

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	<b>Electrónica Digital</b>
Carrera :	<b>Ingeniería Mecatrónica</b>
Clave de la asignatura :	<b>MTF-1013</b>
SATCA <sup>1</sup>	<b>3 - 2 - 5</b>

## 2.- PRESENTACIÓN

### Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Mecatrónico la capacidad de conocer, diseñar y aplicar los circuitos digitales para el control de los diferentes sistemas mecatrónicos. Para ello se presentarán al estudiante los fundamentos matemáticos, leyes y principios de la electrónica digital reflejando su dominio en el desarrollo de prácticas y el diseño de sistemas digitales.

Puesto que esta materia dará soporte a otras, de manera particular, lo cubierto en esta asignatura se aplica en el estudio de otras materias como: Circuitos Hidráulicos y Neumáticos, Microcontroladores, Controladores Lógico Programables, Electrónica de Potencia Aplicada entre otras.

### Intención didáctica.

El temario se organiza en siete unidades, en cada una se abordan características específicas del funcionamiento de los sistemas digitales para que en conjunto se transite desde conceptos básicos que ayudan a establecer un lenguaje común de la comunicación entre docente-alumno, alumno-alumno y alumno-docente hasta características específicas de funcionamiento de compuertas lógicas aplicadas a lógica secuencial.

En la primera unidad se aborda una pequeña introducción a lo que es la electrónica digital, su proceso de evolución y sus expectativas a futuro. El avance de la electrónica digital en el campo industrial.

La segunda unidad maneja los temas de códigos y sistemas numéricos binarios, las operaciones básicas en sistema binario y las conversiones entre los ellos. Además, se conocerán las relaciones existentes entre los sistemas binarios y los sistemas alfanuméricos o lenguajes de máquina que existen actualmente.

La tercera unidad hablará de las diferentes compuertas básicas existentes en los

---

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

circuitos digitales, así como sus encapsulados y sus familias tecnológicas, su funcionamiento y las precauciones que deben de existir para su manejo y utilización. Se deberán realizar pequeñas prácticas de conexión de los circuitos integrados que forman las familias lógicas, como lo son los TTL, CMOS, FPGA's por mencionar algunos.

En la unidad cuatro se observarán los fundamentos del álgebra Booleana y sus diferentes axiomas y teoremas, sus aplicaciones y la relación existente con las compuertas lógicas. Así mismos, se verán ecuaciones digitales y sus métodos de minimización mediante álgebra Booleana y los métodos de minimización existentes en electrónica digital. Deberá ser cubierto también los temas de realización y de las diferentes formas canónicas de realización de un circuito digital.

La unidad cinco proporciona al alumno los diferentes conocimientos de los circuitos digitales combinaciones, que serán la base para la construcción de circuitos tales como sumadores, multiplexores, etc., los cuales deberán de construirse de forma física. Dentro de esta unidad, se dará una introducción al lenguaje VHDL, así como la descripción propia para realizar aplicaciones físicas en tarjetas integradas como lo son los FPGA's.

En la sexta unidad se analizan los circuitos secuenciales básicos, así como los dispositivos generadores de pulsos. Se realiza un exhaustivo análisis de los Flip-Flops y sus aplicaciones y configuraciones, y se realizará una revisión más extensa del lenguaje VHDL y la descripción de los circuitos secuenciales con este lenguaje y su aplicación en las tarjetas FPGA's.

En el capítulo final, se verán los tipos de convertidores existentes y la descripción y aplicaciones de cada uno de ellos. Se deberá realizar la descripción de un convertidor en lenguaje VHDL.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p><b>Competencias específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Conocer, diseñar y aplicar los circuitos digitales para el control de los diferentes sistemas mecatrónicos</li></ul>	<p><b>Competencias genéricas:</b></p> <p><u>Competencias instrumentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de análisis y síntesis</li><li>• Capacidad de organizar y planificar</li><li>• Conocimientos básicos de la carrera</li><li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li><li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li><li>• Solución de problemas</li><li>• Toma de decisiones.</li></ul> <p><u>Competencias interpersonales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad crítica y autocrítica</li><li>• Trabajo en equipo</li><li>• Habilidades interpersonales</li></ul> <p><u>Competencias sistémicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li><li>• Habilidades de investigación</li><li>• Capacidad de aprender</li><li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li><li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li><li>• Búsqueda del logro</li></ul>
--	--

