



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TERMÓMETRO
ELECTRÓNICO DIGITAL BASADO EN LA TECNOLOGÍA DE LOS
MICROCONTROLADORES”**

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del título de:
**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN EN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Presentado por:
ABRAHAM EDUARDO COLLANTES MENDOZA

Guayaquil – Ecuador

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, salud y sabiduría para llegar a estas instancias, a mis Padres por su apoyo y aliento incondicional, al Ing. Miguel Yapur Director de Tesis, por impartir sus conocimientos y brindarme su colaboración durante mis años en la ESPOL y principalmente en la realización de este trabajo final.

DEDICATORIA

A Dios por su infinita misericordia, amor y cuidado, a mis padres y hermanos por su amor y apoyo incondicional durante toda mi vida, en especial en los años de estudio con sacrificio y arduo trabajo en la ESPOL.

Abraham Eduardo Collantes Mendoza.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Miguel Yapur

PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN



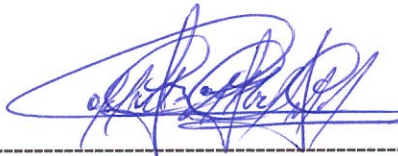
Ing. Carlos Salazar

PROFESOR DELEGADO POR LA UNIDAD ACADÉMICA

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Informe, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Abraham Eduardo Collantes Mendoza', written over a horizontal dashed line.

Abraham Eduardo Collantes Mendoza.

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla el diseño y la construcción de un termómetro electrónico digital, cuya función es medir la temperatura corporal, para lo cual se necesita de un sensor que varíe su resistencia eléctrica en función de la temperatura a la que es sometido; en este caso se usará el sensor LM35.

El sensor entrega una señal analógica, por lo que es necesario un microcontrolador que convierta la señal analógica en señal digital, para así poder visualizarla mediante un display digital.

Además de convertir la señal analógica a digital, el microcontrolador tiene la función de tomar los datos de dos sensores y realizar la diferencia de sus lecturas, para mostrarlos en el mismo display, lo cual puede aplicarse para medir la temperatura en dos partes distintas del cuerpo humano, y a su vez hallar la diferencia de temperaturas.

ÍNDICE GENERAL.

RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	X
CAPÍTULO 1	
1. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS.	
1.1.1 Definición.-	1
1.1.2 Historia.....	2
1.1.3 Escalas de Temperatura.	5
1.1.4 Tipos de Termómetros.	6
1.2 Temperatura Corporal.....	15
1.2.1 Definición.-	15
1.2.2 Temperatura Corporal Normal.....	16
1.2.3 Temperatura Corporal Anormal.....	17
1.2.4 Métodos para medir la Temperatura Corporal.....	18

1.2.5 Factores que afectan la Temperatura Corporal.	21
1.2.6 Aplicación de la toma de la temperatura en dos partes del cuerpo.	23
2.1. Introducción	25
2.2. Diagrama de bloques del circuito del TED.	26
2.3. Componentes del circuito del TED.....	27
2.4. Etapa de Sensado.	28
2.5. Etapa de Procesamiento Digital.....	30
2.6. Etapa de Visualización.....	34
2.7. Alimentación.	35
3.1. Construcción del Prototipo.....	36
3.1.1 Construcción del Circuito Eléctrico.	36
3.1.2. Esquema General del TED.....	42
3.1.3 PCB del circuito.....	43
3.1.4 Prototipo Completo.....	47
4.1. Simulación en Proteus 8.0.	49
4.2. Ensamblado en Protoboard.	49
4.3. Prototipo Final.	51

4.3.1. Mediciones corporales.	51
4.3.1.1 Resultados y análisis.....	52
4.3.2. Mediciones comparativas entre dos gradientes distintos de temperatura.....	56
4.3.2.1 Resultados y análisis.....	56
CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....	58
ANEXO A.....	61
ANEXO B.....	67
BIBLIOGRAFÍA	94

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 TERMÓMETRO DE MERCURIO.....	7
FIGURA 1.2 TERMÓMETRO DE RESISTENCIA.....	7
FIGURA 1.3 TERMÓMETRO DE CONTACTO.....	8
FIGURA 1.4 TERMÓMETRO SIN CONTACTO.....	9
FIGURA 1.5 PIRÓMETRO ÓPTICO.....	10
FIGURA1.6 PIRÓMETRO DE RADIACIÓN TOTAL.....	11
FIGURA1.7 PIRÓMETRO DE INFRARROJOS.....	12
FIGURA1.8 PIRÓMETRO FOTOELÉCTRICO.....	12
FIGURA1.9 TERMÓMETRO DE GAS.....	13
FIGURA1.10 TERMÓMETRO DIGITAL.....	14
FIGURA1.11 TOMA ORAL DE LA TEMPERATURA.....	18
FIGURA1.12 TOMA RECTAL DE LA TEMPERATURA.....	19
FIGURA1.13 TOMA AXIAL DE LA TEMPERATURA.....	20
FIGURA1.14 TOMA EN EL OÍDO DE LA TEMPERATURA.....	20
FIGURA1.15 TOMA EN LA PIEL DE TEMPERATURA.....	21
FIGURA 2.1 ETAPA ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL.....	26
FIGURA 2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL TED.....	26
FIGURA 2.3 SENSOR ML35.....	29
FIGURA 2.4 CRISTAL DE 4MHZ.....	31

FIGURA 2.5 PIC 16F877	32
FIGURA 2.6 DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL PIC16F877.....	33
FIGURA 2.7 LCD YB1602A	34
FIGURA 3.1 SENSOR LM35.....	37
FIGURA 3.2 CONFIGURACIÓN DE SENSOR.	37
FIGURA 3.3 CONFIGURACIÓN DE SENSORES.	38
FIGURA 3.4 DIAGRAMA DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA.....	39
FIGURA 3.5 PROCESAMIENTO DIGITAL.	40
FIGURA 3.6 ENSAMBLADOR PICBASIC PRO.....	40
FIGURA 3.7 IDENTIFICACIÓN DE LOS TERMINALES DEL DISPLAY.....	41
FIGURA 3.8 DIAGRAMA GENERAL DEL TED.	43
FIGURA 3.9 DISEÑO DEL PCB.	44
FIGURA 3.10 PCB IMPRESO.....	44
FIGURA 3.11 DISEÑO E IMPRESIÓN DEL PCB.	45
FIGURA 3.12 ELEMENTOS MONTADOS EN PLACA.	45
FIGURA 3.13 PLACA MONTADA EN EL CHASIS.	46
FIGURA 3.14 PROTOTIPO ENSAMBLADO.	46
FIGURA 3.15 PROTOTIPO LISTO.	47
FIGURA 3.16 PROTOTIPO ENCENDIDO.	47
FIGURA 4.1 SIMULACIÓN EN PROTEUS 8.0.....	49
FIGURA 4.2 PRUEBA FÍSICA EN PROTOBOARD CON UN SENSOR.....	50

FIGURA 4.3 PRUEBA FÍSICA EN PROTOBOARD CON DOS SENSOR.50

FIGURA 4.4 PRUEBA FÍSICA TOMA DE LA TEMPERATURA EN DOS GRADIENTES
DISTINTOS.....56

FIGURA 4.5 PRUEBA FÍSICA DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS $T_1 < T_2$57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. COMPARATIVA DE SENSORES DE TEMPERATURA.....	28
Tabla 2. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PERSONA DE SEXO MASCULINO DE 5 AÑOS DE EDAD.....	52
Tabla 3. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PERSONA DE SEXO FEMENINO DE 10 AÑOS DE EDAD.....	52
Tabla 4. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PERSONA DE SEXO FEMENINO DE 14 AÑOS DE EDAD.....	53
Tabla 5. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PERSONA DE SEXO MASCULINO DE 26 AÑOS DE EDAD.....	54
Tabla 6. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PERSONA DE SEXO MASCULINO DE 43 AÑOS DE EDAD.....	54
Tabla 7. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PERSONA DE SEXO FEMENINO DE 54 AÑOS DE EDAD.....	55

ABREVIATURAS

A/D	Analógico/digital.
BIT	Digito Binario.
CCP	Compression Control Protocol.
DC	Corriente Directa.
E/S	Entrada/Salida.
LCD	Liquid Crystal Display.
PC	Computadora personal.
PCB	Placa de circuito impreso.
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio.
RISC	Computador con conjunto de Instrucciones Reducidas.
TED	Termómetro Electrónico Digital.
TDC	Termómetro Digital Comercial.
TM	Termómetro de Mercurio.

SIMBOLOGÍA

°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
°K	Grados Kelvin
°R	Grados Réaumur
KΩ	Kilo-ohmios
mA	mili-Amperios
mm	milímetros
mV	mili-Voltios
MHz	Mega-Hertz
pF	pico-Faradios
V	Voltios
VDC	Voltios Corriente Directa
VAC	Voltios Corriente Alterna
W	Vatios

INTRODUCCIÓN

El presente documento describe el diseño y construcción de un termómetro electrónico digital (TED), el cual tiene como función medir la temperatura corporal, así como también la temperatura de dos partes del cuerpo humano y visualizar la diferencia entre ellas.

El Capítulo 1 estudia los conceptos básicos y la introducción de la historia del termómetro, la temperatura corporal, las causas que la afectan y los métodos para medirla.

El capítulo 2 estudia el diseño y la construcción de un termómetro electrónico digital (TED), con enfoque en la descripción de los elementos utilizados.

El capítulo 3 analiza la construcción de cada una de las etapas del TED.

El capítulo 4 presenta los resultados, las simulaciones, los prototipos ensamblados en protoboard, y los resultados de la comparativa con un termómetro de mercurio y con un termómetro digital comercial.

CAPÍTULO 1

DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 Termómetro.

1.1.1 Definición.-

En primer lugar se va a determinar el origen etimológico del término “termómetro”. En este sentido podemos establecer que aquel está compuesto de dos vocablos claramente definidos: la palabra griega *thermos*, que se puede traducir como “caliente”, y el término griego *metron*, que es sinónimo de “medida” [1].

Un termómetro es un instrumento que permite medir la temperatura. Los más populares constan de un bulbo de vidrio que incluye un pequeño tubo capilar; éste contiene mercurio (u otro material con

alto coeficiente de dilatación), que se dilata de acuerdo a la temperatura y permite medirla sobre una escala graduada [1].

1.1.2 Historia.

El termoscopio que Galileo Galilei inventó en 1592 está considerado como el antecesor del termómetro. Este dispositivo contaba con una bola de vidrio hueca y un tubo soldado a ella y permitía medir los cambios de temperatura a partir de la contracción o dilatación de una masa de aire.

Al incorporar la graduación numérica al termoscopio, surgió el termómetro. En 1714, Gabriel Fahrenheit creó el mencionado termómetro de mercurio. Este científico también es el creador de la escala termométrica Fahrenheit, que se convirtió en la unidad de temperatura en el sistema anglosajón de unidades. La escala más común, de todas formas, es Celsius, bautizada en honor a Anders Celsius.

El pirómetro, por otra parte, es un termómetro que permite medir la temperatura de una sustancia sin estar en contacto con ella. Se basa en la distribución de la radiación térmica.

No obstante, existen otros muchos tipos de termómetros. Así como, por ejemplo, están los digitales que se han convertido en los más utilizados en los hogares ya que son sencillos, rápidos y no contaminan. Esta última razón se explica por el hecho de que no contienen en su interior mercurio.

De la misma forma, tampoco se debe pasar por alto la existencia de los termómetros clínicos. Éstos pueden ser de dos clases, digitales o de mercurio, y son los que se emplean en los distintos centros de salud para medir la temperatura corporal de los pacientes.

A todos éstos se pueden añadir los termómetros de máximas, que se encargan de registrar las temperaturas máximas; los de mínimas, que hacen lo propio con las temperaturas más bajas; y los diferenciales. Estos últimos se emplean para poder llevar a

cabo la medición de lo que son diferencias pequeñas de temperatura.

También están los termómetros de cocina, que tienen una gran utilidad pues sirven para determinar la temperatura a la que se encuentran determinados alimentos. Ello servirá de ayuda, en muchos casos, a saber si un plato que se ha realizado necesita estar más tiempo en el horno o ya se halla en el punto justo.

Existen otros tipos de termómetros que funcionan a partir de la resistencia eléctrica, de la fuerza electromotriz o de los cambios que experimenta un gas, por ejemplo.

Los termómetros tienen múltiples usos. La amplia variedad de instrumentos tiene su lógica de acuerdo a las distintas utilidades del dispositivo. Hay termómetros que se usan en la producción industrial y que deben soportar temperaturas muy altas. Los clásicos termómetros de mercurio, en cambio, se utilizan para determinar la fiebre [1].

1.1.3 Escalas de Temperatura.

En el mundo la escala más utilizada es la de grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), nombrada Celsius desde 1948 en honor a Anders Celsius (1701-1744). El cero (0°C) grados es el punto de congelación y el punto de ebullición es en los cien (100°C) grados a 1 atmósfera de presión.

Otras escalas termométricas son:

- Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), fue propuesta por Daniel Gabriel Fahrenheit en la revista *Philosophical Transactions* (Londres, 33, 78, 1724). El grado Fahrenheit es la unidad de temperatura en el sistema anglosajón de unidades, utilizado principalmente en Estados Unidos. Su relación con la escala Celsius es:

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 9/5 + 32 ; ^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 5/9. \quad (1.1)$$

- Réaumur ($^{\circ}\text{R}$), actualmente en desuso. Se debe a René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757) Su relación con la escala Celsius es: $0^{\circ}\text{R} = 0^{\circ}\text{C}$ (1.2), $^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{C} \times 4/5$ (1.3), $^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{R} \times 5/4$ (1.4).

- Kelvin (T_K) o *temperatura absoluta*, es la escala de temperatura del Sistema Internacional de Unidades. Aunque la magnitud de una unidad Kelvin ($^{\circ}K$) coincide con un grado Celsius ($^{\circ}C$), el cero absoluto se encuentra a $-273,15^{\circ}C$ y es inalcanzable según el tercer principio de la termodinámica. Su relación con la escala Celsius es: $T_K = ^{\circ}C + 273,15$ (1.5) [2].

1.1.4 Tipos de Termómetros.

Para medir la temperatura existen varios tipos de termómetros, a continuación algunos de los más usados.

Termómetro de Mercurio (líquido).

Los termómetros de mercurio son los más conocidos, y antes los más usados pero debido a su peligrosidad por contener sustancias nocivas se ha cambiado el mercurio por alcohol. Generalmente son de vidrio sellado. La medición de temperatura se observa en una escala incluida en el mismo termómetro cuando el nivel del

líquido (mercurio o alcohol) que hay en su interior se dilata/contrae debido al cambio de temperatura [3].



FIGURA 1.1 Termómetro de mercurio (Líquido) [3].

Termómetro de Resistencia.

La toma de temperatura se basa en un alambre que va ligado a una resistencia eléctrica que cambia en función de la temperatura este alambre es de platino. La toma de temperatura es lenta con este Termómetro, pero preciso. Su uso se da en tomas de temperatura en exteriores [3].

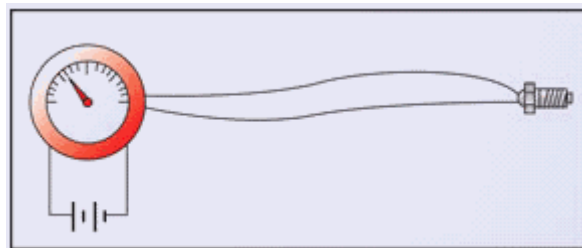


FIGURA 1.2 Termómetro de Resistencia [3].

Termopar (Par Térmico).

Es un termómetro que mide temperatura por medio de una resistencia eléctrica que produce un voltaje el cual varía en función de la temperatura de conexión. La toma de temperatura es de forma rápida, se lo usa en los laboratorios. Un termopar o termocupla es utilizado para medir temperatura basada en la fuerza electromotriz que se genera al calentar la unión de dos metales diferentes [3].

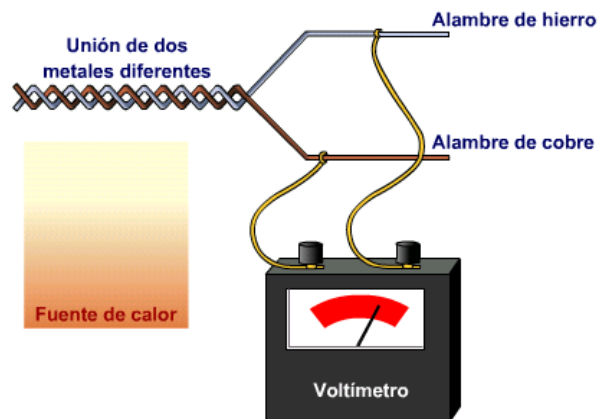


FIGURA 1.3 TERMÓMETRO DE CONTACTO [3].

Pirómetro (Termómetro sin contacto).

Es lo último en medición de temperatura se basa en la radiación de calor que desprenden los objetos. Se llaman también termómetros infrarrojos y se utilizan, para medir temperaturas elevadas, objetos en movimiento o que estén a distancia. La ventaja de este tipo de termómetros es que no se requiere tocar el objeto y se conoce al instante la temperatura en la pantalla. Son utilizados en fundiciones, fábricas de vidrio, hornos para cocción de cerámica etc. Existen varios tipos según su funcionamiento:



FIGURA 1.4 TERMÓMETRO SIN CONTACTO [3].

Pirómetro óptico.

Se basa en la ley de distribución de la radiación térmica, la ley de Wien, según dice, que el color de la radiación varía con la temperatura. El color de la radiación de la superficie a medir se compara con el color emitido por un filamento que se ajusta con un reóstato calibrado. Se utilizan para medir temperaturas elevadas, desde 700 °C hasta 3.200 °C, a las cuales se irradia suficiente energía en el espectro visible para permitir la medición óptica



FIGURA 1.5 PIRÓMETRO ÓPTICO [3].

Pirómetro de radiación total.

Se fundamenta en la ley de Stefan-Boltzmann, la cual cita, “la intensidad de energía emitida por un cuerpo negro es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta”.



FIGURA1.6 PIRÓMETRO DE RADIACIÓN TOTAL [3].

Pirómetro de infrarrojos.

Mediante un sensor fotorresistivo capta la radiación infrarroja, filtrada por una lente, que da lugar a una corriente eléctrica a partir de la cual se calcula la temperatura mediante un circuito electrónico. Pueden medir desde temperaturas inferiores a 0 °C hasta valores superiores a 2.000 °C.



FIGURA1.7 PIRÓMETRO DE INFRARROJOS [3].

Pirómetro fotoeléctrico.

Su funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico, por el cual se liberan electrones de semiconductores cristalinos cuando incide sobre ellos la radiación térmica.



FIGURA1.8 PIRÓMETRO FOTOELÉCTRICO [3].

Termómetro de Gas.

Su funcionamiento se puede dar a volumen constante o a presión constante, debido a su tamaño y precio se utilizan como termómetros patrón en laboratorios con el objetivo de calibrar otros termómetros, ya que son precisos en la medición de temperatura.

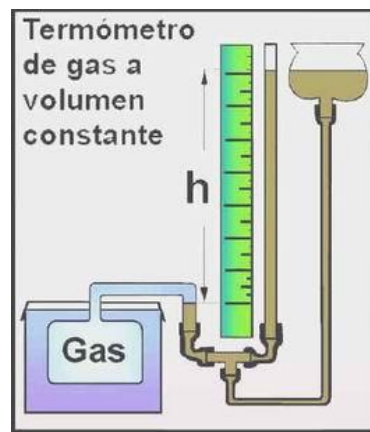


FIGURA 1.9 TERMÓMETRO DE GAS [8].

Termómetro Digital.

Se mide la temperatura mediante un circuito electrónico, luego se envía la información a un microchip que la procesa y la muestra en un display digital. Son comunes para aplicaciones diversas en el hogar, industria, por ser económicos, rápidos, precisos y de fácil uso.



FIGURA1.10 TERMÓMETRO DIGITAL [3].

Termómetros especiales.

En ciertos parámetros la medición demanda de termómetros especiales a continuación se presenta algunos de ellos:

Termómetro de globo.

Es de mercurio y tiene el bulbo dentro de una esfera metal hueca, pintada de negro humo. La esfera absorbe la radiación de objetos del entorno más calientes que el aire y emite radiación hacia los más fríos. Sirve para medir temperatura radiante y se utiliza para comprobar las condiciones de comodidad de las personas.

Termómetro de bulbo húmedo.

Sirve para medir humedad relativa, punto de rocío y tensión de vapor. Se llama de bulbo húmedo porque de su bulbo o depósito parte un pedazo delgado de algodón que lo comunica con un depósito de agua. Este depósito se coloca al lado y más bajo que el bulbo, de forma que por capilaridad está continuamente mojado.

Termómetro de máximas y mínimas.

Se usa para saber la temperatura más alta y más baja del día, es un aparato con dos instrumentos. Existen termómetros individuales de máxima o de mínima para usos especiales de laboratorio [3].

1.2 Temperatura Corporal.**1.2.1 Definición.-**

La temperatura corporal es una medida de la capacidad del cuerpo para generar y liberarse del calor. El cuerpo mantiene muy bien su temperatura dentro de límites reducidos y seguros, a pesar de las grandes variaciones de temperatura en el exterior del cuerpo.

