

**Ministério da Educação**

Direcção – Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular

Ensino Recorrente de Nível Secundário

**Programa**

**de**

**Sistemas Analógicos e Digitais**

(de acordo com a disciplina de especificação de Práticas de Electrónica e de Telecomunicações)

**12º Ano**

Curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica

Autores:

Henrique Gante

José Gregório

Adaptado a partir do programa elaborado por:

António Manuel Lopes da Silva Pereira (Coordenador)

Mário Alberto dos Santos Isidoro

Eurico Tomás Magos

Jorge Luís de Matos Teixeira

**Homologação**

**26/12/2006**

## Índice

I – Introdução.....	3
II – Visão geral dos módulos/conteúdos.....	4
III – Desenvolvimento do programa.....	5
Módulo 7 .....	5
Módulo 8 .....	18
Módulo 9 .....	27
IV – Bibliografia Geral.....	31

## I. Introdução

A disciplina de Sistemas Analógicos e Digitais é, como já se referiu, uma disciplina trienal do Curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica do ensino secundário recorrente, orientada para a fundamentação científica dos fenómenos, dos conceitos, das leis e das metodologias de análise.

Esta disciplina visou, ao longo dos 10º e 11º anos, o conhecimento dos processos de produção, transporte e distribuição da energia eléctrica, das leis gerais do circuito eléctrico, do magnetismo, do electromagnetismo e da corrente alternada e, ainda, o funcionamento dos circuitos básicos com condensadores, díodos e transístores, bem como o início do estudo dos amplificadores operacionais e dos sistemas digitais.

O programa do 12º ano visa, agora, dando continuidade aos conhecimentos adquiridos, o prosseguimento do estudo dos amplificadores operacionais e dos sistemas digitais e o desenvolvimento dos conceitos relacionados com a electrónica de potência, com os geradores de forma de onda e com os microcontroladores.

Na gestão dos tempos lectivos considerou-se de igual modo, como nos anos precedentes, um total anual de 33 semanas, correspondentes a 66 tempos lectivos de 90 minutos cada. Esta carga horária contempla os necessários tempos lectivos destinados ao desenvolvimento das aprendizagens. O tempo restante, contemplado no calendário lectivo, destina-se à avaliação e a situações imprevistas. A atribuição da carga horária teve em atenção o desenvolvimento dos diferentes temas e o grau de aprofundamento atribuído à abordagem de cada conteúdo. A sugestão da forma como a carga horária poderá ser distribuída, com os tempos lectivos entre parêntesis, deve ser tomada como referência para a planificação das actividades lectivas, podendo ser alterada em função das diversas formas de abordagem, do processo ensino-aprendizagem e das actividades desenvolvidas.

## II. Visão geral dos módulos/conteúdos

O programa do 12º ano está estruturado com base nos seguintes módulos e temas:

- **Módulo 7 – Sistemas Digitais e Electrónica de Potência**
  - 7.1 – Circuitos sequenciais síncronos
  - 7.2 – Memórias
  - 7.3 – Electrónica de Potência
  
- **Módulo 8 – Amplificadores Operacionais e Geradores de Forma de Onda**
  - 8.1 – Circuitos com Amplificadores Operacionais
  - 8.2 – Geradores de Forma de Onda
  
- **Módulo 9 – Microcontroladores**
  - 9.1 – Microprocessadores e Microcontroladores
  - 9.2 – Arquitectura do Microcontrolador
  - 9.3 – Conjunto de Instruções

**Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência**

<b>Temas / Conteúdos</b>	<b>Objectivos</b>	<b>Sugestões Metodológicas</b>	<b>Aulas de 90 min.</b>
<b>7.1- Circuitos sequenciais síncronos</b>  <b>7.1.1 - Aplicações com contadores síncronos.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Reconhecer o funcionamento dos registos e dos contadores síncronos mais conhecidos através da interpretação das dependências, na simbologia IEE/ANSI.</li><li>– Analisar o funcionamento de aplicações com contadores, como por exemplo, o frequencímetro e/ou o relógio digital.</li><li>– Utilizar um contador reversível para realizar contagens, de modo ascendente e descendente.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Efectuar uma apresentação das principais características dos contadores em circuito integrado, estudados no ano anterior.</li><li>– Apresentar o esquema electrónico do relógio e/ou frequencímetro, e propor a análise do seu funcionamento.</li><li>– Propor o projecto de um circuito de contagem ascendente/descendente controlado por uma entrada externa.</li><li>– O circuito deve exigir a carga de números diferentes nas entradas paralelas, ou sugerir a realização de um contador que efectue as contagens, no modo ascendente de N a 15 e no descendente de N a 0. A contagem deve ser realizada alternadamente.</li></ul>	<b>22</b>  (1)

**Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>7.1.2 - Registos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Registos <i>tri-state</i>. Transferência de dados entre registos.</li>   <li>- Registos de deslocamento. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tipos.</li> <li>▪ Utilização como contadores.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar registos para guardar temporariamente dados.</li> <li>- Interligar registos a barramentos.</li> <li>- Descrever aplicações que utilizem registos de vários bits em circuito integrado.</li>   <li>- Reconhecer as configurações básicas: SIPO, SISO, PISO E PIPO.</li> <li>- Conhecer o funcionamento dos registos de deslocamento.</li> <li>- Descrever um registo de deslocamento universal.</li> <li>- Desenhar aplicações dos registos de deslocamento.</li> <li>- Utilizar um registo de deslocamento como contador em anel ou Johnson.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentar aos alunos esquemas de circuitos, que promovam a comunicação de dados entre registos ligados a barramentos comuns.</li>   <li>- Utilizando dois registos de deslocamento universais, por exemplo o 74HCT194, propor aos alunos a construção de um circuito que faça deslocar o acendimento de um único <i>led</i> da esquerda para a direita, e que inverta o sentido ao ser alcançado o 8º <i>led</i>.</li> <li>- Baseando-se num PISO e num SIPO, solicitar aos alunos a construção de um circuito, que realize a transmissão-recepção série de informação. Realizar o sincronismo necessário entre emissor-receptor.</li> </ul>	<p align="center">(2)</p>

**Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>7.1.3 - Controladores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Circuitos de Moore e Mealy.</li>   <li>- Síntese de um controlador com <i>flip-flops</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distinguir os circuitos sequenciais síncronos dos assíncronos.</li> <li>- Caracterizar os circuitos sequenciais de Moore e de Mealy.</li> <li>- Conhecer diferentes tipos de circuitos sequenciais.</li> <li>- Construir o diagrama de estados a partir da especificação do circuito, tendo no máximo duas entradas e três saídas.</li> <li>- Desenhar o circuito sequencial, usando <i>flip-flops</i> D ou JK, a partir do diagrama de estados.</li> <li>- Projectar circuitos sequenciais de Moore ou Mealy.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salientar que, quando se pretende obter dum contador saídas descodificadas do tipo 1 em n, o contador em anel é vantajoso relativamente ao contador síncrono com saídas descodificadas, pela ausência de transitórios (<i>glitches</i>).</li> <li>- Salientar a maior rapidez dos circuitos assíncronos, pesando embora a maior dificuldade de projecto e a detecção de avarias.</li> <li>- Utilizando exemplos reais, ilustrar a diferença de metodologia do projecto entre o circuito de Moore e o de Mealy, resolvendo, por exemplo, um mesmo problema pelos dois processos, e comparando os diagramas de estados e número de circuitos integrados usados.</li> <li>- Organizar grupos de trabalho que realizem projectos diferentes, mas de modo a cada aluno desenhar um circuito de Moore e outro de Mealy.</li> </ul>	<p>(5)</p>

## Sistemas Analógicos e Digitais – Desenvolvimento do Programa – 12º ano

(de acordo com a disciplina de especificação de Práticas de Electrónica e de Telecomunicações)

### Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
		<ul style="list-style-type: none"><li>– Promover a divulgação e a discussão na turma dos trabalhos realizados, que posteriormente devem ser ensaiados nas aulas de PLEE.</li><li>– Sugere-se o comando automático de uma porta com 3 entradas (detector de presença, porta aberta, porta fechada), e duas saídas codificadas para o comando do motor (parado, rotação à esquerda, rotação à direita), e obtido através de um <i>demultiplexer</i>. A presença de uma pessoa implica sempre que a porta abra completamente.</li><li>– Ou, por exemplo, o acesso a uma garagem por introdução de uma moeda que acciona a mudança de um sinal a verde, o qual retorna ao vermelho por acção de um detector da passagem do automóvel. Caso o condutor não tenha pago, esse detector faz soar um alarme e mantém o sinal vermelho.</li></ul>	



## Sistemas Analógicos e Digitais – Desenvolvimento do Programa – 12º ano

(de acordo com a disciplina de especificação de Práticas de Electrónica e de Telecomunicações)

### Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
		<ul style="list-style-type: none"><li>– Sugere-se, por outro lado, o circuito correspondente a uma fechadura codificada por intermédio de duas botoneiras XY. Um <i>led</i> aceso durante uma parte do período do relógio, indica a altura conveniente para introduzir pela botoneira X uma sequência determinada de 4 bits, seguidos do bit <b>1</b> na botoneira Y. No caso de sequência errada, enquanto as botoneiras XY não produzirem simultaneamente o bit <b>1</b>, a verificação da sequência não é reiniciada.</li><li>– Ou, por exemplo, uma máquina de venda automática que aceite três tipos de moedas codificadas em binário, e tendo uma saída accionadora da entrega do produto e duas saídas codificando o número de moedas dum tipo a devolver como troco.</li></ul>	

**Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Síntese de um controlador com contador e <i>multiplexer</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reconhecer a modularidade de construção de um circuito sequencial.</li> <li>– Compreender a função de cada módulo.</li> <li>– Desenhar um controlador, usando circuitos integrados MSI ou LSI, como por exemplo, <i>multiplexer</i> e contadores, a partir do diagrama de estados.</li> <li>– Projectar de forma modular um circuito sequencial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Promover nos alunos a percepção de que qualquer circuito sequencial não é mais do que um contador especial, onde a sequência dos estados segue ou não uma ordem natural, podendo, assim, ser construído com um contador e <i>multiplexers</i> que o comandam.</li> <li>– Formar grupos de trabalho que desenhem diferentes circuitos de aplicação real, segundo uma metodologia de projecto modular, mas que permitam a cada aluno realizar um circuito de Moore e outro de Mealy.</li> <li>– Organizar a divulgação e a discussão, na turma, dos trabalhos realizados que posteriormente devem ser ensaiados nas aulas de PLEE.</li> <li>– Sugere-se, por exemplo, um circuito que comande o deslocamento de um guindaste à esquerda ou à direita mediante impulsos em duas botoneiras, sendo a mudança de direcção feita com o guindaste parado por intermédio de outra botoneira.</li> </ul>	

## Sistemas Analógicos e Digitais – Desenvolvimento do Programa – 12º ano

(de acordo com a disciplina de especificação de Práticas de Electrónica e de Telecomunicações)

### Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
		<ul style="list-style-type: none"><li>– Ou, por exemplo, o de um controlador dos semáforos de um cruzamento entre uma avenida e uma rua secundária, tendo 4 entradas (tempo do sinal verde, tempo do sinal amarelo, uma actuação de emergência e de um sensor para os carros na rua), e duas saídas codificadas para cada conjunto de luzes, sendo o comando destas obtidas através de dois <i>demultiplexers</i>. Os semáforos da rua só passarão a verde por actuação do sensor de carros, ficando no entanto todos os semáforos vermelhos enquanto a emergência não cessar.</li><li>– Propõe-se desenhar o controlador de uma máquina, que verifica periodicamente a entrada das peças, porque o seu funcionamento em segurança não admite mais de três falhas consecutivas, e precisa de um circuito que analise os últimos três momentos, de modo a apresentar o número de falhas codificado com dois <i>bits</i> na saída.</li></ul>	

## Sistemas Analógicos e Digitais – Desenvolvimento do Programa – 12º ano

(de acordo com a disciplina de especificação de Práticas de Electrónica e de Telecomunicações)

### Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
		<ul style="list-style-type: none"><li>- Ou, por exemplo, o comando de um elevador onde duas entradas codificam as chamadas / envios correspondentes a 4 pisos, e duas saídas o comando do motor (parado, sobe, desce). Supõe-se que a chamada ou o envio é memorizado com o elevador parado e que se mantém inalterável até nova chamada ou envio.</li><li>- Sugerir aos diferentes grupos de trabalho, a divulgação em ambiente multimédia, à turma e restante comunidade escolar, das diferentes fases dos projectos elaborados e ensaiados nas aulas de PLEE.</li></ul>	

**Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>7.2 - Memórias</b></p> <p><b>7.2.1 - Tipos de memória</b></p> <p><b>7.2.2 - Memórias ROM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arquitectura.</li> <li>- Tipos.</li> <li>- Aplicações.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconhecer o funcionamento das memórias através da apresentação dos circuitos existentes no mercado, na simbologia IEEE/ANSI.</li> <li>- Distinguir as memórias unicamente de leitura das de leitura e escrita.</li> <li>- Explicar a estrutura de uma ROM e a sua evolução para as EPROM e EEPROM.</li> <li>- Conhecer os sinais de comando e a sua temporização.</li> <li>- Usar uma EPROM para obter um conjunto de funções combinatórias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consultar <i>sites</i> e manuais específicos dos fabricantes para recolher informação sobre os produtos existentes.</li> <li>- Apresentar diferentes aplicações deste tipo de memórias, associando-as, por exemplo, com as necessidades de funcionamento de um computador.</li> <li>- Evidenciar os sinais de comando necessários e a sua sequência temporal para um correcto funcionamento das memórias.</li> <li>- Mostrar que uma ROM é uma matriz de AND e OR, onde cada <i>bit</i> da palavra está associado a um mintermo determinado pelo endereço da palavra respectiva.</li> <li>- Propor aos alunos a realização de um conversor de dados, por exemplo um conversor binário / BCD de 8 <i>bit</i>.</li> <li>- Referir aos alunos, que numa perspectiva modular, é possível com uma memória e um registo construir qualquer circuito sequencial.</li> </ul>	<p>(1)</p>

**Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>7.2.3 - Memórias RAM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arquitectura.</li> <li>- Tipos.</li> <li>- Aplicações.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explicar a estrutura dum RAM.</li> <li>- Descrever a constituição e o funcionamento das RAM estáticas e dinâmicas (SRAM e DRAM).</li> <li>- Identificar as diferentes tecnologias utilizadas e respectivas vantagens.</li> <li>- Descrever o funcionamento das memórias estudadas, distinguindo ROM e RAM.</li> <li>- Conhecer as memórias RAM não voláteis NVRAM.</li> <li>- Determinar a capacidade de uma memória conhecendo as suas entradas e saídas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realçar a importância das memórias nos sistemas digitais e a crescente pressão do mercado para obter memórias de maior capacidade com dimensões mais reduzidas e velozes.</li> <li>- Mostrar a maior complexidade de utilização das DRAM em relação às SRAM, embora beneficiando de maiores capacidades.</li> <li>- Evidenciar os sinais de comando necessários e a sua sequência temporal para um correcto funcionamento das memórias.</li> <li>- Salientar a utilização das NVRAM nos computadores.</li> </ul>	(1)
<p><b>7.2.4 - Descodificação de endereços</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Associar memórias de modo a obter maiores capacidades e/ou palavras.</li> <li>- Realizar circuitos descodificadores de endereços de memória.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pela apresentação do mapa de memória de um circuito baseado em microprocessador/microcontrolador, desenhar o respectivo descodificador de endereços, e mostrar a sua imprescindibilidade.</li> </ul>	(1)

**Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
7.2.5 - PLD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecer a estrutura básica e os tipos de circuitos lógicos programáveis.</li> <li>- Explicar a estrutura matricial das PAL e PLA.</li> <li>- Identificar as características fornecidas pelo construtor.</li>   <li>- Determinar o conjunto de fusões nos PLD, para funções lógicas básicas.</li> <li>- Usar uma PAL ou PLA para obter um conjunto de funções combinatórias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realçar as diferenças de organização entre as ROM, PAL e PLA.</li> <li>- Partindo de esquema de PAL existente no mercado, determinar o conjunto de fusões necessárias à realização de funções lógicas simples.</li> <li>- Mostrar o funcionamento de uma ferramenta informática de programação de PAL, para exemplificar a construção de um circuito digital combinatório com várias saídas.</li> <li>- Realçar a aplicabilidade das PAL na obtenção de decodificadores de endereços.</li> <li>- Organizar grupos de trabalho que, recorrendo aos <i>sites</i>/manuais dos fabricantes, obtenham tipos de memórias e PLD comerciais, as características dos dispositivos de memória estudados, comparem as tecnologias usadas, capacidades, tempos de acesso, etc.</li> <li>- Cada grupo deve divulgar na turma o trabalho elaborado.</li> </ul>	(1)

**Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>7.3 – Electrónica de potência</b></p> <p><b>7.3.1 - Dispositivos de potência</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar a necessidade dos dispositivos de potência.</li>   <li>- Descrever a constituição e funcionamento dos seguintes dispositivos de potência.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Díodo.</i></li> <li>- <i>Tiristores: SCR, Triac e GTO.</i></li> <li>- <i>Transístor bipolar.</i></li> <li>- <i>MOSFET.</i></li> <li>- <i>IGBJT.</i></li> </ul> </li> <li>- Enumerar aplicações concretas dos dispositivos de potência.</li> <li>- Seleccionar os dispositivos de potência em função da frequência de trabalho, corrente máxima e tensão máxima de bloqueio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentar situações concretas que envolvam a utilização de dispositivos de potência.</li> <li>- Referir as vantagens que se obtêm com a utilização de circuitos de electrónica de potência relativamente aos equipamentos tradicionais.</li> <li>- Referir as limitações actuais dos circuitos de electrónica de potência.</li>   <li>- Apresentar exemplos de circuitos que utilizem cada um destes dispositivos, fazendo a descrição do seu funcionamento através da utilização das curvas características.</li> <li>- Consulta de <i>sítes</i> de fabricantes e manuais para obtenção de características e valores limites de utilização.</li> <li>- Comparar as características dos diferentes dispositivos de potência tendo em vista a sua utilização em situações concretas.</li> <li>- Apresentação de circuitos de aplicação em aparelhos electrodomésticos e industriais.</li> </ul>	<p align="center">(1)</p> <p align="center">(4)</p>



**Módulo 7: Sistemas Digitais e Electrónica de Potência**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<b>7.3.2 - Dispositivos de disparo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Identificar a necessidade de circuitos de comando dos dispositivos de potência.</li> <li>– Descrever a constituição e funcionamento dos seguintes dispositivos de disparo.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>DIAC.</i></li> <li>▪ <i>SUS e SBS.</i></li> <li>▪ <i>UJT.</i></li> <li>▪ <i>PUT.</i></li> </ul> </li> <li>– Dimensionar circuitos de disparo simples.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Consulta de <i>sítes</i> de fabricantes e manuais para obtenção de características e valores limites de utilização.</li> <li>– Apresentação de circuitos de aplicação em aparelhos electrodomésticos e industriais.</li> <li>– Utilizar tabelas para calcular e dimensionar circuitos de disparo que utilizem uma malha RC.</li> <li>– Dimensionar um oscilador de relaxação utilizando um UJT ou um PUT.</li> <li>– Apresentar aplicações típicas que utilizem estes componentes.</li> </ul>	(3)
<b>7.3.3 - Interface entre os circuitos de comando e potência</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Explicar a necessidade de utilização de técnicas de isolamento galvânico entre os circuitos de comando e potência.</li> <li>– Descrever e explicar o funcionamento de circuitos de interface entre o circuito de comando e o circuito de potência.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Ligação óptica.</i></li> <li>▪ <i>Ligação por transformador de isolamento.</i></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Descrever, de forma sucinta, as propriedades e o funcionamento dos LED, dos fototransistores e dos <i>fototriacs</i>.</li> </ul>	(2)

