

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

1. Caracterização da Unidade Curricular.

1.1. **Designação da unidade curricular** (1.000 carateres).
Fundamentos de Eletrónica / Fundamentals of Electronics

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

1.3. **Duração¹** (100 carateres).
Semestral

1.4. **Horas de trabalho²** (100 carateres).
162 h

1.5. **Horas de contacto³** (100 carateres).
Total – 67,5 h
TP - 45 h
PL – 22,5 h

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

1.7. **Observações⁴** (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).
João Manuel Ferreira Martins – 135 h

3. **Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular** (1.000 carateres).
Fernando dos Santos Azevedo – 157,5 h
Luís Miguel Tavares Fernandes – 90 h
Carlos Manuel Ferreira Carvalho – 45 h
Alessandro Fantoni – 22,5 h

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

1. Identificar as grandezas elétricas, os componentes elétricos e eletrónicos básicos e os equipamentos de instrumentação e medida principais.
2. Explicar as dependências entre as grandezas elétricas; caracterizar os dispositivos eletrónicos; descrever as técnicas de instrumentação e medida; explicar o funcionamento dos equipamentos de medida e as suas limitações.
3. Propor circuitos eletrónicos para uma determinada funcionalidade básica; usar técnicas de medida.
4. Analisar circuitos eletrónicos, utilizando conceitos e métodos teóricos elementares; analisar e testar circuitos pela medição de grandezas elétricas; analisar circuitos com simulação eletrónica.
5. Explicar a estrutura e o funcionamento de portas lógicas e os seus parâmetros de caracterização.
6. Desenvolver e montar circuitos eletrónicos digitais elementares com componentes discretos ou integrados.
7. Explicar a tecnologia de circuito integrado. Compreender algumas aplicações da tecnologia CMOS.

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

1. Identify electrical quantities, the basic electrical and electronic components, and main instrumentation and measuring equipment's.
2. Explain the dependencies between the electrical quantities; characterise electronic devices; describe the instrumentation and measurement techniques; explain the operation of measurement equipment and its limitations.

3. Propose circuits to a specific basic functionality; use measurement techniques.
4. Analyse electronic circuits using basic theoretical concepts and methods; analyse and test circuits by measuring electrical quantities values; analyse circuits by electrical simulations.
5. Explain the structure and operation of logic gates and their characterization parameters.
6. Develop and assemble elementary digital electronic circuits with discrete or integrated components.
7. Explain the integrated circuit technology. Understand some CMOS circuit applications.

5. Conteúdos programáticos (1.000 carateres).

- I. Grandezas elétricas: tensão, corrente, potência e energia.
- II. Instrumentação e medida: introdução às técnicas laboratoriais. Aparelhos: fonte de alimentação, multímetro, gerador de funções, osciloscópio, ponta de prova.
- III. Componentes discretos e integrados: resistência, condensador, díodo (LED,...), transístor (MOSFET), sensores.
- IV. Análise de circuitos: leis de Ohm e de Kirchhoff. Características I-V e de transferência. Comutação. Modelação e simulação do comportamento elétrico/eletrónico de dispositivos e circuitos.
- V. Circuitos RC. Circuitos CMOS.
- VI. Tecnologia CMOS. MOSFET: operação e parâmetros importantes. Modelos para projeto digital.
- VII. Portas Lógicas. Caracterização de portas lógicas. Outros circuitos digitais.
- VIII. Circuito integrado. Estrutura dos componentes básicos. Exemplos de aplicação.

5. Syllabus (1.000 characters).

- I. Electrical quantities: voltage, current, power and energy.
- II. Instrumentation and measurement: introduction to laboratory techniques. Measuring equipment: power supply, multimeter, function generator, oscilloscope, probe.
- III. Discrete and integrated components: resistor, capacitor, diode (LED,...), transistor (MOSFET), sensors.
- IV. Methods for circuit analysis: Ohm's and Kirchhoff's laws. I-V and transfer characteristics. Switching. Modelling and simulation of the electrical behaviour of devices and circuits.
- V. RC circuits. CMOS circuits.
- VI. CMOS technology. MOSFET: operation and main parameters. Models for digital design.
- VII. Logic gates. Characterization of logic gates. Other digital circuits.
- VIII. Integrated circuit. Physical structure of the basic components. Applications and examples.

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

Base sólida na compreensão das características de um sistema (5-6), a partir de fundamentos da física, passa pela aprendizagem de técnicas de medida e pelo estudo dos circuitos básicos que estabelecem o entendimento de aplicações.

Estudo das grandezas elétricas (I) que são a base da perceção do funcionamento dos sistemas, capturada por equipamentos ou circuitos de medida (II). Estudo dos componentes (III) que constituem os elementos básicos de circuitos e modelam os dispositivos. Assim se obtém a base (1-2) para o desenvolvimento de circuitos.

Estudo dos circuitos básicos (V) para compreender as aplicações dos dispositivos e o desenvolvimento de circuitos (5-6). A análise (IV) é a ferramenta teórica para o estudo dos circuitos (3-4-5).

Projeto de porta lógica CMOS, e sua caracterização (VI e VII), e integração de vários módulos num circuito integrado (VIII) permitem compreender a constituição e as características da porta lógica como elemento isolado (6) ou de um sistema integrado (7).

