

# MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR

## CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA – UnED NI

CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

DEPARTAMENTO		PLANO DE CURSO DA DISCIPLINA		
DEICA NI		TÓPICOS ESPECIAIS EM AUTOMAÇÃO E CONTROLE I		
CÓDIGO	PERÍODO	ANO	SEMESTRE	PRÉ-REQUISITOS  <b>Controle Linear II</b>  (GELE 0731)
GELE8640	-	2010	1º	
CRÉDITOS	AULAS/SEMANA		TOTAL DE AULAS NO SEMESTRE	
4	TEÓRICA	PRÁTICA	ESTÁGIO	72h
	4h	0	0	

### EMENTA

Equação diferença. Transformada "Z". Teoria de Amostragem. Extrapoladores. Compensação de sistemas dinâmicos discretos por realimentação de saída e realimentação de estados.

### BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL

1. FRANKLIN, G. F., POWELL, J. D. e WORKMAN, M. "Digital Control of Dynamic Systems", Ed. Addison-Wesley, Fourth Edition.
2. BENJAMIN, C. K., "Digital Control Systems", Ed. Oxford
3. IOAN D. L., GIANLUCA Z., "Digital Control Systems: Design, Identification And Implementation" Ed. Springer Verlag.

### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. Chen. C.T ., "Analog and Digital Control System Design", Ed. Paperback.
2. NISE, N. S., "Engenharia de Sistemas de Controle", 3ª edição, Ed. LTC, 2002.
3. OGATA, K., "Engenharia de Controle Moderno", 5ª edição. Pearson.
4. DORF, R.C., "Sistema de Controle Moderno", 11ª edição - 2009, Editora LTC
5. CARLOS A. S., CORRIPIO. A., "Princípios e Prática do Controle Automático de Processo", 3a. Edição Ed. LTC

### OBJETIVOS GERAIS

Dar ao aluno o conhecimento necessário para modelar sistemas e projetar controladores digitais.

### METODOLOGIA

A matéria será apresentada com aulas expositivas, apoiadas com slides e retro projeções. Serão passados exercícios para a fixação do conteúdo ensinado. Também serão feitas simulações utilizando o software Matlab para analisar o comportamento dos sistemas com controladores digitais.

### CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO

A avaliação será constituída de provas e trabalhos de simulação.

P1 – Prova 1, P2 – Prova 2, T – Trabalho, M – Média, PF – Prova Final, MF – Media Final

$M = (P1 + 0.8P2 + 0.2T)/2$ . Se  $M \geq 7$ ,  $MF = M \Rightarrow$  Aluno aprovado.

Se  $M < 7$ ,  $MF = (M + PF)/2$ . Se  $MF \geq 5 \Rightarrow$  Aluno aprovado.

Se  $MF < 5 \Rightarrow$  Aluno reprovado.

$(Média + Prova Final) < 5,0 \Rightarrow$  Reprovado

## PROGRAMA

1. Introdução
  - 1.1. Definição do problema
  - 1.2. Visão geral do método de projeto
  - 1.3. Projeto utilizando computador
2. Revisão de controle contínuo
  - 2.1. Resposta dinâmica
    - 2.1.1. Equações diferenciais
    - 2.1.2. Transformada de Laplace e Funções de Transferência
    - 2.1.3. Teorema do Valor Final
    - 2.1.4. Relação entre resposta e localização dos pólos
    - 2.1.5. Especificações no domínio do tempo
  - 2.2. Propriedades básicas da realimentação
    - 2.2.1. Estabilidade
    - 2.2.2. Erro de estado estacionário
    - 2.2.3. Controle PID
  - 2.3. Lugar das raízes
    - 2.3.1. Regras para traçar o lugar das raízes
  - 2.4. Projeto por resposta em frequência
    - 2.4.1. Técnicas para traçar o diagrama de Bode
    - 2.4.2. Erro de estado estacionário
    - 2.4.3. Margem de estabilidade
    - 2.4.4. Relação fase-ganho do diagrama de Bode
    - 2.4.5. Projeto de compensadores
  - 2.5. Compensação
  - 2.6. Projeto no Espaço de Estados
    - 2.6.1. Lei de controle
    - 2.6.2. Projeto de estimadores
    - 2.6.3. Compensação: Combinação de estimação e controle
    - 2.6.4. Entrada de referência
    - 2.6.5. Controle integral
3. Introdução ao controle digital
  - Digitalização
  - Efeito da amostragem
  - Controle PID
4. Análise de sistemas discretos
  - 4.1. Equação diferença linear
  - 4.2. Função de transferência discreta
    - 4.2.1. Transformada Z
    - 4.2.2. Função de transferência

- 4.2.3. Diagrama de blocos e descrição em variáveis de estado
  - 4.2.4. Relação entre resposta pulso e função de transferência
  - 4.2.5. Estabilidade externa
- 4.3. Modelo discreto de sistemas de dados amostrados
  - 4.3.1 Aplicação da transformada Z
  - 4.3.2 Forma no espaço de estados
- 4.4. Análise de sinais e resposta dinâmica
  - 4.4.1 Pulso unitário
  - 4.4.2 Degrau unitário
  - 4.4.3 Exponencial
  - 4.4.4 Senóides
  - 4.4.5 Correspondência com sinais contínuos
  - 4.4.6 Resposta degrau
- 4.5 Resposta frequência
  - 4.5.1 Diagrama de Bode
- 4.6 Propriedades da transformada Z
  - 4.6.1 Propriedades essenciais
  - 4.6.2 Convergência da transformada Z
- 5. Equivalentes discretos
  - 5.1. Projeto de equivalentes discretos via integração numérica
  - 5.2. Equivalência entre zeros e pólos contínuos e discretos
  - 5.3. Extrapolador de Ordem Zero (ZOH)
- 6. Projeto utilizando técnicas de transformada
  - 6.1. Especificações do sistema
  - 6.2. Projeto por emulação
    - 6.2.1. Controlador equivalente discreto
  - 6.3. Projeto direto por lugar das raízes no plano Z
    - 6.3.1. Especificações no plano Z
    - 6.3.2. Lugar das Raízes discreto
  - 6.4. Métodos de resposta em frequência
    - 6.4.1. Critério de estabilidade de Nyquist
    - 6.4.2. Especificações de projeto no domínio da frequência
    - 6.4.3. Ganhos de baixa frequência e coeficientes de erro
    - 6.4.4. Projeto de compensador
- 7. Projeto utilizando espaço de estados
  - 7.1. Projeto de leis de controle
    - 7.1.1. Localização dos pólos
    - 7.1.2. Controlabilidade
    - 7.1.3. Projeto utilizando a fórmula de Ackermann
  - 7.2. Projeto de estimadores
    - 7.2.1. Estimadores
    - 7.2.2. Observabilidade
    - 7.2.3. Projeto de estimadores utilizando a fórmula de Ackermann
    - 7.2.4. Estimador corrente
    - 7.2.5. Estimador de ordem reduzida

7.3. Projeto do regulador: Lei de controle combinada com o estimador

7.3.1. Princípio da separação

7.4. Introdução de uma entrada de referência

7.4.1. Entrada de referência para uma realimentação de estados completa

7.4.2. Entrada de referência com estimadores

7.4.3. Erro de saída

7.5. Controle integral e estimação da perturbação

7.5.1. Controle integral pelo aumento do estado

7.5.2. Estimação da perturbação

PROFESSOR RESPONSÁVEL PELA DISCIPLINA	CHEFE DO DEPARTAMENTO
Josiel Alves Gouvêa	Waltencir dos Santos Andrade