

SISTEMA INTEGRADO DE AUTOAPRENDIZAJE DE LOS MICROCONTROLADORES BASADO EN EL LENGUAJE C

LUIS M. MENÉNDEZ^{1,2}, JACINTO GONZÁLEZ^{2,3}, PILAR FERNÁNDEZ^{2,4} y ENRIQUE MANDADO^{2,5}

¹ *Técnicas Formativas, S.L.*

² *Instituto de Electrónica Aplicada. Universidad de Vigo.*

³ *Departamento de Informática. Universidad de Vigo.*

⁴ *Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del País Vasco*

⁵ *Departamento de Tecnología Electrónica. Universidad de Vigo.*

En este trabajo se presenta un sistema integrado orientado hacia los profesionales que deseen adquirir conocimientos sobre los microcontroladores en general y los PIC en particular, así como los sistemas diseñados con ellos. También se describe la metodología utilizada para explicar las características del lenguaje C que deben conocer los profesionales para desarrollar programas con el mismo.

1. Introducción

La elevación del nivel de autoaprendizaje tiene cada vez más importancia en las diferentes tecnologías, en especial en aquellas que como las tecnologías de la información tienen un carácter marcadamente horizontal, debido a lo cual todos los técnicos, independientemente de su área de especialización, deben conocer sus características y sus aplicaciones.

Esto motiva el interés por el desarrollo de sistemas integrados de autoaprendizaje que faciliten la formación continua.

2. Sistemas integrados de autoaprendizaje

Los autores definen un sistema integrado para el aprendizaje de una tecnología como un sistema que combina al menos dos de los subsistemas siguientes:

- Un libro impreso o un libro electrónico que presenta las características y los diferentes conceptos de una determinada área de la tecnología a través de un conjunto de ejemplos adecuadamente seleccionados.
- Un laboratorio virtual interactivo asociado con el libro que permite al usuario experimentar de una forma muy cercana a la realidad y le prepara para acometer experimentaciones reales.
- Un laboratorio real (entrenador) que facilita la experimentación para que el usuario memorice los principales conceptos y visualice las señales mediante instrumentos de aplicación específica (polímetro, osciloscopio, etc) o instrumentos basados en el computador, capaces de medir todo tipo de variables tanto eléctricas como no eléctricas.
- Un sistema de autoevaluación basado en computador.

Se define el libro electrónico tecnológico como un libro que está asociado con un conjunto de experimentos que forman un laboratorio virtual y que no solo facilitan al usuario una mejor comprensión de los conceptos, sino que lo preparan también para utilizar adecuadamente un laboratorio real. Cada concepto importante, del que no solo hay que adquirir un conocimiento teórico sino también práctico, está asociado con un experimento. Se distingue, además, de un libro tradicional porque incluye explicaciones habladas y videos.

El Laboratorio Virtual [1] es una herramienta multimedia interactiva que mejora el proceso de aprendizaje de las tecnologías complejas. Posee una interfaz de usuario intuitiva y fácil de utilizar, utiliza instrumentación simulada interactiva con funcionalidad similar a la de los instrumentos reales y

está orientado al análisis de los circuitos en lugar de a su diseño. Puede, además, incluir experimentos destructivos que contribuyen a evitar daños en los componentes y equipos del laboratorio real.

El valor pedagógico de las herramientas informáticas, libros electrónicos o laboratorios virtuales, resulta hoy en día incuestionable. Sin embargo, los autores le dan gran importancia a la realización de experimentos con instrumentos, componentes y sistemas reales, siempre y cuando los contenidos didácticos así lo permitan.

3. Sistema integrado para el aprendizaje de los microcontroladores

Los microcontroladores constituyen una de las principales áreas de la Electrónica Aplicada porque facilitan la introducción de los procesadores digitales en numerosos productos industriales. Pero, además, son en sí mismos una tecnología compleja en la que coexisten numerosos conceptos interrelacionados que dificultan el establecimiento de normas que garanticen tanto la fiabilidad de los sistemas basados en ellos como el mantenimiento de los mismos y la modificación de sus prestaciones a lo largo del proceso de diseño.

