



## Plano de Ensino para o Ano Letivo de 2020

IDENTIFICAÇÃO		
Disciplina: Sistemas de Controle II		Código da Disciplina: EEN502
Course: Control Systems II		
Materia: Sistemas de Control II		
Periodicidade: Anual	Carga horária total: 80	Carga horária semanal: 02 - 00 - 00
Curso/Habilitação/Ênfase: Engenharia Eletrônica Engenharia Eletrônica	Série: 6 5	Período: Noturno Diurno
Professor Responsável: Wânderson de Oliveira Assis	Titulação - Graduação Engenheiro Eletricista Industrial	Pós-Graduação Doutor
Professores: Wânderson de Oliveira Assis	Titulação - Graduação Engenheiro Eletricista Industrial	Pós-Graduação Doutor
OBJETIVOS - Conhecimentos, Habilidades, e Atitudes		
<p>CONHECIMENTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificação experimental de sistemas: métodos determinísticos e método dos mínimos quadrados;</li> <li>- Projeto e sintonia de controladores PID digitais;</li> <li>- Controle Feedforward;</li> <li>- Representação de sistemas dinâmicos por variáveis de estado;</li> <li>- Estabilidade e solução de equações de estado;</li> <li>- Sistemas discretos em representação de estados;</li> <li>- Controlabilidade e observabilidade;</li> <li>- Projeto de um controlador por realimentação de estado;</li> <li>- Projeto de um observador de estado;</li> <li>- Controle LQG e LQR;</li> <li>- Filtro de Kalman;</li> <li>- Técnicas de controle inteligente: controle fuzzy.</li> </ul> <p>HABILIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analisar sistemas dinâmicos;</li> <li>- Modelar e identificar sistemas dinâmicos;</li> <li>- Projetar sistemas de controle dinâmicos;</li> <li>- Síntetizar sistemas dinâmicos.</li> </ul> <p>ATITUDES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Organização do trabalho em equipe;</li> <li>- Comportamento ético.</li> </ul>		



EMENTA
<p>Identificação experimental de sistemas. Sintonia de Controladores PID. Controladores PID discretos. Projeto de controladores multimalha. Projeto de controladores multivariáveis. Representação de sistemas dinâmicos por variáveis de estado. Análise de estabilidade de sistemas em representação de estados. Solução das equações de estado. Representação no espaço de estados discreta. Controlabilidade e observabilidade. Projeto de controladores por realimentação de estados. Projeto de observadores de estados. Introdução ao controle ótimo. Controle LQR (Regulador Linear Quadrático). Filtro de Kalman. Controle LQG (Regulador Linear Quadrático Gaussiano). Identificação de sistemas discretos pelo Método dos Mínimos Quadrados. Lógica fuzzy e controle fuzzy.</p>
SYLLABUS
<p>Experimental identification of systems. Tuning PID Controllers. Discrete PID Controllers. Project of multi-loop controllers. Multivariable controller design. Representation of dynamic systems with state space variables. Stability analysis in state space representing systems. Solution of state space equations. Discrete state space representing. Controlability and observability. Design of feedback controllers for state space systems. Design of state space observer. Optimal control introduction. LQR (Linear Quadratic Regulator) control. Kalman filter. LQG control (Linear Quadratic Gaussian Quadratic regulator). Identification by Minimum Squares Method. Fuzzy logic and fuzzy control.</p>
TEMARIO
<p>Identificación experimentales de sistemas. Sintonización de controladores PID. Controladores PID discretos. Proyecto del controladores multimalha. Controlador multivariable. Representación de sistemas dinámicos con variables de estado. Análisis de estabilidad de los sistemas en representación de estado. Solución de ecuaciones de estado. La representación en el espacio de estados discretos. Controlabilidad y observabilidad. Controlador de realimentación de estado. Observador de estado. Introducción al control óptimo. El control LQR (Linear Quadratic Regulator). Filtro de Kalman. El control LQG (Regulador Lineal Cuadrático Gaussiano). Identificación de sistemas discretos por el método de los mínimos cuadrados. lógica difusa y control difuso.</p>
ESTRATÉGIAS ATIVAS PARA APRENDIZAGEM - EAA
Aulas de Teoria - Sim
LISTA DE ESTRATÉGIAS ATIVAS PARA APRENDIZAGEM
- Atividade interativa com o Kahoot It
- Peer Instruction (Ensino por pares)



