
Departamento	<i>Informática</i>	Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>		
		Ano	2.º	Semestre	1.º
Curso	<i>Engenharia de Sistemas e Informática</i>	Ano lectivo	2005-2006		
Grupo			Carga horária semanal		
		<i>Teóricas</i>	<i>Teórico Práticas</i>	<i>Práticas/ Lab.</i>	<i>Seminários Estágios</i>
Docente Responsável	<i>Manuel A. E. Baptista</i>	2	1	2	

PROGRAMA

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2 ^o	Semestre	1 ^o	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----------------	-----------------	----------------	--------------------	-----------

Programa de Estudo

Introdução

1 O que é um sistema de instrumentação

- 1.1. Função dum sistema de instrumentação e medição
 - 1.1.1. Modelo conceptual

2 Tipos de sistemas de instrumentação

- 2.1. Medição de grandezas eléctricas
 - 2.1.1. Multímetros
 - 2.1.1.1. Analógicos
 - 2.1.1.2. Digitais
 - 2.1.2. Osciloscópio
- 2.2. Medição de grandezas não eléctricas
 - 2.2.1. Sistemas de aquisição de dados
 - 2.2.1.1. Arquitectura
 - 2.2.2. Elementos dum sistema de aquisição de dados
 - 2.2.2.1. Mensurando
 - 2.2.2.2. Sensores/Transdutores
 - 2.2.2.3. Condicionamento de Sinal
 - 2.2.2.4. Sample-and-Hold
 - 2.2.2.5. Multiplexagem
 - 2.2.2.6. Conversores: A/D e D/A
 - 2.2.2.7. Sistema Computacional – Computador Pessoal
 - 2.2.2.8. Software de aquisição e processamento de dados
 - 2.2.2.8.1. Exemplo: Labview
 - 2.2.2.9. Actuadores
 - 2.2.3. Sistemas baseados em PC
 - 2.2.3.1. Sistemas internos: placas DAQ.
 - 2.2.3.2. Sistemas externos
 - 2.2.2.9.1. Locais
 - 2.2.2.9.2. Remotos
- 2.3. Data Loggers
- 2.4. Instrumentação Virtual

Teoria de Medição

1 Medição

- 1.1. O que é? Porquê?
- 1.2. Sistema de medição genérico

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2 ^o	Semestre	1 ^o	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----------------	-----------------	----------------	--------------------	-----------

2 Definições e terminologia

2.1. Validade da medição: erros e qualidade

- 2.2.1. Erros de Medição e definições relacionadas
 - 2.2.1.2. Intervalo de incerteza da medição
 - 2.2.1.3. Erros sistemáticos (fixos ou configuração)
 - 2.2.1.3.1. Fontes de erro: calibração, efeito de carga (dispositivos intrusivos e não intrusivos) e efeito espacial
 - 2.2.1.4. Erros aleatórios (precisão)
 - 2.2.1.4.1. Fontes de erro: Variáveis incontroláveis e ruído eléctrico e magnético
 - 2.2.1.5. Distinção entre erros sistemáticos e aleatórios
 - 2.2.2. Exactidão
 - 2.2.3. Precisão
 - 2.2.4. Histerese
 - 2.2.5. Resolução
 - 2.2.6. Repetibilidade
 - 2.2.7. Linearidade
 - 2.2.8. Offset
 - 2.2.9. Sensibilidade
-

3 Calibração

3.1. Unidades e Padrões

- 3.1.1. Padrões de calibração: massa, comprimento, tempo, temperatura e corrente eléctrica.
 - 3.1.2. Organizações.
-

3.2. Processo de calibração estático

4 Comportamento dinâmico dos sistemas de medição

3.3. Ordem dum sistema dinâmico de medição

- 3.3.1. Sistemas de medição de ordem zero
 - 3.3.2. Sistemas de medição de 1.^a ordem
 - 3.3.2.1. Equações básicas
 - 3.3.2.2. Entrada em degrau
 - 3.3.2.3. Entrada em rampa
 - 3.3.2.4. Entrada sinusoidal
 - 3.3.3. Sistemas de medição de 2.^a ordem
 - 3.3.3.1. Equações básicas
 - 3.3.3.2. Entrada em degrau
-

Condicionamento de Sinal

1 Introdução

1.1 Função do condicionamento de sinal

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2 ^o	Semestre	1 ^o	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----------------	-----------------	----------------	--------------------	-----------

