

---

## 1. Caracterização da Unidade Curricular

### 1.1 Designação

[1744] Processamento Digital de Sinais / Digital Signal Processing

### 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: 67h 30m das quais T: 15h 00m | TP: 20h 00m | P: 32h 30m

### 1.6 ECTS

6

### 1.7 Observações

Unidade Curricular Opcional

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

---

## 2. Docente responsável

[1032] Paulo Alexandre Carapinha Marques

---

## 3. Docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

[1032] Paulo Alexandre Carapinha Marques | Horas Previstas: 67.5 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 as vantagens, as limitações e os parâmetros de projeto envolvidos na realização de sistemas de processamento digital de sinais em tempo real.
2. Conhecer sistemas discretos e as suas aplicações.
3. Projetar e implementar sistemas de processamento de sinais em tempo real.
4. Desenvolver programas de processamento digital de sinal, filtros digitais e análise espectral em Matlab, em DSP e em microcontroladores.
5. Projetar e implementar sistemas de processamento digital de imagem.



---

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

Students who successfully complete this course will be able to:

1. Understand the advantages, limitations and parameters involved in performing digital processing systems in real time.
2. Know discrete systems and their applications.
3. Project and implement real time digital signal processing systems.
4. Develop programs of digital signal processing, digital filters and spectral analysis in Matlab, DSP, and microcontrollers.
5. Project and implement digital image processing systems

---

**5. Conteúdos programáticos**

- I. Sistemas para processamento digital de sinais.
- II. Transformada de Fourier para sinais discretos no tempo (DTFT).
- III. Transformada Z.
- IV. Sistemas discretos.
- V. Projeto de filtros FIR.
- VI. Projeto de filtros IIR.
- VII. Transformada de Fourier Discreta (DFT) e seu cálculo através da FFT.
- VIII. Convolução linear e circular e sua aplicação em sistemas de tempo-real.
- IX. Sinais e sistemas discretos 2D: Processamento Digital de Imagem.

---

## 5. Syllabus

- I. Digital signal processing systems.
- II. Discrete Time Fourier Transform (DTFT).
- III. Z Transform.
- IV. Discrete Systems.
- V. FIR filter design.
- VI. IIR Filter Design.
- VII. Discrete Fourier Transform (DFT) and its computation through FFT.
- VIII. Linear and circular convolution and its application in real-time systems.
- IX. Two dimensional discrete signals and systems: Digital Image Processing.

---

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

Em I é realizada a introdução aos sistemas de processamento digital de sinais, onde são abordados os parâmetros envolvidos no processamento em tempo real, assim como as limitações destes sistemas.

Em II e III é introduzida a teoria de sinais discretos e em IV a teoria dos sistemas discretos, na sua generalidade, assim como as suas aplicações nas diversas áreas, desde as telecomunicações ao processamento áudio e de imagem.

O projeto de filtros digitais (V e VI) é usado como exemplo de um sistema de processamento digital em tempo real. São estudados e implementados diversos tipos de filtros com aplicações a problemas típicos.

Outras aplicações de processamento digital de sinais são expostas e implementadas em VII e VIII.

Em IX as ferramentas de processamento digital de sinal são generalizadas para sinais bidimensionais sendo aplicadas ao processamento digital de imagem.

---

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

In I, an introduction to digital signal processing systems is performed and the parameters involved in the real-time processing are addressed, as well as the limitations of these systems.

In II and III, the discrete signals theory is introduced and in IV the discrete systems theory is introduced, in its generality as well as its applications ranging from the telecommunications to the audio and image processing.

The project of digital filters (V and VI) is used as the first example of a real time digital signal processing system. Several filtering types are studied and implemented with application to typical problems.

Other applications involving digital signal processing are exposed and implemented in VII and VIII.

In IX the digital signal processing tools are extended for two dimensional signals being applied to digital image processing.

---

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

T/TP - São expostos conceitos e exemplos de sistemas discretos de processamento em tempo real.

PL - Para cada conteúdo programático é realizado um sistema de processamento em tempo real onde são analisados os parâmetros envolvidos no processamento.

Os resultados da aprendizagem são avaliados através de trabalhos laboratoriais com realização dos respetivos relatórios e exame oral sobre os trabalhos práticos e a totalidade dos conteúdos programáticos.

A avaliação envolve as seguintes componentes:

- Desempenho individual em laboratório (40%)
- Relatórios dos trabalhos laboratoriais (20%)
- Exame oral acerca do trabalho desenvolvido no laboratório e sobre a totalidade dos conteúdos programáticos (40%)

Todas as componentes referidas são pedagogicamente fundamentais, exigindo a obtenção de classificação mínima de 8,00 valores e média de 9,50 valores.

---

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

T/TP - Addresses concepts and examples of real-time digital signal processing systems.

PL - For each syllabus a discrete processing system in real time is performed, and the parameters involved are analysed.

The learning outcomes are evaluated through laboratory work, their written report and oral discussion of the presented works as well as oral examination of all the syllabus.

The evaluation involves the following components:

- Individual performance on the laboratory (40%)
- Written reports of the laboratory work (20%)
- Oral exam about the work developed on the laboratory and all the syllabus (40%)

All the aforementioned evaluation components are pedagogically fundamental, requiring a minimum score of 8.00 and an average score of 9.50.

---

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

Nas aulas teóricas são expostos os conteúdos programáticos que são as bases para a realização do respetivo trabalho prático. Estas aulas correspondem aos objectivos 1 e 2. O domínio da componente teórica é essencial para a realização do trabalho laboratorial. Nas aulas práticas são reforçados os objectivos 1 e 2. O estudante nestas aulas tem um contacto permanente com sistemas reais onde são atingidos os objectivos 3, 4 e 5, sendo a avaliação realizada com base na demonstração do trabalho realizado e em relatórios escritos.

Todos os objectivos de 1 a 5 são avaliados no exame oral final.

---

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

In theoretical classes, syllabus is exposed, which is the basis for the development of the respective practical work. These classes correspond to objectives 1 and 2. Theoretical component is essential to the success of the corresponding laboratory project. In the laboratory classes objectives 1 and 2 are reinforced. In these classes, students have permanent contact with real systems where objectives 3, 4 and 5 are achieved, being the evaluation based on work demonstration and written reports.

All objectives from 1 to 5 are evaluated on the final oral exam.

---

**9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória**

- Steven W. Smith, The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing, California Tech. Pub., 2018
- Jonh C. Russ, F. Brent Neal, ?The Image Processing Handbook?, 7th Ed., CRC Press, 2017
- Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schafer, John R. Buck, ?Discrete-Time Signal Processing (3rd Edition), Pearson, 2013
- Kuo S., Lee B., ?Real-Time Digital Signal Processing: Fundamentals, Implementations and Applications?, Wiley-Blackwell, 3rd ed., 2013
- McClellan J., ?DSP First?, Prentice Hall, 2nd ed., 2015

---

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

---

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