

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Procesamiento Digital de Señales
Clave de la asignatura:	IBJ-2404
SATCA¹:	4-2-6
Carrera:	Ingeniería Electrónica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
La asignatura Procesamiento Digital de Señales aporta al perfil del Ingeniero en Electrónica Médica el conocimiento para analizar, diseñar e implementar sistemas de procesamiento digital de bioseñales y desarrollar en él las habilidades para instrumentar filtros digitales y sistemas de control en tiempo discreto, empleando DSP's, e integrarlos en sistemas electromédicos.
Intención didáctica
<p>El contenido de la asignatura está organizado en cinco temas y está orientado a lograr que el estudiante desarrolle las herramientas metodológicas de análisis, diseño y aplicación en el procesamiento digital de bioseñales, de manera que utilice el software para programación de computadores personales y DSP's.</p> <p>En el primer tema se ofrece una introducción al manejo de señales continuas y discretas; se trata el caso de la construcción de señales discretas, utilizando como base a las funciones continuas y las funciones impulso. Asimismo, se recuerda todo lo relacionado con los procesos de muestreo, retención y conversión A/D y D/A.</p> <p>El tema dos trata sobre la transformada Z, herramienta necesaria para el análisis de sistemas discretos. Se revisan conceptos de esta y se realizan ejemplos sobre transformada Z directa e inversa. Se finaliza esta unidad con la descripción de las ecuaciones de diferencias y su solución en tiempo discreto.</p> <p>En el tercer tema aborda sobre los procesadores digitales de señales (DSP), sus características y arquitectura. Se adopta un caso de estudio para trabajar en el curso y se introduce en la programación y modos de direccionamiento, a efectos de realizar la adquisición de datos para su procesamiento.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



Se finaliza el tema con la configuración de archivos y puertos para la programación de un DSP. En el tema cuatro, usando los conocimientos previos, el alumno podrá diseñar filtros digitales IIR para programar con DSP o DSPIC basados en algorítmico. El quinto tema se incluye el desarrollo de una aplicación y programación de DSP o DSPIC de filtros FIR.

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; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto previamente en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado.

En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el profesor todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. 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.

Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean contruidos, artificiales, virtuales o naturales.

El tema sobre el procesamiento digital de señales es actualmente una herramienta fundamental en el análisis y diseño de sistemas discretos en diversas áreas de la ingeniería. En esta asignatura se desarrollan los conceptos sobre sistemas discretos, necesarios para el diseño de filtros digitales, aplicados al tratamiento de bioseñales.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de la Laguna, junio 2017.	Academia de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de la Laguna.	Diseño curricular de la Especialidad: Instrumentación Biomédica
Instituto Tecnológico de la Laguna. Marzo 2024.	Subacademia de Instrumentación Biomédica del Instituto Tecnológico de la Laguna	Rediseño curricular de la Especialidad: Instrumentación Biomédica, actualización de programas

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia general de la asignatura
Representa, desarrolla, analiza y diseña sistemas de procesamiento digital de señales biomédica empleando técnicas de filtrado digital.

5. Competencias previas

- Cuenta con conocimientos sobre Microcontroladores, Programación en lenguaje Ensamblador, Transformada de Laplace, Transformada Z.
- Utiliza apropiadamente los instrumentos de medición y prueba, para la medición e interpretación de variables eléctricas en componentes y circuitos eléctricos.
- Maneja programación en lenguajes visuales, tales como LabView, Visual C, C+, C#, etc, programación en Matlab (sumamente recomendable)

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1.	Señales continuas y discretas	1.1 Señales continuas y discretas, conceptos básicos 1.2 Construcción De Señales Continuas Y Discretas Utilizando Las Funciones Impulso, Escalón, Rampa, Parábola, Senoidales, Exponenciales. Etc. 1.3 Procesos de conversión A/D, D/A 1.4 Circuitos de muestreo y retención. 1.5 Teorema de muestreo. 1.6 Simulación y practica con convertidores A/D, D/A.
2.	Transformada Z	2.1 Introducción a la transformada Z. 2.2 Transformada Z directa. 2.3 Transformada Z Inversa. 2.4 Ecuaciones de diferencias y su solución en el tiempo discreto. 2.5 Estabilidad en el espacio Z. 2.6 Espacio de estado discreto.
3.	Los procesadores digitales de señales (DSP)	3.1 Introducción a los procesadores digitales de señales. 3.2 Características y estructura y arquitectura de los dsp's. 3.3 Lenguaje de programación de dsp. 3.4 Adquisición de datos. 3.5 Tipos de registros y modos de direccionamiento. 3.6 Manejo de registros y adquisición de datos. 3.7 Aplicación de los convertidores ADC y DAC
4.	Filtros digitales de respuesta infinita (IIR)	4.1 Introducción a los filtros serie-paralelos, MA, AR, ARMA, FIR, IIR. 4.2 Representación en diagramas de bloques. 4.3 Diseño de filtro IIR a partir de filtros analógicos. 4.4 Diseño por invarianza al impulso y frecuencia, técnica bilineal.

