

Programa del curso EL 5805

## **Procesamiento Digital de Señales**

Escuela de Ingeniería Electrónica  
Licenciatura en Ingeniería Electrónica

[Última revisión del programa: 25 de julio de 2022]

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Procesamiento Digital de Señales
<b>Código:</b>	EL 5805
<b>Tipo de curso:</b>	Teoría Electiva I
<b>Electivo:</b>	Sí
<b>N.º Créditos:</b>	4
<b>N.º horas clase/semana:</b>	4 h
<b>N.º horas extraclase/semana:</b>	8 h
<b>% de las áreas curriculares:</b>	50 % Matemática 50 % Ciencias de Ingeniería
<b>Ubicación en plan de estudios:</b>	IX Semestre
<b>Requisitos:</b>	EL 4703 Señales y Sistemas EL 4314 Arquitectura de Computadores
<b>Correquisitos:</b>	No tiene
<b>El curso es requisito de:</b>	EL 5617 Trabajo Final de Graduación
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Vigencia del programa:</b>	II Semestre 2022

## 2. Descripción General

En este curso se introduce al estudiante en los métodos utilizados en el procesamiento digital de señales, brindando todas las bases matemáticas necesarias para su comprensión. El análisis se concentra en señales escalares de una variable en tiempo discreto. Su fin es fomentar el desarrollo de destrezas que permitan aplicar técnicas introductorias en la solución de problemas reales.

El curso busca desarrollar los siguientes atributos de egreso, de acuerdo con la definición de la Agencia Canadiense de Acreditación de Ingenierías (CEAB).

Atributo		Nivel
Conocimiento de Ingeniería	(CI)	Avanzado
Herramientas de ingeniería	(HI)	Avanzado
Análisis de problemas	(AP)	Medio
Diseño	(DI)	Medio
Trabajo Individual y en equipo	(TE)	Medio

## 3. Objetivos

### Objetivo general

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de aplicar los conceptos y herramientas matemáticas del tratamiento en tiempo discreto de señales escalares utilizando plataformas de prototipado rápido y programación de alto nivel. Para ello debe:

### Objetivos específicos

- Integrar los conceptos asociados a señales y sistemas en el contexto del tratamiento digital.
- Analizar sistemas y señales en los dominios de tiempo discreto y de frecuencia continua y discreta.
- Diseñar filtros digitales utilizando técnicas y herramientas clásicas disponibles para sistemas en tiempo discreto.
- Implementar sistemas en tiempo discreto en plataformas de prototipado rápido y software (computador o sistemas empujados).

Cada objetivo específico planteado para este curso desarrolla las habilidades de los estudiantes en función de los atributos definidos por el CEAB de la siguiente manera:

Objetivo	Atributos	Nivel*
1. Integrar los conceptos asociados a señales y sistemas en el contexto del tratamiento digital.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CB</li> <li>• HI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A</li> <li>• A</li> </ul>

Objetivo	Atributos	Nivel*
2. Analizar sistemas y señales en los dominios de tiempo discreto y de frecuencia continua y discreta.	• CB • HI • AP	• A • A • M
3. Diseñar filtros digitales utilizando técnicas y herramientas clásicas disponibles para sistemas en tiempo discreto.	• HI • DI • TE	• A • M • M
4. Implementar sistemas en tiempo discreto en plataformas de prototipado rápido y software (computador o sistemas empotrados).	• HI • TE	• A • M

\* Nivel de desarrollo de cada atributo: Inicial, InterMedio o Avanzado.

#### 4. Contenido y Cronograma

Las 16 semanas que abarcan el curso se distribuyen en los siguientes temas:

1. Introducción	0,5 Semanas
2. Análisis en el dominio del tiempo discreto	3,0 Semanas
2.1. Variable discreta	
2.2. Sistemas en tiempo discreto	
2.3. Sistemas en tiempo discreto LTI	
2.4. Linealidad y ecuaciones de diferencias	
2.5. Correlación	
3. Análisis en el dominio de la transformada $z$	2,0 Semanas
3.1. Transformada $z$	
3.2. Análisis de sistemas LTI en el dominio $z$	
4. Análisis en el dominio de la frecuencia	5,0 Semanas
4.1. Espectro de señales continuas y discretas	
4.2. Ejemplos y derivaciones con la TFTD	
4.3. Teorema del muestreo y propiedades	
4.4. Sistemas LTI en el dominio de la frecuencia	
4.5. Filtros	
4.6. Sistemas inversos e identificación de sistemas	
4.7. Transformada Discreta de Fourier: DFT	
4.8. Filtrado en el dominio de la frecuencia	
5. Aspectos de implementación de sistemas PDS	2,0 Semanas
5.1. Implementación de sistemas discretos	
5.2. Efectos de la causalidad: Transformada de Hilbert	
5.3. Interconexión de sistemas	
6. Introducción al diseño de filtros digitales	2,0 Semanas
6.1. Causalidad y sus implicaciones en el diseño de filtros	
6.2. Diseño de filtros digitales FIR	
6.3. Diseño de filtros digitales IIR	
7. Conversión analógica/digital y digital/analógica	1,5 Semanas
7.1. Conversión analógica/digital	
7.2. Representaciones numéricas y circuitos ADC	
7.3. Conversión delta-sigma y DAC	

## II parte: Aspectos operativos

**5. Metodología** El procesamiento digital de señales es un área de la ingeniería con fuerte fundamentación matemática, necesaria para poder resolver de forma eficiente los problemas encontrados con los sistemas PDS en las distintas fases de su desarrollo para cada aplicación posible.

