



## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Análisis y Síntesis de Circuitos Digitales.
<b>Clave de la asignatura:</b>	DCF-2301
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3-2-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería en semiconductores y afines

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

Aportación de la asignatura al perfil de egreso:

- 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 de comunicaciones 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.

### Importancia de la asignatura:

Esta asignatura permite que el alumno pueda diseñar mediante el lenguaje de descripción de hardware, en el entorno de desarrollo verilog, cualquier circuito digital dentro de un circuito con alta escala de integración. Establece el vínculo entre los circuitos electrónicos digitales y los diferentes dispositivos de interfaz.

Descripción general del contenido de la materia:

La materia presenta los fundamentos de la programación en el entorno verilog, el cual, siendo un lenguaje descriptivo de hardware, permite simular el diseño en etapas tempranas del ciclo de diseño para corregir errores o experimentar con diferentes arquitecturas, llevar a cabo la síntesis lógica del mismo y facilitar la documentación del mismo. Los diseños descritos en HDL son independientes de la tecnología, fáciles de diseñar y depurar, y suelen ser más legibles que los esquemas, especialmente para circuitos grandes y complejos, lo que permite además un prototipado rápido y acelerar el tiempo de salida del producto final

### Relación con otras asignaturas:

Esta materia está contemplada dentro de la especialidad, y tiene relación con otras materias predecesoras, tales como la de Microcontroladores, Diseño Digital con HDL, 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 lenguajes descriptivos de hardware.

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



### **Intención didáctica**

El contenido de la materia de Análisis y Síntesis de Circuitos Digitales se organiza en cinco temas. En el primer tema se comienza con la introducción a la tecnología CMOS, donde el alumno profundizará en la construcción interna del transistor MOSFET tanto tipo N como P, analizando sus características eléctricas y efectos parasíticos, para poder emplearlos en la realización de circuitos más complejos, de tipo digital.

En el tema dos, se analizan las diferentes herramientas de Lenguajes de Descripción de Hardware, para concluir conociendo el entorno de desarrollo verilog, y sus diferentes niveles.

El tema tres aborda el estudio de los circuitos combinacionales más comunes, tales como los codificadores y decodificadores, así como el estudio del desarrollo de multiplexores y demultiplexores, para concluir con el desarrollo de una Unidad Aritmética y Lógica, en el entorno de desarrollo verilog.

El tema cuatro nos presenta un apartado dedicado a trabajar con los circuitos secuenciales básicos, comenzando con el desarrollo de Latches y Flip Flops, y continuando con el desarrollo de registros de desplazamiento, para finalizar con el estudio de los contadores síncronos y asíncronos. Esto permitirá trabajar en el entorno de desarrollo verilog para realizar desde sistemas de memoria básica, hasta circuitos complejos empleados en el desarrollo de unidades de registros de datos, de direcciones y de control, que son esenciales para desarrollar un pequeño procesador.

El último tema, nos permite incursionar en el desarrollo de interfaces de comunicación de datos de tipo serial, empleando temporizadores tanto para la realización de unidades de transmisión y recepción de datos vía serial tales como las USART, SPI, I2C, como para la generación de señales PWM.

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	Observaciones
Aguascalientes, Ags. 31 de marzo del 2023.  Cd de México, sede TECNM 24 al 28 de abril 2023.	Tecnológicos participantes:  Instituto Tecnológico de Aguascalientes.	Reunión de diseño de especialidades del proyecto de semiconductores del TECNM. Diseño de especialidades para retícula de ingeniería en semiconductores

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

Habilidades, saberes, destrezas específico(s) de la asignatura
Analiza y Sintetiza estructuras avanzadas de circuitos lógicos combinacionales y secuenciales, realiza el código en verilog, e implementa en un FPGA´s o CPLD´s en aplicaciones reales.

