

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Procesamiento Digital de Señales
Clave de la asignatura:	IBF-1022
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Biomédica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>Aporta al perfil del ingeniero biomédico la capacidad para realizar investigación científica y tecnológica, comprender el manejo de instrumentos de diagnóstico, y aplicar soluciones de naturaleza informática en su campo de trabajo.</p> <p>Esta asignatura es de gran importancia en la formación del Ingeniero Biomédico ya que permitirá el desarrollo de competencias relacionadas con el diseño e implementación de sistemas electrónicos para el análisis y procesamiento de señales biológicas.</p> <p>En esta asignatura se desarrollan los conceptos de sistemas discretos necesarios para el diseño de filtros digitales, y realizar diseños específicos para señales biomédicas, como por ejemplo, ECG, EEG, EMG, potenciales evocados e imágenes.</p> <p>El dominio de conceptos claves de materias como Señales y Sistemas, Electrónica Digital y Microcontroladores son de gran importancia para el desarrollo de los temas de la materia. Estos son: Conversión analógica-Digital, operaciones algorítmicas de datos digitales, representación de señales en el dominio temporal y frecuencial, procesado de señales mediante SLIT, y obtención de su contenido espectral. Existen otros temas adicionales relevantes como implementación de sistemas para el acondicionamiento y la adquisición de señales, que se apoyan en materias como Instrumentación Biomédica, Instrumentación virtual y Amplificadores de Bioseñales.</p>
Intención didáctica
<p>El procesamiento digital de señales es actualmente una herramienta fundamental en el análisis y diseño de sistemas discretos en diversas áreas de la ingeniería.</p> <p>El Tema 1 aborda el diseño, simulación e implementación de filtros FIR usando las</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

técnicas de ventaneo, muestreo en frecuencia y óptimos. Presenta también las herramientas que facilitan el diseño de filtros digitales de respuesta finita al impulso.

El Tema 2 trata sobre el diseño, simulación e implementación de filtros digitales IIR mediante Transformación Bilineal y respuesta impulsional. Adicionalmente aborda el empleo de las herramientas que apoyan el diseño de filtros digitales de respuesta infinita y se contrastan con los de respuesta finita.

El procesamiento estadístico de las señales biomédicas es el objeto del Tema 3. El modelado estocástico de señales y los modelos ARMA, AR y MA son los principales aspectos a cubrirse. Se introducen las técnicas estadísticas para el procesamiento de señales biomédicas, por ejemplo la estimación espectral.

El Tema 4 cubre el procesamiento de imágenes desde la perspectiva lineal bidimensional. Se integra también el procesamiento morfológico, la segmentación y la detección de bordes como herramientas para el análisis de imágenes.

El Tema 5 involucra las competencias adquiridas en los temas anteriores para incluirlas en el desarrollo de un proyecto de aplicación.

La materia de procesamiento digital de señales es una materia con una variedad amplia de aplicaciones. Por lo tanto, para obtener un aprendizaje efectivo deberá abordar los contenidos de tal manera que se desarrollen ejercicios prácticos, apoyados fuertemente con la computadora desde el inicio, pero reforzado posteriormente con una tarjeta de Procesamiento Digital de Señales. Este enfoque permitirá desarrollar proyectos orientados al área biomédica de manera que puedan ser utilizados en un proyecto final de la carrera. La extensión de cada tema deberá ser profunda pero sin dejar los aspectos prácticos mencionados anteriormente.

La orientación al logro de metas, a la gestión del autoaprendizaje, y a la capacidad de trabajo en equipo son competencias genéricas que se buscará desarrollar en todas las actividades planteadas dentro del curso. La lectura de documentación técnica en otro idioma es una competencia deseable para la realización de experiencias de laboratorio con sistemas de desarrollo basados en PDSs. La habilidad de investigación y la capacidad de generar nuevas ideas son aspectos que se desarrollan en el proyecto final de la materia.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Mérida del 29 de septiembre al 1 de octubre de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Ensenada, La Paz, Mérida, Mexicali, Saltillo, San Luis Potosí, Tijuana, Pachuca y Veracruz.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Biomédica.
Instituto Tecnológico de Mérida del 1 al 3 de diciembre de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Ensenada, La Paz, Mérida, Mexicali, Pachuca, Saltillo, San Luis Potosí, Tijuana y Veracruz.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Biomédica.
Instituto Tecnológico de Mérida del 26 y 27 de octubre de 2011.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Mérida, Pachuca y San Luis Potosí.	
Instituto Tecnológico de Hermosillo del 26 al 29 de noviembre de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Hermosillo, Mérida, Orizaba, Purhepecha, Saltillo, Tijuana.	Reunión de Seguimiento Curricular de la Carrera de Ingeniería Biomédica.
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.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Diseñar, simular e implementar sistemas de análisis de señales biomédicas en el dominio del tiempo y la frecuencia.
Diseñar, simular e implementar sistemas de procesamiento digital de señales biomédicas empleando técnicas de filtrado digital uni y bidimensional.

