1. DATOS GENERALES DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	**Programación De Sistemas Embebidos En FPGA.**
Clave de la asignatura:	
SATCA[1]:	2 - 3 - 5
Carrera:	Ingeniería Mecatrónica

2. PRESENTACIÓN

Caracterización de la asignatura
Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Mecatrónico la capacidad para analizar, diseñar, simular y construir prototipos con sistemas embebidos (FPGA) con una actitud investigadora, de acuerdo con las necesidades tecnológicas y sociales actuales y emergentes, impactando positivamente en el entorno global. Los dispositivos FPGA permiten la implementación de todo el hardware y software de un sistema digital en un circuito integrado configurable, permitiendo desarrollos conocidos como Sistemas-en-Chip-Programable. La especificación de todo el sistema se realiza en forma flexible debido a que su diseño e implementación involucran herramientas de desarrollo que permiten un elevado nivel de abstracción. Los dispositivos FPGA posibilitan una gran flexibilidad en el diseño e implementación de estos sistemas.
Intención didáctica
Dentro de este curso se introducen los conceptos y metodologías necesarios para la realización de sistemas embebidos en dispositivos FPGA. Las metodologías de diseño, implementación y desarrollo estarán realizadas utilizando las plataformas y dispositivos de Altera, pero los fundamentos conceptuales permitirán su utilización en plataformas y dispositivos de otros fabricantes. En el primer tema se pretende que el alumno conozca la arquitectura de los fpga´s y crear proyectos a partir de las herramientas de diseño de hardware. Por su parte el segundo tema establece las bases para el diseño de circuitos lógicos combinacionales especificados en HDL a nivel estructural y funcional. El tercer tema diseña circuitos para generar secuencias lógicas en HDL, desde el nivel estructural al funcional. El cuarto tema

[1] Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

realiza el diseño de un sistema digital, basándose en la metodología ascendente: datapath + unidad de control. Por último el quinto tema se pretende especificar circuitos tipo RAM y ROM en FPGAs

Se sugiere una actividad integradora (proyecto final) que permita aplicar los conceptos de diseño de tareas con el robot estudiados durante el curso. Esto permite dar un cierre a la materia mostrándola como útil por sí misma en el desempeño profesional, independientemente de la utilidad que representa en el tratamiento de temas en materias posteriores.

Pero se sugiere que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el alumno se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos.

Se pretende que durante el curso de manera integral se conforme una visión del futuro profesionista y se pueda crear la confianza en él que permita interpretar el mundo que le rodea, sea este dentro de su desempeño laboral o no, donde fundamentalmente el enfoque sistemático será una herramienta de desempeño de la profesión, así mismo del desarrollo humano.

Es necesario que el profesor ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

3. PARTICIPANTES EN LA ACTUALIZACIÓN, EL DISEÑO, CONSOLIDACIÓN Y/O SEGUIMIENTO CURRICULAR DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche (ITESCAM), enero – Febrero de 2022.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: TecNM Campus Calkini – ITESCAM. Mtro. Rogelio A. Flores Haas.	Reunión de Academia de Ing. Mecatrónica.

4. COMPETENCIA(S) A DESARROLLAR

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Diseña, implementa y desarrolla con los FPGAs de Intel/Altera para la realización de circuitos y sistemas digitales, a través de circuitos lógicos en un Lenguaje Descriptor de Hardware.

5. COMPETENCIAS PREVIAS

- Desarrollo de aplicaciones utilizando Lenguaje Ensamblador y programación híbrida.
- Análisis y diseño de sistemas digitales.
- Solución de problemas prácticos utilizando microprocesadores/microcontroladores.
- Arquitectura de Computadoras.
- Programar en algún lenguaje de alto nivel y en ensamblador de algún microprocesador/microcontrolador.

6. TEMARIO

No.	Temas	Subtemas
1	FPGA´s	1.1 Arquitectura de FPGA´S. 1.1.1 Diseño. 1.1.2 Configuración de Cyclone IV FPGA. 1.1.3 Entradas y salidas integradas. 1.1.4 Memoria SDRAM.