Cuando se tiene demasiado calor, los vasos sanguíneos en la superficie de la piel se expanden (dilatan), para llevar el exceso de calor a la superficie de la piel. Se puede comenzar a sudar y la evaporación del sudor ayuda a mantener fresco el cuerpo. Cuando se tiene demasiado frío, los vasos sanguíneos se estrechan (contraen), de manera que se reduce el flujo de sangre hacia la piel para conservar el calor del cuerpo.

Es posible que se comience a temblar, lo cual es una contracción involuntaria y rápida de los músculos. Esta actividad adicional de los músculos ayuda a generar más calor. Bajo condiciones normales, esto mantiene la temperatura corporal dentro de límites reducidos y seguros.

1.2.2 Temperatura Corporal Normal.

La temperatura promedio normal es 98.6°F (37°C). La temperatura también varía durante el día, siendo usualmente la más baja temprano en la mañana, y subiendo hasta 1 °F (0.6 °C) temprano

en la noche. La temperatura también puede aumentar 1 °F (0.6 °C) o más, si se hace ejercicio en un día caluroso.

La temperatura corporal de una mujer varía típicamente en 1 °F (0.6 °C) o más durante su ciclo menstrual, alcanzando su pico alrededor del momento de la ovulación.

1.2.3 Temperatura Corporal Anormal.

- Temperatura oral, en el oído (timpánica), rectal o de la arteria temporal
 - Fiebre: 100.4°F (38°C) a 103.9°F (39.9°C).
 - Fiebre alta: 104°F (40°C) o más.

- Temperatura en las axilas.
 - Fiebre: 99.4°F (37.4°C) a 102.9°F (39.4°C)
 - Fiebre alta: 103°F (39.5°C) o más

- Temperatura baja.

Una temperatura rectal o en el oído de menos de 97°F (36.1°C) significa una temperatura corporal baja (hipotermia).

1.2.4 Métodos para medir la Temperatura Corporal.

La temperatura corporal se puede medir en muchos lugares del cuerpo. La boca, el oído, la axila y el recto son los lugares más comúnmente utilizados. También puede medirse la temperatura sobre la frente [4].

- **Oral**

Se puede tomar la temperatura en la boca utilizando un termómetro clásico, digital o algo más moderno usando una sonda electrónica.



FIGURA1.11 TOMA ORAL DE LA TEMPERATURA [9].

- **Rectal**

Se toma la temperaturas en el recto (se puede utilizar un termómetro de mercurio o digital), suele ser de 0,5 a 0,7° F más altas que la que se toma en la boca.



FIGURA1.12 TOMA RECTAL DE LA TEMPERATURA [10].

- **Axilar**

Se puede tomar la temperatura debajo del brazo usando un termómetro digital o de mercurio. La temperatura de esta zona suele ser de 0,3 a 0,4°F más baja que la tomada en la boca.



FIGURA1.13 TOMA AXIAL DE LA TEMPERATURA [11].

- **En El Oído**

La temperatura del tímpano se puede medir con un termómetro especial, que toma la temperatura central del cuerpo como la temperatura de los órganos internos.



FIGURA1.14 TOMA EN EL OÍDO DE LA TEMPERATURA [12].

- **Por La Piel.**

Generalmente en la frente se puede medir la temperatura en la piel con un termómetro especial [5].



FIGURA1.15 TOMA EN LA PIEL DE LA TEMPERATURA [13].

1.2.5 Factores que afectan la Temperatura Corporal.

Existen diferentes factores que pueden modificar la temperatura corporal, por lo que es necesario prestar atención al momento de determinar la causa:

- **La edad.**

El recién nacido presenta problemas de regulación de la temperatura debido a su inmadurez, de tal modo que le afectan mucho los cambios externos. En el anciano la temperatura corporal suele estar disminuida (36°C).

- **La hora del día.**

A lo largo de la jornada las variaciones de la temperatura suelen ser inferiores a 1.5 °C. La temperatura máxima del organismo se alcanza entre las 18 y las 22 horas y la mínima entre las 2 y las 4 horas. Este ritmo circadiano es muy constante y se mantiene incluso en los pacientes febriles.

- **Sexo.**

En la segunda mitad del ciclo, desde la ovulación hasta la menstruación, la temperatura se puede elevar entre 0.3-0.5 °C.

- **El ejercicio físico.**

La actividad muscular incrementa transitoriamente la temperatura corporal.

- **El estrés.**

Las emociones intensas como el enojo o la ira activan el sistema nervioso autónomo, pudiendo aumentar la temperatura.

- Los tratamientos farmacológicos.
- Las enfermedades.
- La temperatura ambiente y la ropa que se lleve puesta.
- La ingesta reciente de alimentos calientes o fríos, el haberse fumado un cigarrillo, la aplicación de un enema y la humedad de la axila o su fricción (por el ejemplo al secarla) Pueden afectar el valor de la temperatura oral, rectal y axilar respectivamente, por lo que se ha de esperar unos 15 minutos antes de tomar la constante. Si la axila está húmeda, se procederá a secarla mediante toques [6].

1.2.6 Aplicación de la toma de la temperatura en dos partes del cuerpo.

La aplicación de la toma de temperatura en dos partes del cuerpo se da en el monitoreo de la temperatura bucal y axilar en pacientes tuberculosos pulmonares, según estudios realizados en este tipo de pacientes.

El estudio indica lo inexacto que es tomar la temperatura bucal en esta clase de pacientes, por lo que se debe monitorear al mismo tiempo la temperatura axial del paciente para obtener una temperatura real y precisa [7].

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y ELEMENTOS DEL TED.

2.1. Introducción

Este capítulo se enfoca en el diseño y la construcción del TED, analizando cada etapa, iniciando por la etapa de sensado, procesamiento digital y visualización de resultados.

Para la visualización se deberá convertir la señal analógica a digital para lo cual se utiliza un microcontrolador, que obtiene el sensado de dos temperaturas en tiempo real y resta los datos obtenidos sin necesidad de circuitería adicional.

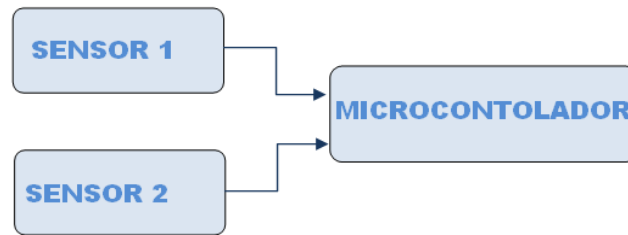


FIGURA 2.1 ETAPA DE ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL

2.2. Diagrama de bloques del circuito del TED.

La figura 2.2 muestra el diagrama de bloques del circuito del TED, está conformado por los siguientes bloques:

- Sensado
- Conversión A/D
- Visualización



FIGURA 2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL TED.

2.3. Componentes del circuito del TED.

Se Procede a describir el funcionamiento y los principios básicos de cada uno de los elementos más relevantes que conforman el circuito.

El termómetro electrónico digital trabaja usando un tipo de sensor sensible a la temperatura; en este caso se usará el sensor LM35, el cual varía su resistencia eléctrica en función de la temperatura a la que es sometido.

El sensor entrega una señal analógica, por lo que es necesario un microcontrolador que convierta la señal analógica en señal digital para así poder visualizarla mediante un display.

Además de convertir la señal analógica a digital, el microcontrolador tiene la función de tomar los datos de dos sensores y realizar la diferencia de sus lecturas, para mostrarlos por medio del display.

2.4. Etapa de Sensado.

Esta etapa se encarga de recoger los valores provenientes del paciente para su posterior procesamiento digital. En la siguiente tabla se compara algunos sensores de temperatura y se visualiza las ventajas del sensor elegido en este caso (LM35) en comparación a otros sensores.

Tabla 1. COMPARATIVA DE SENSORES DE TEMPERATURA.

Sensor	Voltaje de alimentación (V)	Corriente de consumo	Relación voltaje - temperatura	Rango de temperatura (°C)	Costo	Acondicionamiento para el microcontrolador
LM335	2.98	400 μ A – 5 mA	10 mV / °K	1 - 200	\$ 11.00	No
LM35	4 – 30	10 mA	10 mV / °C	-55 150	\$ 22.00	Si
LT1025CN	4 – 36	80 μ A	60.9 μ V / °C	-55 125	\$ 99.00	No
AD590	4 – 30	298.2 μ A	1 μ A / °K	-55 - 150	\$ 221.00	Si

ML35

Sensor de temperatura muy preciso, en el que su tensión de salida depende linealmente de la temperatura en grados centígrados. Este dispositivo no necesita algún tipo de configuración o ajuste externo para brindar una precisión de $\pm 1,4$ °C a temperatura ambiente y de ± 3.4 °C dentro del rango de -55 a 150 °C en el cual opera. La calibración se da al instante de su fabricación. El funcionamiento de este dispositivo es

simple ya que trae muchas ventajas como la baja impedancia, la precisión calibrada de fábrica y la salida lineal.

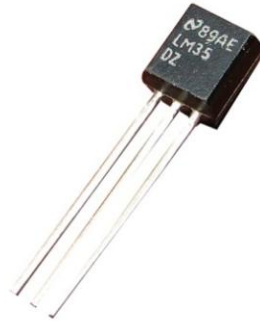


FIGURA 2.3 SENSOR ML35 [14].

Características:

- Su Calibración es directa en grados centígrados.
- Factor de escala lineal de +10mV/ °C.
- 0,5 °C de precisión a 25 °C, $\pm 1,4$ °C a temperatura ambiente y de ± 3.4 °C dentro del rango de -55 a 150 °C en el cual opera.
- Su rango de operación es: -55 °C a +155 °C
- Muy usado en aplicaciones remotas.
- Su alimentación de funcionamiento se encuentra de 4V a 30V.

- Consume menos de 60 μ A.
- Posee bajo auto-calentamiento (0,08 °C en aire estático).
- Presenta baja impedancia de salida, 0,1W para cargas de 1mA.
- Es de bajo costo.

2.5. Etapa de Procesamiento Digital.

Esta etapa consta de un microcontrolador que es un elemento electrónico básicamente formado por un procesador, bancos de memoria, interfaces de entrada y salida.

El microcontrolador es el encargado de procesar las señales analógicas provenientes de los sensores a señal digital para su visualización en el display.

Además facilita la obtención de datos de dos sensores simultáneamente y resta sus valores para luego mostrar la diferencia en el display.

Cristal de 4MHz

El cristal de cuarzo determina la frecuencia del circuito y estabiliza la señal para poder visualizarla, funciona como un oscilador estable en los circuitos electrónicos, transmitiendo una frecuencia del mismo valor.



FIGURA 2.4 CRISTAL DE 4MHZ.

Características:

- Su presentación es de cuarzo con encapsulado metálico.
- Su frecuencia de oscilación 4MHz.

PIC 16F877A

Microcontrolador de tipo RISC fabricado por Microchip technology inc. Es un circuito integrado programable mediante una PC, consta con varias

funciones, para este caso se resalta la de conversor A/D, operaciones matemáticas con datos obtenidos mediante su programación y la facilidad para mostrar datos en dispositivos visuales.



FIGURA 2.5 PIC 16F877.

Características:

Las características más importantes son:

- Cuenta con amplia memoria para programa y datos.
- Cuenta con memoria FLASH reprogramable de 14 bits, ya que se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la F en el modelo).
- Cuenta con las instrucciones necesarias para facilitar su manejo, ya que presenta Set de instrucciones reducidas (tipo RISC).
- Soporta modo de comunicación serial, posee dos pines para ello.
- Su frecuencia máxima es de 20MHz.
- Cuenta con 368 posiciones RAM de datos.
- Cuenta con 256 posiciones EEPROM de datos.

- Cuenta con 14 interruptores.
- Cuenta con 3 Timers.
- Cuenta con 2 módulos CCP.
- Presenta 40 pines.
- Presenta puertos E/S A, B, C, D.
- Tiene 35 juegos de instrucciones.
- La longitud de instrucción es de 14bits.

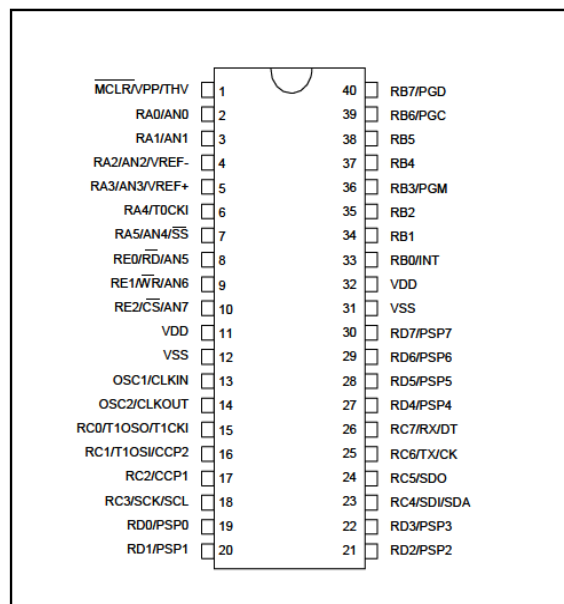


FIGURA 2.6 DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL PIC16F877 [15].

2.6. Etapa de Visualización.

Para la visualización de los datos obtenidos de los sensores, se necesita un dispositivo gráfico el cual debe tener compatibilidad con el microprocesador para su manejo directo, en este caso se eligió un display, para mostrar los datos sensados.

Display LCD de 16x2.

Es una pantalla delgada de cristal líquido que nos permite visualizar los datos obtenidos del sensor luego de su conversión en datos digitales.

Cuenta 16 pines para su configuración.

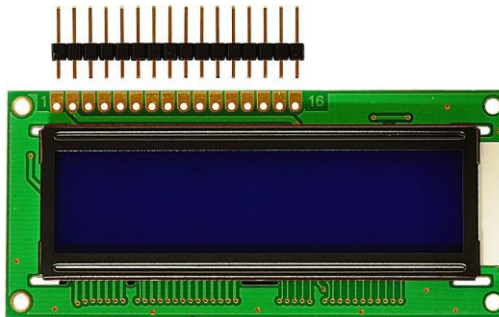


FIGURA 2.7 LCD YB1602A.

Características.

Las principales son:

- Su Tamaño es: 84x44x14mm.
- EL Color de presentación es: Azul.
- Cuenta con 16 x 2 líneas, número de Caracteres (62x18mm).
- Voltaje de operación: 5V DC.

2.7. Alimentación.

Para la alimentación del circuito se usará un adaptador de corriente 115VAC a 5VDC ya que la mayoría de los elementos operan en este rango, en especial el display que trabaja con 5VDC y el microcontrolador que tiene un voltaje de operación de hasta 5.5VDC.

CAPÍTULO 3

CONSTRUCCIÓN DEL TED.

3.1. Construcción del Prototipo.

En este capítulo se describe la construcción de cada una de las partes del prototipo como el circuito eléctrico, el circuito Impreso y el montaje en el chasis.

3.1.1 Construcción del Circuito Eléctrico.

El prototipo está formado de diferentes etapas con funciones específicas, estas están construidas por elementos electrónicos y de programación, a continuación se detalla los elementos que lo integran dando a conocer sus funciones y estructuras para su desempeño.

El sensor LM35 está construido para trabajar en un rango de temperatura, donde la escala requerida para la medición es cubierta en su totalidad, por lo tanto no son necesarios elementos externos para su funcionamiento, necesitando únicamente una fuente de alimentación, en este caso se coloca un pequeño filtro por seguridad, formado por el paralelo de una resistencia de $10K\Omega$ y un capacitor de $120p$ para cada sensor.

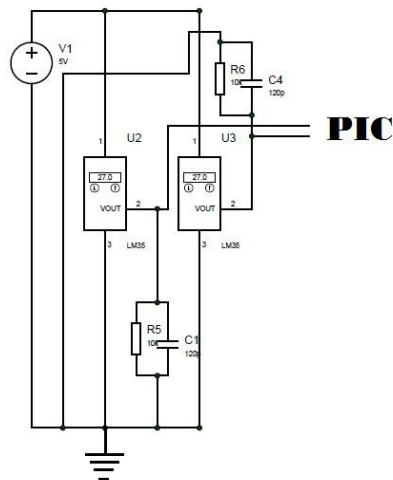


FIGURA 3.3 CONFIGURACIÓN DE SENSORES.

La medición de la Temperatura corporal es directa como se muestra en la figura 3.4, dada por tres fases: la medición de la temperatura del paciente, el procesamiento de los datos en el

microcontrolador y el despliegue de la información mostrado en el display.

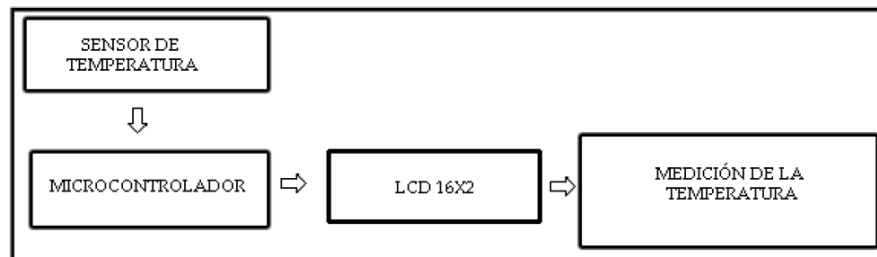


FIGURA 3.4 DIAGRAMA DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA.

Los datos recolectados por el sensor LM35 son enviados a un convertidor analógico digital de 10 bits, anclado a un rango de voltaje de 0 a 5 V.

Diseño y Construcción de la etapa de procesamiento digital.

El procesamiento digital se lleva a cabo por el microcontrolador PIC16F877A, este es el encargado de controlar las diferentes etapas de la medición, el muestreo de los datos entregados de los sensores al convertidor analógico digital, así como la diferencia entre las temperaturas tomadas de los sensores, la interpretación de los voltajes y la visualización de los datos en el display para ello, la programación es muy importante, la cual se realizó en el compilador PICBASIC PRO.

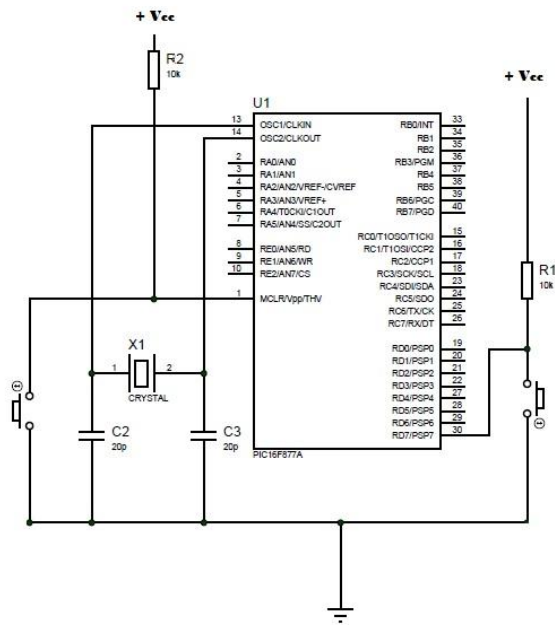


FIGURA 3.5 PROCESAMIENTO DIGITAL.

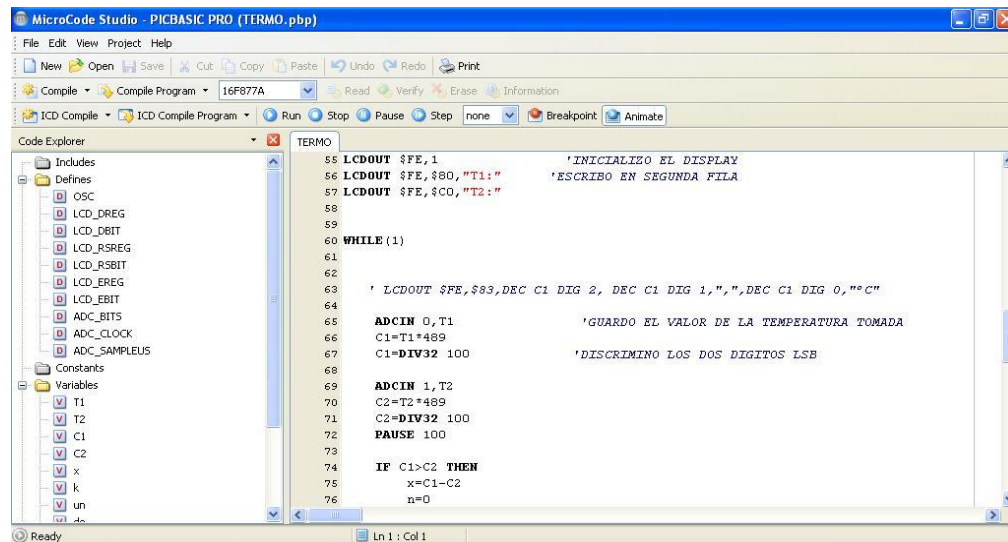


FIGURA 3.6 ENSAMBLADOR PICBASIC PRO.

Diseño y Construcción de la etapa de visualización.

