

SÍLABO

SISTEMAS DE CONTROL DIGITAL

ÁREA CURRICULAR: SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

CICLO IX

SEMESTRE ACADÉMICO: 2017 - I

- I. CÓDIGO DEL CURSO** : 09019709040
- II. CREDITOS** : 04
- III. REQUISITOS** : 09015008040 Sistemas de Control II
- IV. CONDICIÓN DEL CURSO** : Obligatorio

V. SUMILLA

El curso forma parte de la formación especializada: área curricular de sistemas de control y automatización; es teórico complementada con soluciones por computadora y permitirá al futuro ingeniero analizar y diseñar sistemas de control en tiempo discreto.

El curso se desarrolla mediante las unidades temáticas siguientes:

- I. Análisis de sistemas en tiempo discreto
- II. Diseño de sistemas de control digital.

VI. FUENTES DE CONSULTA:

Bibliográficas

- Kuo, B. (1992). *Digital Control Systems* Saunders College Publishing
- Ogata, K. (2005). *Sistemas de Control en Tiempo Discreto* Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A
- Phillips, N. (1994.) *Digital Control System Analysis and Design*, Editorial. Prentice Hall,
- Kannan M., (2007). *Digital Control* John Editorial Wiley & Sons, Inc.
- Franklin, G. (2004). *Digital Control of Dynamic Systems*. Editorial Addison – Wesley.

VII. UNIDADES DE APRENDIZAJE

UNIDAD I: ANALISIS DE SISTEMAS DE TIEMPO DISCRETO

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE:

- Muestrear correctamente señales y realiza la reconstrucción posterior de la señal de tiempo continuo. Formular modelos de tiempo discreto y analiza sus propiedades en el dominio del tiempo y la frecuencia.
- Convertir modelos de tiempo continuo a modelo en tiempo discreto entendiendo las limitaciones propias de la transformación.
- Formular modelos de espacio estado, simular su comportamiento y analizar sus características.

PRIMERA SEMANA

Primera sesión:

Introducción a los Sistemas de Control digital. Elementos básicos de un Sistema de Control Discreto. Tipos de señales. Cuantificación. Sistemas de adquisición, conversión y distribución de datos.

Segunda sesión:

La Transformada Z. Definición. Propiedades y teoremas. La transformada Z inversa. Relación entre el plano de Laplace (s-Plane) y el Plano de la Transformada Z (z-Plane).

Laboratorio N° 1: Convertidores análogos digitales

SEGUNDA SEMANA

Primera sesión:

Ecuaciones diferenciales y ecuaciones de diferencias. Relación de señales muestreadas con los respectivos planos s y z .

Segunda sesión:

Muestreo mediante impulsos. Teorema de Nyquist. Aliasing. Retención de datos. Retenedor de orden cero y de orden superior. Reconstrucción de señales. Aplicaciones en Matlab.

TERCERA SEMANA

Primera sesión:

Sistemas en tiempo discreto con elementos en cascada separados por un muestreador. Sistemas en tiempo discreto con elementos en cascada no separados por un muestreador.

Segunda sesión:

Función de transferencia de sistemas en tiempo discreto. (*Pulse Transfer Function*) y la Transformada Z . Modelo de Sistemas Lineales e Invariantes en el Tiempo LTI.

Laboratorio N° 2: Circuitos adecuadores de señal

CUARTA SEMANA

Primera sesión:

Análisis de la respuesta transitoria y de estado estacionario. Análisis de estabilidad de sistemas en tiempo discreto. Criterios. Métodos de análisis.

Segunda sesión:

Correspondencia entre el plano s y el plano z . Conversión de $G(s)$ a $H(z)$. Transformación de Euler y bilineal, Efecto de cambios en la frecuencia de muestreo.

QUINTA SEMANA

Primera sesión:

Error estacionario: Respuesta a perturbaciones.

Segunda sesión:

Aplicaciones en Matlab.

Laboratorio N° 3: Diseño de Termómetro Digital

SEXTA SEMANA

Primera sesión:

Representación en el espacio estado de sistemas en tiempo discreto.

