



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA



## FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

## COURSE OUTLINE

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

## 1. OBJETIVOS / STUDY GOALS

1. Conhecer os princípios básicos da transmissão de sinais digitais em um enlace de comunicações.
2. Entender os principais parâmetros de um sistema de comunicações digitais tais como potência, largura de banda, taxa de erro e como se relacionam considerando importantes esquemas de modulação e codificação.

1. Know the basic principles of transmitting digital signals over a communications link.
2. Understand the main parameters of a digital communications system such as power, bandwidth, and error rate, and how they relate to each other considering important modulation and coding schemes.

## 2. EMENTA / COURSE CONTENTS

Conceitos. Amostragem e modulação por código de pulsos. Modelo de um sistema de comunicação digital na presença de ruído. Análise de técnicas de modulação digital na presença de AWGN. Códigos corretores de erros.

Concepts. Sampling and pulse code modulation. Model of a digital communication system in the presence of noise. Analysis of digital modulation techniques in the presence of AWGN. Error-correcting codes.

## 3. PROGRAMA / PROGRAM

**1. Conceitos.**

- 1.1 Variáveis Aleatórias.
- 1.2 Médias Estatísticas.
- 1.3 Teorema do Limite Central.
- 1.4 Processos Aleatórios.
- 1.5 Processos aleatórios a partir de variáveis aleatórias.
- 1.6 Densidade Espectral de Potência de processos aleatórios.
- 1.7 Transmissão de processos aleatórios através de um sistema linear.

**2. Amostragem e modulação por código de pulsos.**

- 2.1 Teorema da amostragem.
- 2.2 Amostragem por Impulsos.
- 2.3 Reconstrução de um sinal amostrado.
- 2.4 Modulação por Código de Pulsos (PCM).
- 2.5 Quantização Uniforme.

**3. Modelo de um sistema de comunicação digital na presença de ruído.**

- 3.1 Procedimento de Gram-Schmidt.
- 3.2 Interpretação geométrica do espaço de sinais.
- 3.3 Resposta de um banco de correladores a uma entrada ruidosa.
- 3.4 Detecção de um sinal conhecido na presença de ruído.
- 3.5 Cálculo da probabilidade de erro.
- 3.6 Receptor por correlação.
- 3.7 Detecção de sinais com fase desconhecida na presença de ruído.

#### **4. Análise de técnicas de modulação digital na presença de AWGN.**

- 4.1 Análise matemática das técnicas de modulação digital binária coerente ASK, FSK e PSK.
- 4.2 Análise matemáticas das técnicas de modulação em quadratura coerente.
- 4.3 Técnicas de modulação binária não coerente.
- 4.4 Modulações M-árias.

#### **5. Códigos corretores de erros.**

- 5.1 Códigos de blocos lineares.
- 5.2 Códigos cíclicos.
- 5.3 Códigos convolucionais.

#### **1. Concepts**

- 1.1 Random Variables.
- 1.2 Statistical Averages.
- 1.3 Central Limit Theorem.
- 1.4 Random Processes.
- 1.5 Random processes based on random variables.
- 1.6 Power Spectral Density of Random Processes.
- 1.7 Transmission of random processes through a linear system.

#### **2. Sampling and pulse code modulation.**

- 2.1 Sampling theorem.
- 2.2 Pulse Sampling.
- 2.3 Reconstruction of a sampled signal.
- 2.4 Pulse Code Modulation (PCM).
- 2.5 Uniform Quantization.

#### **3. Model of a digital communication system in the presence of noise.**

- 3.1 Gram-Schmidt procedure.
- 3.2 Geometric interpretation of the signal space.
- 3.3 Response of a bank of correlators to a noisy input.
- 3.4 Detection of a known signal in the presence of noise.
- 3.5 Calculating the probability of error.
- 3.6 Receiver by correlation.
- 3.7 Detection of signals with unknown phase in the presence of noise.

