

| | | | |
|--|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| TÍTULO: Plataformas configurables para instrumentación científica | | | |
| AÑO: 2020 | CUATRIMESTRE: 2° | N° DE CRÉDITOS: 3 | VIGENCIA: 3 años |
| CARGA HORARIA: 60 horas de teoría y 60 horas de práctica | | | |
| CARRERA/S: Doctorado en Astronomía, Doctorado en Física | | | |

FUNDAMENTOS

El desarrollo de equipamiento para investigación científica 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, existiendo en prácticamente todos los entornos en diferente grado. En muchas ocasiones se requiere que el investigador solo configure módulos comerciales y los ponga a punto. Sin embargo, en otras ocasiones, es necesario el desarrollo de equipos con desempeños o arquitecturas específicas y que no se encuentran en el mercado (o resultan de un costo ridículamente elevado). Las habilidades requeridas para el desarrollo de estos equipos/instrumentos se encuentra más allá de la formación de grado de los científicos de nuestra Universidad, hecho que justifica la inclusión de tópicos de electrónica en cursos de posgrado para estudiantes de doctorado.

En la última década se ha dado un vertiginoso avance en las tecnologías de circuitos configurables digitales y analógicos. En el área de los circuitos digitales configurables, este avance ha incluido tanto a los circuitos en sí mismos como a las herramientas asociadas de diseño, compilación de silicio y simulación, entre otras. El costo accesible de placas de desarrollo de gama media y media alta de estos dispositivos, junto con entornos de desarrollo también accesibles permiten que se pueda disponer de un laboratorio de implementación de circuitos de alto desempeño (al menos en fase prototipo), con herramientas normales del estado del arte. Incluso, en numerosos casos (dependiente de la aplicación) es posible resolver el problema con una laptop y las placas antes mencionada. Las herramientas de desarrollo en niveles de abstracción elevados permiten el diseño muchas veces viendo al dispositivo como transparente. Esto hace que se haga viable el acceso a estas tecnologías a personas provenientes de múltiples disciplinas. Las características anteriores, sumadas a la excepcionalmente alta cantidad de recursos internos que estos dispositivos ofrecen y a su extraordinaria configurabilidad, hacen a los mismos sumamente interesantes para la implementación de procesos digitales de diferentes tipos, desde comunicaciones de datos hasta proceso de señales provenientes de sensores.

Los circuitos analógicos configurables tienen un grado de desarrollo mucho menor comparados con sus contrapartes digitales. Sin embargo, ya se disponen en el mercado de un abanico de chips que van desde circuitos ofreciendo solo secciones analógicas configurables hasta otros que tienen núcleos de procesamiento, periféricos digitales de diferentes tipos y, adicionalmente, secciones analógicas configurables. Muchos de estos dispositivos son concebidos con la idea de tratar señales en el dominio analógico, descargando las tareas que normalmente debieran realizar extensas secciones digitales. Este trabajo como "coprocesadores analógicos" está ganando fuerza ya que se reducen los costos del hardware digital que sería necesario.

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 alto desempeño.

El presente curso introduce al estudiante en los conceptos de configurabilidad digital y analógica, llegando a un nivel intermedio de comprensión de los bloques internos de los dispositivos. Se hace énfasis en el desarrollo de circuitos y sistemas orientados al tratamiento de información, tanto en el dominio analógico como el digital. Asimismo, se brindará un panorama sobre herramientas relacionadas como una introducción a los lenguajes de descripción de hardware y técnicas de FPGA/hardware in the loop.

OBJETIVOS

Al finalizar el curso el estudiante será capaz de:

Comprender adecuadamente el principio de funcionamiento de las arquitecturas digitales y analógicas configurables.

Desarrollar competencias para el diseño de sistemas utilizando herramientas del estado del arte y desde diferentes entradas de diseño.

Implementar y evaluar experimentalmente 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.

PROGRAMA

Unidad 1: Dispositivos lógicos configurables

Introducción. Vista general de un dispositivo FPGA (Field-Programmable Gate Array). El concepto de tabla de búsqueda (LUT). Módulos de memoria embebida. Otros elementos de las FPGAs.

