

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

| | | |
|--|--|---|
| ESCUELA: UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS CARRERA: INGENIERÍA MECATRÓNICA ESPECIALIDAD: COORDINACIÓN: ACADEMIA DE BÁSICAS DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO: | ASIGNATURA: CONTROL II CLAVE: IMCON20633 SEMESTRE: SEXTO CREDITOS: 8 VIGENTE: ENERO 1999 TIPO DE ASIGNATURA: TEÓRICA MODALIDAD: ESCOLARIZADA | |
| <p>FUNDAMENTACIÓN DE LA ASIGNATURA</p> <p>En la industria moderna, el control de procesos y de robots es un área importante de la ingeniería que se encuentra en constante evolución. Para obtener resultados óptimos y eficientes, es necesario utilizar tecnología de vanguardia y técnicas de diseño de sistemas de control adecuadas. El curso de Control II proporciona las bases cognoscitivas para que el alumno afronte situaciones de análisis y diseño de sistemas de control en los que se utilice una computadora y sea necesario el empleo de técnicas modernas de control.</p> <p>Entre las asignaturas antecedentes se encuentran las de Matemáticas (con temas como son las ecuaciones diferenciales, transformada de Laplace y operaciones con matrices), Modelado y Simulación y Control I (Teoría del control) y las asignaturas consecuentes son las de Mecatrónica VIII, IX y X.</p> <p>En la enseñanza de este curso se utilizarán las técnicas modernas de simulación por computadora.</p> <p style="text-align: center;">OBJETIVO DE LA ASIGNATURA</p> <p>◆ El alumno analizará y aplicará los conceptos y las técnicas de control moderno en tiempo continuo y en tiempo discreto, para el diseño de sistemas de control computarizado.</p> | | |
| TIEMPOS TOTALES ASIGNADOS: HRS/SEMESTRE: 60 HRS/SEMANA : 4 HRS/TEORÍA/SEMESTRE: 60 HRS/PRÁCTICA/SEMESTRE: 0 | PROGRAMA ELABORADO O ACTUALIZADO POR: ACADEMIA DE BASICAS DE INGENIERIA REVISADO POR: SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA APROBADO POR: C.T.C.E./ 6 DE OCTUBRE DE 1998 | AUTORIZADO POR: LA COMISIÓN DE PLANES Y PROGRAMAS DE ESTUDIO DEL C.G.C. /19 DE NOVIEMBRE DE 1998 |

No. UNIDAD: I

NOMBRE: INTRODUCCIÓN.

OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD

- El alumno clasificará los sistemas de control en sistemas continuos o digitales.
- El alumno describirá las características y ventajas de sistemas retroalimentados continuos y digitales.
- El alumno seleccionará un controlador con base en sus propiedades.

| # DE TEMA | TEMAS | INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA | H/T | H/P | E.C. | CLAVE |
|-----------|--|---|-----|-----|------|------------|
| 1.1 | Introducción. | Exposición del profesor con ayuda del pizarrón, rotafolios y acetatos. | 2 | | 2 | 3B, 4B, 5C |
| 1.2 | El lazo de control continuo y digital. | | 2 | | 2 | |
| 1.3 | Propiedades de la retroalimentación. | Realización de ejercicios escritos y de simulación en computadora por parte del alumno. | 2 | | 2 | |
| 1.4 | Estrategias de control: PID y técnicas con variables de estado. | Realización de una investigación por parte del alumno. | 2 | | 2 | |
| | | SUBTOTAL | 8 | | 8 | |

No. UNIDAD: II

NOMBRE: SEÑALES Y SISTEMAS.

OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD

- El alumno clasificará los sistemas en tiempo continuo y tiempo discreto mediante conceptos de señales y sistemas.
- El alumno ejemplificará operaciones entre señales y sistemas.

| # DE TEMA | TEMAS | INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA | H/T | H/P | E.C. | CLAVE |
|-----------|--|---|-----|-----|------|------------|
| 2.1 | Introducción. | Exposición del profesor con ayuda del pizarrón, rotafolios y acetatos. | 1 | | 1 | 1B, 3B, 2C |
| 2.2 | Señales. | Realización de ejercicios escritos y de simulación en computadora por parte del alumno. | 2 | | 2 | |
| | 2.2.1 Tipos de señales. | | | | | |
| | 2.2.2 Operaciones elementales entre señales. | | | | | |
| | 2.2.3 Generación de los diferentes tipos de señales. | | | | | |
| 2.3 | Sistemas. | Realización de una investigación por parte del alumno. | 4 | | 4 | |
| | 2.3.1 Sistemas de entrada-salida como mapeos de entrada-salida. | | | | | |
| | 2.3.2 Clasificación de sistemas: diferenciales y en diferencias. | | | | | |
| | 2.3.3 Sistemas lineales. | | | | | |
| | 2.3.4 Convolución en los sistemas y sistemas convolutivos. | | | | | |
| | 2.3.5 Estabilidad en sistemas convolutivos. | | | | | |
| | 2.3.6 Entradas armónicas y periódicas a sistemas. | | | | | |
| | 2.3.7 Interconexión de sistemas. | | | | | |
| 2.4 | Normas de señales y sistemas. | | 1 | | 1 | |
| | | SUBTOTAL | 8 | | 8 | |

No. UNIDAD: III

NOMBRE: SISTEMAS DIFERENCIALES Y DESCRIPCIÓN EN VARIABLES DE ESTADO.

OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD

- El alumno analizará los modelos diferenciales para sistemas físicos.
- El alumno identificará el concepto de variables de estado para representar sistemas diferenciales.
- El alumno resolverá las ecuaciones diferenciales de estado y analizará su estabilidad.
- El alumno evaluará diferentes representaciones de sistemas en variables de estado.

| # DE TEMA | TEMAS | INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA | H/T | H/P | E.C. | CLAVE |
|-----------|--|---|-----|-----|------|------------|
| 3.1 | Introducción. | Exposición del profesor con ayuda del pizarrón, rotafolios y acetatos. | 0.5 | | 0.5 | 1B, 3B, 2C |
| 3.2 | Modelos de sistemas continuos (diferenciales). | | 0.5 | | 0.5 | |
| 3.3 | Respuesta de sistemas diferenciales. | Realización de ejercicios escritos y de simulación en computadora por parte del alumno. | 0.5 | | 0.5 | |
| 3.4 | Estabilidad de sistemas diferenciales. | | 0.5 | | 0.5 | |
| 3.5 | Respuesta en frecuencia de sistemas diferenciales. | Realización de una investigación por parte del alumno. | 0.5 | | 0.5 | |
| 3.6 | Variables de estado. | | 0.5 | | 0.5 | |
| 3.7 | Representación en variables de estado. | | 0.5 | | 0.5 | |
| 3.8 | Solución analítica y numérica de la ecuación diferencial de estado. | | 0.5 | | 0.5 | |
| 3.9 | Formas canónicas y transformación de formas canónicas. | | 1.0 | | 1.0 | |
| 3.10 | Estabilidad de sistemas en variables de estado. | | 1.0 | | 1.0 | |
| | | SUBTOTAL | 6 | | 6 | |

No. UNIDAD: IV

NOMBRE: CONTROL DE SISTEMAS CONTINUOS EN VARIABLES DE ESTADO.

OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD

- El alumno analizará la controlabilidad y observabilidad de sistemas diferenciales de estado.
- El alumno aplicará diferentes técnicas modernas para el control de sistemas diferenciales de estado.
- El alumno seleccionará las variables de estado cuya medición directa no sea posible.

| # DE TEMA | TEMAS | INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA | H/T | H/P | E.C. | CLAVE |
|-----------|--|---|-----|-----|------|------------|
| 4.1 | Introducción. | Exposición del profesor con ayuda del pizarrón, rotafolios y acetatos. | 0.5 | | 0.5 | 1B, 3B, 2C |
| 4.2 | Propiedades de controlabilidad y observabilidad. | | 0.5 | | 0.5 | |
| 4.3 | Criterios de desempeño en variables de estado. | Realización de ejercicios escritos y de simulación en computadora por parte del alumno. | 1.0 | | 1.0 | |
| 4.4 | Estabilización y control por asignación de polos. Método Ackermann. | Realización de una investigación por parte del alumno. | 2.0 | | 2.0 | |
| 4.5 | Control óptimo. | | 1.0 | | 1.0 | |
| 4.6 | Método de Lyapunov. | | 2.0 | | 2.0 | |
| 4.7 | Estimadores de variables de estado. | | 1.0 | | 1.0 | |
| | | SUBTOTAL | 8 | | 8 | |

No. UNIDAD: V

NOMBRE: SISTEMAS EN DIFERENCIAS Y DESCRIPCIÓN EN VARIABLES DE ESTADO.

OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD

- El alumno planteará y analizará modelos en diferencias, correspondientes a sistemas físicos.
- El alumno aplicará el concepto de variables de estado para representar sistemas en diferencias.
- El alumno calculará la solución de una ecuación en diferencia de estado y analizará su estabilidad.
- El alumno describirá diferentes representaciones de sistemas en diferencias en variables de estado.

| # DE TEMA | TEMAS | INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA | H/T | H/P | E.C. | CLAVE |
|-----------|---|---|-----|-----|------|--------|
| 5.1 | Introducción. | Exposición del profesor con ayuda del pizarrón, rotafolios y acetatos. | 0.5 | 0 | 0.5 | 4B, 5C |
| 5.2 | Modelos de sistemas discretos (en diferencias). | | 0.5 | | 0.5 | |
| 5.3 | Respuesta de sistemas en diferencias. | Realización de ejercicios escritos y de simulación en computadora por parte del alumno. | 0.5 | | 0.5 | |
| 5.4 | Estabilidad de sistemas en diferencias. | | 0.5 | | 0.5 | |
| 5.5 | Respuesta en frecuencias de sistemas en diferencias. | Realización de una investigación por parte del alumno. | 1.0 | | 1.0 | |
| 5.6 | Variables de estado. | | 1.0 | | 1.0 | |
| 5.7 | Representación en variables de estado. | | 1.0 | | 1.0 | |
| 5.8 | Solución analítica y numérica de la ecuación en diferencias de estado. | | 1.0 | | 1.0 | |
| 5.9 | Formas canónicas y transformación de formas canónicas. | | 1.0 | | 1.0 | |
| 5.10 | Estabilidad de sistemas en variables en estado. | | 1.0 | | 1.0 | |
| | | SUBTOTAL | 8 | | 8 | |

No. UNIDAD: VI

NOMBRE: TRASFORMADA Z.

OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD

- El alumno calculará la transformada Z de diversas señales.
- El alumno aplicará la transformada Z de sistemas discretos.

| # DE TEMA | TEMAS | INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA | H/T | H/P | E.C. | CLAVE |
|-----------|--|---|-----|-----|------|--------|
| 6.1 | Introducción. | Exposición del profesor con ayuda del pizarrón, rotafolios y acetatos. | 0.5 | | 0.5 | 3B, 1B |
| 6.2 | Definición y propiedades de la Transformada Z. | | 1.0 | | 1.0 | |
| 6.3 | Transformada Z inversa. | Realización de ejercicios escritos y de simulación en computadora por parte del alumno. | 1.0 | | 1.0 | |
| 6.4 | Transformada Z de sistemas en diferencias. | | 1.0 | | 1.0 | |
| 6.5 | Función de transferencia discreta de sistemas en diferencias. | Realización de una investigación por parte del alumno. | 2.5 | | 2.5 | |
| 6.6 | Transformada Z de sistemas discretos en variables de estado. | | 2.0 | | 2.0 | |
| | | SUBTOTAL | 8 | | 8 | |

No. UNIDAD: VII

NOMBRE: CONTROL CLÁSICO DE SISTEMAS DISCRETOS.

OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD

- El alumno identificará el período de muestreo en un sistema de control discreto.
- El alumno aplicará técnicas clásicas discretas para el control de sistemas.
- El alumno diseñará controladores discretos a partir de controladores continuos.

| # DE TEMA | TEMAS | INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA | H/T | H/P | E.C. | CLAVE |
|-----------|---|---|-----|-----|------|--------|
| 7.1 | Introducción. | Exposición del profesor con ayuda del pizarrón, rotafolios y acetatos. | 0.5 | | 0.5 | 3B, 1B |
| 7.2 | Proceso de muestreo: Teorema de Shannon. | | 1.0 | | 1.0 | |
| 7.3 | Análisis y diseño de filtros digitales. | Realización de ejercicios escritos y de simulación en computadora por parte del alumno. | 2.0 | | 2.0 | |
| 7.4 | Criterios de desempeño. | | 1.0 | | 1.0 | |
| 7.5 | Controlador PID discreto: Diseño, sintonización e implementación en computadora digital. | Realización de una investigación por parte del alumno. | 1.5 | | 1.5 | |
| 7.6 | Discretización de controladores continuos y métodos numéricos. | | 2.0 | | 2.0 | |
| | | SUBTOTAL | 8 | | 8 | |

No. UNIDAD: VIII

NOMBRE: CONTROL DE SISTEMAS DISCRETOS EN VARIABLES DE ESTADO.

OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD

- El alumno analizará la controlabilidad y observabilidad de sistemas discretos en diferencias de estado.
- El alumno aplicará diferentes técnicas modernas para el control de sistemas discretos en diferencias de estado.
- El alumno seleccionará variables de estado cuya medición directa no sea posible.

| # DE TEMA | TEMAS | INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA | H/T | H/P | E.C. | CLAVE |
|-----------|--|---|-----|-----|------|--------|
| 8.1 | Introducción. | Exposición del profesor con ayuda del pizarrón, rotafolios y acetatos. | 0.5 | | 0.5 | 3B, 1B |
| 8.2 | Propiedades de controlabilidad y observabilidad. | | 1.0 | | 1.0 | |
| 8.3 | Estabilización y control por asignación de polos. | Realización de ejercicios escritos y de simulación en computadora por parte del alumno. | 1.0 | | 1.0 | |
| 8.4 | Control óptimo. | | 2.0 | | 2.0 | |
| 8.5 | Estimadores de variables de estado. | Realización de una investigación por parte del alumno. | 1.5 | | 1.5 | |
| | | SUBTOTAL | 6 | | 6 | |

| PERIODO | UNIDADES TEMÁTICAS | PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN | |
|---------|----------------------|---|--|
| 1° | I, II, III (3.1-3.6) | 80% EXAMEN ESCRITO + 10% TAREAS + 10% SIMULACIONES POR COMPUTADORA. | |
| 2° | II (3.6-3.10), IV, V | 80% EXAMEN ESCRITO + 10% TAREAS + 10% SIMULACIONES POR COMPUTADORA. | |
| 3° | VI, VII, VIII | 80% EXAMEN ESCRITO + 10% TAREAS + 10% SIMULACIONES POR COMPUTADORA. | |
| CLAVE | B | C | BIBLIOGRAFÍA |
| 1 | X | | KWAKERNAAK, H. AND R. SIVAN, <u>MODERN SIGNALS AND SYSTEMS</u> , EDICION UNICA, ED. PRENTICE HALL, ENGLEWOOD CLIFFS, NEW JERSEY, USA, 1991, PAGES 791 |
| 2 | | X | BOYD, S. P. AND C. H. BARRATH, <u>LINEAR CONTROLLER DESIGN: LIMITS OF PERFORMANCE</u> , EDICION UNICA, ED. PRENTICE HALL, ENGLEWOOD CLIFS, NEW JERSEY, USA, 1991, PAGES 416. |
| 3 | X | | KUO, BENJAMIN C. <u>SISTEMAS DE CONTROL DIGITAL</u> , 2° EDICIÓN, ED. COMPAÑÍA ED. CONTINENTAL S.A. DE C.V., MÉXICO, 1997, PAGES 641 |
| 4 | X | | OGATA, KATSUHIKO, <u>INGENIERÍA DE CONTROL MODERNA</u> 2° EDICIÓN, ED. PRENTICE HALL, MÉXICO, 1993, PAGES 641 |
| 5 | | X | DORF, R. C. , <u>SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL TEORÍA Y PRÁCTICA</u> , 4° EDICION , ED. ADDISON WESLEY IBEROAMERICANA, USA, 1989, PAGES 450 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |