



Señales, Sistemas y Control

Énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

I. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

- Programa Académico: Doctorado en Ingeniería
- Área Temática: automática
- Nombre de la asignatura en español e inglés: Sistemas, sistemas y control
- Intensidad de horas semana: 4
- Créditos: 4

Características: _____

II. Justificación de la Asignatura

Actualmente, la interacción y comunicación de las personas con el mundo exterior se realiza de forma bidireccional, a través de cualquier medio de percepción y de actuación. En este sentido, el desarrollo tecnológico permite captar las señales del entorno a través de las señales de entrada y modificar la dinámica del sistema a conveniencia a través de las señales de salida. El curso de Señales, Sistemas y Control plantea entonces la necesidad de modelar las señales de manera apropiada para que puedan ser analizadas y procesadas. Existen dos grandes clases de señales que están estrechamente relacionadas y que juegan un papel muy importante en el desarrollo actual de la tecnología: las señales continuas y las señales discretas, las cuales dan lugar a estrategias matemáticas para el manejo de las mismas, concretamente, la transformada de Laplace y la transformada Z. Tanto la diferenciación de las señales, su manejo matemático y análisis posterior, son parte fundamental de éste curso.

Como puede notarse, todas las áreas de estudio a nivel de ingeniería requieren del análisis y la manipulación de señales propias de su entorno. La relación de los temas abordados en este curso permitirá tener conceptos y modelos apropiados de estas señales, y aplicar técnicas básicas de control que permiten la manipulación de la señal de salida con el fin de cumplir unas especificaciones propias de funcionamiento.

La utilidad de los modelos de representación y de análisis de las señales y los sistemas se verá reflejada en áreas avanzadas como las comunicaciones, control, automatización y bioingeniería, entre otras, dado que todas éstas parten de la necesidad de estudiar, manejar y transformar señales o sus características. El curso, además de los conocimientos teóricos, también plantea interactuar con herramientas software de análisis y desarrollo muy útiles a nivel de ingeniería, como es el caso de Matlab®, que permite analizar sistemas y diseñar controladores a partir del análisis en dominios temporales y frecuenciales, entre otros.



Finalmente, el curso plantea un posible trabajo final, preferiblemente del tema de Tesis Doctoral, donde se unifique el conocimiento adquirido y se aplique a un caso real, saliendo de la parte teórica y simulada, para visualizar el comportamiento de las variables reales y poder validar los resultados del diseño o predicción teórica.

PRERREQUISITO: Tener conocimientos en cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales ordinarias, álgebra lineal, estadística básica.

III. Propósito del Curso

OBJETIVO GENERAL

Estudiar diferentes tipos de señales y modelar sistemas lineales e invariantes en el tiempo de forma teórica, con el fin de obtener sus características y determinar las estrategias para modificar su dinámica a conveniencia por medio de un sistema de Control.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los modelos temporales de las señales tanto de tiempo continuo como de tiempo discreto.
- Conocer el procedimiento de modelado matemático de sistemas y determinar sus características.
- Estudiar y utilizar las representaciones de Fourier para el análisis de señales periódicas y no periódicas de tiempo continuo y de tiempo discreto
- Estudiar las transformadas de Laplace y Z como herramienta de análisis de las señales.
- Conocer Sistemas de Control básico PID y nociones de control inteligente.



IV. Competencias a Lograr

En ésta asignatura se requiere analizar el entorno tanto de casos teóricos clásicos e industriales, como de los casos particulares de cada tesis, para modelar el comportamiento de las variables de interés y poder diseñar un control eficaz ajustado a las necesidades de cada sistema. Por lo anterior, la asignatura proporciona herramientas para analizar cada sistema, investigar, determinar y analizar sus problemas y generar la mejor solución científica desde el punto de vista de control. Esto requiere estudio crítico de las referencias científicas, metodología de investigación estructurada y autónoma, manejo de tecnologías de simulación, trabajo en equipo, comunicación acertada y en lenguaje técnico adecuado, mediante argumentación textual y oral, además de experiencias que permitirán continuar con dichas metodologías en su vida investigativa.

Por lo anterior, al finalizar el curso se espera que el estudiante haya desarrollado las siguientes competencias:

Cognitivas

Modelar y caracterizar una señal tanto en el dominio temporal como en el dominio de Laplace y Z, reconocer las distribuciones de energía de las señales, describir las propiedades de los sistemas lineales, reconocer la varianza e invarianza en el tiempo, describir las respuestas de los sistemas lineales e invariantes en el tiempo, conocer y utilizar las representaciones de Fourier, reconocer las propiedades de las señales y los sistemas en los planos complejos s y z , transformar señales de tiempo continuo en señales de tiempo discreto, analizar y diseñar un sistema de control para tiempo continuo.