5. Competencias previas

Utiliza software para representar gráficamente señales en tiempo continuo y discreto.

Modela sistemas continuos y discretos en el dominio de la frecuencia.

Utiliza software para la simulación de señales biomédicas.

Utiliza software para simular el procesamiento de señales mediante sistemas LIT continuos y discretos.

Identifica las características estadísticas de una función.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Filtros digitales de respuesta finita	1.1. Secuencias simétricas y fase lineal. 1.2. Diseño con base en ventanas. 1.3. Diseño de filtros FIR mediante el muestreo de frecuencia. 1.4. Diseño de filtros Remez. 1.5. Diseño de filtros de fase lineal óptima 1.6. Diferenciadores FIR y Transformadores de Hilbert. 1.7. Estructuras de implementación.
2	Filtros digitales de respuesta infinita	2.1. Respuestas de frecuencia. 2.2. Estructuras de implementación de filtros IIR. 2.3. Diseño por equivalencia de respuesta analógica. 2.4. Diseño de filtros IIR por transformación bilineal.
3	Procesamiento estadístico de señales biomédicas	3.1. Naturaleza de las señales biomédicas. 3.2. Modelado estocástico de las señales biomédicas. 3.3. Modelos ARMA, AR, MA. 3.4. Análisis espectral de señales.
4	Procesamiento de imágenes	4.1. Caracterización de una imagen. 4.2. Procesamiento lineal bidimensional. 4.3. Transformadas Coseno, Hartley, Hadamar y Karhunen. 4.4. Filtrado bidimensional. 4.5. Fundamentos de análisis de imágenes. 4.5.1. Procesamiento Morfológico. 4.5.2. Segmentación de imágenes. 4.5.3. Detección de bordes.

5	Proyecto de aplicación	5.1. Realización de un proyecto de aplicación.
---	------------------------	--

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Filtros digitales de respuesta finita	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Analizar, simular, diseñar e implementar Filtros Digitales de respuesta finita.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de análisis y síntesis</p> <p>Pensamiento lógico, algorítmico, heurístico, analítico y sintético.</p> <p>Solución de problemas.</p> <p>Uso de software de simulación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica los diferentes tipos de respuesta de los filtros: Pasa bajas, pasa banda, rechaza banda, pasa altas, pasa todo. • Utilizar la transformada Z para caracterizar un sistema con respuesta impulsiva finita. • Diseñar filtros digitales FIR con las diferentes ventanas e identificar las ventajas y desventajas de cada una de ellas. • Diseñar filtros digitales FIR, con la técnica de muestreo de frecuencia, comparar con la técnica de ventaneo para decir las ventajas y desventajas de ambos métodos. • Simular en un software adecuado, los filtros digitales FIR • Diseñar diferenciadores y filtros de Hilbert. • Identificar estructuras de implementación de filtros FIR (Biquads, Paralelo).