Segunda sesión:

Solución de ecuaciones de estado en tiempo discreto. Discretización de las ecuaciones de estado en tiempo continuo. La matriz de transición en tiempo discreto.

SÉPTIMA SEMANA

Primera sesión:

Solución de problemas de espacio estado usando Matlab. Diagramas de estado para sistemas de tiempo discreto

Segunda sesión:

Respuesta de un sistema discreto a una entrada impulso y una entrada escalón. Método del lugar geométrico de las raíces.

Laboratorio N° 4: Diseño de un controlador de temperatura digital

UNIDAD II: DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL DIGITAL

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE:

- Diseñar controladores de tiempo discreto, controladores usando las técnicas de espacio estado, simula y analiza el comportamiento del sistema controlado.
- Diseñar observadores de espacio estado y las usa en el control de sistemas. Usar Matlab para simular y analizar el comportamiento de controladores de tiempo discreto.

- Entender la implementación real de controladores digitales de tiempo discreto.

OCTAVA SEMANA

Examen parcial.

NOVENA SEMANA

Primera sesión:

Ecuaciones de estado para sistemas digitales con todos sus elementos digitales (*All Digital System*). La matriz de transición de estado para sistemas lineales e invariantes en el tiempo LTI.

Segunda sesión:

Métodos para calcular la matriz de transición de estado. Sistema de Solución de problemas de aplicación usando Matlab. Teorema de Caley Hamilton. Transformaciones. Diagonalización.

Laboratorio N° 5: Control de velocidad y dirección de un móvil: diseño del móvil

DÉCIMA SEMANA

Primera sesión:

Diseño de Sistemas de Control Digital por realimentación de estados. (State variable feedback/pole placement). Ecuación característica. Eigenvalores y Eigenvectores.

Segunda sesión:

Análisis de la respuesta del sistema de lazo cerrado.

Root loci para Sistemas de Control Digital. Criterio de estabilidad de Nyquist (Métodos en el dominio de la frecuencia). Resolución de problemas usando Matlab.

UNDÉCIMA SEMANA

Primera sesión:

Controlabilidad, observabilidad y estabilidad de sistemas representados por ecuaciones de espacio estado.

Segunda sesión:

Observadores de estado

Laboratorio N° 6: Control de velocidad y dirección de un móvil: diseño del control lazo abierto

DUODÉCIMA SEMANA

Primera sesión:

Integración de controladores y observadores de estado.

Segunda sesión:

Integración de controladores y observadores de estado

DECIMOTERCERA SEMANA

Primera sesión:

Diseño de controladores P, PI, PD, PID. Controladores de espacio estado con acción integral.

Diseño de controladores usando la ecuación de Riccati.

Segunda sesión:

Resolución de problemas usando Matlab

Laboratorio N° 7: Control de velocidad y dirección de un móvil: diseño del control lazo cerrado

DECIMOCUARTA SEMANA

Primera sesión:

Método de transformación bilineal. Análisis en el dominio de la respuesta en el tiempo y de la frecuencia.

Segunda sesión:

Resolución de problemas usando Matlab

DECIMOQUINTA SEMANA

Primera sesión:

Implementación de sistemas de control digital.

Segunda sesión:

Resolución de problemas usando Matlab e implementación usando DSP.

Laboratorio N° 8: Presentación y sustentación proyecto de Laboratorio

DECIMOSEXTA SEMANA

Examen final.

DECIMOSÉPTIMA SEMANA

Entrega de promedios finales y acta del curso

VIII. CONTRIBUCIÓN DEL CURSO AL COMPONENTE PROFESIONAL

| | |
|----------------------------------|---|
| a. Matemática y Ciencias Básicas | 0 |
| b. Tópicos de Ingeniería | 4 |
| c. Educación General | 0 |

IX. PROCEDIMIENTOS DIDÁCTICOS

Las clases se realizarán con participación activa de los estudiantes, mediante la discusión de casos, desarrollo de ejercicios y experimentos en Matlab / Simulink y trabajos grupales.

