



PLANO DE ENSINO

1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	SISTEMAS DE CONTROLE						
Unidade Ofertante:	FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA						
Código:	FEELT36607	Período/Série:	6º PERIODO	Turma:	U		
Carga Horária:			Natureza:				
Teórica:	60	Prática:	15	Total:	75	Obrigatória()	Optativa()
Professor(A):	Daniel Costa Ramos			Ano/Semestre:	2023/2		
Observações:							

2. EMENTA

Introdução a Sistemas de Controle, Modelos Matemáticos de Sistemas e Diagramas de Blocos, Resposta no tempo de sistemas contínuos, Estudo de Sistemas Realimentados, Análise pelo Lugar das Raízes, Análise de Resposta em Frequência, Projeto de Controladores Clássicos, Projeto e Sintonia de Controladores PID e Introdução ao Espaço de Estados.

3. JUSTIFICATIVA

O egresso de um curso de Engenharia de Eletrônica e Telecomunicações necessita de uma sólida formação técnico científica que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias relacionadas a área de Controle e Automação, área a qual a matéria de Sistemas de Controle pertence, na qual sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas será demandada.

4. OBJETIVO

Ao final da disciplina o estudante será capaz de:

1. Modelar matematicamente sistemas dinâmicos, determinando sua função de transferência e representação por diagramas de blocos;
2. Analisar sistemas dinâmicos contínuos quanto a sua estabilidade e controlabilidade, pelos critérios clássicos;
3. Utilizar ferramentas computacionais de análise de sistemas;
4. Modelar, projetar e aplicar a teoria de controladores.

Entre as competências a serem desenvolvidas no estudante destacam-se:

1. Formular, de maneira ampla e sistêmica, questões de engenharia, considerando o usuário e seu contexto, concebendo soluções criativas, bem como o uso de técnicas adequadas;
2. Ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação,

entre outras;

3. Prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;
4. Conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo;
5. Verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas;
6. Ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;
7. Projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;
8. Projetar e desenvolver novas estruturas empreendedoras e soluções inovadoras para os problemas;
9. Ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis;
10. Ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;
11. Atuar, de forma colaborativa, ética e profissional em equipes multidisciplinares, tanto localmente quanto em rede;
12. Gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;
13. Aprender a aprender.

5. PROGRAMA

1. Introdução a Sistemas de Controle

- 1.1 História e evolução do controle automático
- 1.2 Sistemas malha aberta e malha fechada
- 1.3 Exemplos de controle moderno

2. Modelos Matemáticos de Sistemas e Diagramas de Blocos

- 2.1 Importância do estudo dos modelos matemáticos
- 2.2 Funções de transferência e sistemas lineares
- 2.3 Modelo em diagrama de blocos
- 2.4 Blocos em série, blocos em paralelo e realimentação de blocos

3. Resposta no tempo de sistemas contínuos

- 3.1 Polos, zeros e as respostas do sistema de primeira e de segunda ordem
- 3.2 Medidas de desempenho para sistemas de segunda ordem
- 3.3 Identificação da função de transferência a partir de curvas de primeira e segunda ordem.
- 3.4 Resposta de sistemas de ordem superior e sistemas dominantes.
- 3.5 Teorema do Valor Final e Teorema do Valor Inicial

4. Estudo de Sistemas Realimentados

- 4.1 Análise do erro em regime permanente
- 4.2 Análise de estabilidade e critério de Routh-Hurwitz

