

El abordaje de los sistemas embebidos mediante un hardware didáctico.

S. Geninatti, G. Gennai, G. Minnucci, S. Roatta y L. Hendryk

Palabras claves: kit didáctico, computación reconfigurable, sistemas embebidos, sistemas abiertos.

Resumen

Se presenta aquí una actividad desarrollada en la asignatura Digital III, en donde los alumnos abordan problemas de electrónica digital sobre un hardware didáctico. Se parte del supuesto que las actividades de taller y laboratorio son trascendentes para la consolidación del conocimiento del ingeniero. En la experiencia se trabajó con un *kit para la enseñanza de sistemas embebidos* desarrollado por la cátedra que acerca al ámbito académico un soporte para el desarrollo y la práctica de soluciones basadas en sistemas de microcómputo reconfigurables sobre sistemas abiertos. El kit ha demostrado ser una herramienta eficaz que permite a una asignatura cuatrimestral afrontar ciertos proyectos y problemas de ingeniería con un mínimo esfuerzo de implementación. Estimamos que el producto final de este trabajo puede ser de gran utilidad en la enseñanza de grado de la electrónica digital en universidades argentinas y en carreras como ingeniería electrónica, electricista e informática. Se pretende, además, contribuir a acercar estas tecnologías al ámbito académico de manera de ampliar las posibilidades de desarrollo profesional de los actores de este ámbito y sobre todo a los alumnos de las carreras de grado ya que les posibilitará ampliar sus conocimientos sobre el campo, brindándoles herramientas útiles para abaratar costos de desarrollo de nuevos sistemas hasta ahora vedados a desarrolladores con poca infraestructura o recursos instrumentales. La reducción creativa de los costos de desarrollo de implementaciones tecnológicas es un factor clave para añadir competitividad a la innovación tecnológica local.

Introducción

En la enseñanza de diseño y análisis de sistemas de microcómputo es posible elegir entre dos alternativas perfectamente definidas, cada una de ellas con sus ventajas e inconvenientes. Es indudable que el abordaje mediante microprocesadores o *sistema abiertos* permite estudiar la problemática de manera general y amplia. Los microcontroladores solo ofrecen una perspectiva mucho más restringida y acotada, olvidando aspectos muy importantes para la formación de los alumnos como por ejemplo la conexión de dispositivos a buses. La potencia y versatilidad de los microprocesadores se contraponen con la sencillez de implementación de los microcontroladores.

La ausencia, en nuestro país, de kits didácticos para la enseñanza de sistemas embebidos con microprocesadores ha obligado a muchos docentes a resignarse a la enseñanza mediante *sistemas cerrados*, privando a los alumnos de una visión más completa y de mayor valor conceptual. Estas razones han motivado a la cátedra de Digital III a diseñar y construir un kit de desarrollo de sistemas abiertos para utilizar como herramienta didáctica.

Los alcances del proyecto excedieron este primer objetivo e incluyeron la incorporación de dispositivos lógicos programables para toda la lógica que rodea al microprocesador. Dos son los motivos que impulsaron esta decisión. Primero, generar un sistema flexible, capaz