### METODOLOGIA DIDÁTICA

- Aulas expositivas utilizando apresentação em power-point e canhão projetor.
- Exercícios em lousa.
- Estudos de caso relacionados a sistemas práticos com aplicação dos conceitos teóricos na simulação e implementação de sistemas de controle.
- Projetos em laboratórios utilizando ferramentas de simulação e sistemas de aquisição de dados de forma a executar o controle prático.

### CONHECIMENTOS PRÉVIOS NECESSÁRIOS PARA O ACOMPANHAMENTO DA DISCIPLINA

Matemática:

- Propriedades e operações com logaritmos. Equações exponenciais.

Cálculo:

- Equações diferenciais ordinárias. Transformada de Fourier. Série de Taylor. Convergência de séries. Raízes de polinômios. Transformada de Laplace. Convolução.

Circuitos elétricos:

- Análise de transitórios de circuitos.

Sistemas lineares:

- Conceito de resposta transitória, linearidade e dinâmica. Função de transferência. Resposta impulsiva e resposta em frequência. Lugar das raízes. Matrizes: Álgebra matricial. Determinantes. Inversão. Funções de matrizes.
- Conceitos básicos de modelagem de sistemas e projeto de controladores PID.

### CONTRIBUIÇÃO DA DISCIPLINA

A disciplina Sistemas de Controle II tem enfoque no desenvolvimento de projetos na área de Sistemas de Controle. As atividades desenvolvidas nas aulas visam dar ao aluno conhecimento e desenvoltura no trato dos sistemas de controle analógico e digitais, sua análise e síntese. Para isso o aluno é capacitado para fazer estudo detalhado e aplicado das técnicas de projeto e síntese de sistemas de controle analógicos e digitais, além de saber escolher a melhor estratégia de controle, especificar o desempenho a ser alcançado no projeto, realizar o projeto teórico e aplicar o controlador real.

Visando contribuir para a internacionalização bem como para a capacitação do aluno com o inglês técnico, essa disciplina contará com todo material didático elaborado em língua inglesa.

### BIBLIOGRAFIA

#### Bibliografia Básica:

DORF, Richard C; BISHOP, Robert H. Modern control systems. 8. ed. Menlo Park: Addison-Wesley, 1998. 855 p. ISBN 0-201-30864-9.

DORF, Richard C; BISHOP, Robert H. Sistemas de controle modernos. Trad. de Bernardo Severo da Silva Filho. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2001. 659 p.



OGATA, Katsuhiko. Discrete-time control systems. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1987. 994 p.

OGATA, Katsuhiko. Discrete-time control systems. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995. 745 p. ISBN 0-13-034281-5.

OGATA, Katsuhiko. Engenharia de controle moderno. Trad. de Bernardo Severo. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Prentice Hall, 1998. 813 p. ISBN 85-7054-074-4.

OGATA, Katsuhiko. Engenharia de controle moderno. Tradução de André Fabio Kohn e José Carlos Teixeira de Barros Moraes. Rio de Janeiro, RJ: Prentice-Hall, 1985. 929 p.

OGATA, Katsuhiko. Engenharia de controle moderno. [Modern control engineering]. 4. ed. Rio de Janeiro, RJ: Prentice Hall, 2007. 788 p. ISBN 9788587918239.

OGATA, Katsuhiko. Engenharia de controle moderno. [Título original: Modern control engineering]. Trad. Heloísa Coimbra de Souza, rev. téc. Eduardo Aoun Tannuri. 5. ed. São Paulo, SP: Pearson, 2010. 809 p. ISBN 9788576058106.

OGATA, Katsuhiko. Ingenieria de control modern. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1970. 902 p.

OGATA, Katsuhiko. Modern control engineering. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1970. 836 p.

OGATA, Katsuhiko. Modern control engineering. 3. ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1997. 997 p. ISBN 0132273071.

