

Control Automático 1

CAUT1 (Marzo 2002)

Ingeniería en Automatización y Control Industrial
Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes

Descripción de la Asignatura

Profesor Julio H. Braslavsky

email: jbrasla@unq.edu.ar
teléfono: (011) 4275-7714 (int. 220)
www: <http://iaci.unq.edu.ar/caut1>

Objetivo General del Curso: Brindar una introducción a los principios, conceptos y técnicas fundamentales necesarios para el análisis y diseño práctico de sistemas de control por realimentación. Se enfatiza el tratamiento de sistemas lineales de una entrada y una salida, para los que se presentan las herramientas clásicas de análisis (e.g., lugar de las raíces, diagrama de Nyquist, diagramas de Bode), y métodos de diseño de controladores clásicos (PI, PID), y modernos (parametrización afín). Una vez aprobada la asignatura, los estudiantes deberán ser capaces de

- Analizar y diseñar sistemas lineales de control para plantas de una entrada y una salida.
- Usar software moderno de análisis y diseño en la resolución de problemas de diseño de control.

Temas: Conceptos básicos de la teoría de control. Principios de realimentación. Modelos matemáticos y linealización, respuesta temporal, respuesta en frecuencia y diagramas de Bode. Análisis de sistemas realimentados, funciones de sensibilidad, estabilidad, lugar de las raíces. Control PID clásico, métodos de ajuste de Ziegler-Nichols, compensación atraso-adelanto. Diseño de controladores vía asignación de polos, predictor de Smith. Consideraciones prácticas de diseño. Diseño de controladores vía parametrización afín.

Conocimientos Previos: Señales y Sistemas, Procesos y Máquinas Industriales I.

Modalidad de Cursado: Cuatrimestral, con 6 horas semanales de clase en 2 sesiones de 3 horas c/u, que comprenden aproximadamente un 50 % de teoría y un 50 % de práctica (resolución de problemas, trabajo en computadora y en laboratorio). Carga horaria estimada de trabajo fuera de clase: 6 horas semanales.

Control Automático 1 puede aprobarse por régimen de promoción o por examen libre.

Régimen de promoción: Requiere obtener un rendimiento no inferior al 60 % en los tres parciales teórico-prácticos de promoción, y en los dos laboratorios (experimentación sobre sistemas reales). Podrán recuperarse como máximo dos de los tres parciales, y uno de los dos laboratorios. La conformación de la nota final en el régimen de promoción es la siguiente:

| | |
|---|------|
| Exámenes Parciales Teórico/Prácticos (3): | 75 % |
| Laboratorios: | 15 % |
| Trabajos Prácticos (optativos): | 10 % |

Examen libre: Requiere obtener un rendimiento no inferior al 60 % en un examen de práctica (resolución de problemas de análisis y diseño de sistemas de control), un laboratorio (experimentación sobre un sistema real), y un coloquio teórico. La conformación de la nota final en el examen libre es la siguiente:

| | |
|--------------|------|
| Práctica: | 50 % |
| Laboratorio: | 15 % |
| Coloquio: | 35 % |

Textos: La asignatura sigue en gran medida el enfoque de Goodwin et al. [2001, Partes I, II y III]. La página de internet de este libro (<http://csd.newcastle.edu.au/control/>) contiene apuntes y problemas resueltos (en inglés).

Otros textos de referencia para gran parte del material presentado son Ogata [1980] y Franklin et al. [1991]. Ver también Distefano et al. [1993] y Kuo [1996].

Perfil del Docente: Julio H. Braslavsky recibió el título de Ingeniero Electrónico de la Universidad Nacional de Rosario en 1989, y el de Doctor (Ph.D.) en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Newcastle, Australia, en 1996. Entre 1996 y 1999 realizó estancias postdoctorales en Bélgica, Estados Unidos y Australia. Desde agosto de 1999 es Profesor Asociado en Ingeniería en Automatización y Control Industrial de la Universidad Nacional de Quilmes, y desde diciembre de 2001, Investigador Adjunto del CONICET. Sus intereses científicos incluyen sistemas no lineales de control, limitaciones fundamentales de desempeño, y sistemas a datos muestreados.

Referencias

- J.J. Distefano, A.R. Stubberud, and I.J. Williams. *Retroalimentación y sistemas de control*. McGraw-Hill, 2 edition, 1993.
- G.F. Franklin, J.D. Powell, and A. Emami-Naeini. *Control de sistemas dinámicos con realimentación*. Addison-Wesley Iberoamericana, 1991.
- G.C. Goodwin, S.F. Graebe, and M.E. Salgado. *Control System Design*. Prentice Hall, 2001.
- B.C. Kuo. *Sistemas de control automático*. Prentice Hall Hispanoamericana, 7 edition, 1996.
- K. Ogata. *Ingeniería de Control Moderna*. Prentice Hall Internacional, 1980.

