
1. Caracterização da Unidade Curricular

1.1 Designação

[3658] Telecomunicações I / Telecommunications I

1.2 Sigla da área científica em que se insere

ET

1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

1.4 Horas de trabalho

160h 00m

1.5 Horas de contacto

Total: 90h 00m das quais T: 45h 00m | TP: 22h 30m | P: 22h 30m

1.6 ECTS

6

1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

Unidade Curricular comum ao(s) curso(s) de LEIRT

2. Docente responsável

[780] Carlos Eduardo Meneses Ribeiro

3. Docentes e respetivas cargas

letivas na unidade curricular

[780] Carlos Eduardo Meneses Ribeiro | Horas Previstas: 135 horas

[1238] José David Pereira Coutinho Gomes Antão | Horas Previstas: 45 horas

[1740] Vítor Manuel de Oliveira Fialho | Horas Previstas: 45 horas

[1897] Gonçalo Ramiro Valadão Matias | Horas Previstas: 90 horas

**4. Objetivos de aprendizagem
(conhecimentos, aptidões e
competências a desenvolver
pelos estudantes)**

Os estudantes que terminam com sucesso esta unidade curricular serão capazes de:

1. Compreender a função de cada um dos blocos básicos constituintes de um sistema de comunicação digital em banda de base: codificação de sinal, codificação de linha e codificação para controlo de erros;
2. Entender as limitações do canal de transmissão e os métodos para as ultrapassar;
3. Desenvolver, simular, testar e avaliar blocos constituintes de um sistema de comunicação digital;
4. Descrever e avaliar os atributos dos blocos constituintes de um sistema de comunicação digital em banda de base, entender os compromissos envolvidos e comparar métodos alternativos;
5. Escrever relatórios onde se descrevem os blocos implementados, se analisam e comparam resultados e se justificam decisões.

**4. Intended learning outcomes
(knowledge, skills and
competences to be developed
by the students)**

A student completing this course unit should be able to:

1. Comprehend the function of each constituent basic blocks of a baseband digital communication system: signal coding, line coding and error control, coding;
2. Understand the limitations of the transmission channel and methods to overcome them;
3. Develop, simulate, test and assess the constituent basic blocks of a digital communication system;
4. Describe and assess the attributes of the constituent basic blocks of a baseband digital communication system, understand the commitments involved and compare alternative methods;
5. Write reports describing the implemented blocks and where results are analysed and compared and decisions are justified.

5. Conteúdos programáticos

- I. Conversão analógico-digital: Amostragem; Quantificação e ruído de quantificação;
- II. Codificação de sinais: Atributos; Modulação por código de pulsos (PCM); Quantificação uniforme, não uniforme e ótima; Codificação preditiva (DPCM); Ganho de predição; Adaptação do preditor e do quantificador; Relação sinal-ruído de quantificação; DM e ADM.
- III. Canal de comunicação: Atenuação; Relação sinal-ruído; Canal com e sem distorção; Canal AWGN.
- IV. Transmissão em banda de base: Atributos; Exemplos - PNRZ, PRZ, UNRZ, BNRZ, Manchester; Codificação diferencial; MLT3; Interferência inter-simbólica; Largura de banda - Critério do primeiro zero espectral e de Nyquist; Padrão de olho; Recetor ótimo; BER; Transmissão M-ária.
- V. Codificação para controlo de erros: Detecção e correção de erros; Atributos; Distância de Hamming e capacidade de deteção e correção; Códigos lineares; Exemplos - Paridade, Repetição, BCC, Códigos de Hamming, CRC, IP Checksum.

5. Syllabus

- I. Analog to digital conversion: Sampling; Quantization and quantization noise;
- II. Signal coding: Attributes; Pulse Code Modulation (PCM); Uniform, non-uniform and optimal quantization; predictive coding (DPCM); Prediction gain; Adaptive prediction and quantization; Signal-to-noise ratio; DM and ADM.
- III. Communication channel: Attenuation, Signal-to-noise ratio; Distortion and distortionless channel; AWGN channel.
- IV. Baseband coding: Attributes; Examples - PNRZ, PRZ, UNRZ, BNRZ, Manchester; differential encoding; MLT3; Inter-symbolic interference; Bandwidth - First spectral zero criterion and Nyquist's criterion; Eye pattern; optimum receiver, BER; M-ary signaling .
- V. Error control coding: Error detection and correction; Attributes; Hamming distance and detection and correction capacity, Linear codes; Examples - Parity, repetition, BCC, Hamming codes, CRC, IP Checksum.

6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Esta UC tem como principal objetivo introduzir o problema da comunicação digital entre dois pontos e fazer compreender o papel dos diversos blocos envolvidos. Cada bloco corresponde a cada item dos conteúdos programáticos. Pretende ainda apresentar as principais medidas de qualidade para aferir o desempenho destes blocos e comparar diversos métodos, numa perspetiva de compromisso entre os seus atributos.

Trata-se o sinal de informação a enviar, através de métodos de codificação de fonte com perdas (itens I e II dos conteúdos programáticos), de modo a minimizar o débito binário, mas mantendo os outros atributos aceitáveis para a aplicação em causa.

Carateriza-se o canal de transmissão, apresentando as suas limitações (item III). Estas vão guiar a apresentação dos blocos de transmissão (item IV). Sendo impossível prevenir todas as limitações do canal de transmissão, é inevitável a presença de erros. Estes erros são atenuados através da codificação para controlo de erros (item V).

6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes

This course has the main objective to introduce the digital communication problem between two points and to make understand the role of the various blocks involved.

