

## **SISTEMA INTEGRADO MICROCONTROLADOR-FPGA PARA USO EN PRÁCTICAS DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DIGITALES.**

A. PALACIO<sup>1</sup>, P.J. NAVARRO<sup>2</sup>, A.TOLEDO<sup>2</sup>, J. SUARDÍAZ<sup>3</sup> Y B. BARDÓN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Alumno de proyecto fin de carrera.

<sup>2</sup> Departamento de Tecnología Electrónica. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, Murcia. España.

<sup>3</sup> Departamento de Electrónica y Sistemas. Universidad Alfonso X. Villanueva de la Cañada, Madrid. España.

El presente artículo presenta un sistema que integra el microcontrolador 80C32 de Intel con una FPGA basada en memoria RAM de XILINX. En concreto, se ha utilizado la XC3020A de la familia XC3000A. Se pretende que dicho sistema sea la base de un conjunto de prácticas de sistemas electrónicos digitales enfocadas fundamentalmente desde una perspectiva secuencial.

### **1. Introducción**

A lo largo de nuestra labor docente, hemos observado que los alumnos tienden a considerar como totalmente autónomas dos filosofías de diseño de sistemas electrónicos digitales. La primera de ellas, tratada en asignaturas como circuitos electrónicos digitales, la enfocan como conectar una serie de circuitos integrados a fin de conseguir un sistema hardware con una determinada funcionalidad. La segunda, presente en asignaturas como microprocesadores, la asocian al desarrollo de unas líneas de código que se cargarán en un sistema microprocesador al que probablemente añadan algún tipo de elemento hardware adicional a fin de conseguir la funcionalidad deseada. En consecuencia, crean una frontera clara entre el hardware y el software.

Consideramos que hoy dicha frontera es difusa. Además de permitir implementar diseños hardware mediante esquemáticos, la mayor parte de las herramientas EDA actuales también posibilitan el uso de otras alternativas. No es extraño encontrar la posibilidad de usar lenguajes de descripción de hardware (HDL) o descripciones mediante diagramas de estado. A esto se puede unir la aparición de las denominadas arquitecturas hardware reconfigurables.

Esto nos ha motivado a desarrollar una serie de prácticas que permitan potenciar la interdependencia hardware/software antes comentada. Basándose sobre todo en el concepto de máquinas de estado finitas, se ha optado por un enfoque secuencial. Así es posible relacionar también con conceptos de programación de elementos como los autómatas programables (PLC), que ocupan un segmento importante en la industria.

## 2. Descripción del entorno didáctico.

En este entorno didáctico desarrollado intervienen cuatro (4) componentes fundamentales:

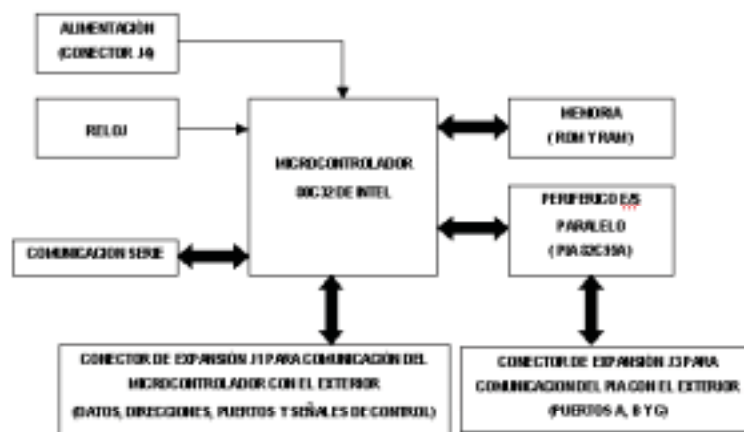
- Sistema microcontrolador; basado en el microcontrolador 80C32 de Intel.
- Sistema de entrenamiento FPGA; basado en la FPGA XC3020A-7 PC68C de la familia XC300A de Xilinx.
- Conjunto de prácticas de laboratorio orientadas hacia el aprendizaje de las técnicas de diseño con dispositivos lógicos programables.
- El software Xilinx Foundation Series 1.5; comercializado por la empresa Xilinx y utilizado en la realización de las prácticas anteriormente comentadas.

