

**Ministério da Educação**

Direcção – Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular

Ensino Recorrente de Nível Secundário

Programa

de

**Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica**

(de acordo com as disciplinas 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:

José Manuel Guerreiro Gregório (Coordenador)

Rogério Barros Baldaia

José Virgílio Faria Pires

António José Coelho Henriques

**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 .....	11
Módulo 9 .....	15
IV – Bibliografia Geral.....	17

## I. INTRODUÇÃO

A disciplina de **Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica** é, como já se referiu, uma disciplina trienal do Curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica do ensino secundário recorrente, onde se procedeu à exploração de hipóteses pela experimentação laboratorial e pela utilização da simulação em computador, funcionando de forma intimamente relacionada com a disciplina de Sistemas Analógicos e Digitais de modo a dar suporte experimental à conceptualização teórica, não só demonstrando e confirmando a teoria mas sobretudo antecipando-a através do método indutivo.

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, das actividades experimentais ou prática simulada. 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 12.º 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

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

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>7.1 - Circuitos sequenciais síncronos</b></p>		<p><b>Nota:</b>                      As indicações que se seguem pressupõem uma leitura prévia das sugestões metodológicas gerais feitas na apresentação do programa de 10º ano e que não são aqui repetidas por uma questão de simplificação do texto. Devem, no entanto, estar sempre presentes na gestão do programa. Assim, o professor deve ter o cuidado de, a cada passo, discernir a importância relativa dos assuntos, centrar o processo de aprendizagem na actividade dos alunos, diferenciar os métodos de acordo com as características daqueles, diversificar o tipo de actividades laboratoriais, lançar constantes desafios de reflexão e de discussão, aplicar continuamente uma avaliação formativa apoiada em instrumentos adequados.                      Atendendo à carga horária disponível, considera-se necessária a existência de um conjunto de módulos previamente construídos, que possibilitem a execução de parte significativa das experiências e onde os alunos apenas efectuem as ligações pretendidas.</p>	<p><b>22</b></p> <p>(8)</p>

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

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>7.1.1 - Aplicações com contadores síncronos</b></p> <p><b>7.1.2 - Registos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar circuitos CMOS da série 74HCT ou 4000.</li> <li>- Testar o funcionamento de um relógio digital.</li> <li>- Projectar um circuito envolvendo uma contagem reversível.</li> <li>- Ensaiar o circuito projectado.</li> <li>- Interligar fontes de dados ao mesmo barramento.</li> <li>- Testar o funcionamento dum registo de deslocamento universal.</li> <li>- Distinguir entre transmissão paralela e série de dados.</li> <li>- Ensaiar um circuito de aplicação da transmissão série de informação.</li> <li>- Experimentar os deslocamentos à esquerda e à direita.</li> <li>- Aplicar os deslocamentos em ambos os sentidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensaiar o funcionamento de um relógio digital de 12 horas e minutos.</li> <li>- Usando um contador reversível com <i>load</i> síncrono (74HCT169) ou assíncrono (74HCT191 e 74HCT193), propor a realização do circuito de contagem dos carros num parque automóvel.</li> <li>- Promover a apresentação e discussão de diferentes soluções para o circuito detector da passagem do carro, pelos grupos de alunos.</li> <li>- Utilizando registos (74HCT373 ou 74HCT374 ou 74HCT377) e o registo de deslocamento universal (74HCT194), sugerir a um grupo de alunos a realização dum emissor de informação série, provida alternadamente de duas fontes paralelas de 4 <i>bits</i>, e a outro grupo o correspondente receptor.</li> <li>- Ensaiar um conjunto emissor/receptor ou, solicitar aos alunos a construção do circuito de comando de um motor passo a passo, tendo o sentido de rotação dependente de uma entrada.</li> </ul>	

