

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA



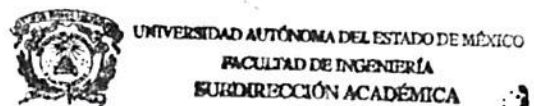
PROGRAMA DE ESTUDIOS

Sistemas digitales

<b>Elaboró:</b>	M. en C. Judith Moreno Jiménez	Facultad de Ingeniería
	Dr. Giorgio Mackenzie Cruz Martínez	Facultad de Ingeniería

<b>Fecha de aprobación:</b>	<b>H. Consejo Académico</b>	<b>H. Consejo de Gobierno</b>
	<u>05 de julio del 2021</u>	<u>07 de julio del 2021</u>

**Facultad de Ingeniería**



07 JUL 2021

CONSEJOS ACADÉMICO Y DE GOBIERNO  
DICTAMEN: APROBADO



## Índice

	Pág.
I. Datos de identificación.	3
II. Presentación del programa de estudios.	4
III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular.	6
IV. Objetivos de la formación profesional.	8
V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.	9
VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización.	10
VII. Acervo bibliográfico.	13





**I. Datos de identificación.**

Espacio académico donde se imparte

Estudios profesionales

Unidad de aprendizaje  Clave

Carga académica

<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="8"/>
Horas teóricas	Horas prácticas	Total de horas	Créditos

Carácter  Tipo  Periodo escolar

Área curricular  Núcleo de formación

Seriación

UA Antecedente

UA Consecuente

Formación común

No presenta





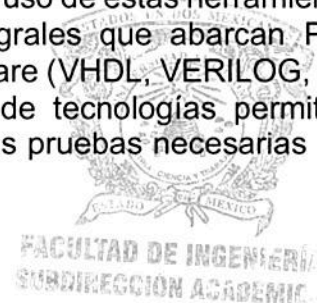
## II. Presentación del programa de estudios.

Históricamente la Electrónica se divide en dos grandes ramas: la electrónica digital y la electrónica analógica, siendo la electrónica digital resultado de grandes avances en los dispositivos semiconductores derivados del estudio de la electrónica analógica. Sin embargo, quien se benefició de los desarrollos de la electrónica digital son las ciencias computacionales quienes aprovecharon el potencial como dispositivos que son capaces de materializar tablas de verdad y máquinas de estado; con ello evolucionaron a dispositivos más complejos como las primeras computadoras programables, pero en un menor tamaño y por ende más manejables, robustos y a la larga más baratos que los tubos al vacío que se usaban en aquel entonces. Desde ese entonces la dupla que se formó entre las ciencias computacionales y la electrónica digital corren paralelas tratándose alcanzar una a otra, desarrollando hardware veloz y eficiente capaz de ejecutar software capaz de manejar mayor cantidad de información.

Más allá de las aplicaciones computacionales, la electrónica digital mostro gran utilidad cuando las señales de la naturaleza fueron captadas por sensores que digitalizaron los datos permitiendo el tratamiento de esta información, creando ventajas indiscutibles en áreas de la electrónica como comunicaciones, filtrado de señales, teoría de control, etc. Llegando a sustituir de forma parcial o total las técnicas analógicas convencionales.

Además, la tendencia de integrar arreglos de transistores en espacios cada vez más pequeños logrando chips que contiene millones de compuertas lógicas dentro, ha permitido la aparición de altas velocidades a bajo consumo de energía, dando como resultado el uso masivo de circuitos electrónicos digitales en prácticamente todos los dispositivos electrónicos actuales. Es muy difícil concebir un aparato actual que no tenga electrónica y que no contenga dentro de sus circuitos, algún tipo de sistema digital. Incluso sistemas que tradicionalmente se consideran de naturaleza analógica, internamente suelen operar en un ambiente híbrido.

Bajo este marco, es de vital importancia que un ingeniero en electrónica este profundamente inmerso en la forma en que se diseñan, sintetizan y analizan los sistemas digitales. A lo largo de la historia han existido diferentes dispositivos electrónicos que permiten implementar sistemas digitales, sin embargo, en la actualidad el ciclo de diseño de sistemas digitales está fuertemente ligado a ambientes de desarrollo que permiten la simulación y posteriormente generan a través de lenguaje de descripción de hardware (HDL por sus siglas en inglés) la síntesis del sistema digital en dispositivos lógicos programables (PLD por sus siglas en inglés). La UA Sistemas Digitales está diseñada para seguir esta tendencia y todos los conceptos tratados serán aterrizados haciendo uso de estas herramientas. Las más comunes son ambientes de desarrollo integrales que abarcan PLDs (CPLD, FPGA, etc.), lenguajes de descripción de hardware (VHDL, VERILOG, etc.) y tarjetas de desarrollo y evaluación. Este conjunto de tecnologías permite al desarrollador realizar diseños rápidamente y ejecutar las pruebas necesarias para una mejor implementación en los dispositivos finales.





