

Programa de Control en el Espacio de Estado



Código: ELA2

Identificación y características de la Actividad Curricular

Carrera/s:	Ingeniería Electrónica		
Plan de Estudios:	2014	Caracter:	Optativa
Bloque/Campo:	Tecnologías Aplicadas	Área:	Control
Régimen de cursado:	Cuatrimestral		
Cuatrimestre:	8º [ECA]		
Carga horaria:	96 hs / 6 hs semanales	Formato Curricular:	ECE
Escuela:	Ingeniería Electrónica	Departamento:	Control
Docente responsable:	Sergio Pasterletto		

Programa Sintético

- 1: Introducción**
Modelos matemáticos. Realización de Funciones Transferencia.
- 2: Sistemas Lineales Continuos**
Ecuación de estado. Matriz de transición. Cayley-Hamilton.
- 3: Sistemas Lineales Discretos**
Ecuación de Estado discreta. Matriz de transición discreta. Autovalores discretos.
- 4: Controlabilidad y Observabilidad**
Sistemas continuos. Matriz de Controlabilidad. Matriz de Observabilidad.
- 5: Realimentación de Estado**
Sistemas continuos y discretos. Realimentación de Estado y de salida. Fórmula de Ackermann
- 6: Construcción de Observadores**
Observadores continuos. Observadores reducidos. Métodos de Luenberger y Gopinath. Observadores discretos.
- 7: Control PID en el Espacio de Estado**
Control PID. Caso general. Ecuación característica. Dinámica y error estático. Control I-PD
- 8: Control en tiempo finito**
Control en tiempo mínimo. Ubicación de autovalores. Fórmula de Ackermann.
- 9: Control y Estimación óptima**
Optimización. Control LQR. Ecuación de Riccati. Filtro de Kalman. Control LQG

Asignaturas Relacionadas

Previas: A12 – Dinámica de los sistemas físicos

Simultáneas Recomendadas: A17- Teoría de control

Posteriores:

Vigencia desde 2017

.....
Firma Profesor

.....
Fecha

.....
Firma Aprob. Escuela

.....
Fecha

Con el Aval del Consejo Asesor:

Características Generales

Proporciona al alumno los conocimientos necesarios y una adecuada orientación en el análisis y síntesis de sistemas de Control lineal (continuos y discretos), mediante el empleo de metodologías basadas en el concepto de Espacio de Estado, a partir de modelos realizados utilizando la mencionada técnica y haciendo especial énfasis en temas como "Realimentación de Estado", "Construcción de Observadores", "Control LQR" y "Filtro de Kalman".

Objetivos

Que el estudiante que haya aprobado la asignatura sea capaz de:

Interpretar y diseñar con variables de estado (continuo y/o discreto) en sistemas lineales: controladores y observadores (completos o reducidos), controladores PID e IPD en el espacio de estado, controladores en tiempo finito, controladores LQR y filtros de Kalman (reguladores y estimadores óptimos).

Contenido Temático

UNIDAD I: Introducción

Sistemas de Control. Clasificación. Metodologías. Concepto de Control. Concepto de Estado. Modelos matemáticos. Realización de Funciones Transferencia. Formas canónicas de Controlabilidad y Observabilidad.

UNIDAD II: Sistemas Lineales Continuos

Ecuación de estado continua. Solución de la ecuación de estado. Matriz de transición. Propiedades. Teorema de Cayley-Hamilton. Formas Canónicas diagonal y de Jordan. Transformaciones lineales. Estabilidad.

UNIDAD III: Controlabilidad y Observabilidad

Controlabilidad y Observabilidad en Sistemas continuos. Matriz de Controlabilidad. Matriz de Observabilidad. Cancelación de polos y ceros. Controlabilidad y Observabilidad utilizando representaciones canónicas. Propiedades de la Controlabilidad y Observabilidad. Descomposición canónica de Kalman.

