

Ministério da Educação

Direcção - Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular

Ensino Recorrente de Nível Secundário

Programa de Sistemas Analógicos e Digitais

11º Ano

Curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica

Autores

Henrique Gante

José Gregório

Adaptado a partir do programa elaborado por:

Aníbal das Neves Oliveira (Coordenador)

António José Póvoa Ferreira

José Campos Vaz Fidalgo

Maria Armanda Oliveira Silva Couto

Homologação

15/11/2005

Índice

I - Introdução	3
II - Visão geral dos módulos/conteúdos.....	4
III - Desenvolvimento do Programa.....	5
Módulo 4	5
Módulo 5	11
Módulo 6	15
IV - Bibliografia Geral.....	18

I. Introdução

A disciplina de **Sistemas Analógicos e Digitais** é uma disciplina trienal, do Curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica, do ensino secundário recorrente, iniciada no 10º ano, e orientada para a fundamentação científica dos fenómenos, dos conceitos, das leis e das metodologias de análise.

Durante o 10.º ano, os alunos tiveram oportunidade de conhecer os processos de produção, transporte e distribuição da energia eléctrica, as leis gerais do circuito eléctrico, o funcionamento dos condensadores, as leis do magnetismo e do electromagnetismo, a corrente alternada e o funcionamento dos circuitos básicos com díodos.

O programa do 11.º ano desenvolve agora, e dando continuidade aos conhecimentos adquiridos, o estudo dos transístores, a introdução aos amplificadores operacionais e aos sistemas digitais e suas aplicações mais importantes, funcionando de forma intimamente relacionada com a disciplina de Práticas Laboratoriais, que dará o suporte experimental à conceptualização teórica.

A introdução ao estudo dos amplificadores operacionais, módulo 4, ponto 4.3 é apresentada de uma forma menos aprofundada, tendo em atenção que este tema será novamente abordado e de um modo mais desenvolvido no 12.º ano nas especificações de Práticas de Electrónica e de Telecomunicações. O seu aparecimento neste módulo, teve como objectivo fornecer ao aluno uma ferramenta básica, especialmente aqueles que optem, no 12.º ano, pela especificação de Práticas de Instalações Eléctricas.

Na gestão dos tempos lectivos, previstos para cada projecto, considerou-se, de igual modo, como no 10.º ano, 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, 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 11º ano está estruturado com base nos seguintes módulos e temas:

- **Módulo 4. – Transístores e Introdução aos Amplificadores Operacionais.**

- 4.1 – Transístor Bipolar.
- 4.2 – Transístor de Efeito de Campo.
- 4.3 – Amplificador Operacional.

- **Módulo 5. – Introdução aos Sistemas Digitais.**

- 5.1 – Sistemas de numeração e códigos.
- 5.2 – Circuitos Lógicos.
- 5.3 – Álgebra de Bool.
- 5.4 – Simplificação de Funções Lógicas usando o método de Karnaugh.
- 5.5 – Projecto de circuitos combinatórios simples.

- **Módulo 6. – Aplicações de Sistemas Digitais.**

- 6.1 – Circuitos combinatórios.
- 6.2 – Biestáveis.
- 6.3 – Contadores.

