



Doctorado en Ingeniería
Facultades de Cs. Agropecuarias; Cs. de la Alimentación
e Ingeniería

Carrera: Doctorado en Ingeniería

Mención: Bioingeniería

Curso de Posgrado: **Tópicos de electrónica e informática aplicadas a la Ingeniería Biomédica.**

Síntesis de sistemas de adquisición y procesado de señales con FPGA empleando VHDL

Carga Horaria¹: 90 horas

Docente/s a cargo: Alfredo Rosado Muñoz

Semestre: 2°

Año: 2014

Modalidad²: Curso teórico-práctico

Carácter³: optativo

1:

Carga horaria: la cantidad de horas reloj.

2:

Curso teórico: curso donde se desarrolla en forma expositiva una temática propia de la disciplina

Curso teórico-práctico: curso que articula la modalidad del curso teórico con una actividad de la práctica con relación a la temática de estudio. Lo teórico y lo práctico se dan simultáneamente en forma interrelacionada.

Seminario: actividad alrededor de una temática o problemática puntual, el objeto de estudio es acotado y permite diferentes abordajes.

Taller: actividad que consiste en el análisis y discusión de un tema elegido previamente con participación activa de todos los integrantes. Se focaliza en las experiencias prácticas de éstos.

Conferencia: exposición o disertación, generalmente a cargo de un profesor invitado, sobre un tema específico relacionado con la temática de alguno de los cursos previstos en el plan de estudios.

Otras actividades: participación en proyectos de investigación, pasantías, asistencia técnica y otras actividades relevantes para la carrera.

3:

Carácter: si son obligatorios u optativos.

Programa Analítico de foja: 2 a foja: 3

Bibliografía de foja: 4 a foja: 4

Aprobado Res. C. D.:

Modificado/Anulado/ Res. C. D.:

Fecha:

Fecha:

Carece de validez sin la certificación de la Comisión de Posgrado:



Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación
Oro Verde-Concordia, E. R.
República Argentina

PROGRAMA ANALÍTICO

Introducción y motivación

La tecnología de arreglos de compuertas programables (FPGA de las siglas en inglés “Field Programmable Gate Array”) es un área de la electrónica actual en constante crecimiento. Desde que Xilinx los inventó en 1984, los FPGAs han pasado de ser sencillos chips de lógica digital a reemplazar a los circuitos integrados de aplicación específica (ASICs de sus siglas en inglés) y procesadores para procesamiento de señales y aplicaciones de control.

Los FPGAs son chips de silicio reprogramables que utilizan bloques de lógica pre-construidos y recursos para ruteo programables, con los que se pueden implementar funcionalidades personalizadas en hardware. Para ello, es necesario desarrollar tareas de programación en software y compilarlas en un archivo de configuración o bitstream que contenga información de cómo deben conectarse los componentes. Además, los FPGAs son completamente reconfigurables y al instante toman una nueva funcionalidad cuando se compila una diferente configuración de circuitos.

La adopción de chips FPGA en la industria ha sido impulsada por el hecho de que los FPGAs combinan lo mejor de los ASICs y de los sistemas basados en procesadores. Ofrecen velocidades temporizadas por hardware y fiabilidad, pero sin requerir altos volúmenes de recursos para compensar el gran gasto que genera un diseño personalizado de ASIC. El silicio reprogramable tiene la misma capacidad de ajustarse que un software que se ejecuta en un sistema basado en procesadores, pero no está limitado por el número de núcleos disponibles. A diferencia de los procesadores, los FPGAs llevan a cabo diferentes operaciones de manera paralela, por lo que éstas no necesitan competir por los mismos recursos. Cada tarea de procesos independientes se asigna a una sección dedicada del chip, y puede ejecutarse de manera autónoma sin ser afectada por otros bloques de lógica. Como resultado, el rendimiento de una parte de la aplicación no se ve afectado cuando se agregan otros procesos.

Los Cinco Beneficios Principales de la Tecnología FPGA

1. **Rendimiento** – Aprovechando del paralelismo del hardware, los FPGAs exceden la potencia de cálculo de los procesadores digitales de señales (DSPs) rompiendo el paradigma de ejecución secuencial y logrando más en cada ciclo de reloj.
2. **Tiempo de llegada al mercado (Time to market)** – La tecnología FPGA ofrece flexibilidad y capacidades de rápido desarrollo de prototipos para enfrentar los retos de que un producto se libere tarde al mercado. Se puede probar una idea o un concepto y verificarlo en hardware sin tener que pasar por el largo proceso de fabricación por el que pasa un diseño personalizado de ASIC.
3. **Costo** – El precio de la ingeniería de un diseño personalizado ASIC excede considerablemente al de las soluciones de hardware basadas en FPGA. La fuerte inversión inicial de los ASICs es fácilmente justificable para los fabricantes de equipos originales que fabrican miles de chips por año, pero muchos usuarios finales necesitan la funcionalidad de un hardware personalizado para decenas o cientos de sistemas en desarrollo.
4. **Confiabilidad** – Mientras que las herramientas de software ofrecen un entorno de programación, los circuitos de un FPGA son una implementación segura de la ejecución de un programa. Los sistemas basados en procesadores frecuentemente implican varios niveles de abstracción para programar las tareas y compartir los recursos entre procesos múltiples. Los FPGAs, que no necesitan sistemas operativos, minimizan los retos de fiabilidad con ejecución paralela y hardware preciso dedicado a cada tarea.
5. **Mantenimiento a largo plazo** – Los FPGAs son actualizables en campo y no requieren el tiempo y el precio que implica rediseñar un ASIC. Los protocolos de comunicación digital por ejemplo, tienen especificaciones que podrían cambiar con el tiempo, y las interfaces basadas en ASICs podrían causar retos de mantenimiento y habilidad de actualización. Los chips FPGA, al ser reconfigurables, son capaces de mantenerse al tanto con modificaciones a futuro que pudieran ser necesarias.

