

# Diseño y construcción de un sistema centralizado de monitoreo de temperatura para termocunas del área de neonatos de un hospital

W. Ontaneda<sup>1</sup>, D. Vivanco<sup>2</sup>, M. Yapur<sup>3</sup>.  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
Escuela Superior Politécnica del Litoral.  
Km. 30.5 vía Perimetral, PO 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador  
wontaned@fiec.espol.edu.ec<sup>1</sup>  
lvivanco@fiec.espol.edu.ec<sup>2</sup>  
myapur@fiec.espol.edu.ec<sup>3</sup>

## Resumen

Durante los primeros días de vida del neonato, el ambiente donde se encuentre será un factor muy importante para sobrevivir; estudios realizados demuestran que la temperatura corporal depende mucho del ambiente en el que se encuentre; he ahí la importancia de tener una mayor monitorización sobre la temperatura ambiental del neonato. Este trabajo se lo realizó con la finalidad de tener un control sobre la monitorización de la temperatura del ambiente donde se encuentre el neonato, ayudando así a que la temperatura corporal del recién nacido no sufra cambios bruscos.

Con esto se logrará dejar un buen precedente sobre la influencia que hoy en día tiene la ingeniería en la medicina, y el aporte que la tecnología brinda para el mejoramiento de la salud.

**Palabras claves:** neonato, ambiente, temperatura, monitorización.

## Abstract

During the first days of the newborn, the environment where he is in, will be a very important factor for him to survive; studies have shown that the coporal temperature depends a lot on his environment; hence the importance of the monitorization about the environmental temperature of the newborn.

This work was developed in order to have control over the monitorization of the environmental temperature where the newborn is; so in this way the coporal temperature of the newborn doesn't undergo sudden changes.

This will record a good precedent about the influence of the engineering in medicine, and how the contribution of technology provides for the improvement of health.

**Keywords:** neonate, ambient, temperature, monitoring.

## 1. Introducción.

Este trabajo presenta el diseño y construcción de una central de monitoreo de temperatura para termocunas, la cual cumple con las siguientes características:

- Central
- Receptor
- Conexión USB
- Aplicación para Windows 7

## 2. Marco Teórico.

### 2.1 Parámetros ambientales del neonato.

La Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN) debe ser en un lugar menos ruidoso, sin exceso de

iluminación, con un clima controlado, menos agresivo para el neonato. [1]

Los recién nacidos en las Unidades de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN), están expuestos a un ambiente indispensable para mantenerlos vivos, pero no tan apropiados en términos de soportar un desarrollo normal y natural.

### 2.2 Medidas para disminuir el impacto ambiental.

#### • Disminución de la luz

Los niveles de luz en una UCIN no están establecidos. Las recomendaciones actuales sugieren una luminosidad entre 10 lux y 600 lux al lado de la cuna, tanto de fuentes

naturales como eléctricas ajustables, impidiendo luces directas. [2]

- **Disminución del sonido**

Considerando las normas de diseño de una UCIN, se indica que no se recomiendan ruidos que superen los 55 dB en cualquier parte del área de la Unidad, con un máximo transitorio de 70 dB. [3]

### 2.3 Temperatura del recién nacido.

El recién nacido produce calor principalmente por la termogénesis química, llamada termogénesis sin estremecimiento, teniendo una forma eficiente de regular su temperatura a través del metabolismo llamado “grasa parda”.

La grasa parda es un tejido graso especial en el recién nacido, el cual tiene una alta capacidad para producir calor a través de reacciones químicas. Como se puede observar en la Figura 1.1, la grasa parda se encuentra localizada en la nuca, el cuello, la región interescapular, el mediastino y alrededor de los riñones.



**Figura 1.** Distribución de la grasa parda en el cuerpo del neonato. [4]

Se considera que el bebé debe estar en un ambiente donde su temperatura central esté entre los 36,7°C y los 37,3°C.

### 2.4 Hipotermia

En condiciones de estrés por frío, la temperatura corporal central es inicialmente normal a expensas de un gran costo energético. Cuando el recién nacido pierde la capacidad para mantener su temperatura corporal normal, cae en hipotermia.