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
<p>4.1 -Transístor bipolar</p> <p>4.1.1- Constituição e funcionamento.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Constituição do transístor bipolar. - Tipos e símbolos. - Funcionamento. - Correntes e tensões. <p>4.1.2- Transístor em regime estático.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Montagens: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Emissor comum; ▪ Colector comum; ▪ Base comum. - Estudo da montagem emissor comum: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Características de saída; ▪ Características de entrada; ▪ Zonas de funcionamento; ▪ Recta de carga; ▪ Aplicações: <ul style="list-style-type: none"> • Como comutador; • Como amplificador. - Valores limites de utilização. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer a constituição, tipos e símbolos do transístor bipolar. - Compreender o funcionamento do transístor. - Identificar tensões e correntes do transístor e determinar a relação entre elas. - Conhecer as montagens fundamentais. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Emissor comum. ▪ Colector comum. ▪ Base comum. - Interpretar as características de entrada e saída de um transístor na configuração emissor comum. - Identificar zonas de funcionamento do transístor. - Traçar a recta de carga estática. - Conhecer o funcionamento do transístor como interruptor. - Verificar graficamente o funcionamento do transístor como amplificador. - Delimitar graficamente os valores de utilização. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar meios audiovisuais para mostrar a constituição do transístor. - Levar os alunos a compreender o efeito transístor e a relação entre correntes e tensões. - Apresentar aos alunos as montagens fundamentais, levando-os a identificar as grandezas de entrada e saída de cada uma. - Utilizar meios audiovisuais para apresentação das características de entrada e saída e identificação de zonas de funcionamento. - Utilizar o transístor como meio de ligar/desligar um relé. Dimensionar o circuito. - Consultar manuais específicos para identificar valores limites de utilização do transístor. 	<p>22</p> <p>(1)</p> <p>(3)</p>

Sistemas Analógicos e Digitais – desenvolvimento do programa - 11º Ano

Módulo 4: Transístores e Introdução aos Amplificadores Operacionais

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
<p>4.1.3- Circuitos de polarização.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Polarização fixa. - Polarização com resistência de emissor. - Polarização por divisor de tensão. <p>4.1.4- Transístor em regime dinâmico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esquema equivalente para sinais: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Emissor comum; ▪ Colector comum; ▪ Base comum. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer os vários tipos de circuitos de polarização do transístor. - Identificar vantagens e desvantagens de cada tipo. - Calcular as coordenadas do ponto de funcionamento. <ul style="list-style-type: none"> - Conhecer um esquema equivalente simplificado do transístor para sinais. - Analisar o amplificador emissor comum para sinais. - Identificar as características do sinal de saída em função da entrada para cada montagem. - Comparar as características das três montagens. 	<ul style="list-style-type: none"> - A partir dos circuitos de polarização propor aos alunos o seu dimensionamento para obtenção do ponto de funcionamento estático. - Para simplificação dos cálculos, na polarização por divisor de tensão dever-se-á fazer uma análise aproximada desprezando a corrente de base. <ul style="list-style-type: none"> - Usar o esquema equivalente simplificado do transístor para estudo da montagem em emissor comum. - Usar o laboratório virtual para observar e deduzir as características das três montagens. - Exemplificar situações onde se mostre a sobreposição dos sinais à componente contínua. 	<p>(3)</p> <p>(3)</p>

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
<p>4.2- Transístor de efeito de campo.</p> <p>4.2.1– Transístor JFET.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Constituição. – Tipos e símbolos. – Funcionamento. – Correntes e tensões. – Características de saída e transferência. <p>4.2.2– Circuitos de polarização.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Autopolarização. – Polarização por divisor de tensão. 	<ul style="list-style-type: none"> – Conhecer a constituição básica de um JFET. – Compreender o seu funcionamento. – Conhecer tipos e símbolos do JFET. – Identificar correntes e tensões do JFET e relacioná-las. – Identificar e descrever as zonas significativas das características de saída e transferência. – Comparar as suas características com as do transístor bipolar. <ul style="list-style-type: none"> – Conhecer os circuitos de polarização do JFET por autopolarização e polarização por divisor de tensão. – Identificar vantagens e desvantagens de cada tipo. – Traçar a recta de carga e definir as coordenadas do ponto de funcionamento. 	<ul style="list-style-type: none"> – Utilizar meios audiovisuais para mostrar a constituição do JFET. – Levar os alunos a compreender o efeito de campo e a relação entre correntes. – Utilizar meios audiovisuais para apresentar as características de saída e transferência. – Identificar nas características de transferência os pontos correspondentes a I_{DSS} e U_{GSoff}. <ul style="list-style-type: none"> – O estudo dos circuitos de polarização do JFET deverá reduzir-se ao cálculo das resistências de polarização, conhecido o ponto de funcionamento. 	<p>(1)</p> <p>(1)</p>