En este curso el alumno, retoma los conceptos de la UA Electrónica I donde analizó la formulación de compuertas lógicas a partir de arreglos de transistores, y algunos otros conceptos básicos y los vierte dentro del lenguaje de descripción de hardware; llevándolo desde la síntesis de compuertas lógicas y sus diferentes arreglos, hasta la síntesis de sistemas mínimos, pasando por el análisis de sistemas digitales periféricos y máquinas de estado.

Al finalizar la UA el alumno tendrá la capacidad de desarrollar sistemas digitales complejos capaces de funcionar en forma autónoma, y con la posibilidad de llevarlos a un desarrollo comercial, pero también tendrá las bases de las UA subsecuentes como Microprocesadores en primera instancia, siendo propiamente el microprocesador un sistema digital, que también puede ser descrito en su totalidad con un lenguaje de descripción de hardware. Asimismo, desarrollará el concepto de sistema embebido, el cual será ampliamente analizado con diversos dispositivos y ambientes de desarrollo de alto nivel en la UA con el mismo nombre. Y como se mencionó anteriormente otras áreas de la electrónica como control, filtrado de señales y comunicaciones también ocuparan las habilidades de implementación de sistemas digitales adquiridas en este curso.

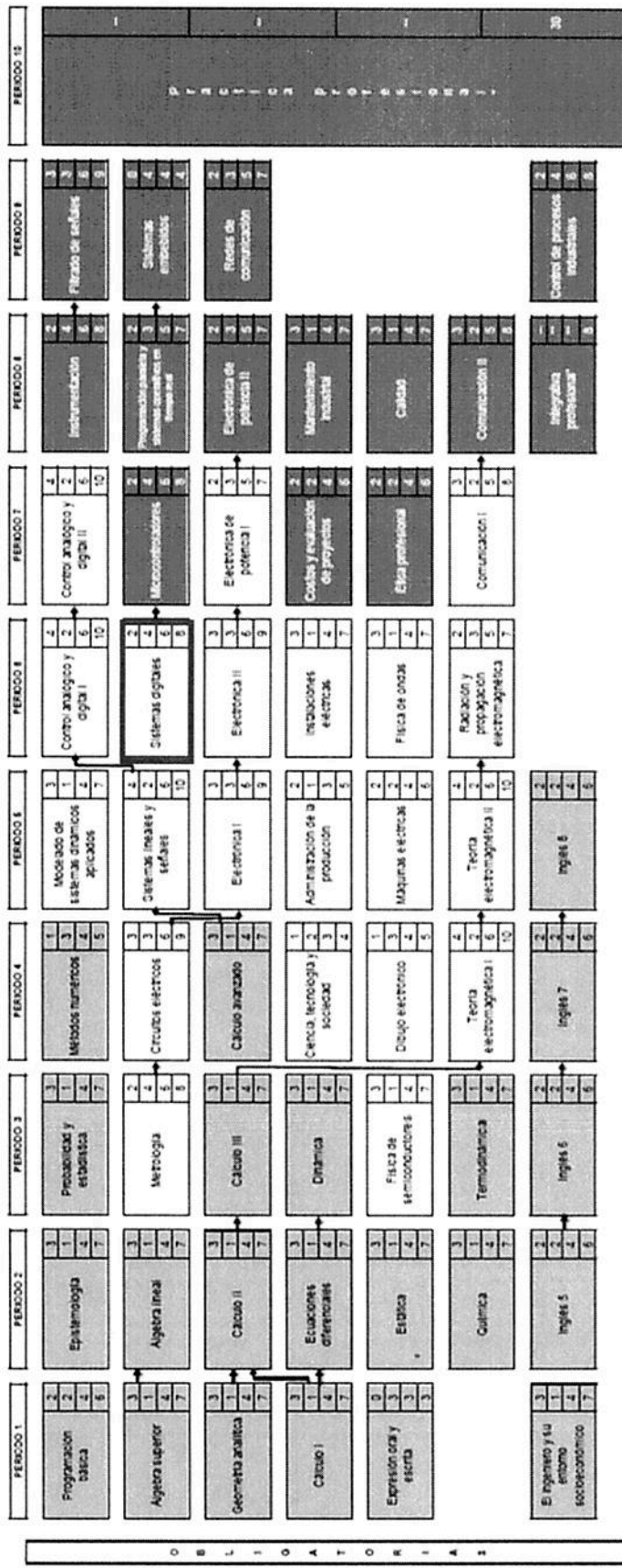
Para lograr todo esto se han propuesto ocho unidades temáticas, cuyo nivel de complejidad ira incrementándose y que además será acumulativo, desde sistemas lógicos combinatorios, como funciones lógicas de múltiples entradas y salidas, codificadores, comparadores, operadores aritméticos y transformaciones de base numéricas, para después abordar sistemas combinacionales desde el elemento fundamental Flip-Flop pasando por contadores registros de corrimiento hasta máquinas de estado finito y a partir de este punto analizar diversas aplicaciones formuladas de ellas como diseño de PWM y protocolos de comunicación. Al final del curso se presentará el concepto de un sistema mínimo y su síntesis en un lenguaje de descripción de hardware.