		1.1.5 EEPROM Serie I2C. 1.1.6 Pines de expansión. 1.1.7 Convertidor de A/D. 1.1.8 Acelerómetro Digital. 1.1.9 Reloj interno. 1.1.10 Fuente de alimentación externo. 1.2 Herramientas de diseño de hardware. 1.2.1 Max + Puls II. 1.2.2 Quartus Prime. 1.3 Creación de proyectos con el fpga. 1.3.1 Flujo de diseño. 1.3.2 Asignación del dispositivo. 1.3.3 Creación de un diseño en el FPGA. 1.3.4 Asignación los Pines. 1.3.5 Compilación de tu diseño. 1.3.6 Programación del dispositivo FPGA. Verificación del hardware.
2	**Circuitos combinacionales en HDL.**	2.1 Sistema binario y funciones lógicas en HDL. 2.2 Compuertas lógicas y circuitos equivalentes a CIs tipo SSI, MSI. 2.3 Álgebra Booleana y minimización automática de funciones lógicas en HDL. Mapas de Karnaugh e implementación tabular directa de funciones combinacionales.
3	**Circuitos secuenciales HDL.**	3.1 Flipflops y ecuaciones de excitación. 3.2 Diseño tradicional con FFs discretos en HDL. 3.3 Especificación de una secuencia arbitraria en HDL. 2.4 Diseño de una secuencia con máquinas de estados en HDL.
4	**Especificación de sistemas digitales.**	4.1 De los flipflops a los registros contadores. 4.2 Concepto de registro de carga: implementación funcional.

		4.3 Diseño del registro universal en HDL: almacenamiento y operaciones aritméticas/lógicas. 4.4 Diseño del datapath y unidad de control del sistema digital para el cálculo de una secuencia.
5	**Sistemas de almacenamiento RAM y ROM.**	5.1 Arquitecturas de almacenamiento: estructura y función de una RAM. 5.2 Implementación de una RAM en HDL. 5.3 Estructura de una memoria ROM. 5.4 Introducción a la microprogramación.

7. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE DE LOS TEMAS

<table>
<tr><th colspan="2">1. FPGA´s</th></tr>
<tr><th>Competencias</th><th>Actividades de aprendizaje</th></tr>
<tr><td>Específicas:
Conoce y crea proyectos con las herramientas de diseño de hardware a partir de una arquitectura de un fpga´s previamente seleccionado.

Genéricas:
Capacidad de análisis y síntesis.
Capacidad de organizar y planificar.
Habilidad para la búsqueda y análisis de información proveniente de fuentes diversas.
Trabajo en equipo.
Capacidad de aplicación de los conocimientos en la práctica.
Capacidad de organización y planificación.
Habilidad de manejo de software de Ingeniería.
Solución de problemas.
Habilidades de investigación.</td><td>Recopilar información acerca de las arquitecturas de los fpga´s disponibles en el mercado.
Realiza un diseño esquemático de los componentes principales que conforma el fpga respecto a su arquitectura externa.
Recopila información de las herramientas de diseño de hardware disponibles de en la red para la programación de los fpga´s.
Crea un proyecto para un fpga con Max+Plus ii.
Crea un proyecto para un fpga con Quartus prime.
Realiza la comunicación del FPGA seleccionado con las herramientas de diseño de hardware.</td></tr>
<tr><th colspan="2">2. Circuitos combinacionales en HDL.</th></tr>
<tr><th>Competencias</th><th>Actividades de aprendizaje</th></tr>
<tr><td>Especificas:
Conoce los elementos principales para el diseño de circuitos lógicos combinacionales
especificados en HDL a nivel estructural y funcional.

Genéricas:
Capacidad de análisis y síntesis.
Trabajo en equipo.
Habilidades de investigación.
Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</td><td>Investiga sobre la tabla de verdad de las compuertas lógicas, así como su funcionamiento.
Realiza la programación y simulación de las compuertas lógicas en HDL con las herramientas de diseño de hardware y verifica el tiempo de propagación de cada uno de los casos.
Realiza la programación, simulación y analiza el tiempo de propagación de operaciones aritméticas en HDL con las</td></tr>
</table>

• Habilidad de manejo de software de Ingeniería. • Solución de problemas. • Capacidad de aplicación de los conocimientos en la práctica. Capacidad de organización y planificación.	herramientas de diseño de hardware. • Realiza la programación y simulación de un multiplexor para la selección de datos en HDL con las herramientas de diseño de hardware. • Realiza la programación de un decodificador en HDL con las herramientas de diseño de hardware. • Realiza la programación de un circuito de mayoría de 7 números. Diseña y programa un ALU (unidad lógico aritmético) en HDL aplicado los conocimientos adquiridos de circuiros combinacionales.
3. Circuitos secuenciales HDL.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Especificas: Comprende y aplica los conocimientos propios de la materia para diseñar circuitos con secuencias lógicas en HDL, desde el nivel estructural al funcional. **Genéricas:** • Capacidad de organizar y planificar. • Trabajo en equipo. • Capacidad de aplicación de los conocimientos en la práctica. • Capacidad de organización y planificación. • Habilidad de manejo de software de Ingeniería. • Solución de problemas. • Habilidades de investigación.	• Investiga el comportamiento de los flip-flop en los flancos positivos y flancos negativos respecto al reloj en los circuitos secuenciales. • Diseña, programa y simula un flip-flop en HDL. • Diseña, programa y simula una secuencia arbitraria en HDL para una tarea determinada. • Diseña, programa y simula una secuencia con máquinas de estados finitos en el lenguaje HDL.
4. Especificación de sistemas digitales.	
Competencias	Actividades de aprendizaje

