

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

1. Caracterização da Unidade Curricular.

1.1. **Designação da unidade curricular** (1.000 carateres).
Processamento de Sinal em Tempo Real para Comunicações
Real-time Signal Processing for Communications

1.2. **Sigla da área científica em que se insere** (100 carateres).
AT

1.3. **Duração**¹ (100 carateres).
Semestral

1.4. **Horas de trabalho**² (100 carateres).
160

1.5. **Horas de contacto**³ (100 carateres).
67,5

1.6. **ECTS** (100 carateres).
6

1.7. **Observações**⁴ (1.000 carateres).
Optativa

1.7. **Remarks** (1.000 carateres).
Optional

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

3. **Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular** (1.000 carateres).
Não se aplica

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. Definir e aplicar os conceitos de filtro, oscilador e transformada
2. Descrever o funcionamento de sistemas de processamento digital de sinal
3. Formular, desenvolver e otimizar algoritmos de processamento de sinal em tempo real
4. Usar e programar arquiteturas vocacionadas para processamento digital de sinal em tempo real
5. Formular soluções para problemas típicos e frequentes de processamento digital de sinal
6. Desenvolver sistemas de processamento digital de sinal de média complexidade
7. Escrever relatórios de projeto de média extensão, com a descrição, justificação e avaliação das opções tomadas no projeto

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

A student completing this course unit should be able to:

1. Define and apply the concepts of filter, oscillator, and transform
2. Describe the functioning of digital signal processing systems
3. Formulate, develop, and optimize real-time digital signal processing algorithms
4. Use and program embedded systems for real-time digital signal processing
5. Formulate solutions for typical and frequent problems found in digital signal processing
6. Develop digital signal processing systems of medium complexity

7. Write project reports of medium extension, with the description, the details and the evaluation of the options taken in the project

5. Conteúdos programáticos (1.000 caracteres).

- I. Digitalização e reconstrução de sinal. Sub-amostragem e sobre-amostragem.
- II. Processamento de sinal em tempo real. Estudo de um processador digital de sinal e sua programação. Exploração da interface analógica-digital e digital-analógica.
- III. Transformada de Fourier para sinais discretos, transformada Z e transformada discreta de Fourier e respetivas inversas.
- IV. Projeto e análise de filtros (FIR e IIR) e de osciladores sinusoidais.
- V. Projeto e análise de módulos de deteção de frequência.
- VI. Otimizações para funcionamento em tempo real.
- VII. A Fast Fourier Transform e sua inversa: definição e aplicações.
- VIII. Algoritmo de Goertzel: definição e aplicações.
- IX. Implementação de emissores e recetores para sistemas de comunicação digital.
- X. Filtragem adaptativa. Algoritmo Least Mean Squares e variantes. Aplicações.
- XI. Realização dos diversos módulos constituintes de um sistema de telecomunicações definido por software.
- XII. Software Radio e Software Defined Radio.

5. Syllabus (1.000 characters).

- I. Signal digitalization and reconstruction. Under-sampling and over-sampling.
- II. Real-time signal processing. Study and programming of a specific hardware architecture of a digital signal processor. Analysis of the analog-to-digital and the digital-to-analog conversion modules.
- III. Discrete-time Fourier transform, Z-transform, discrete Fourier transform and their inverses.
- IV. Analysis and synthesis of digital (FIR and IIR) filters and sinusoidal oscillators.
- V. Analysis and synthesis of frequency detection modules.
- VI. Optimizations for real-time implementation.
- VII. The Fast Fourier Transform and its inverse: definition and applications.
- VIII. The Goertzel algorithm: definition and applications.
- IX. Development of digital communications emitters and receivers.
- X. Adaptive filtering. The Least Mean Squares algorithm and its variants.
- XI. Design and development of the building blocks of a software-defined telecommunications system.
- XII. Software Radio and Software Defined Radio.

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

Atualmente, o processamento digital de sinal tem aplicação na manipulação de sinais multimédia, de sinais biomédicos e nas comunicações digitais, por exemplo. Esta unidade curricular visa fornecer aos estudantes ferramentas para: 1) a resolução de problemas de processamento digital de sinal; 2) a análise e projeto de sistemas em tempo real. Após um estudo sobre digitalização e reconstrução de sinal (item I), implementam-se alguns módulos de software sobre arquiteturas vocacionadas para o processamento digital de sinal em tempo real (item II).

O programa curricular (item III a XI) aborda diferentes técnicas para análise, projeto e avaliação de filtros, osciladores e transformadas. Com a conjugação destas três entidades, projetam-se e desenvolvem-se soluções para muitos problemas de processamento digital de sinal. No item XII aborda-se o paradigma de software radio e a integração das técnicas estudadas no programa curricular, sobre o mesmo.

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

Nowadays, digital signal processing techniques are applied in the manipulation of multimedia signals, biometric signals, and digital communications, for instance. This course unit provides the tools to: 1) solve typical digital signal processing problems; 2) analyse and design real-time systems. After a study of the analog-to-digital and digital-to-analog signal conversion schemes (item I), some software modules are developed and tested in a specific digital signal processor (item II).