2 Construção de sistemas de condicionamento de sinal

2.1. Introdução à Electrónica

- 2.1.1. Introdução
- 2.1.2. Sinais
- 2.1.3. Espectro de frequência
- 2.1.4. Sinais analógicos e digitais
- 2.1.5. Teoremas básicos dos circuitos
 - 2.1.5.1. Fontes independentes e controladas
 - 2.1.5.2. Teoremas de Thévenin e de Norton
 - 2.1.5.3. Parâmetros dos Diportos
 - 2.1.4.1.2. Parâmetros y , z e h
 - 2.1.4.1.3. Parâmetros equivalentes de circuitos
 - 2.1.4.1.4. Representações equivalentes de circuitos
 - 2.1.5.4. Divisor de tensão e divisor de corrente
- 2.1.6. Amplificadores
 - 2.1.6.1. Amplificação de Sinal
 - 2.1.6.2. Símbolos dos circuitos
 - 2.1.6.3. Ganho de tensão, de potência e de corrente
 - 2.1.6.4. Ganho em décibéis
- 2.1.7. Modelos de circuitos e resposta em frequência de amplificadores
 - 2.1.7.1. Amplificadores de tensão
 - 2.1.7.1.1. Modelo genérico
 - 2.1.7.1.2. Efeito de carga na entrada e na saída dum amplificador
 - 2.1.7.2. Outros amplificadores
- 2.1.8. Resposta em frequência dum amplificador
 - 2.1.8.1. Medida da resposta em frequência dos amplificadores
 - 2.1.8.2. Largura de banda dum amplificador
 - 2.1.8.3. Diagramas de Bode
 - 2.1.8.4. Cálculo da resposta em frequência dos amplificadores
 - 2.1.8.5. Circuitos de constante de tempo
 - 2.1.8.4.1. Cálculo da constante de tempo
 - 2.1.8.4.2. Circuitos Passa Baixo e Passa Alto
 - 2.1.8.4.3. Resposta a um degrau: circuitos Passa Baixo e Passa Alto
 - 2.1.8.4.4. Resposta Impulsional: circuitos Passa Baixo e Passa Alto

2.2. Circuitos com Díodos

- 2.2.1. Princípio de funcionamento numa junção PN
- 2.2.2. Díodo de Junção
 - 2.2.2.1. Díodo Ideal
 - 2.2.2.2. Díodo como elemento rectificador
 - 2.2.2.3. Polarização e Representação simbólica
 - 2.2.2.4. Regiões de Polarização
 - 2.2.2.4.1. Directa
 - 2.2.2.4.2. Inversa
 - 2.2.2.4.3. Ruptura (*Breakdown*)
 - 2.2.2.5. Análise de Circuitos com díodos

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2º	Semestre	1º	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----	-----------------	----	--------------------	-----------

2.2.3. Circuitos Limitadores e Fixadores

- 2.2.3.1. Limitador de um nível c/ um díodo série polarizado/e não polarizado
- 2.2.3.2. Limitador de um nível c/ um díodo paralelo polarizado/e não polarizado
- 2.2.3.3. Limitador de 2 níveis
- 2.2.3.4. Fixador
- 2.2.3.5. Duplicador de Tensão

2.2.4. Circuitos Rectificadores

- 2.2.4.1. Rectificador de Meia Onda
- 2.2.4.2. Rectificador de Onda Completa com transformador
- 2.2.4.3. Rectificador de Onda Completa com ponte de díodos
- 2.2.4.4. Filtros com condensador em paralelo
- 2.2.4.5. Filtros LC e em pi

2.2.5. Estabilização de Tensão

- 2.2.5.1. Díodo Zener
 - 2.1.8.4.5. Curva característica dum díodo Zener
 - 2.1.8.4.6. Parâmetros
- 2.2.5.2. Circuito de aplicação do díodo Zener como estabilizador de tensão
- 2.2.5.3. Reguladores integrados de tensão
 - 2.1.4.3.2. Terminais
 - 2.1.4.3.3. Parâmetros

2.3. Circuitos com Transístores Bipolares (BJT)

2.3.1. Transístor Bipolar

- 2.3.1.1. Estrutura física e zonas de funcionamento
- 2.3.1.2. Funcionamento do transístor NPN na zona activa
 - 2.3.1.2.1. Correntes: colector, base, emissor
 - 2.3.1.2.2. Modelos equivalentes
 - 2.3.1.2.3. Corrente inversa colector base (I_{CBO})
 - 2.3.1.2.4. Transístores reais

2.3.2. Transístor PNP

2.3.3. Convenções e Simbologia

2.3.4. Representação gráfica das características dos transístores

2.3.5. Análise de circuitos com transístores em CC: Exemplos

2.3.6. Características estáticas completas

- 2.3.6.1. Base comum
- 2.3.6.2. Emissor comum
- 2.3.6.3. h_{FE}

2.3.7. O transístor como amplificador

- 2.3.7.1. Condições de corrente contínua
- 2.3.7.2. Corrente no colector e transcondutância
- 2.3.7.3. Corrente na base e resistência de entrada na base
- 2.3.7.4. Corrente no emissor e resistência de entrada no emissor
- 2.3.7.5. Ganho de tensão

2.3.8. Modelos equivalentes para pequenos sinais

- 2.3.8.1. O modelo híbrido
- 2.3.8.2. Aplicação dos modelos para pequenos sinais: Exemplos

2.3.9. Análise gráfica

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2 ^o	Semestre	1 ^o	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----------------	-----------------	----------------	--------------------	-----------

2.3.10. Polarização

- 2.3.10.1. Fonte de alimentação única
- 2.3.10.2. Duas fontes de alimentação
- 2.3.10.3. Resistência base-colector

2.3.11. Configurações amplificadoras básicas

- 2.3.11.1. Banda de médias frequências
- 2.3.11.2. Configuração em Emissor Comum (EC)
 - 2.3.11.2.1. Resistência de emissor
- 2.3.11.3. Configuração em Base Comum (BC)
- 2.3.11.4. Configuração em Colector Comum (CC)
- 2.3.11.5. Comparação das várias configurações