Este trabajo se centra en el desarrollo de las tres primeras.

## 3. Descripción del sistema de microcontrolador.

Los elementos que componen dicha tarjeta son:

- 1.- Microcontrolador 80C32-12.
- 2.- Memoria: ROM de 8K x 8 y RAM de 8K x 8.
- 3.- Periférico de entrada/salida paralelo.
- 4.- Comunicación serie.
- 5.- Lógica de selección del mapa de memoria.
- 6.- Conectores para el exterior.



**Figura 1:** Diagrama de bloques del sistema microcontrolador

La placa dispone de un regulador de tensión del tipo 7805; por lo tanto la alimentación externa deberá ser una tensión continua entre 8 y 12 V. La figura 1 presenta un diagrama de bloques del entrenador.

#### **4. Descripción del sistema FPGA.**

Los elementos que componen el sistema son:

1.- *FPGA XC3020A-7 PC68C*: es el corazón de este sistema. Se trata de una FPGA barata, rápida, de fácil configuración (en realidad todas lo son, pero ésta añade la ventaja de ser la que menos bits de configuración necesita), en la que el consumo de potencia no es un obstáculo y sus 64 pines de E/S junto con la cantidad de puertas lógicas integradas que proporciona son más que suficientes para satisfacer con creces el objetivo deseado de un acercamiento al mundo de los dispositivos lógicos programables (PLDs).

2.- *Interfase de entrada de datos*: constituida por dos puertos de ocho (8) pines que permiten el intercambio de datos con la FPGA. El primero de ellos se encuentra conectado al sistema microcontrolador. Estos pines serán los encargados de recibir los bytes de configuración en el proceso de configuración de la FPGA. Cuando ésta se encuentra en modo operativo, dichos pines pueden aprovecharse para la recepción de datos provenientes del microcontrolador. El segundo puerto permite enviar valores lógicos hacia la FPGA a través de un switch de ocho (8) interruptores al que se encuentra conectado.

3.- *Interfase de salida de datos hacia los LEDs y Displays*: proporciona la posibilidad de iluminar tres (3) displays de siete (7) segmentos y un array de ocho (8) LEDs utilizando un puerto de salida de ocho (8) pines de la FPGA y cuatro (4) pines de selección de dispositivo que permiten barrer los dispositivos luminosos.