Especificas: Comprender y aplicar las diferentes técnicas de programación para el diseño de un sistema digital, basándose en la metodología ascendente: datapath + unidad de control. **Genéricas:** • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Habilidad para la búsqueda y análisis de información proveniente de fuentes diversas. • Trabajo en equipo. • Capacidad de aplicación de los conocimientos en la práctica. • Capacidad de organización y planificación. • Habilidad de manejo de software de Ingeniería. • Solución de problemas. Habilidades de investigación.	• Investiga el funcionamiento de los registros en los sistemas embebidos FPGA´S. • Implementa el diseño, programación y simulación del registro de carga para la solución de un problema real en HDL. • Realiza el diseño del registro universal en HDL para aplicaciones en sistemas digitales. Diseña una datapath con su unidad de control para el cálculo de una secuencia posteriormente realiza la programación en HDL de dicho diseño.
5. Sistemas de almacenamiento RAM y ROM.	
Competencias	Actividades de aprendizaje.
Especificas: Comprende, aplica y diseña circuiros de almacenamiento RAM y ROM en HDL para incursionar a la microprogramación. **Genéricas:** • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Habilidad para la búsqueda y análisis de información proveniente de fuentes diversas. • Trabajo en equipo. • Capacidad de aplicación de los conocimientos en la práctica. • Capacidad de organización y planificación.	• Investiga las arquitecturas y funcionamiento de una memoria RAM. • Realiza la descripción esquemática de la estructura de una memoria ROM. • Programa y simula una memoria RAM en HDL con las herramientas de diseño de hardware. • Implementa la programación de una memoria de almacenamiento ROM en HDL con las herramientas de diseño de hardware. Realiza una programación básica enfocada a la microprogramación de sistema embebidos FPGA.

• Habilidad de manejo de software de Ingeniería. • Solución de problemas. Habilidades de investigación.	

8. PRÁCTICA(S)

- Análisis de las características de la arquitectura FPGA´S.
- Adquisición de Datos.
- Procesador de 8 bits en FPGA.
- Programación de entrada/salida.
- Control de procesos.
- Procesador de 16 bits.
- Procesamiento digital de señales.
- Desarrollo de un sistema embebido con AHDL, utilizando FPGA de terasIC ALTERA.
- Desarrollo de sistemas embebidos en aplicaciones de domótica.
- Desarrollo de sistemas embebidos en aplicaciones de instrumentación, industria automotriz, automatización y control de procesos industriales.

9. PROYECTO DE ASIGNATURA

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(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 las competencias genéricas y especificas 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", la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS

- Formativa.
- Practica.
- Sumativa.
- Cognitiva.

11. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. R.Cayssials (2014). Sistemas embebidos en FPGA. Primera Edición. Editorial Alfaomega. ISBN 978-987-1609-69-7.
2. Terasic ALTERA (2013). DE0-Nano: User Manual. Recuperado 27 de marzo de 2019. Disponible en línea: https://www.terasic.com.tw/cgi-bin/page/archive_download.pl?Language=English&No=593&FID=75023fa36c9bf8639384f942e65a46f3
3. W. Kleitz (2002). Digital electronics a practical approach with VHDL. Novena Edición. Editorial pearson. ISBN-13: 978-0-13-254030-3. ISBN-10: 0-13-254303-6.
4. H. Charles & L. Larry (2014). Fundamentals of Logic Design. Septima Edicion. Editorial CENGAGE Learning. ISBN-13: 978-1-133-62847-7. ISBN-10: 1-133-62847-8.
5. M. Morris & D. Michael (2002). DIGITAL DESIGN with An Introduction to the Verilog HDL. Quinta Edición. Editorial pearson. ISBN-13: 978-0-13-277420-8
ISBN-10: 0-13-277420-8.
6. ALTERA (2003). MAX+PLUS II Advanced Synthesis: User Guide. Recuperado el 28 de marzo de 2019. Disponible en línea: https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/ug/ug_mp2as.pdf