



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Sistemas Embebidos Basados en FPGAs
Clave de la asignatura:	DSF-2505
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Electrónica y afines

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Electrónica las siguientes habilidades: Diseñar, analizar y construir equipos y/o sistemas electrónicos digitales para la solución de problemas en el entorno profesional, aplicando normas técnicas y estándares nacionales e internacionales. Comunicarse con efectividad en forma oral y escrita en el ámbito profesional tanto en su idioma como en un idioma extranjero. Simular modelos de sistemas electrónicos lógicos y matemáticos que permitan predecir su comportamiento empleando plataformas computacionales. Aplicar los conocimientos básicos para el análisis, adaptación, operación, mantenimiento y diseño de los sistemas embebidos basados en FPGA.
Intención didáctica
El temario se organiza con un nivel de abstracción creciente agrupando los contenidos conceptuales de la asignatura, de manera que la teoría clásica en el diseño de circuitos lógicos para diversas operaciones digitales, ofrezca una comprensión intuitiva de tales circuitos como base del diseño por medio de herramientas EDA (<i>Electronic Design Automation</i>) basadas en lenguajes de descripción de hardware. Esta materia tiene la intención de que el alumno sepa la diferencia entre un punto fijo y un punto flotante. También, de que el alumno pueda diseñar, simular, e implementar operaciones matemáticas y procesos lógicos en dispositivos tipo FPGA, para el posterior desarrollo de Núcleos de Propiedad Intelectual (IP Core). Asimismo, debe incluirse la utilización de herramientas de descripción de hardware y dispositivos lógicos programables, principalmente en las prácticas y proyectos. El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de competencias para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de la información relevante, planteamiento de hipótesis, trabajo en equipo, asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito de manera que sean una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado. La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas y ofrecer escenarios distintos, ya sean contruados, artificiales, virtuales o reales. En las actividades de aprendizaje sugeridas se busca que el alumno tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



se dé la formalización; la resolución de problemas se realiza después de este proceso. Se sugiere que se diseñen problemas que promuevan la creatividad del estudiante.

En el desarrollo de las actividades programadas es importante que el estudiante aprenda a valorar que está construyendo su conocimiento y los hábitos de trabajo; y desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Durante el transcurso de la materia, es conveniente que el profesor se desempeñe sólo como un facilitador del conocimiento, siendo una guía para que el estudiante logre desarrollar las competencias deseadas, aclarando dudas, complementando información y encauzando al estudiante durante el desarrollo independiente de sus actividades de aprendizaje para que construya, de forma autónoma su propio conocimiento.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
TecNM-CRODE Celaya y TecNM Celaya, Guanajuato, Mayo 2023 TecNM IT Mérida, Octubre 2024	Nimrod Vázquez Nava Instituto Tecnológico de Celaya José Javier Díaz Carmona Instituto Tecnológico de Celaya Alejandro Espinosa Calderón Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo de Celaya Academia de Ing. Electrónica, IT Mérida	Definición y elaboración de los contenidos temáticos correspondientes a las asignaturas del módulo de la especialidad.

4. Logro formativo a desarrollar en la asignatura

Saberes, habilidades y destrezas de la asignatura
- Conoce, comprende, analiza, diseña y simula circuitos de operaciones matemáticas y procesos digitales para el diseño de Núcleos de Propiedad Intelectual (IP Cores). - Construye prototipos con las bases de diseño digital para desarrollar su capacidad creativa y emprendedora.

5. Saberes, habilidades y destrezas previas

- Conoce, comprende, analiza, diseña y simula circuitos digitales básicos, combinacionales, secuenciales síncronos y asíncronos, como base para el uso posterior del lenguaje VHDL y los dispositivos lógicos programables para el diseño de sistemas digitales. - Opera equipo de medición electrónica. - Elabora reportes técnicos. - Trabaja en equipo. - Interpreta y aplica especificaciones de manuales técnicos. - Maneja un lenguaje de programación estructurada.