#### 4.- HISTORIA 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: Apizaco, Celaya, Ciudad Cuauhtémoc, Cuautla, Durango, Guanajuato, Hermosillo, Huichapan, Irapuato, Jilotepec, Jocotitlán, La Laguna, Oriente del Estado de Hidalgo, Pabellón de Arteaga, Parral, Reynosa, Saltillo, San Luis Potosí, Tlalnepantla, Toluca y Zacapoaxtla.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica.
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 1 de septiembre al 15 de diciembre de 2009.	Academias de Ingeniería Mecatrónica de los Institutos Tecnológicos de: Aquí va los tec	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de Mexicali del 25 al 29 de enero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Celaya, Ciudad Cuauhtémoc, Cuautla, Durango, Guanajuato, Hermosillo, Huichapan, Irapuato, Jilotepec, Jocotitlán, La Laguna, Mexicali, Oriente del Estado de Hidalgo, Pabellón de Arteaga, Reynosa, Saltillo, San Luis Potosí, Toluca y Zacapoaxtla.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica.

## 5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Conocer, diseñar y aplicar los circuitos digitales para el control de los diferentes sistemas mecatrónicos

## 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Capacidad para la solución de problemas algebraicos.
- Capacidad de análisis y solución problemas de circuitos eléctricos.
- Habilidad para el cálculo y medición de voltaje y corriente eléctrica.
- Conocimientos básicos de programación y manejo de paquetería de simulación.

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Fundamentos de sistemas digitales	1.1 Fundamentos de los sistemas digitales 1.2 Señales análogas y digitales. 1.3 Relación entre los sistemas análogos y los sistemas digitales
2	Código y sistemas numéricos	2.1 Números binarios 2.2 Sistemas numéricos. 2.2.1 Binario 2.2.2 Octal 2.2.3 Hexadecimal 2.2.4 Conversión entre sistemas numéricos 2.3 Operaciones básicas 2.3.1 Suma 2.3.2 Resta 2.3.3 Multiplicación 2.3.4 División 2.4 Códigos binarios y alfanuméricos 2.4.1 GRAY 2.4.2 BCD 2.4.3 ASCII 2.4.4 UNICODE
3	Compuertas lógicas	3.1 Compuertas básicas 3.1.1 AND 3.1.2 OR 3.1.3 NOT 3.1.4 NAND 3.1.5 NOR 3.1.6 XOR 3.2 Familias lógicas 3.2.1 Lógica Transistor-Transistor (TTL) 3.2.2 Metal Óxido-Semiconductor

		(CMOS) 3.2.3 Silicio sobre Aislante (SOI) 3.2.4 Características del Fabricante 3.2.5 Compatibilidad entre familias lógicas 3.3 Pruebas con analizadores de estados lógicos
4	Algebra Booleana	4.1 Teoremas y postulados fundamentales 4.1.1 Funciones booleanas simples 4.1.2 Funciones booleanas compuestas 4.2 Simplificación de funciones booleanas 4.2.1 Minitérminos y maxitérminos 4.2.2 Mapas de Karnaugh 4.2.3 Método de Quine-Mccluskey
5	Circuitos Combinacionales	5.1 Procedimiento de diseño 5.2 Circuitos combinacionales básicos 5.3 Simulación de los circuitos combinacionales 5.3.1 Multiplexores. 5.3.2 Demultiplexores. 5.3.3 Decodificadores. 5.3.4 Codificadores. 5.3.5 Indicadores numéricos (Display's) 5.4 Dispositivos lógicos programables 5.5 Lenguajes VHDL
6	Circuitos Secuenciales	6.1 Maquinas Mealy y Maquinas Moore 6.2 Temporizadores 6.2.1 Circuito 555 modo monoestable 6.2.2 Circuito 555 modo astable 6.3 FLIP FLOPS 6.3.1 R-S 6.3.2 J-K 6.3.3 D 6.3.4 T 6.3.5 Maestro-Esclavo 6.4 Diagramas y ecuaciones de estado 6.5 Circuitos síncronos y asíncronos 6.6 Circuitos secuenciales básicos 6.6.1 Registros 6.6.2 Contadores 6.6.3 Memorias 6.7 Circuitos lógicos programables 6.8 Descripción de circuitos mediante VHDL
7	Convertidores	7.1 Funcionamiento del ADC 7.2 Descripción con lenguaje VHDL 7.3 Funcionamiento del DAC

