

## 1.-DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: **Diseño Digital con VHDL**

Clave de la asignatura: **ATF-1803**

SATCA<sup>1</sup> **3-2-5**

Carrera: **Ingeniería Mecatrónica**

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Mecatrónico, los conocimientos y las habilidades para:

Diseñar, analizar y construir equipos y/o sistemas electrónicos digitales para la solución de problemas en su entorno profesional. Simular modelos que permitan predecir el comportamiento de sistemas electrónicos empleando plataformas computacionales.

Utilizar lenguaje de descripción de hardware (HDL) como una herramienta de programación para desarrollar y diseñar sistemas digitales para su aplicación en la solución de problemas comerciales e industriales específicos aplicados en la industria actual.

La importancia de esta materia radica en la aportación de los conocimientos para contribuir a la consolidación del diseño digital; permitirá que el alumno conozca los elementos que componen un sistema de procesamiento, así como el análisis y diseño de sistemas digitales programables; de esta manera se prepara al estudiante con nuevas herramientas para el diseño digital, al hacer uso de descripción de hardware (HDL) que permita crear, simular, modificar e implementar sistemas digitales, sin la necesidad de generar desechos electrónicos durante las etapas de diseño.

Los temas de esta asignatura, están estructurados en cuatro unidades. La unidad uno inicia con el estudio del lenguaje VHDL. Se identifican las características

<sup>1</sup> Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

principales, como son: modelado estructural, programación de PLD's y FPGA's, diseño y comportamiento del hardware de un sistema digital desde un nivel estructural de compuertas hasta un alto nivel de abstracción.

La unidad dos se plantea el diseño y la simulación de máquinas de estado finito aplicando modelos de Moore y Mealy, se utiliza el lenguaje VHDL para modelar, simular e implementar este tipo de sistemas digitales.

La unidad tres aborda el estudio de memorias semiconductoras y se inicia la unidad estudiando los fundamentos de los sistemas numéricos realizando conversiones entre bases, haciendo énfasis 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.

En la unidad cuatro se estudian el funcionamiento de una ALU así como las operaciones que realiza y su implementación en VHDL. También se explican los principios básicos de la operación y arquitectura de los microprocesadores, realizando operaciones entre datos provenientes de la memoria, registros, puertos de entrada/salida.

Esta materia requiere los conocimientos previos de lógica combinacional y lógica secuencial síncrona incluidos en la materia de diseño digital.

#### **Intención didáctica.**

Se organiza el temario, en cuatro unidades. En la primera unidad se comienza con la programación de circuitos digitales en VHDL. Considerando que el alumno ya tiene las nociones del uso del mismo, en esta unidad se debe lograr el diseño de circuitos secuenciales síncronos utilizando PLD's y FPGA's, finalizando con una aplicación para poner en práctica los recursos aprendidos basados en VHDL.

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

La unidad 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 la unidad cuatro, se estudia 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 unidad, 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 en el alumno que las actividades en el aula y en el laboratorio, desarrollen 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 debido a las prácticas hechas en el laboratorio. Se busca partir de experiencias de la vida diaria el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos y electrónicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula.

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

Detecte debilidades y fortalezas de los alumnos al inicio del curso.

Además como reforzamiento y para desarrollar la capacidad analítica del alumno se encarga un proyecto que resuelva algún problema específico; esto le dará al alumno más bases para reafirmar las competencias adquiridas durante el curso, desde luego sin soslayar el apoyo tanto humano como técnico del docente a cargo.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

| Lugar y fecha de elaboración o revisión                      | Participantes   | Observaciones  |
|--|---|--|
| Instituto Tecnológico de Piedras Negras.<br>Octubre de 2013. | Academia de Ingeniería<br>Electrónica y<br>Mecatrónica. | Materia del módulo de especialidad surgida de la encuesta del entorno Socioeconómico de la región. |

### 4. Competencia(s) a desarrollar

| Competencia(s) específica(s) de la asignatura  |
|--|
| Diseñar y programar circuitos secuenciales síncronos, estructurar sistemas digitales utilizando lenguaje VHDL, conocer y desarrollar los componentes que conforman las arquitecturas básicas de un procesador. |

### 5. Competencias previas

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar demostraciones de teoremas y postulados del algebra de Boole.</li> <li>• Realizar reducciones de funciones lógicas.</li> <li>• Identificar y comparar las familias de las compuertas lógicas.</li> <li>• Diseñar y construir circuitos combinacionales usando dispositivos SSI , MSI y PLD's.</li> </ul> |
|--|

- Analizar y diseñar circuitos secuenciales utilizando Flip- Flop's.
- Buscar y seleccionar información acerca de PLD's.
- Analizar y diseñar circuitos secuenciales síncronos utilizando Flip- Flop's.
- Analizar y diseñar circuitos secuenciales síncronos con PLD's.

