

Ministério da Educação
Departamento do Ensino Secundário

Programa de Sistemas Analógicos e Digitais

12º Ano

Curso Tecnológico de Electrotecnicia e Electrónica

Autores:

António Manuel Lopes da Silva Pereira (Coordenador)

Mário Alberto dos Santos Isidoro

Eurico Tomás Magos

Jorge Luís de Matos Teixeira

Homologação

22/03/2002

Índice

Desenvolvimento do programa – 12º Ano	3
Bibliografia Geral	45

Desenvolvimento do programa – 12º Ano

(De acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Sistemas Analógicos e Digitais — 12º Ano — Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
1 – Circuitos sequenciais síncronos.			
<p>1.1. Aplicações com contadores síncronos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Reconhecer o funcionamento dos registos e dos contadores síncronos mais conhecidos através da interpretação das dependências, na simbologia IEEE/ANSI. – Analisar o funcionamento de aplicações com contadores, como por exemplo, o frequencímetro e/ou o relógio digital. <ul style="list-style-type: none"> – Utilizar um contador reversível para realizar contagens, de modo ascendente e descendente. 	<ul style="list-style-type: none"> – Efectuar uma apresentação das principais características dos contadores em circuito integrado, estudados no ano anterior. – Apresentar o esquema electrónico do relógio e/ou frequencímetro, e propor a análise do seu funcionamento. – Propor o projecto de um circuito de contagem ascendente/descendente controlado por uma entrada externa. 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. 	1,5
<p>1.2. Registos.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Registos <i>tri-state</i>. Transferência de dados entre registos. 	<ul style="list-style-type: none"> – Utilizar registos para guardar temporariamente dados. – Interligar registos a barramentos. – Descrever aplicações que utilizem registos de vários bits em circuito integrado. 	<ul style="list-style-type: none"> – Apresentar aos alunos esquemas de circuitos, que promovam a comunicação de dados entre registos ligados a barramentos comuns. 	1

Sistemas Analógicos e Digitais — 12º Ano — Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
	<ul style="list-style-type: none"> – Desenhar o circuito sequencial, usando <i>flip-flops</i> D ou JK, a partir do diagrama de estados. – Projectar circuitos sequenciais de Moore ou Mealy. 	<p>resolvendo, por exemplo, um mesmo problema pelos dois processos, e comparando os diagramas de estados e número de circuitos integrados usados.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Organizar grupos de trabalho que realizem projectos diferentes, mas de modo a cada aluno desenhar um circuito de Moore e outro de Mealy. – Promover a divulgação e a discussão na turma dos trabalhos realizados, que posteriormente devem ser ensaiados nas aulas de PLEE. – 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. – Ou, 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. 	

Sistemas Analógicos e Digitais — 12º Ano — Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>- Síntese de um controlador com contador e <i>multiplexer</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer a modularidade de construção de um circuito sequencial. - Compreender a função de cada módulo. - Desenhar um controlador, usando circuitos integrados MSI ou LSI, como por exemplo, <i>multiplexers</i> e contadores, a partir do diagrama de estados. - Projectar de forma modular um circuito sequencial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sugere-se, por outro lado, o circuito correspondente a uma fechadura codificada por intermédio de duas botoneiras XY. Um led aceso durante uma parte do período do relógio, indica a altura conveniente para introduzir pela botoneira X uma sequência predeterminada de 4 bits, seguidos do bit 1 na botoneira Y. No caso de sequência errada, enquanto as botoneiras XY não produzirem simultaneamente o bit 1, a verificação da sequência não é reiniciada. - 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. - 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. - Formar grupos de trabalho que desenhem diferentes circuitos de 	<p>2,5</p>

Sistemas Analógicos e Digitais — 12º Ano — Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
		<p>aplicação real, segundo uma metodologia de projecto modular, mas que permitam a cada aluno realizar um circuito de Moore e outro de Mealy.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Organizar a divulgação e a discussão na turma dos trabalhos realizados, que posteriormente devem ser ensaiados nas aulas de PLEE. – 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. – Ou, 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. – Propõe-se desenhar o controlador de uma máquina, que verifica periodicamente a entrada das peças 	

Sistemas Analógicos e Digitais — 12º Ano — Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
		<p>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 bits na saída.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. - 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. 	

