



## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Sistemas Embebidos Basados en Procesamiento Digital de Señales
<b>Clave de la asignatura:</b>	DSD-2301
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	2-3-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Electrónica y afines

## 2. Presentación

<p><b>Caracterización de la asignatura</b></p> <p>Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Electrónico en el desarrollo de habilidades para diseñar, analizar y construir equipos o sistemas electrónicos para la solución de problemas en el entorno, aplicando normas técnicas y estándares nacionales e internacionales, así como crear, innovar, adaptar, y transferir tecnología en el ámbito de la ingeniería electrónica mediante la aplicación de métodos y procedimientos científicos, tomando en cuenta el desarrollo sustentable del entorno. Además, permite gestionar proyectos de investigación y/o desarrollo tecnológico, así como ejercer actividades emprendedoras de liderazgo y adquirir habilidades para la toma de decisiones en su ámbito profesional. En diversas aplicaciones, el uso de la electrónica hace necesario el conocimiento del diseño basado en sistemas digitales, y el uso de circuitos de alta escala de integración, como son los sistemas embebidos basados en procesamiento digital de señales, hace las aplicaciones más simples, eficientes y versátiles. Por lo que es conveniente que los alumnos de la carrera de ingeniería electrónica adquieran dominio en el uso de estos dispositivos.</p> <p>La asignatura consiste inicialmente en presentar al estudiante una descripción general del tipo de aplicaciones que se logran con los sistemas basados en procesamiento digital de señales. El procesamiento digital de señales tiene un fuerte fundamento teórico, es por ello por lo que la asignatura incluye temas describiendo dichos cimientos teóricos. De igual manera, se incluyen temas en el área de desarrollo de algoritmos para el procesamiento digital de señales tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia. El diseño de sistemas discretos en tiempo (filtros digitales) con diversos tipos de aplicaciones se plantea mediante el uso de herramientas disponibles. Finalmente, en la asignatura se presentan la arquitectura y las herramientas de diseño disponibles para el diseño de soluciones mediante sistemas embebidos basados en procesamiento digital de señales mediante una plataforma especializada.</p>
<p><b>Intención didáctica</b></p> <p>En el primer tema se presenta los conceptos introductorios al procesamiento digital de señales. Además, se describe el tratamiento de las señales digitales en el dominio del tiempo.</p> <p>En el segundo tema se definen y se aplica la metodología para el análisis de señales digitales en el dominio de la frecuencia, destacando las herramientas matemáticas principales disponibles para lograr obtener información en dicho dominio.</p> <p>En el tercer tema se definen y plantea el tipo de aplicaciones que se logra con el uso de filtros digitales. Para ello se plantea el fundamento teórico y los métodos de diseño de dichos sistemas en tiempo discreto.</p> <p>En el cuarto tema se presenta la arquitectura típica de un sistema embebido basado en procesamiento digital de señales. De igual manera se describen las herramientas de diseño con las que el diseñador cuenta para lograr la implementación de soluciones mediante el</p>

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



procesamiento digital de señales. Se sugiere hacer uso de una plataforma basada en un procesador digital de señales, o su equivalente, para que el estudiante lleve a cabo la metodología planteada para la implementación física de soluciones basadas en el procesamiento digital de señales.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja.

Las competencias genéricas que se fortalecen en esta asignatura son las interpersonales, instrumentales y sistémicas a través de investigación, trabajo en equipo, elaboración de prácticas y redacción de reportes respectivos, ensayos, exposiciones, análisis de casos, entre otros.

Durante el desarrollo de las actividades programadas en la asignatura es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva particularmente a cabo y entienda que está construyendo su conocimiento, aprecie la importancia del mismo y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión, la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo, el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía y en consecuencia actúe de manera profesional.

