

# UNA APLICACIÓN DE INGENIERÍA BIOMÉDICA BASADA EN MICROCONTROLADORES: CONTROL DE TEMPERATURA EN RATAS DE LABORATORIO PARA EXPERIMENTACIÓN QUIRÚRGICA.

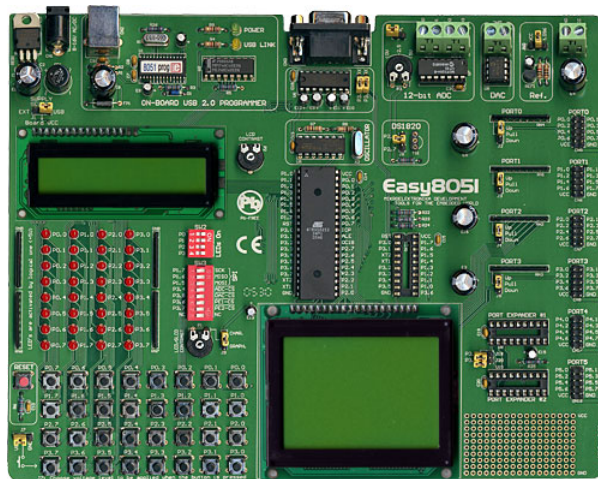
JA. HERNANDEZ, S.BORROMEIO, R. DE LA PRIETA, D. NEVADO, C. RODRIGUEZ  
*Departamento de Ingeniería Telemática y Tecnología Electrónica. Universidad Rey Juan Carlos.  
Madrid*

*En este trabajo se describe un proyecto de prácticas para alumnos de Ingeniería Informática en el cual el alumno diseña un sistema basado en un microcontrolador que mantiene la temperatura corporal en ratas de laboratorio, sedadas y sometidas a cirugía, de forma que el metabolismo basal mantenga con vida a la rata. La principal ventaja de la práctica propuesta es la aplicación de los conceptos teóricos aprendidos usando un sistema real.*

## 1. Introducción

La asignatura de Microprocesadores es cuatrimestral con una carga lectiva de 4,5 créditos (1,5 Teóricos y 3 Aplicados), optativa, tanto para los alumnos de 3º de la Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas, como para los alumnos de Ingeniería Informática. Si bien es cierto que los alumnos reciben los aspectos más conceptuales en asignaturas previas de Arquitectura y Tecnología de Computadores, sin embargo, el entorno de dichos conocimientos son los microprocesadores de propósito general. Esto hace que quede para la asignatura optativa el estudio de los microcontroladores [1], como pueden ser los PIC de Motorola, o la gama baja de Intel (como los 8051), cuyo uso es intensivo en el caso de los sistemas empotrados o en las aplicaciones industriales.

El plan de estudios de la asignatura se ha dividido en tres grandes bloques: Microcontroladores PICs, Microcontroladores 8051 y control de periféricos, entre los que se incluyen el control de *Displays* LCD, teclados matriciales, conversión A/D y control del estado de sensores.



**Figura 1. Kit de desarrollo Easy 8051 [2]**

Uno de los principales problemas que aparecen en la enseñanza de este tipo de asignaturas es adecuar los contenidos teóricos a los prácticos. Habitualmente los alumnos aprenden la programación de bajo nivel del microcontrolador sobre entrenadores “*ad hoc*”, también denominados “*kits* de

desarrollo”, con una serie de periféricos como: teclados matriciales, pulsadores, pantallas LCD. y, algún otro dispositivo que pueda ser controlado, como algún pequeño motor (ver Figura 1)

Como alternativa, se propone la realización de un sistema completo. Este enfoque va a permitir abordar aspectos más complejos del diseño como la adquisición de la señal, la arquitectura del sistema o la relación de los aspectos *hardware* y *software*. Además este enfoque aporta las siguientes ventajas:

- Integración en un único diseño los conocimientos que hasta ahora habían sido estudiados de una forma aislada: adquisición de señal, conversión A/D, alimentación del circuito, interfaz con el usuario, control de *display* LCD, diseño de E/S y programación de microcontroladores.
- Diseño de placas en PCB.
- Mayor motivación del alumno a través de una aplicación específica con utilidad real.