### 5. Habilidades, saberes, destrezas previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza demostraciones de teoremas y postulados del algebra de Boole.</li> <li>• Realizar reducciones de funciones lógicas mediante algebra booleana.</li> <li>• Implementa circuitos básicos combinacionales de baja escala de integración para el diseño de sistemas digitales.</li> <li>• Conoce, identifica, analiza, diseña y ensambla circuitos de lógica secuencial asíncronos y síncronos, utilizando Flip-Flops en tecnologías SSI y MSI para comprender su aplicación en el funcionamiento de memorias.</li> <li>• Desarrolla y simula estructuras avanzadas de un programa en VHDL de circuitos secuenciales síncronos para la programación de CPLD´s o FPGA´s.</li> <li>• 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.</li> <li>• Conoce los conceptos básicos del funcionamiento de memorias para relacionarlos con los diferentes sistemas electrónicos. Genéricas:</li> <li>• 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 lenguajes descriptivos de Hardware.</li> </ul>
---



## 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a la Tecnología CMOS	1.1 Transistor NMOS 1.1.1 Construcción. 1.1.2 Características eléctricas. 1.1.3 Efectos parasíticos. 1.2 Transistor PMOS 1.2.1 Construcción. 1.2.2 Características eléctricas. 1.2.3 Efectos parasíticos. 1.3 Tecnología CMOS 1.3.1 Construcción. 1.3.2 Características eléctricas. 1.3.3 Efectos parasíticos. 1.4 Estructuras básicas. 1.4.1 Compuertas lógicas. 1.4.2 Compuertas de transmisión. 1.4.3 Buffers de 3 estados. 1.4.4 Compuertas de colector abierto. 1.5 Implementación de funciones lógicas.
2	Lenguaje de Descripción de Hardware.	2.1 Herramientas de descripción de Hardware 2.1.1 HDL, VHDL, verilog 2.2 Entorno de desarrollo verilog 2.3 Nivel comportamental 2.4 Nivel de transferencia de registros 2.5 Nivel de compuertas 2.6 Nivel de conmutación
3	Circuitos Combinacionales.	3.1 Circuitos SSI y MSI 3.1.1 Codificadores y decodificadores 3.1.2 Multiplexores y demultiplexores 3.1.3 Circuitos Aritméticos 3.2 Unidades aritméticas y lógicas 3.2.1 ALU de punto fijo 3.2.2 ALU de punto flotante
4	Circuitos Secuenciales.	4.1 Latch 4.1.1 Latch NAND 4.1.2 Latch NOR 4.2 Flip Flops 4.2.1 Flip Flop RS 4.2.2 Flip Flop JK 4.2.3 Flip Flop D 4.2.4 Flip Flop T 4.3 Registros de desplazamiento 4.4 Contadores 4.4.1 Contadores síncronos 4.4.2 Contadores asíncronos