El curso, por ser de naturaleza teórico-práctico, utiliza una metodología combinada con clases magistrales para la presentación de los conocimientos teóricos relacionados con los temas del curso, además de un complemento de tareas y proyectos en donde se desarrollan soluciones a problemas con el fin de poner en práctica los conceptos introducidos en el curso.

Las tareas y proyectos se pueden desarrollar utilizando tres tipos de plataformas: una de prototipado rápido, que puede elegirse entre GNU/Octave, SciCosLab o Matlab, otra de programación genérica (C/C++) en un computador y la tercera en un sistema empujado.

**6. Evaluación** La evaluación se realizará por medio de pruebas sumativas distribuidas de la siguiente forma:

Tareas		30 %
Exámenes cortos		10 %
Proyectos		40 %
Exámen Final	jueves 24/11/2022	20 %

Examen de reposición    miércoles 30/11/2022

Por la naturaleza del contenido del curso, la evaluación es acumulativa en conocimientos. Al finalizar un semestre, los estudiantes con una calificación total inferior a 67,5 % pero superior o igual a 57,5 %, tienen derecho a realizar un examen de reposición, que comprenderá la materia del curso completo. La reprogramación de un examen se hará exclusivamente bajo la presentación de un dictamen médico completo.

Las instrucciones para las evaluaciones incluyen, aunque no se limitan, a lo siguiente:

- Se debe apagar el teléfono celular completamente.
- No se permite el uso de calculadores programables.
- El examen debe resolverse de forma ordenada y clara. La ilegibilidad o desorden del desarrollo que imposibilite su comprensión conducirá a una calificación de cero en la respuesta correspondiente, sin derecho a aclaraciones posteriores al examen.
- Debe presentarse en las preguntas y problemas de desarrollo, el procedimiento o argumentación que conduzcan a la solución.

- No se aceptarán reclamos de desarrollos con lápiz, borrones o corrector de lapicero.
- Los resultados deben simplificarse al máximo, y en caso necesario contar con unidades, respetando la notación de ingeniería.

Se permite al estudiante utilizar tablas de identidades matemáticas e integrales, así como el documento “Formulario.pdf” facilitado por el profesor u otros materiales que sean permitidos. Cualquier otro material será considerado fraude.

## 7. Bibliografía **Obligatoria:**

- [1] J. G. Proakis y D. G. Manolakis. *Tratamiento Digital de Señales*. Person Education, 4ta edición, 2007.
- [2] A. Oppenheim y R. Schaffer. *Discrete-Time Signal Processing*. Prentice Hall, 2da edición, 1998.

### **Complementaria:**

- [3] P. Alvarado. *Señales y Sistemas. Fundamentos Matemáticos*. Centro de Desarrollo de Material Bibliográfico, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2008.
- [4] JM. Barboza. EL 4703 Señales y Sistemas. Lista de videos. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Febrero de 2020. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=barzBoUbtQw&list=PL2cwQKa6n4xHz6\\_79JIypEhZ-SP0B0tiI](https://www.youtube.com/watch?v=barzBoUbtQw&list=PL2cwQKa6n4xHz6_79JIypEhZ-SP0B0tiI) (visitado 12-07-2021).
- [5] P. Alvarado. EL 4701 Modelos de Sistemas. Lista de videos. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Febrero de 2011. URL: [https://www.youtube.com/playlist?list=PLsHprzbaic2\\_lC5Trns0yN9kcgD3-5b5B](https://www.youtube.com/playlist?list=PLsHprzbaic2_lC5Trns0yN9kcgD3-5b5B) (visitado 24-01-2019).
- [6] A. Oppenheim, A. Willsky y S. H. Nawab. *Señales y Sistemas*. Prentice Hall, 2da edición, 1998.
- [7] S. Smith. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*. California Technical Publishing, 2da edición, 1999.
- [8] E. Soria Olivas, M. Martínez Sober, J. V. Francés Villora y G. Camps Valls. *Tratamiento Digital de Señales. Problemas y ejercicios resueltos*. Prentice Hall, Madrid, 2003.
- [9] John W. Eaton. Octave. 1998. URL: <http://www.octave.org>.

## 8. Profesores

### Campus Tecnológico Central Cartago

Grupo 1    M. Sc.-Ing. José Miguel Barboza Retana

Licenciatura y Maestría en Ingeniería Electrónica con énfasis en sistemas microelectromecánicos, Tecnológico de Costa Rica. Especialista en procesamiento de señales y diseño de circuitos integrados con experiencia en proyectos de investigación en áreas biomédicas.

Correo-e    jmbarboza@itcr.ac.cr

Consulta    viernes 3-5 pm

Oficina    K1-321

Teléfono    2550-2707

URL    <https://tecdigital.tec.ac.cr>