

Ficha de Unidade Curricular – (Versão A3ES 2018-2023)

1. Caracterização da Unidade Curricular.

- 1.1. **Designação da unidade curricular** (1.000 carateres).
Processamento Digital de Sinais / Digital Signal Processing
- 1.2. **Sigla da área científica em que se insere** (100 carateres).
TEL
- 1.3. **Duração**¹ (100 carateres).
Semestral
- 1.4. **Horas de trabalho**² (100 carateres).
162 horas
- 1.5. **Horas de contacto**³ (100 carateres).
67.5h (TP – 45h, PL – 22,5)
- 1.6. **ECTS** (100 carateres).
6 ECTS
- 1.7. **Observações**⁴ (1.000 carateres).
- 1.7. **Remarks** (1.000 carateres).

2. **Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular** (preencher o nome completo) (1.000 carateres).
André Ribeiro Lourenço, 67,5 horas de contacto

3. **Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular** (1.000 carateres).
Isabel Rodrigues, 67,5 horas de contacto

4. **Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes).** (1.000 carateres).

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

1. Conhecer e compreender conceitos relacionados com os sinais e as suas múltiplas representações, tais como no domínio do tempo e no domínio da frequência e a sua interligação;
2. Compreender o processo de amostragem, de frequência de Nyquist e os passos necessários à conversão entre sinais analógicos e digitais;
3. Conhecer e compreender as ferramentas usadas na análise espectral, tais como DFT e FFT
4. Conhecer e compreender conceitos relacionados com sistemas (e particularmente SLITs), tais como, linearidade, invariância temporal, causalidade e estabilidade, convolução, resposta impulsional e em frequência;
5. Analisar filtros FIR e IIR usando a transformada Z;
6. Projectar filtros FIR e IIR, dadas as especificações e objectivos dos mesmos

4. **Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students).** (1.000 characters).

On successful completion of this course, students will be able to:

1. Understand and characterize concepts related with signals and their multiple representations, such as time, and frequency domains, and its interconnection;
2. Understand the process of sampling, the Nyquist frequency and the analog-to-digital, and digital-to-analog signal conversion;
3. Understand and characterize concepts related systems (namely LTIs), such as linearity, time invariance, causality and stability, convolution, impulse and frequency response;
4. Analyze IIR and FIR filters using the Z transform;

5. Know and understand the tools used in the spectral analysis, such as FFT and DFT
6. Designing FIR and IIR filters as per needs and given specifications.

5. Conteúdos programáticos (1.000 caracteres).

- I. Fundamentos dos sinais: sinais contínuos/discretos; sinais elementares - sinusóide e exponencial complexa (é assegurada a revisão dos números complexos).
- II. Representação de sinais no domínio da Frequência. Noção de espectro. Série de Fourier de Sinais contínuos.
- III. Representação tempo-frequência – espectrograma. Síntese de notas musicais.
- IV. Descrição do processo de amostragem e conversão analógico-digital e digital-analógico.
- V. Análise espectral. Discrete Fourier Transform (DFT) e a sua implementação usando a Fast Fourier Transform (FFT).
- VI. Introdução aos sistemas. Conceitos elementares de linearidade, invariância temporal, causalidade e estabilidade. Sistemas Lineares e Invariantes no Tempo (SLIT).
- VII. Filtros FIR (Finite Impulse Response). Convolução e resposta impulsional.
- VIII. Resposta em frequência. Análise de sistemas – conceito de filtragem.
- IX. Análise sistemática de filtros usando a transformada Z. Relação com Resposta em frequência.
- X. Filtros IIR (Infinite Impulse Response). Formas directa I e II.

5. Syllabus (1.000 characters).

- I. Fundamental concepts of signals: continuous and discrete signals; elementary signals - sinusoidal and complex exponential (revision of complex numbers if required).
- II. Representation of signals in the frequency domain. Spectrum of a signal. Continuous-time Fourier Series.
- III. Time-frequency representation - spectrogram. Synthesis of musical notes.
- IV. Description of the sampling process and analog-to-digital and digital-to-analog conversion;
- V. Spectral analysis. Discrete Fourier Transform (DFT) and its implementation using the Fast Fourier Transform (FFT)
- VI. Introduction to systems. Basic concepts: linearity, time invariance, causality and stability. Linear Systems and Time-Invariant (SLIT).
- VII. FIR filters. Convolution and impulse response.
- VIII. Frequency response. Systems analysis - filtering concept.
- IX. Systematic analysis of filters using the Z-Transform. Relationship with frequency response.
- X. IIR filters. Direct forms I and II.

6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (1.000 caracteres).