#### **Bibliografia Complementar:**

AGUIRRE, Luis Antonio, ed. ENCICLOPÉDIA de automática: controle e automação. São Paulo, SP: Blucher, 2007. v. 1.

AGUIRRE, Luis Antonio, ed. ENCICLOPÉDIA de automática: controle e automação. São Paulo, SP: Blucher, 2007. v. 2. ISBN 9788521204091.

AGUIRRE, Luis Antonio, ed. ENCICLOPÉDIA de automática: controle e automação. São Paulo, SP: Blucher, 2007. v. 3. ISBN 9788521204107.

ASTRÖM, Karl J; WITTENMARK, Bjorn. Computer-controlled systems: theory and design. 2. ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1990. 544 p.

ASTRÖM, Karl J; WITTENMARK, Björn. Computer-controlled systems: theory and design. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997. 557 p. (Prentice Hall Information and System Sciences Series). ISBN 0-13-314899-8.



CAMPOS, Mario Cesar M. Massa de. Controles típicos de equipamentos e processos industriais. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 396 p. ISBN 8521203985.

CRUZ, José Jaime da. Controle robusto multivariável: o método LQC/LTR. São Paulo, SP: EDUSP, 1996. 168 p. (Acadêmica, 5). ISBN 8531403413.

NISE, Norman. Engenharia de sistemas de controle. [SILVA FILHO, Bernardo Severo da Silva]. 3 ed. São Paulo: LTC, 2002. 695 p. ISBN 85352216855.

#### **AVALIAÇÃO (conforme Resolução RN CEPE 16/2014)**

Disciplina anual, com trabalhos e provas (quatro e duas substitutivas).

Pesos dos trabalhos:

$k_1: 1,0$   $k_2: 1,0$   $k_3: 1,0$   $k_4: 1,0$

#### **INFORMAÇÕES SOBRE PROVAS E TRABALHOS**

Os quatro trabalhos serão propostos na forma de estudo de casos desenvolvidos em laboratório utilizando como ferramentas softwares como o MATLAB (TM) & Simulink (TM), o LabVIEW(TM) bem como sistemas de aquisição de dados.



OUTRAS INFORMAÇÕES

**SOFTWARES NECESSÁRIOS PARA A DISCIPLINA**

Matlab e Simulink (utilização do software na grande maioria das aulas teóricas);

LabVIEW (utilização do software em algumas aulas nas quais os alunos são levados para o laboratório);

Pacote Microsoft Office.



## APROVAÇÕES

Prof.(a) Wânderson de Oliveira Assis  
Responsável pela Disciplina

Prof.(a) Sergio Ribeiro Augusto  
Coordenador do Curso de Engenharia Eletrônica

Data de Aprovação:





PROGRAMA DA DISCIPLINA		
Nº da semana	Conteúdo	EAA
1 T	Apresentação do curso e critério de avaliação. Introdução ao curso.Revisão de conceitos: Sistemas SISO, função de transferência, estabilidade em sistemas de controle. Atividade com o Kahoot it!	1% a 10%
2 T	Revisão de conceitos: Sistemas SISO, função de transferência, estabilidade em sistemas de controle, teorema do valor final, índices de desempenho da resposta a degrau: ITAE e ITSE.	0
3 T	Identificação experimental de sistemas em função de transferência. Identificação de sistemas com tempo morto. Método de Smith. Método de Sundaresan e Krishnawamy.	0
4 T	Projeto de controladores P, PI, PD e PID. Lugar das raízes e dominância. Técnicas de cancelamento de pólos. Exercícios e aplicações.Sintonia de controladores PID por Ziegler - Nichol e síntese direta.	0
5 T	Controle PID: Método de Chien, Hrones e Reswick (CHR) e Método de Cohen e Coon (CC). Controle PID discreto. Exercícios e aplicações. Simulação em Matlab.	0
6 T	Sistemas MIMO. Projeto de controladores. Controle multivariável (MIMO). Estratégias. Exemplos de aplicação. Controle feedforward. Exercícios e aplicações.	0
7 T	Demonstração: WebLab e controle de velocidade de motor de corrente contínua utilizando sistema de aquisição de dados e LabVIEW.Estudo de Caso 1: Sistema de Controle de Nível.	61% a 90%
8 T	Semana de provas.	0
9 T	Apresentação e discussão da primeira avaliação. Conceitos de representação de estados. Transformações lineares. Conversão de representação de estados para função de transferência. Exercício.	0
10 T	Semana com feriado. Carnaval.	0
11 T	Representação de estados. Solução de equações de estado. Exercícios.	0
12 T	Estabilidade de sistemas em representação de estados: autovalores. Conceitos de estabilidade assintótica. Estabilidade por Lyapunov. Exemplos e aplicações.	0
13 T	Controlabilidade e observabilidade. Exemplos e exercícios. Realimentação de Estados. Exemplos.	0
14 T	Semana SMILE.	0
15 T	Observador de Estados. Exemplos e aplicações. Controle Inferencial: Realimentação de Estados em Sistema com Observador de Estados.	0
16 T	Estudo de Caso 2. Objetivos: simulação de representação de estados, realimentação de estados e observador de estados em Matlab. Análise de estabilidade, controlabilidade e observabilidade. Simulação em Matlab.	91% a 100%



