÓRICA PARA LA APLICACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1 DEFINICIONES BASICAS**

#### **1.1.1 CALOR Y TEMPERATURA**

##### **1.1.1.1 Calor**

Calor, es la transferencia de energía de una parte a otra de un cuerpo o entre diferentes cuerpos, en virtud de una diferencia de temperatura. El calor es energía en tránsito siempre fluye de una zona de mayor temperatura a una zona de menor temperatura, con lo que se eleva la temperatura de la segunda y se reduce la temperatura de la primera, esto siempre que el volumen de los cuerpos se mantengan constantes. La energía no fluye desde un objeto de temperatura alta si no se realiza trabajo.<sup>1</sup>

Hasta principios del siglo XIX, el efecto del calor sobre la temperatura de un cuerpo explicaba la existencia de una sustancia o forma de materia invisible denominada calórico. Según la teoría del calórico, un cuerpo de temperatura alta contiene mas calórico que otro de temperatura baja; El primero cede parte del calórico al segundo al ponerse en contacto ambos cuerpos, con lo que aumenta la temperatura de dicho cuerpo y disminuye la suya propia. Aunque la teoría del calórico explicaba algunos fenómenos de la transferencia de calor, las pruebas experimentales presentadas por el Físico británico Benjamín Thompson en 1778 y por el Químico Humphry Davy en 1799 sugerían que el calor al igual que el trabajo corresponden a energía de tránsito (proceso de intercambio de energía). Entre 1840 y 1849 el Físico británico James Prescott Joule en una serie de experimentos muy precisos, demostró de una forma concluyente que el calor es una transferencia de energía y que puede causar los mismos cambios en un cuerpo que el trabajo.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> MICROSOFT CORPORATION (2007). Enciclopedia Encarta

### **1.1.1.2 Calor solar**

Durante una hora de sol, casi un kilovatio de energía solar alcanza cada centímetro cuadrado de la superficie terrestre. La cantidad real de energía recibida varía de acuerdo al momento del día, la época del año, la latitud, la claridad de la atmosfera y la dirección relativa del sol con respecto a la superficie absorbente que recibe la energía. Esta energía puede ser suficiente para calentar dispositivos absorbentes de calor.<sup>2</sup>

### **1.1.1.3 Temperatura**

Las definiciones de temperatura y calor, aunque relacionados entre sí, se refieren a conceptos diferentes, la temperatura es una propiedad de un cuerpo y el calor es un flujo de energía entre dos cuerpos a diferentes temperaturas. La sensación de calor y frío al tocar una sustancia depende de su temperatura, de la capacidad de la sustancia de conducir el calor y de otros factores. Aunque si se procede con cuidado es posible comparar las temperaturas relativas de dos sustancias mediante el tacto, es imposible evaluar la magnitud absoluta de las temperaturas a partir de reacciones subjetivas<sup>1</sup>, cuando se aporta calor a una sustancia, no solo se eleva su temperatura sino que se producen alteraciones en varias propiedades físicas que se pueden medir con precisión. Al variar la temperatura las sustancias se dilatan o se contraen, su resistencia eléctrica cambia y en el caso de un gas su presión varía.

### **1.1.1.4 Escalas de Temperatura<sup>3</sup>**

En la actualidad se emplean diferentes escalas de temperatura, entre ellas están la escala CELSIUS también conocida como centígrada, la escala FAHRENHEIT, la escala KELVIN y la escala RANKINE o Escala Termodinámica Internacional. En la escala Celsius el punto de congelación del agua equivale a 0°C y su punto de ebullición a 100°C, esta escala se utiliza en todo el mundo en particular en el trabajo científico. La escala Fahrenheit se emplea en los países anglosajones para medidas no cinéticas y en ella el punto de congelación del agua se define

---

<sup>2</sup> BOLETIN AGROCLIMATICO <http://www.inamhi.gob.ec>

<sup>3</sup> CHAVEZ GEOVANNY (2001) Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Tesis Control de Luz y Temperatura Pág. 18.19

como 32°F y el punto de ebullición como 212°F. En la escala Kelvin o escala termodinámica de temperatura el cero se define como cero absolutos de temperatura, es decir -273,15 °C, la magnitud de su unidad llamada kelvin se simboliza mediante la letra K se define como igual a un grado Celsius. Otra escala que emplea el cero absoluto como punto más bajo es la escala Rankine en la que cada grado de temperatura equivale a un grado en la escala Fahrenheit. En la escala Rankine el punto de congelación del agua equivale a 492°R y su punto de ebullición a 672°R.

## **1.1.2 TRANSFERENCIA DE CALOR**

Transferencia de calor, en física es el proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que está a distinta temperatura. El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción, aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos, por ejemplo el calor se transmite a través de la pared de una casa fundamentalmente por conducción, el agua que está dentro de una cacerola y sobre un quemador se calienta a gran medida por convección y la tierra recibe el calor del sol por radiación<sup>3</sup>

### **1.1.2.1 Conducción**

En los sólidos, la única forma de transferencia de calor es la conducción. Si se calienta un extremo de una varilla metálica de forma que se aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción de calor en los sólidos, pero se cree que esto se debe en parte al movimiento de los electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura. Esta teoría explica el porqué de los buenos conductores eléctricos también tienden a ser buenos conductores del calor. En 1822 el matemático Francés Joseph Fourier dio una expresión matemática precisa que hoy se conoce como la ley de Fourier de la conducción de calor. Esta ley afirma que la

velocidad de conducción del calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo (con el signo cambiado). El factor de proporcionalidad se denomina conductividad térmica del material. Los materiales como el oro, la plata o el cobre tienen conductividades térmicas elevadas y conducen bien el calor, mientras que materiales como el vidrio tienen conductividades cientos de veces menores ósea que conducen muy mal el calor y estos se conocen como aislantes. En ingeniería resulta necesario conocer la velocidad de conducción del calor a través de un sólido en el que existe una diferencia de temperatura conocida. Para averiguarlo se requieren técnicas matemáticas muy complejas, sobre todo el proceso varía con el tiempo, en este caso se habla de conducción térmica transitoria.

### **1.1.2.2 Convección**

Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido, este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso denominado convección. El movimiento del fluido puede ser normal o forzado, si se calienta un líquido o un gas su densidad suele disminuir, si el líquido o el gas se encuentra en el campo gravitatorio el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido mas frio y más denso desciende. Este fenómeno es denominado convección natural<sup>3</sup>, supongamos que calentamos desde abajo una cacerola llena de agua, el líquido que se encuentra más próximo al fondo de la cacerola se calienta esto debido al calor que se genera por conducción producido entre la llama y la cacerola. Al expandirse su densidad disminuye y como resultado de ello el agua caliente asciende y parte del fluido se va al fondo y se calienta por conducción, mientras que el líquido más caliente situado arriba pierde calor por radiación y lo cede al aire situado encima. De forma similar en una cámara vertical llena de gas como la cámara de aire situada entre los dos paneles de una ventana con doble vidrio el aire situado junto al panel exterior que está más frio desciende mientras que el aire cercano al panel interior más caliente asciende lo que produce un movimiento de circulación.

### 1.1.2.3 Radiación

La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección. Las sustancias que intercambian el calor no tienen que estar en contacto sino que pueden estar separadas por un vacío. La radiación es un término que se aplica genéricamente a toda clase de fenómenos relacionados con ondas electromagnéticas.

Algunos fenómenos de la radiación pueden describirse mediante la teoría de ondas electromagnéticas, pero la única explicación general satisfactoria de la radiación electromagnética es la teoría cuántica. En 1905 Albert Einstein sugirió que la radiación presenta a veces un comportamiento cuantizado, en el efecto fotoeléctrico, la radiación se comporta como minúsculos proyectiles denominados fotones y no como ondas electromagnéticas. Cuanto mayor es la temperatura mayor es la cantidad de energía emitida, además de emitir radiación todas las sustancias son capaces de absorberla, por eso aunque un cubito de hielo emite energía radiante de forma continua, se funde si se ilumina con una lámpara incandescente porque absorbe una cantidad de calor mayor que la que emite, las superficies opacas pueden absorber o reflejar la radiación incidente. Generalmente las superficies mates y rugosas absorben más calor que las superficies brillantes y pulidas y las superficies brillantes reflejan más energía residente que las superficies mates, además las sustancias que absorben mucha radiación también son buenos emisores, las que reflejan mucha radiación y absorben poco son malos emisores por eso los utensilios de cocina suelen tener fondos mates para lograr una buena absorción y paredes pulidas para una emisión mínima, logrando así una máxima transferencia del calor al contenido de la cazuela.

Algunas sustancias, entre ellas muchos gases y el vidrio son capaces de transmitir grandes cantidades de radiación. Además de los procesos de transmisión de calor que aumentan o disminuyen las temperaturas de los cuerpos afectados, la transmisión de calor también puede producir cambios de fase, como la fusión del hielo o la ebullición del agua.

En ingeniería los procesos de transferencia de calor suelen diseñarse de tal forma que aprovechan estos fenómenos, por ejemplo las capsulas espaciales que regresan a la atmosfera de la tierra a velocidades muy altas están dotadas de un escudo térmico que se funde de forma controlada en un proceso denominado ablación (acción erosiva de determinados materiales) para impedir un sobre calentamiento del interior de la capsula. La mayoría del calor producido por rozamiento con la atmosfera se emplea en fundir el escudo térmico y no en aumentar la temperatura de la capsula.

## **1.2 EL CLIMA EN EL ECUADOR Y EN LA CIUDAD DE QUITO**

Realizando un estudio de la climatología en la ciudad de Quito en los últimos 6 meses del año 2008 y mediante los datos proporcionados por el INAMHI. Podemos verificar los cambios climatológicos que se producen en el Ecuador y especialmente en la serranía ecuatoriana, observando los datos que vamos a citar a continuación vemos que existen varias anomalías que nos indican la variación en el clima en la ciudad de Quito.

### **1.2.1 CLIMATOLOGÍA EN EL ECUADOR JULIO 2008 – DICIEMBRE 2008 <sup>4</sup>**

#### **1.2.1.1 Julio 2008**

##### **Régimen Térmico**

Los valores de la temperatura media del aire fueron irregulares, observándose en once localidades de las 20, las anomalías fueron positivas que oscilan entre 0.1 °C (en la ciudad de San Gabriel) y 1.9 °C en Saraguro, mientras que las anomalías negativas se ocasionaron en ocho localidades, que varían entre - 0.1 °C (en La Tola-Tumbaco-La Argelia) y -0,7 °C (La Toma – Catamayo).

---

<sup>4</sup> Fuente INAMHI

### **Temperatura mínima en distintas ciudades del país<sup>5</sup>**

El comportamiento de la temperatura del aire durante este periodo no ha tenido desfase alguno y se ha mantenido dentro de los rangos esperados, así por ejemplo en la región costa los valores mínimos registrados han oscilado alrededor de los 17.5°C y 21.4° C, en la región interandina y más concretamente en las áreas influenciadas por las estaciones Tulcán 0.7°C, San Gabriel 2°C, Querochada 2.4°C, Cañar 3.5°C en estos casos las temperaturas estuvieron por debajo de los 4°C que ya son de consideración debido a que ingresa en el rango de la helada agrícola sin embargo por tratarse de una temporada donde los cultivos en su gran mayoría han terminado su ciclo de producción, la influencia de las temperaturas bajas no han afectado a los mismos.

### **Temperatura máxima en distintas ciudades del país<sup>5</sup>**

Para la región Interandina el comportamiento de esta variable se presenta de diferente manera ya que este tiene influencia directa con la altitud, es por ello que los valores de temperatura máxima disminuyen con relación a los observados en menor altitud, presentándose un buen rango de amplitud en el orden de los 14.4°C determinados entre los valores 18.6°C y 3.3°C registradas en las ciudades de Cañar y La Toma respectivamente.

#### **1.2.1.2 Agosto 2008**

##### **Régimen Térmico Nacional**

Las anomalías de la temperatura media del aire fueron predominantemente positivas con valores que fluctúan entre 0.1°C y 1.8°C, se registraron nuevos records de temperaturas máximas absolutas en la Sierra y en la Amazonía.

##### **Régimen Térmico Región Interandina**

Las anomalías de la temperatura media del aire fueron irregulares, observándose valores positivos en 7 localidades y no superan al 1°C de Ambato, los valores negativos se produjeron en nueve localidades, siendo el valor más bajo 1.1°C

---

<sup>5</sup> Ver Anexo 4

registrado en La Tola, Tumbaco, Cañar y Loja no se registraron variaciones. Las temperaturas extremas fueron 29.7°C para la máxima en Paute el día 28, y de -0.6 °C para la mínima en Latacunga, el día 17.

### **1.2.1.3. Septiembre 2008**

#### **Régimen Térmico Nacional.**

Las anomalías positivas de la temperatura media del aire se presentaron en 24 localidades y sus valores oscilaron entre 0.1 °C y 1.5 °C; en tanto que, las anomalías negativas registraron 10 localidades variaron entre 0.1 °C y 0.9 °C.

#### **Región Interandina (Régimen Térmico)**

En Cuenca no se presentó ninguna anomalía de la temperatura media del aire, en tanto que las anomalías positivas fueron mayoría y sus valores oscilaron entre 0.1 °C (Izobamba y Loja) y 1.3 °C (Tulcán), otra anomalía por resaltar es la de Ibarra 1.1 °C; las anomalías negativas que se observaron en seis localidades, no fueron importantes y oscilaron entre 0.1 °C de Latacunga y -0.8 °C de La Tola Tumbaco. La temperatura más alta fue 29.5 °C el día 4 en Paute y la más baja fue de -0.7 °C en Latacunga el día 12; Los valores de Tulcán (23.2 °C, día 24) y de Ibarra (28.0 °C, día 13), son nuevos récords de temperaturas máxima; también, el valor registrado el día 12 en Otavalo (1.8 °C), se constituye en nuevo récord de mínima temperatura.

### **1.2.1.4. Octubre 2008**

#### **Régimen Térmico Nacional.**

Las anomalías positivas de la temperatura media del aire se presentaron en 18 localidades y sus valores oscilaron entre 0.1 °C y 1.3 °C; en tanto que, las anomalías negativas que se registraron en las 10 localidades variaron entre -0.1 °C y -1.0 °C. En la región Interandina no se registró variaciones en la temperatura

media del aire (dos localidades del Litoral y una en la Sierra). Se presentaron dos récords de temperaturas máximas absolutas, una en la región Interandina y una en la Amazonía.

### **Región Interandina (Régimen Térmico)**

Las anomalías positivas de la temperatura media del aire se registraron en las siguientes localidades: Tulcán Aeropuerto (1.3 °C), Ibarra Aeropuerto (0.6 °C), Otavalo (0.5 °C), Iñaquito (0.3 °C), Ambato Aeropuerto (1.0 °C), Querochaca, Cañar (0.1 °C), Riobamba, Paute (0.6 °C), Loja La Argelia, La Toma – Catamayo (0.5 °C), y Cariamanga (0.2 °C). Las anomalías negativas de la temperatura media del aire se presentaron en las localidades siguientes: San Gabriel (-0.9 °C), Latacunga Aeropuerto (-0.1 °C), Rumipamba – Salcedo (-0.5 °C), y Cuenca Aeropuerto, Gualaceo (-0.3 °C).

#### **1.2.1.5 Noviembre 2008**

### **Régimen Térmico Nacional.**

En 18 localidades las anomalías positivas de la temperatura media del aire se presentaron y sus valores oscilaron entre 0.1 °C y 1.5 °C; en tanto que, las anomalías negativas que se registraron en las 17 localidades variaron entre -0.1 °C y -0.8 °C. No se registró variaciones en la temperatura media del aire en una localidad de la región del Litoral y dos localidades en la región Interandina.

Se presentaron tres récords de temperatura máximas absolutas, distribuidas de la siguiente forma: Dos en la región Interandina y una en la Amazonía.

### **Región Interandina. (Régimen Térmico)**

Las anomalías positivas de la temperatura media del aire se registraron en las siguientes localidades: Tulcán Aeropuerto (1.4 °C), San Gabriel (0.7 °C), Ibarra Aeropuerto (0.6 °C), Otavalo (0.7 °C), Iñaquito (0.2 °C), Latacunga Aeropuerto

(0.3 °C), Ambato Aeropuerto (1.5 °C), Querochaca (0.6 °C), Riobamba (0.8 °C), Paute (0.3 °C), y Loja La Argelia (0.5 °C). Las anomalías negativas de la Tabacundo (-0.1 °C), La Tola – Tumbaco (-0.8 °C), Rumipamba – Salcedo (-0.4 °C), Cañar, Cuenca (-0.2 °C), Gualaceo (-0.6 °C) y Cariamanga (-0.2 °C).

#### **1.2.1.6. Diciembre 2008**

##### **Régimen Térmico Nacional.**

Las anomalías de temperatura media del aire fueron positivas en 30 estaciones y sus valores oscilan entre 0.1 °C a 2.1 °C; negativas en 7 localidades y sus valores estuvieron entre -0.2 °C y -0.9 °C, y en dos localidades existió normalidad. Se presentaron tres récords de temperaturas máximas absolutas, distribuidas de la siguiente forma: dos en la región Interandina y una en la Amazonía, así como también se presentó un récord de temperatura mínima absoluta en la región.

##### **Región Interandina (Régimen Térmico)**

Las anomalías positivas de temperatura media del aire se registraron en las siguientes localidades Tulcán (1.8°C), San Gabriel (0.5°C), Otavalo (1°C), Latacunga y Paute (0.1°C), las anomalías negativas de temperatura media del aire se presentaron en las localidades de Ibarra (-0.6°C), Tumbaco (-0.9°C). La mayor temperatura de la región fue de 34°C registrada el día 3 en La Toma Catamayo y la más baja fue de 2.6°C registrados en Latacunga el día 4.

Los valores registrados en Ambato (28,4°C), y en Cuenca (28,8°C), se constituyen en record de serie de las mencionadas localidades.

### **1.2.2 CONCLUSIONES DE EL ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE TEMPERATURA EN EL PAIS**

Luego de haber realizado una lectura profunda de todas las anomalías de clima que se producen en nuestro país y en general en nuestra región interandina se puede concluir lo siguiente.

- El clima en el Ecuador es muy variable cada mes se tiene distintos niveles de anomalías en varias ciudades tanto de la serranía como en la costa y el oriente.
- Cada mes existen picos de temperatura que son más altos o máximos en los lugares templados y más bajos o mínimos en ciudades con mayor altura con respecto al nivel del mar.
- La mayor cantidad de anomalías se dieron en el Ecuador en los últimos 6 meses del año 2008 en la región interandina
- En Quito se han presentado temperaturas mínimas de hasta 3.7 °C y temperaturas máximas cercanas a los 28°C, es decir que podemos verificar nuestra hipótesis inicial.

### **1.3 EL LABORATORIO DE MICROS DE LA E.S.F.O.T.**

La Escuela de Formación De Tecnólogos tiene una dotación de distintos laboratorios dependiendo de cada una de las carreras que en esta dependencia de la Escuela Politécnica Nacional se imparten. Para la carrera de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones funcionan los siguientes laboratorios

- Laboratorio de SOFTWARE
- Laboratorio de Electrónica
- Laboratorio de Sistemas Digitales
- Laboratorio de Micros

Para otras materias que se imparten en la Escuela de Formación de Tecnólogos de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones como por ejemplo PLC, Máquinas Eléctricas, Electricidad I – II se utilizan los laboratorios de la facultad de Ingeniería Eléctrica

### 1.3.1 UBICACIÓN DEL LABORATORIO DE MICROS

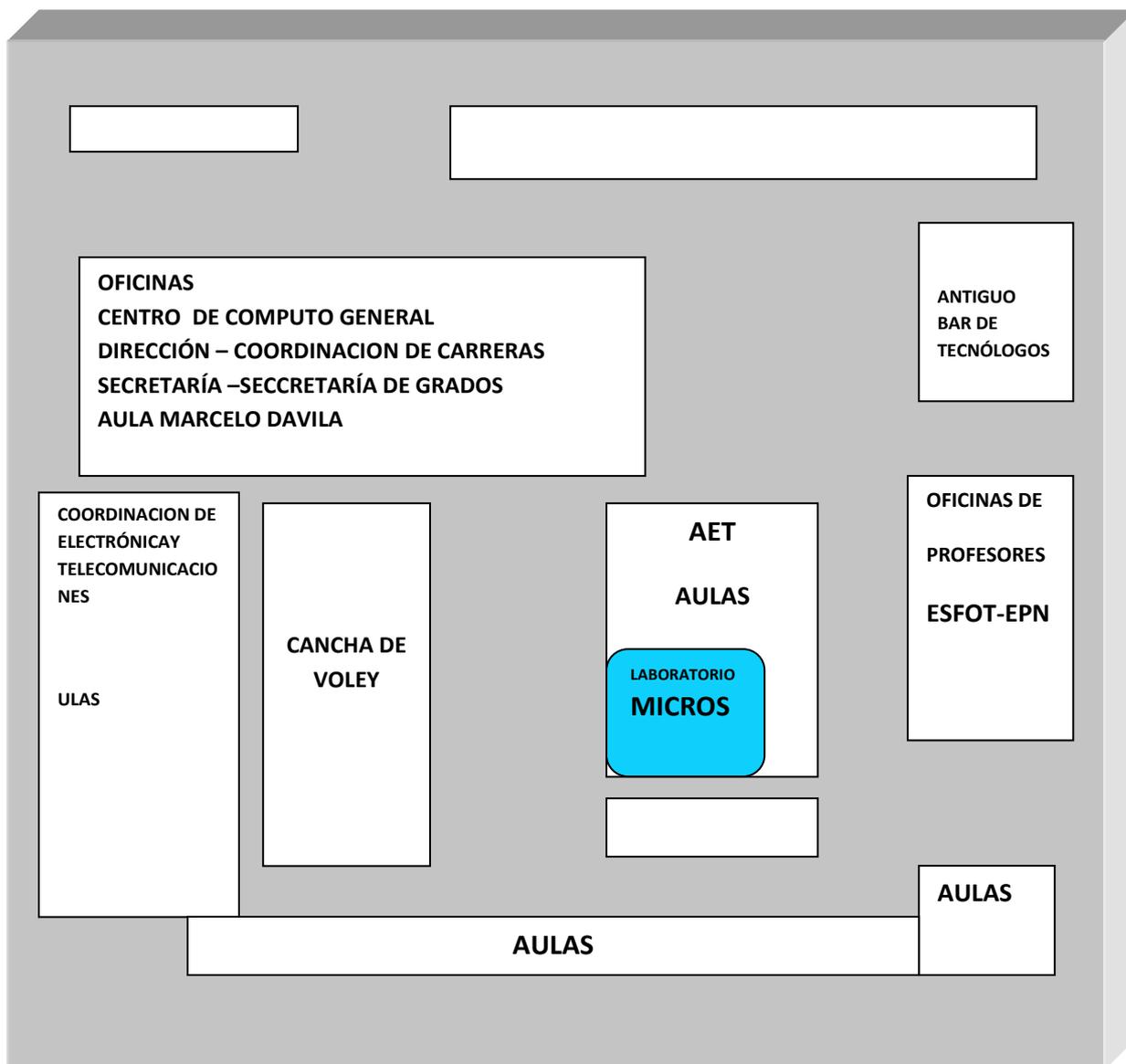


Fig. 1.1 Esquema de localización del Laboratorio de Micros.

En la figura anterior se indica un esquema básico de la ubicación del laboratorio donde vamos a aplicar nuestro proyecto desarrollado y en las siguientes fotografías se presenta los exteriores del mismo.



Fotografía 1.1 Frente del laboratorio de micros.

En la fotografía 1.2 se indica el laboratorio de micros en toda su magnitud y desde la parte posterior.



Fotografía 1.2 Parte exterior del laboratorio de micros.

En el interior existe una oficina en donde se encuentra la persona encargada del funcionamiento y cuidado de los equipos ahí existentes y en la parte principal se ubican los computadores en donde se realizan las prácticas. Esto lo podemos ver en la fotografía 1.3.



Fotografía 1.3 Interior del laboratorio de micros.

En el área donde se encuentran los computadores los estudiantes realizan sus prácticas diariamente en la fotografía 1.4 apreciamos los computadores que existen en el laboratorio.



Fotografía 1.4 Interior del laboratorio de micros

### **1.3.2 DIMENSIONES DEL LABORATORIO DE MICROS**

Al realizar las mediciones del laboratorio de micros donde se va a implementar el sistema de ventilación inteligente se obtuvieron los resultados siguientes.

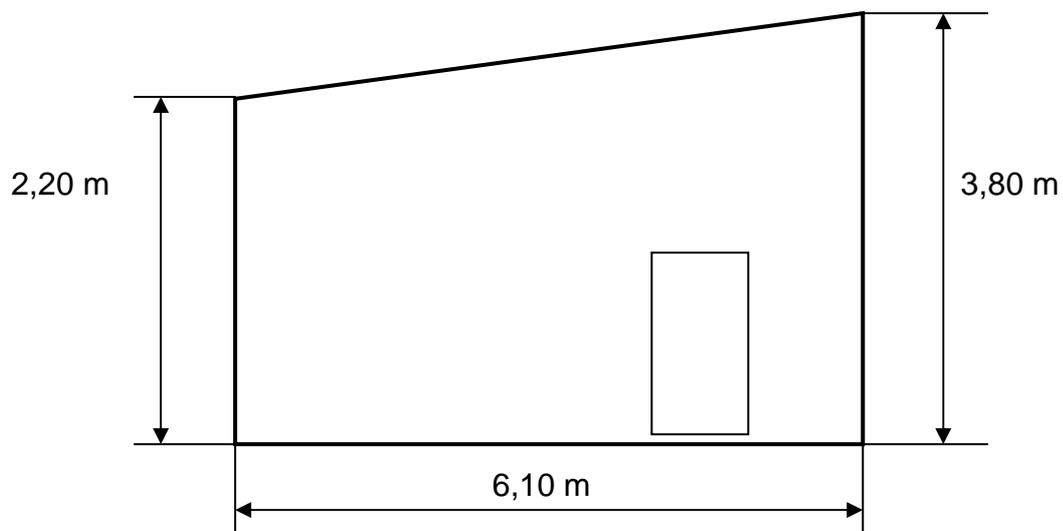
**FRONTAL**

Fig. 1.2 Dimensiones parte frontal laboratorio de micros

Se puede apreciar las medidas de la parte lateral del laboratorio de micros en la figura siguiente

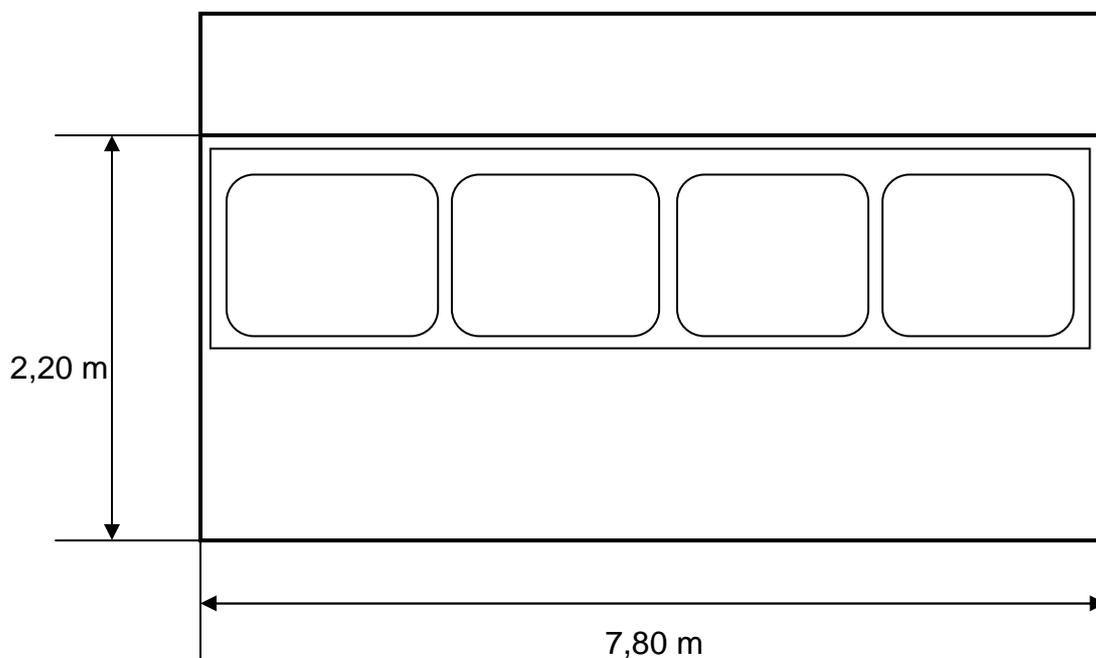
**LATERAL**

Fig. 1.3 Vista lateral exterior laboratorio de micros

### Calculo del volumen total del laboratorio

Para realizar el cálculo del volumen total del laboratorio dividimos en dos partes el espacio total del laboratorio, la una en forma de paralelepípedo y la otra en forma de un prisma triangular y luego calculamos el volumen para cada una de estas divisiones, luego sumamos los dos volúmenes y obtenemos el volumen total.

#### a) Forma de paralelepípedo

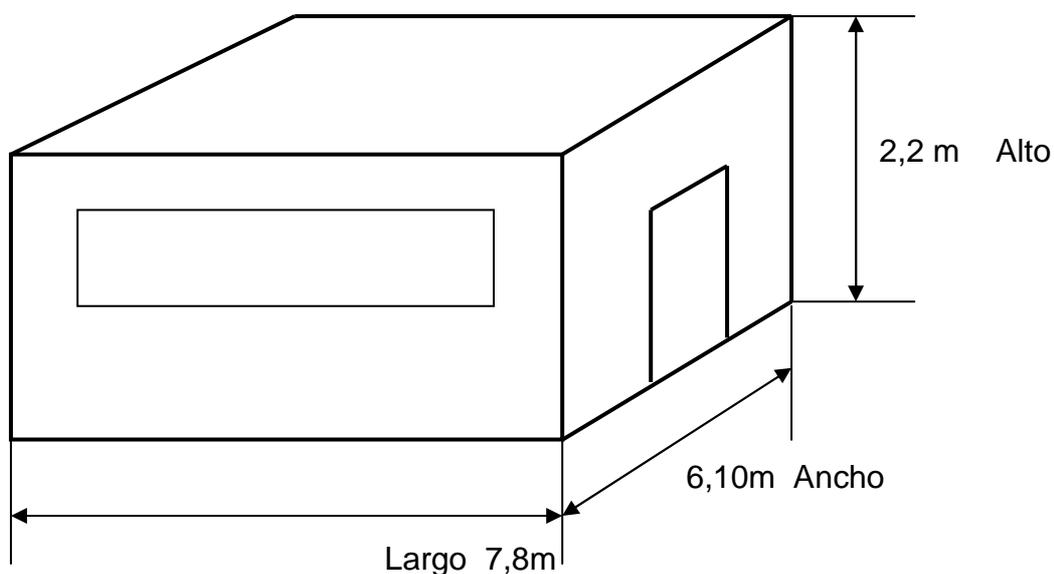


Fig. 1.4 Dimensiones del laboratorio

$$\text{Volumen} = 7,8 \text{ m} \times 6,1 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} = 104,67 \text{ m}^3$$

#### a) Forma de un prisma triangular

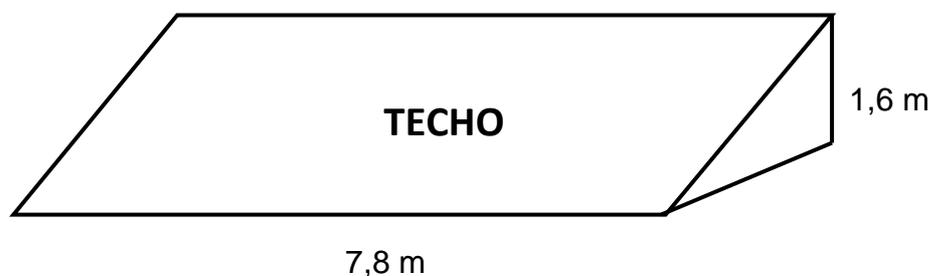


Fig.1.5 Dimensiones parte superior

$$\text{Volumen del prisma} = \frac{1,6 \text{ m} \times 7,8 \text{ m} \times 6,1 \text{ m}}{2} = 38,063 \text{ m}^3$$

Volumen total = Volumen del paralelepípedo + Volumen del prisma triangular

$$\text{Volumen total} = 38,64 \text{ m} + 104,67 \text{ m}$$

<b>Volumen total = 143,34 m<sup>3</sup></b>
---

### 1.3.3 ADMINISTRACIÓN DE PRACTICAS Y SERVICIOS QUE PRESTA EL LABORATORIO DE MICROPROCESADORES

En el laboratorio de microprocesadores de la Escuela de Formación de Tecnólogos se realizan las prácticas de laboratorio de las materias que a continuación se detallan.

- Microprocesadores
- Control con micros
- Telecomunicaciones 2
- Simulación de circuitos electrónicos

Además preste varios servicios a los estudiantes de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones entre ellos podemos enumerar los siguientes.

- a) Servicio de INTERNET
- b) Servicio de grabado de microcontroladores y PICS
- c) Impresión de trabajos realizados en un PC
- d) Alquiler de PCS
- e) Cursos de control con microprocesadores

El laboratorio está encargado a una persona que abre a las 11 AM y permanece hasta las 21:00 de lunes a viernes.

### 1.3.4 VALORES DE TEMPERATURA SENSADOS EN EL LABORATORIO DE MICROS

Para realizar la lectura de las temperaturas del laboratorio se utilizó un termómetro digital, en el cuadro 1.1 se presentan los resultados de varias lecturas tomadas a distintas horas de la mañana tarde y noche pero recalcar que estas lecturas se tomaron dentro del laboratorio del micros. Con presencia de alumnos y sin presencia de alumnos, a continuación se presenta un cuadro en donde están las lecturas obtenidas.

DIA	HORA	TEMPERATURA EN °C			
		CON ALUMNOS		SIN ALUMNOS	
		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
<b>MAÑANA</b>	7:30 AM	11, 5 °C	17, 5 °C	10, 2 °C	12, 9 °C
	9:30 AM	13, 9 °C	18, 1 °C	12, 9 °C	13,4 °C
	11:30 AM	14, 7 °C	19, 6 °C	13, 8 °C	15, 7 °C
<b>MEDIO DIA</b>	12:30 AM	18, 4 °C	28, 2 °C	17, 9 °C	25, 8 °C
	13:30 AM	19, 2 °C	27, 7 °C	17, 2 °C	25, 3 °C
	14:30 AM	17, 7 °C	27, 1 °C	16, 6 °C	24, 9 °C
<b>TARDE Y NOCHE</b>	16:30 PM	17,9 °C	25, 8 °C	14,7 °C	21,9 °C
	18:30 PM	17, 1 °C	24, 2 °C	13, 9 °C	19, 7 °C
	19:30 PM	16, 2 °C	23, 7°C	13,2 °C	19, 1 °C

Cuadro 1.1 Temperaturas sensadas en el laboratorio

Realizando un análisis del cuadro 1.1 podemos concluir lo siguiente.

- Cada una de las lecturas presentadas fueron tomadas en distintos días y en distintas épocas como son días lluviosos, fríos, acalorados etc.

- Las lecturas fueron tomadas con un termómetro analógico por lo que puede haber un margen de error en las mismas.
- Cuando la temperatura sobrepasa los 25°C en el laboratorio ya se siente un calor sofocante y en especial cuando el aula tiene estudiantes en su interior.
- Las temperaturas más altas se obtuvieron a medio día y las más bajas se presentan en la mañana y en la noche en especial cuando son días lluviosos.

## 1.4 TRANSDUCTORES<sup>6</sup>

Se denomina transductor en general a todo dispositivo que convierte una señal de forma física en una señal correspondiente pero de otra forma física distinta. Es por tanto, un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro. Esto significa que la señal de entrada es siempre una energía y potencia, pero de entre sus componentes existe una que puede despreciarse y se interpreta que se mide solo la otra componente.

MAGNITUD FÍSICA	TRANSDUCTOR	CARACTERÍSTICAS
Posición Lineal o Angular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenciómetro</li> <li>• Encoder</li> <li>• Sincro y Resolver</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógica</li> <li>• Digital</li> <li>• Analógico</li> </ul>
Pequeños desplazamientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformador diferencial</li> <li>• Galga Extensiométrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógico</li> <li>• Analógico</li> </ul>
Velocidad ( lineal o angular)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dínamo tacométrico</li> <li>• Encoder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógico</li> <li>• Digital</li> </ul>
Aceleración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acelerómetro</li> <li>• Sensor de velocidad -calculador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógico</li> <li>• Digital</li> </ul>
Fuerza y Par	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Galga extensiométrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógica</li> </ul>
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termopar</li> <li>• Resistencia PT-100</li> <li>• Termistores CTN</li> <li>• Termistores CTP</li> <li>• Bimetales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógico</li> <li>• Analógico</li> <li>• Analógico</li> <li>• Todo-nada</li> <li>• Todo-nada</li> </ul>
Sensores de proximidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inductivos</li> <li>• Capacitivos</li> <li>• Ópticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógico, todo-nada</li> <li>• Todo-nada</li> <li>• Analógico, todo-nada</li> </ul>

Cuadro 1.2 Clases de transductores<sup>7</sup>

<sup>6</sup> PALLAS ARENI (2002) Sensores y Acondicionadores de Señal. Barcelona-España. Editorial Noriega Pág. 92-96

Dado que seis tipos de señales térmicas, magnéticas, eléctricas, mecánicas, ópticas y moleculares (químicas), cualquier dispositivo que convierte una señal de un tipo debería considerarse un transductor, y la señal de salida podría ser cualquier forma física útil. En la práctica no obstante, se consideran transductores aquellos que ofrecen una señal de salida eléctrica. Ellos se debe al interés de este tipo de señales en la mayoría de procesos de medida. Los sistemas de medidas electrónicos ofrecen, entre otras las siguientes ventajas. Debido a la estructura electrónica de la materia cualquier variación de un parámetro no electrónico de un material viene acompañada de la variación de un parámetro eléctrico<sup>7</sup>.

### **1.4.1 SENSORES**

Un sensor es un dispositivo que a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida traducible que es función de la variable medida. Sensor y transductor se emplean a veces como sinónimos, pero el sensor sugiere un significado más extenso. La ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos. Transductor en cambio, sugiere que la señal de entrada y de la salida no debe ser homogénea<sup>8</sup>.