Por lo expuesto, queda en claro porqué las FPGA se están volviendo cada vez más populares en los sistemas de procesamiento de señales en tiempo real, que son la base de un gran número de equipos biomédicos actuales.

Contenidos y programa del curso

El contenido de este curso está diseñado para brindar al alumno las técnicas de diseño hardware necesarias para realizar una correcta implementación de sistemas digitales de adquisición y procesamiento de señales sobre dispositivos lógicos reconfigurables del tipo FPGA. La potencia y versatilidad de las FPGA está justamente en su característica de reconfiguración y programación. Por ello, una adecuada utilización de estos dispositivos está íntimamente asociada con el dominio de las técnicas de programación.

Para la programación de las FPGA, se aprenderán tópicos avanzados del lenguaje hardware VHDL (acrónimo que combina las abreviaciones de Very High Speed Integrated Circuit y de Hardware Description Language). Por lo tanto, se revisará y profundizará sobre las técnicas de descripción hardware, buscando optimizar los resultados del diseño en función de los siguientes requisitos: correcta funcionalidad, adecuada precisión, menor consumo de recursos lógicos del dispositivo y mayor velocidad de operación.

El curso está diseñado con la siguiente estructura:

Tema 1. Introducción al VHDL y los dispositivos FPGA. Elementos de concepción del diseño, tipos de datos, instrucciones elementales. Tipos de dispositivos.

Laboratorio. Primera sesión práctica, con un ejemplo que permite conocer el flujo de diseño de un sistema lógico programable, desde el diseño VHDL, la simulación y la implementación en placa hardware.

Tema 2. VHDL para síntesis: usos del lenguaje para optimizar resultados de generación hardware.

Laboratorio. Práctica 1. Propuesta práctica para evaluar y modificar resultados de implementación mediante las herramientas y opciones del software: resultados funcionales, ocupación lógica, velocidad de funcionamiento del sistema, etc.

Tema 3. Sistemas de adquisición de datos. Se analizan los requisitos que debe cumplir un diseño digital capaz de adquirir datos mediante la comunicación con otros sistemas electrónicos como conversos A/D, memorias externas, etc.

Laboratorio. Práctica 2. Síntesis de un sistema de adquisición y visualización de datos, comunicación con conversor A/D serie, puerto serie de PC y visualizadores LED.

Tema 4. Sistemas de procesamiento de datos. Técnicas de implementación de sistemas de procesamiento de datos donde es necesaria una gran capacidad de cómputo. Técnicas de escalado y truncado, técnicas de paralelización, técnicas de diseño de máquinas de estado para el control del flujo de datos.

Laboratorio. Práctica 3. Sistema de filtrado adaptativo para eliminación de ruido.

Tema 5. Diseño de alto nivel: Integración de sub-sistemas complejos: módulos de interfaz con otros dispositivos, sistemas internos de cómputo, organización interna de memorias (RAM, ROM), coordinación de múltiples FSM.

Laboratorio Práctica 4. Diseño de una red neuronal para la clasificación de datos.

Tema 6. Sistemas de procesamiento de señal óptimos para FPGA: ejemplos y propuestas de proyectos.

Requisitos y conocimientos previos:

- Conocimientos de diseño digital: sistemas combinatoriales, secuenciales, integración de sistemas digitales, buses de comunicación serie (I2C, SPI, RS232, etc.) y paralelo.
- Fundamentos de VHDL: Construcción de entidad y arquitectura, test-bench y sentencias básicas.
- Conocimientos básicos de procesamiento de señal: algoritmos de computación para filtrado, promediado, etc.
- Conocimientos básicos de inglés técnico, para comprender la literatura actualizada en la temática.



**Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación
Oro Verde-Concordia, E. R.
República Argentina**

BIBLIOGRAFIA

1. Alfonso-Pérez, S.; Soto, E.; Fernández, S.: "Diseño de sistemas digitales con VHDL". Thomson-Paraninfo, 2002.
2. Altera. Data Book. 2014. <http://www.altera.com/literature/lit-index.html>
3. Chandrasetty, Vikram Arkalud "A Practical Guide for VLSI Designers: FPGA/ASIC design and implementation flows illustrated with examples". 2011. Createspace.
4. Cofer R. C., Benjamin F. Harding. "Rapid System Prototyping with FPGAs: Accelerating the Design Process (Embedded Technology)". 2005. Newness. Deschamps, J.P.: "Síntesis de circuitos digitales. Un enfoque algorítmico". Thomson-Paraninfo, 2002.
5. Grout, I. "Digital Systems Design with FPGAs and CPLDs". 2011. Newness.
6. Kamat, R.; Shinde, S.; Shelake, V. "Unleash the System On Chip using FPGAs and Handel C". Springer. 2009.
7. Mandado, E.; Jacobo Álvarez, L.; Valdés M. D.: "Dispositivos Lógicos Programables y sus aplicaciones". Thomson-Paraninfo, 2002.
8. Wakerly, J.P. "Diseño Digital: Principios y Prácticas". 3ª Edición. Prentice Hall, 2006. ISBN 9789702607205
9. Xilinx Devices - 2014. <http://www.xilinx.com/products/silicon-devices/index.htm>
10. Xilinx Devices. "Xilinx System Generator for DSP: Getting Started Guide". Xilinx Inc. 2008.
11. Xilinx Devices. "AccelDSP Synthesis Tool: User Guide". Xilinx. 2008
12. Yankee Bush Software LLC. Advanced FPGA Design Engineering Course: With VHDL (English Edition) [Versión Kindle]. 2013. <http://www.amazon.com>
13. Zeidman, B. "Designing with FPGA & CPLD". CMP Books. 2002.
14. Zwolinski, M. "Digital System Design with VHDL". Pearson Education. 2000.



**Facultades de Ingeniería, Ciencias
Agropecuarias y Ciencias de la Alimentación
Oro Verde-Concordia, E. R.
República Argentina**

OBJETIVOS, METODOLOGÍA, EQUIPO DOCENTE Y CRONOGRAMA

Objetivos Generales:

Al finalizar el curso, el estudiante podrá describir en lenguaje VHDL sistemas de alta complejidad en una FPGA, siendo capaz de comprender los recursos disponibles en VHDL para cumplir con los requerimientos de precisión, velocidad de funcionamiento y ocupación de recursos. Por otra parte, habrá incorporado las habilidades necesarias para poder organizar sistemas paralelos de cómputo y altamente jerarquizados.

Objetivos Particulares:

Incorporar conceptos y técnicas de programación avanzada en el lenguaje VHDL.
Conocer las FPGA y las aplicaciones que se pueden realizar con ellas.
Utilizar de forma práctica el hardware FPGA, programando y verificando la programación realizada bajo PC.
Emplear un dispositivo FPGA para realizar tareas de interconexión entre dispositivos electrónicos, realizando diversas labores de interfaz entre ellos y realizando tareas de computación en tiempo real.

Metodología de Trabajo:

Eminentemente práctica, 80% del tiempo se emplea en el laboratorio aplicando los conceptos teóricos que se introducen de forma simultánea, con un sistema de aprendizaje de “aprender haciendo” (learn by doing), con explicaciones teóricas continuamente apoyadas en la realización práctica de ejemplos. Los alumnos deberán realizar un trabajo final que irán avanzando de forma autónoma entre los días de clase, mostrando avances y consultando las dudas. Esta actividad autónoma le demandará 40 horas de trabajo al estudiante, durante las cuales estará asistido por el docente. Al finalizar el curso, el alumno deberá presentar el resultado de su trabajo final como parte de los requisitos de aprobación del curso.

Equipo docente:

Alfredo Rosado Muñoz

Cronograma del Curso:

La organización del curso está pensada en 10 sesiones teórico-prácticas de 5 horas de duración distribuidas del siguiente modo:

Lunes 20 de Octubre, martes, 21 de Octubre, jueves 23 de Octubre, Viernes 24 de Octubre
Lunes 27 de Octubre, martes 28 de Octubre
Lunes 3 de Noviembre, martes 4 de Noviembre
Lunes 10 de Noviembre, martes 11 de Noviembre

Condiciones de Regularidad y Promoción:

El curso se aprobará si se realiza correctamente el proyecto propuesto y se ha completado una asistencia de al menos el 70% de las clases. Cada trabajo individual será presentado al profesor y al resto de la clase, con una exposición oral y posterior demostración práctica de los resultados obtenidos. El trabajo final será presentado en la última clase.

Infraestructura necesaria:

El curso está enfocado de una forma eminentemente práctica, con un uso intensivo del laboratorio, por lo que la práctica totalidad de sesiones se desarrollarían en un laboratorio con un equipamiento típico de electrónica (generador de señales, osciloscopio, fuente de alimentación, etc.) y PC con Windows XP y software Xilinx ISE versión 11 o superior. Todas estas condiciones de infraestructura están aseguradas y disponibles en la FIUNER.