

PROPUESTA DE CURSO DE POSGRADO

PLATAFORMAS CONFIGURABLES PARA INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICA

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de instrumentación para laboratorios de investigación implica normalmente la aplicación concurrente de metodologías y técnicas provenientes de disciplinas diversas como mecánica, química y software, entre otras. Sin embargo, debe destacarse que la electrónica se hace cada vez más importante en los sistemas de instrumentación. Esto se debe a que las modernas técnicas se basan en su mayoría en principios de sensado, acondicionamiento de señales, conversiones analógicas a digitales y viceversa, etc. Este tipo de sistemas puede ser implementado recurriendo a módulos o subsistemas comerciales. En este caso, queda para el investigador la tarea de configuración del equipo. Esta es una tarea que normalmente puede realizarse con las habilidades desarrolladas en las carreras de grado de orientación científica de nuestra Universidad.

Sin embargo, se destaca que la instrumentación que puede adquirirse cubre necesidades generales y en muchísimos casos muy alejadas de las demandas impuestas por la investigación científica. Esto hace que en muchas ocasiones sea el mismo investigador quien deba desarrollar su propio equipamiento electrónico, hecho que requiere el dominio de técnicas electrónicas que se encuentran más allá de la formación de grado de los científicos experimentales y que justifica la inclusión de tópicos de electrónica en cursos de posgrado para científicos experimentales.

Hasta hace algunos años se contaba sólo con dos opciones para implementar sistemas digitales de instrumentación: la utilización de circuitos de baja o media escala de integración (SSI y MSI) o aquellos programables por máscaras (MPLD). La primera opción conduce a sistemas con un número elevado de dispositivos sobre grandes placas de circuitos impresos, generando problemas de consumo y baja confiabilidad. La segunda evita estos problemas pero requiere un proceso sumamente costoso, inconveniente para volúmenes de producción pequeños, como es precisamente el caso de la instrumentación científica.

La aparición de los circuitos lógicos programables en campo ha hecho posible la implementación de sistemas digitales de aplicación específica sin necesidad de recurrir a los circuitos integrados de aplicación específica que requieren tratar con las fundiciones de silicio. El gran progreso en esta área ha permitido pasar de pequeños arreglos de compuertas que aparecieron en el mercado a mediados de los ochenta a arreglos de compuertas programables en campo (FPGA, *Field Programmable Gate Arrays*) que contienen más de 10 millones de compuertas equivalentes. En la actualidad, estos dispositivos permiten la integración de funciones digitales de alta complejidad como los sistemas en chip (SOC, *Systems on Chip*) o las redes en chip (NOC, *Networks on Chip*).

A diferencia de los circuitos lógicos programables por máscaras, que requieren de una capa de metalización que debe realizarse en fábrica con costosos equipos, los FPLDs disponen de un arreglo de interconexiones programables por el usuario. Este proceso puede ser realizado con herramientas computacionales de bajo costo y con hardware sumamente accesible.

El vertiginoso desarrollo en el campo de los circuitos digitales configurables ha sido complementado en los últimos años con el advenimiento de sus contrapartes analógicas. En este campo se encuentran disponibles en el mercado plataformas analógicas configurables de tiempo continuo y de señal mixta (en tecnología de capacidades conmutadas). En el primero de los casos es posible generar circuitos programables en el sistema que generalmente sirven de interfaz con otras secciones

digitales. En particular, estos circuitos están convenientemente diseñados para aplicaciones de filtrado y de adecuación de señal. En el caso de los dispositivos de tecnología de capacidades conmutadas, el nivel de integración es mucho más elevado, lo que ha permitido integrar sistemas “on chip” analógicos.

Debe destacarse que los circuitos configurables, tanto analógicos como digitales han cambiado el paradigma de implementación de sistemas de instrumentación científica, permitiendo alcanzar desempeños impensados con otras tecnologías de implementación. La propuesta del presente curso de posgrado se orienta a introducir estas nuevas tecnologías de implementación, con las que se pueden lograr sistemas de altísimo desempeño.

OBJETIVOS

Al finalizar el curso el estudiante será capaz de:

- Comprender adecuadamente el principio de funcionamiento de las arquitecturas digitales configurables.
- Comprender adecuadamente el principio de funcionamiento de los circuitos analógicos configurables de tiempo continuo.
- Comprender adecuadamente el principio de funcionamiento de los circuitos analógicos configurables de señal mixta.
- Implementar diseños de complejidad intermedia en tecnologías analógicas y digitales, con énfasis en sistemas de instrumentación.
- Demostrar capacidad para la interpretación y discusión de trabajos científicos relacionados a las temáticas del curso.

CARGA HORARIA

Se propone una carga horaria de ciento veinte (120) horas durante el segundo cuatrimestre. Esta carga horaria se distribuirá en 60 horas de dictado de clases teóricas (a cargo del Dr. Romero) y 60 de actividades prácticas que incluyen resolución de casos problemáticos, simulaciones e implementaciones circuitales (a cargo de la Dra. Peretti).

REQUISITOS PARA EL CURSADO

Ser graduado de las carreras de Licenciatura en Física, Computación o de carreras de Ingeniería.

MODALIDAD

Metodología

El docente del curso, mediante una exposición dialogada, procederá a brindar los conceptos fundamentales sobre los diferentes temas del curso. Esto permitirá que los estudiantes aborden problemas concretos de diseño, implementación y evaluación de sistemas en plataformas de hardware programable, tanto analógicas como digitales.

En este punto se generará un espacio de discusión orientado a la puesta en común de los resultados obtenidos y en particular de las distintas estrategias de diseño empleadas. En todos los casos se requerirán los resultados de simulación y eventualmente experimentales que validen las soluciones propuestas.

