

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

1. Caracterização da Unidade Curricular.

- 1.1. **Designação da unidade curricular** (1.000 carateres).
Eletrónica do Circuito Integrado (substitui -> Sistemas Eletrónicos Analógicos e Digitais Integrados)
- 1.2. **Sigla da área científica em que se insere** (100 carateres).
AE
- 1.3. **Duração**¹ (100 carateres).
Semestral
- 1.4. **Horas de trabalho**² (100 carateres).
162
- 1.5. **Horas de contacto**³ (100 carateres).
Total = 67,5 ; TP = 22,5; PL = 22,5 ; S = 7,5 ; OT = 15
- 1.6. **ECTS** (100 carateres).
6
- 1.7. **Observações**⁴ (1.000 carateres).
Unidade curricular optativa
- 1.7. **Remarks** (1.000 carateres).
Optional course

2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres). Vitor Manuel da Silva Costa / 67,5 h

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).

1. Reconhecer as técnicas inerentes ao projeto de um circuito eletrónico em circuito integrado.
2. Identificar as técnicas a utilizar num projeto de um circuito integrado específico.
3. Operar com ferramentas de *Cad Design* no desenho de projeto e simulação de circuitos integrados (em particular com a ferramenta ©CADENCE-Virtuoso).
4. Analisar, testar e comparar as possíveis soluções de desenho dos circuitos eletrónicos em circuito integrado.
5. Desenvolver novos circuitos básicos, planeando devidamente os diferentes passos necessários à concretização destes inseridos num projeto.
6. Avaliar o desempenho e defender os procedimentos utilizados na realização destes circuitos como parte integrante de um SoC em relatório e em discussão com os pares mostrando os resultados do circuito projetado.

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

1. State the integrated circuits design techniques, including the “IPCore” definition.
2. Identify and select the integrated circuits design techniques to use on a specific integrated circuit project.
3. Use Cad Design tools for integrated circuits design and simulation (in particular the ©CADENCE-Virtuoso tool).
4. Integrated circuit design possible solutions analysis, test and comparison.
5. Basic electronic circuit design, organizing the design necessary steps.
6. Evaluate and defend the design procedures on a report and discussion showing results from the design circuit in the SoC context.

5. Conteúdos programáticos (1.000 carateres).

- I. Introdução ao projeto de circuitos integrados baseado no conceito SoC (System on Chip).
- II. Metodologias de projeto *Top-Down* com referências *Bottom-Up*.
- III. Restrições no desenho de *Layout* dum circuito integrado: dimensão dos dispositivos, componentes parasitas, fenómenos de *latch-up*, etc.
- IV. Utilização de ferramentas de *Cad Design*, nomeadamente o *®CADENCE-Virtuoso* para o projeto de pequeno circuito, esquemático, simulação e *layout*.
- V. Projeto e caracterização de Amplificadores Operacionais, Comparadores e Fontes de Referência nas suas diferentes topologias, vantagens e desvantagens destas.

5. Syllabus (1.000 characters).

- I. Introduction to integrated circuit design, system on chip (SoC) context.
- II. Top-down and bottom-up design methodologies.
- III. Integrated circuits layout restrictions: components dimensions; parasitic elements; latch-up phenomenon; substrate interference.
- IV. Cad Design tools. *®CADENCE-Virtuoso* has a design tool: schematic, simulation and layout.
- V. Integrated electronic basic circuits design and simulation. Operational Amplifiers, Comparators and Reference Sources topologies study, advantage and disadvantage of the different topologies.

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

Os objetivos definidos nos pontos 1 e 2 são atingidos através da apreensão da matéria lecionada em I, II e III, onde são referidos todos os conceitos sobre projeto de circuito integrado, fazendo referência às técnicas existentes para o projeto de circuitos eletrónicos em circuito integrado. São ainda feitas referências às limitações dos componentes e de alguns circuitos quando implementados em circuito integrado. O objetivo definido em 3 é atingido através da elaboração de pequenos circuitos como amplificadores de *source* comum, pares diferenciais, etc. utilizando uma ferramenta de *Cad Design* tal como se apresenta nos conteúdos programáticos em IV. Finalmente os objetivos definidos em 4, 5 e 6 são atingidos através do projeto de circuitos eletrónicos contidos nos conteúdos programáticos contidos em V.

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

The learning outcomes that were defined in 1 and 2 are reached using the syllabus defined on I, II and III, where are mentioned the integrated circuit design concepts referring the integrated circuits electronic circuits design techniques. Limitations on integrated circuits from some components and simple circuits are also referred. The learning outcome from point 3 is reached using simple circuits design like common source amplifiers, differential pair, etc. on a Cad Design tool as presented on IV from syllabus. Finally the learning outcomes from 4, 5 and 6 are reached using the electronic circuits design defined on syllabus point V.

