

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Ano letivo: 2025/2026

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

Mestrado, 2º Ciclo

Plano: Despacho n.º 8500/2020 - 03/09/2020

Ficha da Unidade Curricular: Sistemas Distribuídos de Controlo

ECTS: 6; Horas - Totais: 162.0, Contacto e Tipologia, T:28.0; PL:28.0; OT:5.0; O:2.0;

Ano | Semestre: 1 | S1

Tipo: Obrigatória; Intereração: Presencial; Código: 37783

Área Científica: Sinais, Controlo e Automação

Docente Responsável

Manuel Fernando Martins de Barros

Professor Coordenador

Docente(s)

Manuel Fernando Martins de Barros

Professor Coordenador

Objetivos de Aprendizagem

Fornecer os conceitos fundamentais de sistemas de controle distribuído (DCS) e SCADA focado nas mais recente tecnologias, arquiteturas, modelos e protocolos de comunicação industrial. Projetar aplicativos de tempo real. Conhecer e dominar as tecnologias e aplicativos web e IOT industrial.

Objetivos de Aprendizagem (detalhado)

As tendências recentes na globalização, nos dispositivos móveis, nas operações remotas e na integração de sistemas estão a mudar a forma como os sistemas distribuídos de controlo (SDC) e o controlo de supervisão e aquisição de dados (SCADA) são implementados. Esta unidade curricular foi elaborada com estas tendências em mente, ao mesmo tempo que aborda e estuda os componentes principais de um SDC. O foco é colocada na operação do SDC, nas redes e protocolos de comunicação industriais, na elaboração de interface HMI e de alarmes. São abordados tópicos de importância para engenheiros e operadores de campo, como o estudo de alguns dos controladores de processo avançados de última geração, o estudo de redes de comunicação de dados robustas e em tempo real para comunicação com dispositivos industriais,

o estudo das comunicações de alto-nível baseada no conceito de IIoT e na interoperabilidade de processos e a manipulação de Bases de Dados e ferramentas web na cloud.

Os alunos no final desta unidade curricular (UC) deverão ser capazes de:

- Conhecer a organização e arquitetura de um SDC, as suas principais componentes, e a suas tendências no contexto da IIoT. Conhecer as redes de sensores sem fios e Internet das Coisas para ambientes industriais (IIoT) como IEEE 802.15.4, ZigBee, WirelessHart e o ISA100.
- Estudar, projetar e programar aplicativos de tempo-real baseado em sistemas operativos de tempo-real (RTOS) ou baseados em ROS2. Fazer a análise dos aspectos específicos dos sistemas de tempo real aplicado aos sistemas embebidos;
- Projetar, codificar e implementar uma rede de comunicação robusta e fiável baseado no protocolo CAN e no protocolo Modbus;
- Conhecer e identificar controladores de processo avançados de última geração baseados em IA, como os controladores de lógica fuzzy;
- Conhecer o conceito de IIoT e aprender a dominar alguns dos principais aplicativos web, como o Node-RED, a gestão de bases de dados e a utilização do protocolo MQTT tendo em vista a interoperabilidade de processos;
- Projetar e desenvolver uma aplicação distribuída de controlo para interagir com os dispositivos de uma rede industrial e a respetiva comunicação remota com aplicações de alto nível para fazer o registo, a visualização e o armazenamento de dados baseado num banco de dados. Esta aplicação deve ainda ser concebida ainda para alcançar uma estrutura de supervisão gráfica o mais próxima possível das conhecidas soluções SCADA.

Conteúdos Programáticos

- 1) Introdução
- 2) Arquitetura dos sistemas embebidos (SE)
- 3) Sistemas de tempo-real (STR)
- 4) Sistemas de Controlo Distribuído (DCS) e Sistemas SCADA em ambientes Industriais
- 5) Introdução ao ROS 2 no contexto de sistemas distribuídos
- 6) Modelos e Redes de Comunicação para Sistemas DCS & SCADA & FieldBus
- 7) Tecnologias e plataformas de Internet das Coisa para ambientes industriais

Conteúdos Programáticos (detalhado)

- 1) Introdução
 - Apresentação do Programa, Avaliação e Organização da disciplina;
 - Breve introdução aos Sistemas Embebidos (SE);
 - Elementos de um Sistema Distribuído de Controlo Industrial (DCS);
 - Breve visão dos sistemas de controlo em tempo real (RTS);
 - Apresentação de projetos SDC de anos anteriores.