5. Análise pelo Lugar das Raízes (LGR)

- 5.1 Construção e Interpretação do diagrama do LGR

5.2 Análise de Estabilidade via LGR

6. Análise de Resposta em Frequência

6.1 Resposta em Frequência de Sistemas

6.2 Construção e análise do Diagrama de Bode

6.3 Análise de Estabilidade: Margens de Ganho e de Fase

7. Projeto de Controladores Clássicos

7.1 Controlador on/off

7.2 Controlador Proporcional P, Integral I, Derivativo D, PD e PI

7.3 Controladores de Avanço e Atraso de Fase

7.4 Controlador Proporcional, Integral e Derivativo PID

7.5 PID Digital

7.6 Conceitos para Projeto: saturação, quantização, discretização e atraso de transporte

8. Projeto e Sintonia de Controladores PID

8.1 Métodos Empíricos

8.2 Método via LGR

8.3 Projeto de Controlador PID por Ziegler-Nichols clássico e modificado

8.4 Métodos Automáticos

9. Introdução ao Espaço de Estados

6. METODOLOGIA

A disciplina utiliza o Moodle (www.moodle.ufu.br) como suporte, para envio de atividades e disponibilização de materiais. A inscrição no Moodle é obrigatória, poderá ser efetuada a partir do dia 23/02 e preferencialmente deve ser realizada antes do início das aulas.

Nome da Disciplina: FEELT36607 SC - Sistemas de Controle

Link da disciplina: <https://www.moodle.ufu.br/course/view.php?id=6546>

Chave de inscrição: sc2023

Os vídeos das aulas remotas de versões anteriores da disciplina serão disponibilizados no **Moodle**, somente como um suporte ao estudo do aluno e não serão substitutos da aula presencial. Para avisos rápidos e emergenciais, será utilizado o grupo do **WhatsApp** da disciplina. O link do grupo será enviado por e-mail antes do início das aulas.

A teoria e a prática da disciplina se complementam e são obrigatórias. Não serão aceitas as solicitações de dispensa "informal" da prática ou da teoria por aproveitamento parcial em outras disciplinas.

- **Conteúdo Programático para Atividades Teóricas**

As aulas teóricas serão realizadas às segundas das 10h40min às 12h20min e terças, das 7h10 às 9h40, no Bloco G da UNIPAM, sala 206. As aulas nas terças alternam esporadicamente com as aulas práticas.

Aula	Data	Conteúdo Teórico
------	------	------------------

01-02	08/01	Introdução da Disciplina Introdução ao Controle; Conceitos Básicos, Função de Transferência, Polos e Zeros; Resposta no Tempo para Malha Aberta 1º e 2º grau; Diagrama de Blocos e Realimentação. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - Cap. 4 e 5</i>
03-04-05	10/01	Conceitos Básicos, Função de Transferência, Polos e Zeros; Resposta no Tempo para Malha Aberta 1º e 2º grau; Diagrama de Blocos e Realimentação. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - Cap. 4 e 5</i>
06-07	15/01	Conceitos Básicos, Função de Transferência, Polos e Zeros; Resposta no Tempo para Malha Aberta 1º e 2º grau; Diagrama de Blocos e Realimentação. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - Cap. 4 e 5</i>
-	17/01	Prática 1
08-09	22/01	Erros Estacionários na Realimentação; Estabilidade e Critério de Routh Hurwitz. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - 5, 6.1 a 6.4; Ogata 5.8</i>
10-11-12	24/01	Erros Estacionários na Realimentação; Estabilidade e Critério de Routh Hurwitz. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - 5, 6.1 a 6.4; Ogata 5.8</i>
13-14	29/01	Lugar Geométrico das Raízes (LGR) <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - 8 a 8.8; Ogata - 6 a 6.3; Materiais Moodle;</i>
-	31/01	Prática 2
15-16	05/02	Lugar Geométrico das Raízes (LGR) <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - 8 a 8.8; Ogata - 6 a 6.3; Materiais Moodle;</i>
17-18-19	07/02	Avaliação 1
-	12/02	RECESSO
-	14/02	RECESSO
20-21	19/02	Resposta em Frequência; Introdução ao Diagrama de Bode. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - 10.1, Ogata - 7.1</i>
22-23-24	21/02	Resposta em Frequência; Introdução ao Diagrama de Bode. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - 10.1, Ogata - 7.1</i>
25-26	26/02	Diagrama de Bode; F.T. à Partir da Resposta em Frequência; Margens de Ganho/Fase e a Estabilidade em M.F. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - 10.2, 10.7, 10.13</i>
-	28/02	Prática 3
27-28	04/03	Diagrama de Bode; F.T. à Partir da Resposta em Frequência; Margens de Ganho/Fase e a Estabilidade em M.F.
29-30-31	06/03	Diagrama de Bode; F.T. à Partir da Resposta em Frequência; Margens de Ganho/Fase e a Estabilidade em M.F.
*	06/03 a 10/03	Avaliação 2 - Remota
32-33	11/03	Introdução aos Controladores; Controlador P, I, PI, D, PD; Compensadores Avanço e Atraso de Fase; Requisitos de Projeto e Projeto de Compensadores. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - 4.6, 9 a 9.3; Trechos do Cap. 11</i>
34-35-36	13/03	Introdução aos Controladores; Controlador P, I, PI, D, PD; Compensadores Avanço e Atraso de Fase; Requisitos de Projeto e Projeto de Compensadores. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - 4.6, 9 a 9.3; Trechos do Cap. 11</i>
37-38	18/03	Controlador PID - Introdução; Análise do PID em Projetos. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - 4.6, 9 a 9.3; Trechos do Cap. 11</i>
39-40-41	20/03	Controlador PID - Introdução; Análise do PID em Projetos. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. - 4.6, 9 a 9.3; Trechos do Cap. 11</i>

