



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA



FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

COURSE OUTLINE

CÓDIGO / COURSE CODE : EL091		COMPONENTE CURRICULAR / COURSE TITLE : Processamento Digital de Sinais / Digital Signal Processing		
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE / ORGANIZATION : Faculdade de Engenharia Elétrica - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica Faculty of Electrical Engineering - Postgraduate Program in Electrical Engineering				SIGLA / ACRONYM : FEELT - PPGEELT
CH TOTAL TEÓRICA / LECTURE HOURS : 45 horas / hours	CH TOTAL PRÁTICA / LABORATORY HOURS : 0 horas / hours	CH TOTAL / TOTAL HOURS : 45 horas / hours	CRÉDITOS / CREDITS : 3	TIPO / TYPE: Optativa / Elective
Curso / Degree : Mestrado e Doutorado / Master and PhD		Requisito / Requirement : Sem requisitos / No Requirements		

1. OBJETIVOS / STUDY GOALS

Ao final da disciplina o estudante será capaz de compreender aspectos teóricos e práticos envolvidos nas etapas do processo de conversão de sinais analógicos em digitais e digitais em analógicos.

Uma atenção especial será empregada na análise e processamento de sinais discretos no tempo tanto no domínio do tempo quanto da frequência, além do estudo de técnicas de projetos de filtros digitais.

At the end of the course, the student will be able to understand theoretical and practical aspects involved in the stages of the process of converting analog signals into digital and digital signals into analog signals.

Special attention will be paid to the analysis and processing of discrete time signals in both the time and frequency domains, in addition to the study of digital filter design techniques.

2. EMENTA / COURSE CONTENTS

Sinais e Sistemas. Análise de Fourier. Amostragem. Transformada Z. Transformada de Fourier Discreta. Transformada Rápida de Fourier (Algoritmos). Projetos de Filtros Digitais FIR e IIR.

Signals and Systems. Fourier Analysis. Sampling. Z Transform. Discrete Fourier Transform. Fast Fourier Transform (Algorithms). FIR and IIR Digital Filter Projects.

3. PROGRAMA / PROGRAM

1. Sinais e Sistemas.

- 1.1 Sinais de tempo discreto.
- 1.2 Sequências complexas.
- 1.3 Sequências periódicas e aperiódicas.
- 1.4 Sequências simétricas.
- 1.5 Manipulação e decomposição de sinais.
- 1.6 Sistemas de tempo discreto.
- 1.7 Propriedades dos sistemas.
- 1.8 Convolução linear, propriedades e aplicações.
- 1.9 Equações de diferenças.

2. Análise de Fourier.

- 2.1 Introdução.
- 2.2 Resposta em frequência.
- 2.3 Filtros e interconexão de sistemas.

- 2.4 Transformada de Fourier de Tempo Discreto (TFTD).
- 2.5 Propriedades da TFTD.
- 2.6 Implementação de convolução no domínio da frequência.

3. Amostragem.

- 3.1 Introdução.
- 3.2 Conversão analógica-digital.
- 3.3 Amostragem periódica.
- 3.4 Quantização e codificação.
- 3.5 Conversão digital-analógica.
- 3.6 Processamento de tempo discreto de sinais analógicos.
- 3.7 Alteração da taxa de amostragem e análise do espectro.

4. Transformada Z.

- 4.1 Introdução.
- 4.2 Definição da transformada Z e suas propriedades.
- 4.3 Transformada Z inversa.
 - 4.3.1. Expansão em frações parciais.
 - 4.3.2. Série de potências.
 - 4.3.3. Integração de contorno.
- 4.4 Transformada Z Unilateral.

5. Transformada de Fourier Discreta.

- 5.1 Introdução.
- 5.2 Série de Fourier Discreta (SFD).
- 5.3 Transformada de Fourier Discreta.
- 5.4 Propriedades da TFD.
- 5.5 Amostragem da TFTD.
- 5.6 Convolução linear utilizando a TFD.

6. Transformada Rápida de Fourier (Algoritmos).

7. Projetos de Filtros Digitais FIR e IIR.

- 7.1 Introdução.
- 7.2 Especificação de filtros.
- 7.3 Projeto de filtros FIR.
- 7.4 Projeto de filtros FIR utilizando janelas.
- 7.5 Projeto de filtros com amostragem de frequências.
- 7.6 Projetos de filtros IIR.

1. Signals and Systems.

- 1.1 Discrete time signals.
- 1.2 Complex sequences.
- 1.3 Periodic and aperiodic sequences.
- 1.4 Symmetrical sequences.
- 1.5 Signal manipulation and decomposition.
- 1.6 Discrete-time systems.
- 1.7 System properties.
- 1.8 Linear convolution, properties and applications.
- 1.9 Difference equations.

2. Fourier Analysis.

- 2.1 Introduction.
- 2.2 Frequency response.

- 2.3 Filters and system interconnection.
- 2.4 Discrete Time Fourier Transform (DTFT).
- 2.5 DTFT Properties.
- 2.6 Implementation of convolution in the frequency domain.

3. Sampling.

- 3.1 Introduction.
- 3.2 Analog-digital conversion.
- 3.3 Periodic sampling.
- 3.4 Quantization and coding.
- 3.5 Digital-analog conversion.
- 3.6 Discrete-time processing of analog signals.
- 3.7 Changing the sampling rate and spectrum analysis.

4.Z Transform.

- 4.1 Introduction.
- 4.2 Definition of the Z transform and its properties.
- 4.3 Inverse Z transform.
 - 4.3.1. Expansion in partial fractions.
 - 4.3.2. Power series.
 - 4.3.3. Contour integration.

