

---

## 1. Caracterização da Unidade Curricular

### 1.1 Designação

[2055] Eletrónica de Regulação e Comando / Command and Control Electronics

### 1.2 Sigla da área científica em que se insere

EE

### 1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

### 1.4 Horas de trabalho

162h 00m

### 1.5 Horas de contacto

Total: 67h 30m das quais T: 22h 30m | TP: 22h 30m | P: 22h 30m

### 1.6 ECTS

6

### 1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

---

## 2. Docente responsável

[1064] Luís Manuel dos Santos Redondo

---

## 3. Docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

---

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

- Projetar circuitos de comando e proteção de semicondutores de potência integrados em conversores de potência
- Projetar circuitos para geração de sinais de comando de semicondutores de potência integrados em conversores de potência
- Projetar semicondutores de potência em série e em paralelo
- Projetar conversores de potência e calcular a sua eficiência energética
- Determinar a fiabilidade e continuidade de serviço em conversores de potência

---

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

- Design control and protection circuits for power semiconductors in power converters
- Design circuits for the generation of trigger signals for power semiconductors in power converters
- Design power semiconductors in series and in parallel
- Design power converters and calculate their energy efficiency
- Determine reliability and service continuity in power converters

---

**5. Conteúdos programáticos**

- Dispositivos semicondutores de potência (Díodos PIN, SCR, GTP, IGCT, BJT, MOSFET, IGBT, SIT, SITh, MCT): estrutura, caracterização estática, dinâmica, circuitos de proteção contra sobretensões e sobrecorrentes e ajuda à comutação.
- Diferenças da tecnologia de Si com SiC
- Dimensionamento de dissipadores.
- Associações de SP em série e em paralelo.
- Modelação de moduladores (rampa, arco seno, PWM) para geração dos sinais de comando dos semicondutores de potência integrados em conversores de potência. Drivers comerciais.
- Projetar os semicondutores de potência para um determinado conversor de potência
- Determinar a eficiência elétrica dum conversor considerando os semicondutores de potência
- Com base nos diferentes modos de operação dum conversor de potência determinar a redundância de operação, fiabilidade e continuidade de serviço

---

**5. Syllabus**

- Power semiconductor devices (PIN, SCR, GTP, IGCT, BJT, MOSFET, IGBT, SIT, SITh, MCT diodes): structure, static characterization, dynamics, overcurrent and overcurrent protection circuits and switching support.
- Differences in Si technology with SiC
- Design of heatsinks.
- Associations of SP in series and in parallel.
- Modeling of modulators (ramp, arcsine, PWM) to generate the control signals of the integrated power semiconductors in power converters. Commercial drivers.
- Design the power semiconductors for a given power converter
- Determine the electrical efficiency of a converter considering the power semiconductors
- Based on the different operating modes of a power converter, determine the redundancy of operation, reliability and service continuity

---

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

Considerando que as competências principais adquiridas nesta unidade curricular são a capacidade de projetar circuitos de comando e proteção de semicondutores de potência, bem como dimensionar semicondutores de potência em conversores de potência e determinar a eficiência energética destes conversores, é necessário estudar a tecnologia, o funcionamento e características dos semicondutores de potência, seu disparo e proteção, bem como a associação em série e paralelo destes.

O dimensionamento dos semicondutores de potência usados em conversores de potência assim como o cálculo de eficiência destes sistemas é fundamental.

---

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

Considering that the main skills acquired in this course are the ability to design power semiconductor control and protection circuits, as well as designing power semiconductors in power converters and determining the energy efficiency of these converters, it is necessary to study the technology, the operation and characteristics of the power semiconductors, their triggering and protection, as well as the serial and parallel association of these. The design of the power semiconductors used in power converters as well as the calculation of the efficiency of these systems is fundamental.

7. Metodologias de ensino  
(avaliação incluída)

Nas aulas teóricas são leccionados os conteúdos e apresentados casos práticos. Nas aulas teórico-práticas são realizados exercícios de aplicação com grande intervenção dos alunos. Nas aulas laboratoriais são aplicadas as competências adquiridas com a realização de trabalhos práticos em grupo.

A avaliação de conhecimentos consiste na avaliação distribuída com exame final (nos termos do estipulado no ponto 1, artigo 21 do RPAC, despacho 8077/2023 de 7 de agosto) e é composta por duas componentes, pedagogicamente fundamentais:

1 - Realização e discussão de dois trabalhos práticos, nota mínima de 8,00 valores e média mínima de 9,50 valores (NP).

