



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

PROYECTO DOCENTE CURSO: 2005/06

14661 - REGULACIÓN AUTOMÁTICA

**ASIGNATURA:** 14661 - REGULACIÓN AUTOMÁTICA

**CENTRO:** Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles

**TITULACIÓN:** Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Electrónica Industrial

**DEPARTAMENTO:** INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

**ÁREA:** Ingeniería De Sistemas Y Automática

**PLAN:** 10 - Año 2001 **ESPECIALIDAD:**

**CURSO:** Tercer curso

**IMPARTIDA:** Primer cuatrimestre

**TIPO:** Troncal

**CRÉDITOS:** 9

**TEÓRICOS:** 6

**PRÁCTICOS:** 3

### Descriptor B.O.E.

Sistemas de regulación automática. Análisis temporal y frecuencial de señales y sistemas. Muestreo y reconstrucción de señales. Modulación y filtrado. Diseño de reguladores. Filtros digitales.

### Temario

PRIMERA PARTE. REGULACIÓN AUTOMÁTICA DE SISTEMAS CONTINUOS (T:40 Horas + P:15 Horas)

BLOQUE TEMÁTICO I. Análisis básicos de sistemas de control (9 Horas)

TEMA 1: Fundamentos de la teoría de sistemas (1 Hora)

Introducción. Planta. Variable de control. Variable de salida. Perturbación. Sistemas en bucle abierto. Sistemas en bucle cerrado. Realimentación. Consigna. Regulador. Clasificación de sistemas: Continuos, discretos, lineales, no lineales.

TEMA 2: Transformada de Laplace (1,5 Horas)

Concepto de transformación. Transformada de Fourier.

Transformada de Laplace. Definición. Propiedades. Transformada inversa. Transformada de Laplace de funciones típicas.

TEMA 3: Introducción al modelado. (1,5 Horas)

Ecuaciones dinámicas del proceso. Normalización. Linealización de modelos. Sistemas de primer orden.

Sistemas segundo orden. Retardo.

TEMA 4: Descripción externa de un sistema. (1,5 Horas)

Función de transferencia. Diagrama de bloques. Reducción de sistemas. Ecuación característica. Diagrama Cero-Polar.

Plano S.

TEMA 5: Representación de sistemas de regulación (2 Horas)

Sistemas en bucle cerrado. Diagramas de flujo de señal.

Formula general de Mason.

TEMA 6: Función de transferencia de algunos elementos y sistemas físicos (1,5 Horas)

Sistemas eléctricos. Sistemas mecánicos: rotación y traslación. Sistemas electromecánicos. Sistemas térmicos.

Sistemas de nivel de líquidos. Sistemas de presión.

**BLOQUE TEMÁTICO II: Sistemas continuos de control. Análisis temporal (16,5 + 9 Horas)**

**TEMA 7: Análisis en el dominio del tiempo (1 Hora)**

Respuesta estacionaria y transitoria. Señales de entrada normalizada. Sistemas de primer orden. Función de transferencia normalizada. Respuesta temporal. Cero adicional.

**TEMA 8: Sistemas de segundo orden (1,5 Horas)**

Sistemas de segundo orden. Función de transferencia normalizada. Respuesta a un escalón. Caracterización de la respuesta transitoria.

**PRÁCTICA 1: Análisis de sistemas continuos en bucle abierto. Respuesta temporal (3 Horas)**

**TEMA 9: Sistemas de segundo orden con ceros y polos adicionales (1 Hora)**

Sistemas de segundo orden con cero adicional. Sistemas con retardo. Acciones básicas de control.

**PRÁCTICA 2: Acciones básicas de control (3 Horas)**

**TEMA 10: Sistemas de orden superior (2 Horas)**

Sistemas de orden superior. Estabilidad. Criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.

**TEMA 11: Errores en régimen permanente (1 Hora)**

Sistema realimentado. Errores en régimen permanente. Señales de entrada normalizada. Tipo de un sistema. Coeficientes estáticos de error. Sistemas con realimentación no unitaria.