En el caso particular de los microcontroladores PIC se puede implementar un sistema integrado a partir de un libro, en cualquiera de las variantes explicadas con anterioridad, y alguno de los simuladores profesionales que se pueden encontrar en el mercado. Sin embargo, los autores consideran que, debido al bajo coste de implementación, es posible desarrollar una placa de aplicación general que pueda ser utilizada para comprobar el funcionamiento de los mencionados dispositivos.

Es por ello que el sistema integrado para el autoaprendizaje de los microcontroladores PIC, cuyo diagrama funcional se muestra en la figura 1, consta de un libro impreso y la placa SiDePIC-USB [2][3].

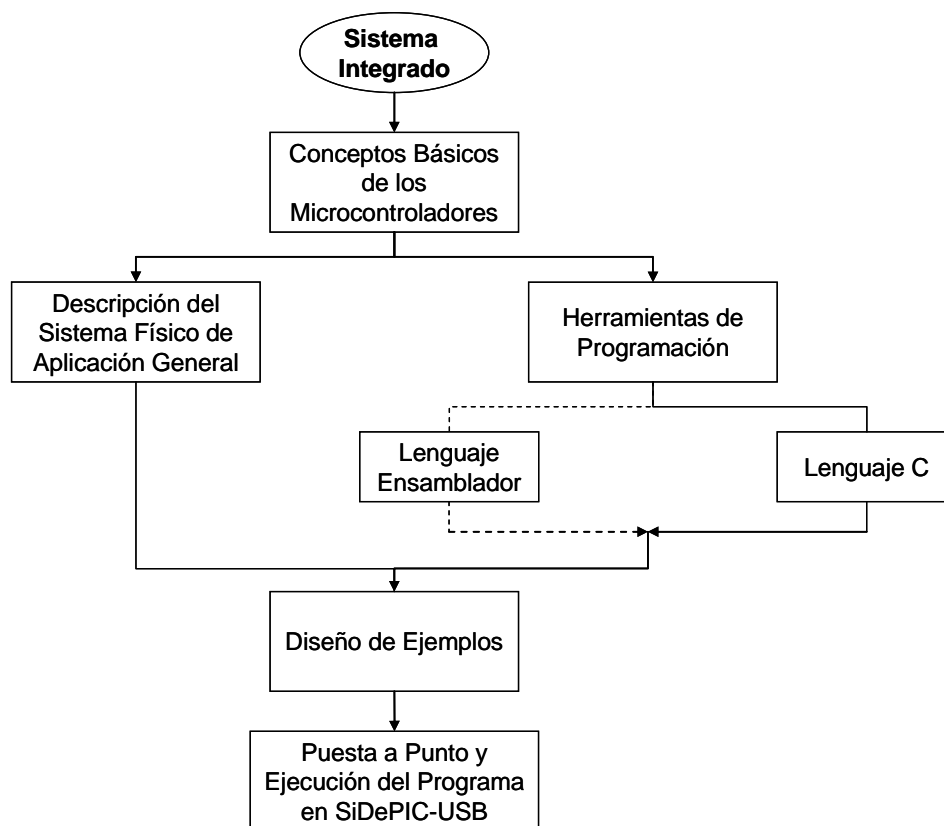


Figura 1. Diagrama funcional del sistema integrado para el autoaprendizaje de los microcontroladores PIC.

La formulación de los conceptos básicos de los microcontroladores y la descripción del sistema físico de aplicación general, que son temas eminentemente teóricos, se explican con un cierto nivel de profundidad, en el libro asociado al sistema de autoaprendizaje [3].