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

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>7.1.3 - Síntese de controladores com <i>flip-flops</i></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensaiar um circuito sequencial de Moore, tendo no máximo duas entradas e duas saídas, conhecidas as suas especificações.</li> <li>- Ensaiar um circuito sequencial de Mealy, tendo no máximo duas entradas e duas saídas, conhecidas as suas especificações.</li> <li>- Usar o diagrama de estados e as excitações dos <i>flip-flops</i> na detecção de avarias.</li> <li>- Distinguir o comportamento dos circuitos de Moore e de Mealy.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exemplificando com circuitos de aplicação prática, propor aos alunos a montagem e teste de circuitos sequenciais de Moore e/ou Mealy, baseado em <i>flip-flops</i> JK, desenhados nas aulas de Sistemas Analógicos e Digitais (SAD).</li> <li>- Uma vez que o factor tempo é determinante no funcionamento dos circuitos sequenciais, e os alunos mostram dificuldades acrescidas na detecção das avarias, torna-se importante ministrar de forma oportuna as técnicas de detecção de erros de funcionamento deste tipo de circuitos.</li> <li>- Realçar a necessidade de recorrer ao diagrama de estados do circuito para interpretar de forma correcta o seu funcionamento, completando-o, se necessário, com os estados não usados no seu desenho, para uma compreensão correcta de aparentes maus funcionamentos.</li> <li>- Mostrar com os circuitos usados as diferenças de comportamento do circuito de Moore e de Mealy.</li> </ul>	

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

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>7.1.4 - Síntese de controladores com contador e multiplexers</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distinguir as sínteses canónica com <i>flip-flops</i> e modular.</li> <li>- Compreender as funções dos módulos usados no circuito.</li> <li>- Interligar os diferentes módulos.</li> <li>- Ensaiar circuitos sequenciais, cujas especificações são conhecidas, e construídos numa perspectiva modular com circuitos integrados MSI ou LSI.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar simuladores informáticos de electrónica digital que mostrem a resposta temporal, para melhor compreensão do comportamento real do circuito.</li> <li>- Propor aos alunos a montagem e teste de circuitos envolvendo várias entradas e saídas e que, procurando resolver situações da vida quotidiana, foram desenhados nas aulas de SAD.</li> <li>- Transmitir aos alunos a noção de que a síntese modular permite o uso de técnicas diferentes de detecção de avarias.</li> <li>- Propor, aos diferentes grupos de trabalho de alunos, a elaboração do desenho electrónico dos circuitos ensaiados e verificados, recorrendo à utilização de uma ferramenta informática.</li> <li>- Efectuar a sua divulgação na turma e restante comunidade escolar.</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 - Memórias EPROM</b></p> <p><b>7.2.2 - Memórias RAM</b></p> <p><b>7.2.3 - Dispositivos programáveis - PLD</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar uma ferramenta informática de programação de EPROM.</li> <li>- Ensaiar o funcionamento dum circuito baseado numa EPROM.</li> <li>- Testar o funcionamento duma RAM.</li> <li>- Distinguir as operações de escrita e leitura.</li> <li>- Usar as saídas <i>tri-state</i>.</li>   <li>- Conhecer uma ferramenta informática de programação de PAL.</li> <li>- Construir um circuito digital baseado numa PAL.</li> <li>- Testar o circuito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propor aos alunos a execução de um circuito baseado numa EPROM que mostre, num <i>display</i> de 7 segmentos, uma contagem hexadecimal. Um contador gerará os endereços.</li>   <li>- Sugerir aos alunos a construção de um circuito de memórias tendo os mesmos barramentos de dados e de endereços, em analogia com os computadores. Pode-se, para tal, adicionar uma RAM, tendo endereços distintos ao circuito construído anteriormente com a EPROM e contendo, por exemplo, os caracteres ASCII correspondentes a uma mensagem. Um contador e um ou dois interruptores gerarão os endereços, permitindo mostrar a mensagem ou a contagem hexadecimal.</li> <li>- Propor aos alunos que substituam o decodificador de endereços do circuito de memórias usado anteriormente por um baseado numa PAL.</li> <li>- Ou, alternativamente, usar a PAL para construir um dos controladores estudados e desenhado com <i>flip-flops</i> D, em SAD.</li> </ul>	<p>(4)</p>

