

ENTORNO DIDÁCTICO PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DIGITALES DE CONTROL Y PROCESADO DE SEÑAL CON FPGA's DE XILINX

R. RAMOS Y A. MÀNUEL

*Dpto. de Ingeniería Electrónica. Universitat Politècnica de Catalunya. E.U.P. de Vilanova i la Geltrú. Av. Victor Balaguer s/n. 08800 Vilanova i la Geltrú. España.
Tel.: 93 8967779, Fax: 93 8967700, e-mail:lara@eel.upc.es*

En este trabajo se presenta un entorno didáctico para el aprendizaje práctico de sistemas digitales, de complejidad media/alta, para realizar tareas de control y procesado de señal, utilizando para ello dispositivos lógicos programables del tipo FPGA (Field Programmable Gate Array) de la empresa Xilinx. Este entorno incluye un conjunto de prácticas y una placa evaluadora para la realización de experiencias prácticas.

1. Introducción

Los avances en la fabricación de componentes electrónicos digitales y las tecnologías de integración de estos, han potenciado el uso de dispositivos lógicos programables en los diseños que requieren cierta complejidad y que realizados con componentes discretos obligaría a emplear muchos circuitos integrados.

La tendencia, en el campo de la electrónica digital, es utilizar cada vez más dispositivos de lógica programable. Esta tendencia viene apoyada por el fuerte desarrollo de las tecnologías relacionadas con este tipo de dispositivos, tanto en lo que se refiere a tecnología de fabricación como respecto a los programas de desarrollo y configuración de los mismos.

Actualmente los dispositivos programables no solo constituyen una solución para aplicaciones de complejidad media/baja, sino que también reúnen las prestaciones suficientes para implementar diseños de muy alto nivel de complejidad hasta ahora reservados a microprocesadores de altas prestaciones o DSPs [1], [2]. Basta indicar, a modo de ejemplo, que la capacidad de los componentes de la familia Virtex de Xilinx ha sobrepasado el millón de puertas lógicas equivalentes, con una frecuencia máxima de funcionamiento de 100MHz. Desde este punto de vista y previendo la importancia de esta materia en un futuro inmediato se hace necesario disponer de herramientas didácticas adecuadas que faciliten al estudiante y al docente la incorporación de estos conocimientos en su curriculum.

En el mercado existen diversas placas de evaluación que permiten realizar experiencias con dispositivos de Xilinx, de las que se pueden destacar dos: la placa *Demonstration Board* [3] y la *XS40/95/P* [4], [5], [6]. Estas placas están diseñadas para realizar experiencias básicas

únicamente en el campo digital y no incorporan elementos de interface con el mundo analógico.

2. Descripción del entorno didáctico

En este entorno didáctico intervienen tres componentes, de los cuales los dos primeros se han desarrollado en este trabajo. Estos componentes son:

- Una placa evaluadora que permite experimentar con los diferentes métodos de programación y depuración de las FPGAs y constituye una completa plataforma para desarrollar experiencias didácticas de diseño digital de nivel medio/alto con dispositivos programables de la serie XC4000E de Xilinx.
- Un conjunto de experiencias de laboratorio donde se muestran los diferentes elementos básicos que incorporan los sistemas de procesado y control digital, como pueden ser multiplicadores, acumuladores, divisores, máquinas de estado, memorias FIFO, LIFO, etc. Estas experiencias prácticas están pensadas para trabajar la mayor parte de las herramientas de diseño relacionadas con los dispositivos programables de Xilinx y culminan con el desarrollo de diversas aplicaciones relacionadas con el control y el procesado digital de señal, en concreto un filtro de coeficientes adaptativos y un control difuso. Se pretende de este modo que el estudiante se inicie en la experimentación de sistemas digitales de complejidad media/alta aplicados al control y procesado digital de señal, y también en el aprendizaje de las técnicas de diseño con dispositivos lógicos programables.
- El software *Xilinx Foundation Series 1.5* comercializado por la empresa Xilinx y utilizado en las distintas fases de realización de las prácticas propuestas.

La placa de evaluación presentada en este trabajo incorpora un completo interface analógico y dos sistemas distintos de configuración que le confieren la flexibilidad necesaria para desarrollar con ella experiencias de procesado y control digital en un entorno académico.

Esta placa ha sido diseñada para ser utilizada junto con el software Foundation 1.5 [6], [7], que es un potente entorno de programación que incorpora un completo conjunto de herramientas que permiten realizar de forma sencilla todos los pasos involucrados en el proceso de diseño e implementación de un sistema digital con dispositivos programables de Xilinx.

El programa Foundation dispone de diversas herramientas para definir el diseño: el editor de esquemáticos, el editor de lenguajes de alto nivel (XABEL, VHDL y Verilog) y el editor de diagramas de estado.

También incorpora un simulador funcional y temporal que permite realizar las comprobaciones y verificaciones del funcionamiento del diseño previas a la fase de implementación. Asimismo este software dispone de herramientas de compilación y depuración del hardware que facilitan el proceso de test del prototipo.

3. Descripción de la placa evaluadora

En la figura 1 se presenta la imagen y el esquema de la placa de evaluación desarrollada, donde se puede observar los distintos componentes que incorpora.