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

Inicialmente são lecionados os conteúdos programáticos correspondentes aos pontos I, II e III em aulas teórico-práticas (TP). No seguimento dos conteúdos programáticos definidos em IV é introduzida uma ferramenta de *Cad Design* onde são projetados circuitos simples utilizando as técnicas lecionadas nos pontos anteriores. Nesta fase são sugeridos dois trabalhos desenvolvidos em aula de laboratório (PL) para consolidação e primeira avaliação dos conceitos aprendidos, os quais têm um peso na nota final entre 25% e 35%. Durante a lecionação dos conteúdos programáticos definidos em V em aulas teórico-práticas (TP), é proposto um trabalho final realizado em parte durante aulas práticas laboratoriais (PL) em modo de orientação tutorial (OT) que será avaliado através de uma discussão depois de elaborado um relatório, contendo uma análise e uma avaliação dos resultados do projeto desenvolvido, em seminário (S) que permitirá a avaliação sobre os objetivos definidos nos pontos 4, 5 e 6.

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

Initially the I, II and III points from syllabus are introduced in TP classes. To introduce the syllabus point IV some simple circuits are design using the techniques described in the previous points from syllabus. Two works are proposed and realized on PL classes. These works are evaluated and represents 25% to 35% from the final student classification. Finally with the introduction of the contents from point V of syllabus in TP classes it's proposed a final work having parts realized on PL classes and other parts realized as tutorial orientation (OT). This work will be evaluated by a discussion in a seminar (S) after the elaboration of a report that presents the

results and evaluation of the design produce by the students. This permits the evaluation of the points 4, 5 and 6 from the learning outcomes.

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

Para o desenvolvimento de circuitos eletrônicos em circuito integrado é necessário reconhecer as técnicas inerentes ao projeto e identificar quais se adequam ao desenvolvimento de um determinado circuito eletrônico. Neste contexto, a metodologia de ensino passa por primeiro lecionar os conteúdos programáticos definidos nos pontos I, II e III em aulas teórico-práticas para que os alunos atinjam os objetivos 1 e 2. O objetivo 3 é atingido realizando aulas de práticas laboratoriais onde são utilizadas ferramentas de *Cad Design* no desenvolvimento de circuitos eletrônicos de complexidade reduzida. Nestas aulas são efetuados dois trabalhos que permitem aferir se os objetivos definidos nos pontos 1, 2 e 3 são atingidos com sucesso. Os objetivos 4, 5 e 6 são cobertos pela leção dos conteúdos programáticos definidos em V. Esta leção tem além de aulas teórico-práticas, aulas de práticas laboratoriais onde se inicia um trabalho final de desenvolvimento de um circuito eletrônico de complexidade superior. Esta abordagem permite atingir o objetivo 4 e começar a trabalhar a parte de síntese identificada no objetivo 5. A orientação tutorial e o seminário final acerca do trabalho realizado nesta fase permitirá aos alunos atingirem, caso tenham sucesso, o objetivo 6, sendo que a avaliação deste trabalho validará a concretização dos objetivos 4, 5 e 6.

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

To design integrated electronic circuits it is necessary to recognize the design techniques and to identify which ones apply to a specific integrated electronic circuit design. In this context, the teaching methodology consists in teaching points I, II and III from syllabus in TP classes to reach the goals from points 1 and 2 from the learning outcomes. The learning outcome point 3 is reach in PL classes where a Cad Design tool is used on low complexity integrated electronic circuit design. On these classes two works are done which permits to verify and evaluate if the goals from points 1, 2 and 3 from learning outcomes are reached. The learning outcomes defined on points 4, 5 and 6 are developed by the teaching of V from syllabus. This teaching includes TP classes and PL classes where the initial part of a final work, based on an integrated electronic circuit design with superior complexity, is developed. This work continues with some tutorial orientation and has its final evaluation on a seminar where the work is discussed. The success of the discussion permits to reach the goal of point 6 from learning outcomes and the evaluation of all work will certify the goals of points 4, 5 and 6 from leaning outcomes.

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

Gray, Hurst, Lewis and Meyer, "Analysis and Design of Analog Integrated Circuits", 5th Ed., Wiley-IEEE Press, 2010.

T. C. Carusone, D. Johns, K. Martin, "Analog Integrated Circuit Design", Wiley, 2011.

R. J. Baker, "CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation", 3rd Ed., Wiley-IEEE Press, 2010.

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.