Investigativas

Modelar y caracterizar formalmente señales y sistemas de tiempo continuo y de tiempo discreto, determinar las respuestas al impulso de los sistemas LTI, diseñar sistema de control en función a la dinámica del sistema y necesidades de funcionamiento.

Laborales

Aplicar los conocimientos adquiridos como herramienta de análisis de sistemas y señales, e implementar sistemas de control a sistemas reales.

V. Descripción Analítica de Contenidos: Temas y Subtemas



PROGRAMA SINTÉTICO

1. Definición de señales
2. Sistemas continuos y sistemas discretos
3. Sistemas lineales e invariantes en el tiempo (continuos y discretos)
4. Sistemas LTI causales descritos por ecuaciones diferenciales o de diferencia con coeficientes constantes
5. Series de Fourier de señales periódicas continuas y discretas
6. Transformadas de Fourier de tiempo continuo y tiempo discreto
7. Caracterización en tiempo y frecuencia de señales y sistemas
8. Muestreo
9. Transformada de Laplace
10. Transformada Z
11. Sistemas de Control en tiempo continuo y en tiempo discreto.

PROGRAMA DETALLADO

1. Definición de señales.

- 1.1. Señales continuas y discretas, de energía y de potencia, periódicas y no periódicas.
- 1.2. Simetría de las señales.
- 1.3. Transformaciones de las señales.
- 1.4. Señales analíticas: señales exponenciales y sinusoidales continuas y discretas.
- 1.5. Periodicidad de las exponenciales complejas.
- 1.6. Impulso unitario, escalón unitario, rampa unitaria.
- 1.7. Propiedades del impulso (escalamiento, producto, filtrado).
- 1.8. Tren de impulsos, muestreo. Función sinc (x).

2. Sistemas continuos y sistemas discretos.

- 2.1. Definición de sistema, representación.
- 2.2. Interconexión de sistemas.
- 2.3. Propiedades de los sistemas: con o sin memoria, invertibilidad, causalidad, estabilidad, invarianza en el tiempo, linealidad.

3. Sistemas lineales e invariantes en el tiempo (continuos y discretos).

- 3.1. Definición de sistemas LTI continuos y discretos.
- 3.2. Representación de señales a través de impulsos.
- 3.3. Respuesta al impulso.
- 3.4. Propiedades de los sistemas LTI: conmutativa, distributiva, asociativa, con o sin memoria, sistemas inversos, causalidad, estabilidad, respuesta al escalón.

4. Sistemas LTI causales descritos por ecuaciones diferenciales o de diferencias con coeficientes constantes.



- 4.1. Definición.
- 4.2. Condiciones iniciales.
- 4.3. Orden de los sistemas.
- 4.4. Soluciones natural, forzada, de entrada cero, de estado cero y total.
- 4.5. Representación en diagrama de bloques.

5. Series de Fourier de señales periódicas continuas y discretas.

- 5.1. Fourier y las series de Fourier.
- 5.2. Respuesta de los sistemas LTI a las exponenciales complejas.
- 5.3. Representación en series de Fourier de señales periódicas.
- 5.4. Convergencia.
- 5.5. Propiedades de las series de Fourier: linealidad, desplazamiento en el tiempo, inversión de tiempo, escalamiento en tiempo, convolución, multiplicación, diferenciación, integración conjugación y simetría conjugada, relación de Parseval.

6. Transformadas de Fourier de tiempo continuo y tiempo discreto.

- 6.1. Representación de la transformada de Fourier de una señal no periódica.
- 6.2. Convergencia.
- 6.3. Transformada de Fourier de señales exponenciales, del impulso unitario, del pulso rectangular, etc.
- 6.4. Transformada inversa del pulso rectangular en frecuencia.
- 6.5. Transformada de Fourier de señales periódicas.
- 6.6. Propiedades de las transformadas de Fourier.
- 6.7. Linealidad.
- 6.8. Desplazamiento en tiempo.
- 6.9. Desplazamiento en frecuencia.
- 6.10. Conjugación.
- 6.11. Inversión en tiempo.
- 6.12. Escalamiento en tiempo y en frecuencia.
- 6.13. Algebra de Fourier
- 6.14. Simetría conjugada para señales reales.
- 6.15. Relación de Parseval para señales no periódicas.