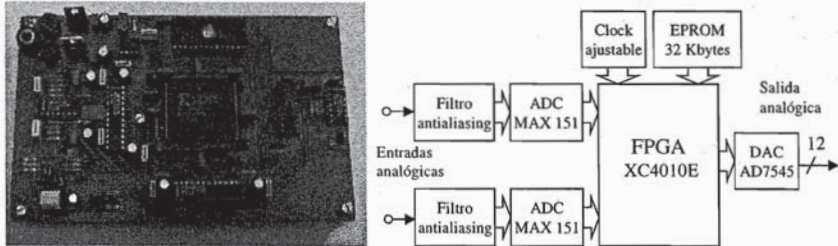


Figura 1: Placa de evaluación.

La placa está preparada para soportar cualquier FPGA de la serie XC4000E de Xilinx de 84 pines con encapsulado PLCC [8], dispone de reguladores de tensión de +5V y -5V que proporcionan la alimentación de los distintos integrados, dos entradas analógicas, una salida analógica, un circuito generador de señal de reloj y soporta además dos sistemas de configuración de la FPGA.

El sistema de adquisición es idéntico para las dos señales de entrada y está compuesto por un filtro antialiasing de segundo orden con una frecuencia de corte de 2000Hz que se puede modificar fácilmente cambiando algunos componentes. Si se desea, se puede anular este bloque de filtrado en aquellas aplicaciones donde no sea necesario. A continuación del filtro hay un convertidor A/D de 10 bits modelo MAX151 que muestrea las señales con una frecuencia máxima de 300KS/s. Las muestras se introducen en una FPGA de Xilinx, adecuadamente configurada para realizar el sistema lógico diseñado mediante el programa Foundation.

La FPGA proporciona la salida del sistema digital con una resolución de 12 bits. Este valor de salida se convierte en una señal analógica utilizando para ello el DAC de Analog Devices AD7545.

Otros bloques auxiliares disponibles en esta placa de evaluación son el circuito de reloj de frecuencia ajustable, que proporciona la señal de reloj de la FPGA, y una memoria EPROM de 32Kbytes que almacena la configuración de la FPGA.

4. Resultados

En la figura 2 se presentan las dos aplicaciones finales de las experiencias didácticas asociadas a este entorno, en concreto un cancelador adaptativo de interferencias unifrecuenciales, que es una aplicación de procesamiento digital, y un control difuso para convertidores conmutados, que es una aplicación de control digital.

En ambas aplicaciones se han utilizado los elementos y bloques básicos estudiados en las distintas experiencias prácticas propuestas. En la pruebas experimentales realizadas con estos dos diseños se ha empleado la FPGA modelo XC4010E que dispone de 10.000 puertas lógicas equivalentes.

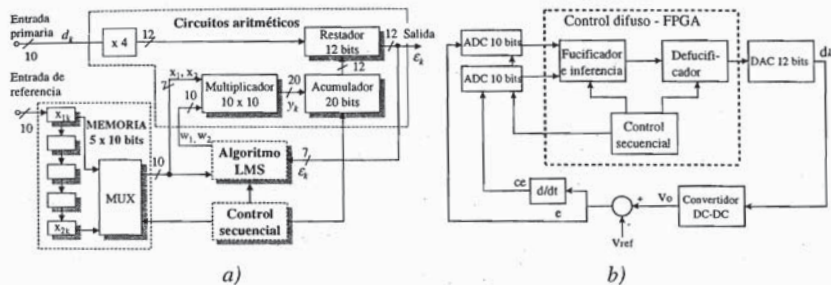


Figura 2: Esquemas del a) cancelador adaptativo y b) control difuso.

5. Conclusiones

Se ha presentado un entorno didáctico para el diseño de sistemas de control y procesado de señal con dispositivos lógicos programables de Xilinx que incluye una placa de evaluación y un conjunto de experiencias prácticas. Para validar las prestaciones de la placa se han realizado y probado dos aplicaciones: un cancelador adaptativo y un control difuso. En ambos casos se han obtenido los resultados esperados.

El ámbito de aplicación de este entorno didáctico abarca asignaturas optativas de especialización correspondientes a titulaciones de tipo tecnológico como Ingeniería Electrónica, Electrónica Industrial o Telecomunicaciones.

Referencias

- [1] Jesse H. Jenkins, "Designing with FPGAs and CPLDs," Prentice Hall, New Jersey 1994.
- [2] Zoran Salcic, Asim Smailagic, "Digital Systems Design and Prototyping Using Field Programmable Logic", Kluwer Academic Publishers 1997.
- [3] "Hardware & Peripherals User Guide," Xilinx, Inc., 1995
- [4] XESS Corporation, "XS40, XSP, XS95 Board User Manual," 1999.
- [5] XESS Corporation "GXSTOOLS V3.0 User Manual," 1999.
- [6] Dave Van den Bout, "The Practical Xilinx Designer Lab Book", Prentice Hall, New Jersey 1998.
- [7] "Quick Start Guide 1.4," Xilinx, Inc., 1997.
- [8] "The Programmable Logic Data Book," Xilinx, Inc, 1999.