		<p>4.5 Diseño basado en una solución numérica de la ecuación diferencial.</p> <p>4.6 Ejemplos de diseño de filtros pasabajas, pasaaltas, pasabanda.</p> <p>4.7 Filtros digitales Butterworth.</p> <p>4.8 Filtros digitales Chebyshev.</p> <p>4.9 Filtros digitales elípticos.</p> <p>4.10 Implementar Filtros IIR En Un DSP.</p> <p>4.11 Evaluación y conclusiones.</p>
5	Filtros digitales de respuesta finita (fir)	<p>5.1 Propiedades de los filtros FIR.</p> <p>5.2 Diseño usando ventanas.</p> <p>5.3 Diseño asistido por computadora.</p> <p>5.4 Diseño por muestreo de frecuencia.</p> <p>5.5 Diseño mediante aproximaciones de rizo semejante.</p> <p>5.6 Respuesta al impulso invariante.</p> <p>5.7 Transformación bilineal.</p> <p>5.8 Implementar filtros FIR en un DSP.</p> <p>5.9 Evaluación y conclusiones.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1 Señales continuas y discretas	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expone la naturaleza de las señales y los sistemas continuos y discretos. • Desarrolla Modelos de señales y sistemas continuos y discretos, en forma matemática. <p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla señales analógicas y digitales en base a funciones ya establecidas. • Utiliza el Mathcad y el WorkBench para realizar la simulación de señales continuas y discretas.

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos. • Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas. • Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de equipo de cómputo. • Destrezas en la búsqueda y manejo de información. • Destrezas lingüísticas tales como la comunicación oral y escrita y conocimientos de una segunda lengua. 	
<p align="center">Tema 2 Transformada Z</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla la transformada Z y hacer uso de ella como una herramienta adecuada en el análisis y diseño de sistemas discretos. <p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos. • Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas. • Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de equipo de cómputo • Manejo de software relacionado con su 	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza las aplicaciones de la transformada Z para aplicaciones de sistemas discretos. • Diferencia las propiedades más frecuentes como corrimiento, escalamiento, inversión, negación etc. • Desarrolla la aplicar la transformada Z para encontrar las ecuaciones de diferencia que serán necesarios en las ecuaciones de filtros digitales.

<p>área de trabajo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Destrezas en la búsqueda y manejo de información. • Destrezas lingüísticas tales como la comunicación oral y escrita y conocimientos de una segunda lengua. 	
<p align="center">Tema 3. Los procesadores digitales de señales (DSP)</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diferencia las características de un DSP. • Aplica los sistemas de arquitectura de procesador digital de señales. • Desarrolla y programa la Interfaz de entrada y salida. <p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos. • Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas. • Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de equipo de cómputo, tarjetas de procesamiento digital de señales, manejo de equipo de laboratorio de electrónica, equipo de laboratorio químico y clínico. Manejo de software relacionado con su área de trabajo. • Destrezas en la búsqueda y manejo de información. • Destrezas lingüísticas tales como la comunicación oral y escrita y conocimientos de una segunda lengua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investiga información en las distintas fuentes bibliográficas propuestas de los procesadores digital de señales su arquitectura. • Elabora un reporte de investigación de manera escrita, que contenga conceptos, de procesamiento digital de señales en un integrado. • Investiga información en las distintas fuentes bibliográficas propuestas acerca de registros, modos de direccionamiento, interrupciones. • Identifica y diferencia los diferentes modos. • Elabora un reporte de investigación de manera escrita, que contenga conceptos, manejo de registros, modos de direccionamiento, manejo de datos, programación al final elaborar programas de aplicación. • Desarrolla programas de aplicación en el DSPIC.

Tema 4. Filtros digitales de respuesta infinita (IIR)

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none">• Aplica los filtros de respuesta al impulso infinito (Butterworth, Chebyshev, Elliptic, etc.) para posteriormente ser programados en un DSP o DSPIC <p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos.• Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas.• Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de equipo de cómputo, tarjetas de procesamiento digital de señales, manejo de equipo de laboratorio de electrónica, equipo de laboratorio químico y clínico. Manejo de software relacionado con su área de trabajo.• Destrezas en la búsqueda y manejo de información.	<ul style="list-style-type: none">• Investiga información en las distintas fuentes bibliográficas propuestas acerca de diseño de filtros digitales IIR.• Desarrolla el cálculo de diferentes filtros con sus características.• Resuelve, diseñar y construir circuitos filtros en DSP o DSPIC para comprobar su funcionamiento.