El docente debe ser conocedor de la disciplina que está bajo su responsabilidad, y tener capacidad para trabajar en equipo, destrezas que le permitan proponer actividades a desarrollar, formación pedagógica para abordar con mayor propiedad los diferentes estilos cognitivos de los estudiantes, facilitar, direccionar y orientar el trabajo del estudiante, potenciar en el estudiante la autonomía y toma de decisiones, tener flexibilidad en el seguimiento del proceso, estimular y potenciar el trabajo autónomo y cooperativo, facilitar la interacción personal

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
TecNM-CRODE Celaya y TecNM Celaya, Guanajuato, Mayo 2023	Nimrod Vázquez Nava Instituto Tecnológico de Celaya  José Javier Díaz Carmona Instituto Tecnológico de Celaya  Alejandro Espinosa Calderón Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo de Celaya	



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

<b>Saberes, habilidades y destrezas de la asignatura</b>
<p><b>Competencia(s) específica(s) de la asignatura</b></p> <p>Conoce y explica el funcionamiento de un sistema embebido basado en procesamiento digital de señales. Siendo posible realizar dicho procesamiento en el dominio del tiempo, frecuencia o ambos.</p> <p>Comprende el fundamento teórico de los sistemas embebidos basados en procesamiento digital de señales y con ello es capaz de utilizarlo para el diseño, análisis e implementación de soluciones para resolver problemas específicos en el ámbito de la Ingeniería Electrónica, en el desarrollo de aplicaciones y equipos afines, para lo cual el estudiante realizará actividades de investigación, análisis, reflexión, observación, y diseño, apoyándose en el uso de herramientas computacionales.</p> <p>Desarrolla habilidades de búsqueda e identificación de fuentes adecuadas de información técnica para el desarrollo de sistemas embebidos basados en procesamiento digital de señales. Es capaz de llevar a cabo una solución con sistemas embebidos basados en procesamiento digital de señales a problemas específicos mediante la selección apropiada de sistema digital, diseño del sistema discreto en tiempo (filtro digital) e implementación física de la solución de acuerdo a la plataforma utilizada.</p>

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

<p>El estudiante debe contar con bases sólidas en diseño digital y analógico, así como nociones de programación, por lo tanto se relaciona con las asignaturas de mediciones eléctricas, programación estructurada, fundamentos de investigación, diseño digital, diseño digital con VHDL y microcontroladores. En particular se tienen los saberes, habilidades y destrezas previas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Diseña y analiza circuitos digitales y analógicos, utilizando herramientas computacionales.</li> <li>● Desarrolla programas en lenguajes de alto nivel.</li> <li>● Opera equipo electrónico de medición y prueba.</li> <li>● Interpreta diagramas esquemáticos eléctricos y electrónicos.</li> <li>● Participa en equipos de trabajo.</li> <li>● Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación</li> <li>● Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> <li>● Desarrollar programas en un lenguaje estructurado</li> <li>● Implementa físicamente circuitos analógicos y digitales.</li> <li>● Conoce los principios básicos de conversión de señales analógica a digital.</li> <li>● Conoce los principales protocolos de comunicación para la transferencia de datos.</li> </ul>
---



## 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Señales y Sistemas en Tiempo Discreto	1.1 Secuencias en tiempo discreto 1.2 Principio de superposición 1.3 Secuencia impulso unitario 1.4 Sistemas invariantes en el tiempo 1.5 Convolución lineal en tiempo discreto 1.6 Criterio de estabilidad para sistemas discretos en tiempo 1.7 Ecuaciones de diferencia lineales de coeficientes constantes
2	Señales y Sistemas en Dominio Frecuencia	2.1 Transformada de Fourier en tiempo discreto (DTFT) 2.2 Propiedades de la DTFT 2.3 DTFT de secuencias especiales 2.4 Convolución circular 2.5 Transformada de Fourier en tiempo discreto Inversa (IDFT). 2.6 Transformada de Fourier en discreta (DFT). 2.7 Propiedades de la DFT 2.8 Convolución circular 2.9 Convolución lineal mediante la DFT 2.10 Transformada rápida de Fourier (FFT)
3	Filtros Digitales	3.1 Definición y propiedades de la transformada Z 3.2 Implementación de filtros digitales. 3.3 Plano complejo Z y región de convergencia 3.4 Relación entre la transformada z y la transformada de Fourier 3.5 Transformada Z inversa 3.6 Diseño de filtros digitales FIR e IIR
4	Sistemas Basados en Procesamiento Digital de Señales	4.1 Introducción a arquitectura de un sistema DSP 4.2 Instrucciones de un DSP 4.3 Herramientas de programación 4.4 Desarrollo de aplicaciones



## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

Señales y Sistemas en Tiempo Discreto	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce el procesamiento digital de señales en el dominio del tiempo y realiza programas que realizan dicho procesamiento.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos.</li> <li>• Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de maquinaria, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Capacidad de trabajar en equipo Interdisciplinario y multidisciplinario.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investiga sobre técnicas de representación de señales digitales en el dominio del tiempo.</li> <li>• Conoce las operaciones aplicadas a señales digitales en el procesamiento en el dominio del tiempo.</li> <li>• Discute grupalmente las diferentes técnicas de de procesamiento digital de señales en dominio del tiempo.</li> <li>• Identifica los componentes esenciales de un sistema embebido basado en procesamiento digita de señales.</li> <li>• Discute y realiza resúmenes de las características y capacidades de los sistemas embebidos basados en procesamiento digital de señales.</li> </ul>
Señales y Sistemas en Dominio Frecuencia	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce las herramientas útiles para el procesamiento digital de señales en el dominio del tiempo. Realiza programas para procesar digitalmente señales en el dominio de la frecuencia.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de maquinaria, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Capacidad de trabajar en equipo Interdisciplinario y multidisciplinario.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investiga sobre las herramientas teóricas y computacionales para el procesamiento digital de señales en el dominio de la frecuencia.</li> <li>• Discute grupalmente las diferentes opciones de procesamiento digital de señales en el dominio de la frecuencia.</li> <li>• Investiga sobre la estructura básica de un sistema que procesa señales digitales en dominio de frecuencia.</li> <li>• Realiza programas para el procesamiento digital de señales en dominio de la frecuencia.</li> <li>• Explica las principales diferencias entre la transformada de Fourier en tiempo discreto y su versión discreta.</li> <li>• Comprende y hace uso del algoritmo rápido de la transformada discreta de Fourier.</li> <li>• Aplica algoritmos en dominio de frecuencia para procesar digitalmente señales digitales.</li> </ul>



Filtros Digitales	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza programas en lenguaje de alto nivel, con sus aplicaciones de puertos digitales, los convertidores de analógico a digital, las interrupciones y los temporizadores del microcontrolador para el desarrollo de aplicaciones complejas.</li> <li>Genéricas:</li> <li>Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de maquinaria, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información.</li> <li>Trabajo en equipo.</li> <li>Capacidad de trabajar en equipo Interdisciplinario y multidisciplinario.</li> <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> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Discute grupalmente los conceptos relativos a los filtros digitales como elemento básico en el procesamiento digital de señales.</li> <li>Utiliza un entorno computacional integrado (IDE) específico para diseñar filtros digitales y realiza reporte sobre el funcionamiento de dicho software.</li> <li>Investiga y expone por equipos el uso de los filtros digitales.</li> <li>Diseña filtros digitales de acuerdo a las especificaciones establecidas por la aplicación a implementar.</li> <li>Identifica las características y propiedades de los tipos de filtros digitales.</li> <li>Establece diferencias entre filtros digitales de fase lineal y no lineal.</li> <li>Selecciona adecuadamente el tipo de filtro digital de acuerdo a la aplicación a implementar.</li> <li>Investiga y expone por equipos las aplicaciones de los filtros digitales.</li> </ul>
Sistemas Basados en Procesamiento Digital de Señales	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica los componentes básicos de un sistema embebido que está basado en procesamiento digital de señales, así sus funciones.</li> <li>Identifica las áreas de oportunidad y desarrolla aplicaciones basadas en los sistemas que utilizan procesamiento digital de señales para la solución de problemas en ingeniería electrónica.</li> <li>Genéricas:</li> <li>Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas.</li> <li>Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de maquinaria, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información.</li> <li>Trabajo en equipo.</li> <li>Compromiso ético.</li> <li>Capacidad de aplicar los</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hace uso de herramientas disponibles en sistema embebido utilizado para diseñar e implementar físicamente algoritmos de procesamiento digital de señales.</li> <li>Realiza programas en lenguaje de alto nivel para ser implementados en el procesamiento digital de señales.</li> <li>Realiza una investigación de campo sobre aplicaciones de los sistemas embebidos basados en procesamiento digital de señales, para identificar aplicaciones en algunos de los siguientes campos de la electrónica:             <ul style="list-style-type: none"> <li>Comunicaciones.</li> <li>Automatización y control.</li> <li>Instrumentación.</li> <li>Potencia.</li> </ul> </li> <li>Analiza grupalmente el uso de los recursos de los sistemas basados en procesamiento digital de señales en las aplicaciones encontradas y realiza un reporte con las conclusiones del análisis.</li> <li>Desarrolla una aplicación selecta como proyecto final, organizando esta actividad a</li> </ul>