Para la visualización de la medición de la temperatura se requiere de un elemento gráfico, en este caso se selecciona un display de cristal líquido.

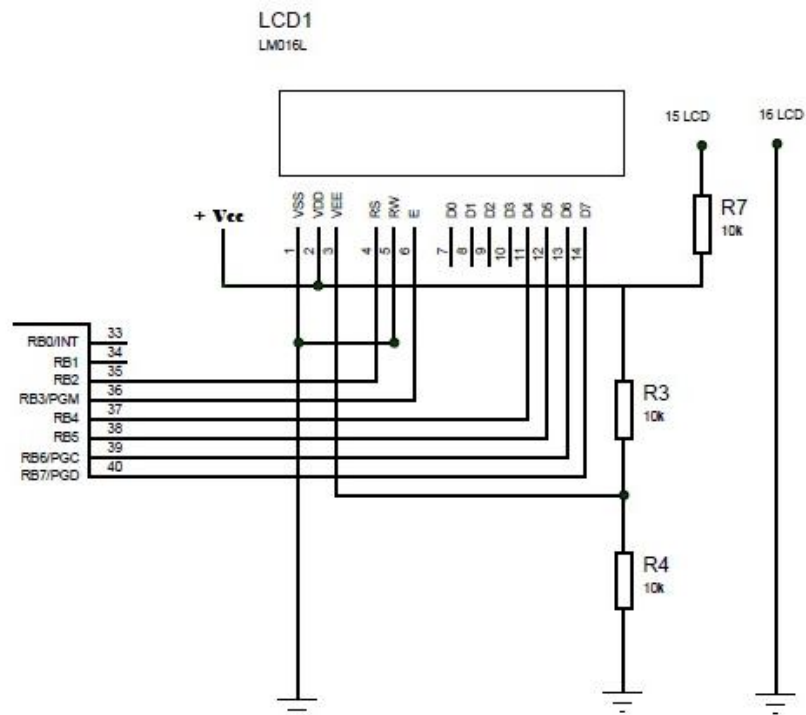


FIGURA 3.7 IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES DEL DISPLAY.

El display cuenta con los terminales 1 y 2 para la alimentación de su correcto funcionamiento, el terminal 3 para el ajuste del

contraste, donde se ha fijado un contraste óptimo mediante el arreglo con resistencias de $10k\Omega$, el terminal 5 permite leer o escribir y al ser conectado a tierra (0V) queda habilitado para escritura, los terminales 4, 6, 11, 12, 13, 14 son conectados al microcontrolador para la transferencia de información que se muestra en la pantalla, los terminales 15 y 16 es la fuente de alimentación de retroiluminación LED.

Alimentación del equipo

Para la alimentación del circuito se utilizó un adaptador de voltaje debido a que proporciona el voltaje deseado de +5 VDC, el cual es necesario para el buen funcionamiento del sistema, ya que todos los elementos que componen el circuito trabajan correctamente con este voltaje, evitando así daños por sobrecarga.

3.1.2. Esquema General del TED.

En el siguiente esquema se presenta todas las etapas del circuito, para su posterior diseño de placa y montaje de elementos.

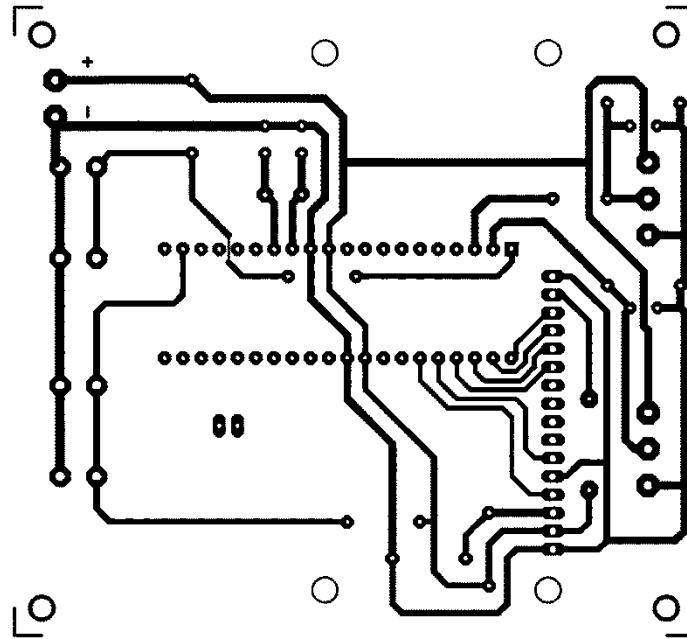


FIGURA 3.9 DISEÑO DEL PCB.

A continuación se presenta el PCB listo y los elementos montados en el circuito impreso.

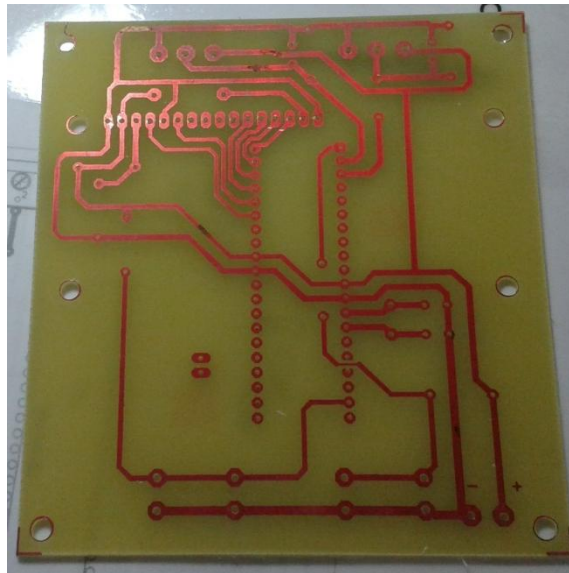


FIGURA 3.10 PCB IMPRESO.

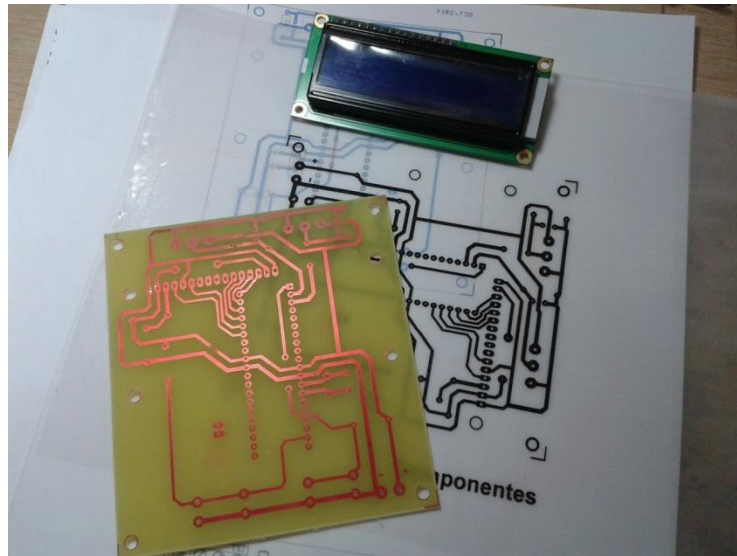


FIGURA 3.11 DISEÑO E IMPRESIÓN DEL PCB.

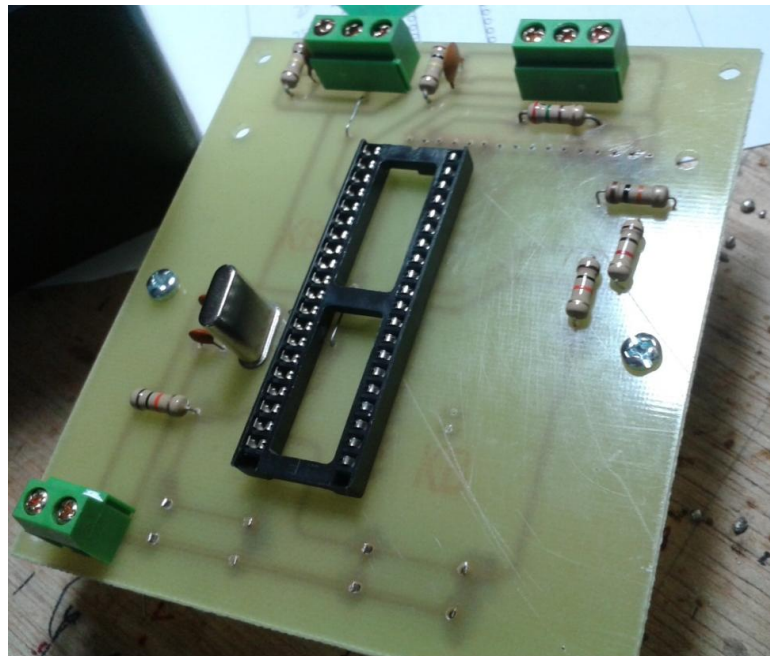


FIGURA 3.12 ELEMENTOS MONTADOS EN PLACA.

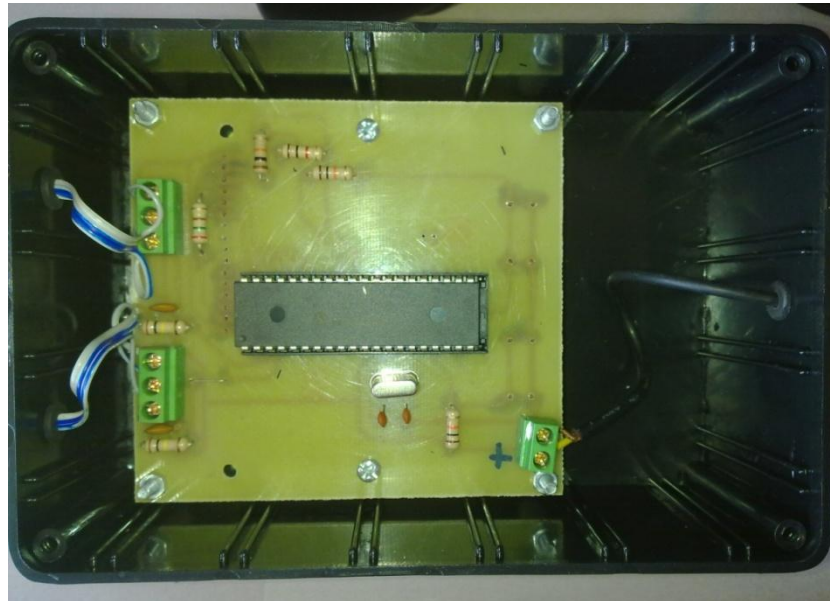


FIGURA 3.13 PLACA MONTADA EN EL CHASIS.

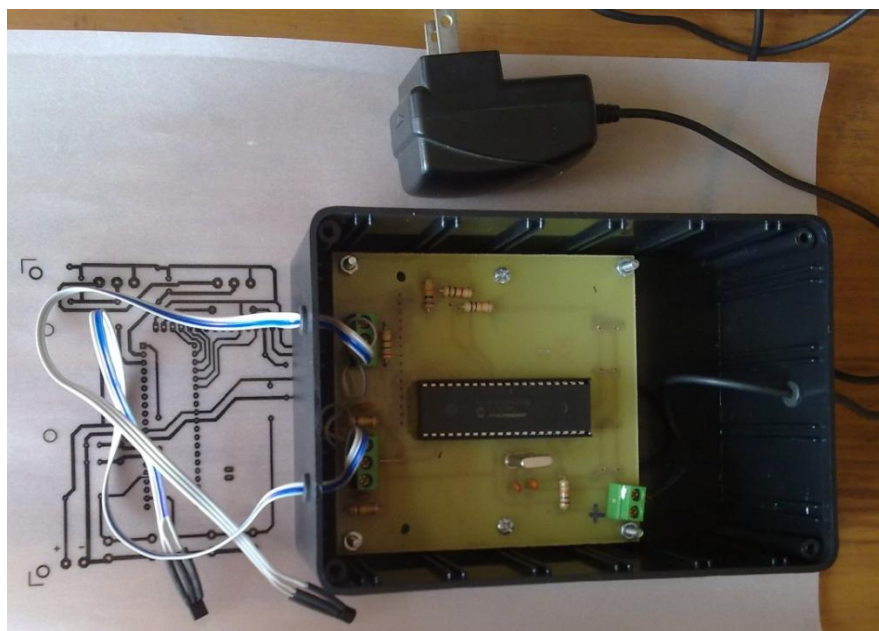


FIGURA 3.14 PROTOTIPO ENSAMBLADO.

3.1.4 Prototipo Completo.

A continuación se presenta el equipo completo, es decir, el prototipo armado y listo para su uso.

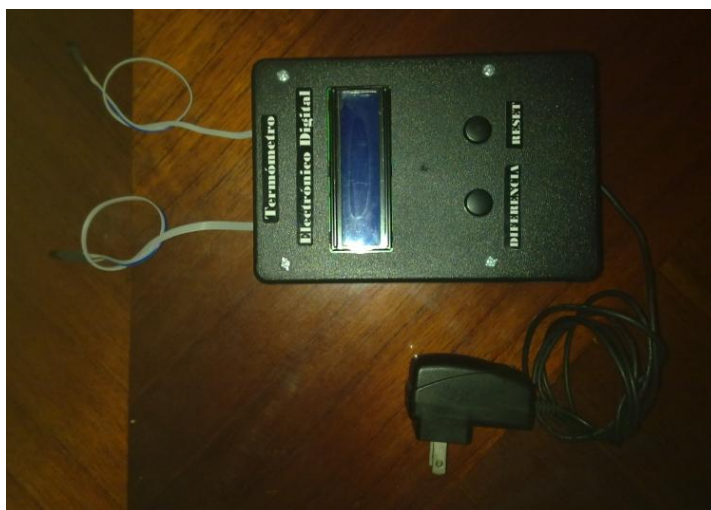


FIGURA 3.15 PROTOTIPO LISTO.

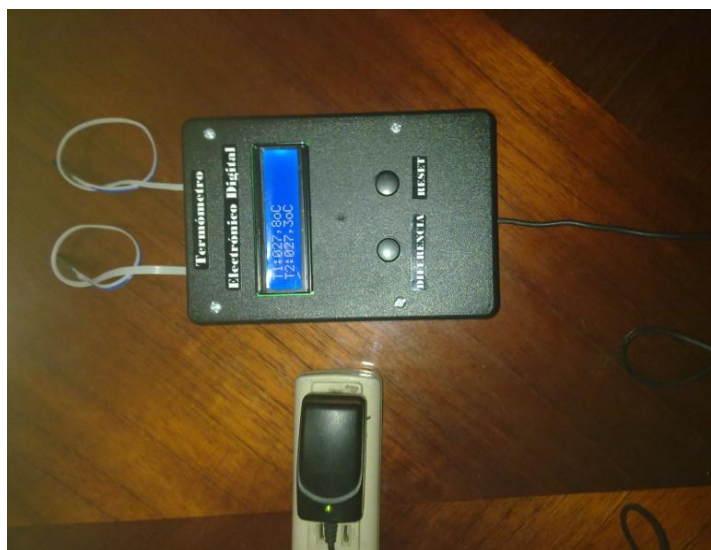


FIGURA 3.16 PROTOTIPO ENCENDIDO.

CAPÍTULO 4

GRÁFICAS Y RESULTADOS.

En este capítulo se presentan las pruebas realizadas y los resultados obtenidos del prototipo, para comprobar su fiabilidad con respecto a su funcionamiento.

Se inician las pruebas con la simulación del prototipo en sus diferentes etapas con la finalidad de observar el comportamiento ideal del circuito eléctrico; luego se procede a realizar una prueba del circuito en protoboard con un sensor, y enseguida con los dos sensores de temperatura, para al final obtener el circuito funcionando correctamente antes de ensamblarlo; y por último, las pruebas físicas del prototipo ensamblado y listo para su uso.

4.1. Simulación en Proteus 8.0.

Se presenta la simulación realizada en el programa Proteus 8.0 donde se simula todas las etapas del circuito con la finalidad de observar su funcionamiento ideal, además se verifica con claridad el perfecto funcionamiento de la programación del PIC.

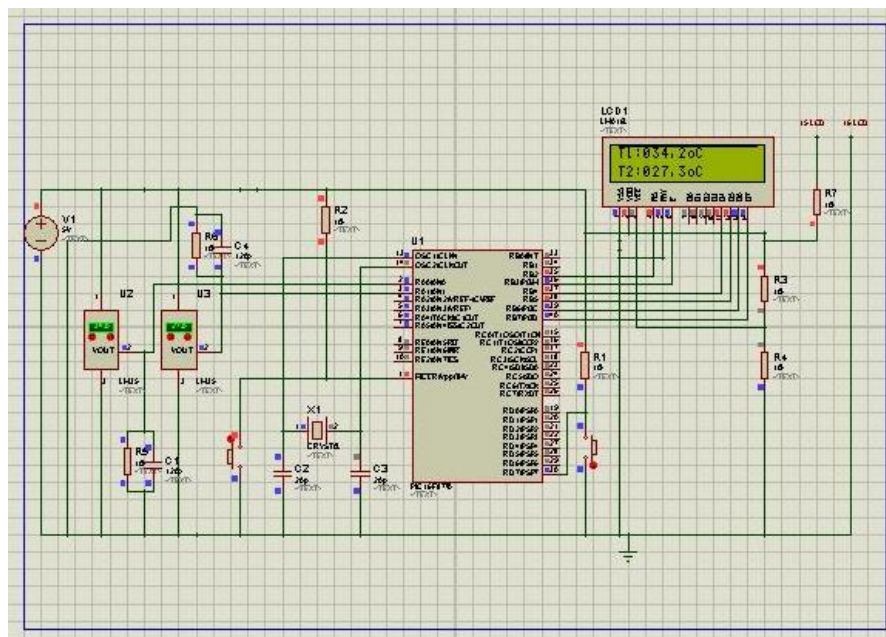


FIGURA 4.1 SIMULACIÓN EN PROTEUS 8.0.

4.2. Ensamblado en Protoboard.

Una vez realizada la simulación en Proteus, se procede a ensamblar el circuito en un protoboard para verificar su funcionamiento en forma

física, primero con un solo sensor luego con los dos sensores como se muestra en las figuras a continuación.

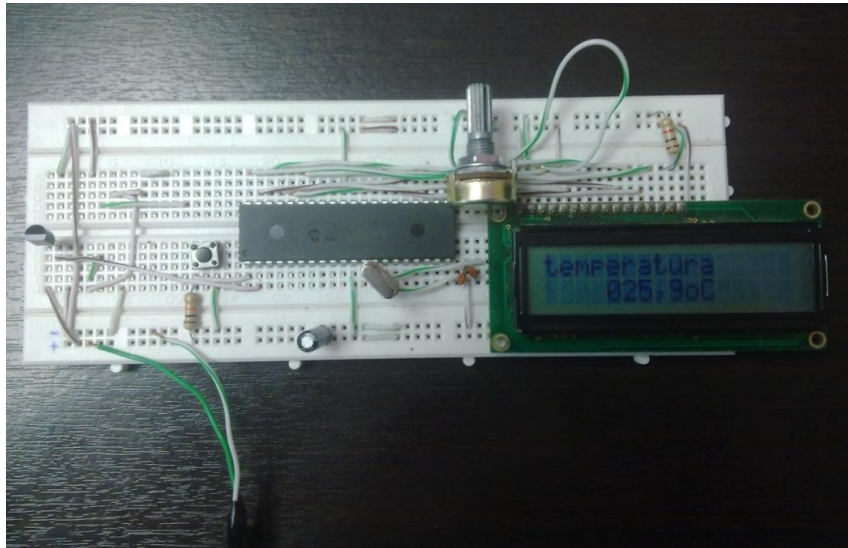


FIGURA 4.2 PRUEBA FÍSICA EN PROTOBOARD CON UN SENSOR.

La prueba del prototipo con un solo sensor ensamblado en protoboard, permite observar el funcionamiento real del sensor, y verificar el trabajo general del circuito.

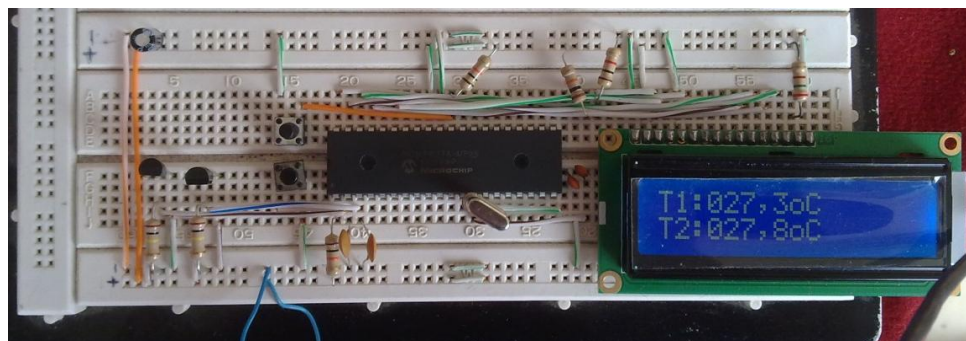


FIGURA 4.3 PRUEBA FÍSICA EN PROTOBOARD CON DOS SENSOR.

EL ensamble del prototipo con dos sensores permitie definir el funcionamiento correcto de cada elemento y etapa del circuito, definir el contraste del display, para proceder al ensamble en la tarjeta PCB.