2.3.12. Transístor como interruptor: corte e saturação

- 2.3.12.1. Região de Corte
- 2.3.12.2. Região Activa
- 2.3.12.3. Região de Saturação
 - 2.3.12.3.1. Modelo
 - 2.3.12.3.2. Exemplos

2.4. Transístores de Efeito de Campo (FETs)

2.4.1. Estrutura e princípio de funcionamento do MOSFET enriquecimento

- 2.4.1.1. Estrutura
- 2.4.1.2. Funcionamento sem tensão de porta
- 2.4.1.3. Criação dum canal para a condução de corrente
- 2.4.1.4. Funcionamento com v_{DS} pequena e mais elevada
- 2.4.1.5. MOSFET de canal p
- 2.4.1.6. MOS complementar ou CMOS

2.4.2. Características tensão-corrente do MOSFET enriquecimento

- 2.4.2.1. Símbologia
- 2.4.2.2. Característica $i_D - V_{DS}$
- 2.4.2.3. Característica do MOSFET de canal p
- 2.4.2.4. Efeitos de temperatura

2.4.3. MOSFET de depleção

2.4.4. Transístor de Efeito de Campo de Junção (JFET)

- 2.4.4.1. Estrutura
- 2.4.4.2. Princípio de funcionamento
- 2.4.4.3. Características tensão-corrente
- 2.4.4.4. JFET de canal p

2.4.5. Circuitos com FETs em CC

- 2.4.5.1. Exemplos

2.4.6. O FET como amplificador

- 2.4.6.1. Análise gráfica e algébrica
- 2.4.6.2. Transcondutância g_M
- 2.4.6.3. Ganho de tensão

2.4.7. Polarização de FETs

- 2.4.7.1. Com realimentação de resistência de fonte
- 2.4.7.2. Com realimentação de dreno à porta

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2º	Semestre	1º	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----	-----------------	----	--------------------	-----------

2.4.8. Configurações básicas de amplificadores com FETs

2.4.8.1. Fonte Comum

2.4.8.2. Porta Comum

2.4.8.3. Dreno Comum

2.5. Circuitos com Amplificadores Operacionais (OpAmp)

2.5.1. Amplificadores Diferenciais

2.5.1.1. Análise dum Amplificador Diferencial

2.5.1.1.1. Modo Diferencial

2.5.1.1.2. Modo Comum

2.5.1.1.3. Razão de Rejeição em Modo Comum

2.5.2. Modelo Ideal dum Amplificador Operacional

2.5.2.1. Características e Simbologia

2.5.2.1.1. Impedância de Entrada

2.5.2.1.2. Impedância de Saída

2.5.2.1.3. Ganho

2.5.2.2. Circuito Equivalente do OPAMP

2.5.3. Características Comerciais (Reais) dum Amplificador Operacional

2.5.3.1. Características

2.5.3.2. Circuitos de Polarização

2.5.3.3. Amplificadores práticos: μ A741

2.5.4. Funcionamento Linear

2.5.4.1. Circuitos Amplificadores com Operacionais

2.5.4.2. Circuitos Somadores

2.5.4.3. Circuitos Integradores e Diferenciadores

2.5.5. Funcionamento Não Linear

2.5.5.1. Circuitos Rectificadores e Limitadores

2.5.5.2. Circuitos Comparadores

2.5.5.3. Circuitos Geradores de Sinais

2.5.5.4. Computação analógica

2.5.6. Amplificador de Instrumentação

2.5.7. Resposta em frequência

2.5.7.1. GBP – Gain Bandwidth Product

2.5.7.2. Filtros Activos

2.6. Filtragem

2.6.1. Aspectos gerais

2.6.2. Tipos e características

2.6.2.1. Passivos e Activos

2.6.2.2. Banda de passagem e banda de corte

2.6.2.3. Passa-baixo, Passa-alto e Passa-banda

2.6.2.4. Classes (*Butterworth, Chebyshev, Elíptico e Bessel*)

2.6.3. Filtros de *Butterworth* usando OpAmps

2.7. Utilização de pontes de Medida

2.7.1. Princípio de funcionamento da ponte de Wheatstone

2.7.2. Efeito de carga

2.7.3. Circuitos em Ponte de Wheatstone

2.7.4. Aplicações de Medida

2.8. Transmissão de sinais

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2 ^o	Semestre	1 ^o	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----------------	-----------------	----------------	--------------------	-----------

- 2.8.1. Aspectos gerais
- 2.8.2. Sinais analógicos
 - 2.8.2.1. Sinais de tensão de nível baixo
 - 2.8.2.2. Sinais de tensão de nível alto
- 2.8.3. Sinais digitais

2.9. Circuitos de Condicionamento de sinal

- 2.9.1. Atenuação de Sinal
- 2.9.2. Conversão Tensão-Corrente
- 2.9.3. Amplificadores de Isolamento
- 2.9.4. Conversão dum sinal PWM num sinal AM