<p>conocimientos en la práctica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de trabajar en equipo Interdisciplinario y multidisciplinario.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas.</li> </ul>	<p>través de un cronograma (se sugiere que este proyecto sea planteado a partir de la tercera unidad de la asignatura, y se realice un protocolo para tal fin).</p>
--	---

## 8. Práctica(s)

<p>Se sugieren la realización de prácticas de con el objetivo de reafirmar los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de la asignatura. Particularmente se proponen prácticas que incluyan al menos los siguientes temas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Representación de señales digitales mediante secuencias.</li> <li>2) Propiedades de los sistemas lineales e invariantes en el tiempo.</li> <li>3) Operación de convolución de señales discreta en tiempo.</li> <li>4) Ecuaciones de diferencia.</li> <li>5) Transformada de Fourier en tiempo discreto y propiedades (DTFT).</li> <li>6) Transformada de Fourier discreta y propiedades (DFT).</li> <li>7) Convolución lineal mediante la Transformada de Fourier.</li> <li>8) Transformada z</li> <li>9) Diseño de filtros digitales.</li> <li>10) Desarrollo de programas en sistema basado en procesamiento digital de señales.</li> <li>11) Implementación de procesamiento digital de señales en plataforma utilizada.</li> </ol>
--

## 9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto final 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> <li>• <b>Evaluación:</b> 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.</li> </ul>
---





## 10. Evaluación de saberes, habilidades y destrezas

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

- Prácticas de laboratorio para verificar si comprende los conceptos descritos sobre cada tema de la asignatura.
- Utilización de herramientas de desarrollo y programación.
- Realización de proyectos para la solución de problemas de su entorno con un enfoque digital basado en microcontroladores.
- Resolución de problemas.
- Desarrollo de proyectos, donde elaboren un prototipo y el informe del mismo.
- Investigación bibliográfica.
- Elaboración de material con base en tecnología de la información y comunicación.
- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades de laboratorio, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Exámenes prácticos, donde se califique el desempeño durante la práctica

## 11. Referencias

1. J. Proakis, D. Manolakis: DIGITAL SIGNAL PROCESSING, Macmillan Publishing Company, 1992.
2. A. Oppenheim, R. Schafer: DISCRETE-TIME SIGNAL PROCESSING, Prentice Hall, 1989.
3. V. Ingle, J. Proakis: DIGITAL SIGNAL PROCESSING USING MATLAB, Brooks/Cole Thomson Learning, 2000.
4. S. K. Mitra: DIGITAL SIGNAL PROCESSING, A COMPUTER-BASED APPROACH, McGraw-Hill Companies, Inc., 2000.
5. L. R. Rabiner, B. Gold: THEORY AND APPLICATION OF DIGITAL SIGNAL PROCESSING, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.
6. P. S. R. Diniz, E. A. B. da Silva, S. L. Netto: DIGITAL SIGNAL PROCESSING, Cambridge University Press, 2002.
7. S. K. Mitra: PROCESAMIENTO DE SEÑALES DIGITALES, UN ENFOQUE BASADO EN COMPUTADORA, McGraw Hill, 2007.
8. Sen M. Kuo, Bob H. Lee and Wenshun Tian, REAL-TIME DIGITAL SIGNAL PROCESSING, IMPLEMENTATIONS AND APPLICATIONS, Second edition, Wiley and Sons, 2006.