4.3. Prototipo Final.

Las pruebas del prototipo listo se basan en la medición de la temperatura corporal utilizando el TED, así como la medición de dos ambientes con temperaturas distintas y el correcto funcionamiento del prototipo, al mostrar las temperaturas medidas y la diferencia en el display.

4.3.1. Mediciones corporales.

En las siguientes tablas se presentan las pruebas registradas al comparar el TED con un termómetro de mercurio (TM) y un termómetro digital comercial (TDC); los datos de las tablas, son el resultado de múltiples pruebas tomadas de forma axial, en varias personas de edades y sexo diferentes.

4.3.1.1 Resultados y análisis.

Datos medidos en una persona de sexo masculino de 5 años de edad.

Tabla 2. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PERSONA DE SEXO MASCULINO DE 5 AÑOS DE EDAD.

Medición de Temperatura en °C		
TED	TDC	TM
36,1	36,2	36,2
35,6	36,2	35,7
36,2	36,5	36,1
36,6	36,6	36,5
35,6	36,4	35,7

Datos medidos en una persona de sexo femenino de 10 años de edad.

Tabla 3. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PERSONA DE SEXO FEMENINO DE 10 AÑOS DE EDAD.

Medición de Temperatura en °C		
TED	TDC	TM
35,6	35,9	36,1
36,1	36,6	36,0

36,1	35,7	36,1
36,6	36,6	36,5
36,1	36,4	36,4

Datos medidos en una persona de sexo femenino de 14 años de edad.

Tabla 4. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PERSONA DE SEXO FEMENINO DE 14 AÑOS DE EDAD.

Medición de Temperatura en °C		
TED	TDC	TM
37,1	37,1	36,9
37,1	36,6	36,8
36,6	36,8	36,9
37,1	36,8	36,9
37,1	36,8	36,8

Datos medidos en una persona de sexo masculino de 26 años de edad.

Tabla 5. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PERSONA DE SEXO MASCULINO DE 26 AÑOS DE EDAD.

Medición de Temperatura en °C		
TED	TDC	TM
35,6	36,2	35,7
36,1	36,2	36,2
35,6	36,4	35,7
36,1	36,6	36,1
36,6	36,6	36,5

Datos medidos en una persona de sexo masculino de 43 años de edad.

Tabla 6. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PERSONA DE SEXO MASCULINO DE 43 AÑOS DE EDAD.

Medición de Temperatura en °C		
TED	TDC	TM
36,1	35,5	36,1
36,1	35,9	36,1
36,1	36,1	35,9
36,6	36,2	36,4
36,6	36,4	36,3

Datos medidos en una persona de sexo femenino de 54 años de edad.

Tabla 7. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PERSONA DE SEXO FEMENINO DE 54 AÑOS DE EDAD.

Medición de Temperatura en °C		
TED	TDC	TM
35,2	34,8	35,2
35,6	35,4	35,7
35,2	35,4	35,1
35,6	35,5	35,7
35,2	36,1	35,6

Como se aprecian los datos de las tablas, los resultados del TED son óptimos ya que en relación al termómetro de mercurio en la mayoría de los casos la diferencia es de 0.1 °C, y en relación al TDC tienen una diferencia entre 0.1 a 0.8 °C, demostrando que existe un menor error con relación al termómetro más confiable como es el termómetro de mercurio. Con esto se prueba la confiabilidad en la toma de la temperatura corporal.

4.3.2. Mediciones comparativas entre dos gradientes distintos de temperatura.

Esta prueba consiste en tomar la temperatura de dos ambientes distintos en el mismo instante, para obtener la diferencia de los datos obtenidos.

4.3.2.1 Resultados y análisis.



FIGURA 4.4 PRUEBA FÍSICA DE LA TOMA DE TEMPERATURA EN DOS GRADIENTES DISTINTOS.

Como se puede observar en la figura 4.4 se muestra la temperatura del congelador, y al mismo tiempo la temperatura

en el exterior del congelador, en este caso el termómetro 1 está en el interior del congelador siendo de temperatura más baja o de temperatura menor que el termómetro 2 que se encuentra en el exterior del congelador, en la figura se observa la diferencia entre las dos temperaturas.



FIGURA 4.5 PRUEBA FÍSICA DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURAS $T1 < T2$.

En la figura 4.5 se observa la diferencia entre las dos temperaturas, indicando en el display que $T1 < T2$ debido a que la temperatura en el interior del congelador es menor que al exterior, demostrando así el correcto funcionamiento del TED en la toma de temperaturas de dos gradientes distintos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Con la realización de este proyecto, se concluye lo siguiente:

1. EL TED es un instrumento fácil de usar por cualquier persona sin necesidad de tener conocimientos profundos de electrónica o medicina por la simplicidad de su estructura y funcionamiento.
2. Para la medición de la temperatura corporal se encuentra apropiado el sensor LM35 por su rápida respuesta y su sensibilidad debido a su confirmación durante las pruebas realizadas, acoplándose a lo requerido desde el inicio de las pruebas.

3. El microcontrolador es una pieza esencial ya que no solo facilita una circuitería sencilla para la construcción del TED, como también brinda soluciones para adaptar nuevas aplicaciones mediante su programación, como realizar la diferencia de dos gradientes distintos de temperatura y mostrarlo en el display en tiempo real.

4. EL prototipo se realizó con elementos de fácil acceso en el mercado local y relativamente económicos, que permite su construcción y uso sin hacer uso de una gran inversión económica.

5. Se lo puede usar tanto en medicina como en cualquier aplicación industrial.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda trabajar con una alimentación fija dentro del rango de operación debido a la sensibilidad de los elementos ya que una sobre carga podría quemarlos.
2. El uso del PIC en este proyecto es de gran importancia, se recomienda chequear la programación ya que básicamente de ello depende el buen funcionamiento del TED.
3. EL correcto funcionamiento del circuito depende de algunos factores entre ellos la calidad de los elementos, el aislamiento de los mismos, así como la sensibilidad del sensor. Por lo que se recomienda elegir elementos de buena calidad, como también ser cuidadoso en el trato con los sensores.

ANEXO A
CODIGO DEL MICROCONTROLADOR.

```
define OSC 4

DEFINE LCD_DREG PORTB

DEFINE LCD_DBIT 4      'rb4, rb5, rb6, rb7 manejan datos al LCD

DEFINE LCD_RSREG PORTB

DEFINE LCD_RSBIT 2     ' rb2 es el bit RS

DEFINE LCD_EREG PORTB

DEFINE LCD_EBIT 3      ' RB3 ES EL BIT E

DEFINE ADC_BITS 10     'FIJO EL NUMERO DE BITS DEL RESULTADO
DE LA CONVERSION

DEFINE ADC_CLOCK 3     'FIJO EL RELOJ DE LA CONVERSION A 3

DEFINE ADC_SAMPLEUS 100 'FIJO EL TIEMPO DE MUESTREO EN 50us

TRISA=3                'QUEDA COMO ENTRADA EL PUERTO RA0 y RA1

'ADCON0=%11000001     'TRABAJA LA ENTRADA RA0

ADCON0=%11001001      'TRABAJA LA ENTRADA RA1

ADCON1=%10000100      'EL PUERTO A ES CONVERSION, LOS DEMAS
SON DIGITALES

T1 VAR WORD
```

T2 VAR WORD

C1 VAR WORD

C2 VAR WORD

x var word 'muestro la diferencia de temperaturas

k var byte

un var byte

de var byte

ce var byte

mi var byte

n var byte

PORTB=0

T1=0

T2=0

C1=0

C2=0

un=0

de=0

ce=0

mi=0

n=0

```

PAUSE 200          'TIEMPO PARA QUE ARRANQUE EL DISPLAY
LCDOUT $FE,1      'INICIALIZO EL DISPLAY
LCDOUT $FE,$80,"T1:" 'ESCRIBO EN SEGUNDA FILA
LCDOUT $FE,$C0,"T2:"
while(1)
    ' LCDOUT $FE,$83,DEC C1 DIG 2, DEC C1 DIG 1,"",DEC C1 DIG 0,"°C"
    ADCIN 0,T1          'GUARDO EL VALOR DE LA TEMPERATURA
TOMADA
    C1=T1*489
    C1=DIV32 100      'DISCRIMINO LOS DOS DIGITOS LSB
    ADCIN 1,T2
    C2=T2*489
    C2=DIV32 100
    PAUSE 100
    if c1>c2 then
        x=c1-c2
        n=0
    else
        x=c2-c1
        n=1

```

```
endif
un= x dig 0
de= x dig 1
ce= x dig 2
mi= x dig 3
trisd.7=1
while(portd.7==0)
    pause 200
    lcdout $fe,1
    lcdout $fe,$80,"Diferencia Temp:"

    if n==0 then
        lcdout $fe,$c0,"T1>T2:"
    else
        lcdout $fe,$c0,"T1<T2:"
    endif
endif
LCDOUT $fe,$c6,dec mi, dec ce, dec de, ",",dec un,"oC"
for k=0 to 5
    pause 500
next
```

```
wend

trisd.7=0

x=x

LCDOUT $FE,1          'INICIALIZO EL DISPLAY

LCDOUT $FE,$80,"T1:"  'ESCRIBO EN SEGUNDA FILA

LCDOUT $FE,$C0,"T2:"

' LCDOUT $FE,$C3,DEC C1 DIG 3,DEC C1 DIG 2,DEC C1 DIG 1,",",DEC C1
DIG 0,"oC"

LCDOUT $FE,$83,DEC C1 DIG 3,DEC C1 DIG 2,DEC C1 DIG 1,",",DEC C1
DIG 0,"oC"

LCDOUT $FE,$c3,DEC C2 DIG 3,DEC C2 DIG 2,DEC C2 DIG 1,",",DEC C2
DIG 0,"oC" for k=0 to 5

    pause 110

next

wend

END
```

ANEXO B

Hojas de Datos de los principales elementos del circuito.

ANEXO B

Hojas de Datos de los principales elementos del circuito.



PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

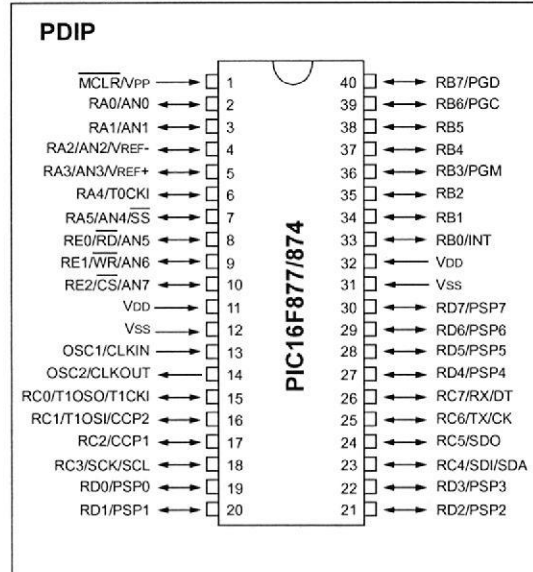
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F876
- PIC16F874
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature
ranges
- Low-power consumption:
 - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram

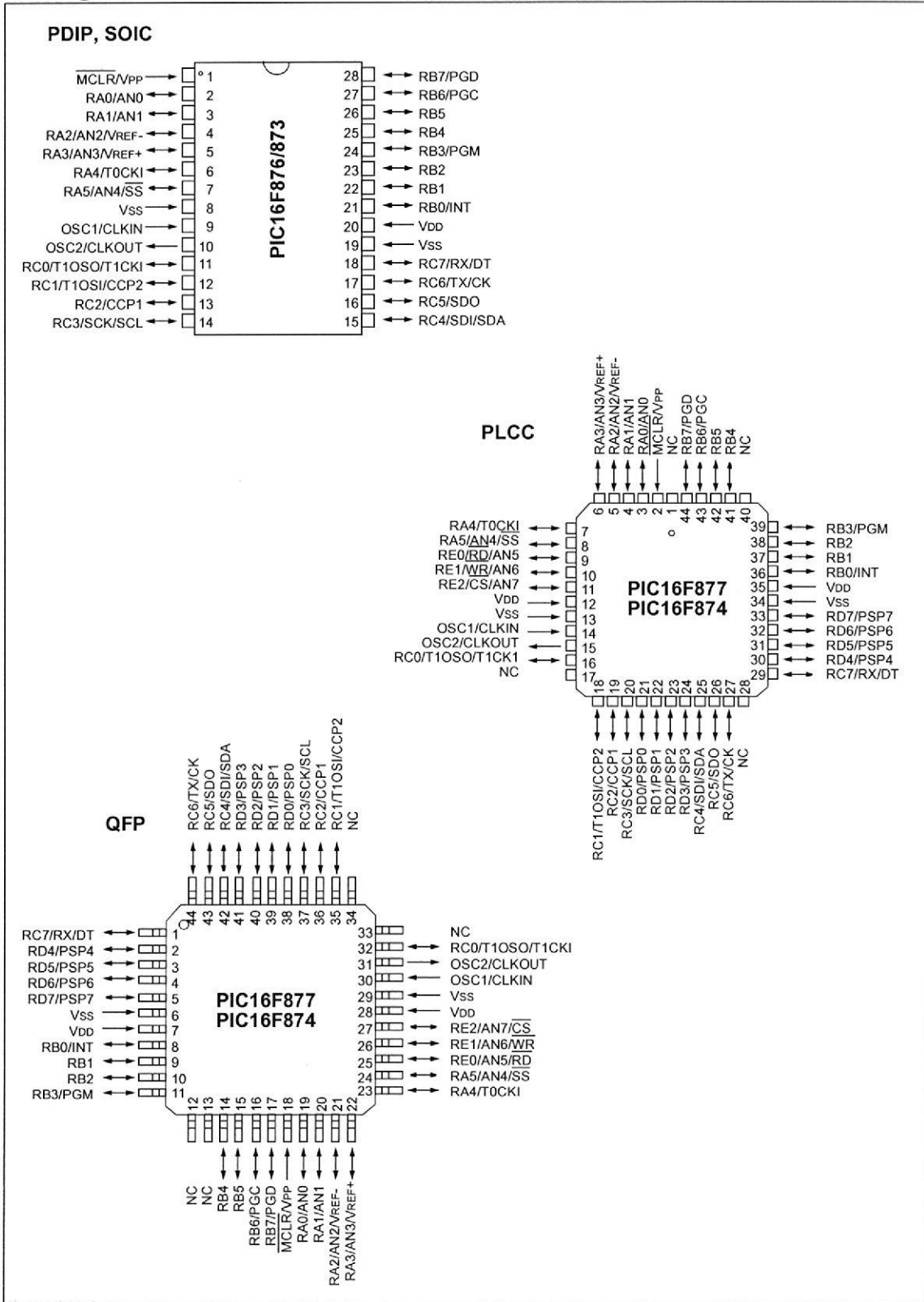


Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during SLEEP via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI (Master
mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

PIC16F87X

Pin Diagrams

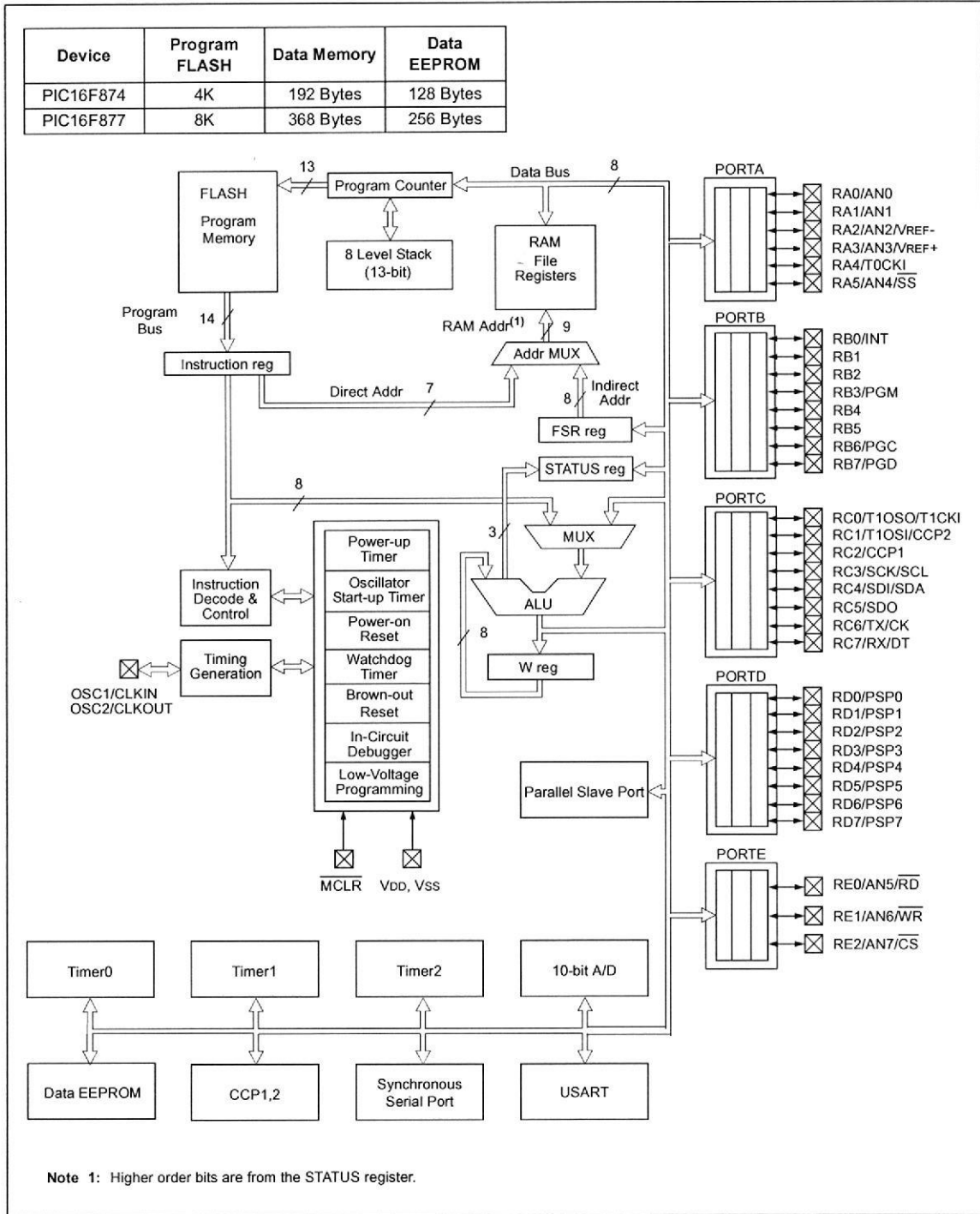


PIC16F87X

Key Features PIC® MCU Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

PIC16F87X

FIGURE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 BLOCK DIAGRAM



PIC16F87X

TABLE 1-1: PIC16F873 AND PIC16F876 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	SOIC Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	9	9	I	ST/CMOS ⁽³⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	10	10	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, the OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP	1	1	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0/AN0	2	2	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. RA0 can also be analog input0. RA1 can also be analog input1. RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage. RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage. RA4 can also be the clock input to the Timer0 module. Output is open drain type. RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
RA1/AN1	3	3	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	4	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	5	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	6	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	7	I/O	TTL	
RB0/INT	21	21	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0 can also be the external interrupt pin. RB3 can also be the low voltage programming input. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
RB1	22	22	I/O	TTL	
RB2	23	23	I/O	TTL	
RB3/PGM	24	24	I/O	TTL	
RB4	25	25	I/O	TTL	
RB5	26	26	I/O	TTL	
RB6/PGC	27	27	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	28	28	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RC0/T1OSO/T1CKI	11	11	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or Timer1 clock input. RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output. RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output. RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I ² C modes. RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I ² C mode). RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode). RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock. RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
RC1/T1OSI/CCP2	12	12	I/O	ST	
RC2/CCP1	13	13	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	14	14	I/O	ST	
RC4/SDI/SDA	15	15	I/O	ST	
RC5/SDO	16	16	I/O	ST	
RC6/TX/CK	17	17	I/O	ST	
RC7/RX/DT	18	18	I/O	ST	
VSS	8, 19	8, 19	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	20	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87X

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP	1	2	18	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	<p>PORTA is a bi-directional I/O port.</p> <p>RA0 can also be analog input0.</p> <p>RA1 can also be analog input1.</p> <p>RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage.</p> <p>RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage.</p> <p>RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type.</p> <p>RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.</p>
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	<p>PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.</p> <p>RB0 can also be the external interrupt pin.</p> <p>RB3 can also be the low voltage programming input.</p> <p>Interrupt-on-change pin.</p> <p>Interrupt-on-change pin.</p> <p>Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.</p> <p>Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.</p>
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
Note 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87X

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	<p>PORTC is a bi-directional I/O port.</p> <p>RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input.</p> <p>RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.</p> <p>RC2 can also be the Capture1 input/ Compare1 output/PWM1 output.</p> <p>RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I²C modes.</p> <p>RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I²C mode).</p> <p>RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).</p> <p>RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.</p> <p>RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.</p>
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	<p>PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.</p>
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE0/RD $\overline{}$ /AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	<p>PORTE is a bi-directional I/O port.</p> <p>RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5.</p> <p>RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6.</p> <p>RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.</p>
RE1/W \overline{R} /AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE2/CS $\overline{}$ /AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
VSS	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28,40	12,13,33,34		—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

16.0 DC AND AC CHARACTERISTICS GRAPHS AND TABLES

The graphs and tables provided in this section are for **design guidance** and are **not tested**.

