

Ministério da Educação  
Departamento do Ensino Secundário

Programa de Sistemas Analógicos e Digitais

11º Ano

Curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica

Autores

António José Póvoa Ferreira

José Campos Vaz Fidalgo

Maria Armanda Oliveira Silva Couto

Coordenador

Aníbal das Neves Oliveira

**Homologação**

06/12/2001

## **Índice**

Desenvolvimento do programa – 11º Ano.....	3
Bibliografia Geral .....	15



Temas /Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>1.3- Circuitos de polarização.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polarização fixa.</li> <li>- Polarização com resistência de emissor.</li> <li>- Polarização por divisor de tensão.</li> </ul> <p>1.4- Transístor em regime dinâmico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Esquema equivalente para sinais. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissor comum.</li> <li>▪ Colector comum.</li> <li>▪ Base comum.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecer os vários tipos de circuitos de polarização do transístor.</li> <li>- Identificar vantagens e desvantagens de cada tipo.</li> <li>- Calcular as coordenadas do ponto de funcionamento.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecer um esquema equivalente simplificado do transístor para sinais.</li> <li>- Analisar o amplificador emissor comum para sinais.</li> <li>- Identificar as características do sinal de saída em função da entrada para cada montagem.</li> <li>- Comparar as características das três montagens.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A partir dos circuitos de polarização propor aos alunos o seu dimensionamento para obtenção do ponto de funcionamento estático.</li> <li>- Para simplificação dos cálculos, na polarização por divisor de tensão dever-se-á fazer uma análise aproximada desprezando a corrente de base.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar o esquema equivalente simplificado do transístor para estudo da montagem em emissor comum.</li> <li>- Usar o laboratório virtual para observar e deduzir as características das três montagens.</li> <li>- Exemplificar situações onde se mostre a sobreposição dos sinais à componente contínua.</li> </ul>	<p>3</p> <p>3</p>
<p><b>2- Transístor de efeito de campo.</b></p>			

Temas /Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>2.1– Transístor JFET.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Constituição.</li> <li>– Tipos e símbolos.</li> <li>– Funcionamento.</li> <li>– Correntes e tensões.</li> <li>– Características de saída e transferência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conhecer a constituição básica de um JFET.</li> <li>– Compreender o seu funcionamento.</li> <li>– Conhecer tipos e símbolos do JFET.</li> <li>– Identificar correntes e tensões do JFET e relacioná-las.</li> <li>– Identificar e descrever as zonas significativas das características de saída e transferência.</li> <li>– Comparar as suas características com as do transístor bipolar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilizar meios audiovisuais para mostrar a constituição do JFET.</li> <li>– Levar os alunos a compreender o efeito de campo e a relação entre correntes.</li> <li>– Utilizar meios audiovisuais para apresentar as características de saída e transferência.</li> <li>– Identificar nas características de transferência os pontos correspondentes a <math>I_{DSS}</math> e <math>U_{GSoff}</math>.</li> </ul>	1
<p>2.2– Circuitos de polarização.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Autopolarização.</li> <li>▪ Polarização por divisor de tensão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conhecer os circuitos de polarização do JFET por autopolarização e polarização por divisor de tensão.</li> <li>– Identificar vantagens e desvantagens de cada tipo.</li> <li>– Traçar a recta de carga e definir as coordenadas do ponto de funcionamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– O estudo dos circuitos de polarização do JFET deverá reduzir-se ao cálculo das resistências de polarização, conhecido o ponto de funcionamento.</li> </ul>	1
<p>2.3– Aplicações.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Descrever várias aplicações do JFET como comutador, resistência variável e</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mostrar aos alunos diversas aplicações do JFET.</li> </ul>	3

Temas /Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Resistência variável.</li> <li>▪ Amplificador.</li> </ul> <p>2.4–Transistor MOSFET.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Constituição.</li> <li>– Tipos e símbolos.</li> <li>– Funcionamento.</li> <li>– Aplicações.</li> </ul>	<p>amplificador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Conhecer o esquema equivalente do JFET para sinais.</li> <li>– Efectuar o estudo do amplificador fonte comum para sinais.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Conhecer a constituição, tipos e símbolos dos transístores MOSFET.</li> <li>– Explicar as características e operação dos dois tipos de MOSFET, modo depleção e modo enriquecimento.</li> <li>– Identificar e descrever as zonas significativas das características de saída e transferência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Usar o esquema equivalente do transistor JFET para o estudo da montagem fonte comum.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilizar meios audiovisuais para mostrar a constituição e analisar o funcionamento dos MOSFET de modo de depleção e modo de enriquecimento.</li> <li>– Utilizar as características de transferência e um circuito para realçar o funcionamento como comutador.</li> <li>– 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.</li> <li>– Divulgar os trabalhos realizados.</li> </ul>	1
<p><b>3- Amplificador operacional.</b></p> <p>3.1– Amplificador operacional.</p>			2