O objectivo da unidade curricular centra-se na compreensão dos fundamentos teóricos da representação matemática dos sinais e do seu processamento digital. Em primeiro lugar, são introduzidas as representações no tempo, frequência e tempo-frequência (itens I a III) e a conversão entre o domínio digital e analógico (item IV). De modo a permitir aplicar estes conceitos, em exemplos práticos, são introduzidas a DFT e a FFT permitindo a realização de análises espectrais (item V). Seguidamente são introduzidos os sistemas, como operadores que realizam transformações sobre sinais, sendo os Sistemas Lineares Invariantes no Tempo (SLITs) o caso particular em análise (item VI). A implementação de filtros FIR e IIR (itens VII e X) e a sua análise no domínio da frequência (item VIII) e usando a transformada Z (item VI) completam os conteúdos programáticos da unidade curricular.

O processo de ensino/aprendizagem dos tópicos abordados é suportado na realização de vários projetos, sobre cada um dos itens anteriores, implementados usando a linguagem Python e bibliotecas apropriadas e o kit de physical computing - Arduino.

6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (1.000 characters).

The aim of the course focuses on understanding the theoretical foundations of mathematical representation of signals and digital processing. Firstly, the different signal representations are introduced - time, frequency and time-frequency (Items I-III) – and the conversion between digital and analogue domains (item IV). To allow the implementation of these concepts on practical examples, the DFT and FFT are introduced, allowing the performance of spectral analysis (item V). Subsequently the systems are introduced as operators performing signal processing, and the Linear Time Invariant Systems (LTISs) are the particular case of analysis (item VI). Implementation of FIR and IIR filters (items VII and X) and its analysis in the frequency domain (item VIII) and using the Z transform (item VI) complete the syllabus of the course.

The process of teaching/learning of the covered topics is supported in carrying out various projects on each of the items above, implemented using the Python language with appropriate libraries and a physical computing kit - Arduino.

7. Metodologias de ensino (avaliação incluída) (1.000 carateres).

A metodologia de ensino desenvolve-se em duas componentes, ambas com 50% de peso na avaliação:

TP – 45 horas de contacto teórico-práticas - Exposição e discussão dos conceitos teóricos e de exemplos práticos de aplicação (aprendizagem baseada em casos), incentivando à interatividade e desenvolvimento do espírito crítico sobre os temas abordados.

PL – 22,5 horas de contacto de prática laboratorial: Os conceitos teóricos são aprofundados através da implementação (em linguagem Python e Arduino) de projetos realizados em grupo sobre todos os tópicos. Os resultados da aprendizagem desta unidade curricular são avaliados individualmente através de teste global escrito realizado no final do semestre e de um trabalho prático e relatório realizado em grupo ao longo do período lectivo do semestre.

7. Teaching methodologies (including assessment) (1.000 characters).

The teaching methodology is developed in two components, each with 50% of weight in the evaluation:

TP – 45 theoretical and practical teaching contact hours - Presentation and discussion of theoretical concepts and practical examples (case-based learning), where interactivity is encouraged, and critical thinking is developed.

PL – 22,5 laboratory practice contact hours: Theoretical concepts are further explored through the development (on Python language and Arduino) of projects, performed in groups, over the different covered topics.

The individual final results are assessed with a final examination given during the Final Examination Period and with laboratory project and written report realized during the semester.

8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (3.000 carateres).

Nas aulas teórica-práticas são expostos os conceitos fundamentais para a compreensão dos diferentes tópicos. Esta exposição pretende-se que seja o mais interativa possível sendo acompanhada de exercícios e exemplos práticos que ajudam a compreender os sinais e o tipo de processamento que é possível realizar.

Nas aulas de prática laboratorial são realizadas simulações e implementados, usando a linguagem de programação Python, os diferentes tópicos abordados.

8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (3.000 characters).

In theoretical and practical classes, the fundamental concepts are presented allowing the comprehension of the different topics. This exposition intends to be as interactive as possible, being supported by practical exercises and real-world examples to illustrate and characterize signals and the type of processing that can be conducted.

In laboratorial classes, students' skills are developed as they implement and simulate, on Python programming language and Arduino, the different covered topics.

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória (1.000 carateres).

McClellan, Schafer and Yoder, DSP FIRST: A Multimedia Approach. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1998. Prentice Hall

Allen B. Downey, Think DSP: Digital Signal Processing in Python, 2016, Green Tea Press

¹ Anual, semestral, trimestral, ...

² Número total de horas de trabalho.

³ Discriminadas por tipo de metodologia adotado (T - Ensino teórico; TP - Ensino teórico-prático; PL - Ensino prático e laboratorial; TC - Trabalho de campo; S - Seminário; E - Estágio; OT - Orientação tutorial; O - Outro).

⁴ Assinalar sempre que a unidade curricular seja optativa.