In some graphs or tables, the data presented is **outside specified operating range** (i.e., outside specified V_{DD} range). This is for **information only** and devices are ensured to operate properly only within the specified range.

The data presented in this section is a **statistical summary** of data collected on units from different lots over a period of time and matrix samples. 'Typical' represents the mean of the distribution at 25°C. 'max' or 'min' represents (mean + 3σ) or (mean - 3σ) respectively, where σ is standard deviation, over the whole temperature range.

FIGURE 16-1: TYPICAL I_{DD} vs. F_{OSC} OVER V_{DD} (HS MODE)

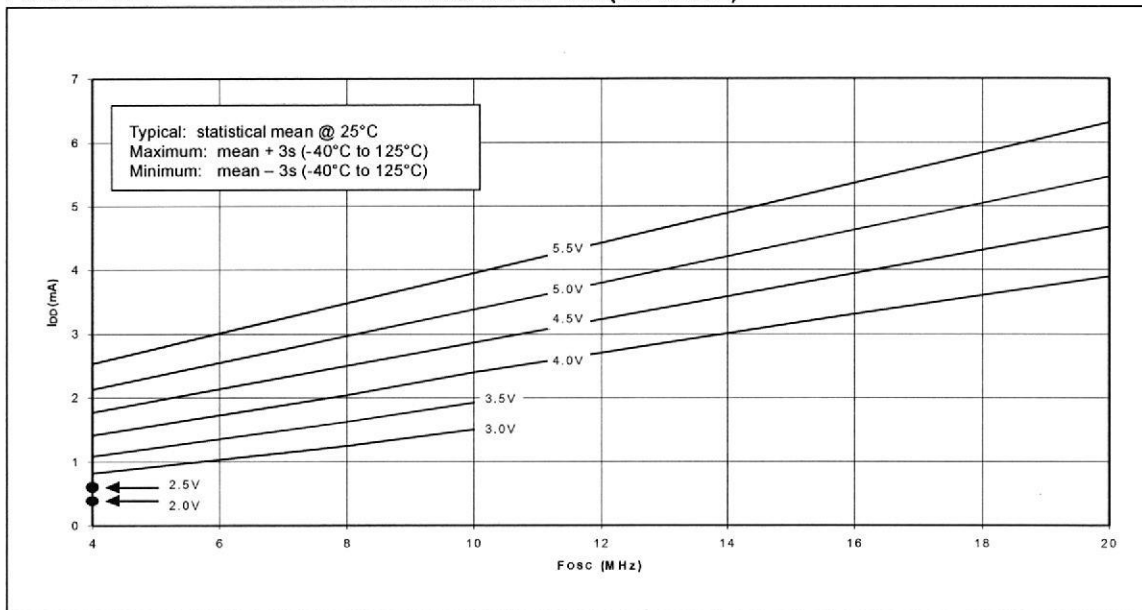
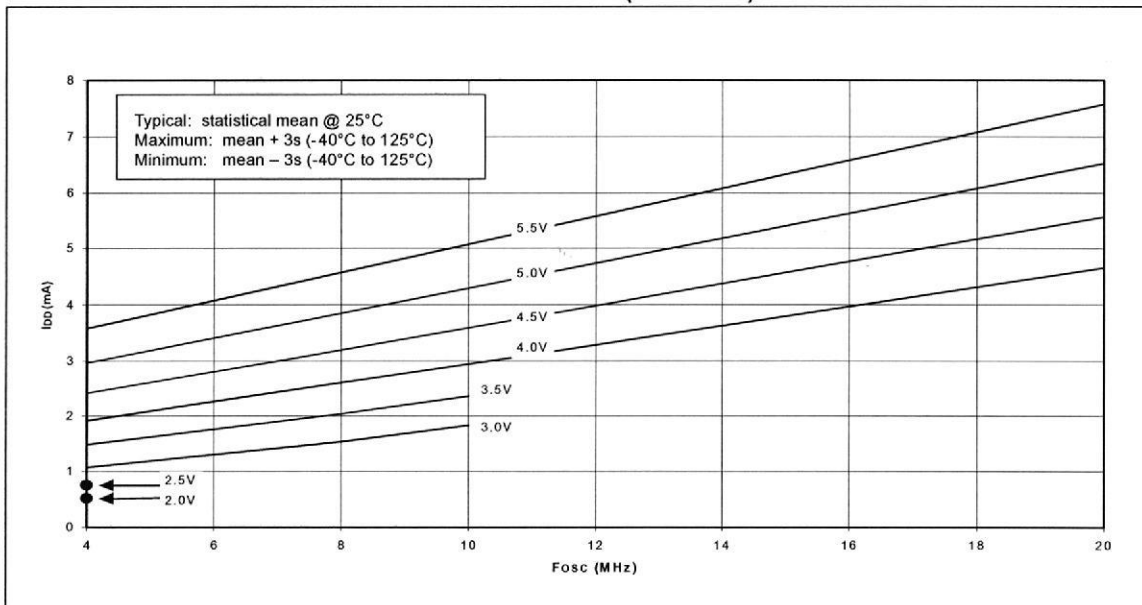


FIGURE 16-2: MAXIMUM I_{DD} vs. F_{OSC} OVER V_{DD} (HS MODE)



PIC16F87X

FIGURE 16-3: TYPICAL I_{DD} vs. F_{OSC} OVER V_{DD} (XT MODE)

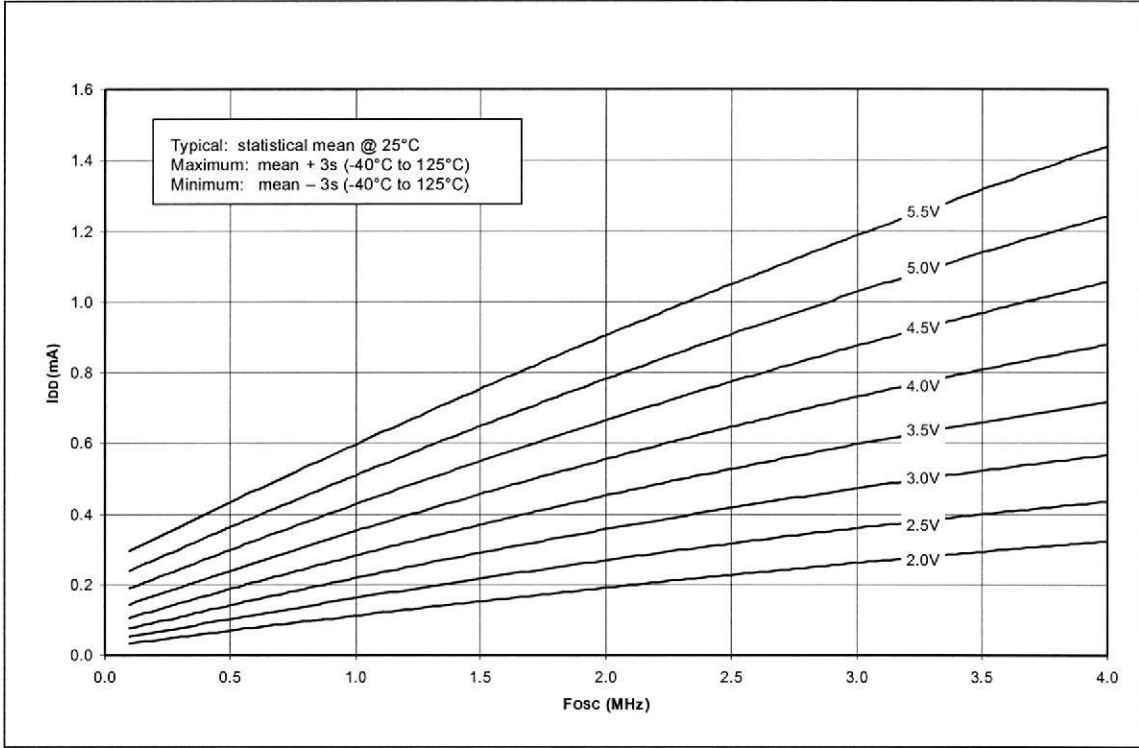
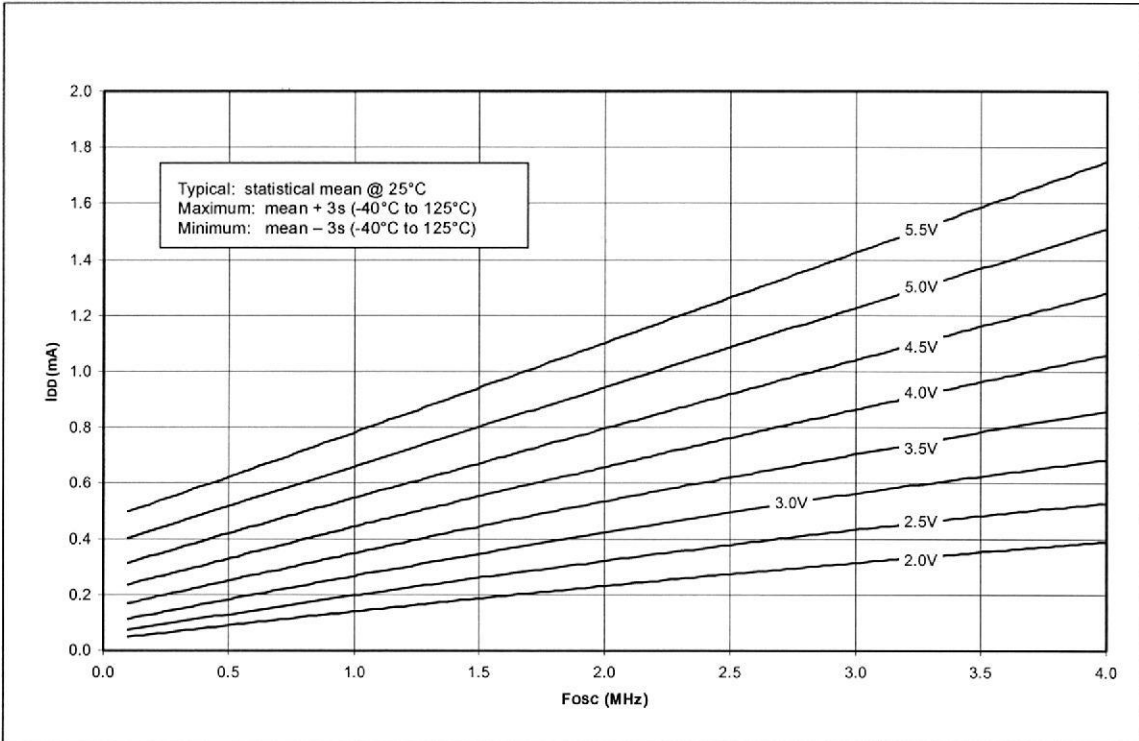


FIGURE 16-4: MAXIMUM I_{DD} vs. F_{OSC} OVER V_{DD} (LP MODE)



PIC16F87X

FIGURE 16-5: TYPICAL I_{DD} vs. F_{OSC} OVER V_{DD} (LP MODE)

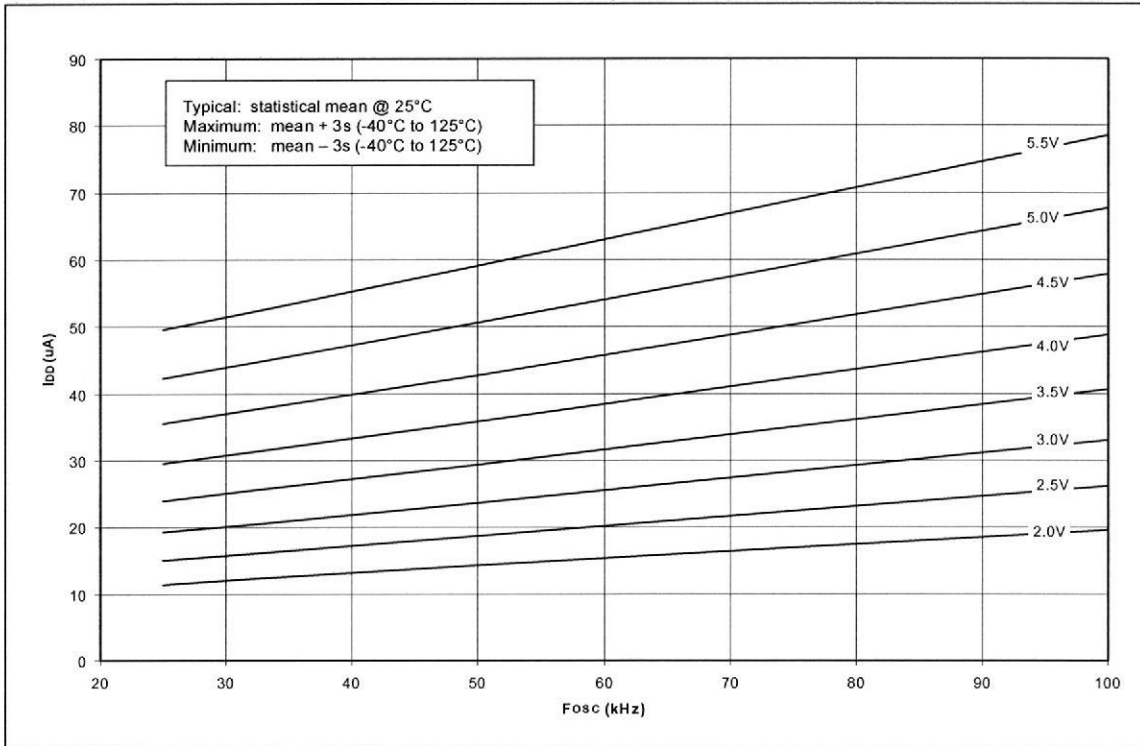
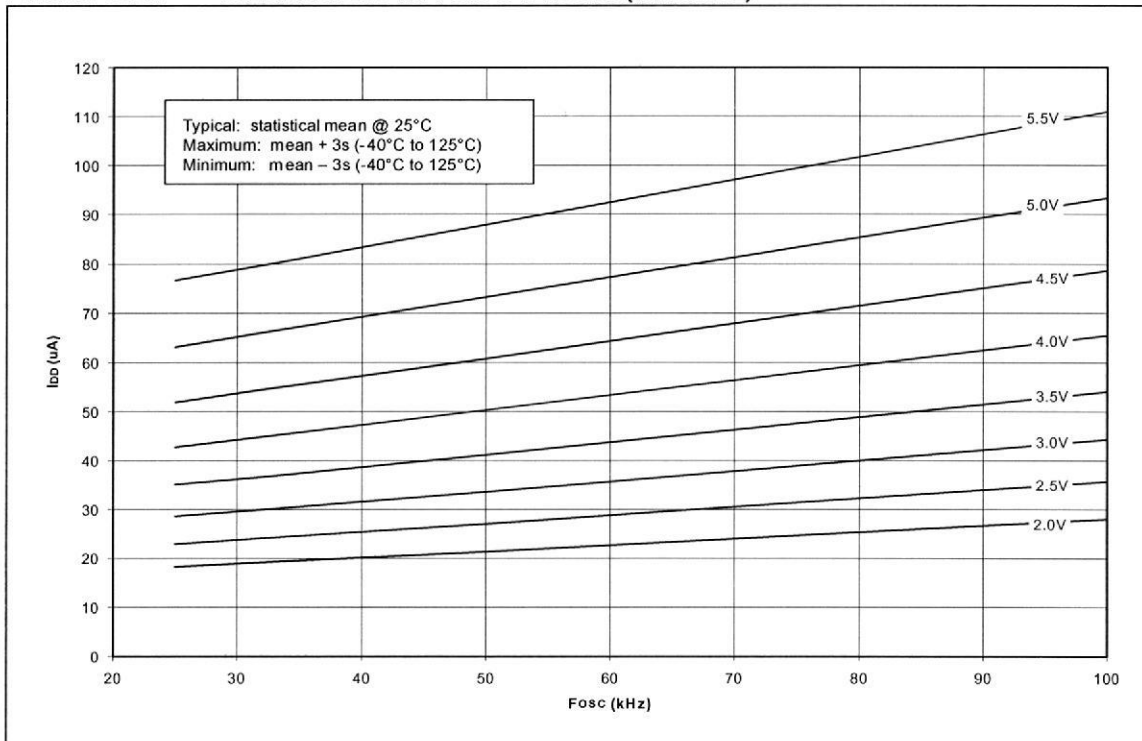


FIGURE 16-6: MAXIMUM I_{DD} vs. F_{OSC} OVER V_{DD} (XT MODE)



PIC16F87X

FIGURE 16-7: AVERAGE F_{OSC} vs. V_{DD} FOR VARIOUS VALUES OF R (RC MODE, C = 20 pF, 25°C)

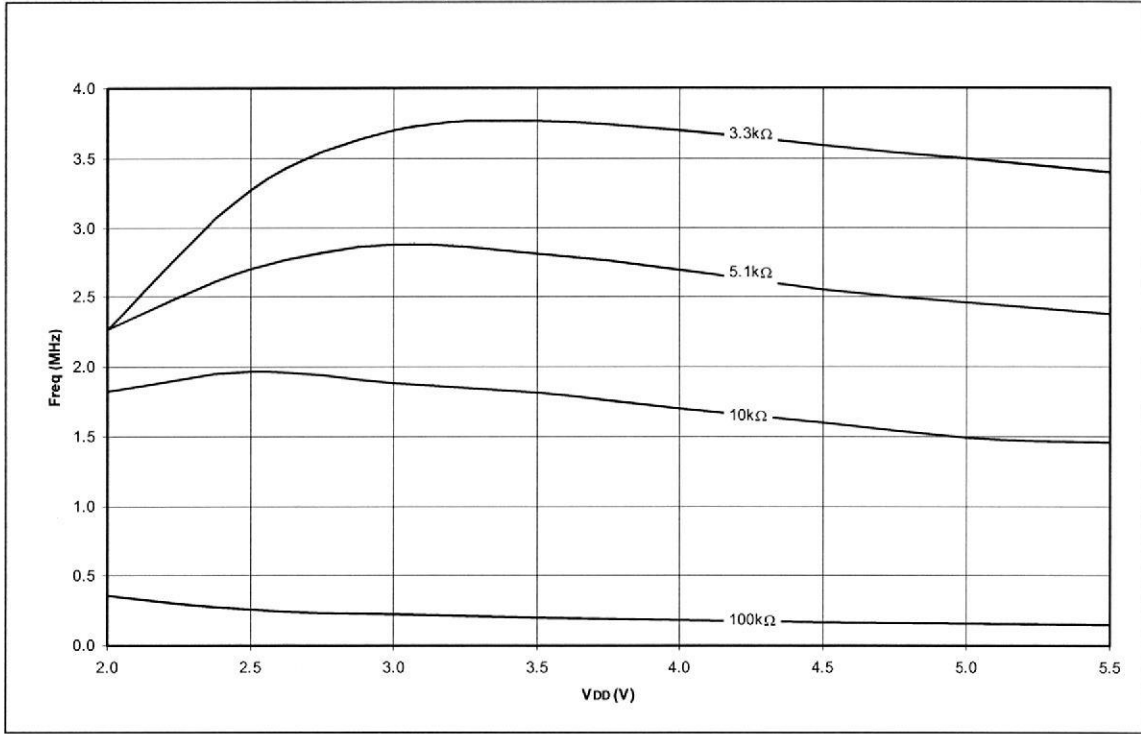
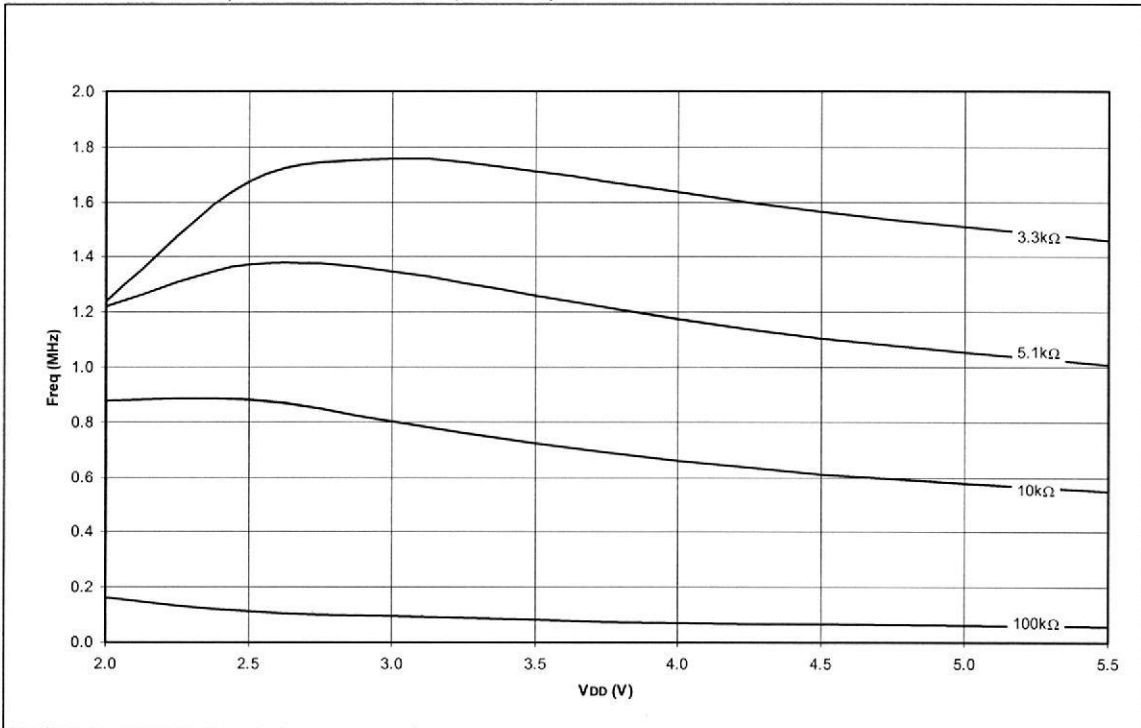