Filtros digitales de respuesta infinita	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Analizar, simular, diseñar e implementar Filtros Digitales de respuesta infinita.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de análisis y síntesis</p> <p>Pensamiento lógico, algorítmico, heurístico, analítico y sintético.</p> <p>Solución de problemas.</p> <p>Uso de software de simulación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definir los términos de aproximación, orden de un filtro, implementación. • Identificar estructuras de implementación de filtros IIR (Biquads, Paralelo) • Diseñar filtros digitales IIR mediante la técnica de respuestas equivalentes de sistemas analógicos usando la invariancia al impulso. • Diseñar filtros digitales IIR, con la técnica transformación bilineal, comparar con la técnica de ventaneo para decir las ventajas y desventajas de ambos métodos. • Simular en un software adecuado, los filtros digitales IIR • Hacer un estudio comparativo de ventajas y desventajas entre los filtros FIR e IIR.
Procesamiento estadístico de señales biomédicas	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Utilizar las herramientas estadísticas más comunes en el análisis de las señales biomédicas.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de análisis y síntesis</p> <p>Pensamiento lógico, algorítmico, heurístico, analítico y sintético.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los conceptos proceso estocástico, de memoria y correlación, la densidad de probabilidad que caracterizan una señal probabilística. • Implementar modelos de señales mediante procesos MA, AR y ARMA de diferentes grados. • Simular procesos MA, AR y ARMA

<p>Solución de problemas. Uso de software de simulación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar análisis espectral de una señal del corazón para identificar una anomalía.
<p>Procesamiento de imágenes</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Implementar procesamiento básico de imágenes biomédicas</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de análisis y síntesis</p> <p>Pensamiento lógico, algorítmico, heurístico, analítico y sintético.</p> <p>Solución de problemas.</p> <p>Uso de software de simulación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un mapa conceptual de los principales parámetros físicos de las imágenes así como su percepción por el ojo humano. Simular las principales transformadas para el procesamiento de imágenes para relacionar sus principales ventajas y desventajas. Diseñar filtros bidimensionales pasa bajas, altas, etc. Diseñar filtros de procesamiento para detección de bordes, restauración, compresión.
<p>Proyecto de aplicación</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Diseñar e implementar un proyecto de aplicación que integre el procesamiento digital de señales biomédicas.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Habilidades de investigación</p> <p>Búsqueda del logro.</p> <p>Trabajo en equipo.</p> <p>Uso de software de simulación.</p> <p>Creatividad.</p> <p>Expresión oral y escrita.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Diseñar las diferentes etapas del proyecto. Simular las principales etapas del proyecto. Implementación y pruebas. Redactar informe técnico. Exposición de sus resultados.

8. Práctica(s)

- Diseño y simulación de filtros digitales FIR pasabajas, pasabanda, rechazabanda, etc, en una herramienta computacional (Matlab, Labview, Scilab, etc).
- Diseño y simulación de filtros digitales IIR pasa bajas, pasa banda, rechaza banda, etc, en una herramienta computacional (Matlab, Labview, Scilab, etc.).
- Implementación de filtros digitales FIR, IIR en una tarjeta de procesamiento digital de señales.
- Eliminador de ruido de línea para un sistema de adquisición de datos.
- Implementación de un estimador espectral de una señal EMG, EEG, etc.
- Implementación de un modelo de señal utilizando filtros autorregresivos.
- Realizar procesamiento de imágenes (filtros bidimensionales) usando software de apoyo.
- Implementar un filtro detector de bordes.

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

Realización de un Portafolio de Evidencias bien estructurado por temas conformado con:

Ejercicios de clase.

Tareas con ejercicios.

Mapas conceptuales.

Reportes de simulaciones realizadas con software especializado

Reportes de experiencias de laboratorio

Reporte de proyecto final que incluya método de diseño, simulaciones, las experiencias de prueba realizadas y diapositivas de la presentación oral.

Rúbricas.

Listas de cotejo.

11. Fuentes de información

- 1.- Mitra, S. (2007). *Procesamiento Digital de señales*, 2ª edición, Mc Graw Hill.
- 2.- Proakis, J.G., Manolakis G. D. (2005). *Tratamiento digital de señales, Principios, algoritmos y aplicaciones*, Prentice Hall.
- 3.- Bruce Eugene, (2000). *Biomedical Signal Processing and Signal Modeling*, Wiley Interscience, 1st edition,
- 4.- Gonzalez, Wood, *Digital Image Processing using Matlab*, Adisson Wesley
- 5.- Li Tan, (2007). *Digital Signal Processing, Fundamentals and Applications*, Academic Press, 1st edition,
- 6.- Lyons, R. G., (2010). *Understanding Digital Signal Processing*, Prentice Hall, 3rd edition.
- 7.- www.imageprocessing.com
- 8.- <http://www.dsptutor.freeuk.com/>
- 9.- <http://www.dspguide.com/>