5	Interfaces	5.1 Temporizadores 5.2 USART 5.3 SPI/I2C 5.4 PWM
---	------------	---

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

1.- Introducción a la Tecnología CMOS	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Implementa estructuras básicas de compuertas digitales utilizando transistores CMOS a nivel de conmutación.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar el tiempo.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Compromiso con la calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar las características eléctricas y efectos parásitos de los transistores NMOS, PMOS y CMOS.</li> <li>• Analizar, Diseñar y simular Compuertas lógicas,</li> <li>• Compuertas de transmisión, Buffers de 3 estados Compuertas de colector abierto, e implementación de funciones lógicas.</li> </ul>
2.- Lenguaje de Descripción de Hardware.	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Desarrolla estructuras de programación a Nivel comportamental, de transferencia de registros, Nivel de compuertas, y Nivel de conmutación.</p> <p>Genéricas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar el tiempo.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las herramientas tales como: HDL, VHDL, verilog.</li> <li>• Analizar el entorno de desarrollo de programación Verilog.</li> <li>• Comprender y aplicar estructuras de programación a Nivel comportamental, de transferencia de registros, Nivel de compuertas, y Nivel de conmutación.</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>Capacidad de trabajo en equipo.:</li> </ul>	
3. Circuitos Combinacionales.	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Desarrolla y simula estructuras avanzadas de un programa en el entorno de desarrollo verilog de circuitos combinacionales.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>Capacidad para organizar y planificar el tiempo.</li> <li>Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.</li> <li>Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>Capacidad de trabajo en equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar un software de aplicación en el entorno de desarrollo verilog para la simulación y programación de circuitos SSI y MSI de tipo combinacional.</li> <li>Realizar una práctica el entorno de desarrollo verilog para ejemplificar el funcionamiento de Codificadores y Decodificadores.</li> <li>Realizar una práctica en el entorno de desarrollo verilog para ejemplificar el funcionamiento de Multiplexores y Demultiplexores.</li> <li>Explicar la estructura, funcionamiento y tipos de operaciones que una ALU puede realizar, para trabajar en punto fijo y punto flotante</li> <li>Realizar una práctica en el entorno de desarrollo verilog para ejemplificar el funcionamiento de la ALU.</li> </ul>
4. Circuitos Secuenciales.	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analiza, simula e implementa contadores asíncronos y síncronos, mediante estructuras avanzadas de programación en Verilog en un CPLD o en un FPGA.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>Capacidad de organizar y planificar el tiempo.</li> <li>Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.</li> <li>Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>Capacidad de trabajo en equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementa Flip Flop del tipo RS de compuertas NOR y NAND mediante verilog.</li> <li>Analiza el funcionamiento de los Flip Flop tipo JK, D, y T, e implementa su funcionamiento mediante verilog.</li> <li>Analiza el funcionamiento de los registros de desplazamiento del tipo Entrada Serie/Salida Paralelo y Entrada Paralelo/Salida Serie, e implementa su funcionamiento mediante verilog.</li> <li>Analiza el funcionamiento de los contadores asíncronos y síncronos, e implementa su funcionamiento mediante verilog.</li> <li>Realiza prácticas de cada tema usando una tarjeta entrenadora CPLD o FPGA.</li> </ul>



5. Interfaces	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analiza, simula e implementa interfaces de comunicación (USART, SPI/I2C y PWM) mediante estructuras avanzadas de programación en Verilog en un CPLD o en un FPGA.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar el tiempo.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar temporizadores con las especificaciones necesarias para utilizarlos en las interfaces de comunicación.</li> <li>• Explicar el principio de operación de las interfaces UART, SPI/I2C y PWM.</li> <li>• Utilizar un software de aplicación en Verilog para simular las interfaces UART, SPI/I2C y PWM.</li> <li>• Realizar prácticas de laboratorio en Verilog programando un CPLD o un FPGA sobre interfaces UART, I2C y PWM.</li> </ul>

## 8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y simulación de circuitos combinacionales en el entorno de desarrollo verilog para ejemplificar el funcionamiento de Codificadores y Decodificadores.</li> <li>• Diseño y simulación de circuitos combinacionales en el entorno de desarrollo verilog para ejemplificar el funcionamiento de Multiplexores y Demultiplexores.</li> <li>• Implementar en un CPLD o un FPGA un registro de desplazamiento Entrada Serie/Salida Paralelo.</li> <li>• Implementar en un CPLD o un FPGA un registro de desplazamiento Entrada Paralelo/Salida Serie.</li> <li>• Implementar en un CPLD o un FPGA un contador asíncrono de 4 bits.</li> <li>• Diseño y simulación en el entorno de desarrollo verilog para ejemplificar el funcionamiento de la ALU de punto fijo.</li> <li>• Desarrollo en el entorno Verilog de un sistema de comunicación entre dos dispositivos programables (FPGA, CPLD, Microcontroladores o computadora personal) mediante los protocolos de comunicación USART, I2C y SPI.</li> <li>• Controlar una salida analógica desde una digital utilizando PWM con las siguientes aplicaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Control de iluminación</li> <li>○ Sonido (generación de señales de audio)</li> <li>○ Control de movimiento (motores y servos)</li> </ul> </li> </ul>
--



## 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 las *habilidades, saberes, destrezas* 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 de habilidades, saberes, destrezas

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de 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 en el entorno de programación verilog.
- Desarrollo de un proyecto final del curso.
- Cumplimiento de las actividades asignadas.
- 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.
12. Pedro Julian, (2015), Circuitos integrados digitales CMOS: Análisis y diseño, Alfaomega, España.