



# UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Elétrica

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 3N - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4701/4702 - www.feelt.ufu.br - feelt@ufu.br



## PLANO DE ENSINO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	<b>PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS</b>					
Unidade Ofertante:	FEELT					
Código:	FEELT 49080	Período/Série:	8	Turma:	V	
Carga Horária:				Natureza:		
Teórica:	60	Prática:	0	Total:	60	Obrigatória: (X) Optativa: ( )
Professor(A):	Milena Bueno Pereira Carneiro			Ano/Semestre:	2025/1	
Observações:						

### 2. EMENTA

Análise do tratamento numérico de sinais e das implicações tecnológicas em sistemas de filtros digitais.

### 3. JUSTIFICATIVA

Preparar os estudantes de Engenharia Eletrônica e Telecomunicações e de Engenharia Mecatrônica para o desenvolvimento de temas pertencentes ao núcleo específico de conhecimento, necessário aos profissionais destas e praticamente todas as áreas da Engenharia. Inúmeros desafios surgem à medida que os engenheiros são confrontados com a análise de processos complexos. Neste contexto, os métodos de análise de sinais e sistemas de tempo discreto são elementos chaves com um número cada vez maior de aplicações. Ressalta-se que as técnicas aprendidas nesta disciplina, além de estimular o raciocínio lógico para solução de problemas sobre o tema, concentram-se sobre os princípios básicos importantes para o processamento digital de sinais.

### 4. OBJETIVO

#### Objetivo Geral:

Ao final da disciplina o estudante será capaz de analisar os processos de digitalização de sinais analógicos e desenvolver projetos de filtros digitais recursivos e não-recursivos.

#### Objetivos Específicos:

1. Apresentar conceitos, objetivos e vantagens do processamento digital de sinais;
2. Utilizar ferramentas matemáticas e computacionais na análise de sistemas discretos.
3. Avaliar e classificar sistemas e sinais discretos;
4. Compreender e realizar análise no domínio da frequência;
5. Proporcionar um embasamento sobre amostragem e reconstrução de sinal;
6. Desenvolver a extração de informações de sinais utilizando a transformada discreta de Fourier e transformada Z;
7. Projetar filtros digitais.

## 5. PROGRAMA

### 1 - Introdução ao Processamento Digital de Sinais

- 1.1 – Introdução aos Sinais e ao Processamento Digital de Sinais.
- 1.2 – Exemplos de Sinais.
- 1.3 – Aplicações de Processamento Digital de Sinais.
- 1.4 – Vantagens e Desvantagens do Processamento Digital de Sinais.
- 1.5 – A área de Processamento Digital de Sinais.

### 2 - Sinais e Sistemas

- 2.1 – Sinais Discretos no Tempo.
  - 2.1.1 – Sequências complexas.
  - 2.1.2 – Algumas sequências fundamentais.
  - 2.1.3 – Duração de sinal.
  - 2.1.4 – Sequências periódicas e aperiódicas.
  - 2.1.5 – Sequências simétricas.
  - 2.1.6 – Manipulação de sinal.
  - 2.1.7 – Decomposição de sinal.
- 2.2 – Sistemas Discretos no Tempo.
  - 2.2.1 – Propriedades dos sistemas.
- 2.3 – Convolução.
  - 2.3.1 – Propriedades da convolução.
  - 2.3.2 – Realizando convoluções.
- 2.4 – Equações Diferenças.

### 3 - Análise de Fourier

- 3.1 – Introdução
- 3.2 – Resposta em Frequência.
- 3.3 – Filtros.
- 3.4 – Interconexão de Sistemas.
- 3.5 – A Transformada de Fourier de Tempo Discreto.
- 3.6 – Propriedades da Transformada de Fourier de Tempo Discreto.
- 3.7 – Aplicações
  - 3.7.1 – Sistemas lineares e invariantes ao deslocamento e equações diferenças com coeficientes constantes.
  - 3.7.2 – Realizando convoluções.
  - 3.7.3 – Resolvendo equações diferenças.
  - 3.7.4 – Sistemas inversos.