2 - Realização de Exame escrito, com nota mínima de 9,50 valores (NE);

A classificação final, NF, é obtida pela média ponderada das duas componentes:

$$NF = 0,5xNE + 0,5xNP$$

(A nota final para aprovação tem o mínimo de 10 valores, numa escala de zero a vinte).

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

In the theoretical classes the contents are taught and practical cases are presented. In the theoretical-practical classes are carried out application exercises with great intervention of the students. In the laboratory classes are applied the skills acquired with the accomplishment of practical work in group.

The assessment of knowledge consists of distributed assessment with a final exam (as stipulated in point 1, article 21 of the RPAC, order 8077/2023 of August 7) and is made up of two pedagogically fundamental components:

1 - Carrying out and discussing two practical assignments, with a minimum mark of 8.00 and a minimum average of 9.50.

2 - A written exam, with a minimum mark of 9.50 (NE);

The final grade, NF, is obtained from the weighted average of the two components:

$$NF = 0.5 \times NE + 0.5 \times NP$$

(The final grade for approval is a minimum of 10 points, on a scale of zero to twenty).

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

As competências principais adquiridas nesta unidade curricular são a capacidade de projetar circuitos de comando e proteção de semicondutores de potência, bem como dimensionar semicondutores de potência em conversores de potência e determinar a eficiência energética destes conversores, sendo necessário apresentar os conceitos teóricos, realizar exercícios de aplicação e promover a realização de trabalhos de laboratório para a sua obtenção.

Nas aulas teóricas são apresentadas as características fundamentais, tecnologia e funcionamento dos semicondutores de potência, circuitos de comando e proteção, e cálculo de eficiência de conversores.

Nas aulas teórico-práticas são propostos aos alunos exercícios de aplicação e técnicas de simulação dos modelos e circuitos estudados.

As aulas laboratoriais acompanham o programa teórico, permitindo assim ao aluno complementar os conhecimentos adquiridos. São efectuados exercícios, bem como trabalhos de aplicação:

- 1) Disparo do Tiristor com acoplamento por transformador;
- 2) Disparo de semicondutores de potência comandados por sinais PWM.

Na componente laboratorial é avaliado o dimensionamento dos trabalhos apresentado para a realização dos mesmos, os relatórios e discussão dos trabalhos. A avaliação tem um peso de 50% e nota mínima de 9,5 valores.

No final existe um exame que vale 50% da nota, a nota final mínima é de 9,5 valores.

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

The main competences acquired in this curricular unit are the ability to design control circuits and protection of semiconductor power, as well as dimensioning power semiconductors in power converters and determining the energy efficiency of these converters, being necessary to present the theoretical concepts, perform exercises of application and promote laboratory work to obtain it. The theoretical classes present the fundamental characteristics, technology and operation of power semiconductors, control and protection circuits, and calculation of converter efficiency.

In the theoretical-practical classes students are offered exercises in the application and simulation techniques of the models and circuits studied. The laboratory classes accompany the theoretical program, thus allowing the student to complement the knowledge acquired. Exercises are carried out, as well as application works: 1) Thyristor trip with transformer coupling; 2) Trip of power semiconductors controlled by PWM signals. In the laboratory component is evaluated the sizing of the works presented for the accomplishment of the same, the reports and discussion of the works. The evaluation has a weight of 50% and a minimum grade of 9.5 points. At the end there is an exam that is worth 50% of the grade, the final exam grade is 9.5 points.

**9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória**

- Buhler; ?Electronique de Réglage et de Comande?; Dunod, 1983

- Palma; ?Circuitos de Comando de Conversores Estáticos de Potência de Comutação Natural?; LNEC; relat. 131/1985

- José Fernando Alves da Silva, ?Electrónica Industrial?, Fundação Calouste Gulbenkian, 1999

- José Fernando Silva, Luis Redondo, Hiren Canacsinh, William C. Dillard, "Chapter 17 - Solid-State Pulsed Power Modulators and Capacitor Charging Applications,"  
Editor(s): Muhammad H. Rashid, Power Electronics Handbook (Fifth Edition), Butterworth-Heinemann, 2024, pp. 621-685, ISBN 9780323992169, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99216-9.00040-8>.

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



Ficha de Unidade Curricular A3ES  
Eletrónica de Regulação e Comando  
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica  
2024-25

---

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