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
2 – Memórias			
<p>2.1. Tipos de memória.</p> <p>2.2. Memórias ROM.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Arquitectura. – Tipos. – Aplicações. 	<ul style="list-style-type: none"> – Reconhecer o funcionamento das memórias através da apresentação dos circuitos existentes no mercado, na simbologia IEEE/ANSI. – Distinguir as memórias unicamente de leitura das de leitura e escrita. – Explicar a estrutura de uma ROM e a sua evolução para as EPROM e EEPROM. – Conhecer os sinais de comando e a sua temporização. – Usar uma EPROM para obter um conjunto de funções combinatórias. 	<ul style="list-style-type: none"> – Consultar <i>sítes</i> e manuais específicos dos fabricantes para recolher informação sobre os produtos existentes. – Apresentar diferentes aplicações deste tipo de memórias, associando-as, por exemplo, com as necessidades de funcionamento de um computador. – Evidenciar os sinais de comando necessários e a sua sequência temporal para um correcto funcionamento das memórias. – Mostrar que uma ROM é uma matriz de AND e OR, onde cada bit da palavra está associado a um mintermo determinado pelo endereço da palavra respectiva. – Propor aos alunos a realização de um conversor de dados, por exemplo um conversor binário / BCD de 8 bit. – Referir aos alunos, que numa perspectiva modular, é possível com uma memória e um registo construir qualquer circuito sequencial. 	<p>0,5</p> <p>1</p>

Sistemas Analógicos e Digitais — 12º Ano — Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>2.3. Memórias RAM.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Arquitectura. – Tipos. – Aplicações. 	<ul style="list-style-type: none"> – Explicar a estrutura duma RAM. – Descrever a constituição e o funcionamento das RAM estáticas e dinâmicas (SRAM e DRAM). – Identificar as diferentes tecnologias utilizadas e respectivas vantagens. – Descrever o funcionamento das memórias estudadas, distinguindo ROM e RAM. – Conhecer as memórias RAM não voláteis NVRAM. – Determinar a capacidade de uma memória conhecendo as suas entradas e saídas. 	<ul style="list-style-type: none"> – 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. – Mostrar a maior complexidade de utilização das DRAM em relação às SRAM, embora beneficiando de maiores capacidades. – Evidenciar os sinais de comando necessários e a sua sequência temporal para um correcto funcionamento das memórias. – Salientar a utilização das NVRAM nos computadores. 	1
<p>2.4. Descodificação de endereços.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Associar memórias de modo a obter maiores capacidades e/ou palavras. – Realizar circuitos descodificadores de endereços de memória. 	<ul style="list-style-type: none"> – Pela apresentação do mapa de memória de um circuito baseado em microprocessador/microcontrolador, desenhar o respectivo descodificador de endereços, e mostrar a sua imprescindibilidade. 	1,5
<p>2.5. PLD.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Conhecer a estrutura básica e os tipos de circuitos lógicos programáveis. – Explicar a estrutura matricial das PAL e PLA. – Identificar as características fornecidas pelo construtor. 	<ul style="list-style-type: none"> – Realçar as diferenças de organização entre as ROM , PAL e PLA. – Partindo de esquema de PAL existente no mercado determinar o conjunto de fusões necessárias à realização de funções lógicas simples. 	1

Sistemas Analógicos e Digitais — 12º Ano — Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
	<ul style="list-style-type: none"> – Determinar o conjunto de fusões nos PLD, para funções lógicas básicas. – Usar uma PAL ou PLA para obter um conjunto de funções combinatórias. 	<ul style="list-style-type: none"> – Mostrar o funcionamento de uma ferramenta informática de programação de PAL, para exemplificar a construção de um circuito digital combinatório com várias saídas. – Realçar a aplicabilidade das PAL na obtenção de descodificadores de endereços. – 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. – Cada grupo deve divulgar na turma o trabalho elaborado. 	

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>3.2. Arquitectura do microcontrolador.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Constituição. - Memória externa. - Contadores e temporizadores. - Entrada/saída de dados em série. - Interrupções. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer o hardware do microcontrolador: oscilador, circuito de reset, temporização interna, contador do programa (PC) e ponteiro de dados (DPTR), registos A e B da CPU, flags e palavra de estado (PSW), memória interna RAM e ROM, pilha e ponteiro de pilha, registo de funções especiais (SFR). - Conhecer os diferentes funcionamentos dos portos de entrada/saída paralela. - Utilizar a descodificação de endereços para efectuar a ligação da ROM e RAM externas. - Distinguir os modos de operação do contador/temporizador. - Reconhecer a função de interrupção do contador/temporizador. - Reconhecer os modos distintos de transmissão e recepção de dados e a função de interrupção associada. - Conhecer o sistema de interrupções do microcontrolador e as respectivas prioridades. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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 contendo os circuitos do oscilador e de reset, 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 e recorrendo quer a manuais quer a <i>sites</i> dos diversos fabricantes. - 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. - Igualmente se pretende, 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. 	<p style="text-align: center;">5</p>