El objetivo de la práctica es la realización de un sistema de control autónomo de la temperatura de ratas de laboratorio anestesiadas con fines quirúrgicos. Al estar anestesiadas, disminuye su metabolismo basal y su temperatura corporal. Si esta disminución traspasa un determinado umbral inferior, puede ponerse en riesgo la vida de la rata por lo que no sería útil para su inclusión en el ensayo clínico. La forma de mantener su temperatura es exponerla, durante pequeños intervalos de tiempo, a una lámpara de infrarrojos. Por otra parte, cuando se observa un aumento de temperatura corporal, por encima de un determinado umbral máximo, la lámpara debe ser desconectada.

## 2. Desarrollo de la práctica

Como ya se ha explicado con anterioridad, el alumno debe diseñar e implementar en una placa PCB, un sistema de control autónomo basado en un microcontrolador.

El alumno recibe 15 horas de clases teóricas en las que se le enseñan los principios de programación de un Microcontrolador. Los conocimientos de electrónica, tanto digital como analógica, el alumno ya los posee de otras asignaturas. El resto de horas de clase (30 horas) se emplean en la realización de la misma con la supervisión del profesor que va complementando las carencias formativas o de destrezas que el alumno pueda tener. En algún caso puede requerir un número indeterminado de horas de trabajo personal en casa que compense esa falta de destrezas en algún aspecto, aunque eso ocurre en un número pequeño de alumnos.

A continuación se van a describir las distintas etapas en las que se divide la práctica.

- **Etapas de adquisición**

En esta etapa el alumno además de elegir el sensor más adecuado para la aplicación deberá diseñar el circuito de acondicionamiento. Se ha optado por el sensor de temperatura digital LM74 por su reducido tamaño y por su capacidad de transmisión mediante el protocolo serie SPI (*Serial Peripheral Interface*) [3].

- **Unidad de control y procesamiento**

La unidad de control está básicamente formada por el microcontrolador PIC16F876 [4]. El software asociado al microcontrolador se ha realizado en lenguaje ensamblador. El organigrama del programa desarrollado es el que aparece en la Figura 2