2.10. Módulos de condicionamento de sinal para sistemas baseados em PC

- 2.10.1. Módulos típicos
 - 2.10.1.1. Amplificação: baixa e alta frequência
 - 2.10.1.2. Conversão corrente-tensão
 - 2.10.1.3. Saída em corrente
 - 2.10.1.4. Entrada dum RTD
 - 2.10.1.5. Entrada dum Termopar (J, K, B, R, T, E e S)
 - 2.10.1.6. Entrada em meia ponte dum estensiómetro
 - 2.10.1.7. Entrada em ponte completa dum estensiómetro
 - 2.10.1.8. Filtros passa-baixo
 - 2.10.1.9. Entradas digitais
 - 2.10.1.10. Saídas digitais

Transdutores e Sensores

1 Introdução

- 1.1. Papel do sensor/transdutor
- 1.2. Sensor vs Transdutor
- 1.3. Classificação dos sensores/transdutores
 - 1.3.1. Activos
 - 1.3.2. Passivos

2 Especificações

- 2.1. Desempenho estático
 - 2.1.1. Exactidão
 - 2.1.2. Resolução
 - 2.1.3. Repetibilidade
 - 2.1.4. Offset
 - 2.1.5. Linearidade
- 2.2. Desempenho dinâmico
 - 2.2.1. Sensores de 1.^a e 2.^a ordem
 - 2.2.2. Tempo de subida
 - 2.2.3. Constante de tempo
 - 2.2.4. Tempo de estabelecimento
 - 2.2.5. Coeficiente de amortecimento
 - 2.2.6. Resposta em frequência

3 Sensores para aplicações de aquisição de dados

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2º	Semestre	1º	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----	-----------------	----	--------------------	-----------

3.1. Categorias de sensores quanto à variável em medição

3.2. Medição de temperatura

- 3.2.1. Tipos de transdutores/sensores
 - 3.2.1.1. Vantagens e desvantagens
 - 3.2.2. Termopares
 - 3.2.2.1. Princípio de funcionamento e características
 - 3.2.2.2. Tipos de normalizados: T, E, J, K, R, S e C
 - 3.2.2.3. Compensação de junção fria: *hardware* e *software*
 - 3.2.2.4. Curvas de calibração: polinómios e coeficientes
 - 3.2.3. RTD
 - 3.2.3.1. Princípio de funcionamento e características
 - 3.2.3.2. Equação de Calendar-Van Dusen
 - 3.2.3.3. Tabelas e curvas de calibração
 - 3.2.3.4. Condicionamento de Sinal
 - 3.2.4. Termistores
 - 3.2.4.1. Princípio de funcionamento e características
 - 3.2.4.2. Equação de *Steinhart-Hart*
 - 3.2.4.3. Tabelas e curvas de calibração
 - 3.2.4.3.1. NTC
 - 3.2.4.3.2. PTC
 - 3.2.4.4. Condicionamento de Sinal
 - 3.2.5. Semicondutores
 - 3.2.5.1. Princípio de funcionamento e características
 - 3.2.6. Critérios de escolha
-

3.3. Medição de Força e Aceleração

- 3.3.1. Sensores Resistivos
 - 3.3.1.1. Definição de *Strain* e *Stress*
 - 3.3.1.2. Módulo de Young e razão de Poisson
 - 3.3.1.3. Extensómetros
 - 3.3.2.1.1. Princípio de funcionamento
 - 3.3.2.1.2. GF – *Gauge Factor*
 - 3.3.2.1.3. Influência da temperatura
 - 3.3.2.1.4. Condicionamento de Sinal
 - 3.3.2.1.5. Tipos de extensómetros
 - 3.3.1.4. Medição de Força
 - 3.3.1.4.1. Células de carga
 - 3.3.1.4.2. Exemplos
 - 3.3.1.5. Medição de Aceleração
- 3.3.2. Sensores Piezoelétricos
 - 3.3.2.1. Materiais piezoelétricos
 - 3.3.2.2. Efeito longitudinal e efeito transversal
 - 3.3.2.3. Condicionamento de Sinal
 - 3.3.2.4. Medição de Aceleração

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2 ^o	Semestre	1 ^o	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----------------	-----------------	----------------	--------------------	-----------

3.4. Medição de Posição e Velocidade (linear e angular)

3.4.3. Sensores Resistivos

3.4.3.1. Potenciómetros

3.4.3.1.1. Princípio de funcionamento

3.4.3.1.2. Condicionamento de sinal

3.4.3.1.3. Tipos disponíveis comercialmente

3.4.3.2. Medição de Posição e Velocidade: linear e angular

3.4.3.3. Exemplos de aplicação

3.4.4. Sensores Indutivos (acoplamento magnético)

3.2.4.1. LVDT – *Linear Voltage Differential Transformer*

3.2.4.1.1. Princípio de funcionamento

3.2.4.1.2. Condicionamento de sinal

3.2.4.1.3. Tipos disponíveis comercialmente

3.2.4.2. Medição de posição e velocidade linear

3.2.4.3. Outras aplicações: pressão

3.2.4.4. Exemplos de aplicação

3.4.5. Sensores Capacitivos

3.4.5.1. Princípio de funcionamento

3.4.5.2. Condicionamento de Sinal

3.4.5.3. Medição de posição e proximidade

3.4.5.4. Outras aplicações: aceleração, nível, fluxo

3.4.6. Sensores ópticos

3.4.6.1. *Shaft Encoders* (posição e velocidade angular)

