

ES728 Controle Avançado (curso de férias 2021)

Prof. Ely Paiva – email: elypaiva@fem.unicamp.br

<http://www.fem.unicamp.br/~elypaiva/>

Ementa: Modelagem no espaço de estado para sistemas contínuos e discretos. Projeto de controladores contínuos e discretos por realimentação completa de estado. Projeto de rastreadores. Controlabilidade e Observabilidade. Estimadores e observadores de estado. Projeto de controladores dinâmicos contínuos e discretos por realimentação de saída. Controlador linear quadrático ótimo (LQR) contínuo e discreto. Normas H2 e H-infinito. Projetos de controladores H2 e H-infinito. Introdução a incertezas de modelagem e robustez.

Objetivos: Apresentar ao aluno os conceitos básicos de técnicas de controle baseadas em modelos de variáveis de estados, partindo dos conceitos mais elementares como o da alocação de polos, e finalizando com técnicas mais recentes, considerando aspectos da robustez e de incertezas.

Capacitação: Ao final do curso, o aluno deverá ser capaz de projetar controladores baseados na formulação de estados (alocação de polos, observadores de estado, controle LQR, controle H2 e H-infinito), bem como realizar simulações e análise do comportamento de sistemas controlados levando em conta aspectos de desempenho, incertezas e robustez. Aplicações típicas de controle por variáveis de estado estão presentes nas áreas: Aeronáutica, Automotiva, Robótica e Controle de Processos.

Programa:

1. Revisão de Álgebra Linear. Espaços e Subespaços Vetoriais. Transformações lineares.
2. Representação em espaço de estados. Modelo de estado em tempo contínuo e em tempo discreto. Autovalores e Autovetores. Planos de fase. Realização de funções de transferência.
3. Controlabilidade e observabilidade. Princípio da separação e projeto com realimentação de estados estimados usando observadores (realimentação de saída).
4. Alocação de polos, fórmula de Ackerman. Realimentação de estados através da alocação de polos, associando os requisitos de desempenho; Exemplo de alocação de polos em tempo contínuo e em tempo discreto usando o software OCTAVE, MATLAB ou similar (Python inclusive)
5. Exemplo em OCTAVE, MATLAB ou similar (Python inclusive) de controle por alocação de polos com realimentação de estados estimados através de um observador. Princípio da separação estimação/controle.
6. Conceito de estabilidade de Lyapunov.
7. Introdução ao controle ótimo e regulador Linear-Quadrático LQR.

8. Exemplo de projeto controle LQR usando o OCTAVE/Matlab ou similar, verificando o efeito da ponderação dos estados e do esforço de controle no desempenho.
 9. Resposta em frequência de sistemas multivariáveis. Diagrama de valores singulares.
 10. Equação de Ricatti para o controle LQR.
 11. Definição das normas H2 e H-infinito e formas de cálculo.
 12. Formulação do controle H2. Exemplo de projeto de controle.
 13. Formulação do controle H-infinito.
-

Adaptações para ensino a distância:

Durante o período de ensino a distância, serão utilizados softwares online e aplicativos disponíveis na Internet, como OCTAVE ou baseados em Python, bem como o Matlab.

Também serão utilizadas vídeo-aulas online para a transmissão dos conteúdos teóricos, cujos links estarão sempre no Moodle.

Todas as aulas pré-gravadas do curso estarão no Moodle desde o primeiro dia de aula.

Será realizado um encontro síncrono semanal, às sextas-feiras (19-21 hs), conforme cronograma anexo.

Avaliação:

Uma prova P e um trabalho (Projeto Final) T. A média será $M=(0.6 \cdot P + 0.4 \cdot T)$;

Se $M \geq 5,0$, o aluno estará aprovado sem exame com média final $MF = M$.

Se $M < 5,0$, o aluno estará de exame e sua média final será $MF = (M+E)/2$.

Bibliografia:

- K. Ogata, "Engenharia de Controle Moderno", 4ª Edição, Pearson, 2003.
K. Ogata, "Discrete-Time Control Systems", Prentice-Hall, 1995.
G. F. Franklin, Powell J. D., A. Emami Naeini, "Feedback Control of Dynamic Systems", Prentice Hall, 2009.
G. F. Franklin, Powell J. D., M. Workman, "Digital Control of Dynamic Systems", Pearson, 2005.
K. Zhou, J. C. Doyle, "Essentials of Robust Control", Prentice-Hall, 1998.
B. Shahian, M. Hassul, "Control System Design Using MATLAB", Prentice-Hall, 1993.
J. R. Rowland, "Linear Control Systems - Modeling, Analysis and Design", John Wiley & Sons, 1986.