Una actividad especial a desarrollar en el curso es el análisis de trabajos reportados a la comunidad científica y que sean de gran actualidad. Los estudiantes recibirán de los docentes responsables uno o más trabajos para su estudio. Se deberán exponer claramente en clase los objetivos, las metodologías empleadas, el soporte teórico y los resultados logrados por los autores. Se dará especial valor a las debilidades que los estudiantes sean capaces de detectar en los trabajos y a la propuesta de eventuales mejoras o trabajos complementarios.

Los alumnos deberán, en carácter de trabajo especial, planificar un diseño descendente comprendido por diseño, simulación y compilación sobre un dispositivo programable. El docente propondrá casos de estudio desconocidos por los alumnos y que en todos los casos motiven la propuesta de diferentes alternativas de solución utilizando las herramientas brindadas en la asignatura. Los alumnos deberán efectuar un análisis de las alternativas, evaluar su validez y obtener resultados experimentales que corroboren o no sus predicciones.

Mecanismos de evaluación

La evaluación se realizará de manera continua y los estudiantes deberán reportar los resultados en un informe que incluirá el resumen de los conceptos teóricos empleados para la resolución de cada caso planteado y los resultados experimentales que demuestren el correcto funcionamiento de la solución propuesta. Los trabajos serán individuales. La aprobación de estos trabajos determinará la regularización del curso. El examen final será integrador y consistirá en el modelado de un sistema y la consecuente defensa de la alternativa escogida.

CONTENIDOS

CAPÍTULO 1:

CLASIFICACIÓN DE LOS CIRCUITOS INTEGRADOS

Introducción. Tipos de Circuitos Integrados de Aplicación Específica: Totalmente a medida, Matrices de Compuertas, Células Normalizadas. Circuitos Integrados Programables en Campo: Dispositivos Lógicos Programables, Dispositivos Lógicos Programables de Aplicación Específica, Arreglos de Compuertas Lógicas Programables en Campo.

CAPÍTULO 2:

DISPOSITIVOS LÓGICOS PROGRAMABLES

Introducción. Clases de PLDs. Tipos de PAL: las series generales y especiales. PAL genéricas o universales. GALs: fusibles de seguridad y firma electrónica. PALs con OR exclusiva. Dispositivos EP. PLDs complejos. Dispositivos FPLA. Presentación de las familias de componentes de Altera y Xilinx. Estudio detallado de los recursos disponibles en cada dispositivo. Principio de operación. Grabación de los dispositivos. Limitaciones de desempeño.

CAPÍTULO 3:

CIRCUITOS ANALÓGICOS PROGRAMABLES.

Introducción. Consideraciones generales para todos los dispositivos. Mecanismos de grabación. Interfaz JTAG. La familia ISPAC 10 e ISPAC20. Recursos de hardware disponibles: estudio detallado de los mismos y posibilidades de utilización. Las herramientas de apoyo al diseño: entrada esquemática y simulación. Las placas de desarrollo experimental de para ISPAC 10 e ISPAC 20.

Estudio, desarrollo e implementación de aplicaciones típicas. Integración de circuitos analógicos y digitales.

CAPÍTULO 4:

HERRAMIENTAS DE DISEÑO

Introducción y conceptos generales: pasos de diseño, compilación y listado de componentes. Entrada del diseño y modelación en alto nivel: entrada esquemática, lenguajes de descripción de hardware, jerarquía de las unidades de diseño. Verificación y simulación. Ambientes de diseño integrados: las herramientas de Altera y Xilinx. Entrada del diseño, procesado, verificación, programación.

CAPÍTULO 5:

APLICACIONES A LA INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICA

Sistemas de instrumentación basados en dispositivos digitales configurables: lógica de propósitos generales, sistemas de temporización, proceso de señales en el dominio digital. Sistemas de instrumentación basados en dispositivos analógicos configurables: medición temperatura, presión, fuerza, filtrado analógico en tecnología de tiempo continuo y tiempo discreto. Análisis de casos reportados en la literatura científica.

BIBLIOGRAFÍA

- P. Chu. FPGA Prototyping by VHDL examples. John Wiley & Sons, United States, 2008.
- J. O. Hamblen, T. S. Hall, M. D. Furman. Rapid prototyping of digital systems. Springer, United States, 2006.
- Z. Salcic y A. Smailagic. Digital Systems Design and Prototyping Using Field Programmable Logic. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, 1997.
- U. Mayer-Baese. Digital Signal Processing using Field Programmable Gate Arrays. Springer, 2001.
- W. Wolf. FPGA-Based System Design, Prentice Hall, 2004.
- B. Zeidman. Designing with FPGAs & CPLDs. CMP Books, 2002.
- Trabajos seleccionados de Journal of Electronic Testing: Theory and Applications. Kluwer Academic Publishers.
- Trabajos seleccionados de Microelectronics Journal. Elsevier
- Trabajos seleccionados de Microprocessor and Microsystems. Elsevier.
- Trabajos seleccionados de IEEE Transactions on Very Large Scale Integration Systems.
- Trabajos seleccionados de IEEE Transactions on Computer Aided Design of Integrated Circuits.
- Trabajos seleccionados de IEEE Transactions on Instrumentation and Measurements.
- Trabajos seleccionados de IEEE Design and Test of Computers.
- Trabajos seleccionados de IEEE Industrial Applications.
- Altera. Hojas de datos y manuales varios.
- Xilinx. Hojas de datos y manuales varios.
- Lattice. Hojas de datos y manuales varios
- Anadigm. Hojas de datos y manuales varios.