3.4.7. Sensores ultra-sónicos

3.4.7.1. Medição de Posição

3.4.8. Medição de velocidade

3.4.8.1. Radar (Efeito de Doppler)

3.4.8.2. Usando sensores de posição e aceleração

3.5. Medição de Pressão

3.5.1. Sensores piezoeléctricos

3.5.2. Sensores capacitivos

3.5.3. Estensiómetros e células de carga

3.6. Outros sensores

3.6.1. Medição de Humidade, Fluxo e Nível

3.6.2. Sensores inteligentes

Sistemas de aquisição de dados

1 Introdução

1.1. Arquitectura geral

1.2. Computador Pessoal

1.2.1. CPU, RAM, ROM (BIOS)

1.2.2. Memória e mapeamento dos ports

1.2.3. Interrupções

1.2.4. Controlo do Hardware

1.2.5. DMA

1.2.6. Barramento de expansão (*Bus*)

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2 ^o	Semestre	1 ^o	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----------------	-----------------	----------------	--------------------	-----------

1.3. Configurações de sistemas de aquisição baseados em PC

- 1.3.1. Configuração no próprio PC, ou muito próxima
 - 1.3.1.1. Hardware de aquisição de dados instalado no próprio PC
 - 1.3.1.2. Hardware de aquisição de dados exterior ao PC
- 1.3.2. Configuração local próxima do PC
 - 1.3.2.1. Redes GPIB para automação laboratorial ou aquisição de dados
 - 1.3.2.2. Chassis de expansão (Crate)
- 1.3.3. Configuração remota
 - 1.3.3.1. Utilização de Crates e de interfaces série (RS-422 e RS-485)
 - 1.3.3.2. Utilização de Modems
 - 1.3.3.3. Utilização de módulos de aquisição de dados

2 Conversão de sinal

2.1. Sinais contínuos (analógicos) e sinais discretos (digitais)

2.2. Necessidade da conversão A/D e D/A

2.3. Codificação digital: códigos binários

- 2.3.1. Códigos unipolares
 - 2.3.1.1. Código Natural
 - 2.3.1.2. Código BCD – *Binary Coded Decimal*
 - 2.3.1.3. Código Gray
- 2.3.2. Códigos bipolares
 - 2.3.2.1. Complemento para 1
 - 2.3.2.2. Complemento para 2
 - 2.3.2.3. Sinal e módulo
 - 2.3.2.4. Off-set
- 2.3.3. Conversão de códigos

3 Conceitos de amostragem

3.1. Análise espectral

- 3.1.1. Sinais periódicos e aperiódicos
- 3.1.2. Série de *Fourier*
- 3.1.3. Transformada de *Fourier*
- 3.1.4. DFT - *Discret Fourier Transform*
- 3.1.5. FFT - *Fast Fourier Transform*
- 3.1.6. Analisadores de espectro

3.2. Teorema da amostragem – *Nyquist*

- 3.2.1. Teorema da amostragem - demonstração
- 3.2.2. Selecção da taxa de amostragem
- 3.2.3. *Aliasing*
- 3.2.4. Utilização de filtragem para limitar a taxa de amostragem
- 3.2.5. Filtros *anti-aliasing*

3.3. Interpolação

- 3.3.1. Reconstrução dum sinal contínuo (analógico) a partir dum sinal digital
- 3.3.2. Filtros de Interpolação

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2 ^o	Semestre	1 ^o	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----------------	-----------------	----------------	--------------------	-----------

4 Conversão Analógico - Digital

4.1. Aspectos gerais da conversão A/D

- 4.1.1. Operações de conversão
 - 4.1.1.1. Amostragem
 - 4.1.1.2. Quantização
 - 4.1.1.3. Digitalização
- 4.1.2. Relação Entrada/Saída dum conversor
- 4.1.3. Erro de quantização

4.2. Circuitos de *Sample-and-Hold*

4.3. Circuitos de Multiplexagem

4.4. Características dum conversor A/D

- 4.4.1. Conversores unipolares e bipolares
- 4.4.2. Resolução
- 4.4.3. Exactidão (*Accuracy*): absoluta e relativa
- 4.4.4. Erros do conversor
 - 4.4.4.1. *Off-set*
 - 4.4.4.2. Ganho
 - 4.4.4.3. Linearidade: Integral e diferencial
- 4.4.5. Tempo de conversão
- 4.4.6. Entradas e Saídas
 - 4.4.6.1. Sinal analógico de entrada
 - 4.4.6.2. Sinal de referência analógico
 - 4.4.6.3. Sinal de saída digital

4.5. Técnicas de conversão A/D

- 4.5.1. Conversor de Aproximações Sucessivas
- 4.5.2. Conversor de Rampa (Contador)
- 4.5.3. Conversor de Integração
 - 4.5.3.1. Rampa simples
 - 4.5.3.2. Rampa dupla
- 4.5.4. Conversor *Flash*
- 4.5.5. Conversor Tensão-Frequência
- 4.5.6. Conversor *Sigma-Delta*