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>– Desenvolvimentos estruturais.</p> <p>3.3. Conjunto de instruções. Modos de endereçamento.</p> <p>– Movimentação de dados. – Operações lógicas. – Operações aritméticas. – Instruções de salto e chamada.</p>	<p>– Caracterizar os desenvolvimentos, na arquitectura, tecnologias, velocidades e controlo.</p> <p>– Conhecer as funções de <i>watchdog</i>, de <i>power-on reset</i> e de monitorização da tensão de alimentação.</p> <p>– Distinguir entre linguagem <i>assembly</i> e máquina.</p> <p>– Explicar os modos de endereçamento usados nas instruções do microcontrolador.</p> <p>– Conhecer os diferentes grupos de instruções do microcontrolador.</p>	<p>– 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 I²C.</p> <p>– Realçar a necessidade destes mecanismos, em particular nas aplicações sujeitas a interferências.</p> <p>– 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.</p> <p>– Utilizando uma ferramenta informática, solicitar aos alunos a realização do desenho esquemático do circuito obtido, visando, a sua apresentação à turma e comunidade escolar, bem como futuros desenvolvimentos de comando e controlo na disciplina de Práticas Laboratoriais e realização da PAT- Prova de Aptidão Tecnológica.</p> <p>– Divulgar os trabalhos realizados.</p>	<p>5</p>

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>4 – Circuitos com amplificadores operacionais.</p>		<p>NOTA: 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 slew-rate, <i>tensão de off-set</i> e banda passante. 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. Estas características deverão estar sempre presentes quando se pretender dimensionar um circuito com amplificadores operacionais. 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.</p>	

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>4.1. Circuitos lineares.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Amplificador de instrumentação. – Integrador. – Diferenciador. – Conversor tensão-corrente (amplificador de transcondutância). 	<ul style="list-style-type: none"> – Identificar os diversos tipos de amplificador. – Descrever aplicações dos diversos amplificadores. – Relacionar a(s) grandeza(s) de saída com a(s) grandeza(s) de entrada. – Dimensionar circuitos em situações simples. 	<ul style="list-style-type: none"> – Utilizar situações concretas que evidenciem a necessidade de amplificadores de instrumentação, nomeadamente a nível do ganho o do <i>off-set</i>. Pode apresentar-se, como exemplo, um termómetro usando um sensor de temperatura em circuito integrado e uma tensão de referência, também em circuito integrado. – Verificar que as características intrínsecas do amplificador operacional o tornam bastante útil para a obtenção de um amplificador de instrumentação. – Podem apresentar-se situações em que é necessário determinar o integral de uma função, por exemplo, calcular o consumo energético a partir da potência. – Pode apresentar-se a utilização do diferenciador como, por exemplo, na determinação duma velocidade conhecida a posição. – 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). 	<p>3</p>

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>4.3. Circuitos comparadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Conceito geral. – Detector de passagem por zero. – Detector de nível. – Comparador regenerativo inversor e não-inversor (<i>Schmitt-trigger</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> – Caracterizar um comparador. – Identificar circuitos comparadores. – Enumerar e explicar as características principais de um comparador regenerativos e não regenerativos). – Projectar circuitos simples que envolvam o uso de comparadores. 	<p>possibilidade de obtenção dos valores médio e eficaz de ondas sinusoidais e triangulares utilizando um rectificador de precisão e um filtro passa-baixo.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Comparar o funcionamento de um amplificador operacional em malha aberta a trabalhar como comparador com o funcionamento de um comparador. – Apresentar exemplos reais. – 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. – 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. – Fazer especial referência às tensões de disparo ascendente e descendente, bem como às tensões máxima e mínima, de saída. – 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>). 	<p style="text-align: center;">2</p>

