

Caracterização da Unidade Curricular / Characterization of the Curricular Unit

Designação da Unidade Curricular (UC) / Title of Curricular Unit (CU): Sensores, Atuadores e Processamento de Dados / Sensors, Actuators and Data Processing

Área científica da UC / CU Scientific Area: Eletrónica e Automação / Electronics and Automation

Semestre / Semester: 3º

Número de créditos ECTS / Number of ECTS credits: 6

Carga horária por tipologia de horas / Workload by type of hours: TP: 45; OT: 6; O: 9

Carga letiva semanal / Weekly letive charge: 3h

Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Esta unidade curricular foca-se nos componentes que permitem a interação de um sistema autónomo com o seu ambiente: a perceção (sensores) e a ação (atuadores). Os estudantes irão explorar uma vasta gama de sensores, desde unidades de medição inercial (IMU) a sensores de perceção remota como câmaras, LiDAR e sonar. Em paralelo, serão estudados os principais atuadores que permitem o movimento e a manipulação, como motores elétricos e servomecanismos. A disciplina dará especial ênfase ao processamento de dados sensoriais, nomeadamente imagem e visão computacional, e à fusão de dados (Sensor Fusion) para a criação de uma representação robusta do ambiente, que servirá de base para o controlo dos atuadores.

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

This course focuses on the components that enable an autonomous system to interact with its environment: perception (sensors) and action (actuators). Students will explore a wide range of sensors, from inertial measurement units (IMUs) to remote sensing sensors such as cameras, LiDAR, and sonar. In parallel, the main actuators that enable movement and manipulation, such as electric motors and servomechanisms, will be studied. The course will place special emphasis on sensor data processing, namely image and computer vision, and data fusion (Sensor Fusion) to create a robust representation of the environment, which will serve as the basis for controlling the actuators.

Conteúdos programáticos:

1. Fundamentos de Sensores para UxV

- 1.1. Classificação de sensores: proprioceptivos (IMU, encoders) e exteroceptivos (GPS, câmaras, LiDAR, sonar, radar).
- 1.2. Unidades de Medição Inercial (IMU), Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS).
- 1.3. Sensores de perceção remota: câmaras (RGB, térmica), LiDAR, Sonar e Radar.

2. Processamento de Imagem Digital e Visão Computacional

- 2.1. Aquisição e representação de imagem digital e operações fundamentais.
- 2.2. Segmentação de imagem e deteção de características.

- 2.3. Reconhecimento de objetos e seguimento (tracking).
- 2.4. Introdução à geometria de múltiplas vistas e reconstrução 3D.

3. Fusão de Dados (Sensor Fusion)

- 3.1. Conceitos, arquiteturas e níveis de fusão de dados.
- 3.2. Filtros de Kalman (KF, EKF) para estimação de estado.
- 3.3. Aplicação prática: fusão de dados de IMU e GPS para estimação de atitude e posição.

4. Atuadores e Controlo de Movimento

- 4.1. Tipos de atuadores elétricos: Motores DC (brushed/brushless), servomotores, motores de passo.
- 4.2. Eletrónica de potência para controlo de atuadores: Pontes H, Controladores Eletrónicos de Velocidade (ESC).
- 4.3. Controlo de posição, velocidade e binário.
- 4.4. Introdução à cinemática e dinâmica de manipuladores e robôs móveis.

Syllabus:

1. Fundamentals of Sensors for UxV

- 1.1. Sensor classification: proprioceptive (IMU, encoders) and exteroceptive (GPS, cameras, LiDAR, sonar, radar).
- 1.2. Inertial Measurement Units (IMU), Global Navigation Satellite Systems (GNSS).
- 1.3. Remote sensing sensors: cameras (RGB, thermal), LiDAR, Sonar and Radar.

2. Digital Image Processing and Computer Vision

- 2.1. Digital image acquisition and representation and fundamental operations.
- 2.2. Image segmentation and feature detection.
- 2.3. Object recognition and tracking.
- 2.4. Introduction to multi-view geometry and 3D reconstruction.

3. Data Fusion (Sensor Fusion)

- 3.1. Concepts, architectures and levels of data fusion.
- 3.2. Kalman filters (KF, EKF) for state estimation.
- 3.3. Practical application: IMU and GPS data fusion for attitude and position estimation.

4. Actuators and Motion Control

- 4.1. Types of electric actuators: DC motors (brushed/brushless), servomotors, stepper motors.
- 4.2. Power electronics for actuator control: H-bridges, Electronic Speed Controllers (ESCs).
- 4.3. Position, speed, and torque control.
- 4.4. Introduction to the kinematics and dynamics of manipulators and mobile robots.