Cuando las pérdidas de calor superan a la producción de calor, el organismo

del bebé responde con mecanismos que disminuyen las pérdidas: vasoconstricción y postura corporal.

### 2.5 Hipertermia

La exposición a temperaturas superiores al ambiente térmico neutro da lugar a una lesión por calor, que se manifiesta por aumento de la temperatura.

Mediciones simultáneas de la piel, del abdomen, rectal o del pie, ayudan a distinguir si el recién nacido está febril, porque ha sido iatrogénicamente sobrecalentado o, tiene un estado hipermetabólico provocado por una infección o por drogas.

### 2.6 Modos de pérdida y ganancia de temperatura en el recién nacido

Existen cuatro mecanismos por los cuales el calor es transferido desde y hacia la superficie corporal. Estos son:

- **Conducción**

Se da por la pérdida o ganancia del calor corporal a una superficie fría o caliente en contacto directo con el recién nacido.

- **Convección**

Este mecanismo se presenta por la pérdida o ganancia de calor corporal hacia corrientes de aire o agua, las que envuelven al recién nacido.

- **Evaporación**

En el recién nacido ocurre cuando el niño está bañado en el líquido amniótico, y se debe a la falta de queratinización de la epidermis y la vasodilatación de los vasos sanguíneos subcutáneos.

- **Radiación**

La radiación se presenta por la pérdida de calor corporal hacia un objeto más frío, que no está en contacto directo con el niño.

### 2.7 Alternativas para el control del ambiente térmico de un recién nacido

La medición de temperatura puede realizarse prácticamente en cualquier

parte del cuerpo y por diversos instrumentos, siendo el más usado el termómetro clínico el cual debe tener un rango de medición desde los 32°C, con el fin de que puedan calificarse los grados de hipotermia.

- **Incubadora**

La Incubadora es el elemento de uso común para calentar al neonato. La mayoría de los procedimientos invasivos se deberían realizar a través de las ventanas de ésta.

- **Termocuna o cuna de calor radiante**

Antes de colocar al recién nacido en la Termocuna, es necesario encender el equipo anticipadamente para que el colchón y la sábana donde se apoya el niño estén calientes. El calor por radiación tendrá un nivel adecuado a las necesidades del niño.

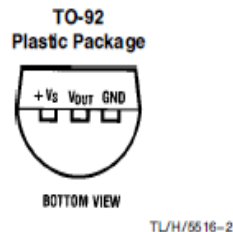
- **Colchón térmico**

Se lo utiliza como alternativa a las cunas de calor radiante para mantener a recién nacidos con pesos menores a los 1500g, más calientes y contribuyendo a reducir la incidencia de hipotermia.

### 3. Preliminares del diseño

#### 3.1 Descripción del circuito integrado LM35

El integrado LM35 es un sensor de temperatura producido por el fabricante National Semiconductor. Cuenta con una precisión calibrada de 1°C. Su rango de medición va desde -55°C hasta 150°C, la salida es lineal y cada grado centígrado equivale a 10mV.



**Figura 2.** Encapsulado TO – 92. LM35. [5]

### 3.2 Pantalla de cristal líquido (LCD)

Las pantallas de cristal líquido LCD tienen la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico.

La pantalla consta de una matriz de caracteres distribuidos en una, dos, tres o cuatro líneas de 16 hasta 40 caracteres cada línea.



**Figura 3.** LCD 2X16, compuesta de 2 líneas de 16 caracteres. [6]

- **Diagrama de pines**

**Tabla 3.1** Simbología y descripción de pines en la LCD. [7]

PIN N.-	Simbología	Descripción
1	Vss	GND
2	Vdd	+5V
3	Vo - Vee	Alimentación del cristal líquido (contraste)
4	Rs	Selección de registro
5	RAW	Selección de lectura/escritura
6	E	Señal de activación del módulo
7	DB0	I/O (Bit 0 del dato)
8	DB1	I/O (Bit 1 del dato)
9	DB2	I/O (Bit 2 del dato)
10	DB3	I/O (Bit 3 del dato)
11	DB4	I/O (Bit 4 del dato)
12	DB5	I/O (Bit 5 del dato)
13	DB6	I/O (Bit 6 del dato)
14	DB7	I/O (Bit 7 del dato)

- **DDRAM (Data Display RAM)**

La DDRAM es donde se almacenan los caracteres que se van a mostrar en la pantalla.

