

Mestrado em  
Controlo e Electrónica Industrial - MCEI

# PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE SINAIS

## Programa da Unidade Curricular

**Curso:** Mestrado em Controlo e Electrónica Industrial

**Ano:** 1<sup>o</sup>

**Regime:** Semestral (2<sup>o</sup>)

**Ano Lectivo:** 2011/2012

**Carga Horária Total:** 162 horas

**Horas de contacto:** T:28; PL:28; OT:5; O:2

**Créditos (ECTS):** 6

### Docentes:

- Docente Responsável: *Prof. Adjunto Manuel Fernando Martins de Barros*
- Teórica: *Prof. Adjunto Manuel Fernando Martins de Barros*
- Práticas Lab.: *Prof. Adjunto Gabriel Pereira Pires*

## OBJECTIVOS

- O principal objectivo desta unidade curricular é fornecer aos alunos os conceitos e princípios fundamentais do processamento e análise de sinal, em especial as técnicas de processamento e análise digital.
- Explorar e utilizar as técnicas de processamento digital, os seus instrumentos e ferramentas básicas e as suas aplicações fundamentais nomeadamente, a utilização das transformadas de sinais discretos, filtros digitais e análise espectral.
- Projeto, simulação, implementação e teste de algoritmos de processamento de sinal em tempo-real usando microprocessadores de sinal.

## Programa relativo à Parte Teórica:

### 1. Introdução

- 1.1 Apresentação do programa e organização da disciplina
- 1.2 Definição de sinais e sistemas.
- 1.3 Sinais e sua representação.
- 1.4 Classificação de sinais. Sinais básicos contínuos e discretos.
- 1.5 Sistemas contínuos e discretos.
- 1.6 Processamento digital de sinal.
- 1.7 Exemplo.

### 2. Sinais e Sistemas Discretos

- 2.1 Sinais discretos. Definições, propriedades e operações.
- 2.2 Convolução discreta.
- 2.3 Sistemas discretos recursivos e não recursivos.
- 2.4 Análise temporal de sistemas discretos no tempo. Frequência de um sinal discreto.
- 2.5 Sistemas discretos causais e Sistemas discretos estáveis.
- 2.6 Resposta em frequência de um sistema discreto.
- 2.7 Análise de Fourier de sinais discretos no tempo. Exemplos.
- 2.8 Cálculo da Transformada discreta de Fourier, suas propriedades e suas aplicações.
- 2.9 Equação às diferenças e resposta em frequência.

### 3. Amostragem de Sinais Contínuos e Discretos no tempo

- 3.1 Teorema da Amostragem.
- 3.2 Reconstrução do Sinal. Aliasing.
- 3.3 Amostragem na frequência e Amostragem de sinais discretos.
- 3.4 Interpolação e Decimação.
- 3.5 A Transformada de Z. Propriedades.
- 3.6 Análise de Sistemas discretos usando a transformadas de Z.

### 4. DFT - Transformada Discreta de Fourier Discreta

- 4.1 DFS - Série de Fourier discreta.
- 4.2 DFT - Transformada de Fourier discreta.
- 4.3 Propriedades da DFT.
- 4.4 Relação com a transformada Z.
- 4.5 Convolução linear utilizando a DFT.
- 4.6 FFT - Transformada rápida de Fourier.
- 4.7 Transformada discreta de Fourier inversa.

## 5. Filtros Digitais

- 5.1 Resposta em frequência e Filtros Digitais.
- 5.2 Processamento multi-ritmo e bancos de filtros.
- 5.3 Filtros digitais do tipo FIR.
- 5.4 Filtros digitais do tipo IIR.
- 5.5 Transformações no domínio das frequências.
- 5.6 Sinais digitais Aleatórios.

## 6. Realização de Sistemas Discretos

- 6.1 Gráficos de fluência.
- 6.2 Formas diretas.
  - 6.2.1 Filtros FIR.
  - 6.2.2 Filtros IIR.
- 6.3 Projeto de Filtros Digitais.
- 6.3 Aplicações. Ilustração das Técnicas de DSP: O sonar

## 7. Introdução aos processadores de sinais

- 7.1 Estudo das arquiteturas das famílias DsPIC 33FXX e TMS320C5X da Texas Instruments.
- 7.2 Projeto, programação, simulação e teste de algoritmos de processamento de sinal em tempo-real. Exemplos de aplicação.
- 7.3 Aplicações de Filtros digitais usando kits de desenvolvimento de DSPs.