Temas /Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características do amplificador operacional ideal.</li> <li>- Amplificador operacional real.</li> </ul> <p>3.2 - Montagens básicas com realimentação negativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Amplificador inversor.</li> <li>- Amplificador não inversor.</li> <li>- Amplificador seguidor de tensão.</li> <li>- Somador inversor.</li> <li>- Subtractor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconhecer as características do amplificador operacional ideal.</li> <li>- Caracterizar um amplificador operacional real.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Curva de resposta em frequência.</li> <li>▪ Largura de banda.</li> <li>▪ Slew-rate.</li> </ul> </li> <li>- Identificar as montagens básicas com realimentação negativa.</li> <li>- Determinar correntes, tensões, ganho e defasamentos.</li> <li>- Caracterizar as montagens amplificadas quanto às resistências de entrada e saída.</li> <li>- Conhecer as aplicações das diversas montagens.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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.</li> <li>- Levar os alunos a identificar o seu funcionamento como comparador.</li> <li>- Por consulta de manuais e dos sites dos fabricantes, verificar as características de um amp. op. real.</li> <li>- 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.</li> <li>- Levar os alunos a compreender as vantagens de realimentação negativa.</li> <li>- Analisar as diversas montagens com realimentação negativa, considerando o amp. op. ideal e aplicando os teoremas estudados.</li> <li>- Apresentar circuitos que associem as montagens básicas estudadas.</li> <li>- Apresentar esquemas reais onde se utilizam as montagens estudadas, como por exemplo: conversores, osciloscópios, geradores de funções, etc.</li> <li>- Propor aos alunos a recolha de infor-</li> </ul>	5





Temas /Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p><b>5- Circuitos lógicos e álgebra de Boole.</b></p> <p>5.1- Funções lógicas elementares.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Circuitos lógicos.</li> <li>- Circuitos com entradas e/ou saídas activas altas e/ou activas baixas.</li> <li>- Circuitos lógicos AND, OR, NOT, NAND, NOR, EXOR e EXNOR.</li> <li>- Simbologias IEEE.</li> <li>- Análise de circuitos combinatórios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir variável lógica, estado lógico e nível lógico.</li> <li>- Identificar uma função lógica básica.</li> <li>- Desenhar o logigrama correspondente a uma dada expressão lógica com várias operações, utilizando as várias simbologias.</li> <li>- Obter a expressão lógica de uma função a partir do logigrama.</li> <li>- Descrever o funcionamento de um circuito pela tabela de verdade, conhecida a sua expressão lógica ou logigrama.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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.</li> <li>- Referir as diferentes representações de uma função lógica.</li> <li>- Apresentar a marcação dos circuitos integrados e referir a existência de diversas famílias e subfamílias lógicas.</li> <li>- Determinar o estado lógico de uma saída em função dos estados das entradas, em logigramas e expressões lógicas.</li> <li>- Propor aos alunos trabalhos para serem realizados em grupo, onde se faça um estudo comparativo das características das famílias e subfamílias</li> </ul>	<p>3</p>

Temas /Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>5.2- Álgebra de Boole.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Postulados e teoremas da álgebra de Boole.</li> <li>- Simplificação algébrica de funções lógicas.</li> <li>- Universalidade das portas NAND e NOR.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecer postulados e teoremas da álgebra de Boole.</li> <li>- Utilizar postulados e teoremas da álgebra de Boole na simplificação de funções simples.</li> <li>- Reconhecer a universalidade das portas NAND e NOR.</li> <li>- Utilizar portas universais para a simplificação de circuitos.</li> <li>- Usar símbolos alternativos das portas lógicas para interpretar o funcionamento de circuitos com entradas e/ou saídas activas altas e/ou activas baixas.</li> </ul>	<p>racterísticas das famílias e subfamílias lógicas existentes no mercado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Divulgar os trabalhos realizados.</li> <li>- Levar os alunos a conhecer os teoremas da álgebra de Boole por analogia com a álgebra clássica.</li> <li>- Realçar a existência dos teoremas de De Morgan e sua aplicação.</li> <li>- Não valorizar excessivamente a simplificação de expressões pelo processo analítico.</li> <li>- Apresentar circuitos lógicos, deduzir a respectiva função booleana e descrever o funcionamento através da tabela de verdade.</li> <li>- Implementar circuitos lógicos utilizando apenas portas NAND.</li> </ul>	2
<p>5.3- Simplificação de funções lógicas usando o método gráfico de Karnaugh.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formas canónica e não canónica de uma função. Mintermos.</li> <li>- Mapas de Karnaugh.</li> <li>- Simplificação de funções usando ma-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir mintermo, expressão canónica e não canónica de uma função lógica.</li> <li>- Identificar os mintermos de uma tabela de verdade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar funções lógicas com o máximo de quatro variáveis.</li> </ul>	2

