

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACION TECNOLOGICA**

### **CONSTRUCCIÓN DE UN PROGRAMADOR PARA UN CALENTADOR DE AGUA DOMESTICA (TERMOSTATO)**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**LICTO ROBAYO MILTON RAMIRO**

**TAPA GUAMAN JOSE ANTONIO**

**DIRECTOR: ING. PABLO LOPEZ**

**Quito, marzo 2007**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, MILTON RAMIRO LICTO ROBAYO y TAPA GUAMAN JOSE ANTONIO, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros 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.

---

**MILTON RAMIRO LICTO  
ROBAYO**

---

**JOSE ANTONIO TAPA  
GUAMAN**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por MILTON RAMIRO LICTO ROBAYO y TAPA GUAMAN JOSE ANTONIO, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Pablo López**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo le dedico a DIOS por dar salud y ganas de luchar día tras día sin pedir nada a cambio, hablo de mis padres a quienes debo tanto y hasta ahora no se como devolver todo lo que han hecho por mi y estoy seguro que nunca me dejaran solo, por todo esto gracias DIOS

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN .....	9
PRESENTACIÓN .....	10
CAPITULO 1 .....	11
1. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....	11
1.1. EL TECLADO.....	11
1.1.1. DEFINICION. ....	11
1.1.2. TECLADO MATRICIAL DE 4X4 LETRAS .....	11
1.2. DISPLAY DE CRISTAL LIQUIDO (LCD).....	12
1.2.1. DEFINICION .....	12
1.2.2. TIPOS DE LCD.....	12
1.3. MICROCONTROLADOR.....	15
1.3.1 DEFINICION.....	15
1.3.2 PARTES DE UN MICROCONTROLADOR.....	16
1.3.3 APLICACIONES.....	16
1.3.4 TIPOS DE MICROCONTROLADORES.....	17
1.3.5 RECURSOS ESPECIALES.....	18
1.3.5.1 Temporizadores o timers.....	19
1.3.5.2 Perro guardián o Watchdog.....	19
1.3.5.3 Protección de alimentación Brownout.....	19
1.3.5.4 Estado de reposo.....	20
1.3.5.5 Conversores A/D.....	20
1.3.5.6 Conversor D/A.....	20
1.3.5.7 Comparador Analógico.....	20
1.3.5.8 Modulador PWM.....	21
1.3.5.9 Puertos de E/S digitales.....	21

1.3.5.10	Puertos de comunicación.....	21
1.3.6	MICROCONTROLADORES PIC.....	21
1.3.6.1	Definición.....	21
1.3.6.2	Introducción Histórica.....	22
1.3.6.3	Partes de un PIC.....	23
	a. Microprocesador.....	23
	b. Memoria .....	23
	c. Perifericos .....	24
1.3.6.4	Tipos de PIC.....	24
1.4	SENSORES DE TEMPERATURA .....	24
1.4.1	SENSOR RTD .....	25
1.4.2	SENSOR PT100.....	25
1.4.3	SENSOR LM35.....	26
1.4.4	MEDIDORES Y CONTROLADORES DE TEMPERATURA.....	28
1.5	AMPLIFICADOR OPERACIONAL.....	30
1.5.1	DEFINICION .....	30
1.5.2	CARACTERISTICAS.....	30
1.5.3	CONFIGURACIONES .....	31
	a. Comparador.....	31
	b. Seguidor de voltaje.....	32
	c. Amplificador Inversor.....	32
	d. Amplificador No Inversor .....	33
	e.Sumador.....	33
	f. Restador.....	34
	h. Derivador .....	35
1.5.4	APLICACIONES .....	35
1.5.6	AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM358.....	36
1.5.6.1	CARACTERISTICAS .....	36
1.6	RELOJ DS1307 .....	37
1.7	EL TRIAC .....	38
1.7.1	DEFINICION .....	38

1.7.2	CONSTRUCCION BASICA .....	39
1.7.3	CURVA CARACTERISTICA TENSION-CORRIENTE .....	40
1.7.4	CONVERSORES DE ENERGIA AC-AC.....	41
1.7.5	DEFINICION DE PARAMETROS DEL TRIAC. ....	43
1.8	OPTOACOPLADORES.....	44
1.8.1	TIPOS.....	44
1.9	ENCAPSULADOS.....	45
1.10	TERMOSTATOS.....	48
<b>CAPITULO 2</b> .....		49
2.	DISEÑO Y CONTRUCCION DEL HARWARE .....	49
2.1	CONSTRUCCION DEL HARWARE .....	49
2.1.1.	ANTECEDENTES GENERALES.....	49
2.1.2	DISEÑO.....	49
2.2	DIAGRAMA DE BLOQUES.....	49
2.2.1	BLOQUE DE ALIMENTACION .....	50
2.2.2	BLOQUE TRANSDUCTOR .....	51
2.2.3	BLOQUE DE TECLADO Y DECODIFICADOR DE TECLADO .....	52
2.2.4	BLOQUE DE RELOJ EN TIEMPO REAL (RTC).....	52
2.2.5	BLOQUE DE PROCESO DE DATOS Y PROGRAMACION.....	53
2.2.5.1	DEFINICION DEL PIC 16F873 .....	53
2.2.5.2	CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PIC 16F873.....	54
2.2.5.3	DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ESTRUCTURA INTERNA .....	54
2,2,5,4	COMPONENTES DEL PIC 16F873 .....	55
2.2.5.5	DISTRIBUCION DE PINES.....	56
2.2.5.6	DESCRIPCION DE PINES .....	56
	A. Porticos o puertos.....	56
	b. Circuito de reloj.....	57
	c. Estado de reposo.....	58
	d. Watchdog.....	58
	e. Temporizadores.....	59
	f. Conversor A/D.....	60

g. Puerto de Comunicación serie sincrónico.....	60
2.2.5.7 ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA.....	62
a. Memoria de programa.....	62
b. Memoria de datos.....	63
2.2.6 BLOQUE DE VISUALIZACIÓN DE DATOS.....	67
2.2.6.1 IDENTIFICACIÓN DE PINES DEL LCD.....	68
2.2.7 BLOQUE DE SEÑALES DE CONTROL .....	69
2.2.8 BLOQUE DE LA ETAPA DE POTENCIA .....	69
2.3 DIAGRAMA CIRCUITAL.....	69
2.4 DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO .....	70
2.5 MONTAJE DEL PROTOTIPO.....	72
2.5.1 MATERIALES.....	72
<b>CAPÍTULO III</b> .....	73
3. ELABORACIÓN DEL PROGRAMA .....	73
3.1 DISEÑO DEL PROGRAMA PARA EL PIC 16F873 .....	73
3.2 DIAGRAMA DE FLUJO.....	73
3.3 PROGRAMA UTILIZADO .....	74
3.4 COSTOS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.....	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	83
BIBLIOGRAFÍA .....	85
ANEXOS .....	86



## RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado, con el propósito de desarrollar un dispositivo que pueda controlar el encendido y apagado de un calentador de agua domestico de forma automática todos los días de la semana a una hora programada manteniendo la temperatura dentro de un rango deseado, personalizando la operación del calentador de agua.

En el Capitulo I, se hace una explicación introductoria referente a las definiciones y características de los elementos utilizados en este proyecto, en una forma detallada y de fácil comprensión, sobre su funcionamiento y forma de operación.

En el Capitulo II, se realiza el diseño del circuito impreso de todo el dispositivo, diagramas de posicionamiento de los componentes, diagramas circuitales de las diferentes etapas que intervienen en el funcionamiento de nuestro proyecto

El Capitulo III, describe la elaboración del programa principal de control del equipo. El diseño del este programa para el microcontrolador 16F873 se lo realiza en el ejecutable MICROCODE STUDIO en BASIC

## PRESENTACIÓN

Este prototipo nos permite controlar el encendido y apagado de un termostato para todos los días de la semana, además podemos mantener la temperatura en un rango adecuado fijado por el usuario, así como también un encendido y apagado manual

Usando el circuito de este proyecto se obtendrá un mejoramiento en la calidad de vida del usuario ya que el sensor de temperatura encargado controlar un nivel de temperatura deseado y programado será el encargado de enviar señales para el encendido y apagado del sistema.

La programación de encendido por el usuario nos permite tener un ahorro de energía, ya que el calentador de agua ya no pasa encendido innecesariamente y debido a que utiliza un triac para el control la potencia a la carga.

Debido al reloj en tiempo real utilizado, los datos de tiempo son exactos gracias a su circuito auxiliar de alimentación y un reloj en tiempo real.

# CAPITULO I

## MARCO TEORICO REFERENCIAL

### 1.1 TECLADO

#### 1.1.1 Definición:

Es un periférico de entrada, el cual permite ingresar datos como letras, números, signos, etc. tiene varias clasificaciones, pero el que utilizamos es el matricial.

#### 1.1.2 Teclado matricial de 4x4 teclas

Los teclados matriciales son muy utilizados en sistemas empotrados, ya que ofrecen el control de varias teclas con pocas señales; en concreto, con  $n$  señales se pueden controlar hasta  $2n$  teclas. Para un teclado matricial de 4x4 teclas (16) el circuito se muestra en la siguiente figura:

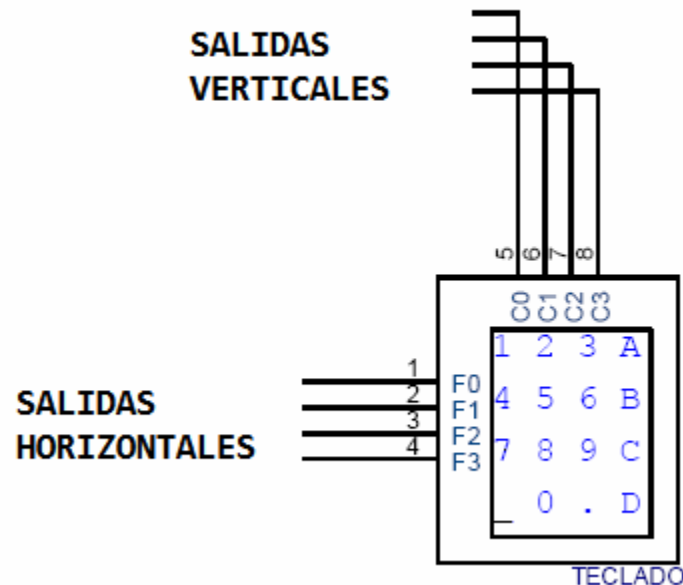


Fig. 1.1 Teclado Matricial de 4x4

Un teclado matricial se compone de filas y columnas que al pulsar una tecla se pone en contacto una fila con una columna. En la figura 1.1 es posible ver que las

columnas del teclado matricial están conectadas a los 4 bits bajos de un en este caso el puerto B, mientras que las filas están conectadas a los 4 bits altos.

## 1.2 EI DISPLAY DE CRISTAL LIQUIDO (LCD)

### 1.2.1 Definición

El módulo LCD o pantalla de cristal liquido, tiene la capacidad de mostrar cualquier carácter alfa numérico. Estos dispositivos vienen ya con toda la lógica de control pre-programada y con un consumo de corriente mínimo.

Los LCD tienen gran cantidad de aplicaciones como en: informática, comunicaciones, telefonía, instrumentación, robótica, automóviles, equipos industriales, etc.

En la figura 1.2 se puede observar como se encuentra en el mercado un display de cristal liquido.

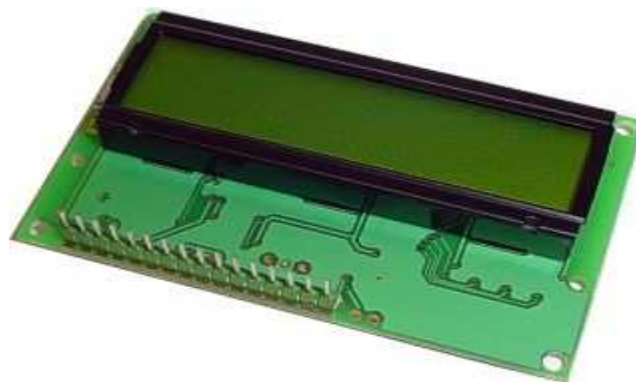


Figura 1.2 Display de Cristal Liquido

### 1.2.2 Tipos de LCD

Existe una gran variedad de módulos clasificados en dos grupos.

- El primer grupo de caracteres, en los cuales solamente se podrán presentar caracteres y símbolos especiales en las líneas definidas en el modulo LCD.

- El segundo grupo esta referido a los módulos LCD matriciales, en los cuales se podrán presentar caracteres, símbolos especiales y gráficos.

Los módulos LCD varían su tamaño físico dependiendo de la marca; por lo tanto en la actualidad no existe un tamaño estándar para los módulos LCD.

Otro patrón importante es el tamaño de los caracteres donde las dimensiones de la matriz que forma los caracteres tienen longitudes diferentes. Esta matriz define algunos aspectos importantes del carácter o el símbolo que están mostrando.

Los primeros LCD tenían los caracteres de color negro y el fondo de la pantalla era de color verdoso claro. Posteriormente se crearon otros colores en donde los caracteres eran de color plata y así sucesivamente fueron variando los colores en el fondo y en los caracteres incluyendo una luz posterior denominada Back Light diseñada para mejorar la visualización de la pantalla lugares muy oscuros.

El funcionamiento de los LCD es mayoritariamente estándar, se controlan de formas muy parecidas, incluso cuando no coincide el número de caracteres.

En la figura 1.3 se puede ver los elementos básicos de un LCD estándar. Por un lado se tiene el bus de datos D0.....D7 que en este caso está conectado a un puerto B de cualquier PIC. Este bus de datos puede ser de:

- Entrada** al LCD (para escribir caracteres y enviar instrucciones) o
- Salida** del LCD (para poder leer el estado por ejemplo).

El LCD tiene tres pines de de control:

- E** es la de habilitación, sirve para habilitar y deshabilitar el LCD.
- R/W** sirve para indicar operación de lectura o escritura.
- RS** es la de sincronismo de datos e instrucciones.

Además el LCD tiene pines para señales de alimentación que son:

- VEE** que sirve para controlar el contraste de la pantalla.
- VCC y GND** que son las de polarización.

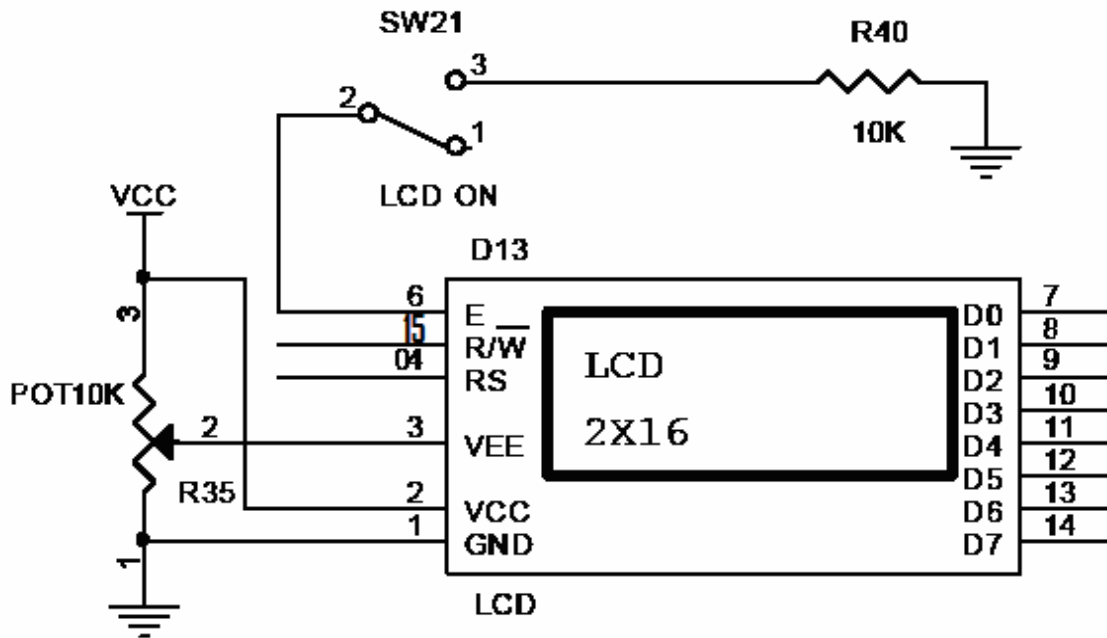


Figura 1.3 Diagrama de conexiones del LCD

# pin	Símbolo	Descripción
1	Vss	Pin de tierra de alimentación
2	Vdd	Pin de alimentación de +5V
3	Vo	Pin de contraste. Normalmente se conecta a un potenciómetro a través del cual se aplica una tensión variable entre 0 y +5V que permite regular el contraste del cristal líquido.
4	Rs	Selección del registro de control/registro de datos: <b>RS=0</b> Selección del registro de control <b>RS=1</b> Selección del registro de datos
5	Rw	Señal de lectura/escritura <b>R/W=0</b> El Módulo LCD es escrito <b>R/W=1</b> El Módulo LCD es leído
6	E	Señal de activación del módulo LCD: <b>E=0</b> Módulo desconectado, no funcionan el resto de señales <b>E=1</b> Modulo conectado
7-14	D0-D7	Bus de datos bi-direccional. A través de estas líneas se realiza la transferencia de información entre el módulo LCD y el sistema informático que lo gestiona

Tabla 1.1 Descripción de señales empleadas por el módulo LCD y número de pines a la que corresponden.

En la tabla 1.1 se detallan en forma breve las señales que utilizan los LCDs y los pines con sus respectivos nombres y función que realizan.

### 1.3 MICROCONTROLADOR

#### 1.3.1 DEFINICIÓN

Un microcontrolador es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos, como se indica en el diagrama de bloques de la figura 1.4. Estas partes están interconectadas dentro del microcontrolador, y en conjunto forman lo que se le conoce como microcomputadora. Se puede decir con toda propiedad que un microcontrolador es una microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado.

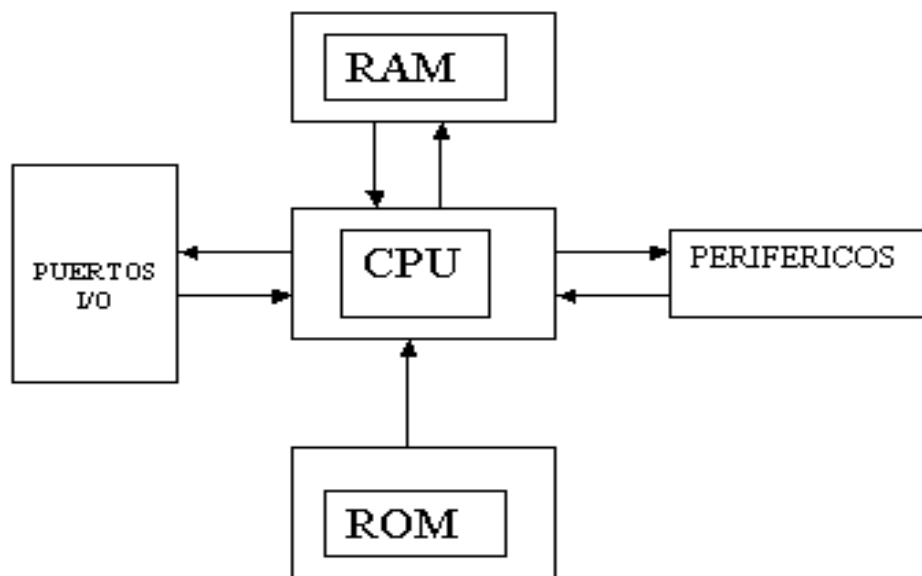


Figura 1.4 Partes de un microcontrolador.

### **1.3.2 PARTES DE UN MICROCONTROLADOR**

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

Procesador o CPU (Unidad Central de Proceso).

Memoria RAM para Contener los datos.

Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.

Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.

Módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).

Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento del sistema.

Toda microcomputadora requiere de un programa para que realice una función específica. Este se almacena normalmente en la memoria ROM. No esta demás mencionar que sin un programa, los microcontroladores carecen de utilidad.

El propósito fundamental de los microcontroladores es el de leer y ejecutar los programas que el usuario escribe, es por esto que la programación es una actividad básica e indispensable cuando se diseñan circuitos y sistemas. El carácter programable de los microcontroladores simplifica el diseño de circuitos electrónicos. Permiten modularidad y flexibilidad, ya que un circuito se puede utilizar para realizar diferentes funciones con solo cambiar el programa.

### **1.3.3 APLICACIONES**

Las aplicaciones de los microcontroladores son varias, se puede decir que solo están limitadas por la imaginación del usuario. Es común encontrar microcontroladores en campos como la robótica y el automatismo, en la industria del entretenimiento, en las telecomunicaciones, en la instrumentación, en el hogar, en la industria automotriz, etc.



### 1.3.4 TIPOS DE MICROCONTROLADORES

Existen varios fabricantes de microcontroladores tales como Texas Instruments, Motorola, Atmel, Intel, Microchip, Toshiba, Nacional, etc. Todos ellos ofrecen microcontroladores con características más o menos similares, sin embargo, en términos generales se puede decir que todos sirven para lo mismo: leer y ejecutar los programas del usuario.

Evidentemente algunos modelos tienen más capacidad que otros, en cuanto a memoria, velocidad, periféricos, etc.

En el diseño de un sistema con microcontrolador se pueden elegir dispositivos de cualquiera de los fabricantes y satisfacer la necesidad del sistema en cuestión. Los microcontroladores más populares se destacan a continuación:

**8048** (Intel). Es el padre de los microcontroladores actuales, el primero de todos. Su precio, disponibilidad y herramientas de desarrollo hacen que todavía sea muy popular.

**8051** (Intel y otros). Es sin duda el microcontrolador más popular. Fácil de programar, pero potente. Está bien documentado y posee cientos de variantes e incontables herramientas de desarrollo.

**80186, 80188 y 80386 EX** (Intel). Versiones en microcontrolador de los populares microprocesadores 8086 y 8088. Su principal ventaja es que permiten aprovechar las herramientas de desarrollo para PC.

**68HC11** (Motorola y Toshiba). Es un microcontrolador de 8 bits potente y popular con gran cantidad de variantes.

**683xx** (Motorola). Surgido a partir de la popular familia 68k, a la que se incorporan algunos periféricos. Son microcontroladores de altísimas prestaciones.

**PIC** (MicroChip). Familia de microcontroladores que gana popularidad día a día. Fueron los primeros microcontroladores RISC.

Es preciso resaltar en este punto que existen innumerables familias de microcontroladores, cada una de las cuales posee un gran número de variantes.

### **1.3.5 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:

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

### **1.3.5.1 Temporizadores o "Timers"**

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

Para la medida de tiempos se carga un registro con el valor adecuado y a continuación dicho valor se va incrementando o decrementando al ritmo de los impulsos de reloj o algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso. Cuando se desean contar acontecimientos que se materializan por cambios de nivel o flancos en alguna de las patitas del microcontrolador, el mencionado registro se va incrementando o decrementando al ritmo de dichos impulsos.

### **1.3.5.2 Perro guardián o "Watchdog"**

Cuando el computador personal se bloquea por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset y se reinicializa 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 antes de que provoque el reset. Si falla el programa o se bloquea, no se refrescará al Perro guardián y, al completar su temporización, "ladrará y ladrará" hasta provocar el reset.

### **1.3.5.3 Protección ante fallo de alimentación o "Brownout"**

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

#### **1.3.5.4 Estado de reposo ó de bajo consumo**

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

#### **1.3.5.5 Conversor A/D (CAD)**

Los microcontroladores que incorporan un Conversor A/D (Analógico/Digital) 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.

#### **1.3.5.6 Conversor D/A (CDA)**

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

#### **1.3.5.7 Comparador analógico**

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

También hay modelos de microcontroladores con un módulo de tensión de referencia que proporciona diversas tensiones de referencia que se pueden aplicar en los comparadores.