La distinción entre transductor de entrada y de salida está en desuso, la tendencia actual es usar el término sensor para designar el transductor de entrada y el término actuador para designar el transductor de salida, el sensor busca obtener información mientras que el actuador busca la conversión de energía.

#### **1.4.1.1 Tipos de Sensores<sup>7</sup>**

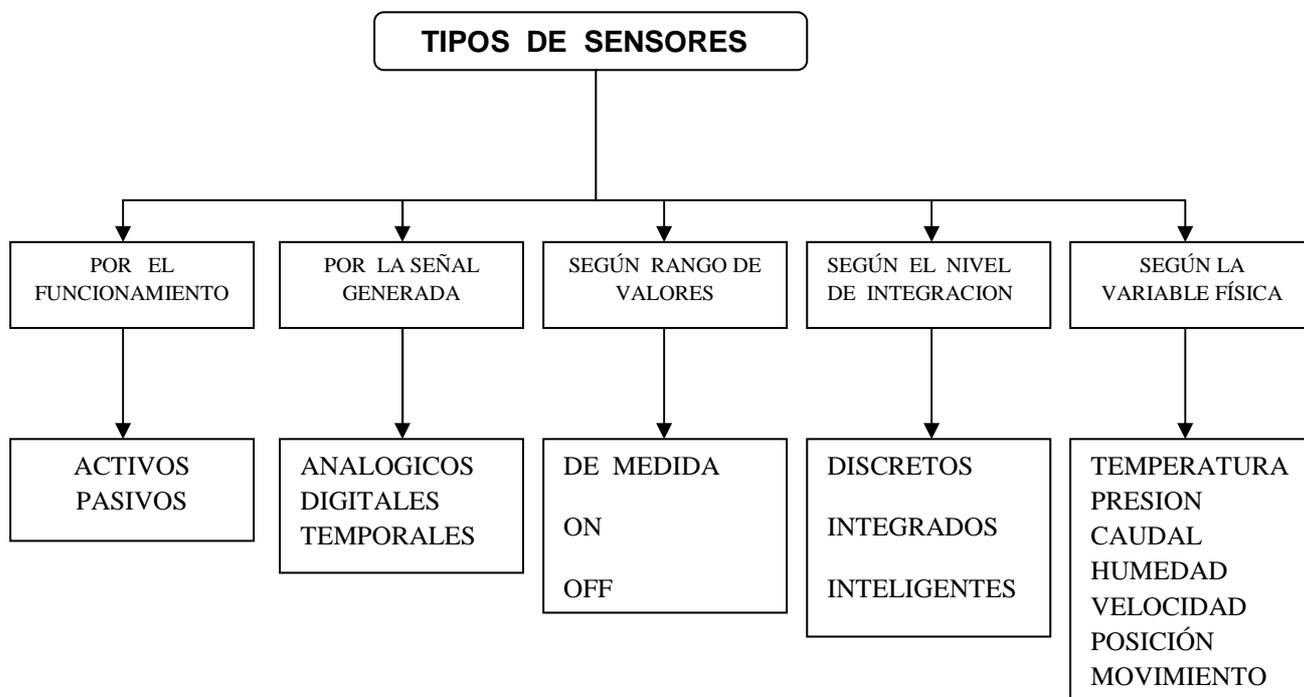
- Según el aporte de energía los sensores se pueden dividir en modulares y generadores. En los sensores modulares y activos, la energía de la señal de salida procede, en su mayor parte, de una fuente de energía auxiliar. La entrada solo controla la salida. En los sensores generadores o pasivos, en cambio la energía de salida es suministrada por la entrada.

---

<sup>7</sup> Instalación de Sistemas de Automatización y Datos <http://www.disa.uvigo.es/>

<sup>8</sup> MOMPIN P JOSE (1997). Transductores y medidores electrónicos – Barcelona. Editorial Marcombo. Pag.103

- Según la señal de salida, los sensores se clasifican en analógicos o digitales. En los analógicos la salida varía, a nivel macroscópico, de una forma continua. La información está en la amplitud, si bien se pueden incluir en este grupo los sensores con salida en el dominio temporal. Si es en forma de frecuencia, se denominan “casi digitales”, por la facilidad con que se puede convertir en una salida digital. En los sensores digitales, la salida varía en forma de saltos o pasos discretos.
- Atendiendo al modo de funcionamiento, pueden ser de reflexión o de comparación.
- Según el tipo de relación entrada – salida, los sensores pueden ser de orden cero, de primer orden, de segundo orden superior. El orden está relacionado con el número de elementos almacenados de energía independientes que incluye en el sensor, y repercute en su exactitud y velocidad de respuesta, factores determinantes en ciertas mediciones.



Cuadro 1.3 Clasificación de los sensores

Desde el punto de vista electrónico es más importante la clasificación de los sensores de acuerdo al parámetro de la variable: resistencia, capacitancia, inductancia, añadiendo luego los sensores generadores de tensión, corriente, carga y otros tipos no incluidos en los anteriores grupos.

Ahora bien para el estudio de un gran número de sensores se puede acudir a su clasificación de acuerdo a su magnitud de medida. Se habla en consecuencia, de sensores de temperatura, presión, caudal, humedad, posición, velocidad, aceleración, fuerza par, movimiento, etc.

Es importante mencionar que nuestro proyecto utiliza para su funcionamiento un sensor de temperatura, es concomitante entonces el estudio de algunos sensores de temperatura existentes<sup>8</sup>.

#### **1.4.1.2 Sensores de temperatura**

La medida de temperatura constituye una de las mediaciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones de los sistemas de medición, quedan definidas en cada aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el receptor y por el tipo de instrumento indicador o registrador necesario los transductores eléctricos de temperatura utilizan fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran: Bimetales, sondas de resistencia, termistores, termopares, pirómetros de radiación y otros especiales.

##### ***1.4.1.2.1 Bimetales***

Se denomina bimetales a toda pieza formada por dos metales de distinto coeficiente de dilatación térmica unidos firmemente<sup>6</sup>, por ejemplo, mediante soldadura autógena y sometida a la misma temperatura. Cuando se produce un cambio de temperatura, la pieza se deforma según un arco circular uniforme. El radio de curvatura varía, pues, de forma inversamente proporcional a la diferencia de temperatura de modo que un sensor de posición o desplazamiento permitiría la obtención de una señal eléctrica correspondiente. También puede calcularse la

fuerza desarrollada por un elemento de este tipo que estuviera total o parcialmente empotrado o sujeto.

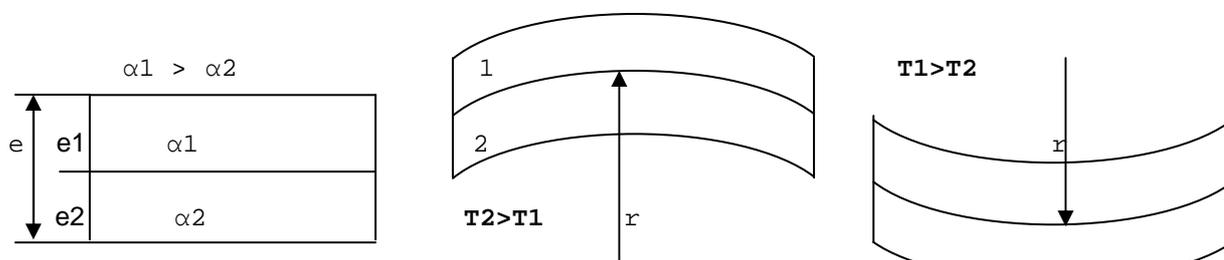


Fig. 1.6 Bimetales

Estos dispositivos se emplean en el margen desde  $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+540\text{ }^{\circ}\text{C}$  y particularmente entre  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se les dispone en voladizo, hélice diafragma, etc., y se mide la fuerza o el desplazamiento. También se emplean directamente como actuadores para abrir o cerrar contactos y para protección en interruptores térmicos de circuitos eléctricos. En el último caso la corriente se hace circular por el propio elemento, que se calienta por el efecto Joule hasta que alcanza una temperatura tal que ejerce una fuerza mecánica sobre el dispositivo que interrumpe el camino de la corriente.

#### 1.4.1.2.2 Detectores de temperatura resistivos RTD.

Los detectores de temperaturas basados en la variación de una resistencia eléctrica se suelen designar con sus siglas inglesas RTD (Resistance Temperature Detector). Dado que el material empleado con mayor frecuencia es el platino, se habla a veces de PRT. El símbolo general de estos dispositivos es el siguiente gráfico. La línea recta en diagonal sobre el resistor indica que varía de forma intrínseca lineal, y la anotación junto a dicha línea denota que la variación es debida a la temperatura y tiene coeficiente positivo.

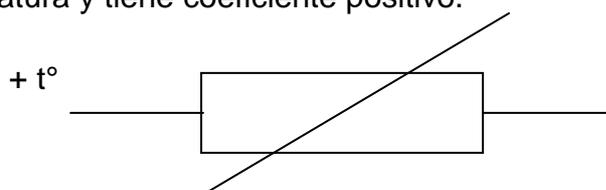


Fig. 1.7 Símbolo de un detector de temperaturas resistivo

El fundamental de las RT es la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. En un conductor el número de electrones disponibles para la conducción no cambia apreciablemente con la temperatura. Pero si aumenta, las variaciones de los átomos alrededor de sus posiciones de equilibrio son mayores, y así dispersan más eficazmente a los electrones, reduciendo su velocidad media. Esto implica un coeficiente de temperatura positivo, es decir un aumento de la resistencia con la temperatura.

#### 1.4.1.2.3 Termistores<sup>9</sup>

El término termistor es una castellanización del inglés termistor. Son resistores variables con la temperatura, pero no están basados en conductores como las RTD, sino en semiconductores. Si su coeficiente de temperatura es negativo, se denominan NTC, mientras que si es positivo se denominan PTC, los símbolos respectivos son los siguientes, donde el trazo horizontal en el extremo de la línea inclinada que se trata de una variación no lineal.

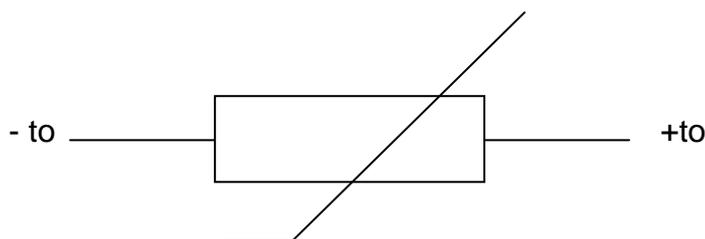


Fig. 1.8 Símbolo de un termistor

El fundamento de termistores está en la dependencia de la resistencia de los semiconductores con la temperatura, debido a la variación con ésta del número de portadores. Al aumentar la temperatura lo hace también el número de portadores reduciéndose la resistencia, y de ahí que presenten coeficientes de temperatura negativo.

Esta dependencia varía con la presencia de impurezas. Y si el dopado es muy intenso, el semiconductor adquiere propiedades metálicas con coeficiente de temperatura positivo (PTC), en un margen de temperaturas limitado.

<sup>9</sup> PALLAS ARENI (2002) Sensores y Acondicionadores de Señal. Barcelona-España. Editorial Noriega Pág. 119

#### ***1.4.1.2.4 Termopares***

Los sensores termoelectricos se basan en dos efectos, que a diferencia del efecto Joule, son reversibles, se trata del efecto Peltier y del efecto Thompson, Históricamente fue primero Thomas J. Seebeck quién descubrió, en 1822, que en un circuito de dos metales homogéneos, A y B, con sus uniones a diferencia temperatura, aparece una corriente eléctrica, es decir hay una conversión de energía térmica a energía eléctrica, o bien si se abre el circuito, una fuerza (termo-electromotriz) que depende de los metales y de la diferencia de la temperatura entre las dos uniones. Al conjunto de estos metales distintos con una unión firme en un punto o una zona se le denomina termopar. El efecto Peltier, consiste en el calentamiento o enfriamiento de una unión entre dos metales distintos al pasar corriente por ella. Al invertir el sentido de la corriente, se invierte también el sentido del flujo calor. Es decir, si una unión antes se calentaba, al cambiar el sentido de la corriente se enfría y viceversa.

El efecto es reversible e independiente del contacto, es decir de la forma y dimensiones de los conductores. Depende solo de su composición y de la temperatura de la unión. El hecho de que el calor intercambiado por unidad de superficie de la unión sea proporcional a la corriente y no a su cuadrado, marca la diferencia respecto al efecto Joule. El efecto Thompson, consiste en la absorción o liberación de calor por parte de un conductor homogéneo con temperatura no homogénea por el que circule una corriente.

El calor liberado es proporcional a la corriente no a su cuadrado y por ello cambia de signo al hacerlo el sentido de la corriente. Se absorbe calor a fluir corriente del punto más frío al más caliente, y se libera cuando fluye del más caliente al más frío. En decir se absorbe calor si la corriente y el calor fluyen en la misma dirección.

Si un circuito se mantiene una unión a temperatura constante (unión de referencia), la f.t.e.m. será función de la temperatura a la que esté sometida la otra unión. Que se denomina unión de medida. Los valores correspondientes a la tensión obtenida con determinados termopares en función de la temperatura de esta unión cuando la otra se mantiene a 0 °C están tabulados.

Ahora bien la aplicación de termopares a la medida está sujeta a una serie de limitaciones que conviene conocer de cara a su correcto. En primer lugar, es obvio que la temperatura máxima que alcanza el termopar debe ser inferior a su temperatura a de fusión. Por lo tanto, hay que elegir un modelo adecuado a los valores de temperatura a medir. También debe garantizarse que el medio donde se va a medir no ataca a ninguno de los metales de la unión.

En segundo lugar, y más difícil de ser percibido, la corriente que circule por el circuito de termopares debe ser mínima. De no ser así, dado el carácter reversible de los efectos Pielter y Thompson, la temperatura de los conductores y en particular de las uniones sería distinta a las del entorno, debido al flujo de calor desde y hacia el circuito. Según la intensidad de la corriente incluso el efecto Joule podría ser apreciable, todo esto llevaría a que la unión de medida alcanzaría una temperatura diferente a la supuesta, con los consiguientes errores.

Los conductores además deben ser homogéneos, por lo que conviene extremar las precauciones para que no sufran tensiones mecánicas (por ejemplo al instalarlos), ni térmicas (por ejemplo, debidas al envejecimiento si hay gradientes de temperatura importante a lo largo de su tendido).

#### **1.4.1.3 Acondicionamiento de la señal obtenida por un sensor**

Los acondicionadores de señal, adaptadores o amplificadores, en sentido amplio, son los elementos del sistema de medida ofrecen, a partir de la señal de salida del sensor electrónico, una señal apta para ser registrada o presentada o que simplemente permita un procesamiento posterior mediante un equipo que ofrecen entre otras funciones ampliación, filtrado, adaptación de impedancias y modulación y demodulación.

En la figura 1.9 se indica como es tratada una señal pasando por un circuito electrónico y entregando una señal eléctrica normalizada a la salida.

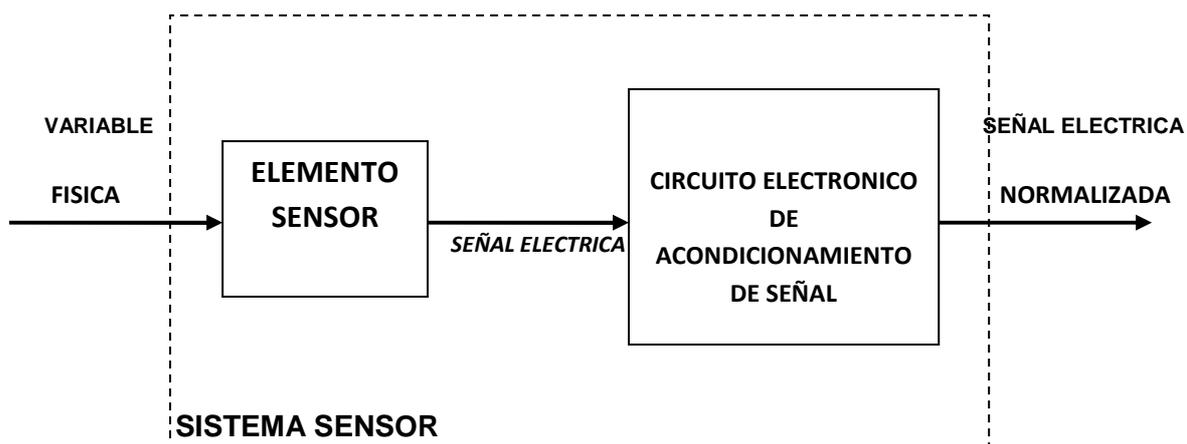


Fig. 1.9 Esquema del acondicionamiento de una señal obtenida por un sensor.

En los sistemas de medida, las funciones de transducción, acondicionamiento y presentación, no siempre se pueden asociar a elementos físicos. Además, la separación entre el acondicionamiento y el procesamiento puede ser a veces difícil de definir. Pero en general, siempre es necesaria una acción sobre la señal del sensor antes de su utilización final. Con término interfaz, se designa, en ocasiones, el conjunto de elementos que modifican las señales, cambiando incluso el dominio de datos, pero sin cambiar su naturaleza, es decir, permaneciendo siempre en el dominio eléctrico.

Se denomina dominio de datos al nombre de una magnitud mediante la que se presenta o transmite información. El dominio analógico la información está en el dominio de la señal, bien se trate de carga, corriente, tensión o potencia. En el dominio temporal, periodo o frecuencia, anchura de pulsos, fase. En el dominio digital, las señales tienen solo dos niveles. La información puede estar en el número de pulsos o venir representada por palabras serie o paralelo codificadas.

- Además de la amplificación, hay una variedad de recursos, en forma de circuitos integrados, para acondicionar o modificar las señales eléctricas.
- Existen también numerosos recursos para presentar o registrar información si se hace electrónicamente.

- La transmisión de señales eléctricas es más versátil que las señales mecánicas, hidráulicas o neumáticas.

### 1.4.2 ACTUADORES

Uno de los objetivos de este proyecto es mejorar el confort de los alumnos que realizan sus prácticas en el laboratorio de microprocesadores de la E.S.F.O.T, es por eso que de los factores que se requiere contrarrestar es el calor y otro el frío para ello necesitamos dispositivos eléctricos que no ayuden a solucionar este problema.

Un actuador es un transductor cuya variable de salida se encuentra ubicada en el medio ambiente, estos dispositivos cumplen o ejecutan alguna función específica entre los actuadores más comunes y conocidos tenemos los siguientes.

- Focos
- Niquelinas
- Parlantes
- Motores
- Relés
- Leds

Para realizar una aplicación de cualquier circuito de control y si se desea resolver un problema en el que se requiere utilizar un actuador, se tiene el esquema presentando en la figura 1.10 en donde el circuito de control es el encargado de recibir la señal del sensor y entregar una señal a los dispositivos actuadores.

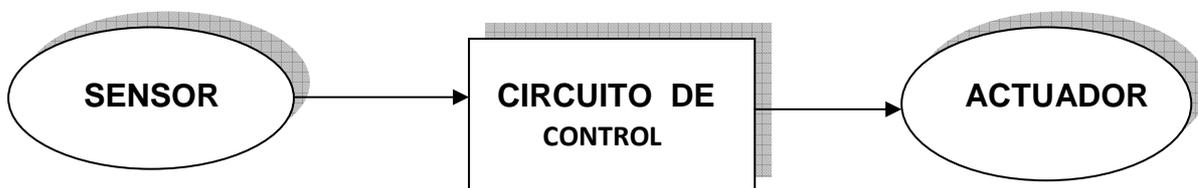


Fig. 1.10 Esquema de un sistema inteligente

En nuestro proyecto se van a utilizar tres dispositivos actuadores un ventilador, un calefactor y un extractor.

### **1.4.2.1 Ventilador**

Un ventilador es un equipo eléctrico que aprovechando la energía de movimiento de un motor, produce una corriente de aire, esto debido a que se colocan adheridas al motor aspas las que son las que producen la corriente de aire.

El ventilador se va a usar en este proyecto es un dispositivo adecuado para implementarlo en el techo de cualquier sala o salón de hasta 200 metros cúbicos de espacio. Las características del ventilador que se va a utilizar en este proyecto se la detallan en el siguiente capítulo específicamente en las características del ventilador utilizado.

### **1.4.2.2. Calefactor**

Un calefactor es un equipo eléctrico que tiene la capacidad de enviar o expulsar aire caliente al exterior del mismo, este proceso se logra mediante un motor con aspas incorporadas que gracias al movimiento mecánico de este motor este produce el aire a ser enviado al exterior.

El aire que es expulsado al exterior no sería caliente si no existiera un conjunto de niquelinas que están conectadas a la red eléctrica y configurada de tal manera que cuando la niquelina se calienta, logrando así tener a la salida del dispositivo aire caliente o muy caliente dependiendo de la potencia.

### **1.4.2.3 Extractor**

Un extractor es un dispositivo actuador similar a un ventilador, de la misma forma este dispositivo consta de un motor eléctrico y de un motor en forma de aspas cuya particularidad es extraer el aire de una determinada superficie, ubicándolo en la parte superior se logra el objetivo deseado ya que al hacer circular el aire caliente que está dentro de una sala el aire caliente se va a la parte superior y el aire fresco queda en la parte de abajo el extractor saca el aire caliente de la sala mientras que el aire fresco permanece en el ambiente.

## **1.5 EL MICROCONTROLADOR PIC**

### **1.5.1 INTRODUCCIÓN A LOS MICROCONTROLADORES**

Los microcontroladores están conquistando el mundo. Están presentes en nuestro trabajo, en nuestra casa, y en nuestra vida general. Se pueden encontrar controlando el funcionamiento de los ratones y teclados de los computadores, en los teléfonos en los hornos microondas y los televisores de nuestro hogar. Pero la invasión acaba de comenzar y el nacimiento del siglo XXI será testigo de la conquista masiva de estos diminutos dispositivos, que gobernarán la mayor parte de los aparatos que fabricaremos y usaremos los humanos. Un microcontrolador es un circuito integrado programable el cual contiene todos los componentes de un computador. Es un computador completo de limitadas prestaciones, que está contenido en un único chip<sup>10</sup>.

### **1.5.2 APLICACIONES DE LOS MICROCONTROLADORES**

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y costo, mejorar su fiabilidad y disminuir el consumo<sup>10</sup>.

Los microcontroladores están siendo empleados en multitud de sistemas en nuestra vida diaria, como pueden ser juguetes, hornos microondas, frigoríficos, televisores, computadores, impresoras, módems, el sistema de arranque de nuestros coches, etc. Y otras aplicaciones con las que seguramente no estaremos tan familiarizados como instrumentación electrónica, control de sistema en una nave espacial, coche, etc. Una aplicación típica podría emplear varios microcontroladores podrían comunicarse entre ellos y con un procesador central, probablemente más potente, para compartir la información y coordinar sus acciones, como de hecho ocurre ya habitualmente en cualquier PC<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> ANGULO U. JOSE (2000). Microcontroladores PIC, Diseño práctico de aplicaciones. Madrid. Mc Graw-Hill

<sup>11</sup> Definiciones Generales de los Microcontroladores PIC de Microchip. <http://www.simupic.com>

### **1.5.3 EL MERCADO DE LOS MICROCONTROLADORES<sup>11</sup>**

Aunque en el mercado de la microinformática la mayor atención la acaparan los desarrollos de microprocesadores, lo cierto es que se venden cientos de microcontroladores por cada uno de ellos. Existe una gran diversidad de microcontroladores, quizá la clasificación más importante sea entre microcontroladores de 4,8,16 o 32 bits. Aunque las prestaciones de los microcontroladores de 16 y 32 bits son superiores a los de 4 y 8 bits, la realidad es que los microcontroladores de 8 bits dominan el mercado y los de 4 bits se resisten a desaparecer.

La razón de esta tendencia es que los microcontroladores de 4 y 8 bits son apropiados para la gran mayoría de las aplicaciones, lo que hace absurdo emplear micros más potentes y consecuentemente más caros, uno de los sectores que más tira a la aplicación de los microcontroladores es el sector automovilístico, de hecho algunas de las familias de microcontroladores actuales se desarrollan pensando en este sector siendo modificadas posteriormente para adaptarse a sistemas más genéricos. El mercado automovilístico es uno de los más exigentes ya que los componentes electrónicos deben operar bajo condiciones extremas de vibración, choques, ruido y seguir siendo fiables.

En cuanto a las técnicas de fabricación cabe decir que prácticamente la totalidad de los microcontroladores actuales se fabrican con tecnología C-MOS 4 (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Esta tecnología supera las técnicas anteriores por su bajo consumo y alta inmunidad al ruido.

### **1.5.4 RECURSOS COMUNES EN TODOS LOS MICROCONTROLADORES**

Al estar todos los microcontroladores integrados en un chip, su estructura fundamental y sus características básicas son muy parecidas. Todos deben disponer de los bloques esenciales: Procesador, memoria de datos y de instrucciones, líneas de E/S, oscilador de reloj y módulos controladores de periféricos. Sin embargo, cada fabricante intenta enfatizar los recursos más idóneos para las aplicaciones a la que se destinan preferentemente.

### 1.5.5 ARQUITECTURA DE UN MICROCONTROLADOR

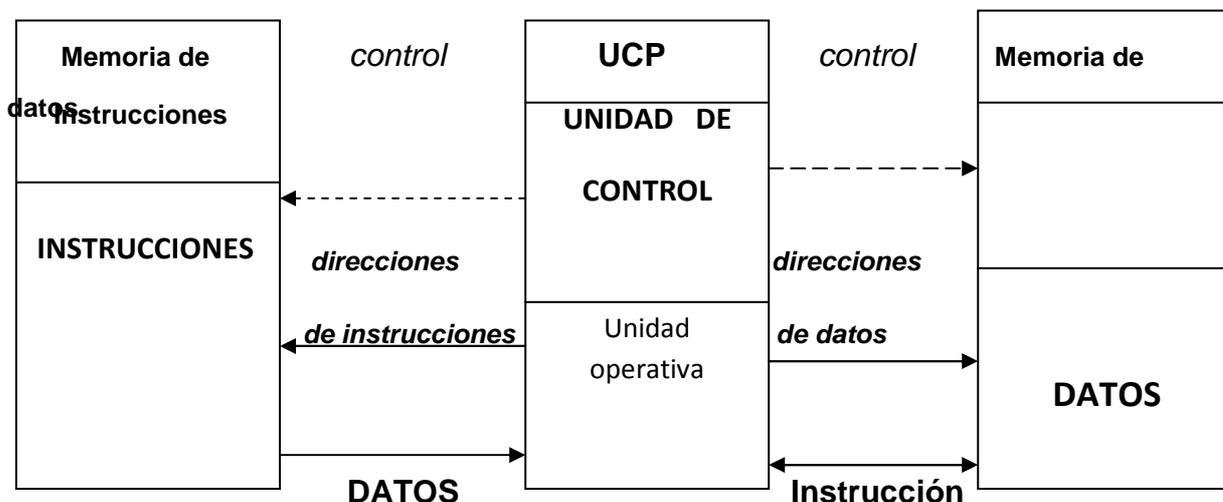


Fig. 1.11 Esquema de un microcontrolador

Aunque inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann, en el momento presente se impone la arquitectura Harvard. Esta arquitectura se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma distinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control). La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes una, que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos, ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura), simultáneamente en ambas memorias. La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes para datos y para instrucciones, permitiendo accesos simultáneos. Los microcontroladores PIC responden a la arquitectura Harvard. Aunque inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann, en el momento presente se impone la arquitectura Harvard.

### 1.5.6 SEGMENTACIÓN

Se aplica la técnica de segmentación (pipe-line) en la ejecución de las instrucciones. La segmentación permite al procesador al mismo tiempo realizar la ejecución de una instrucción y la búsqueda del código siguiente. De esta manera

se puede ejecutar cada instrucción en un ciclo de máquina (equivale a cuatro ciclos de reloj).

Las instrucciones de salto ocupan dos ciclos al no reconocer la dirección de la siguiente instrucción hasta que no se haya completado la de bifurcación.

### **1.5.7 FORMATO DE LAS INSTRUCCIONES**

El formato de todas las instrucciones es de la misma longitud. Todas las instrucciones de los microcontroladores de la gama baja tienen una longitud de 12bits. Las de la gama media tienen 14 bits y mas las de gama alta.

Esta característica es muy ventajosa en la optimización de la memoria de instrucciones y facilita enormemente la construcción de ensambladores y compiladores.

### **1.5.8 JUEGO DE INSTRUCCIONES<sup>11</sup>**

Procesador de instrucciones RISC, (Computador de juego de instrucciones reducido). Los modelos de la gama baja disponen de un repertorio de 33 instrucciones y casi 60 los de gama alta.

#### **1.5.8.1 Ortogonalidad de las instrucciones.**

Esto indica que cualquier instrucción puede manejar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o como destino.

#### **1.5.8.2 Arquitectura basada en un banco de registro.**

Esto significa que todos los objetos del sistema (puertas de E/S, temporizadores, posiciones de memoria, etc.) están implementados físicamente como registro.

---

<sup>11</sup> Definiciones Generales de los Microcontroladores PIC de Microchip. <http://www.simupic.com>

### **1.5.9 EL PROCESADOR O UCP<sup>11</sup>**

Este es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel de hardware, como en nivel de software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código OP de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado. Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales. CISC: Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC (computadores de juego de instrucciones complejo). Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución. Una ventaja de los procesadores CISC es que se ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros. RISC tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están inclinándose hacia la filosofía RISC (computadores de juego de instrucciones reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples que generalmente se ejecutan en un ciclo. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador CISC. En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es específico o sea las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de juego de instrucciones).

### **1.5.10 Memoria**

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, Tipo ROM y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil y se destina a guardar las variables y los datos. Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales.

- No existen sistemas de almacenamientos masivos como disco duro
- Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la memoria ROM sólo hay que almacenar un único programa de trabajo

La RAM en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la ROM. Los usuarios de computadores personales están habituados a manejar Megabytes de memoria, pero los diseñadores con microcontroladores trabajan con capacidades de ROM comprendidas entre 512 bytes y 8 Kbytes y de RAM que disponga los microcontroladores, la aplicación y la utilización de los mismos es diferente. Se describen las 5 versiones de memoria no volátil que se pueden encontrar en los microcontroladores del mercado.

#### **1.5.10.1 Memoria ROM con máscara**

Es una memoria no volátil de solo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip. El elevado costo del diseño de la máscara solo hace aconsejable al empleo de los microcontroladores con este tipo de memoria cuando se precisan cantidades superiores a varios miles de unidades.

#### **1.5.10.2 Memoria OTP**

Un microcontrolador contiene una memoria no volátil de solo lectura programable una sola vez por el usuario. OTP (One Time Programmable). Es el usuario quién puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde un PC. La versión OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas. Tanto en este tipo de memoria como en la EPROM, se suele usar la encriptación mediante fusibles para proteger el código contenido.

### **1.5.10.3 Memoria EPROM<sup>12</sup>**

Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory), pueden borrarse y grabarse muchas veces, la grabación se realiza como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde un PC. Si posteriormente se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la EPROM a rayos ultravioleta durante varios minutos. Las capsulas son de material cerámico y son más caros que los microcontroladores con memoria OTP que están hechos con material plástico.

### **1.5.10.4 Memoria EEPROM<sup>12</sup>**

Se trata de memorias de solo lectura, programables y borrables eléctricamente EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory). Tanto la programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de un PC. Es muy cómoda y rápida la operación de grabado y la de borrado. No disponen de ventana de cristal en la superficie. Los microcontroladores dotados de memoria EEPROM una vez instalados en el circuito pueden grabarse y borrarse cuantas veces sea necesario.

### **1.5.10.5 Memoria FLASH**

Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar, funciona como una ROM y una RAM pero consume menos y es más pequeña a diferencia de la ROM, la memoria flash es programable en el circuito, es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM.

La alternativa flash está recomendada frente a la EEPROM cuando se precisa gran cantidad de memoria de programa no volátil. Es más veloz y tolera más ciclos de escritura-borrado. Las memorias EEPROM y FLASH son muy útiles al permitir que los microcontroladores que las incorporan puedan ser reprogramadas en circuito, es decir sin tener que sacar el circuito integrado de la tarjeta electrónica.

---

<sup>12</sup> COSTALES ALCIVAR (2006). Curso de Programación BASIC Quito-Ecuador

#### **1.5.10.6 Pórticos de entrada y salida**

La principal utilidad de las patitas que posee la cápsula que contiene un microcontrolador es soportar las líneas de E/S que comunican al computador interno con los periféricos exteriores.

Según los controladores periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

#### **1.5.10.7 Reloj principal**

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema.

Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o una red R-C, aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones pero lleva aparejado un incremento del consumo de energía.

#### **1.5.10.8 Recursos especiales**

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. La labor del diseñador es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el costo, el hardware y el software. Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

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

#### ***1.5.10.8.1 Temporizadores o Timers***

Se emplean para controlar períodos de tiempo (temporizadores) y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores). Para medida de tiempos se carga un registro con el valor adecuado y a continuación dicho valor se va incrementando al ritmo de los impulsos de reloj o algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso. Cuando se desean contar acontecimientos que se materializan por cambios de nivel o francos en alguna de las patitas del microcontrolador, el mencionado registro se va incrementando o decrementando al ritmo de dichos impulsos.

#### ***1.5.10.8.2 Perro guardián o watchdog***

Cuando el computador personal se bloque por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset y se reinicia el sistema. Pero un microcontrolador funciona sin el control de un supervisor y de forma continuada las 24 horas del día. El perro guardián consiste en un temporizador que, cuando se desborda y pasa por 0, provoca un reset automáticamente en el sistema. Se debe diseñar el programa de trabajo que controla la tarea de forma que refresque o inicialice al perro guardián y, al completar su temporización, ladrará y ladrará hasta provocar

el reset. Protección ante fallo de alimentación o Brownout se trata de un círculo que resetea al microcontrolador cuando el voltaje de alimentación sea inferior a un voltaje mínimo.

Mientras el voltaje de alimentación sea inferior al de brownout el dispositivo se mantiene reseteado, comenzando a funcionar normalmente cuando sobrepasa dicho valor.

#### ***1.5.10.8.3 Estado de reposo o bajo consumo***

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

#### ***1.5.10.8.4 Conversor A/D***

Los microcontroladores que incorporan conversor A/D pueden procesar señales analógicas, tan abundantes en las aplicaciones. Suelen disponer de un multiplexor que permite aplicar a la entrada del CAD diversas señales analógicas desde las patitas del circuito integrado.

#### ***1.5.10.8.5 Conversor D/A***

Transforma los datos digitales obtenidos del procesamiento del computador en su correspondiente señal analógica que saca al exterior por una de las patitas de la cápsula. Existen muchos efectores que trabajan con señales analógicas.

#### ***1.5.10.8.6 Comparador analógico***

Algunos modelos de microcontroladores disponen internamente de un amplificador operacional que actúa como comparador entre señal fija de

referencia y otra variable que se aplica por una de las patitas de la cápsula. La salida del comparador proporciona un nivel lógico 1 ó 0 según sea la señal.

#### ***1.5.10.8.7 Modulador de anchura de impulsos o PWM***

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

#### ***1.5.10.8.8 Puertas de E/S digitales***

Todos los microcontroladores destinan algunas de sus patitas a soportar líneas de E/S digitales. Por lo general, estas líneas se agrupan de ocho formando puertas. Las líneas digitales de las Puertas pueden configurarse como entrada o como salida cargando un 1 ó 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración.

#### ***1.5.10.8.9 Puertas de comunicación***

Con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microprocesadores, buses de sistemas, buses de redes y poder adaptarlos con otros elementos bajo otras normas y protocolos.

## **1.6 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN**

Para la programación de este circuito de control en el PIC se ha utilizado el lenguaje BASIC a continuación se presentan los procesos para realizar la programación del PIC, los comandos y operadores de este lenguaje.

Para realizar un programa en un microcontrolador se necesitará un editor ó procesador de texto para crear el programa fuente, algún tipo de programador de micros PIC. Se crea el archivo fuente BASIC para el programa, usando su editor o procesador de texto. El archivo de texto creado debe ser texto ASCII puro. No

debe contener códigos especiales insertados por procesadores de texto para sus propósitos específicos.

En el siguiente gráfico se indica los pasos para poder programar un PIC correctamente.

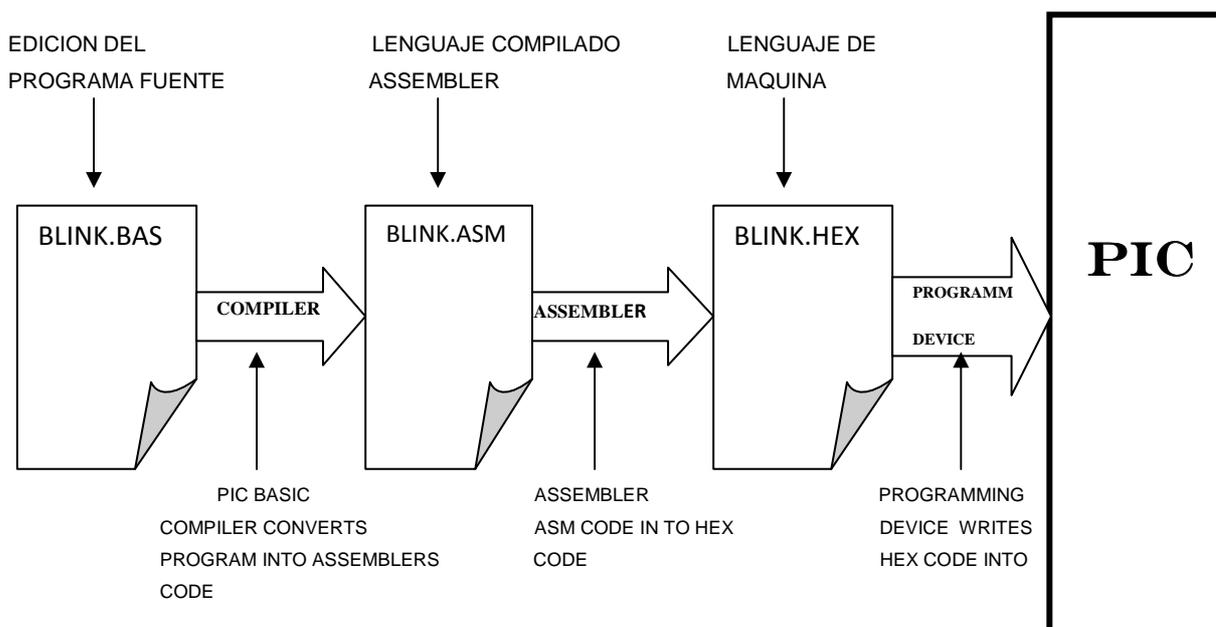


Fig. 1.12 Ensamblaje de un programa

En la figura 1.12 se muestra como es el proceso para el desarrollo de un programa y cuáles son los pasos que realiza un compilador para poder grabar este programa en el microcontrolador. Entonces se puede decir que para realizar e implementar un programa en el microcontrolador se tiene que editar el programa fuente, compilarlo y luego de estos pasos grabarlo en el PIC.

