



### 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Diseño Digital con HDL
<b>Clave de la asignatura:</b>	SEF-2308
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3-2-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería en Semiconductores

### 2. Presentación

<p><b>Caracterización de la asignatura</b></p> <p>La asignatura presenta los fundamentos de diseño de los sistemas digitales, para ello se inicia con el estudio de sistemas numéricos, operaciones aritméticas y familias lógicas de compuertas, enseguida nos adentramos al entorno de programación en Verilog usando el software Quartus II, posteriormente se estudia el álgebra booleana y los mapas de Karnaugh y se implementan soluciones con métodos computacionales, los temas siguientes se hace énfasis en el estudio de circuitos combinacionales y secuenciales empleando el lenguaje de descripción de hardware, permitiendo la implementación en FPGA's o CPLD's. 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>Esta asignatura es la base para la comprensión de cualquier sistema electrónico digital. Permite que el alumno conozca los principios básicos del funcionamiento de un sistema digital para que pueda relacionarlo con el diseño de sistemas digitales complejos. 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 e implementarlo en un FPGA o CPLD. También es la base para Microcontroladores y asignaturas 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 HDL.</p> <p>Modela y simula sistemas electrónicos para predecir su comportamiento empleando plataformas computacionales. Diseña, analiza y construye circuitos integrados para la solución de problemas en el entorno profesional, aplicando normas técnicas y estándares nacionales e internacionales.</p> <p>Crea, innova y transfiere tecnología aplicando métodos y procedimientos en proyectos de ingeniería en semiconductores, tomando en cuenta el desarrollo sustentable del entorno.</p>
<p><b>Intención didáctica</b></p> <p>El contenido de la materia de Diseño Digital con HDL se organiza en cinco temas.</p>

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



En el primer tema se inicia con los conceptos básicos de los sistemas digitales, se analizan los diferentes sistemas numéricos utilizados en la electrónica, se explican las diferentes operaciones básicas con cada uno de los sistemas numéricos. Se continúa con la explicación de los diferentes códigos binarios para finalizar se describe la operación de las compuertas lógicas.

En el segundo tema se detallan todos los elementos necesarios para utilizar el lenguaje de descripción de hardware (HDL), así como la estructura de un programa de HDL y se finaliza con la implementación de las compuertas básicas en HDL.

En el tercer tema se comienza con la explicación de las técnicas de reducción de ecuaciones en forma canónica para poder obtener las ecuaciones mínimas, su programa en HDL e implementarlas en un FPGA o CPLD. Se finaliza con la programación en HDL de los circuitos combinacionales SSI y MSI, tales como comparadores, decodificadores, multiplexores, etc.

En el tema cuatro, en primer lugar, se comienza con la explicación de sistemas secuenciales y los flip-flop. se continúa con la realización de los procesos para el diseño y simulación de máquinas de estados finitos síncronas. Se desarrollan e implementan sistemas secuenciales en HDL para que el estudiante compruebe la ventaja del desarrollo de sistemas con HDL.

El tema cinco 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. Se finaliza con la programación de la Unidad Aritmética Lógica (ALU) en HDL y su implementación en FPGA o CPLD.

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 sugiere 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 a 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 el 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	Observaciones
Tecnológico Nacional de México, del 24 al 28 de abril de 2023.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes y Hermosillo.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Semiconductores.
Tecnológico Nacional de México, del 22 al 24 de mayo de 2023.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes y Hermosillo.	Reunión Nacional de Consolidación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Semiconductores.



#### 4. Logro formativo a desarrollar en la asignatura

##### Saberes, habilidades y destrezas de la asignatura

Analiza, diseña y simula circuitos digitales combinacionales y secuenciales del tipo síncronos y asíncronos; para la programación e implementación en tarjetas entrenadoras con FPGA's o CPLD's.

#### 5. Saberes, habilidades y destrezas previas

- Opera equipo de medición electrónica.
- Elabora reportes técnicos.
- Trabaja en equipo.
- Interpreta y aplica especificaciones de manuales técnicos.
- Maneja un lenguaje de programación estructurado.

#### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Fundamentos de diseño digital	1.1. Sistemas digitales y sistemas analógicos. 1.2. Sistema de numeración decimal, binaria, octal y hexadecimal. 1.3. Conversión entre sistemas de numeración. 1.3. Operaciones aritméticas básicas con sistemas numéricos. 1.5. Códigos BCD, Gray. ASCII, UNICODE. 1.6. Compuertas lógicas. 1.7. Familias lógicas (TTL y CMOS).
2	Lenguaje de Descripción de Hardware (HDL)	2.1. Elementos del HDL 2.1.1 Elementos sintácticos. 2.1.2 Operadores y expresiones. 2.1.3 Declaraciones de objetos (variables, señales y constantes) 2.2. Declaraciones concurrentes. 2.2.1. Entidad. 2.2.2. Arquitectura. 2.3. Implementación de compuertas lógicas en un FPGA o un CPLD utilizando HDL.
3	Diseño combinacional con HDL.	3.1. Álgebra booleana. 3.2. Minimización de funciones. 3.2.1. Minitérminos y Maxitérminos.



