



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PLANO DE ENSINO
PERÍODO LETIVO 2011/2

DISCIPLINA: ENG04037 Sistemas de Controle Digitais

Créditos: 4

Caráter: Eletiva para Engenharia Elétrica e Engenharia de Computação
Obrigatória para Engenharia de Controle e Automação

Professor Regente: Prof. Walter Fetter Lages

Carga horária: 4 horas teóricas/semana

Pré-requisitos: Engenharia Elétrica: ENG04035
Engenharia de Computação: ENG04035
Engenharia de Controle e Automação: ENG04036 e ENG04475

Horários: Turma Única: Terças e Quintas-feiras das 8:30 às 10:10

SÚMULA:

Análise de Sistemas de Controle amostrados através da transformada Z. Digitalização de controladores analógicos. Identificação de sistemas pelo método dos mínimos quadrados. Projeto de controladores digitais para sistemas monovariáveis. Implementação de controladores digitais.

OBJETIVOS:

Fornecer ferramentas teóricas para análise de sistemas de controle amostrados. Capacitar o aluno à compreensão e ajuste de sistemas de controle amostrados. Capacitar o aluno à identificação de modelos matemáticos de processo necessários ao projeto de sistemas de controle. Fornecer os fundamentos teóricos necessários à implementação digital de sistemas de controle.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:

1. Introdução
 - (a) O processo de amostragem
 - (b) Terminologia
 - (c) Técnicas de análise e síntese de controladores

2. Princípios de Conversão de Sinais
 - (a) Temporização
 - (b) Conversores D/A
 - (c) Conversores A/D
 - (d) Segurador de ordem zero
 - (e) Multiplexação
 - (f) Programação de I/O
3. Modelagem de sistemas discretos e amostrados
 - (a) Equações a diferenças
 - (b) Transformada z
 - (c) Transformada z inversa
 - (d) Sistemas amostrados
 - (e) Análise de estabilidade
 - (f) Modelagem no espaço de estados
 - (g) Controlabilidade e observabilidade
4. Projeto de controladores digitais utilizando transformações
 - (a) Discretização de controladores analógicos
 - (b) Projeto via lugar das raízes
 - (c) Projeto no domínio da frequência
 - (d) Controlador *dead-beat*
 - (e) Projeto no plano z
 - (f) Controladores PID
 - (g) Sintonização ótima de controladores PID digitais
5. Projeto de controladores no espaço de estados
 - (a) Controlador dead-beat para sistemas em variáveis de estados
 - (b) Controlador com critério de mínima energia
 - (c) Alocação de pólos
 - (d) Observadores de estado
 - (e) Filtro de Kalman
6. Identificação de sistemas
 - (a) Identificação paramétrica via mínimos quadráticos
 - (b) Mínimos quadráticos recursivo
 - (c) Identificação estrutural

METODOLOGIA ADOTADA:

Aulas expositivas, exercícios e trabalhos utilizando computador. Apresentação em sala de aula de trabalhos desenvolvidos pelos alunos. Os trabalhos consistirão na implementação ou análise de protótipos de sistemas de controle enfocando os conceitos apresentados nas aulas expositivas.

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES:

Tabela 1: Cronograma

Semana	Data	Conteúdo Previsto
1	09/08/2011	Apresentação
	11/08/2011	Introdução ao controle digital
2	16/08/2011	Processo de amostragem
	18/08/2011	Temporização, conversores D/A
3	23/08/2011	Conversores A/D, segurador de ordem zero
	25/08/2011	Multiplexação, programação de I/O
4	30/08/2011	Modelagem de sistemas discretos e equações a diferenças
	1 ^o /09/2011	Transformada z
5	06/09/2011	Transformada z inversa
	08/09/2011	Sistemas amostrados
6	13/09/2011	Entrega das propostas de projeto
	15/09/2011	Análise de estabilidade
7	20/09/2011	Revolução Farroupilha
	22/09/2011	Modelagem no espaço de estados
8	27/09/2011	Controlabilidade e observabilidade
	29/09/2011	Prova 1
9	04/10/2011	Semana Acadêmica
	06/10/2011	Semana Acadêmica
10	11/10/2011	Discretização de controladores analógicos, Entrega do 1^o relatório do projeto
	13/10/2011	Projeto por lugar das raízes
11	18/10/2011	Projeto no domínio da frequência
	20/10/2011	Controlador <i>dead-beat</i>
12	25/10/2011	Projeto no plano z
	27/10/2011	Controladores PID
13	1 ^o /11/2011	Sintonização ótima de controladores PID digitais
	03/11/2011	Controlador <i>dead-beat</i> em variáveis de estado
14	08/11/2011	Alocação de pólos, Entrega do 2^o relatório do projeto
	10/11/2011	Observadores de Estado
15	15/11/2011	Proclamação da República
	17/11/2011	Filtro de Kalman
16	22/11/2011	Identificação via mínimos quadráticos
	24/11/2011	Mínimos quadráticos recursivo

(Continua...)

