



# UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Mecânica

Rodovia BR 050, KM 78, Bloco 1D, 2º andar - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 2512-6779/6778 - www.mecanica.ufu.br - femec@mecanica.ufu.br



## PLANO DE ENSINO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	Controle Digital de Sistemas						
Unidade Ofertante:	FEMEC						
Código:	FEMEC 42701	Período/Série:	7o	Turma:	V*		
Carga Horária:				Natureza:			
Teórica:	45	Prática:	15	Total:	60	Obrigatória:	Optativa ( )
Professor(A):	Pedro Augusto Queiroz de Assis				Ano/Semestre:	2023/1	
Observações:							

### 2. EMENTA

Processos e sistemas a discretos: modelagem e princípios de identificação de processos, dinâmica, análise e síntese de sistemas realimentados. Controladores e reguladores industriais. Implementação de controladores digitais. Técnicas e ferramentas de análise, simulação e projeto de controladores industriais. Introdução a Sistemas Embarcados.

### 3. JUSTIFICATIVA

Segundo o Projeto Pedagógico do Curso – PPC (página 33) um dos objetivos do curso é “Fornecer uma formação multidisciplinar contemplando os conceitos básicos das várias áreas afeitas à engenharia mecânica, eletroeletrônica e computação incluindo, microprocessadores, controle de máquinas e processos via computador”. Portanto, a presente disciplina é de fundamental importância para que o discente entenda como a implementação de sistemas de controle analógico pode ser realizada por meio de dispositivos digitais. Mais ainda, os efeitos da amostragem são discutidos e os cenários nos quais um controlador analógico pode ser implementado digitalmente sem perdas significativas de desempenho são estudados. Por fim, métodos de projeto diretamente no domínio discreto utilizando a Transformada Z e a representação no espaço de estados são apresentados.

### 4. OBJETIVO

**Objetivo Geral:** Estudar a implementação de sistemas de controle utilizando dispositivos digitais.

**Objetivos Específicos:** Mostrar como um controlador analógico pode ser implementado digitalmente (emulação). Discutir os efeitos da amostragem. Apresentar como a escolha do período de amostragem influencia no desempenho da planta e fatores que limitam inferiormente e superiormente esse período. Projetar controladores diretamente no tempo discreto utilizando a Transformada Z e a representação no espaço de estados. Aplicar os conceitos estudados em

aulas práticas.

## 5. PROGRAMA

5.1. PROGRAMA DE AULAS TEÓRICAS	
Data	Conteúdo
09/03/23	Introdução ao curso. Conceitos fundamentais: Modelo matemáticos, estabilidade, função de transferência. Apresentação do Plano de Ensino.
16/03/23	Sistemas discretos. Equação a diferenças. Transformada Z.
23/03/23	Função de transferência discreta. Relação entre plano $s$ e $z$ . Estabilidade de sistemas de controle digital. Critério de estabilidade de Jury.
30/03/23	Representação discreta do conjunto: D/A – Processo – A/D. Efeitos da amostragem. Teorema da amostragem.
06/04/23	Projeto de controladores por emulação: Mapeamento de polos e zeros, Integração numérica, Equivalente por segurador de ordem zero.

20/04/23	Caraterísticas de desempenho transitório no plano Z. Erro de regime permanente.
27/04/23	LGR. Projeto no domínio Z utilizando o LGR.
<b>04/05/23</b>	<b>Provinha 1.</b>
<b>11/05/23</b>	<b>Prova 1.</b>
18/05/23	Representação de sistemas no espaço de estados. Transformação linear. Sistemas discretos em espaço de estados. Relação entre função de transferência e a forma do espaço de estados.
25/05/23	Projeto realimentação de estados. Projeto de observador de estados. Combinação entre regulador e observador de estados.
01/06/23	Introdução de referências constantes.
<b>15/06/23</b>	<b>Provinha 2.</b>
<b>22/06/23</b>	<b>Prova 2.</b>

<b>29/06/23</b>	<b>Reposição de provas.</b>
<b>06/07/23</b>	<b>Prova substitutiva.</b>

## 5.2. PROGRAMA DE AULAS PRÁTICAS

Data		
VA	VB	Conteúdo
13/03/23	20/03/23	Introdução à utilização do Arduino.
27/03/23	03/04/23	Simulação numérica de sistemas de controle.
10/04/23	17/04/23	Identificação de sistemas lineares.
24/04/23	08/05/23	Emulação de controladores analógicos.
15/05/23	22/05/23	Comportamento de sistemas discretos.
29/05/23	05/06/23	Projeto de controlador no LGR a tempo discreto.
13/06/23	19/06/23	Projeto de sistema de controle no espaço de estados a tempo discreto.