Sistemas Analógicos e Digitais – desenvolvimento do programa - 11º Ano

Módulo 4: Transístores e Introdução aos Amplificadores Operacionais

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
<p>4.2.3 – Aplicações</p> <ul style="list-style-type: none"> – Resistência variável. – Amplificador. <p>4.2.4 – Transistor MOSFET</p> <ul style="list-style-type: none"> – Constituição. – Tipos e símbolos. – Funcionamento. – Aplicações. 	<ul style="list-style-type: none"> – Descrever várias aplicações do JFET como comutador, resistência variável e amplificador. – Conhecer o esquema equivalente do JFET para sinais. – Efectuar o estudo do amplificador fonte comum para sinais. <ul style="list-style-type: none"> – Conhecer a constituição, tipos e símbolos dos transístores MOSFET. – Explicar as características e operação dos dois tipos de MOSFET, modo depleção e modo enriquecimento. – Identificar e descrever as zonas significativas das características de saída e transferência. 	<ul style="list-style-type: none"> – Mostrar aos alunos diversas aplicações do JFET. – Usar o esquema equivalente do transistor JFET para o estudo da montagem fonte comum. <ul style="list-style-type: none"> – Utilizar meios audiovisuais para mostrar a constituição e analisar o funcionamento dos MOSFET de modo de depleção e modo de enriquecimento. – Utilizar as características de transferência e um circuito para realçar o funcionamento como comutador. – Propor aos alunos trabalhos para serem realizados em grupo, onde façam um estudo comparativo entre o transistor bipolar, transistor de efeito de campo e válvula termoiónica. Utilizar a Internet como fonte de informação de dados e imagens. – Divulgar os trabalhos realizados. 	<p>(3)</p> <p>(1)</p>

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
<p>4.3 - Amplificador operacional.</p> <p>4.3.1- Amplificador operacional.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Características do amplificador operacional ideal. - Amplificador operacional real. <p>4.3.2 - Montagens básicas com realimentação negativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amplificador inversor. - Amplificador não inversor. - Amplificador seguidor de tensão. - Somador inversor. - Subtractor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer as características do amplificador operacional ideal. - Caracterizar um amplificador operacional real. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Curva de resposta em frequência. ▪ Largura de banda. ▪ Slew-rate. - Identificar as montagens básicas com realimentação negativa. - Determinar correntes, tensões, ganho e desfasamentos. - Caracterizar as montagens amplificadas quanto às resistências de entrada e saída. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar o amp. op. ideal como um dispositivo com impedância de entrada infinita, impedância de saída nula e cuja saída é a amplificação da tensão-diferença da entrada. - Levar os alunos a identificar o seu funcionamento como comparador. - Por consulta de manuais e dos sites dos fabricantes, verificar as características de um amp. op. real. - Utilizar o laboratório virtual para levar os alunos a conhecer o modo de funcionamento em malha aberta e a necessidade da realimentação negativa para controlo do ganho. - Levar os alunos a compreender as vantagens de realimentação negativa. - Analisar as diversas montagens com realimentação negativa, considerando o amp. op. ideal e aplicando os teoremas estudados. 	<p>(2)</p> <p>(4)</p>

Sistemas Analógicos e Digitais – desenvolvimento do programa - 11º Ano

Módulo 4: Transístores e Introdução aos Amplificadores Operacionais

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
	<ul style="list-style-type: none">- Conhecer as aplicações das diversas montagens.	<ul style="list-style-type: none">- Apresentar circuitos que associem as montagens básicas estudadas.- Apresentar esquemas reais onde se utilizam as montagens estudadas, como por exemplo: conversores, osciloscópios, geradores de funções, etc.- Propor aos alunos a recolha de informação, recorrendo a catálogos e/ou sites na Internet, sobre os novos produtos do mercado apresentados pelos grandes fabricantes: Maxim; Analog Device; Philips; Motorola; Texas, etc.- Utilizar meios informáticos para divulgação dos trabalhos realizados.	