6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Conceptos Generales	1.1 Sistemas digitales. 1.2 Procesamiento digital de señales. 1.3 IP Core. 1.4 Relación de conceptos generales con diseño, simulación e implementación de bloques combinacionales y secuenciales en FPGA.
2	Representaciones Numéricas Binarias	2.1 Representación binaria de números enteros 2.2 Representación binaria de números con signo 2.3 Representación binaria de números fraccionarios signados en formato de Punto Fijo 2.4 Resolución binaria 2.5 Representación binaria de números en formato de Punto Flotante
3	Operaciones Matemáticas Lineales	3.1 Suma con números fraccionarios signados 3.2 Multiplicación con números fraccionarios signados 3.3 Implementación en FPGA
4	Operaciones Matemáticas No Lineales	4.1 División con números fraccionarios signados 4.2 Polinomios con números fraccionarios signados 4.3 Implementación en FPGA
5	Sistemas Embebidos con FPGA	5.1 Definición de sistemas embebidos. 5.2 Definición RToS (<i>Real Time Operaton Systems</i>). 5.3 Definición de SoC (<i>System on Chip</i>) 5.4 Arquitecturas de sistemas embebidos basados en FPGA. 5.5 Simuladores de sistemas embebidos basados en FPGA.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Conceptos Generales	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
Específica(s): - Describe hardware en módulos combi nacionales y secuenciales en lenguaje HDL. - Identifica los conceptos generales referentes a sistemas digitales, procesamiento digital de señales, e IP Core. Genéricas: - Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de maquinaria, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información. - Trabajo en equipo. - Capacidad de trabajar en equipo Interdisciplinario y multidisciplinario. - Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica - Habilidades de investigación. - Capacidad de aprender. - Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).	- Discute grupalmente los conceptos relativos a FPGA, lenguajes HDL, sistemas digitales, procesamiento digital de señales, e IP Core. - Utiliza un entorno computacional integrado (IDE) específico para diseñar bloques en FPGA, y realiza reporte sobre el funcionamiento de dicho software. - Investiga y expone por equipos el uso de los FPGA. - Diseña bloques combinacionales y secuenciales en FPGA de acuerdo a las especificaciones establecidas por la aplicación a implementar. - Identifica las características y propiedades de los sistemas embebidos basados en FPGA. - Investiga y expone por equipos las aplicaciones de los sistemas embebidos basados en FPGA.
2. Representaciones Numéricas Binarias	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
Específica(s): - Conoce las herramientas útiles para representación de números en base 2, signados, y en formatos con números fraccionarios. Genéricas: - Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de maquinaria, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información. - Trabajo en equipo. - Capacidad de trabajar en equipo Interdisciplinario y multidisciplinario. - Habilidades de investigación. - Capacidad de aprender. - Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). - Capacidad de aplicar los	- Investiga sobre las herramientas teóricas y computacionales para la representación binaria de números, en formato signado y en formatos con números fraccionarios. - Discute grupalmente las diferentes opciones de representaciones numéricas binarias. - Investiga sobre las representaciones numéricas binarias. - Explica las principales diferencias entre los formatos de punto fijo y punto flotante. - Comprende y hace uso de algoritmos de conversión de bases numéricas.



conocimientos en la práctica	
3. Operaciones Matemáticas Lineales	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
Específica(s): - Realiza descripciones hardware de sumas y multiplicaciones con números fraccionarios signados. Genéricas: - Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de maquinaria, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información. - Trabajo en equipo. - Capacidad de trabajar en equipo Interdisciplinario y multidisciplinario. - Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica - Habilidades de investigación. - Capacidad de aprender. - Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).	- Discute grupalmente los conceptos relativos a Operaciones matemáticas lineales con números fraccionarios signados. - Utiliza un entorno computacional integrado (IDE) específico para diseñar operaciones matemáticas y realiza reporte sobre el funcionamiento de dicho software. - Diseña bloques de operaciones en FPGA de acuerdo a las especificaciones establecidas por la aplicación a implementar. - Establece diferencias entre operaciones lineales y no lineales en sistemas digitales.
4. Operaciones Matemáticas no Lineales	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
Específica(s): - Realiza descripciones hardware de divisiones con números fraccionarios signados. Genéricas: - Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de maquinaria, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información. - Trabajo en equipo. - Capacidad de trabajar en equipo Interdisciplinario y multidisciplinario. - Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica - Habilidades de investigación. - Capacidad de aprender. - Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).	- Discute grupalmente los conceptos relativos a Operaciones matemáticas no lineales con números fraccionarios signados. - Utiliza un entorno computacional integrado (IDE) específico para diseñar operaciones matemáticas y realiza reporte sobre el funcionamiento de dicho software. - Diseña bloques de operaciones en FPGA de acuerdo a las especificaciones establecidas por la aplicación a implementar. - Establece diferencias entre operaciones lineales y no lineales en sistemas digitales.



