



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA  
GRUPO DE CONTROL AUTOMATICO  
FONO : (56-2) 978-4207 FAX : (56-2) 672-0162  
AV. TUPPER 2007 - CASILLA 412-3 - SANTIAGO - CHILE

### **EL 32D ANALISIS Y MODELACION DE SISTEMAS DINAMICOS**

**REQUISITOS:** EL 31A y MA 34A

**DH:** (4-2-4) 10 UD

#### **OBJETIVOS GENERALES:**

- Comprender los fundamentos de la teoría de sistemas y de su modelación.
- Aplicar métodos y técnicas básicas de modelación de sistemas.
- Aplicar métodos y técnicas de análisis de sistemas dinámicos, tanto de tiempo continuo como discreto, para determinar su comportamiento ante estímulos determinísticos y estocásticos.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Obtener modelos matemáticos de diferentes procesos físicos característicos de distintas ramas de la ingeniería.
- Formular y resolver sistemas en variables de estado y de entrada-salida, tanto para sistemas de tiempo continuo y discreto, como en ambientes determinísticos y estocásticos.
- Estudiar estabilidad, controlabilidad y observabilidad de sistemas dinámicos.

#### **CONTENIDOS:**

#### **Hrs.de Clases**

- Introducción** **4**  
Conceptos básicos de la teoría de sistemas. Clasificación de sistemas. Modelación y clasificación de modelos.
- Modelación de Sistemas** **8**  
Métodos de modelación. Leyes de conservación. Principio de mínima acción. Ejemplos de aplicación. Analogías y aplicaciones. Aspectos generales de identificación. Linealización de sistemas. Linealización de sistemas en torno a un punto y a una trayectoria.
- Fundamentos de la Teoría de Sistemas** **8**  
Nociones básicas de sistemas. Notación y definiciones. Propiedades y conceptos relativos al estado. Estado de un sistema. Equivalencia de estados y sistemas. Tipos de estados y respuestas. Estado de interconexión de sistemas. Ecuaciones de estado de sistemas de tiempo continuo. Nociones básicas de sistemas en tiempo discreto. Ecuaciones de diferencia. Solución a la ecuación homogénea. Invariabilidad de sistemas. Nociones básicas y concepto de invariabilidad. Propiedades y pruebas de invariancia en el tiempo. Linealidad de sistemas. Definición de linealidad y propiedades básicas. Pruebas de linealidad.
- Análisis de Sistemas Lineales de Tiempo Continuo** **8**  
Respuesta a entrada cero, funciones base y matriz de transición de estado. Respuesta a estado cero y respuesta al impulso. Función de transferencia (Transformada bilateral de Laplace) Formulación de sistemas diferenciales en ecuaciones de estado. Elección y transformación de estados. Resolución de ecuaciones de estado. Formas canónicas del estado. Determinación del Sistema Diferencial a partir de las ecuaciones de estado.
- Análisis Sistemas Lineales de Tiempo Discreto** **8**  
Respuesta a entrada cero, series base y matriz de transición de estado. Respuesta a estado cero y respuesta al pulso. Transformada Z de sucesiones de muestras de señales. Definición y propiedades. Relación entre la transformada Z y la de Laplace. Transformada Z de funciones discretas simples. Operador retardo y su relación con el operador z. Aplicación a la resolución de ecuaciones de diferencia. Suma de convolución y función de transferencia discreta o de pulso. Formulación de ecuaciones de diferencia en ecuaciones de estado. Elección y transformación de estados.

Resolución de ecuaciones de estado discretas. Formas canónicas del estado. Determinación de la ecuaciones de diferencia a partir de las ecuaciones de estado.

6. Controlabilidad Observabilidad y Estabilidad de Sistemas

8

Controlabilidad de Sistemas. Definición de controlabilidad para sistemas de tiempo discreto. Estados controlables y no controlables. Extensión del concepto a sistemas de tiempo continuo. Criterios de controlabilidad. Control por realimentación de estado. Observabilidad de Sistemas. Definición de observabilidad de sistemas de tiempo discreto. Estados observables y no observables. Extensión del concepto a sistemas de tiempo continuo. Criterios de observabilidad. Observadores de estado. Principio de separación. Estabilidad de Sistemas. Definición de estabilidad según Lyapunov. Estabilidad de sistemas lineales invariantes en el tiempo (Criterio de Routh-Hurwitz). Primer método de Lyapunov. Funciones de Lyapunov. Segundo método de Lyapunov (Método directo).

7. Análisis de Sistemas Lineales con Entradas Estocásticas

16

Repaso de variables aleatorias. Funciones de v.a. Momentos y momentos condicionales. Estimación de mínimos cuadrados. Principio de ortogonalidad. Repaso de procesos estocásticos de tiempo continuo y discreto. Procesos estocásticos, estacionarios y ergódicos. Funciones de autocorrelación, de correlación cruzada y espectro de potencia. Teorema de Wiener - Jinchin. Sistemas lineales con entradas estocásticas en sistema de tiempo continuo y discreto. Relaciones entre funciones de correlación y espectro de potencia de las señales de entrada, salida y la función de transferencia del sistema. Introducción a la estimación lineal cuadrática media. Introducción al Filtro de Kalman en versiones de tiempo continuo y discreto..

**BIBLIOGRAFÍA:**

1. Antsaklis, P. Y A. Michel. **Linear Systems**. McGraw-Hill, 1997.
2. Chen C.T. **Linear System Theory**. Holt, Rinehart and Winston, 2 Ed. 1984.
3. Canales R. y R. Barrera, **Análisis de sistemas dinámicos y control automático**, Limusa, 1977.
4. Duarte M., **Apuntes de Clases**, 1989-2005
5. González G.D., Sáez D.. **Apuntes de Clases**, 1997-8
6. Himmelblau D.M. and Bischoff K.B., **Process Analysis and Simulation: Deterministic Systems**. John Wiley, 1968
7. Himmelblau D.M. and Bischoff K.B., **Process Analysis by Statistics Methods**. John Wiley, 1970.
8. Kailath T., **Linear Systems**. Prentice Hall, 1980
9. Ljung, L., **Modeling of Dynamic Systems**, New Jersey: PTR Prentice Hall, 1994
10. McGillem C.D. y G.R. Cooper, **Continuous and discrete signal and systems analysis**, Holt, Rinehart y Winston, 1974.
11. Ogata, K.O., **State Space Analysis of Control Systems**. Eng. Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1967
12. Papoulis, A., **Probability, Random Variables, and Stochastic Processes**. New York, NY: McGraw-Hill, 2 Ed., 1984.
13. Saucedo, R. y Schiring, E.E., **Introduction to Continuous and Digital Control**., NY: Mac Millan, 1968.
14. Takahashi, Y.; Rabins, M.J. y Auslander, D.M., **Control and Dynamics Systems**. Reading, MA: Addison Wesley, 1970.
15. Vásquez, G., **Introducción a la Teoría de Probabilidades y Variables Aleatorias**. Santiago: Depto. de Ingeniería Eléctrica, U. de Chile, Publicación T(P)/1, 1982.
16. Wiberg, D. M., **Espacio de Estado y Sistemas Lineales**. Schaum, Mac Graw-Hill, 1973.
17. Zadeh L.A. and Desoer C.A., **Linear System Theory: The State Space Approach**, Mac Graw-Hill, 1963.