

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Diseño Digital con VHDL
Clave de la asignatura:	ETF-1015
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Electrónica

2. Presentación

<p>Caracterización de la asignatura</p> <p>Aportación de la asignatura al perfil de egreso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simular e implementar modelos de sistemas electrónicos lógicos secuenciales que permitan comprobar su comportamiento empleando lenguajes de descripción de hardware. • Aplicar los conocimientos de dispositivos lógicos programables, para el análisis, adaptación, operación, mantenimiento y diseño de los sistemas digitales que conforman la base de los microcontroladores. • Analizar, adaptar, operar y diseñar los diferentes dispositivos de interfaz relacionados con sistemas digitales. • Comunicarse con efectividad en forma oral y escrita en el ámbito profesional tanto en su idioma como en un idioma extranjero. <p>Importancia de la asignatura:</p> <p>Esta asignatura es la base para la comprensión de la operación de microprocesadores y microcontroladores. Permite que el alumno pueda diseñar mediante el lenguaje de descripción de hardware cualquier circuito digital dentro de un circuito con alta escala de integración.</p> <p>Establece el vínculo entre los circuitos electrónicos digitales y los diferentes dispositivos de interfaz.</p> <p>Descripción general del contenido de la materia:</p> <p>La materia presenta los fundamentos de diseño de los sistemas digitales, secuenciales empleando el lenguaje de descripción de hardware, permitiendo la implementación de máquinas de estados.</p> <p>Establece las bases de los componentes básicos de un microprocesador (memoria y ALU), así como los diversos dispositivos de interfaz con los que se relacionan.</p> <p>Relación con otras asignaturas:</p> <p>Esta materia es la base de materias como Microcontroladores, Controladores Lógicos Programables, Control Digital y materias de especialidad, en los temas de diseño e implementación de circuitos digitales empleando lenguajes de descripción de hardware y dispositivos lógicos programables, desarrollando las competencias específicas de análisis, diseño e implementación de circuitos digitales con VHDL.</p> <p>Intención didáctica</p> <p>El contenido de la materia de Diseño Digital con VHDL se organiza en cuatro temas.</p> <p>En el primer tema se comienza con la programación de circuitos digitales en VHDL. Considerando que el alumno ya tiene las nociones del uso del mismo, en este tema se debe lograr el diseño de circuitos</p>
--

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

secuenciales síncronos utilizando PLD's y FPGA's, finalizando con una aplicación para poner en práctica los recursos aprendidos basados en VHDL.

En el tema dos, se realizan los procesos para el diseño y simulación de máquinas de estados finitos síncronas. Se desarrollan e implementan sistemas secuenciales en VHDL para que el estudiante compruebe la ventaja del desarrollo de sistemas con VHDL.

El tema tres aborda el estudio de memorias semiconductoras e inicia la unidad retomando los fundamentos de los sistemas numéricos en el sistema hexadecimal para una mejor comprensión del direccionamiento de la memoria; posteriormente se estudian los conceptos generales, funcionamiento, programación y aplicación de memorias semiconductoras como una preparación para el estudio de la arquitectura de un procesador.

En el tema cuatro, se estudian un procesador con arquitectura Harvard y Arquitectura Von Neumann. Se desarrollan por separado los componentes de un Microcontrolador básico implementando prácticas independientes para finalmente integrarlos en un sistema Microcontrolador.

Se sugiere una actividad integradora, en cada tema, que permita aplicar los conceptos estudiados. 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.

El enfoque sugerido para la materia propicia que las actividades en el aula y en el laboratorio, desarrollen en el alumno las habilidades para la investigación y experimentación, además del trabajo en equipo y las capacidades de análisis y síntesis en el diseño e implementación de circuitos digitales.

Se sugieren sobre todo que las actividades que se realicen en el curso de esta materia tengan un aprendizaje significativo y efectivo en el alumno. 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 derivadas de las prácticas de laboratorio. Se busca que partir de experiencias de la vida diaria el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos y electrónicos.