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>4.4. Conversão D/A e A/D.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Circuitos de <i>Sample&Hold</i>. – Conversores D/A. – Conversores A/D. 	<ul style="list-style-type: none"> – Justificar a necessidade de conversão D/A e A/D. – Enunciar o Teorema da Amostragem. – Identificar a necessidade de manter o sinal analógico constante durante o intervalo em que se realiza a conversão. – Descrever o princípio de funcionamento de um circuito <i>S&H</i>. – Descrever e explicar o funcionamento de circuitos de conversão D/A. <ul style="list-style-type: none"> – <i>Conversor D/A com resistências ponderadas.</i> – <i>Conversor D/A com malha R-2R.</i> – Descrever e explicar o funcionamento de circuitos de conversão A/D. <ul style="list-style-type: none"> – <i>Conversor A/D por contagem.</i> – <i>Conversor A/D de dupla rampa (dual-slope).</i> – <i>Conversor A/D por aproximações sucessivas.</i> – <i>Conversor A/D por comparação paralelo (flash).</i> – <i>Conversor A/D Sigma-Delta.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> – Utilizar exemplos de situações práticas e equipamentos que utilizem conversores A/D e D/A. – 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). – Propõe-se a consulta de folhas de características de fabricantes e a identificação da terminologia usada na caracterização deste tipo de circuitos. – 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. – Propõe-se a resolução de alguns exercícios simples que envolvam estes conversores. – Constatar a existência de conversores com saídas paralelas e conversores com saída série e distingui-los pelo seu funcionamento. – Envolver preferencialmente meios audiovisuais para propor os exemplos a resolver. 	<p>4</p>

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>5.3. Circuitos de Temporização.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Oscilador de relaxação/multivibrador astável. – Multivibrador monostável. 	<ul style="list-style-type: none"> – Identificar a necessidade de utilização de circuitos de temporização. – Descrever o princípio de funcionamento de um oscilador de relaxação. – Calcular a frequência de oscilação e o <i>duty-cycle</i> dum oscilador de relaxação. – Descrever o princípio de funcionamento de um multivibrador monostável. – Enumerar os diferentes tipos de disparo e saída de um multivibrador monostável. – Calcular o tempo de largura de impulso de um multivibrador monostável. 	<ul style="list-style-type: none"> – Propor aos alunos a detecção de situações que justifiquem a utilização de circuitos de temporização. – Projectar um oscilador de relaxação / multivibrador astável usando um <i>Schmitt-trigger</i> ou o CI 555. – Projectar um multivibrador monostável utilizando o CI 555 e circuitos TTL e CMOS. – Distinguir pelas suas características os circuitos com TTL ou CMOS dos realizados com CI 555. – Obtenção dos valores limites de utilização a partir dos dados dos fabricantes. 	<p style="text-align: center;">2</p>

Temas / Conteúdos	Objectivos	Sugestões Metodológicas	Aulas de 90 min.
<p>6.2. Dispositivos de disparo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar a necessidade de circuitos de comando dos dispositivos de potência. - Descrever a constituição e funcionamento dos seguintes dispositivos de disparo. <ul style="list-style-type: none"> - <i>DIAC.</i> - <i>SUS e SBS.</i> - <i>UJT.</i> - <i>PUT.</i> - Dimensionar circuitos de disparo simples. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consulta de <i>sites</i> de fabricantes e manuais para obtenção de características e valores limites de utilização. - Apresentação de circuitos de aplicação em aparelhos electrodomésticos e industriais. - Utilizar tabelas para calcular e dimensionar circuitos de disparo que utilizem uma malha RC. - Dimensionar um oscilador de relaxação utilizando um UJT ou um PUT. - Apresentar aplicações típicas que utilizem estes componentes. 	<p>3</p>
<p>6.3. Interface entre os circuitos de comando e potência.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Explicar a necessidade de utilização de técnicas de isolamento galvânico entre os circuitos de comando e potência. - 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"> - <i>Ligação óptica.</i> - <i>Ligação por transformador de isolamento.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Descrever, de forma sucinta, as propriedades e o funcionamento dos LED, dos fototransistores e dos fototriacs. 	<p>2</p>