**TEMA 12: Sensibilidad e introducción a la optimización (2 Horas)**

Sensibilidad y rechazo a perturbaciones. Índices de comportamiento. Condición óptima y diseño.

**TEMA 13: Conceptos y reglas de trazado del Lugar de las Raíces (2 Horas)**

Exposición y deducción de las reglas de trazado.

**TEMA 14: Análisis en el Lugar de las Raíces (6 Horas)**

Análisis de sistemas realimentados utilizando el Lugar de las Raíces. Estabilidad absoluta y relativa. Adición de Polos y Ceros. Trazado en sistemas con retardo. Efectos de las variaciones de otros parámetros: Contorno de las raíces.

**PRÁCTICA 3: Software para el análisis de sistemas continuos de control (3 Horas)**

**BLOQUE TEMÁTICO III: Sistemas continuos de control. Análisis frecuencial (7 + 3 Horas)**

**TEMA 15: Representación gráfica y respuesta en frecuencia (4 Horas)**

Respuesta de un sistema lineal frente a una entrada senoidal. Representación gráfica. Diagrama de Bode. Diagrama Polar. Diagrama de Black. Diagrama Polar para sistemas con retardo. Relación entre el diagrama Bode y el diagrama Polar.

**TEMA 16: Estabilidad en el plano Nyquist (1 Hora)**

Teorema de la transformación. Criterio de estabilidad de Nyquist. Criterios de estabilidad de Nyquist los sistemas con retardo.

**TEMA 17: Estabilidad relativa (1 Hora)**

Trayectoria de Nyquist modificada. Margen de ganancia y fase. Ancho de banda y frecuencia de corte.

**TEMA 18: Criterio de estabilidad de Black y Nichols (1 Hora)**

Respuesta en frecuencia de sistemas con realimentación unitaria. Lugares de Magnitud constante. Lugares de fase constante. Diagrama Nichols.

**PRÁCTICA 4: Análisis de sistemas continuos de control. Respuesta en frecuencia (3 Horas)**

**BLOQUE TEMÁTICO IV: Técnicas de diseño y compensación de sistemas continuos. (7,5 + 3 Horas)**

**TEMA 19: Diseño basado en el Lugar de las Raíces (4 Horas)**

Especificaciones en el Lugar de las Raíces. Controlador proporcional. Controlador por Avance de fase. Controlador por Retraso de fase. Controladores (PD,PI,PID). Controladores por Avance-Retraso de fase. Dificultades en el diseño del Lugar de las Raíces.

**TEMA 20: Diseño basado en el dominio de la frecuencia (3 Horas)**

Especificaciones en el dominio de la frecuencia. Controlador proporcional. Controlador por Avance de fase.

Controlador por Retraso de fase. Controladores por Avance-Retraso de fase. Controladores (PD,PI,PID). Dificultades en el diseño en el dominio de la frecuencia.

TEMA 21: Otros métodos de diseño (0,5 Horas)

Métodos de Ziegler-Nichols. Métodos analíticos: Truxal, algebraico.

PRÁCTICA 5: Diseño de reguladores en sistemas continuos (3 Horas)

SEGUNDA PARTE. REGULACIÓN AUTOMÁTICA DE SISTEMAS DISCRETOS (T:20 Horas + P:15 Horas))

BLOQUE TEMÁTICO I: Sistemas discretos de control (9 + 4 Horas)

TEMA 1: El computador como elemento de control (1 Hora)

Señales muestreadas. Configuración de control por computador. Bucle elemental de control por computador.

TEMA 2: Sistemas discretos (1,5 Horas)

Estabilidad de sistemas discretos. Muestreo ideal de sistemas continuos. Secuencias. Transformada de Laplace de una secuencia. Cuantificación y errores debido a la precisión del computador.

TEMA 3: Transformada z (1 Hora)

Definición de la Transformada z. Propiedades. Teoremas y transformadas comunes. Transformada inversa.