Módulo 5: Introdução aos Sistemas Digitais

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
<p>5.1- Sistemas de numeração e códigos.</p> <p>5.1.1- Sistemas de numeração.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema decimal. - Sistema binário. - Sistema hexadecimal. <p>5.1.2- Códigos binários.</p> <ul style="list-style-type: none"> - BCD. - Paridade. - Alfanumérico (ASCII). 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir, para cada sistema de numeração, a sua base, as posições e valores. - Representar um número inteiro num sistema de numeração. - Efectuar conversões entre sistemas de numeração. <ul style="list-style-type: none"> - Distinguir código binário de sistema binário. - Codificar em BCD um número representado em decimal e vice-versa. - Conhecer a utilização do código ASCII. 	<ul style="list-style-type: none"> - Levar os alunos a distinguir uma grandeza analógica de uma digital. - Partindo da estrutura do sistema decimal, levar os alunos a compreender outros sistemas de numeração. - Os alunos devem ser capazes de determinar mentalmente o número de bits necessários para representar em binário um número decimal até 1024. <ul style="list-style-type: none"> - Realçar a importância do código BCD na utilização de displays numéricos. - Exemplificar a aplicação do bit de paridade no controlo de erros. 	<p>22</p> <p>(3)</p> <p>(2)</p>

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
<p>5.2 - Circuitos lógicos.</p> <p>5.2.1- Funções lógicas elementares.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Circuitos lógicos. - Circuitos com entradas e/ou saídas activas altas e/ou activas baixas. - Circuitos lógicos AND, OR, NOT, NAND, NOR, EXOR e EXNOR. - Simbologias IEEE. - Análise de circuitos combinatórios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir variável lógica, estado lógico e nível lógico. - Identificar uma função lógica básica. - Desenhar o logigrama correspondente a uma dada expressão lógica com várias operações, utilizando as várias simbologias. - Obter a expressão lógica de uma função a partir do logigrama. - Descrever o funcionamento de um circuito pela tabela de verdade, conhecida a sua expressão lógica ou logigrama. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar a expressão lógica de cada circuito e os seus níveis de actividade para descrever o seu funcionamento nomeadamente a construção da tabela de verdade. - Referir as diferentes representações de uma função lógica. - Apresentar a marcação dos circuitos integrados e referir a existência de diversas famílias e subfamílias lógicas. - Determinar o estado lógico de uma saída em função dos estados das entradas, em logigramas e expressões lógicas. - Propor aos alunos trabalhos para serem realizados em grupo, onde se faça um estudo comparativo das características das famílias e subfamílias lógicas existentes no mercado. - Divulgar os trabalhos realizados. 	<p>(4)</p>

Módulo 5: Introdução aos Sistemas Digitais

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
<p>5.3- Álgebra de Boole.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Postulados e teoremas da álgebra de Boole. - Simplificação algébrica de funções lógicas. - Universalidade das portas NAND e NOR. <p>5.4 - Simplificação de funções lógicas usando o método gráfico de Karnaugh.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Formas canónica e não canónica de uma função. Mintermos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer postulados e teoremas da álgebra de Boole. - Utilizar postulados e teoremas da álgebra de Boole na simplificação de funções simples. - Reconhecer a universalidade das portas NAND e NOR. - Utilizar portas universais para a simplificação de circuitos. - Usar símbolos alternativos das portas lógicas para interpretar o funcionamento de circuitos com entradas e/ou saídas activas altas e/ou activas baixas. <ul style="list-style-type: none"> - Definir mintermo, expressão canónica e não canónica de uma função lógica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Levar os alunos a conhecer os teoremas da álgebra de Boole por analogia com a álgebra clássica. - Realçar a existência dos teoremas de De Morgan e sua aplicação. - Não valorizar excessivamente a simplificação de expressões pelo processo analítico. - Apresentar circuitos lógicos, deduzir a respectiva função booleana e descrever o funcionamento através da tabela de verdade. - Implementar circuitos lógicos utilizando apenas portas NAND. <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar funções lógicas com o máximo de quatro variáveis. 	<p>(3)</p> <p>(5)</p>