### 1.6.1 COMANDOS Y OPERADORES EN BASIC UTILIZADOS EN PROGRAMA FUENTE<sup>13</sup>

Para el desarrollo de este programa se utilizó el BASIC seguidamente se presentan varios de los comandos y operadores que generalmente se usan

<sup>13</sup> Compilador Basic para PICS <http://www.frino.com.ar>

cuando se realizan la programación de los micros y que también hemos utilizado en el desarrollo de nuestro programa.

### **Comentarios**

Es importante poner comentarios para poder entender de una mejor manera el programa y lo que se realiza en cada una de las instrucciones. Haga que los comentarios le digan algo útil acerca de lo que el programa está haciendo. Un comentario.

Como “colocar pin 0 en 1” simplemente explica la sintaxis del lenguaje, pero no le dice nada acerca de la necesidad de hacerlo. “Encender el LED de batería baja” puede ser más útil. Un bloque de comentarios en el comienzo del programa y antes de cada sección de código puede describir que sucederá con más detalles que un simple espacio después de cada línea. No incluya un bloque de comentarios en lugar de comentarios individuales de línea; use ambos. Un comentario de PBP comienza con la palabra clave REM o el apóstrofe (').

Todos los demás caracteres de esa línea se ignoran. REM es una única palabra clave y no es una abreviación de REMark, por lo tanto, los nombres de variables pueden comenzar con REM (aunque REM por sí mismo no es válido).

### **Etiquetas**

Las etiquetas (labels) deben indicar algo más significativo que “etiqueta 1” ó “aquí”. Aún una etiqueta “loop” es más descriptiva (pero poco). Usualmente la línea ó rutina a la que está saltando hace algo único. Trate de dar un indicio de su función con la etiqueta y luego siga con un comentario.

### **GOTO - GOSUB**

Trate de no usar demasiado GOTO. Aunque pueden ser un mal necesario, trate de minimizar su uso en lo posible. Trate de escribir su código en secciones lógicas y no ir saltando a cualquier lado. Usar GOSUB puede ser útil para esto.

## Variables<sup>14</sup>

Variables es donde se guardan datos en forma temporaria en un programa. Son creadas usando la palabra clave VAR. Pueden ser bits, bytes ó Word. El espacio para cada variable es automáticamente destinado en la memoria del microcontrolador. El formato para crear una variable es el siguiente:

Etiqueta **VAR** tamaño (modificaciones)

Etiqueta es cualquier identificador excluyendo palabras claves como se describe anteriormente. Tamaño es bit, byte ó Word. Modificadores opcionales agregan control adicional acerca de cómo se crea la variable. Algunos ejemplos de creación de variables son:

Temp **var** byte

Humed **var** bit

W0 **var** Word

El número de variables disponibles depende de la cantidad de RAM en un dispositivo en particular y el tamaño de las variables y los arrays. PBP reserva aproximadamente 24 posiciones RAM para su propio uso. También puede crear variables temporarias adicionales para usar en ordenamiento de ecuaciones complejas.

## ALIAS

VAR también puede ser usado para crear un alias para una variable. Esto es muy útil para acceder al anterior de una variable.

Ejemplos.

fido **var** dog ´ fido es otro nombre de dog

b0 **var** w0.byte0 ´ b0 es el primer byte de Word w0

---

<sup>14</sup>CURSO DE MICROCONTROLADORES.PIC16F87X. <http://www.terra.es/personal/fremiro>

b1 **var** w1. Byte ´ b1 es el segundo byte de Word w0

flea **var** dog.0 ´ flea es bit0 de dog

### **Modificador Descripción**

BIT 0 0	Crea alias al bit 0 de byte o word
BIT1 0 1	Crea alias al bit 1 de byte o word
BIT2 0 2	Crea alias al bit 2 de byte o Word
BIT3 0 3	Crea alias al bit 3 de byte o word
BIT4 0 4	Crea alias al bit 4 de byte o word
BIT5 0 5	Crea alias al bit 5 de byte o word
BIT6 0 6	Crea alias al bit 6 de byte o word
BIT7 0 7	Crea alias al bit 7 de byte o word
BIT8 0 8	Crea alias al bit 8 de word
BIT9 0 9	Crea alias al bit 9 de word
BIT10 0 10	Crea alias al bit 10 de word
BIT11 0 11	Crea alias al bit 11 de word
BIT12 0 12	Crea alias 12 al bit de word
BIT13 0 13	Crea alias 13 al bit de word
BIT14 0 14	Crea alias 14 al bit de word
BIT15 0 15	Crea alias al bit 15 de word
BYTE0 0 LOWBYTE	Crea alias al lowbyte de word
BYTE1 0 HIGHBYTE	Crea alias al highbyte de word

### **ARRAYS (ARREGLOS)**

Los arreglos de variables pueden ser creados en una manera similar a las variables. Etiqueta VAR tamaño (número de elementos), Etiqueta es cualquier identificador, excluyendo palabras claves, como se describió anteriormente. El tamaño es BIT, BYTE ó WORD. Número de elementos es cuantos lugares en el arreglo se desean. Algunos ejemplos de creación de arreglo son los siguientes:

Sharks **var** byte [10]

fish **var** bit [8]

La primera ubicación dentro del arreglo es el elemento cero. En el arreglo fish anterior los elementos están numerados fish (0) a fish (7) contenido 8 elementos en total. Dada la forma en que los arreglos están localizados en memoria hay límites de tamaño para cada tipo. El Tamaño Número máximos de elementos

BIT 128

BYTE 64

WORD 32

### Constantes

Las llamadas constantes pueden ser creadas de manera similar a las variables, puede ser más conveniente usar un nombre de constante en lugar de un número constante. Si el número necesita ser cambiado, únicamente puede ser cambiando en un lugar del programa donde se define la constante. No pueden guardarse datos variables dentro de una constante. No pueden guardarse datos variables dentro de una constante. Se escribe Etiqueta **CON** expresión constante

Mice **con** 3

Traps **con** mice \*1000

### Símbolos

SYMBOL provee otro método para renombrar (darle alias) a variables y constantes. SYMBOL no puede ser usado para crear una variable. Use VAR para crear una variable

SYMBOL lion = cat ´ cat fue previamente creada usando VAR

SYMBOL mouse = 1 ´ igual que mouse con 1

### Constantes numéricas

PBP permite definir constantes numéricas en tres bases: decimal, binario y hexadecimal. Valores binarios son definidos usando el prefijo “%” y valores

hexadecimales usando el prefijo "\$". Los valores decimales se toman por defecto y no requieren prefijo.

´ Valor decimal 100

%100 ´ valor binario para el decimal 4.

\$100 ´ valor hexadecimal para el decimal 256.

Para facilitar la programación, los caracteres son convertidos en sus equivalentes ASCII. La constante debe ser puesta entre comillas y contener sólo un carácter (de lo contrario, ellas son una sarta de constantes).

"A" ´ ASII valor para el decimal 65

"d" ´ ASII valor para el decimal 100

### **Sarta de constantes**

Las sartas pueden ser usados con algunos comandos. Una sarta contiene uno o más caracteres y es delimitado entre comillas. No se soportan secuencias de escape para caracteres no-ASCII (aunque, la mayoría de los comandos tienen este manejo incorporado)

"Hello" ´ String (forma abreviada de "H", "e", "l", "l", "o")

Las sartas son usualmente tratadas como una lista de valores de caracteres individuales.

### **PINS**

A los pins se puede acceder de diferentes modos. El mejor camino para especificar un pin para una operación, es simplemente usar sus nombres PORT y un número de bit:

PORTB.1= ´ Colocar PORTB, bit 1 a 1

Para recordar fácilmente para qué puede ser usado un pin, debe serle asignado un nombre usando el comando **VAR**. De esta manera, el nombre puede ser utilizado luego en cualquier operación:

```
Led var PORTA.O ´ Renombra PORTA. O como led
High led ´ Coloca led (PORTA: O) en valor alto
```

## **DEFINE**<sup>15</sup>

Algunos elementos, como el oscilador y las ubicaciones de los pin LCD, están predefinidas, DEFINE le permite a un programa cambiar estas definiciones si así lo desea. Define puede ser usado para cambiar el valor predefinido del oscilador, los pins de DEBUG y el baud rate y las ubicaciones de los pin LCD además de otras cosas. Estas definiciones deben estar en mayúsculas

```
DEFINE BUTTON_PAUSE 50 ´ demora en el anti-rebote del botón en ms
DEFINE CHAR_PACING 1000 ´ paso de la salida serial en us
DEFINE DEBUG_REG_PORTL ´ depuración del pin port
DEFINE DEBUT_BIT 0 ´ depuración del pin bit
DEFINE DEBUT_BAUD 2400 ´ depuración del baud rate
DEFINE DEBUG_MODE 1 ´ mode depuración: 0=CIERTO, 1=INVERTIDO
DEFINE DEBUT_PACING 1000 ´ paso de depuración en uso
DEFINE HSER_RCSTA 90 h ´ setear registro receive
DEFINE HSER_TXSTA 20 h ´ setear registro transmit
DEFINE HSER_BAUD 2400 ´ setear baud rate
DEFINE HSER_EVEN 1 ´ usar solo si se desea paridad par
DEFINE HSER_ODD 1 ´ usar solo si se desea paridad impar
DEFINE 12C_INTERNAL 1 ´ usar para EEPROM interno en 16CEXX y 12CEXX
DEFINE 12C_SLOW1 ´ usar para OSC>8Mh dispositivos de Velocidad estándar
DEFINE LCD_DREG PORTB ´ PORT DE DATA LCD
DEFINE LCD_DBITO ´ datos LCD comenzando en bit 0 o 4
DEFINE LCD_RSREG PORTB ´ port de selección de registro LCD
DEFINE LCD_RSBIT 4 ´ bit de selección de registro LCD
```

<sup>15</sup> Curso de microcontroladores PIC 16F87X. <http://www.terra.es/personal/fremiro>

```

DEFINE LCD_EREG PORTB ´ port de habilitación LCD
DEFINE LCD_EBIT 5 ´ bit de habilitación LCD
DEFINE LCD_BITS 4 ´ tamaño 4 u 8 de bus de LCD
DEFINE LCD_LINES 2 ´ número de líneas en LCD
DEFINE OSC 4 ´ 3 4 8 10 12 16 20
DEFINE OSCCAL_1K 1 ´ setea OSCCAL para PIC12C671
DEFINE OSCCAL_2K 1 ´ setea OSCCAL para PIC12C672

```

### Operadores matemáticos

Basic efectúa todas las operaciones matemáticas en orden jerárquico. Esto significa que existe precedencia para los operadores. Multiplicación y división son efectuados antes que suma y resta, por ejemplo... Para asegurarse que las operaciones son efectuadas en el orden que se desea, use paréntesis para agrupar las operaciones.

$$A = (B + C) * (D - E)$$

Todas las operaciones matemáticas se realizan sin signo y con una precisión de 16 bit.

Los operadores soportados son:

Operador matemático	Descripción
+	Suma
-	Resta
*	Multiplicación
	16 bits superiores de la multiplicación
*/	16 bits medios de la multiplicación
/	División
//	Resto (módulo)
<<	Desplazamiento izquierdo
>>	Desplazamiento derecho
ABS	Valor absoluto
COS	Coseno

DCD	2m decodificador
DIG	Digito
MAX	Máximo
MIN	Mínimo
NCD	Codificador
REv	Invertir bits
SIN	Seno
SQR	Raíz cuadrada
&	Bit inteligente AND
Bit	inteligente OR
	Bit inteligente EXCLUSIVE OR
~	Bit inteligente NOT
&/	Bit inteligente NOT AND
/	Bit inteligente NOT OR

### Referencia de declaraciones BASIC

@	Inserta una línea de código ensamblador
BUTTON	Anti-rebote y auto-repetición de entrada en el pin Especificado
CALL	Llamada a subrutina de ensamblador
CLEAR	Hace cero todas las variables
COUNT	Cuenta el número de pulsos en un pin
DATA	Define el contenido inicial en un chip EEPROM
DEBUG	Señal asincrónica de salida en un pin fijo y baud
DISABLE	Deshabilita el procesamiento de ON INTERRUPT
DTMFOUT	Produce tonos en un pin
EEPROM	Define el contenido inicial en un chip EEPROM

ENABLE	Habita el procesamiento de ON INTERRUPT
END	Detiene la ejecución e ingresa en modo de baja potencia
FOR...NEXT	Ejecuta declaraciones en forma repetitiva
FREQOUT	Produce hasta 2 frecuencia en un pin
GOSUB	Llama a una subrutina BASIC en la etiqueta especificada
GOTO	Continúa la ejecución en la etiqueta especificada
HIGH	Hace alto salida del pin
HSERIN	Entrada serial asincrónica (hardware)
HSEROUT	Salida serial asincrónica (hardware)
I2CREAD	Lee bytes de dispositivo I2C
I2CWRITE	Graba bytes en dispositivo I2C
IF..THEN..ELSE..ENDIF	Ejecuta declaraciones en forma condicional
INPUT	Convierte un pin en entrada
(LET)	Asigna el resultado de una expresión a una variable
LCDOUT	Muestra caracteres en LCD
LOOKDOWN	Busca un valor en una tabla de constantes
LOOKDOWN2	Busca un valor en una tabla de constantes o variables
LOOKUP	Obtiene un valor constante de una tabla
LOOKUP2	Obtiene un valor constante o variable de una tabla
LOW	Hace bajo la salida de un pin
NAP	Apaga el procesador por un corto periodo de tiempo
ON INTERRUPT	Ejecuta una subrutina BASIC en un interrupt
OUTPUT	Convierte un pin en salida
PAUSE Demora	(resolución 1mseg.)
PAUSEUS	Demora (resolución 1 useg.)
PEEK	Lee un byte del registro
POKE	Graba un bit en el registro
POT	Lee el potenciómetro en el pin especificado
POULSIN	Mide el ancho de pulso en un pin
PULSOUT	Genera pulso hacia un pin

PWM	Salida modulada en ancho de pulso a un pin
RANDOM	Genera numero pseudo-aleatorio
RCTIME	Mide el ancho de pulso en un pin
READ	Lee byte de un chip EEPROM
RESUME	Continúa la ejecución después de una interrupción
RETURN	Continúa en la declaración que sigue al último GOSUB
REVERSE	Convierte un pin de salida en la entrada o uno de entrada en la salida
SERIN	Entrada serial asincrónica (tipo BS1)
SERIN2	Entrada serial asincrónica (tipo Bs2)
SEROUT	Salida serial asincrónica (tipo BS1)
SEROUT2	Salida serial asincrónica
SHIFTIN	Entrada serial sincrónica
SHIFTOUT	Salida serial sincrónica
SLEEP	Apaga el procesador por un periodo de tiempo
SOUND	Genera un tono o ruido blanco en un pin
STOP	Detiene la ejecución del programa
SWAP	Intercambia los valores de dos variables
TOGGLE	Hace salida a un pin y cambia su estado
WHILE..WEND	Ejecuta declaraciones mientras la condición sea cierta
WRITE	Graba bytes a un chip EEPROM

## **1.7 PRINCIPALES DISPOSITIVOS ELECTRONICOS A UTILIZAR.**

### **1.7.1 EL SENSOR LM35<sup>16</sup>**

El LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55° a +150°C. El sensor se presenta en diferentes encapsulados pero el más común es el TO-92 en la figura 1.13 se presenta la forma de encapsulado y las dimensiones del sensor.

---

<sup>16</sup> Anexo 1: Precisión centígrade temperature Pág. 1-6

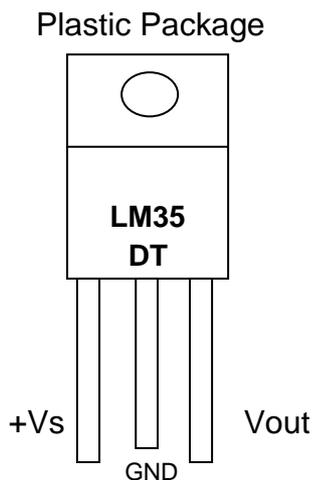


Fig 1.13 Sensor LM35

Este dispositivo electrónico se asemeja a la forma de un típico transistor con 3 pines, pero en este caso dos de ellas son para la alimentación y la tercera nos entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo. Esta tensión esta en el rango de los mili voltios. La salida es lineal y equivale a  $100\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  por lo tanto:

- $+1500\text{mV} = 150^{\circ}\text{C}$
- $+250\text{mV} = 25^{\circ}\text{C}$
- $-550\text{mV} = -55^{\circ}\text{C}$

Podemos utilizar el sensor LM35 de dos configuraciones diferentes dependiendo de la necesidad que tengamos. Si queremos un circuito básico en donde solo queremos medir la temperatura ambiente y sabiendo básicamente que en nuestro medio no se han obtenido valores de temperatura.

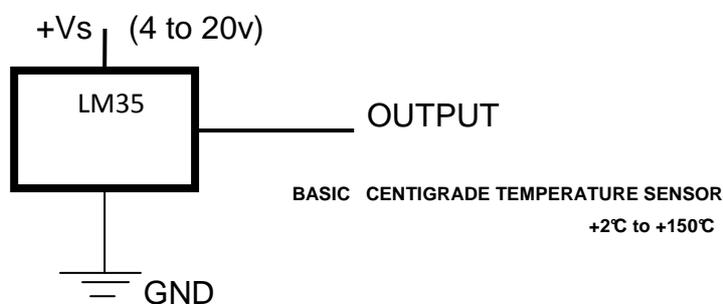


Fig. 1.14 Sensor LM35 diagrama de pines

O si se requiere mayor precisión y usar el sensor a toda su capacidad obteniendo valores de temperatura negativos.

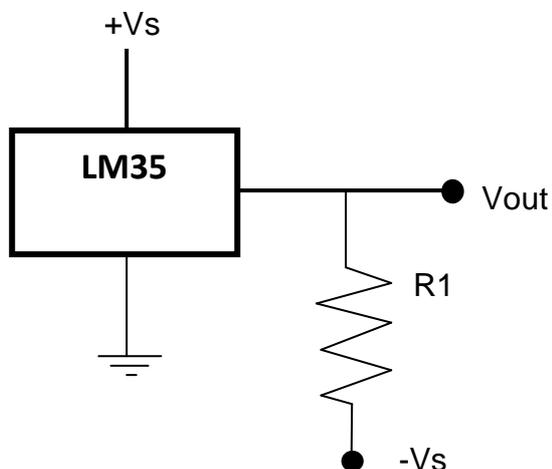


Fig. 1.15 configuración del sensor LM35

En los anexos se presentan todos los parámetros de entrada y salida, a demás las curvas características del funcionamiento del sensor LM35.

### 1.7.2. EL TRIAC<sup>17</sup>

El triac es un dispositivo de tres terminales que se por sus características es utilizado para controlar el flujo de corriente promedio hacia una carga. Un triac de un SRC en que al encenderse, puede conducir en cualquier dirección. El símbolo y el esquema lo muestra la Fig. Cuando el triac es apagado, no puede influir corriente entre los terminales principales, sin importar la polaridad del voltaje externo aplicado. El triac por lo tanto actúa como interruptor abierto.

<sup>17</sup> Anexo1. Data sheet. Triacs Logic Level. Pág 1-7

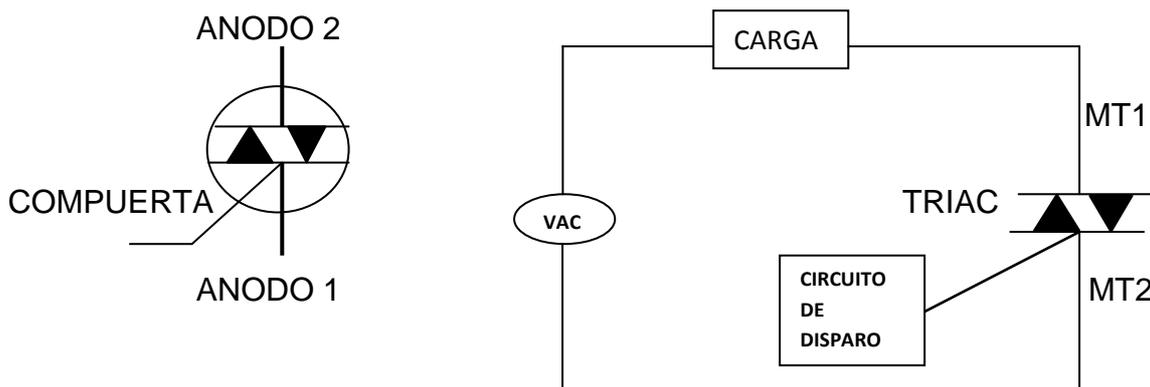


Fig. 1.16 Configuración del Triac

Cuando el triac se enciende, hay una trayectoria de corriente de muy baja resistencia de una terminal a la otra, dependiendo de la dirección del flujo de la polaridad del voltaje externo aplicado. Cuando el voltaje es más positivo en MT2, la corriente fluye de MT2 a MT1. Cuando el voltaje es más voltaje positivo en MT1, la corriente fluye de MT1 a MT2. En ambos caso, el triac se comporta como un interruptor cerrado. Como se observa en la Fig. 1.36. Un triac es colocado en serie con carga puede variarse alternando la cantidad de tiempo por ciclo que el Triac permanece en el estado de incendio. Un triac está limitado a 180° de (ciclo positivo) de conducción por ciclo, con un arreglo adecuado del disparador, puede conducir durante el total de los 360° (ciclo positivo y negativo) del ciclo. Por lo tanto proporciona control de corriente de onda completa en lugar de control de media onda que se logra con el SCR. Los Triacs tienen la misma ventaja que los SCRs y los transistores, sobre interruptores parcialmente abiertos y operan con mucha mayor rapidez que los interruptores mecánicos, proporcionando por tanto control se corriente más preciso.

### 1.7.3 OPTOACOPLOADORES<sup>18</sup>

Cuando se combina una fuente LED en la misma cápsula con algún tipo de detector óptico de estado sólido (por lo general un semiconductor de silicio), el dispositivo recibe el nombre de optoacoplador o a veces opto aislador atravesando

<sup>18</sup> Anexo 1. Optoisolator-Triac Driver Output.Pág 1-10

Un medio transparente como un ducto o plástico o, en algunos casos un espacio de aire. Esta estructura produce un dispositivo que permite el acoplamiento de señales entre dos circuitos electrónicos independientes y totalmente aislados entre sí según el tipo de capsula estos dispositivos pueden alcanzar aislamientos entre 2000 y 3750 V y aún mayores, siendo esta característica tomada muy en cuenta al momento de seleccionar el que se va a utilizar.

Los optoacopladores pueden clasificarse de acuerdo al fotodetector que utilizan así tenemos

- Led Foto SCR
- Led foto TRIAC

En ambos casos la conducción o no conducción del fototiristor depende de la incidencia de luz o a la luz infrarroja. En la figura 1.17 se muestra un optoacoplador con la estructura LED-Foto triac.

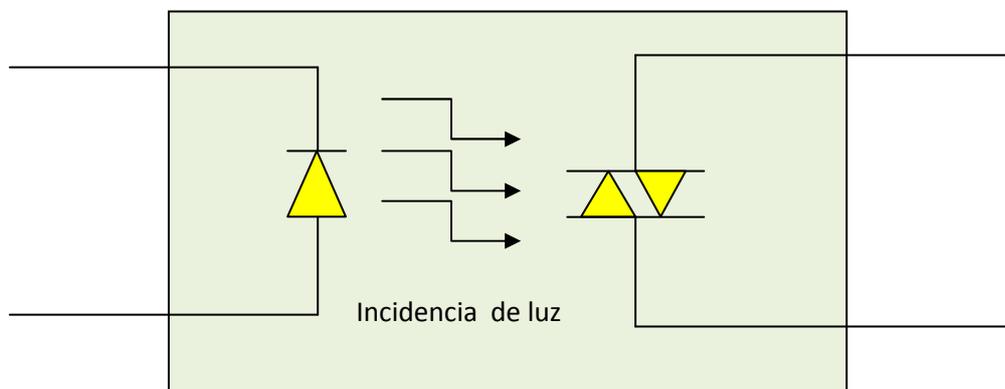


Fig. 1.17 Esquema del opto acoplador

### 1.7.3.1 PARAMETROS DE UN OPTOACOPLADOR

- Potencia de salida radiada, intensidad radiada y sensibilidad luminosa.
- Corriente oscura, que se define como la corriente de salida en ausencia de la fuente luminosa.

- Razón de transferencia de corriente, expresada en % y que se refiere al cociente entre la corriente de salida del opto acoplador y la entrada al LED
- Resistencia y voltaje de aislamiento entre la entrada y salida de un opto acoplador.
- Velocidad de conmutación y retardos de respuestas, que describen el comportamiento dinámico de la salida del optoacoplador respecto de pulsos de corriente aplicados al LED de entrada.

Estos límites de temperatura son la base sobre la cual gira todo el diseño, pues tanto en sensor de temperatura como la fuente de calor deben trabajar en las mejores condiciones en este rango de temperatura.

## **CAPITULO 2**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE VENTILACION INTELIGENTE**

#### **2.1 DESARROLLO DEL SISTEMA DE VENTILACION INTELIGENTE**

Para la realización de este proyecto vamos a necesitar varios dispositivos electrónicos los cuales los vamos a ir enumerando a continuación de acuerdo a las características del circuito y la función que vaya a desempeñar el mismo, es necesario indicar que variables se van a medir, visualizar y controlar en nuestra aplicación.

##### **2.1.1 VARIABLES A CONTROLAR EN EL SISTEMA.**

Basándonos en los objetivos que perseguimos en nuestro proyecto, con el diseño y aplicación del sistema a instalarse, lo que se quiere controlar en nuestro proyecto es el alta y la baja temperatura que puede o no darse en el laboratorio de microprocesadores de la Escuela de Formación Tecnológica de la EPN. Para esto es necesario que los dispositivos que se vayan a utilizar sean los más adecuados para que se pueda tener un óptimo rendimiento del sistema a instalarse. Según el análisis realizado en el capítulo 1 y en especial con los datos obtenidos en el cuadro N° 1.1 la temperatura más baja obtenida esta cerca de los 12°C y la temperatura máxima esta cerca de los 28° C, por lo tanto vemos que estas temperaturas representan ya valores de temperatura baja y temperatura alta fuera de los parámetros normales en nuestra ciudad, es por esta razón que se ha seleccionado para la operación de nuestro circuito un valor mínimo de 12°C y un valor máximo de 26°C luego de los cuales se deberá tratar de controlar la temperatura ambiente mediante actuadores eléctricos como son un calefactor un ventilador y un extractor.

TEMPERATURA	ACTUADORES
T > 26°C	VENTILADOR, EXTRACTOR
T < 12°C	CALEFACTOR

Cuadro 2.1 Temperatura máxima y mínima de operación

El cuadro 2.1 nos indica la temperatura de operación del circuito que se va a diseñar, es importante que estos valores máximo y mínimo puedan ser cambiados por el operador y para ello en el circuito se va a implementar un teclado mediante el cual se pueda ingresar nuevos valores máximos y mínimos teniendo así un mejor control de la temperatura ambiente del laboratorio de microprocesadores de la ESFOT. Para el desarrollo de este proyecto se utiliza un microcontrolador, que permite el funcionamiento automático del sistema, antes de realizar un análisis del funcionamiento del proyecto a implementarse, se presenta un diagrama de bloques de etapas del sistema, esto para tener una mejor visión de todo el proyecto y el funcionamiento de todos sus componentes en bloques.

### 2.1.2 SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR A UTILIZAR

El constante avance de la tecnología electrónica hace que cada vez haya más y mejores dispositivos en el mercado, mucho más versátiles y con más funciones específicas, es el caso de nuestra aplicación al saber que la variables que se va a controlar es la temperatura debemos buscar un dispositivo microcontrolador que nos permite trabajar con el tipo de señal que se obtenga a la salida del sensor que se utilice en este circuito. Los microcontroladores PIC de Microchip<sup>19</sup> es uno de los avances tecnológicos más importantes en los últimos años ya que encuentra aplicaciones en todos los campos de la ingeniería. Para nuestro circuito vamos a utilizar el microcontrolador PIC 16F877 A ya que nos presenta las siguientes características

- Dispone de 5 pórnicos A,B,C,D,E de entrada y salida con un total de 33 líneas para conectar periféricos exteriores

<sup>19</sup> Microchip, empresa líder en la fabricación de microcontroladores.

- Tiene un conversor A-D análogo digital con 8 canales de entrada y 10 bits de resolución que permite procesar las señales analógicas.
- Posee una memoria de programa tipo FLASH en la que se graba el programa de aplicación con una capacidad de 8K palabras de 14 bits cada una. Esta memoria puede soportar hasta 1000 operaciones de escritura y borrado mediante un proceso totalmente eléctrico.
- Posee una memoria de datos RAM de 368 bytes y tipo EEPROM de 256 bytes para guardar datos de forma no volátil.
- El repertorio de instrucciones para su programación tiene formatos y modos de direccionamiento sencillos.

## 2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

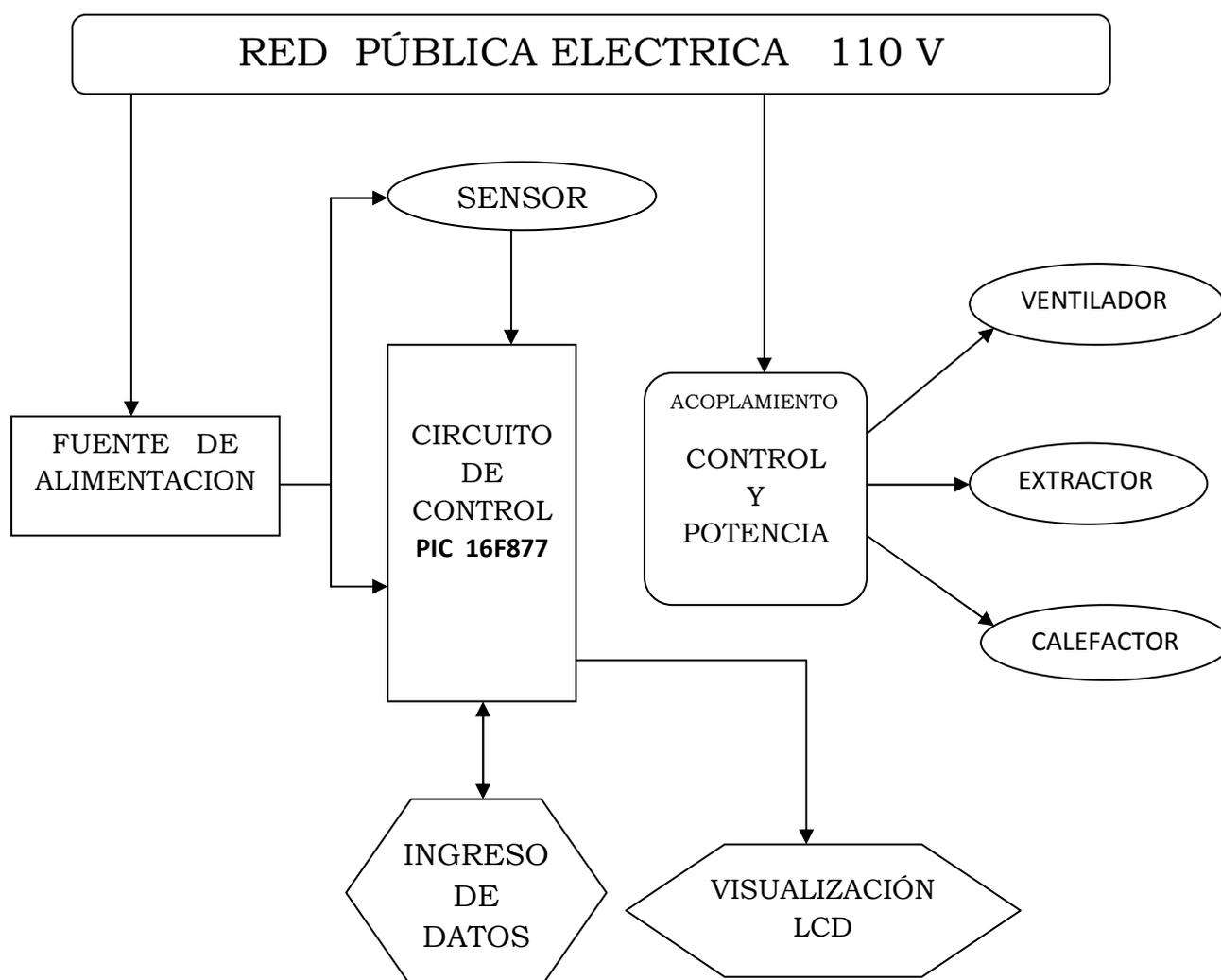


Fig. 2.1 Diagrama de bloques del sistema de ventilación

El sistema que se va a implementar tiene como objetivo el control de temperatura del laboratorio de microprocesadores de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la EPN, por lo tanto se ha realizado un bosquejo de todas las partes del sistema que vamos a utilizar y dependiendo de todo los subsistemas hemos desarrollado un diagrama que nos todas las etapas que se van a implementar l sistema de ventilación inteligente. Este sistema tiene varias etapas, cada una de ellas tiene una función específica y dependiendo de la función que realiza se ha tomado en cuenta todos los aspectos técnicos posibles para el diseño, construcción, montaje y prueba de los mismos, a continuación se enumeran cada uno de los bloques del sistema a implementarse.

- Etapa de alimentación
- Etapa de sensado de temperatura
- Etapa de ingreso de datos
- Etapa de control
- Etapa de visualización de temperatura
- Etapa de potencia

Cada una de estas etapas anteriormente mencionadas se va analizar detalladamente en los siguientes puntos

### **2.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACION INTELIGENTE**

Este sistema de control de temperatura tiene como principal fundamento un microcontrolador PIC 16F877 el cual se va a encargar de recibir la información del circuito integrado LM358, que no es más que un amplificador operacional y que tiene la función de recibir el voltaje de salida de el sensor LM35, este voltaje esta en el orden de los mili voltios y es proporcional a la temperatura existente en el ambiente. A la salida del C.I. LM358, se obtiene una señal de voltaje amplificada que nos representa el valor de la temperatura análoga, siendo esta señal

procesada en el conversor análogo-digital A-D del microcontrolador y para entregar en uno de sus pódicos un valor de temperatura digital, el cual es presentando mediante un LCD, esta es la temperatura ambiente del laboratorio.

Cuando la temperatura del ambiente sobrepasa los 26°C el sensor presenta el valor de voltaje respectivo a entrada del microcontrolador este a través del programa implementado compara y envía una señal a las salida RB5 y RB6 del micro. Esta señal va a través de una resistencia a los circuitos integrados MOC 3020 que son optotriacs los mismos que nos da una señal de disparo para los respectivos TRIACS que a su vez al recibir esta señal se dispara presentándonos así un voltaje de 110 VAC a un ventilador y un extractor conectados en la etapa de potencia. Los mismos tienen el objetivo de sacar el aire caliente mediante el extractor e inyectar ventilación al laboratorio hasta que se logre bajar la temperatura del laboratorio bajo los 26°C.

De la misma forma cuando la temperatura ambiente del laboratorio baja de los 12°C el sensor LM35 envía el voltaje correspondiente a la entrada del microcontrolador el cual mediante el programa implementado nos envía una señal a la salida por RB7 del micro, esta señal es recibida por un optotriac MOC 3020 y el mismo al recibir esta señal nos da un pulso de disparo para el TRIAC correspondiente. Al recibir este pulso de disparo el TRIAC pone a la salida de potencia 110 VAC y se enciende un calefactor instalado en el laboratorio el mismo que tiene como objetivo enviar aire caliente al ambiente hasta que la temperatura este nuevamente sobre los 12° voltios. Todos estos procesos son visualizados a través del LCD implementado en el circuito y también es importante indicar que se puede cambiar los valores máximo y mínimo de temperatura del sistema, es decir se puede ingresar mediante un teclado matricial implementado en el circuito el valor de temperatura máximo y mínimo que el operador crea conveniente.

### 2.3.1 ETAPA DE ALIMENTACIÓN

El voltaje que se va a necesitar para el funcionamiento del circuito de control es de 5 voltios DC positivo, tanto para la polarización de los chips y de todos los demás circuitos que conforman el control automático de temperatura. Este voltaje DC lo obtenemos de la fuente de poder DC implementada de acuerdo al circuito de la figura siguiente

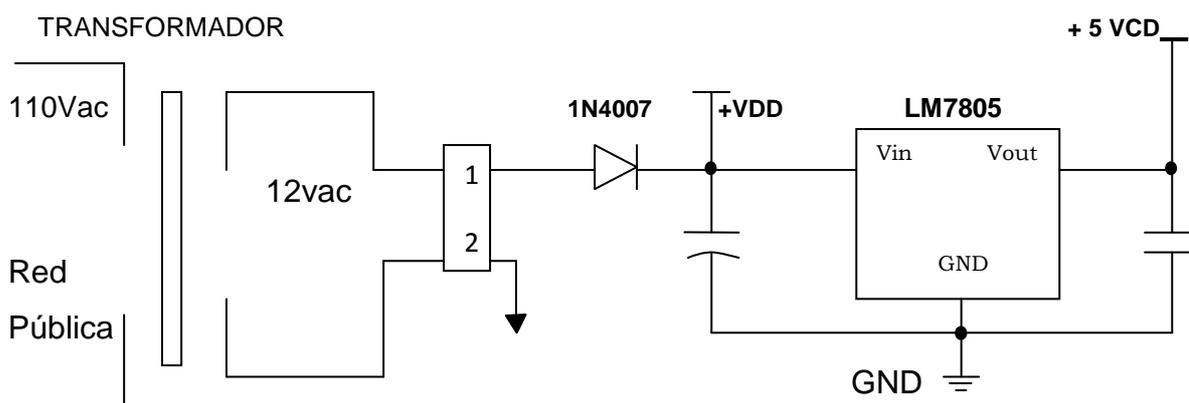


Fig. 2.2 Circuito de la fuente +5VCD

#### 2.3.1.1 Funcionamiento de la etapa de alimentación

En este circuito el voltaje de entrada viene de la red y es de 120 Vac, utilizando un transformador reductor se obtiene a la salida 12 Vac y 1,5 amperios de corriente. Este voltaje de salida es rectificado por el diodo 1N4007 y filtrado por un condensador de 1000uf. Esta señal ya filtrada es recibida por el dispositivo UA7805 que cumple la función de regulador de voltaje y este nos proporciona a la salida 5,01 voltios corriente directa, esto es cercano a 5 voltios corriente directa, que deberían entregar a la salida el regulador. Este es el voltaje que la mayoría de los dispositivos electrónicos necesitan para su funcionamiento. Cabe señalar que el diodo funciona como un rectificador de media onda.

