

# Diseño y Construcción de un Termómetro Electrónico Digital basado en la Tecnología de los Microcontroladores

Abraham Collantes <sup>(1)</sup>, Miguel Yapur MSc. <sup>(2)</sup>  
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC) <sup>(1)(2)</sup>  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
[abedcoll@espol.edu.ec](mailto:abedcoll@espol.edu.ec) <sup>(1)</sup>  
[myapur@fiec.espol.edu.ec](mailto:myapur@fiec.espol.edu.ec) <sup>(2)</sup>

## Resumen

*En Medicina, en algunos casos existe la necesidad de monitorear la temperatura de dos partes del cuerpo en el mismo instante de tiempo; esto constituye un problema debido a la necesidad de utilizar dos termómetros y observar sus lecturas para monitorear dichas temperaturas. En el presente trabajo se desarrolla una solución basada en el diseño y la construcción de un termómetro electrónico digital que muestra dos lecturas, cuyo objetivo es medir la temperatura corporal, para lo cual se necesita de dos sensores que varíen su resistencia eléctrica en función de la temperatura a la que son sometidos; 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.*

**Palabras Claves:** Medir, Monitoreo, Temperatura, Sensor LM35, microcontrolador

## Abstract

*In Medicine in some cases there is a necessity to monitor the temperature from two body parts at the same of time; this is a problem due to the necessity to use two thermometers and observe their readings to monitor these temperatures. In this paper a solution based on design and construction of a digital electronic thermometer will be developed, to measure body temperature, for which it requires a sensor that varies its electrical resistance in function of temperature in which is subjected; in this case the LM35 sensor is used.*

*The sensors send an analog signal, so a microcontroller that converts the analog signal into digital one is necessary, in order to view it through a digital display. Besides to transform analog signal to a digital, the microcontroller serves to take data from the two sensors and make the difference in their readings, to show on the same display, which could be applied to measure the temperature in two different body parts of a patient, and then find the difference of the two temperatures.*

**Keywords:** Measuring, Monitoring, Temperature Sensor LM35, microcontroller

## 1. Introducción

En el presente trabajo se desarrolla el diseño y la construcción de un termómetro electrónico digital (TED), 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 se aplica de la toma de temperatura en dos partes del cuerpo, en el monitoreo de la temperatura bucal y axial en pacientes tuberculosos pulmonares, según estudios realizados en este tipo de pacientes.

Adicionalmente, el proceso de diseñar e implementar el termómetro electrónico digital, requiere integrar conocimientos de electrónica, microcontroladores y la programación de los mismos.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Diagrama de bloques del circuito del TED.

La figura 1 muestra el diagrama de bloques del circuito del TED, está conformado por los siguientes bloques:

- Sensado
- Conversión A/D
- Visualización



Figura 1. Diagrama de bloques del TED.

### 2.2. Etapa de Sensado.

Esta etapa se encarga de recoger los valores provenientes del paciente para su posterior procesamiento digital, además comprende dos sensores LM35, sensores de temperatura.

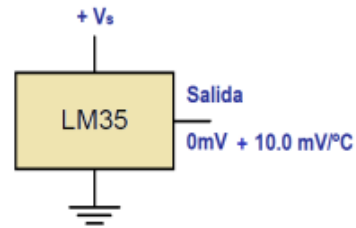


Figura 2. Sensor LM35 [2].

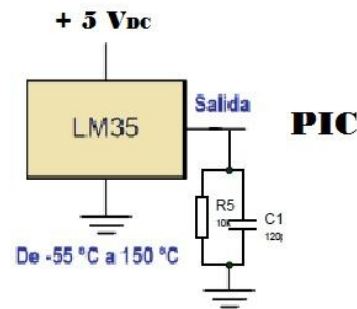


Figura 3. Configuración de Sensor.

### 2.3. 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.

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.

