

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

CENTRO TECNOLÓGICO

Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica

Campus Trindade - CEP 88040-900 - Florianópolis SC

Tel: 48 3721-2260

PLANO DE ENSINO 2020.1¹**I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:**

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	HORAS-AULA SEMANAIS		HORAS-AULA SEMESTRAIS
		TEÓRICAS	PRÁTICAS	
EEL7063	Sistemas de Controle	4	2	108 horas

II. PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)

Prof. Aguinaldo Silveira e Silva

Prof. Miguel Moreto

III. PRÉ-REQUISITO(S) (Código(s) e nome da(s) disciplina(s))

EEL7052 | Sistemas Lineares

IV. CURSOS PARA OS QUAIS A DISCIPLINA É OFERECIDA

(202) Engenharia Elétrica

(235) Engenharia Eletrônica

V. EMENTA

Representação de sistemas de controle por diagramas de bloco. Análise de sistemas de controle contínuos e discretos em regime permanente. Estabilidade de sistemas de controle contínuos e discretos. Projeto de controladores contínuos e discretos.

VI. OBJETIVOS

Introdução à teoria de controle clássica apresentando as técnicas de análise e projeto de sistemas de controle para sistemas lineares, contínuos e discretos, invariantes no tempo e monovariáveis. Ao final do curso o aluno deve estar habilitado para realizar análise de sistemas de controle e projetos de controladores contínuos e discretos usando técnicas de lugar das raízes e resposta em frequência.

VII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Introdução
 - a. Sistemas de controle em malha aberta e malha fechada; exemplos; terminologia.
2. Modelagem e Resposta Dinâmica de Sistemas de Controle
 - a. Diagramas de Blocos.
 - b. Diagramas de fluxo de sinal.
 - c. Regra de Mason.
 - d. Especificações no domínio do tempo.
 - e. Influência de polos e zeros na resposta dinâmica.
 - f. Modelagem por variáveis de estado.
3. Propriedades Básicas de Sistemas Realimentados
 - a. Rejeição de perturbações, sensibilidade e rastreamento dinâmico.
 - b. Precisão.
 - c. Estabilidade: definições, critério de Routh-Hurwitz, método do lugar das raízes, critério de Nyquist.
4. Estruturas de Controladores e métodos Expeditos de Projeto
 - a. Controladores proporcional, proporcional-integral, derivativo, proporcional-integral-derivativo, de avanço e atraso de fase.
 - b. Projeto para sistemas com dominância de primeira e segunda ordem.
 - c. Projeto por Ziegler-Nichols.
5. Projeto pelo Método do Lugar das Raízes

¹ Plano de ensino adaptado, em caráter excepcional e transitório, para substituição de aulas presenciais por aulas em meios digitais, enquanto durar a pandemia do novo coronavírus – COVID-19, em atenção à Resolução Normativa 140/2020/CUn.

-
- a. Projeto de controladores pelo método do lugar das raízes. Exemplos.
 6. Projeto no Domínio da Frequência
 - a. Margens de fase e de ganho. Projeto de controladores usando a resposta em frequência.
 7. Sistemas de Controle Discretos
 - a. Introdução ao controle digital.
 - b. Função de transferência amostrada e equações de diferença.
 - c. Estabilidade no plano z.
 - d. Relação entre plano z e plano s.
 8. Projeto de Controladores Discretos
 - a. Discretização de controladores contínuos.
 - b. Projeto por lugar das raízes.
 - c. Projeto no domínio da frequência.
 9. Introdução ao Projeto por Realimentação de Estados
 - a. Realimentação de estados.
 - b. Observadores.
 - c. Posicionamento de polos.

VIII. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

A metodologia de ensino é discutida a seguir, envolvendo as formas de exposição do curso e as ferramentas a serem utilizadas.

FORMAS DE EXPOSIÇÃO

O curso será apresentado em duas modalidades:

1. Aulas síncronas. Estas aulas serão apresentadas em tempo real, com duração correspondente a duas horas aula e estarão divididas em três partes:
 - a. Exposição teórica, com duração máxima limitada pelas recomendações de especialistas na área de EAD.;
 - b. Discussão e solução de exercícios propostos, previamente enviados aos alunos.
 - i. Um esboço escrito da solução será posteriormente repassado.
 - c. Atendimento visando discutir e tirar dúvidas sobre tópicos apresentados na aula ou em aulas anteriores.
2. Aulas assíncronas. Estas aulas, correspondentes a duas horas aula, serão constituídas por:
 - a. Vídeos com apresentação e discussão de tópicos essenciais da disciplina;
 - b. Textos a serem estudados e discutidos;
 - c. Provas simuladas e questionários;
 - d. Atendimento e discussões através de emails.

As ferramentas usadas no curso são:

- Web Conferência RNP para as aulas síncronas
- Outras ferramentas do Moodle
- Ferramentas para produção de vídeos, como o Xournal, VokoscreenNG, Shotcut e outros, em ambiente Linux.

IX. ATIVIDADES PRÁTICAS

As atividades de laboratório serão realizadas usando simulação computacional. O programa a ser utilizado é o LabControle 2, sendo de código aberto e gratuito.

- As atividades de laboratório serão realizadas na modalidade assíncrona:
 - Durante o período das 18:30 da segunda-feira até as 12:00 da quarta-feira o questionário com as atividades práticas estará disponível para os alunos responderem.
 - Durante, pelo menos, 30min a partir do início dos horários pré-definidos, o professor estará online na sala virtual disponibilizada no Moodle da disciplina para auxiliar os alunos e sanar dúvidas a respeito da atividade prática.
 - Materiais explicativos acerca dos conceitos de cada aula de laboratório serão disponibilizados.
- Cada aluno deve instalar o programa em seu computador e realizar os experimentos descritos no questionário durante o período programado.

X. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE FREQUÊNCIA

A metodologia de avaliação da disciplina é a seguinte:

-
- Um trabalho, realizado em etapas, com dados escolhidos a partir de um banco de dados, envolvendo aspectos de análise e projeto de sistemas de controle, usando as ferramentas apresentadas na disciplina. Peso de 40%.
 - Uma prova que testará o conhecimento de cada aluno no uso das ferramentas usadas no trabalho e outros aspectos essenciais da disciplina. Peso de 60%.
 - Cada aula prática será avaliada através de um questionário online no ambiente Moodle.
 - Ao final do semestre, após todos os experimentos práticos terem sido realizados, será aplicada uma avaliação prática final que consiste em experimentos de simulação realizados de forma síncrona no horário da aula. Para essa avaliação os alunos utilizarão o programa de simulação (LabControle 2) usado nas aulas práticas e poderão utilizar consulta aos materiais bibliográficos da disciplina. A entrega da avaliação prática será via Moodle através de um arquivo pdf contendo fotografias da resolução da avaliação feita em papel.
 - A nota final da disciplina será calculada da seguinte maneira:

$$NF = 0,8.(0,4.NT + 0,6.NP) + 0,2.(0,7.AP + 0,3.MQP)$$

Onde:

- NF é a nota final da disciplina
 - NT é a nota do trabalho
 - NP é a nota da prova
 - AP é a nota da avaliação prática final
 - MQP é a média das notas dos questionários das aulas práticas
- Será considerado aprovado o aluno que obtiver $NF \geq 6,0$.
 - Para os alunos que obtiverem $4,0 \leq NF < 6$ será aplicada uma avaliação de recuperação. A nota final nesse caso será obtida pela média aritmética simples entre NF e a nota obtida na avaliação de recuperação. Se essa média for igual ou superior a 6,0 o aluno é considerado aprovado, caso contrário será reprovado.

No caso de problemas técnicos durante as atividades síncronas avaliativas, será possibilitado ao aluno repor a atividade em uma segunda chamada mas o nível da prova será compatível com o maior tempo que o aluno terá para estudo e o conhecimento da prova regular.

Para o controle de frequência dos alunos a metodologia empregada é a seguinte:

- Para as aulas teóricas, como as atividades serão realizadas pelo Moodle, a presença nas aulas síncronas poderá ser realizada através desta ferramenta. Para o caso de aulas assíncronas, a realização das tarefas indicadas será contabilizada no controle de frequência.
- Para as aulas práticas, será considerado presente o aluno que respondeu o questionário relativo à aula.

XI. LEGISLAÇÃO

Não será permitido gravar, fotografar ou copiar as aulas disponibilizadas no Moodle. O uso não autorizado de material original retirado das aulas constitui contrafação – violação de direitos autorais – conforme a Lei nº 9.610/98 – Lei de Direitos Autorais.

XI. REFERÊNCIAS

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

1. A. S. e Silva e Alexandre Trofino Neto, **Apostila Sistemas de Controle**, disponibilizada no Moodle da disciplina: <https://moodle.ufsc.br/mod/resource/view.php?id=2140315>
2. K. J. Astrom e R. M. Murray. **Feedback systems: an introduction for scientists and engineers**. A versão digital deste livro é disponibilizada livremente para uso individual na página da CalTech: http://www.cds.caltech.edu/~murray/books/AM08/pdf/fbs-public_24Jul2020.pdf

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. G.F. Franklin, J.D. Powell, A. Emami-Naeini, "Feedback Control of Dynamic Systems".
2. K. Ogata, "Discrete-Time Control Systems".
3. K. Ogata, "Engenharia de Controle Moderno".
4. N. S. Nise, "Engenharia de Sistemas de Controle".
5. R. Dorf, "Modern Control Systems".

Várias edições estão disponíveis, razão pela qual não foram especificadas.

Cronograma previsto

Semana	Conteúdo
1	Modelagem e Resposta Dinâmica de Sistemas de Controle
2	Propriedades Básicas de Sistemas Realimentados Aula de laboratório 1: resposta ao degrau e influência de polos e zeros
3	Propriedades Básicas de Sistemas Realimentados Aula de laboratório 2: Identificação de sistemas de primeira e segunda ordem
4	Propriedades Básicas de Sistemas Realimentados Aula de laboratório 3: Linearização e Identificação de Sistemas Não-lineares
5	Estruturas de Controladores e métodos Expeditos de Projeto Aula de laboratório 4: Erros em regime e rejeição de perturbação
6	Métodos Expeditos de Projeto Aula de laboratório 5: Lugar geométrico das raízes
7	Projeto pelo Método do Lugar das Raízes Aula de laboratório 6: Diagramas de Bode e Diagramas de Nyquist
8	Projeto pelo Método do Lugar das Raízes Aula de laboratório 7: Projeto de Controladores: Redução a Sistemas de Primeira e Segunda Ordem
9	Projeto no Domínio da Frequência Aula de laboratório 8: Projeto de controlador para processo perturbado e não linear
10	Projeto no Domínio da Frequência Aula de laboratório 9: Projeto de controladores em cascata usando Lugar Geométrico das Raízes
11	Sistemas de Controle Discretos Aula de laboratório 10: Projetos de controladores em cascata usando Diagramas de Bode
12	Sistemas de Controle Discretos Aula de laboratório 11: Projeto de Controladores Discretos
13	Sistemas de Controle Discretos Avaliação prática final
14	Projeto de Controladores Discretos
15	Projeto de Controladores Discretos
16	Projeto de Controladores Discretos
17	Introdução ao Projeto por Realimentação de Estados
18	Realização da prova teórica

OBS: o cronograma acima é uma previsão podendo sofrer alterações ao longo do semestre.