### 2.3.2 ETAPA DE SENSADO DE TEMPERATURA

Esta es la etapa por la cual se determinó el uso del microcontrolador PIC 16F877A, debido a que la variable de entrada en el sensor es la temperatura ambiente, entregando a la salida un voltaje analógico. En el microcontrolador utilizado existe un convertidor análogo-digital que en este caso lo usamos para implementar una señal digital con la que pueda el microcontrolador realizar sus funciones, esto se logra a través de una parte del programa implementado en el PIC. El sensor con el que se trabaja en este proyecto es el LM35, cuyas características ya fueron analizados en el capítulo 1.

#### 2.3.2.1 Funcionamiento

Cuando el sensor LM35 es implementado a un circuito electrónico y es alimentado correctamente mediante una fuente de energía, su aplicación consiste en dar una información de la temperatura ambiente pero en forma de voltaje, este voltaje entregado por el sensor está en el orden de los milivoltios

<b>VOLTAJE (mv)</b>	<b>TEMPERATURA °C</b>
10mv	1 °C
50mv	5 °C
100mv	10 °C
150mv	15 °C
250mv	25 °C
500mv	50 °C
1000mv	100 °C

Cuadro 2.2 Relación de voltaje y temperatura de unLM35

Varía dependiendo de la temperatura que se tenga en el lugar de sensor, en este caso el sensor LM35 está configurado para obtener lecturas de temperaturas desde 0 a 100°C, esto quiere decir que nos va a entregar voltajes desde 0 voltios a 1000 milivoltios con un rango de variación de 10 milivoltios por grado centígrado, además el sensor no puede entregar resultados si la temperatura desciende bajo cero. Este valor de voltaje es recibido por un CI LM358 que es un amplificador operacional no inversor, este entrega un voltaje amplificado al microcontrolador y mediante el programa del PIC este voltaje es captado por el conversor AD del micro y procesado para entregar a la salida del LCD la temperatura del ambiente. A continuación se presenta una tabla de valores en milivoltios del sensor LM35 y sus equivalentes en grados centígrados. El sensor se lo va a colocar mediante una sonda fuera de la caja de control en donde se encuentra el circuito y los demás dispositivos, esto debido a que algunos elementos electrónicos generan calor y esto puede interferir en el correcto sensado de la temperatura del ambiente del laboratorio. A continuación se presenta el esquema de conexión del sensor LM35.

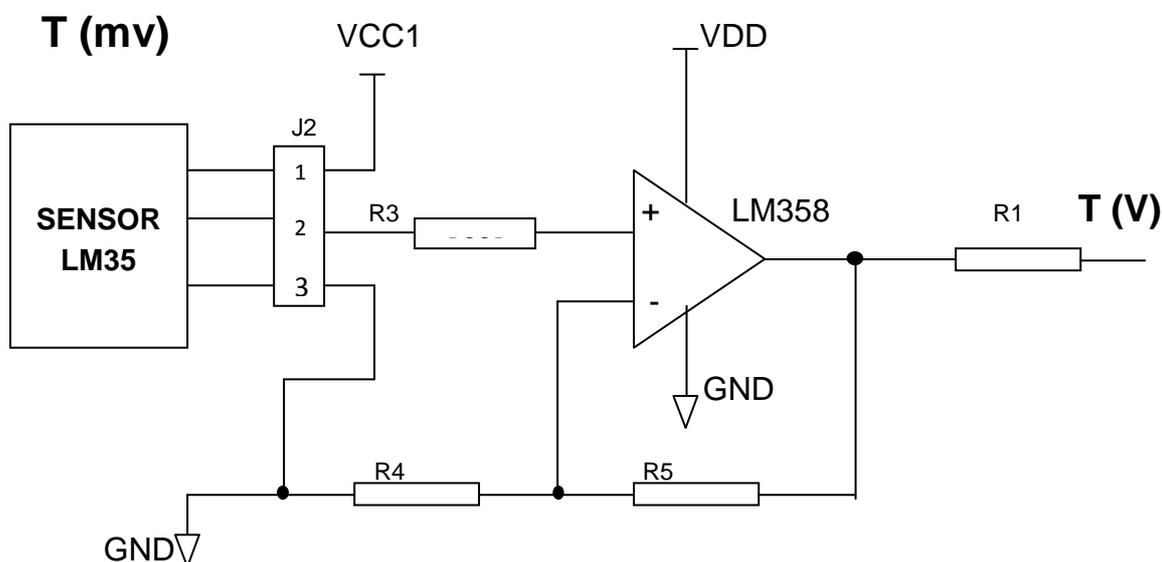


Fig. 2.3 Etapa de sensado de temperatura

### 2.3.3 ETAPA DE INGRESO DE DATOS

Una de las ventajas que ofrece este circuito de temperatura es que puede trabajar en diferentes rangos de temperatura, según sea la necesidad. Estos valores de

temperatura mínima, son introducidas por el usuario a través de la utilización de un teclado que está conectado mediante un bus con el microcontrolador PIC 16F877A, que es el receptor de la información, el mismo que almacena y luego procesa.

### 2.3.3.1 Funcionamiento

Desde el punto de vista eléctrico, cada tecla es un mecanismo similar a un pulsador, el aporte que tiene un teclado es la configuración de las teclas, para que necesiten pocas líneas de entrada en la detección de la tecla que se ha presionado

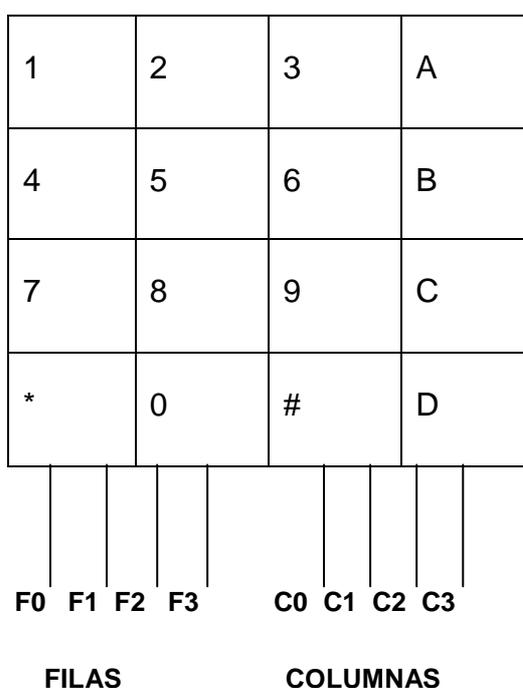


Fig. 2.4 Teclado matricial

Para la realización de este proyecto se utiliza un teclado matricial de 16 teclas, cuyo esquema se representa en la figura 2.4 que tiene 8 líneas de salida, estas están acopladas al PIC mediante su configuración, este teclado es del tipo de contacto, esto para eliminar señales de rebote y permite una lectura rápida. Se lo conecta al circuito mediante un bus de 8 líneas de conexión

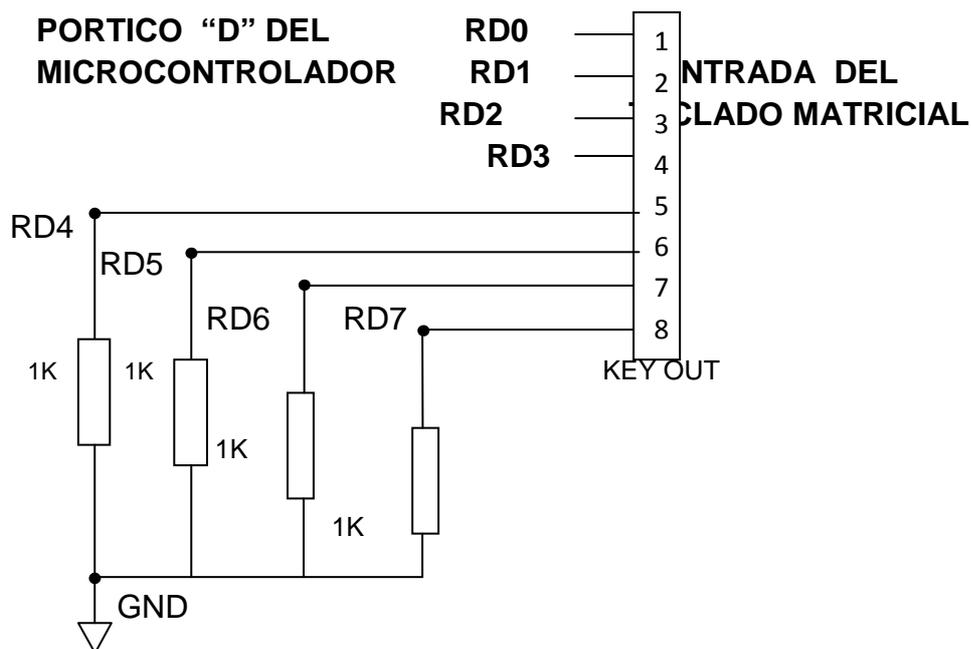


Fig. 2.5 conexiones del teclado

Si se observa en el diagrama el teclado esta intercalado con el microcontrolador mediante el pórtico RD, las filas van directamente a la entrada de menos significativas del pórtico D. Es decir a RD0, RD1, RD2, RD3 y las columnas van conectadas a tierra mediante una resistencia de 1k ohmio mediante el programa implementado vamos habilitando las la salida de cada una de los pines del pórtico D y damos un código a cada unas de las teclas del 0 al 15 y mediante una subrutina del programa implementado en el PIC denominado KEY\_CODE abrimos la opción de ingreso de los datos externos asignando así un valor de temperatura máximo o mínimo de operación del circuito.

#### 2.3.4 PROGRAMACION DEL MICROCONTROLADOR

El perfecto funcionamiento de este sistema depende en un gran porcentaje del programa implementado en el microcontrolador PIC 16F877A ya que este es el que coordina todas las operaciones que va a realizar el sistema como son la conversión de la señal analógica del sensor en digital, el ingreso de los datos de temperatura máxima y mínima mediante teclado, la visualización en un LCD, las señales de activación de los TRIACS se puede decir que es el cerebro del circuito a implementarse.

En el capítulo 1 se analizó el lenguaje de programación y los distintos comandos y operadores para la realización del programa en BASIC antes de realizar el desarrollo del todo el cuerpo de instrucciones, vamos a realizar un diagrama de flujo del programa implementado en el microcontrolador.

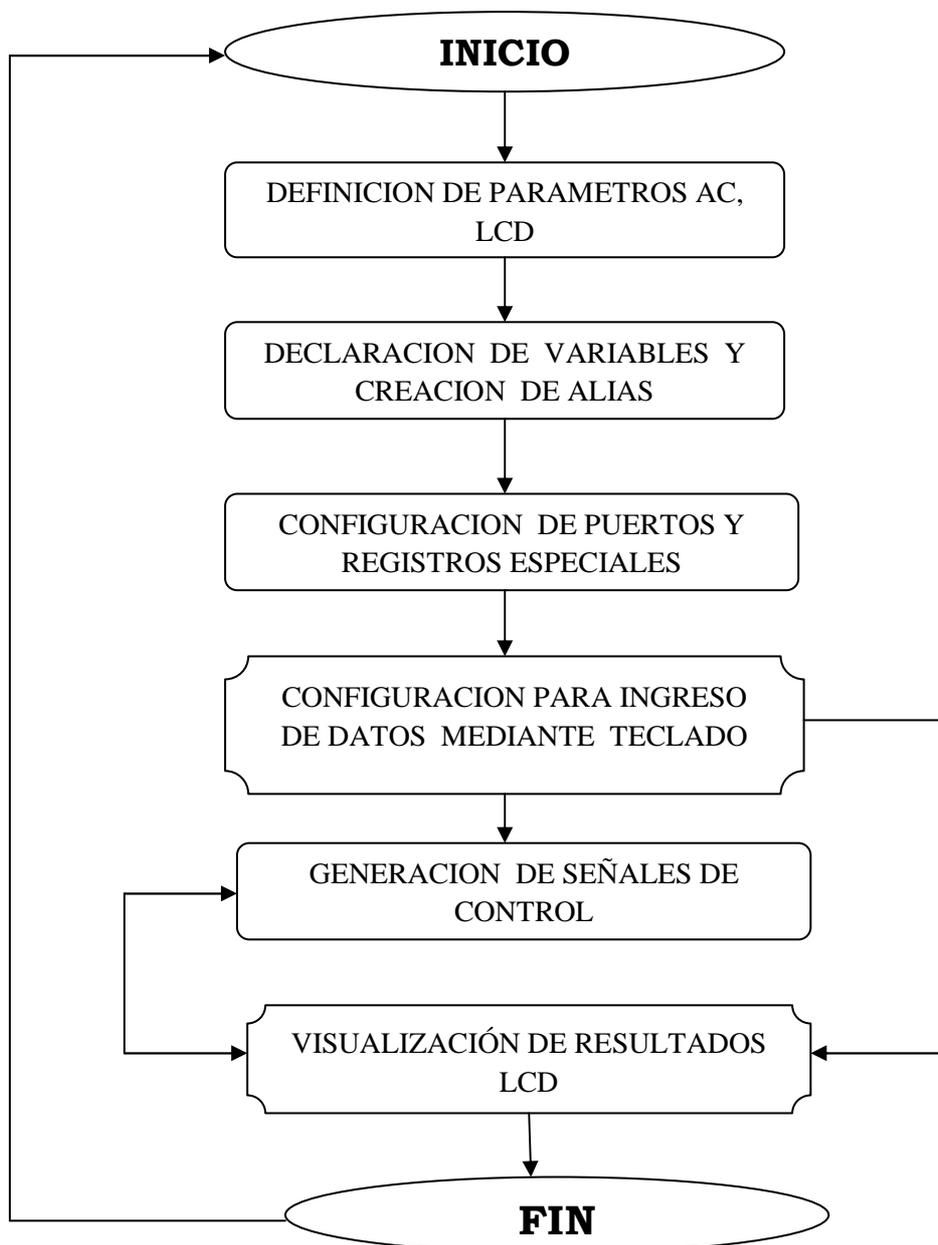


Fig. 2.6 Diagrama de flujo del programa del PIC

De la figura 2.6 presentada anteriormente se va a analizar las fases que constituyen el programa del programa del controlador estas fases son las siguientes.

- Definición de parámetros para ADC y LCD
- Declaración de variables y creación de alias
- Configuración de puertos y registro especiales
- Codificación para ingreso de datos teclado
- Generación de señales de control
- Visualización de resultados

#### 2.3.4.1 Definición de parámetros para ADC y LCD

Con este set de instrucciones mediante el comando DEFINE vamos a predefinir el número de bits de resolución del conversor AD y a predefinir los parámetros del comando ADCIN cambiándose de acuerdo al requerimiento en nuestro programa. A la vez vamos a predefinir todos los parámetros del dispositivo de visualización LCD, el pórtilo de salida para LCD, que pines del LCD van a ser usados para la entrega de los datos a se, tamaño de bus de datos del LCD, bit de habilitación, el número de líneas del LCD y definición de retardos después de las instrucciones LCDOUT.

DEFINE ADC_BITS10	´ Set number of bits in result
DEFINE ADC_CLOCK 3	´ Set clock source (rc = 3)
DEFINE ADC_SAMPLEUS 50	´ Set sampling time in microseconds
DEFINE LCD_DREG PORTC	´ datos lcd al puerto c
DEFINE LCD_DBIT 0	´ datos lcd inicio desde puertoc.0
DEFINE LCD_RSREG PORTC	´ pin rs al puerto c
DEFINE LCD_RSBIT 4	´ pin rs al portc.4
DEFINE LCD_EREG PORTC	´ pin en lcd al puerto c
DEFINE LCD_EBIT 5	´ pin en al port.5
DEFINE LCD_BITS 4	´ conexión de datos lcd a 4 bits
DEFINE LCD_LINES 2	´ lcd 2*16
DEFINE LCD_COMMANDUS 2000	´ ejecución comandos cada 2 ms
DEFINE LCD_DATAUS 50	´ ejecución datos cada 50us

### 2.3.4.2 Declaración de variables y creación de alias

Antes de realizar la declaración de las variables a usar vamos a guardar las constantes usadas en el programa en la EEPROM usando para ello el comando DATA

```
data @0,10,2,15,0,0,0,0
```

Luego se procede a la declaración de todas las variables a usar, estas son las siguientes.

KEY	Var byte
Temperature	var word
Temp1	var byte
Temp 2	var byte
Temp3	var byte
ADC_VAL	VAR Word
TEMP4	VAR WORD
TEMP5	VAR WORD

En este programa vamos a crear alias para utilizar las salidas de control indicando del pÓrtico usado el pin por donde va a ser enviada la seÑal.

CALEFACTOR	var portb.7
EXTRACTOR	var portb.6
VENTILADOR	var portb.5
Mode	var portb.0
Led	var portbE.0

En esta parte del programa definimos cuales son y por donde queremos que salgan las seÑales de control.

### 2.3.4.3 Configuraci3n de pÓrticos y registros especiales

En nuestro proyecto se ha utilizado el PIC 16F877 por lo que es necesario indicar en el programa que pÓrticos los vamos a utilizar para entrada y que pÓrticos los

utilizaremos para salidas, a la vez explicar los registros del microcontrolador en el que se va implementar el programa.

```

trisa=%000000001
TRISE=%00000000
PORTE=0
porta=0
cmcon=7
ADCON1 = %10000010
trisd=%11110000
trisb=%00001111
portb=0
portc=0

```

#### 2.3.4.4. Registros: TRISA, TRISB Y TRISC

Cada línea de los pódicos debe especificarse si será usada como entrada o como salida. Los registros TRISA, TRISB y TRISC sirven para indicar si las líneas son entradas o salidas: con 1L entrada, con 0L salida, ejemplo.

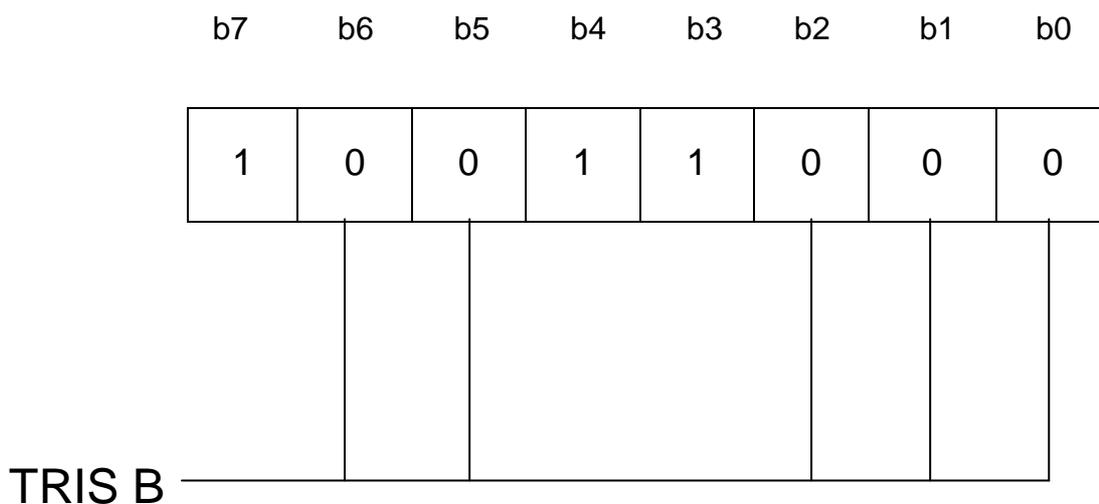


Fig. 2.7 Registros TRIS B

### 2.3.4.5 Lazo inicial

Main1:

```
LCDOUT $FE, 1,"Control Tempera."           ' LCD mensaje inicial
```

Esta instrucción nos permite enviar el mensaje que sale en la primera línea del LCD

### 2.3.4.6 Lazo principal

En este lazo el programa verifica si se quiere ingresar o no datos mediante el teclado y si no sucede esto, mediante el conjunto de instrucciones que a continuación se indican el microcontrolador envía al LCD la temperatura que se esta sensando en el instante convertida ya en caracteres normales.

Main:

```
gosub key_decode
if key<16 then
gosub menukey
endif
adcin 0,adc_val
TEMPERATURE=ADC_VAL
if mode =1 then
LCDOUT $FE,1,"Control Tempera."
lcdout $fe,$c0,"T=",#tempereture dig 2, #temperature dig
           1, ",",#temperature dig 0
gosub control
LED=1
else
lcdout $fe,1,"Sistema OFF"
LED=0
endif
goto main
```

### 2.3.4.7 Subrutina menú configuración de temperatura superior e inferior requerida por el operador.

El objetivo de esta subrutina es configurar o realizar un set de instrucciones para generar la comunicación del micro con el teclado y poder configurar la temperatura inferior y superior requerida por el operador este proceso se lo realiza comparando las teclas que son utilizadas y la codificación realizada para poder realizar una correcta lectura, también graba el nuevo valor de temperatura inferior y a la vez se puede visualizar los resultados en el LCD, aquí se realiza lectura de datos, comparación, mensajes al LCD, actualización de valores de variables y calculo de temperatura ingresada.

#### 2.3.4.7.1 Configuración para temperatura inferior

Menukey:

If key=12 then

    lcdout \$fe,1,"Ingre.Temp infe"

    read 0,temperature.byte1

    read 1,temperature.byte0

    lcdout \$fe,\$c0

GOSUB LCDSHOWT

    temp3=temperature dig 2

    temp2=temperature dig 1

    temp1=temperature dig 0

MENUINF:

    gosub key\_decode

    PAUSE 200

    IF KEY<10 THEN

        TEMP3=TEMP2

        TEMP2=TEMP1

        TEMP1=KEY

    LCDOUT\$FE,\$C0

    GOSUB LCDSHOW2

ENDIF

```

IF KEY=14 THEN
GOTO MAIN1
ENDIF
  If key=15 then
      temperature=temp3*100temp2*10+temp1
      write 0, temperature.byte1
      write 1, temperature.byte0
  endif
GOTO MENUINF
ENDIF

```

#### 2.3.4.7.2 Configuración para temperature superior

```

If key=13 then
  Lcdout $fe, 1, "Ingre. Temp Supe"
  read 2, temperature.byte1
  read 3, temperature.byte0
  Lcdout $fe,$c0
  GOSUB LCDSHOW2
      temp3=temperature dig 2
      temp2=temperature dig 1
      temp3=temperature dig 0
  MENUSUP:
  gosub key_decode
  PAUSE 200
  IF KEY<10 THEN
      TEMP3=TEMP2
      TEMP2=TEMP1
      TEMP1=KEY
      LCDOUT $FE,$C0
      GOSUB LCDSHOWT
  ENDIF
  IF KEY=14 THEN
      GOTO MAIN 1

```

```

ENDIF
  If key=15 then
    Temperature=temp3*100+temp2*10+temp1
    Write 2, temperature.byte1
    write 3, temperature.byte0
  endif
GOTO MENUSUP
endif
return

```

#### 2.3.4.8 Señales de salida de control

En esta parte del programa realizamos el control de las salidas de control que el microcontrolador va a entregar al circuito de acoplamiento de control y potencia y tiene las siguientes instrucciones.

##### **Control:**

```

    READ 0, TEMP4.BYTE1
    READ 1, TEMP4.BYTE0
    READ 2, TEMP5.BYTE1
    READ 3, TEMP5.BYTE0
if adc_val>temp5 then
  VENTILADOR=1
  EXTRACTOR=1
else
  VENTILADOR=0
  EXTRACTOR=0
endif
if adc_val<temp4 then
  CALEFACTOR=1
else
  CALEFACTOR=0

```

```
endif
return
```

### 2.3.4.9. Subrutina lee teclado y decodifica

Es una subrutina que nos permite realizar la codificación de los caracteres que tiene el teclado matricial, lo que se hace es detectar en que fila y columna se encuentra la tecla presionada para luego habilitar el pórtico como entrada para el valor que se está queriendo ingresar.

```
KEY_DECODE
    KEY=16                ´ inicializa valor
    PORTD=%00000001      ´ activa columna 1
    PAUSE 10             ´ retardo para estabilización
    IF PORTD.4=1 THEN KEY=1 ´ fila1
    IF PORTD.5=1 THEN KEY=4 ´ fila 2
    IF PORTD.6=1 THEN KEY=7 ´ fila3
    IF PORTD.7=1 THEN KEY=10 ´ fila 4 tecla *
    PORTD=%00000010      ´ active columna 2
    PAUSE 10             ´ retardo
    IF PORTD.4=1 THEN KEY=2 ´ fila 1
    IF PORTD.5=1 THEN KEY=5 ´ fila 2
    IF PORTD.6=1 THEN KEY=8 ´ fila 3
    IF PORTD.7=1 THEN KEY=0 ´ fila 4
    PORTD=%00000100      ´ activa columna 3
    PAUSE 10             ´ retardo
    IF PORTD.4=1 THEN KEY=3 ´ fila 1
    IF PORTD.5=1 THEN KEY=6 ´ fila 2
    IF PORTD.6=1 THEN KEY=9 ´ fila 3
    IF PORTD.7=1 THEN KEY=11 ´ fila 4 tecla #
    PORTD=%00001000      ´ activa columna 4
    PAUSE 10             ´ retard
    IF PORTD.4=1 THEN KEY=12 ´ fila 1 tecla a
    IF PORTD.5=1 THEN KEY=13 ´ fila 2 tecla b
```

```

IF PORTD.6=1 THEN KEY=14      ´ fila 3 tecla c
IF PORTD.7=1 THEN KEY=14      ´ fila 4 tecla d
PAUSE 10
RETURN

```

#### 2.3.4.10 Programa implementado en el PIC 16F1877

A continuación tenemos el programa que ha sido elaborado, compilado y grabado en el microcontrolador.

```

DEFINE ADC_BITS 10           ´ set number of bits in result
DEFINE ADC_CLOCK3           ´ set clock source (rc=3)
DEFINE ADC_SAMPLEUS 50      ´ set sampling time in microseconds
DEFINE LCD_DREG PORTC       ´ datos lcd al puerto c
DEFINE LCD_RSBIT 4          ´ pin rs al portc.4
DEFINE LCD_EREG PORTC       ´ pin en lcd al puerto c
DEFINE LCD_EBIT 5           ´ pin en al portc.5
DEFINE LCD_BITS 4           ´ conexión datos lcd a 4 bits
DEFINE LCD_LINES 2          ´ lcd 2*16
DEFINE LCD_COMMANDUS 2000   ´ ejecución comandos cada 2ms
DEFINE LCD_DATUS 50         ´ ejecución datos cada 50us
Data @0,10,2,15,0,0,0,0     ´ set point int-frc-lsb, hini mini, HFIN
                             Mfin

```

#### ; declaración de variables

Key	Var byte
Temperature	var word
Temp1	var byte
Temp 2	var byte
Temp 3	var byte
ADC_VAL	VAR word
TEMP4	VAR word
TEMP5	VAR word

**alias**

CALEFACTOR	var portb.7	pin portb.7 para el calefactor
EXTRACTOR	var portb.6	pin portb.6 para el extractor
VENTILADOR	var portb.5	pin portb.5 para el ventilador
Mode	var portb.0	modo funcionamiento
		=1 normal,=0 en espera
led	var portb.0	led modo funcionamiento

**CONFIGURACIONES DE PUERTOS**

trisa=%00000001	configuración puerto,=1 entradas,=0 salidas
TRISE=%00000000	configuración puerto e

**INICIALIZACION PUERTOS**

PORTE=0	puerto e=0
porta =0	puerto a=0
cmcon=07	modulo comparador analógico apagado
ADCON1 = %10000010	justificación derecha y puerto a como analógico
trisd=%11110000	configuración puerto usado para teclado 16*16
portd=0	puerto d=0
trisc=%00000000	configuración puerto c
trisb=%00001111	configuración puerto b
portb=0	puerto b=0
portb=0	puerto b=0
portc=0	puerto c=0
CALEFACTOR=0	calefactor apagado
EXTRACTOR=0	extractor apagado
VENTILADOR=0	ventilador apagado
option_reg=%00000000	resistencias pull –ups Puerto b activadas

**lazo inicial**

Main 1:

LCDOUT \$FE,1, "Control Tempera," ´ lcd mensaje inicial

### ´ lazo principal

Main:

```

gosub key_decode           ´ llamada subrutina decodificador teclado
  if key<16 then           ´ si teclado presionado
    gosub menukey         ´ despliegue menú configuración
  endif
  adcin 0,adc_val         ´ lee valor actual de temperatura
TEMPERATURE=ADC_VAL       ´ actualiza temperatura actual
  if mode=1 then          ´ si modo de operación normal ´despliega
                           temperature actual

  LCDOUT $FE,1,"Control Tempera."
  Lcdout $fe,$c0,"T=",#temperature dig 2,#temperature dig 1,".",#temperaure
  dig 0
  gosub control           ´ activa salidas según temperatura actual
  LED=1                  ´ activa led funcionamiento normal
  Else                    ´ muestra mensaje si modo de operación apagado
  Lcdout $fe,1,"Sistema OFF "
  LED=0                  ´ apaga led funcionamiento apagado
  endif
  goto main              ´ fin lazo principal

```

### ´ SUBRUTINAS

#### ´ SUBRUTINA MENU CONFIGURACION

Menukey:

```

  if key=12 then; tecla A CONFIGURA límite inferior
                           ´ despliega mensaje de configuración para límite inferior
  Lcdout $fe,1,"Ingre.Temp infe"
  read o,temperature.byte1           ´ leer valor eeprom temperatura inferior

```

#### ´ BYTE SUPERIOR

```

  read 1,temperatura.byte0           ´ lee valor eeprom temperature inferior

```

#### ´ bite inferior

```

  Lcdout $fe,$c0                    ´ salta a lcd a segundo fila

```

```

GOSUB LCDSHOWT           ´ muestra en lcd temperatura inferior
temp3=temperature dig 2  ´ almacena valor anterior temperatura
temp2=temperatura dig 1 ´ almacena valor anterior temperatura
temp1=temperatura dig 0 ´ almacena valor anterior temperatura

```

#### ´ LAZO TEMPERATURA INFERIOR

MENUINF:

```

Gosub key_decode         ´ lee teclado
PAUSE 200                ´ espera rebotes
IF KEY<10 THEN           ´ si teclas presionadas 0-9
    TEMP3=TEMP2          ´ actualiza valor
    TEMP2=TEMP1          ´ actualiza valor
    TEMP1=KEY            ´ actualiza valor
    LCDOUT $FE,$C0       ´ lcd a segunda fila
    GOSUB LCDSHOW2      ´ muestra valor nuevo temperatura
                        Inferior
ENDIF
IF KEY=14 THEN           ´ tecla presionada es c sale
    GOTO MAIN 1          ´ salta a lazo principal
ENDIF
If key=15 then           ´ si tecla presionada graba

```

#### ´ CALCULA TEMPERATURA INFERIOR

```

    temperatura=temp3*100+temp2*10+temp1
    write 0, temperatura.byte1 ´ graba temperatura inferior bite msb
    write 1, temperatura.byte0 ´ graba temperatura inferior bite msb
endif
    GOTO MENUINF          ´ fin menú temperatura inferior
endif

```

#### ´ CONFIGURACION TEMPERATURA SUPERIOR

```

    if key=13 then        ´ tecla presionada es b configura
´ límite superior
´ muestra mensaje de configuración de temperatura superior
    Lcdout $fe,1,"Ingre.Temp Supe"
    Read 2,temperature.byte1 ´ lee valor anterior de temperatura

```

```

superior
` BYTE MSB
    Read 3,temperatura.byte0    `lee valor anterior de temperatura
                                superior
` BYTE LSB
    Lcdout $fe,$c0              `salta LCD a segunda fila
    GOSUB LCDSHOW                `muestra temperatura superior
                                Almacenada
    temp3=temperatura dig 2      `actualiza valores
    temp2=temperatura dig 1      `actualiza valores
    temp1=temperatura dig 0      `actualiza valores
` CONFIGURACION TEMPERATURA SUPERIOR
    MENUSUP:
    gosub key_decode            ` lee teclado
    PAUSE 200                   ` elimina rebotes
    IF KEY<10 THEN              ` teclas presionadas son de 0-9
        TEMP3=TEMP2             ` actualiza valor
        TEMP2=TEMP1             ` actualiza valor
        TEMP1=KEY               ` actualiza valor
        LCDOUT $FE,$C0          ` lcd a segunda fila
        GOSUB LSDSHOWT          ` muestra valor de temperatura superior
    ENDIF
    IF KEY=14 THEN              ` SI tecla PRESIONADA ES C
        GOTO MAIN1              ` sale a menú inicial
    ENDIF
    If key=15 then              ` si tecla presionada es d
` calcula valor temperatura superior
    temperature=tem3*100+temp2*10+temp1
    write 2, temperatura.byte1   ` graba nuevo valor temperatura
` SUPERIOR BYTE MSB
    write 3,temeprature.byte0   ` graba nuevo valor temperatura
` SUPERIOR BYTE MSB
    endif

```

```

        GOTO MENUSUP                ´ fin menú temperatura superior
    endif
    return

´SUBROUTINA MUESTRA LÍMITE SUPERIOR O INFERIOR
    LCDSHOW2:
    LCDDOUT "T=",#temp3,#temp2,".",#temp1
    RETURN

´ SUBROUTINA MUESTRA TEMPERATURA ACTUAL O INFERIOR
    LCDSHOWT:
    LCDDOUT "T=",#temperature dig 2,#temperature dig 1,".",#temperature dig 0
    RETURN

´ CONTROLA SALIDAS SEGUN TEMPERATURA ACTUAL
    Control:
        READ 0, TEMP4.BYTE1          ´ lee límite inferior  msb
        READ 1, TEMP4.BYTE0          ´ lee límite inferior  msb
        READ 2, TEMP5.BYTE1          ´ lee límite superior msb
        READ 3, TEMP5.BYTE0          ´ lee límite superior msb

´ VERIFICA SI TEMPERATURA ACTUAL ES MAYOR A LIMITE SUPERIOR
    IF adc_val>temp5 then
        VENTILADOR=1                ´ activa ventilador
        EXTRACTOR=1                 ´ activa extractor
    Else
´ SI TEMPERATURA ACTUAL ES MENOR A TEMPERATURA SUPERIOR
        VENTILADOR=0                ´ apaga ventilador
        EXTRACTOR=0                 ´ apaga extractor
    Endif

´ VERIFICA SI TEMPERATURA ACTUAL ES MENOR A LIMITE INFERIOR
    If adc_val<temp4 then
        CALEFACTOR=1                ´ activa calefactor
    ELSE
´ SI LA TEMPERATURA ACTUAL ES MAYOR A TEMPERATURA INFERIOR
        CALEFACTOR=0
    endif

```

return

´ **SUBROUTINA LEE TECLADO Y DECODIFICA**

´ **variable de salida key de 0 a 16**

´ **si teclado no presionado key=16**

KEY\_DECODE:

KEY=16

´ inicializa valor

PORTD=%00000001

´ activa columna 1

PAUSE 10

´ retardo para estabilización

IF PORTD.4=1 THEN KEY=1

´ fila 1

IF PORTD.5=1 THEN KEY=4

´ fila 2

IF PORTD.6=1 THEN KEY=7

´ fila 3

IF PORTD.7=1 THEN KEY=10

´ fila 4 tecla \*

PORTD=%00000010

´ activa columna 2

PAUSE 10

´ retardo

IF PORTD.4=1 THEN KEY=2

´ fila 1

IF PORTD.5=1 THEN KEY=5

´ fila 2

IF PORTD.6=1 THEN KEY=8

´ fila 3

IF PORTD.7=1 THEN KEY=1

´ fila 4

PORTD=%00000100

´ activa columna 3

PAUSE 10

´ retardo

IF PORTD.4=1 THEN KEY=3

´ fila 1

IF PORTD.5=1 THEN KEY=6

´ fila 2

IF PORTD.6=1 THEN KEY=9

´ fila 3

IF PORTD.7=1 THEN KEY=11

´ fila 4 tecla #

PORTD=%00001000

´ activa columna 4

PAUSE 10

´ retardo tecla #

IF PORTD.4=1 THEN KEY=12

´ fila 1 tecla a

IF PORTD.5=1 THEN KEY=13

´ fila 2 tecla b

IF PORTD.6=1 THEN KEY=14

´ fila 3 tecla c

IF PORTD.7=1 THEN KEY=15

´ fila 4 tecla d

PAUSE 10

RETURN

end.

### 2.3.5 ETAPA DE VISUALIZACIÓN

Luego de haber realizado la introducción de los datos de temperatura máxima y mínima a través del teclado y de realizar la puesta en marcha del circuito y del sistema de ventilación inteligente es importante que en el LCD se mantenga siempre la temperatura del ambiente.