**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 - Controlo de potência num receptor</b></p> <p>– Ligação óptica à distância.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilizar dispositivos de disparo.</li> <li>– Ensaiar um circuito de potência que utilize um SCR.</li> <li>– Evidenciar as vantagens de utilização de <i>snubber</i> nos circuitos indutivos em comutação.</li> <li>– Ensaiar um circuito de potência que utilize um TRIAC.</li> <li>– Montar e analisar um circuito de emissão e recepção de infravermelhos com desmodulação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Usar isolamento entre os circuitos de comando e potência. Sugere-se fazer o controlo de velocidade de um pequeno motor de c.c.</li> <li>– Usar isolamento entre os circuitos de comando e potência. Sugere-se que se faça a regulação da intensidade luminosa de uma lâmpada de incandescência.</li> <li>– Utilizando circuito integrado de comutação por passagem por zero, realizar um controlo de temperatura.</li> <li>– Nos circuitos citados anteriormente, sugere-se a utilização do isolamento por ligação óptica num dos trabalhos, e por transformador no outro.</li> <li>– Fazer uma emissão pulsada de infravermelhos e utilizar um filtro passa-banda, de banda estreita, sintonizado com a frequência de emissão, como desmodulador.</li> <li>– Apesar deste trabalho não apresentar uma aplicação directa à electrónica de potência, a sua realização parece-nos revestida de inegável interesse prático. Sugere-se, por isso, a sua realização, no caso de haver tempo para tal.</li> </ul>	<p>(10)</p>

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

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>8.1 - Circuitos com amplificadores operacionais</b></p> <p><b>8.1.1 - Circuitos lineares</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Termómetro.</li> <li>- Integrador/diferenciador.</li> <li>- Conversor tensão-corrente.</li> <li>- Conversor corrente-tensão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir um termómetro a partir dum sensor de temperatura e dum tensão de referência.</li> <li>- Descrever a forma de calibrar o termómetro.</li> <li>- Analisar o comportamento dos circuitos integrador e diferenciador com entrada sinusoidal.</li> <li>- Utilizar um conversor tensão-corrente para realizar a transmissão da resposta de um sensor à distância.</li> <li>- Analisar um circuito de medida de uma corrente de defeito usando um conversor corrente-tensão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nestes trabalhos com amplificadores operacionais sugere-se a utilização do <math>\mu</math>A741 ou TL081.</li> <li>- Utilizar, por exemplo, o CI LM335 ou AD590 como sensor de temperatura e o CI ICL8069 ou AD580 como tensão de referência.</li> <li>- Consultar manuais e <i>sites</i> de fabricantes para conhecer as características dos CI.</li> <li>- A utilização dum tensão rectangular na entrada do integrador será feita aquando do estudo do gerador de onda triangular.</li> <li>- Utilizar, por exemplo, uma PTC, NTC ou RTD como sensor de temperatura e transmitir o seu valor à distância.</li> <li>- Utilizar um toróide com enrolamento sensor de corrente de defeito e transformar esse valor numa tensão.</li> </ul>	<p><b>22</b></p> <p>(15)</p>

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

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>8.1.2 - Circuitos não lineares</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rectificadores de precisão.</li> </ul> <p><b>8.1.3 - Comparadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detector de nível inversor e não inversor.</li> <li>- Detector de passagem por zero.</li> <li>- <i>Schmitt-trigger</i> inversor e não inversor.</li> <li>- Montagem com fotorresistência (LDR).</li> </ul> <p><b>8.1.4 - Conversores D/A e A/D</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Circuito de <i>sample&amp;hold</i>.</li> <li>- Conversor D/A.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montar um rectificador de precisão de onda completa.</li> <li>- Utilizar um rectificador de onda completa em conjunto com um filtro passa-baixo e um amplificador para determinar o valor eficaz de uma grandeza sinusoidal e/ou triangular.</li> <li>- Analisar a resposta de um detector de nível.</li> <li>- Analisar a resposta de um detector de passagem por zero.</li> <li>- Analisar a resposta de um <i>Schmitt-trigger</i>.</li> <li>- Utilizar um <i>Schmitt-trigger</i> numa montagem com uma fotorresistência e um LED.</li> <li>- Analisar o funcionamento de um circuito de <i>sample&amp;hold</i>.</li> <li>- Relacionar a frequência de amostragem com o sinal amostrado.</li> <li>- Construir um conversor D/A com uma malha R-2R tendo, como entrada, a saída de um contador binário.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar na entrada ondas sinusoidais e triangulares e determinar, para cada caso, o ganho do amplificador.</li> <li>- Confrontar as tensões de subida e descida com os valores teóricos.</li> <li>- Simular um circuito de comando de acendimento automático de uma lâmpada.</li> <li>- Utilizar um circuito integrado específico, por exemplo o LF398.</li> <li>- Sugere-se, como sinal digital de entrada, a saída de um contador binário CMOS.</li> </ul>	