The syllabus (item III to XI) addresses different techniques for analysis, design, and evaluation of filters, oscillators, and transforms. By combining these techniques, one can design and develop solutions for most of the existing digital signal processing problems. Item XII addresses the paradigm of software radio, as well as the usage of the previously studied techniques in its context.

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

A unidade curricular funciona em modo de ensino teórico-prático, estando previstas 30 aulas a que correspondem 67,5 horas de contacto. Cerca de um terço destas horas de contacto decorrem em aulas de laboratório, para apoio à execução dos trabalhos práticos. As aulas teórico-práticas são realizadas de forma interativa, estimulando a participação dos estudantes na resolução de exercícios. Apresentam-se os temas, bem como a aplicação prática dos mesmos.

A realização dos trabalhos práticos com projetos baseados em computador (aprendizagem baseada na resolução de problemas), é acompanhada pelo docente, para assegurar o correto desenvolvimento dos conhecimentos e das competências dos estudantes.

Os resultados da aprendizagem (1)-(6) são avaliados através da realização de três trabalhos de laboratório. Os resultados da aprendizagem (1)-(7) são avaliados através dos trabalhos de laboratório, respetivos relatórios e discussão oral individual final.

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

Theoretical and practical teaching along 30 lectures that correspond to 67.5 contact hours. About in third of the semester is made up by laboratory classes to provide some guidance on the execution of the laboratory projects. In the classroom, an interactive methodology is employed, stimulating the students to participate by solving many exercises. The syllabus topics are presented along with their practical usage examples.

The completion of the laboratory (computer) projects is accompanied by the teacher (problem-based learning), to ensure proper development of knowledge and skills of the students.

The learning outcomes (1)-(6) are evaluated by three laboratory projects. The learning outcomes (1)-(7) are evaluated by the laboratory projects with written report and a viva voce examination.

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

A aprendizagem dos conceitos e das ferramentas de processamento digital de sinal é obtida através de aulas interativas com diversos elementos de apoio (slides, textos, software e demonstrações), da realização de exercícios e de três trabalhos de laboratório. Na realização destes três trabalhos, o estudante é confrontado com problemas típicos de processamento de sinal em tempo real, para os quais terá que projetar, desenvolver e avaliar soluções. Estas soluções, após simulação, são implementadas num processador digital de sinal com arquitetura vocacionada para o efeito, para funcionamento e teste em tempo real.

A realização de aulas teórico-práticas interativas, com muitos períodos curtos de exposição da teoria, acompanhada da resolução de exercícios permite aos estudantes assimilarem os principais conceitos da unidade curricular. Esta abordagem leva a que os estudantes consigam aplicar e implementar muitos desses conceitos nos trabalhos de laboratório, sendo que no terceiro trabalho resolvem um problema de média complexidade no âmbito do processamento digital de sinal, com supervisão do docente. Na realização do terceiro trabalho prático, os estudantes reaproveitam e modificam módulos de processamento de sinal desenvolvidos nos dois primeiros trabalhos práticos.

A realização da discussão oral final individual sobre os três trabalhos de laboratório e respetivos relatórios permite avaliar, com rigor, a qualidade dos resultados de aprendizagem por cada estudante. A classificação obtida na unidade curricular resulta da ponderação das classificações obtidas em cada trabalho prático e respetivo relatório.

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

The knowledge of the concepts and tools of digital signal processing is achieved through interactive lessons with different support elements (slides, lecture notes, software, and demos), solving exercises and three laboratory projects. By solving the problems posed in each of the three laboratory projects, the students are faced with typical real-time digital signal processing problems and thus they must design, develop, and evaluate solutions for these problems. These solutions, after validation and simulation, are then tested in real-time on a digital signal processor.

The interactive lessons approach, with many short periods of theory exposition, followed by solving exercises allows the students to acquire the main concepts of the course unit. This approach allows for the students to apply many of these concepts in their computer projects, leading to the development of digital processing solution with medium complexity, under the teacher supervision. On the third laboratory project, the students modify and adapt signal processing modules, that were developed and tested in the first two projects.

The final individual viva voce examination on the three laboratory projects and their reports allows for the teacher to evaluate, in detail, each student, regarding each of the learning outcomes. The final grade is computed by a weighted combination of the grades of each laboratory project and the corresponding report.

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

T. Roupael, RF and Digital Signal Processing for Software-Defined Radio, Newnes, 2009, ISBN 9780750682107

N. Kehtarnavaz, Real Time Digital Signal Processing Based on the TMS320C6000, Newnes, 2005, ISBN 9780750678308

R. Chassaing, Digital Signal Processing and Applications with the C6713 and C6416 DSK, John Wiley & Sons, 2005, ISBN 9780471704065

S. Smith, Digital Signal Processing – A Practical Guide for Engineers and Scientists, Newnes, 2003, ISBN 075067444X

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.