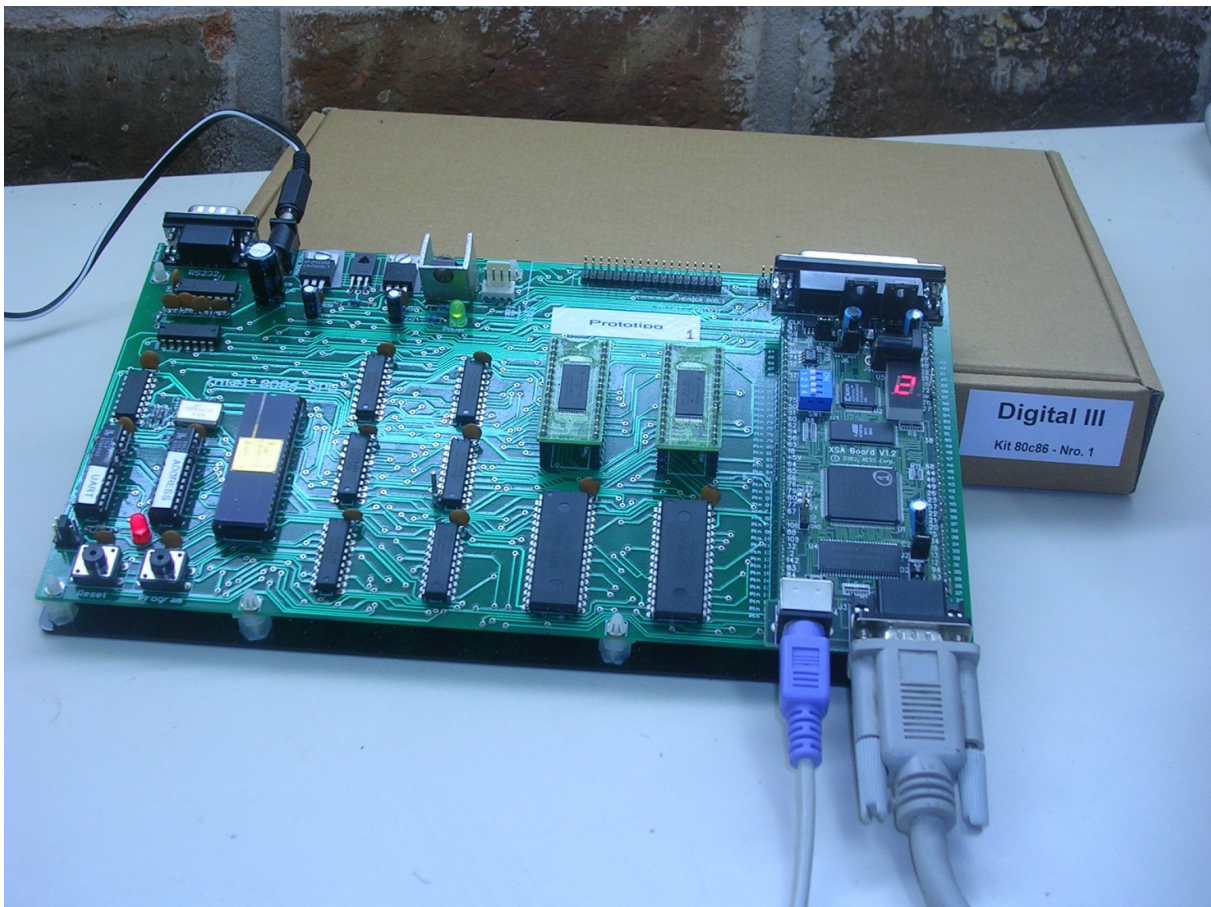
de ser modificado, actualizado y/o rediseñado. Segundo, presentar a los alumnos un sistema de microcómputo construido con FPGAs y PLDs, la tecnología que ya comienza a prevalecer en el mercado y que sin duda será dominante en los próximos años.

Objetivos

Acercar a los alumnos de Digital III un soporte hardware para el desarrollo y la práctica de los problemas de ingeniería que aborda la asignatura.

Descripción de la experiencia

A partir de la experiencia del equipo participante en el proyecto sobre las necesidades, limitaciones, dificultades materiales y pedagógicas que surgen a la hora acercar al medio académico los sistemas descritos, se implementó el kit utilizando metodologías estándar de desarrollo de sistemas embebidos, sobre el que el equipo cuenta con amplia experiencia. Combinando los desarrollos pre existentes, el estado general del arte y experiencias anteriores sobre sistemas educativos, se generaron prototipos para facilitar la simple implementación de sistemas configurables y abiertos. De esta forma se logró una herramienta que facilita renovar y mejorar permanentemente los problemas de ingeniería, los desarrollos y proyectos a plantear tanto en un ámbito académico como en el de la investigación. Una vez desarrollado, implementado y depurado el prototipo, se construyeron diez kits. Estos kits se encuentran a disposición de los alumnos en el Laboratorio de Informática con que cuenta la Escuela de Electrónica en el edificio del IMAE.



