

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Control Digital
Clave de la asignatura:	APD-1203
Créditos (Ht-Hp_ créditos):	2-3-5
Carrera:	Ingeniería Mecatrónica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>Esta asignatura aporta al perfil del egresado de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, las competencias que utilizará sobre los conceptos generales y las generalidades de control digital, modelado, diseño y aplicación de sistemas de control digital, implementación de sistemas de adquisición y procesamiento digital.</p> <p>El programa de Control Digital surge del análisis de las competencias a desarrollar por los ingenieros para tener eficiencia en el diseño y desarrollo de sistemas de control digitalizados.</p>
Intención didáctica.
<p>El temario considera cuatro unidades, en la primera unidad se abordan los conceptos de diferencia entre señal discreta, señal analógica y señal digital, se analiza la estructura de los sistemas de control muestreados. Se estudia la transformada Z y la transformada Z inversa. Por último se emplea el método de la transformada Z para la solución de ecuaciones en diferencias.</p> <p>En la segunda unidad se abordan los temas correspondientes al teorema del muestreo y se analiza la estabilidad de sistemas muestreados por diferentes métodos.</p> <p>En la tercera unidad se abordan la definición, tipos y características del Controlador PID discreto, se dan a conocer los métodos y criterios para sintonizar este tipo de controlador.</p>





En la cuarta unidad se induce al alumno sobre la teoría de control difuso como una opción al control digital clásico.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa.

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Dirección de Institutos Tecnológicos Descentralizados.	Representantes de las Academias de Ingeniería Mecatrónica de los Institutos Tecnológicos Superiores de Coacalco, Coatzacoalcos, Huichapan, Loreto, Oriente del Estado Hidalgo, Teziutlán.	Definición de los programas de estudio de especialidad de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica.

4. Competencias a desarrollar.

Competencia general de la asignatura.
Desarrollar las competencias necesarias para diseñar, implementar, aplicar, operar y simular diferentes tipos de sistemas de control digitalizados.
Competencias específicas.
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los conceptos básicos relacionados a los sistemas de control digital al compararlos con los conceptos conocidos del control de tipo analógico. • Aplicar La transformada Z y la estructura de los sistemas de control muestreados, identificando la importancia de éstos. • En la segunda unidad aplica herramientas de análisis clásico de sistemas, desde el enfoque de sistema discreto. • Utilizar software MatLab para análisis de estabilidad, diagrama de Bode y diagrama de Nyquist en sistemas digitales o discretos. • Discretizar la ecuación del controlador PID. • Sintonizar los parámetros del controlador PID discreto por medio de cálculo y con software MatLab para verificación y comparación de resultados. • Identificar los conceptos que caracterizan la lógica difusa como elemento de control. • Implementar un control difuso para un sistema, diseñado con software MatLab y su herramienta Fuzzy.
Competencias genéricas.
<p>Competencias instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar. • Comunicación oral y escrita. • Habilidades para el manejo de la computadora. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de diversas fuentes. • Solución de problemas. • Toma de decisiones.



**Competencias interpersonales:**

- Capacidad crítica y autocrítica.
- Trabajo en equipo.
- Habilidades interpersonales.

Competencias sistémicas:

- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- Habilidad de investigación.
- Capacidad de aprender.
- Capacidad de generar nuevas ideas.
- Habilidad para trabajar de forma autónoma.
- Capacidad para diseñar y gestionar proyectos.

5. Competencias previas de otras asignaturas.

Competencias previas.	
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer y aplicar las teorías de control clásico. • Desarrollar ecuaciones diferenciales lineales. • Conocer los conceptos de instrumentación y manejo de equipo de medición y prueba. • Modelar sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, hidráulicos y neumáticos. 	