7. Caracterización en tiempo y frecuencia de señales y sistemas.

- 7.1. Representación de la magnitud y la fase de la transformada de Fourier.
- 7.2. Fase lineal y no lineal.
- 7.3. Retardo de grupo.
- 7.4. Magnitud logarítmica y diagramas de Bode.
- 7.5. Filtros ideales selectivos en frecuencia.
- 7.6. Sistemas continuos y discretos de primer y segundo orden.
- 7.7. Filtros recursivos y no recursivos.
- 7.8. Filtros de respuesta infinita al impulso (IIR) y de respuesta finita al impulso (FIR).



8. Muestreo.

- 8.1. Representación de señales continuas mediante sus muestras.
- 8.2. Teorema del muestreo.
- 8.3. Muestreo con tren de impulsos.
- 8.4. Reconstrucción de señales a partir de sus muestras.
- 8.5. Procesamiento discreto de señales continuas.
- 8.6. Muestreo de señales discretas.

9. Transformada de Laplace.

- 9.1. Definición de la transformada de Laplace.
- 9.2. Región de convergencia.
- 9.3. Propiedades de la región de convergencia.
- 9.4. Transformada inversa de Laplace.
- 9.5. Diagramas de polos y ceros.
- 9.6. Propiedades de la transformada de Laplace.
- 9.7. Álgebra de Laplace
- 9.8. Teoremas del valor inicial y del valor final.
- 9.9. Análisis y caracterización de sistemas LTI usando la transformada de Laplace.
- 9.10. Sistemas LTI caracterizados por ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes.

10. Transformada Z.

- 10.1. Definición de la transformada Z.
- 10.2. Región de convergencia.
- 10.3. Propiedades de la región de convergencia.
- 10.4. Diagramas de polos y ceros.
- 10.5. Transformada Z inversa.
- 10.6. Propiedades de la transformada Z.
- 10.7. Linealidad. Desplazamiento en el tiempo.
- 10.8. Escalamiento en el dominio de z.
- 10.9. Inversión en el tiempo.
- 10.10. Expansión en el tiempo.
- 10.11. Conjugación. Primera diferencia.
- 10.12. Acumulación. Diferenciación en el dominio de z.
- 10.13. Teorema del valor inicial.
- 10.14. Pares de la transformada z.
- 10.15. Caracterización de los sistemas LTI usando transformada z.
- 10.16. Causalidad.
- 10.17. Estabilidad.
- 10.18. Representación en diagrama de bloques de sistemas LTI.
- 10.19. Formas de representación directa, en cascada y paralela.



11. Sistemas de Control en tiempo continuo y tiempo discreto

11.1. Diseño de Sistemas de Control

11.2. Sistemas de control PID

11.3. Conceptos de Sistemas de Control Inteligente (Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos, Redes Neuronales, Lógica Borrosa, Algoritmos Genéticos).

VI. Estrategias Metodológicas y Didácticas



Dado que la secuencia del curso se desarrolla a través de las clases magistrales, es necesario que el estudiante, en forma individual y en grupo, lea y estudie los detalles de cada tema en los textos escogidos. Los textos principales son suficientes para todo el curso. Para los temas novedosos, se escogen textos complementarios que permiten estudiar más detalladamente los temas que corresponden al análisis y síntesis de señales analíticas y sistemas de tiempo discreto.

Como una ayuda al estudio autónomo del estudiante, se asignarán tareas en cada sesión que permitirán profundizar en los conceptos planteados en las sesiones de clase y que serán evaluados. Adicionalmente, para ayudar a resolver las tareas o las dudas surgidas, el estudiante cuenta con la asesoría del profesor en los horarios definidos para tal fin.

La unificación de conocimientos adquiridos en el proyecto final ayudará al estudiante a interiorizar los conceptos y visualizar la teoría en un caso práctico, el cual estará orientado o enlazado con su Tesis Doctoral, finalizando con una socialización de dicho trabajo.

Por otro lado, tanto en las sesiones de clase como en las tareas, el estudiante tendrá la posibilidad de incorporar el uso del computador y de programas especializados para el análisis y la resolución de problemas. En las clases magistrales se mostrará el uso del programa Matlab® como ayuda didáctica y como herramienta de cálculo.