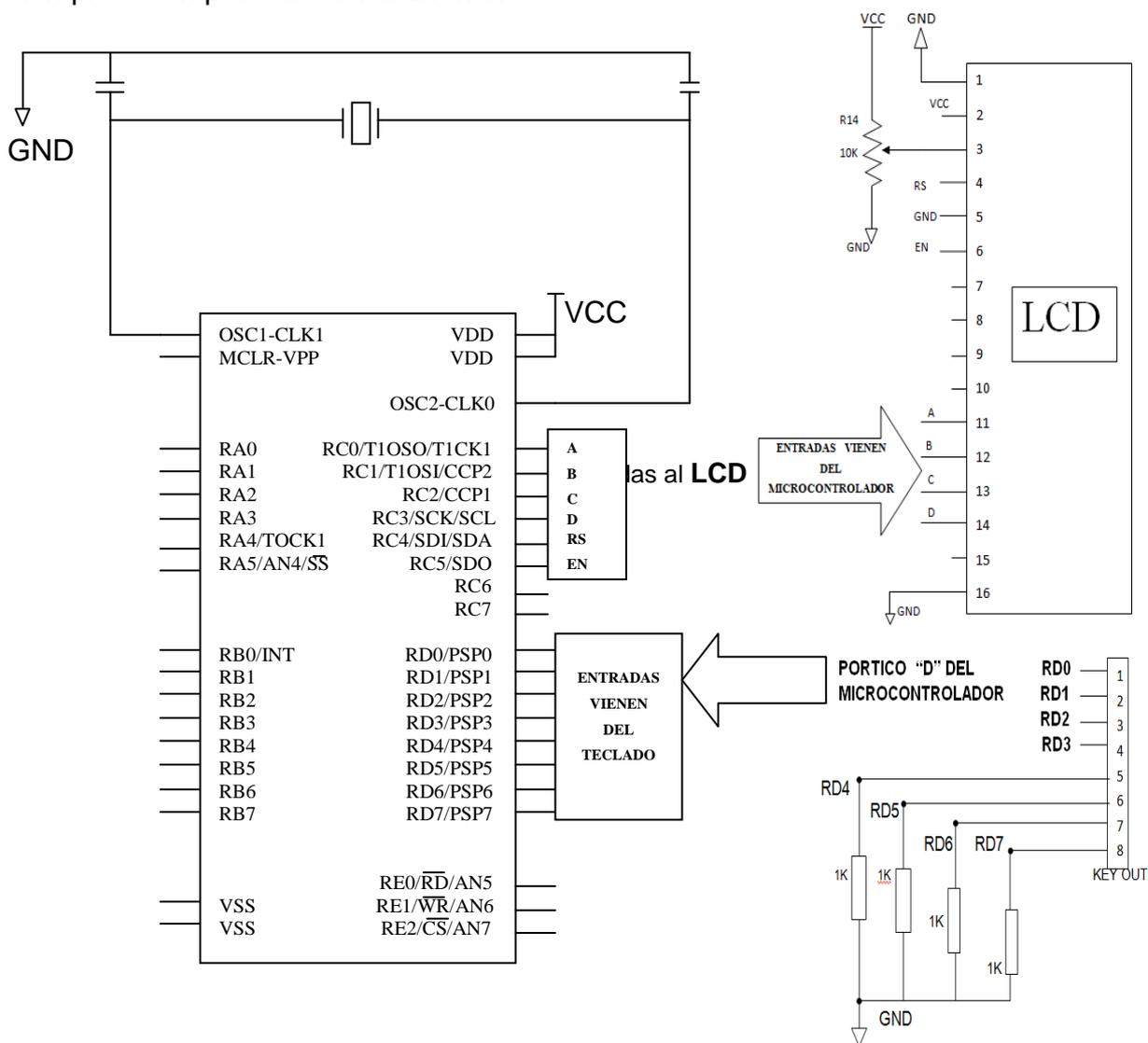


Fig. 2.8 Entradas y salidas del teclado y LCD

Es por eso que se ha diseñado el circuito para poder visualizar las opciones siguientes.

- La temperatura real del ambiente
- La temperatura ingresada por el operador máxima y mínima

Para cuando están en funcionamiento los actuadores se ha implementado tres indicadores o focos piloto que nos indican si está operando los actuadores estos focos son de 110 voltios CA de color rojo para el ventilador y para el extractor y de color naranja para el funcionamiento del calefactor. A continuación se indica la configuración de pines del LCD y los pines de conexión por el PORTICO C, la conexión de las salidas con el microcontrolador y los pines de conexión del teclado con el microcontrolador mediante el pósito D.

En la figura 2.8 se observa la entrada y salida del teclado, KEY OUT y el display de visualización LCD, LCD OUT y las conexiones al microcontrolador, a demás las conexiones de entrada y salida del PIC.

### **2.3.6 ETAPA DE POTENCIA**

Esta etapa consta de dos circuitos importantes que son el circuito de optoaislamiento y el circuito de potencia. La parte de optoaislamiento es en donde se reciben las señales de control del microcontrolador y su acoplamiento con los dispositivos de switcheo electrónico en este caso los optotriac que funcionan como aisladores del circuito de control y el circuito de potencia estos optoaisladores son los MOC 3020 y los actuadores que son un extractor, un ventilador y un calefactor. Cuando el microcontrolador envía señales de control a través de los pines RB5,RB6,RB7 del pósito B, estos llegan directamente al dispositivo electrónico MOC 3020 para tener un mejor entendimiento lo vamos a analizar a continuación.

#### **2.3.6.1 Circuito de Optoacoplamiento**

Se escogió este tipo de optoaislador el MOC 3020 por las siguientes características.

- Temperatura de trabajo - 40°C a + 85°C
- La parte de emisión soporta hasta 60mA de CD y de 3 voltios de reversa, y Estos valores son perfectamente acoplables con el microcontrolador.

- La parte de detección soporta hasta 400 voltios y 1 amperio de corriente

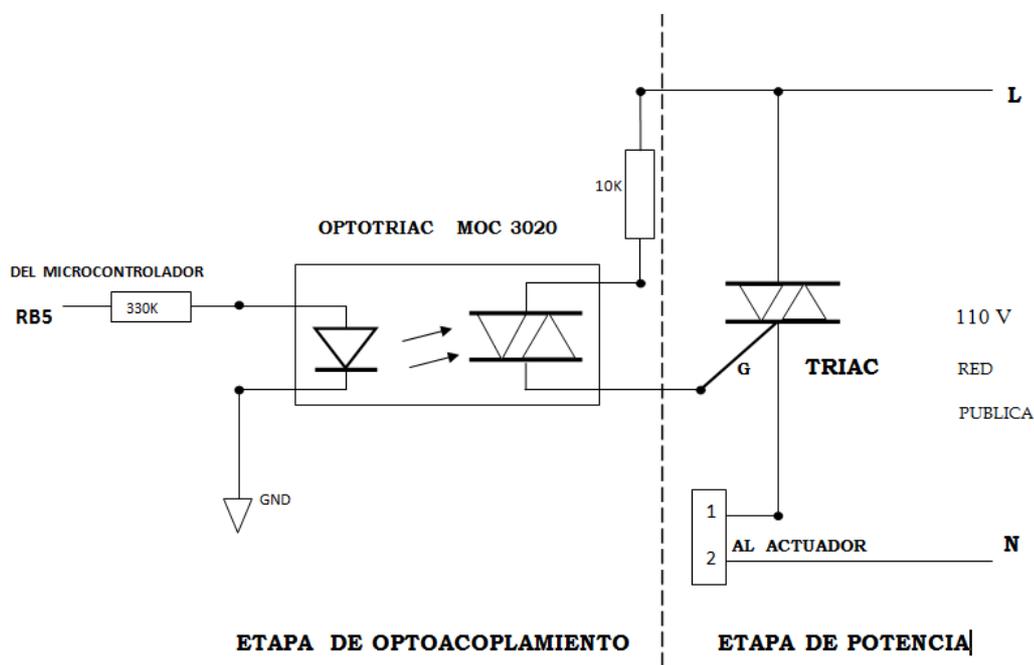


Fig. 2.9 Etapa de acoplamiento y potencia

Se puede observar claramente que de las salidas del microcontrolador directamente se conecta a la entrada 1 del MOC 3020 que es ánodo del receptor del fototriac PIN 1, mientras que cuando hay conducción el PIN 2 del fototriac conduce a tierra cerrando el circuito de emisión. Mientras que en la parte de recepción del MOC 3020 en el Pin 6 viene la una línea de la red a través de R7 de 10 K ohmios, cuando hay una señal de control enviada por el microcontrolador al fototriac este genera una señal de emisión electrónicamente la cual hace que el triac interno del opto acoplador se dispare y produciendo así la conducción entre los terminales 6 y 4 del MOC 3020, esto provoca la circulación de corriente en la puerta del TRIAC de potencia disparándose y entrando en fase de conducción entregando así el voltaje necesario para que funcione el actuador.

### 2.3.6.2 Circuito de potencia

Representa el final de este sistema y está compuesto por tres TRIACS que son un switch electrónico que va conmutando su operación con las salidas de control del microcontrolador y que en el circuito implementado hay tres TRIACS uno para

cada actuador, el TRIAC tiene como función específica la puesta en marcha de cada uno de los actuadores utilizados en este proyecto dependiendo de la señal recibida.

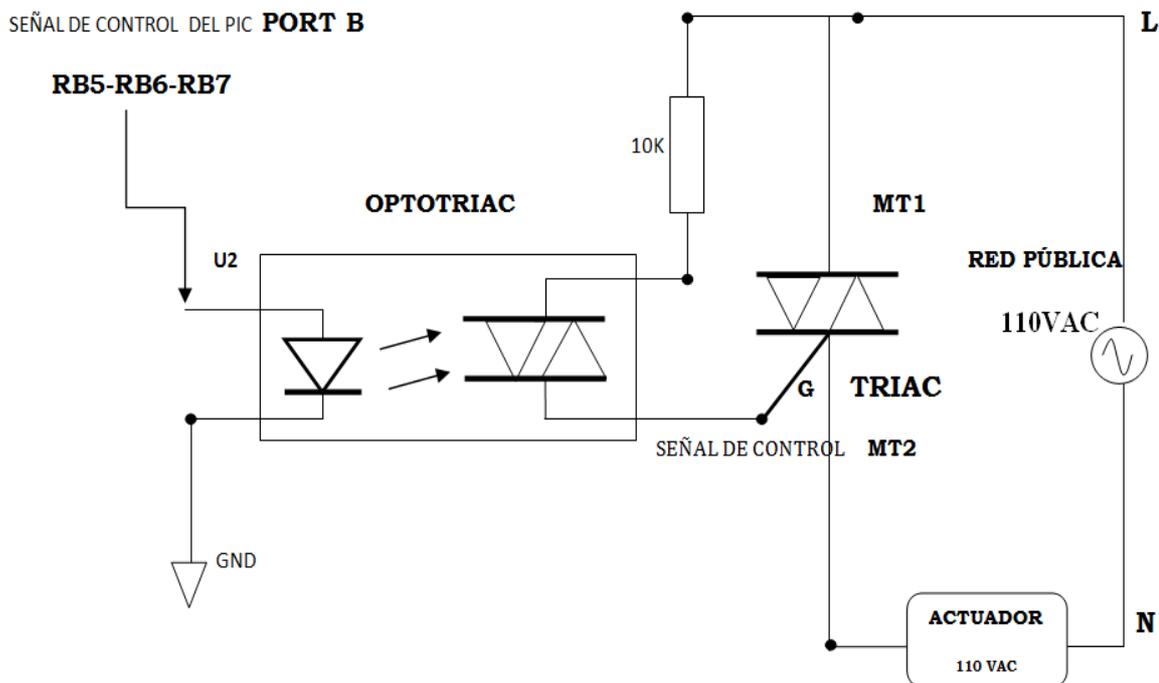


Fig. 2.10 Etapa de potencia

La tensión de trabajo para los actuadores es tomada de la red pública de 110 vac. Y el consumo de energía depende de las características de cada actuador, los cálculos de potencia y de consumo los vamos a presentar en el siguiente punto.

### 2.3.7 CIRCUITO DE OSCILADOR

Para el circuito se utiliza un cristal de 4 MHz y dos condensadores de 22pf. El circuito del oscilador va conectado a los pines 13 y 14 del microcontrolador OSC1/CLK1 y OSC2/CLKOUT y permiten introducir en el micro la señal de reloj necesaria para su funcionamiento la fig. 2.11 muestra este circuito.

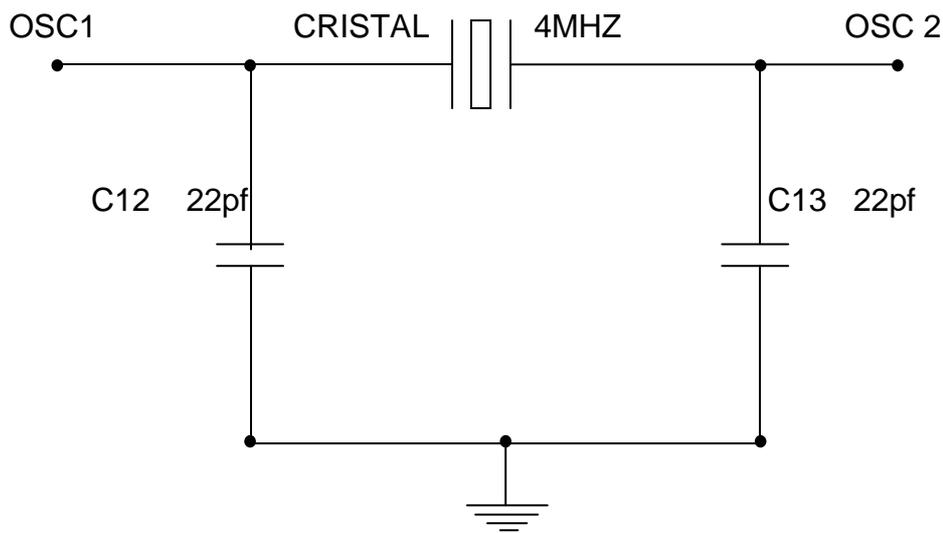


Fig. 2.11 Circuito del oscilador

### 2.3.8 CIRCUITO DE RESET

Este circuito está conectado al PIN 1 y está conformado básicamente por una resistencia conectada a Vcc, esta resistencia tiene como valor de 10Kohmios y cuando pulsamos el swithc, en el microcontrolador se pone en nivel bajo y se reinicializa el programa, en la siguiente figura se muestra el circuito de reset.

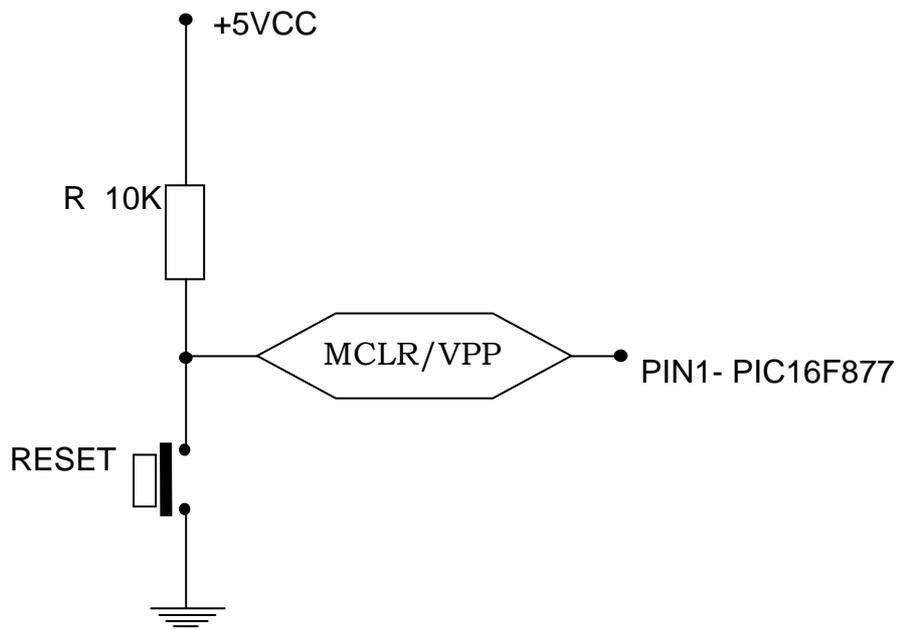


Fig. 2.12 Circuito de reset

La entrada MCLR permite reiniciar el estado del micro, llevándose a cabo dos acciones importantes

- Se carga un 0 en el Contador de Programa, de forma que después De un Reset siempre se ejecuta la instrucción que está en la posición 0 de la memoria de programa.
- Los registros de estado y control toman un estado conocido y determinado.

## **2.4 ENSAMBLAJE E INSTALACION DEL SISTEMA DE VENTILACION INTELIGENTE**

En este punto vamos a ver básicamente el diseño y puesta en marcha del proyecto, también se va a indicar características de los dispositivos actuadores y el ensamblaje del circuito de control con todos los dispositivos eléctricos y electrónicos utilizados.

### **2.4.1 INSTALACIÓN DEL CABLEADO ELECTRICO**

Para la instalación del cableado eléctrico se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones.

- Cálculo del consumo total de potencia del sistema
- Distancia de la caja de breakers del laboratorio hasta el circuito de control
- Distancias desde el circuito de control hasta los actuadores
- Tipo cable y numeración AWG del mismo.
- Tipo de tendido eléctrico desde la fuente de voltaje hasta los actuadores

#### **2.4.1.1 Cálculo del consumo de potencia del sistema**

Para calcular la potencia total del sistema vamos a realizar la suma de todas las potencias de placa de los elementos utilizados en el circuito y la potencia consumida por todos los dispositivos eléctricos y electrónicos del sistema.

Potencia del ventilador	100 w
Potencia del Calefactor	1500 w
Potencia del extractor	120 w
	<hr/>
	1720 w

### Cálculo de la Potencia del transformador de la fuente DC

VOLTAJE = 110 V                      AMPERAJE 500ma = 0,5 A

$$P = V * I$$

$$P = 110 * 0,5 A$$

$$P = 55 W$$

### Elementos electrónicos

PIC	1 W
MOC 3020	0,2 W
TRIAC	2,2 W
LCD	5 W
	<hr/>
	8,5 W

1720 W

55 W

8,5 W

**POTENCIA TOTAL**                      

---

1783,5 W

### Cálculo del amperaje de breaker

VOLTAJE = 110 V

POTENCIA = 1783,5 W

$$P = V * I$$

$$I = P / V$$

$$I = 1783,5 / 110V$$

$$I = 16,21 \text{ amperios}$$

Entonces el breaker más cercano a 16 amperios es uno de **20 AMPERIOS**.

### 2.4.1.2 Cálculo de la cantidad de cable utilizado.

La caja de breakers está prácticamente al frente del circuito de control, realizamos la mediación para proceder a realizar el tendido eléctrico.

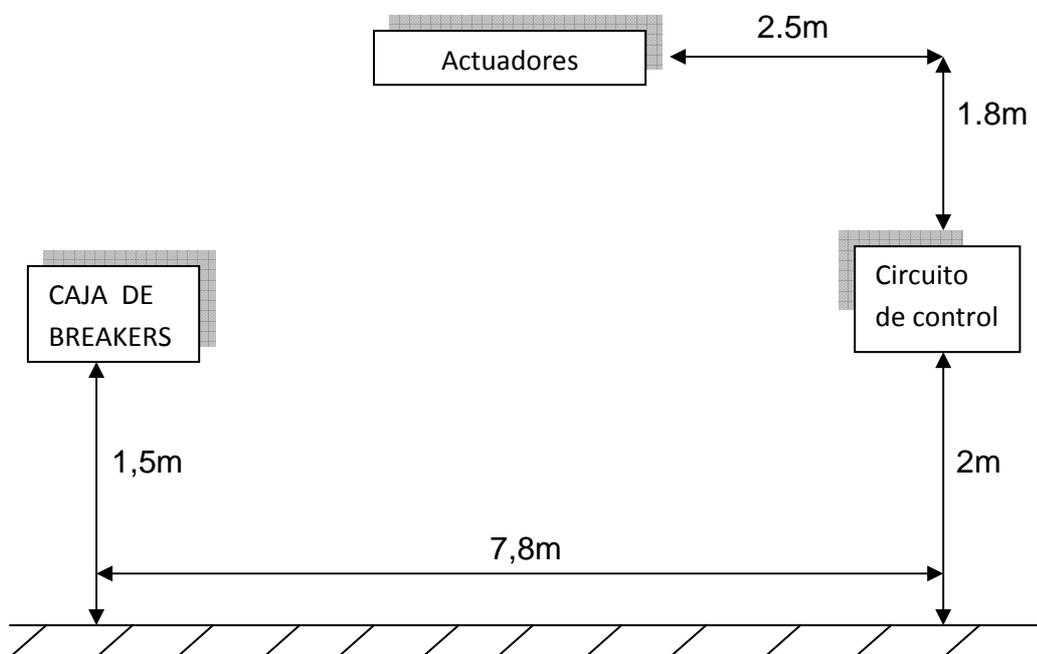


Fig. 2.13 Distancias entre elementos del sistema

Sumando toda la distancia que existe entre la caja de distribución y el circuito de control, también los actuadores vamos a utilizar 60m de cable N° 12 AWG.

Como el cable va a ser llevado prácticamente por las paredes se necesita colocar canaleta, a continuación se presenta las características de los actuadores utilizados.

### 2.4.2 CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR

- Consta de un motor de 100 watts de potencia
- El ventilador tiene 4 aspas que van empotradas con tres tornillos al motor del dispositivo
- Este dispositivo tiene un peso máximo total de 50 libras ya sean en estado de funcionamiento, como en estado de reposo.
- Este aparato consta de dos hilos conductores que son para las conexiones eléctricas.

### 2.4.2.1 Conexiones eléctricas del ventilador

- Cuatro cables están conectados en la parte superior del abanico  
  
Negro Marrón: Energía “caliente” para el abanico  
  
Blanco Verde: Cable de tierra
- cable Negro del abanico debe ser conectado al cable Negro o a la fase, usando para la conexión una tuerca para cable, repita este proceso para otro alambre que se deberá conectar al neutro.
- Oculte todo el cableado dentro de la cajetilla eléctrica

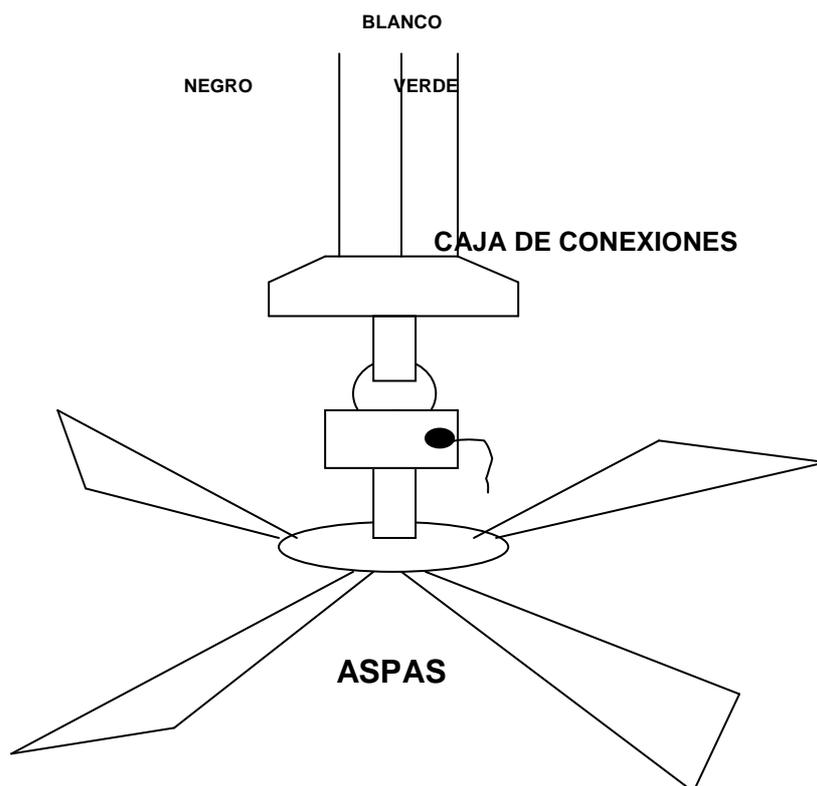


Fig. 2.14 Estructura del ventilador

Antes de realizar las conexiones eléctricas se debe revisar que el breaker este en off o apagado.

### **2.4.3 CARACTERISTICAS DEL CALEFACTOR INSTALADO EN EL LABORATORIO**

Para la implementación de nuestro proyecto se va a utilizar un calefactor HOMEBASIX, SKU # K01-0030 que tiene las siguientes características

- El calefactor es de color blanco de 9 pulgadas de alto y 4 pulgadas de espesor de forma redonda con un motor de tres aspas y con distintos filamentos de niquelina que sirven para calentar el aire expulsado por las aspas del motor.
- Entrada de 120 voltios, 60 Hz que se obtiene de la red pública eléctrica
- La máxima corriente de salida que puede utilizar el calefactor es de 12,5 amperios a 1500vatios de potencia.
- La potencia máxima disipada por el calefactor es de 1500 vatios

La tolerancia del equipo no pueden exceder más allá del 105 % del los valores especificados.

### **2.4.3 CARACTERISTICAS DEL EXTRACTOR**

El extractor consta de un motor eléctrico y las aspas que no introducen aire al laboratorio, sino que saca aire del ambiente, como el aire caliente tiende a irse a la parte superior entonces el efecto es bueno para nuestro sistema, a demás el extractor funciona conjuntamente con el ventilador. Las características del extractor son las siguientes.

- El motor eléctrico es de 100w potencia
- El voltaje es de 110v, 60HZ

El aire es extraído del interior del laboratorio y es enviado a la parte superior o por arriba del techo de madera.

#### **2.4.4 ENSAMBLAJE DEL CIRCUITO DE CONTROL<sup>20</sup>**

Es la parte más importante del sistema y se ha realizado con el mayor cuidado para obtener los mejores resultados consta de varias partes que ya fueron analizadas en los puntos anteriores, también partes de ensamblaje externo e interno utilizados en el sistema de control. Entre esas partes tenemos las siguientes.

- Caja metálica para el circuito de control
- Circuito impreso en baquelita
- Sonda del sensor utilizado.
- LCD y TECLADO
- Borneras para conexión del cableado
- Switch ON-OFF
- Transformador 120 v – 12 v

La caja usada es una caja de 25cm por 28cm y de color crema en donde se realizaron las perforaciones correspondientes para los dispositivos de visualización y de ingreso de datos, esto es externamente. En la parte interior se realizaron las conexiones eléctricas y electrónicas correspondientes entre todos los dispositivos utilizados, también los cables de conexión entre los TRIACS y los ACTUADORES y la alimentación eléctrica de control y potencia.

En el anexo N° 2 observan todos los pasos en fotografía realizados, una cronología para el ensamblaje del circuito de control y de la instalación del sistema de ventilación inteligente en el laboratorio de microprocesadores de la E.S.F.O.T.

---

<sup>20</sup> Ver anexo 2

## 2.5 ANALISIS TECNICO ECONÓMICO

### 2.5.1 ANALISIS TECNICO.

El sistema de ventilación inteligente es un equipo eléctrico que trabaja a 110 voltios y 60Hz, consume una potencia máxima de 1,7 Kw consta de dos partes importantes que son, el circuito de control y el circuito de potencia.

El circuito de control está constituido principalmente por un dispositivo microcontrolador PIC16F877<sup>21</sup> cuya características se presentan en el anexo 1, una fuente de poder de 110 voltios a 5 voltios, que es la que distribuye y alimenta a todos los elementos electrónicos que conforman esta parte del sistema. Quién nos entrega 5 voltios para alimentar al PIC es un dispositivo regulador LM7805 al que se le ha implementado un disipador por la alta temperatura que genera, Para poder aislar la corriente alterna y la corriente directa, además en este circuito se utiliza un optoaislador MOC3020, que tiene la capacidad de soportar 20 amperios que es lo máximo que puede utilizar la parte de potencia, el circuito de control trabaja con 3 TRIACS cuyas características se aprecian en el anexo 1 y que también puede trabajar con una corriente máxima de 20 amperios.

El circuito de control se encuentra en una caja metálica de buena calidad de color crema y consta además de un sensor de temperatura LM35 el cual se lo puede colocar a 6 metros del circuito de control mediante una sonda y una capsula que fue implementada alrededor del sensor. Se debe mencionar que el circuito está protegido por un fusible de 1 amperio ya que es la máxima corriente que nos entrega el transformador. Para la parte de visualización e ingreso de datos se tiene un LCD de pantalla color azul y un teclado matricial respectivamente.

En la parte de potencia tenemos tres actuadores el ventilador y el extractor son dos equipos muy similares y casi de las mismas características no consumen mas allá de los 250 w funcionando conjuntamente, estos son puestos en marcha por el circuito de control cuando se exceda una temperatura máxima indicada por el operador. Por otro lado está el calefactor que es un equipo de confort que puede

---

<sup>21</sup> Ver anexo 1

consumir como máximo 15000 w y es puesto en marcha por el control cuando la temperatura del ambiente baje de la indicada por el operador.

Con esto se puede concluir que el costo de este sistema es competitivo con el costo de otros equipos similares características existentes en el mercado y que pueden ser usados en distintas aplicaciones como en residencias, en invernaderos, en locales comerciales etc. Con la ventaja de poder aumentar la aplicación del sistema cambiando los dispositivos eléctricos y electrónicos por otros de más o menos potencia.

## **2.5.2 ANALISIS ECONÓMICO**

En este punto vamos a realizar un análisis de todos los gastos realizados desde el inicio del proyecto hasta la instalación final en el lugar estipulado, para ello realizamos en el cuadro siguiente una descripción del costo de todos los elementos adicionales pero que tuvieron su costo en el desarrollo del proyecto implementado.

### **2.5.2.1 Costo de la implementación del equipo**

#### **Costo de materiales y actuadores**

Caja metálica	15.00 usd
Sonda del sensor	10.00 usd
Copias	5.00 usd
Movilización y suministros	25.00 usd
Impresiones	10.00 usd
Ventilador	50.00 usd
Extractor	45.00 usd
Calefactor	30.00 usd
Cable N° 12 AWG	20.00 usd
Canaleta	15.00 usd

---

**TOTAL      215.00 usd**

### Costo de elementos electrónicos

En el cuadro 2.3 se presentan los precios de los componentes electrónicos utilizados en el proyecto.

<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (USD)</b>	<b>PRECIO TOTAL (USD)</b>
Teclado matricial ECO1625006	1	9,80	9,80
Microcontrolador PIC 16F877	1	13	13
Regulador de voltaje UA7805	1	1,30	1,30
Optoaislador MOC 3020	3	1,50	4,50
TRIAC BT 139	3	1,60	4,80
Transformador 120v – 12v, 1.5 A	1	8,50	8,50
Borneras	3	1,20	3,60
Termistor LM35	1	2,50	2,50
Diodo de silicio 1N4007	1	0,90	0,90
Cristal de 4MHZ	1	1,50	1,50
Resistencias	10	0,20	2
CI LM358	1	2,50	2,50
LED	5	0,50	2,50

**TOTAL            57,50 usd**

Cuadro 2.3 Costo de elementos electrónicos

**TOTAL = 215 usd + 57.50 usd = 282.50 usd**

***El costo total del proyecto es de 282,50 dólares americanos.***

## 2.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 2.6.1 CONCLUSIONES

Mediante la realización de este proyecto se ha logrado concluir varios aspectos en distintos campos, fue una experiencia agradable y a la vez de mucho aprendizaje entre estos aspectos tenemos los siguientes.

- El diseño de circuitos de control se hace más versátil y muy fiable cuando utilizamos los PICS en nuestro caso el microcontrolador PIC 16F877 nos ha brindado facilidad en costo, programación, compilación y grabado del programa implementado en general es más económico el desarrollo de circuito de control utilizando microcontroladores.
- Se puede competir en el mercado nacional con ideas de estudiantes de Tecnología e Ingeniería de la Escuela Politécnica Nacional siempre y cuando exista el apoyo de cualquier entidad gubernamental o no gubernamental que explote y de un impulso a los proyectos que aquí se realizan.
- El circuito de control realizado en este sistema de ventilación inteligente no solo se lo puede utilizar para la aplicación que aquí se realiza, sino que en base del microcontrolador y el programa implementado en el mismo se puede ampliar sus aplicaciones ya sea usando contactores, relés y actuadores de mayor potencia. El cerebro es el circuito de control.
- Es muy necesario en los circuitos de control utilizar una etapa en donde se pueda aislar los circuitos que utilizan para su desempeño la corriente alterna y los circuitos que utilizan corriente directa, en este equipo se utilizó un aptoacoplador MOC 3020 que nos permite aislar el circuito de control y el circuito de potencia.

- Los equipos de confort existentes en el mercado para un área similar a la que se implementos este sistema de ventilación inteligente tienen un costo muy elevado con respecto del sistema implantado en este proyecto. Recalcando que muchas veces los estudiantes no tenemos al alcance la tecnología como para mejorar los diseños de los proyectos que se realizan.
- Para la programación de los microcontroladores se debe tener mucha creatividad y también conocer el lenguaje que se va a utilizar, Esto debido a que no es muy fácil desarrollar un programa si no se conoce muy bien los comandos, operadores y todos los aspectos relacionados con el Lenguaje de programación para un PIC.
- Para determinar los valores de temperatura a la que va a trabajar este equipo debe tomar en cuenta los factores internos y externos que pueden incidir en el ambiente en donde se lo va aplicar, ya que no solo se lo puede utilizar en un laboratorio, sino que se lo puede implantar en restaurantes, invernaderos, sala de reuniones, discotecas etc. Tiene muchas aplicaciones.
- Es muy importante realizar un presupuesto de todos los gastos que se van a realizar, todos los cálculos de cantidades de materiales no se puede pasar por alto. Esto debido a que realizar un presupuesto inicial no se han tomado en cuenta todos los detalles mínimos, al final nos veremos obligados a poner de nuestro bolsillo para poder cristalizar no solo este proyecto, sino cualquier proyecto que se vaya a realizar.
- La temperatura en el Ecuador no es muy predecible debido a que no se tiene un patrón establecido de la temperatura en el país, sino que existe variación y a la vez anomalías<sup>22</sup> en distintas ciudades en especial en la Región Interandina o Sierra.

---

<sup>22</sup> Ver Anexo 4

## 2.6.2 RECOMENDACIONES

También se debe tomar en cuenta las recomendaciones que se indican a continuación.