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

Solid understanding of the characteristics of a system (5-6), from fundamental physics, learning measurement techniques and studying the basic circuits which provide the understanding of applications.

Study of the electrical quantities (I) which are the basis of the perception of system's operation, captured by the measuring equipment or circuitry (II). Study of the components (III) which are the basic elements of circuits and devices models. In this way, it is achieved the ground (1-2) for circuits definition.

Study of the basic circuits (V) to understand the applications of devices and the design of circuits (5-6). Analysis (IV) is the theoretical tool for the study of circuits (3-4-5).

Design of logic gate with CMOS technology, and its characterization (VI and VII), and the integration of several logic modules in an integrated circuit (VIII), allow the understanding of the internals and characteristics of a logic gate as an isolated element (6) or of an integrated system (7).

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

2 aulas semanais: 3 horas teórico-prática (TP) e 1,5 horas de laboratório (PL). Algumas TP são convertidas em PL, para reforçar a componente laboratorial ou para apoio ao trabalho principal da UC.

Nas aulas TP são apresentados os conceitos, temas e exemplos de aplicação e fomenta-se a interação. Nas aulas PL, os estudantes realizam 2 trabalhos práticos, organizados em grupos de 2 ou 3 elementos.

O 1º trabalho visa a aprendizagem dos equipamentos de medida com circuitos eletrónicos simples para apresentação dos componentes básicos. A avaliação é realizada nas aulas com fichas de grupo, constituídas por medições de grandezas elétricas, e com perguntas individuais sobre instrumentação. O 2º trabalho prático envolve o estudo e o desenvolvimento de um circuito baseado na tecnologia CMOS, com um relatório final. A classificação pondera as provas escritas individuais (testes/exame – 50%) e as provas de grupo de prática laboratorial (50%) com peso igual para os 2 trabalhos.

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

2 weekly classes: 3-hour theoretical-practical (TP); 1.5-hour laboratory (PL). Some TP are converted into PL classes, to reinforce the laboratory component or to support the main work of the CU.

In TP classes, the concepts, topics, and application examples are presented, in which interaction is encouraged.

In PL classes, the students conduct 2 practical assignments, organised in groups of 2 or 3 elements.

The 1st work aims the measurement equipment learning, with simple electronic circuits for the presentation of the basic components. The evaluation is carried out during classes with group records, measurements of electrical quantities, and with individual questions on instrumentation. The 2nd practical work involves the study and development of a circuit based on the CMOS technology, with a final report.

The final course unit mark weighs the individual written tests or exam (50%) and the group laboratory practice work (50%), with equal weight for the 2 works.

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

Nas aulas teórico-práticas são expostos os conteúdos programáticos com exemplos práticos de aplicação e promove-se a interação com os estudantes e o seu sentido crítico. É disponibilizado um conjunto de exercícios aconselhados para compreensão e motivação dos assuntos em estudo. São disponibilizados textos de apoio para cada tópico da matéria, complementados com ficheiros de simulação para exploração adicional dos circuitos estudados. É disponibilizado um sítio internet com informação interativa, para o estudo dos dispositivos, dos métodos de análise e dos equipamentos de medida. São aconselhadas leituras e sítios internet suplementares como complemento para reforço das competências.

Os trabalhos práticos promovem a motivação para os temas, criando uma relação entre os diferentes níveis de abordagem: grandezas, medições, dispositivos, circuitos e aplicações. As aulas práticas de laboratório têm guias cujos enunciados orientam os alunos nos seus trabalhos de aprendizagem. No segundo trabalho prático de laboratório, o grupo de alunos deve estudar e verificar a funcionalidade de um circuito ou propor um circuito para uma determinada funcionalidade. Como trabalho adicional, os estudantes devem ainda referir outras aplicações para o circuito e apresentar desenvolvimento suplementar relacionado com a aplicação em estudo.

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

In theoretical lectures, syllabus is exposed with practical examples, and interaction with students is promoted, and their critical sense and thinking as well. A set of recommended exercises is provided for the understanding and motivation of the subjects under study. Supporting texts are available for each topic, complemented with simulation files for further exploration of the studied circuits. A website with interactive information is provided for the study of the devices, methods of analysis, and measurement equipment. Additional reading and websites are recommended to enhance or complement learning outcomes.

The practical works provide the motivation for the topics, creating a relationship between the different approach levels: quantities, measurements, devices, circuits, and applications. Practical laboratory classes have written guides which orient the students in their learning tasks. In the second practical lab work, the student group must study and verify the functionality of a circuit or propose a circuit for a given functionality. As additional work, students should also refer other applications to the circuit and present extra development related to the application being studied.

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

R. Jacob Baker, *CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation*, 4th edition, John Wiley & Sons, July 2019. ISBN 9781119481515.

A. Sedra and K. Smith, *Microelectronic Circuits*, 7th edition revised, Oxford University Press - Series in Electrical and Computer Engineering, 2015. ISBN 9780199339143.

B. Streetman and S. Banerjee, *Solid State Electronic Devices*, 7th edition, Pearson, 2016. ISBN 9781292060552.
Medeiros Silva, *Introdução aos Circuitos Eléctricos e Electrónicos*, 6.ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, 2014. ISBN 978-972-31-0696-1.

Medeiros Silva, *Circuitos com transístores bipolares e MOS*, 6ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, 2016. ISBN 978-972-31-0840-8.

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.