
1. Caracterização da Unidade Curricular

1.1 Designação

[2320] Controlo de Sistemas / Control Systems

1.2 Sigla da área científica em que se insere

EE

1.3 Duração

Unidade Curricular Semestral

1.4 Horas de trabalho

189h 00m

1.5 Horas de contacto

Total: 90h 00m das quais T: 45h 00m | TP: 22h 30m | P: 22h 30m

1.6 ECTS

7

1.7 Observações

Unidade Curricular Obrigatória

2. Docente responsável

[1323] Luís José Lamy Rocha da Encarnação

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)

Esta disciplina aborda a temática da modelização de sistemas físicos, técnicas de controlo, bem como a análise e o comportamento estático e dinâmico dos mesmos.

Pretende-se dotar os alunos com conhecimentos sobre modelização de sistemas físicos e técnicas de controlo. Analisar o comportamento dinâmico e projetar sistemas de controlo avançado. Ensaiar sistemas de controlo utilizando equipamento industrial (sensores e controladores) e simulá-los analógica e digitalmente.

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

This curricular unit deals with the modeling of physical systems, control techniques, as well as with system dynamic behavior and steady state.

It aims to provide students with knowledge on physical system modeling and control techniques, dynamic behavior analysis and design advanced control systems. In the laboratory, testing control systems using industrial equipment (sensors and controllers) and simulate them analogically and digitally.

5. Conteúdos programáticos

Programa Teórico e Prático

1) Conceitos de Controlo;

2) Modelização de sistemas por Modelos de Estados, Funções de Transferência, polos e zeros. Teoria de sistemas contínuos em espaço de estados: Observabilidade e Controlabilidade. Diagramas de blocos e diagramas de fluxo de sinal.

3) Características dos sistemas de controlo com retroação. Variação de parâmetros, sensibilidade, exatidão. Resposta dinâmica;

4) Controladores industriais: Descontínuos: Tudo ou nada sem e com histerese. Contínuos: proporcional (P), integral (I), derivativo (D), PI, PD e PID. Dimensionamento de Controladores lineares. Controlo antecipado (*feedforward*). Sintonização Ziegler-Nichols.

5) Estabilidade de sistemas pelos critérios: *Routh - Hurwitz* , Diagrama do Lugar Geométrico das Raízes (*Root locus*), *Bode (Diagramas de Amplitude e de Fase)* e *Nyquist (Diagrama de Nyquist)* .

Trabalhos de laboratório

TP1: Controlo de Posição e Velocidade;

TP2: Controlo de Nível;

TP3: Controlo de Temperatura;

TP4: Simulação de Sistemas.

5. Syllabus

Theoretical and theoretical-practical program

1) Introduction to control systems;

2) Systems Modeling by State-Space Models. Transfer Functions. Poles and zeros. State-space continuous systems theory: Observability and Controllability. Block diagrams and signal flow diagrams;

3) Control systems characteristics. Parameter variation, sensitivity, steady-state error. Dynamic response;

4) Industrial Controllers: Discontinuous: ON/OFF, ON/OFF with hysteresis. Continuous: proportional (P), integral (I), and derivative (D). The PI and PID controllers. Dimensioning of linear controllers. Feedforward control. Ziegler-Nichols tuning rules.

5) Stability criterion: Routh Hurwitz, Root locus, Bode (Amplitude and Phase Diagrams) and Nyquist (Nyquist Diagram).

Laboratory work program

Work 1: Position and Speed Control;

Work 2: Level Control;

Work 3: Temperature Control;

Work 4: Simulation Systems.

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

Sendo o objetivo desta unidade curricular a introdução dos alunos na temática do controlo de sistemas, aproximando-os ao projeto dos mesmos, começa-se por introduzir os conceitos de sistemas passando-se à sua modelização. Com a modelização são utilizadas técnicas de análise em sistemas, permitindo ao aluno compreender aplicações concretas através de simulações em computador. O culminar dos temas abordados vem com a sua aplicação prática nos ensaios laboratoriais que se realizam utilizando maioritariamente equipamento industrial aproximando o aluno ao meio fabril.

