

# Requisitos sistema empotrado para la monitorización y control de un mini horno para la incubación de bacterias

## v4

Marina Pérez Jiménez  
Norberto Cañas de Paz.

## 1. Introducción

### 1.1. Propósito

El propósito de este documento es establecer un punto de partida, relativamente preciso, para el desarrollo del primer prototipo de un sistema empotrado (**SE**) encargado de monitorizar (y en parte controlar) el comportamiento de un mini horno para la incubación de bacterias.

Este documento está dirigido a los alumnos de la asignatura Sistemas Empotrados de la ETS de Ingeniería de Sistemas Informáticos de la UPM, los cuales deberán completar su contenido para poder abordar con éxito el desarrollo del proyecto.

### 1.2. Alcance

El sistema empotrado a desarrollar tendrá un componente hardware y un componente software. En este caso, el componente hardware estará subdividido en dos unidades, **HW-1** y **HW-2**.

**HW-1** Contendrá los sensores, actuadores, los circuitos de acondicionamiento de señal analógico necesarios para los anteriores componentes, un dial para el establecimiento de la consigna de temperatura interior del horno y el sistema de acondicionamiento de señal adecuado para transferir señales a un monitor VGA.

**HW-2** Contendrá el microcontrolador que permitirá realizar el acondicionamiento de señal digital así como ejecutar el componente software del sistema.

El componente software (**SW**) se encargará de monitorizar un conjunto de variables ambientales, así como controlará la temperatura del interior del horno, para lo cual podrá actuar sobre una célula (peltier) con capacidad de calefacción o refrigeración, según convenga.

## 2. Descripción general

### 2.1. Visión general del documento

- Se describen a continuación los detalles del sistema que debe construirse.
- Este apartado está estructurado de la siguiente forma:
  - Perspectiva del producto.
  - Funciones del sistema.
  - Restricciones.

En el capítulo siguiente (3) se detallan los requisitos específicos.

### 2.2. Perspectiva del producto

El componente **HW-1** está completamente construido y su interfaz perfectamente establecido. Es necesario desarrollar los componentes **HW-2** y **SW**.

#### 2.2.1. Interfaz de usuario

1. El sistema ofrecerá al usuario un dial para establecer la consigna de temperatura del interior del horno.
2. El sistema ofrecerá un monitor para ofrecer al usuario informes de las variables ambientales, la consigna de temperatura interior del horno actualmente establecida, así como la temperatura actual del horno.

#### 2.2.2. Interfaz hardware

El componente **HW-1** ofrece un conector al componente **HW-2** por el que suministra las señales acondicionadas de los sensores y la señal de posición del dial de establecimiento de consigna de temperatura interior del horno. El mismo conector tiene vías para recibir las señales enviadas a los actuadores (refrigerador, calefactor y ventilador).

El monitor del sistema ofrece una conexión compatible con una UART (Rx, Tx y Gnd) que deberá ser utilizada desde el componente **HW-2**.

### 2.3. Funciones del sistema

1. El **SE** obtendrá la temperatura (interior del horno y exterior del horno), la humedad relativa (exterior del horno) y la intensidad luminosa (exterior del horno).
2. El **SE** generará informes ambientales, por el monitor del sistema, de las medidas obtenidas de los sensores, así como de la consigna de temperatura establecida por el usuario.

3. El **SE** atenderá a la consigna de temperatura establecida por el usuario, activando el sistema calefactor o el sistema refrigerador según convenga en cada caso.
4. El **SE** activará el ventilador de circulación forzada del aire, respetando los márgenes establecidos en los requisitos funcionales.
5. El **SE** suministrará al usuario un mecanismo para desactivar el funcionamiento del horno.

## 2.4. Restricciones

1. El microcontrolador a utilizar en el componente **HW-2** debe ser el PIC16F886.
2. El componente **HW-2** debe suministrar los siguientes conectores.
  - a) Conector de grabación del microcontrolador (MCLR,  $V_{DD}$ ,  $V_{SS}$ , RB7, RB6).
  - b) Conector de alimentación (clema PCB de 2 vías que conectará la fuente a un regulador de tensión -7805-).
  - c) Conector para las líneas de comunicación de la USART (Rx, Tx y Gnd).
  - d) Conector para señales. Dicho conector deberá respetar el siguiente orden de señales en sus pines: 1-Activación refrigerador, 2-PWM ventilador, 3-Activación calefactor, 4- Sensor de temperatura interior, 5-Sensor de temperatura exterior, 6-Sensor de humedad, 7-Sensor de intensidad luminosa, 8-Potenciómetro para consigna de temperatura.
  - e) Todos los conectores (salvo la clema de alimentación) respetarán el formato de tira de pines (cuadrados) con separación de 2.54 mm y el número de vías que corresponda en cada caso.
3. Las dimensiones de la placa del componente **HW-2** no pueden ser superiores a 6 cm x 6 cm.
4. Es necesario reservar espacio en la placa para cuatro tornillos de sujeción, de 4mm de diámetro, cerca de las esquinas de la misma. El margen necesario debe ser de 5mm de diámetro para poder alojar la cabeza de los tornillos.

Nota. No es necesario que el componente **HW-2** suministre un conector para compartir masa con **HW-1**, dado que ambos circuitos se alimentan con la misma fuente.