#### **1.3.5.8 Modulador de ancho de impulsos o PWM**

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

#### **1.3.5.9 Puertos de E/S digitales**

Todos los microcontroladores destinan algunas de sus patitas a soportar líneas de E/S digitales, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando Puertos.

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

#### **1.3.5.10 Puertos 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.

### **1.3.6 MICROCONTROLADORES PIC**

#### **1.3.6.1 Definición**

El PIC es un circuito altamente integrado que contiene todos los elementos de un computador aunque delimitadas prestaciones que esta contenida en un microchip gracias a su reducido tamaño suele incorporarse en el propio dispositivo de control.

A diferencia de un microprocesador que se lo considera de sistema abierto o de propósito general ya que puede ejecutar una gran cantidad de programas diferentes cargándolos en la memoria RAM principal, a un microcontrolador se lo considera de sistema cerrado ya que disponen de una memoria pequeña en la que se almacena un único programa que realiza una única función específica y concreta. Las entradas y salidas se conectan con sensores y actuadores de control.

### **1.3.6.2 Introducción histórica**

En 1965 GI formó una división de microelectrónica, destinada a generar las primeras arquitecturas viables de memoria EPROM y EEPROM.

De forma complementaria GI Microelectronics Division fue también responsable de desarrollar una amplia variedad de funciones digitales y analógicas en las familias AY3-xxxx y AY5-xxxx.

GI también creó un microprocesador de 16 bit, denominado CP1600, a principios de los 70. Este fue un microprocesador razonable, pero no particularmente bueno manejando puertos de e/s. Para algunas aplicaciones muy específicas GI diseñó un Controlador de Interface Periférico (PIC) entorno a 1975. Fue diseñado para ser muy rápido, además de ser un controlador de e/s para una máquina de 16 bits pero sin necesitar una gran cantidad de funcionalidades, por lo que su lista de instrucciones fue pequeña.

No es de extrañar que la estructura diseñada en 1975 es, sustancialmente, la arquitectura del actual PIC16C5x. Además, la versión de 1975 fue fabricada con tecnología CMOS y sólo estaba disponible en versiones de ROM de máscara, pero seguía siendo un buen pequeño microcontrolador. El mercado, no obstante, no pensó así y el PIC quedó reducido a ser empleado por grandes fabricantes únicamente.

Durante los 80, GI renovó su apariencia y se reestructuró, pasando a ser Microchip Technology, tomando como elemento diferenciador sus controladores integrados.

Como parte de esta estrategia, la familia NMOS PIC165x fue rediseñada para emplear algo que la misma compañía fabricaba bastante bien, memoria EPROM. De esta forma nació el concepto de basarse en tecnología CMOS, OTP y memoria de programación EPROM, naciendo la familia PIC16C5x.

Actualmente Microchip ha realizado un gran número de mejoras a la arquitectura original, adaptándola a las actuales tecnologías y al bajo costo de los semiconductores.

### **1.3.6.3 Partes de un microcontrolador PIC**

Básicamente tiene las mismas partes de un microcontrolador, pero aquí describiremos fundamentalmente 3 partes que son:

#### ***a. Microprocesador***

Es el encargado de procesar, interpretar y ejecutar las instrucciones del programa, y esta formado por dos partes importantes que son:

- Unidad de control, que traduce las instrucciones, y
- el camino de datos, que las ejecuta.

#### ***b. Memoria***

Es una memoria de almacenamiento no volátil (memoria ROM “EEPROM”), es donde se almacena el programa que se va a ejecutar en alguna aplicación, junto a los datos ingresados y procesados del exterior.

### **c. Periféricos**

Nos permiten obtener o ingresar datos en el microcontrolador. Son registros, a los cuales podemos acceder por medio de varios pines del circuito integrado. Por estos el usuario puede introducir datos, por sí mismo o mediante sensores, y también se tiene la posibilidad de recoger los resultados de datos ya procesados o simplemente hacer funcionar a algún actuador a través de; conversores analógico/digital (A/D), módulos PWM (control por ancho de pulso), módulos de comunicaciones seriales o en paralelo, y más.

#### **1.3.6.4 Tipos de PIC**

Existen diversas familias de PIC, las cuales se aplican constantemente, pero las más básicas son:

**PIC16C5x:** instrucciones de 12 bit, 33 instrucciones, 2 niveles de acumulador, sin interrupciones. En algunos casos la memoria es del tipo ROM, definida en fábrica.

**PIC16Cxx:** instrucciones de 14 bit, 35 instrucciones, 8 niveles de acumulador. El PIC16C84 posee memoria EEPROM.

**PIC17Cxx:** instrucciones de 16 bit, 55 instrucciones, 16 niveles de acumulador. A menos que se indique, la memoria es del tipo EPROM.

Adicionalmente existen otras familias derivadas, como los PIC16Fxx que emplean memoria del tipo FLASH.

## **1.4 SENSORES DE TEMPERATURA**

Sensores de temperatura son aquellos que nos permiten captar una señal de temperatura y nos permiten expresarla en otra señal física, milivoltios, miliamperios etc.



### 1.4.1 SENSOR RTD

Los **RTD** son sensores de temperatura resistivos. En ellos se aprovecha el efecto que tiene la temperatura en la conducción de los electrones para que, ante un aumento de temperatura, produzca un aumento de la resistencia eléctrica presentan. Dicho aumento se expresa:

$$R = R_0 [1 + AT + BT^2 - 100CT^3 + CT^4]$$

Donde: R es la resistencia a una temperatura de T°C

R<sub>0</sub> es la resistencia a 0°C

T es la temperatura.

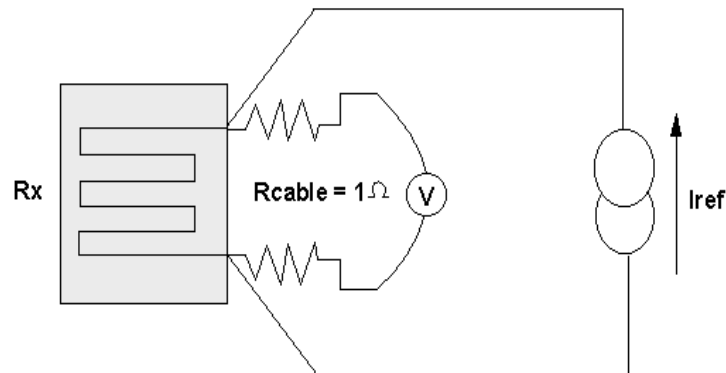


Figura1.5 Configuración de un RTD

### 1.4.2 SENSOR PT 100

Un tipo de RTD son las **Pt100**. Estos sensores están fabricados de platino (Pt) y presentar una resistencia de 100ohms a 0°C. Son dispositivos muy lineales en un gran rango de temperaturas, por lo que suele expresarse su variación como:

$$R = R_0 (1 + \alpha (T^a - T^a_0))$$

Donde:  $T_0^a$  es una temperatura de referencia

$R_0$  es la resistencia a esa temperatura.

Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable ú otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal), como se muestra en la figura 1.6.

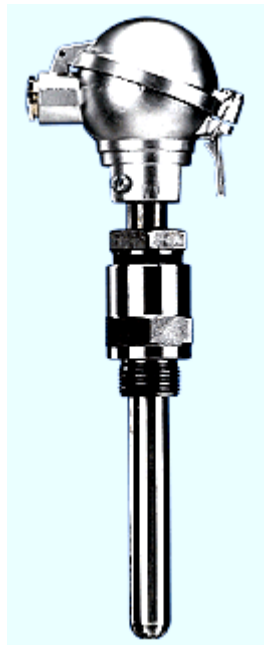


Figura 1.6 PT100 encapsulada para aplicaciones industriales

### 1.4.3 SENSOR LM35

Es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de  $1^{\circ}\text{C}$  y un rango de  $-55^{\circ}$  hasta  $+150^{\circ}\text{C}$ . Se presenta en diferentes encapsulados pero el más común es el to-92 igual que un típico transistor con 3 patas, dos para alimentarlo y la tercera entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo. El nombre de sus pines es: VCC - Vout – GND y su forma de conexión se observa en la fig. 1.7 a y 1.7 b.

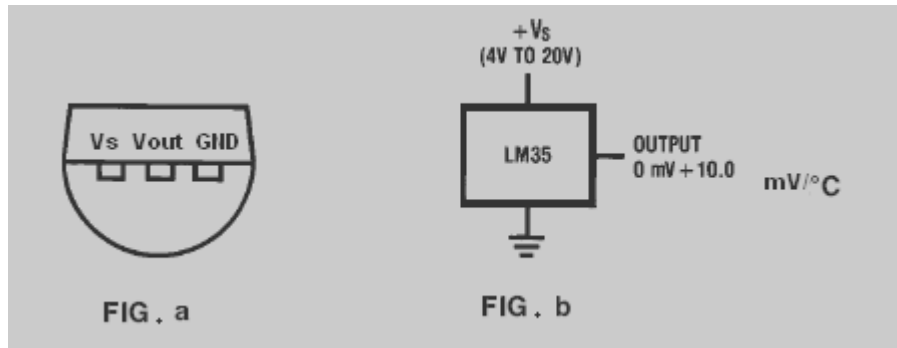


Figura 1.7 Distribución de pines del LM35

La característica principal, es que, es un sensor de temperatura cuya tensión de salida es linealmente proporcional con la temperatura en la escala Celsius (centígrada). Posee una precisión aceptable para la aplicación requerida

- Factor de escala :  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$  ( garantizado entre  $9,8$  y  $10,2\text{mV}/^\circ\text{C}$ )
- Rango de utilización :  $-55^\circ\text{C} < T < 150^\circ\text{C}$
- Precisión de :  $\sim 1,5^\circ\text{C}$  (peor caso)
- No linealidad :  $\sim 0,5^\circ\text{C}$  (peor caso)

El sensor de temperatura puede usarse para compensar un dispositivo de medida sensible a la temperatura ambiente, refrigerar partes delicadas de un dispositivo o bien para sensar temperaturas en el transcurso de un trayecto de exploración.

Voltaje de salida	Temperatura medida
+ 1500 mV	+150 $^\circ\text{C}$
+250 mv	+25 $^\circ\text{C}$
-550 mV	+55 $^\circ\text{C}$

Tabla 1.2 Voltaje de salida de acuerdo a la temperatura medida por el sensor LM35

#### 1.4.4 Medidores y controladores de temperatura

Este es, sin duda, el campo en el que se han realizado mayor cantidad de diseños, como instrumentos aislados o formando parte de sistemas más complejos, cubriendo rangos de medición desde temperaturas tan bajas como  $-50^{\circ}\text{C}$  a tan elevadas como  $1300^{\circ}\text{C}$ , utilizando sensores semiconductores, termocuplas o resistencias de materiales estables como el Platino, dependiendo su uso de las condiciones particulares de diseño requeridas.

El proceso de medición de temperatura parte de la señal generada por un sensor, que está en contacto con la temperatura que se desea medir y cuya salida (tensión, corriente, variación de resistencia) guarda relación con la magnitud de la temperatura medida. Por lo general, la variación de la señal generada por el sensor respecto de la temperatura no es proporcional, por lo que parte del problema de acondicionamiento de esa señal es, justamente, la de corregir esas no linealidades, al menos si la precisión deseada del instrumento así lo requiere.

Una complejidad extra representa el uso de termocuplas como sensores, ya que estas obligan, por un lado, a utilizar amplificadores con alta ganancia y muy estables y por otro lado, al hecho de que una termocupla no genera un valor de tensión fijo para cada temperatura de la llamada junta caliente, sino que depende de la diferencia que esta junta caliente tenga respecto del punto de unión con el equipo en la llamada junta fría. Por lo tanto, un aspecto muy importante a tener en cuenta para realizar mediciones de temperatura con termocuplas, es considerar la compensación por temperatura de la junta fría. (tenga en cuenta que si no se efectúa esta corrección, la lectura de temperatura obtenida tendrá un error de  $20^{\circ}\text{C}$  en menos que coincide, aproximadamente, con el valor medio de la temperatura ambiente).

Instrumentos más precisos se diseñan utilizando sensores construidos con materiales estables, tales como las resistencias de alambre de platino (conocidas como Pt100). En éstos, la precisión queda determinada, casi exclusivamente, por

la calidad del circuito electrónico del instrumento, su diseño, selección de componentes, armado cuidadoso y calibración.

Un medidor de temperatura deberá, por lo tanto, recibir la señal de uno de los sensores descritos, procesarla lo mejor posible y cuando corresponda, acondicionarla, corregir los errores por falta de linealidad, generar la compensación por juntura fría y finalmente escalarla para que el valor resultante se corresponda con las unidades de medida seleccionadas, ej. °C, mV, etc.

Un controlador de temperatura es, básicamente, un medidor al que se le agrega la posibilidad de fijar un "set" (temperatura deseada) y un circuito que compara la diferencia entre la temperatura real y la deseada, actuando en consecuencia para habilitar o no la calefacción o refrigeración que llevará la temperatura hasta niveles iguales al deseado de tal forma que, al hacerse cero la diferencia entre ambas temperaturas, la calefacción o refrigeración cese.

La forma en que se controla o habilita la calefacción, dependerá del tipo de control que se requiera, siendo el SI-NO (TODO-NADA) el más sencillo y rústico en su concepción. Sistemas mas elaborados utilizan modos de control proporcionales, donde la potencia calefactora es proporcional a la magnitud del error. Por otro lado y donde es necesario reducir los errores en el estado estacionario o mejorar el seguimiento cuando el "set" de temperatura es variable según perfiles programados, se utilizan controladores llamados PID (Proporcional-Integral-Derivativo) con los que se obtienen mejores resultados, aunque requieren de un cuidadoso proceso de sintonía (ajuste del peso con que interviene cada uno de los factores proporcional, integral y derivativo) para lograr el efecto deseado.

Actualmente y gracias a la utilización de microprocesadores o computadoras, se han podido utilizar una gran variedad de modos de control "inteligentes", con capacidad de aprendizaje, tal como los llamados adaptivos. Pero en el fondo, todos buscan lo mismo, que es lograr el control más estable y preciso aún bajo las condiciones más adversas.

## 1.5 AMPLIFICADOR OPERACIONAL

### 1.5.1 DEFINICION

Un **amplificador operacional (A.O.)** es un circuito electrónico, que normalmente se presenta como circuito integrado, tiene dos entradas y una salida. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor (G) (ganancia):

$$V_{out} = G(V_{+} - V_{-})$$

Al comienzo el amplificador operacional no era un circuito integrado de 8 patitas, sino un tubo al vacío. Se le atribuye la invención al Sr. George Philbrick, en el año 1948. La idea principal de estos "operacionales" originales era la de ser utilizados en computadoras analógicas, para sumar, restar, multiplicar y realizar operaciones más complejas. Fue la empresa Fairchild la que en los años 1964 y 1967 introdujo al mercado los conocidos Amplificadores operacionales 702, 709 y **741**. Y la National Semiconductor hizo lo mismo con el 101/301.

Estos circuitos integrados son muy versátiles, de bajo precio, tamaño pequeño, con excelentes características y redujeron el diseño de un amplificador a la adición de unas resistencias.

El **AMPLIFICADOR OPERACIONAL** ideal tiene una ganancia infinita, una impedancia de entrada infinita, un ancho de banda también infinito, una impedancia de salida nula y ningún ruido. Como la impedancia de entrada es infinita también se dice que las corrientes de entrada son cero.

### 1.5.2 CARACTERISTICAS.

El símbolo de un **Amplificador Operacional** es el mostrado en la siguiente figura:

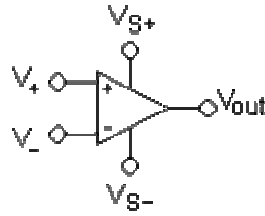


Figura 1.8 Símbolo de un Amplificador Operacional

Los pines son:

- $V_+$ : entrada no inversora
- $V_-$ : entrada inversora
- $V_{OUT}$ : salida
- $V_{S+}$ : alimentación positiva
- $V_{S-}$ : alimentación negativa

Los pines de alimentación pueden recibir diferentes nombres, por ejemplo en unos casos  $V_{DD}$  y  $V_{SS}$  respectivamente y en otros serán  $V_{CC}$  y  $V_{EE}$ . Normalmente estos pines de alimentación son omitidos en los diagramas electrónicos por claridad.

### 1.5.3 CONFIGURACIONES

#### a. Comparador

Esta aplicación compara entre las dos entradas y saca una salida en función de que entrada sea mayor. Se puede usar para adaptar niveles lógicos. Su configuración se puede observar en la figura 1.9.

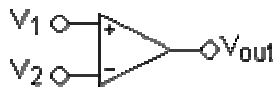


Figura 1.9 Comparador

### b. Seguidor de Voltaje

Se usa como un buffer, para eliminar efectos de carga o para adaptar impedancias (conectar un dispositivo con gran impedancia a otro con baja impedancia y viceversa). Su configuración se puede observar en la figura 1.10.

- Como la tensión en las dos patillas de entradas es igual:  $V_{out} = V_{in}$
- $Z_{in} = \infty$

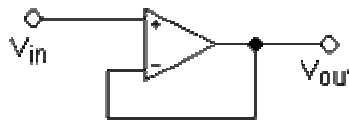


Figura 1.10 Seguidor de voltaje

### c. Amplificador Inversor

Lo que hace esta aplicación como su nombre lo indica, a una señal que ingresa al circuito la invierte por su opuesta: Su configuración se puede observar en la figura 1.11.

$$V_{out} = - \text{Ganancia} \times (V \text{ entrada})$$

$$\text{Ganancia} = R_f / R_{in}$$

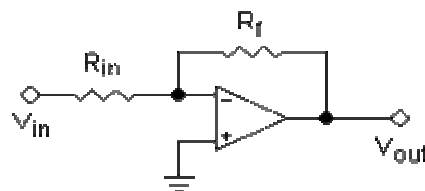


Figura 1.11 Amplificador Inversor



#### d. Amplificador No inversor

Se tiene a la salida, una señal parecida a la de la entrada, se le conoce también como de paso. Su configuración se puede observar en la figura 1.12.

$$V_{out} = V_{in} (1 + R_2/R_1)$$

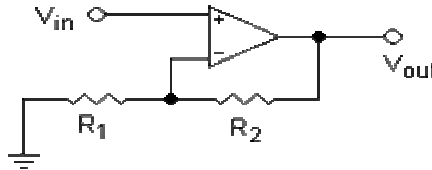


Figura 1.12 Amplificador no inversor

#### e. Sumador

Lo que se tiene en esta aplicación a la salida, es el resultado de la suma de varias señales que se tienen a la entrada. Su configuración se puede observar en la figura 1.13.

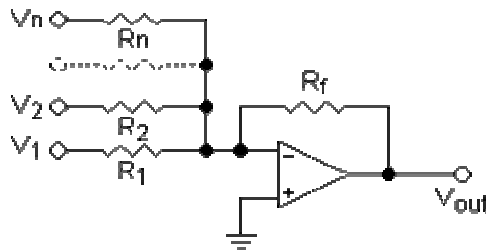


Figura 1.13 Sumador

$$V_{out} = - R_f (V_1/R_1 + V_2/R_2 + \dots + V_n/R_n)$$

- La expresión se simplifica mucho si se usan resistencias del mismo valor
- Impedancias de entrada:  $Z_n = R_n$

### f. Restador

Lo que se logra con esta aplicación es restar dos señales las cuales se encuentran a la entrada, el resultado de dicha resta se obtendrá a la salida. Su configuración se puede observar en la figura 1.14.

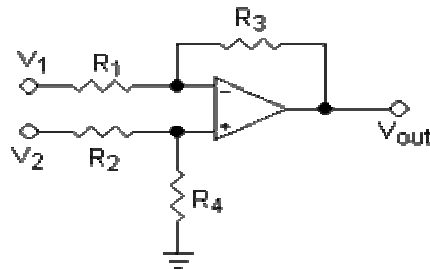


Figura 1.14 Restador

- Para resistencias independientes  $R_1, R_2, R_3, R_4$ :

$$V_{OUT} = V_2 \left( \frac{(R_3 + R_1) + R_4}{(R_4 + R_2)R_1} \right) - V_1 \left( \frac{R_3}{R_1} \right)$$

- Igual puede simplificarse con resistencias iguales
- La impedancia diferencial entre dos entradas es  $Z_{in} = R_1 + R_2$

### g. Integrador

Integra e invierte la señal ( $V_{in}$  y  $V_{out}$  son funciones dependientes del tiempo), Este circuito también se usa como filtro. Su configuración se puede observar en la figura 1.15.

$$V_{OUT} = \int_0^t -\frac{V_{in}}{RC} dt + V_{inicial}$$

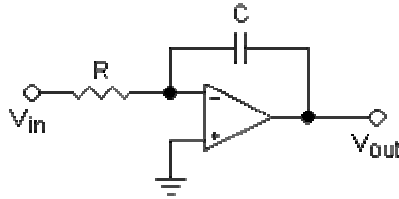


Figura 1.15 Integrador

### h. Derivador

Deriva e invierte la señal respecto al tiempo, este circuito también se usa como filtro. Su configuración se puede observar en la figura 1.16.

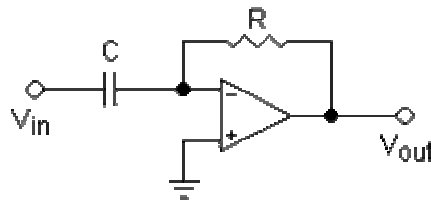


Figura 1.16 Derivador

$$V_{OUT} = -RC \frac{dV_{in}}{dt}$$

Otros usos de los amplificadores operacionales son:

- Osciladores, como el *punte de Wien*
- Convertidores carga-tensión
- Convertidores corriente-tensión
- Filtros activos
- Girador (simula un inductor)

### 1.5.4 Aplicaciones

- Calculadoras analógicas
- Filtros

- Preamplificadores y buffers de audio y video
  - Reguladores
  - Conversores
  - Evitar el efecto de carga
  - Adaptadores de niveles (por ejemplo CMOS y TTL)
1. Amplificador de tensión: proporciona una ganancia de tensión.
  2. Amplificador de salida: proporciona la capacidad de suministrar la corriente necesaria, tiene una baja impedancia de salida y, usualmente, protección frente a cortocircuitos.

### 1.5.6 AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM358

Es un circuito integrado que contiene dos amplificadores operacionales internos independientes el uno del otro, tiene alta ganancia

#### 1.5.6.1 Características

- Frecuencia internamente compensada por unidad de ganancia
- Ganancia de 100dB
- Rango de voltaje de 3V a 32V (o  $\pm 1.5V$  a 16V)
- Modo de entrada común
- Voltaje de salida de 0V DC a FCC -1.5V DC

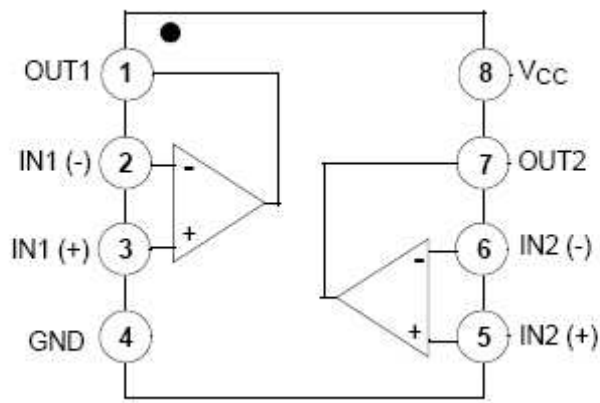


Figura 1.17 Distribución de pines del LM358

En la figura anterior 1.17 se puede observar la distribución de pines del chip con la simbología de los dos amplificadores que lo conforman así como también sus respectivas entradas, salidas, y pines de polarización.

### 1.6 RELOJ EN TIMEPO REAL (RTC) DS1307

Es un reloj de tiempo real exacto, el cual automáticamente, mantiene el tiempo y la fecha actual, incluyendo compensación para meses con menos de 31 días y saltos de año. En la figura 1.18 se muestra la distribución de pines con sus respectivos nombres.

