

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Control Digital
Clave de la asignatura:	ETF-1007
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Electrónica

2. Presentación

<p>Caracterización de la asignatura</p> <p>Esta asignatura tiene aportaciones en los siguientes puntos del perfil del Ingeniero en Electrónica:</p> <p>En el aspecto profesional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dar tratamiento a señales discretas en el tiempo mediante filtros digitales. • Conocer las limitaciones de la representación digital de datos debido a la precisión numérica inherente de los sistemas digitales. • Dominar el diseño de sistemas de control digital, en particular los sistemas que se emplean en la industria regional. <p>En el aspecto personal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incentivar la solución de problemas usando las herramientas de trabajo disponibles. • Crear una disciplina de auto aprendizaje que le permita buscar soluciones a los problemas. <p>En el aspecto social</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crear una actitud de trabajo orientada al equipo. • Fomentar el liderazgo de los estudiantes.
<p>Intención didáctica</p> <p>Se organiza el temario, en cuatro temas, agrupando los contenidos conceptuales de la asignatura en los dos primeros temas y se incluyen dos temas que se destinan a la aplicación de los conceptos abordados en ellos.</p> <p>El primer tema contiene los conceptos matemáticos básicos para abordar el análisis de sistemas discretos, así como ver de manera general el proceso de muestreo y reconstrucción de señales que tiene que ver con la manera de obtener señales discretas a partir de sistemas continuos.</p> <p>En el segundo tema se analizan los sistemas discretos, su respuesta, representación, etc., para dar pie al análisis de estabilidad y el diseño de controladores clásicos y filtros digitales que son abordados en el tercero y cuarto tema.</p> <p>Se sugiere una actividad integradora, en el tercero y cuarto tema, que permita aplicar los conceptos estudiados. Esto permite dar un cierre a la materia mostrándola como útil por sí misma en el desempeño profesional, independientemente de la utilidad que representa en el tratamiento de temas en materias posteriores de la especialidad.</p> <p>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</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

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 construidos, artificiales, virtuales o naturales.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Cajeme, Celaya, Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Cosamaloapan, Cautla, Culiacán, Durango, Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Sur De Guanajuato, Tantoyuca, Tijuana, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Xalapa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero del 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Cajeme, Celaya, Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Cosamaloapan, Cautla, Durango, Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo,	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.

	Sur De Guanajuato, Tantoyuca, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Xalapa.	
Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Orizaba, Querétaro, Celaya, Aguascalientes, Alvarado, Cuautitlán Izcalli, La Laguna y Lerdo.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.
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.
Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiario, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> • Comprende las herramientas empleadas en los sistemas discretos para su análisis. • Analiza la respuesta de sistemas discretos ante señales de estímulo para determinar la estabilidad y la selección de controladores. • Diseña, Analiza e implementa controladores discretos de sistemas físicos mediante técnicas de control clásico para instrumentación y control en el sector industrial. • Diseña, Analiza e implementa filtros digitales mediante técnicas de diseño recursivos apoyados en software para instrumentación y control en el sector industrial.

5. Competencias previas

- Conoce los conceptos básicos de control, para ser utilizados como base previa en el aprendizaje de controladores discretos.
- Conoce los fundamentos sobre estabilidad de sistemas de control de lazo cerrado, para hacer la extensión hacia el caso discreto.
- Construye graficas de respuesta en frecuencia y el tiempo para analizar sistemas de control.
- Conoce el diseño de controladores clásico, para ser implementados en su versión discreta.
- Representa sistemas dinámicos en variables de estado, analizando su observabilidad y controlabilidad, para ser aplicados en sistemas con retroalimentación de estados.
- Conoce y maneja sensores y actuadores, para construir prototipos con controladores discretos.
- Utiliza periféricos tanto de un sistema mínimo a base de microcontrolador microprocesador, como de una computadora personal.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Fundamentos matemáticos de sistemas discretos.	1.1. Introducción a sistemas de control digital. 1.2. Ecuaciones en diferencias causales. 1.3. Transformada Z. 1.4. Muestreo y reconstrucción de señales. 1.5. Transformada Z inversa.
2	Análisis de Sistemas discretos.	2.1. Función de transferencia. 2.2. Expansión de funciones de transferencia en diagramas de bloques. 2.3. Respuesta transitoria y permanente (primer y segundo orden). 2.4. Representación en espacio de estados. 2.5. Identificación paramétrica de funciones de transferencia.
3	Diseño de controladores.	3.1. Análisis de estabilidad (Criterios de estabilidad). 3.2. Controladores discretos (P, PI, PD, PID). 3.2.1. Diseño directo. 3.2.2. Emulación. 3.3. Introducción a los sistemas de control en espacio de estados. 3.4. Introducción a la Lógica Difusa (Fuzzy). 3.4.1. Postulados de la lógica difusa. 3.4.2. Métodos de Inferencia. 3.4.3. Controlador estándar de lógica difusa. 3.4.4. Controlador difuso con efecto integrador. 3.4.5. Sintonización de controladores difusos.

