



## **Control Digital**

### **Objetivos propuestos por la ordenanza 1199**

Adquirir los conocimientos y manejo de técnicas de control de sistemas en tiempo discreto.

### **Contenidos propuestos por la ordenanza 1199**

- *Sistemas muestreados*
- *Función de transferencia pulso*
- *Modelos discretos determinísticos*
- *Realización de sistemas de control en tiempo discreto*
- *Diseño de controladores*
- *Aplicaciones industriales*
- *Aplicación de un sistema MIMO 2E/2S*

### *Prerrequisitos*

- *Control Lineal*
- *Procesamiento de Señales Sistemas e Imágenes*

**Carga horaria** 45 hs

**Docente:** *Dr. Jorge C. Vaschetti*

### **Programa analítico**

#### **Unidad 1 - Sistemas muestreados**

*Introducción al control digital - Definiciones iniciales - Ventajas y desventajas del control digital - Por qué una teoría especial - Dependencia del tiempo - Armónicas superiores - Control de tiempo finito - Solución iterativa – Métodos de discretización - Efecto del retenedor de orden cero - Funciones Matlab c2d, d2c, transferencia, etc. – Discretización de un controlador PID - Diseño de un control digital a partir de uno continuo – Principales resultados de la Transformada Z - Empleo de Sistol - Simulación con Matlab y/o Simulink.*

#### **Unidad 2 - Análisis y diseño por métodos convencionales**

*Correspondencia del plano  $s$  con el plano  $z$  - Lugar del factor de amortiguamiento constante - Lugar de la frecuencia constante - Lugar de zita constante - Lugar de frecuencia constante - Lugar de frecuencia y zita constante - Un abordaje con Matlab - Análisis de la estabilidad en  $z$  - La transformada bilineal en el estudio de la*



estabilidad - Criterio de Jury - Análisis del error de estado estacionario - Error al escalón - Error a la rampa - Error a la parábola - Lugar de raíces - Resumen de propiedades - Diseño con el lugar de raíces - Compensación en adelanto - Compensación en atraso - El criterio de Nyquist – El criterio de transformación bilineal, el abordaje Matlab - Diseño en dominio de la frecuencia con transformada bilineal – Criterios de compensación con Bode de atraso y adelanto.

### **Unidad 3: Técnicas con variables de estado**

Análisis del muestreo - Solución de la ecuación de estado en tiempo discreto - Función de transferencia - Cálculo de G y H - Transformación inversa - Transformación de los modelos de estado - Observabilidad - Controlabilidad – Alcanzabilidad - Formas observables y controlables - Muestreo con retardo temporal - Retardos temporales más largos que T - Análisis y diseño de Liapunov - Diseño por la asignación de polos – Control de tiempo finito - Estimación de estados – Sensibilidad y robustez.

### **Unidad 4: Control MIMO – Aplicaciones (2E/2S)**

Análisis del control MIMO básico a lazo cerrado – Modelos- Estabilidad del lazo cerrado MIMO – Respuestas a un escalón – Aplicaciones de técnicas SISO a sistemas MIMO – Control descentralizado – Conversión de un problema MIMO en un diseño SISO – Desacoplamientos – Estabilización de sistemas desacoplados – Costos del desacople – Casos.

### **Unidad 5: Control óptimo**

Comparativa de diseño de controladores de estado lineales. Entrada-salida. Espacio de estados. Metodologías de diseño más utilizadas: asignación de polos y controlador de tiempo finito. Regulador óptimo lineal determinístico. Principio de optimalidad de Bellman y Multiplicadores de Lagrange. Cálculo del controlador LQR. Ejemplo de tres etapas. Solución al problema del regulador óptimo lineal determinístico. Principio de certeza equivalente. Referencia distinta de cero. Ejemplo práctico.

### **Bibliografía:**

- Material de la cátedra: Dr. Ing. Víctor Sauchelli y Dr. Julián Pucheta.
- SAUCHELLI VICTOR, "Introducción a los Sistemas de Control Digital" - Ed. Universitat – 2004.
- OGATA KATSUHIKO, "Sistemas de Control en Tiempo Discreto" Ed. Prentice Hall – 1996
- PHILLIPS C.L. – NAGLE T.H "Digital System Analysis and Design" 3ra Ed. 1999 Prentice Hall.
- GOODWIN G.C. – GRAEBE S.F. – SALGADO M.E. "Control System Design" Ed. Prentice Hall – 2001.