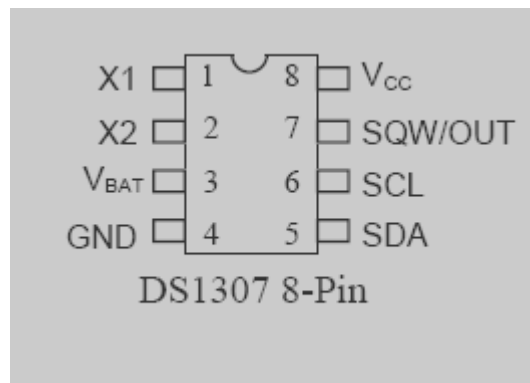


Figura 1.18 Distribución de pines

El DS1307 es un dispositivo de 8 pines al que se le conecta un cristal de cuarzo estándar, de bajo costo, a 32.768kHz entre los pines 1 y 2 para proveer tiempo base exacto. Opcionalmente se le puede conectar al pin3, baterías de respaldo de 3 volt, asegurando que se mantendrá el tiempo a la fecha aunque esté desconectada la fuente de tensión del circuito principal. El circuito integrado automáticamente detecta que se ha removido la energía en el circuito principal y se conectan las baterías de respaldo cuando es requerido.

Adicionalmente el circuito integrado DS1307 tiene dos características interesantes.

1. El pin 7 es una salida de colector abierto, que puede ser programada para hacer “flash” cada 1Hz. Esto permite la colocación de un led como indicador de segundos en aplicaciones de reloj.

2. El circuito integrado también tiene 56 bytes de memoria RAM para propósito general.

## 1.7 EL TRIAC

### 1.7.1 Definición

El triac es un dispositivo electrónico de tres terminales llamados MT1(ánodo 2), MT2 (ánodo1) y GATE o compuerta, usado para controlar el flujo de corriente promedio a una carga, con la característica particular, de que conduce en ambos sentidos y puede ser bloqueado por inversión de la tensión o disminuyendo la corriente por debajo del valor de mantenimiento. El triac puede ser disparado independientemente de la polarización de puerta, es decir, mediante una corriente de puerta positiva o negativa.

En la siguiente figura (fig. 1.19) se encuentra la representación simbólica del triac con su respectiva configuración de pines

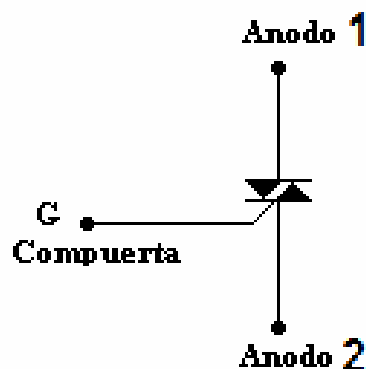


Figura 1.19 Símbolo del triac

Cuando el triac conduce, hay una trayectoria de flujo de corriente de muy baja resistencia entre los terminales, dependiendo la dirección de flujo de la polaridad del voltaje externo aplicado. Cuando el voltaje es mas positivo en MT2, la corriente fluye de MT2 a MT1 en caso contrario fluye de MT1 a MT2. En ambos casos el triac se comporta como un interruptor cerrado. Cuando el triac deja de

conducir no puede fluir corriente entre las terminales principales sin importar la polaridad del voltaje externo aplicado por tanto actúa como un interruptor abierto.

### 1.7.2 CONSTRUCCION BASICA

La estructura contiene seis capas como se indica en la figura 1.20, aunque funciona siempre como un tiristor de cuatro capas.

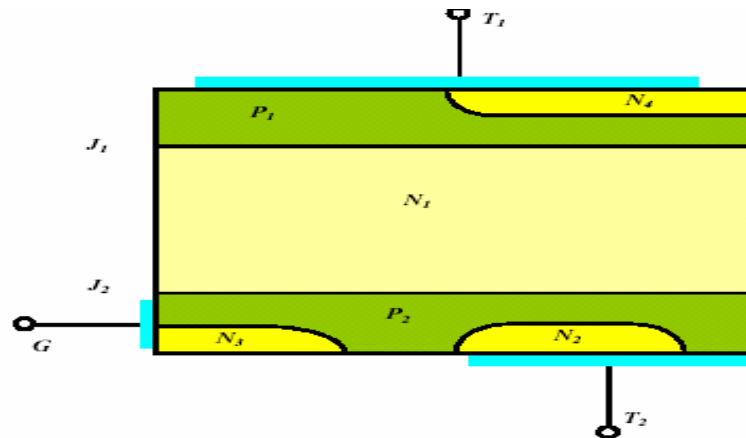


Figura 1.20 Construcción básica de un triac

La complicación de su estructura lo hace mas delicado que un tiristor en cuanto a variaciones de corriente  $di/dt$  y variaciones de voltaje  $dv/dt$  y lo hacen tener mayor capacidad para soportar sobre intensidades.

Se fabrican para intensidades de hasta unos 200 A eficaces y desde 400 a 1000 V de tensión de pico repetitivo, y son fabricados para funcionar a frecuencias bajas, los fabricados para trabajar a frecuencias medias son denominados *alternistores*. El Triac actúa como dos rectificadores controlados de silicio (SCR) en paralelo como se indica en la figura 1.21.

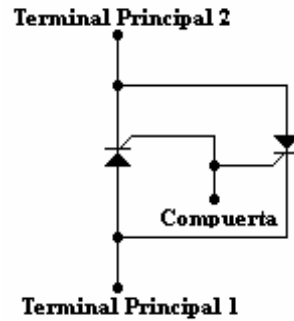


Figura 1.21 Funcionamiento

### 1.7.3 CURVA CARACTERISTICA TENSION – CORRIENTE

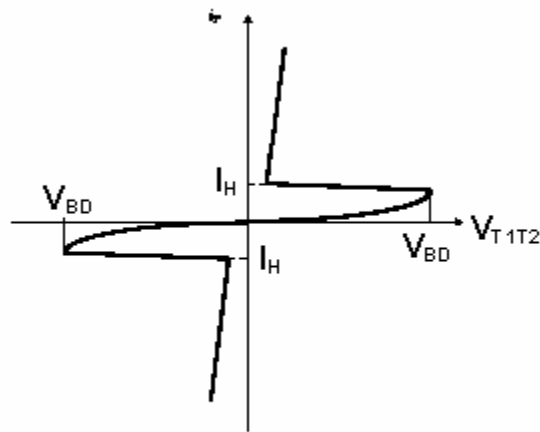


Figura 1.22 Curva característica tensión-corriente

La figura 1.22 describe la característica tensión – corriente del Triac. Muestra la corriente a través del Triac como una función de la tensión entre los ánodos  $MT_2$  y  $MT_1$ .

$V_{BD}$  (tensión de ruptura) es el punto por el cual el dispositivo pasa de una resistencia alta a una resistencia baja y la corriente, a través del Triac, crece con un pequeño cambio en la tensión entre los ánodos.



El Triac permanece en estado ON hasta que la corriente disminuye por debajo de la corriente de mantenimiento  $I_H$ . Esto se realiza por medio de la disminución de la tensión de la fuente. Una vez que el Triac entra en conducción, la compuerta no controla mas la conducción, por esta razón se acostumbra dar un pulso de corriente corto y de esta manera se impide la disipación de energía sobrante en la compuerta.

El mismo proceso ocurre con respecto al tercer cuadrante, cuando la tensión en el ánodo MT2 es negativa con respecto al ánodo MT1. Por esto es un componente simétrico en cuanto a conducción y estado de bloqueo, pues la característica en el cuadrante I de la curva es igual a la del III cuadrante.

#### 1.7.4 CONVERSORES DE ENERGIA DE AC- AC

La relación en el circuito entre la fuente de voltaje, el triac y la carga se representa en la siguiente figura.

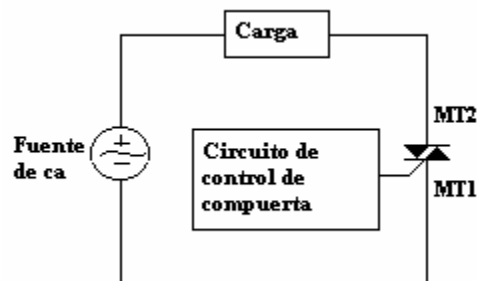


Figura 1.23 Diagrama básico de un convertidor AC – AC

La corriente promedio entregada a la carga puede variarse alterando la cantidad de tiempo por ciclo que el triac permanece en el estado encendido. Si permanece una parte pequeña del tiempo en el estado encendido, el flujo de corriente promedio a través de muchos ciclos será pequeño, en cambio si permanece

durante una parte grande del ciclo de tiempo encendido, la corriente promedio será alta.

Con un arreglo adecuado del disparador, el triac puede conducir durante el total de los 360 del ciclo. Por tanto proporciona control de corriente de onda completa, en lugar del control de media onda que se logra con un SCR. Las formas de onda de los triacs son muy parecidas a las formas de onda de los SCR, a excepción de que pueden dispararse durante el semiciclo negativo.

En la siguiente figura 1.24 se muestran las formas de onda para el voltaje de carga y para el voltaje del triac (a través de los terminales principales) para dos condiciones diferentes.

- a. Las formas de onda muestran apagado el triac durante los primeros  $30^\circ$  de cada semiciclo, durante estos  $30^\circ$  el triac se comporta como un interruptor abierto, es decir que no conduce, el voltaje completo de línea se cae a través de las terminales del triac, sin aplicar ningún voltaje a la carga. La parte del semiciclo durante la cual existe esta situación se llama ángulo de retardo de disparo. Después de transcurrido los  $30^\circ$ , el triac dispara y comienza a conducir corriente a la carga, esto lo realiza durante el resto del semiciclo. La parte del semiciclo durante la cual el triac esta encendido se llama ángulo de conducción.
- b. Estas figuras muestran las mismas formas de ondas pero con ángulo de retardo de disparo mayor que es de  $120^\circ$

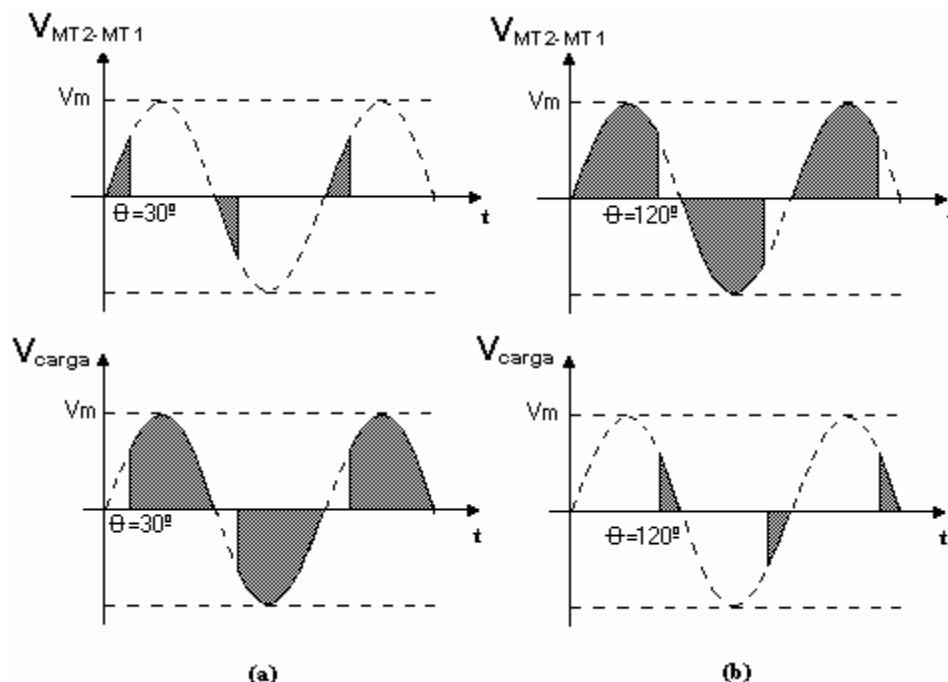


Figura 1.24 Formas de onda de un convertor AC-AC

### 1.7.5 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL TRIAC

- **$V_{DRM}$  (Tensión de pico repetitivo en estado de bloqueo)** = es el máximo valor de tensión admitido de tensión inversa, sin que el triac se dañe.
- **$I_{T(RMS)}$  (Corriente en estado de conducción)** = en general en el grafico se da la temperatura en función de la corriente.
- **$I_{TSM}$  (Corriente pico de alterna en estado de conducción(ON))** = es la corriente pico máxima que puede pasar a través del triac, en estado de conducción. En general esta dada a 50 o 60 Hz.
- **$I_{2t}$  (Corriente de fusión)** = este parámetro da el valor relativo de la energía necesaria para la destrucción del componente.
- **$P_{GM}$  (Potencia pico de disipación de compuerta)** = la disipación instantánea máxima permitida en la compuerta.
- **$I_H$  (Corriente de mantenimiento)** = la corriente directa por debajo de la cual el triac volverá del estado de conducción al estado de bloqueo.
- **$dV/dt$  (velocidad crítica de crecimiento de tensión en el estado de bloqueo)** = designa el ritmo de crecimiento máximo permitido de la

tensión en el ánodo antes de que el triac pase al estado de conducción. Se da a una temperatura de 100C y se mide en V/ $\mu$ s.

- **t<sub>ON</sub> ( tiempo de encendido)** = es el tiempo que comprende la permanencia y aumento de la corriente inicial de compuerta hasta que circule la corriente anódica nominal

## 1.8 OPTOACOPLADORES

También se denominan optoaisladores o dispositivos de acoplamiento óptico. Basan su funcionamiento en el empleo de un haz de radiación luminosa para pasar señales de un circuito a otro sin conexión eléctrica. Fundamentalmente este dispositivo está formado por una fuente emisora de luz, y un foto sensor de silicio, que se adapta a la sensibilidad espectral del emisor luminoso.

### 1.8.1 TIPOS

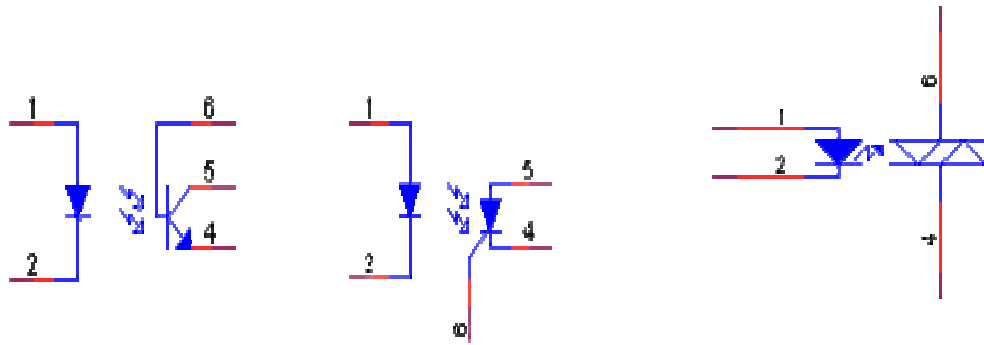
Existen varios tipos de optoacopladores, como se muestran en la figura 1.25 cuya diferencia entre sí depende de los dispositivos de salida que se inserten en el componente. Según esto tenemos los siguientes tipos:

**Fototransistor:** o lineal, conmuta una variación de corriente de entrada en una variación de tensión de salida. Se utiliza en acoplamientos de líneas telefónicas, periféricos, audio...

**Optotiristor:** Diseñado para aplicaciones donde sea preciso un aislamiento entre una señal lógica y la red.

**Optotriac:** Al igual que el optotiristor, se utiliza para aislar una circuiteria de baja tensión a la red.

En general pueden sustituir a relés ya que tienen una velocidad de conmutación mayor, así como, la ausencia de rebotes.



Símbolo del opto transistor

Símbolo del Opto tiristor

Símbolo Optotriac

Figuras 1.25 Símbolos de Opto acopladores

## 1.9 ENCAPSULADOS

El encapsulado varía en función del tipo de opto acoplador y de su aplicación, así como del número de unidades que se encuentren en su interior. Normalmente, los pines del elemento emisor están a un lado de la cápsula y los del sensor en el lado opuesto.

Existen unos encapsulados diferentes en los que, físicamente se puede interrumpir el haz luminoso (usados para control de posición, nº de revoluciones, cerraduras). De esta forma el encapsulado presenta una ranura entre el emisor y el receptor. Se les denomina de cápsula ranurada o fotocélulas de herradura.

Entre los encapsulados están:

**El TO-92:** Este transistor pequeño es muy utilizado para la amplificación de pequeñas señales. La asignación de patitas (emisor - base - colector) no está estandarizado, por lo que es necesario a veces recurrir a los manuales de equivalencias para obtener estos datos. En la figura 1.26 se puede observar como se encuentra físicamente en el mercado

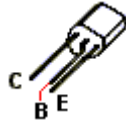


Figura 1.26 Encapsulado del TO-92

**El TO-18:** Es un poco más grande que el encapsulado TO-92, su grafico se puede observar en la figura 1.27 pero es metálico. En la carcasa hay un pequeño saliente que indica que la patita más cercana es el emisor. Para saber la configuración de patitas es necesario a veces recurrir a los manuales de equivalencias.



Figura 1.27 Encapsulado del TO-18

**El TO-39:** tiene el mismo aspecto que es TO-18, pero es mas grande. Su figura se puese observar en la figura 1.28. Al igual que el anterior tiene una saliente que indica la cercanía del emisor, pero también tiene la patita del colector pegado a la carcasa, para efectos de disipación de calor.



Figura 1.28 Encapsulado del TO-39

**El TO-126:** Se utiliza mucho en aplicaciones de pequeña a mediana potencia. Su forma se la puede observar en la figura 1.29 Puede o no utilizar disipador dependiendo de la aplicación en que se este utilizando.



Figura 1.29 Encapsulado TO-126

**El TO-220:** Este encapsulado se utiliza en aplicaciones en que se deba disipar potencia algo menor que con el encapsulado TO-3, y al igual que el TO-126. Su grafico se observa en la figura 1.30

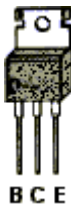


Figura 1.30 Encapsulado TO-220

**El TO-3:** este tipo encapsulado se utiliza en aplicaciones de gran potencia. Como se puede ver en el gráfico 1.31 es de gran tamaño debido a que tiene que disipar bastante calor. Está fabricado de metal y es muy normal ponerle un "disipador" para liberar la energía que este genera en calor.

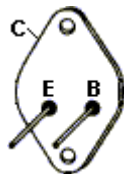


Figura 1.31 Encapsulado TO-03

## 1.10 TERMOSTATO

El **termostato** es un componente de un sistema de control empleado para mantener temperatura en un punto o rango predeterminado de un sistema o ambiente y los hay de muchos tipos, digitales, analógicos, mecánicos, electrónicos, proporcionales, una o más etapas, etc. Pueden ser tan simples como una lámina bimetálica hasta tan complejos como un microprocesador.

Los termostatos son dispositivos que permiten cerrar o abrir un circuito eléctrico en función de la temperatura. Es un instrumento que mantiene una temperatura regular. Normalmente forma parte de un sistema de calefacción.

### Ejemplos

Caso de los motores de combustión interna para vehículos: En el sistema de refrigeración para controlar el caudal de líquido refrigerante que se desvía hacia el radiador. Está formado por una válvula que se acciona por temperatura. La válvula está conectada a una cápsula llena de una sustancia muy dilatante (parafina). Con el motor frío, la válvula permanece cerrada y el líquido vuelve por otro conducto a la bomba impulsora. Al calentarse el motor, la parafina se dilata y la válvula se abre, el líquido puede pasar hacia el radiador, cediendo su calor a la atmósfera. Entre la posición de cierre y la de apertura completa.

Algo que se puede instalar para controlar la temperatura de un horno, un congelador o un calentador. Una vez que lo fije, mantendrá el aparato caliente o frío en la misma temperatura (a menos que esté descompuesto).



## CAPÍTULO 2

### 2. CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE

#### 2.1 ANTECEDENTES GENERALES

De acuerdo a las aplicaciones y usos planificados, se han podido determinar los requerimientos indispensables del sistema que han servido de base para el diseño del prototipo. Los aspectos considerados son los siguientes:

- a. El prototipo debe ser capaz de encender y apagar el termostato a una hora determinada por el usuario.
- b. El prototipo debe ser capaz aceptar datos por medio del teclado, procesarlos y visualizarlos en el LCD, tales como hora, fecha.
- c. Debe ser capaz de sensor y controlar la temperatura actual en tres estados, tibio, caliente y frio, y mostrarnos en el LCD

#### 2.2 DISEÑO

El diseño de este prototipo se lo realizo teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por los fabricantes, en lo referente a componentes utilizados, su teoría de operación y observaciones de personas con experiencia en la electrónica.

#### 2.2. DIAGRAMA DE BLOQUES

En esta fase inicial como diseñadores nos planteamos una idea de cómo va ha estar conformado nuestro sistema, para generar una secuencia lógica de etapas que van desde la adquisición de datos hasta la visualización de la información en el LCD, todo esto representado en un diagrama que facilitará el diseño del hardware, a continuación se presenta en la figura 2.1 un diagrama de bloques del sistema en general del proyecto, y para cada uno de los bloques su respectiva descripción.

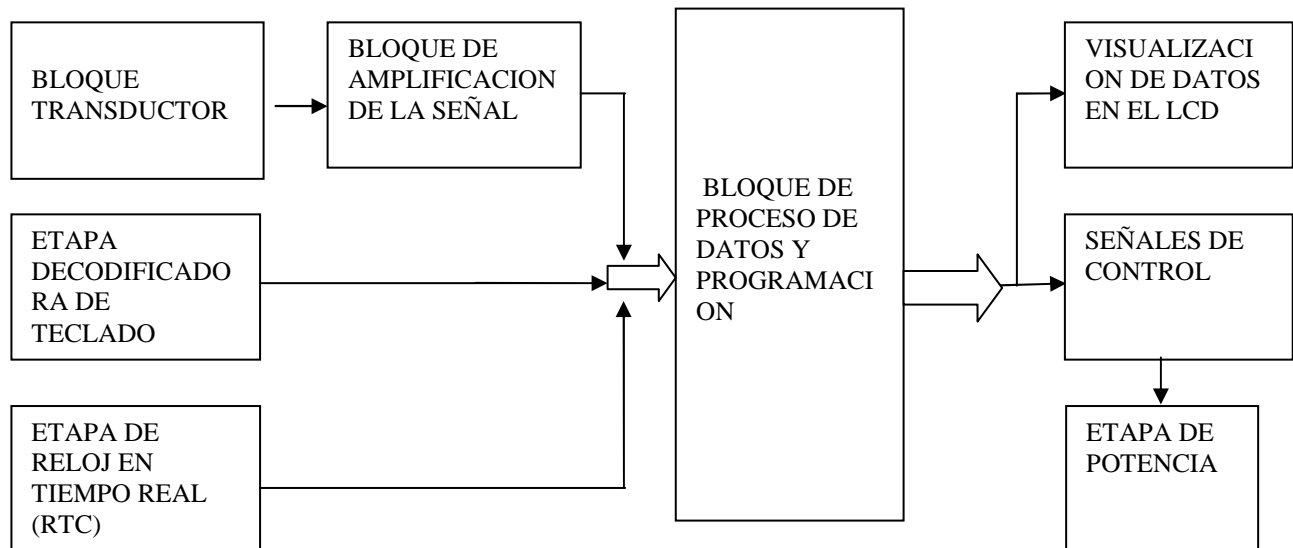


Fig. 2.1 Diagrama de bloques del encendido equipo

### 2.2.1. BLOQUE DE ALIMENTACIÓN

En el proyecto se emplea una fuente de 5 voltios de corriente continua, para la alimentación del circuito electrónico, como necesitamos polarizar el decodificador de teclado, el micro controlador, el sensor de temperatura y el amplificador operacional, el diseño de dicha fuente se encuentra en la figura 2.2.