42-43	25/03	Sintonia de PID – Guia de Sintonia, Intuitiva, Ziegler-Nichols (MA e MF), CohenCoon e Cohen-Coon Modificado; <i>Referência: Materiais Moodle;</i>
-	27/03	Prática 4
*	27/03 a 31/03	Avaliação 3 - Remota
44-45	01/04	Discretização, PID Discreto, Algoritmo PID; Múltiplas malhas, sistemas em saturação e anti wind-Up, sistemas em atraso e Preditor de Smith <i>Referência: Materiais Moodle;</i>
46-47-48	03/04	Introdução ao Espaço de Estados – Conceitos Iniciais e Representação; Controlabilidade, Observabilidade, Transformação entre F.T. e E.E.; Realimentação de Estados. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. – 3 a 3.6, 12.3, 12.6</i>
49-50	08/04	Introdução ao Espaço de Estados – Conceitos Iniciais e Representação; Controlabilidade, Observabilidade, Transformação entre F.T. e E.E.; Realimentação de Estados. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. – 3 a 3.6, 12.3, 12.6</i>
-	10/04	Prática 5
51-52	15/04	Introdução ao Espaço de Estados – Conceitos Iniciais e Representação; Controlabilidade, Observabilidade, Transformação entre F.T. e E.E.; Realimentação de Estados. <i>Referência: Nise, 7ª Ed. – 3 a 3.6, 12.3, 12.6</i>
53-54-55	17/04	Avaliação 4
56-57	22/04	Vista de Prova; Exercícios e Dúvidas;
58-59-60	24/04	Recuperação

- **Conteúdo Programático para Atividades Práticas**

As aulas práticas serão realizadas às terças-feiras nos dias indicados, das 7h10min às 09h40min, no Laboratório de Informática no Bloco Alfa.

Aula	Data	Conteúdo Prático
01-02-03	17/01	Prática 1 - Introdução ao Matlab, Diagrama de Blocos, Sistemas de 1ª e 2ª Ordem, Realimentação.
04-05-06	07/02	Prática 2 - Erro Estacionário, Estabilidade, Lugar Geométrico das Raízes.
07-08-09	28/02	Prática 3 - Resposta em Frequência e Diagrama de Bode.
10-11-12	27/03	Prática 4 - Controladores e Sintonia PID.
13-14-15	10/04	Prática 5 - Problemas e Soluções de Implementações Reais e Espaço de Estados.