UNIDAD IV: Sistemas Lineales Discretos

Ecuación de Estado discreta. Matriz de transición discreta. Caso de entradas constantes durante el intervalo de muestreo. Relación entre autovalores continuos y discretos. Estabilidad. Utilización de la transformada Z en la representación de Estado. Controlabilidad y Observabilidad en Sistemas discretos.

UNIDAD V: Realimentación de Estado

Ley de Control en Sistemas continuos. Ley de Control en Sistemas discretos. Realimentación de Estado y realimentación de salida. Ubicación de autovalores. Efecto de la cancelación de polos y ceros. Método directo. Fórmula de Ackermann y diseño de la matriz de realimentación.

UNIDAD VI: Construcción de Observadores

Observadores continuos. Dualidad: Controlabilidad-Observabilidad. Principio de separación. Realimentación mediante un observador. Observadores reducidos. Método de Luenberger. Método de Gopinath. Observadores discretos. Observadores predictivos y actuales. Fórmula de Ackermann y diseño del observador.

UNIDAD VII: Control PID en el Espacio de Estado

Control PID con variables de estado. Caso general. Ecuación característica. Dinámica y error estático. Control I PD con realimentación de estado. Caso discreto. Comparación.

UNIDAD VIII: Control en tiempo finito

Controladores en tiempo finito y mínimo. Ubicación de autovalores. Fórmula de Ackermann. Caso de entradas acotadas. Caso de entradas tipo escalón. Caso de Sistemas con error final. Influencia del período T. Observadores de tiempo finito.

UNIDAD IX: Control y Estimación óptima

Control óptimo. Funcional costo. Sistemas lineales de costo cuadrático. Método de Liapunov. Aplicación a la optimización de parámetros. Control LQR. Ecuación de Riccati. Realimentación. Estabilidad. Robustez. Control con tiempo final. Filtro de Kalman. Control LQG.

Modalidades de enseñanza-aprendizaje

Se desarrollan clases teóricas por unidad temática con planteo de problemas tipo (clases grupales) se brinda al alumno una guía de problemas con dificultades crecientes a resolver con apoyo docente. Superada esta etapa el alumno está en condiciones de interpretar las consignas para encarar las actividades enmarcadas en la fase de formación experimental. En la siguiente etapa el alumno trabaja individualmente en el laboratorio de informática donde diseña y simula un problema real de ingeniería, presentando un informe por tema. El alumno cuenta, además de la correspondiente bibliografía, con clases de apoyo y consultas

Actividades de Formación Práctica

Realización de trabajos prácticos en el laboratorio de informática, utilizando Matlab y Simulink como herramienta informática para el desarrollo de los mismos.

Nº	Título	Descripción
1 -	Controlabilidad y Observabilidad	Estudio de los sistemas continuos ante cancelaciones
2 -	Realimentación de Estados	Diseño de realimentaciones en sistemas cont. y discretos
3 -	Diseño de Observadores	Diseño de observadores en sistemas cont. y discretos
4 -	Control PID/IPD	Diseño de controladores IPD en sistemas cont. y discretos
5 -	Control en tiempo finito	Diseño de controladores discretos en tiempo finito
6 -	Control LQR	Diseño de controladores LQR y filtro de Kalman

Evaluación

Se publica al principio del cuatrimestre el método de evaluación y las condiciones de cursado, promoción y aprobación en mesa de examen. Las etapas de evaluación son: dos parciales teórico práctico, coloquio con la presentación del informe de cada uno de seis trabajos prácticos, evaluación continua en la formación experimental, eventual recuperatorio de uno de los parciales, eventual recuperatorio del coloquio e informe de los trabajos prácticos y coloquio globalizador final.

Criterios de evaluación que se aplican:

Requisitos de promoción: Tener un 80% como mínimo de asistencia a las actividades de formación experimental, aprobación de cada uno de los coloquios e informes de los Trabajos Prácticos, aprobación de los dos parciales, o el recuperatorio de uno de ellos y aprobación del coloquio globalizador final.

