



PLANO DE ENSINO

1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	COMUNICAÇÕES DIGITAIS I								
Unidade Ofertante:	FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA								
Código:	FEELT36608	Período/Série:	6º PERÍODO		Turma:	U			
Carga Horária:				Natureza:					
Teórica:	45	Prática:	15	Total:	60	Obrigatória:	(X)	Optativa:	()
Professor(A):	André Antônio dos Anjos				Ano/Semestre:	2023/2			
Observações:									

2. EMENTA

Amostragem e modulação digital em banda base, Modulação digital em banda passante binária, Modulação digital em banda passante multinível e Espalhamento Espectral.

3. JUSTIFICATIVA

Os sistemas de comunicações mais modernos utilizam comunicação digital para transmissão de informações. Neste sentido, torna-se indispensável que um engenheiro da área de comunicações/telecomunicações compreenda os princípios básicos de como se dá essa transmissão digital, bem como tenha a capacidade de projetar, analisar e interpretar parâmetros de funcionamento e de desempenho desses sistemas, temas que serão abordados ao longo deste curso e que são empregados nos mais diversos sistemas digitais, tais como: TV digital, comunicações móveis celulares, redes de computadores, dentre outros.

4. OBJETIVO

Ao final do curso o estudante deverá ser capaz de:

1. Analisar e especificar sistemas de comunicação digitais;
2. Utilizar técnicas de codificação, detecção e modulação empregadas na comunicação digital de dados.

Entre as competências a serem desenvolvidas no estudante destacam-se:

1. Ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras;
2. Prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;
3. Conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo;
4. Verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas;
5. Ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;
6. Projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;
7. Ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis;
8. Ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;
9. Gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;
10. Ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias;
11. Aprender a aprender.

5. PROGRAMA

1. Amostragem e modulação digital em banda base

- 1.1 Teorema da amostragem
- 1.2 Modulação por Código de Pulsos (PCM)
- 1.3 Codificação de linha
- 1.4 Repetidores regenerativos
- 1.5 Interferência Intersimbólica (ISI)

2. Modulação digital em banda passante binária

- 2.1 Representação geométrica de sinais
- 2.2 Representação em envelope complexo de sinais digitais
- 2.3 Teorema da amostragem em banda passante
- 2.4 ASK coerente e não-coerente
- 2.5 BPSK coerente
- 2.6 DPSK
- 2.7 FSK coerente e não-coerente

3. Modulação digital em banda passante multinível

- 3.1 QPSK e MPSK
- 3.2 QAM

3.3 MSK e GMSK

3.4 Comparação de esquemas de modulação digital com a utilização de uma única portadora

3.5 OFDM

4. Espalhamento Espectral

4.1 Sequência direta (DS)

4.2 Frequency Hopping (FH)

6. METODOLOGIA

• Disponibilização de Materiais, Avisos e Dinâmica da Disciplina

- Todas as informações referentes à disciplina, tais como: acesso ao material de apoio, referências bibliográficas, plano de aulas, slides, lista de exercícios, apostilas, vídeos e avisos serão disponibilizados por meio do ambiente virtual do Microsoft Teams.

- O (A) discente interessado(a) em cursar a disciplina deve se inscrever pelo link abaixo.

Link

Teams: <https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a8cg0ISBUm-uxQaroxSFsojq2k-ZmJyWzskM1wvIFM41%40thread.tacv2/conversations?groupId=e339829b-c3c6-4cbc-b75f-a6d6764457ea&tenantId=cd5e6d23-cb99-4189-88ab-1a9021a0c451>

<https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a8cg0ISBUm-uxQaroxSFsojq2k-ZmJyWzskM1wvIFM41%40thread.tacv2/conversations?groupId=e339829b-c3c6-4cbc-b75f-a6d6764457ea&tenantId=cd5e6d23-cb99-4189-88ab-1a9021a0c451>

- É obrigatória a participação na equipe da disciplina no Microsoft Teams.

- Os resultados das atividades avaliativas também serão disponibilizados por meio da plataforma.

• Conteúdo Programático para Atividades Teóricas Presenciais

As aulas teóricas serão realizadas às sextas-feiras, de 9h50min até 12h20min, no Bloco G da UNIPAM, na sala 206. Na tabela a seguir é apresentado o conteúdo programado para as atividades teóricas da disciplina.