Presentación de las familias de componentes de Intel (Altera). Estudio de los recursos disponibles en cada dispositivo. Principio de operación. Herramientas de diseño de Intel (Altera): Introducción y conceptos generales. Pasos de diseño: entrada esquemática, verificación, compilación y simulación. Recorrido del flujo de diseño mediante ejemplos simples. Programación de FPGA.

Unidad 2: Lenguajes de descripción de hardware - Diseño RTL

Campos de aplicación de los lenguajes de descripción de hardware. Niveles de abstracción: Nivel comportamental, Nivel transferencia de registros y Nivel compuerta. Elementos estructurales del VHDL. Sentencias secuenciales. Sentencias concurrentes. Tipos de datos. Operadores. Conceptos generales sobre síntesis de circuitos digitales. El estilo de descripción RTL. Lógica combinacional. Lógica secuencial. Máquinas de estados finitos con VHDL. Pasos de diseño en la herramienta de Intel: entrada de diseño, verificación, compilación y simulación. Utilización de herramientas para diseños en niveles de abstracción mayores (VHDL coder). Técnicas de FPGA in the loop.

Unidad 3: Circuitos analógicos configurables

Capacidades conmutadas. Principio de operación. Circuitos de ganancia, integradores, derivadores, filtros. Ejemplo de celda configurable de capacidades conmutadas. Concepto de configurabilidad analógica. El caso de tiempo continuo. Técnicas usuales. Técnicas de señal mixta. El caso de PSOC de Cypress. Herramientas de soporte. Estudio de casos

Unidad 4: 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.

PRÁCTICAS

Las actividades prácticas cubren una parte importante de la materia (50%), cubriendo aspectos diversos. El curso se focaliza en el desarrollo de capacidades para el diseño de sistemas de tratamiento de señales y/o datos en los dominios digital y analógico. Esto requiere el desarrollo de habilidades sobre las propias herramientas de diseño y relacionadas. Una parte de la actividad práctica se orienta a estas tareas, orientar a los estudiantes en estos aspectos. El enfoque se basará en la resolución de problemas de diseño de complejidad creciente, los cuales son abiertos por naturaleza y sin solución única. Esto fomentará la discusión de alternativas y evaluaciones sobre las herramientas de diseño, simuladores y resultados experimentales. Superada esta primera fase, se avanzará al desarrollo de sistemas más complejos, de interés a la instrumentación o al procesamiento de datos de alto desempeño.

Se emplearán para el curso los recursos disponibles en el Grupo de Desarrollo Electrónico e Instrumental de la FAMAFA. Los estudiantes podrán realizar tareas de estudio independiente cubriendo las fases de diseño, entrada de los mismos en las herramientas de diseño, compilación sobre dispositivos específicos y simulación.

Una actividad para 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.

Se realizará un trabajo especial consistente en el desarrollo completo de un sistema basado en las tecnologías utilizadas en el curso. En lo posible se intentará compatibilizar este trabajo con los intereses de los grupos de investigación donde se desempeñen los cursantes.

Las actividades prácticas serán evaluadas de acuerdo a su grado de complejidad. Para las prácticas iniciales de laboratorio se evaluará el informe correspondiente de las mismas. Para los trabajos más avanzados se evaluará también la defensa de la estrategia de diseño que se haya escogido para resolver el problema.

La supervisión de las tareas será realizada por los docentes en los trabajos de laboratorio y se darán horarios de consulta para los trabajos independientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Charles H. Roth, Jr. and Lizy Kurian John, Digital Systems Design Using VHDL®, Third Edition. Cengage Learning, 2018.
- Jivan S. Parab, Rajendra S. Gad, G.M. Naik. Hands-on Experience with Altera FPGA Development Boards. Springer, 2018.
- Arockia Bazil Raj. FPGA-Based Embedded System Developer's Guide. CRC Press, 2018.
- Pong P. Chu. Embedded SOPC design with NIOS II processor and VHDL examples. Wiley, 2011.

- Doboli, E. Currie, Introduction to Mixed-Signal, Embedded Design. Springer, Estados Unidos, 2011.
- Reza Langari, Alan S. Morris. Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Elsevier, 2012.
- Artículos seleccionados de diversas fuentes.
- Hojas de datos de fabricantes: Intel/Altera, Cypress.
- Artículos seleccionados de fuentes varias.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

La evaluación se realizará de manera continua. 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.

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimientos de lógica booleana y conceptos de física eléctrica.