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

Since the purpose of this course is to present to the students the introductory topics of control systems. It begins by introducing the concepts of systems and their modeling, bringing them closer to their design. With the systems models, different techniques are used to analyze systems, leading the student to understand the most convenient option for a concrete application. The culmination of the themes comes to its practical application in laboratory tests that are performed using mostly industrial equipment, bringing the student closer to the factory environment.

7. Metodologias de ensino (avaliação incluída)

O método de ensino consta de Aulas teóricas (T) , onde é exposta a matéria com apresentações em PowerPoint; Aulas teórico-práticas (T/P), onde são resolvidos exercícios; Aulas práticas laboratoriais (P), onde são realizados 4 trabalhos práticos. Nestes três módulos de aulas (T, T/P e P), é utilizado o software Matlab/Simulink e diverso material didático.

A avaliação é Distribuída com Exame Final, todas as componentes de avaliação são pedagogicamente fundamentais:

1. A nota final, NF, é a média das classificações obtidas nas componentes teórica T e prática P, $NF=(T+P)/2$, nota mínima de 9,50 valores;
2. A componente teórica T é a nota obtida no teste global, ou no exame de época normal, ou de época de recurso ou de época especial, nota mínima de 9,50 valores.
3. A componente prática P é a média da classificação atribuída às duas componentes (F e D): média das notas das 3 fichas de avaliação distribuída (F); nota dos 4 trabalhos laboratoriais (D); $P=(F+D)/2$; nota mínima de 9,50 valores.

7. Teaching methodologies (including assessment)

The teaching method consists of theoretical classes (T) 3h/week, Theoretical-practical classes (T/P) 1.5h/week and Laboratory classes (P) 1.5h/week, where 4 works are performed. In these 3 class modules (T, T/P and P), the MATLAB / Simulink is used, and other material is available on the Moodle.

The assessment is distributed with final exam, all evaluation components are pedagogically fundamental:

1. The final grade, FG, is the average of the grades obtained in the summative theoretical evaluation T and summative practical evaluation, P, $FG=(T+P)/2$, minimum grade of 9.50 points;
2. The theoretical grade T is obtained in the global test, or in one of the final exams, normal or complementary period, minimum grade of 9.50 points;
3. The practical grade P is the average of the classifications given to the components F and D: grade average of the 3 exercise sets (F); grade given to the 4 laboratory works (D); $P=(F+D)/2$; minimum grade of 9.50 points.

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

As diferentes componentes da unidade curricular Controlo de Sistemas: aulas teóricas (T), teórico-práticas (T/P) e de laboratório (P), permite aos alunos perceberem e interligarem os conceitos teóricos com os práticos, através de ferramentas de simulação como o *Matlab* e o *Simulink* e principalmente com a realização dos vários trabalhos laboratoriais, os quais proporcionam ao aluno uma boa aprendizagem e interiorização da temática da engenharia de controlo, traduzindo-se numa futura boa integração no mercado de trabalho.

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

The different components of the Course Control Systems: theoretical (T), practical (T / P) and laboratory classes (P), allow students to understand and relate theoretical and practical concepts through simulation tools such as MATLAB and Simulink and mainly with the accomplishment of the various laboratory works (educational equipment), which provide the student with a good learning and internalization of the control engineering theme, resulting in a future good integration in the working market.

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

- Slides de apoio às aulas teóricas, teórico-práticas e laboratoriais: Luís Encarnação, Joaquim Soares, 2019 (slides disponíveis na página de CS no Moodle);
- Controlo de Sistemas (Manual): Joaquim Soares, 2007 (disponível na reprografia do ISEL);
- Engenharia de Controlo Moderno, 5ª edição: K. Ogata, 2011, Pearson.
- Automatic Control Systems, 10th Edition: Benjamin C. Kuo, 2017, Mc Graw Hill.
- Modern Control Systems, 12th Edition: R. C. Dorf, R. H. Bishop, 2011, Pearson.
- Análise de Sistemas Lineares: Maria Isabel Ribeiro, 2002, IST Press.

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



Ficha de Unidade Curricular A3ES
Controlo de Sistemas
Licenciatura em Engenharia Electrotécnica
2024-25

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