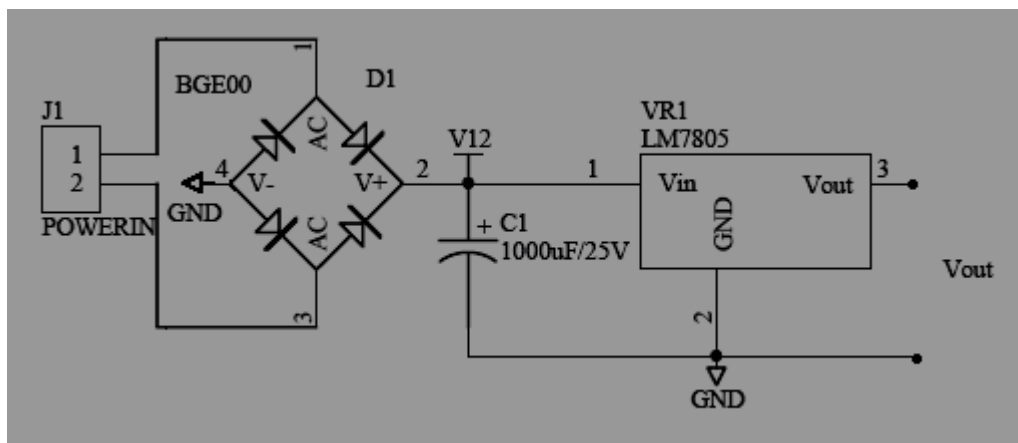


Figura 2.2 Circuito de alimentación de 5 voltios.

El circuito consta básicamente de un transformador reductor de voltaje, seguido de un puente rectificador que nos permite transformar esa señal alterna en continua,

un filtro y un regulador de voltaje a el cual nos permitirá obtener a la salida un valor de 5 voltios.

## 2.2.2 BLOQUE TRANSDUCTOR

En este bloque se encuentra el sensor de temperatura LM35 el cual esta ubicado en la parte exterior del termostato la señal este sensor capta una señal de temperatura y la transforma a su equivalente en milivoltios. La señal de este sensor es muy pequeña por lo que no puede ser reconocida por el pic.

Esta señal es amplificada por un amplificador operacional LM358 y luego es enviada al microcontrolador (pic) para que se pueda controlar el encendido y apagado de nuestro equipo, el diagrama circuital de esta etapa se lo puede observar en la figura 2.3.

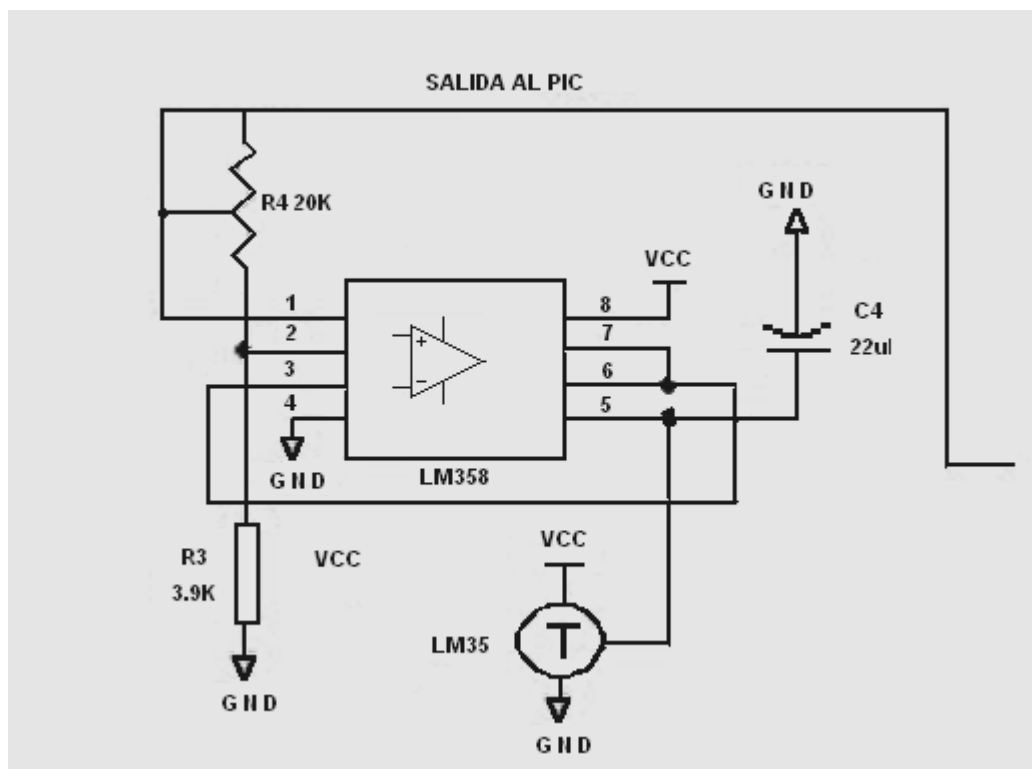


Figura 2.3 Circuito del sensor de temperatura y amplificador

### 2.2.3 BLOQUE DE TECLADO Y DECODIFICADOR DE TECLADO.

Este bloque tiene la función de recibir datos ingresados por el usuario procesarlos, mostrarlos en el display y hacer que el microcontrolador ejecute la operación deseada.

En este bloque se destacan dos elementos principales que son el teclado y el decodificador de teclado. El diagrama circuital de esta etapa puede ser observado en la figura 2.4

Cualquier dato que nosotros ingresemos por el teclado matricial de 4x4 pasa por el decodificador (74C922) en donde es transformado a un código entendible por el PIC, que es a donde van los datos para ser nuevamente procesados y para que sean mostrados a través del display.

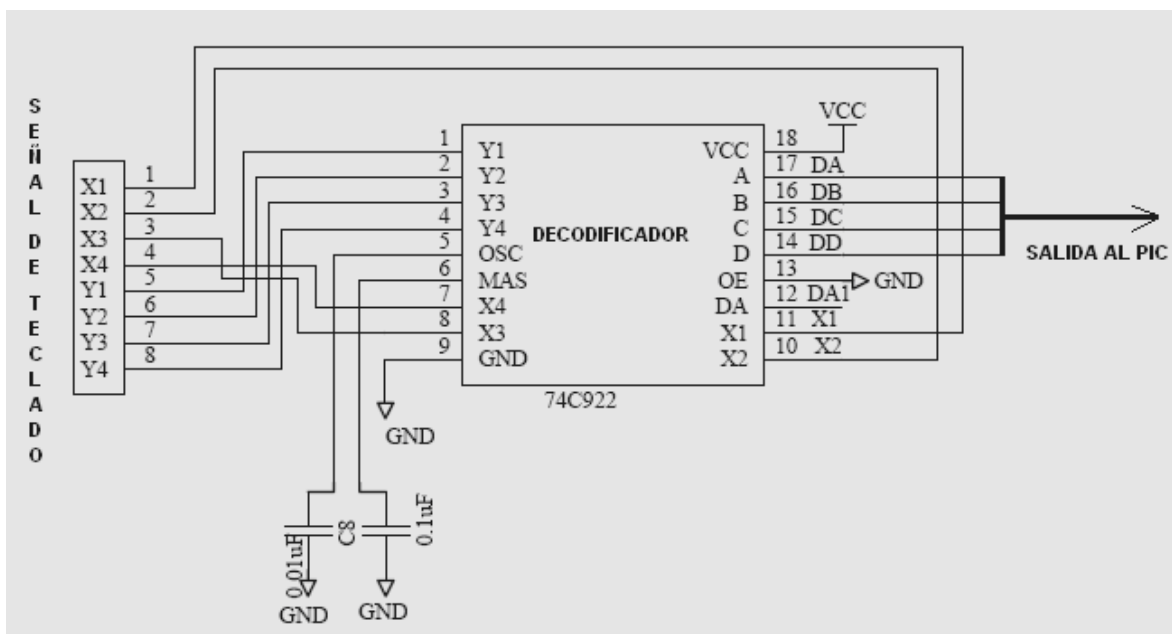


Figura 2.4 Diagrama circuital del teclado y decodificador

### 2.2. 4 BLOQUE DE RELOJ EN TIEMPO REAL (RTC)

Este bloque básicamente consta de un circuito integrado, que es el DS1307, este chip es un reloj en tiempo real, funciona a una frecuencia de 32780 Hz y es

alimentado por una batería de respaldo de 3 voltios a más de la alimentación del circuito.

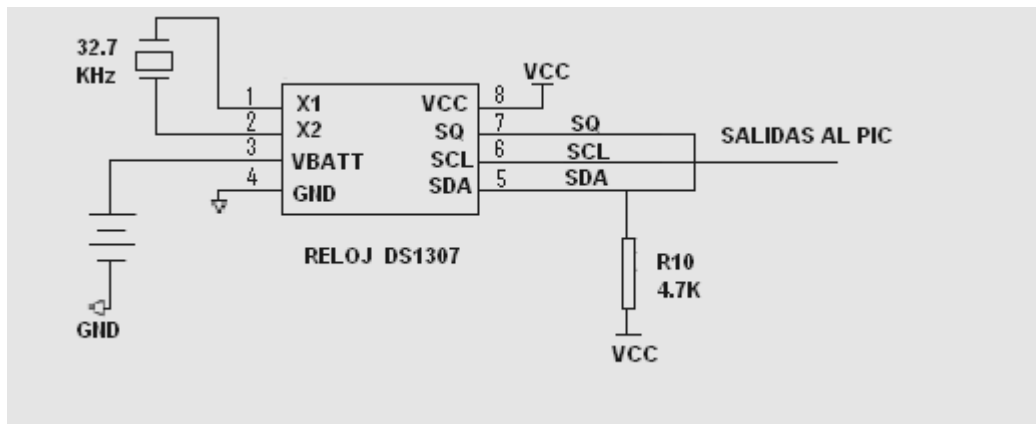


Figura 2.5 Diagrama circuital del reloj en tiempo real

## 2.2.5 BLOQUE DE PROCESO DE DATOS Y PROGRAMACION

Es aquel que puede ejecutar control de todo el equipo, este es el cerebro del dispositivo, ya que a él llegan todas las señales de información las cuales son procesadas y van a diferentes dispositivos de salida.

Su componente principal es el microcontrolador cuyas características se las describe a continuación.

### 2.2.5.1 Definición DEL PIC 16F873

El microcontrolador PIC16F873 tiene 4K del espacio del código, 10 bit para convertidores DE ANALÓGICO A DIGITAL, 22 pines de entrada y salida (I/O) y de muchas otras características en un integrado de 28 pines.

El PIC16F873 ofrece 128 bytes de datos en su memoria EEPROM, fácil de programar, 3 contadores de tiempo, de perro guardián integrado, de 2 funciones de captura/comparación y de un puerto serial síncrono. El puerto serial síncrono se puede configurar como un interfaz periférico serial de 3 alambres o receptor-

transmisor asincrónico universal (USART). Todas estas características hacen ideal para usos en aplicaciones del sector automotor, industrial, etc.

### **2.2.5.2 Características técnicas de los PIC 16F873**

- Voltaje de alimentación: 5VCC.
- CPU RISC
- Circuito Integrado de 28 pines.
- 22 Pines de configurables como Entrada o Salida.
- Frecuencia operación máxima: 20 Mhz.
- Memoria Flash de 4 Kbytes
- Memoria de Datos de 192 Bytes
- Memoria de Datos EEPROM: de 128 Bytes
- 2 Temporizadores internos de 8 bits.
- 1 Temporizador interno de 16 bits.
- Módulos CCP (Captura, Comparación y PWM): 2 módulos
- 1 Módulo de comunicaciones USART.
- Conversores Analógico-Digital: 5 canales
- Interrupciones: 13

### **2.2.5.3 Diagrama de bloques de la estructura interna**

Como se observa en el esquema del diagrama de bloques del **anexo 2.6** PIC, este consta de un procesador con una ALU (unidad aritmética lógica ) y un Decodificador de Instrucciones, una memoria de programas tipo FLASH de 4K palabras de 14 bits, una memoria de datos SRAM en 192 posiciones de 8 bits. También existe una zona de 128 bytes de EEPROM para datos no volátiles. Finalmente dispone de interrupciones, un temporizador, WDT (perro guardián), los terminales de E/S (PORTA, PORTB y PORTC) configurables por software y los módulos especiales (timers, comparadores, puerto serie).

#### **2.2.5.4 Componentes del PIC 16f873**

##### ***El Procesador o CPU***

El procesador responde a la arquitectura RISC, que se identifica porque el juego de instrucciones se reduce a 35, donde la mayoría se ejecutan en un ciclo de reloj, excepto las instrucciones de salto que necesitan dos ciclos. La ALU (Unidad Aritmético Lógica), ubicada dentro del procesador realiza las operaciones lógicas y aritméticas con dos operandos, uno que recibe desde el registro W (registro de trabajo) y otro que puede provenir de cualquier registro interno.

##### ***Memoria de Programa***

La memoria de programa es del tipo flash. La memoria flash es una memoria no volátil, de bajo consumo que se puede escribir y borrar eléctricamente. Es programable en el circuito como la EEPROM pero de mayor densidad y más rápida.

El PIC 16F873 posee una memoria de 4K palabras, es decir permite hasta 4096 instrucciones de 14 bits cada una.

##### ***Memoria de Datos***

Se encuentra en dos zonas bien diferenciadas:

1- Memoria tipo RAM (SRAM): Se divide en 4 bancos o paginas de 128 registros de 8 bits cada uno, aunque no todos los registros están implementados físicamente. Los registros se dividen en:

- Registros especiales: Cada uno tiene una función específica que se analizará más adelante.

- Registros de uso general: Son los registros que le permiten al usuario almacenar valores temporalmente (variables) durante la ejecución del programa.

2- Memoria de datos tipo EEPROM: esta compuesta de por 128 registros de 8 bits cada uno. Este tipo de memoria es capaz de guardar la información por más de 40 años.

### 2.2.5.5 Distribución de pines

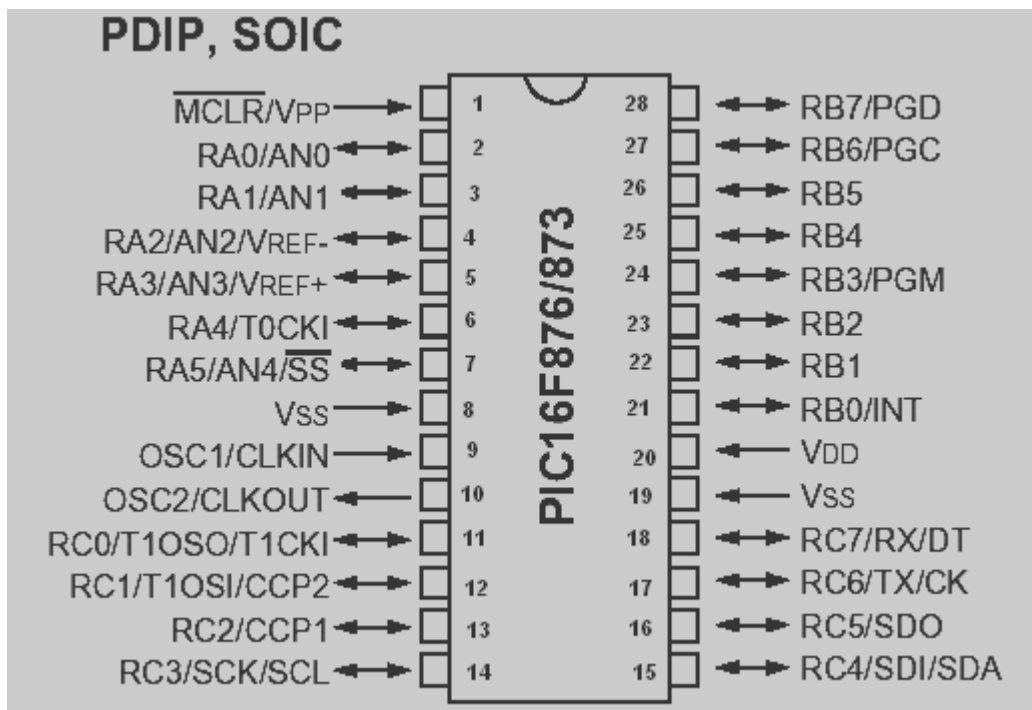


Figura 2.7 Distribución de pines del Microcontrolador PIC16F873

### 2.2.5.6 Descripción de los pines

El microcontrolador PIC 16F873 posee 22 pines de entrada/salida configurables por software.

#### a. Pórticos o puertos

PORTA: RA0-RA5:



- Los terminales RA0-RA3 y RA5 son bidireccionales y manejan señales TTL. Pueden configurarse como entradas analógicas
- El terminal RA4 como entrada es Schmitt Trigger y cómo salida es colector abierto. Este terminal puede configurarse como clock de entrada para el contador TMR0.

#### PORTB: RB0-RB7:

- Los terminales RB0-RB7 son bidireccionales y manejan señales TTL.
- Por software se pueden activar las resistencias de pull-up internas, que evitan el uso de resistencias externas en caso de que los terminales se utilicen como entrada (esto permite, en algunos casos, reducir el número de componentes externos necesarios).
- RB0 se puede utilizar como entrada de pulsos para la interrupción externa.
- RB4-RB7 se pueden utilizar para la interrupción por cambio de estado.

#### PORTC: RC0-RC7:

- Los terminales RC0-RC7 son bidireccionales y manejan señales TTL.
- Se utilizan en los módulos de PWM, comparadores y transmisión serial.

#### **b. Circuito de reloj:**

Para que el PIC 16F873 procese instrucciones, necesita un reloj cuyos impulsos determinen la velocidad de trabajo. El oscilador que genera esos impulsos está implementado dentro del circuito integrado, pero para regular, seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo hay que colocar externamente cierta circuitería entre los pines OSC1/CLKIN y OSC2/CLKOUT.

La frecuencia de reloj principal determina el ciclo de instrucción (tiempo que tarda una instrucción en ejecutarse). En los PICs, un ciclo de instrucción emplea cuatro periodos de oscilación del reloj principal. Por ejemplo si la frecuencia del reloj principal es de 4 MHz, un ciclo de instrucción tardará en realizarse:

<b>T oscilación del reloj principal = <math>1/F</math> del reloj principal = <math>1/4\text{MHz} = 250\text{ns}</math></b>
<b>Ciclo de instrucción = T oscilación x4 = <math>250\text{ns} \times 4 = 1\mu\text{s}</math></b>

Tabla 2.1 Tiempo de una instrucción

Según los componentes externos que se coloquen se configuran cuatro tipos de osciladores:

- **Tipo RC:** Es un oscilador de bajo costo y poca estabilidad. Solo precisa una resistencia y un capacitor externos.
- **Tipo HS:** Es un oscilador de alta velocidad y muy estable funciona en frecuencias comprendidas entre 4 y 20MHz. Utiliza un cristal de cuarzo o un resonador cerámico.
- **Tipo XT:** También emplea el cristal de cuarzo o el resonador cerámico. Trabaja en frecuencias medias, comprendidas entre 100KHz y 4MHz.
- **Tipo LP:** Empleado en aplicaciones de bajo consumo, lo que conlleva una frecuencia pequeña. A mas velocidad, mas consumo. Usa cristal o resonador, y las frecuencias de trabajo oscilan entre 35 y 200KHz.

#### c. Estado de reposo:

Cuando el microcontrolador funciona en modo reposo (sleep) la potencia necesaria es menor de 3mA.

#### d. Perro guardián (Watchdog):

El temporizador perro guardián (watchdog) es independiente del reloj principal (posee su propio oscilador), por lo tanto en el modo en bajo consumo puede seguir funcionando. Cuando llegue al valor máximo FFh, se produce el desbordamiento del perro guardián, se iniciara tomando el valor 00h y provocara un reset. El tiempo típico es de 18ms, pero utilizando un divisor de frecuencia (programable por software) se pueden alcanzar 2.3 segundos de tiempo real.

La utilización del perro guardián permite controlar los posibles cuelgues del programa, esto es si durante el programa hemos previsto poner a cero el perro guardián para evitar que se genere un reset, en el momento que por un fallo no previsto el programa se quede en un bucle sin fin, al no poder poner a cero el perro guardián, este generara un reset sacando al programa del bucle.

#### **e. Temporizadores:**

##### **Temporizador TMR0:**

Contador de 8 bits, similar al del PIC16F84.

##### **Temporizador TMR1:**

De los tres temporizadores disponibles en los PIC16F87X éste es el único que tiene un tamaño de 16 bits y que actúa como un Temporizador/Contador. Para manejar 16 bits es preciso concatenar dos registros de 8 bits: TMR1H:TMR1L, que son los encargados de guardar la cuenta en cada instante. Dicho valor evoluciona desde 0000H hasta FFFFH y al regresar nuevamente al valor 0000H se acciona la señalización TMRIF, y si se desea se puede provocar la petición de una interrupción. El valor existente en TMR1H:TMR1L puede ser leído o escrito y los pulsos de reloj que originan la cuenta ascendente pueden provenir del exterior o de la frecuencia de funcionamiento del microcontrolador ( $F_{osc}/4$ ). El TMR1 puede funcionar de tres maneras:

- Como temporizador.
- Como contador síncrono.
- Como contador asíncrono.

En el modo temporizador el valor concatenado TMR1H:TMR1L se incrementa con cada ciclo de instrucción ( $F_{osc}/4$ ). En el modo contador, el incremento se puede producir con los flancos ascendentes de un reloj, cuya entrada se aplica a las líneas RCO y RCI de la puerta C, o por los impulsos aplicados en la línea RCO.

**Temporizador TMR2:**

El TMR2 es un temporizador ascendente de 8 bits y que también puede realizar operaciones especiales para el Puerto Serie Síncrono (SSP) y para los módulos de Captura y Comparación. La señal de reloj del TMR2 es la interna  $F_{osc}/4$ , y antes de ser aplicada pasa por un pre-divisor de frecuencia con rangos 1:1, 1:4 y 1:16. La salida del TMR2 atraviesa un post-divisor de frecuencia con rangos comprendidos entre 1:1 hasta 1:16, pasando por los 16 valores posibles. Al entrar el microcontrolador en modo de reposo, se detiene el oscilador interno y TMR2 deja de funcionar.

**f. Conversor A/D:**

Los PIC16F873 disponen de un conversor A/D de 10 bits de resolución y 5 canales de entrada. A través de una entrada seleccionada se aplica la señal analógica a un condensador de captura y mantenimiento y luego dicho valor se introduce al conversor, que usando la técnica de aproximaciones sucesivas proporciona un resultado digital equivalente de 10 bits. La tensión de referencia puede implementarse con la tensión interna de alimentación del PIC o bien con una externa introducida por las patas RA3/AN3/VREF+ y RA2/AN2/VREF-.

**g. Puerto de comunicación serie síncrono:**

Este módulo, llamado MSSP, integrado en los PIC16F87X proporciona un excelente medio de comunicación con otros microcontroladores o periféricos que trabajan en serie.

Tiene dos alternativas de trabajo:

- SPI (Serial Peripheral Interface).
- I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit).

La comunicación en modo SPI la utilizan principalmente las memorias RAM y EEPROM y utiliza tres líneas. En el modo I<sup>2</sup>C sólo se emplean dos líneas y se usa

en la comunicación de circuitos integrados diversos. Básicamente el módulo MSSP está basado en dos registros: el SSPSR, que es un registro de desplazamiento que transforma la información serie en paralelo y viceversa, y el registro SSPBUF, que actúa como buffer de la información que se recibe o se transmite en serie. En transmisión, el byte que se desea enviar se carga en el SSPBUF y automáticamente se traspasa a SSPSR, donde se va desplazando bit a bit, sacándolo al exterior al ritmo de los pulsos de reloj. En recepción, los bits van entrando al ritmo del reloj por una pata del PIC y se van desplazando en el SSPSR hasta que lo llenan, en cuyo momento se traspasa la información al SSPEUF. En el modo SPI se utilizan tres líneas del PIC, mientras que en el modo I<sup>2</sup>C sólo se emplean dos líneas para la comunicación del PIC maestro con los circuitos integrados que funcionan como esclavos en dicho microcontrolador.

