
1. Caracterização da Unidade Curricular

1.1 Designação

[2424] Eletrónica / Electronics

1.2 Sigla da área científica em que se insere

ET

1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

1.4 Horas de trabalho

162h 00m

1.5 Horas de contacto

Total: 67h 30m das quais TP: 67h 30m

1.6 ECTS

6

1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

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

2. Docente responsável

[1254] João Manuel Ferreira Martins

3. Docentes e respetivas cargas

letivas na unidade curricular

[894] Fernando dos Santos Azevedo | Horas Previstas: 157.5 horas

[1254] João Manuel Ferreira Martins | Horas Previstas: 270 horas

[1393] Fernando Manuel Ascenso Fortes | Horas Previstas: 22.5 horas

[1621] Pedro Miguel Florindo Miguens Matutino | Horas Previstas: 45 horas

[2055] Paulo Jorge Passos Sérgio Lourenço | Horas Previstas: 135 horas

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

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. Identify electrical quantities, the basic electrical and electronic components, and main instrumentation and measuring equipment?
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

- 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

- 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

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

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)**

2 aulas semanais: 1,5 horas teóricas (T) e 3 horas teórico-práticas (TP) ou de laboratório (PL).
Avaliação: 2 testes escritos individuais e 2 trabalhos práticos laboratoriais de grupo com 2 ou 3
estudantes. Classificação individual em todas as componentes.

A avaliação é distribuída com exame final e com dois testes escritos de avaliação distribuída.
Todas as componentes de avaliação são consideradas pedagogicamente fundamentais. As
aulas práticas de laboratório têm presença obrigatória. Os trabalhos práticos não podem ser
recuperados em exame final. Não existem exames parciais.

1º trabalho (TP1): aprendizagem dos equipamentos de medida e circuitos simples. Avaliação
TP1: fichas de grupo e perguntas individuais. 2º trabalho (TP2): estudo e desenvolvimento de
circuitos CMOS. Avaliação TP2: trabalho laboratorial e relatório final com possibilidade
de discussão final.

Classificação final: provas escritas (testes/exame) ? 50%; provas de prática laboratorial (2
trabalhos com peso igual) ? 50%.

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

2 weekly classes: 1.5 hours theoretical (T) and 3 hours of theoretical-practical (TP) or laboratory
(PL).

Assessment: 2 individual written tests and 2 practical group laboratory works with 2 or 3
students. Individual marks for all components.

The assessment is distributed with a final exam and two written distributed assessment tests. All
assessment components are considered pedagogically fundamental. Practical laboratory
classes are mandatory. Practical work cannot be recovered in the final exam. There are no
partial exams.

1st work (TP1): learning measuring equipment and simple circuits. TP1 assessment: group
records and individual questions. 2nd work (TP2): study and development of CMOS circuits. TP2
assessment: laboratory work and final report. The group may be subject to the final discussion of
TP2.

Final mark: written tests/exam ? 50%; laboratory practice, 2 works with equal weight ? 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, ensino complementado, nas aulas teórico-práticas, com exemplos práticos de aplicação adicionais e promovendo 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

In theoretical classes, the syllabus contents is exposed. Teaching is complemented, in theoretical-practical classes, with additional practical examples of application, 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

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.

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

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