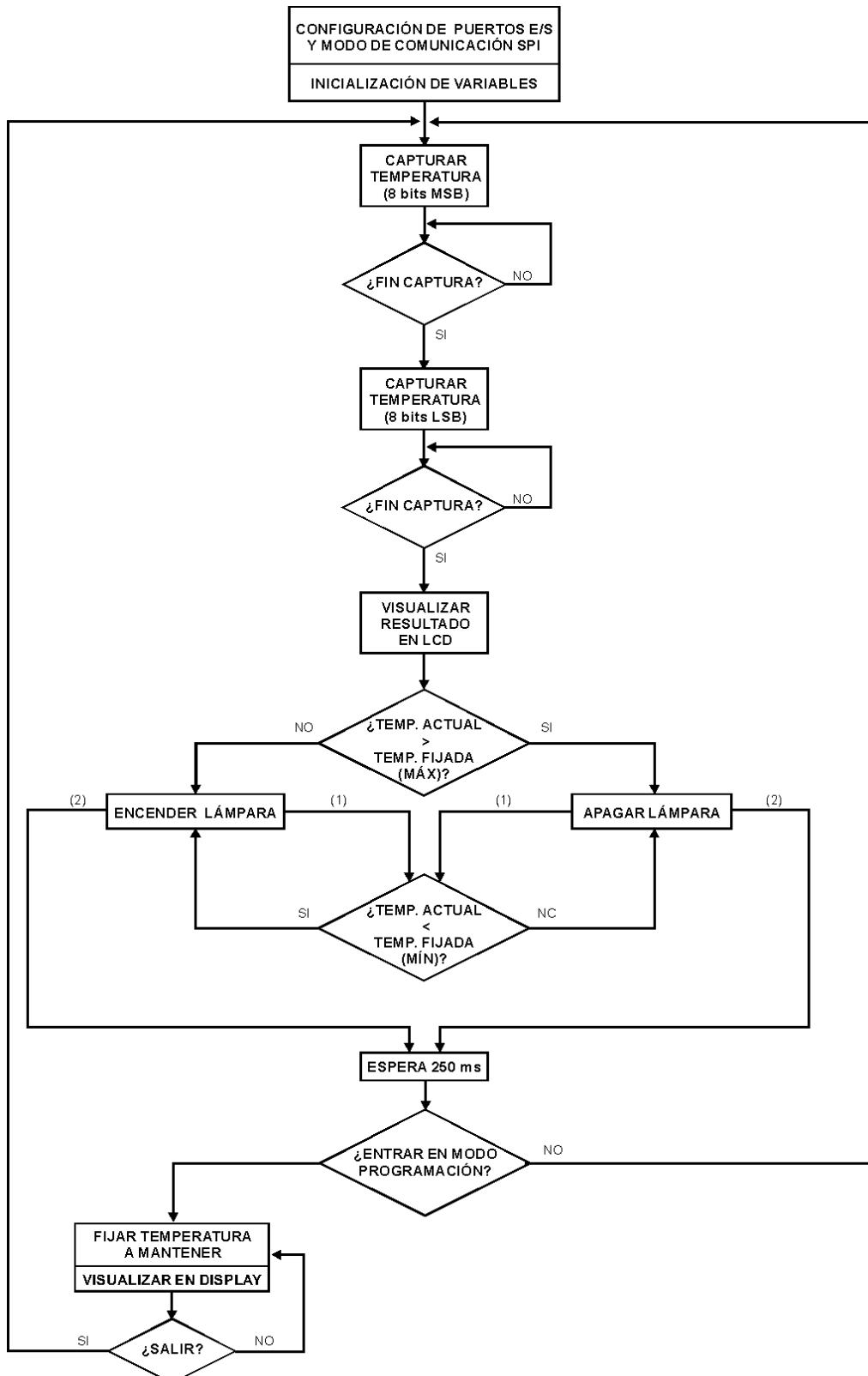


Figura 2. Organigrama del *software* del microprocesador.

- **Periféricos para programación de usuario final**

El sistema completo además de monitorizar la temperatura corporal de la rata, debe permitir fijar las temperaturas umbrales. A tal efecto se disponen unos pulsadores y una pantalla LCD.

Los periféricos son controlados por el PIC a través de los puertos de entrada/salida. En este caso el periférico de entrada lo forman cuatro pulsadores a través de los cuales se puede por una parte inicializar el equipo, y por otra acceder a la función de programar el valor de temperatura que el equipo debe mantener en el cuerpo del animal. El periférico de salida lo forma un *display* LCD de cristal líquido a través del cual el equipo muestra tanto el valor de la temperatura actual, como en el caso de entrar en modo programación el valor de la temperatura que estamos fijando para mantener.

- **Unidad de actuación. Etapa de Potencia.**

El PIC controla el apagado y encendido de la lámpara de infrarrojos mediante un circuito de potencia basado en un dispositivo TRIAC.

- **Aislamiento eléctrico y conexión entre el circuito digital y la etapa de potencia.**

El aislamiento eléctrico, se consigue empleando optoacopladores.

- **Fuente de alimentación**

La fuente diseñada consta de una etapa de transformación, rectificación mediante un puente de diodos, filtrado y de regulación de corriente.

- **Diseño, fabricación y montaje en PCB**

Para la realización de la PCB, los alumnos han empleado fotolitografía, obteniendo los fotolitos a través de ORCAD® [5].

### 3. Resultados.

En las siguientes figuras se pueden ver el esquemático (Figura 3) del circuito de control de temperatura diseñado y el prototipo final de la placa (Figura 4).

