

## 1. Datos Generales de la asignatura

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

Asignatura	Temas	Competencias específicas
Circuitos hidráulicos y neumáticos	Introducción a la electroneumática y electrohidráulica	Desarrolla y conecta circuitos básicos de control electroneumático y electrohidráulico
Microcontroladores	Arquitectura interna de un microcontrolador. Puertos de entrada y salida. El convertidor ADC y DAC.	Define la arquitectura interna de un microcontrolador. Maneja los puertos de entrada y salida. Utiliza el convertidor ADC y DAC para fines de control.
Controladores Lógicos Programables	Programación de controlador lógico en lenguaje escalera (ladder).	Desarrolla la lógica de programación en lenguaje escalera utilizando los diversos elementos que contienen los controladores.
Electrónica de Potencia aplicada	Circuitos de disparo	Analiza y comprende el funcionamiento de los circuitos de disparo con elementos pasivos y de estado sólido, para el funcionamiento de los tiristores de potencia usados en dispositivos mecatrónicos.

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

### Intención didáctica

La asignatura se integra por cinco temas, en cada uno se abordan características específicas del funcionamiento de los sistemas digitales, comenzando por conceptos básicos hasta características específicas de funcionamiento de compuertas lógicas aplicadas a lógica secuencial y el diseño de circuitos digitales que integran sistemas mecatrónicos.

En el tema uno 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. Se manejarán los temas de códigos y sistemas numéricos binarios, octales y hexadecimales, conversiones entre ellos y las operaciones básicas en sistema binario. Además, se conocerán las relaciones existentes entre los sistemas binarios y los sistemas alfanuméricos o lenguajes de máquina que existen actualmente.

El tema dos hablará de las diferentes compuertas básicas existentes en los 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. Se observarán los fundamentos del álgebra Booleana y sus diferentes axiomas y teoremas, sus aplicaciones y la relación existente con las compuertas lógicas. Así mismo, se verán ecuaciones digitales y sus métodos de minimización mediante álgebra Booleana. Deberán ser cubiertas también, las diferentes formas canónicas de la realización de un circuito digital.

El tema tres proporciona al alumno los diferentes conocimientos de los circuitos digitales combinatoriales, 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 a los lenguajes de descripción de hardware (HDL) utilizando VHDL o Verilog, así como la descripción propia para realizar aplicaciones físicas en tarjetas integradas como lo son los FPGA's.

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

En el tema cinco, 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 o Verilog.

### 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: 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,	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.

	Tlalnepantla, Toluca y Zacapoaxtla.	
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero del 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 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: Apizaco, Celaya, Chapala, Cd. Cuauhtémoc, Colima, Culiacán, Huixquilucan, La Laguna, León, Nuevo Laredo, Nuevo León, Oriente del Estado de Hidalgo, Querétaro, Tlalnepantla, Uruapan, Veracruz y Zacapoaxtla.	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.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.
Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.	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 Papasquiario, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

<b>Competencia(s) específica(s) de la asignatura</b>
Diseña e implementa circuitos digitales para el control de diferentes sistemas mecatrónicos

#### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soluciona problemas algebraicos para la reducción de funciones.</li> <li>• Analiza, simula e implementa circuitos eléctricos de corriente directa con elementos pasivos y activos lineales para su aplicación en sistemas eléctricos.</li> <li>• Selecciona y utiliza adecuadamente los diferentes instrumentos y/o equipos básicos y especiales para medición de los diferentes parámetros eléctricos.</li> <li>• Construye programas utilizando estructuras condicionales y repetitivas para aumentar su funcionalidad</li> </ul>
--

#### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Fundamentos de sistemas digitales	1.1 Introducción a los sistemas digitales. 1.2 Señales análogas y digitales. 1.3 Relación entre los sistemas análogos y los sistemas digitales. 1.4 Sistemas numéricos. 1.4.1 Binario. 1.4.2 Octal. 1.4.3 Hexadecimal. 1.5 Conversión entre sistemas numéricos. 1.6 Operaciones básicas con diferentes sistemas numéricos. 1.7 Códigos binarios y alfanuméricos. 1.7.1 Gray 1.7.2 BCD 1.7.3 ASCII 1.7.4 UNICODE
2	Compuertas lógicas y algebra booleana	2.1 Compuertas básicas. 2.2 Familias lógicas. 2.3 Teoremas y postulados del algebra booleana. 2.4 Simplificación de funciones booleanas. 2.4.1 Minitérminos y maxitérminos. 2.4.2 Mapas de Karnaugh. 2.4.3 Método de Quine-Mcclausky.
3	Circuitos combinacionales	3.1 Procedimiento de diseño. 3.2 Circuitos combinacionales básicos. 3.3 Simulación de los circuitos combinacionales. 3.3.1 Multiplexores. 3.3.2 Demultiplexores. 3.3.3 Decodificadores.

		<p>3.3.4 Codificadores. 3.3.5. Indicadores numéricos. (Display's). 3.4 Dispositivos lógicos programables. 3.5 Lenguajes de descripción de hardware (HDL).</p>
4	Circuitos secuenciales	<p>4.1 Máquinas Mealy y Maquinas Moore. 4.2 Temporizadores. 4.2.1 555 modo monoestable. 4.2.2 555 modo astable. 4.3 FLIP FLOPS 4.3.1 R-S 4.3.2 J-K 4.3.3 D 4.3.4 T 4.3.5 Maestro-Esclavo. 4.4 Diagramas y ecuaciones de estado 4.5 Circuitos síncronos y asíncronos. 4.6 Circuitos secuenciales básicos. 4.6.1 Registros 4.6.2 Contadores 4.6.3 Memorias 4.7 Circuitos lógicos programables. 4.8 Diseño de circuitos mediante lenguajes de descripción de hardware.</p>
5	Convertidores	<p>5.1 Funcionamiento del ADC. 5.2 Diseño con lenguaje de descripción de hardware. 5.3 Funcionamiento del DAC. 5.4 Diseño con lenguaje de descripción de hardware. 5.5 Aplicaciones.</p>

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Fundamentos de sistemas digitales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce la diferencia, ventajas y desventajas entre la electrónica analógica y la electrónica digital para ser utilizadas en los sistemas mecatrónicos.</li> <li>• Conoce y comprende los sistemas binario, octal y hexadecimal; conversiones entre ellos para realizar operaciones básicas en los diferentes sistemas.</li> <li>• Conoce diferentes códigos para representar información en los sistemas digitales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una investigación documental sobre la electrónica analógica y la electrónica digital.</li> <li>• Participa en plenarias donde se motive a los alumnos, con preguntas preparadas por el profesor.</li> <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</li> </ul>



<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca y analiza información proveniente de fuentes diversas.</li> <li>• Soluciona problemas.</li> <li>• Habilidad de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> </ul>	<p>y GRAY.</p> <ul style="list-style-type: none"> <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 las diferentes formas de representar la información y la utilización y aplicación de los códigos.</li> </ul>
<p>2. Compuertas lógicas y algebra booleana</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseña e implementa funciones digitales para el control de diferentes sistemas mecatrónicos utilizando las herramientas matemáticas necesarias que permitan utilizar el mínimo de componentes electrónicos.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca y analiza información. proveniente de fuentes diversas.</li> <li>• Soluciona problemas.</li> <li>• Habilidad de investigación.</li> <li>• Trabaja en equipo.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	<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>• Realizar prácticas de medición con el analizador de estados lógicos.</li> <li>• Investigar los números del fabricante de las diferentes compuertas lógicas que se utilizarán (NOT, OR, AND, NAND, NOR, XOR, X-NOR).</li> <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> <li>• Realizar ejemplos y ejercicios de simplificación de funciones booleanas mediante mapas de Karnaugh de hasta seis variables.</li> <li>• Aplicar el método de simplificación de funciones booleanas de Quine McClusky.</li> <li>• Demostrar de manera analítica y práctica que cualquier circuito digital se puede implementar utilizando solo compuertas NOR o NAND.</li> <li>• Demostrar que las funciones booleanas también se pueden implementar con</li> </ul>