Aula	Data	Conteúdo Teórico
1-2-3	12/01	Apresentação do Plano de Ensino e início do conteúdo da disciplina: Parte 1 - Transmissão em Banda Base <ul style="list-style-type: none">Introdução aos sistemas de comunicação digital, tipos de informação para transmissão, teorema da amostragem, PCM e códigos de Linha.
4-5-6	19/01	<ul style="list-style-type: none">PAM e noções sobre recepção binária ótima (filtro casado e correlador).
7-8-9	26/01	<ul style="list-style-type: none">Modelo de comunicação digital binária em BB, noções sobre variável de decisão e probabilidade de erro.
10-11-12	02/02	<ul style="list-style-type: none">Transmissão sem distorção. Interferência Intersimbólica e pulso de Nyquist para IIS nula. Diagrama de olho.
13-14-15	09/02	Parte 2 - Representação geométrica de sinais <ul style="list-style-type: none">Síntese de símbolos de uma modulação M-ária genérica, funções base, coeficientes, energia, distância euclidiana e representação dos M símbolos de uma modulação no espaço euclidiano (constelação).
16-17-18	16/02	<ul style="list-style-type: none">Transmissor generalizado, Receptor generalizado ótimo (Máxima verossimilhança) e regiões de decisão.
19-20-21	23/02	<ul style="list-style-type: none">Prova 1
22-23-24	01/03	<ul style="list-style-type: none">Noções sobre a probabilidade de erro de símbolo e bit em um sistema genérico com M símbolos e N funções base (Limitante da União).
25-26-27	08/03	Parte 3 - Transmissão em banda passante <ul style="list-style-type: none">Modulações com detecção coerente: ASK, BPSK, M-PSK.
28-29-30	15/03	<ul style="list-style-type: none">Modulações com detecção coerente: M-QAM, BFSK, M-FSK.
31-32-33	22/03	<ul style="list-style-type: none">Modulações com detecção não coerente: DBPSK e FSK não coerente.
34-35-36	05/04	<ul style="list-style-type: none">OFDM: transmissor, receptor, operação em cenários com multipercurso e equalização por meio de portadoras pilotos.
37-38-39	12/04	Parte 4 - Espalhamento espectral <ul style="list-style-type: none"><i>Direct Sequence Spread Spectrum</i> (DSSS): transmissor, receptor, margem contra interferência, ganho de processamento e probabilidade de erro. Noções de <i>Frequency Hopping Spread Spectrum</i> (FHSS)
40-41-42	19/04	<ul style="list-style-type: none">Prova 2
43-44-45	25/04	<ul style="list-style-type: none">Prova 3 - Recuperação (Reposição de sexta-feira na quinta-feira)

• Conteúdo Programático para Atividades Práticas Presenciais

As aulas práticas serão realizadas às quartas-feiras das 9h50min às 10h40min no Laboratório de Informática no Bloco Alpha da UNIPAM. O cronograma das aulas práticas está apresentado na tabela abaixo.

Aula	Data	Conteúdo
1	10/01	Apresentação da parte prática.
2	17/01	Simulação 1a: Primeiro contato com o software VisSim/Comm e motivação.
3	24/01	Simulação 1b: MPAM
4	31/01	Simulação 1c: Filtro casado e correlator
5	07/02	Simulação 1d: BER de um sistema antipodal (Revisão geral)
6	21/02	Simulação 2a: Diagrama de Olho
7	28/02	Simulação 2b: Análise do espaço de sinais.
8	06/03	Simulação 2c: Receptor generalizado de máxima verossimilhança e Revisão para avaliação
9	13/03	Revisão
10	20/03	Simulação 3a: Probabilidade de erro de símbolo e Bit (Limitante da União).
11	27/03	Simulação 3b: Geração BPSK e detecção coerente.
12	03/04	Simulação 3c: Geração MQAM e detecção coerente.
13	10/04	Apresentação de arquiteturas modernas de sistemas de transmissão digital operando em um ambiente sem fio real.
14	17/04	Simulação 4a: DSSS
15	24/04	Encerramento da parte prática

• Conteúdo Programático para Atividades Acadêmicas Extras (AAE)

Aula	T/P	Data	Conteúdo - Atividades Acadêmicas Extras (AAE)
01-02-03-04	T	02/02	Lista de exercícios da parte 1 e 2.
05-06-07-08-09	T	22/02	Trabalhos sobre sistemas modernos de telecomunicações.
01-02-03	P	17/04	Simulações FHSS e OFDM

• Resumo da Carga Horária

	Teórica	Prática
C.H. Presencial Total	45 h/a	15 h/a
C.H. AAE	9 h/a	3 h/a
C.H. Total da disciplina	54 h/a = 45 horas	18 h/a = 15 horas
TOTAL	72 h/a = 60 horas	

• Atendimento

O atendimento aos discentes se dará tanto de forma assíncrona (via fóruns de dúvidas no Teams/e-mail (andre.anjos@ufu.br)), quanto de forma presencial, na sala dos professores 1, 3º andar do Bloco Alpha, de acordo com o seguinte planejamento: quinta-feira entre 10h40min e 12h10min, ou em outro dia, desde que agendado previamente com o professor.