### Programa relativo à Parte Prática:

#### Aula1.

Apresentação e funcionamento das aulas práticas.  
Exemplo prático de áudio envolvendo conceitos de processamento digital de sinal.

#### Aula2.

Série de Fourier em contínuo: resolução de exercícios, Implementação em Simulink de um exemplo de distorção harmónica para avaliação de qualidade de energia.

#### Aula3.

Transformada de Fourier em contínuo e propriedades: resolução de exercícios.

#### Aula4.

Resolução de exercícios sobre conversão A/D (freq. Amostragem, quantização, ruído de quantização, e relação sinal ruído de quantização). Aplicação do efeito do nr de bits através de um exemplo de Simulink com sinais de áudio. Cálculo de Energia do sinal em discreto.

#### Aula5.

Discrete Fourier Transform (DFT): exercícios. Implementação em Matlab.  
Comparação com FFT. Utilização em Matlab/Simulink com aquisição em tempo real de som.

**Aula6.**

Implementação em Matlab/Simulink de métodos de Power spectral density (e.g., Welch) e seleção da janela (rectangular, Hamming, ...). Testes com modelos de ruído (ruído branco).

**Aula7.**

Mini-trabalho prático: Reconhecedor de voz para dígitos de 0 a 9 baseado na DFT.

**Aula8.**

Exercícios de filtros FIR e IIR e projeto com base nas ferramentas de Matlab/Simulink.

**Aula9.**

Implementação em simulink de filtros com sinais de áudio e de biosinais (EEG, ECG)

**Aula10-15.**

Trabalho prático Final para cada grupo: utilização de placa de aquisição de dados e/ou PIC dsPIC - aulas 10-15.

**Aula15.**

Defesa e apresentação dos trabalhos.

**Método de Avaliação:**

A avaliação de conhecimentos consistirá nas seguintes componentes de avaliação:

Componente de Avaliação	Opção 1	Opção2
Mini-Projeto	50%	40%
Relatórios das fichas práticas	25%	30%
Prova escrita	25%	30%

- O aluno no início do semestre tem de selecionar uma das duas opções.
- Projetos:
  - Um projeto proposto pelo docente ou aluno no âmbito da unidade curricular.
  - Grupos de 3 alunos (máx)

**Notas Adicionais:**

- a) A data de entrega do projeto termina no final do semestre. A entrega dos relatórios dos trabalhos práticos é feita no mesmo dia em que se realiza o trabalho ou em data a determinar. Os alunos que não puderam estar presentes na aula e resolver fazê-lo em casa, tem uma semana para entregar o relatório.

- b) Os pontos sem apreciação favorável podem ser melhorados (para aprovação ou melhoria) nas épocas definidas pelo regulamento geral de exames.
- c) Os alunos têm acesso ao laboratório, exceptuando nas horas em que o laboratório se encontra ocupado com aulas.

### **E-learning:**

Os enunciados dos trabalhos de grupo, trabalhos laboratoriais, templates, slides das aulas teóricas e outros recursos pedagógicos adicionais estão disponíveis online na plataforma de e-learning do IPT. Link: <http://www.e-learning.ipt.pt/course/category.php?id=78>

### **BIBLIOGRAFIA:**

- [0] – Sebenta do docente, “Processamento e Análise de Sinal” – 2009/10
- [1] – “The Scientist & Engineer’s Guide to Digital Signal Processing” (GRATUITO), by Steven W. Smith Online: <http://www.DSPguide.com>
- [2] – “A simple approach to digital signal Processing”, Craig Marven & Gillian Ewers, Publisher: Texas Instruments.
- [3] – “Digital Signal Processing Using Matlab V.4”, Vinay K. Ingle, John G. Proakis, PWS Publishing Company.
- [4] – “Introduction To Digital Signal Processing And Filter Design” (2005), B.A.Shenoi, Publisher: Wiley.
- [5] – “Discrete-Time Signal Processing”, Third Edition, Allan Oppenheim and Ronald Schaffer, Publisher: Prentice Hall, 2010.
- [6] – “Algorithm Collections for Digital Signal Processing-Applications Using Matlab”, E.S. Gopi, National Institute of Technology, India, Publisher: SPRINGER.
- [7] – “Schaum’s Outline of Theory and Problems of Digital Signal Processing”, Monson H. Hayes, Publisher: McGraw-Hill.

### **O Docente Responsável:**

  
\_\_\_\_\_  
(Prof. Adjunto Manuel Fernando Martins de Barros)

  
\_\_\_\_\_  
(Prof. Adjunto Gabriel Pereira Pires)