UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

COURSE OUTLINE

CÓDIGO / COURSE CODE :		**COMPONENTE CURRICULAR / COURSE TITLE :** Processadores digitais de sinais aplicados à Eletrônica de Potência / Digital signal processors applied to power electronics		
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE / ORGANIZATION : Faculdade de Engenharia Elétrica - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica Faculty of Electrical Engineering - Postgraduate Program in Electrical Engineering				**SIGLA / ACRONYM :** FEELT - PPGEELT
CH TOTAL TEÓRICA / LECTURE HOURS : 45 horas / hours	**CH TOTAL PRÁTICA / LABORATORY HOURS :** 0 horas / hours	**CH TOTAL / TOTAL HOURS :** 45 horas / hours	**CRÉDITOS / CREDITS :** 3	**TIPO / TYPE:** Optativa / Elective
Curso / Degree : Mestrado e Doutorado / Master and PhD		**Requisito / Requirement :** Sem requisitos / No Requirements		

1. OBJETIVOS / STUDY GOALS

Objetivo Geral:

Ao final do Curso, a partir de estudos teóricos de controle e simulação de uma dada planta, o estudante será capaz de elaborar e embarcar o respectivo código de controle em um microcontrolador para aplicações de Eletrônica de Potência e aplicações típicas de processamento de sinais.

Objetivos Específicos:

1. Apresentar ao estudante a arquitetura típica de um microcontrolador para aplicações em Eletrônica de Potência.

2. Compreensão da operação de cálculos em ponto-fixo e ponto-flutuante.

3. Compreensão e utilização do conceito de interrupção de hardware para geração de taxa de amostragem em aplicações em tempo real.

4. Projeto de circuitos de condicionamento de sinais para sensores de tensão e corrente.

5. Operação de periféricos básicos de um microcontrolador: portas digitais, *timers*, *PWM*, *ADC*, *DAC*, comunicação serial.

Learning Outcomes:

As a result of participating in this course, based on theoretical control and simulation studies of a given plant, students will be able to develop and embed the respective control code in a microcontroller for Power Electronics applications and typical signal processing applications.

Learning Objectives: The course will cover the following topics:

1. Present to the student the typical architecture of a microcontroller for applications in Power Electronics.

2. Understanding and using the concept of hardware interrupt to generate sample rate in real-time applications.

3. Design of signal conditioning circuits for voltage and current sensors.

4. Understanding the operation of fixed-point and floating-point calculations.

5. Operation of basic peripherals of a microcontroller: digital ports, timers, PWM, ADC, DAC, serial communication.

2. EMENTA / COURSE CONTENTS

Controladores Digitais de Processos. Discretização de Sinais. Arquitetura de Microcontroladores aplicados à Eletrônica de Potência. Portas Digitais. *Timers*, *PWM* e Aquisição de Dados. Interfaces Digitais e Circuitos de Condicionamento de Sinais. Comunicação Serial. Cálculos em Ponto Fixo e em Ponto Flutuante.

Digital Process Controllers. Signal Discretization. Microcontroller Architectures applied to Power Electronics. Digital Gates. Timers, PWM and Data Acquisition. Digital Interfaces and Signal Conditioning Circuits. Serial Communication. Fixed Point and Floating Point Calculations.

3. **PROGRAMA / PROGRAM**

1. Controladores de processos: vantagens e desvantagens da implementação digital e analógica.

2. Discretização de Sinais.

2.1. Taxa de amostragem.

2.2. Teorema da amostragem.

2.3. Filtro *anti-aliasing*.

3. Sistemas Discretos Lineares e Invariantes no Tempo.

3.1. Transformada Z e equação de diferenças.

3.2. Recursividade.

3.3. Filtros *FIR* e *IIR*.

3.4. Projetos de filtros *FIR* e *IIR*.

4. Introdução aos Microcontroladores (TMS28335 ou TMS28379).

4.1. Arquitetura básica dos microcontroladores.

4.2. Ferramenta de programação e conceitos básicos de Linguagem C.

4.3. Implementação de funções digitais nos microcontroladores com cálculo em ponto flutuante.

4.4. Aritmética de ponto fixo.

4.5. Implementação de funções digitais nos microcontroladores com cálculo em ponto fixo.

5. Portas digitais de entrada e saída.

5.1. Circuitos de interface para as portas de entrada e saída.

6. *Timers* e Interrupção de *Hardware*.

6.1 Programação dos *Timers*.

6.2. Configuração de taxa de amostragem.

6.3. Instalação de serviços de interrupção.

6.4. Programação em tempo real.

7. Interface *PWM*.

7.1. Configuração de sinais *PWM*.

7.2. Utilização de sinais *PWM* como saída analógica.

8. Sistema de aquisição.

8.1. Opções e configuração de *SOC* (*start-of-conversion*).

8.2. Configuração dos canais A/D.

8.3. *Sample-and-hold* e amostragem simultânea.

8.4. Circuitos de condicionamento de sinais para amostragem de tensão e corrente.

8.5. Sequências de aquisição e interrupção de *hardware*.

9. *Watchdog*.