### **USART:**

El USART soporta la comunicación serie síncrona y asíncrona. Puede funcionar como un sistema de comunicación bidireccional asíncrona o full duplex, adaptándose a multitud de periféricos que transfieren información de esta manera. También puede trabajar en modo unidireccional o halfduplex.

En resumen puede trabajar de tres maneras:

- SERIE ASÍNCRONA (Full duplex, bidireccional).
- SERIE SÍNCRONA-MAESTRO (Halfduplex, unidireccional).
- SERIE SÍNCRONA-ESCLAVO (Halfduplex, unidireccional).

En el primero, las transferencias de información se realizan sobre dos líneas TX y RX, saliendo y entrando los bits por dichas líneas al ritmo de la frecuencia controlada internamente por el USART

En el modo síncrono la comunicación se realiza sobre dos líneas, la DT, que traslada los bits en ambos sentidos a la frecuencia de los pulsos de reloj que salen por la línea CK desde el maestro.

### 2.2.5.7 Organización de la memoria

Hay 2 bloques de memoria en el PIC16F873.

La memoria de programa y la memoria de datos, cada bloque tiene su propio bus (arquitectura Harvard).

La memoria de datos está dividida en:

- Memoria de uso general
- Registros especiales
- Memoria EEPROM

#### a. Memoria de programa

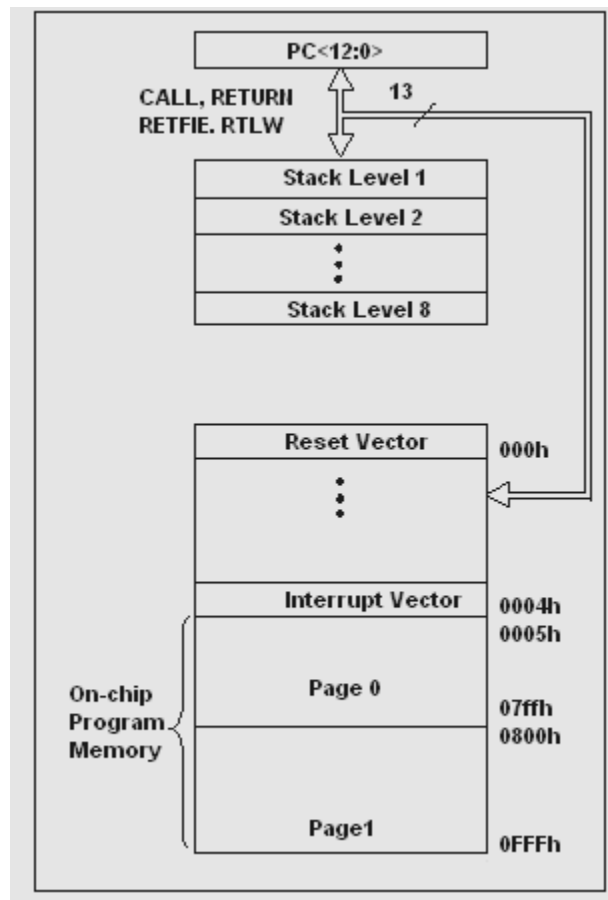


Figura 2.8 Estructura interna de la memoria de programa

- El PIC16F873 dispone de una memoria de programa de 4096 posiciones (0000H a 03FFH) de 14 bits cada una. La memoria está dividida en 2 páginas.
- El contador de programa (PC) es el registro que contiene, en todo momento, la dirección de la próxima instrucción a ejecutarse. Este registro, de 13 bits, es capaz de direccionar hasta 8192 posiciones de memoria (más que suficiente para las 4096 del PIC16F873).
- Stack de 8 niveles. Son 8 registros de 13 bits en los que el microcontrolador va almacenando las direcciones de retorno de las diferentes subrutinas.
- La posición 0000H de la memoria es el denominado Vector de Reset. Esta es la dirección de memoria que se carga en PC cuando el microcontrolador, estando alimentado, sale del estado de reset (MCLR=5Vcc). En esta dirección se debe almacenar un GOTO al inicio del programa.
- La dirección 0004H es el denominado Vector de interrupción. Cuando el sistema de interrupciones se encuentra habilitado y se produce un evento, en PC se carga automáticamente esta dirección. En ella debe comenzar la rutina de atención a las interrupciones.

La memoria de programa propiamente dicha se divide en dos páginas (0005-07FF y 0800-0FFF).

#### **b. Memoria de datos**

- La memoria de datos es del tipo RAM. Está compuesta por registros de 8 bits y dividida en 2 áreas:
  - **Registros especiales:** Cada uno tiene una función específica que se analizará más adelante.
  - **Registros de uso general:** Son los registros que le permiten al usuario almacenar valores temporalmente (variables) durante la ejecución del programa.

- La memoria está dividida en 4 bancos como se observa en la figura 2.9.
  - **Banco 0:** 000H-07FH
  - **Banco 1:** 080H-0FFH
  - **Banco 2:** 100H-17FH
  - **Banco 3:** 180H-1FFH

Indirect addr. <sup>(1)</sup>	00h	Indirect addr. <sup>(1)</sup>	80h	Indirect addr. <sup>(1)</sup>	100h	Indirect addr. <sup>(1)</sup>	180h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h	TMRO	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h
	08h		88h		108h		188h
	09h		89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved <sup>(2)</sup>	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved <sup>(2)</sup>	18Fh
T1CON	10h		90h		110h		190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h				
T2CON	12h	PR2	92h				
SSPBUF	13h	SSPADD	93h				
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h				
CCPR1L	15h		95h				
CCPR1H	16h		96h				
CCP1CON	17h		97h				
RCSTA	18h	TXSTA	98h				
TXREG	19h	SPBRG	99h				
RCREG	1Ah		9Ah				
CCPR2L	1Bh		9Bh				
CCPR2H	1Ch		9Ch				
CCP2CON	1Dh		9Dh				
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh				
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh				
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register 96 Bytes		General Purpose Register 96 Bytes		accesses 20h-7Fh		accesses A0h - FFh	
	7Fh		FFh		16Fh 170h 17Fh		1EFh 1F0h 1FFh
Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3	

Figura 2.9 Memoria de datos



- Cada banco se compone de 128 registros de 8 bits cada uno. Los primeros 20 registros se reservan para los registros especiales, los restantes se utilizan para uso general.
- No todos los registros están implementados físicamente. El banco se debe seleccionar por software. Para ello se utilizan los bits RP0 y RP1 del registro STATUS.
- **Registros de uso general:** sólo están implementados físicamente los registros del banco 0 y el 1. Son 192 registros. Las direcciones en el banco 2 y 3 están mapeadas a las direcciones correspondientes del banco 0 y 1 respectivamente. Por ejemplo, la dirección 02CH (banco 0) y 12CH (banco 2) acceden al mismo registro (02CH).
- Los registros especiales están repartidos en los 4 bancos. A continuación veremos las funciones de los principales.

### Registro OPTION

Su función principal es controlar el TMR0 y el divisor de frecuencia, ocupa la posición 81H de la memoria de datos (dirección 1 del banco 1).

RBP0	INTEDG	TOCS	TOSE	PSA	PS2	PS1	PS0
------	--------	------	------	-----	-----	-----	-----

Tabla 2.2 Registro Option

**RBP0** Activa o desactiva las resistencias pull-up de la puerta B

PS2	PS1	PS0	TMR0	WDT
0	0	0	1:2	1:1
0	0	1	1:4	1:2
0	1	0	1:8	1:4
0	1	1	1:16	1:8
1	0	0	1:32	1:16
1	0	1	1:64	1:32
1	1	0	1:128	1:64
1	1	1	1:256	1:128

Tabla 2.3 Selección del divisor de frecuencia

**INTEDG** Indica cual es el flanco activo (ascendente o descendente) de la interrupción externa

**TOCS** Tipo de reloj para el TMR0, selecciona el reloj interno o externo

**PSA** Asignación del divisor de frecuencias 0 a TMR0 y 1 a WDT

**PS2 a PS0** Indican el valor con el que actúa el divisor de frecuencias según la siguiente tabla:

### Registro de control INTCON

En este registro se almacenan los señalizadores y los bits de permiso relacionados con las interrupciones.

GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF
-----	------	------	------	------	------	------	------

Tabla 2.4 Registro INTCON

**GIE** Permiso Global de interrupciones, con 1 habilita las interrupciones, con 0 inhabilita las interrupciones

**EEIE** Permiso de interrupción por fin de escritura en la EEPROM, 1 habilita, 0 inhabilita.

**TOIE** Permiso de interrupción por desbordamiento del TMR0

**INTE** Permiso de interrupción por activación de la patilla RB0/INT.

**RBIE** permiso de interrupción por cambio de estado en RB4 a RB7

**TOIF** Señalizador de desbordamiento de TMR0, se pone en 1 cuando pasa TMR0 de FF<sub>H</sub> a 00<sub>H</sub>.

**INTF** Señalizador de activación de pin RB0/INT, se pone en uno al activarse la patilla RB0/INT, indicando solicitud de interrupción externa.

**RBIF** Señalizador de cambio de estado en los pines RB4/RB7, se pone en 1 cuando cambia el estado de alguna de estas líneas.

## 2.2.6 BLOQUE DE VISUALIZACIÓN DE DATOS

A esta etapa o bloque corresponde la visualización de datos a través del LCD, en donde podemos observar datos ingresados a través del teclado o resultados de datos previamente procesados por el microcontrolador.

El siguiente diagrama de la figura 2.10 representa las conexiones realizadas para polarización, habilitación, calibración del display.

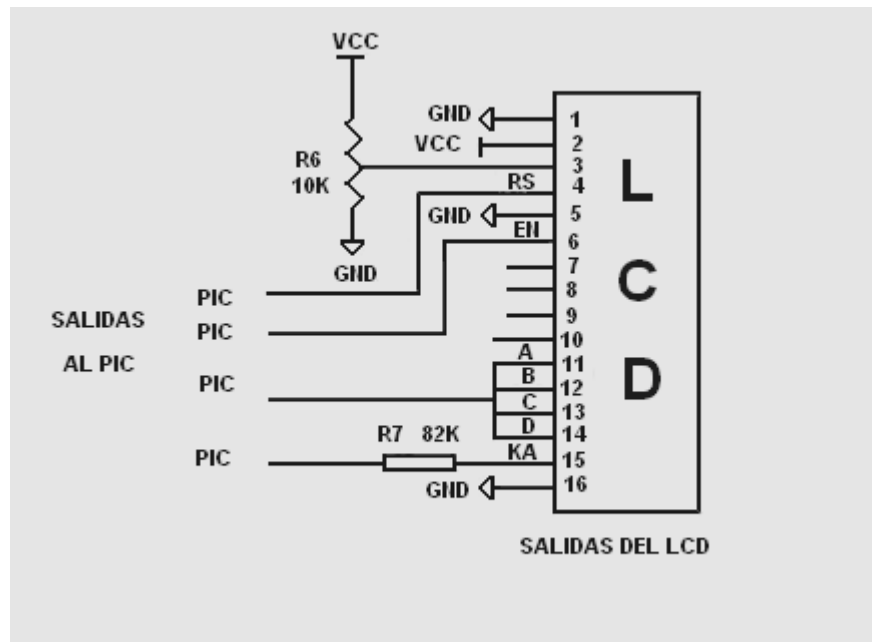


Figura2.10 Diagrama Circuitual del LCD

### 2.2.6.1 Identificación de los pines de conexión de un modulo LCD

Los pines de conexión de un modulo LCD han sido estandarizados por lo cual en la mayoría de ellos son exactamente iguales siempre y cuando la línea de caracteres no sobrepase los ochenta caracteres por línea. Por otro lado es de suma importancia localizar exactamente cual es el pin Numero 1 ya que en algunos módulos se encuentra hacia la izquierda y en otros módulos se encuentra a la derecha

Pin N-.	Sismología	Nivel	I/O	Función
1	VSS	-	-	0 Vlts. Tierra ( GND ).
2	VCC	-	-	+ 5 Vlts. DC.
3	Vee = Vc	-	-	Ajuste del Contraste.
4	RS	0/1	I	0= Escribir en el modulo LCD. 1= Leer del modulo LCD
5	R/W	0/1	I	0= Entrada de una Instrucción. 1= Entrada de un dato.
6	E	1	I	Habilitación del modulo LCD
7	DB0	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 1 ( LSB ).
8	DB1	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 2
9	DB2	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 3
10	DB3	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 4
11	DB4	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 5
12	DB5	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 6
13	DB6	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 7
14	DB7	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 8 (MSB).
15	A	-	-	LED (+) Back Light
16	K	-	-	LED (-) Back Light.

Tabla 2.5 Identificación de pines del LCD

### 2.2.7 BLOQUE DE SEÑALES DE CONTROL

Este bloque corresponde todas las señales de habilitación, interrupciones de los diferentes componentes utilizados en el proyecto. Como señales para que funcione el display, triac, decodificador, teclado, etc.

### 2.2.8 BLOQUE DE LA ETAPA DE POTENCIA

La etapa de potencia corresponde al funcionamiento del circuito conformado por el triac como elemento principal, utilizado para controlar la potencia en una carga en este caso para el reóstato, sus conexiones están descritas en el siguiente diagrama.

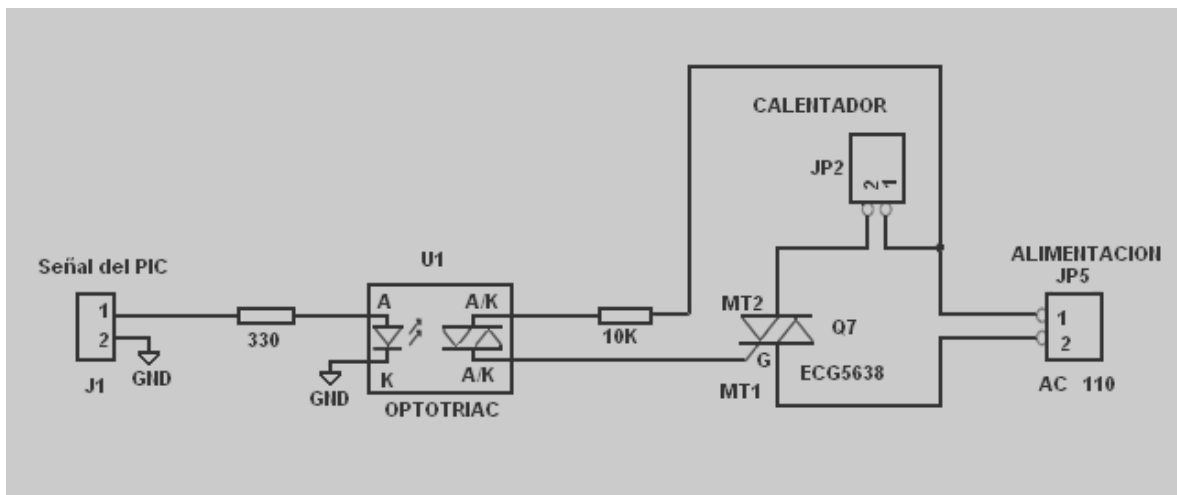


Figura 2.11 Diagrama de la etapa de potencia

## 2.3 DIAGRAMA CIRCUITAL

El diagrama circuital se lo realizó de acuerdo al diagrama de bloques de la figura 2.1 Teniendo en cuenta funcionamiento de cada uno de los componentes,

Primero se realiza un circuito en borrador, de todas las etapas que van a intervenir en nuestro proyecto, una vez que ya se tiene la idea de cómo va estar conformado nuestro circuito se procede a conseguir todos los elementos necesarios.

Luego de que hemos reunido todos los elementos se procede a armar nuestro prototipo en un protoboard, ya armado todo el hardware empezamos a realizar el

programa de control del microcontrolador, para lo cual utilizamos el programa PROTEL, ya obtenido el software se inicia la etapa de pruebas de nuestro equipo.

Ya comprobado el funcionamiento del equipo, se pueden pasar los elementos a una placa de baquelita, el diagrama circuital completo de todo el proyecto, se lo puede observar en el anexo de la figura 2.12

## 2.4 DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO

Una de las ventajas de PROTEL, es que nos permite una vez realizado el diagrama circuital, pasar a otra aplicación para el diseño del circuito impreso, esta aplicación se llama PCB.

A continuación se muestra el resultado, el diseño de cómo esta la placa a través de un diagrama del circuito impreso, y un diagrama posicional de los elementos que integran este proyecto.

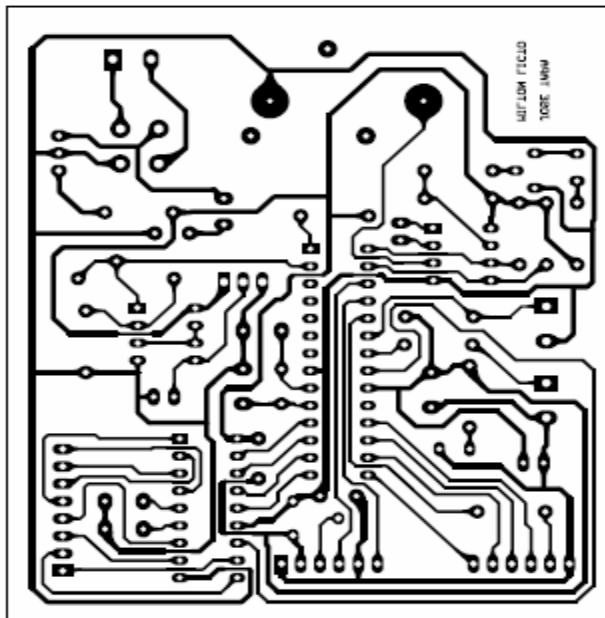


Figura 2.13 Circuito impreso de la etapa de control

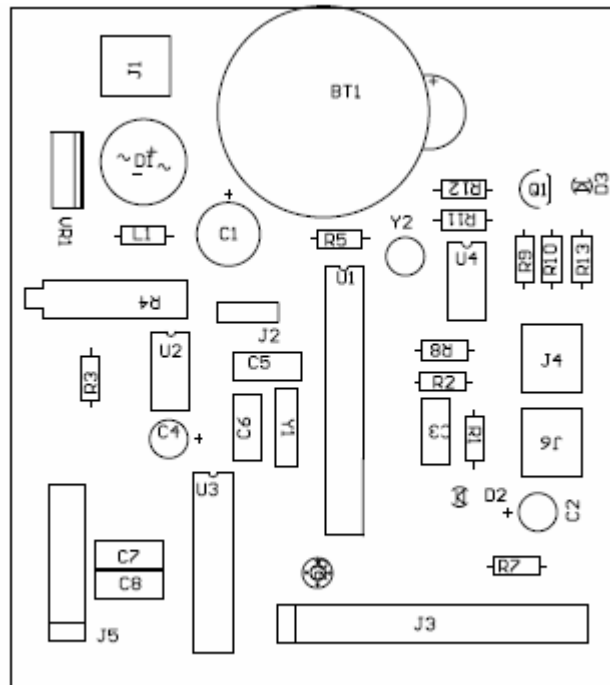


Figura 2.14 Circuito posicional de los elementos de la etapa de control.

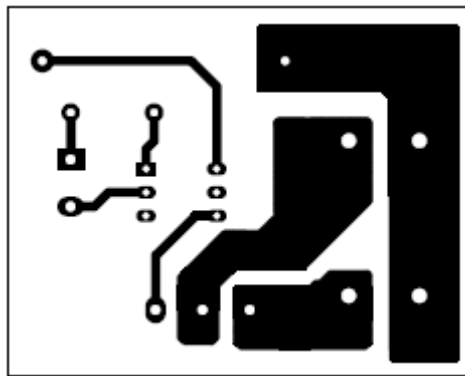


Figura 2.15 Circuito impreso de la etapa de potencia

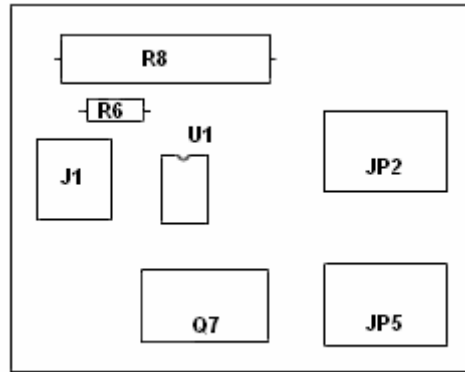


Figura 2.16 Circuito posicional de los elementos de la etapa de control

## 2.5. MONTAJE DEL PROTOTIPO

El montaje del proyecto se realiza en una caja de madera la misma que presta facilidades en la perforación y manipulación, tiene las debidas señalizaciones de las funciones que realiza, el usuario tendrá acceso solo a la visualización del lcd y al la manipulación del teclado, además nos dejamos de preocupar ya que la madera no es un conductor eso nos evitara problemas momento de colocar cada uno de los componentes que conforman el prototipo y este entre en funcionamiento.

### 2.5.1. MATERIALES

- ✓ Caja proyecto
- ✓ Periféricos de E/S
- ✓ Circuito impreso
- ✓ Sensor
- ✓ Señalizaciones



## CAPÍTULO III

### 3 ELABORACIÓN DEL PROGRAMA

#### 3.1 DISEÑO DEL PROGRAMA PARA EL PIC 16F873

El programa para este proyecto, se lo realizo en el lenguaje Basic, para eso necesitamos el editor de texto o además MICROCODE STUDIO, que nos facilita la realización del software para la programación de este tipo de microcontroladores, ya que es de fácil manejo, con un conjunto de instrucciones fáciles de utilizar.

Ya realizado el programa desde el mismo MICROCODE llamamos al programa IC-PROG el cual nos permite cargar el programa realizado en nuestro microcontrolador PIC.