7. AVALIAÇÃO

• Aproveitamento

As atividades avaliativas serão realizadas ao longo de todo semestre. A tabela a seguir apresenta a data de entrega e a pontuação de cada atividade avaliativa a ser realizada pelo discente.

ATIVIDADES AVALIATIVAS	DATA DE ENTREGA	PONTUAÇÃO
Relatório prático 1	07/02	7,5
Prova 1	23/02	30
Relatório prático 2	06/03	7,5
Relatório prático 3	03/04	7,5
Relatório prático 4	17/04	7,5
Prova 2	19/04	30
Participação e exercícios nas aulas	-	10
Nota Parcial (NP)		Total = 100 pontos

Os resultados das avaliações serão divulgados na equipe da disciplina no Microsoft Teams. A divulgação das notas deve acontecer em até 15 dias úteis após a sua realização e a vista de prova será marcada com os alunos, a partir da data de divulgação das notas, respeitando-se o prazo de no máximo 5 dias úteis, como previsto na Resolução do CONGRAD (Nº46/2022).

O(a) discente necessita obter no mínimo 60 pontos de 100 para aprovação na disciplina sem recuperação. Caso ele seja aprovado, a nota lançada no registro de resultados será a NP (obtida ao longo do semestre).

• Frequência

A frequência será aferida por meio de chamada oral durante as aulas presenciais. Já a frequência da parte AAE, será contabilizada por meio das entregas das atividades de AAE solicitadas. A carga horária das aulas se encontra discriminada na coluna "Aula" das tabelas de Conteúdo Programático, apresentadas no item 6 desse plano de ensino.

• Recuperação

Caso algum discente não alcance o rendimento mínimo para aprovação (NP < 60 pontos) e possua frequência maior ou igual a 75% no componente curricular, ele terá o direito de realizar uma nova avaliação de recuperação. A avaliação, contemplando todo conteúdo ministrado ao longo do semestre, valerá 100 pontos e será aplicada no 25/04/2023 às 9h50min. A Nota Final de Recuperação (NFR) será calculada como sendo a média ponderada entre a NP e a nota obtida na avaliação de recuperação (NR), conforme apresentado abaixo.

$$\text{NFR} = \text{NP} \cdot 0,5 + \text{NR} \cdot 0,5$$

O discente em recuperação será aprovado na disciplina caso obtenha uma Nota Final de Recuperação maior ou igual a 60 (NFR \geq 60 pontos).

Observação: A média final de aproveitamento do aluno em recuperação para lançamento no registro de resultados ficará limitada a 60 pontos, mesmo que a sua NFR supere este valor.

8. BIBLIOGRAFIA

Básica

1. GUIMARÃES, D., SOUZA, R: **Transmissão Digital: princípios e aplicações**, São Paulo: Érica, 2012.
2. HAYKIN, S. **Digital communication systems**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.
3. GUIMARÃES, D., **Digital transmission: a simulation-aided introduction with VisSim/Comm**, Berlin: Springer 2009.
4. LATHI, B. P. **Modern Digital and Analog Communication Systems**. 5. ed. New York: Oxford University Press, 2018.

Complementar

1. BARRY, J. R.; LEE, E. A. **Digital communication**. 3ed. Springer, 2004.
2. GALLAGER, R. G. **Principles of digital communication**. Cambridge University Press, 2008.
3. PROAKIS, J. G.; SALEHI, M. **Digital communications**. 5ed. McGraw Hill, 2007.
4. SKLAR, B. **Digital Communications: Fundamentals and Applications**. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2017.
5. XIONG, F. **Digital modulation technique**. 2. ed. Boston: Artech House, 2006.

9. APROVAÇÃO

Aprovado em reunião do Colegiado conforme Decisão Administrativa do Colegiado anexada ao processo referenciado.

Coordenação do Curso de Graduação: _____



Documento assinado eletronicamente por **Andre Antonio Dos Anjos, Professor(a) do Magistério Superior**, em 03/02/2024, às 15:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Costa Ramos, Coordenador(a)**, em 15/02/2024, às 08:54, 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 **4943165** e o código CRC **1F2E7856**.