		7.4 Descripción con lenguaje VHDL 7.5 Aplicaciones
--	--	---

## **8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

- Promover el manejo de dispositivos de medición digital dentro de las prácticas realizadas.
- Promover el trabajo en equipo, para investigar y exponer sobre las tecnologías de integración de circuitos semiconductores.
- Diseñar circuitos lógicos apoyándose en software de simulación como multisim, OrCad, Proteus.
- Llevar a cabo prácticas con circuitos digitales combinacionales y secuenciales para verificar su funcionamiento con el uso de osciloscopio y multímetro.
- Programar circuitos digitales con uso de VHDL
- Elaborar proyectos de aplicación para sistemas mecatrónicos.
- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los contenidos de la asignatura.
- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una ingeniería con enfoque sustentable.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.

## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en:
  - Trabajos de investigación
  - Reporte de Prácticas
  - Presentación de proyectos
  - Examen teórico-práctico

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Fundamentos de sistemas digitales

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Conocer la diferencia, ventajas y desventajas entre la electrónica analógica y la electrónica digital	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar una investigación documental sobre la electrónica analógica y la electrónica digital.</li><li>• Participar en plenarias donde se motive a los alumnos, con preguntas preparadas por el profesor sobre el tema.</li><li>• Escribir un resumen sobre el tema destacando las principales diferencias entre la electrónica analógica y la digital, así como ventajas, desventaja entre ellas, incluyendo algunos dispositivos en donde se aplican.</li><li>• Describir los niveles de diseño digital (top-down)</li></ul>

### Unidad 2: Código y sistemas numéricos

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Conocer y entender los sistemas binario, octal y hexadecimal; conversiones entre ellos y que pueda realizar operaciones básicas en los diferentes sistemas.  Conocer diferentes códigos para representar información en los sistemas digitales.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar una investigación bibliográfica sobre el origen de las computadoras y la necesidad del sistema binario. Incluir formas de representar información en las computadoras para el código ASCII, BCD y GRAY.</li><li>• Realizar ejercicios en el pizarrón de conversión entre sistemas numéricos y de operaciones de sumas y restas en binario, octal y hexadecimal.</li><li>• Realizar ejercicios extra clase de conversiones y operaciones básicas con los diferentes sistemas numéricos.</li><li>• Participar en plenarias de discusión sobre</li></ul>

	<p>las diferentes formas de representar la información y la utilización y aplicación de los códigos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar un reporte sobre las conclusiones del tema.</li> </ul>
--	---

### Unidad 3: Compuertas Lógicas

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Conocer qué es una familia lógica y Saber diferenciar entre ellas.</p> <p>Aplicar las tablas de verdad de los diferentes operadores lógicos para obtener la función booleana correspondiente a cada una de las compuertas lógicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las tablas de verdad, los operadores y los circuitos de funcionamiento eléctricos, electrónicos, hidráulicos y neumáticos de las operaciones lógicas: NAND, NOR, X-OR y X-NOR.</li> <li>• Investigar los números del fabricante de las diferentes compuertas lógicas que se utilizarán (NOT, OR, AND, NAND, NOR, X-OR, X-NOR).</li> <li>• Participar en una plenaria grupal sobre la investigación.</li> <li>• Participar en equipos para investigar las diferentes familias lógicas, incluyendo los puntos marcados en el temario, y exponer en clase.</li> <li>• Preparar un cuestionario sobre el tema que sus compañeros deberán contestar. Al final de las exposiciones realizar una plenaria para destacar las diferencias principales de cada familia lógica.</li> <li>• Elaborar un resumen de las conclusiones sobre lo expuesto en la plenaria.</li> <li>• Realizar prácticas de medición con el analizador de estados lógicos.</li> </ul>