FIGURE 16-8: AVERAGE F_{OSC} vs. V_{DD} FOR VARIOUS VALUES OF R (RC MODE, C = 100 pF, 25°C)



PIC16F87X

FIGURE 16-9: AVERAGE F_{osc} vs. V_{DD} FOR VARIOUS VALUES OF R (RC MODE, C = 300 pF, 25°C)

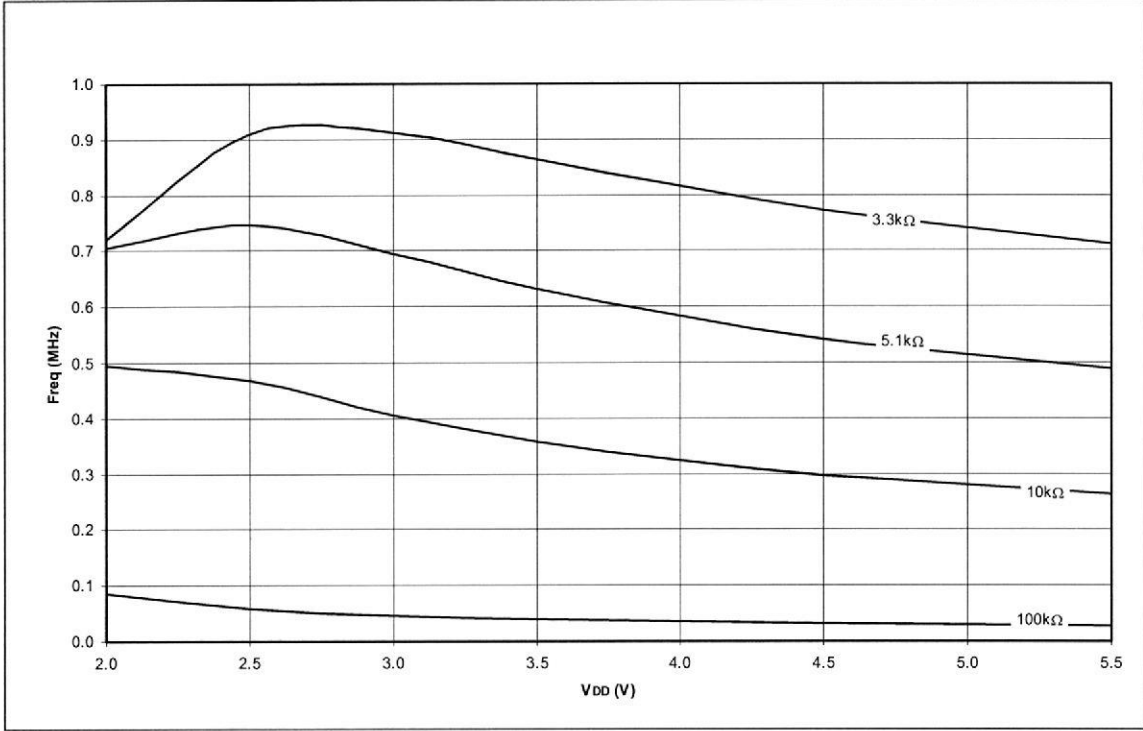
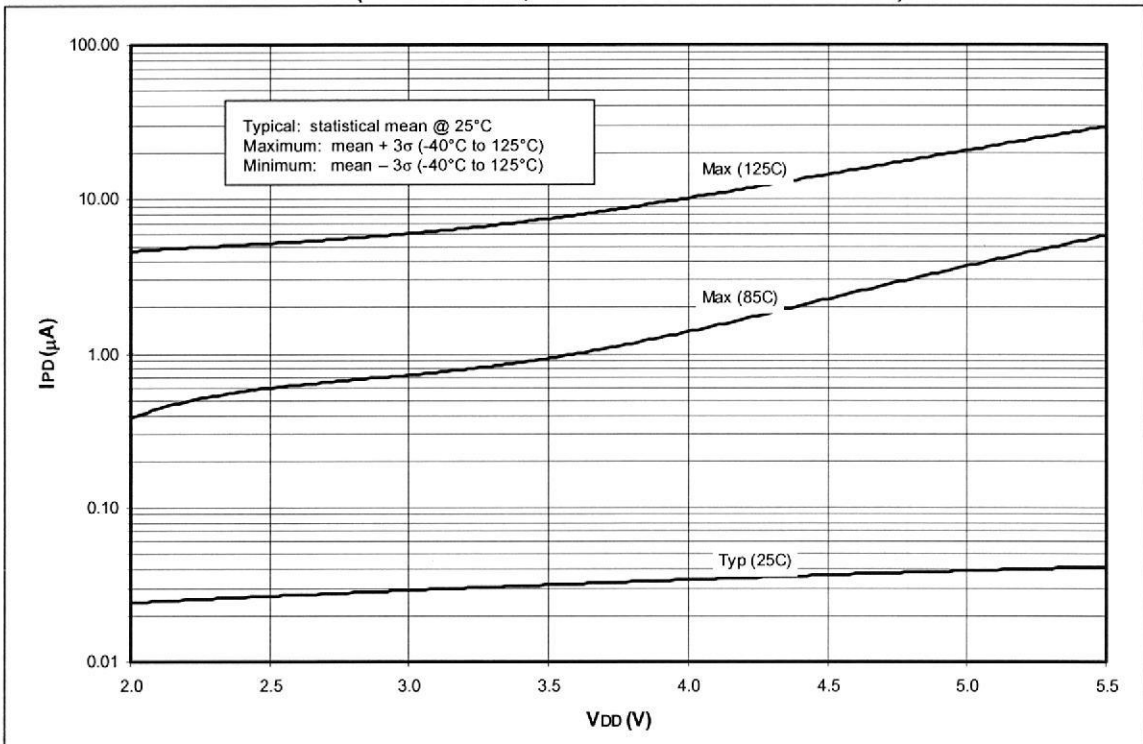


FIGURE 16-10: IPD vs. V_{DD} (SLEEP MODE, ALL PERIPHERALS DISABLED)



PIC16F87X

FIGURE 16-11: ΔI_{BOR} vs. V_{DD} OVER TEMPERATURE

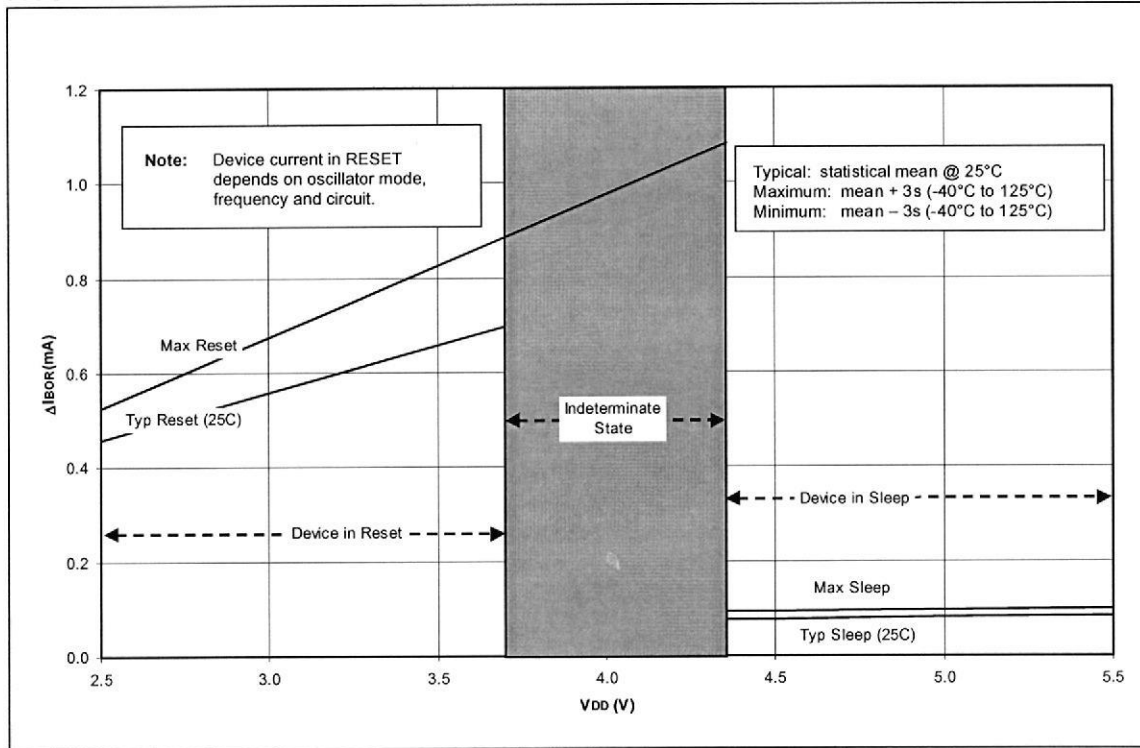
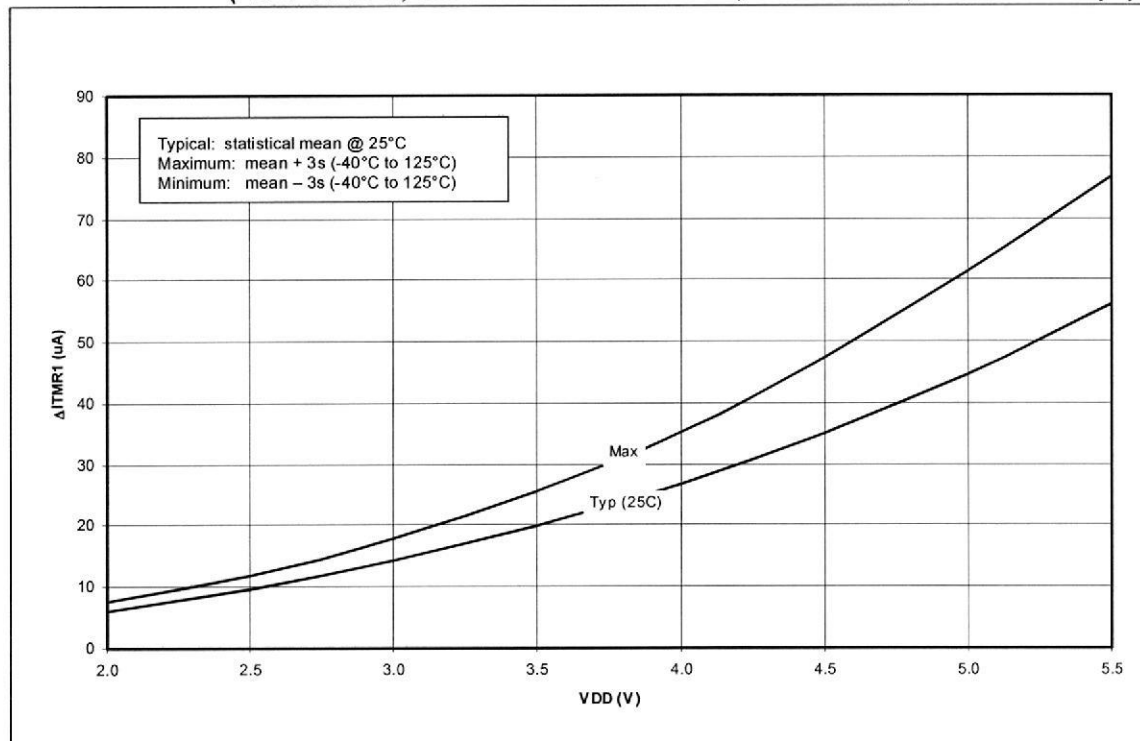


FIGURE 16-12: TYPICAL AND MAXIMUM ΔI_{TMR1} vs. V_{DD} OVER TEMPERATURE (-10°C TO 70°C, TIMER1 WITH OSCILLATOR, XTAL=32 KHZ, C1 AND C2=50 pF)



PIC16F87X

FIGURE 16-13: TYPICAL AND MAXIMUM ΔI_{WDT} vs. V_{DD} OVER TEMPERATURE

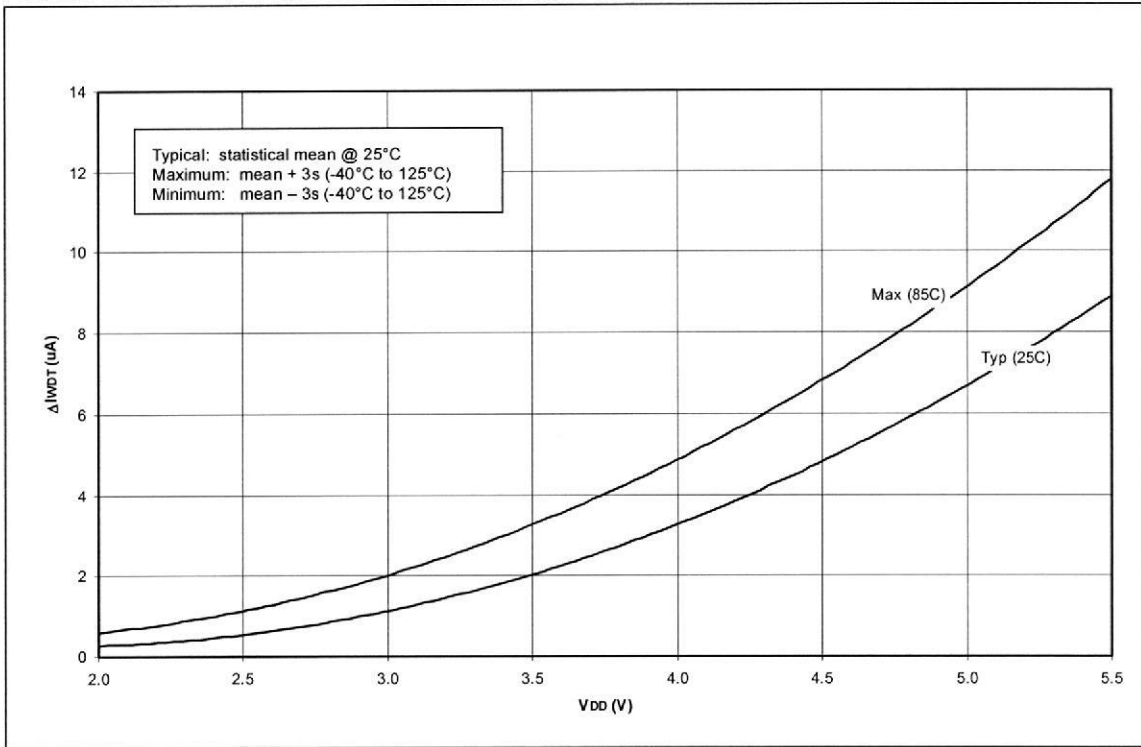
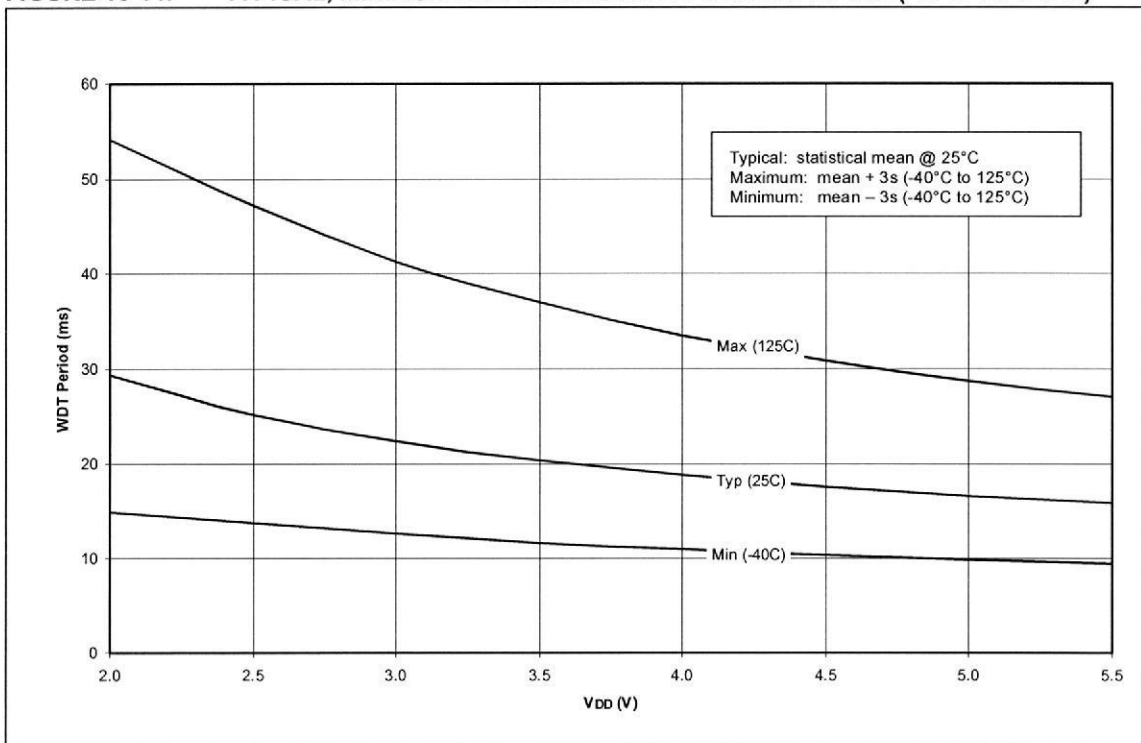


FIGURE 16-14: TYPICAL, MINIMUM AND MAXIMUM WDT PERIOD vs. V_{DD} (-40°C TO 125°C)



PIC16F87X

FIGURE 16-15: AVERAGE WDT PERIOD vs. VDD OVER TEMPERATURE (-40°C TO 125°C)