- 4.4 Unilateral Z Transform.

5. Discrete Fourier Transform.

- 5.1 Introduction.
- 5.2 Discrete Fourier Series (DFS).
- 5.3 Discrete Fourier Transform.
- 5.4 DFT properties.
- 5.5 DTFT sampling.
- 5.6 Linear convolution using DFT.

6. Fast Fourier Transform (Algorithms).

7.FIR and IIR Digital Filter Projects.

- 7.1 Introduction.
- 7.2 Filter specification.
- 7.3 Design of FIR filters.
- 7.4 Design of FIR filters using windows.
- 7.5 Design of filters with frequency sampling.
- 7.6 IIR filter designs.

4. BIBLIOGRAFIA BÁSICA / TEXT BOOK

1. OPPENHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W. **Discrete-Time Signal Processing.** Edição Internacional [S.l.]: Pearson, 2010. 1108 p. ISBN 9780131988422.
2. HAYES, M. H. **Digital Signal Processing:** Schaum's Outlines. 1. ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 1999. 432 p.
3. OPPENHEIM, A. V.; WILLSKY, A. S.; YOUNG, I. T. **Signals and Systems.** 1. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 1983.
4. DINIZ, Paulo S. R.; DA SILVA, Eduardo A. B.; NETTO, Sergio L. 2. ed. [S.l.]: Bookman, 2014.

1. OPPENHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W. **Discrete-Time Signal Processing.** Edição Internacional [S.l.]: Pearson, 2010. 1108 p. ISBN 9780131988422.
2. HAYES, M. H. **Digital Signal Processing:** Schaum's Outlines. 1. ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 1999. 432 p.
3. OPPENHEIM, A. V.; WILLSKY, A. S.; YOUNG, I. T. **Signals and Systems.** 1. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 1983.
4. DINIZ, Paulo S. R.; DA SILVA, Eduardo A. B.; NETTO, Sergio L. 2. ed. [S.l.]: Bookman, 2014.

5. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR / ADDITIONAL READING

1. PROAKIS, J. G.; MANOLAKIS, D. G. **Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications**. 3. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 1996.
2. CHEN, Chi-Tsong. **Digital Signal Processing: Spectral Computation and Filter Design**. 1. ed. Reino Unido: Oxford University Press, 2001.
3. ANTONIOU, A. **Digital Filters: Analysis, Design and Signal Processing Applications**. 2. ed. revisada [S.l.]: Mc-Graw-Hill, 2018. 976 p. ISBN 978-0071846035.
4. PARKS, T. W.; BURRUS, C. S. **Digital Filter Design**. 1. ed. [S.l.]: Wiley, 1987. 368 p. ISBN 978-0471828969.
5. MITRA, S. K. **Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach**. Edição Internacional [S.l.]: McGraw-Hill, 1998.
6. ZHAI, X.; ZHOU, B. Fundamental frequency estimation by an interpolated DFT algorithm eliminating negative-image component interference in arbitrary windows. **Digital Signal Processing**, v. 127 - p. 103538, 2022. DOI: 10.1016/j.dsp.2022.103538.
7. WANG, Y.; Li, H.; HOU, S. Distortion detection and removal integrated method for image restoration. **Digital Signal Processing**, v. 127 - p. 103528, 2022. DOI: 10.1016/j.dsp.2022.103528.

1. PROAKIS, J. G.; MANOLAKIS, D. G. **Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications**. 3. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 1996.
2. CHEN, Chi-Tsong. **Digital Signal Processing: Spectral Computation and Filter Design**. 1. ed. Reino Unido: Oxford University Press, 2001.
3. ANTONIOU, A. **Digital Filters: Analysis, Design and Signal Processing Applications**. 2. ed. revisada [S.l.]: Mc-Graw-Hill, 2018. 976 p. ISBN 978-0071846035.
4. PARKS, T. W.; BURRUS, C. S. **Digital Filter Design**. 1. ed. [S.l.]: Wiley, 1987. 368 p. ISBN 978-0471828969.
5. MITRA, S. K. **Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach**. Edição Internacional [S.l.]: McGraw-Hill, 1998.
6. ZHAI, X.; ZHOU, B. Fundamental frequency estimation by an interpolated DFT algorithm eliminating negative-image component interference in arbitrary windows. **Digital Signal Processing**, v. 127 - p. 103538, 2022. DOI: 10.1016/j.dsp.2022.103538.
7. WANG, Y.; Li, H.; HOU, S. Distortion detection and removal integrated method for image restoration. **Digital Signal Processing**, v. 127 - p. 103528, 2022. DOI: 10.1016/j.dsp.2022.103528.

6. APROVAÇÃO / APPROVAL

Ficha de Disciplina homologada na 366ª Reunião Ordinária do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.
Curricular Component approved at 366th Regular Board Meeting of the Postgraduate Program in Electrical Engineering.

PROF. DR. LUIZ CARLOS GOMES DE FREITAS
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Head of the Postgraduate Program in Electrical Engineering
Portaria de Pessoal UFU Nº 3675, de 30 de Junho de 2023

PROF. DR. SÉRGIO FERREIRA DE PAULA SILVA
Diretor da Faculdade de Engenharia Elétrica
Director of the Faculty of Electrical Engineering
Portaria de Pessoal UFU Nº 1225, de 31 de Março de 2021



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Carlos Gomes de Freitas, Coordenador(a)**, em 02/02/2024, às 13:45, 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 **5155073** e o código CRC **5CD124D8**.