#### 3.2 DIAGRAMA DE FLUJO

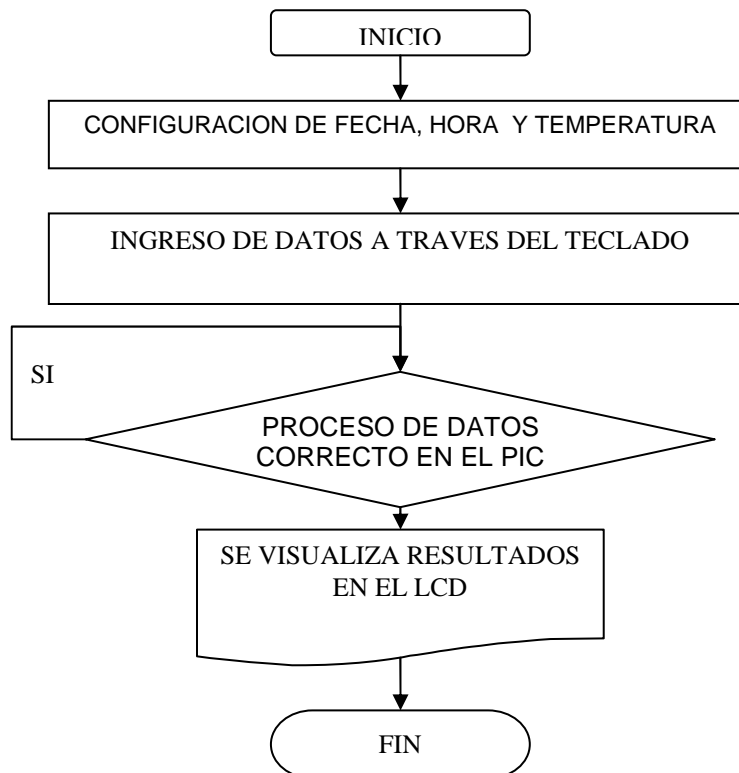


Figura 3.1 Diagrama de flujos

En la figura 3.1 se muestra un diagrama de flujo de las etapas mas importantes de nuestro equipo, en el cual si son procesados los datos correctamente, se podrán visualizar en el LCD, y controlaran a los otros elementos del sistema

### 3.3 PROGRAMA UTILIZADO

```

*****
;* Name   : Milton Licto, jose tapa                               *
;* Author : [select VIEW...EDITOR OPTIONS]                       *
;* Notice : Copyright I 2007 [select VIEW...EDITOR OPTIONS]     *
;*        : All Rights Reserved                                  *
;* Date   : 14/10/2006                                           *
;* Version : 1.0                                                 *
;* Notes  :                                                       *
;*        :                                                       *
*****
DEFINE ADC_BITS 10          ' 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
DEFINE LCD_DBIT 4
DEFINE LCD_RSREG PORTB
DEFINE LCD_RSBIT 5
DEFINE LCD_EREG PORTB
DEFINE LCD_EBIT 4
DEFINE LCD_BITS 4
DEFINE LCD_LINES 2
DEFINE LCD_COMMANDUS 2000
DEFINE LCD_DATAUS 50
Define I2C_SCLOUT 1 ;No es necesario resistencia pull-up en SCL

ADC_VAL          VAR WORD
TEMPE_INT        VAR BYTE    ' VALOR TEMPERATURA PARTE ENTERA
TEMPE_FRC        VAR BYTE    ' VALOR TEMPERATURA PARTE FRACCIONARIAS
TEMPERATURA      VAR WORD

Temp1            var byte[6]
TEMP2            VAR BYTE
KEY_TEMP         VAR BYTE
TEMP3            VAR WORD
TEMP4            VAR WORD
TEMP5            VAR WORD
TEMP6            VAR WORD
DELAY            VAR WORD
i                var byte
J                VAR BYTE

```

```

K                VAR BYTE

KEY_VAL         VAR BYTE          ' VALOR TECLADO DECODIFICADO
FLAG_MODE      VAR BIT

' VARIABLES DIAS INICIO Y FIN

HORA           VAR BYTE
MINU           VAR BYTE

HORA_INI       VAR BYTE
HORA_FIN       VAR BYTE
MINU_INI       VAR BYTE
MINU_FIN       VAR BYTE

' VARIABLES RELOJ TIEMPO REAL
DS_MIN         VAR BYTE
DS_HOUR        VAR BYTE
DS_DAY         VAR BYTE          ' DIA DE LA SEMANA
DS_SEC         VAR BYTE
DS_YEAR        VAR BYTE
DS_MONTH       VAR BYTE
DS_WEEK        VAR BYTE
DS_DATE        VAR BYTE          ' DIA DEL MES
DS_CTRL        VAR BYTE

key_int        var portb.0 ' Interrupcion □demás serial
key_port       var portc  ' LOW BITS KEY PORT
ds_scl         var portb.7 ' DS1307 CLOCK SIGNAL
ds_sda         var portb.6 ' DS1307 DATA SIGNAL
OUT_TH         VAR PORTB.1 ' CALEFACTOR OUT THERMOSTAT
ONOFF_SW       VAR PORTB.2 ' =1 ON, =0 OFF SISTEMA

' constantes
DELAY_MAX     CON 25          ' RETARDO APROXIMADO DE 250ms
temp_ch       con 0
DELAY_PULSECON 200          ' RETARDO REBOTOE 200 ms
DS_ADDRESS    CON $D0
ASTERISCO     CON 10
NUMERAL       CON 11
A             CON 12
B             CON 13
C             CON 14
D             CON 15

' variables eeprom
' lunes
data @0,21,2,10,15,13,25    ' set point INT-FRC-lsb, hini MINI, HFIN, mfin
' martes
data @6,22,2,10,10,13,20    ' set point INT-FRC, hini MINI, HFIN, mfin
' miercoles
data @12,23,2,10,10,13,20   ' set point INT-FRC, hini MINI, HFIN, mfin
' jueves
data @18,24,2,10,10,13,20   ' set point INT-FRC, hini MINI, HFIN, mfin
' viernes
data @24,25,2,10,10,13,20   ' set point INT-FRC, hini MINI, HFIN, mfin

```

```

' sabado
data @32,26,2,10,10,13,20      ' set point INT-FRC, hini MINI, HFIN, mfin
' domingo
data @38,27,2,10,10,13,20      ' set point INT-FRC, hini MINI, HFIN, mfin

DATA @44,28,2                    ' MODO MANUAL

```

```

' CONFIGURACION MICROCONTROLADOR

```

```

TRISA=%00000001
PORTA=00
ADCON1 = %10000010      ' JUSTIFICACION DERECHA Y PUERTO A COMO CAD
TRISB=%00000101
PORTB=0
TRISC=%00001111
PORTC=00
PAUSE 500
MAIN1:
OUT_TH=0
DELAY=0
KEY_VAL=255
FLAG_MODE=0
GOSUB TIME_READ
GOSUB TEMPE_READ
IF ONOFF_SW=0 THEN GOTO MAIN1
LCDOUT $FE,$1,"SISTEMA ON"
MAIN:
  IF ONOFF_SW=0 THEN
    LCDOUT $FE,$1,"SISTEMA OFF"
    GOTO MAIN1
  ENDIF
  PAUSEUS 50
  DELAY=DELAY+1
  IF DELAY=>DELAY_MAX THEN
    DELAY=0
    GOSUB TIME_READ
    GOSUB TEMPE_READ
  ENDIF
  GOSUB KEY_READ
  IF KEY_VAL=A THEN
    LCDOUT $FE,1,"SELEC. DIA"
    CONFYG_CONTROL:
    GOSUB KEY_READ
    IF KEY_VAL=C THEN
      GOTO MAIN
    ENDIF
    IF KEY_VAL=1 THEN J=0:K=1
    IF KEY_VAL=2 THEN J=6:K=2
    IF KEY_VAL=3 THEN J=12:K=3
    IF KEY_VAL=4 THEN J=16:K=4
    IF KEY_VAL=5 THEN J=24:K=5
    IF KEY_VAL=6 THEN J=32:K=6
    IF KEY_VAL=7 THEN J=38:K=7
    IF KEY_VAL<=7 THEN
      GOSUB INI_TEMPE
    DIA:

```

```

GOSUB SET_CONFYG
IF KEY_VAL=C THEN
  IF FLAG_MODE=1 THEN
    READ 44,TEMPE_INT
    READ 45,TEMPE_FRC
    LCDOUT $FE,$1,"SET=",#TEMPE_INT DIG 1,#TEMPE_INT DIG 0,".",#TEMPE_FRC
  ENDIF
  GOTO MAIN
ENDIF
GOTO DIA
ENDIF
GOTO CONFYG_CONTROL
ENDIF
IF KEY_VAL=B THEN ' MODO FUNCIONAMIENTO
  FLAG_MODE=~FLAG_MODE
  IF FLAG_MODE=1 THEN
    READ 44,TEMPE_INT
    READ 45,TEMPE_FRC
    LCDOUT $FE,$1,"SET=",#TEMPE_INT DIG 1,#TEMPE_INT DIG 0,".",#TEMPE_FRC
  ENDIF
ENDIF
IF FLAG_MODE=1 THEN ' MODO MANUAL
  TEMP3=TEMPE_INT*10+TEMPE_FRC
  IF KEY_VAL=ASTERISCO THEN ' INCREMENTA SET POINT
    TEMP3=TEMPE_INT*10+TEMPE_FRC
    TEMP3=TEMP3+1
    IF TEMP3=>999 THEN TEMP3=998
    TEMPE_INT= (TEMP3 DIG 2)*10+(TEMP3 DIG 1)
    TEMPE_FRC=TEMP3 DIG 0
    WRITE 44,TEMPE_INT
    WRITE 45,TEMPE_FRC
  ENDIF
  IF KEY_VAL=NUMERAL THEN
    TEMP3=TEMP3-1
    IF TEMP3<=49 THEN TEMP3=50
    TEMPE_INT= (TEMP3 DIG 2)*10+(TEMP3 DIG 1)
    TEMPE_FRC=TEMP3 DIG 0
    WRITE 44,TEMPE_INT
    WRITE 45,TEMPE_FRC
  ENDIF
  LCDOUT $FE,$84,#TEMPE_INT DIG 1,#TEMPE_INT DIG 0,".",#TEMPE_FRC
  LCDOUT $FE,$C0,"T=",#TEMPERATURA DIG 2,#TEMPERATURA DIG
1,".",#TEMPERATURA DIG 0
  TEMP3=TEMPE_INT*10+TEMPE_FRC
  IF TEMPERATURA=>(TEMP3+2) THEN OUT_TH=0 ' CALEFACTOR APAGADO
  IF TEMPERATURA<=(TEMP3-2) THEN OUT_TH=1 ' CALEFACTOR ENCENDIDO
ELSE
  ' MODO AUTOMATICO TEMPORIZADO
  IF DS_DAY=1 THEN J=0 ' DIA LUNES
  IF DS_DAY=2 THEN J=6 ' DIA MARTES
  IF DS_DAY=3 THEN J=12 ' DIA MIERCOLES
  IF DS_DAY=4 THEN J=18 ' DIA JUEVES
  IF DS_DAY=5 THEN J=24 ' DIA VIERNES
  IF DS_DAY=6 THEN J=32 ' DIA SABADO
  IF DS_DAY=7 THEN J=38 ' DIA DOMINGO
  GOSUB AUT_CONTROL

```

```

    gosub LCD_AUT
ENDIF

GOTO MAIN
TEMPE_READ:
    ADCIN TEMP_CH,ADC_VAL
    TEMPERATURA=ADC_VAL
RETURN
LCD_AUT:
    IF DS_SEC.7=0 THEN
        LCDOUT $FE,$02 ' CURSOR INICIO PRIMERA LINEA
        LCDOUT
        #(DS_HOUR>>4)&$0F,#DS_HOUR&$0F,":",#(DS_MIN>>4)&$0F,#DS_MIN&$0F,":",#(DS_SEC>>4)
        )&$0F,#DS_SEC&$0F," "
        LCDOUT "S=",#TEMPE_INT DIG 1,#TEMPE_INT DIG 0,":",#TEMPE_FRC DIG 0
        LCDOUT $FE,$C0 '
        LCDOUT
        #(DS_YEAR>>4)&$0F,#DS_YEAR&$0F,"-
        ",#(DS_MONTH>>4)&$0F,#DS_MONTH&$0F,"-",#(DS_DATE>>4)&$0F,#DS_DATE&$0F," "
        LCDOUT "T=",#TEMPERATURA DIG 2,#TEMPERATURA DIG 1,":",#TEMPERATURA DIG 0
    ENDIF
RETURN

SET_CONFIG:
    gosub key_read
    IF KEY_VAL=C THEN
        GOTO FCONFIG
    ENDIF
    IF KEY_VAL<10 THEN
        GOSUB UPD_TEMPERATURA
    ENDIF
    IF KEY_VAL=D THEN ' GRABA VALOR
        GOSUB WRITE_TEMPE
        J=J+2
        GOSUB INI_TIME
        LCDOUT $FE,$85,"INI"
        LCDOUT $FE,$C5
        DIA_A:
        gosub key_read
        IF KEY_VAL=C THEN
            GOTO FCONFIG
        ENDIF
        IF KEY_VAL<10 THEN
            GOSUB UPD_TIME
        ENDIF
        IF KEY_VAL=D THEN
            GOSUB WRITE_TIME
            J=J+2
            GOSUB INI_TIME
            LCDOUT $FE,$85,"FIN"
            LCDOUT $FE,$C5
            DIA_B:
            gosub key_read
            IF KEY_VAL=C THEN
                GOTO FCONFIG
            ENDIF
            IF KEY_VAL<10 THEN

```

```

        GOSUB UPD_TIME
    ENDIF
    IF KEY_VAL=D THEN
        GOSUB WRITE_TIME
        KEY_VAL=C
        GOTO FCONFYG
    ENDIF
    GOTO DIA_B
ENDIF
GOTO DIA_A
ENDIF
FCONFYG:
RETURN
AUT_CONTROL:
    READ J,TEMPE_INT
    READ J+1,TEMPE_FRC
    READ J+2,HORA_INI
    READ J+3,MINU_INI
    READ J+4,HORA_FIN
    READ J+5,MINU_FIN
    TEMP3=((DS_HOUR>>4)&$0F)*10+(DS_HOUR&$0F)
    TEMP4=((DS_MIN>>4)&$0F)*10+(DS_MIN&$0F)
    TEMP5=TEMP3*100+TEMP4
    TEMP4=HORA_FIN*100+MINU_FIN
    TEMP3=HORA_INI*100+MINU_INI
    TEMP6=TEMPE_INT*10+TEMPE_FRC
    IF TEMP3<=TEMP5<=TEMP4 THEN
        IF TEMPERATURA=>(TEMP6+2) THEN OUT_TH=0      ' CALEFACTOR APAGADO
        IF TEMPERATURA<=(TEMP6-2) THEN OUT_TH=1      ' CALEFACTOR ENCENDIDO
    ELSE
        OUT_TH=0
    ENDIF
RETURN
INI_TEMPE:
    READ J,TEMPE_INT
    READ J+1,TEMPE_FRC
    GOSUB WEEK_DAY
    LCDOUT $FE,$C0," T=",#TEMPE_INT,".",#TEMPE_FRC
    lcdout $FE,$C5
    temp1[0]=tempe_int dig 1
    temp1[1]=tempe_int dig 0
    temp1[2]=tempe_frc
    i=0
RETURN
INI_TIME:
    READ J,HORA
    READ J+1,MINU
    GOSUB WEEK_DAY
    LCDOUT $FE,$C0," H ",#HORA DIG 1,#HORA DIG 0,".",#MINU DIG 1,#MINU DIG 0
    LCDOUT $FE,$C5
    temp1[0]=hora dig 1
    temp1[1]=hora dig 0
    temp1[2]=minu dig 1
    temp1[3]=minu dig 0
    l=0
RETURN

```

WEEK\_DAY:

```
IF K=1 THEN lcdout $FE,1,"LU"
IF K=2 THEN lcdout $FE,1,"MA"
IF K=3 THEN lcdout $FE,1,"MI"
IF K=4 THEN lcdout $FE,1,"JU"
IF K=5 THEN lcdout $FE,1,"VI"
IF K=6 THEN lcdout $FE,1,"SA"
IF K=7 THEN lcdout $FE,1,"DO"
```

RETURN

UPD\_TIME:

```
IF I=0 AND KEY_VAL>2 THEN GOTO FUPD_TIME
IF I=2 AND KEY_VAL>5 THEN GOTO FUPD_TIME
LCDOUT #KEY_VAL
IF I=1 THEN LCDOUT ":"
TEMP1[I]=KEY_VAL
I=I+1
IF I=4 THEN
  I=0
  LCDOUT $FE,$C5
ENDIF
FUPD_TIME:
```

RETURN

UPD\_TEMPERATURA:

```
lcdout #key_val
if i=1 then lcdout "."
temp1[i]=key_val
i=i+1
if i=3 then
  i=0
  LCDOUT $FE,$C5
ENDIF
```

RETURN

WRITE\_TEMPE:

```
TEMP2=TEMP1[0]*10+TEMP1[1]
WRITE J,TEMP2
WRITE J+1,TEMP1[2]
```

RETURN

WRITE\_TIME:

```
TEMP2=TEMP1[0]*10+TEMP1[1]
WRITE J,TEMP2
TEMP2=TEMP1[2]*10+TEMP1[3]
WRITE J+1,TEMP2
```

RETURN

KEY\_READ:

```
KEY_VAL=$FF
IF KEY_INT=1 THEN
  PAUSEUS 3
  KEY_TEMP=KEY_PORT&$0F
  IF KEY_TEMP=0 THEN KEY_VAL=1
  IF KEY_TEMP=1 THEN KEY_VAL=2
  IF KEY_TEMP=2 THEN KEY_VAL=3
```



```
IF KEY_TEMP=3 THEN KEY_VAL=12
IF KEY_TEMP=4 THEN KEY_VAL=4
IF KEY_TEMP=5 THEN KEY_VAL=5
IF KEY_TEMP=6 THEN KEY_VAL=6
IF KEY_TEMP=7 THEN KEY_VAL=13
IF KEY_TEMP=8 THEN KEY_VAL=7
IF KEY_TEMP=9 THEN KEY_VAL=8
IF KEY_TEMP=10 THEN KEY_VAL=9
IF KEY_TEMP=11 THEN KEY_VAL=14
IF KEY_TEMP=12 THEN KEY_VAL=10
IF KEY_TEMP=13 THEN KEY_VAL=0
IF KEY_TEMP=14 THEN KEY_VAL=11
IF KEY_TEMP=15 THEN KEY_VAL=15
ENDIF
WAIT_KEY:
IF KEY_INT=1 THEN GOTO WAIT_KEY
RETURN
TIME_READ:
I2Cread
DS_SDA,DS_SCL,$D0,$00,[DS_SEC,DS_Min,DS_Hour,DS_Day,DS_DATE,DS_Month,DS_Year,
DS_Ctrl]
IF DS_SEC.7=1 THEN ' CH BIT COMPROBACION
I2CWRITE DS_SDA,DS_SCL,$D0,$00,[$00,$20,$14,$02,$13,$02,$07,$10]
GOTO FTIME_READ
ENDIF
FTIME_READ:
RETURN
END
```

### 3.4 Costos de Materiales utilizados

<b>LISTADO DE ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA TESIS</b>			
<b>CANTI</b>	<b>ELEMENTOS</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V. TOTAL</b>
1	Reloj en Tiempo real (R T C)	6.40	6.40
1	Decodificador de teclado 74922	15.60	15.60
1	Sensor de temperatura LM35	3.20	3.20
1	Amplificador operacional LM348	0.55	0.55
1	Microcontrolador PIC16F873A	11.00	11.00
1	Display de cristal liquido (LCD)	15.80	15.80
1	Teclado matricial de 4x4	6.20	6.20
1	Cristal de 4MHz	0.80	0.80
1	Cristal de 32768Hz	1.50	1.50
1	Pila para reloj de 3V	5.00	5.00
2	LEDs	0.15	0.30
1	Transistor 2N3904	0.20	0.20
3	Resistencias de 4,7K ohmios	0.08	0.24
1	Resistencia de 470 ohmios	0.08	0.08
2	Resistencia de 10K ohmios	0.08	0.16
1	Resistencia de 10 ohmios	0.08	0.08
1	Resistencia de 3.9K ohmios	0.08	0.08
1	Resistencia de 330 ohmios	0.08	0.08
1	Potenciómetro de 20K ohmios	0.30	0.30
2	Condensadores 22pF	0.70	0.14
1	Condensador 22uF 16V	0.20	0.20
<b>ETAPA DE POTENCIA</b>			
1	Resistencia de 330 ohmios	0.08	0.08
1	Resistencia de 10K ohmios a 5W	0.08	0.08
1	Optoacoplador MOC 3020	0.45	0.45
1	Triac ECG 5638	5.80	5.80
<b>FUENTE DE POLARIZACION</b>			
1	Transformador de 6V 1A RMS	6.00	6.00
1	Regulador de voltaje de 5V 7805	0.50	0.50
1	Condensador 1000uF 25V	0.40	0.40
1	Condensador 47uF	0.15	0.15
1	Puente rectificador	0.40	0.40
<b>TOTAL</b>			<b>81.77</b>

**Tabla 3.1 Costos de materiales utilizados**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Se ha cumplido con el objetivo de construir un dispositivo digital capaz de controlar el encendido y apagado de un calentador de agua domestico de forma automática para todos los días de la semana a una hora señalada manteniendo la temperatura dentro de un rango deseado, personalizando la operación del calentador de agua.
- El uso de microcontroladores es muy extenso ya que pueden ser usado para diferentes aplicaciones, en diversos proyectos, ya que su programación no es compleja y los programadores están al alcance de todos. .
- Este proyecto se puede industrializar ya que con el podemos hacer un uso eficiente de la energía eléctrica además de controlar la temperatura y mostrarnos la hora exacta
- También podemos visualizar los datos de fecha, hora y temperatura en un display de cristal liquido (LCD)
- El uso de un circuito adicional para el reloj de tiempo real nos permite tener siempre encendido este dispositivo, gracias a su alimentación extra de la batería de 3 voltios.
- Como nos muestra los resultados de la encuesta existen ventajas en el tiempo ya que se tarda en calentar igual que un calentador normal esto es aproximadamente una hora con esto el usuario descansara un rato más.
- Con este proyecto logramos controlar la temperatura del calentador realizando mediciones con el sensor y desactivando la etapa de potencia logrando mantener la temperatura en un rango estipulado por el usuario. Esto controla el PIC a través de un pin de salida a la vez la etapa de potencia es la encargada de la comunicación entre el PIC y nuestro calentador de agua.
- Por los datos obtenidos en la encuesta sabemos que el estándar de vida de las personas mejoraría (Ver ANEXO 12)

- RECOMENDACIONES
- Búsqueda de nuevos relojes para que nos permitan igualarlos de una forma manual por que el que se utilizo en este proyecto se lo iguala con una comunicación serial sincrónica con el PIC y esto será molesto para cuando se termine la batería por que tendremos que programar de nuevo al microcontrolador únicamente con el fin de igualar la hora.
- Para la etapa de potencia. Si utilizamos TRIACs es preferible no utilizar exactamente para la corriente que necesitamos ya que este se calienta y no se apaga y quedara conduciendo.
- Antes de realizar el proyecto deberíamos tomar en cuenta ciertos aspectos al momento de seleccionar los elementos en este caso el PIC, tales como: Disponibilidad de los elementos en el mercado. Algunos elementos microcontroladores son mas comúnmente encontrados en las casas de electrónica que otros. No es conveniente emprender un proyecto basado en cierto microcontrolador, sensor periférico, etc. que escasea en el mercado ya que podría no satisfacer nuestra demanda y detener el proyecto.
- Disponibilidad de información y herramientas de desarrollo. Actualmente la mayoría de los fabricantes de microcontroladores ofrecen información suficiente para entender la operación y funcionamiento de sus dispositivos. El punto débil de algunos fabricantes es la pobre distribución de sus herramientas de desarrollo (programadores, emuladores, software, etc.) o bien su alto costo.