La distribución de las horas de trabajo de éste curso es la siguiente:

Tipo de Curso	Horas			Horas profesor/ semana	Horas Estudiante/ semana	Total Horas Estudiante/ semestre	Créditos
	TD	TC	TA	(TD + TC)	(TD + TC +TA)	x 18 semanas	
Horas	3	1	8	4	12	192	4

Donde:

- **Trabajo Presencial Directo (TD):** trabajo de aula con plenaria de todos los estudiantes.
- **Trabajo Mediado-Cooperativo (TC):** Trabajo de tutoría del docente a pequeños grupos o de forma individual a los estudiantes.
- **Trabajo Autónomo (TA):** Trabajo del estudiante sin presencia del docente, que se puede realizar en distintas instancias: en grupos de trabajo o en forma individual, en casa o en biblioteca, laboratorio, etc.)



VII. Recursos

Locativos:

- Sala Access Grid
- Sala de investigadores
- Sala de Audiovisuales
- Sala de profesores

Tecnológicos:

- Multimedia (Hardware y software) para presentaciones
- Acceso a internet y conectividad de comunicaciones para investigaciones y videoconferencias
- Software libre y licenciado como Matlab®
- Acceso a bases de datos científicas como Springer, IEEE, Gale, SAGE, MathSciNet, Science Direct, Scopus, Ebsco, entre otras.

Didácticos:

- Foros virtuales especializados
- Talleres en clase y extraclase
- Lecturas obligatorias y complementarias
- Desarrollo de proyecto final

Otros recursos físicos necesarios

Para el desarrollo de los ejercicios a resolver en casa, se requiere el uso de computador y un programa especializado como Matlab®. El laboratorio de la Universidad cuenta con los dos recursos.

VIII. Criterios de Seguimiento y Evaluación

Las evaluaciones a los estudiantes son diseñadas para obtener el nivel de abstracción y conceptualización de cada uno de los temas del curso.



TIPO DE EVALUACIÓN		FECHA	PORCENTAJE
PRIMERA NOTA	Tareas y Examen escrito que buscan evaluar la capacidad de conceptualizar formalmente los problemas y soluciones de los temas cubiertos en el primer corte.	Sesión 7	35%
SEGUNDA NOTA	Tareas y Examen escrito que buscan evaluar la capacidad de conceptualizar formalmente los problemas y soluciones de los temas cubiertos en el segundo corte.	Sesión 16	35%
EXAM. FINAL o TRABAJO FINAL	Examen escrito o Trabajo Final que busca evaluar la capacidad de conceptualizar formalmente los temas cubiertos y dar solución a problemas reales de sistemas de control.	Sesión 18	30%

ASPECTOS A EVALUAR DEL CURSO

1. Evaluación del desempeño docente
2. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita.
3. Autoevaluación
4. Coevaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente.



IX. Bibliografías

BIBLIOGRAFÍA

- Alan V. Oppenheim, Alan S. Willsky y S. Hamid Nawab, Señales y sistemas, Segunda Edición, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1998.
- Ashok Ambardar, Procesamiento de señales analógicas y digitales, Segunda Edición, International Thomson Editores, S.A. de C.V., México, 2002.
- Douglas K. Lindner, Introducción a las señales y los sistemas, McGraw-Hill , Interamericana de Venezuela, S.A., Caracas, Venezuela, 2002.
- Mata H. Gloria, Sánchez E. Victor M., Gómez G. Juan M., Análisis de sistemas y señales con cómputo avanzado, DGAPA-PAPIME, UNAM, Edición electrónica: 2017 versión 1.0.
- Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini, Feedback Control of Dynamic Systems (8th Edition), Pearson, 2019.

RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS

- José B. Mariño Acebal, Francesc Vallverdú Bayés, José A. Rodríguez Fonollosa y Asunción Moreno Bilbao, Tratamiento digital de la señal: Una introducción experimental, Segunda Edición, Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México, D.F., 1999.
- John G. Proakis y Dimitris G. Manolakis, Tratamiento digital de señales, Cuarta Edición, Pearson Educación S.A., Madrid, España, 2007.
- Samuel D. Stearns and Don R. Hush, Digital Signal Analysis, Second Edition, PrenticeHall, Inc., New Jersey, U.S.A., 1990.
- Katsuhiko Ogata , Ingeniería de Control Moderna, Prentice Hall, 2010.
- Robert H. Bishop Richard C. Dorf, Modern Control Systems, Edición 13, Global edition, 2017

X. Profesores de la Asignatura

Titular: Adolfo Jaramillo Matta
Participantes curriculares

XI. Requisitos de Calidad

Versión: 2.0

Fecha de modificación: 04 de Febrero de 2019

Última modificación : 04 de Febrero de 2019