- **CG RAM (Character Generator RAM)**

La CG RAM es la memoria que contiene los caracteres definibles por el usuario.

- **Modo de funcionamiento**

- Modo Comando
- Modo carácter o dato
- Modo de lectura del busy flag ó LCD ocupada

- **Comandos de control**

**Tabla 3.2** Códigos de control del LCD.  
[8]

Instrucciones	Código									
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
Display ON/OFF Control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	x	x
Function Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	x	x
Set CG RAM Address	0	0	0	1	Puntero de RAM (CG RAM)					
Set DD RAM Address	0	0	1	Puntero de RAM (DD RAM)						
Read Busy Flag & RAM Pointer	0	1	BF	Puntero de RAM (DD RAM o CG RAM)						
Write to CG RAM or DDRAM	1	0	Escribir Dato							
Read from CG RAM or DDRAM	1	1	Leer Dato							

### 3.3 Transmisor– Receptor inalámbrico (HM - TR 434)

El módulo de enlace de datos inalámbricos HM-TR 434 pertenece a la familia de los trans - receptores HM-TR.

Entre las características generales del módulo se destaca la alta tasa de transmisión de datos y, una cobertura de transmisión amplia; es poco susceptible a la interferencia.

- **Distribución de pines.**

**Tabla 4.1** Descripción de los pines del módulo HM – TR 434. [9]

IN N.-	NOMBRE	DESCRIPCION
1.- VDD	Fuente de alimentación	5V
2.- DTX	Transmisión de datos	Transmisión de datos por el módulo
3.- GND	Conexión a tierra	0V
4.- DRX	Recepción de datos	Recepción de datos por el módulo
5.- CONFIG	Modo de Configuración	Si el pin CONFIG está en ALTO al encender el módulo entra en modo de configuración Si el pin de CONFIG está en BAJO al encender el módulo entra en el modo normal para la transmisión de datos
6.- ENABLE	Habilitación	Si el pin ENABLE está en ALTO el módulo se enciende Si el pin ENABLE está en BAJO el módulo entra en modo dormir

- **Tipo de comunicación**

El tipo de comunicación escogida para la generación de la señal a transmitir, es la modulación por ancho de pulsos (PWM).

La modulación PWM (Pulse Width Modulation), se basa en modificar el ciclo de una señal periódica (generalmente se emplea sobre señales sinusoidales o cuadradas).

### 3.4 El Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y unidades de E/S (entrada/salida).

Un microcontrolador cuenta con un generador de reloj integrado y una pequeña cantidad de memoria RAM y PROM/EPROM/EEPROM/FLASH; para que éste funcione, necesita algunos programas de control y un cristal de sincronización.

- **PIC16F887 (Para el sensor de temperatura y Transmisión – Recepción inalámbricas)**

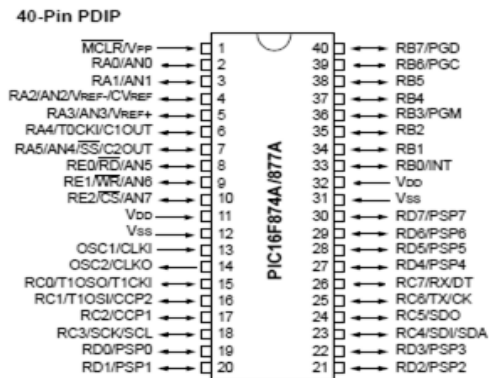
El PIC16F887 pertenece a la subfamilia de microcontroladores PIC (Peripheral Interface Controller) son fabricados por Microchip Technology Inc.