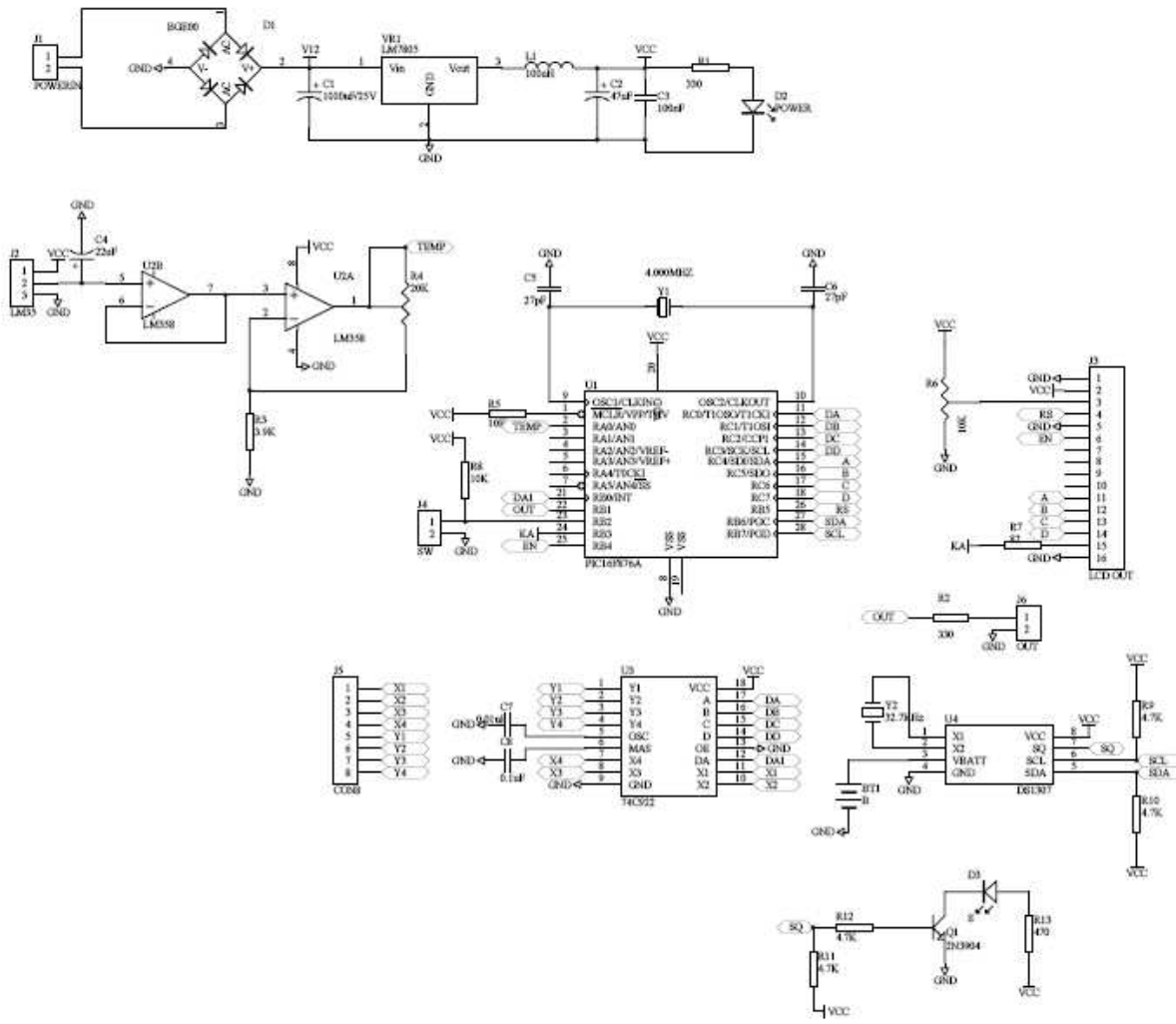
**BIBLIOGRAFIA**

- Principios de electrónica. Malvino. Quinta Edición
- Electrónica y Teoría de Circuitos. Boylestad- Nashelsky. Quinta Edición
- Manual Laboratorio de microprocesadores ESFOT
- Electrónica Moderna de Potencia. Timothy Maloney. Tercera Edición.
- Electrónica Industrial Técnicas de Potencia. Gualda-Martínez. Segunda Edición.
- Electrónica Industrial Moderna Tercera Edición Timothy J. Maloney
- Apuntes de Electrónica I
- Apuntes de Electrónica II
- [http:// www.rentron.com](http://www.rentron.com).
- <http://www.ic-prog.com>.
- <http://www.gustylima@hotmail.com>
- <http://www.rdm.py@hotmail.com>
- <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>

# ANEXOS

# ANEXO 1

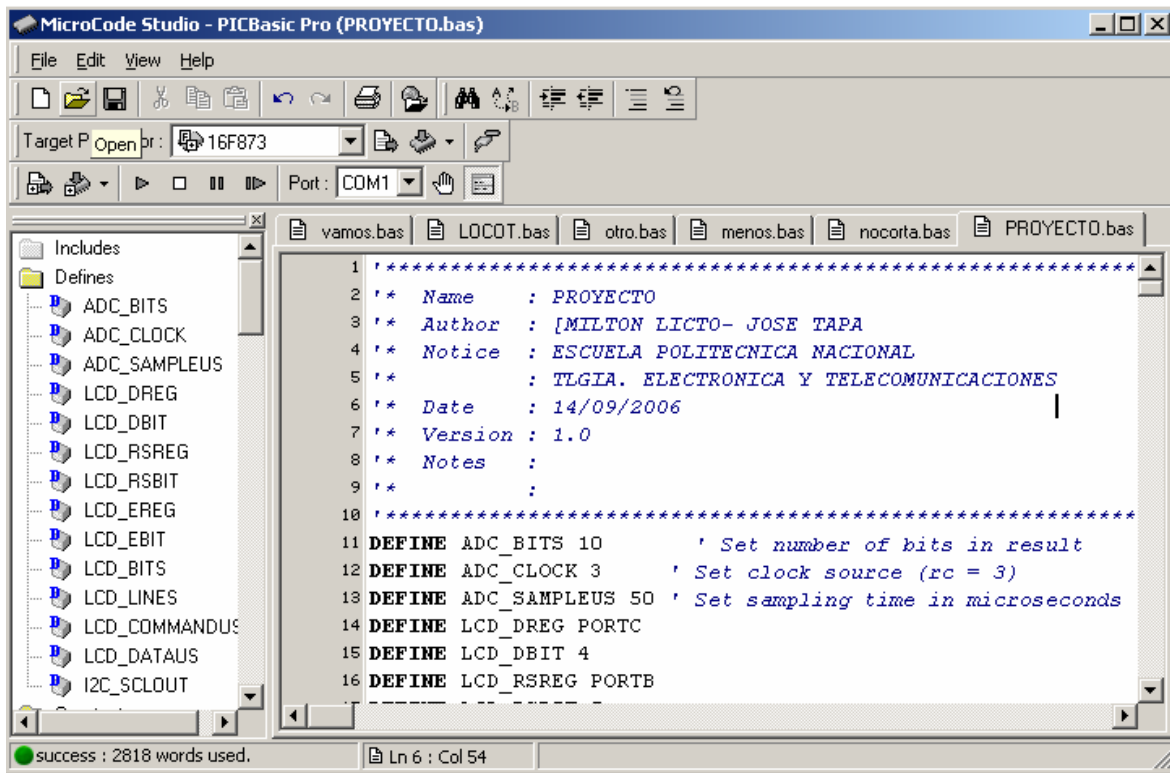
## DIAGRAMA CIRCUITAL DEL EQUIPO





## ANEXO 2

FOTO DEL PROGRAMA UTILIZADO



## ANEXO 3

# PROGRAMADOR DE PICS

IC-Prog 1.05C - Programador de prototipos - F:\proj\PROYECTO.HEX

Archivo Edición Bufer Ajustes Comando Herramientas Ver Ayuda

PIC 16F873

Dirección - Código programa

0000:	01B6	2993	16B6	1EB6	12B6	19B6	280B	15B6	.....
0008:	2044	1803	2832	3008	00A3	2058	0DA2	0BA3	.....
0010:	280D	1EB6	203D	2062	205E	1AB6	2032	2037	.....
0018:	0822	1003	298E	16B6	1EB6	12B6	1936	2825	.....
0020:	39FE	00B7	1536	1003	298E	1A36	282D	00A6	.....
0028:	1636	2044	1803	2832	0826	204B	1803	2832	.....
0030:	1EB6	298E	203D	2062	1136	1236	11B6	083A	.....
0038:	0084	0838	1784	0480	2843	083A	0084	0938	.....
0040:	0580	1784	0580	0008	2037	2062	203D	205E	.....
0048:	0837	19B6	3801	00A2	3008	00A3	0DA2	1803	.....
0050:	2037	1C03	203D	2062	205E	0BA3	284E	2037	.....
0058:	2062	083A	0084	0838	0500	3EFF	083B	0084	.....

Dirección - Datos Eeprom

0000:	15	02	0A	0F	0D	19	16	02	.....
0008:	0A	0A	0D	14	17	02	0A	0A	.....
0010:	0D	14	18	02	0A	0A	0D	14	.....
0018:	19	02	0A	0A	0D	14	FF	FF	.....
0020:	1A	02	0A	0A	0D	14	1B	02	.....
0028:	0A	0A	0D	14	1C	02	FF	FF	.....
0030:	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	.....
0038:	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	.....

Configuración

Oscilador: XT

Protección código: CP OFF

Bits configuración:

- WDT
- PWRRT
- BODEN
- LVP
- CPD
- WRT
- DEBUGGER

Checksum: 35B9 Valor ID: FFFF

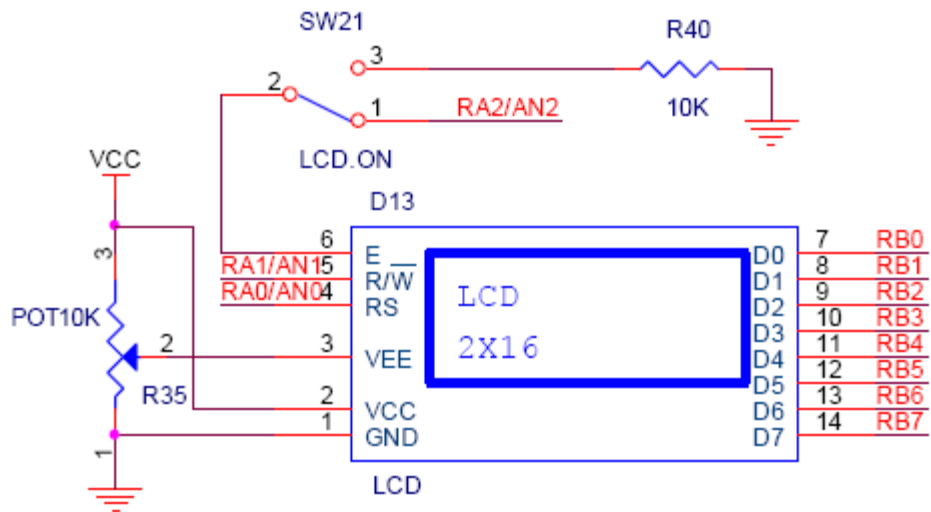
Palabra config: 3F75h

Buffer 1 Buffer 2 Buffer 3 Buffer 4 Buffer 5

JDM Programmer en Com1 Dispositivo: PIC 16F873 (92)

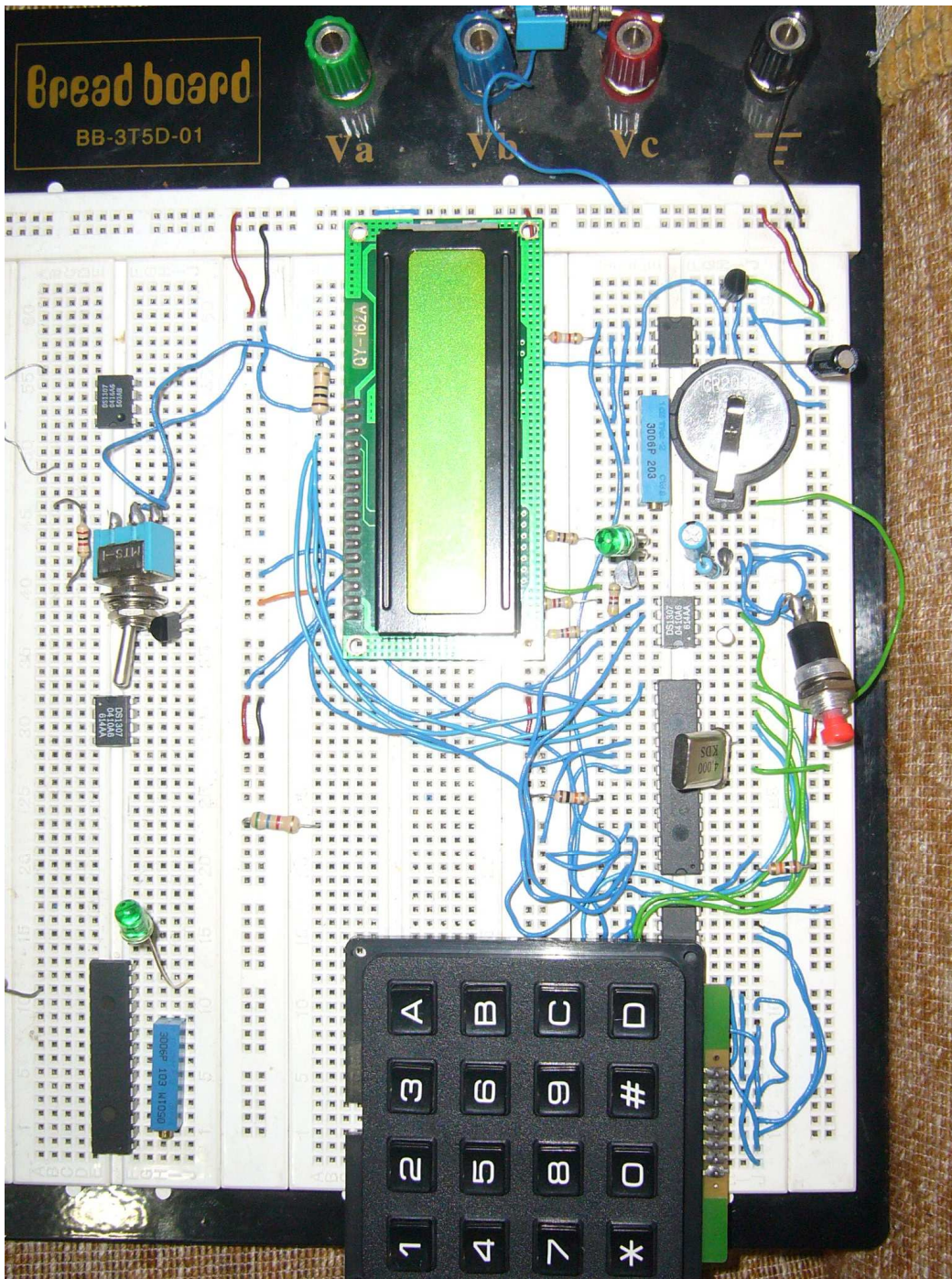
## ANEXO 4

### DIAGRAMA DE CONEXION DE UN DISPLAY DE CRISTAL LÍQUIDO (LCD)



## ANEXO 5

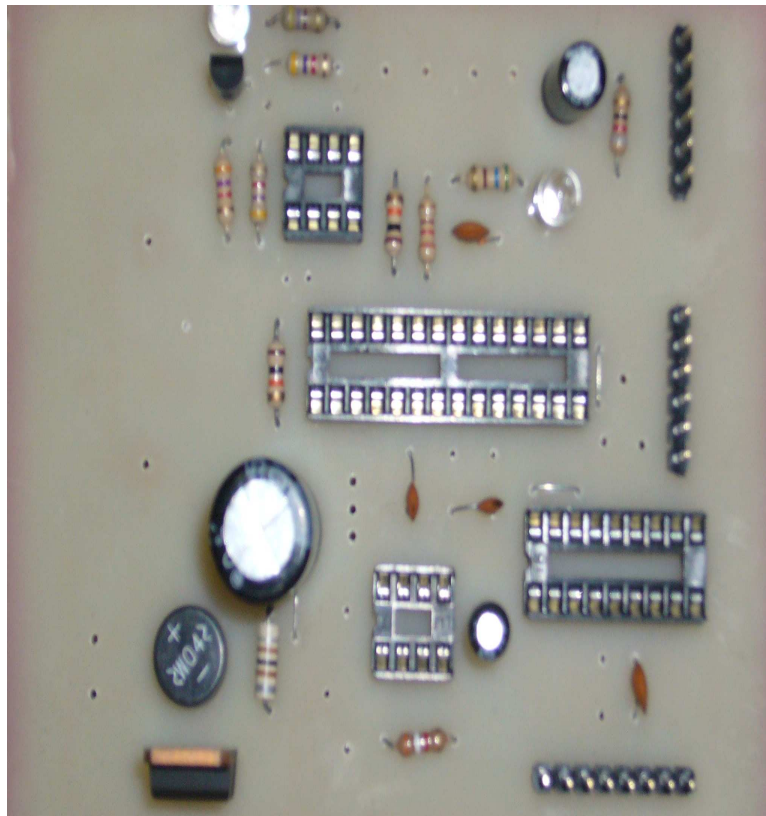
# PROYECTO ARMADO EN PROTO BOARD





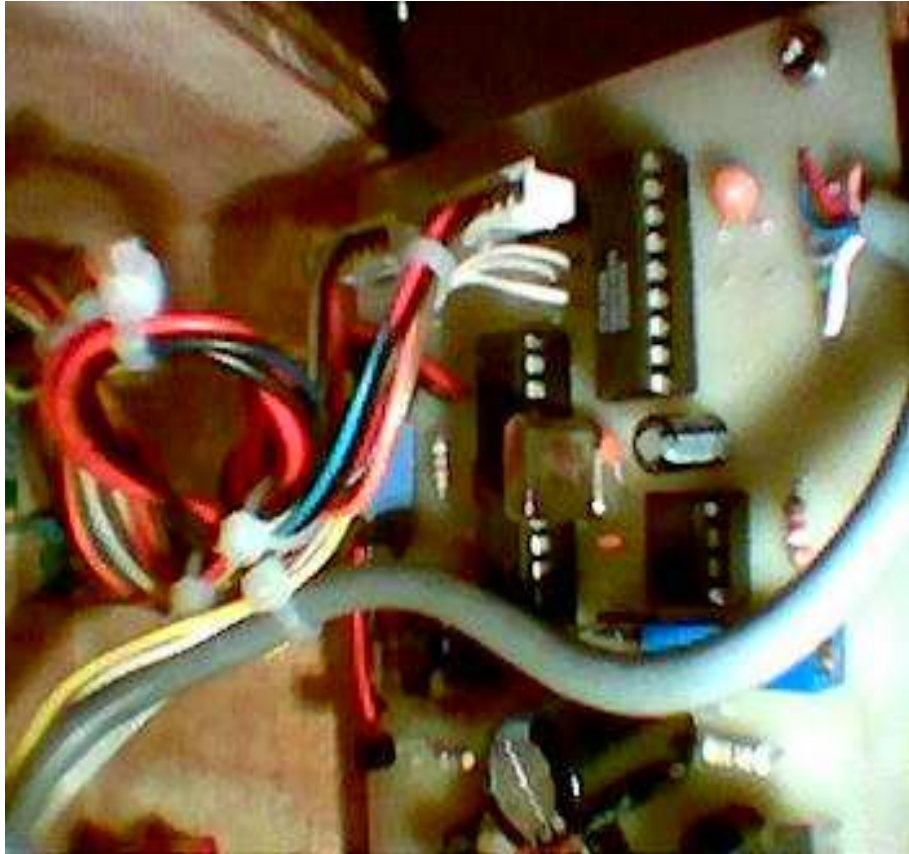
## ANEXO 6

# PUESTA DE ELEMENTOS EN LA PLACA



## ANEXO 7

### MOTAJE DEL CIRCUITO EN UNA CAJA DE MAMDERA



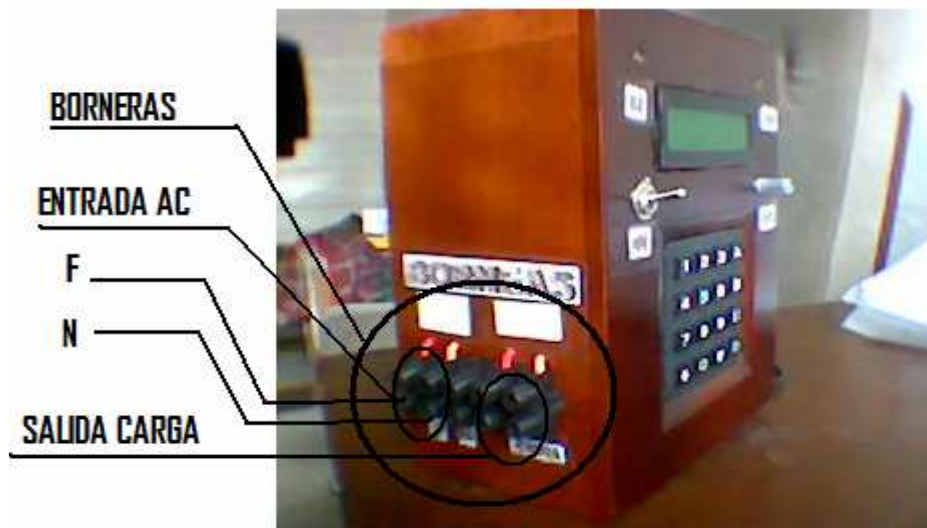
## ANEXO 8

# MANUAL DE USUARIO

Parte Frontal del programador



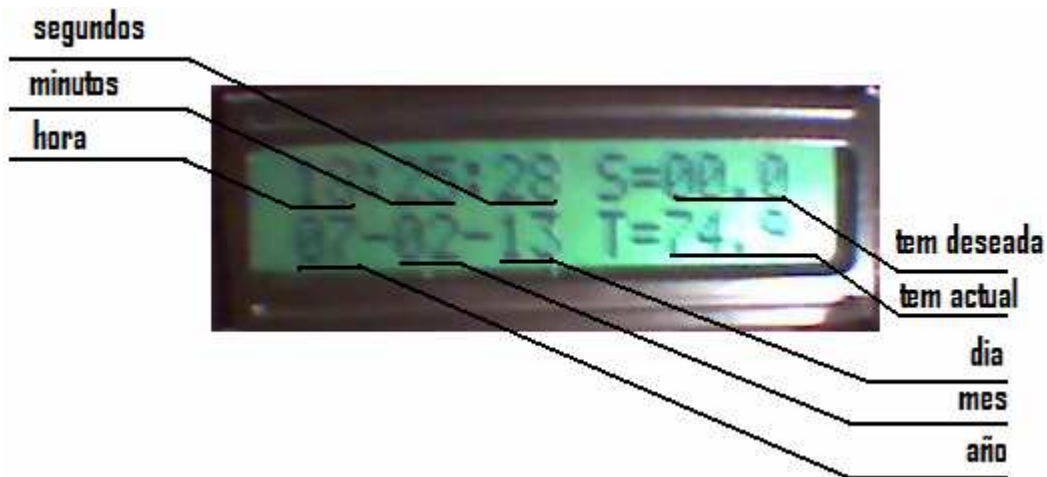
Parte lateral en donde se encuentran las borneras



**Partes de nuestro programado**

- 1) Interruptor de encendido y apagado del proyector
- 2) Fusible de protección contra descargas eléctricas
- 3) Interruptor de sistema bloqueado.- en este estado el sistema no trabaja y se mantiene bajo consumo de energía
- 4) Tornillo de seguridad de la tapa del programador para abrir en caso de daño verificar conexiones o realizar un cambio de batería del reloj
- 5) Luz del segundero del reloj en tiempo real (RTC) con esto sabremos si el reloj está trabajando caso contrario se deberá hacer un cambio de batería del reloj
- 6) Luz indicadora de encendido de nuestro programador
- 7) Sw de encendido de luz interna del LCD
- 8) Perilla reguladora del contraste del LCD
- 9) Teclado matricial de 4x4 el cual nos servirá para dar órdenes de encendido automático del calentador de agua doméstico
- 10) Display de cristal líquido .- Este LCD nos va a servir para visualizar el proceso de programación de encendido automático del termostato

### Formato del LCD cuando no tenemos ninguna función



De esta manera permanecerá sensando la temperatura actual del tanque además presentará la hora y la fecha

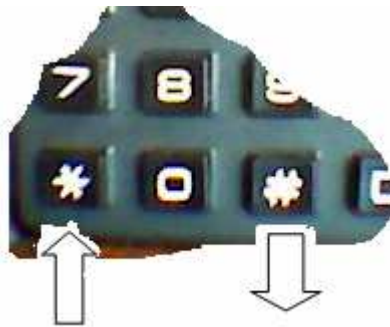
### Encendido manual

En esta opción solo lo encendemos presionando la letra B y luego nos preguntará la temperatura que deseamos





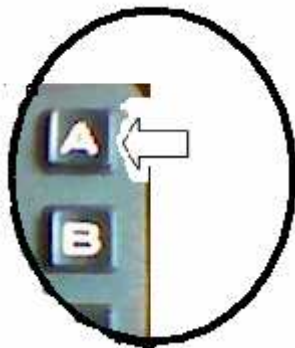
Para seleccionar nuestra temperatura pulzaremos el asterisco (\*) y la tecla numeral(#) para subir y bajar respectivamente hasta fijar dicha temperatura



Finalmente presionamos **B** para apagar el sistema

### Selección de encendido automatico

Esto lo aremos presionando la letra **A** y enseguida nos preguntara que seleccionemos el dia de encendido



En el momento que nos pregunta el dia tenemos 7 opciones para los 7 dias de la semana asignada a los numeros del 1 al 7 de la siguiente manera.