El curso tendrá dos (02) Proyectos de experimentos de Sistemas Discretos/Sistemas de Control Digital en Matlab y dos (02) Proyectos de Diseño en Matlab/Simulink.

Las exposiciones del docente orientarán la búsqueda bibliográfica sobre los temas presentados.

Se hace uso intensivo de Matlab/Simulink como software de simulación.

X. MEDIOS Y MATERIALES

Equipos: Una computadora personal para el profesor y una computadora personal para cada estudiante del curso, ecran, proyector de multimedia y una impresora.

Materiales: Separatas, diapositivas, programas de Matlab.

XI. EVALUACIÓN

El promedio final se obtiene del modo siguiente:

$$PF = (2*PE + EP + EF) / 4$$

$$PE = (PPR + W1 + PL) / 3$$

$$PPR = (P1 + P2) / 2$$

$$PL = ((Lb1+Lb2+Lb3+Lb4+Lb5+Lb6)/6+EO)/2$$

Donde:

PF : Promedio Final

PE : Promedio de Evaluaciones

EP : Examen parcial escrito

EF : Examen final escrito.

PPR : Promedio de prácticas calificadas escritas

P1 y P2 : Notas de prácticas calificadas escritas

PL : Promedio de Laboratorio de laboratorios calificados

Lb : Nota de laboratorio calificado

W1 : Trabajo final del curso

EO : Examen final de laboratorio (escrito o práctico).

La **Práctica Experimental 1 (P1)** consistirá de pequeños ejercicios experimentales a ser realizados durante la Unidad I con Matlab/Simulink (P1). Evaluación continua.

La **Práctica Experimental (P2)** consistirá de pequeños ejercicios experimentales a ser realizados durante la Unidad II con Matlab/Simulink (P1). Evaluación continua.

El **Proyecto de Diseño I (W1)** corresponde a la **Unidad I** y el **Proyecto de Diseño II (W2)** corresponde a la **Unidad II**. Ambos serán asignados para ser realizados en casa. Son de carácter individual y donde el alumno demostrará tener la capacidad de ingeniería de diseño.

XII. APOORTE DEL CURSO AL LOGRO DE RESULTADOS

El aporte del curso al logro de los resultados para el programa de ingeniería electrónica (Outcomes), se establece en la tabla siguiente:

K = clave **R** = relacionado **Recuadro vacío** = no aplica

| | | |
|-----|--|---|
| (a) | Habilidad para aplicar conocimientos de matemática, ciencia e ingeniería | K |
| (b) | Habilidad para diseñar y conducir experimentos, así como analizar e interpretar los datos obtenidos | K |
| (c) | Habilidad para diseñar sistemas, componentes o procesos que satisfagan las necesidades requeridas | K |
| (d) | Habilidad para trabajar adecuadamente en un equipo multidisciplinario | |
| (e) | Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería | K |
| (f) | Comprensión de lo que es la responsabilidad ética y profesional | |
| (g) | Habilidad para comunicarse con efectividad | |
| (h) | Una educación amplia necesaria para entender el impacto que tienen las soluciones de la ingeniería dentro de un contexto social y global | R |
| (i) | Reconocer la necesidad y tener la habilidad de seguir aprendiendo y capacitándose a lo largo de su vida | R |
| (j) | Conocimiento de los principales temas contemporáneos | |
| (k) | Habilidad de usar técnicas, destrezas y herramientas modernas necesarias en la práctica de la ingeniería | K |

XIII. HORAS, SESIONES, DURACIÓN

a) **Horas de clase:**

| Teoría | Práctica | Laboratorio |
|--------|----------|-------------|
| 2 | 2 | 2 |

b) **Sesiones por semana:** dos sesiones.

c) **Duración:** 6 horas académicas de 45 minutos

XIV. JEFE DE CURSO:

Fernando Jiménez Motte, Ph.D (c) EE, MSEEE, BSEE

XV. FECHA:

La Molina, marzo de 2017.