Desenvolvimento do programa 12º Ano

(De acordo com as especificações de Instalações Eléctricas e Automação Industrial)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>1 – Sistemas trifásicos.</p> <p>1.1. Noção de sistema trifásico.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Obtenção de um sistema trifásico de tensões. – Sequência de fases. – Representação gráfica. <p>1.2. Ligações de receptores em estrela e em triângulo.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tensões simples e compostas – Relação entre intensidades nos receptores e nas linhas de alimentação. – Representação gráfica. <p>1.3. Potência.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Potência em cada receptor e potência total. – Medição. Método de Aron. 	<ul style="list-style-type: none"> - Descrever uma forma de obter de um sistema trifásico de tensões. - Representar grandezas eléctricas trifásicas usando gráficos cartesianos e vectoriais e transcrever de uma representação para outra. - Identificar os tipos de ligações trifásicas. - Explicar a obtenção do ponto neutro. - Determinar a relação de amplitude e de fase entre grandezas usando diagramas vectoriais. - Explicar as vantagens dos sistemas trifásicos, dos pontos de vista da produção e da utilização da energia. - Aplicar as expressões que relacionam as grandezas eléctricas nos sistemas trifásicos. - Determinar as correntes nas linhas e nas cargas para vários tipos de ligações e para cargas de várias naturezas. - Calcular o valor da potência nas diferentes montagens para diferentes situações de carga. - Descrever os diferentes métodos de medida da potência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Na disciplina de Aplicações Tecnológicas do 11.ºano já foi feita uma primeira abordagem dos sistemas trifásicos, pelo que o professor deve partir dos conhecimentos dos alunos, gerindo o tempo de forma a atingir os objectivos propostos. - Para introduzir o sistema trifásico pode usar-se a noção de um alternador trifásico bipolar de indutor móvel. - A utilização de animação multimédia (vídeo ou computador) é muito vantajosa para inter-relacionar as representações gráficas e para observar as relações entre as grandezas de um sistema trifásico. A utilização de simulação em computador é também um recurso muito potente. - Apresentar as montagens fundamentais em modelos reais ou didácticos. - Realizar a análise gráfica. 	<p>6</p>

Sistemas Analógicos e Digitais – 12º Ano – Desenvolvimento do programa
 (de acordo com as especificações de Automação Industrial e Instalações Eléctricas)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>1.4. Sistemas desequilibrados.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Desequilíbrio de cargas. – Sistemas com e sem neutro. <p>1.5. Compensação do factor de potência.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Método de Boucherot. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar e analisar diferentes situações de desequilíbrio. - Aplicar o método de Boucherot no cálculo de condensadores para a compensação do factor de potência em sistemas trifásicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Embora se possa fazer referência à montagem em triângulo desequilibrado, só a montagem em estrela deve ser analisada mais em detalhe. 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>2 – Transformador.</p> <p>2.1. Transformador monofásico.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Utilidade. – Constituição. Tipos construtivos. – Princípio de funcionamento. – Transformador ideal. <ul style="list-style-type: none"> – Relação entre grandezas primárias e secundárias. – Transformador real. <ul style="list-style-type: none"> – Vazio. Perdas no ferro. – Carga. Perdas no cobre. – Rendimento. – Queda de tensão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Justificar a importância do transformador no transporte de energia bem como na obtenção de tensões reduzidas, no isolamento eléctrico e na adaptação de impedâncias. - Descrever a constituição e o princípio de funcionamento do transformador. - Estabelecer as relações entre as grandezas eléctricas primárias e secundárias. - Relacionar as potências dos ensaios de vazio e de c.c. com as perdas no ferro e no cobre. - Distinguir a situação do ensaio de curto-circuito do transformador, de um curto-circuito entre os seus terminais. - Descrever o comportamento da tensão secundária para várias situações de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uma visita de estudo ou o tratamento de informação sobre uma subestação ou posto de transformação poderá ser o ponto de partida para o estudo dos transformadores. - Discutir com os alunos a utilidade e as aplicações dos transformadores. - Para compreensão do princípio de funcionamento, recorrer aos conhecimentos que os alunos obtiveram no estudo do electromagnetismo feito no 10.ºano e, se necessário, fazer uma breve revisão. - Considera-se indispensável que o estudo teórico da máquina seja acompanhado em simultâneo da execução dos ensaios laboratoriais. - Deve ser sempre privilegiado o tratamento físico dos fenómenos. - O tratamento matemático deve ser simples e apoiado em gráficos. - Para este nível de ensino parece dispensável a aplicação do modelo matemático de Kapp para o estudo da queda de tensão, bastando uma abordagem física deste fenómeno. Do mesmo modo, dispensar-se-á a aplicação do esquema equivalente do transformador e dos seus parâmetros. 	<p>6</p>