Con estos conocimientos el alumno será capaz, no solo de implementar sistemas digitales de alta complejidad, sino también de elegir la mejor herramienta de desarrollo de sistemas digitales, acorde con las necesidades específicas del proyecto.



### III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular

MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, 2019



MT	14
HP	9
TM	33
CR	37

MT	13
HP	18
TM	29
CR	43

MT	15
HP	24
TM	31
CR	52

MT	16
HP	24
TM	33
CR	48

MT	17
HP	24
TM	31
CR	48

MT	20
HP	18
TM	33
CR	52

MT	16
HP	11
TM	31
CR	48

MT	19
HP	8
TM	33
CR	49

MT	23
HP	8
TM	33
CR	48





#### IV. Objetivos de la formación profesional.

##### Objetivos del programa educativo:

Son objetivos de los estudios profesionales de la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica formar profesionales, críticos, creativos, dispuestos a adquirir el espíritu universitario, interesados por resolver problemas técnicos relacionados con el diseño, ensamble, instalación, evaluación, validación y mantenimiento de sistemas electrónicos contemplando aspectos éticos, humanísticos, de inclusión, en armonía con el medio ambiente para contribuir al progreso, económico y cultural del país y satisfacer las necesidades de la sociedad.

##### Generales

- Ejercer el diálogo y el respeto como principios de la convivencia con sus semejantes, y de apertura al mundo.
- Reconocer la diversidad cultural y disfrutar de sus bienes y valores.
- Adquirir los valores de cooperación y solidaridad.
- Participar activamente en su desarrollo académico para acrecentar su capacidad de aprendizaje y evolucionar como profesional con autonomía.
- Asumir los principios y valores universitarios, y actuar en consecuencia.
- Aprender los modelos, teorías y ciencias que explican el objeto de estudio de su formación.
- Emplear habilidades lingüístico-comunicativas en una segunda lengua.
- Tomar decisiones y formular soluciones racionales, éticas y estéticas.
- Comprender y aplicar los principios subyacentes a los métodos, técnicas e instrumentos empleados en la intervención profesional.
- Emplear las habilidades técnicas y tecnológicas para evolucionar en el campo laboral.
- Desarrollar un juicio profesional basado en la responsabilidad, objetividad, credibilidad y la justicia.

##### Particulares

- Ensamblar sistemas electrónicos analógicos y digitales evaluando el tipo, costo, propósito y características de montaje de componentes utilizando los fundamentos de la teoría de los semiconductores, electrónica y teoría electromagnética para contribuir en diversos ámbitos de la sociedad tales como la salud, la educación, la industria y los servicios.





- Instalar sistemas electrónicos analógicos y digitales ponderando los requerimientos técnicos, de espacio, normativos, de prueba y de seguridad empleando el conocimiento de los estándares nacionales e internacionales para solucionar problemas técnicos en el área de automatización, telecomunicaciones, energía sustentable, sistemas de transporte, bioelectrónica y electrónica entre otras dentro de las organizaciones.
- Evaluar sistemas electrónicos analógicos y digitales caracterizando su funcionamiento a partir de sus parámetros de operación y uso para establecer su óptimo desempeño en su vida útil.
- Organizar inspecciones sobre los sistemas electrónicos analógicos y digitales utilizando técnicas analíticas tales como indicadores estadísticos de fiabilidad y disponibilidad para pronosticar fallas y extender la vida útil de los equipos.

### **Objetivos del núcleo de formación:**

Desarrollará en el alumno el dominio teórico, metodológico y axiológico del campo de conocimiento donde se inserta la profesión.