**Módulo 8: Amplificadores Operacionais e Geradores de Forma de Onda**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<b>8.1 – Circuitos com amplificadores operacionais</b>		<ul style="list-style-type: none"><li>– Os circuitos com amplificadores operacionais deverão ser sempre estudados na perspectiva do amplificador operacional ideal. Os alunos devem, contudo, estar alertados para as situações em que surgem divergências experimentais relativamente ao modelo ideal. Estas divergências devem ser especialmente salientadas a nível do <i>slew-rate</i>, <i>tensão de off-set</i> e banda passante.</li><li>– É aconselhável também a obtenção, a partir da Internet, de <i>data-sheets</i> de amplificadores operacionais dos diversos fabricantes e de diversos tipos, de forma a ser possível comparar as suas características.</li><li>– Estas características deverão estar sempre presentes quando se pretender dimensionar um circuito com amplificadores operacionais.</li><li>– Deve ter-se sempre em linha de conta a necessidade de apresentação de circuitos práticos onde as diversas montagens com amplificadores operacionais podem ser úteis.</li></ul>	<b>22</b>



**Módulo 8: Amplificadores Operacionais e Geradores de Forma de Onda**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conversor tensão-corrente (amplificador de transcondutância).</li> <li>– Conversor corrente-tensão (amplificador de transresistência).</li> </ul> <p><b>8.1.2 - Circuitos não lineares</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Circuitos limitadores de tensão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Identificar necessidade de circuitos limitadores de tensão.</li> <li>– Descrever o funcionamento dos diferentes circuitos limitadores de tensão.</li> <li>– Dimensionar circuitos limitadores em situações simples.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fazer referência à utilização dum conversor tensão-corrente para o transporte de sinais analógicos à distância (considerar, por exemplo, o circuito integrado XTR110 da Burr-Brown).</li> <li>– A utilização do conversor corrente-tensão pode ser evidenciado com a construção de um transformador de corrente ou de um sensor de corrente de defeito, utilizando um toróide, cuja saída será a entrada do amplificador.</li> <li>– Descrever situações que justifiquem a utilização de circuitos limitadores tais como a protecção de circuitos, a criação de formas de onda e a obtenção de níveis lógicos a partir de sinais analógicos.</li> <li>– Propor aos alunos a obtenção de circuitos limitadores da tensão de saída usando díodos Zener.</li> </ul>	<p>(4)</p>

**Módulo 8: Amplificadores Operacionais e Geradores de Forma de Onda**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rectificadores de precisão.</li> </ul> <p><b>8.1.3 - Circuitos comparadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Conceito geral.</li> <li>– Detector de passagem por zero.</li> <li>– Detector de nível.</li> <li>– Comparador regenerativo inversor e não-inversor (<i>Schmitt-trigger</i>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Distinguir entre rectificador e rectificador de precisão.</li> <li>– Descrever o funcionamento de um rectificador de precisão meia-onda.</li> <li>– Explicar o funcionamento de um rectificador de precisão de onda completa.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Caracterizar um comparador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mostrar que é possível fazer uma limitação de tensão ajustável, usando um divisor de tensão, em conjunto com um díodo de sinal.</li> <li>– Propor aos alunos o dimensionamento de circuitos limitadores de tensão de saída.</li> <li>– Evidenciar a impossibilidade de fazer a rectificação de sinais de fraca amplitude com díodos.</li> <li>– Levar os alunos à obtenção de um rectificador de precisão de onda completa, a partir de um rectificador de meia-onda e de um somador.</li> <li>– Conduzir os alunos à percepção da possibilidade de obtenção dos valores médio e eficaz de ondas sinusoidais e triangulares utilizando um rectificador de precisão e um filtro passa-baixo.</li> <li>– Comparar o funcionamento de um amplificador operacional em malha aberta a trabalhar como comparador com o funcionamento de um comparador.</li> <li>– Apresentar exemplos reais.</li> </ul>	<p>(3)</p>

## Sistemas Analógicos e Digitais – Desenvolvimento do Programa – 12º ano

(de acordo com a disciplina de especificação de Práticas de Electrónica e de Telecomunicações)

