



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Departamento de Engenharia Electrotécnica

Curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

**DISCIPLINA DE Instrumentação e Medidas**

2º Ano -

**Regime:** Semestral (1º)

**Ano Lectivo:** 2004/2005

**Carga Horária:** 2T + 3P

**Docente:** Prof. Adjunto Jorge Guilherme

---

**OBJECTIVOS:**

Pretende-se que o aluno apreenda os conceitos fundamentais sobre métodos de medida de grandezas eléctricas e adquira alguma prática na utilização da instrumentação adequada, conhecendo os princípios básicos de funcionamento dos instrumentos por forma a tomar consciência das limitações e dos erros envolvidos no processo de medição.

Apresenta-se ainda uma introdução à instrumentação electrónica, com uma abordagem não exaustiva, na perspectiva de que "quase tudo pode ser medido" e processado com recurso a sinais eléctricos.

**PROGRAMA:**

**Cap. 1 Unidades e dimensões, metrologia**

- Sistema Internacional
- Notação científica
- Unidades eléctricas do SI
- Escalas de temperatura do SI
- Outras unidades
- Dimensões

**Cap. 2 Erros em medições**

- Erros absolutos e erros relativos
- Precisão e exactidão, resolução, número de algarismos significativos
- Combinação de erros, erro da soma, diferença, produto, quociente e potência
- Valor médio, variância e desvio padrão.
- Tolerâncias e erro provável.
- Intervalos de confiança a  $3\sigma$ , a  $\sigma$

**Cap. 3 Instrumentos electromecânicos**

- Galvanómetro de quadro móvel
- Amperímetros e voltímetros, escalas de medida
- Valor médio de formas de onda complexas
- Medidores electrodinâmicos, dinamómetro
- Medição de potência
- Valor RMS, valor de pico, valor médio, factor de forma e factor de crista
- Distorção harmónica série de fourier
- Medição de potência em sistemas trifásicos, método de Aron

- Contagem de energia activa e reactiva
- Omímetros série e paralelo, escalas
- Multimetros

#### **Cap. 4 Multimetros electrónicos analógicos**

- Rectificadores de precisão com ampops de meia onda e onda completa
- Detectores de pico e função de amostragem e retenção
- Amplificadores logarítmicos
- Omímetros electrónicos
- Voltímetros electrónicos
- Multimetros electrónicos
- Medidas em dBm e decibel

#### **Cap. 5 Medição de resistências de valor muito elevado ou muito baixo**

- Método de amperímetro e voltímetro
- Método de substituição
- Métodos de Zero
- Ponte de Wheatstone com resistências
- Ponte de Kelvin
- Medição de resistências de valor muito elevado
- Megaomímetro
- Multiplicadores de tensão com díodos

#### **Cap. 6 Medição de capacidades e indutâncias**

- Equivalentes RC série e paralelo
- Equivalentes RC série e paralelo
- Ponte de condensadores
- Ponte de bobinas
- Ponte série
- Ponte paralelo
- Ponte de Maxwell
- Ponte de Hays
- Medidores digitais de L, R e C
- Pontes de medida digitais
- Medidores de factor de qualidade

#### **Cap. 7 Osciloscópio de raios catódicos**

- Tubo de raios catódicos
- Amplificadores verticais e horizontais
- Desenho de formas de onda
- Base de tempo e circuito de blanking
- Bloco de sincronismo
- Circuito horizontal e vertical
- Modo XY e Z
- Osciloscópios de duplo traço
- Medição de voltagem, período e fase
- Medições de pulsos
- Pontas de prova

#### **Cap. 8 Modulos funcionais para instrumentação**

- Amplificador de instrumentação
- Amplificador de isolamento

#### **Cap. 9 Transdutores**

- Classificação
- Transdutores resistivos, de reactância variável, de temperatura, piezoeléctricos

#### **Cap. 10 Instrumentação digital**

- Displays de leds e LCD

- Contadores de módulo N
- Conversor analógico digital
- Conversor digital analógico

**Cap. 11 Voltímetros digitais e frequencímetros**

- Frequencímetro digital
- Reciprocal counting, precisão
- Medidores de período/frequência e contadores
- Voltímetros de rampa simples
- Voltímetros de dupla rampa

**Cap. 12 Geradores de sinais**

- Schmitt trigger, janela de histerese
- Monoestáveis e multivibradores com ampops
- Integrador com ampops
- Montagem osciladora com o NE555, cálculo da frequência de oscilação
- Geradores de sinal quadrado e triangular
- Conversores de onda triangular sinusoidal com díodos
- Geradores de funções
- Sintetizadores de frequências digitais e formas de onda arbitrárias
- Sistemas realimentados, critério de Barkhausen, condição de oscilação
- Osciladores sinusoidais, cálculo da frequência de oscilação
- Osciladores de radiofrequência

**Cap. 13 Osciloscópios especiais**

- Osciloscópios de base de tempo atrasada
- Dupla base de tempo
- Teorema da amostragem
- Osciloscópios de amostragem
- Osciloscópios digitais com e sem memória
- Medição automática de formas de onda

**Cap. 14 Analisadores de forma de onda**

- Medidores de distorção
- Analisadores de espectro com filtro variável e super-heterodinos
- Analisadores de espectro digitais

**MÉTODO DE AVALIAÇÃO:**

- AVALIAÇÃO:**
1. Testes efectuados nas aulas, durante o semestre, e trabalhos laboratoriais
  2. Exame final e trabalhos laboratoriais

**BIBLIOGRAFIA:**

- FERNANDES, José, Medidas Eléctricas e Instrumentação, Escola Superior de Tecnologia de Tomar
- SILVA, Manuel de Medeiros, Introdução aos Circuitos Eléctricos e Electrónicos, cap. 3, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1996
- Compilação de textos complementares de apoio à disciplina
- Guias de laboratório de Medidas Eléctricas e Instrumentação, E.S.T.Tomar
- David A. Bell, *Electronic Instrumentation and Measurements*, Prentice Hall 1994.

- A. Gregory, *An Introduction to Electrical Instrumentation and Measurement Systems*, The Macmillan Press LTD, 1973.
- Alan S. Morris, *Principles of Measurement and Instrumentation*, Prentice Hall 1993.
- Ott H. W. , *Noise Reduction techniques in Electronic Systems*, Jonh Wily & Sons 1988.
- Bouwens A. J. , *Digital Instrumentation*, McGraw-Hill 1986.
- *Designing to Electromagnetic Compatibility*, Student Workbook, Hewlett Packard 1989.
- 

Jose Guilherme