4.6. Orientações de selecção dum conversor A/D

5 Conversão Digital – Analógico

5.1. Aspectos gerais da conversão D/A

- 5.1.1. Princípio de funcionamento dum conversor D/A
- 5.1.2. Técnicas de conversão D/A
 - 5.1.2.1. Circuito de resistências pesadas – *Weighted resistor*
 - 5.1.2.2. Circuito de malha – *R-2R Ladder*

5.2. Características dum conversor D/A

- 5.2.1. Conversores unipolares e bipolares
- 5.2.2. Resolução
- 5.2.3. Factor de multiplicação/Tensão de referência
- 5.2.4. Exactidão (*Accuracy*): absoluta e relativa
- 5.2.5. Tempo de estabelecimento (*Settling time*)

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2 ^o	Semestre	1 ^o	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----------------	-----------------	----------------	--------------------	-----------

- 5.2.6. *Slew rate*
- 5.2.7. Monotonicidade
- 5.2.8. Erros do conversor
 - 5.2.8.1. Erro de Off-set
 - 5.2.8.2. Erro de Ganho
 - 5.2.8.3. Erro de linearidade terminal
 - 5.2.8.4. Erro de linearidade diferencial (degrau)

5.3. Orientações de selecção dum conversor D/A

6 Hardware de aquisição de Dados para PC

- 6.1. Configurações baseadas em PC
- 6.2. Placas DAQ – *Data Acquisition Boards*
- 6.3. Placas de Entradas Analógicas – (Analógico para Digital)
- 6.4. Placas I/O – Digital
- 6.5. Placas de Saídas Analógicas
- 6.6. Placas de Interface
 - 6.6.1. IEEE-488 (GPIB)
 - 6.6.2. Série (RS-232 e RS-423, RS-422-A e RS-485)
- 6.7. Placas de condicionamento de sinal
 - 6.7.1. Digital
 - 6.7.2. Analógico
- 6.8. Placas acessórias
 - 6.8.1. *Sample-and-Hold*
 - 6.8.2. Terminais
 - 6.8.3. Multiplexadores
- 6.9. Placas de instrumentação: multímetros, osciloscópios, geradores de sinal entre outros.
- 6.10. Configurações autónomas inteligentes
 - 6.10.1. *Data loggers*
 - 6.10.2. Módulos de aquisição de dados remotos

7 Sistemas internos: Placa DAQ

- 7.1. Escolha da placa de aquisição de dados (DAQ)
 - 7.1.1. Factores a ter em conta
 - 7.1.1.1. Tipo se sinais analógicos
 - 7.1.1.2. Condicionamento de sinal
 - 7.1.1.3. Número de canais de entrada
 - 7.1.1.4. Velocidade de amostragem
 - 7.1.1.5. Largura de banda dos sinais
 - 7.1.1.6. Isolamento
 - 7.1.1.7. Entradas digitais
 - 7.1.1.8. Saídas digitais

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2º	Semestre	1º	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----	-----------------	----	--------------------	-----------

- 7.1.2. Taxas de amostragem
 - 7.1.2.1. Aplicações lentas [1 a 10Hz]
 - 7.1.2.2. Aplicações rápidas [1 a 100KHz]
 - 7.1.2.3. Aplicações muito rápidas [mais de 100KHz]
- 7.1.3. Resolução
- 7.1.4. Gama dinâmica
- 7.1.5. Número de canais

7.2. Determinação da taxa de amostragem

- 7.2.1. Separação do ruído do sinal principal
- 7.2.2. Escolha da taxa de amostragem adequada
- 7.2.3. Requisitos de resolução

7.3. Ligação do sinal ao hardware de aquisição de dados

- 7.3.1. Tipo de cabo
- 7.3.2. Redução do ruído externo
- 7.3.3. Utilização de filtros

8 Sistemas externos: Interface Série

8.1. Interfaces EIA RS-232C e RS-423A

8.2. Interfaces EIA RS-422 e RS-485

9 Sistemas externos: GPIB

9.1. Conceito de automação laboratorial

9.2. Funcionamento do GPIB (IEEE-488)

- 9.2.1. Aspectos gerais
- 9.2.2. Componentes
- 9.2.3. Estrutura do sinal do barramento IEEE-488
- 9.2.4. Comandos GPIB universais
- 9.2.5. Linhas de controlo
- 9.2.6. Linhas de *Handshake*

9.3. O PC como controlador IEEE-488

9.4. Conversor externo RS232 para IEEE-488

10 Sistemas Remotos

10.1. Introdução

10.2. Distância entre o PC e a aplicação

10.3. Técnicas de aquisição de dados remotos

- 10.3.1. Utilização de módulos de aquisição de dados
- 10.3.2. Utilização de *Crates* de aquisição de dados inteligentes
- 10.3.3. Utilização de Modems
- 10.3.4. Aplicações

10.4. Orientações de selecção

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2º	Semestre	1º	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----	-----------------	----	--------------------	-----------

Software de Aquisição e Processamento de Dados

1 Tipos de Software

- 1.1. *Drivers: interface entre a placa DAQ e computador pessoal*
 - 1.2. *Introdução ao processamento e análise de dados*
 - 1.2.1. *Apresentação dos dados*
 - 1.2.2. *Técnicas de Análise*
 - 1.2.3. *Processamento de formas de onda (estatísticas, FFT, etc.)*
-