Comprenderá unidades de aprendizaje sobre los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para dominar los procesos, métodos y técnicas de trabajo; los principios disciplinares y metodológicos subyacentes; y la elaboración o preparación del trabajo que permita la presentación de la evaluación profesional.

### **Objetivos del área curricular o disciplinaria:**

Formular idealizaciones particularizando las condiciones de operación de sistema a través de expresiones y simplificaciones de los modelos matemáticos que caracterizan sistemas propios de la electrónica para desarrollar métodos de solución a problemas de la electrónica para desarrollar métodos de solución a problemas de instrumentación, suministro de energía, preamplificadores de pequeña señal, máquinas de estado, generadores de señal y de fuerza motriz.

### **V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.**

Analizar sistemas electrónicos digitales mediante el uso de lenguaje de descripción de hardware para proponer soluciones a los problemas presentes en otras disciplinas de la electrónica aplicada, además de sentar los principios de funcionamientos de sistemas electrónicos complejos como microcontroladores o sistemas embebidos.



## VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje, y su organización.

### Unidad temática 1. Ambientes de desarrollo basado el HDL

**Objetivo:** Organizar los diferentes elementos que constituyen el Lenguaje de Descripción de Hardware, así como los diferentes tipos y ambientes de desarrollo y sus principales elementos, empleando software y equipo especializado a fin de implementar circuitos con compuertas lógicas.

**Temas:**

- 1.1 Definición de Lenguaje de Descripción de Hardware (HDL).
- 1.2. Tipos de Lenguajes (VHDL y VERILOG).
- 1.3. Descripción de Ambientes de desarrollo.
- 1.4. Descripción de Tarjetas de Desarrollo.
- 1.5. Cabecera, entidad y arquitectura
- 1.6. Síntesis de compuertas lógicas.
- 1.7. Comunicación entre el controlador y el hardware del PLD.

### Unidad temática 2. Síntesis de Lógica Combinacional en HDL

**Objetivo:** Sintetizar los principales circuitos lógicos combinacionales, mediante lenguaje de descripción de hardware e implementar configuraciones desarrolladas por medio de un software y hardware especializado, con la finalidad de desarrollar sistemas combinacionales.

**Temas:**

- 2.1. Sintetizar lógica combinacional mediante: Funciones, señales y funcionamiento en HDL.
- 2.2. Multiplexores y demultiplexores.
- 2.3. Comparadores de magnitud.
- 2.4. Codificadores.
- 2.5. Utilización de librerías para el cálculo aritmético.
- 2.6. Librerías para el cambio de base y transformación de binario a entero y decimal en HDL.



**Unidad temática 3.** Flip-Flop, Latches y registros de desplazamiento en HDL.

**Objetivo:** Combinar los principales circuitos lógicos secuenciales mediante lenguaje de descripción de hardware, así como un software y hardware especializado, con la finalidad de implementar sistemas secuenciales.

**Temas:**

- 3.1. Sintaxis en HDL para describir sistemas que dependen de eventos.
- 3.2. Síntesis de un Flip-Flop tipo D y latch en HDL.
- 3.3. Registro de corrimientos de una señal y de un bus.
- 3.4. Diseño de contadores.
- 3.5. División de conteo y frecuencia y reloj.
- 3.6. Priorización de señales.
- 3.7. Almacenamiento y transferencia de datos.

**Unidad temática 4.** Diagramas de estado y máquinas de estado asíncronas en HDL.

**Objetivo:** Construir máquinas de estado mediante lenguaje de descripción de hardware, así como un software y hardware especializado, a fin de implementar sistemas lógico-secuenciales.

**Temas:**

- 4.1. Diseño de una máquina de estados en HDL.
- 4.2. Máquina de estado de Mealy y de Moore.
- 4.3. Detección de secuencia de entrada.
- 4.4. Contadores de registro de desplazamiento.
- 4.5. Síntesis de un sistema de Transmisión de datos asíncrono en HDL.



### Unidad temática 5. Máquinas de estado síncronas en HDL.

**Objetivo:** Construir máquinas de estado síncronas mediante lenguaje de descripción de hardware, para implementar sistemas lógico-secuenciales por medio de software y hardware especializado.

**Temas:**

- 5.1. Diseño de máquina de estados síncrona.
- 5.2. Diseño de PWM con máquina de estados en HDL.
- 5.3. Diseño de un controlador de entrada por teclado.
- 5.4. Diseño de un controlador de salida gráfico.