	<p>circuitos neumáticos e hidráulicos mediante la construcción física de algunos de ellos.</p>
<b>3. Circuitos combinacionales</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b>          Diseña e implementa circuitos combinacionales utilizando un lenguaje de descripción de hardware para su aplicación en GAL's y FPGA's en diversas aplicaciones.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca y analiza información. proveniente de fuentes diversas.</li> <li>• Habilidad de investigación.</li> <li>• Soluciona problemas.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).</li> </ul>	<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 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 (VHDL o Verilog), 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>
<b>4. Circuitos secuenciales</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b>          Diseña e implementa circuitos secuenciales mediante dispositivos electrónicos y el uso de un lenguaje de descripción de hardware en GAL's y FPGA's para diversas de control de sistemas mecatrónicos.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar</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>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> </ul>	<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 flipflops.</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> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo,</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <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>• 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 (VHDL o Verilog), 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>
---	---

#### 5. Convertidores

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Describe e implementa los diferentes tipos de convertidores de señal existentes para utilizar en la codificación y decodificación de señales.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> </ul>	<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 o Verilog un DAC y un ADC.</li> <li>• Implementar los DAC y ADC en los FPGA's.</li> <li>• Realizar un proyecto final.</li> </ul>

#### 8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar, simular y construir los circuitos que comprueben el funcionamiento de las compuertas OR, AND, NOT, NAND, NOR, EXOR.</li> <li>• Diseñar, simular y construir los circuitos que comprueben el funcionamiento de los flip-flops RS, JK, T y D.</li> <li>• Diseñar, simular y construir un circuito de registro utilizando flip-flops.</li> <li>• Diseñar, simular y construir un circuito contador utilizando flip-flops.</li> <li>• Diseñar, simular y construir un decodificador BCD a Siete segmentos que</li> <li>• realice un conteo ascendente, descendente.</li> <li>• Con el uso del lenguaje VHDL o Verilog programar un circuito PAL o GAL que realice un conteo ascendente/descendente.</li> <li>• Realizar la implementación física de un ADC y un DAC.</li> <li>• Realizar DAC y ADC en un FPGA.</li> </ul>
---



## 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.

- Mapa conceptual
- Problemario
- Examen
- Esquemas
- Representaciones gráficas o esquemáticas
- Mapas mentales
- Ensayos
- Reportes de prácticas
- Resúmenes
- Rúbrica
- Exposiciones orales.
- Lista de cotejo
- Matriz de valoración
- Guía de observación

**11. Fuentes de información**

1. Romero Troncoso, Rene de J. (2008). Sistemas Digitales con VHDL, Ediciones Legaría, México.
2. Morris Mano, M. (2003). Diseño digital, 3ª. Edición. Pearson Educación, México.
3. Floyd, Thomas L. (2006). Fundamentos De Sistemas Digitales, 9ª. Edición. Pearson-Prentice Hall.
4. Tocci, Ronald J. y Widmer, Neal S. (2003). Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones. Pearson Educación, México.
5. Hermosa Donante, Antonio. (1995). Electrónica Digital Fundamental, Alfaomega-Marcombo.
6. Dempsey, John A. (1996). Electrónica Digital Con Aplicaciones MSI, Alfaomega.
7. Wakerly, John F. (1992). Diseño Digital Principios y Prácticas, Prentice Hall.
8. Wakerly, John F. (2004). Digital Design principles and practices and Xilinx 4.2i Student package, 3ª. Edición.
9. Gajsky, Daniel D. (1997). Principios de Diseño Digital, Prentice Hall.
10. Hayes, John P. (1996). Diseño Lógico Digital, Addison-Wesley Iberoamericana.