2 LabVIEW – NATIONAL INSTRUMENTS

- 2.1. *Aquisição de dados: analógicos e digitais*
 - 1.2.1. *Exemplos de programação em LabVIEW*
- 2.2. *Análise e processamento dos dados*
- 2.3. *Plataforma VISA (Virtual Instrument Software Architecture)*
 - 2.3.1. *Gestor de recursos*
 - 2.3.2. *Objecto INSTR*
 - 2.3.3. *Comunicação por mensagens e eventos*
 - 2.3.4. *Exemplos de programação em LabVIEW*

Disciplina *Sistemas de Instrumentação* **Ano** 2^o **Semestre** 1^o **Ano Lectivo** 2005/2006

Regras de Avaliação

AVALIAÇÃO GLOBAL

A avaliação será subdividida em duas partes: **Componente Teórica** e **Componente Prática**

Condições de aprovação

A aprovação nesta disciplina depende da obtenção da **Nota Mínima de 9,5 valores**, a um dos momentos de avaliação teórica: **Frequência**, **Exame** ou **Exame de Recurso**. Os alunos passam com a **Nota Mínima Global de 9,5 valores**.

Distribuição ponderada

A **Componente Teórica** terá um peso de 70 % e a **Componente Prática**, avaliada nas aulas práticas, terá um peso de 30 %.

$$T_+P_ : 70\% \text{ [Nota da Componente Teórica (T_)]} + 30\% \text{ [Nota da Componente Prática (P_)]}$$

Cenários de avaliação

F_ - Frequência

E_ - Exame

Frequência	Exame	Classificação final	
≥9.5	Faltou	F_+_P ≥9.5	Aprovado
		F_+_P < 9.5	Reprovado
≥9.5	> F_	E_+_P ≥9.5	Aprovado
		E_+_P < 9.5	Reprovado
≥9.5	≥9.5 e ≤ F	F_+_P ≥9.5	Aprovado
		F_+_P < 9.5	Reprovado
≥9.5	≥9,5 e ≥F	E_+_P ≥9.5	Aprovado
		E_+_P < 9.5	Reprovado
≥9.5	<9.5	F_+_P ≥9.5	Aprovado
		F_+_P < 9.5	Reprovado
≥9.5	Desistiu	F_+_P ≥9.5	Aprovado
		F_+_P < 9.5	Reprovado
<9.5 ou Faltou ou Desistiu	Faltou	Faltou	
<9.5 ou Faltou ou Desistiu	<9.5	Reprovado	
<9.5 ou Faltou ou Desistiu	≥9.5	E_+_P ≥9.5	Aprovado
		E_+_P < 9.5	Reprovado
<9.5 ou Faltou ou Desistiu	Desistiu	Desistiu	

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2 ^o	Semestre	1 ^o	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----------------	-----------------	----------------	--------------------	-----------

COMPONENTE TEÓRICA

A avaliação da parte teórica será efectuada através duma **Frequência**. Esta compreende várias perguntas de carácter teórico, podendo algumas delas ser de escolha múltipla. As perguntas de carácter prático serão compostas por problemas e, eventualmente, por uma questão relacionada com as aulas práticas.

O **Exames** da Época Normal e de Recurso terão a mesma arquitectura da **Frequência**.

COMPONENTE PRÁTICA

Assiduidade – Assistência e desempenho nas aulas práticas

Este item, pretende premiar os alunos mais assíduos às aulas práticas da disciplina, reflectindo dessa forma o interesse e empenho na realização das tarefas de aprendizagem propostas na disciplina. Haverá por isso, lugar ao registo de presenças nas Aulas Práticas. **Os alunos poderão dar um máximo de faltas correspondente a duas vezes o número de aulas semanais**. O aluno reprovará na disciplina se exceder este número de faltas (sem justificação).

Parte 1 – Trabalhos laboratoriais (6)

Trabalhos laboratoriais, sobre temas relacionados com os sistemas de instrumentação, utilizando a ferramenta de programação LabVIEW, componentes electrónicos e hardware específico de aquisição de dados. Os trabalhos terão um carácter formativo, sendo a sua realização feita durante as aulas. A data de entrega de cada um dos trabalhos será feita sempre na última aula destinada para sua realização.

No caso do aluno faltar a um trabalho completo, terá de o realizar individualmente em data e hora a combinar com o docente.

Parte 2 – Projecto laboratorial final

Projecto laboratorial final, no qual o aluno é convidado a implementar (ou a simular por *software*), ou a fazer o estudo de acordo com os conhecimentos adquiridos ao longo do semestre na disciplina. No final, o aluno entrega ao docente um relatório sobre as actividades realizadas (carácter teórico-prático), no âmbito do projecto.

Distribuição ponderada

15% x Nota (10% [Assiduidade] + 90% [Parte 1]) + 15% x Nota (Parte 2)

Notas Importantes:

- É **obrigatória a realização de todos os trabalhos laboratoriais e do projecto laboratorial final** bem como a **devolução de todo o material utilizado** para a realização dos mesmos até à data da realização da Frequência. A não devolução do material ou a não realização de todos os trabalhos poderá implicar a **reprovação** na disciplina.
- Os relatórios de cada um dos **trabalhos laboratoriais** realizados devem ser entregues na última aula destinada à conclusão dos mesmos. A data da conclusão de cada um dos trabalhos laboratoriais é comunicada aos alunos no dia em que o mesmo é iniciado.