Módulo 5: Introdução aos Sistemas Digitais

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
<ul style="list-style-type: none"> – Mapas de Karnaugh. – Simplificação de funções usando mapas de Karnaugh. <p>5.5 - Projecto de circuitos combinatórios simples.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Identificar os mintermos de uma tabela de verdade. – Estabelecer a expressão canónica correspondente à tabela de verdade de uma função. – Desenhar o mapa de Karnaugh correspondente a uma tabela de verdade. – Obter a expressão mínima da função lógica usando o mapa de Karnaugh. <ul style="list-style-type: none"> – Projectar um circuito combinatório que funcione segundo as condições expressas num enunciado. 	<ul style="list-style-type: none"> – Propor a simplificação de funções que contemplem casos típicos de agrupamentos. – Levar os alunos a utilizar de forma conveniente as condições opcionais no mapa de Karnaugh. – Limitar o número de exemplos, atendendo a que surgirão ao longo do programa inúmeras situações concretas de utilização de mapas. <ul style="list-style-type: none"> – Estabelecer e praticar a metodologia de projecto. 	<p>(5)</p>

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6.1 - Circuitos combinatórios.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Decodificadores. - Codificadores. - Multiplexer. - Demultiplexer. - Comparadores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Descrever as funções combinatórias mais usadas: decodificadores, codificadores, multiplexer, demultiplexer e comparadores. - Utilizar o multiplexer como selector e gerador de funções com um número de variáveis igual ao das variáveis de selecção do MUX. - Utilizar o demultiplexer como decodificador e gerador de funções com um número de variáveis igual ao das variáveis de selecção do DEMUX. - Descrever como um MUX e um DEMUX podem ser usados na transmissão série. - Descrever circuitos com saídas colectora aberta e tri-state. 	<ul style="list-style-type: none"> - Iniciar o estudo dos biestáveis pelo SR básico. - Levar os alunos a construir os latches RS com enable e D a partir do RS e a inferir a sua tabela e modo de funcionamento. - Realçar o funcionamento dos diferentes flip-flops através dos seus diagramas de estados. - Demonstrar o funcionamento dos diversos biestáveis através do laboratório virtual/kits. - Apresentar o diagrama lógico e/ou equações das excitações das entradas de circuitos, contendo até três flip-flops. 	<p>22</p> <p>(8)</p>

Módulo 6: Aplicações de Sistemas Digitais

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6.2 – Biestáveis.</p> <p>6.2.1- Latches.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ R S; ▪ R S com Enable; ▪ D. <p>6.2.2- Flip-Flops.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Master-Slave; <ul style="list-style-type: none"> • D ▪ Edge-triggered; <ul style="list-style-type: none"> • D • J K • T <p>6.2.3 - Análise de circuitos sequenciais.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Distinguir circuitos sequenciais de circuitos combinatórios. - Desenhar o circuito lógico dos vários latches usando portas NAND. - Descrever o funcionamento de latches e flip-flops, através de : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tabela de funcionamento; ▪ Diagrama de estados; ▪ Cronogramas. - Identificar a função das várias entradas dos biestáveis, síncronas e assíncronas. - Reconhecer estes circuitos como células de memória elementares. - Descrever o funcionamento através de diagramas de estados e/ou cronogramas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Projectar um contador síncrono com flip-flops a partir do diagrama de estados. - Apresentar os circuitos integrados existentes no mercado e sua simbologia IEEE. - Utilizar contadores BCD e binários, em circuito integrado, para realizar vários módulos de contagem. - Projectar contadores binários e BCD com módulos de contagem até 256, utilizando circuitos integrados. - Partindo de um contador assíncrono módulo oito, levar os alunos à construção do seu diagrama temporal e inferir o seu modo de contagem, número de estados e frequência do sinal de cada saída. - Propor aos alunos trabalhos para serem realizados em grupo, onde descrevam o funcionamento de equipamentos que nos rodeiam e que utilizam contadores, como por exemplo: relógio digital, contador de pessoas/objectos, lotação de um parque automóvel, etc. - Divulgar os trabalhos realizados. 	<p>(2)</p> <p>(2)</p> <p>(2)</p>