		<p>3.2.2. Mapas de Karnaugh.</p> <p>3.2.3. Métodos computacionales.</p> <p>3.2.4. Ejemplos de implementación de circuitos combinacionales básicos utilizando HDL.</p> <p>3.3. Sumadores/Restadores en HDL.</p> <p>3.4. Codificadores/Decodificadores en HDL.</p> <p>3.5. Multiplexores/Demultiplexores. en HDL.</p> <p>3.6. Comparadores.</p>
4	Diseño secuencial con HDL.	<p>4.1. Fundamentos de diseño secuencial.</p> <p>4.2. Flip Flop R-S, J-K, D y T en HDL.</p> <p>4.3. Representación de los modelos de Mealy y de Moore en diagramas de estado.</p> <p>4.4. Diseño de máquinas de estados finitos tipo Mealy y tipo Moore utilizando HDL.</p> <p>4.4.1. Tablas de estado.</p> <p>4.4.2. Ecuaciones de estado.</p> <p>4.4.3. Diseño de contadores y registros.</p> <p>4.4.4. Simulación e implementación de sistemas secuenciales en un FPGA o un CPLD.</p>
5	Memorias y Unidad Aritmética Lógica (ALU).	<p>5.1. Memorias.</p> <p>5.1.1. Terminología.</p> <p>5.1.2. Funcionamiento general.</p> <p>5.1.3. Tipos.</p> <p>5.2. Implementación de una memoria RAM y una memoria ROM en HDL.</p> <p>5.3. Estructura y funcionamiento de una ALU.</p> <p>5.3.1. Registro de estado.</p> <p>5.3.2. Operaciones con datos de memoria y registros.</p> <p>5.3.3. Operaciones con punto flotante y punto fijo.</p> <p>5.4. Implementación de una ALU en HDL.</p>

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

1.- Fundamentos de diseño digital	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
Conoce y resuelve operaciones aritméticas de diversos sistemas numéricos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar y diferenciar sistemas analógicos de sistemas digitales.</li> </ul>



<p>Conoce, identifica y opera las diferentes compuertas lógicas. Identifica y compara las familias de las compuertas lógicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Capacidad de comunicación en un segundo idioma.</li> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar, comprender y manejar los códigos BCD, Gray, Exceso de 3.</li> <li>• Identificar y diferenciar las características principales de las compuertas lógicas y sus aplicaciones.</li> <li>• Reconocer y utilizar los diferentes símbolos de las compuertas lógicas según el estándar ANSI / IEEE.</li> <li>• Utilizar software de simulación para comprobar el funcionamiento de las compuertas lógicas.</li> <li>• Investigar en internet o en manuales los principales fabricantes de circuitos integrados digitales.</li> <li>• Interpretar las hojas de datos de las compuertas lógicas.</li> <li>• Comprender los parámetros eléctricos de las familias de compuertas lógicas.</li> <li>• Identificar las diferencias más significativas entre las familias TTL y CMOS.</li> <li>• Conocer la nomenclatura de los circuitos integrados CMOS.</li> <li>• Identificar ventajas y desventajas de una familia con respecto de la otra.</li> </ul>
<p align="center"><b>2.- Lenguaje de Descripción de Hardware (HDL)</b></p>	
<p>Saberes, habilidades y destrezas</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Desarrolla y simula el funcionamiento de las compuertas lógicas en lenguaje HDL para la programación de CPLD´s o FPGA´s.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Capacidad de comunicación en un segundo idioma.</li> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender y utilizar los elementos sintácticos, los operadores y expresiones y las declaraciones de objetos (variables, señales y constantes) en Lenguaje de descripción de Hardware.</li> <li>• Comprender la estructura básica de un programa en HDL.</li> <li>• Investigar, reflexionar y entender el uso de software para el desarrollo de programas de descripción de circuitos digitales en HDL.</li> <li>• Desarrollar código en lenguaje de HDL para el desarrollo de compuertas lógicas.</li> <li>• Realizar prácticas en computadora para edición, compilación de los programas desarrollados en HDL e implementarlos en FPGA o CPLD.</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>● Habilidades interpersonales.</li> <li>● Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> </ul>	
<b>3.- Diseño combinacional con HDL.</b>	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Reduce las funciones lógicas mediante álgebra booleana y mapas de Karnaugh. Realiza códigos en HDL e implementación en FPGA o CPLD de circuitos lógicos combinacionales tales como Multiplexores, Demultiplexores, Comparadores, Sumadores/Restadores y Decodificadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>● Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>● Capacidad de comunicación en un segundo idioma.</li> <li>● Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> <li>● Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>● Habilidades interpersonales.</li> <li>● Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Buscar y seleccionar información general acerca del álgebra booleana.</li> <li>● Comprender los principales teoremas del álgebra de Boole.</li> <li>● Realizar demostraciones prácticas de los teoremas del álgebra de Boole.</li> <li>● Aplicar el álgebra de Boole para la simplificación de funciones lógicas.</li> <li>● Comprobar mediante la realización de prácticas de laboratorio los procesos de simplificación de funciones lógicas.</li> <li>● Utilizar software de simulación para comprobar la minimización de funciones booleanas.</li> <li>● Aplicar minterminos y maxiterminos para la simplificación de funciones lógicas.</li> <li>● Comprobar mediante la realización de prácticas de laboratorio utilizando HDL y FPGA o CPLD los procesos de simplificación de funciones lógicas.</li> <li>● Utilizar software de simulación para comprobar la reducción de funciones lógicas.</li> <li>● Analizar y aplicar el proceso de simplificación de funciones lógicas mediante mapas de Karnaugh.</li> <li>● Comprender e implementar los métodos computacionales para la minimización de expresiones Booleanas.</li> <li>● Analizar y comprender circuitos lógicos como Multiplexores, Demultiplexores, Comparadores, Sumadores/Restadores y Decodificadores mediante el lenguaje HDL e implementarlo en FPGA o CPLD.</li> </ul>