Una vez que seleccionamos el día de la semana que queremos que se encienda nuestro calentador de agua aceptamos la instrucción presionando la letra D



Luego procedemos a seleccionar la temperatura de calentamiento del agua para eso utilizamos todos los numeros del teclado escogeremos la temperatura en dos digitos mas un decimal quedando de la siguiente manera y para aceptar esto presionaremos la letra D como en el caso anterior.



En este paso seleccionaremos la hora de encendido en formato de 24 horas utilizando todos los numeros del teclado como se muestra en el siguiente grafico y aceptamos con la letra D para seguir con el siguiente paso

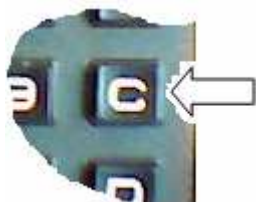


Para finalizar fijamos la hora de apagado del sistema de igual manera seleccionamos la hora en formato 24 horas y finalizamos aceptando esto con la letra D



**Nota:**

En cualquiera de estos procedimientos si cambiamos de idea y no queremos programar anulamos todo presionando la letra **C** y retornaremos al formato de presentación del LCD.



## ANEXO 9

### MODELO DE ENCUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS

## MODELO DE ENCUESTA

- 1.- Que sistema utiliza en el calentamiento de agua para bañarse?
  - a) Ducha electrica
  - b) Calefon
  - c) Termostato
  - d) Ninguno
  
- 2.- Quisiera que su calentador de agua se encienda a una hora determinada sin tener que levantarse sino hasta la hora que tenga que hacerlo para que pueda apearance?
  - a) Si
  - b) No
  
- 3.- Le gustaria fijar o controlar la temperatura del agua que va utilizar para bañarse?
  - a) Si
  - b) No
  
- 4.- Usted aspiraria tener un sistema automatico de de calentamiento de agua utilizando un calentador de agua (termostato)?
  - a) Si
  - b) No
  
- 5.- Si este sistema existiria usted lo adquiriria?
  - a) Si
  - b) No
  - c) Depende .....
  
- 6.- Cree usted que este sistema nos daria una ventaja?
  - a) Si por que .....
  - b) No por que.....
  
- 7.- Usted piensa que si controlamos algún parametro como la temperatura en nuestros hogares mejoraria nuestro estandar de vida?. Entendiendose como estandar de vida a la fascilidad y comodidad que nos dan algunos aparatos.
  - a) Si
  - b) No

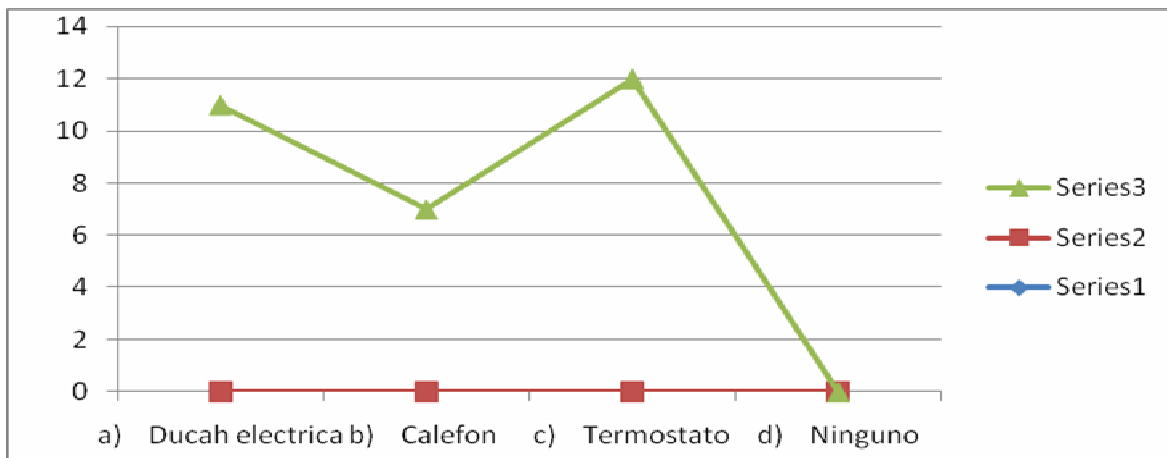
## RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA APLICADA A UNA MUESTRA DE 30 PERSONAS DE DISTINTOS SECTORES DE LA CIUDAD DE QUITO Y ANALISIS DE LAS MISMAS

Nota.- estos resultados fueron utilizados en las conclusiones de nuestro proyecto

### Primera pregunta

Que sistema utiliza en el calentamiento de agua para bañarse?

a) Ducha eléctrica	11
b) Calefón	7
c) Termostato	12
d) Ninguno	0

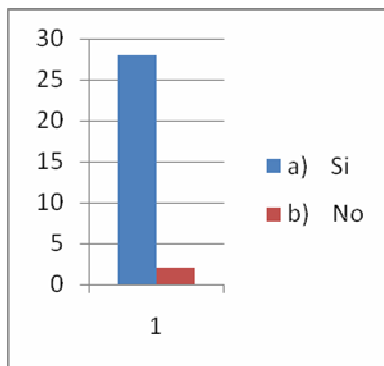


En esta pregunta nos damos cuenta que en la mayoría de casas utilizamos un termostato por lo cual concluimos que nuestro proyecto puede ser viable

### Segunda pregunta

Quisiera que su calentador de agua se encienda a una hora determinada sin tener que levantarse sino hasta la hora que tenga que hacerlo para que pueda apearce?

a) Si	28
b) No	2

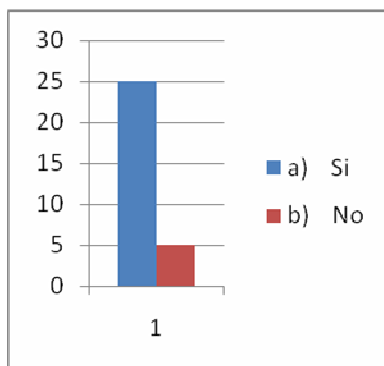


En este caso podemos determinar que las personas les gustaria descansar un poco mas

Tercera pregunta

Le gustaria fijar o controlar la temperatura del agua que va utilizar para bañarse?

a) Si	25
b) No	5

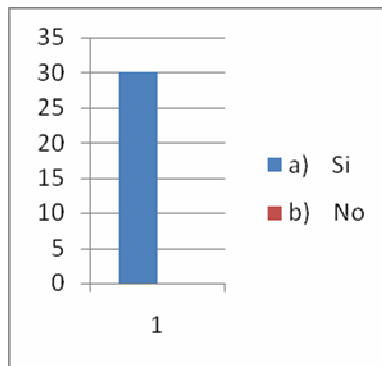


La figura nos muestra claramente que la mayoría de personas les gustaria disfrutar de un solo nivel de temperatura.

Cuarta pregunta

Usted aspiraria tener un sistema automatico de de calentamiento de agua utilizando un calentador de agua (termostato)?

a) Si	30
b) No	0

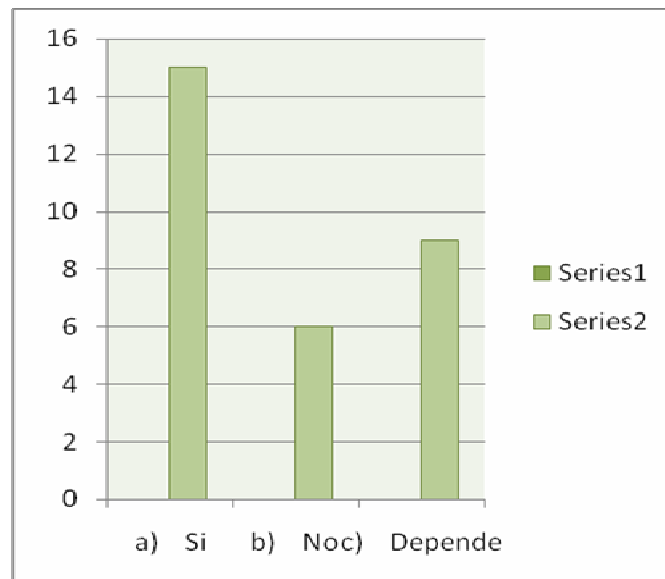


Este es un claro reflejo de que las personas necesitan mayor comodidad en sus hogares y les gustaria tener un sistema automatico para la mayoría de sus aparatos.

Quinta pregunta

Si este sistema existiera usted lo adquiriria?

a) Si	15
b) No	6
c) Depende	9

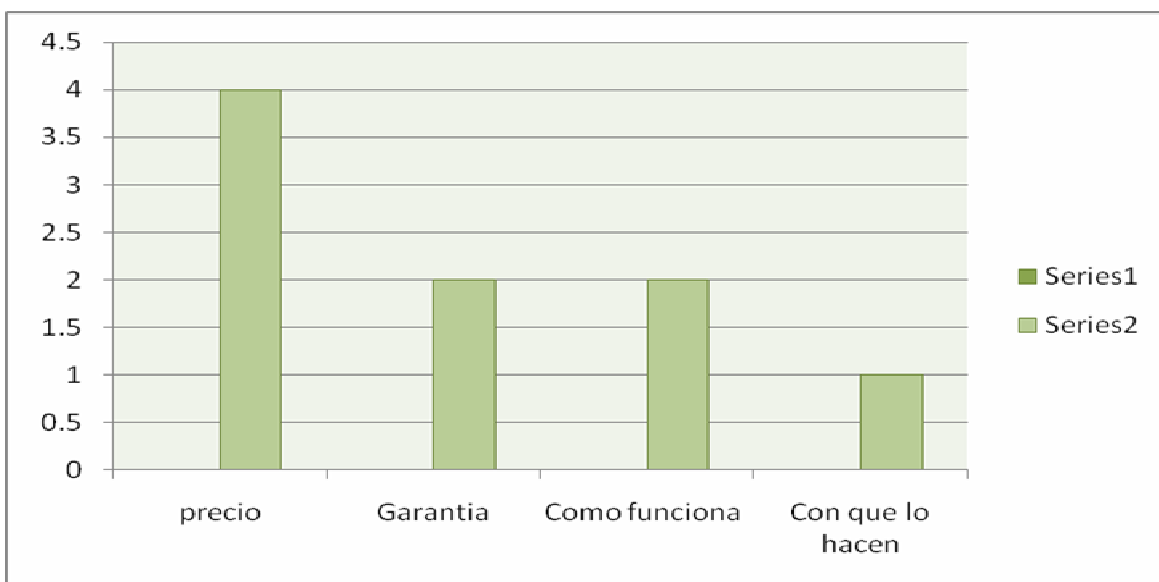


Este diagrama nos indica que la mitad de las personas encuestadas estarian dispuestas a conseguir este programador y hacer su vida mas sencilla



Para el caso de la respuesta C (**Depende**) obtuvimos algunas respuestas como son

precio	4
Garantía	2
Como funciona	2
Con que lo hacen	1

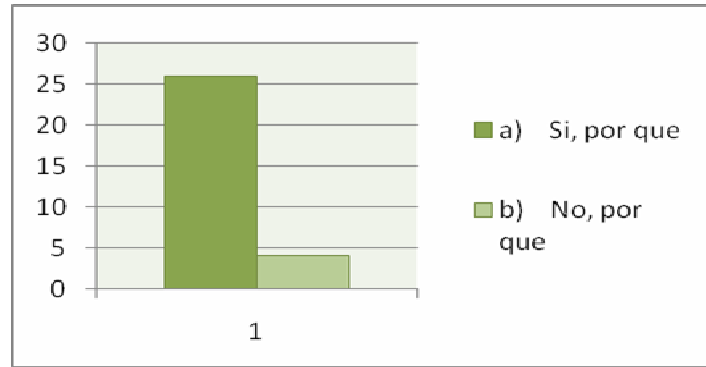


Para el caso de las personas que no están convencidas de nuestro programador tienen diferentes dudas como las que se muestran en el gráfico anterior.

Sexta pregunta

Cree usted que este sistema nos daría una ventaja?

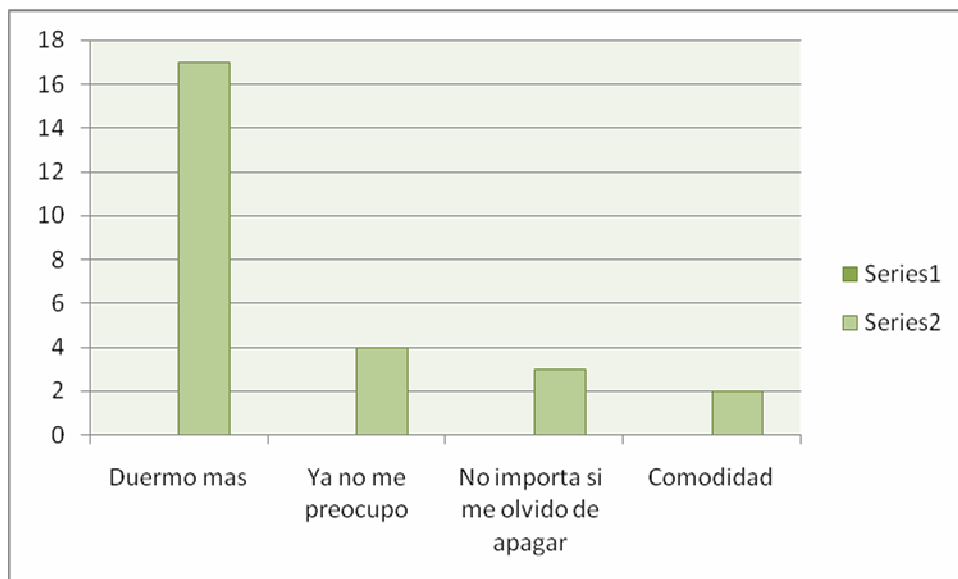
a) Si, por que	26
b) No, por que	4



Este diagrama muestra que nuestro programador tiene muchas ventajas y además lo han dicho esto se muestra en la siguiente figura

Para las respuestas positivas tenemos algunas variantes para lo que se el **por que** representado en el siguiente grafico

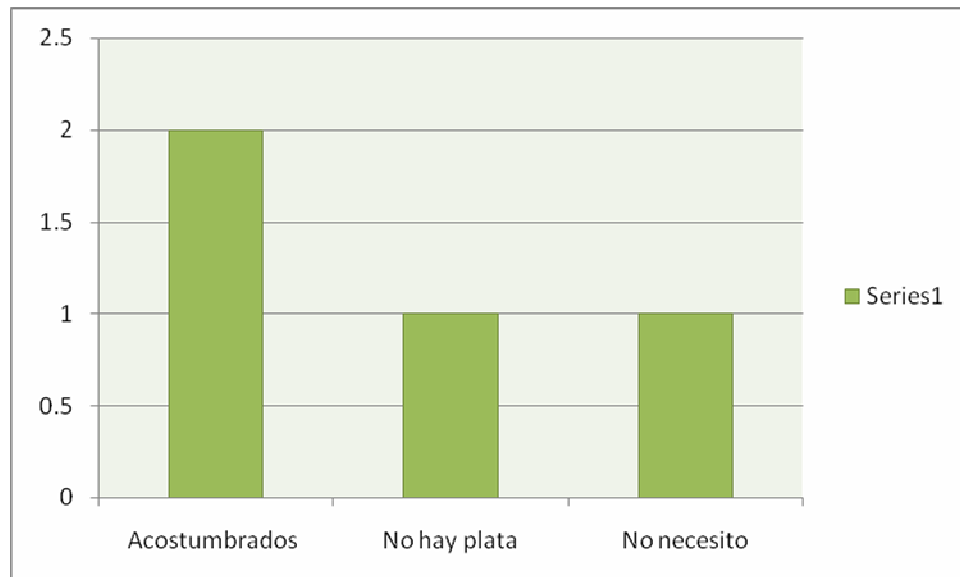
Duermo mas	17
Ya no me preocupo	4
No importa si me olvido de apagar	3
Comodidad	2



Las respuestas son diversas pero todas ellas nos conducen a ver que nuestro proyecto seria de gran utilidad en nuestro medio.

Para las respuestas negativas tenemos algunas variantes para lo que es el **por que** representado en el siguiente grafico

Acostumbrados	2
No hay plata	1
No necesito	1

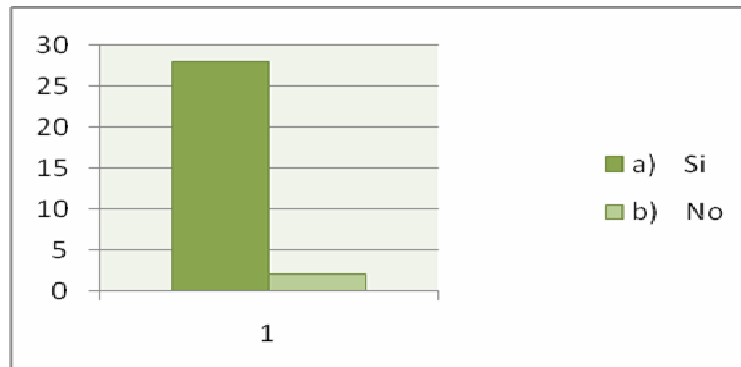


Este grafico nos muestra que existe un grupo pequeño de personas que no esta de acuerdo pero representa solo el 13% del total de encuestados

#### Septima pregunta

Usted piensa que si controlamos algún parametro como la temperatura en nuestros hogares mejoraria nuestro estandar de vida?. Entendiendose como estandar de vida a la fascilidad y comodidad que nos dan algunos aparatos.

a) Si	28
b) No	2



Esta pregunta y los resultados obtenidos en la misma nos deja ver que esto elevaria el nivel de vida de las personas ya que tendrian una cosa menos de que preocuparse

## ANEXO 10

### AMPLIFICADOR OPERACIONAL

# LM2904, LM358/LM358A, LM258/ LM258A

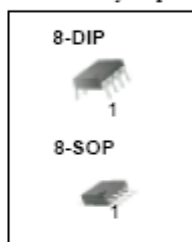
## Dual Operational Amplifier

### Features

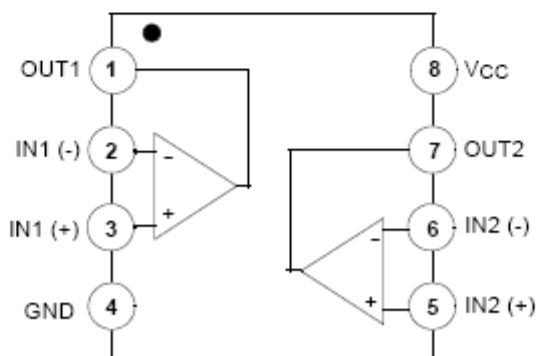
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100dB
- Wide Power Supply Range:  
LM258/LM258A, LM358/LM358A: 3V~32V (or  $\pm 1.5V \sim 16V$ )  
LM2904 : 3V~26V (or  $\pm 1.5V \sim 13V$ )
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground
- Large Output Voltage Swing: 0V DC 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



## 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 (Continued)

(V<sub>CC</sub> = 5.0V, V<sub>EE</sub> = GND, unless otherwise specified)

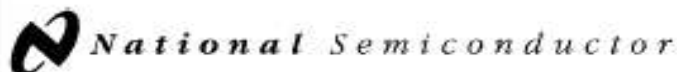
The following specification apply over the range of -25°C ≤ T<sub>A</sub> ≤ +85°C for the LM258; and the 0°C ≤ T<sub>A</sub> ≤ +70°C for the LM358; and the -40°C ≤ T<sub>A</sub> ≤ +85°C for the LM2904

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> = 0Ω	-	-	7.0	-	-	9.0	-	-	10.0	mV
Input Offset Voltage Drift	ΔV <sub>IO</sub> /ΔT	R <sub>S</sub> = 0Ω	-	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 (V <sub>CC</sub> = 26V for LM2904) R <sub>L</sub> = 2kΩ	26	-	-	26	-	-	22	-	-	V
		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	9	-	5	9	-	mA
Differential Input Voltage	V <sub>I(DIFF)</sub>	-	-	-	V <sub>CC</sub>	-	-	V <sub>CC</sub>	-	-	V <sub>CC</sub>	V

# ANEXO 11

## SENSOR DE TEMPERATURA





December 1994

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

### General Description

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

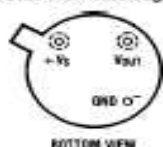
available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

### Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear  $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$  scale factor
- $0.5^\circ\text{C}$  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  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for 1 mA load

### Connection Diagrams

TO-46  
Metal Can Package\*



BOTTOM VIEW

TL/H/5516-1

\*Case is connected to negative pin (GND)

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

TO-92  
Plastic Package

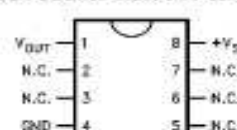


BOTTOM VIEW

TL/H/5516-2

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

SO-8  
Small Outline Molded Package



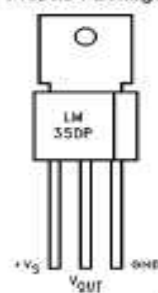
TOP VIEW

TL/H/5516-21

N.C. = No Connection

Order Number LM35DM  
See NS Package Number M08A

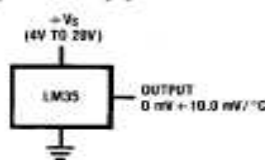
TO-202  
Plastic Package

+Vs  
Vout  
GND

TL/H/5516-24

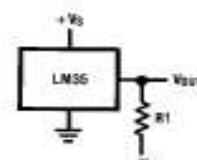
Order Number LM35DP  
See NS Package Number P03A

### Typical Applications



TL/H/5516-3

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



TL/H/5516-4

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

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

FIGURE 2. Full-Range Centigrade  
Temperature Sensor

### Absolute Maximum Ratings (Note 10)

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

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

Lead Temp.:

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

SO Package (Note 12):

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

### Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.3$			$\pm 0.3$		$\pm 1.0$	°C
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		°C
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$		$\pm 1.5$	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b><math>\pm 0.18</math></b>		<b><math>\pm 0.35</math></b>	<b><math>\pm 0.15</math></b>		<b><math>\pm 0.3</math></b>	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b>+10.0</b>	<b>+9.9,</b> <b>+10.1</b>		<b>+10.0</b>		<b>+9.9,</b> <b>+10.1</b>	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b><math>\pm 0.5</math></b>		<b><math>\pm 3.0</math></b>	<b><math>\pm 0.5</math></b>		<b><math>\pm 3.0</math></b>	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	<b><math>\pm 0.02</math></b>		<b><math>\pm 0.1</math></b>	<b><math>\pm 0.02</math></b>		<b><math>\pm 0.1</math></b>	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5V$	<b>105</b>		<b>131</b>	<b>91</b>		<b>114</b>	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30V$	<b>105.5</b>		<b>133</b>	<b>91.5</b>		<b>116</b>	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		$\mu\text{A}$
	$4V \leq V_S \leq 30V$	<b>0.5</b>		<b>2.0</b>	<b>0.5</b>		<b>2.0</b>	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		<b>+0.39</b>		<b>+0.5</b>	<b>+0.39</b>		<b>+0.5</b>	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$ for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			°C

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply:  $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$  for the LM35 and LM35A;  $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$  for the LM35C and LM35CA; and  $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$  for the LM35D.  $V_S = +5V$ ; 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 boldface 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-92 package is  $180^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is  $220^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. Thermal resistance of the TO-202 package is  $65^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

## ANEXO 12

### ESTRUCTURA INTERNA DE UN MICROCONTROLADOR.