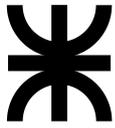
- ALBERTOS P. – SALAS A. “Multivariable Control Systems: An Engineering Approach” Ed. Springer – 2004.

### **Bibliografía Complementaria**

- OGATA KATSUHIKO, "Ingeniería del Control usando Matlab" - Ed. Prentice Hall 1999
- KUO B. "Sistemas de Control Digital " Ed. Continental SA Mexico - 1997
- ASTRÖM, K-BJÖRN W. Computer Controlled System-Theory and Design- Edición de Prentice Hall-1982.
- PHILLIPS C. - TROY NAGLE N. “Sistemas de control Digital - Análisis y Diseño”. Ed. Prentice Hall 1990/1998 1ra y 2da edición.
- PROAKIS JOHN - MANOLAKIS DIMITRIS, " Tratamiento digital de señales" Ed. Prentice Hall 1998
- INGLE K VINAY - PROAKIS JOHN, " Digital Signal Proccessing" Ed. PWS Publishing Company 1997.
- COOK PA. “Nonlineal Dynamical Systems”. Edición de Prentice Hall-1994.
- DAZZO J. J. - HOUPPIS C.H. “Sistemas lineales de control” Análisis y diseño convencional y moderno Ed. Paraninfo Madrid 1977
- KUO B. - HANSELMAN D. "Matlab Tools for Control System Analysis and Design" Ed. Prentice Hall - 1994.
- MONROY OLIVARES C. “Teoría del caos” Ed. Alfaomega SA – Méjico 1997.
- OGATA KATSUHIKO, “Dinámica de sistemas” Ed. Prentice Hall Ispanoamérica 1993
- OGATA Katsuhiko, “Ingeniería del Control Moderno” Ed. Prentice Hall-1º Edición 1972. 2º Edición 1992
- OLLERO BATURONE A. “Control por computador – Descripción interna y diseño óptimo” Ed. Marcombo SA – España 1991
- HAYES MONSON " Digital Signal Proccessing" Ed. Mc Graw Hill 1999

### **Bibliografía disponible en Biblioteca Central de UTN-FRC**

- OGATA KATSUHIKO, " Sistemas de Control en Tiempo Discreto" Ed. Pearson.
- OGATA KATSUHIKO, "Problemas de Ingeniería del Control usando Matlab" Ed. Prentice Hall 1999
- John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis, “Tratamiento digital de Señales”, Prentice may, 2000



- OGATA KATSUHIKO, "Dinámica de sistemas" Ed. Prentice Hall Hispanoamérica 1993

### **Metodología de desarrollo del curso**

Se realizan aulas con exposición y presentación de temas, complementado con ejercicios y aplicaciones. Se estima el 50% de teoría y 50% de actividad práctica.

La actividad se desarrolla por medio de la exposición de los temas teóricos que componen el programa analítico de la asignatura con ejemplos y problemas resueltos en clase.

Se asignarán además trabajos prácticos con ejercicios para que el alumno resuelva fuera de las horas de clase.

### **Evaluación**

Se evalúa según determina la Res.952 en escala de 0 a 10 puntos, para aprobar la materia es necesario 7 o más puntos.

Se debe presentar una Carpeta, elaborada hasta por dos estudiantes, con los ejercicios solicitados por la cátedra y un proyecto de sistema de control resuelto.

Se tomará un examen escrito final individual y una evaluación oral a fin que se realice la defensa del proyecto y de los ejercicios de la carpeta.

### **Aprobación**

Asistir al 80% o más de las aulas impartidas (teórico y prácticas)

Carpeta de ejercicios y proyecto realizados, aprobada.

**Examen escrito final y/o su recuperatorio en el término de 30 días corridos de finalizado el curso, en fechas a determinar (aprobado con 7 o más puntos).**