Se destacan las siguientes características:

- Procesador de arquitectura RISC avanzada
- Hasta 368 bytes de memoria de datos RAM
- Hasta 256 bytes de memoria de Datos EEPROM
- Hasta 14 fuentes de interrupción internas y externas
- Pila de 8 niveles
- Modos de direccionamiento directo e indirecto
- Perro Guardián (WDT)

- Modo SLEEP de bajo consumo

**Diagrama de pines del PIC16F887**



**Figura 4.** PIC PIC16F887- Diagrama de pines. [10]

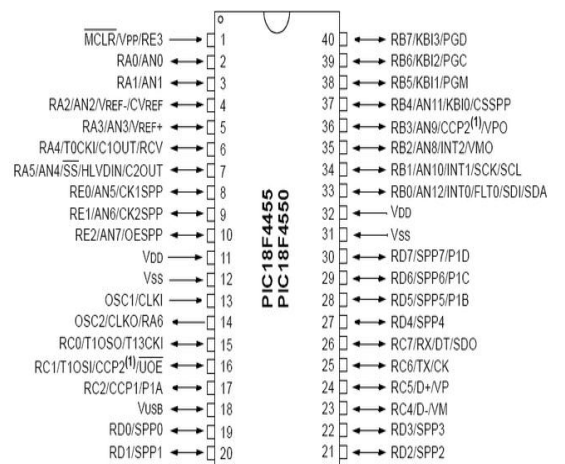
**• PIC18F4550 (Para la conexión USB)**

Este tipo de microcontrolador es fabricado por la empresa MICROCHIP Technology INC. Se destaca por su versatilidad, velocidad y disponibilidad de herramientas para su programación entre otros.

Se destacan las siguientes características:

- Rango de voltaje de operación: 2V – 5V
- Timer0: Timer/Counter de 8 ó 16 bits
- Timer1: Timer/Counter de 16 bits
- Timer2: Timer de 8 bits
- Timer3: Timer/Counter de 16 bits
- 35 Pines I/O (Entrada/Salida)
- 48 MHz como máxima frecuencia de trabajo
- 35 Instrucciones
- Núcleo de 8 bits
- 256 bytes de memoria EEPROM
- 2KB de memoria RAM
- Oscilador interno y externo

**Diagrama de pines del PIC18F4550**



**Figura 5.** Diagrama de pines del PIC18F4550. [11]

**4. Implementación de la central de monitoreo.**

**4.1 Introducción**

En la implementación del sistema electrónico se utiliza PROTEUS, desarrollado por Labcenter Electronics. La central de monitoreo, se implementa el código fuente de los microcontroladores del transmisor y receptor con uso de la herramienta Pic C, así como también para la comunicación USB.

Las aplicaciones de escritorio son desarrolladas con Netbeans de la Plataforma Java de Sun Microsystems.

**4.2 Implementación de los circuitos**

**• Central de monitoreo**

En la central de monitoreo se encuentran los sensores de temperatura LM35; un filtro activo pasa bajo permite atenuar interferencias, mejorando la calidad de recepción en el Pic y tener estabilidad de la medición.

El sistema de botoneras envía un bajo cuando no se ha presionado y un alto cuando se presiona, todas excepto Resetn, que es lo contrario.

**• Recepción inalámbrica**

En la Recepción, el módulo HTMR-434 recibe los datos de la central de Monitoreo, los datos se convierten en valor de temperatura y se visualizan en una LCD.

Los datos se muestran en forma cíclica de dos segundos para cada termocuna.

- **Conexión USB**

La conexión USB se realiza a través del PIC 18F4550. Recibe datos de los convertidores analógicos y los convierte en temperatura; una vez que tiene los valores, los guarda en los bancos de memoria interna del PIC y espera que la autenticación HID sea aceptada.

Realizada la autenticación PIC – PC, se envían los datos obtenidos a una aplicación de la plataforma Java.

- **Aplicación de escritorio Java**

Instalados los drivers del PIC 18F4550, se tiene la facilidad de comunicación con una interfaz de cualquier sistema operativo, en este caso se ha elegido Windows 7.