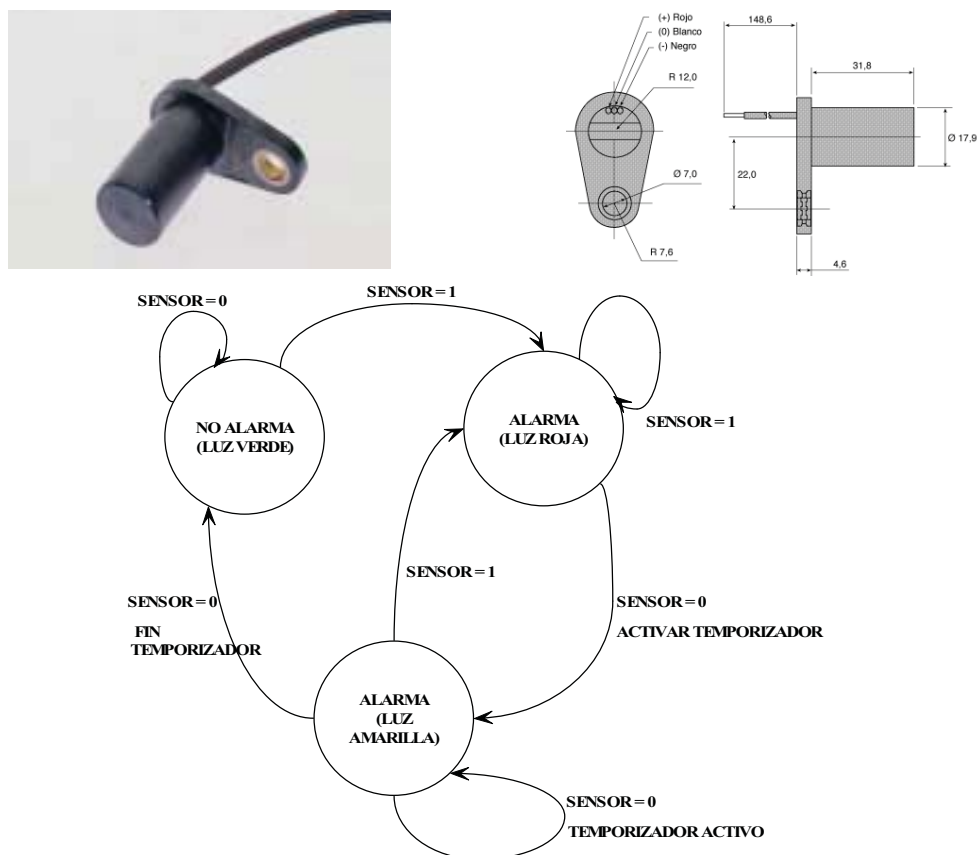
La FPGA utilizada es de tipo RAM; por lo que pierde todos los datos en cuanto se le quita la alimentación. Por este motivo hay que configurarla cada vez que se ponga en marcha el sistema. El diseño realizado permite dos formas posibles de configuración. Una es a través del puerto serie del PC, utilizando el XChecker Cable suministrado por Xilinx. La otra es cargando el programa de configuración en una EEPROM (la misma donde se carga el código de ejecución del microcontrolador) y haciendo que sea el propio microcontrolador el que la configure enviándole a través del puerto antes mencionado los datos de configuración. En ambos casos será necesario cargar en la memoria EEPROM del sistema microcontrolador una pequeña subrutina de configuración en el código del programa ensamblador que se implemente. Dicha rutina se encargará de gestionar la configuración de la FPGA.

#### **5. Descripción del conjunto de prácticas.**

Estas prácticas están pensadas para trabajar la mayor parte de las herramientas de diseño relacionadas con los dispositivos programables de Xilinx: el editor de esquemáticos, el editor de lenguajes de descripción de hardware (ABEL, VHDL), el editor de diagramas de estado; así como simuladores que permiten realizar las comprobaciones y verificaciones del funcionamiento del diseño previas a la fase de implementación.

Las prácticas siguen una evolución de dificultad creciente desde la implementación de diseños combinatoriales hasta los secuenciales; en los cuales se pone un mayor énfasis.

Si bien algunas prácticas son las clásicas de un laboratorio de electrónica digital o de microprocesadores, se ha tratado de orientar la mayoría hacia técnicas de control. Un ejemplo; puede ser la mostrada en la figura 2. En esta práctica, de carácter secuencial, se implementa un dispositivo de control basándose en las lecturas de un sensor magnético de efecto Hall.



**Figura 2:** Sistema secuencial basado en sensor magnético de efecto Hall.

## 6. Resultados.

Se ha presentado un entorno didáctico para el desarrollo de sistemas electrónicos digitales en el que se complementan los dispositivos lógicos programables tipo FPGAs de Xilinx con un sistema microcontrolador basado en el 80C32 de Intel. Esto permite enfocar el desarrollo de tales sistemas desde un punto de vista en el que las aportaciones hardware y software se complementan a fin de lograr diseños óptimos.

## Bibliografía.

- [1] J. A. González Vázquez. "Introducción a los microcontroladores", McGraw-Hill, 1992
- [2] "Hardware and Peripherals User Guide", Xilinx, Inc., 1995
- [3] "The Programmable Logic Data Book", Xilinx, Inc., 1999