- 2) Arquitetura dos sistemas embebidos
 - Plataformas de hardware (AVR, PICs);
 - Microprocessador de um ou vários núcleos, organização, mecanismo de interrupções, unidade E/S, memórias e registos;
 - Desenvolvimento de sistema de controlo por microcontrolador;
 - Executivos multitarefa de tempo-real em sistemas embebidos.

3) Sistemas de tempo-real (STR)

- Definição, classificação e características dum STR - FreeRTOS
- Políticas de escalonamento;
- Análise de Escalonabilidade - com prioridades fixas e com prioridades dinâmicas;
- Controlo de Tarefas, secção críticas, interrupções, Filas de mensagens, Semáforos;
- Comunicação em tempo-real; Comunicação Event-Trigger Vs Time-Trigger;
- Linguagens de programação de tempo real.

4) Sistemas de Controlo Distribuído (DCS) e Sistemas SCADA em ambientes Industriais

- Elementos dum sistema de controlo Industrial;
- Os modernos sistemas de controlo e instrumentação;
- Interfaces Homem-Máquina; Interfaces entre computador e processos;
- Hardware e Software de sistemas de controlo;
- Evolução dos Sistemas de controlo distribuído (DCS);
- Característica chave de um sistema SCADA;
- Software SCADA;

5) Introdução ao Robot Operating System 2 (ROS 2) no contexto de sistemas distribuídos.

- O Paradigma da Robótica Moderna: Distribuído por Natureza
- Estratégia de Comunicação ROS2: Os Blocos de Construção
- Tópicos, Serviços, Ações
- Serviço de Distribuição de Dados (DDS) e Qualidade de Serviço (QoS)

6) Modelos e Redes de Comunicação para Sistemas DCS & SCADA & FieldBus

- Revisão de conceitos básicos sobre comunicações, redes dedicadas e Barramentos de Campo;
- Arquitecturas de redes e barramentos de campo à luz do modelo OSI;
- Classificação dos Métodos de Acesso;
- Rede Ethernet, o protocolo Modbus; Hart;
- Aplicações Típicas DCS & SCADA - Funções de um sistema Fieldbus - Arquitetura e componentes principais;
- Caso de estudo: CAN-Controller Area Network, soluções de implementação, camada física e soluções mais divulgadas para a camada aplicação - Classificação dos barramentos Fieldbus:
A- Soluções Não-Baseadas no protocolo Ethernet
B- Soluções Baseadas no protocolo Ethernet.

7) Tecnologias e plataformas de Internet das Coisa para ambientes industriais (IIoT)

- Breve visão das redes de sensores sem fios (WSN) e IIoT;
- Ferramentas de visualização de dados para a Internet of Things;
- Breve visão das plataformas de Cloud para IoT;
- Estudo dos principais tecnologias, aplicações e protocolos IoT como o Node-RED, a gestão de bases de dados e a utilização do protocolo MQTT;
- Caso de estudo de aplicações IOT: ligação à plataforma IBM Watson IoT.

Metodologias de avaliação

Avaliação contínua baseada em três componentes:

1. Trabalhos laboratoriais elaborados semanalmente (50%) - Esta componente avalia a participação ativa e o desempenho nos exercícios práticos e tarefas realizadas durante as aulas de laboratório.
 2. Demonstração do projeto final (30%) - apresentação e demonstração funcional do sistema distribuído de controlo industrial desenvolvido no âmbito do projeto final.
 3. Relatório final de projeto (20%) - Avaliação da documentação técnica do projeto final.
- A classificação final resulta da soma ponderada destas três componentes e tem de ser superior a 10 valores.
- Os critérios de avaliação aplicam-se a todas as épocas de avaliação.