### Módulo 8: Amplificadores Operacionais e Geradores de Forma de Onda

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Identificar circuitos comparadores.</li> <li>- Enumerar e explicar as características principais de um comparador regenerativo e não regenerativos).</li> <li>- Projectar circuitos simples que envolvam o uso de comparadores.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Colocar à disposição dos alunos partes de circuitos que envolvam comparadores, como sejam o osciloscópio, geradores de sinais, etc., e realizar uma análise qualitativa do seu funcionamento.</li> <li>- Propor a realização de breves consultas, quer a manuais quer a <i>sites</i> de fabricantes, para constatar a tecnologia usada para cada um dos comparadores em CI.</li> <li>- Fazer especial referência às tensões de disparo ascendente e descendente, bem como às tensões máxima e mínima, de saída.</li> <li>- Projectar, por exemplo, um circuito, tudo-ou-nada, de regulação de temperatura usando um sensor de temperatura e um comparador regenerativo (<i>Schmitt-trigger</i>).</li></ul>	

**Módulo 8: Amplificadores Operacionais e Geradores de Forma de Onda**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>8.1.4 - Conversão D/A e A/D</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Circuitos de <i>Sample&amp;Hold</i>.</li> <li>- Conversores D/A.</li> <li>- Conversores A/D.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Justificar a necessidade de conversão D/A e A/D.</li> <li>- Enunciar o Teorema da Amostragem.</li> <li>- Identificar a necessidade de manter o sinal analógico constante durante o intervalo em que se realiza a conversão.</li> <li>- Descrever o princípio de funcionamento de um circuito <i>S&amp;H</i>.</li> <li>- Descrever e explicar o funcionamento de circuitos de conversão D/A. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Conversor D/A com resistências ponderadas.</i></li> <li>▪ <i>Conversor D/A com malha R-2R.</i></li> </ul> </li> <li>- Descrever e explicar o funcionamento de circuitos de conversão A/D. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Conversor A/D por contagem.</i></li> <li>▪ <i>Conversor A/D de dupla rampa (dual-slope).</i></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar exemplos de situações práticas e equipamentos que utilizem conversores A/D e D/A.</li> <li>- Relacionar a frequência de amostragem (<i>sampling-rate</i>) com a máxima frequência utilizável, em situações reais (por exemplo em CD áudio e numa linha RDIS).</li> <li>- Propõe-se a consulta de folhas de características de fabricantes e a identificação da terminologia usada na caracterização deste tipo de circuitos.</li> <li>- Propõe-se a resolução de alguns exercícios simples que envolvam estes conversores, de modo a evidenciar a correspondência entre a tensão analógica de entrada e a grandeza digital de saída.</li> <li>- Propõe-se a resolução de alguns exercícios simples que envolvam estes conversores.</li> </ul>	<p>(5)</p>

## Sistemas Analógicos e Digitais – Desenvolvimento do Programa – 12º ano

(de acordo com a disciplina de especificação de Práticas de Electrónica e de Telecomunicações)

### Módulo 8: Amplificadores Operacionais e Geradores de Forma de Onda

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <i>Conversor A/D por aproximações sucessivas.</i></li><li>▪ <i>Conversor A/D por comparação paralelo (flash).</i></li><li>▪ <i>Conversor A/D Sigma-Delta.</i></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Constatar a existência de conversores com saídas paralelas e conversores com saída série e distingui-los pelo seu funcionamento.</li><li>– Envolver preferencialmente, meios audiovisuais para propor os exemplos a resolver.</li></ul>	





**Módulo 8: Amplificadores Operacionais e Geradores de Forma de Onda**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>8.2.3 - Circuitos de temporização</b></p> <p>– Oscilador de relaxação/multivibrador astável.</p> <p>– Multivibrador monostável.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Calcular a frequência de oscilação e o <i>duty-cycle</i> da onda rectangular.</li> <li>– Descrever o processo de modulação por largura de impulso (PWM).</li> <li>– Identificar a necessidade de utilização de circuitos de temporização.</li> <li>– Descrever o princípio de funcionamento de um oscilador de relaxação.</li> <li>– Calcular a frequência de oscilação e o <i>duty-cycle</i> dum oscilador de relaxação.</li> <li>– Descrever o princípio de funcionamento de um multivibrador monostável.</li> <li>– Enumerar os diferentes tipos de disparo e saída de um multivibrador monostável.</li> <li>– Calcular o tempo de largura de impulso de um multivibrador monostável.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Propor aos alunos a detecção de situações que justifiquem a utilização de circuitos de temporização.</li> <li>– Projectar um oscilador de relaxação/multivibrador astável usando um <i>Schmitt-trigger</i> ou o CI 555.</li> <li>– Projectar um multivibrador monostável utilizando o CI 555 e circuitos TTL e CMOS.</li> <li>– Distinguir, pelas suas características, os circuitos com TTL ou CMOS dos realizados com CI 555.</li> <li>– Obtenção dos valores limites de utilização a partir dos dados dos fabricantes.</li> </ul>	<p>(2)</p>