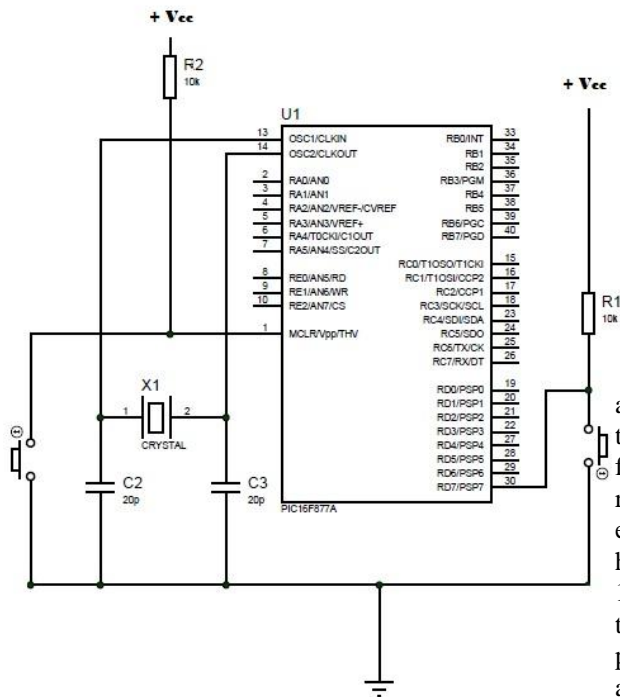


Figura 4. Procesamiento Digital.

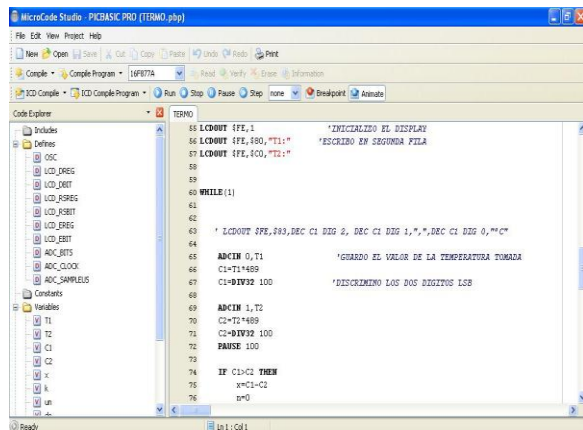


Figura 5. Ensamblador PICBASIC PRO.

## 2.4. 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.

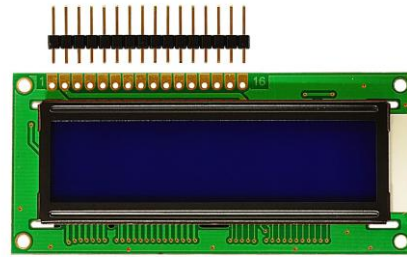


Figura 6. LCD YB1602A.

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 10kΩ, 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.

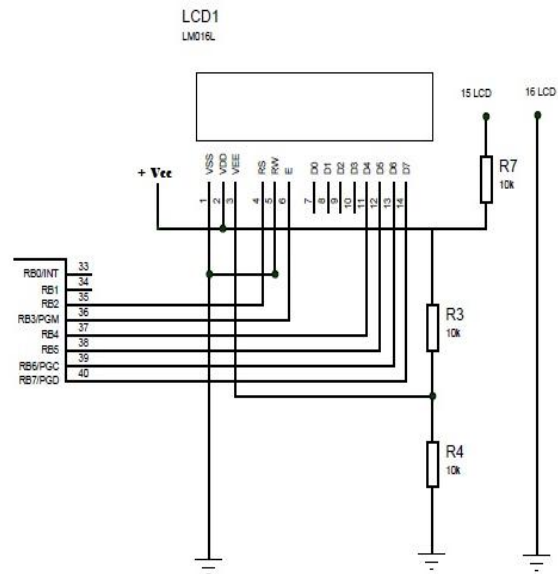


Figura 7. Identificación de Terminales del Display.

## 2.5. Alimentación del equipo.

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.

