CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA INDUSTRIAL

Organismo Público Descentralizado Federal
Reforma Curricular 2007 Nivel Licenciatura
Dirección Académica

PROGRAMA DE ASIGNATURA

NOMBRE DE LA ASIGNATURA:	CONTROL DIGITAL				
CLAVE DE LA ASIGNATURA:	CIM-24				
DIVISIÓN ACADÉMICA:	INGENIERÍA MECATRÓNICA				
CARRERA:	INGENIERÍA MECATRÓNICA				
ACADEMIA:	CONTROL				
AREA DE FORMACIÓN:	CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECATRÓNICA				
SEMESTRE:	8				
PRERREQUISITOS ACADÉMICOS:	TEORÍA DE CONTROL II				
CORREQUISITOS ACADÉMICOS:					
HORAS / SEMANA / MES:	3T-2P	**HORAS / SEMESTRE:**	90	**CRÉDITOS:**	8
VIGENCIA DEL PLAN:	AGOSTO 2007	**ELABORÓ:**	ACADEMIA(S) DE: CONTROL		
APORTACIÓN AL PERFIL DE EGRESO:	Será capaz de analizar, diseñar e implementar utilizando las técnicas de control clásico y moderno en tiempo discreto en los diferentes problemas que se presentan en la automatización y control de procesos. Diseñará sistemas de control automático, para el área de robótica, de mecanismos mediante los elementos del control clásico enfocando las soluciones a las necesidades tecnológicas actuales, mejorando y desarrollando los sistemas de control existentes. Participará en equipos multidisciplinarios de diseño e implementación de técnicas de control y automatización para el mejoramiento de los procesos productivos de la pequeña, mediana y gran empresa.				

PROGRAMA DE ASIGNATURA

OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

El alumno conocerá y aprenderá las diferentes técnicas de control en tiempo discreto utilizadas en los procesos (biológicos, químicos, etc.). A partir de estas técnicas, será capaz de diseñar y construir un controlador digital para controlar la temperatura de un intercambiador de calor o controlar el nivel de un sistema de tanques.

COMPETENCIAS DEL ALUMNO REQUERIDAS

*Conocimiento y práctica en el manejo de microcontroladores
*Manejo de lenguaje C++
*Análisis de circuitos eléctricos ac y dc
*Calculo diferencial e integral
*Ecuaciones diferenciales
*Variable compleja
*Instrumentación
*Balances de masa y energía

CENTRO DE ENSEÑANZA TECNICA INDUSTRIAL
SUBDIRECCION DE DOCENCIA

PROGRAMA DE ASIGNATURA

PERFIL DEL DOCENTE

Conocimientos: Transformada z, Lugar Geométrico de las Raíces, Análisis de Respuesta en la Frecuencia y Control Moderno.

Profesión: Ingeniero Químico, Ingeniero en Electrónica, Maestría o Doctor con especialidad en Control Automático.

Habilidades: Comunicación, Establecimientos de climas favorables para el aprendizaje, Análisis y síntesis, Comprensión y manejo de conceptos de abstracción, Para motivar al autoestudio, el razonamiento y la investigación.

Actitudes: Crítica fundamentada, Respeto, Tolerancia, Responsabilidad, Ética, Científica, Colaboración.

CENTRO DE ENSEÑANZA TECNICA INDUSTRIAL
SUBDIRECCION DE DOCENCIA

PROGRAMA DE ASIGNATURA

TEMARIO DEL PROGRAMA

OBJETIVO DE LA UNIDAD 1

Analizará y comprenderá la diferencia que existe entre sistemas en tiempo continuo y tiempo discreto.

UNIDAD	TEMA	SUBTEMAS	FUENTES DE INFORMACIÓN
1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE TIEMPO DISCRETO	1.1. Introducción	1.1.1. Tipos de señales 1.1.2. Sistemas de control en tiempo continuo y en tiempo discreto 1.1.3. Proceso de muestreo	R1-PG-1-5 R2-PG-1-12
	1.2. Sistemas de control discreto	1.2.1. Formas de las señales en un sistema de control digital 1.2.2. Definición de términos: Muestreador y retenedor, Convertidores analógico-digital, Convertidor digital-analógico, Planta o proceso y Transductor. 1.2.3. Tipos de operaciones de muestreo	R1-PG-5-8 R2-PG-13-34
	1.3. Cuantificación y errores de cuantificación	1.3.1. Cuantificación 1.3.2. Error de cuantificación	R1-PG-8-11

CENTRO DE ENSEÑANZA TECNICA INDUSTRIAL
SUBDIRECCION DE DOCENCIA

TEMARIO DEL PROGRAMA

OBJETIVO DE LA UNIDAD 2

Conocerá y aplicará la transformada z como herramienta matemática muy útil en el análisis y síntesis de los sistemas de control en tiempo discreto.