Es necesario que el profesor ponga atención y cuidado en los siguientes aspectos para el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura. Las competencias genéricas que son fortalecidas en esta asignatura comprenden algunas interpersonales, instrumentales y sistémicas a través de investigación, aplicación de los conocimientos en la práctica, capacidad de aprender y actualizarse de forma permanente, su compromiso con la calidad, trabajo en equipo, elaboración de prácticas y redacción de reportes respectivos, ensayos, exposiciones, análisis de casos, organización y planificación del tiempo, entre otros.

El profesor debe:

- Conocer la disciplina que está bajo su responsabilidad, su origen y desarrollo histórico para considerar este conocimiento al abordar los temas.
- Desarrollar la capacidad para coordinar y trabajar en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones.
- Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes.
- Tomar en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida y como obstáculo para la construcción de nuevos conocimientos.
- Enfatizar en trabajo en el laboratorio para descubrir las habilidades de los alumnos.
- Detectar debilidades y fortalezas de los alumnos al inicio del curso.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Cajeme, Celaya, Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Cosamaloapan, Cautla, Culiacán, Durango, Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Sur De Guanajuato, Tantoyuca, Tijuana, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Xalapa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero del 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Cajeme, Celaya, Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Cosamaloapan, Cautla, Durango, Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Sur De Guanajuato, Tantoyuca, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Xalapa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Orizaba, Querétaro, Celaya, Aguascalientes, Alvarado, Cuautitlán Izcalli, La Laguna y Lerdo.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.

<p>Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.</p>	<p>Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.</p>
<p>Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiari, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).</p>	<p>Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.</p>

4. Competencia(s) a desarrollar

<p align="center">Competencia(s) específica(s) de la asignatura</p>
<p>Desarrolla y simula estructuras avanzadas de un programa en VHDL de circuitos lógicos secuenciales síncronos para la programación e implementación de FPGA's o CPLD's en aplicaciones reales. Conoce y desarrolla los componentes que conforman las arquitecturas básicas de un microprocesador.</p>

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Realiza demostraciones de teoremas y postulados del algebra de Boole. • Realiza reducciones de funciones lógicas. • Identifica y compara las familias de las compuertas lógicas. • Busca y selecciona información acerca de FPGA's o CPLD's. • Diseña y construye circuitos combinacionales usando dispositivos SSI, MSI y FPGA's o CPLD's. • Analiza y diseña circuitos secuenciales utilizando Flip- Flop's. • Analiza y diseña circuitos secuenciales síncronos utilizando Flip- Flop's. • Analiza y diseña circuitos secuenciales síncronos con FPGA's o CPLD's.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Programación VHDL	<ul style="list-style-type: none"> 1.1. Elementos del lenguaje VHDL. <ul style="list-style-type: none"> 1.1.1. Elementos sintácticos del VHDL. 1.1.2. Operadores y expresiones en VHDL. 1.2. Declaraciones de objetos. <ul style="list-style-type: none"> 1.2.1. Declaración de señales 1.2.2. Declaración de ficheros. 1.3. Declaraciones concurrentes. <ul style="list-style-type: none"> 1.3.1. Declaración de arquitectura de flujo de datos. 1.3.2. Ejemplos de descripción flujo de datos. 1.4. Ejemplos de declaraciones secuenciales. <ul style="list-style-type: none"> 1.4.1. Ejemplos de diagramas de máquinas de estado. 1.5. Funciones y subprogramas. <ul style="list-style-type: none"> 1.5.1. Declaración de procedimientos y funciones. 1.5.2. Subprogramas. 1.5.3. Paquetes. 1.5.4. Bibliotecas 1.6. Programación de FPGA's ó CPLD'S en diferentes aplicaciones.
2	Máquinas de Estados Finitos	<ul style="list-style-type: none"> 2.1. Modelo de Mealy y Modelo de Moore. 2.2. Representación de los modelos Mealy y Moore en diagramas de estado y diagrama ASM. 2.3. Diseño de máquinas de estados finitos tipo Mealy y tipo Moore utilizando VHDL. <ul style="list-style-type: none"> 2.3.1. Obtención de las tablas de estado. 2.3.2. Obtención de las ecuaciones de estado. 2.3.3. Programación de archivo .VHD. 2.3.4. Simulación del archivo .VHD. 2.3.5. Obtención del archivo de programación. 2.3.6. Programación de FPGA's ó CPLD's
3	Memorias	<ul style="list-style-type: none"> 3.1. Conceptos de memorias. <ul style="list-style-type: none"> 3.1.1. Terminología de memorias. 3.1.2. Operación general de memorias. 3.1.3. Tipos de memorias. 3.1.4. Aplicaciones de memorias en la lógica combinacional y secuencial.

4	Arquitectura de Procesadores	<p>4.1. Arquitectura Von Neumann.</p> <p>4.1.1. Arquitectura de los Microprocesadores.</p> <p>4.2. Arquitectura Harvard.</p> <p>4.2.1. Arquitectura de los Micro-controladores.</p> <p>4.3. Estructura y funcionamiento de una ALU.</p> <p>4.3.1. Registro de estado.</p> <p>4.3.2. Operaciones con datos de memoria y registros.</p> <p>4.3.3. Operaciones con punto flotante y fijo.</p> <p>4.4. Descripción de una ALU con VHDL.</p>
5	Módulos de Interfaz en VHDL.	<p>5.1. Comunicación serial con UART.</p> <p>5.1.1. Introducción.</p> <p>5.1.2. Diseño de un UART en VHDL.</p> <p>5.2. Comunicación serial por I²C.</p> <p>5.2.1. Introducción a I²C.</p> <p>5.2.2. Diseño de un módulo para comunicación I²C.</p> <p>5.2.3. Comunicación de un FPGA con otro dispositivo por medio de I²C.</p> <p>5.3. Comunicación por Ethernet utilizando IP cores.</p> <p>5.3.1. Introducción a Ethernet.</p> <p>5.3.2. Utilización de IP cores para comunicar dos FPGA's por Ethernet.</p> <p>5.4. Comunicación por CAN utilizando IP cores.</p> <p>5.4.1. Introducción al Bus CAN.</p> <p>5.4.2. Utilización de IP cores para comunicar dos FPGA's por bus CAN.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Programación VHDL	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Desarrolla y simula estructuras avanzadas de un programa en VHDL de circuitos secuenciales síncronos para la programación de CPLD's o FPGA's.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad para organizar y planificar el tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar, reflexionar y entender el uso de software para el desarrollo de programas de descripción de circuitos secuenciales digitales en VHDL. • Realizar prácticas en computadora para edición, compilación de los programas desarrollados en VHDL. • Discutir los fundamentos del lenguaje de VHDL, para el desarrollo circuitos digitales secuenciales.

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de trabajo en equipo. • Compromiso con la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar un software de aplicación en VHDL para la simulación y programación de circuitos secuenciales síncronos.
2. Máquinas de Estados Finitos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Desarrolla, simula e implementa estructuras avanzadas de un programa en VHDL para comprender el funcionamiento de las máquinas de estado finito programando CPLD's o FPGA's.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad para organizar y planificar el tiempo. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de trabajo en equipo. • Compromiso con la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reflexionar y discutir las características y el funcionamiento de las máquinas de estados finitos. • Utilizar un software de aplicación en VHDL para la simulación y programación de máquinas de estados finitos. • Realizar prácticas en computadora para edición y compilación de los programas desarrollados en VHDL.
3. Memorias	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce los conceptos básicos del funcionamiento de memorias para relacionarlos con los diferentes sistemas electrónicos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad de investigación. • Capacidad para organizar y planificar el tiempo. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar la clasificación de memorias semiconductoras. • Realizar una investigación documental para la operación de cada una de las diferentes memorias semiconductoras. • Realizar prácticas de implementación de registros empleando VHDL para ejemplificar el funcionamiento de memorias. • Realizar una búsqueda de las diferentes aplicaciones de las memorias en sistemas electrónicos.