**6. Temario**

| No. | Temas                        | Subtemas   |
|-----|------------------------------|--|
| 1   | Programación VHDL            | 1 .1 Elementos del lenguaje VHDL<br>1.1.1 Elementos sintácticos del VHDL.<br>1.1.2 Operadores y expresiones en VHDL.<br>1.1.3 Tipos de datos.<br>1.1.4 Subtipos de datos.<br>1.2 Declaraciones básicas de objetos.<br>1.2.1 Declaración de constantes.<br>1.2.2 Declaración de variables.<br>1.2.3 Declaración de señales.<br>1.2.4 Declaración de ficheros.<br>1.3 Declaraciones concurrentes.<br>1.3.4 Declaración de entidad.<br>1.3.5 Declaración de arquitectura.<br>1.3.6 Diferentes tipos de arquitecturas (Estructural, Flujo de datos y Funcional).<br>1.3.7 Ejemplos de descripción flujo de Datos.<br>1.4 Ejemplos de declaraciones secuenciales.<br>1.4.1 Ejemplos de diagramas de máquinas de estado.<br>1.5 Funciones y subprogramas<br>1.5.1 Declaración de procedimientos y funciones<br>1.5.2 Subprogramas<br>1.5.3 Paquetes<br>1.5.4 Bibliotecas<br>1.6 Programación de FPGA's o CPLD'S en una aplicación. |
| 2   | Máquinas de Estados Finitos. | 2.1 Modelo de Mealy y Modelo de Moore.<br>2.2 Representación de los modelos Mealy y Moore en diagramas de estado y diagrama ASM.<br>2.3 Diseño de máquinas de estados finitos tipo Mealy y tipo Moore utilizando VHDL.   |

|   |                               |  |
|---|-------------------------------|--|
|   |                               | <p>2.3.1 Obtención de la tabla de estados.<br/>                 2.3.2 Obtención de la tabla de excitación.<br/>                 2.3.3 Obtención de las ecuaciones de excitación.<br/>                 2.3.4 Programación de archivo .vhd.<br/>                 2.3.5 Simulación del archivo .vhd<br/>                 2.3.6 Obtención del archivo .jed.<br/>                 2.3.7 Programación del PLD o FPGA.</p>  |
| 3 | Memorias.                     | <p>3.1 Fundamentos de sistemas numéricos.<br/>                 3.1.2 Sistema de numeración hexadecimal.<br/>                 3.1.8 Operaciones aritméticas en el sistema hexadecimal.<br/>                 3.2 Conceptos de memorias.<br/>                 3.2.1 Terminología de memorias.<br/>                 3.2.2 Operación general de memorias<br/>                 3.2.3 Tipos de memorias.<br/>                 3.2.4 Estructura interna de una celda memorias<br/>                 3.2.5 Ciclos de lectura/escritura.<br/>                 3.2.6 Interconexión de memorias.<br/>                 3.2.7 Aplicaciones de memorias en la lógica combinacional y secuencial.</p> |
| 4 | Arquitectura de Procesadores. | <p>4.1 Estructura y funcionamiento de una ALU.<br/>                 4.1.1 Registro de estado.<br/>                 4.1.2 Operaciones con datos de memoria y registros.<br/>                 4.1.2 Operaciones con punto flotante y fijo.<br/>                 4.2 Descripción de una ALU con VHDL.<br/>                 4.3 Arquitectura Von Neumann.<br/>                 4.3.1 Arquitectura de los Microprocesadores.<br/>                 4.4 Arquitectura Harvard.<br/>                 4.4.1 Arquitectura de los Microcontroladores.</p>  |