		<p>3.5. Introducción a las redes Neuronales Artificiales.</p> <p>3.5.1. Redes Neuronales estáticas monovariables.</p> <p>3.5.2. Redes Neuronales estáticas multivariables.</p> <p>3.5.3. Redes Neuronales recurrentes monovariables.</p> <p>3.5.4. Redes neuronales recurrentes multivariables.</p>
4	Filtros Digitales	<p>4.1. Introducción a los filtros digitales.</p> <p>4.2. Filtros digitales IIR</p> <p>4.3. Filtros digitales FIR.</p> <p>4.4. Aplicaciones.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Fundamentos matemáticos de sistemas discretos.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Comprende las herramientas empleadas en los sistemas discretos para su análisis.</p> <p>Genéricas: Se sugiere que el docente seleccione las competencias que evaluará de acuerdo a las actividades de aprendizaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad de investigación. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades interpersonales. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparar señales discretas en ambos planos (tiempo continuo y tiempo discreto) y discutir las diferencias y semejanzas. • Evaluar las características principales de las señales discretas en ambos planos. • Resolver ejercicios para obtener la transformada z de señales básicas. • Comprender las distintas propiedades y teoremas de la transformada z. • Encontrar la transformada z inversa por el método de la división directa. • Determinar la transformada z inversa por el método computacional. • Desarrollar programas computacionales para resolver ecuaciones en diferencias. • Aplicar la transformada z a la solución de ecuaciones en diferencias. • Investigar las ventajas y desventajas del control discreto contra el control continuo. • Observar los efectos del cambio de la tasa de muestreo sobre una señal de referencia. • Emplear un osciloscopio para observar los efectos del cambio de la tasa de muestreo sobre la señal continua. • Utilizar ADC's o dispositivos programables para obtener señales discretas a partir del muestreo de señales continuas.

	<ul style="list-style-type: none"> • Emplear DAC's para reconstruir señales continuas a partir de señales muestreadas.
2. Análisis de Sistemas discretos.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analiza la respuesta de sistemas discretos ante señales de estímulo para determinar la estabilidad y la selección de controladores.</p> <p>Genéricas: Se sugiere que el docente seleccione las competencias que evaluará de acuerdo a las actividades de aprendizaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad de investigación. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades interpersonales. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir mesas de discusión para el análisis de las respuestas de los sistemas. • Resolver analíticamente y mediante software matemático la correspondencia de un sistema continuo en un sistema discreto. • Emplear software para obtener la respuesta de un sistema de lazo cerrado, y demostrar los resultados con los obtenidos mediante el análisis con la transformada Z. • En simulación, aplicar diferentes entradas (escalón, impulso, rampa, senoidal) a un sistema y registrar la respuesta obtenida. • Analizar en simulación la respuesta en estado estable de los sistemas de control digital. • Determinar de forma analítica la respuesta transitoria de sistemas discretos de primero y segundo orden. • Desarrollar programas para simular la respuesta transitoria de los sistemas discretos de primero y segundo orden. • Realizar diagramas a bloques para estructurar los programas a implementar.
3. Diseño de controladores.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Diseña, Analiza e implementa controladores discretos de sistemas físicos mediante técnicas de control clásico para instrumentación y control en el sector industrial.</p> <p>Genéricas: Se sugiere que el docente seleccione las competencias que evaluará de acuerdo a las actividades de aprendizaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar la estabilidad de sistemas discretos aplicando criterios de estabilidad. • Analizar la estabilidad de sistemas discretos aplicando métodos de respuesta en frecuencia. • Desarrollar prácticas de simulación para estudiar la estabilidad de sistemas discretos. • Determinar la función de transferencia pulso de un controlador PID. • Establecer la ecuación en diferencias de un controlador PID. • Establecer las variables lingüísticas, las reglas de inferencia y los estados de salida.