Distribución de la carga horaria

Presenciales

Teoría		36	hs
Práctica	Experimental de laboratorio	30	hs
	Experimental de Campo		hs
	Resolución de Problemas y Ejercicios	30	hs
	Problemas abiertos de ingeniería		hs

	Actividades de Proyecto y Diseño	hs
	Práctica Profesional Supervisada	hs
hs	Total	96
Evaluaciones	9	hs
Dedicadas por el alumno fuera de clase		
	Preparación Teórica	15 hs
	Preparación Práctica	15 hs
	Elaboración y redacción de informes, trabajos, presentaciones, etc.	15 hs

Bibliografía básica

- Levin, W.(Editor): The Control Handbook.CRC Press - IEEE Press.
- Ogata, K. Sistemas de Control en tiempo discreto (2º edición) Prentice-Hall
- Ogata, K. Designing Linear Control systems with MATLAB-Matlab C. Series-
- Ogata, K. Ingeniería de Control Moderno (3era edición) Prentice-Hall
- Kuo, B. Sistemas de Control Automático (7 Edición).Prentice-Hall.
- Brian D.O. Anderson and John B. Moore. “Optimal Control: Linear Quadratic Methods”, New Jersey, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Strejc, V. State Space theory od discrete linear Control. John Wiley.
- Leonard, N. ; Levine, W. : Using MATLAB to analyze and design Control Systems-Benjamin Cummings
- Franklin, G.; Powel, J.; Enami-Naemi, A. Control de sistemas dinámicos con realimentación. Addison Wesley M.
- Apuntes de la cátedra, página web del campus virtual Escuela de Ing. Electrónica

Bibliografía complementaria

- Cadzwow, J. y Martens, H.: Discrete time and computer control systems - (Prentice Hall)
- Ogata, K.: State Space Analysis of Control Systems - (Prentice Hall)
- Simon,D: Optimal State Estimation: Kalman, H Infinity, and Nonlinear Approaches - (Wiley)
- Catlin, D: Estimation, Control, and the Discrete Kalman Filter - (Applied Mathematical Sciences) (Springer-Verlag)
- Kirk, D. Optimal Control Theory. New Sersey. Prentice Hall
- C.K. Chui and G.Chen. ” Kalman Filtering with real-time applications”, New York Springer – Verlag
- M.S. Grewall, and A.P. Andrews. “Kalman Filtering: “Theory and Practice” , New York, Prentice-Hall., Englewood Cliffs.

Recursos web y otros recursos

Se utilizan diapositivas para el desarrollo de las clases teóricas. Se realizan TP´s, simulando sistemas de control en el Laboratorio de Informática de la Escuela de Ing. Electrónica con los programas MATLAB y SIMULINK. Se mantiene un permanente contacto con los alumnos a través de la página del Campus virtual de la Escuela de Ing. Electrónica, donde se encuentra toda la información necesaria para acceder a los apuntes de la asignatura, trabajos prácticos, ejercicios, etc. para cursar la materia.

Cronograma de actividades

Semana	Unidad	Tema	Actividad
1	Unidad I y II	Introducción y Sistemas lineales continuos	Clases de teoría y práctica
2	Unidad III	Sistemas lineales discretos	Clases de teoría y práctica
3	Unidad IV	Controlabilidad y Observabilidad	Clases de teoría y práctica
4	Unidad IV	Controlabilidad y Observabilidad	Realización de TP en Lab.
5	Unidad V	Realimentación de estado	Clases de teoría y práctica
6	Unidad V	Realimentación de estado	Realización de TP en Lab
7	Unidad VI	Construcción de observadores	Clases de teoría y práctica
8	Unidad VI	Construcción de observadores	Realización de TP en Lab
9	Primer parcial de la asignatura		
10	Unidad VII	Control PID	Clases de teoría y práctica
11	Unidad VII	Control PID	Realización de TP en Lab
12	Unidad VIII	Control en tiempo finito	Clases de teoría y práctica
13	Unidad VIII	Control en tiempo finito	Realización de TP en Lab
14	Unidad IX	Control LQR	Clases de teoría y práctica
15	Unidad IX	Control LQR	Realización de TP en Lab
16	Segundo parcial de la asignatura y recuperatorio		