### Unidad 4: Álgebra de Booleana

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Conocer y aplicar los postulados y teoremas fundamentales del álgebra booleana además de relacionarlos y aplicar los operadores lógicos básicos en circuitos eléctricos, electrónicos,</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar los postulados y teoremas fundamentales del álgebra booleana.</li> <li>• Participar en plenaria grupal para retroalimentar el tema.</li> <li>• Realizar ejercicios donde se incluyan los postulados y los teoremas del álgebra booleana.</li> </ul>

<p>neumáticos e hidráulicos.</p> <p>Representar las formas canónicas SOP y POS. Reducir funciones booleanas utilizando los teoremas del álgebra de Boole.</p> <p>Simplificar funciones booleanas mediante los métodos de mapas de Karnaugh y McClausky.</p> <p>Implementar las funciones con diferentes compuertas lógicas.</p> <p>Implementar funciones lógicas utilizando solo compuertas NOR o NAND y con circuitos hidráulicos y neumáticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar la operación de las funciones lógicas AND, OR y NOT de manera física.</li> <li>• Deducir el significado de un 0 y 1 lógico en la electrónica digital y establecer las tablas de verdad de las diferentes operaciones lógicas.</li> <li>• Resolver ejercicios donde se apliquen los teoremas y postulados del álgebra booleana.</li> <li>• Realizar prácticas donde se demuestre el funcionamiento de los mismos.</li> <li>• Realizar ejemplos y ejercicios de simplificación de funciones booleanas mediante mapas de Karnaugh de hasta seis variables.</li> <li>• Comprobar mediante la implementación de un circuito físico el método.</li> <li>• Aplicar el método de simplificación de funciones booleanas de Quine McClausky.</li> <li>• Comprobar mediante la implementación de un circuito físico el método.</li> <li>• Analizar en plenaria ventajas y desventajas de cada uno de los métodos vistos.</li> <li>• Realizar diagramas para implementar funciones booleanas y comprobar algunas, mediante práctica de laboratorio.</li> <li>• Demostrar de manera analítica y práctica que cualquier circuito digital se puede implementar utilizando solo compuertas NOR o NAND.</li> <li>• Evaluar la ventaja o desventaja de utilizar solo compuertas NOR o NAND.</li> <li>• Demostrar que las funciones booleanas también se pueden implementar con circuitos neumáticos e hidráulicos mediante la construcción física de algunos de ellos.</li> </ul>
--	--

### Unidad 5: Circuitos Combinacionales

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Diseñar circuitos combinacionales utilizando un lenguaje de descripción de hardware para la utilización de GAL's y FPGA's en diversas aplicaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deducir una metodología para el diseño de circuitos combinacionales.</li> <li>• Diseñar: Sumadores, restadores, multiplexores, demultiplexores, decodificadores entre otros.</li> <li>• Investigar los números comerciales y tabla de verdad de cada uno de los circuitos</li> </ul>

	<p>previamente diseñados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar físicamente algunos de ellos.</li> <li>• Investigar qué es un lenguaje de descripción de hardware, una GAL y un FPGA.</li> <li>• Discutir en plenaria los conceptos consultados.</li> <li>• Utilizando un lenguaje de descripción de hardware, realizar los diseños de sumadores, restadores, decodificadores, multiplexores, etc.</li> <li>• Implementar físicamente los circuitos previamente diseñados utilizando GAL o FPGA.</li> <li>• Detectar áreas de oportunidad para la aplicación de circuitos digitales combinacionales y de ser posible llevarlo a cabo.</li> </ul>
--	---