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6.3 - Contadores</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Síncronos; ▪ Assíncronos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Projectar contadores síncronos de vários módulos de contagem utilizando flip-flops. - Utilizar os contadores síncronos crescentes e reversíveis, em circuito integrado. - Utilizar contadores como divisores de frequência. - Descrever o funcionamento de contadores assíncronos crescentes/ decrescentes. - Obter as sequências de estados e/ou cronogramas dos contadores. - Utilizar contadores assíncronos em circuito integrado. - Relacionar o tempo de operação com a frequência do clock. 		(8)

IV - Bibliografia geral

11º ano

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

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: Transístor bipolar - Transístor de efeito de campo - Amplificador operacional).

Breeding, K. (1992). *Digital Design Fundamentals*. New Jersey: Prentice-Hall.

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: Sistemas de numeração e códigos - Circuitos lógicos e álgebra de Boole - Circuitos combinatórios - Biestáveis - Contadores).

Floyd (1994). *Digital Circuits*. New York: Merrill.

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: Sistemas de numeração e códigos - Circuitos lógicos e álgebra de Boole - Circuitos combinatórios - Biestáveis - Contadores).

Malvino, A. P. (1998). *Electrónica Digital – Princípios e Aplicações*. S. Paulo: McGraw-Hill.

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: Sistemas de numeração e códigos - Circuitos lógicos e álgebra de Boole - Circuitos combinatórios - Biestáveis - Contadores).

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

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: Transístor bipolar - Transístor de efeito de campo - Amplificador operacional).

Mano, M. M. (1991). *Digital Design*. New Jersey: Prentice-Hall.

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: Sistemas de numeração e códigos - Circuitos lógicos e álgebra de Boole - Circuitos combinatórios - Biestáveis - Contadores).

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

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: Transístor bipolar - Transístor de efeito de campo - Amplificador operacional).

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

(Recomendado para o aluno. Contempla os capítulos do programa: Transístor bipolar - Transístor de efeito de campo - Amplificador operacional).

Padilla, A. J. G. (1993). *Sistemas Digitais*. Lisboa: McGraw-Hill.

(Recomendado para o aluno. Contempla os capítulos do programa: Circuitos lógicos e álgebra de Boole - Circuitos combinatórios - Biestáveis - Contadores).

Pereira, A. S., Águas, M., Baldaia, R. (1998). *Sistemas Digitais 11º ano*. Porto: Porto Editora.

(Recomendado para o aluno. Contempla os capítulos do programa: Sistemas de numeração e códigos - Circuitos lógicos e álgebra de Boole - Circuitos combinatórios - Biestáveis - Contadores).

Pinto, A., Alves, V. (1997). *Tecnologias*. Porto: Porto Editora.

(Recomendado para o aluno. Contempla os capítulos do programa: Transístor bipolar - Transístor de efeito de campo).

Taub, H. (1984). *Circuitos Digitais e Microprocessadores*. S. Paulo: McGraw-Hill.

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: Sistemas de numeração e códigos - Circuitos lógicos e álgebra de Boole - Circuitos combinatórios - Biestáveis - Contadores).

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

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: Sistemas de numeração e códigos - Circuitos lógicos e álgebra de Boole - Circuitos combinatórios - Biestáveis - Contadores).

Varandas, J. (1997). *Tecnologias da Electricidade*. Lisboa: Didáctica Editora.

(Recomendado para o aluno. Contempla os capítulos do programa: Transístor bipolar - Transístor de efeito de campo).

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

(Recomendado para o professor. Contempla os capítulos do programa: Sistemas de numeração e códigos - Circuitos lógicos e álgebra de Boole - Circuitos combinatórios - Biestáveis - Contadores).