**Módulo 9: Microcontroladores**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>9.1 – Microprocessadores e microcontroladores</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Listar as diferenças entre microcontroladores e microprocessadores.</li> <li>– Enumerar os principais fabricantes de microcontroladores de 4, 8, 16 e 32 bit.</li> </ul>	<p><b>Nota:</b>                      A opção pela família de microcontroladores 8051 deve-se, principalmente, às suas características que a elegem como a opção mais didáctica, à facilidade de obtenção de informação, aos desenvolvimentos que tem originado ao longo dos anos, à sua posição de líder no mercado mundial onde realçamos os fabricantes como a Intel, Philips, Siemens, Dallas, Atmel, que fornecem uma diversificada gama de compatíveis com distintas configurações e número de pinos.</p> <p>Entendemos, no entanto, que as escolas, utilizando os seus potenciais humanos e/ou técnicos disponíveis, poderão optar pelo desenvolvimento deste tema suportando a aprendizagem em outro(s) tipos de circuitos e fabricantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Distinguir as versões 8031/8051/8751 pelas suas características.</li> <li>– Descrever a evolução por parte dos fabricantes, em particular com a introdução de memória interna <i>flash</i>. (ex: 87C520, 89Cx051, 89S53).</li> </ul>	<p><b>22</b></p> <p>(2)</p>

**Módulo 9: Microcontroladores**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>9.2- Arquitectura do microcontrolador</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Constituição.</li>   <li>- Memória externa.</li>   <li>- Contadores e temporizadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecer o <i>hardware</i> do microcontrolador: oscilador, circuito de <i>reset</i>, temporização interna, contador do programa (PC) e ponteiro de dados (DPTR), registos A e B da CPU, <i>flags</i> e palavra de estado (PSW), memória interna RAM e ROM, pilha e ponteiro de pilha, registo de funções especiais (SFR).</li> <li>- Conhecer os diferentes funcionamentos dos portos de entrada/saída paralela.</li>   <li>- Utilizar a descodificação de endereços para efectuar a ligação da ROM e da RAM externas.</li>   <li>- Distinguir os modos de operação do contador/temporizador.</li> <li>- Reconhecer a função de interrupção do contador/temporizador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baseando-se no esquema de um microcontrolador da família 8051, propor aos alunos a execução faseada de um sistema, que satisfaça os requisitos de <i>hardware</i> mínimos de funcionamento autónomo, e que contenha os circuitos do oscilador e de <i>reset</i>, as memórias externas RAM e EPROM, o descodificador de endereços, e a interface RS232. A elaboração progressiva do desenho esquemático do sistema baseado no microcontrolador 80C51, deve ocorrer em paralelo com a aprendizagem das suas características de funcionamento, recorrendo quer a manuais quer a <i>sites</i> dos diversos fabricantes.</li>   <li>- Com esta metodologia pretende-se que o aluno construa ele próprio uma percepção das necessidades dum sistema autónomo, numa perspectiva modular e de integração de saberes adquiridos.</li> </ul>	<p align="center">(10)</p>

**Módulo 9: Microcontroladores**

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Entrada/saída de dados em série.</li> <li>– Interrupções</li> <li>– Desenvolvimentos estruturais.</li> </ul> <p><b>9.3 - Conjunto de instruções</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Modos de endereçamento. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Movimentação de dados.</li> <li>▪ Operações lógicas.</li> <li>▪ Operações aritméticas.</li> <li>▪ Instruções de salto e chamada.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reconhecer os modos distintos de transmissão e recepção de dados e a função de interrupção associada.</li> <li>– Conhecer o sistema de interrupções do microcontrolador e as respectivas prioridades.</li> <li>– Caracterizar os desenvolvimentos, na arquitectura, tecnologias, velocidades e controlo.</li> <li>– Conhecer as funções de <i>watchdog</i>, de <i>power-on reset</i> e de monitorização da tensão de alimentação.</li> <li>– Distinguir entre linguagem <i>assembly</i> e máquina.</li> <li>– Explicar os modos de endereçamento usados nas instruções do microcontrolador.</li> <li>– Conhecer os diferentes grupos de instruções do microcontrolador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pretende-se, igualmente, que o aluno compreenda as necessidades adicionais de <i>software</i>, para que o sistema funcione, e por extrapolação, seja capaz de avaliar as necessidades de <i>hardware</i> e de <i>software</i> de um computador.</li> <li>– Descrever os desenvolvimentos mais característicos dos diferentes fabricantes, realçando os <i>timers</i>, número de portas série, entrada saída de dados analógicos (conversores ADC e DAC) e tipos de protocolos de comunicação série como o SPI e I<sup>2</sup>C.</li> <li>– Realçar a necessidade destes mecanismos, em particular nas aplicações sujeitas a interferências.</li> <li>– À medida que vão sendo estudados os diferentes tipos de instruções, propor a realização de pequenos programas elucidativos da função e das potencialidades das instruções.</li> </ul>	<p>(10)</p>

## Sistemas Analógicos e Digitais – Desenvolvimento do Programa – 12º ano

(de acordo com a disciplina de especificação de Práticas de Electrónica e de Telecomunicações)

### Módulo 9: Microcontroladores

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
		<ul style="list-style-type: none"><li>- Utilizando uma ferramenta informática, solicitar aos alunos a realização do desenho esquemático do circuito obtido, visando, a sua apresentação à turma e à comunidade escolar, bem como futuros desenvolvimentos de comando e controlo na disciplina de Práticas Laboratoriais e realização da PAT – Prova de Aptidão Tecnológica.</li><li>- Divulgar os trabalhos realizados.</li></ul>	

#### IV. Bibliografia Geral

Ayala, K. J. (1997). *The 8051 Microcontroller – Architecture Programming and Applications*. New York: West Publishing Company.