- Si se debe una aplicación más precisa de este equipo se debe elegir un sensor de temperatura que presente mayor eficacia en su proceso de respuesta al ambiente donde se lo va a implantar.
- Si el lector desea utilizar esta aplicación debe tomar en cuenta que el sensor de temperatura no puede estar cerca de los demás elementos que conforman el circuito de control, ya que algunos elementos electrónicos generan calor y este puede influir en el correcto funcionamiento del sensor que se utiliza y a la vez se recomienda no llevar muy lejos el sensor mediante cable ya que una distancia muy alejada podría presentar errores en la entrada de sensado de temperatura.
- Los TRIACS que se utilizan en este equipo están diseñados para soportar hasta 20 amperios si se desea acoplar el circuito de control diseñado en este proyecto con un circuito de mayor potencia para los actuadores, es necesario cambiar el valor de los actuadores, es necesario cambiar la potencia de los triacs y del optoaislador.
- Se recomienda al operador de este sistema dejar el equipo sin energizar o sin funcionamiento si no se encuentra en uso el lugar donde se encuentre implementado, ya que en las noches o los fines de semana se pueden tener valores que sobrepasen las temperaturas límite y eso puede generar un desperdicio de energía eléctrica si trabajan los actuadores.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.**

- 1.- VALDES. FERNANDO (2007) Microcontroladores, Fundamentos y aplicaciones  
con PIC. Alfa y Omega.
- 2.- GONZALES VASQUEZ (2002). Microcontroladores y aplicaciones.
- 3.- LILEN H. (1988). Tiristores y Triacs. Barcelona-España: Boixareu-Editores
- 4.- HERNANDEZ SAMPIERI, ROBERTO. (1991). Metodología de  
Investigación México:McGraw-Hill
- 5.- AUCAPINA ESCOBAR, GERMAN. (2001). Sistemas de desarrollo para los  
Microcontroladores PIC. Tesis de Ingeniería Eléctrica Escuela Politécnica  
Nacional.
- 6.- ARTHUR. WILLIAMS. (1992). Manual de circuitos integrado selección,  
diseño  
y aplicaciones. México: McGraW Hill.
- 7.- ANGULO U. JOSE M. (2000). Microcontroladores PIC, Diseño práctico de  
aplicaciones. Madrid: McGraW Hill.
- 8.- TIMOTHY, J. MALONEY. (1997). Electrónica Industrial Moderna. México:  
Prentice- Hall Hispanoamericana S.A.
- 9.- MICROSOFT CORPORATION. (2007). Enciclopedia en carta.
- 10.- MOMPIN P JOSE (1997). Transductores y medidores electrónicos.  
Barcelona.  
Editorial Marcombo.
- 11.- PALLAS. ARENI (2002). Sensores y acondicionadores de señal. Barcelona.  
Editorial Noriega.
- 12.- COSTALES. ALCIVAR (2006). Curso de Programación BASIC. Quito-  
Ecuador
- 13.- CHAVEZ. GEOVANNY (2001) Control de Luz y Temperatura. Tesis de  
Ingeniería. Escuela Politécnica Nacional.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- 14.- Compilador BASIC para PICS. <http://www.frino.com.ar>
- 15.- Curso de Microcontroladores PIC 16F87X.  
<http://www.terra.es/personal/fremiro>
- 16.- Especificaciones Técnicas Sensor LM35 <http://www.national.com/products>
- 17.- Boletín Agroclimatológico. <http://www.inamhi.gov.ec>
- 18.- Definiciones Generales de los Microcontroladores PIC de Microchip.  
<http://www.simupic.com>
- 19.- Especificaciones Técnicas y gráficas del optoaislador. TRIAC MOC3010  
<http://www.fairchildsemi.com/data sheet DS 300256>
- 20.- Especificaciones Técnicas y gráficas del microcontrolador PIC 16F877  
<http://www.microchip.com/data sheet DS3/292C>
- 21.- Instalación de Sistemas de Automatización y Datos.  
<http://www.disa.uvigo.es/>

# ANEXOS

## ANEXO I : DATASHEETS DE DISPOSITIVOS ELECTRONICOS USADOS





# PIC16F87X

## 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

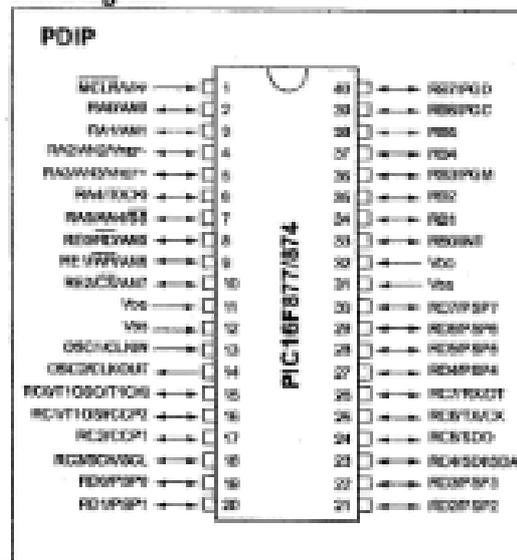
### Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F876
- PIC16F874
- PIC16F877

### Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions -except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,  
Up to 388 x 8 bytes of Data Memory (RAM)  
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- 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
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM  
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two  
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature  
ranges
- Low-power consumption:
  - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

### Pin Diagram

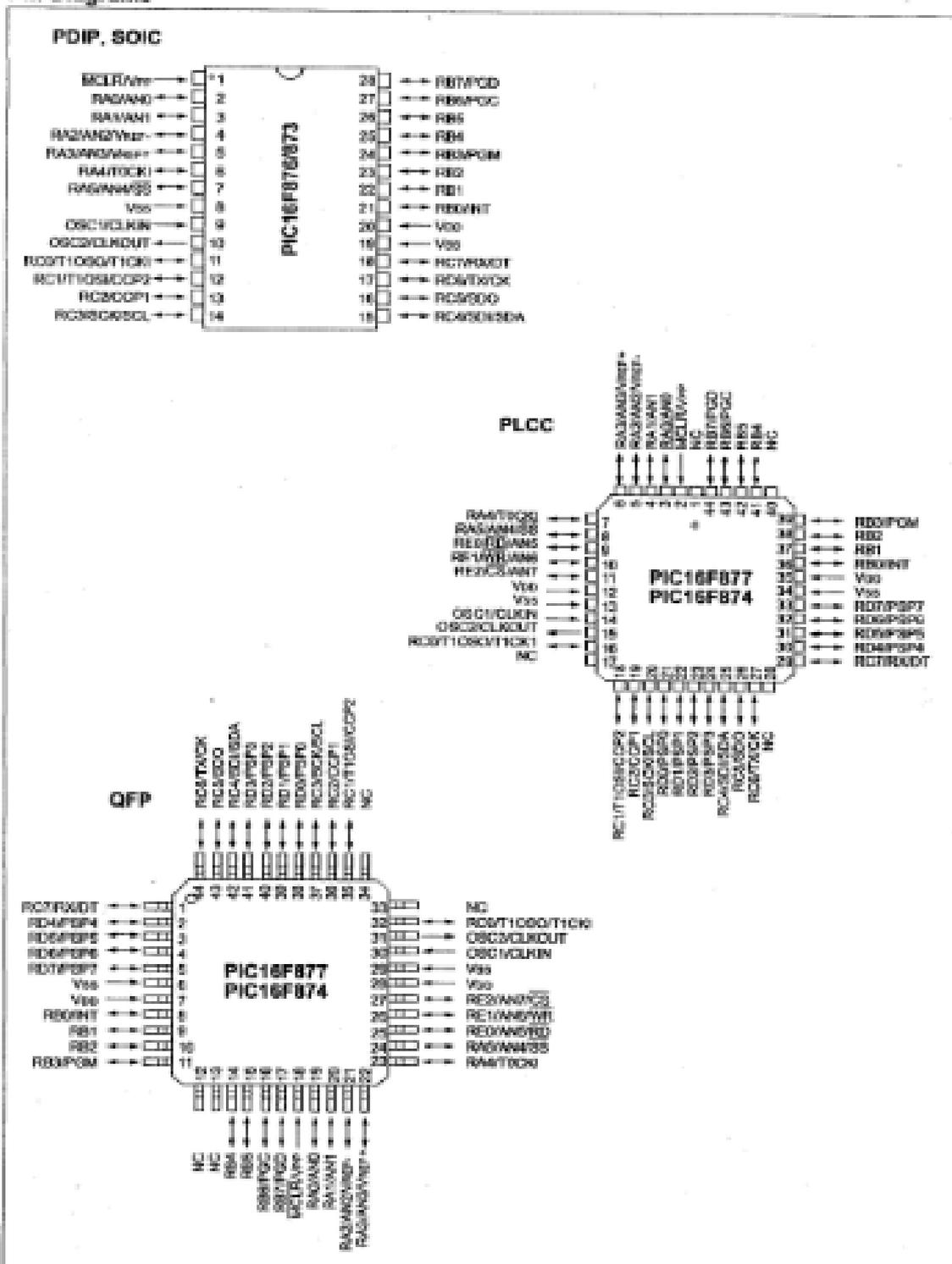


### Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,  
can be incremented during SLEEP via external  
clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period  
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master  
mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver  
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address  
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with  
external RD, WR and CS controls (4044-pin only)
- Brown-out detection circuitry for  
Brown-out Reset (BOR)

# PIC16F87X

## Pin Diagrams



## PIC16F87X

Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (D933023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz			
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

# PIC16F87X

## Table of Contents

1.0 Device Overview .....	5
2.0 Memory Organization .....	11
3.0 I/O Ports .....	29
4.0 Data EEPROM and FLASH Program Memory .....	41
5.0 Timer0 Module .....	47
6.0 Timer1 Module .....	51
7.0 Timer2 Module .....	55
8.0 Capture/Compare/PWM Modules .....	57
9.0 Master Synchronous Serial Port (MSSP) Module .....	65
10.0 Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART) .....	95
11.0 Analog-to-Digital Converter (A/D) Module .....	111
12.0 Special Features of the CPU .....	119
13.0 Instruction Set Summary .....	135
14.0 Development Support .....	143
15.0 Electrical Characteristics .....	149
16.0 DC and AC Characteristics Graphs and Tables .....	177
17.0 Packaging Information .....	189
Appendix A: Revision History .....	197
Appendix B: Device Differences .....	197
Appendix C: Conversion Considerations .....	198
Index .....	199
On-Line Support .....	207
Reader Response .....	208
PIC16F87X Product Identification System .....	209

## TO OUR VALUED CUSTOMERS

It is our intention to provide our valued customers with the best documentation possible to ensure successful use of your Microchip products. To this end, we will continue to improve our publications to better suit your needs. Our publications will be refined and enhanced as new volumes and updates are introduced.

If you have any questions or comments regarding this publication, please contact the Marketing Communications Department via E-mail at [docerrors@mail.microchip.com](mailto:docerrors@mail.microchip.com) or fax the Reader Response Form in the back of this data sheet to (480) 792-4150. We welcome your feedback.

### Most Current Data Sheet

To obtain the most up-to-date version of this data sheet, please register at our Worldwide Web site at:  
<http://www.microchip.com>

You can determine the version of a data sheet by examining its literature number found on the bottom outside corner of any page. The last character of the literature number is the version number, (e.g., DS30000A is version A of document DS30000).

### Errata

An errata sheet, describing minor operational differences from the data sheet and recommended workarounds, may exist for current devices. As device/documentation issues become known to us, we will publish an errata sheet. The errata will specify the revision of silicon and revision of document to which it applies.

To determine if an errata sheet exists for a particular device, please check with one of the following:

- Microchip's Worldwide Web site: <http://www.microchip.com>
- Your local Microchip sales office (see last page)
- The Microchip Corporate Literature Center; U.S. FAX: (480) 792-7177

When contacting a sales office or the literature center, please specify which device, revision of silicon and data sheet (include literature number) you are using.

### Customer Notification System

Register on our web site at [www.microchip.com/en](http://www.microchip.com/en) to receive the most current information on all of our products.


[www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com)

# LM2904, LM358/LM358A, LM258/ LM258A

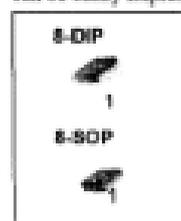
## Dual Operational Amplifier

### Features

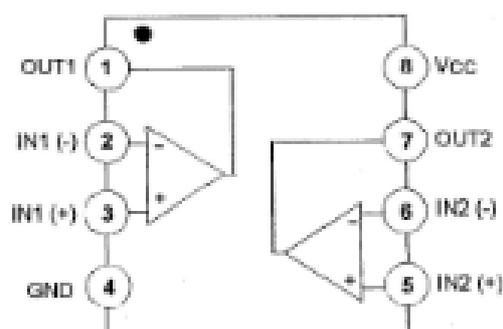
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100dB
- Wide Power Supply Range:  
LM258/LM258A, LM358/LM358A: 3V-32V (or  $\pm 1.5V$  - 16V)  
LM2904: 3V-26V (or  $\pm 1.5V$  - 13V)
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground
- Large Output Voltage Swing: 0V DC to  $V_{CC} - 1.5V$  DC
- Power Drain Suitable for Battery Operation.

### Description

The LM2904, LM358/LM358A, LM258/LM258A consist of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltage. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP-AMP circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.



### Internal Block Diagram

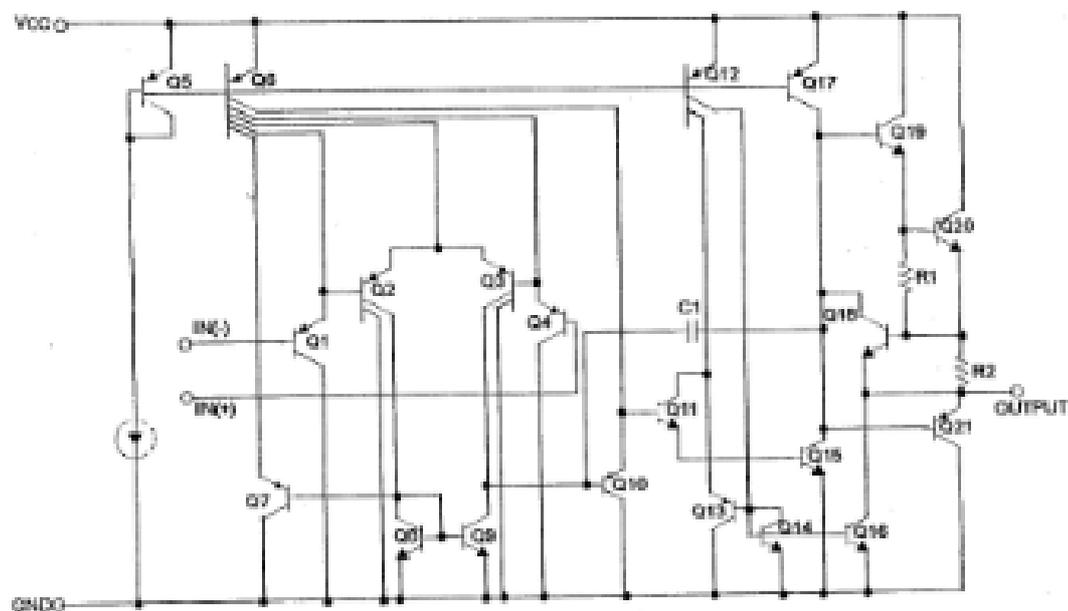


Rev. 1.0.2

LM2904, LM358, LM358A, LM258, LM258A

## Schematic Diagram

(One section only)



## Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	LM258/LM258A	LM358/LM358A	LM2904	Unit
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	±16 or 32	±16 or 32	±13 or 26	V
Differential Input Voltage	V <sub>I(DIFF)</sub>	32	32	26	V
Input Voltage	V <sub>I</sub>	-0.3 to +32	-0.3 to +32	-0.3 to +26	V
Output Short Circuit to GND V <sub>CC</sub> = 15V, T <sub>A</sub> = 25°C (One Amp)	-	Continuous	Continuous	Continuous	-
Operating Temperature Range	T <sub>OPR</sub>	-25 ~ +85	0 ~ +70	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	T <sub>STG</sub>	-65 ~ +150	-65 ~ +150	-65 ~ +150	°C

## Electrical Characteristics

( $V_{CC} = 5.0V$ ,  $V_{EE} = GND$ ,  $T_A = 25^\circ C$ , unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM258			LM358			LM2904			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	$V_{IO}$	$V_{CM} = 0V$ to $V_{CC}$ $-1.5V$ $V_{O(P)} = 1.4V$ , $R_S = 0\Omega$	-	2.9	5.0	-	2.9	7.0	-	2.9	7.0	mV
Input Offset Current	$I_{IO}$	-	-	3	30	-	5	50	-	5	50	nA
Input Bias Current	$I_{BIAS}$	-	-	45	150	-	45	250	-	45	250	nA
Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	$V_{CC} = 30V$ (LM2904, $V_{CC} = 28V$ )	0	-	$V_{CC}$ $-1.5$	0	-	$V_{CC}$ $-1.5$	0	-	$V_{CC}$ $-1.5$	V
Supply Current	$I_{CC}$	$R_L = \infty$ , $V_{CC} = 30V$ (LM2904, $V_{CC} = 28V$ )	-	0.8	2.0	-	0.8	2.0	-	0.8	2.0	mA
		$R_L = \infty$ , $V_{CC} = 5V$	-	0.5	1.2	-	0.5	1.2	-	0.5	1.2	mA
Large Signal Voltage Gain	$G_V$	$V_{CC} = 15V$ , $R_L = 2k\Omega$ $V_{O(P)} = 1V$ to $11V$	50	100	-	25	100	-	25	100	-	V/mV
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	$V_{CC} = 30V$ , $R_L = 2k\Omega$	28	-	-	28	-	-	22	-	-	V
		( $V_{CC} = 28V$ for LM2904) $R_L = 10k\Omega$	27	28	-	27	28	-	23	24	-	V
	$V_{O(L)}$	$V_{CC} = 5V$ , $R_L = 10k\Omega$	-	5	20	-	5	20	-	5	20	mV
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	70	85	-	65	80	-	50	80	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	65	100	-	50	100	-	dB
Channel Separation	CS	$f = 1kHz$ to $20kHz$ (Note 1)	-	120	-	-	120	-	-	120	-	dB
Short Circuit to GND	$I_{SC}$	-	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA
Output Current	$I_{SOURCE}$	$V_{I(+)} = 1V$ , $V_{I(-)} = 0V$ , $V_{CC} = 15V$ , $V_{O(P)} = 2V$	20	30	-	20	30	-	20	30	-	mA
		$V_{I(+)} = 0V$ , $V_{I(-)} = 1V$ , $V_{CC} = 15V$ , $V_{O(P)} = 2V$	10	15	-	10	15	-	10	15	-	mA
	$I_{SINK}$	$V_{I(+)} = 0V$ , $V_{I(-)} = 1V$ , $V_{CC} = 15V$ , $V_{O(P)} = 200mV$	12	100	-	12	100	-	-	-	-	$\mu A$
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	V

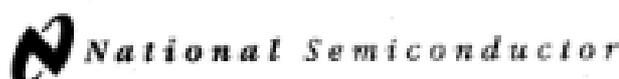
### Note:

1. This parameter, although guaranteed, is not 100% tested in production.

LM2904, LM358, LM358A, LM358L, LM2904A

**Electrical Characteristics** (Continued)(V<sub>CC</sub> = 5.0V, V<sub>EE</sub> = GND, unless otherwise specified)The following specifications apply over the range of -25°C ≤ T<sub>A</sub> ≤ +85°C for the LM258; and the 0°C ≤ T<sub>A</sub> ≤ +70°C for the LM358; and the -40°C ≤ T<sub>A</sub> ≤ +85°C for the LM2904.

Parameter	Symbol	Conditions	LM258			LM358			LM2904			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V <sub>IO</sub>	V <sub>CM</sub> = 0V to V <sub>CC</sub> - 1.5V V <sub>O(P)</sub> = 1.4V, R <sub>S</sub> = 6Ω	-	-	7.0	-	-	9.0	-	-	10.0	mV
Input Offset Voltage Drift	ΔV <sub>IO</sub> /ΔT	R <sub>S</sub> = 6Ω	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	μV/°C
Input Offset Current	I <sub>IO</sub>	-	-	-	100	-	-	150	-	45	200	nA
Input Offset Current Drift	ΔI <sub>IO</sub> /ΔT	-	-	10	-	-	10	-	-	10	-	pA/°C
Input Bias Current	I <sub>BIAS</sub>	-	-	40	300	-	40	500	-	40	500	nA
Input Voltage Range	V <sub>I(R)</sub>	V <sub>CC</sub> = 30V (LM2904), V <sub>CC</sub> = 26V	0	-	V <sub>CC</sub> - 2.0	0	-	V <sub>CC</sub> - 2.0	0	-	V <sub>CC</sub> - 2.0	V
Large Signal Voltage Gain	G <sub>V</sub>	V <sub>CC</sub> = 15V, R <sub>L</sub> = 2.0kΩ V <sub>O(P)</sub> = 1V to 11V	25	-	-	15	-	-	15	-	-	V/mV
Output Voltage Swing	V <sub>O(H)</sub>	V <sub>CC</sub> = 30V, R <sub>L</sub> = 2kΩ	26	-	-	26	-	-	22	-	-	V
		(V <sub>CC</sub> = 26V for LM2904), R <sub>L</sub> = 10kΩ	27	28	-	27	28	-	23	24	-	V
	V <sub>O(L)</sub>	V <sub>CC</sub> = 5V, R <sub>L</sub> = 10kΩ	-	5	20	-	5	20	-	5	20	mV
Output Current	I <sub>SOURCE</sub>	V <sub>I(+)</sub> = 1V, V <sub>I(-)</sub> = 0V V <sub>CC</sub> = 15V, V <sub>O(P)</sub> = 2V	10	30	-	10	30	-	10	30	-	mA
	I <sub>SINK</sub>	V <sub>I(+)</sub> = 0V, V <sub>I(-)</sub> = 1V V <sub>CC</sub> = 15V, V <sub>O(P)</sub> = 2V	5	8	-	5	8	-	5	8	-	mA
Differential Input Voltage	V <sub>I(DIFF)</sub>	-	-	-	V <sub>CC</sub>	-	-	V <sub>CC</sub>	-	-	V <sub>CC</sub>	V



November 2000

## LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° 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  $\pm 1\%/\text{C}$  at room temperature and  $\pm 1\%/\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^\circ$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10^\circ$  with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

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

### Features

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

### Typical Applications

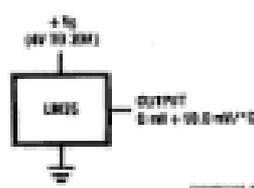
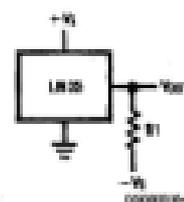


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor  
( $+2^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$ )



Choose  $R_1 = 10\ \mu\text{A}/60\ \mu\text{A}$   
 $V_{out} = 1,000\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= 4250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -650\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

### Connection Diagrams

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



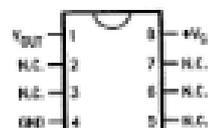
BOTTOM VIEW  
LM35SDH

\*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35SH, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH

See NS Package Number H03H

**SO-8  
Small Outline Molded Package**



LM35SDM

N.C. - No Connection

Top View  
Order Number LM35DM  
See NS Package Number M06A

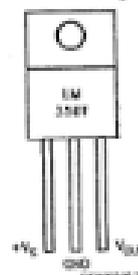
**TO-92  
Plastic Package**



BOTTOM VIEW  
LM35CZ

Order Number LM35CZ,  
LM35CAZ or LM35OZ  
See NS Package Number Z03A

**TO-229  
Plastic Package\***



LM35DT

\*Tab is connected to the negative pin (GND)

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT  
See NS Package Number T00F

**Absolute Maximum Ratings** (Note 10)

† 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	+5V to +1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +160°C
TO-92 Package,	-65°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°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**

(Notes 1, 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)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.3$			$\pm 0.3$			$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$			$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} < T_A < T_{MAX}$	$\pm 0.18$		$\pm 0.35$	$\pm 0.15$		$\pm 0.3$	$^\circ\text{C}$
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) $I_{OL} \leq 10\text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_{MIN} < T_A < T_{MAX}$	$\pm 0.4$ $\pm 0.5$	$\pm 1.0$	$\pm 1.0$	$\pm 0.4$ $\pm 0.5$	$\pm 1.0$	$\pm 1.0$ $\pm 1.0$	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $4V \leq V_{IN} \leq 30V$	$\pm 0.01$ $\pm 0.02$	$\pm 0.05$	$\pm 0.1$	$\pm 0.01$ $\pm 0.02$	$\pm 0.05$	$\pm 0.1$	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_{IN} = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67	114	$\mu\text{A}$
	$V_{IN} = +5V$	195		131	91		114	$\mu\text{A}$
	$V_{IN} = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68	116	$\mu\text{A}$
	$V_{IN} = +30V$	185.5		133	91.5			$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_{IN} \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0	2.0	$\mu\text{A}$
	$4V \leq V_{IN} \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.38		+0.5	+0.38		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_A = T_{MAX}$ for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics (Notes 1, 6)								
Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.5$			$\pm 0.5$			$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.8$	$\pm 1.5$		$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$\pm 0.8$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				$\pm 0.6$	$\pm 1.5$		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MAX}$				$\pm 0.8$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MIN}$				$\pm 0.8$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.3$		$\pm 0.5$	$\pm 0.2$		$\pm 0.5$	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$+10.0$	$+9.8,$ $+10.2$		$+10.0$		$+9.8,$ $+10.2$	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0\text{mA} \leq I_L \leq 1\text{mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.4$ $\pm 0.5$	$\pm 2.0$	$\pm 5.0$	$\pm 0.4$ $\pm 0.5$	$\pm 2.0$	$\pm 5.0$	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $4\text{VsV}_O \leq 30\text{V}$	$\pm 0.01$ $\pm 0.02$	$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	$\pm 0.01$ $\pm 0.02$	$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	60		50	60		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5\text{V}$	105		158	91		138	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	50.2	62		50.2	62		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{VsV}_O \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		$\mu\text{A}$
	$4\text{VsV}_O \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+0.39$		$+0.7$	$+0.39$		$+0.7$	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature or Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	$+1.5$		$+2.0$	$+1.5$		$+2.0$	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_A = T_{MAX}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply:  $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$  for the LM35 and LM35A;  $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 100^\circ\text{C}$  for the LM35C and LM35D; and  $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 100^\circ\text{C}$  for the LM35D.  $V_S = 5\text{V}$  and  $I_{LOAD} = 50\ \mu\text{A}$  in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from  $+2^\circ\text{C}$  to  $T_{MAX}$  in the circuit of Figure 1. Specifications in *italic* apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is  $400^\circ\text{C}/\text{W}$  (junction to ambient), and  $24^\circ\text{C}/\text{W}$  (junction to case). Thermal resistance of the TO-40 package is  $180^\circ\text{C}/\text{W}$  (junction to ambient). Thermal resistance of the small outline rodded package is  $220^\circ\text{C}/\text{W}$  (junction to ambient). Thermal resistance of the TO-220 package is  $90^\circ\text{C}/\text{W}$  (junction to ambient). For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in *italic* apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$  from the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in  $^\circ\text{C}$ ).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

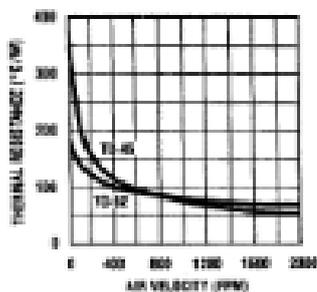
Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model,  $100\ \text{pF}$  discharged through a  $1.5\ \text{k}\Omega$  resistor.

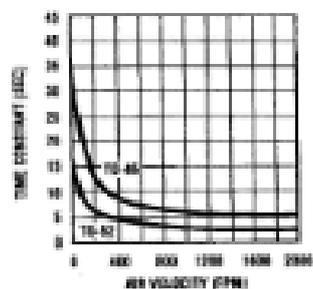
Note 12: See AN-490 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

### Typical Performance Characteristics

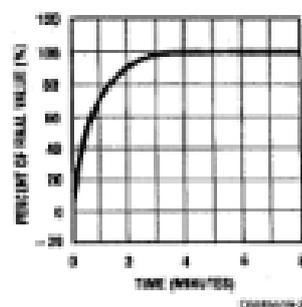
**Thermal Resistance Junction to Air**



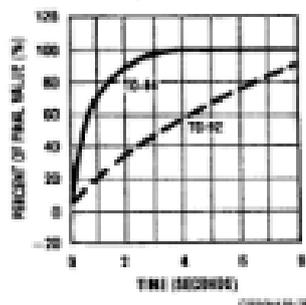
**Thermal Time Constant**



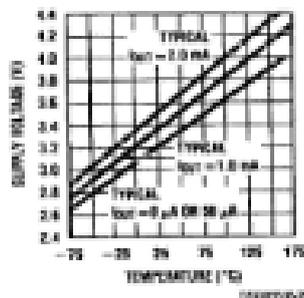
**Thermal Response in Still Air**



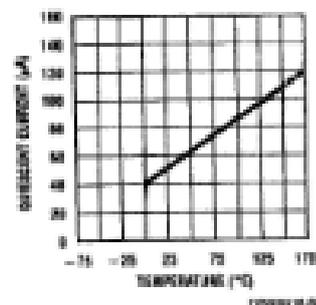
**Thermal Response in Stirred Oil Bath**



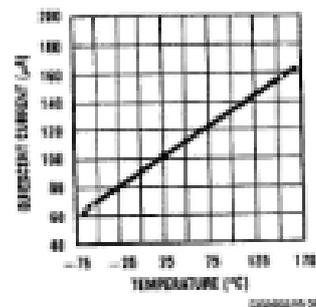
**Minimum Supply Voltage vs. Temperature**



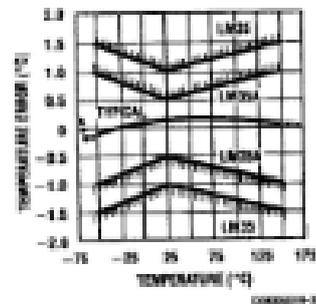
**Quiescent Current vs. Temperature (In Circuit of Figure 1.)**



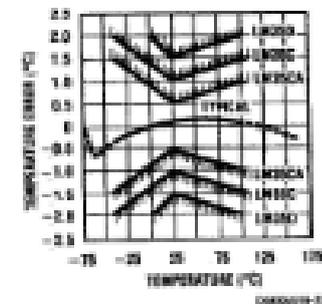
**Quiescent Current vs. Temperature (In Circuit of Figure 2.)**



**Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)**



**Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)**



# MC78XX/LM78XX/MC78XXA

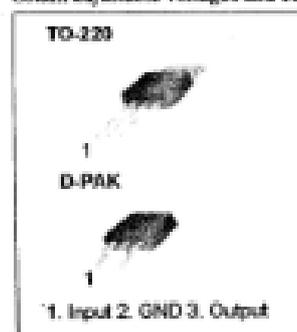
## 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

### Features

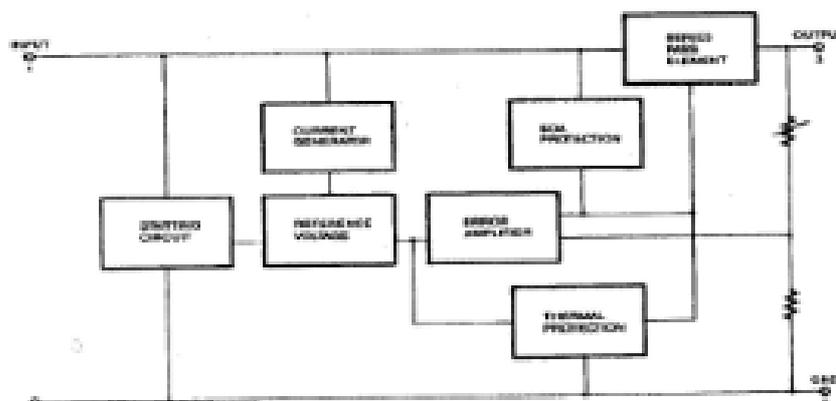
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

### Description

The MC78XX/LM78XX/MC78XXA series of three terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



### Internal Block Diagram



Rev. 1.0.1

MC7805XLM7805XLMC7805A

### Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$ ) (for $V_O = 24V$ )	$V_I$	35	V
	$V_{I1}$	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range	$T_{OPR}$	0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	$T_{STG}$	-65 ~ +150	$^{\circ}C$

### Electrical Characteristics (MC7805/LM7805)

(Refer to test circuit,  $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$ ,  $I_Q = 500mA$ ,  $V_I = 10V$ ,  $C_1 = 0.33\mu F$ ,  $C_2 = 0.1\mu F$ , unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7805/LM7805			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	$V_O$	$T_J = +25^{\circ}C$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$ , $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$	4.75	5.0	5.25		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$	$V_O = 7V$ to $25V$	-	4.0	100	mV
			$V_I = 8V$ to $12V$	-	1.8	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$	$I_O = 5.0mA$ to $1.5A$	-	9	100	mV
			$I_O = 250mA$ to $750mA$	-	4	50	
Quiescent Current	$I_Q$	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	$\Delta I_Q$	$I_O = 5mA$ to $1.0A$	-	0.03	0.5	mA	
		$V_I = 7V$ to $25V$	-	0.3	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_Q = 5mA$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}C$	
Output Noise Voltage	$V_N$	$f = 10Hz$ to $100kHz$ , $T_A = +25^{\circ}C$	-	42	-	$\mu V/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$	62	73	-	dB	
Dropout Voltage	$V_{Drop}$	$I_O = 1A$ , $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V	
Output Resistance	$r_O$	$f = 1kHz$	-	15	-	m $\Omega$	
Short Circuit Current	$I_{SC}$	$V_I = 35V$ , $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA	
Peak Current	$I_{PK}$	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A	

**Note:**

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Typical Performance Characteristics

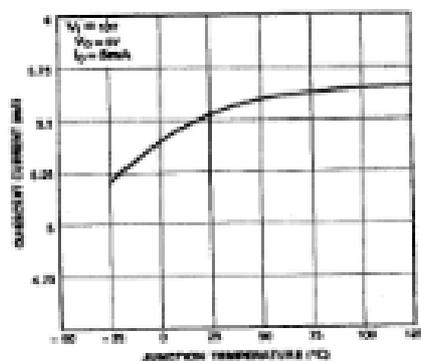


Figure 1. Quiescent Current

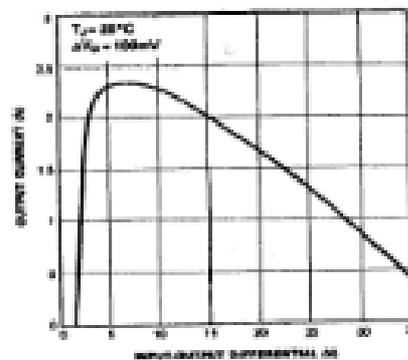


Figure 2. Peak Output Current

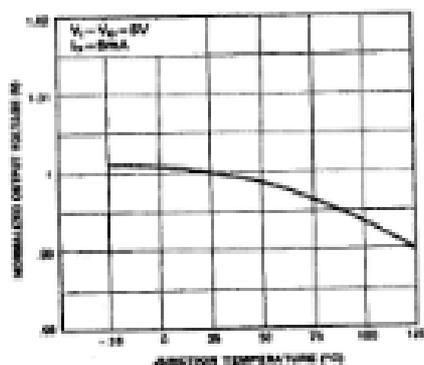


Figure 3. Output Voltage

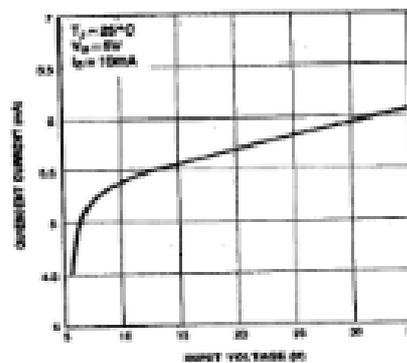


Figure 4. Quiescent Current

## Typical Applications

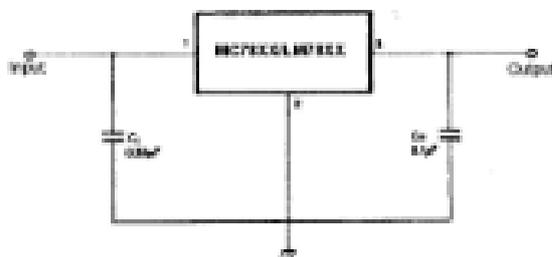


Figure 5. DC Parameters

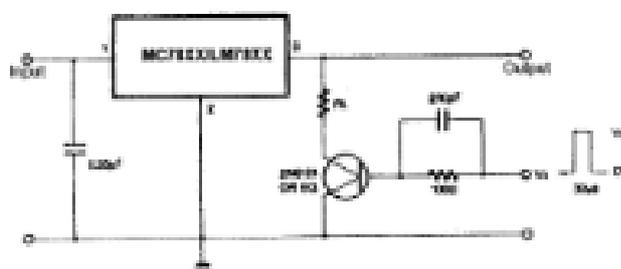


Figure 6. Load Regulation

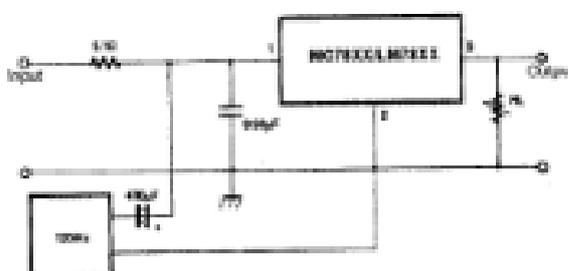


Figure 7. Ripple Rejection

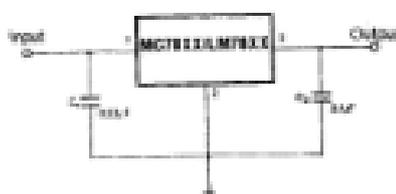


Figure 8. Fixed Output Regulator

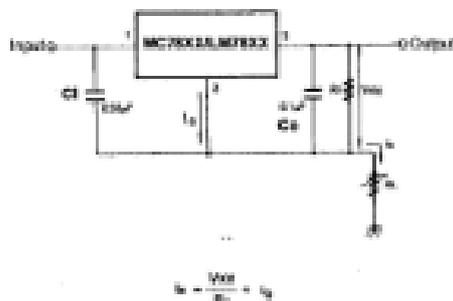
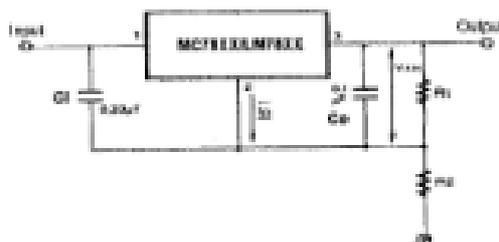


Figure 9. Constant Current Regulator

Notes:

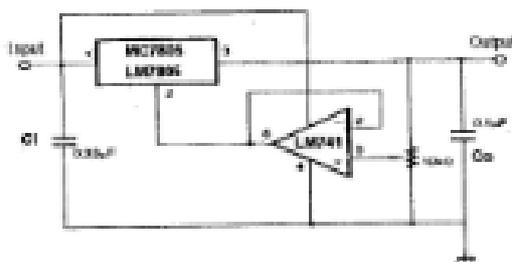
- (1) To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX." A common ground is required between the input and the Output voltage. The input voltage must remain typically 2.0V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.
- (2) C1 is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.
- (3) C2 improves stability and transient response.



$$I_{q1} \geq 5I_Q$$

$$V_O = V_{XX}(1+R_2/R_1)+I_Q R_2$$

Figure 10. Circuit for Increasing Output Voltage



$$I_{q1} \geq 5I_Q$$

$$V_O = V_{XX}(1+R_2/R_1)+I_Q R_2$$

Figure 11. Adjustable Output Regulator (7 to 30V)

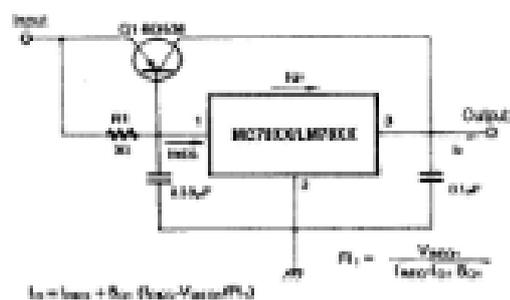


Figure 12. High Current Voltage Regulator

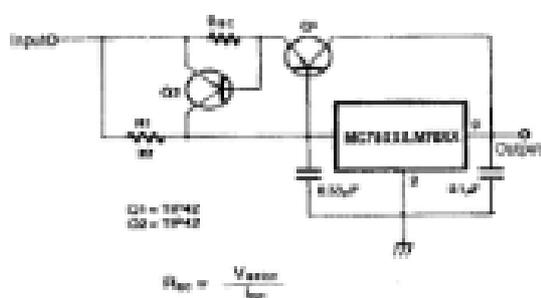


Figure 13. High Output Current with Short Circuit Protection

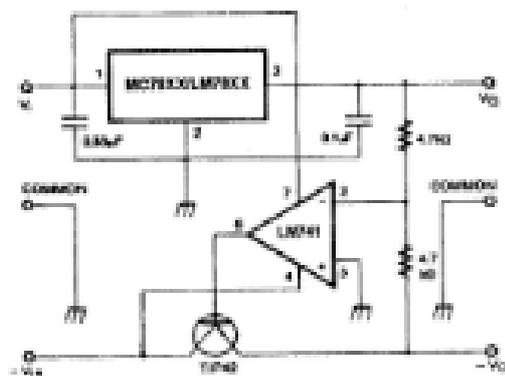


Figure 14. Tracking Voltage Regulator

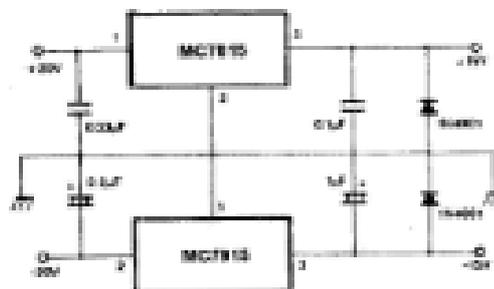


Figure 15. Split Power Supply (±15V-1A)

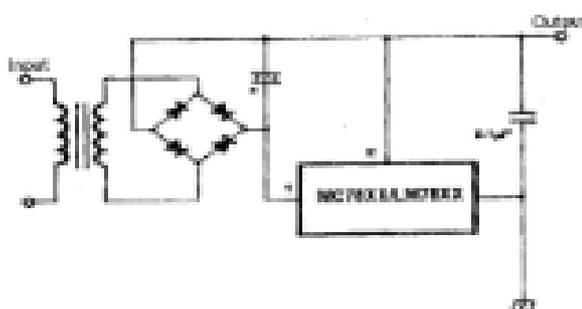


Figure 16. Negative Output Voltage Circuit

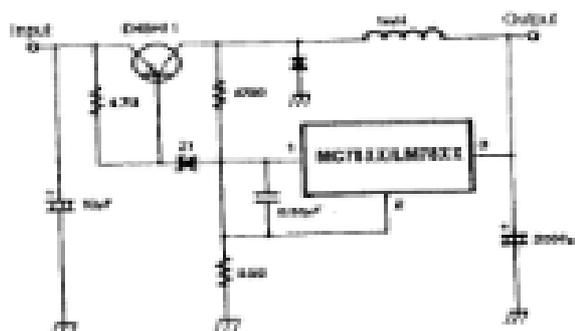
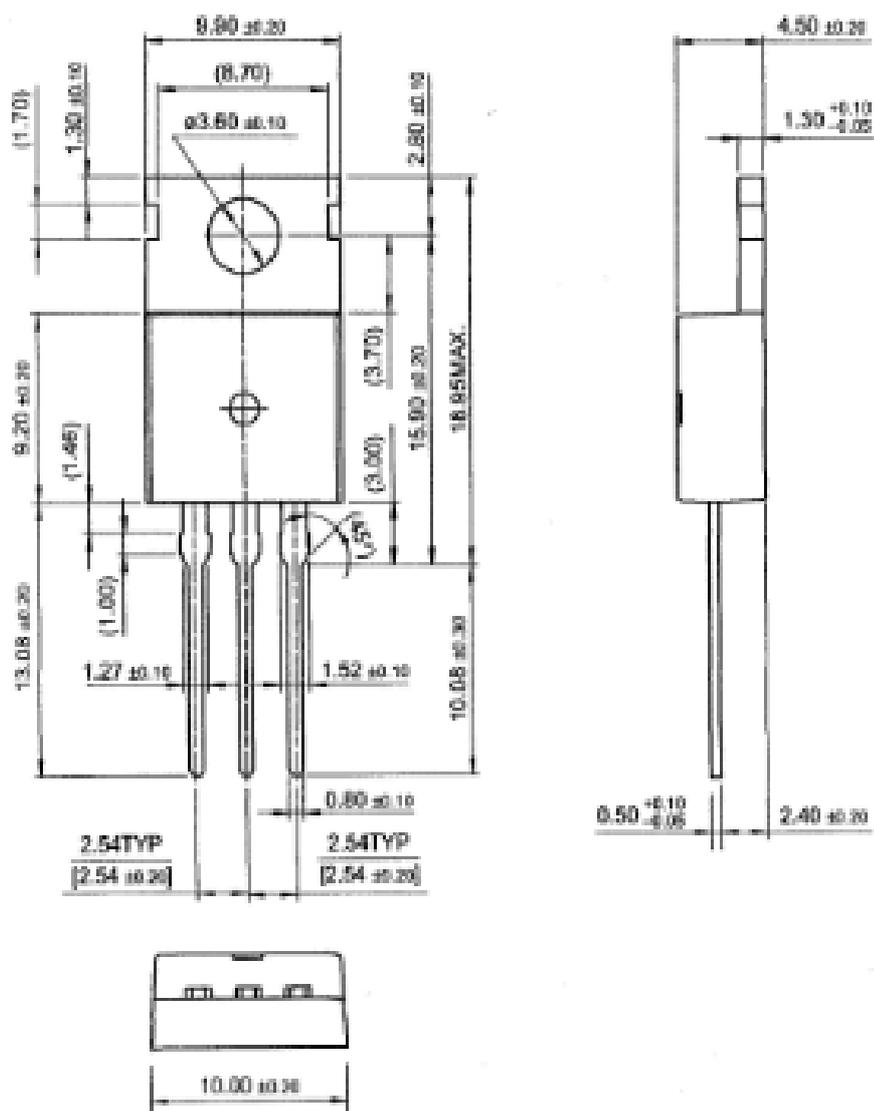


Figure 17. Switching Regulator

## Mechanical Dimensions

### Package

## TO-220





**MOTOROLA**  
**SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA**

 Order this document  
 by 1N4001/D

## Axial Lead Standard Recovery Rectifiers

This data sheet provides information on subminiature size, axial lead mounted rectifiers for general-purpose low-power applications.