**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 A/D.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir um conversor A/D por comparação paralela usando um codificador de prioridade.</li> <li>- Montar um voltímetro digital a partir dum CI conversor A/D com <i>drivers</i> para <i>displays</i> de 7 segmentos.</li> <li>- Utilizar o circuito anterior para construir um amperímetro, usando um conversor corrente-tensão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sugere-se a utilização de um comparador quádruplo (LM339).</li> <li>- Utilizar, por exemplo, os CI CA3161+CA3162 ou ICL7107 da Intersil.</li> <li>- Este trabalho poderá, se necessário, substituir o conversor corrente-tensão referido anteriormente.</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 - Geradores de formas de onda</b></p> <p><b>8.2.1 - Gerador de onda sinusoidal</b></p> <p><b>8.2.2 - Gerador de onda triangular</b></p> <p><b>8.2.3 - Circuitos de temporização</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oscilador de relaxação.</li> <li>- Multivibrador monostável.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montar um gerador de onda sinusoidal.</li> <li>- Verificar a acção do circuito limitador da tensão de saída.</li> <li>- Montar um gerador de onda triangular com controlo de <i>duty-cycle</i> na saída de onda rectangular e controlo de tensão máxima e mínima na saída de onda triangular.</li> <li>- Montar um circuito PWM e controlar a velocidade de um pequeno motor de c.c.</li> <li>- Analisar o funcionamento de um oscilador de relaxação usando um “timer”.</li> <li>- Projectar e montar um oscilador de relaxação, conhecidos a frequência de oscilação e o <i>duty-cycle</i>.</li> <li>- Analisar o funcionamento de um multivibrador monostável usando um “timer”.</li> <li>- Projectar e colocar em funcionamento um multivibrador monostável, conhecido o tempo de largura de impulso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar um oscilador de entre os que foram estudados.</li> <li>- Sugere-se a utilização do CI 555.</li> <li>- Sugere-se a utilização do CI 555 e de circuitos específicos da família TTL e CMOS com verificação do tempo de largura de impulso e flancos de disparo.</li> </ul>	<p>(7)</p>

**Módulo 9: Microcontroladores**

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p><b>9.1 – Microprocessadores e microcontroladores</b></p> <p>– Programação.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Compreender a sintaxe da linguagem mnemónica (<i>assembly</i>).</li> <li>– Explicar a função do tradutor (<i>assembler</i>) da linguagem mnemónica em máquina.</li> <li>– Utilizar uma ferramenta informática de apoio, que realize a tradução de linguagem mnemónica em máquina.</li> <li>– Aplicar as instruções de movimentação de dados internos e externos, ao nível do <i>byte</i> ou do <i>bit</i>, em pequenos programas.</li> <li>– Utilizar instruções de operações lógicas, tendo como operandos <i>bytes</i> ou <i>bits</i>, de rotação e de permuta.</li> <li>– Aplicar as instruções aritméticas em programas.</li> <li>– Escrever programas envolvendo subrotinas e tomadas de decisão ao nível do <i>byte</i> ou do <i>bit</i>.</li> <li>– Compreender como operam as interrupções geradas por <i>hardware</i>.</li> <li>– Escrever pequenos programas envolvendo subrotinas e interrupções.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sugere-se que se mostre aos alunos que um processador realiza sequencialmente operações muito precisas, com dados contidos em registos, determinadas por instruções guardadas na memória e que são por eles decodificadas e executadas.</li> <li>– Para exemplificar a actuação do tradutor (<i>assembler</i>) de linguagem mnemónica (<i>assembly</i>) em máquina, sugere-se a conversão manual de cada instrução em mnemónica de um pequeno programa no código máquina correspondente.</li> <li>– A prática de escrever e correr pequenos programas, será a maneira mais eficiente de o aluno compreender as operações executadas pelo microcontrolador.</li> <li>– Essa prática deve ser complementada com a utilização de uma ferramenta informática, simuladora ou interactiva com o circuito didáctico do microcontrolador, que possibilite correr os programas passo a passo, e visualizar os conteúdos de registos, memória, etc., para que, desse modo, se melhore a percepção das operações efectuadas pelo microcontrolador e se detectem os erros do programa.</li> </ul>	<p><b>22</b></p>