(Contempla o capítulo do programa: microcontroladores. Recomendado para o professor).

Boylestad, R. & Nashelsky, L. (1994). *Dispositivos Electrónicos e Teoria de Circuitos*. Rio de Janeiro: Prentice-Hall.

(Contempla os capítulos do programa: circuitos com amplificadores operacionais. Recomendado para o professor).

Brice, T. E. (1997). *Analog Electronics – An Integrated PSPICE Approach*. New Jersey: Prentice-Hall.

(Contempla os capítulos do programa: amplificadores operacionais e geradores de forma de onda e electrónica de potência. Recomendado para o professor).

Ferreira, J. M. (1998). *Introdução ao Projecto com Sistemas Digitais e Microcontroladores*. Porto: Edições FEUP.

(Contempla os capítulos do programa: circuitos sequenciais síncronos e microcontroladores. Recomendado para o professor).

Floyd, T. L. (1994). *Digital Fundamentals*. New York: Merrill.

(Contempla o capítulo do programa: memórias. Recomendado para o professor.).

Franco, S. (2000). *Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits*. New York: McGraw-Hill.

(Contempla os capítulos do programa: circuitos com amplificadores operacionais e geradores de forma de onda. Recomendado para o professor).

Lander, C. W. (1988). *Electrónica Industrial – Teoria e Aplicações*. São Paulo: McGraw-Hill.

(Contempla o capítulo do programa: electrónica de potência. Recomendado para professor e alunos).

Lilen, H. (1980). *Thyristors y Triacs*. Madrid: Marcombo Editores.

(Contempla o capítulo do programa: electrónica de potência. Recomendado para professor e alunos).

Malvino, A. P. (2000). *Princípios de Electrónica*. São Paulo: McGraw-Hill.

(Contempla os capítulos do programa: circuitos com amplificadores operacionais e geradores de forma de onda. Recomendado para o professor)

McKenzie, I. S. (1999). *The 8051 Microcontroller*. New Jersey: Prentice-Hall.

(Contempla o capítulo do programa: microcontroladores. Recomendado para o professor).

Mohan, U. R. (1989). *Power Electronics: Converters, Applications and Design*. New York: John Wiley and Sons.

(Contempla os capítulos do programa: electrónica de potência. Recomendado para o professor).

Millman, J. & Grabel, A. (1992). *Microelectrónica*. Lisboa: McGraw-Hill.

(Contempla o capítulo do programa: circuitos com amplificadores operacionais. Recomendado para o professor).

Padilla, A. J. G. (1993). *Electrónica Analógica*. Lisboa: McGraw-Hill.

(Contempla o capítulo do programa: circuitos com amplificadores operacionais e geradores de forma de onda. Recomendado para o aluno).

Pereira, A. S., Águas, M. & Baldaia, R. (1998). *Sistemas Digitais, 12ºano*. Porto: Porto Editora.

(Contempla os capítulos do programa: circuitos sequenciais síncronos, memórias. Recomendado para o aluno).

Pertence, J. A. (1988). *Amplificadores operacionais e filtros activos*. São Paulo: McGraw-Hill.

(Contempla os capítulos do programa: circuitos com amplificadores operacionais e geradores de forma de onda. Recomendado para o professor).

Predko, M. (1999). *Programming and Customizing the 8051 Microcontroller*. New York: McGraw-Hill.

(Contempla o capítulo do programa: microcontroladores. Recomendado para o professor).

Stanley, W. J. (1999). *Operational Amplifier with Linear Integrated Circuits*. New York: Merrill.

(Contempla os capítulos do programa: circuitos com amplificadores operacionais e geradores de forma de onda. Recomendado para o professor).

Tobey, G. H. (1989). *Operational Amplifiers - Design and Applications*. New York: McGraw-Hill.

(Contempla os capítulos do programa: circuitos com amplificadores operacionais e geradores de forma de onda. Recomendado para o professor).



Tocci, R. J. (1991). *Digital Systems Principles and Applications*. New Jersey: Prentice-Hall.

(Contempla o capítulo do programa: memórias. Recomendado para o professor).

Wakerly, J. F. (1990). *Digital Design Principles and Practices*. New Jersey: Prentice-Hall.

(Contempla os capítulos do programa: circuitos sequenciais síncronos – memórias. Recomendado para o professor).

Yeralan, S. & Ahluwalia, A. (1995). *Programming and Interfacing the 8051 Microcontroller*. New York: Addison Wesley.

(Contempla o capítulo do programa: microcontroladores. Recomendado para o professor).