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2º	Semestre	1º	Ano Lectivo	2005/2006
-------------------	-----------------------------------	------------	----	-----------------	----	--------------------	-----------

Bibliografia

Sebentas e Acetatos

- **Sebenta (Acetatos) de Sistemas de Instrumentação**
Manuel Baptista, Apontamentos de Apoio às Aulas, 2000-2005.
Disponíveis *on-line*

Livros

- **Data Acquisition and Process Control Using Personal Computers**
Tarik Ozkul, Marcel Dekker, 1996. **Cota:** 681.5 OZK DAT
- **Data Acquisition Techniques Using Personal Computers**
Howard Austerlitz, Academic Press, 1991. **Cota:** 681.3 AUS DAT
- **Data Acquisition For Sensor Systems**
H. Rosemary Taylor, Chapman&Hall, 1997. **Cota:** 681.5 TAY DAT
- **Modern Instrumentation, A Computer Approach**
G Silverman, H Silver, Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 1995. **Cota:** 681.5 SIL MOD
- **Introduction to Engineering Experimentation**
Anthony J. Wheeler et al, Prentice Hall, 1996. **Cota:** ???
- **Controlo de Processos: Tecnologia da Instrumentação**
Curtis D. Johnson, (Tradução) Fundação Caloust Gulbenkian, 1988. **Cota:** 685.5 JOH CON
- **Interfacing Sensors to the IBM PC**
Willis J. Tompkins, Prentice Hall, 1988. **Cota:** 681.3 INT
- **Computer Interfacing: a practical approach to data acquisition and control**
William H. Rigby et al, Prentice Hall, 1995. **Cota:** 681.3 RIG COM
- **Electrónica Analógica**
António J. Gil Padilha, McGraw Hill, 1993. **Cota:** 621.38 PAD ELE
- **Electrónica: Dispositivos e Circuitos**
Jacob Milman, McGraw Hill, 1981. **Cota:** 621.38 MIL ELE
- **Microelectronics**
Jacob Milman e Arvin Grabel, McGraw-Hill in Electrical Engineering **Cota:** 621.38 MIL MIC
- **Microelectrónica: Circuitos & Dispositivos**
Mark N. Horestein, Prentice-Hall, 1996. **Cota:** 621.391 HOR MIC
- **Operational Amplifier & Linear Integrated Circuits**
Robert F. Coughlin, Prentice-Hall, 1998. **Cota:** 621.38 COU OPE

Disciplina	<i>Sistemas de Instrumentação</i>	Ano	2º	Semestre	1º	Ano Lectivo	2005/2006
------------	-----------------------------------	-----	----	----------	----	-------------	-----------

Objectivos

OBJECTIVOS GERAIS

A disciplina de **Sistemas de Instrumentação** visa apresentar os **meios** (i.e. componentes que compõe uma cadeia de instrumentação e medida para aquisição de dados) através dos quais **os sinais físicos (de acordo com as suas características no tempo e na frequência) podem ser medidos, graças à sua conversão para sinais eléctricos e, posteriormente para o formato digital adequado à apresentação e processamento num sistema computacional** (ex.: PC).

Os objectivos gerais desta disciplina visam também, a verificação da convergência de resultados obtidos através da análise teórica, da simulação e da experimentação. Os alunos do curso de Engenharia de Sistemas e Informática, ficam com os conhecimentos fundamentais, que lhes permitam a compreensão do funcionamento e a interacção com os equipamentos fortemente baseados em circuitos electrónicos (hardware) utilizados nos sistemas de instrumentação.

O **aluno deverá ser capaz** perante um **conjunto de sinais físicos** (eléctricos e/ou não eléctricos), de **efectuar o planeamento e concepção dum sistema de instrumentação**, que **permita a aquisição de dados para um formato apropriado, para o processamento por um sistema computacional**. Para o efeito, o **aluno deverá adquirir** o domínio de:

- **Técnicas de análise e projecto, utilizando componentes/hardware** (ex. sensores/transdutores ou circuitos electrónicos de condicionamento e de conversação AD e DA) e **software** (ex. LabVIEW) destinados à aquisição e processamento de dados;
- **Técnicas de comunicação e controlo remoto de equipamentos;**
- **Especificação e realização de sistemas de medida e de aquisição baseados num PC.**

Para que o **aluno**, tenha uma **visão que lhe permita especificar** e, se necessário **implementar algum hardware electrónico de condicionamento de sinal** (ex. amplificação, filtragem, excitação, conversão de sinal, etc.), no âmbito desta disciplina apresentam-se alguns **conhecimentos de Electrónica**. Esses **conhecimentos** debruçam-se sobre **o funcionamento de alguns circuitos electrónicos**, baseados em:

- **Componentes discretos semicondutores** (ex. transístores de junção [BJT] e de efeito de campo [FET e MOSFET] e díodos [ex.: sinal e zener]);
- **Circuitos integrados** (ex.: OpAmps e comparadores)

Viseu, 23 de Setembro de 2005

O Director do Departamento	O Docente da Disciplina