La información obtenida por las entradas analógicas es convertida en valores de temperatura. Cuando se autentica la comunicación PIC – PC, se decodifica la trama en números enteros y se los visualiza en una caja de texto de la aplicación creada en Netbeans.

## 5. Pruebas de funcionamiento



Figura 6. Central de monitoreo vista frontal

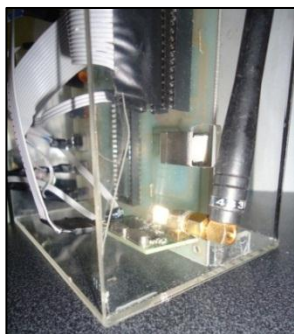


Figura 7. Central de monitoreo transmisión inalámbrica

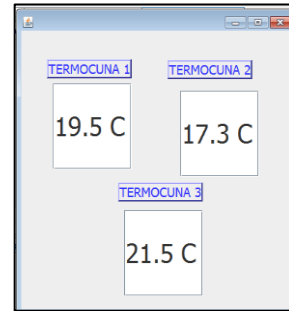


Figura 8. Aplicación Java para la conexión USB



Figura 9. Recepción – Transmisión funcionando

## 6. Conclusiones

- Se ha construido un sistema de monitoreo electrónico y automático para ser colocado en la central de enfermeras, el cual es capaz de facilitar la supervisión de la temperatura del ambiente de las termocunas de neonatos.
- Con el uso de esta central de monitoreo, basado en un método de medición de temperatura no invasivo, se ha minimizado la interacción de la enfermera – neonato, a menos que ésta sea necesaria.
- Mediante el uso de los transceivers HM – TR 434, se logra establecer una comunicación inalámbrica de manera eficiente, obteniendo resultados exactos en la transmisión y recepción de datos, haciendo de este sistema independiente y libre de cables en el ambiente de las Unidades de Cuidados Intensivos.
- La correcta programación de los PIC 16F887 y 18F4550, maximiza la funcionalidad del equipo. Estableciendo líneas de código correctas y rectificando los errores en programación, se demuestra que los valores sensados por el LM35, así como también la comunicación USB, se realizan con márgenes de error reducidos, aumentando de esta manera la correcta funcionalidad de la programación y el diseño del proyecto.

## 7. Referencias

- [1] RUZA, Francisco. 2002. Cuidados Intensivos Pediátricos. España: Norma-Capitel, 2002. Capítulo 15, pág. 196.
- [2] VILLAMIZAR, Hernando A. 2007. Estudio Ecología Neonatal. Colombia. Congreso Colombiano de Pediatría. Modulo 1, pág. 32.
- [3] VILLAMIZAR, Hernando A. 2007. Estudio Ecología Neonatal. Colombia. Congreso Colombiano de Pediatría. Modulo 1, pág. 33.
- [4] Regulación de la temperatura en el bebé recién nacido, <http://www.infogen.org.mx/Infogen1/servlet/CtrlImpArt?clvarticulo=10864>, fecha de consulta: 14 de Mayo del 2012.
- [5] Datasheet del LM-35, <https://www.national.com/ds/LM/LM35.pdf>, fecha de consulta: 24 de Junio del 2012.
- [6] PALACIOS, Enrique. 2004. Microcontrolador PIC16F84 desarrollo de proyectos. México: AlfaOmega, 2004. Capítulo 13, pág. 187
- [7] Modo Visualizador del LCD <http://www.disca.upv.es/aperles/web51/modulos/lcd/index.html>, Fecha de consulta: 21 de Junio del 2012.
- [8] PALACIOS, Enrique. 2004. Microcontrolador PIC16F84 desarrollo de proyectos. México: AlfaOmega, 2004. Capítulo 13, pág. 192
- [9] Datasheet del HTMR-434, <http://roboeq.com/PDF/0501018.pdf>, Fecha de consulta: 21 de Junio del 2012.
- [10] Datasheet Microcontrolador 16F887; <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41291F.pdf>, Fecha de consulta: 25 de Junio del 2012.
- [11] Datasheet Microcontrolador 18F4550; <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>, Fecha de consulta: 25 de Junio del 2012.