Sistemas Analógicos e Digitais – 12º Ano – Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Automação Industrial e Instalações Eléctricas)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>2.2. Transformador trifásico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Constituição. - Fluxo. Polaridade. - Modos de ligação dos enrolamentos. - Grupos de ligação. Notação horária. - Relação de transformação. - Paralelo de transformadores trifásicos. <p>2.3. Transformadores especiais.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autotransformador. - Transformadores do número de fases. - Transformadores de medida: <ul style="list-style-type: none"> - de tensão (TT). - de intensidade (TI). - Transformador de dispersão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Descrever sucintamente a constituição de um transformador trifásico. - Interpretar as indicações da chapa de características. - Identificar os tipos de ligação mais usuais. - Comparar as vantagens de cada tipo de ligação. - Interpretar a notação horária. - Relacionar os grupos de ligação com a respectiva utilização. - Deduzir a relação de transformação. - Enunciar e justificar as condições para efectuar o paralelo de transformadores. <ul style="list-style-type: none"> - Identificar as vantagens dos transformadores especiais e as suas aplicações. 	<ul style="list-style-type: none"> - Obter a notação horária do transformador, graficamente, utilizando diagramas vectoriais. - Sugere-se a determinação do índice horário, para duas ou três situações de ligação, assim como a dedução da respectiva relação de transformação. <ul style="list-style-type: none"> - Breve referência às montagens de Scott e de Leblanc. <ul style="list-style-type: none"> - Realçar a importância dos transformadores de medida. <ul style="list-style-type: none"> - Apresentar desenhos esquemáticos de PT, identificando os principais dispositivos. 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>3 – Máquinas eléctricas de corrente alternada.</p> <p>3.1. Motor assíncrono trifásico.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Constituição. – Criação do campo girante. – A indução no rotor. – Escorregamento. <p>3.1.1. Motor de rotor em curto-circuito.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Constituição do rotor. – Curva característica de intensidade. – Curva característica de binário. – Rotores especiais. – Gaiola de ranhura profunda. – Dupla gaiola. – Processos de arranque escalonado. <ul style="list-style-type: none"> – Estrela - triângulo. – Por resistências estatóricas. – Por autotransformador. 	<ul style="list-style-type: none"> – Explicar a criação de um campo magnético girante produzido por um sistema trifásico de três enrolamentos. – Justificar a alteração do sentido de rotação do campo girante pela troca de duas fases. – Relacionar a velocidade do campo girante com a frequência e com o número de pares de pólos. – Explicar o aparecimento de correntes induzidas no rotor e o conseqüente binário motor e relacionar a frequência dessas correntes com a velocidade de rotação. – Relacionar a aceleração com a diferença entre os binários motor e resistente. – Justificar a necessidade de escorregamento do rotor. – Justificar a alta intensidade de corrente e o baixo binário no arranque e a variação destas grandezas com a velocidade. – Enumerar as vantagens do motor assíncrono e a razão das suas inúmeras aplicações.. – Avaliar o comportamento dinâmico do motor, justificando a variação do ponto de funcionamento com o binário resistente e prevendo as variações relativas das várias grandezas mecânicas e eléctricas em jogo. – Interpretar a chapa de características. 	<ul style="list-style-type: none"> – A utilização de meios audiovisuais e, sobretudo, de animação (em vídeo ou computador) é muito vantajosa para a compreensão dos vários fenómenos presentes nas máquinas rotativas. – Numa primeira abordagem o motor assíncrono pode ser comparado com um transformador em que o secundário (induzido) pode rodar. Começar por estudar a situação de rotor bobinado em aberto (transformador em vazio) e passar depois à situação de enrolamentos fechados com o aparecimento da corrente rotórica e do binário motor. Analisar o comportamento das várias grandezas mecânicas (binários motor e resistente, velocidade) e eléctricas (tensão, intensidade e frequência rotóricas e intensidade estatórica) durante o arranque do motor até se anular a aceleração. – Discutir a alteração do ponto de funcionamento com a variação do binário resistente. Discutir a necessidade de limitar a corrente de arranque através de processos construtivos ou de arranques escalonados. 	<p>10</p>

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<ul style="list-style-type: none"> – Motores de várias velocidades. – De enrolamentos separados. – <i>Dahlander</i>. <p>3.1.2. Motor de rotor bobinado.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Constituição do rotor. – Curva característica de intensidade. – Curva característica de binário. – Arranque por resistências rotóricas. <p>3.2. Motores monofásicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Motor de enrolamento auxiliar. – Motor de pólo dividido e anel em curto-circuito. – Motor de arranque assíncrono e de rotação síncrona. – Motor universal. – Motor de repulsão. 	<ul style="list-style-type: none"> – Descrever e comparar processos de arranque que limitem a intensidade de corrente nos motores de rotor em c.c. Prever as consequências desses processos de limitação sobre o binário de arranque. – Interpretar os esquemas de ligações para o comando de motores de várias velocidades, para um ou para dois sentidos de marcha, sem ou com arranque obrigatório em pequena velocidade. – Comparar as características dos vários tipos de motores de rotor em c.c. e destes com os de rotor bobinado. – Distinguir os vários tipos de binário resistente (constante, crescente e decrescente) e estabelecer critérios de escolha do motor em função das características da máquina accionada. – Descrever o processo de arranque por resistências rotóricas, variáveis ou escalonadas e compará-lo com os processos de arranque de motores de rotor em c.c. – Descrever sucintamente a constituição, o funcionamento e as características dos vários tipos de motores monofásicos. – Enumerar aplicações dos vários tipos de motores monofásicos. 	<ul style="list-style-type: none"> – O ênfase deve ser posto na interpretação física dos fenómenos que permita um conhecimento do comportamento dos vários tipos de motores, tendo em vista a escolha para determinada aplicação e o adequado controlo do seu funcionamento. – A utilização de modelos matemáticos (esquemas equivalentes e respectivos parâmetros) é dispensável para o nível deste curso. 	

