

1. Caracterização da Unidade Curricular

1.1 Designação

[3067] Eletrónica II / Electronics II

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: 45h 00m | P: 22h 30m

1.6 ECTS

6

1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

2. Docente responsável

[1292] Luís Miguel Tavares Fernandes

3. Docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular Não existem docentes definidos para esta unidade curricular



**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. Conhecer os diferentes tipos de transístores e suas principais aplicações em circuitos lineares e não lineares.
2. Compreender as diferentes topologias de amplificação com transístores ao nível do circuito, incluindo realimentação e a sua resposta em frequência.
3. Aplicar o conceito da amplificação de sinal a situações práticas como interface entre uma fonte de sinal e uma carga.
4. Analisar circuitos amplificadores a transístor com vários andares desde a polarização até à resposta em frequência, determinando os principais parâmetros dos amplificadores.
5. Dimensionar circuitos amplificadores com diferentes tipos de transístores incluindo configurações diferenciais, com ou sem realimentação negativa. Testar os circuitos em ambiente laboratorial e de simulação.
6. Escrever relatórios onde se apresentam os circuitos implementados, se analisam e comparam resultados experimentais e se justificam decisões.

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

Students who successfully complete this course unit be able to:

1. Recognize the different transistor types and their main application in linear and nonlinear circuits.
2. Understand the circuit level behavior of different amplifier topologies with or without negative feedback, including the frequency response of the system.
3. Apply the concept of signal amplification to a practical situation in the interface between a signal source and a load.
4. Analyze single or multistage transistor amplifier circuits from biasing to the determination of the main amplifier parameters.
5. Design transistor amplifier circuits using different type of devices, including differential configurations with or without negative feedback. Test circuits in a lab or simulation environment.
6. Write reports describing the implemented circuits and where experimental results are analyzed and compared and decisions are justified.



5. Conteúdos programáticos

- I. Amplificadores com vários transístores. Configurações Multiandar, ?Cascode? e ?Darlington?
- II. Fontes de corrente com TJB e MOSFET. Espelho de corrente simples. Outras topologias.
- III. Amplificador diferencial. Par diferencial com transístores: determinação de ganhos, resistências de entrada e CMRR. Amplificador diferencial com carga activa.
- IV. Resposta em frequência de amplificadores, Conceitos gerais (largura de banda, frequências de corte), Método das constantes de tempo, aproximação de pólo dominante, Teorema de Miller.
- V. Realimentação negativa em amplificadores. Conceitos Gerais. Análise detalhada das quatro topologias de realimentação. Efeito no ganho, nas impedâncias de entrada e saída, na largura de banda e na distorção não linear. Aplicação a circuitos amplificadores com transístores.
- VI. Estabilidade nos amplificadores realimentados. Conceitos de margem de ganho e de fase. Compensação em frequência.

5. Syllabus

- I. Multiple transistor amplifiers. Multistage, cascode and Darlington configurations.
- II. Transistor current sources Bipolar and MOSFET. Simple current mirror. Other topologies.
- III. Differential amplifier. Transistor differential pair: determination of gain, input resistance and CMRR. Active load differential amplifier.
- IV. Frequency response of amplifiers. General concepts (bandwidth, cutoff frequencies). Time constant method, dominant pole approximation. Miller?s theorem.
- V. Negative feedback on amplifiers. Generalities. Detailed analysis of the four topologies. Effect on gain, input and output impedances, bandwidth and on nonlinear distortion. Application to transistor amplifier circuits.
- VI. The stability problem in feedback amplifiers. Gain and Phase margin concepts. Frequency compensation.

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

Esta unidade curricular tem como objectivo dar a conhecer as aplicações lineares e não lineares dos principais tipos de transístores utilizados na actualidade. São dadas a conhecer topologias típicas de amplificadores com mais que um transístor, nomeadamente os amplificadores multi-andar e algumas configurações especiais (Item I). Alargando o conceito de amplificação, é introduzido o amplificador diferencial, junto com os circuitos de polarização utilizados (Itens II e III).

Com a introdução dos modelos dos transístores para altas frequências (Item IV) alarga-se o estudo dos amplificadores ao regime da frequência, utilizando para tal o método das constantes de tempo. A introdução de realimentação negativa, nas suas diferentes topologias (Item V), e a sua aplicação a circuitos com transístores completa o leque de aplicações lineares propostas. O problema da estabilidade dos amplificadores é apresentado (Item VI) e são abordadas as técnicas de compensação em frequência.