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para organizar y planificar el tiempo. • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad de investigación. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. • Capacidad crítica y autocrítica. • Capacidad para actuar en nuevas situaciones. • Capacidad creativa. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad para tomar decisiones. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad para formular y gestionar proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar la realización de toma de decisiones de los sistemas neuronales • Desarrollar un proyecto creativo con aplicación en el entorno profesional, aplicando normas técnicas y estándares nacionales e internacionales.
---	---

4. Filtros digitales.

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Diseña, Analiza e implementa filtros digitales mediante técnicas de diseño recursivas apoyados en software para instrumentación y control en el sector industrial.</p> <p>Genéricas: Se sugiere que el docente seleccione las competencias que evaluará de acuerdo a las actividades de aprendizaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar filtros digitales, partiendo de parámetros específicos, utilizando herramientas computacionales. • Realizar algoritmos de Filtros de respuesta infinita (IIR) para ser implementados en un procesador digital. • Realizar algoritmos de Filtros de respuesta finita (FIR) para ser implementados en un procesador digital. • Demostrar el funcionamiento del filtro, utilizando señales de audio con ruido, y comprobar la efectividad del filtro implementado, en anchos de frecuencia determinados. • Analizar la respuesta en frecuencia de los filtros.

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de investigación. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. • Capacidad crítica y autocrítica. • Capacidad creativa. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades interpersonales. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad para formular y gestionar proyectos. 	
--	--

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Implementar un sistema de Adquisición de datos, que permita la demostración del Teorema del muestreo, así como la composición espectral de señales muestreadas. • Introducción a software especializado para el manejo de sistemas discretos. • Análisis de la Respuesta transitoria de sistemas discretos. • Análisis de la estabilidad de sistemas discretos. • Diseño de un controlador digital para una planta propuesta, con ciertas características. • Simulación de sistemas con controlador PID discreto. • Diseño e implementación de controladores en proyecto integrador empleando lógica difusa y/o redes neuronales. • Demostración del funcionamiento de filtros FIR, utilizando señales de audio con ruido, y comprobar la efectividad del filtro implementado, en anchos de frecuencia determinados.

9. Proyecto de asignatura

<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:

- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.
- Evaluaciones escritas para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Presentar un proyecto creativo donde demuestre el control de una variable física empleando técnicas de control para sistemas discretos, presentando los fundamentos teóricos del diseño del proyecto, a través del reporte.

11. Fuentes de información

1. Ogata K. Sistemas de control en tiempo discreto, Prentice Hall, última edición
2. Franklin G.F., Powell J.D, Workman M.L. Digital control of dynamic systems, Addison-Wesley, última edición
3. Kuo Benjamín. Sistemas de control digital, Prentice Hall, última edición
4. Sami Fadali M., Visioli Antonio, Digital Control Engineering, Academic Press, Última edición
5. Chen, Chi-tsong. Analog & Digital Control System Design, Saunders College Publishing Electrical Engineering, última edición
6. Kannan M. Moudgalya. Digital Control, Ed. John Wiley and Sons, última edición
7. Fadali M. Sam. Digital Control Engineering Analysis and Desing, Ed. Elsevier, última edición
8. Ibrahim D. Microcontroller Based Applied Digital Control, Ed. John Wiley and Sons, última edición
9. Charles L. Phillips, H. Troy Nagle. Digital Control System Analysis and Design Third Edition, Ed. Prentice Hall, última edición
10. Joaquim Filipe. Informatics in Control, Automation and Robotics, Ed. Springer, Última edición
11. Edgard W. Kamen, Bonnie S. Heck , FUNDAMENTOS DE SEÑALES Y SISTEMAS