2. LA TRANSFORMADA Z	2.1. Definición de transformada z	2.1.1. Definir la transformada z	R1-PG-24-25 R2-PG-75-77 R3-PG-30-32 R4-PG-19-19
	2.2. Transformada z de funciones elementales	2.2.1 Función escalón unitario, rampa Unitaria, polinomial, exponencial, etc.	R1-PG-25-30 R4-PG-19-19
	2.3. Propiedades y Teoremas de la transformada z	2.3.1 Multiplicación por una constante 2.3.2 Linealidad de la transformada z 2.3.3 Multiplicación por a^k 2.3.4 Teorema de corrimiento 2.3.5 Teorema de traslación compleja 2.3.6 Teorema del valor inicial 2.3.7 Teorema del valor final	R1-PG-31-37 R2-PG-96-106 R3-PG-32-37 R4-PG-20-20
	2.4. Transformada z inversa	2.4.1 Polos y ceros en plano z 2.4.2 Método de la división directa 2.4.3 Método de expansión expansión en fracciones parciales 2.4.4 Método de la integral de inversión	R1-PG-37-52 R2-PG-89-96 R3-PG-40-48 R4-PG-21-52
	2.5. Método de la transformada z para la solución de ecuaciones en diferencias	2.5.1 Solución de ecuaciones en diferencias	R1-PG-52-54 R3-PG-37-40

PROGRAMA DE ASIGNATURA

TEMARIO DEL PROGRAMA

OBJETIVO DE LA UNIDAD 3

Conocerá las herramientas necesarias para analizar y diseñar sistemas de control en tiempo discreto en el plano z. Además aplicará los métodos de diseño convencionales de sistemas en tiempo continuo a sistemas en tiempo discreto que pueden ser en parte discreto y en parte en tiempo continuo.

3. ANÁLISIS EN EL PLANO Z DE SISTEMAS DISCRETOS DE CONTROL	3.1. Muestreo mediante impulsos y retención de datos	3.1.1 Muestreo mediante impulsos 3.1.2 Función de transferencia del retenedor de orden cero 3.1.3 Función de transferencia de un retenedor de primer orden	R1-PG-75-82 R2-PG-35-42 y 55-64 R3-PG-89-94 y102-110 R4-PG-53-62
	3.2. Cálculo de la transformada z mediante el método de la integral de convolución	3.2.1. Evaluación de la integral de convolución en el semiplano derecho e izquierdo 3.2.2. Cálculo de la transformada z de funciones que involucran el término $\left(1-e^{-Ts}\right)/s$	R1-PG-83-90 R2-PG-44-51
	3.3. Reconstrucción de señales originales a partir de señales muestreadas	3.3.1 Teorema del muestreo 3.3.2 Filtro pasa-baja ideal 3.3.3 Características de respuesta en frecuencia de un retenedor de orden cero 3.3.4 Doblamiento y traslape	R1-PG-90-98 R2-PG-42-44 R3-PG-95-102 R4-PG-62-73
	3.4. Función de transferencia pulso	3.4.1 Sumatoria de convolución y función de transferencia pulso 3.4.2 Transformada de Laplace asterisco 3.4.3 Función transferencia pulso de elementos en cascada 3.4.4 Función de transferencia pulso de sistemas en lazo cerrado 3.4.5 Función de transferencia pulso de un controlador digital	R1-PG-98-121 R2-PG-138-173 R3-PG-131-150 R4-PG-77-93

CENTRO DE ENSEÑANZA TECNICA INDUSTRIAL SUBDIRECCION DE DOCENCIA

PROGRAMA DE ASIGNATURA

TEMARIO DEL PROGRAMA

		3.4.6 Función de transferencia pulso en lazo cerrado de un sistema de control digital 3.4.7 Función de transferencia pulso de un controlador PID digital	

OBJETIVO DE LA UNIDAD 4

Conocerá la utilidad de los muestreadores y retenedores en los sistemas de control en tiempo discreto. Además, analizará el modelo matemático de los controladores digitales en términos de las funciones transferencia pulso.