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

This curricular unit has as main objective to give knowledge about the linear and nonlinear applications of the transistors in use nowadays. The main multiple transistor amplifying topologies, namely cascade amplifiers and other special topologies (Item I). Broadening the concept of amplification the notion of differential amplification is introduced, including also the typical polarization circuits (current sources) (Items II e III).

With the introduction of high frequency transistor models and other basic concepts (Item IV) the study of amplifiers is extended to the frequency behaviour, by using the open- and short-circuit time constant methods. The inclusion of negative feedback, in its different topologies (Item V), and the application to transistor circuits completes the proposed range of linear applications. The stability problem in feedback amplifiers is presented (Item VI) and the analysis and compensation techniques are discussed.

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

A exposição dos conceitos teóricos é realizada em simultâneo com a resolução de exercícios exemplificativos. É incentivada a interatividade com a colocação de questões em tempo de aula e resolução de problemas pelos alunos. Os conceitos teóricos são aplicados através do dimensionamento, implementação e teste de circuitos amplificadores. Os trabalhos laboratoriais são realizados em grupo.

A avaliação é distribuída com exame final. Os objetivos das aprendizagens 1 a 4 são aferidos através de avaliação teórica - $NT \geq 9,5$ (2 testes escritos ($T_n \geq 8$), podendo ser substituídos total ou parcialmente por avaliação em exame). Os objetivos das aprendizagens 5 e 6 são avaliados nas aulas práticas laboratoriais obrigatórias a 80% - $NP \geq 9,5$. Todos os objetivos são avaliados através do relatório de 3 trabalhos e em discussão final (com nota individual ($P_n \geq 8$)).

Todas as componentes são pedagogicamente fundamentais. A nota final (NF) será obtida pela expressão: $NF = (2 \times NT + NP) / 3$.

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

The presentation and discussion of theoretical concepts, is performed in parallel with the solving of example problems. The interactivity is encouraged by asking questions and proposing problems to be solved by students in class. Theoretical concepts are further developed through the design, implementation and testing of amplifier circuits. Lab work is performed in group.

The assessment is continuous with final exam. The learning outcomes 1 to 4 are assessed through theoretical evaluation - $NT \geq 9.5$ (2 written tests that can be totally or partially replaced by an assessment exam). The learning outcomes of 5 and 6 are evaluated in laboratory classes ($NP \geq 9.5$), mandatory in 80%. All learning outcomes are evaluated through the written 3 laboratory report and in the final discussion (with individual grade- $P_n \geq 8.0$).

All the components are pedagogically fundamental. The final grade (NF) is obtained by the expression: $NF = (2 \times NT + NP) / 3$.

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

Nas aulas teórico-práticas são expostos os conteúdos programáticos a que correspondem os objetivos de aprendizagem 1 a 4, sendo facultado um conjunto de problemas e aplicações como motivação para o estudo fora das horas de contacto.

Para as aulas de prática laboratorial são fornecidos guiões que apresentam um problema específico. Abordando o objetivo de aprendizagem 5 é pedida ao aluno a preparação prévia da aula prática a nível do dimensionamento do circuito e da sua análise teórica. A solução é então testada em laboratório com o apoio do docente.

Na discussão final é revisto e o conteúdo dos relatórios dos trabalhos práticos, tendo em consideração de um modo geral todos os objetivos de aprendizagem e em particular os objetivos e a avaliação dos objetivos de aprendizagem 3, 4, 5 e 6.

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

In theoretical classes, syllabus content is presented, which match the learning outcomes 1 to 4. A set of theoretical questions and applications are provided to motivate students to study outside of contact hours.

For the lab classes a guidance script is distributed which present a specific problem. The learning outcome 5 is accomplished by asking the students to prepare the lab work by designing and analysing the circuit. The found solution is then tested in lab with the teacher's support.

In the final discussion the contents of the report of practical is discussed, taking generally into account all learning objectives, in particular the assessment of the learning outcomes 3, 4, 5 and 6.

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

Adel Sedra, Kenneth Smith: Microelectronic Circuits, Oxford University Press, 2017
Miguel Fernandes e Fernando Azevedo: Electrónica II, Publicação pessoal, 2022

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



Ficha de Unidade Curricular A3ES
Eletrónica II
Licenciatura em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações e de Computadores
2024-25

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