Each block corresponds to each item of the syllabus. It also aims to present the main quality measures to assess the performance of these blocks and compare different methods and compromise perspective between its attributes.

The information signal is processed with lossy source coding methods (sections I and II of the syllabus), in order to minimize the bit rate while maintaining the other attributes acceptable for the concerned application.

The transmission channel is characterized, and its limitations are presented (item III). These limitations will drive the presentation of the transmission blocks (item IV). Since it is impossible to prevent all limitations of the transmission channel, it is inevitable the presence of errors. These errors are mitigated through error control coding (item V).

**7. Metodologias de ensino
(avaliação incluída)**

As aulas teóricas e teórico-práticas são lecionadas pelo mesmo docente, não existindo uma distinção clara entre elas. Os exercícios de consolidação (TP) são apresentados imediatamente após a apresentação dos conceitos teóricos (T).

Nas aulas de prática laboratorial (P) obrigatórias em 80%, são implementados, em grupo, 3 simuladores por software, correspondendo aos 3 blocos do sistema de comunicação digital. O grupo deve ter pensado previamente sobre os problemas e as soluções propostas os resultados obtidos são discutidos com o docente. No final é criado um sistema englobando toda a cadeia de comunicação digital. É entregue um relatório e realizada uma discussão oral por trabalho.

A avaliação é distribuída com exame final. A nota prática ($NP \geq 9,5$) é à média da nota dos 4 trabalhos laboratoriais ($Pn \geq 8,0$). A nota teórica ($NT \geq 9,5$) é à média de 3 testes escritos ($Tn \geq 8,0$) ou do exame.

Todas as componentes são pedagogicamente fundamentais. A nota final $NF = 0,5NT + 0,5NP$.

**7. Teaching methodologies
(including assessment)**

Theoretical classes and theoretical-practical classes are taught by the same teacher, and there is no clear distinction between them. The consolidation exercises (TP) are presented immediately after the presentation of the theoretical concepts (T).

In the laboratory, mandatory by 80%, 3 software simulators are implemented in group, corresponding to the 3 blocks of the digital communication system. The group must have previously thought about the problems and the proposed solutions and results obtained are discussed with the teacher. In the final, a system encompassing the entire digital communication chain is created. A report is delivered, and an oral discussion is conducted by simulator.

The assessment is continuous with final exam. The practical grade ($NP \geq 9.5$) is the average of the 4 lab works ($Pn \geq 8.0$). The theoretical grade ($NT \geq 9.5$) is the average of 3 written tests ($Tn \geq 8.0$) or the exam.

All components are pedagogically fundamental. The final grade $NF = 0.5NT + 0.5NP$.

8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Como apresentado no objetivo de aprendizagem 1, um sistema de comunicação digital pode ser dividido em 3 blocos: codificação de sinal, codificação de linha e codificação para controlo de erros. Cada um destes blocos dá origem a um trabalho de simulação e a um teste parcial de avaliação teórica.

No centro do problema da comunicação digital está o canal de comunicação e as suas limitações. Conforme o objetivo de aprendizagem 2, as soluções encontradas nos blocos de codificação de linha e codificação para controlo de erros têm sempre presente estas limitações.

O objetivo de aprendizagem 3, desenvolver, simular, testar e avaliar blocos constituintes de um sistema de comunicação digital, é conseguido através da realização dos 3 trabalhos laboratoriais.

Como quarto trabalho, no final do semestre é criado um sistema englobando os trabalhos anteriores. Pretende-se assim simular toda a cadeia de comunicação digital.

O objetivo de aprendizagem 4 é o descrever e avaliar os atributos dos blocos constituintes de um sistema de comunicação digital em banda de base, entender os compromissos envolvidos e comparar métodos alternativos. Ao mesmo tempo no objetivo de aprendizagem 5 tem-se como objetivo escrever relatórios com os mesmos objetivos. Deste modo, a cada um dos 4 trabalhos corresponde um relatório em que se descrevem os blocos implementados, se analisam e comparam resultados e se justificam decisões. Dá-se especial ênfase à escolha da solução tendo em conta os recursos disponíveis. Para o quarto trabalho exige-se um relatório mais elaborado e seguindo os padrões normais de um relatório de projeto.

8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes

As presented in learning objective 1, a digital communication system can be divided into 3 blocks: signal coding, line coding and error control coding. Each of these blocks gives rise to a simulation work and to a partial test of theoretical evaluation.

At the centre of the problem of digital communication is the communication channel and its limitations. According to the learning objective 2, the solutions found in the line coding blocks and error control coding always bear these limitations.

The learning objective 3, develop, simulate, test and evaluate the blocks of a digital communication system, is achieved by carrying out the 3 laboratories work.

As fourth work, at the end of the semester a system is created encompassing the previous works. The aim is to simulate the entire digital communication chain.

The learning objective 4 is to describe and evaluate the attributes of the building blocks of a basic baseband digital communication system, to understand the commitments involved and to compare alternative methods. At the same time in the learning objective 5 is to write reports with the same objectives. Thus, each of the 4 laboratories work corresponds to a report describing the implemented blocks, analysing and comparing results and justifying decisions. Emphasis is placed on the choice of solution considering available resources. For the fourth job a more elaborate report is required and following the normal standards of a project report.

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

C. Meneses, *Introdução Comunicação Digital*, Editora IPL, Coleção: Caminhos do Conhecimento, 2023 (<https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/16630>) ISBN 9789895367887.

S. Haykin, M. Moher, *Communication Systems*, 5th Edition, Wiley, 2010, ISBN 9780471697909.

10. Data de aprovação em CTC 2024-07-17 2024-07-17

11. Data de aprovação em CP 2024-06-26 2024-06-26