4. DISEÑO DE SISTEMAS DISCRETOS DE CONTROL MEDIANTE MÉTODOS CLÁSICOS	4.1. Correspondencia entre el plano s y el plano z	4.1.1 Correspondencia del semiplano izquierdo del plano *s* hacia el plano *z* 4.1.2 Franja primaria y franjas complementarios 4.1.3 Lugar geométrico de atenuación constante 4.1.4 Tiempo de asentamiento 4.1.5 Lugar geométrico de frecuencia constante 4.1.6 Lugares geométricos de factor de amortiguamiento relativo constante	R1-PG-174-182 R2-PG-51-53 y 339-344 R3-PG-202-218
	4.2. Análisis de estabilidad de sistemas en lazo cerrado en el plano z	4.2.1 Análisis de estabilidad de un sistema en lazo cerrado 4.2.2 Método del criterio estabilidad de Jury 4.2.3 Análisis de estabilidad mediante la transformación bilineal y el criterio de estabilidad de Routh	R1-PG-182-192 R3-PG-235-248 R4-PG-97-109 y 137-157
	4.3. Análisis de respuesta transitoria y en estado permanente	4.3.1 Especificaciones de la respuesta transitoria 4.3.2 Análisis de error en estado permanente	R1-PG-193-204 R4-PG-113-131
	4.4. Diseño basado en el método	4.4.1 Condiciones de ángulo y magnitud	R1-PG-204-224 R2-PG-356-370

PROGRAMA DE ASIGNATURA

TEMARIO DEL PROGRAMA

	del lugar geométrico de las raíces	4.4.2 Reglas generales para construir el lugar geométrico de las raíces 4.4.3 Diseño de controladores por medio del lugar geométrico de las raíces	R3-PG-249-252 y 319-327 R4-PG-163-183 y 247-274
	4.5. Diseño mediante el método de respuesta frecuencia	4.5.1 Respuesta de un sistema en tiempo discreto lineal e invariante con el tiempo a una entrada senoidal 4.5.2 Transformación bilineal y plano w 4.5.3 Diagramas de Bode 4.5.4 Compensación de adelanto de fase, atraso de fase y atraso-adelanto de fase 4.5.5 Procedimiento de diseño en el plano w	R1-PG-225-242 R2-PG-383-414 R3-PG-252-266 y 281-319

CENTRO DE ENSEÑANZA TECNICA INDUSTRIAL
SUBDIRECCION DE DOCENCIA

PROGRAMA DE ASIGNATURA

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA INDUSTRIAL SUBDIRECCIÓN DE DOCENCIA

TEMARIO DEL PROGRAMA

OBJETIVO DE LA UNIDAD 5

Será capaz de analizar y sintetizar utilizando los métodos en el espacio de estado en sistemas de control con varias entradas y varias salidas que se requiere que sean óptimos.

5. ANÁLISIS EN EL ESPACIO DE ESTADO	5.1 Conceptos en el espacio de estado	5.1.1. Estado 5.1.2. Variable de Estado 5.1.3. Vector de estado 5.1.4. Espacio de estado 5.1.5. Ecuaciones en el espacio de estado	R1-PG-293-297 R2-PG-184-191 R3-PG-53-62
	5.2 Representación en el espacio de estado de sistemas en tiempo discreto	5.2.1. Forma canónica controlable 5.2.2. Forma canónica observable 5.2.3. Forma canónica diagonal 5.2.4. Forma canónica de Jordan	R1-PG-297-302 R2-PG-206-211 R3-PG-62-68
	5.3 Solución de las ecuaciones de estado en tiempo discreto	5.3.1. Solución de la ecuación lineal en tiempo discreto e invariante en el tiempo 5.3.2. Método de la trasformada z a la solución de las ecuaciones de estado en tiempo discreto 5.3.3. Cálculo de $(zI-G)^{-1}$ 5.3.4. Método para calcular $(zI-G)^{-1}$	R1-PG-302-310 R2-PG-211-218 R3-PG-156-158
	5.4 Matriz de función de transferencia pulso	5.4.1. Matriz de función de transferencia pulso 5.4.2. Transformación de similitud	R1-PG-310-312
	5.5 Discretización de las ecuaciones en el espacio de estado en tiempo continuo	5.5.1. Discretización de las ecuaciones en el espacio de estado en tiempo continuo 5.5.2. Utilizando MATLAB en la discretización de ecuaciones de estado en tiempo continuo	R1-PG-312-321