5. Sistemas Embebidos con FPGA	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
Específica(s): - Identifica los componentes básicos de un sistema embebido con FPGA que está basado en procesamiento digital de señales, así como sus funciones. - Identifica las áreas de oportunidad y desarrolla aplicaciones basadas en los sistemas embebidos que utilizan FPGA para la solución de problemas en ingeniería electrónica. Genéricas: - Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas. - Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de maquinaria, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información. - Trabajo en equipo. - Compromiso ético. - Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. - Capacidad de trabajar en equipo Interdisciplinario y multidisciplinario. - Habilidades de investigación. - Capacidad de aprender. - Capacidad de generar nuevas ideas.	- Hace uso de herramientas disponibles en un sistema embebido con FPGA, utilizado para diseñar e implementar físicamente algoritmos matemáticos. - Realiza una investigación de campo sobre aplicaciones de los sistemas embebidos basados en FPGA, para identificar aplicaciones en algunos de los siguientes campos de la electrónica: - Comunicaciones. - Automatización y control. - Instrumentación. - Potencia. - Analiza grupalmente el uso de los recursos de los sistemas basados en FPGA en las aplicaciones encontradas y realiza un reporte con las conclusiones del análisis. - Desarrolla una aplicación selecta como proyecto final, organizando esta actividad a través de un cronograma (se sigue que este proyecto sea planteado a partir de la tercera unidad de la asignatura, y se realice un protocolo para tal fin).



8. Práctica(s)

Se sugieren la realización de prácticas de con el objetivo de reafirmar los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de la asignatura. Particularmente se proponen prácticas que incluyan al menos los siguientes temas:

- Implementación FPGA de suma con números signados y fraccionarios.
- Implementación FPGA de multiplicación con números signados y fraccionarios.
- Implementación FPGA de división con números signados y fraccionarios.
- Uso de tarjetas con sistemas embebidos basados en FPGA.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance del(los) logro(s) formativo(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de los saberes, habilidades y destrezas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.



10. Evaluación de saberes, habilidades y destrezas

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

- Prácticas de laboratorio para verificar si comprende los conceptos descritos sobre cada tema de la asignatura.
- Utilización de herramientas de desarrollo y programación.
- Realización de proyectos para la solución de problemas de su entorno con un enfoque digital basado en FPGA.
- Resolución de problemas.
- Desarrollo de proyectos, donde elaboren un prototipo y el informe del mismo.
- Investigación bibliográfica.
- Elaboración de material con base en tecnología de la información y comunicación.
- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades de laboratorio, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Exámenes prácticos, donde se califique el desempeño durante la práctica

Todo ello deberá ser comprobable mediante un portafolio de evidencias, de preferencia en formato digital.

11. Referencias

1. Thomas L. Floyd, Fundamentos de Sistemas Digitales, novena edición.
2. Troncoso, R. D. J. R. Electrónica Digital y Lógica Programable. Segunda Edición. Año 2015. Universidad de Guanajuato. México. P, 358(359), 118.
3. R. E. Haskell, D. M. Hanna; *Digital Design Using Digilent FPGA Boards VHDL/Vivado edition*; LBE.
4. David G. Maxinez, VHDL: *El Arte de Programar Sistemas Digitales*, CECSA, 2002
5. Fernando Pardo, José A. Boluda, *VHDL Lenguaje para Síntesis y modelado de Circuitos*. 2a Edición Editorial RA-MA, Impreso en México, 2003
6. Brown S. y Vranesic Z.G. *Fundamentos de lógica digital con diseño VHDL*, Segunda Edición, Mc Graw Hill, México, 2006.
7. Michael D. Ciletti, *Advanced Digital Design with the Verilog HDL*, s/e Ed. Prentice Hall.
8. Peter J. Ashenden, *The Designer's Guide to VHDL*, Volume 3, Third Edition, Morgan Kaufmann Publishers, Australia, 2008
9. Pong P. Chu, *FPGA Prototyping by VHDL Examples: Xilinx, Spartan-3*, Wiley & Sons, 2008
10. Perry Douglas L., *VHDL Programming by example*, Cuarta Edición, McGraw Hill, USA, 2002.
11. Roth, Charles H. *Digital System Desing Using VHDL*, Segunda Edición, Thomson, 2008.