Los autores consideran importante la descripción del sistema físico, cuya fotografía se muestra en la figura 2, por dos razones específicas. En primer lugar se dota a los estudiantes de los aspectos básicos de funcionamiento de la placa para que puedan comprender el funcionamiento de los ejemplos descritos a lo largo de todo el libro. En segundo lugar, los criterios seguidos para el diseño del sistema físico pueden servir a los estudiantes como punto de partida para el desarrollo de sistemas de igual o mayor complejidad que SiDePIC-USB.

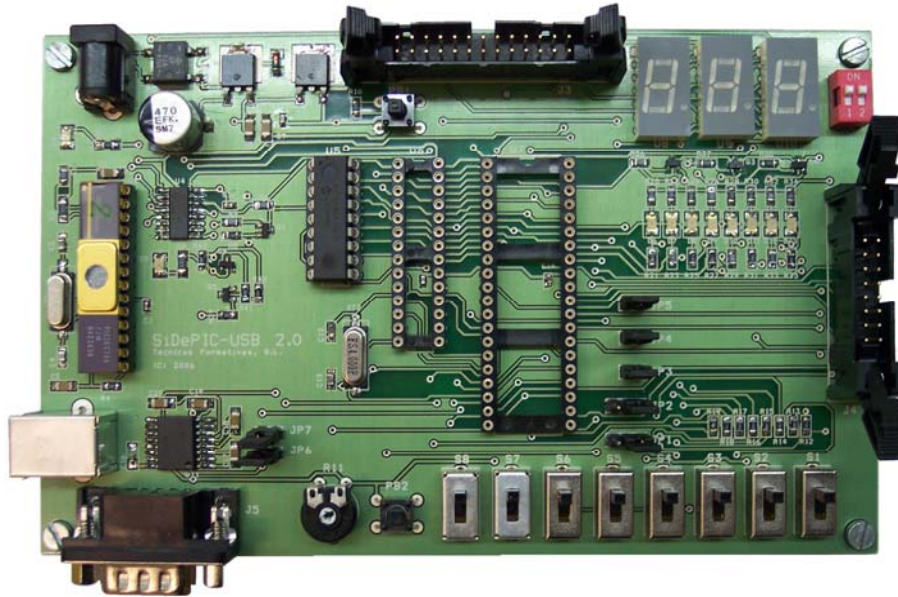


Figura 2. Fotografía de la placa SiDePIC-USB.

En relación con la herramienta de programación, los autores sugieren el uso de MPLAB [4], que ha sido desarrollada por Microchip. Lo anterior se debe a que:

- Es una herramienta gratuita, propiedad de la empresa fabricante de los microcontroladores.
- Permite editar, compilar y enlazar el programa con gran facilidad.
- Incluye una herramienta de simulación que proporciona resultados muy cercanos a la realidad.
- Se distribuye con una versión de un programa ensamblador, pero permite integrar otros compiladores de lenguaje C, elaborados por otras empresas.

Una vez descritos los conceptos básicos de los microcontroladores, el sistema físico y la herramienta de programación, en el sistema se presta especial atención al diseño de programas. Inicialmente se proponen un conjunto de prácticas en lenguaje ensamblador en las que se demuestra el funcionamiento interno del microcontrolador, así como su interacción con diversos periféricos externos. Posteriormente se repiten estas prácticas en lenguaje C con el objetivo de demostrar las diferencias y ventajas de programar en un lenguaje de alto nivel.

4. Lenguaje C para Ingenieros Electrónicos

En ocasiones el desarrollo de programas en lenguaje ensamblador requiere demasiado tiempo y esfuerzo. Este es el caso de los programas con cierta complejidad, como en los que se realizan cálculos matemáticos.