Tabela 1: Cronograma (...Continuação)

17	29/11/2011	Identificação estrutural
	1 ^o /12/2011	Prova 2
18	06/12/2011	Entrega do relatório final do projeto
	08/12/2011	Apresentação do projeto
19	13/12/2011	Reservado para apresentações de Trabalhos de Conclusão
	15/12/2011	Divulgação e revisão dos conceitos finais
20	20/12/2011	Exame

EXPERIÊNCIAS DE APRENDIZAGEM:

Além das aulas expositivas os alunos realizarão trabalhos de implementação ou análise de protótipos de sistemas de controle digital enfocando os conceitos apresentados nas aulas expositivas.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO:

Serão realizadas duas provas individuais (P_1 e P_2). Além disso, os alunos deverão elaborar um projeto prático que deverá ser demonstrado e do qual deverão ser elaborados dois relatórios parciais (R_1 e R_2) e um relatório final (R_F). Alunos que obtiverem média $M \geq 6.0$ serão aprovados com nota final igual a M , sendo

$$M = \frac{3P_1 + 3P_2 + R_1 + R_2 + R_F}{9}$$

O conceito será atribuído conforme a tabela 2.

Tabela 2: Atribuição dos Conceitos.

Conceito A	$8.5 \leq N_F \leq 10.0$
Conceito B	$7.0 \leq N_F < 8.5$
Conceito C	$6.0 \leq N_F < 7.0$
Conceito D	$N_F < 6.0$
Conceito FF	Falta de frequência

Será reprovado por Falta de Frequência (FF), o aluno que tiver frequência inferior a 75%, das aulas ministradas no semestre, de acordo com o **Regimento Geral da Universidade (RGU), Art. 134**, "É obrigatória a frequência dos alunos às atividades didáticas, considerando-se reprovado aquele que, ao término do período letivo, houver deixado de frequentar mais de 25% (vinte e cinco por cento) da carga horária prevista no plano da disciplina".

ATIVIDADES DE RECUPERAÇÃO:

Alunos com $M < 6.0$ deverão fazer exame para recuperar a nota. Neste caso, a nota final será dada por

$$N_F = \frac{M + N_E}{2}$$

onde N_E é a nota do exame.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA:

- [1] L. A. Aguirre. *Introdução à Identificação de Sistemas: Técnicas Lineares e Não Lineares Aplicadas a Sistemas Reais*. Editora UFMG, Belo Horizonte, MG, 2000.
- [2] G. F. Franklin, J. D. Powell, and M. L. Workman. *Digital Control of Dynamic Systems*. Addison-Wesley Series in Electrical and Computer Engineering: Control Engineering. Addison-Wesley, second edition, 1989.
- [3] E. M. Hemerly. *Controle por Computador de Sistemas Dinâmicos*. Edgard-Blücher, São Paulo, SP, 1996.
- [4] C. H. Houppis and G. B. Lamont. *Digital Control Systems*. Electrical Engineering Series. McGraw-Hill, 1985.
- [5] W. F. Lages. ENG040037 Sistemas de controle digitais. <<http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/eng04037>>.

OBSERVAÇÕES:

O DELET não autoriza que alunos frequentem disciplinas/turmas para as quais não estejam regularmente matriculados e não reconhece as atividades realizadas de tal forma.

O projeto será realizado em grupos de no máximo 3 alunos.

Cada aluno terá uma conta no sistema Claroline, acessível em <<http://www.ece.ufrgs.br/claroline/ENG04037>>. Este sistema deverá ser utilizado para submissão dos relatórios do projeto. Não serão aceitos relatórios que não sejam submetidos através deste sistema. A má utilização desta conta será responsabilidade do aluno, e será punida conforme as regras previstas na política para recursos computacionais da UFRGS e o Código Disciplinar Discente <<http://www.ufrgs.br/cepe/Res07-04.htm>>.