## **4 - Teorema da Amostragem.**

## **5 - Transformada z**

- 5.1 – Introdução.
- 5.2 – Definição da Transformada z.
- 5.3 – Propriedades da Transformada z.
- 5.4 – Transformada z Inversa.
  - 5.4.1 – Expansão em frações parciais.
  - 5.4.2 – Série de potência.
  - 5.4.3 – Integração do contorno.
- 5.5 – Transformada z Unilateral.
- 5.6 – Estabilidade e Casualidade.
- 5.7 – Realização de Sistemas.

## **6 - Transformada Discreta de Fourier**

- 6.1 – Introdução.
- 6.2 – Série Discreta de Fourier.
- 6.3 – Transformada Discreta de Fourier.
- 6.4 – Propriedades da Transformada Discreta de Fourier.
- 6.5 – Amostrando a Transformada Discreta de Fourier.

## **7 - Transformada Rápida de Fourier**

- 7.1 – Algoritmos da Transformada Rápida de Fourier Raiz 2.
  - 7.1.1 - Transformada Rápida de Fourier com Decimação no tempo.
  - 7.1.2 - Transformada Rápida de Fourier com Decimação na frequência.

## **8 - Projetos de Filtros**

- 8.1 – Introdução.
- 8.2 – Especificações de Filtros.
- 8.3 – Projeto de Filtro de Resposta Impulsiva Finita.
  - 8.3.1 – Projeto de Filtro de Resposta Impulsiva Finita com Fase Linear Usando Janela.
  - 8.4 – Projeto de Filtros de Resposta Impulsiva Infinita.
    - 8.4.1 – Protótipos Analógicos de Filtros Passa-baixa.
    - 8.4.2 – Projeto de Filtros de Resposta Impulsiva Infinita a partir de Filtros Analógicos.
    - 8.4.3 – Transformações de Frequências.

## **6. METODOLOGIA**

### **Cronograma previsto para desenvolvimento do conteúdo:**

Aula	Conteúdo
01-02	Apresentação e discussão sobre o plano de curso, metodologia de avaliação e referências bibliográficas. Introdução aos sinais e ao processamento digital de sinais.
03-04	Sinais e Sistemas: sinais, sinais de tempo discreto, sequências fundamentais.

05-06	Sinais e Sistemas: operações com sequências, manipulação com sinais.
07-08	Sinais e Sistemas: decomposição do sinal, sistemas de tempo discreto, sistemas lineares invariantes no tempo.
09-10	Sinais e Sistemas: causalidade, estabilidade, convolução.
11-12	Sinais e Sistemas: convolução.
13-14	Sinais e Sistemas: equação de diferenças.
15-16	Análise de Fourier: resposta em frequência, filtros.
17-18	Análise de Fourier: interconexão de sistemas, transformada de Fourier de tempo discreto (TFTD).
19-20	Análise de Fourier: propriedades da TFTD.
21-22	Análise de Fourier: aplicações da TFTD.
23-24	Amostragem: introdução, amostragem periódica.
25-26	<b>1ª Prova</b>
27-28	Amostragem: conversão digital/analógica, quantização e codificação.
29-30	Transformada Discreta de Fourier: introdução, série discreta de Fourier.
31-32	Transformada Discreta de Fourier: propriedades da série de Fourier discreta, transformada discreta de Fourier (DFT).
33-34	Transformada Discreta de Fourier: propriedades da DFT.
35-36	Transformada z: introdução e propriedades da região de convergência.
37-38	Transformada z: propriedades da transformada Z.
39-40	Transformada z: transformada Z inversa.
41-42	Transformada z: transformada Z inversa.
43-44	Transformada z: transformada z unilateral, equação de diferenças.
45-46	Transformada Rápida de Fourier: introdução, algoritmos FFT de raiz 2, decimação no tempo, algoritmos FFT de raiz 2, decimação na frequência.
47-48	Projeto de Filtros: introdução, especificações do filtro, especificações de projeto de filtro digital
49-50	Projeto de Filtros: projeto de filtro de resposta impulsiva finita
51-52	Projeto de Filtros: projeto de filtro de resposta impulsiva finita
53-54	Projeto de Filtros: projeto de filtro de resposta impulsiva infinita, filtro de Butterworth,
55-56	Projeto de Filtros: filtro de Chebychev, filtro elíptico, invariância do impulso,
57-58	Exercícios
59-60	Projeto de Filtros: transformação bilinear. transformações de frequências.
61-62	Exercícios
63-64	<b>2ª Prova</b>
65-66	Entrega de trabalho e vista de prova