Software utilizado em aula

Ferramentas gratuitas:

- SCADABR (www.scadabr.com.br/)
- FreeRTOS (<https://www.freertos.org>)
- Arduino IDE (<https://www.arduino.cc>)
- Atmel Studio (www.atmel.com/microsite/atmel_studio6/)
- Visual Studio Code (Microsoft)
- Times Tool (www.timestool.com/)

Estágio

Não aplicável.

Bibliografia recomendada

- Barros, M. (0). *Sebenta e Slides de - Sistemas Distribuídos de Controlo (in PT)*. Acedido em 24 de setembro de 2015 em <http://www.e-learning.ipt.pt/course/view.php?id=1020>
- Barry, R. (2016). *Mastering the FreeRTOS™ Real Time Kernel*. (Vol. 1). (pp. 1-371). <https://www.freertos.org>. https://www.freertos.org/Documentation/RTOS_book.html
- Mahalik, N. (2003). *Fieldbus Technology, Industrial network Standards for realtime distributed control*. (Vol. 1).. 2003, Springer. Springer online
- Margolis, M. (2011). *Arduino Cookbook*. (Vol. 1).. 2, O'Reilly Media. O'Reilly Media online
- Technologies, I. (2004). *Practical Distributed Control Systems (DCS) for Engineers and Technicians*. (Vol. 1). (pp. 1-623). 6.1, IDC Technologies. www.idc-online.com

Coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos

Os conteúdos programáticos definidos cobrem um largo espectro do conhecimento e do domínio das engenharias e permitem aos alunos ter a capacidade de dominar os conceitos e os instrumentos básicos de Sistemas de Controlo Distribuídos. Serão apresentadas as ferramentas essenciais, para o aluno projetar, simular e implementar sistemas avançados de controlo distribuídos usando sistemas embebidos e um sistema de comunicação muito popular na indústria automóvel. Privilegiou-se uma abordagem mais orientada para a prática, na medida em que nos parece ser esta a formula que mantém os estudantes mais motivados.

Metodologias de ensino

Aulas teóricas expositivas
Aulas práticas laboratoriais
Metodologia baseada em projeto (PBL)

Coerência das metodologias de ensino com os objetivos

A base de estudo da disciplina de SDC envolve o cruzamento de vários domínios do conhecimento científico. A este nível de estudos, privilegiou-se, uma metodologia mais orientada para a demonstração de conceitos teóricos e da ilustração de aplicações práticas, na medida em que nos parece ser esta a formula que mantém os estudantes mais motivados. Nas aulas teórico-práticas será feito um acompanhamento aos alunos, através do esclarecimento de dúvidas, da resolução de exercícios e da orientação de trabalhos práticos laboratoriais que ilustram de uma maneira objetiva as matérias descritas nos objetivos da unidade curricular. A aplicação desta metodologia pedagógica em cada módulo abordado visa desenvolver no aluno as competências que o permitam pesquisar e interpretar informação de forma autónoma e desenvolver as capacidades de reflexão e autocritica na avaliação dos problemas que lhe são propostos. No final o mini-projecto proposto pelo professor ou por um grupo de alunos, permitirá ao aluno aplicar os conhecimentos adquiridos e desenvolver a sua capacidade de comunicação, num ambiente de trabalho de equipa e de partilha de conhecimentos.

Língua de ensino

Português

Pré-requisitos

Não aplicável.

Programas Opcionais recomendados

Não aplicável.

Observações

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável:

- 4 - Garantir o acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos;
- 8 - Promover o crescimento económico inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo e o trabalho digno para todos;
- 9 - Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação;
- 13 - Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos;
- 15 - Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda de biodiversidade;

Docente responsável

**Manuel
Barros**

Digitally signed by Manuel Barros
DN: C=PT, L=Tomar, O=Instituto
Politécnico de Tomar,
organizationIdentifier=VATPT-
503767549, SN=Barros, GN=Manuel,
CN=Manuel Barros, E=fmbarros@ipt.pt
Reason: I am the author of this
document
Location:
Date: 2025.10.21 18:52:44+01'00'
Foxit PDF Reader Version: 2025.2.1

