



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS

**Programa de Ensino**  
**SISTEMAS DINÂMICOS**

**Código da disciplina:** DAS5142

**Número de Créditos:** 4 (72 horas/aula – 36 h/a Teórica + 36 h/a Laboratório)

**Pré-requisito:** DAS5120 ou DAS5121

**Equivalente:** DAS5141

**Oferecida ao(s) curso(s):** Engenharia de Controle e Automação

**Tipo:** Obrigatória

**Ementa**

Sistemas dinâmicos lineares e não lineares. Exemplos em controle de processos, mecatrônica, sistemas biológicos, sistemas de energia, etc. Problemas não lineares na engenharia de controle. Representação matemática por variáveis de estado. Espaço de estados (plano de fase). Análise qualitativa de sistemas dinâmicos (equilíbrios, ciclos limites e comportamento aperiódico). Teorema da linearização de Hartman-Grobman. Estabilidade Estrutural. Bifurcações em sistemas dinâmicos. Diagrama de bifurcações. Não linearidades estáticas em sistemas de controle (saturação, zona morta, histerese, folga, atrito, etc.) Estudo de casos de sistemas de controle com saturação, válvulas de controle industriais não lineares (características estáticas de igual porcentagem e de abertura rápida) e atrito. Métodos de análise no domínio frequencial para detecção de ciclos limites: método do balanço harmônico (função descritiva) e extensão do critério de Nyquist. Sistemas realimentados com restrições na ação de controle: saturação e métodos de Anti-windup. Análise de estabilidade de sistemas dinâmicos pelo método de Lyapunov. Principais técnicas de projeto de controladores para sistemas dinâmicos: (i) compensação de não linearidades estáticas (folga, quantização, zona morta, atrito); (ii) linearização por realimentação de estado e de saída; (iii) projeto baseado em funções de Lyapunov.

**Objetivos**

1. Introduzir os conceitos básicos dos sistemas dinâmicos não lineares;
2. Apresentar as principais técnicas de análise para sistemas dinâmicos não lineares;
3. Introduzir o problema de controle dos sistemas dinâmicos não lineares;
4. Estudar os principais métodos de síntese de controladores para sistemas não-lineares.

**Conteúdo Programático**

**Parte I: Análise de Sistemas Dinâmicos**

1. Sistemas Não Lineares: Sistemas dinâmicos lineares e não lineares. Exemplos em controle de processos, mecatrônica, sistemas biológicos, sistemas de energia, etc. Problemas não lineares na engenharia de controle. Representação matemática por equações diferenciais não lineares e variáveis de estado. Espaço de estados. Análise qualitativa de sistemas dinâmicos (equilíbrios, ciclos limites e comportamento aperiódico). Teorema da linearização de Hartman-Grobman. Bifurcações em sistemas dinâmicos.
2. Métodos aproximados para análise de sistemas dinâmicos: Principais não linearidades em sistemas de controle (saturação, zona morta, histerese, etc). Métodos aproximados de análise: método do balanço harmônico (função descritiva), extensão do critério de Nyquist. Estudo de casos de sistemas de controle. Sistemas realimentados com restrições na ação de controle: saturação e métodos de Anti-windup. Exercícios.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
**DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS**

3. Análise de Estabilidade de sistemas dinâmicos pelo método de Lyapunov: Análise de estabilidade de sistemas dinâmicos pelo método de Lyapunov e Invariância de LaSalle. Exercícios.

**Parte II: Técnicas de projeto de controladores para sistemas dinâmicos**

4. Métodos de Síntese de Controladores para sistemas dinâmicos não lineares: Principais técnicas de projeto de controladores para sistemas dinâmicos: (i) compensação de não linearidades estáticas (folga, quantização, zona morta, atrito); (ii) linearização por realimentação de estado e de saída; (iii) projeto baseado em funções de Lyapunov; (iv) controle por estrutura variável e modos deslizantes. Projeto de observadores de estado. Exemplos. Aplicações em mecatrônica, robótica, controle de processos.

**Parte Prática**

1. Prática Nº 1: Análise de sistemas dinâmicos não-lineares (1 aula)
2. Prática Nº 2: Estudo de bifurcações em sistemas dinâmicos não-lineares (1 aula).
3. Prática Nº 3: Simulação de sistemas lineares com saturação. (2 aulas)
4. Prática Nº 4: Oscilações em sistemas de controle com saturação - Método da função descritiva (1 aula).
5. Prática Nº 5: Projeto de osciladores utilizando a função descritiva. Ajuste de controladores PID (1 aula).
6. Prática Nº 6: Análise de estabilidade pelo Método de Lyapunov (1 aula).
7. Prática Nº 7: Controle por realimentação linearizante. Anti-windup. Observador de estado. (3 aulas)
8. Prática Nº 8: Controle por Estrutura Variável e funções de Lyapunov (1 aula).
9. Trabalho prático (a definir) (4 aulas).

**Bibliografia**

1. **L.H.A Monteiro. Sistemas Dinâmicos Não lineares. Ed. Livraria da Física. 3ª edição. 2011.**
2. **Khalil, H., Nonlinear Systems. Prentice Hall, 3rd edition, 2002.**
3. Slotine, J.J. and W. Li. Applied Nonlinear Control. Prentice Hall, 1991.
4. Ogata, K. "Engenharia de Controle Moderno", Capítulo 8 (Função descritiva), 2nd Edition, PrenticeHall, 1995.
5. Strogatz H. S. Nonlinear Dynamics and Chaos: with Applications to Physics, Biology, Chemistry and Engineering. Westview Press, 2000.
6. Notas de aula, listas de exercícios: <http://danielpagano.prof.ufsc.br/das5141/>