- **Conteúdo Programático para Atividades Acadêmicas Extras (AAE)**

Aula	P/T	Data	Conteúdo - Atividades Acadêmicas Extras (AAE)
01-02-03-04	T	10/01	AAE: Estudo sobre Modelagem I
05-06-07-08	T	15/01	AAE: Estudo sobre Modelagem II
09-10-11-12	T	21/01	AAE: Estudo sobre Modelagem III
01-02-03	P	17/01	AAE: Estudo e uso do Matlab Online

- **Resumo da Carga Horária**

	Teórica	Prática
--	----------------	----------------

C.H. Presencial Total	60	15
C.H. AAE Total	12	3
C.H. Total da disciplina	72	18

- **Atendimento**

O atendimento aos alunos da disciplina será realizado na sala do docente (sala 312) no bloco Alfa, de acordo com o seguinte planejamento: segundas-feiras entre 14h e 15h, ou outro dia (presencialmente) desde que agendado com o professor previamente.

7. AVALIAÇÃO

- **Aproveitamento**

A avaliação de desempenho dos discentes será feita por 4 avaliações presenciais e individuais. Cada avaliação terá um exercício que precisará dos resultados impressos de simulações prévias, que deverão ser entregues junto com a avaliação. O cronograma de atividades avaliativas e a distribuição da pontuação é apresentada.

DATA	ATIVIDADE AVALIATIVA	PONTUAÇÃO
07/02	Avaliação 1 - Presencial	22 pontos
06/03 a 10/03	Avaliação 2 - Remota	22 pontos
27/03 a 31/03	Avaliação 3 - Remota	22 pontos
17/04	Avaliação 4 - Presencial	22 pontos
-	Presença e atividades nas Práticas	12 pontos
TOTAL		100 pontos

Os resultados das avaliações serão divulgadas no Moodle e no grupo de WhatsApp, sendo que as notas serão apresentadas pelos números de matrícula dos alunos.

A divulgação das notas deve acontecer em até 15 dias úteis após a sua realização e a vista de prova será marcada com os alunos, a partir da data de divulgação das notas, respeitando-se o prazo de no máximo 5 dias úteis, como previsto na Resolução do CONGRAD (Nº46/2022).

- **Frequência**

A frequência para aulas presenciais será aferida por chamada oral durante as aulas.

- **Recuperação**

É necessário ter 75% de presença para ter direito a realizar a prova de recuperação e a mesma somente será aplicada para o aluno que não atingiu 60 pontos.

A recuperação consistirá de uma avaliação no valor de 100 pontos, presencial e individual.

Considerando a Média Final Parcial (MP) a nota obtida no semestre ante da recuperação e a Recuperação (REC) como acima descrita, a Nota Final da disciplina (MF) será dada pela seguinte fórmula:

MF = (MP)*0,5 + (REC)*0,5, sendo limitado em 60 o valor máximo de MF obtido

pelo aluno em recuperação.

8. BIBLIOGRAFIA

Básica

1. DORF, R. C.; BISHOP, R. H. **Sistemas de controle modernos**. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
2. NISE, N. S. **Engenharia de sistemas de controle**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
3. OGATA, K. **Engenharia de controle moderno**. São Paulo: Prentice Hall, 2010.

Complementar

1. CASTRUCCI, P. B. L.; BITTAR, A.; SALES, R. M. **Controle automático**. Rio de Janeiro: LTC. 2011.
2. DISTEFANO, J. J.; STUBBERUD, A. R.; WILLIAMS, I. **Sistemas de controle**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.
3. GOLNARAGHI, F.; KUO, B. C. **Sistemas de controle automático**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
4. POWELL, J. D.; EMAMI-NAEINI, A.; FRANKLIN, G. F. **Sistemas de controle para engenharia**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
5. MAYA, Paulo Alvaro. **Controle essencial**. São Paulo: Prentice Hall, 2011. xiv, 344 p., il. ISBN 9788576057000
6. JAY, B. **Introdução à engenharia: modelagem e solução de problemas**. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 294 p., il., ISBN 9788521617266

9. APROVAÇÃO

Aprovado em reunião do Colegiado conforme Decisão Administrativa do Colegiado anexada ao processo referenciado.

Coordenação do Curso de Graduação: _____



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Costa Ramos, Coordenador(a)**, em 15/02/2024, às 08:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4943166** e o código CRC **41FF1D64**.