6. Temario.

Temas.		Subtemas.
No.	Nombre.	
1.	Matemáticas de los sistemas discretos	1.1 Diferencia entre señal discreta, señal analógica y señal digital. 1.2 Estructura de los sistemas de control muestreados, técnicas de análisis y problemas de estudio. 1.3 Representación matemática de los procesos de muestreo y del proceso de reconstrucción. 1.4 Transformada Z. 1.5 Propiedades y teoremas de la transformada Z. 1.6 Diagramas de bloques de sistemas discretos. 1.7 Transformada Z inversa. 1.8 Método de la transformada Z para la solución de ecuaciones en diferencias.
2.	Análisis Clásico de Sistemas	2.1 Teorema del muestreo y el problema del





	Discretos	enmascaramiento de señales (aliasing). 2.2 Mapeo entre el plano S y el plano Z. 2.3 Diagramas de Bode en tiempo discreto. 2.4 Diagramas de Nyquist en tiempo discreto. 2.5 Estabilidad de sistemas muestreados. 2.6 Criterio de estabilidad de Jury. 2.7 Criterio de estabilidad de Routh- Hurwitz modificado.
3.	Diseño de Controladores Digitales	3.1 Controlador PID discreto. 3.2 Métodos y criterios para sintonizar controladores PID discretos. 3.3 Variantes del controlador PID discreto.
4.	Teoría de control Difuso	1.1 Introducción a la lógica difusa 1.2 Aplicaciones 1.3 Razonamiento aproximado 1.4 Control difuso y estructura de control.

7. Actividades de aprendizaje.

Competencias específicas y genéricas.	
Conocer y comprender los conceptos matemáticos para el estudio de los sistemas de datos muestreados.	
Tema.	Actividades de aprendizaje.
Unidad 1 Matemáticas de los sistemas discretos.	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda documental sobre las diferencias entre las señales digital, discreta y analógica. • Estudiar la estructura matemática del muestreador – retenedor y obtener su función de transferencia. • Obtener la transformada Z de las funciones básicas. • Explicar algunas propiedades y teoremas de la transformada Z. • Explicar las matemáticas de los diagramas de bloques para discretizar funciones. • Explicar los métodos para obtener la transformada Z inversa. • Explicar cómo se emplea la transformada Z para resolver ecuaciones en diferencias. • Utilizar paquetes computacionales para analizar sistemas discretos. • Obtener las ecuaciones que modelen diversos sistemas físicos.





Competencias específicas y genéricas.	
Aplicar los conceptos matemáticos para el análisis de los sistemas discretos.	
Tema.	Actividades de aprendizaje.
Unidad 2 Análisis clásico de sistemas discretos.	<ul style="list-style-type: none">• Determinarla validez de las señales muestreadas basándose en el teorema del muestreo.• Establecer la relación entre la región de estabilidad del plano complejo S y el plano complejo Z.• Analizar la respuesta en frecuencia de sistemas discretos partiendo del conocimiento de técnicas de control en tiempo continuo.• Utilizar paquetes computacionales para obtener la respuesta en frecuencia de sistemas discretos.• Introducción a la estabilidad de sistemas discretos.• Determinar la estabilidad de los sistemas discretos empleando los criterios de Jury y de Routh-Hurwitz.

Competencias específicas y genéricas.	
Comprender el funcionamiento del controlador PID digital y ver algunas técnicas para determinar sus parámetros.	
Tema.	Actividades de aprendizaje.
Unidad 3 Diseño de controladores digitales.	<ul style="list-style-type: none">• Explicar las acciones del controlador PID y discretizar su ecuación básica.• Ver algún método para la obtención de los parámetros del controlador PID.• Conocer algunos de los criterios usados en la obtención de los parámetros del controlador PID.• Realizar prácticas donde se emplee el controlador PID.• Utilizar los paquetes computacionales para el diseño y análisis de sistemas con un controlador PID.• Implementar el modelado digital de dispositivos





Competencias específicas y genéricas.	
Obtener los conocimientos teóricos sobre control difuso y sus aplicaciones.	
Tema.	Actividades de aprendizaje.
Unidad 4 Teoría de control difuso.	<ul style="list-style-type: none"> Definir que es la lógica difusa y su importancia en el control de sistemas distribuidos. Conocer los elementos que conforman la lógica difusa.

8. Prácticas.

1. Muestreo y reconstrucción de señales.
2. Simulación de la conversión de un sistema continuo a discreto.
3. Diseño y simulación de reguladores PID discretos.
4. Simulación de un filtro digital.
5. Simulación de sistemas de primer y segundo orden.

9. Proyecto integrador.

NOMBRE.
Controlador PID digital.