### Mechanical Characteristics

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 0.4 gram (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead and Mounting Surface Temperature for Soldering Purposes: 220°C Max, for 10 Seconds, 1/16" from case
- Shipped in plastic bags, 1000 per bag.
- Available Tape and Reeled, 5000 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Polarity: Cathode Indicated by Polarity Band
- Marking: 1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

### 1N4001 thru 1N4007

 1N4004 and 1N4007 are  
 Motorola Preferred Devices

**LEAD MOUNTED  
RECTIFIERS  
50-1000 VOLTS  
DIFFUSED JUNCTION**

 CASE 59-03  
 DD-41

### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
*Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	$V_{RRM}$ $V_{RWM}$ $V_R$	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
*Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (halfwave, single phase, 60 Hz)	$V_{RSM}$	60	120	240	480	720	1000	1200	Volts
*RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	Volts
*Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60 Hz, see Figure 8, $T_A = 75^\circ\text{C}$ )	$I_O$	1.0							Amp
*Non-Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions, see Figure 2)	$I_{FSM}$	30 (for 1 cycle)							Amp
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J$ $T_{stg}$	- 65 to +175							$^\circ\text{C}$

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS\*

Rating	Symbol	Typ	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop ( $I_O = 1.0$ Amp, $T_J = 25^\circ\text{C}$ ) Figure 1	$v_f$	0.03	1.1	Volts
Maximum Full-Cycle Average Forward Voltage Drop ( $I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$ , 1 inch leads)	$V_f(AV)$	—	0.8	Volts
Maximum Reverse Current (rated dc voltage) ( $T_J = 25^\circ\text{C}$ ) ( $T_J = 100^\circ\text{C}$ )	$I_R$	0.05 1.0	10 50	$\mu\text{A}$
Maximum Full-Cycle Average Reverse Current ( $I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$ , 1 inch leads)	$I_R(AV)$	—	30	$\mu\text{A}$

\*Indicates JEDEC Registered Data

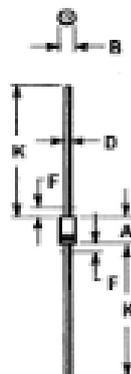
Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

Rev B


**MOTOROLA**

1N4001 thru 1N4007

## PACKAGE DIMENSIONS



## NOTES:

1. ALL RULES AND NOTES ASSOCIATED WITH JEDEC DO-41 DATUMS SHALL APPLY.
2. POLARITY DENOTED BY CATHODE BAND.
3. LEAD DIRECTION NOT CONTROLLED WITHIN F DIMENSION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.57	5.20	0.180	0.205
B	2.54	2.71	0.100	0.107
D	0.71	0.88	0.028	0.034
F	—	1.27	—	0.050
K	17.54	—	0.690	—

CASE 59-03  
(DO-41)  
ISSUE M

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and  are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

Motor is a trademark of Motorola, Inc.

## How to reach us:

USA/EUROPE/Local Area Not Listed: Motorola Literature Distribution,  
P.O. Box 5405, Denver, Colorado 80217. 303-675-2140 or 1-800-441-2447

JAPAN: Nippon Motorola Ltd., SFD, Strategic Planning Office, 4-32-1,  
Nishi-Shinjuku, Shinjyawa-ku, Tokyo 141, Japan. 81-3-5407-3400

MAIL: RMFA003@gmail.com - TOLLFREE 800-344-6909  
- US & Canada ONLY 1-800-774-1848

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd., 6F Tai Ping Industrial Park,  
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26626268

INTERNET: <http://www.motorola.com/bps>



681800470

## Triacs logic level

## BT131 series D and E

### GENERAL DESCRIPTION

Passivated, sensitive gate triacs in a plastic envelope, intended for use in general purpose bidirectional switching and phase control applications. These devices are intended to be interfaced directly to microcontrollers, logic integrated circuits and other low power gate trigger circuits.

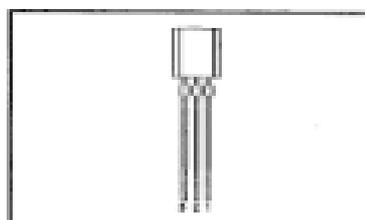
### QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	MAX.	UNIT
$V_{\text{DRM}}$	Repetitive peak off-state voltages	BT131- BT131- 600D 600E	800D 800E	V
$I_{\text{TRM(RMS)}}$	RMS on-state current	1	1	A
$I_{\text{TM}}$	Non-repetitive peak on-state current	12.5	12.5	A

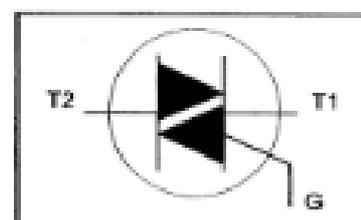
### PINNING - TO92

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 2
2	gate
3	main terminal 1

### PIN CONFIGURATION



### SYMBOL



### LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.		UNIT
				-800 600 <sup>1</sup>	-800 800	
$V_{\text{DRM}}$	Repetitive peak off-state voltages		-	-800 600 <sup>1</sup>	-800 800	V
$I_{\text{TRM(RMS)}}$	RMS on-state current	full sine wave; $T_{\text{max}} \leq 88^\circ\text{C}$	-	1		A
$I_{\text{TM}}$	Non-repetitive peak on-state current	full sine wave; $T_j = 25^\circ\text{C}$ prior to surge	-	12.5		A
$I^2t$	$I^2t$ for fusing	$t = 20\text{ ms}$	-	13.7		A <sup>2</sup> s
$dI/dt$	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$t = 16.7\text{ ms}$	-	0.78		A <sup>2</sup> /s
		$t = 10\text{ ms}$	-	0.78		A <sup>2</sup> /s
		$I_{\text{TM}} = 1.5\text{ A}$ ; $I_{\text{G}} = 0.2\text{ A}$ ; $dI_{\text{G}}/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$	-	50		A/ $\mu\text{s}$
		T2+ G+	-	50		A/ $\mu\text{s}$
		T2+ G-	-	50		A/ $\mu\text{s}$
		T2- G-	-	50		A/ $\mu\text{s}$
		T2- G+	-	10		A/ $\mu\text{s}$
$I_{\text{G}}$	Peak gate current	$t = 2\text{ }\mu\text{s max}$	-	2		A
$P_{\text{G}}$	Peak gate power	$t = 2\text{ }\mu\text{s max}$	-	5		W
$P_{\text{G(ave)}}$	Average gate power	over any 20 ms period	-	0.1		W
$T_{\text{stg}}$	Storage temperature		-40	150		$^\circ\text{C}$
$T_j$	Junction temperature		-	125		$^\circ\text{C}$

<sup>1</sup> Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the triac may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 3 A/ $\mu\text{s}$ .

Triacs  
logic level

## BT131 series D and E

## THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{\theta j\text{-lead}}$	Thermal resistance junction to lead	full cycle	-	-	60	K/W
$R_{\theta j\text{-pc}}$	Thermal resistance junction to ambient	half cycle pcb mounted/lead length = 4mm	-	150	80	K/W

## STATIC CHARACTERISTICS

 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.		UNIT	
					...D	...E		
$I_{GT}$	Gate trigger current	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	<b>BT131-</b>					
			T2+ G+	-	-	5	10	mA
			T2+ G-	-	-	5	10	mA
			T2- G-	-	-	5	10	mA
$I_L$	Latching current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	T2- G+	-	-	7	10	mA
			T2+ G+	-	-	10	15	mA
			T2+ G-	-	-	20	25	mA
			T2- G-	-	-	10	15	mA
$I_H$	Holding current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	T2- G+	-	-	10	15	mA
				-	1.3	10	10	mA
$V_T$	On-state voltage	$I_T = 1.4\text{ A}$	-	1.2	1.5		V	
$V_{GT}$	Gate trigger voltage	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	-	0.7	1.5		V	
		$V_D = 400\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A};$ $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	0.2	0.3	-		V	
$I_O$	Off-state leakage current	$V_D = V_{\text{max}}; T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	-	0.1	0.5		mA	

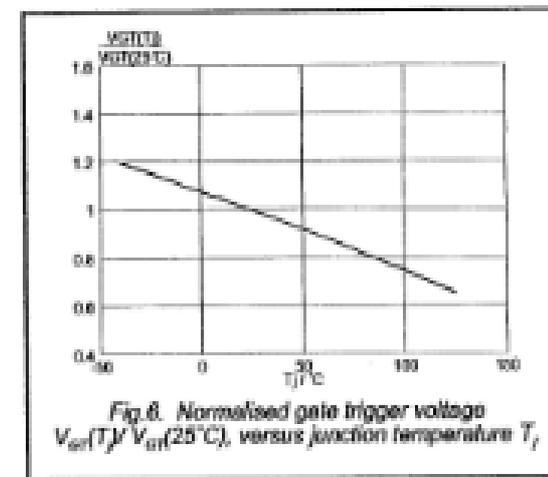
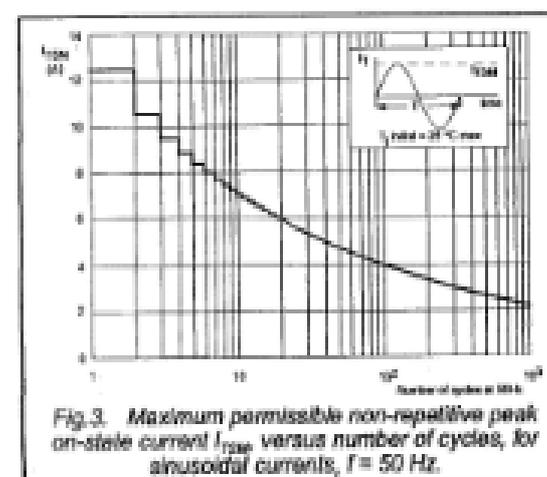
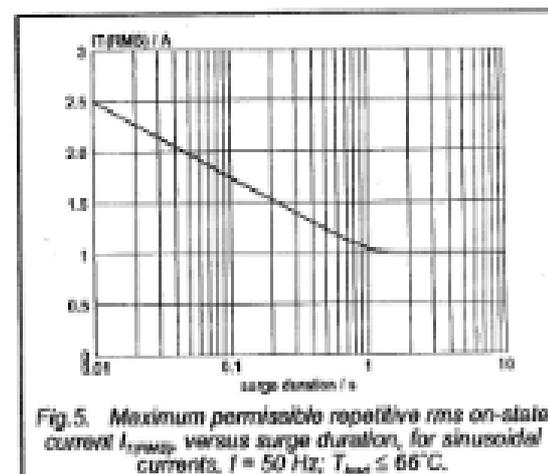
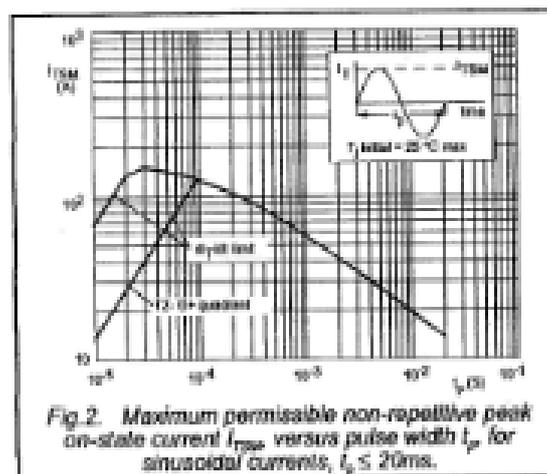
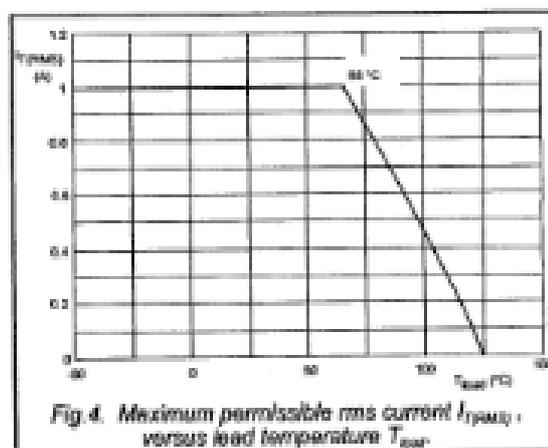
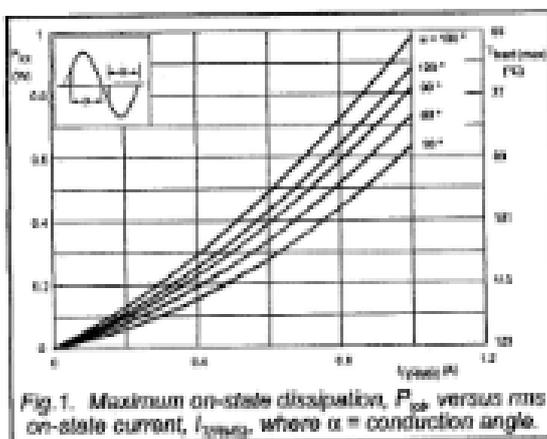
## DYNAMIC CHARACTERISTICS

 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.		TYP.	MAX.	UNIT
			...D	...E			
$dV_{\text{com}}/dt$	Critical rate of rise of commutation voltage	$V_D = 400\text{ V}; T_j = 125\text{ }^\circ\text{C};$ $dI_{\text{com}}/dt = 0.5\text{ A/ms};$	3	5	-	-	V/ $\mu\text{s}$
$dV_D/dt$	Critical rate of rise of off-state voltage	$V_{\text{DM}} = 67\% V_{\text{DRM}}; T_j = 125\text{ }^\circ\text{C};$ exponential waveform; $R_{\text{CM}} = 1\text{ k}\Omega$	20	50	-	-	V/ $\mu\text{s}$
$t_{\text{tr}}$	Gate controlled turn-on time	$I_{\text{TM}} = 1.5\text{ A}; V_D = V_{\text{DRM}}; I_G = 0.1\text{ A};$ $dI_G/dt = 5\text{ A}/\mu\text{s}$	-		2	-	$\mu\text{s}$

Triacs  
logic level

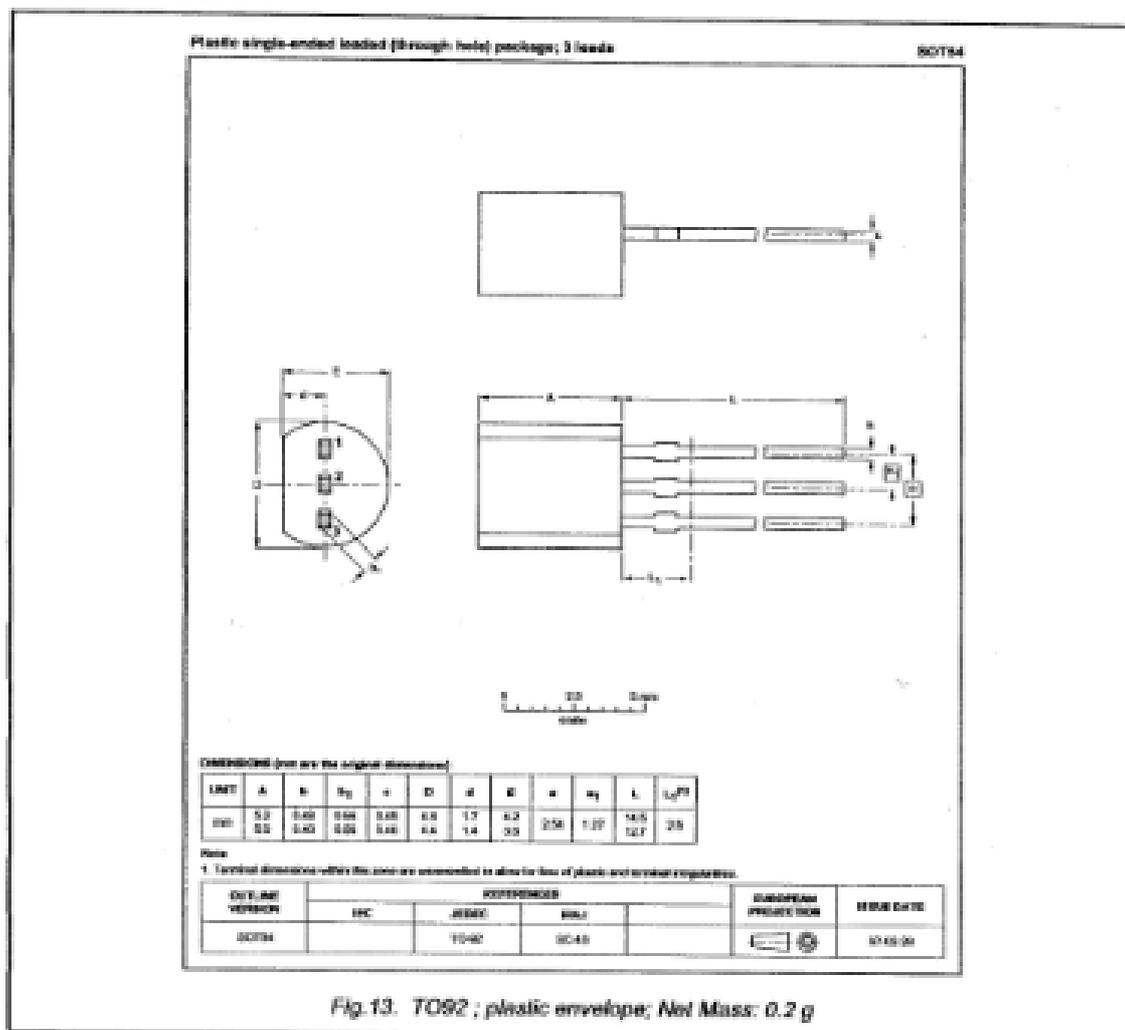
BT131 series D and E



Triacs  
logic level

BT131 series D and E

## MECHANICAL DATA



## Notes

1. Epoxy meets UL94 V0 at 1/8".

## Triacs logic level

BT131 series D and E

### DEFINITIONS

DATA SHEET STATUS		
DATA SHEET STATUS <sup>2</sup>	PRODUCT STATUS <sup>3</sup>	DEFINITIONS
Objective data	Development	This data sheet contains data from the objective specification for product development. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification in any manner without notice
Preliminary data	Qualification	This data sheet contains data from the preliminary specification. Supplementary data will be published at a later date. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification without notice, in order to improve the design and supply the best possible product
Product data	Production	This data sheet contains data from the product specification. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time in order to improve the design, manufacturing and supply. Changes will be communicated according to the Customer Product/Process Change Notification (CPCN) procedure SNW-SQ-656A
<b>Limiting values</b>		
Limiting values are given in accordance with the Absolute Maximum Rating System (JEDEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of this specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.		
<b>Application information</b>		
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.		
© Philips Electronics N.V. 2004		
All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.		
The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, it is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent or other industrial or intellectual property rights.		

### LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices or systems where malfunction of these products can be reasonably expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

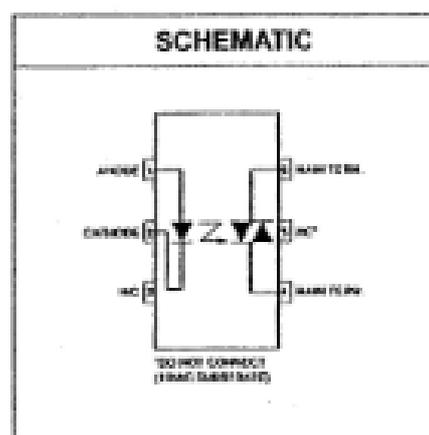
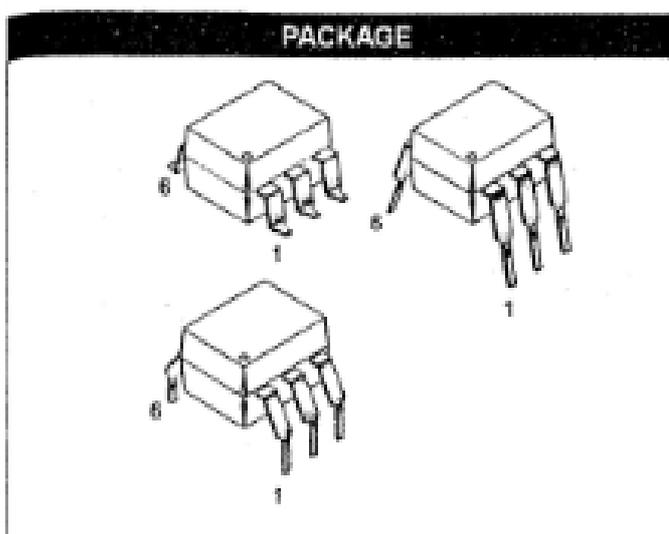
<sup>2</sup> Please consult the most recently issued datasheet before initiating or completing a design.

<sup>3</sup> The product status of the device(s) described in this datasheet may have changed since this datasheet was published. The latest information is available on the Internet at URL: <http://www.semiconductors.philips.com>.



## 6-PIN DIP RANDOM-PHASE OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT (250/400 VOLT PEAK)

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M



### DESCRIPTION

The MOC301XM and MOC302XM series are optically isolated triac driver devices. These devices contain a GaAs infrared emitting diode and a light activated silicon bilateral switch, which functions like a triac. They are designed for interfacing between electronic controls and power triacs to control resistive and inductive loads for 115 VAC operations.

### FEATURES

- Excellent  $I_T$  stability—IR emitting diode has low degradation
- High isolation voltage—minimum 5300 VAC RMS
- Underwriters Laboratory (UL) recognized—File #E90700
- Peak blocking voltage
  - 250V-MOC301XM
  - 400V-MOC302XM
- VDE recognized (File #94766)
  - Ordering option V (e.g. MOC3023VM)

### APPLICATIONS

- Industrial controls
- Traffic lights
- Vending machines
- Solid state relay
- Lamp ballasts
- Solenoid/valve controls
- Static AC power switch
- Incandescent lamp dimmers
- Motor control



## 6-PIN DIP RANDOM-PHASE OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT (250/400 VOLT PEAK)

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)				
Parameters	Symbol	Device	Value	Units
<b>TOTAL DEVICE</b>				
Storage Temperature	$T_{STG}$	All	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	$T_{OPR}$	All	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Lead Solder Temperature	$T_{SOL}$	All	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	$T_J$	All	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Isolation Surge Voltage <sup>(1)</sup> (peak AC voltage, 60Hz, 1 sec duration)	$V_{ISO}$	All	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ 25 $^\circ\text{C}$	$P_D$	All	300	mW
Derate above 25 $^\circ\text{C}$			4.4	mW/ $^\circ\text{C}$
<b>EMITTER</b>				
Continuous Forward Current	$I_F$	All	60	mA
Reverse Voltage	$V_R$	All	3	V
Total Power Dissipation 25 $^\circ\text{C}$ Ambient	$P_D$	All	100	mW
Derate above 25 $^\circ\text{C}$			1.33	mW/ $^\circ\text{C}$
<b>DETECTOR</b>				
Off-State Output Terminal Voltage	$V_{ORM}$	MOC3010M/1M/2M MOC3020M/1M/2M/3M	250 400	V
Peak Repetitive Surge Current (PW = 1 ms, 120 pps)	$I_{FSM}$	All	1	A
Total Power Dissipation @ 25 $^\circ\text{C}$ Ambient	$P_D$	All	300	mW
Derate above 25 $^\circ\text{C}$			4	mW/ $^\circ\text{C}$

**Note**

1. Isolation surge voltage,  $V_{ISO}$ , is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.



## 6-PIN DIP RANDOM-PHASE OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT (250/400 VOLT PEAK)

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified)							
INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS							
Parameters	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
<b>EMITTER</b>							
Input Forward Voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	$V_F$	All		1.15	1.5	V
Reverse Leakage Current	$V_R = 3\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	$I_R$	All		0.01	100	$\mu\text{A}$
<b>DETECTOR</b>							
Peak Blocking Current, Either Direction	Rated $V_{DRM}, I_F = 0$ (note 1)	$I_{DRM}$	All		10	100	$\mu\text{A}$
Peak On-State Voltage, Either Direction	$I_{TM} = 100\text{ mA peak}, I_F = 0$	$V_{TU}$	All		1.8	3	V

TRANSFER CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)							
DC Characteristics	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
LED Trigger Current	Voltage = 3V (note 3)	$I_{FT}$	MOC3020M			30	mA
			MOC3010M			15	
			MOC3021M				
			MOC3011M			10	
			MOC3022M				
			MOC3012M			5	
MOC3023M							
Holding Current, Either Direction		$I_H$	All		100		$\mu\text{A}$

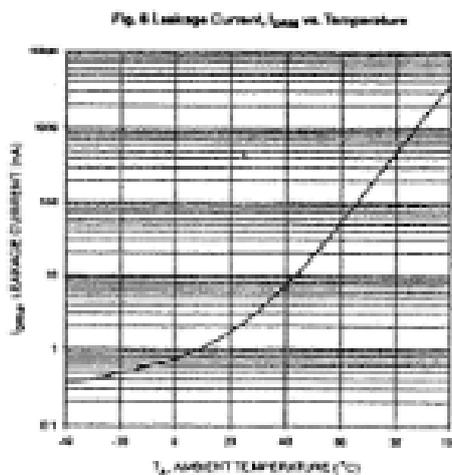
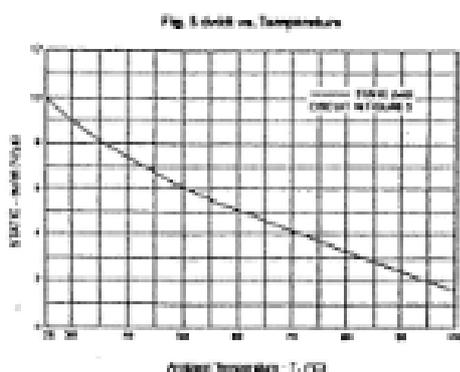
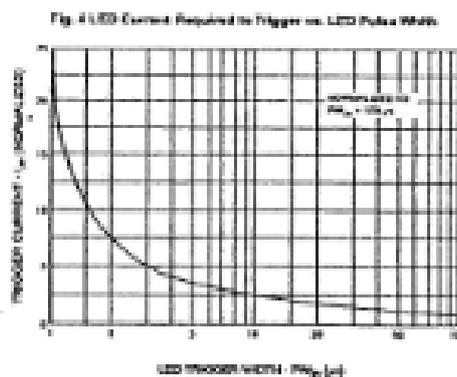
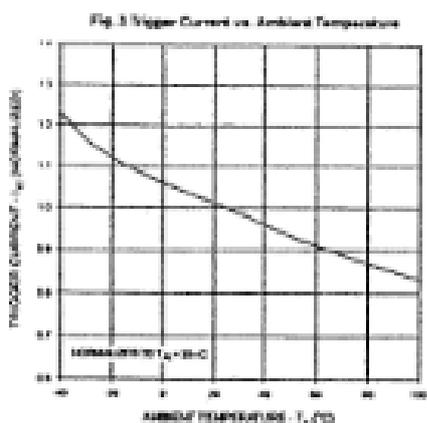
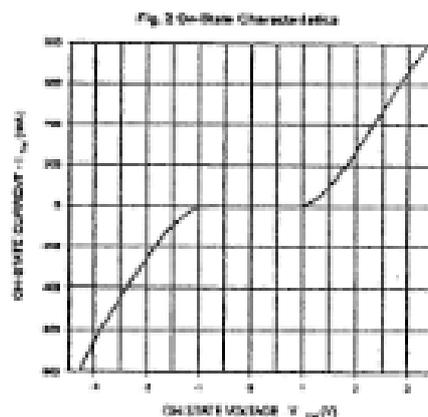
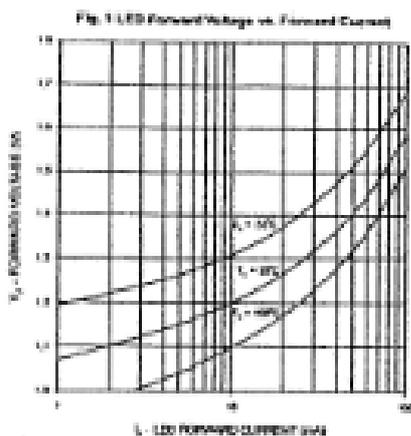
note

- Test voltage must be applied within dv/dt rating.
- This is static dv/dt. See Figure 5 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.
- All devices are guaranteed to trigger at an  $I_F$  value less than or equal to max  $I_{FT}$ . Therefore, recommended operating  $I_F$  lies between max  $I_{FT}$  (30 mA for MOC3020M, 15 mA for MOC3010M and MOC3021M, 10 mA for MOC3011M and MOC3022M, 5 mA for MOC3012M and MOC3023M) and absolute max  $I_F$  (80 mA).



# 6-PIN DIP RANDOM-PHASE OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT (250/400 VOLT PEAK)

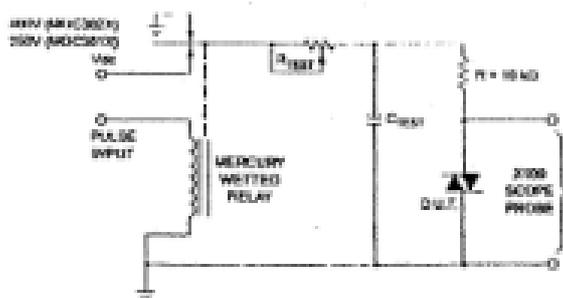
MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M





## 6-PIN DIP RANDOM-PHASE OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT (250/400 VOLT PEAK)

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M



1. The mercury-wetted relay provides a high speed repeated pulse to the D.U.T.
2. 100x scope probes are used, to allow high speeds and voltages.
3. The worst-case condition for static drift is established by triggering the D.U.T. with a normal LED input current, then removing the current. The variable  $R_{TEST}$  allows the drift to be gradually increased until the D.U.T. continues to trigger in response to the applied voltage pulse, even after the LED current has been removed. The drift is then decreased until the D.U.T. stops triggering.  $t_{SD}$  is measured at this point and recorded.

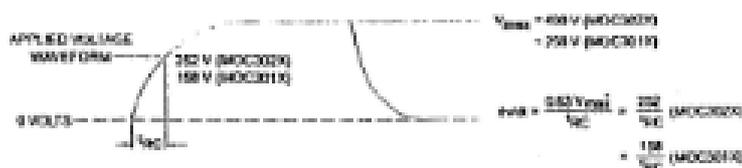


Figure 3. Static drift test circuit

Note: This optoisolator should not be used to drive a load directly. It is intended to be a trigger device only.

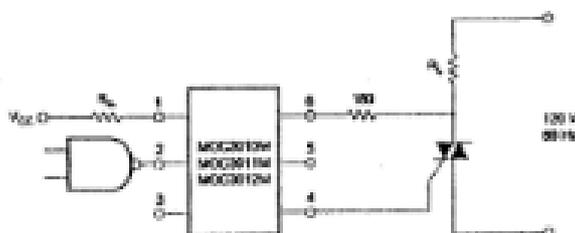


Figure 6. Resistive Load

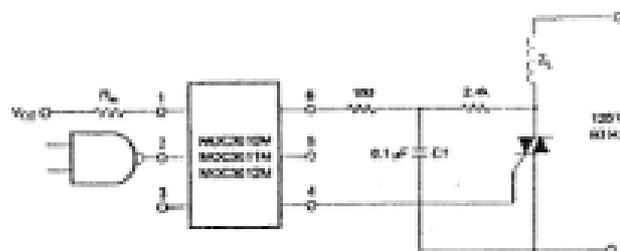


Figure 7. Inductive Load with Sensitive Gate Triac ( $I_{GATE} < 15 \text{ mA}$ )

**FAIRCHILD**  
SEMICONDUCTOR\*

**6-PIN DIP RANDOM-PHASE  
OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT  
(250/400 VOLT PEAK)**

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M

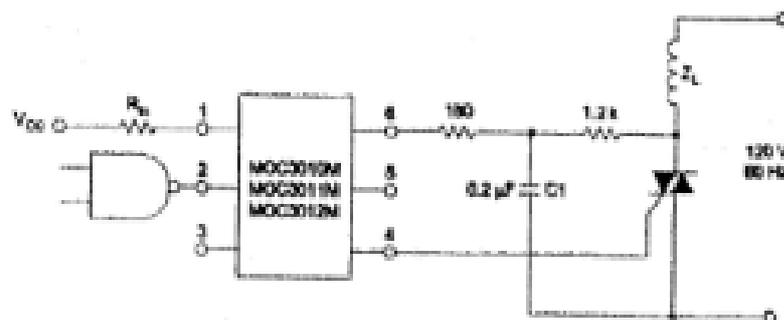
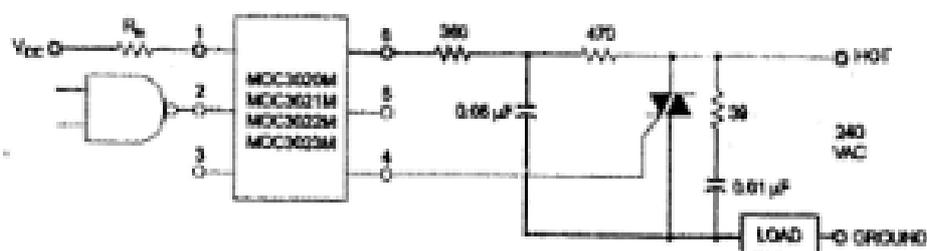


Figure 8. Inductive Load with Sensitive Gate Triac ( $I_{GT} \leq 18 \text{ mA}$ )



In this circuit the "hot" side of the line is switched and the load connected to the cold or ground side.