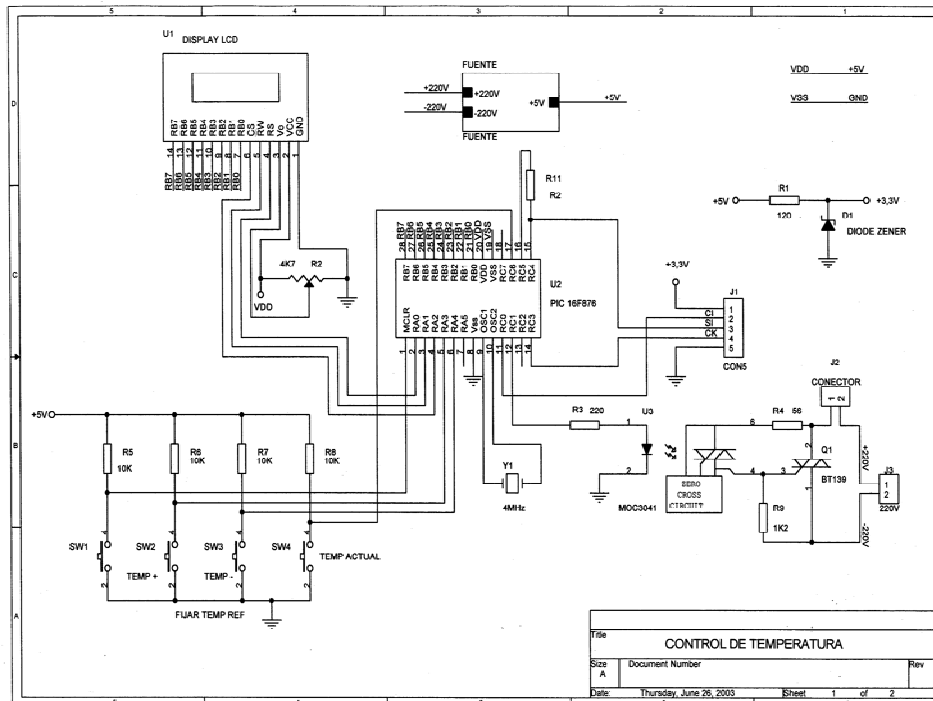
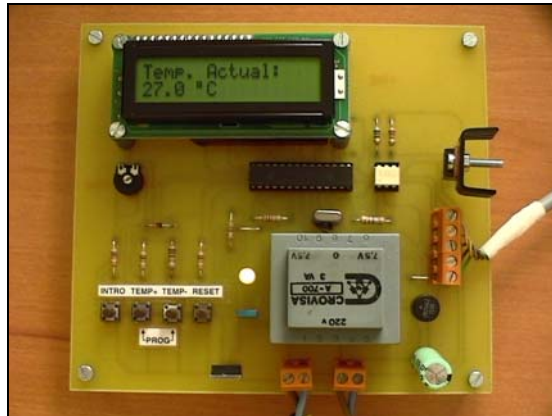


Figura 3. Circuito de control de temperatura



**Figura 4. Prototipo final**

### **3. Conclusiones**

Con esta práctica se introduce al alumno en los conceptos básicos de control basado en microcontroladores. El alumno, además de realizar un proyecto real tiene la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos en la titulación en las asignaturas de electrónica. De esta forma, los conocimientos dejan de ser estancos y carentes de significación contextual.

La ventaja con respecto a los *Kits de desarrollo* radica en que el alumno adquiere una visión mucho más completa. El *Kit de desarrollo* permite centrarse más en tareas de programación que de diseño o montaje. Sin embargo, el diseño, el montaje, además de la programación, responde de forma complexiva a todas las destrezas y habilidades que el alumno debe desarrollar.

### **Referencias**

1. Angulo J.M., Angulo I. Microcontroladores PIC. Diseño práctico de aplicaciones. McGraw-Hill, 1999.
2. <http://www.mikroelektronika.co.yu/english/product/tools/easy8051.htm>
3. <http://www.national.com/pf/LM/LM74.html#datasheet/>
4. <http://www.microchip.com/>
5. [www.orcad.com](http://www.orcad.com)