En la actualidad el C se ha convertido en el lenguaje de programación de alto nivel más utilizado por los programadores de aplicaciones para microcontroladores. Ello se debe a varias de sus características, entre las que se encuentran:

- Es un lenguaje compacto, con pocas instrucciones y fácil de aprender.
- Es independiente del procesador por lo que los programadores pueden centrarse más en los algoritmos y dejar a un lado las características del hardware en el que se va a ejecutar el programa.
- Genera programas en lenguaje máquina muy optimizados.
- Permite utilizar datos estructurados definidos por el usuario que son muy útiles para representar periféricos.
- Permite establecer un control directo del hardware sin renunciar a las ventajas de un lenguaje de alto nivel. Ello se debe a que posee instrucciones que actúan de forma individual sobre los bits de una combinación binaria al igual que un lenguaje ensamblador o de bajo nivel, y las combina con potentes instrucciones de control de flujo (saltos condicionales, etc), típicas de los lenguajes de alto nivel.

A pesar de que el lenguaje C ha demostrado ser altamente eficaz, no deja de tener algunos inconvenientes:

- Carece de instrucciones de entrada/salida y de manejo de cadenas de caracteres, lo que puede dar lugar a una pérdida de portabilidad por tener que utilizar funciones incluidas en las bibliotecas de las herramientas de diseño de programas.
- La flexibilidad en la escritura del programa puede generar errores de ejecución que no se detectan con facilidad porque tienen una construcción sintáctica correcta.
- La gran cantidad de operadores y las reglas de precedencia establecidas en el lenguaje C propician la escritura de expresiones de gran complejidad, difíciles de interpretar.
- Exige que el programador actúe de forma metódica para conseguir programas fáciles de mantener.

Una de las líneas esenciales abordadas en los temas dedicados al lenguaje de programación C consiste en explicar las características del mismo que son utilizadas en el diseño de programas para sistemas con microcontroladores.

También se presta mucha atención a la eficiencia del compilador en la generación del programa en lenguaje máquina y a la interacción de este último con la arquitectura del procesador.

De acuerdo con los dos aspectos anteriores, el modelo para explicar las características del lenguaje C parte de una breve explicación teórica y culmina con uno o varios ejemplos que demuestran el funcionamiento en el microcontrolador del tema explicado.

Los ejemplos son simples fragmentos de programa, como en los que se explican los tipos de datos, operadores o instrucciones. También se describen otros ejemplos más complejos en los que se desarrollan programas que tienen una funcionalidad determinada, la cual se puede comprobar al grabar dichos ejemplos en la memoria del microcontrolador colocado en uno de los zócalos de la placa SiDePIC-USB y ejecutarlos posteriormente.

En general, el énfasis no se hace en el diseño de los algoritmos. En su lugar se describen técnicas generales que son extensamente aplicables en el diseño de sistemas con procesadores digitales.

5. Conclusiones

El sistema de autoaprendizaje descrito facilita el aprendizaje de los microcontroladores PIC y el desarrollo de sistemas electrónicos de control y comunicaciones basados en ellos. Se presta especial atención a la programación en lenguaje C ya que una de las constantes en los sistemas con microcontrolador es el empleo de este lenguaje, el cual es considerado un estándar en la programación de dichos sistemas.

La metodología descrita se ha utilizado en diferentes cursos sobre microcontroladores PIC, a los que han asistido numerosos profesionales de diversas ramas tecnológicas interesados en el tema.

Referencias

- [6] A. Salaverría, L. F. Ferreira, J. Martínez, J. G. Dacosta y E. Mandado. *Laboratorio virtual para el autoaprendizaje de la electrónica aplicada. Libro de Actas del VII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica*, Madrid (2006).
- [7] L. M. Menéndez, L. Fernández, C. Quintans y E. Mandado. *SIDEPIC-USB, una herramienta para el aprendizaje de los microcontroladores PIC. Libro de Actas del VII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica*, Madrid (2006).
- [8] E. Mandado, L. M. Menéndez, L. F. Ferreira y E. López. *Microcontroladores PIC: Sistema integrado para el autoaprendizaje*. Editorial Marcombo, Barcelona (2007).
- [9] MPLAB® IDE User's Guide. *Microchip Corporation. Home Page. <http://www.microchip.com>*.
- [10] L. Di Jasio. *Programming 16-Bit PIC Microcontrollers in C*. Editorial Newnes, United Kingdom (2007).