### Unidad 6: Circuitos Secuenciales

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Diseñará circuitos secuenciales mediante el uso de un lenguaje de descripción de hardware en GAL's y FPGA's para diversas aplicaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar diferentes configuraciones para la generación de pulsos.</li> <li>• Construir un circuito que genere pulsos de reloj para flip-flops.</li> <li>• Realizar un resumen donde se establezcan que es un flip-flop, los diferentes tipos que existen, así como sus características de funcionamiento.</li> <li>• Comprobar mediante práctica de laboratorio el funcionamiento de los flip-flops</li> <li>• Proponer una definición de diagrama de estados, tabla de estado y ecuación de estado; comparar con las definiciones de libros y discutir las diferencias.</li> <li>• Obtener ecuaciones de estado a partir de tablas de estados propuestas.</li> <li>• Investigar qué es un contador, registro, los números comerciales, así como su funcionamiento.</li> <li>• Mediante una plenaria grupal discutir sobre algunas aplicaciones de estos circuitos.</li> <li>• Comprobar el funcionamiento de algunos de ellos en el laboratorio.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar sobre registros con aplicaciones de memoria, discutir en clase y elaborar un resumen sobre el tema.</li> <li>• Mediante el uso de un lenguaje de descripción de hardware, diseñar circuitos secuenciales tales como: contadores, registros de corrimiento, etc. y comprobar su funcionamiento mediante práctica de laboratorio.</li> <li>• Detectar en el entorno áreas de oportunidad para la aplicación de circuitos digitales secuenciales.</li> </ul>
--	---

### Unidad 7: Convertidores

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Conocer, describir e implementar los diferentes tipos de convertidores de señal existentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una investigación documental sobre lo que es un convertidor y los diferentes tipos de convertidores existentes.</li> <li>• Realizar una implementación física de un DAC y de un ADC.</li> <li>• Describir en lenguaje VHDL un DAC y un ADC.</li> <li>• Implementar los DAC y ADC en los FPGA's.</li> <li>• Realizar un proyecto final</li> </ul>

Haga clic aquí para escribir texto.

## 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Romero Troncoso, Rene de J. *Sistemas Digitales con VHDL*, Ed. Universidad de Guanajuato, 2008.
2. Morris Mano, M. *Diseño Digital*, Ed. Person Educación, 1987
3. De la Cruz Laso César René. *Fundamentos De Diseño Digital*. Ed. Trillas, 1988.
4. Tocci, Ronald J. y Widmer Neal S. *Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones*. Ed. Person Educación, 8<sup>va</sup>. Edición. 2003
5. Tokheim, Roger L. *Electrónica Digital*, Ed. Reverté, 1991
6. Hermosa Donante, Antonio, *Electrónica Digital Fundamental*, Ed. Alfaomega-Marcombo, 1995
7. Dempsey, John A. *Electrónica Digital Con Aplicaciones MSI*. Ed. Alfaomega, 1996
8. Wakerly John F. *Diseño Digital Principios y Prácticas*. Ed. Prentice Hall, 1992.
9. Wakerly John F. Digital Design principles and practices and Xilinx 4.2i Student package 2004 Third Edition Updated
10. Floyd, Thomas L. *Fundamentos De Sistemas Digitales*, Ed. Prentice Hall 7<sup>a</sup>. Edición
11. Morris Mano, M. *Lógica Digital y Diseño De Computadores*. Ed. Prentice Hall, 1982
12. Blandes, Miguel. *Lecciones de Electrónica Digital*, Ed. Marcombo, 1987
13. Gajsky, Daniel D., *Principios de Diseño Digital*. Ed. Prentice Hall, 1997
14. Hayes, John P. *Diseño Lógico Digital*. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, 1996
15. Nashelsky, Louis. *Fundamentos de Tecnología Digital*. Ed. Limusa, 1989

## 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Diseñar, simular y construir los circuitos que comprueben el funcionamiento de las compuertas OR, AND, NOT, NAND, NOR, EXOR.
- Diseñar, simular y construir los circuitos que comprueben el funcionamiento de los flip-flops RS, JK, T y D.
- Diseñar, simular y construir un circuito de registro utilizando flip-flops.
- Diseñar, simular y construir un circuito contador utilizando flip-flops.
- Diseñar, simular y construir un decodificador BCD a Siete segmentos que realice un conteo ascendente, descendente.
- Con el uso del lenguaje VDLH programar un circuito PAL o GAL que realice un conteo ascendente/descendente.
- Realizar la implementación física de un ADC y un DAC en plantilla
- Realizar DAC y ADC en un FPGA.