Tema 5. Filtros digitales de respuesta finita (FIR)

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none">• Aplica los filtros de respuesta al impulso finito (Blakman, Hamming, Kaiser) para posteriormente ser programados en un DSP o DSPIC. <p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p>	<ul style="list-style-type: none">• Explica información acerca de diseño de filtros digitales FIR.• Desarrolla el cálculo de los diferentes filtros con sus características.• Resuelve, diseñar y construir circuitos filtros en DSP o DSPIC

<ul style="list-style-type: none">• Capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos.• Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones y resolver problemas.• Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de equipo de cómputo, tarjetas de procesamiento digital de señales, manejo de equipo de laboratorio de electrónica, equipo de laboratorio químico y clínico. Manejo de software relacionado con su área de trabajo.• Destrezas en la búsqueda y manejo de información.• Destrezas lingüísticas tales como la comunicación oral y escrita y conocimientos de una segunda lengua.	para comprobar su funcionamiento.
--	-----------------------------------

8. Práctica(s)

1. Simulación de señales continuas y discretas mediante programación en matlab.
2. Solución y simulación de ecuaciones de diferencia, usando Matlab y MathCad.
3. Convertidores A/D y D/A y sus aplicaciones.
4. Conexión del módulo de DSP con la PC, instalación de software y ambiente de programación (DSP PIC de Microchip).
5. Arquitectura de un DSP (interfaz de entrada y salida, registros, convertidor análogo a digital y digital a análogo, modos de direccionamiento).
6. Simulación de filtros digitales IIR mediante programación en Matlab.
7. Programación de filtros digitales IIR en un DSP.
8. Simulación de filtros digitales FIIR mediante programación en Matlab.
9. Programación de los filtros digitales FIR en un DSP.
10. Filtros digitales aplicados a señales electrocardiográficas.

9. Proyecto de asignatura

Por equipos, los estudiantes de la materia de Procesamiento Digital de Señales desarrollan un proyecto integrador en el cual los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos en esta materia y en las demás materias cursadas. El proyecto integrador deberá consistir en el diseño de un sistema de filtraje digital de una señal corporal específica, asignada por el profesor, implementando su solución con un DSP, elegido por el estudiante y conectado a una interfaz de computadora personal, para lograr el registro de los valores de la señal en archivos numéricos y gráficos de la señal correspondiente. El objetivo de este proyecto 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

La evaluación de la asignatura se hará con base en los siguientes criterios de desempeño:

- La evaluación debe ser un proceso continuo, dinámico y flexible enfocado a la generación de conocimientos sobre el aprendizaje, la práctica docente y el programa en sí mismo.
- Debe realizarse una evaluación diagnóstica al inicio del semestre para partir de saberes previos, expectativas e intereses que tengan los estudiantes.
- Durante el desarrollo del curso debe llevarse a cabo una evaluación formativa que permita retroalimentar el proceso de aprendizaje y establecer las estrategias para el logro de los objetivos establecidos.
- Al finalizar el curso debe realizarse una evaluación sumativa que se vincula con aquellas acciones que se orientan a dar cuenta de productos, saberes, desempeños y actitudes que se deben considerar para la calificación.
- Se sugiere utilizar como herramienta de evaluación el portafolio de evidencias y como instrumento la lista de cotejo y la rúbrica.

11. Fuentes de información

1. Proakis, J&Manolakis, D. (1997). *Tratamiento Digital de Señales Principios Algoritmos y Aplicaciones*. Prentice Hall.
2. Santij, K. (2001). *Digital Signal Processing a computer – Based Approach*. Second Edición . USA: McGraw-Hill .
3. Oppenheim, A, Wilsky, A&Nawad, H. (1997). *Señales y Sistemas*. Segunda Edición. Prentice Hall.
4. Oppenheim, A, Schafer, R&Buck, R. (2009). *Discrete-Time Signal Processing*. Second Edition. Prentice Hall.
5. Burrus, C, McClellan, J, Oppenheim, A, Parks, T, Schafer, R&Schuessler, H. (1998). *Ejercicios de Tratamiento de la señal utilizando Matlab v.4 un enfoque práctico*. Prentice Hall.
6. Etter, D. (1999). *Solución de problemas de Ingeniería Utilizando Matlab*. Segunda Edición, Prentice Hall.
7. Antonious, A. (1993). *Digital Filter Analysis, Design, and Applications Second Edition*. ?: McGraw-Hill
8. Soliman, S&Srynath, M. (1999). *Señales y Sistemas Continuos y Discretos*. Segunda edición. España: Prentice Hall.



9. Johnson, J. (1989). *Introduction to Digital Signal Processing*. Prentice Hall.
10. Angulo, J, Extebarria, A, Angulo, I & Trueba, I. (2006). *DSPIC Diseño Práctico de Aplicaciones*. España: Mac Graw Hill .