Programa Analítico

1. Introducción
 - 1.1. Motivación a Ingeniería en Control
 - 1.2. Reseña histórica de la Teoría de Control
 - 1.3. Tipos de diseños de sistemas de control
 - 1.4. Integración de sistemas
2. Principios de realimentación
 - 2.1. El objetivo del control
 - 2.2. Un ejemplo industrial
 - 2.3. Definición del problema de control
 - 2.4. Solución del problema de control vía inversión
 - 2.5. Realimentación con ganancia elevada e inversión
 - 2.6. De lazo abierto a lazo cerrado
 - 2.7. Compromisos en la elección de la ganancia de realimentación
 - 2.8. Mediciones
3. Modelos, señales y sistemas
 - 3.1. Modelos en control
 - 3.2. Linealización y escalamiento de variables
 - 3.3. Funciones transferencia y diagramas de bloques
 - 3.4. Obtención experimental de modelos
 - 3.5. Respuesta en frecuencia y diagramas de Bode
4. Análisis de sistemas realimentados
 - 4.1. Estructuras de realimentación
 - 4.2. Funciones de sensibilidad
 - 4.3. Estabilidad a lazo cerrado en base al polinomio característico
 - 4.4. Estabilidad y análisis polinomial
 - 4.5. Lugar de las raíces
 - 4.6. Estabilidad y respuesta en frecuencia
 - 4.7. Estabilidad relativa: márgenes de estabilidad
 - 4.8. Robustez
5. Control PID clásico
 - 5.1. Estructura PID
 - 5.2. Ajuste empírico
 - 5.3. Método de oscilación de Ziegler-Nichols
 - 5.4. Métodos basados en la respuesta al escalón
 - 5.5. Compensadores en atraso-adelanto
 - 5.6. Columna de destilación
6. Diseño básico de controladores SISO
 - 6.1. Enfoque polinomial
 - 6.2. Ajuste de PI y PID mediante asignación de polos
 - 6.3. El predictor de Smith
7. Limitaciones fundamentales en control SISO
 - 7.1. Sensores
 - 7.2. Actuadores
 - 7.3. Perturbaciones
 - 7.4. Limitaciones debidas a errores en modelado
 - 7.5. Limitaciones estructurales: retardos, polos inestables y ceros de fase no mínima
 - 7.6. Compromisos de diseño en la respuesta al escalón
8. Consideraciones estructurales en control SISO
 - 8.1. Modelos de perturbaciones y referencias determinísticas
 - 8.2. Principio del modelo interno para perturbaciones
 - 8.3. Principio del modelo interno para seguimiento de referencias
 - 8.4. Control en avance
 - 8.5. Aplicación industrial de control en avance
 - 8.6. Control en cascada
9. Manejo de restricciones
 - 9.1. Efecto *wind-up*
 - 9.2. Compensación *anti-wind-up*
10. Diseño avanzado de controladores SISO
 - 10.1. Revisión de inversión a lazo abierto
 - 10.2. Parametrización afín: el caso estable
 - 10.3. Ajuste de PID mediante parametrización afín
 - 10.4. Parametrización afín para sistemas con retardo
 - 10.5. Polos a lazo cerrado indeseables
 - 10.6. Parametrización afín: el caso inestable

Cronograma Tentativo

| LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES |
|---|--------|---|--------|-----------------------------|
| Mar 4 Clase 1 §1 Introducción | 5 | 6 Clase 2 §2 Principios de Realimentación | 7 | 8 |
| 11 Clase 3 §2 Principios de Realimentación | 12 | 13 Clase 4 §3 Modelos, señales y sistemas | 14 | 15 |
| 18 Clase 5 §3 Modelos, señales y sistemas | 19 | 20 Clase 6 §3 Modelos, señales y sistemas | 21 | 22 |
| 25 Clase 7 §4 Análisis sist. real. | 26 | 27 Clase 8 ☛ Entrega TP1 §4 Análisis sist. real. | 28 | 29 |
| Abr 1 Clase 9 Feriado Malvinas? | 2 | 3 Clase 9 §4 Análisis sist. real. | 4 | 5 |
| 8 Clase 10 §4 Análisis sist. real. | 9 | 10 Clase 11 §5 Control PID clásico | 11 | 12 |
| 15 Clase 12 Laboratorio 1 | 16 | 17 Clase 13 Laboratorio 1 | 18 | 19 |
| 22 Clase 14 §5 Control PID clásico | 23 | 24 Primer parcial ☛ Entrega TP2 | 25 | 26 |
| 29 Clase 15 §6 Diseño básico de controladores SISO | 30 | May 1 Día del Trabajador | 2 | 3 |
| 6 Clase 16 §6 Diseño básico de controladores SISO | 7 | 8 Clase 17 §7 Limitaciones fundamentales | 9 | 10 |
| 13 Primer recuperatorio | 14 | 15 Clase 18 §7 Limitaciones fundamentales | 16 | 17 |
| 20 Clase 19 §7 Limitaciones fundamentales | 21 | 22 Clase 20 §8 Consideraciones estructurales | 23 | 24 |
| 27 Clase 21 §8 Consideraciones estructurales | 28 | 29 Paro y marcha CTA | 30 | 31 |
| Jun 3 Clase 22 §8 Consideraciones estructurales | 4 | 5 Clase 23 ☛ Entrega TP3 §9 Manejo de restric. | 6 | 7 |
| 10 Segundo parcial | 11 | 12 Clase 24 §10 Diseño avanzado de controladores SISO | 13 | 14 |
| 17 Día de la bandera (corrido del 20/6) | 18 | 19 Clase 25 §10 Diseño avanzado de controladores SISO | 20 | 21 Segundo recuperatorio |
| 24 Clase 26 §10 Diseño avanzado de controladores SISO | 25 | 26 Clase 27 §10 Diseño avanzado de controladores SISO | 27 | 28 |
| Jul 1 Clase 28 Práctica | 2 | 3 Clase 29 Práctica | 4 | 5 Tercer parcial |
| 8 Clase 30 Práctica | 9 | 10 Superrecuperatorio | 11 | 12 Fin de clases |