## Práticas Laboratoriais de Electrotecnia/Electrónica – Desenvolvimento do programa – 12º Ano

(de acordo com as disciplinas de especificação de Práticas de Electrónica e de Telecomunicações)

### Módulo 9: Microcontroladores

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
		<p>A planificação da resolução do problema proposto deve ser feita com a visualização do algoritmo correspondente, por recurso aos fluxogramas, que, para além de um auxiliar precioso na organização da lista de acções necessárias, também o é na construção do programa em linguagem mnemónica.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Dado o tempo disponível, será importante que os programas solicitados aos alunos, mais do que percorrer todas as instruções, mostrem os principais mecanismos de tratamento da informação, quer interna quer externa ao microcontrolador.</li><li>– Apresentar programas simples, que introduzam conceitos e técnicas de programação, tanto quanto possível ligados a <i>hardware</i> electrónico exterior, de modo a servirem de catalisadores a aplicações mais elaboradas que poderão vir a ser desenvolvidas em Projectos e na Prova de Aptidão Tecnológica.</li><li>– Propor a grupos de alunos a execução de desenhos de circuitos electrónicos, que fomentem a ligação do microcontrolador ao exterior, e com posterior divulgação na comunidade escolar.</li></ul>	



## IV. Bibliografia Geral

Angulo, C., Muñoz, A. & Pareja, J. (1993). *Teoría e Práctica de Electrónica*. S. Paulo: McGraw-Hill.

(Recomendado para os trabalhos de díodos. Aconselhado aos docentes).

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).

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).

Hall, D. (1989). *Digital Circuits and Systems*. USA: McGraw -Hill.

(Contém boa fundamentação teórica de sistemas digitais, exemplos de aplicação, exercícios e sugestões para laboratório. Aconselhado aos docentes).

Malvino, A. P. (1991). *Electrónica no Laboratório*. S. Paulo: McGraw-Hill.

(Recomendado para os trabalhos: transístores bipolares e de efeito campo e amplificadores operacionais. Aconselhado aos docentes).

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

(Contempla os capítulos do programa: circuitos com amplificadores operacionais e geradores de forma de onda. Aconselhado aos docentes).

Melo, M. (1993). *Electrónica Digital*. S. Paulo: McGraw-Hill.

(Contém muitas sugestões de trabalhos de sistemas digitais. Aconselhado aos docentes).

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

(Contempla os capítulos do programa: electrónica de potência. Aconselhado aos docentes).

Pinto, A. & Caldeira, J. (1996). *Práticas Oficinas e Laboratoriais, 12º Ano*. Porto: Porto Editora.

(Recomendado para os trabalhos de amplificadores operacionais).

Silva, V. (1991). *Trabalhos Práticos de Electrónica, 12º Ano*. Lisboa: Didáctica Editora.

(Recomendado para os trabalhos de amplificadores operacionais).

Tischler, M. (1981). *Experiments in Amplifier, Filters, Oscillators and Generators*. USA: McGraw-Hill.

(Recomendado para os trabalhos de circuitos com amplificadores operacionais e geradores de forma de onda).

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.).

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

(Contempla o capítulo do programa: microcontroladores. Aconselhado aos docentes).