TEMA 4: Muestreo y reconstrucción de señales (2 Horas)

Teorema del muestreo. Modelado de sistemas en tiempo discreto. Función de transferencia discreta. Diagrama de bloques. Reconstrucción de una señal. Bloqueador de orden cero. Discretización de sistemas continuos. Transformación del Plano S al Plano Z.

TEMA 5: Estabilidad de sistemas discretos y muestreados (1 Hora)

Estabilidad y polos de la función de transferencia discreta. Estabilidad mediante transformación bilineal y criterio de Routh. Estudio de la estabilidad mediante el método de Jury.

TEMA 6: Análisis dinámico (0,5 Horas)

Sistemas de primer orden y segundo orden. Lugares geométricos en el Plano Z. Polos y ceros adicionales.

TEMA 7: Sistemas realimentados (1,5 Horas)

Análisis en régimen permanente. Errores en régimen permanente. Tipo de un sistema y constantes de error.

Técnicas del lugar de las raíces.

TEMA 8: Análisis en el dominio de la frecuencia (0,5 Horas)

Respuesta en frecuencia de sistemas discretos. Análisis de la estabilidad en el dominio de la frecuencia.

PRÁCTICA 1: Software para el análisis de sistemas discretos de control (4 Horas)

BLOQUE TEMÁTICO II: Técnicas de diseño y compensación de sistemas discretos. (6 + 8 Horas)

TEMA 9: Discretización de reguladores continuos (2 Horas)

Especificaciones. Selección del período de muestreo en control digital. Aproximaciones discretas de sistemas continuos. Aproximación del regulador PID. Transformación Bilineal. Equivalencia bloqueador muestreados. Mapeado de polos ceros. Comparación de los métodos.

TEMA 10: Técnicas clásicas de diseño de reguladores discretos (2 Horas)

Método del Lugar de las Raíces. Cálculo de los parámetros con el Lugar de las raíces. Métodos frecuenciales de diseño.

PRÁCTICA 2: Control digital de velocidad con regulador proporcional/integral (2 Horas)

PRÁCTICA 3: Control digital de posición con realimentación velocidad (2 Horas)

TEMA 11: Diseño de reguladores discretos mediante el método directo (2 Horas)

Método de Truxal. Condición de realización física.

Estabilidad y saturación. Sistemas en tiempo finito.

PRÁCTICA 4: Software para el diseño de sistemas discretos de control (4 Horas)

BLOQUE TEMÁTICO III: Análisis de sistemas de control no lineal. (5 + 3 Horas)

TEMA 12: Introducción a los sistemas no lineales (0,5 Horas)

Introducción a los sistemas de control no lineal

Sistemas de control no lineal. Funciones descriptivas.

TEMA 13: Aplicaciones de la función descriptiva (0,5 Horas)

Análisis de sistemas no lineales mediante la función descriptiva. Ciclos límites. Criterio de Loeb. Respuesta en lazo cerrado.

TEMA 14: Análisis con el plano fase (0,5 Horas)

Análisis de sistemas de control lineal con el plano fase.

Análisis de sistemas de control no lineal con el plano fase. Puntos singulares. Ciclos límites. Método de Hamel.

Lugar de Tsytkin.

TEMA 15: Aplicaciones del plano fásico (0,5 Horas)

Sistema no lineal con saturación. Sistema no lineal con zona muerta. Sistema no lineal de fricción seca. Sistema no lineal de servosistemas con huelgo.

TEMA 16: Análisis de la estabilidad de sistemas por el método de Lyapunov (2 Horas)

Funciones de energía de Lyapunov. Formas cuadráticas.

Estabilidad en el sentido de Lyapunov. Estabilidad asintótica.

TEMA 17: Generación de funciones de Lyapunov (1 Hora)

Método del gradiente variable. Método de Krasovskii's.

Generación de funciones de Lyapunov de los sistemas lineales invariantes.

PRÁCTICA 5: Software para el análisis de sistemas no lineales (3 Horas)

## Conocimientos Previos a Valorar

Cálculo matemático (ecuaciones diferenciales, integración, cálculo matricial...)