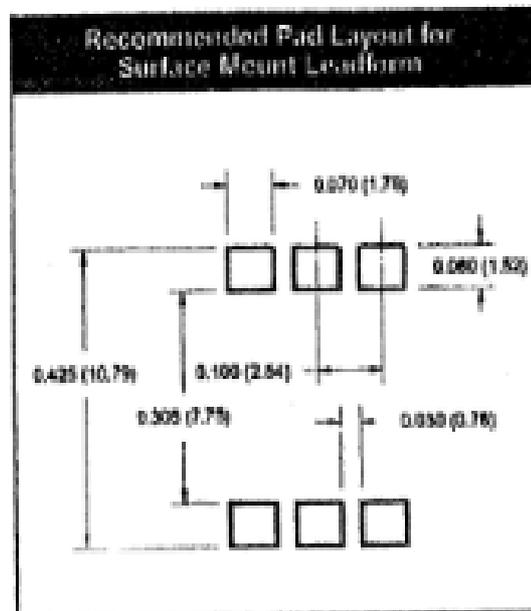
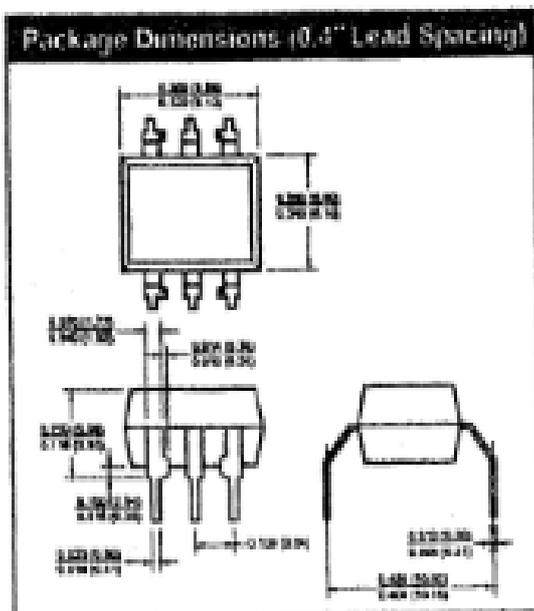
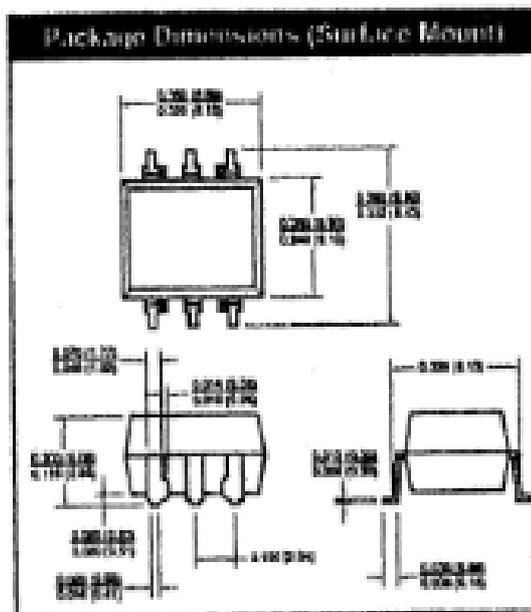
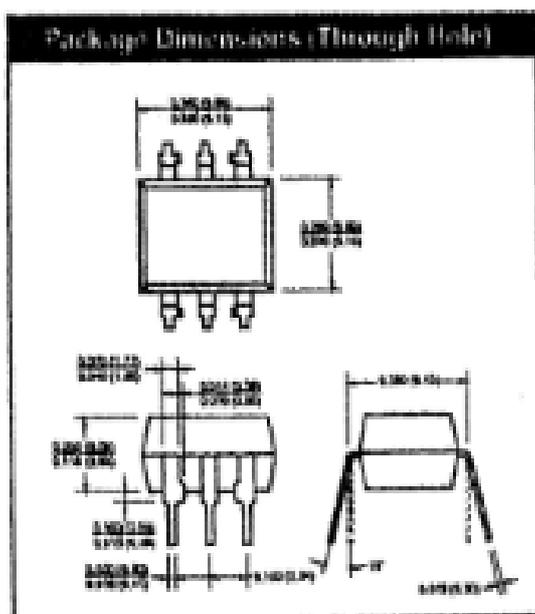
The 39 ohm resistor and 0.01  $\mu\text{F}$  capacitor are for snubbing of the triac, and the 470 ohm resistor and 0.05  $\mu\text{F}$  capacitor are for snubbing the coupler. These components may or may not be necessary depending upon the particular end load used.

Figure 9. Typical Application Circuit



## 6-PIN DIP RANDOM-PHASE OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT (250/400 VOLT PEAK)

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M

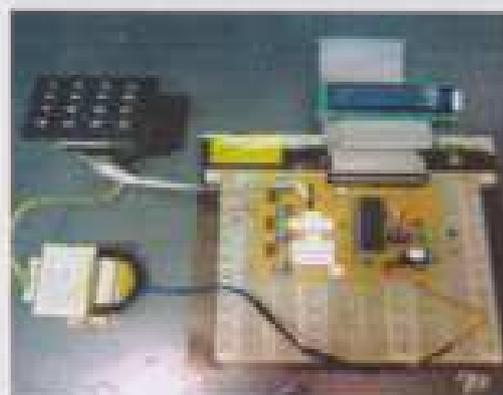


**NOTE**  
All dimensions are in inches (millimeters)

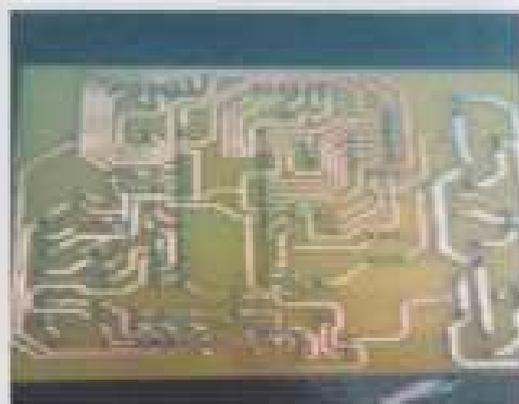


**ANEXO 2****FOTOGRAFÍAS ENSAMBLAJE DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN INTELIGENTE**

a) Elementos en el proto



b) prueba del circuito en el proto



c) suelda de elementos en la baquelita



d) caja metálica



e) montaje del circuito en la caja



f) conexiones internas en la caja



g) montaje y conexión del LCD



h) conexiones internas



i) prueba del circuito de control



j) conexión del sensor



k) conexiones internas terminadas



l) circuito de control terminado



m) partes del ventilador



n) calefactor



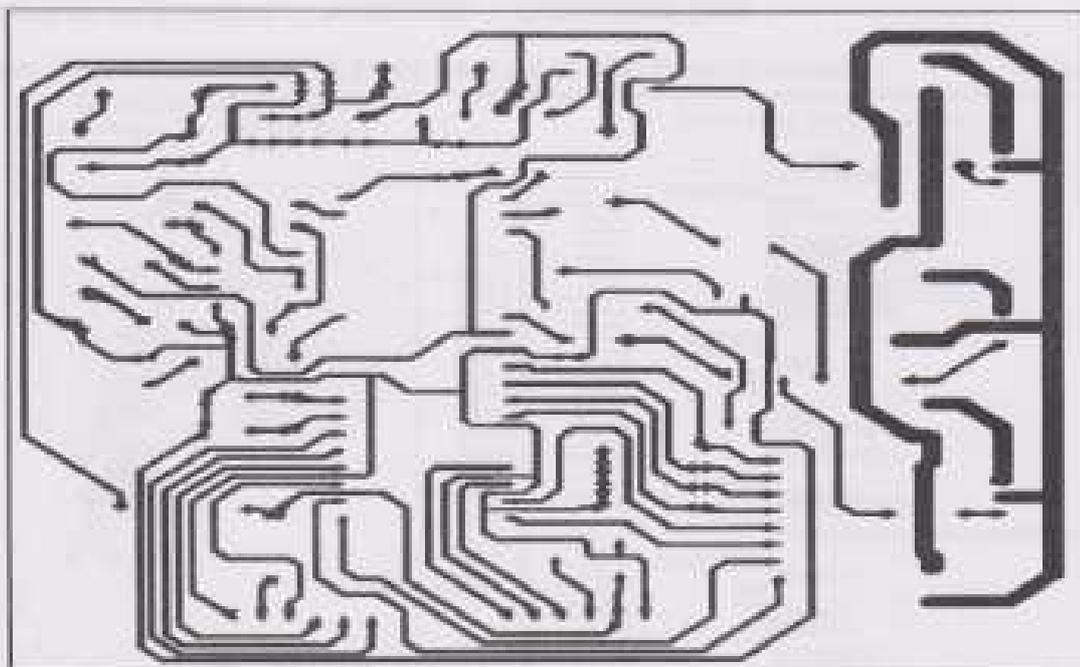
f) ventilador armado



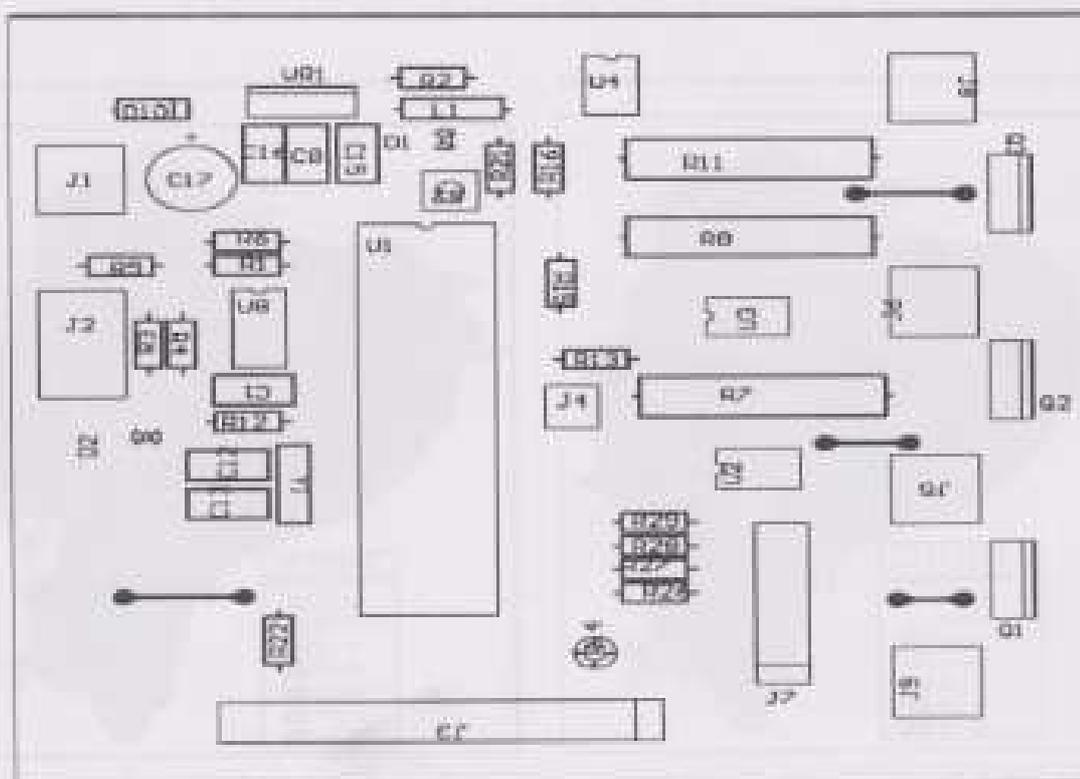
o) ventilador instalado en el laboratorio

## ANEXO N° 3

## CIRCUITO IMPRESO DE LA BAQUELITA Y DISTRIBUCION DE ELEMENTOS



a) Circuito impreso desarrollado en la placa de baquelita

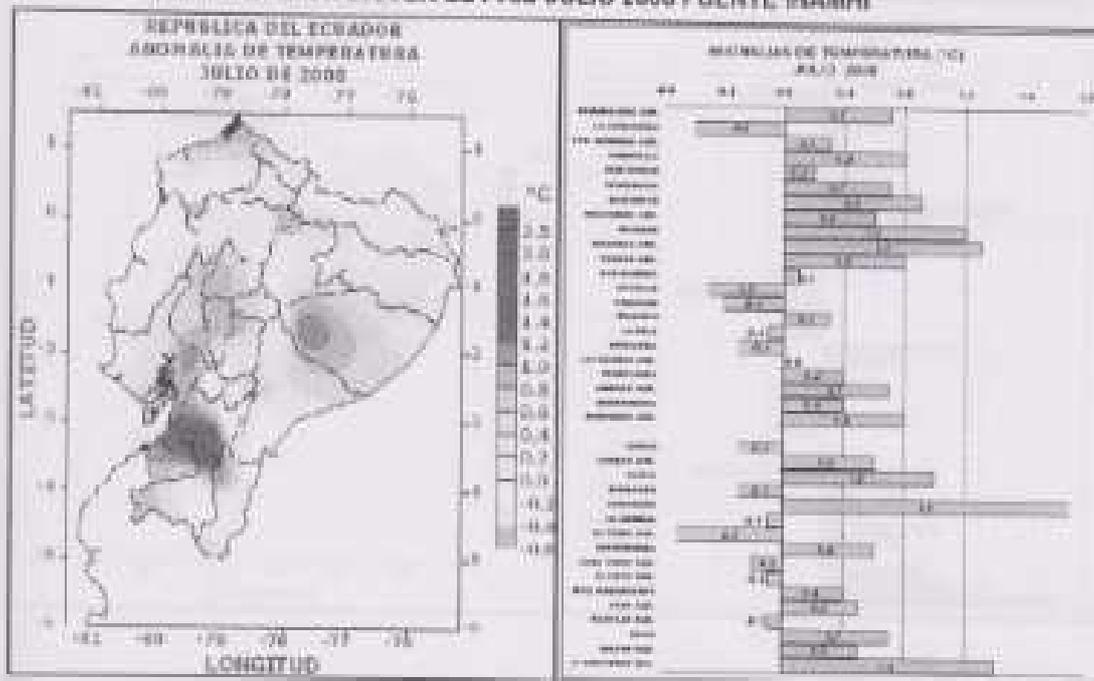


b) Posición de elementos en la placa de baquelita

**ANEXO 4**

**Anomalías de temperatura JULIO 2008 - DICIEMBRE 2008**

**ANOMALIAS DE TEMPERATURA EN EL PAIS JULIO 2008 FUENTE INAMHI**



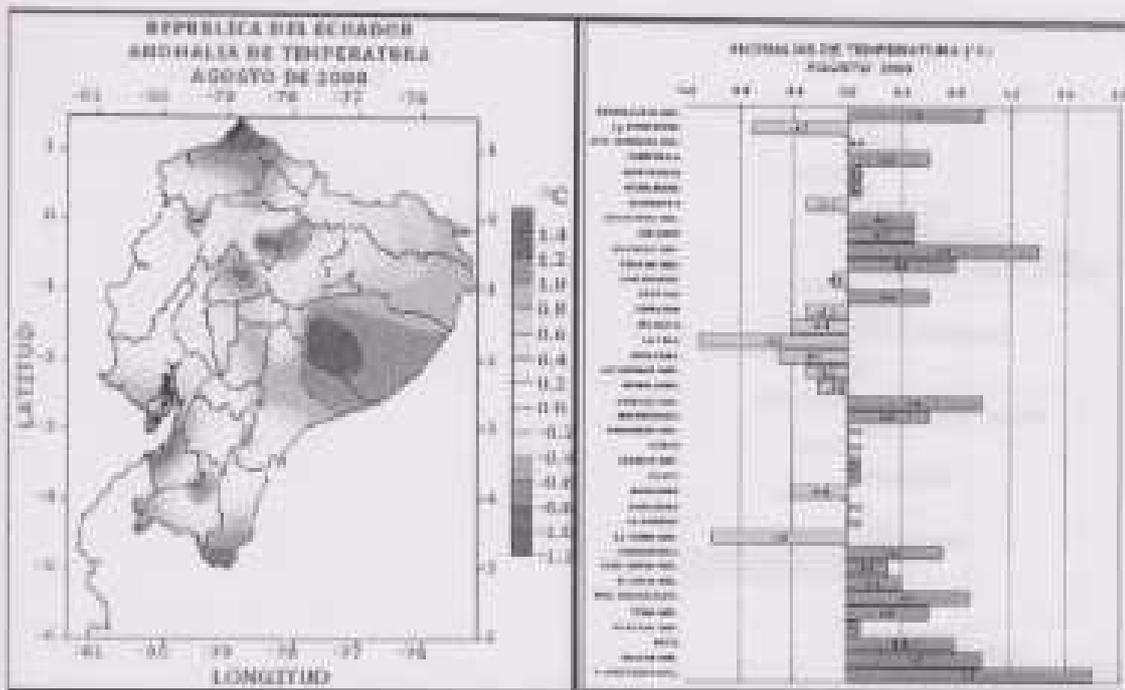
Temperatura máxima absoluta registrada durante el mes de julio



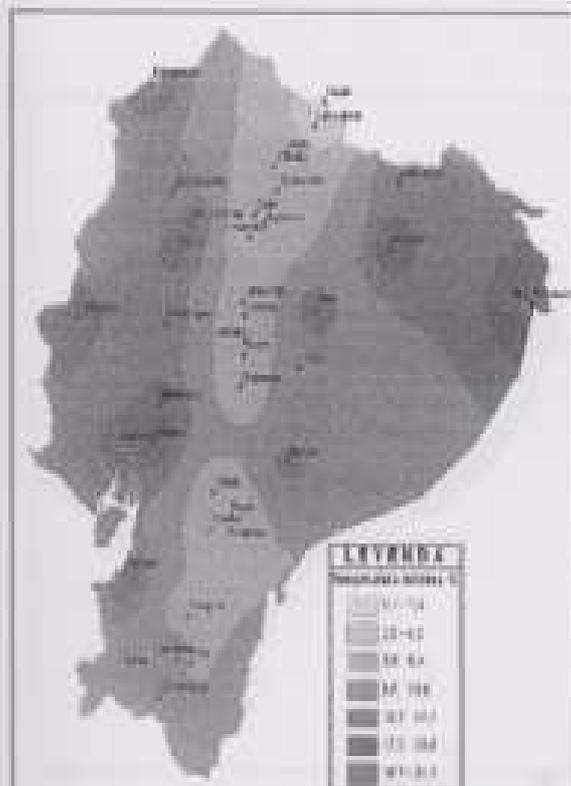
Temperatura máxima absoluta registrada durante el mes de julio



**ANOMALIAS DE TEMPERATURA EN EL PAIS EN AGOSTO 2008 FUENTE: INAMHI**



Temperatura mínima absoluta registrada durante Agosto del 2008

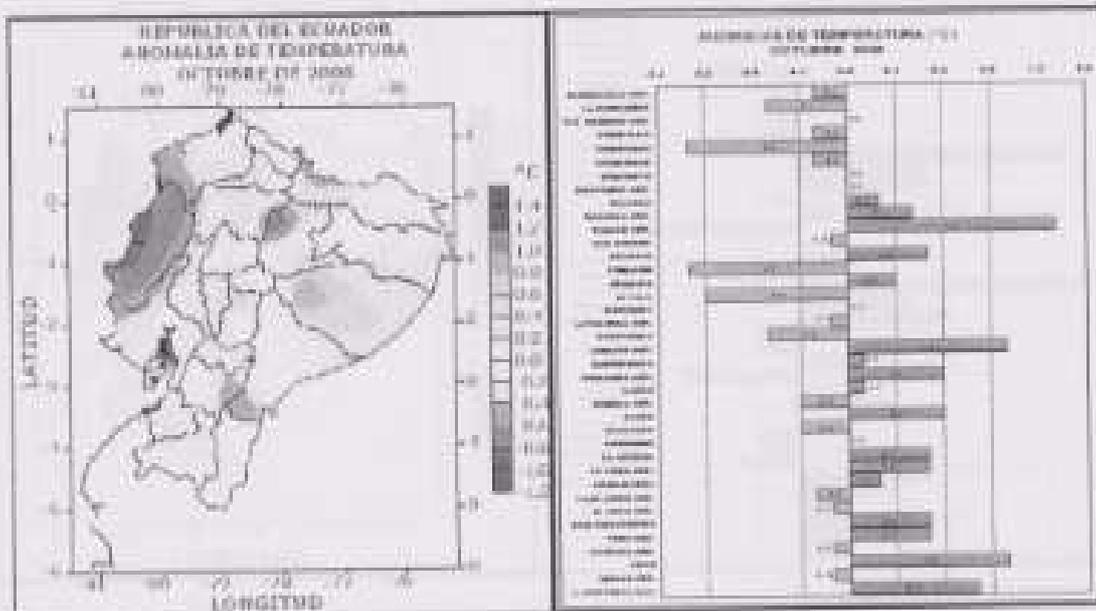


Temperatura máxima absoluta registrada Agosto 2008



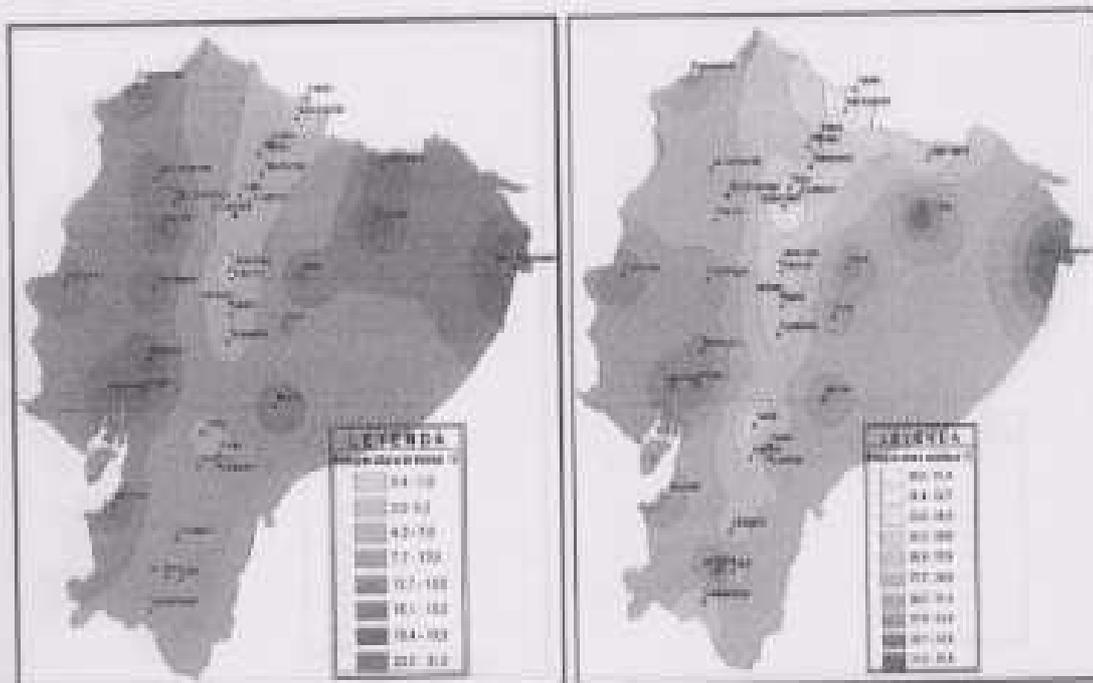


ANOMALIAS DE TEMPERATURA EN EL PAIS OCTUBRE 2008 FUENTE INAMHI

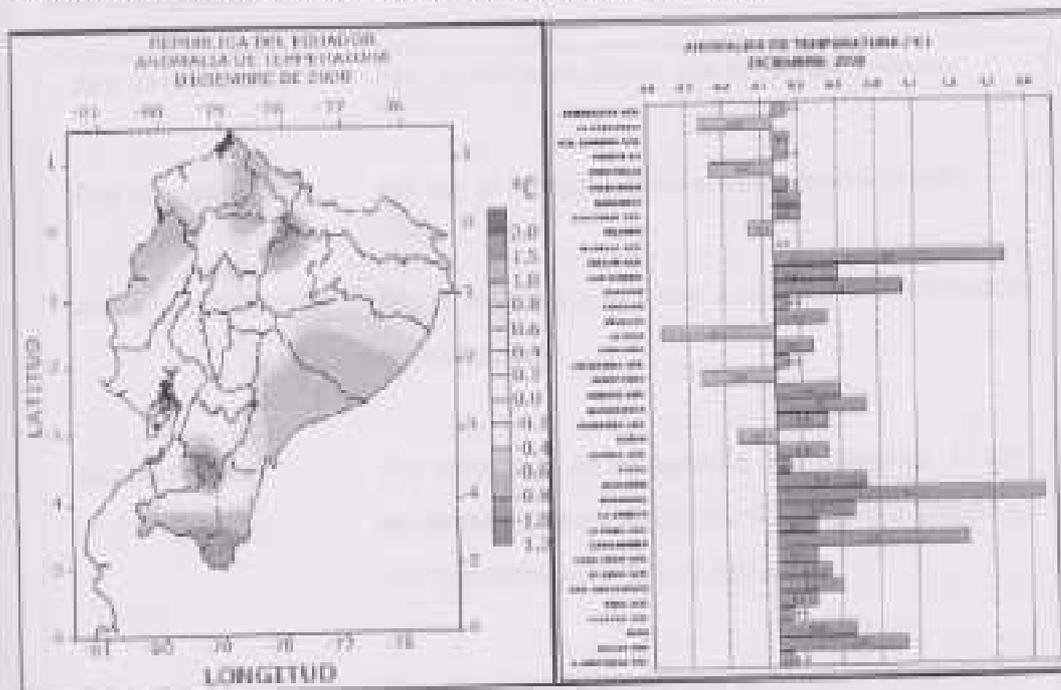


Temperatura mínima absoluta registrada Octubre 2008

Temperatura máxima absoluta registrada Octubre 2008

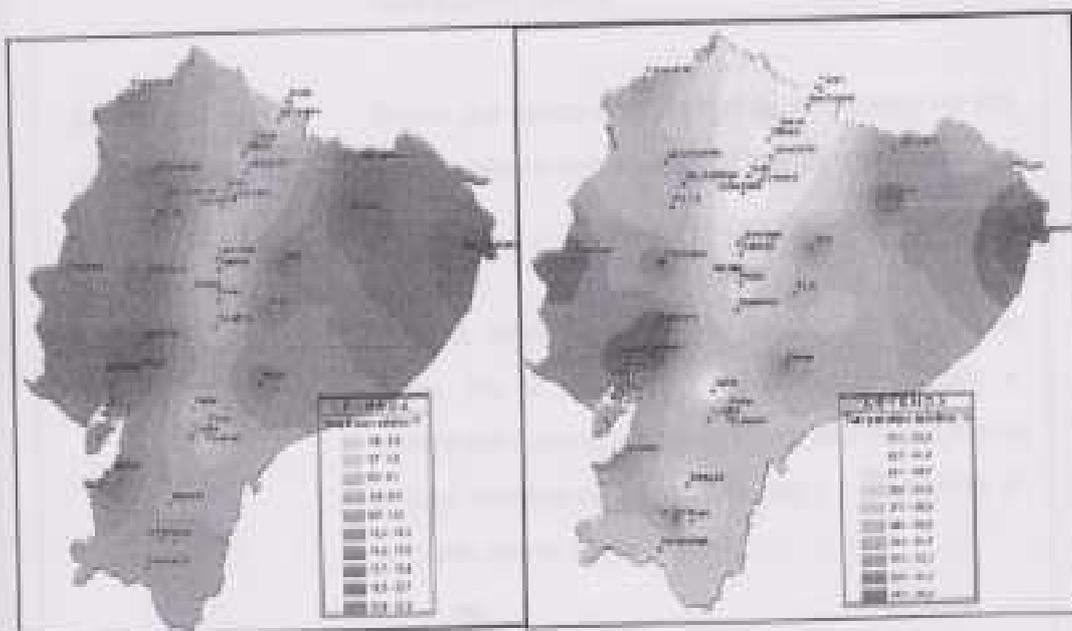


ANOMALIAS DE TEMPERATURA DICIEMBRE 2008 FUENTE: INAMHI



Temperatura mínima absoluta Diciembre 2008

Temperatura máxima absoluta Diciembre 2008



## ANEXO 5

## PRINCIPALES DEFINICIONES UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

<b>Aire de extracción</b>	Aire, normalmente viciado, que se expulsa al exterior.
<b>Aire de impulsión</b>	Aire que se introduce en los espacios acondicionados.
<b>Aire de recirculación</b>	Aire de retorno que se vuelve a introducir en los espacios acondicionados.
<b>Aire de retorno</b>	Aire procedente de los espacios acondicionados. El aire de retorno estará constituido por el aire de recirculación y, eventualmente, por el aire de expulsión.
<b>Aire exterior</b>	Aire del ambiente exterior que se introduce en el circuito de climatización.
<b>Aislante térmico</b>	Es todo material que posee un bajo coeficiente de conductividad térmica.
<b>Batería de recalentamiento</b>	Batería que realiza el ajuste final de temperatura del aire tratado, calentándolo de acuerdo con las necesidades del local.
<b>Bomba de calor</b>	Máquina térmica que permite transferir calor de una fuente fría a otra más caliente. En calefacción o climatización, aparato capaz de tomar calor de una fuente a baja temperatura (agua, aire, etc.) y transferirlo al ambiente que se desea calefactar.
<b>BTU (British Thermal Unit)</b>	Es la cantidad de calor para elevar en un grado Fahrenheit una libra de agua (de 59°F a 60°F ). Equivalencias: ~3.967 BTU = 1 Caloría = 4 BTU

<b>Calefacción</b>	Proceso de tratamiento del aire que controla, al menos, la temperatura mínima de un local.
<b>Calor específico</b>	Cantidad de calor que es necesario suministrar a la unidad de masa de un cuerpo para elevar un grado su temperatura.
<b>Calor latente</b>	Cantidad de calor que cede o absorbe un cuerpo al cambiar de estado.
<b>Calor sensible</b>	Cantidad de calor que cede o absorbe un cuerpo sin cambiar de estado.
<b>Caloría</b>	Una caloría-gramo es la cantidad de calor necesaria para aumentar en 1° C la temperatura de 1 gramo de agua. Una kilocaloría equivale a (10) <sup>3</sup> calorías-gramo y es la unidad en que se mide el valor energético de los alimentos.
<b>Climatización</b>	Proceso de tratamiento de aire que se efectúa a lo largo de todo el año, controlando, en los espacios interiores, temperatura, humedad, pureza y velocidad del aire.
<b>Climatizador</b>	Unidad de tratamiento del aire sin producción propia de frío o calor.
<b>Coefficiente de conductividad térmica</b>	Cantidad de calor que atraviesa, en la unidad de tiempo, la unidad de superficie de una muestra plana de caras paralelas y espesor unitario, cuando se establece entre las caras una diferencia de temperatura de un grado.
<b>Coefficiente de eficiencia energética de un aparato</b>	Cociente entre la potencia térmica total útil y la potencia total absorbida, para unas condiciones de funcionamiento

	determinadas.
<b>Coefficiente de prestación de un sistema</b>	Relación entre la energía térmica cedida por el sistema y la energía de tipo convencional absorbida. Se representa por las siglas COP.
<b>Coefficiente de transmisión de calor</b>	Cantidad de calor que atraviesa la unidad de superficie en la unidad de tiempo, cuando se establece entre las caras paralelas del cerramiento una diferencia de temperatura de un grado.
<b>Coefficiente global de transmisión</b>	Media ponderada de los coeficientes de transmisión de cada uno de los elementos de separación del edificio con el exterior.
<b>Control proporcional</b>	Acción de un dispositivo de control que modifica la actuación del elemento regulador proporcionalmente a la desviación entre la magnitud medida y el punto de consigna.
<b>Convección</b>	Movimiento vertical del aire.
<b>Demanda térmica</b>	Potencia térmica sensible y latente requerida para acondicionar un espacio cerrado.
<b>Des humectación</b>	Proceso de tratamiento del aire por el que se disminuye la humedad.
<b>Expansión directa</b>	Proceso de tratamiento del aire efectuado por evaporación del fluido frigorífico en el circuito primario de una batería.
<b>Evaporación</b>	Cambio de fase del agua de un estado líquido a sólido por absorción de calor.

<b>Factor de forma</b>	Relación entre la suma de las superficies de los elementos de separación del edificio y el volumen encerrado por las mismas.
<b>Factor de transporte del agua</b>	Relación entre la potencia térmica útil entregada por el agua a los locales y la potencia consumida por los motores de las bombas.
<b>Factor de transporte del aire</b>	Relación entre la potencia sensible útil entregada por el aire a los locales acondicionados y la potencia consumida por los motores de los ventiladores.
<b>Fluido primario</b>	En un intercambiador de calor, el fluido que aporta la energía térmica de intercambio.
<b>Fluido secundario</b>	En un intercambiador de calor, el fluido que recibe la energía térmica de intercambio.
<b>Fluido térmico</b>	Medio canalizado encargado de transportar la energía en un sistema de calefacción o climatización.
<b>Gradiente de temperatura</b>	Cociente entre la diferencia de temperatura existente entre dos puntos y la distancia que media entre ambos.
<b>Higrómetro</b>	Aparato para medir la humedad relativa del aire.
<b>Humedad absoluta</b>	En un sistema de aire húmedo, es la razón de la masa del vapor de agua respecto al volumen total del sistema; usualmente expresada en gramos por metro cúbico.
<b>Humedad específica</b>	Relación entre la masa de vapor de agua y la masa del aire húmedo.

<b>Humedad relativa</b>	Tipo de humedad que se basa en el cociente entre la presión actual del vapor del aire y la saturación de la presión del vapor. Usualmente se expresa en porcentajes.
<b>Humectación</b>	Proceso de tratamiento del aire por el que se aumenta su humedad.
<b>Infiltración</b>	Caudal de aire que penetra en un local desde el exterior, de forma incontrolada, a través de las soluciones de continuidad de los cerramientos debido a la falta de estanquidad de los huecos (puertas y ventanas).
<b>Instalación centralizada</b>	Instalación de calefacción o climatización que dispone de un generador (o varios) de calor o frío y un sistema de distribución del mismo a las diferentes unidades de consumo: viviendas, oficinas, etc.
<b>Instalación de baja velocidad</b>	Técnica de distribución del aire que se realiza a una velocidad suficientemente baja para no necesitar dispositivos reductores de presión.
<b>Instalación de media y alta velocidad</b>	Técnica de distribución del aire que se realiza a una velocidad tal que se requieren dispositivos de reducción de presión y atenuación del sonido.
<b>Instalación individual</b>	Instalación de calefacción o climatización que dispone de un generador de calor o frío y un sistema de distribución del mismo a las diferentes dependencias que componen la única unidad de consumo.
<b>Instalación semicentralizada</b>	Instalación individual de climatización realizada con equipos autónomos dotados de una red de conductos de distribución de aire.

<b>Instalación unitaria</b>	Instalación de calefacción o climatización que dispone de un aparato en cada dependencia y que regula la temperatura habitación por habitación.
<b>Pérdida de carga</b>	Caída de presión en un fluido desde un punto de una tubería o conducto a otro, debido a pérdidas por rozamiento.
<b>Pérdidas por transmisión</b>	Cantidad de calor que se pierde a través de los cerramientos exteriores.
<b>Pérdidas por ventilación</b>	Cantidad de calor que se pierde en una estancia por la ventilación.
<b>Planta enfriadora de agua</b>	Unidad compacta, construida y montada en fábrica, que refrigera agua u otro fluido portador equivalente.
<b>Programador</b>	Dispositivo que se utiliza para establecer los tiempos de funcionamiento de los aparatos o sistemas de calefacción o climatización.
<b>Programador multizona</b>	Programador que permite gestionar dos o más zonas de utilización.
<b>Punto de consigna</b>	Valor de una magnitud controlada al que se ajusta el dispositivo de control para que lo mantenga.
<b>Red de distribución</b>	Conjunto de circuitos que canalizan el fluido térmico desde la sala de máquinas hasta las unidades terminales, incluyendo las redes de impulsión y retorno.
<b>Refrigeración</b>	Proceso de tratamiento del aire que controla, al menos, la temperatura máxima de un local.

<b>Rendimiento</b>	Relación entre la potencia útil obtenida y la potencia absorbida por un determinado equipo.
<b>Renovaciones</b>	Rotación entre el caudal de aire exterior impulsado al espacio calefactado o acondicionado y el volumen de éste.
<b>Retorno</b>	Aquella parte de un sistema o instalación que transporta el fluido que vuelve a la estación central.
<b>Saturación</b>	Condición del aire que se presenta cuando la cantidad de vapor de agua que contiene es el máximo posible para la temperatura existente.
<b>Técnicas de confort</b>	Cualquier proceso por el cual se controla alguna de las siguientes magnitudes en los espacios interiores: temperatura, humedad, pureza y movimiento del aire.
<b>Temperatura de producción o de servicio</b>	La temperatura de diseño del fluido transmisor de la energía térmica a la entrada de la red de distribución.
<b>Temperatura exterior de cálculo</b>	Temperatura, en grados centígrados, que se fija en el exterior de la estancia para hacer el cálculo de pérdidas (o ganancias) de calor.
<b>Temperatura interior de cálculo</b>	Temperatura, en grados centígrados, que se fija en el interior de la estancia para hacer el cálculo de pérdidas (o ganancias) de calor. Temperatura prevista en proyecto en condiciones normales de funcionamiento.
<b>Temperatura media ponderada</b>	Valor medio aritmético de las temperaturas ponderadas por el volumen de los locales.
<b>Temperatura resultante</b>	Índice empírico de confort que tiene en cuenta la

	temperatura y movimiento del aire y la radiación del entorno y que se define como la temperatura seca del aire de otro recinto similar, con aire en reposo y que teniendo las paredes a la misma temperatura que el aire, produce la misma sensación térmica.
<b>Termómetro</b>	Aparato para medir la temperatura; pueden ser de distintos tipos según el principio físico en que se basan.
<b>Termómetro húmedo</b>	Aparato para medir la temperatura húmeda del aire.
<b>Termostato</b>	Dispositivo que mide y regula la temperatura de consigna que se ha fijado, encendiendo y apagando automáticamente el aparato o sistema de calefacción o climatización.
<b>Tonelada de refrigeración</b>	Es el calor que absorbe una tonelada de hielo al derretirse en 24 hs. Equivalencias: -1Ton = 3025 Cal/h = 3000 Cal/h
<b>Torre de refrigeración</b>	Unidad de enfriamiento evaporativo del agua.
<b>Transmisión de calor</b>	Paso de calor de un cuerpo a otro o a través de un mismo cuerpo.
<b>Tratamiento</b>	Proceso que modifica algunas de las características físico-químicas del aire.
<b>Unidad terminal</b>	Equipo receptor de aire o agua de una instalación centralizada que actúa sobre las condiciones ambientales de una zona acondicionada.
<b>Válvula de seguridad</b>	Dispositivo que se inserta en algún punto del circuito, diseñado de forma que al subir la presión de trabajo o de regulación, se

	abre automáticamente.
<b>Ventilación</b>	Renovación del aire de una estancia o local. Suele denominarse ventilación natural cuando se produce sin accionamiento motor.
<b>Ventilación mecánica</b>	Proceso de renovación del aire de un local por medios mecánicos.
<b>Zona</b>	Espacio climatizado cuya carga térmica varía en forma distinta a la de otros espacios.