#### **4. Analysis of digital modulation techniques in the presence of AWGN.**

- 4.1 Mathematical analysis of coherent binary digital modulation techniques ASK, FSK and PSK.
- 4.2 Mathematical analysis of coherent quadrature modulation techniques.
- 4.3 Non-coherent binary modulation techniques.
- 4.4 M-ary Modulations.

#### **5. Error-correcting codes.**

- 5.1 Linear block codes.
- 5.2 Cyclical codes.
- 5.3 Convolutional codes.

**4. BIBLIOGRAFIA BÁSICA / TEXT BOOK**

1. LATHI, B. P.; DING, Z. **Modern Digital and Analog Communication Systems**. 4. ed. Internacional. Reino Unido: Oxford University Press, 2010.
2. COUCH II, Leon W. **Digital and Analog Communication Systems**. 6. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 2001. 758 p. ISBN 978-0130812230.
3. HAYKIN, S. **Digital Communications**. 1. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1988. 624 p. ISBN 978-0471629474.

1. LATHI, B. P.; DING, Z. **Modern Digital and Analog Communication Systems**. 4. ed. Internacional. Reino Unido: Oxford University Press, 2010.

2. COUCH II, Leon W. **Digital and Analog Communication Systems**. 6. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 2001. 758 p. ISBN 978-0130812230.

3. HAYKIN, S. **Digital Communications**. 1. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1988. 624 p. ISBN 978-0471629474.

**5. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR / ADDITIONAL READING**

1. COUCH, L. W. **Modern Communications Systems: Principles and Applications**. New York, NY: Prentice-Hall, 1995.
2. SKLAR, B. **Digital Communications: Fundamentals and Applications**. 2. ed. New York, NY: Prentice Hall, 2001. 1079 p.
3. XIONG, F. **Digital Modulation Technique**. 1. ed. Norwood, MA, EUA: Artech House, 2000. ISBN 9780890069707.
4. PROAKIS, J. G.; SALEHI, M. **Communications Systems Engineering**. 2. ed. New York, NY: Prentice Hall, 2001. 801 p. ISBN 978-0130617934.
5. SCHWARTZ, M. **Transmissão de Informação, Modulação e Ruído**. [S.l.]: Guanabara Dois, 1979.
6. MUZAFFAR, M.U.; SHARQI, R. A review of spectrum sensing in modern cognitive radio networks. **Telecommunication Systems**, p. 1-17, 2023. DOI: 10.1007/s11235-023-01079-1.
7. NAIR, R.G.; NARAYANAN, K. Cooperative spectrum sensing in cognitive radio networks using machine learning techniques. **Applied Nanoscience**, v. 13 - p. 2353–2363, 2023. DOI: 10.1007/s13204-021-02261-0.

1. COUCH, L. W. **Modern Communications Systems: Principles and Applications**. New York, NY: Prentice-Hall, 1995.

2. SKLAR, B. **Digital Communications: Fundamentals and Applications**. 2. ed. New York, NY: Prentice Hall, 2001. 1079 p.

3. XIONG, F. **Digital Modulation Technique**. 1. ed. Norwood, MA, EUA: Artech House, 2000. ISBN 9780890069707.

4. PROAKIS, J. G.; SALEHI, M. **Communications Systems Engineering**. 2. ed. New York, NY: Prentice Hall, 2001. 801 p. ISBN 978-0130617934.

5. SCHWARTZ, M. **Transmissão de Informação, Modulação e Ruído**. [S.l.]: Guanabara Dois, 1979.

6. MUZAFFAR, M.U.; SHARQI, R. A review of spectrum sensing in modern cognitive radio networks. **Telecommunication Systems**, p. 1-17, 2023. DOI: 10.1007/s11235-023-01079-1.

7. NAIR, R.G.; NARAYANAN, K. Cooperative spectrum sensing in cognitive radio networks using machine learning techniques. **Applied Nanoscience**, v. 13 - p. 2353–2363, 2023. DOI: 10.1007/s13204-021-02261-0.

**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 13:34, 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 **5153359** e o código CRC **922D870D**.