**7. Actividades de aprendizaje de los temas**

| <b>Unidad 1: Programación VHDL.</b>  |   |
|--|---|
| <b>Competencia</b>   | <b>Actividades de Aprendizaje</b>   |
| <p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar estructuras avanzadas de un programa en VHDL.</li> <li>• Simular circuitos lógicos secuenciales síncronos por medio de la programación de PLD's o FPGA's.</li> <li>• Construir sistemas digitales avanzados utilizando VHDL.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Procesa e interpreta información.</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li><input type="checkbox"/> Representa e interpreta modelos en diferentes formas: textual, gráfica, matemática y de circuitos.</li> <li><input type="checkbox"/> Soluciona problemas.</li> <li><input type="checkbox"/> Habilidades de investigación.</li> <li><input type="checkbox"/> Trabajo en equipo.</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li><input type="checkbox"/> Habilidades de investigación.</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad de aprender.</li> <li><input type="checkbox"/> Búsqueda del logro.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar, reflexionar y entender el uso de software para el desarrollo de programas de descripción de circuitos digitales en VHDL.</li> <li>• Realizar prácticas en computadora para edición, compilación de los programas desarrollados en VHDL.</li> <li>• Discutir los fundamentos del lenguaje de VHDL, para el desarrollo circuitos digitales combinatorios y secuenciales.</li> <li>• Utilizar un software de aplicación en VHDL para la simulación y programación de circuitos secuenciales síncronos.</li> </ul> |
| <b>Unidad 2: Maquinas de Estados Finitos.</b>  |   |
| <b>Competencia</b>   | <b>Actividades de Aprendizaje</b>   |
| <p>Específica(s):</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexionar y discutir las características y funcionamiento de las máquinas de estados</li> </ul>  |

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar estructuras avanzadas de un programa en VHDL.</li> <li>• Conocer el funcionamiento de maquinas de estados finitos.</li> <li>• Simular circuitos lógicos secuenciales síncronos por medio de la programación de PLD's o FPGA's.</li> <li>• Construir sistemas digitales avanzados utilizando VHDL.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Procesa e interpreta información.</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li><input type="checkbox"/> Representa e interpreta modelos en diferentes formas: textual, gráfica, matemática y de circuitos.</li> <li><input type="checkbox"/> Soluciona problemas.</li> <li><input type="checkbox"/> Habilidades de investigación.</li> <li><input type="checkbox"/> Trabajo en equipo.</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li><input type="checkbox"/> Habilidades de investigación.</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad de aprender.</li> <li><input type="checkbox"/> Búsqueda del logro.</li> </ul> | <p>finitos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar un software de aplicación en VHDL para la simulación y programación de máquinas de estados finitos.</li> </ul> |
| <p><b>Unidad 3: Memorias.</b></p>   |  |
| <p><b>Competencia</b></p>   | <p><b>Actividades de Aprendizaje</b></p>   |
| <p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir sistemas digitales avanzados utilizando VHDL.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar operaciones aritméticas entre sistemas base binaria y hexadecimal.</li> </ul>  |



|   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificar y comparar los tipos de memorias utilizadas en sistemas digitales.</li> <li>• Comprender el direccionamiento de memorias utilizando el sistema numérico hexadecimal.</li> <li>• Construir una aplicación en base a memorias semiconductoras.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Procesa e interpreta información.</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li><input type="checkbox"/> Representa e interpreta modelos en diferentes formas: textual, gráfica, matemática y de circuitos.</li> <li><input type="checkbox"/> Soluciona problemas.</li> <li><input type="checkbox"/> Habilidades de investigación.</li> <li><input type="checkbox"/> Trabajo en equipo.</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li><input type="checkbox"/> Habilidades de investigación.</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad de aprender.</li> <li><input type="checkbox"/> Búsqueda del logro.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar la clasificación de memorias semiconductoras.</li> <li>• Realizar una investigación documental para cada una de las diferentes memorias semiconductoras.</li> <li>• Utilizar un programador para validar el proceso de lectura y escritura en memorias semiconductoras.</li> <li>• Consultar la hoja de datos para conocer la capacidad de almacenamiento y temporización.</li> <li>• Desarrollar ejemplos en clase de interconexión de memorias, direccionamiento, escritura y lectura de las mismas.</li> <li>• Realizar prácticas y aplicaciones que incluyan memorias semiconductoras.</li> </ul> |
| <p><b>Unidad 4: Arquitectura de Procesadores.</b></p>   |   |
| <p><b>Competencia</b></p>   | <p><b>Actividades de Aprendizaje</b></p>  |
| <p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender el funcionamiento de la ALU.</li> <li>• Comprender y resolver</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar la estructura, funcionamiento y tipos de operaciones que una ALU puede realizar.</li> <li>• Realizar una práctica en VHDL sobre el</li> </ul>   |

|   |   |
|---|---|
| <p>operaciones con punto fijo y punto flotante.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer las diferentes arquitecturas de un procesador.</li> <li>• Desarrollar los elementos que componen un procesador utilizando VHDL.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Procesa e interpreta información.</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li><input type="checkbox"/> Representa e interpreta modelos en diferentes formas: textual, gráfica, matemática y de circuitos.</li> <li><input type="checkbox"/> Soluciona problemas.</li> <li><input type="checkbox"/> Habilidades de investigación.</li> <li><input type="checkbox"/> Trabajo en equipo.</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li><input type="checkbox"/> Habilidades de investigación.</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad de aprender.</li> <li><input type="checkbox"/> Búsqueda del logro.</li> </ul> | <p>funcionamiento de la ALU.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir la diferencia entre memoria de programa y memoria de datos.</li> <li>• Investigar por diferencia entre arquitectura Von Neumann y Harvard</li> <li>• Realizar una presentación en computadora de los elementos que conforman un procesador.</li> <li>• Utilizar un software de aplicación en VHDL para la simulación y programación de unidad de control.</li> <li>• Desarrollar un proyecto que ejemplifique el funcionamiento de un procesador.</li> </ul> |
|---|---|

### 8. Práctica(s)

- Diseño y simulación de circuitos secuenciales síncronos con PLD's o FPGA's.
- Direccionamiento de Memoria.
- Desarrollo de aplicaciones basadas en memorias semiconductoras.
- Operaciones con datos de memoria y registros utilizando una ALU en VHDL.
- Diseño y desarrollo de un circuito secuencial basadas en VHDL.

## 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

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

## 11. Fuentes de información

1. Morris M. Mano, **Fundamentos de Diseño Lógico y de Computadoras**, Ed. Pearson, Tercera edición, México, 2005.
2. Ronald J. Tocci, **Sistemas digitales Principios y Aplicaciones CD**, Ed. Pearson, 10ª edición, México, 2007.
3. Alan B. Marcovitz, **Diseño Digital**, Segunda Edición, Mc Graw Hill, 2005
4. John F. Wakerly, **Diseño Digital Principios y Aplicaciones**, s/e, Pearson, México, 2002.
5. David G. Maxinez, **VHDL: El Arte de Programar Sistemas Digitales**, CECSA, 2002
6. Fernando Pardo, José A. Boluda, **VHDL Lenguaje para Síntesis y modelado de Circuitos**. 2a Edición Editorial RA-MA, Impreso en México, 2003
7. Brown S. y Vranesic Z.G. **Fundamentos de lógica digital con diseño VHDL**, Segunda Edición, Mc Graw Hill, México, 2006.
8. Michael D. Ciletti, **Advanced Digital Design with the Verilog HDL**, s/e Ed. Prentice Hall, s/f
9. [Peter J. Ashenden](#), **The Designer's Guide to VHDL**, Volume 3, Third Edition, Morgan Kaufmann Publishers, Australia, 2008
10. [Pong P. Chu](#), **FPGA Prototyping by VHDL Examples: Xilinx Spartan-3**, Primera Edición, Wiley & Sons, 2008
11. Perry Douglas L., **VHDL Programming by example**, Cuarta Edición, McGraw Hill, USA, 2002.
12. Nelson, B; Nagle, T.; Carroll, B. **Análisis y Diseño de Circuitos Lógicos Digitales**, Segunda Edición, Pearson, 1996
13. Roth, Charles H. **Digital System Desing Using VHDL**, Segunda Edición, Thomson, 2008.