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de trabajo en equipo. • Compromiso con la calidad. 	
5. Arquitectura de Procesadores	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Comprende el funcionamiento de la ALU y resuelve operaciones con punto fijo y punto flotante mediante la implementación en CPLD's ó FPGA's para comprender los elementos que componen un procesador utilizando VHDL.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad para organizar y planificar el tiempo. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de trabajo en equipo. • Compromiso con la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar la estructura, funcionamiento y tipos de operaciones que una ALU puede realizar. • Realizar una práctica en VHDL para ejemplificar el funcionamiento de la ALU. • Discutir la diferencia entre memoria de programa y memoria de datos. • Investigar la diferencia entre las arquitecturas Von Neumann y Harvard • Realizar una presentación en computadora de los elementos que conforman un procesador. • Utilizar un software de aplicación en VHDL para la simulación y programación de una unidad de control. • Desarrollar un proyecto que ejemplifique el funcionamiento de un procesador.
6. Módulos de Interfaz en VHDL.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analiza, simula, diseña e implementa interfaces de comunicación (UART, I²C, CAN, Ethernet) mediante estructuras avanzadas de programación en VHDL programando CPLD's o FPGA's para realizar aplicaciones de adquisición de datos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad para organizar y planificar el tiempo. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de trabajo en equipo. • Compromiso con la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar el principio de operación de las interfaces UART, I²C, CAN y Ethernet . • Discutir la diferencia entre cada una de las interfaces. • Utilizar un software de aplicación en VHDL para la simulación de interfaz UART, I²C, CAN y Ethernet. • Realizar prácticas en VHDL programando CPLD's ó FPGA sobre interfaz UART, I²C, CAN y Ethernet.

8. Práctica(s)

- Diseño y simulación de circuitos secuenciales síncronos con CPLD's ó FPGA's.
- Diseño y simulación de circuitos secuenciales síncronos mediante máquinas de estados con CPLD's ó FPGA's.
- Operaciones con datos de memoria y registros diseñados en VHDL e implementados con CPLD's o FPGA's.
- Diseño y desarrollo de un circuito secuencial de aplicación real basado en VHDL.
- Desarrollo de una ALU con funciones básicas mediante VHDL e implementarla en un FPGA o CPLD.
- Desarrollo un sistema de comunicación entre dos FPGAs, mediante alguno de los protocolos de comunicación estudiados.

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 específicas 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

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:

- Exámenes escritos u orales para comprobar el manejo de aspectos teóricos y de programación.
- Examen práctico (En el laboratorio y/o frente a la computadora).
- Desarrollo de mapas conceptuales de actividades realizadas en clase.
- Desarrollo de prácticas que incluyan simulación e implementación de circuitos digitales.
- Desarrollo de actividades extra clase.
- Participación y exposición en clase.
- Desarrollo de un proyecto final del curso.
- Cumplimiento de las actividades asignadas.
- Realización de actividades de investigación documental.
- Participación en eventos como: Innovación tecnológica, otros.

11. Fuentes de información

1. Morris Mano M. (2005) Fundamentos de Diseño Lógico y de Computadoras, Tercera edición, Pearson, México.
2. Tocci R. J. (2007), Sistemas digitales Principios y Aplicaciones, 10ª edición, Pearson, México.
3. Marcovitz, A. B. (2005). Diseño Digital, Segunda Edición. Mc Graw Hill.
4. Wakerly, J. F. (2002), Diseño Digital Principios y Aplicaciones, segunda edición, Pearson, México.
5. Maxinez, D. G. (2002), VHDL: El Arte de Programar Sistemas Digitales, CECSA.
6. Pardo. F. Boluda, J. A. (2003), VHDL Lenguaje para Síntesis y modelado de Circuitos. Segunda Edición. RA-MA, México.
7. Brown S. y Vranesic Z.G. (2006), Fundamentos de lógica digital con diseño VHDL, Segunda Edición, Mc Graw Hill, México.
8. Ciletti, M. D. Advanced Digital Design with the Verilog HDL, Segunda edición, Ed. Prentice Hall.
9. Ashenden, P. J. (2008), The Designer's Guide to VHDL, Volume 3, Third Edition, Morgan Kaufmann Publishers, Australia.
10. Chu P. P. (2008), FPGA Prototyping by VHDL Examples: Xilinx Spartan-3, Primera Edición, Wiley & Sons.
11. Douglas P. L, (2002), VHDL Programming by example, Cuarta Edición, McGraw Hill, USA.