## 2.6. Construcción del TED.

**2.6.1. 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.

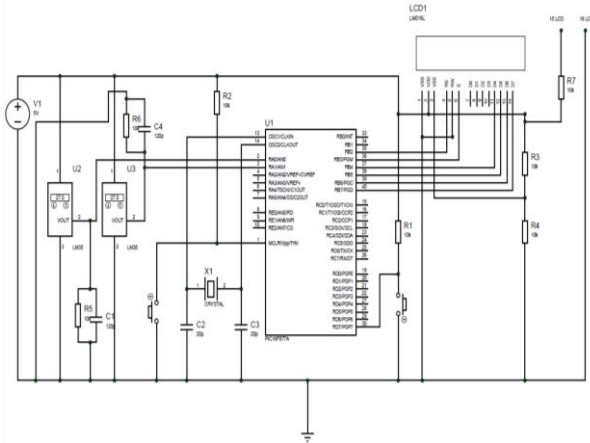


Figura 8. Diagrama General del TED.

**2.6.2. PCB del circuito.** Ya que el proyecto es de circuitería sencilla el diseño de su PCB debe ser igual, a continuación se muestra el diseño del PCB de la tarjeta completa.

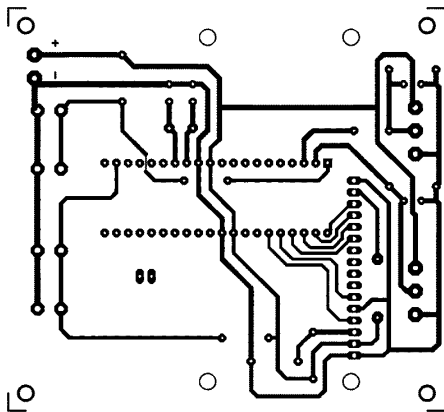


Figura 9. DISEÑO DEL PCB.

A CONTINUACIÓN SE PRESENTA EL PCB LISTO Y LOS ELEMENTOS MONTADOS EN EL CIRCUITO IMPRESO.

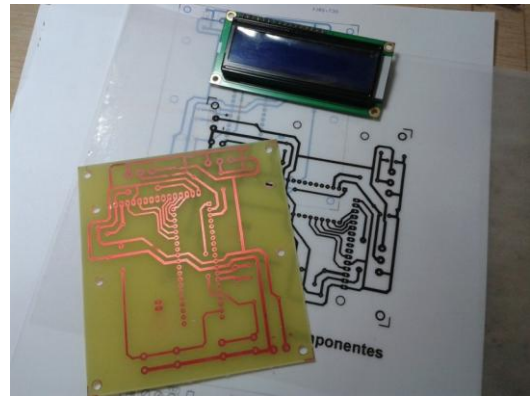


Figura 10. DISEÑO E IMPRESIÓN DEL PCB.

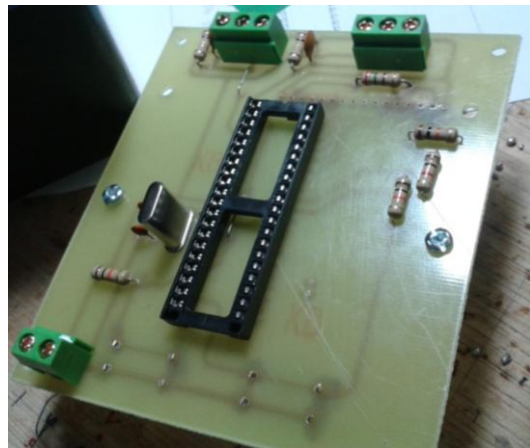


Figura 11. ELEMENTOS MONTADOS EN PLACA.

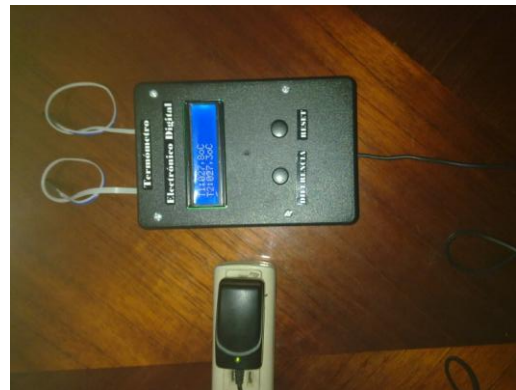


Figura 12. PROTOTIPO LISTO.