### **Principais recursos didáticos utilizados:**

Quadro, giz e data-show.

### **Técnicas de ensino utilizadas:**

Aulas expositivas com realização de exercícios, listas de exercícios, trabalhos com implementações no computador para complementação do conteúdo. As técnicas citadas serão aplicadas durante o desenvolvimento do conteúdo.

**As aulas dos dias 06, 07, 13 e 14/08 serão substituídas por vídeo aulas.**

## 7. AVALIAÇÃO

A avaliação da disciplina será realizada da seguinte forma:

### **1 - Provas**

1<sup>a</sup> Prova teórica individual sem consulta – valor: 30,00 pontos. Data: 07/08/2025

2<sup>a</sup> Prova teórica individual sem consulta – valor: 30,00 pontos. Data: 11/09/2025

### **2 - Trabalhos**

Serão propostos trabalhos envolvendo a escrita de rotinas no MatLab visando a implementação prática de técnicas estudadas em sala de aula. Valor: 30 pontos.

A quantidade e a data de entrega dos trabalhos serão definidas no decorrer do semestre.

### **3 - Atividades Extras**

Serão definidas e propostas no decorrer do semestre. Valor: 10 pontos

**Total de pontos distribuídos: 100 pontos**

### **Avaliação de Recuperação:**

Será oferecida uma avaliação de recuperação no dia 18/09 para os discentes que não obtiverem o rendimento mínimo para aprovação e com frequência mínima de 75% na disciplina. A avaliação de recuperação será composta por uma prova escrita, individual e sem consulta que irá substituir apenas a prova de menor nota entre as duas previstas regularmente na disciplina. A matéria da prova de recuperação será todo conteúdo ministrado na disciplina ao longo do semestre. O estudante que realizar a atividade de recuperação terá limitada a sua nota final em 60 pontos em caso de aprovação. A atividade de recuperação não se aplica aos trabalhos e demais atividades.

## 8. BIBLIOGRAFIA

### **Básica**

1 HAYES, M. H. **Digital Signal Processing**, Schaum's Outlines, Mc Graw Hill

2 LYONS, R. G. **Understanding Digital Signal Processing**, Prentice Hall, Third Edition

2 ERCEGOVAC, M. **Introdução aos Sistemas Digitais**, Bookmam, Porto Alegre, RS, 2000.

2 PELED, A.; LIU, B. **Digital Signal Processing Theory, Design and Implementation**, John Wiley & Sons, New York, 1976.

3 SCHWARTZ, M.; SHAW, L. **Signal Processing Discrete Spectral Analysis, Detection and Estimation**, McGraw-Hill, New York, EUA, 1975.

### **Complementar**

4. TRETTER, S. A. **Introduction to Discrete Time Signal Processing**, John Willey&

Sons, New York, EUA, 1976.

5. OPPENHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W. **Discrete-Time Signal Processing**, Prentice Hall, Boston, New Jersey , EUA, 1999.

## 9. APROVAÇÃO

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

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



Documento assinado eletronicamente por **Milena Bueno Pereira Carneiro, Professor(a) do Magistério Superior**, em 18/08/2025, às 15:02, 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 **6600032** e o código CRC **3D57DF65**.

---

**Referência:** Processo nº 23117.042791/2025-08

SEI nº 6600032