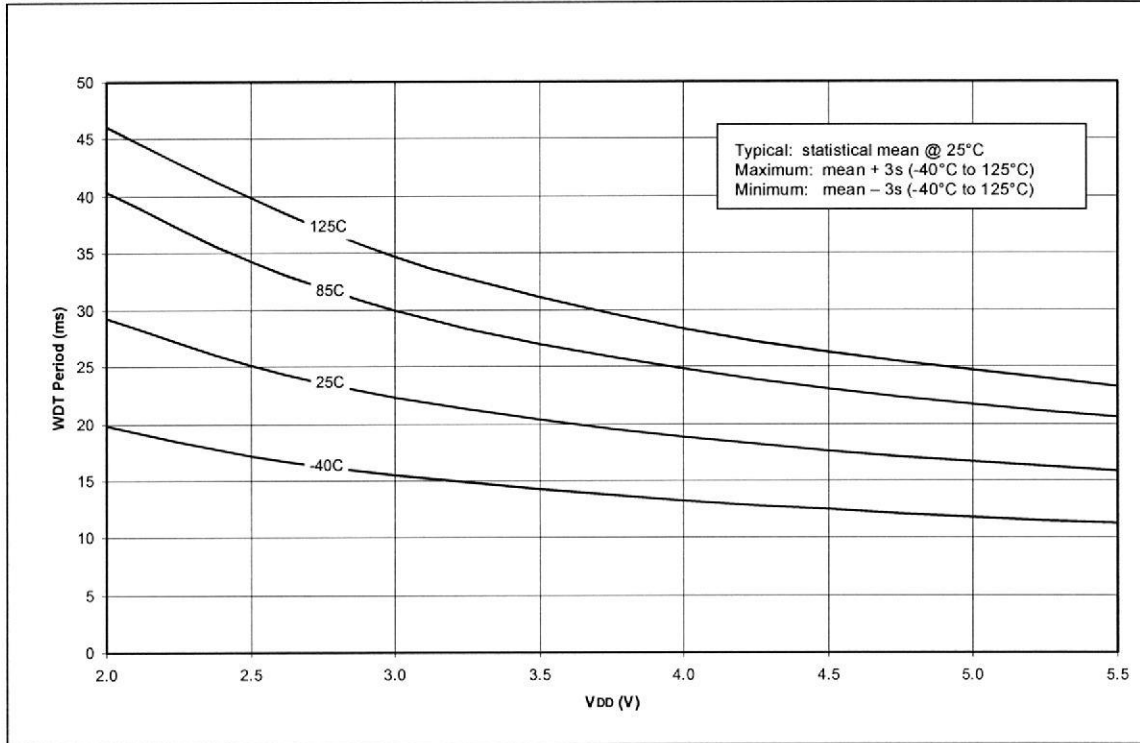
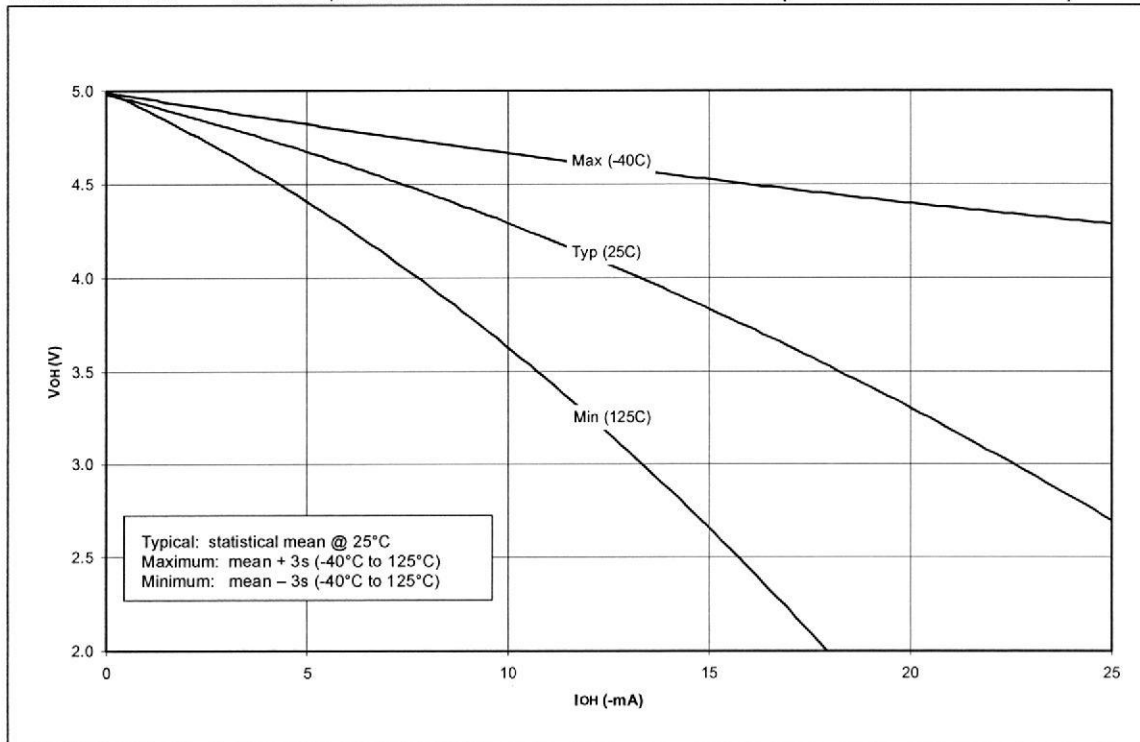


FIGURE 16-16: TYPICAL, MINIMUM AND MAXIMUM VOH vs. IOH (VDD=5V, -40°C TO 125°C)



PIC16F87X

FIGURE 16-17: TYPICAL, MINIMUM AND MAXIMUM V_{OH} vs. I_{OH} ($V_{DD}=3V$, $-40^{\circ}C$ TO $125^{\circ}C$)

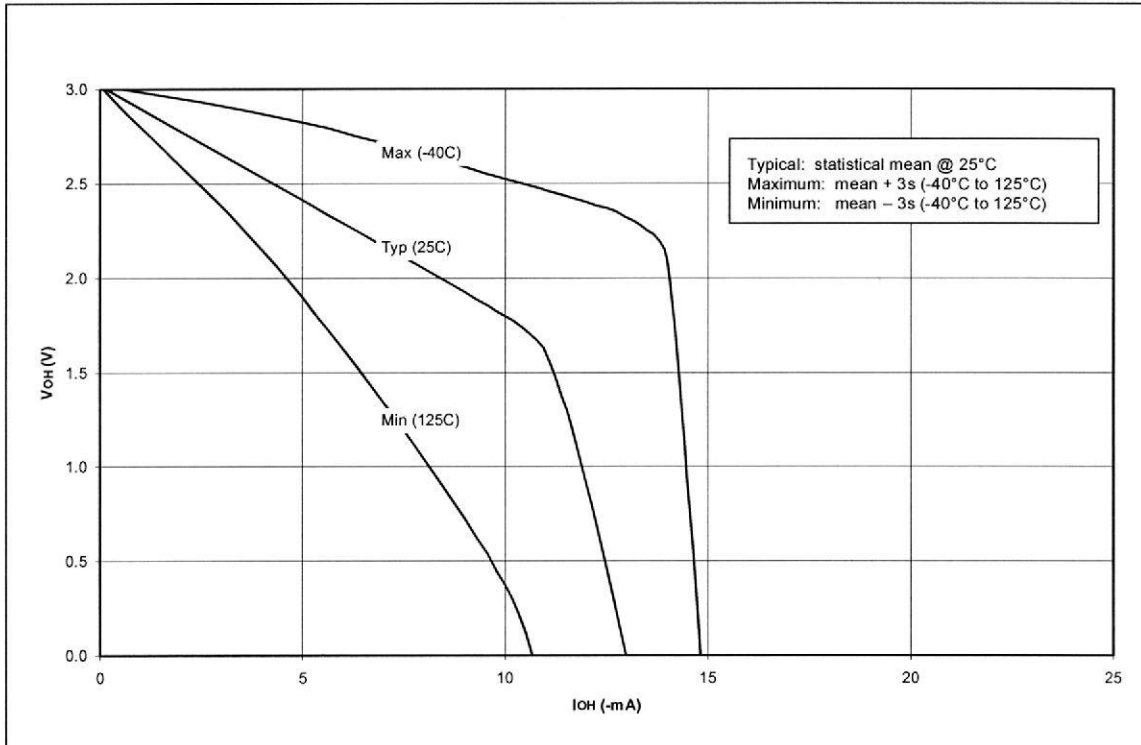
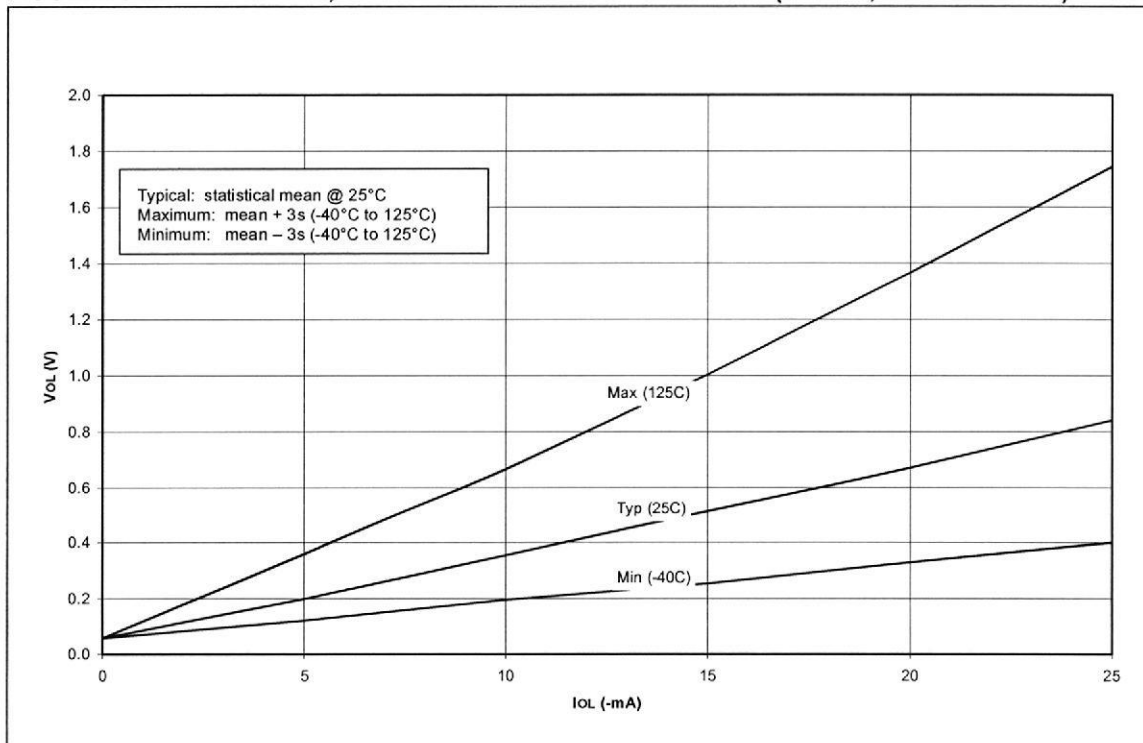


FIGURE 16-18: TYPICAL, MINIMUM AND MAXIMUM V_{OL} vs. I_{OL} ($V_{DD}=5V$, $-40^{\circ}C$ TO $125^{\circ}C$)



PIC16F87X

FIGURE 16-19: TYPICAL, MINIMUM AND MAXIMUM V_{OL} vs. I_{OL} ($V_{DD}=3V$, $-40^{\circ}C$ TO $125^{\circ}C$)

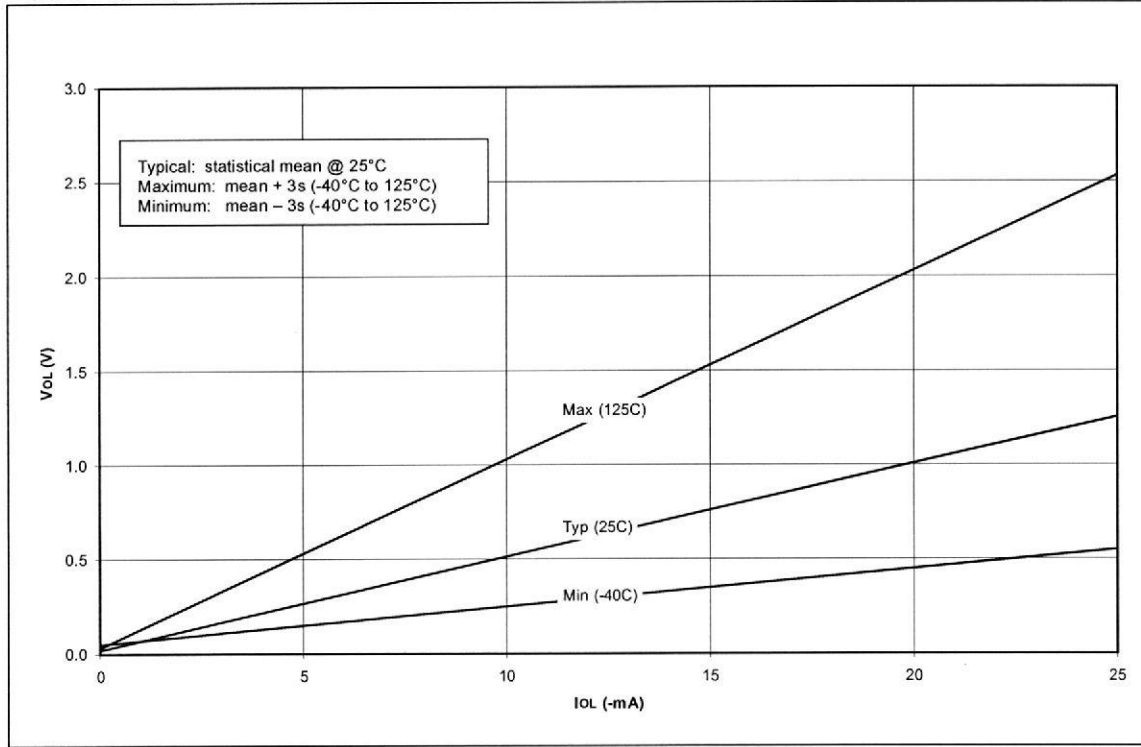
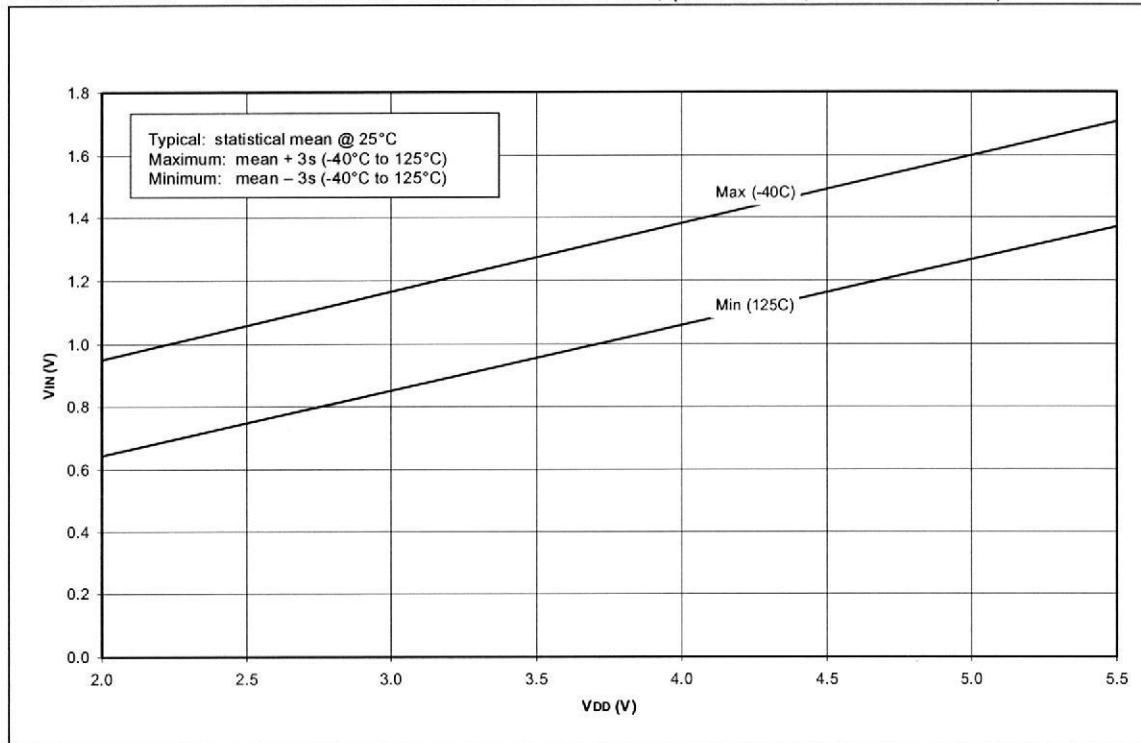


FIGURE 16-20: MINIMUM AND MAXIMUM V_{IN} vs. V_{DD} , (TTL INPUT, $-40^{\circ}C$ TO $125^{\circ}C$)



PIC16F87X

FIGURE 16-21: MINIMUM AND MAXIMUM V_{IN} vs. V_{DD} (ST INPUT, -40°C TO 125°C)

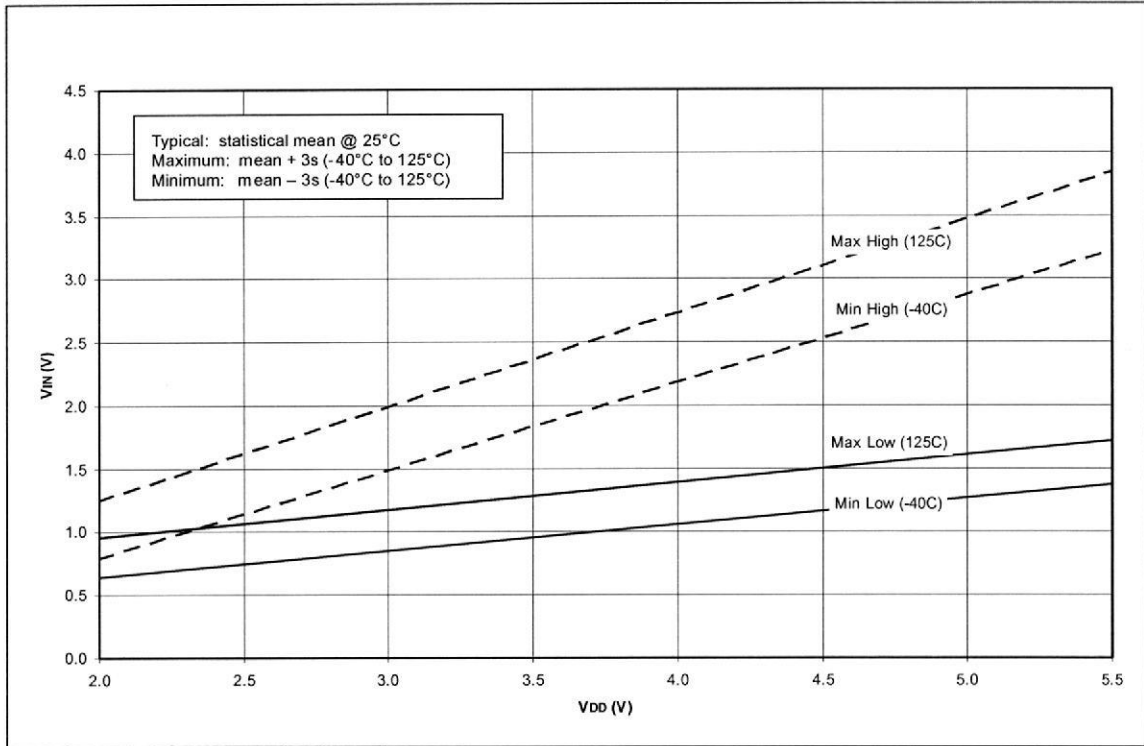
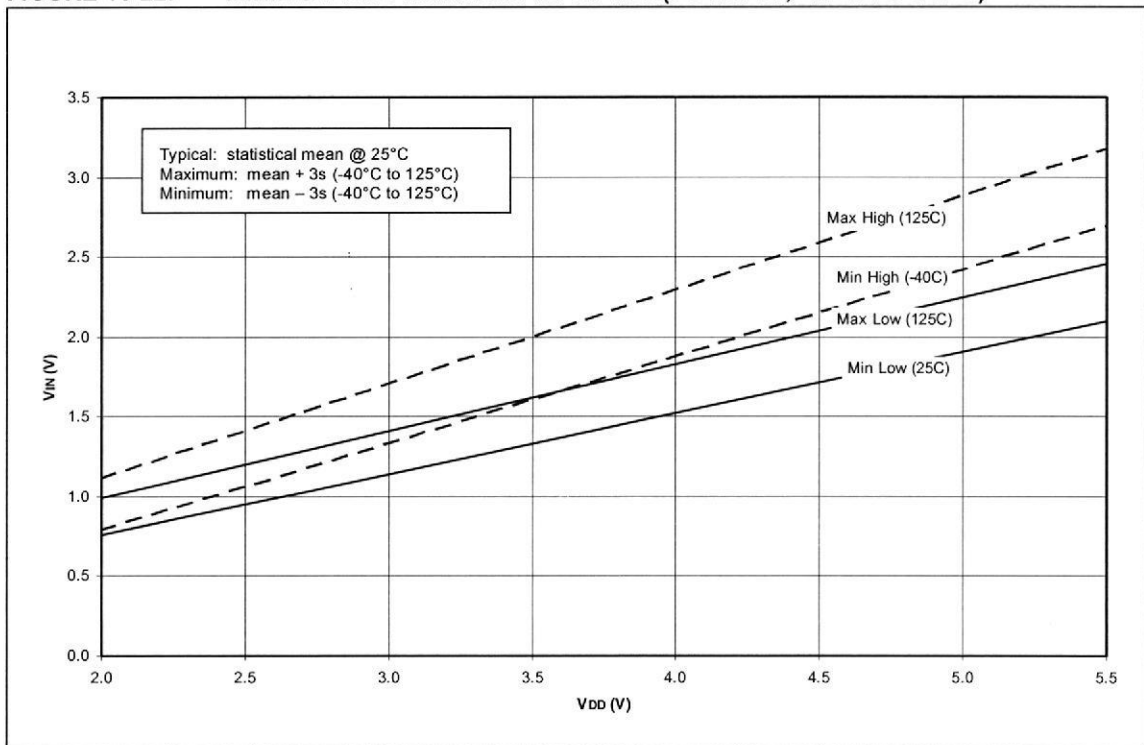


FIGURE 16-22: MINIMUM AND MAXIMUM V_{IN} vs. V_{DD} (I²C INPUT, -40°C TO 125°C)



LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

FEATURES

- Calibrated Directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10 mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at +25°C)
- Rated for Full -55°C to +150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates from 4 to 30 V
- Less than 60-µA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Nonlinearity Only ±¼°C Typical
- Low Impedance Output, 0.1 Ω for 1 mA Load

DESCRIPTION

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, with an output voltage linearly proportional to the Centigrade temperature. Thus the LM35 has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¾°C over a full -55°C to +150°C temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low output impedance, linear output, and precise inherent calibration of the LM35 make interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As the LM35 draws only 60 µA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55°C to +150°C temperature range, while the LM35C is rated for a -40°C to +110°C range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in hermetic TO transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface-mount small-outline package and a plastic TO-220 package.