## 3. Resultados.

Luego de finalizar con el diseño y la construcción del TED 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.

### 3.1. 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.

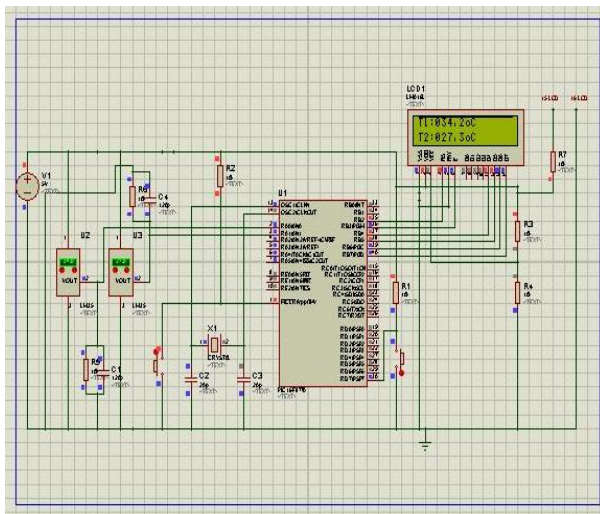


Figura 13. Simulación en Proteus 8.0.

### 3.2. 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.

**3.2.1. 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.

**Tabla 1.** COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL.

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 masculino de 5 años de edad.

**Tabla 2.** COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL.

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 10 años de edad.

**Tabla 3.** COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL.

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 femenino de 14 años de edad.

**Tabla 4.** COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL.

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 26 años de edad.

**Tabla 5. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL.**

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 masculino de 43 años de edad.

**Tabla 6. COMPARATIVA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL.**

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

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

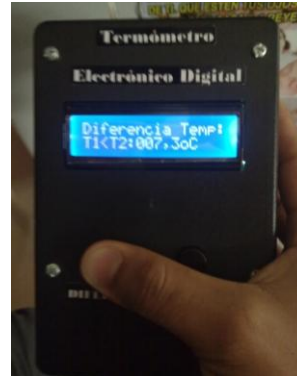
Como se aprecian los datos de las tablas, los resultados del TED son óptimos ya que en relación al termómetro de mercurio en la mayoría de los casos la diferencia es de 0.1 °C, y en relación al TDC tienen una diferencia entre 0.1 a 0.8 °C, demostrando que existe un menor error con relación al termómetro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

**3.2.2. 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.



**Figura 14.** Prueba Física de la Toma de Temperatura en dos gradientes distintos.

Como se puede observar en la figura 15 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 15.** Prueba Física de la Diferencia de Temperaturas  $T_1 < T_2$ .

En la figura 16 se observa la diferencia entre las dos temperaturas, indicando en el display que  $T_1 < T_2$  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.

## 4. Conclusiones

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.

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.

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.

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.

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

## 5. Recomendaciones

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.

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.

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.

## 6. Referencias

[1] trastejant.es,  
[http://www.trastejant.es/tutoriales/electronica/sensordetemperatura\\_lm35.html](http://www.trastejant.es/tutoriales/electronica/sensordetemperatura_lm35.html), fecha de consulta enero 2015.

[2] Domain Admin,  
<https://ardubasic.wordpress.com/tag/comunicacion-serie-2/>, fecha de consulta enero 2015.

[3] Wikimedia Foundation, Inc., Termómetro,  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Term%C3%B3metro>, fecha de consulta febrero 2015.

[4] Google Inc., Tipos de termómetros,  
<http://etermicacsj.blogspot.com/p/tipos-de-termometros.html>, fecha de consulta febrero 2015.

[5] 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.