10. Comunicação serial síncrona (SPI-I2C) e assíncrona (SCI).

11. Ensaios práticos envolvendo a aquisição de dados e interrupção de *hardware*.

11.1. Aquisição de tensão e corrente e cálculo de valores médios e *RMS*.

11.2. Cálculo de potência ativa e reativa.

11.3. Implementação de um *PLL* digital.

1. Process controllers: advantages and disadvantages of digital and analog implementation.

2. Signal Discretization.

2.1. Sampling rate.

2.2. Sampling theorem.

2.3. Anti-aliasing filter.

3. Linear and Time-Invariant Discrete Systems.

3.1. Z transform and difference equation.

3.2. Recursive and non-recursive filters.

3.3. FIR and IIR filters.

3.4. FIR and IIR filter designs.

4. Introduction to Microcontrollers (TMS28335 or TMS28379).

4.1. Basic architecture of microcontrollers.

4.2. Programming tool and basic concepts of C language.

4.3. Implementation of digital functions in microcontrollers in floating point calculation.

4.4. Fixed point arithmetic.

4.5. Implementation of digital functions in microcontrollers in fixed point calculation.

5. Digital input and output ports.

5.1. Interface circuits for the input and output ports.

6. Timers and Hardware Interrupt.

6.1 Timer Programming.

6.2. Sample Rate Setting.

6.3. Installation of interrupt service routines (ISR).

6.4. Real-time programming.

7. PWM Interface.

7.1. PWM signal configuration.

7.2. Using PWM signals as analog output.

8. Acquisition system.

8.1. SOC (start-of-conversion) options and configuration.

8.2. A/D channel configuration.

8.3. Sample-and-hold and simultaneous sampling.

8.4. Signal conditioning circuits for voltage and current sampling.

8.5. Data acquisition tests and data treatment by ISR.

9. Watchdog.

10. Synchronous (SPI-I2C) and asynchronous (SCI) serial communication.

11. Practical tests involving data acquisition and hardware interruption.

11.1. Acquisition of voltage and current and calculation of average and RMS values.

11.2. Active and reactive power calculation.

11.3. Implementation of a digital PLL.

4. BIBLIOGRAFIA BÁSICA / TEXT BOOK

1. SMITH, Steven W. **The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing.** 2ª Edição [*S.l.*]: California Technical Publishing, 1999. ISBN 0-9660176-7-6. Disponível em: https://www.analog.com/en/education/education-library/scientist_engineers_guide.html. Acesso em: 12 nov. 2023.

2. TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED. **C2000™ Software Guide**: Release v1.5. Texas: [*s. n.*], 16 mai. 2022. Disponível em: https://software-dl.ti.com/C2000/docs/software_guide/_static/pdf/C2000_Software_Guide.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

3. TEXAS INSTRUMENTS. **C2000™ Microcontroller Workshop**: Workshop Guide and Lab Manual. Plano, Texas: Technical Training Organization, 2014. Disponível em: https://software-dl.ti.com/trainingTTO/trainingTTO_public_sw/c28x28069/C28x_Microcontroller_MDW_5-0.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

1. SMITH, Steven W. **The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing.** 2ª Edição [*S.l.*]: California Technical Publishing, 1999. ISBN 0-9660176-7-6. Disponível em: https://www.analog.com/en/education/education-library/scientist_engineers_guide.html. Acesso em: 12 nov. 2023.

2. TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED. **C2000™ Software Guide**: Release v1.5. Texas: [*s. n.*], 16 mai. 2022. Disponível em: https://software-dl.ti.com/C2000/docs/software_guide/_static/pdf/C2000_Software_Guide.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

3. TEXAS INSTRUMENTS. **C2000™ Microcontroller Workshop**: Workshop Guide and Lab Manual. Plano, Texas: Technical Training Organization, 2014. Disponível em: https://software-dl.ti.com/trainingTTO/trainingTTO_public_sw/c28x28069/C28x_Microcontroller_MDW_5-0.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

5. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR / ADDITIONAL READING

1. BORMANN, Frank. **F2833x - Tutorial**. University of Applied Sciences Zwickau.

2. TEXAS INSTRUMENTS. **C2000™ Delfino™ Workshop:** Workshop Guide and Lab Manual. Dallas, Texas: Technical Training Organization, nov. 2010. Disponível em: https://software-dl.ti.com/trainingTTO/trainingTTO_public_sw/c28x28335/C28x_Delfino_MDW_8-1.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

1. BORMANN, Frank. **F2833x - Tutorial**. University of Applied Sciences Zwickau.

2. TEXAS INSTRUMENTS. **C2000™ Delfino™ Workshop:** Workshop Guide and Lab Manual. Dallas, Texas: Technical Training Organization, nov. 2010. Disponível em: https://software-dl.ti.com/trainingTTO/trainingTTO_public_sw/c28x28335/C28x_Delfino_MDW_8-1.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

6. APROVAÇÃO / APPROVAL

Ficha de Disciplina homologada na 366ª Reunião Ordinária do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Curricular Component approved at 366th Regular Board Meeting of the Postgraduate Program in Electrical Engineering.

PROF. DR. LUIZ CARLOS GOMES DE FREITAS
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Head of the Postgraduate Program in Electrical Engineering
Portaria de Pessoal UFU Nº 3675, de 30 de Junho de 2023

PROF. DR. SÉRGIO FERREIRA DE PAULA SILVA
Diretor da Faculdade de Engenharia Elétrica
Director of the Faculty of Electrical Engineering
Portaria de Pessoal UFU Nº 1225, de 31 de Março de 2021

Documento assinado eletronicamente por **Luiz Carlos Gomes de Freitas**, **Coordenador(a)**, em 02/02/2024, às 13:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5153706** e o código CRC **2FD19516**.

Referência: Processo nº 23117.007375/2024-74 SEI nº 5153706