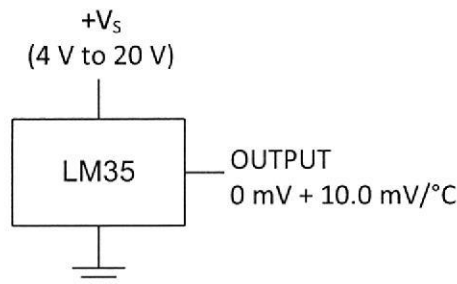
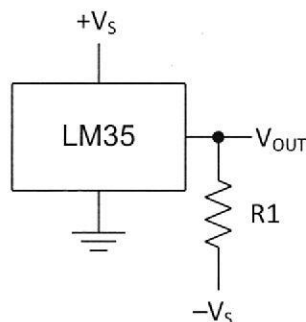



Figure 1. Basic Centigrade Temperature Sensor (+2°C to +150°C)



Choose $R_1 = -V_S / 50 \mu\text{A}$
 $V_{OUT} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ\text{C}$
 $V_{OUT} = 250 \text{ mV at } 25^\circ\text{C}$
 $V_{OUT} = -550 \text{ mV at } -55^\circ\text{C}$

Figure 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

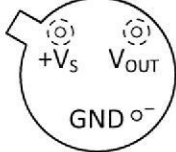
 Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet. All trademarks are the property of their respective owners.



These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

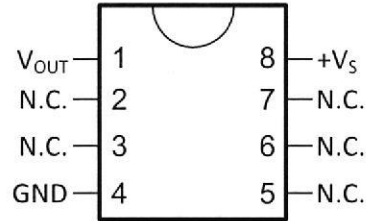
CONNECTION DIAGRAMS

METAL CAN PACKAGE TO (NDV)



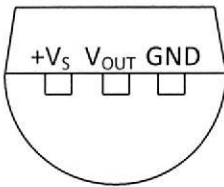
Case is connected to negative pin (GND)

SMALL-OUTLINE MOLDED PACKAGE SOIC-8 (D) TOP VIEW

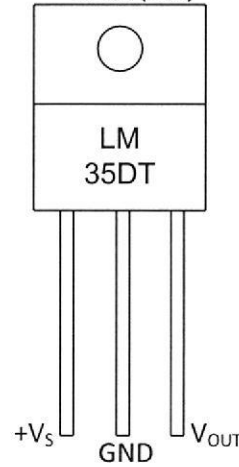


N.C. = No connection

PLASTIC PACKAGE TO-92 (LP) BOTTOM VIEW



PLASTIC PACKAGE TO-220 (NEB)



Tab is connected to the negative pin (GND).

NOTE: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾⁽²⁾

		MIN	MAX	UNIT	
Supply voltage		-0.2	35	V	
Output voltage		-1	6	V	
Output current			10	mA	
Electrostatic discharge (ESD) susceptibility ⁽³⁾			2500	V	
Storage temperature	TO Package	-60	180	°C	
	TO-92 Package	-60	150		
	TO-220 Package	-65	150		
	SOIC-8 Package	-65	150		
Lead temperature	TO Package (soldering, 10 seconds)		300	°C	
	TO-92 and TO-220 Package (soldering, 10 seconds)		260		
	SOIC Package	Infrared (15 seconds)			220
		Vapor phase (60 seconds)			215
Specified operating temperature range: T_{MIN} to T_{MAX} ⁽⁴⁾	LM35, LM35A	-55	150	°C	
	LM35C, LM35CA	-40	110		
	LM35D	0	100		

- (1) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/ Distributors for availability and specifications.
- (2) Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.
- (3) Human body model, 100 pF discharged through a 1.5-k Ω resistor.
- (4) Thermal resistance of the TO-46 package is 400°C/W, junction to ambient, and 24°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 180°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is 90°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the APPLICATIONS section.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35A			LM35CA			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Accuracy ⁽⁵⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1	
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1		± 0.4	± 1		
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1		± 0.4		± 1.5	
Nonlinearity ⁽⁶⁾	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor gain (average slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10	+9.9, +10.1		+10		+9.9, +10.1	mV/°C
Load regulation ⁽⁷⁾ $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1		± 0.4	± 1		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3	± 0.5		± 3	
Line regulation ⁽⁷⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4 \text{ V} \leq V_S \leq 30 \text{ V}$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	

- (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. $V_S = 5 \text{ Vdc}$ 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.
- (2) Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.
- (3) Tested Limits are ensured and 100% tested in production.
- (4) Design Limits are ensured (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.
- (5) Accuracy is defined as the error between the output voltage and 10 mV/°C times the case temperature of the device, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in °C).
- (6) Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the rated temperature range of the device.
- (7) Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾ (continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35A			LM35CA			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Quiescent current ⁽⁸⁾	$V_S = 5\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = 5\text{ V}$	105		131	91		114	
	$V_S = 30\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		
	$V_S = 30\text{ V}$	105.5		133	91.5		116	
Change of quiescent current ⁽⁷⁾	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	0.2	1		0.2	1		μA
	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}$	0.5		2	0.5		2	
Temperature coefficient of quiescent current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum temperature for rate accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2	+1.5		+2	$^\circ\text{C}$
Long term stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

(8) Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35			LM35C, LM35D			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Accuracy, LM35, LM35C ⁽⁵⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1		± 0.4	± 1		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2	
Accuracy, LM35D ⁽⁵⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2	
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2	
Nonlinearity ⁽⁶⁾	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor gain (average slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10	+9.8, +10.2		+10		+9.8, +10.2	$\text{mV}/^\circ\text{C}$
Load regulation ⁽⁷⁾ $0 \leq I_L \leq 1\text{ mA}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2		± 0.4	± 2		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5	± 0.5		± 5	
Line regulation ⁽⁷⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	

(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. $V_S = 5\text{ Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50\text{ }\mu\text{A}$, 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.

(2) Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

(3) Tested Limits are ensured and 100% tested in production.

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

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

(6) Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the rated temperature range of the device.

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

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾ (continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35			LM35C, LM35D			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Quiescent current ⁽⁸⁾	$V_S = 5\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = 5\text{ V}$	105		158	91		138	
	$V_S = 30\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		
	$V_S = 30\text{ V}$	105.5		161	91.5		141	
Change of quiescent current ⁽⁹⁾	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	0.2	2		0.2	2		μA
	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}$	0.5		3	0.5		3	
Temperature coefficient of quiescent current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum temperature for rate accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2	+1.5		+2	$^\circ\text{C}$
Long term stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

(8) Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

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

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

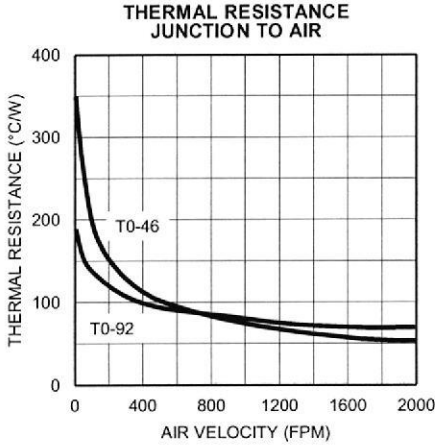


Figure 3.

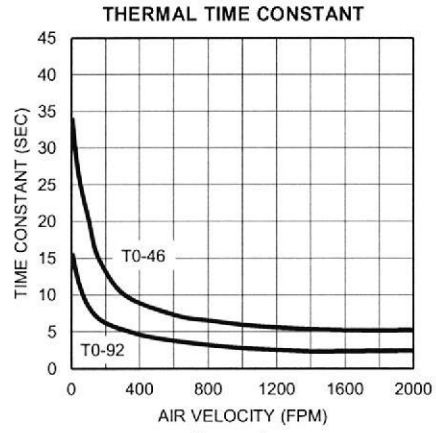


Figure 4.

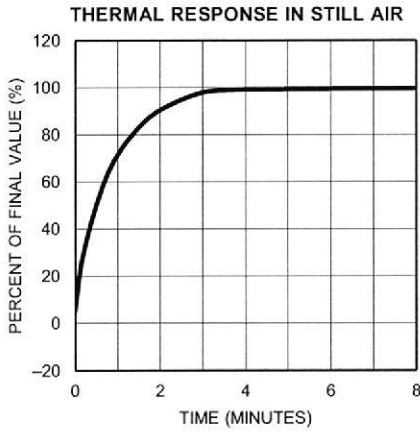


Figure 5.

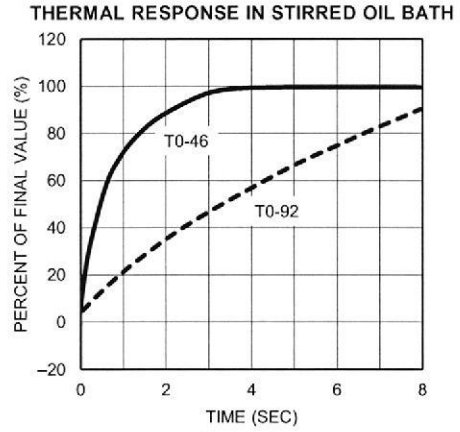


Figure 6.

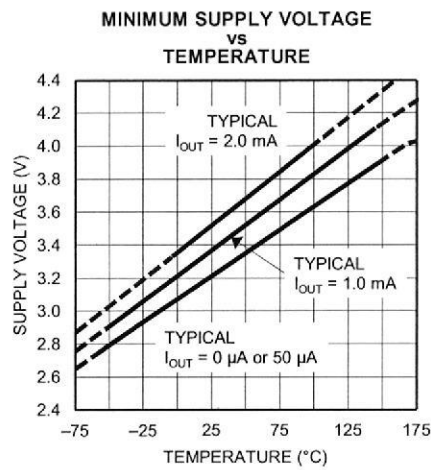


Figure 7.

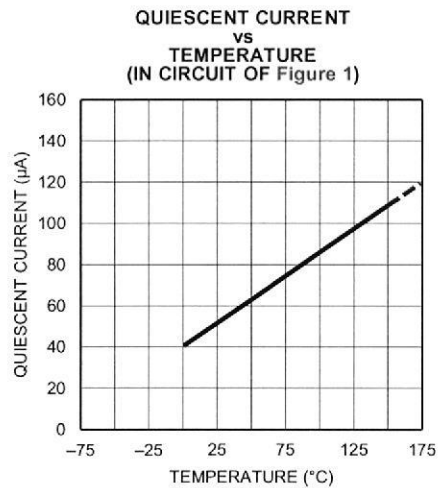


Figure 8.

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (continued)

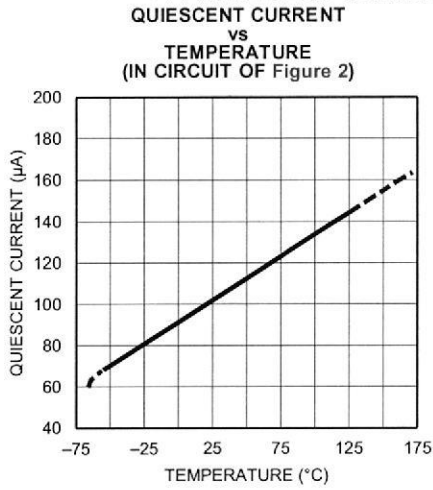


Figure 9.

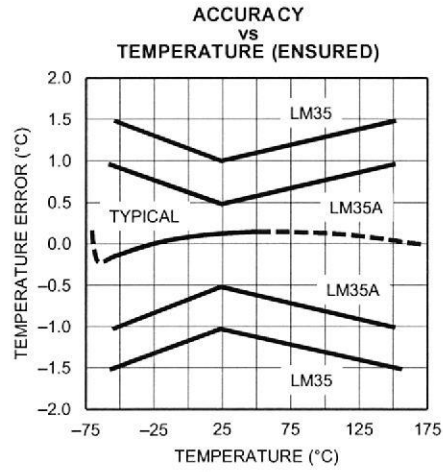


Figure 10.

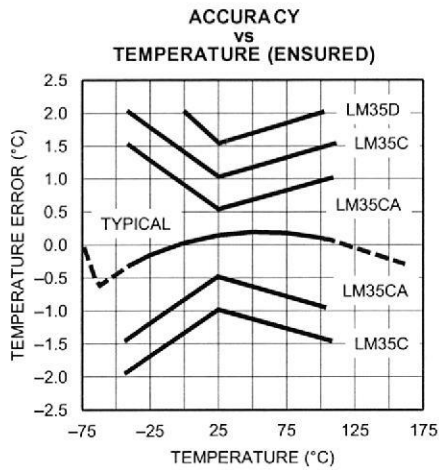


Figure 11.

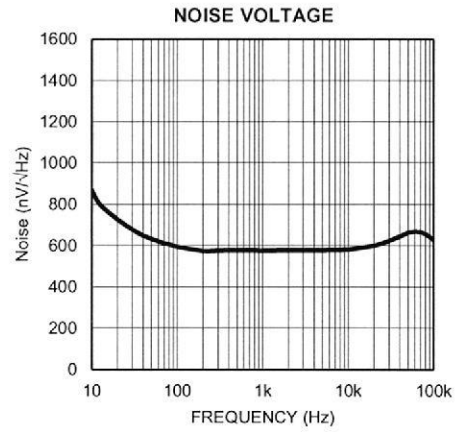


Figure 12.

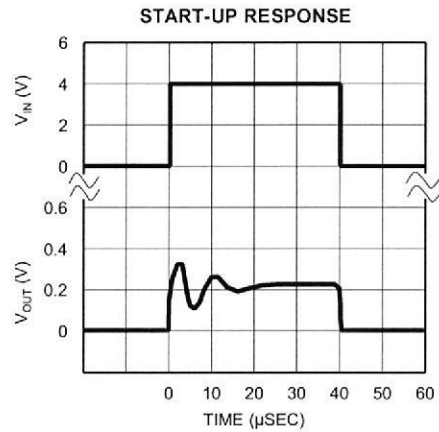
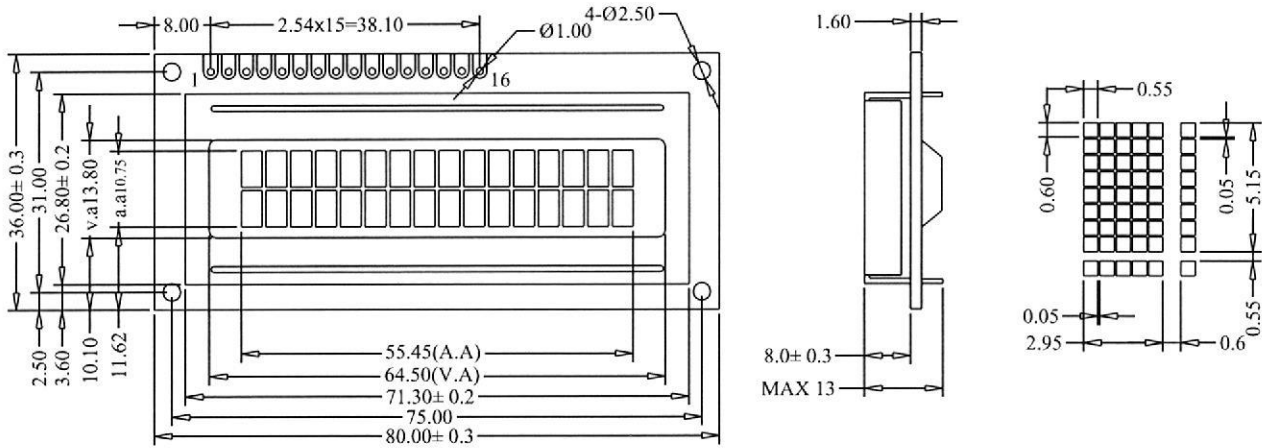


Figure 13.

1. DIMENSION OUTLINE



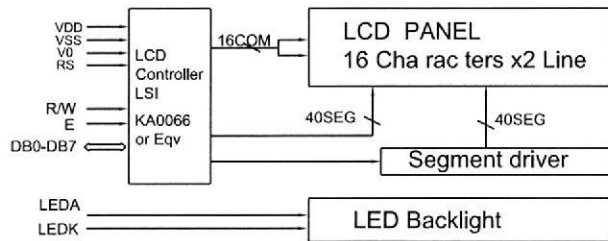
2. MECHANICAL SPECIFICATIONS

ITEM	SPECIFICATIONS	ITEM	REMARK
Module Size(L×W×H)	80.0×36.0×13.0	mm	Reference Dimensional Outline
View Area(W×H)	64.5×13.8	mm	
Effective V/Area	55.45×10.75	mm	
Number of Characters	16CH×2Lines	-	
Characters Size(W×H)	2.95×5.15	mm	
Dot Size(W×H)	0.55×0.60	mm	
Weight(Reflective/Led)	-	g	

3. ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD	
			MIN	MAX
Logic Voltage	V _{DD}	Ta=25°C	-0.3V	7V
LCD Voltage	V _{LCD}		-0.3V	13V
Input Voltage	V _I		-0.3V	V _{DD} +0.3V
Operation Temperature	T _{OP}	—	-20°C	70°C
Storage Temperature	V _{OP}	—	-30°C	80°C

4. BLOCK DIAGRAMMECHANICAL



5. LED BACKLIGHT SPECIFICATIONS

ITEM	SYMBOL	TYPE	MAX	UNIT
Ta=25°C				
Forward Voltage	V _f	4.1	4.3	V
Forward Current	I _f	120	—	mA
Emission Wave Length	λ _p	568	—	nm

6. INTERFACE PIN CONNECTIONS

ITEM	SYMBOL	LEVEL	FUNCTIONS
1	VSS	0V	Power Ground
2	VDD	+5V	Power supply for logic
3	V0	—	Contrast adjust
4	RS	H/L	H:data L:command
5	R/W	H/L	H:read L:write
6	E	H,H→L	Enable signal
7-14	DB0-DB7	H/L	Data Bus
15	LEDA	+5V	Power supply for LED Backlight
16	LEDK	0V	

7. ELECTRICAL CHARACTERISTICS

ITEM	SYMBOL	MIN	TYPE	MAX	UNIT
Ta=25°C					
Logic Power	V _{DD}	4.5	5	5.5	V
Input High Voltage	V _{IH}	2.2	—	V _{DD}	V
Input Low Voltage	V _{IL}	-0.3	—	0.6	V
Output High Voltage	V _{OH}	2.4	—	V _{DD}	V
Output Low Voltage	V _{OL}	0	—	0.4	V
Logic Current	I _{DD}	—	1.5	3.0	mA
Operation Voltage For LCD	V _{0-GND}	—	5	—	V

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Yanover Julian, Definición de Termómetro, <http://definicion.de/termometro/>, fecha de consulta enero 2015.
- [2] Wikimedia Foundation, Inc., Termómetro, <http://es.wikipedia.org/wiki/Term%C3%B3metro>, fecha de consulta febrero 2015.
- [3] Google Inc., Tipos de termómetros, <http://etermicacsj.blogspot.com/p/tipos-de-termometros.html>, fecha de consulta febrero 2015.
- [4] University of Wisconsin Hospitals and Clinics Authority, Temperatura corporal, <http://www.uwhealth.org/spanishhealth/topic/medicaltest/temperatura-corporal/hw198785.html>, fecha de consulta febrero 2015.
- [5] NewYork-Presbyterian Hospital, Emergencias No-Traumáticas, <http://nyp.org/espanol/library/nontrauma/vital.html>, fecha de consulta febrero 2015.
- [6] Elsevier Espana SL, Determinación de la temperatura corporal, <http://www.fisterra.com/ayuda-en-consulta/tecnicas-atencion-primaria/determinacion-temperatura-corporal/>, fecha de consulta febrero 2015.
- [7] Consorci De Serveis Universitaris De Catalunya, Nota sobre el valor clínico de las temperaturas bucal y axilar en los tuberculosos pulmonares, <http://www.raco.cat/index.php/TreballsSCBiologia/article/viewFile/222056/302860>, fecha de consulta marzo 2015.

- [8] Google Inc., <http://termometroensi.blogspot.com/p/clases-de-termometro.html>, fecha de consulta enero 2015.
- [9] Aranxaxu Saglimbeni, <http://www.diarioellatino.com/primeros-auxilios-para-la-fiebre>, fecha de consulta enero 2015.
- [10] Automattic, Inc., <https://farmaecologica.wordpress.com/tag/temperatura-rectal/>, fecha de consulta enero 2015.
- [11] Ricardo Plascencia-Martinez, <http://enfermeria.me/signos-vitales/>, fecha de consulta enero 2015.
- [12] Nicolas Verdier, <http://es.paperblog.com/como-tomar-la-temperatura-a-tu-bebe-2402295>, fecha de consulta enero 2015.
- [13] Garrido García Jesús, <http://www.mipediatraonline.com/la-fiebre-en-ninos-y-bebes/>, fecha de consulta enero 2015.
- [14] trastejant.es ,
http://www.trastejant.es/tutoriales/electronica/sensordetemperatura_lm35.html,
fecha de consulta enero 2015.
- [15] Universidad Tecnologica de Pereira
<http://www.utp.edu.co/~eduque/arquitect/PIC16F877.pdf>, fecha de consulta
enero 2015.
- [16] Domain Admin, <https://ardubasic.wordpress.com/tag/comunicacion-serie-2/>,
fecha de consulta enero 2015.