Sistemas Analógicos e Digitais – 12º Ano – Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Automação Industrial e Instalações Eléctricas)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>3.3. Alternador.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Constituição e princípio de funcionamento. - Tipos construtivos. - Força electromotriz. - Regulação de frequência e de força electromotriz. - Curvas características. <ul style="list-style-type: none"> - Interna ou de vazio. - Externa ou de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Descrever a constituição e o funcionamento do alternador monofásico e trifásico. - Identificar e distinguir os vários tipos de alternadores quanto a: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de indutor (fixo ou móvel); - Número de fases; - Número de pólos; - Tipo de rotor. - Identificar e caracterizar os vários tipos de ligações dos enrolamentos do induzido do alternador trifásico. - Estabelecer a relação entre a f.e.m. e outras grandezas de que depende (velocidade, fluxo indutor, número de pares de pólos, número de condutores por fase e outras características da máquina). - Estabelecer a relação entre a frequência da f.e.m. e a velocidade de rotação. - Relacionar a regulação da f.e.m. com a actuação sobre a corrente de excitação. - Descrever a curva da característica interna, justificando a zona linear e a zona de saturação. - Descrever e justificar a curva da característica externa para cargas de várias naturezas (resistiva, indutiva e capacitiva). 	<ul style="list-style-type: none"> - A discussão do papel dos alternadores nas centrais de produção de energia eléctrica poderá ser o ponto de partida para o estudo do alternador. - Pretende-se que os alunos venham a conhecer a constituição básica e o funcionamento da máquina síncrona a trabalhar como alternador. Contudo, não se fará a abordagem do seu funcionamento como motor ou como compensador síncrono, deixando esse estudo para uma futura oportunidade, se a vida profissional ou o prosseguimento dos estudos o proporcionar ou o exigir. - Também se exclui o estudo de modelos matemáticos como o de Bechn-Eschenburg. Far-se-á. Portanto, uma abordagem mais física da máquina. - Discutir a aplicação do princípio de conservação de energia nas transferências energéticas da máquina, identificando as consequências da variação da potência pedida pela rede alimentada pelo alternador sobre a máquina motora que o acciona e as implicações que isso tem sobre a regulação de velocidade do grupo motor-gerador. 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>4 – Motores de corrente contínua.</p> <p>4.1. Constituição.</p> <p>4.2. Funcionamento.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Princípio de funcionamento. – Binário e potência mecânica. – Força contra-electromotriz. – Intensidade de corrente de arranque. – Rendimento. – Reacção magnética do induzido e calagem das escovas. <p>4.3. Tipos de ligação do induzido.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Derivação. – Série. – Composta. <p>4.4. Curvas características</p> <ul style="list-style-type: none"> – De velocidade. – De binário. – Mecânica. <p>4.5. Controlo do sentido de rotação, do arranque e da velocidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Descrever sucintamente a constituição de um motor de corrente contínua. - Descrever a função dos diferentes elementos e as respectivas características. - Explicar o princípio de funcionamento. - Relacionar as grandezas mecânicas postas em jogo (binário, velocidade e potência). - Explicar o aparecimento da força contra-electromotriz (f.c.e.m.) e a sua função na transferência de potência. - Relacionar a f.c.e.m. com a velocidade de rotação. - Relacionar a f.c.e.m. com a tensão e com a corrente e explicar a necessidade de limitação da corrente no arranque. - Identificar os vários tipos de perdas na transferência de potência do motor. - Interpretar e descrever o fenómeno da reacção magnética do induzido e justificar a necessidade de calagem das escovas. - Identificar as curvas características dos vários tipos de motores de c.c. e relacioná-las com as respectivas aplicações. - Enumerar e justificar aplicações dos vários tipos de motores de c.c. - Interpretar a chapa de características. - Identificar os terminais. - Estabelecer e interpretar esquemas de controlo do sentido de rotação, do arranque e de velocidade dos vários tipos de motores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se possível, estudar uma máquina de c.c. em corte ou desmontada e identificar cada elemento, suas características e sua função. - Recordar a lei de Laplace na abordagem do funcionamento do motor. Começar por considerar um induzido de uma só espira alimentada, mergulhada no campo indutor, introduzindo a necessidade do colecto, evoluindo depois para induzidos e colectores mais complexos. - A utilização de animação audiovisual poderá ser muito útil. - Recordar a lei de Lenz no estudo da f.c.e.m. Referir o princípio da conservação da energia e discutir o papel da f.c.e.m. na transferência de potência da máquina. - Devem ser evitados desenvolvimentos teóricos excessivos. O mais importante no estudo dos motores é compreender o comportamento dos vários tipos, no sentido de basear critérios de escolha para determinada aplicação e de fazer o controlo do seu funcionamento (sentido de rotação, arranque, variação de velocidade e travagem). O conhecimento da constituição e do funcionamento é útil para a detecção de avarias e manutenção. 	<p>9</p>