PROGRAMA DE ASIGNATURA

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

- Exposición de los temas por el Profesor
- Descripción por parte de los alumnos de los conceptos más relevantes empleados en los sistemas de control en tiempo discreto
- Búsqueda de temas por parte de los alumnos
- Aplicación de conceptos en la solución de ejercicios
- Solución de ejercicios de aplicación práctica por el alumno
- Entrega de tareas y trabajos propuestos por el profesor
- Realización de prácticas en laboratorio

CENTRO DE ENSEÑANZA TECNICA INDUSTRIAL SUBDIRECCION DE DOCENCIA

PROCESO DE EVALUACIÓN

- Evaluación con tres exámenes parciales (60%), tareas y trabajos extra clase (20%). En total la teoría tendrá un peso del 80%.
- Cada equipo (máximo 3 alumnos) elaborará y entregará un reporte técnico por práctica de laboratorio efectuada, y el promedio de las calificaciones obtenidas tendrá un peso del 20%.
- La calificación definitiva será la suma de la obtenida en la teoría y en el laboratorio. Siempre y cuando, ambas sean aprobatorias.

MATERIAL DIDÁCTICO, EQUIPO E INSUMOS

PROGRAMA DE ASIGNATURA

1. Ogata, Katsuhiko (1996), *Sistemas de Control en Tiempo Discreto*. México: Pearson.
2. Kuo, Benjamin C. (2005), *Sistemas de Control Digital*. España: Patria.
3. Phillips, Charles L. y Nagle, H. Troy (1995) *Digital Control System Analysis and Design*. US: Prentice Hall.
4. Reinoso G., Oscar, Sabastián y Zuñiga, (2004), Control de Sistemas Discretos. España: McGraw-Hill.

Prácticas de Laboratorio	
1. SISTEMA O PROCESO A CONTROLAR (MODELO MATEMÁTICO Y CARACTERIZACIÓN EN TIEMPO REAL)	**Laboratorio de Mecatrónica**
2. DISEÑO DE UN CONTROLADOR DIGITAL UTILIZANDO MATLAB	**Laboratorio de Mecatrónica**
3. DISEÑO UN CONTROLADOR DIGITAL UTILIZANDO UN MICROCONTROLADOR O COMPUTADORA	**Laboratorio de Mecatrónica**
4. UTILIZAR EL MATLAB EN LA DISCRETIZACIÓN DE SISTEMAS EN TIEMPO CONTINUO	**Laboratorio de Mecatrónica**

HISTORIA DEL PROGRAMA

No.	FECHA	OBSERVACIONES (CAMBIOS Y SU JUSTIFICACIÓN)	PARTICIPANTES	APROBÓ
1	20/01/2010	Original del programa de asignatura	Prof. Víctor R. Flores Torres Ing. María del Rocío Rodríguez Hernández Ing. Héctor Mateos Ortega Vo. Bo. del Pleno de la Academia de Control	Lic. Rosa María Robles González

PROGRAMA DE ASIGNATURA

ELABORÓ ACADEMIA DE: CONTROL	REVISÓ: SUBDIRECCIÓN DE OPERACIÓN ACADÉMICA	REGISTRÓ: SUBDIRECCIÓN DE DOCENCIA	AUTORIZÓ: DIRECCIÓN ACADÉMICA
FECHA: 12/ AGOS/ 2010	FECHA: 23/08/10	FECHA: 20/08/2010	FECHA: AGOS
ING. JORGE SOLANO RODRÍGUEZ	P.A. ING. WILIBALDO RUIZ ARÉVALO	Rubén González Sola Moa NOMBRE DEL FUNCIONARIO	LIC. ROSA MARÍA ROBLES GONZÁLEZ