## 3. Requisitos específicos

**Encendido del sistema** Este caso de actividad contempla las acciones que deben realizarse al encender el sistema.

1. El **SE** arrancará en el momento de alimentar el horno.
2. El circuito a construir debe tener un LED que indique en todo momento si el sistema se encuentra alimentado.
3. Al efectuarse el encendido del **SE** debe emitirse un mensaje de bienvenida y 3s después deben comenzar las actividades de monitorización.

**Apagado del sistema** Este caso de actividad contempla las acciones que deben realizarse al apagar el sistema.

4. El **SE** dejará de funcionar en el momento en que se apague el horno.

**Actualización consigna de temperatura** En este caso de actividad se establece la forma en la que el sistema actualiza la consigna de temperatura del horno.

5. El sistema debe permitir al usuario cambiar la consigna de temperatura del horno en cualquier momento.
6. El usuario puede cambiar la consigna de temperatura del horno actuando sobre el dial reservado al efecto.
7. El sistema debe verificar la señal procedente del dial para establecer la consigna de temperatura cada 0.25s.
8. El valor asignado, por el usuario, a la consigna de temperatura del horno debe volcarse en el monitor del sistema cada segundo y debe ser la media de los valores leídos en el último segundo en el que se han detectado cambios significativos en el dial (más de 0.5 °C de diferencia).
9. La precisión con la que debe volcarse la consigna de temperatura en el monitor debe ser de un grado centígrado.
10. El sistema debe actualizar internamente la consigna de temperatura del horno, 5s después de no registrarse cambios en el dial de entrada superiores a 0.5 °C.
11. El sistema establecerá como consigna de temperatura el valor entero más próximo a la consigna de temperatura establecida.
12. El voltaje que suministra el dial de temperatura puede evolucionar en el margen 0V..3.8V. Debiendo corresponderse el valor de 0V con 0°C y el de 3V con 60°C.
13. Cualquier voltaje suministrado por el dial de temperatura superior a 3V debe interpretarse como orden de apagado del sistema de acondicionamiento de temperatura, lo cual debe indicarse en el informe de monitorización.

**Monitorización de variables ambientales** El sistema debe monitorizar un conjunto de variables ambientales.

14. El sistema debe monitorizar la temperatura del exterior del horno, la humedad relativa del exterior del horno, la temperatura interior del horno y la intensidad luminosa exterior del horno.
15. El sensor utilizado para medir la temperatura exterior es el MCP9700. Para poder traducir a grados centígrados el voltaje indicado por el sensor, debe utilizarse la información proporcionada por el fabricante en la correspondiente hoja de especificación (MCP9700 Low-Power Linear Active Thermistor ICs).
16. El sensor utilizado para medir la humedad relativa es el HIH-4000. Para poder traducir el voltaje suministrado por el sensor a tanto por ciento de humedad relativa, debe utilizarse la curva de respuesta indicada en la figura 3 de la hoja de especificación suministrada por el fabricante (HIH-4000 Series Humidity sensors).
17. El sensor de iluminancia suministra una señal analógica en el rango 0V..5V.
18. Para obtener la iluminancia en lux, es necesario dividir por  $3,8 * 10^{-4}$  el voltaje (en voltios) suministrado por el sensor de iluminancia.
19. El sistema debe ofrecer cada 5s al usuario (utilizando el monitor instalado al efecto), los valores detectados de las variables ambientales, utilizando unidades del Sistema Internacional (salvo para el sensor de humedad relativa, cuyo resultado se ofrecerá en tanto por ciento).

**Control de temperatura interior** Se establecen en este apartado los condicionantes del sistema de control de temperatura.

20. El sistema de control de temperatura no debe generar un error de temperatura superior a  $0.5^{\circ}\text{C}$ , en situación de régimen permanente.
21. El régimen transitorio del sistema de control de temperatura no debe durar más de 3 minutos, para el caso de un cambio de consigna de 30 grados (considerando una temperatura exterior de  $23^{\circ}\text{C}$ ).
22. La célula (peltier) de refrigeración y calefacción cuenta con un sistema de acondicionamiento de señal que permite actuar de forma proporcional al ciclo de trabajo de las señales de refrigeración o calefacción. Es obligatorio poner a cero la señal de refrigeración si se activa la de calefacción y viceversa.
23. (Se establece en este prototipo un sistema de control de temperatura básico) En el sistema de control de temperatura, actuará como **consigna** la *temperatura objetivo* del interior del horno y como **variables a controlar** el *encendido y apagado de los sistemas de refrigeración y calefacción*, así como la *velocidad del ventilador* (las señales del calefactor y el ventilador son digitales, mientras que la velocidad del ventilador debe ser PWM).
24. Para el bucle de control se sugiere una actuación proporcional según sea la magnitud del error de temperatura. Ello deberá afectar a la señal de calefacción o refrigeración (según sea el signo del error) y a la velocidad del ventilador (según sea la magnitud del error).
25. La velocidad del ventilador es proporcional a su voltaje de alimentación, el cual puede evolucionar entre 0V y 5V. Sin embargo, el ventilador no contribuye correctamente a la refrigeración o calefacción del habitáculo del horno a velocidades generadas con voltajes inferiores a 1.25V (25 %) o superiores a 3.75V (75 %).
26. El sensor de temperatura interior suministra un voltaje cuyos valores pueden variar entre 0V y 3.75V, correspondiendo de manera lineal 0V a  $0^{\circ}\text{C}$  y 3.75V a  $60^{\circ}\text{C}$ .

## 4. Comentarios finales

Aunque no se esperan cambios de gran envergadura en este documento, su estado debe calificarse como inestable, por existir todavía la posibilidad de sufrir pequeñas modificaciones.