## 6. METODOLOGIA

## 6.1. DESCRIÇÃO DE ATIVIDADES E DIVISÃO DE CARGAS HORÁRIAS

O curso será composto por aulas teóricas e práticas. A Tabela 1 detalha como será ministrado o curso.

Tabela 1 – Descrição de atividades do curso.

<b>Tipo de atividade</b>	<b>Descrição</b>
Aulas teóricas	Apresentação do conteúdo e resolução de exemplos
Aulas práticas	Experimentos para ilustração de conceitos com auxílio de roteiro e códigos preenchidos parcialmente. Tais aulas serão realizadas com auxílio de Arduino UNO

## 6.2 AVALIAÇÃO E ASSIDUIDADE

A avaliação do aproveitamento do curso será composta por realização de questionários, atividades de aulas práticas. A pontuação de cada atividade é detalhada na Seção 7. Haverá uma prova substitutiva, cujo conteúdo está detalhado na próxima seção.

**Os questionários serão realizados nas datas apontadas na Seção 5.**

## 6.3 PROVA SUBSTITUTIVA

No horário de aula, na data apontada na Seção 5, será aplicada uma prova substitutiva. A nota de tal prova **substituirá a pior nota de prova**. O conteúdo será toda matéria ministrada no curso.

**Somente poderão fazer a prova substitutiva discentes com nota final menor que 60 pontos. Em caso, de aprovação, a nota final será 61 pontos.**

## 7. AVALIAÇÃO

O sistema de avaliação consiste de provas e provinhas. A tabela a seguir mostra a distribuição dos 100 pontos:

Tabela 1 – Pontuação no sistema de avaliação

Item de avaliação	Qtd.	Valor unitário	Valor total do item	Obs.
Prova	2	34	68	Individual
Provinha	2	10	20	Grupo de 2 discentes
Atividade de aula prática	6	2	12	-
<b>TOTAL</b>			<b>100</b>	

\* Não haverá reposição de aulas práticas.

## 8. BIBLIOGRAFIA

### BÁSICA

FRANKLIN, G F.; POWELL, J. D.; WORKMAN, M. *Digital Control of Dynamic Systems*. 3<sup>a</sup> ed. Menlo Park: Addison-Wesley, 1998.

OGATA, K. *Discrete-time Control Systems*. 2<sup>a</sup> ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1994.

FADALI, M. S.; VISIOLI, A. *Digital Control Engineering – Analysis and Design*. 2<sup>a</sup> ed. Amsterdam: Elsevier, 1995.

### COMPLEMENTAR

HEMERLY, E. M. *Controle por Computador de Sistemas Dinâmicos*. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Blucher, 2000.

ASSUNÇÃO, E. *Controle Digital*. 1<sup>a</sup> ed. Ilha Solteira: 2013. Departamento de Engenharia Elétrica. UNESP.

ÅSTRÖM, Karl J.; WITTENMARK, Björn. *Computer-controlled systems: theory and design*. Courier Corporation, 2013.

FRIEDLAND, Bernard. *Control system design: an introduction to state-space methods*. Courier Corporation, 2012.

PHILLIPS, Charles L.; NAGLE, H. Troy. *Digital control system analysis and design*. Prentice Hall Press, 2007.

## 9. APROVAÇÃO

Aprovado em reunião do Colegiado realizada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Coordenação do Curso de Graduação: \_\_\_\_\_



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Augusto Queiroz de Assis, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/01/2023, às 15:41, 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](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4226041** e o código CRC **EF6AF214**.

**Referência:** Processo nº 23117.005106/2023-92

SEI nº 4226041