## Objetivos

Los objetivos principales se pueden enumerar en los siguientes: Capacitar al alumno para el análisis estático y dinámico de los sistemas continuos y discretos. El estudio incide más en el dominio del tiempo por ser el más intuitivo y utilizado. Introducir al alumno en los conceptos básicos del diseño de reguladores en los sistemas continuos y discretos. Presentar las posibilidades y el manejo de software para simulación, análisis y diseño de sistemas de control. Introducir al alumno a las técnicas clásicas de análisis de sistemas de control no lineal.

## Metodología de la Asignatura

El desarrollo de las clases será el siguiente: 1. cuatro horas semanales en el aula: clases teóricas, ejercicios numéricos y presentación y discusión de casos de aplicación 2. dos horas adicionales de clases prácticas de aplicaciones con ordenadores y equipos específicos, en el laboratorio.

## Evaluación

Para superar la asignatura se exige: a) Aprobar el examen escrito b) Aprobar un trabajo práctico de análisis y diseño de sistemas de control. El alumno entregará una memoria por escrito y se evaluará desde el punto de vista práctico (con el ordenador) y teórico. Si el trabajo no se califica como apto ha de ser reelaborado y presentado de nuevo en siguientes convocatorias. c) La nota final se obtendrá como media ponderada de la calificación del examen escrito (75%) y el trabajo obligatorio (25%). Es imprescindible haber obtenido un mínimo de un 5 puntos en cada una.

## Descripción de las Prácticas

### PRIMERA PARTE (15 Horas)

PRÁCTICA 1: Análisis de sistemas continuos en bucle abierto. Respuesta temporal (3 Horas)

PRÁCTICA 2: Acciones básicas de control (3 Horas)

PRÁCTICA 3: Software para el análisis de sistemas continuos de control (3 Horas)

PRÁCTICA 4: Análisis de sistemas continuos en bucle abierto. Respuesta frecuencial (3 Horas)

PRÁCTICA 5: Diseño de reguladores en sistemas continuos (3 Horas)

### SEGUNDA PARTE (15 Horas)

PRÁCTICA 1: Software para el análisis de sistemas Discretos de control (4 Horas)

PRÁCTICA 2: Control digital de velocidad mediante regulador proporcional/integral (2 Horas)

PRÁCTICA 3: Control digital de posición con realimentación de velocidad (2 Horas)

PRÁCTICA 4: Software para el diseño de sistemas discretos de control (4 Horas)

PRÁCTICA 5: Software para el análisis de sistemas no lineales (3 Horas)

## Bibliografía

### [1] Sistemas automáticos de control /

*Benjamin C. Kuo.*

*Compañía Editorial Continental,, México : (1989) - (4ª reimp.)*

968-26-0400-1

### [2] Sistemas de control digital: análisis y diseño /

*Charles L. Phillips, H. Troy Nagle.*

*Gustavo Gili,, Barcelona : (1987)*

9688870706

### [3] Regulación automática /

*E. Andrés Puente.*

*Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales,, Madrid : (1989)*

84748400900bc\*

### [4] Sistemas de control en tiempo discreto /

*Katsuhiko Ogata.*

*Prentice Hall Hispanoamericana,, México : (1996) - (2ª ed.)*

9688805394

### [5] Ingeniería de control moderna /

*Katsuhiko Ogata ; traduccion y adaptacion Bartolome Fabian-Frankel.*

*Prentice Hall Internacional,, Englewood Cliffs (New Jersey) : (1982) - ([8a reimp.].)*

842370470X

## Equipo Docente

**ALEXIS JORGE LÓPEZ PUIG**

(COORDINADOR)

**Categoría:** PROFESOR ASOCIADO LABORAL

**Departamento:** INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

**Teléfono:** 928452858 **Correo Electrónico:** alopez@diea.ulpgc.es

**WEB Personal:** <http://www.personales.ulpgc.es/alopez.diea>