<b>4.- Diseño secuencial con HDL.</b>	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Desarrolla, simula e implementa estructuras avanzadas de un programa en HDL para comprender el funcionamiento de los flip-flops y las máquinas de estado finito utilizando CPLD´s o FPGA´s.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Capacidad de comunicación en un segundo idioma.</li> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar las diferencias entre los circuitos lógicos combinacionales y secuenciales.</li> <li>• Reconocer y utilizar los diferentes símbolos distintivos de los Flip-Flop según el estándar ANSI/IEEE.</li> <li>• Analizar las tablas de estado para comprender el funcionamiento de: Flip-Flop R-S, Flip-Flop y Flip-Flop D, Flip-Flop J-K.</li> <li>• Realizar códigos en HDL para los diferentes tipos de flip-flops e implementarlos en FPGA o CPLD.</li> <li>• Reflexionar y discutir las características y el funcionamiento de las máquinas de estados finitos.</li> <li>• Utilizar un software de aplicación en HDL para la simulación y programación de máquinas de estados finitos.</li> <li>• Implementar máquinas de estados finitos en FPGA o CPLD, como por ejemplo Contadores y Registros.</li> </ul>
<b>5.- Memorias y Unidad Aritmética Lógica (ALU).</b>	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Desarrolla, simula e implementa estructuras avanzadas de un programa en HDL para comprender el funcionamiento de las memorias semiconductoras y la Unidad Aritmética Lógica (ALU) utilizando CPLD´s o FPGA´s.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Capacidad de comunicación en un segundo idioma.</li> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar la clasificación de memorias semiconductoras.</li> <li>• Realizar una investigación documental para la operación de cada una de las diferentes memorias semiconductoras.</li> <li>• Realizar prácticas de implementación de registros empleando HDL para ejemplificar el funcionamiento de las memorias semiconductoras.</li> <li>• Realizar una búsqueda de las diferentes aplicaciones de las memorias en sistemas electrónicos.</li> <li>• Realizar el código para memorias RAM y ROM en HDL e implementarlo en FPGA o CPLD.</li> <li>• Explicar la estructura, funcionamiento y tipos de operaciones que una ALU puede realizar.</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>● Habilidades interpersonales.</li> <li>● Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar una práctica en HDL para ejemplificar el funcionamiento de la ALU e implementarla en FPGA o CPLD.</li> </ul>
---	--

## 8. Práctica(s)

<p>Implementar en FPGA o CPLD los siguientes temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Compuertas lógicas AND, OR y NOT.</li> <li>● Compuertas lógicas NAND y NOR.</li> <li>● Compuertas lógicas OR-EX y NOR-EX.</li> <li>● Simplificación de alguna función lógica.</li> <li>● Multiplexores.</li> <li>● Demultiplexores.</li> <li>● Comparadores.</li> <li>● Sumadores/Restadores.</li> <li>● Decodificadores.</li> <li>● Codificadores.</li> <li>● Máquinas de estados finitos (Registros serie y paralelo).</li> <li>● Máquinas de estados finitos (Registros de corrimiento).</li> <li>● Máquinas de estados finitos (Contadores).</li> <li>● Memoria RAM.</li> <li>● Memoria ROM.</li> <li>● Unidad Aritmética Lógica (ALU).</li> </ul>
---

## 9. Proyecto de asignatura

<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Fundamentación:</b> 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.</li> <li>● <b>Planeación:</b> 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.</li> <li>● <b>Ejecución:</b> 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.</li> </ul>
--



- **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

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. Referencias

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