17 T	Estudo de Caso 2. Objetivos: simulação de representação de estados, realimentação de estados e observador de estados em Matlab. Análise de estabilidade, controlabilidade e observabilidade. Simulação em Matlab.Exercícios/revisão	41% a 60%
18 T	Semana de provas.	0
19 T	Semana de provas.	0
20 T	Atendimento e esclarecimento de dúvidas. Apresentação e discussão da segunda avaliação.	0
21 T	Semana com aulas apenas no sábado.	0
22 T	Semana de provas substitutivas.	0
23 T	Resolução e discussão da segunda avaliação e substitutiva. Princípios de otimização. Regulador Linear Quadrático.	0
24 T	Filtro de Kalman e o regulador LQG. Exercícios e aplicações.	0
25 T	Representação de Estados, Realimentação de Estados, Observador de Estados, controles LQR e LQG no Matlab. Exercícios.	0
26 T	Representação discreta em espaço de estados. Exercícios. Exemplos e aplicações.	0
27 T	Estudo de Caso 3. Aplicação em realimentação de estados e observador de estados utilizando controles LQR, LQG e Filtro de Kalman. Uma aplicação em Sistema de controle de velocidade.	91% a 100%
28 T	Análise de estabilidade de sistemas discretos em representação de estados. Exercícios.	0
29 T	Semana de provas.	0
30 T	Resolução e discussão da terceira avaliação.Métodos para identificação de parâmetros de sistemas. Modelos ARX, ARMAX e ARIMAX. Identificação pelo método dos mínimos quadrados. Método dos mínimos quadrados ponderados.	0
31 T	Exemplos e aplicações. Exercícios. Demonstração: Planta de controle de processos PCS Festo. Identificação pelo Método dos Mínimos Quadrados.- Identificação do sistema de controle de temperatura pelo MMQ.	0
32 T	Controle inteligente: Lógica fuzzy. Exemplos e aplicações. Exemplos e aplicações. Programação em Matlab.	0
33 T	Controle inteligente: Lógica fuzzy. Exemplos e aplicações. Exemplos e aplicações. Programação em Matlab.	0
34 T	Estudo de Caso 4. Lógica Fuzzy no Matlab.Demonstração de aplicação com lógica fuzzy no LabVIEW. Exercícios.	61% a 90%
35 T	Atividades relacionadas à Eureka 2020.	0
36 T	Revisão de conceitos. Exercícios.	0
37 T	Semana de provas.	0
38 T	Semana de provas.	0
39 T	Resolução e discussão da quarta avaliação.Atendimento e esclarecimento de dúvidas.	0
40 T	Semana de provas substitutivas.	0
41 T	Atendimento e esclarecimento de dúvidas. Apresentação das notas finais e dos trabalhos corrigidos.	0
Legenda: T = Teoria, E = Exercício, L = Laboratório		