### Unidad temática 6. Diseño Jerárquico en HDL

**Objetivo:** Desarrollar sistemas jerárquicos en lenguajes de descripción de hardware reutilizables que sean fácilmente actualizables, a través del uso de recursos como funciones, paquetes, procedimientos y componentes, para diseñar y dar mantenimiento a sistemas digitales.

**Temas:**

- 6.1 Metodología del diseño jerárquico.
- 6.2 Descomposición en funciones, paquetes y procedimientos individuales.
- 6.3 Diseño de componentes.
- 6.4 Diseño de un programa Top Level.

### Unidad temática 7. Sistemas mínimos en HDL

**Objetivo:** Desarrollar arquitecturas simples de sistemas mínimos en HDL a través de plantillas, con la finalidad de desarrollar hardware diseñado con base en especificaciones.

**Temas:**

- 7.1 Definición de sistema mínimo y sus componentes.
- 7.2 Diseño de los componentes de un sistema mínimo en HDL.
- 7.3 Diseño de lista de instrucciones.
- 7.4 Implementación de un sistema mínimo en un PLD.





### Unidad temática 8. Máquinas de estado en Sistemas Embebidos

**Objetivo:** Integrar una máquina de estado creada en un ambiente de programación de alto nivel en una tarjeta de evaluación, a través de programas de síntesis y generación de código, a fin de conocer las tecnologías vigentes en el ámbito de desarrollo científico y tecnológico.

**Temas:**

8.1 Uso de software de terceros para diseño de máquinas de estado basadas en un ambiente de desarrollo a bloques.

8.2 Generación de código HDL y descarga en un dispositivo programable.

### VII. Acervo bibliográfico.

#### Básico:

Brown, S., Vranesic, Z., (2006), *Fundamentos de Lógica Digital con diseño VHDL*, 2° Edición. Mc.Graw Hill.

Fernández G. S., (2006). *Diseño de sistemas digitales con VHDL*, Paraninfo.

Pardo F., (2011). *VHDL. Lenguaje para síntesis y modelado de circuitos*, 3 ed., Ra-Ma S. A.

Tocci, Ronald J., (2017), *Sistemas digitales: principios y aplicaciones*, 11a ed. México: Pearson Education.

Wakerly J., (2006), *Diseño digital, principios y prácticas*, 3ª ed., Prentice Hall.

#### Literatura en inglés:

Ashenden P., Lewis J., (2008), *VHDL-2008 Just the New Stuff*, 1º ed., Morgan Kaufmann.

Chu P., (2006), *RTL hardware design using VHDL. Coding for efficiency, portability, and scalability*. Wiley-Interscience.

Deschamps, Jean-Pierre, (2012), *Guide to FPGA Implementation of Arithmetic Functions [electronic resource]*. Springer eBooks.

Grout I., (2008), *Digital Systems design with FPGAs and CPLDs*, Elsevier/Newnes.

Woods R., (2017), *FPGA- bases Implementation of Signal Processing*, Wiley

#### Complementario:

Deschamps J. P., (2002), *Síntesis de circuitos digitales: un enfoque algorítmico*. International Thomson Publishing.

MicroBlaze Microcontroller Reference Design User Guide. Xilinx.

[https://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/DDA/ug133\\_Microblaze.pdf](https://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/DDA/ug133_Microblaze.pdf)



PicoBlaze 8-bit Embedded Microcontroller User Guide for Spartan-3, Spartan-6, Virtex-5, and Virtex-6 FPGAs. Autor: Ken Chapman, Xilinx, 2010.

[http://www.xilinx.com/support/documentation/ip\\_documentation/ug129.pdf](http://www.xilinx.com/support/documentation/ip_documentation/ug129.pdf)

- System Generator for DSP User Guide. Xilinx.

[http://www.xilinx.com/support/documentation/sw\\_manuals/sysgen\\_user.pdf](http://www.xilinx.com/support/documentation/sw_manuals/sysgen_user.pdf)

System Generator for DSP Reference Guide. Xilinx.

[http://www.xilinx.com/support/sw\\_manuals/sysgen\\_ref.pdf](http://www.xilinx.com/support/sw_manuals/sysgen_ref.pdf)

Spartan-3 Starter Kit Board User Guide. Xilinx.

[http://www.xilinx.com/support/documentation/boards\\_and\\_kits/ug130.pdf](http://www.xilinx.com/support/documentation/boards_and_kits/ug130.pdf)

Spartan-3E Starter Kit Board User Guide. Xilinx.

<http://www.digilentinc.com/Data/Products/S3EBOARD/S3EStarter/ug230.pdf>