Los kits fueron utilizados recientemente en el último cursado de asignatura Digital III donde los alumnos lo emplearon en conjunto con un simulador software para resolver el Problema de Ingeniería N° 2.

Actualmente estamos evaluando el impacto del logro académico obtenido, pero los resultados preliminares son muy alentadores. Creció el porcentaje de alumnos que promovieron la asignatura con respecto a cohortes anteriores que resolvían los problemas con papel y lápiz. Además, en una encuesta anónima efectuada en oportunidad del segundo parcial los alumnos expresaron su satisfacción y agrado por trabajar con una herramienta hardware.

Este proyecto tiene además un componente esencial en materia de formación de recursos humanos: la capacitación y perfeccionamiento de los docentes e investigadores de la Escuela de Ingeniería Electrónica en aspectos inherentes a computación reconfigurable. También está prevista la incorporación de alumnos en actividades complementarias acreditables en la asignatura proyecto de ingeniería como trabajo de fin de carrera. Así se contribuiría a la formación de recursos humanos en una disciplina donde estos recursos son escasos en nuestro país, y sería un aporte a los esfuerzos de grupos de investigación nacionales para modificar esta solución.

En las referencias bibliográficas se resume una parte de la actividad que en materia de herramientas didácticas [1], [2], [3], [4], [5] y [6] y computación reconfigurable [7], [8], [9], [10] y [11] se ha realizado en los últimos diez años. Con el desarrollo de la computación reconfigurable, el diseño de kits didácticos ha tomado un nuevo rumbo en los últimos años. Experiencias de algunas Universidades muestran la tendencia actual: Universidad of California, Riverside, USA [4], Columbia University, USA [12], Universidad de Aveiro, Portugal [2], Universidad de Cantabria, España [1], National Formosa University, Taiwan [5].

Bibliografía.

- [1] A Laboratory for microprocessor teaching at different levels, Fernando Vallejo, Michael Gonzales and José Gregorio IEEE Transactions on Education, Vol. 35, Issue 3, 1992
- [2] Affordable tools for teaching embedded systems Fonseca, J.A.; Mota, A.; Santos, F.; Fonseca, P.; Azevedo, J.L.; Cura, J.L.; Electronics, Circuits and Systems, 1998 IEEE International Conference on Volume 3, 7-10 Sept. 1998
- [3] Embedded Systems Education for the Future W Wolf, Jan Madsen, Proceedings of the IEEE, vol 88, No 1, January 2000
- [4] Embedded system design: UCR's undergraduate three-course sequence Vahid, F.; Microelectronic Systems Education, 2003. Proceedings. 2003 IEEE International Conference on 1-2 June 2003
- [5] Project Based Learning as a Pedagogical Tool for Embedded System Education, Roy Hsu and Wen Liu, IEEE 2005
- [6] Teaching Embedded Systems Design. An International Collaborative Project, Saeid Nooshabadi¹, Jim Garside², 2005
- [7] The Future of Reconfigurable Systems, Scott Hauck Department of Electrical and Computer Engineering Northwestern University Evanston, USA, 1998
- [8] A Decade of Reconfigurable Computing: a Visionary Retrospective Reiner Hartenstein CS Dept. Informatik, University of Kaiserslautern, Germany, 2002.
- [9] Reconfigurable Computing: A Survey of Systems and Software K. Compton, S. Hauck, , ACM Computing Surveys, Vol. 34, No. 2. pp. 171-210. June 2002.
- [10] Reconfigurable Computing Application Frameworks, Anthony L. Slade, Brent E. Nelson and Brad L. Hutchings Brigham Young University Configurable Computing Laboratory Provo, USA, 2003

- [11] System-on-Chip: Next Generation Electronics, Journal: Bashir M. Al-Hashimi, IEEE Proceedings on Computers and Digital Techniques 152 (2005).
- [12] Experiences Teaching an FPGA-based Embedded Systems Class Stephen A. Edwards Department of Computer Science Columbia University, 2005.