Temas /Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>pas de Karnaugh.</p> <p>5.4-Projecto de circuitos combinatórios simples.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabelecer a expressão canónica correspondente à tabela de verdade de uma função.</li> <li>- Desenhar o mapa de Karnaugh correspondente a uma tabela de verdade.</li> <li>- Obter a expressão mínima da função lógica usando o mapa de Karnaugh.</li>   <li>- Projectar um circuito combinatório que funcione segundo as condições expressas num enunciado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propor a simplificação de funções que contemplem casos típicos de agrupamentos.</li> <li>- Levar os alunos a utilizar de forma conveniente as condições opcionais no mapa de Karnaugh.</li> <li>- Limitar o número de exemplos, atendendo a que surgirão ao longo do programa inúmeras situações concretas de utilização de mapas.</li>   <li>- Estabelecer e praticar a metodologia de projecto.</li> </ul>	2
<p><b>6- Circuitos combinatórios.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Decodificadores.</li> <li>- Codificadores.</li> <li>- Multiplexer.</li> <li>- Demultiplexer.</li> <li>- Comparadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descrever as funções combinatórias mais usadas: decodificadores, codificadores, multiplexer, demultiplexer e comparadores.</li> <li>- Utilizar o multiplexer como selector e gerador de funções com um número de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentar os circuitos integrados existentes no mercado e sua simbologia IEEE.</li> <li>- Utilizar exemplos que ilustrem o funcionamento de circuitos reais e a metodologia de projecto, aplicando</li> </ul>	6

Temas /Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
	<p>variáveis igual ao das variáveis de selecção do MUX.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar o demultiplexer como descodificador e gerador de funções com um número de variáveis igual ao das variáveis de selecção do DMUX.</li> <li>- Descrever como um MUX e um DEMUX podem ser usados na transmissão série.</li> <li>- Descrever circuitos com saídas colector aberto e tri-state.</li> </ul>	<p>circuitos integrados existentes no mercado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Projectar um descodificador e um codificador como por exemplo: BCD-sete segmentos e de prioridade até quatro entradas.</li> <li>- Levar os alunos a compreender o funcionamento e aplicação do multiplexer, demultiplexer e comparador.</li> <li>- Usar análise virtual para verificar o funcionamento dos circuitos projectados.</li> <li>- Exemplificar a utilização de circuitos com saídas colector aberto e tri-state em circuitos reais.</li> </ul>	
<p><b>7- Biestáveis.</b></p> <p>7.1- Latches.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ R S</li> <li>▪ R S com Enable</li> <li>▪ D</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distinguir circuitos sequenciais de circuitos combinatórios.</li> <li>- Desenhar o circuito lógico dos vários latches usando portas NAND.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iniciar o estudo dos biestáveis pelo SR básico.</li> <li>- 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.</li> </ul>	1

Temas /Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>7.2- Flip-Flops.</p> <p>– Tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Master-Slave. <ul style="list-style-type: none"> <li>• D</li> </ul> </li> <li>▪ Edge-triggered. <ul style="list-style-type: none"> <li>• D</li> <li>• J K</li> <li>• T</li> </ul> </li> </ul> <p>7.3- Análise de circuitos sequenciais.</p>	<p>– Descrever o funcionamento de latches e flip-flops, através de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tabela de funcionamento.</li> <li>▪ Diagrama de estados.</li> <li>▪ Cronogramas.</li> </ul> <p>– Identificar a função das várias entradas dos biestáveis, síncronas e assíncronas.</p> <p>– Reconhecer estes circuitos como células de memória elementares.</p> <p>– Descrever o funcionamento através de diagramas de estados e/ou cronogramas.</p>	<p>– Realçar o funcionamento dos diferentes flip-flops através dos seus diagramas de estados.</p> <p>– Demonstrar o funcionamento dos diversos biestáveis através do laboratório virtual/kits.</p> <p>– Apresentar o diagrama lógico e/ou equações das excitações das entradas de circuitos, contendo até três flip-flops.</p>	<p>2</p> <p>2</p>
<p><b>8- Contadores.</b></p> <p>– Tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Síncronos.</li> <li>▪ Assíncronos.</li> </ul>	<p>– Projectar contadores síncronos de vários módulos de contagem utilizando flip-flops.</p> <p>– Utilizar os contadores síncronos crescentes e reversíveis, em circuito integrado.</p> <p>– Utilizar contadores como divisores de frequência.</p> <p>– Descrever o funcionamento de contadores assíncronos crescentes/decrescentes.</p> <p>– Obter as sequências de estados e/ou</p>	<p>– Projectar um contador síncrono com flip-flops a partir do diagrama de estados.</p> <p>– Apresentar os circuitos integrados existentes no mercado e sua simbologia IEEE.</p> <p>– Utilizar contadores BCD e binários, em circuito integrado, para realizar vários módulos de contagem.</p> <p>– Projectar contadores binários e BCD com módulos de contagem até 256,</p>	<p>8</p>

Sistemas Analógicos e Digitais — desenvolvimento do programa — 11º ano

Temas /Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
	<p>cronogramas dos contadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar contadores assíncronos em circuito integrado.</li> <li>- Relacionar o tempo de operação com a frequência do clock.</li> </ul>	<p>utilizando circuitos integrados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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.</li> <li>- 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.</li> <li>- Divulgar os trabalhos realizados.</li> </ul>	

## 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).