OBJETIVO.
Desarrollar un control PID digital con microcontrolador PIC, para un sistema formado por un motor de corriente directa utilizado para indicar la posición de la flecha del motor.

Las asignaturas que se involucran es este proyecto integrador son:

Programación básica.
Programación avanzada
Dinámica de sistemas
Control.
Electrónica analógica

Los conceptos de modelo matemático de un sistema, la transformada Z, función transferencia y diagrama de bloque, retenedores; son estudiados en la asignatura de “dinámica de sistemas”. Las asignaturas de “programación básica” y “programación avanzada” se aplican en este proyecto para desarrollar la programación en lenguaje C que se carga al Microcontrolador para decidir las acciones de control necesarias en el controlador PID. La asignatura de “control” contribuye con el dominio de los diferentes tipos de controladores y las características de cada uno de ellos, así como también con los métodos de análisis de sistemas realimentados tales como criterios de error y optimización de sistemas.

DESARROLLO.
El proyecto inicia con la aplicación de los métodos de identificación de sistemas para encontrar la función de transferencia del motor C.D. y sus elementos asociados. Una vez que se define la función de transferencia del sistema a controlar se procede a sintonizar el controlador calculando los parámetros del mismo para posteriormente desarrollar el



programa en lenguaje C que reproduzca las características del control PID. . El código de programación generado se carga en un Microcontrolador PIC y se monta junto con la electrónica necesaria en el manejo de potencia, con lo cual se puede observar el comportamiento del controlador. Finalmente, incluir una interfaz humano maquina (HMI) por medio de Visual Basic y comunicación vía USB.

APORTACION AL PERFIL DEL EGRESADO.

Al terminar el proyecto integrador el alumno reafirmara sus habilidades de:

- Diseño de sistemas digitales de control.
- Análisis clásico de sistemas, desde el enfoque de sistema discreto.
- Uso y de software de análisis y diseño matemático aplicado al control y automatización
- Abstracción, análisis y síntesis.
- Aplicar los conocimientos en la práctica.
- Capacidad de investigación.

10. Evaluación por competencias.

- Exámenes escritos
- Tareas
- Reporte de prácticas
- Resultados de investigación (documental o de campo)
- Participación en clase
- Proyectos integrales
- Exposiciones en clase

11. Fuentes de información.

1. Domínguez, Sergio; Campoy, Pascual; José María Sebastian; Jiménez Agustín. Control en el Espacio de Estado, Ed. Prentice Hall, Madrid 2002, Primera Edición, 291 pp.
2. Eronini Umez-Eronini. Dinámica de Sistemas y Control; Ed. Thomas Learning, México 2001, Primera Edición, 993 pp.
3. Friedland, Bernard. Control System Design. Ed. Mc. Graw-Hill, 1987, Segunda Edición.
4. Kuo, Benjamín C. Sistemas de Control Digital; Ed. CECSA, México 2003, Cuarta Reimpresión, 845 pp.
5. Ogata, Katsuhiko. Sistemas de Control en Tiempo Discreto; Ed. Prentice Hall, México.
6. Phillips, Charles L.; H. Troy Nagle Jr. Sistemas de Control Digital Análisis y Diseño, Ed. Gustavo Gili, España 1987, Edición Castellana, 432 pp.
7. Driankov D., Hellendoorn H. y Reinfrank M.. An Introduction to Fuzzy Control. Springer, 1995.pp 630, England.
8. Klir G.J. y Yuan B.. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic. Prentice Hall, 1995, pp 417, USA.
9. Reznik L.. Fuzzy controllers. Newnes, 1998, pp 510, USA, Wang L.X.. A course in Fuzzy Systems and Control. Prentice Hall International, pp 390, USA
10. Yan J., Ryan M. y Power J.. Using Fuzzy Logic. Toward, Intelligent Systems. Prentice Hall, 1994, pp 400, USA.
11. Cordon O., Herrera F., Hoffmann F. y Magdalena L.. Genetic Fuzzy



Systems: Evolutionary Tuning and Learning of Fuzzy
12. Knowledge Bases. World Scientific, 2001. pp 488, USA. Fullér R.. Introduction to
Neuro-Fuzzy Systems. Springer-Verlag, 2000, pp 366, USA.