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>4.6. Motores especiais.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motor passo-a-passo. <ul style="list-style-type: none"> - Constituição. Tipos construtivos. - Princípio de funcionamento. - Dispositivos de controlo. - Vantagens e aplicações. - Motor de c.c. sem escovas. <ul style="list-style-type: none"> - Constituição. - Princípio de funcionamento. - Número de fases do estator. - Vantagens e aplicações. 	<ul style="list-style-type: none"> - Descrever a constituição dos motores passo-a-passo dos vários tipos (de íman permanente, de relutância variável e híbridos). - Enumerar as vantagens destes motores. - Comparar os vários tipos construtivos, designadamente no que diz respeito ao binário motor, binário de retenção, consumo e custo. - Descrever o princípio de funcionamento e a forma de obter a sequência de fases necessária para a rotação em passo inteiro e em meio passo. - Identificar os terminais de um motor e as ligações internas. - Interpretar o esquema de um dispositivo de controlo. - Descrever a constituição e explicar o princípio de funcionamento dos motores de corrente contínua sem colectores nem escovas. - Enumerar algumas possibilidades de constituição do estator quanto ao número de fases e suas ligações. - Interpretar esquemas do dispositivo de controlo electrónico da sequência de fases e de criação do campo girante. - Reconhecer as vantagens e as aplicações dos motores de c.c. sem escovas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Entre as qualidades do motor passo-a-passo, referir a repetibilidade, a facilidade de controlo de deslocamento angular, de velocidade, de paragem e de sentido de rotação. - Consultar informação técnica de fabricantes de motores e dos respectivos circuitos de controlo. - Os motores de c.c. sem escovas (<i>brushless motors</i>), também chamados servomotores auto-síncronos devem o seu sucesso ao desenvolvimento da electrónica de comutação, dos detectores de posição, e dos materiais magnéticos. Entre as suas qualidades, referir a sua eficiência, a longa vida, o baixo consumo, o baixo ruído e facto do seu circuito de controlo já fazer a regulação de velocidade. - É também vantajosa a consulta de informação técnica de fabricantes, quer em suporte de papel, quer em suporte multimédia (Internet, por exemplo). 	

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>5 – Electrónica de potência.</p> <p>5.1. Componentes de potência.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Díodo. - Tiristor. - SCR. - <i>Triac</i>. - GTO. - Transistor de potência. - Bipolar. - MOSFET. <p>5.2. Circuitos de disparo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Malha RC. - <i>Diac</i>. - UJT. - Amplificadores operacionais. - Circuitos integrados dedicados. <p>5.3. Condições de funcionamento.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dissipação do calor. - Protecção contra sobre-intensidades e contra sobre-tensões. - Isolamento entre o circuito de potência e o circuito de disparo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir electrónica de potência e justificar a sua necessidade. - Descrever a constituição e o funcionamento dos diversos componentes da electrónica de potência e identificar as respectivas curvas características. - Definir e identificar estados de bloqueio e de condução. - Identificar e utilizar a simbologia dos componentes. - Apontar aplicações dos vários componentes, relacionando-as com as respectivas características. - Indicar critérios para a escolha e dimensionamento de componentes. - Justificar a necessidade de circuitos de disparo. - Descrever a constituição e o funcionamento dos diferentes circuitos de disparo. - Dimensionar circuitos de disparo de baixa complexidade (malha RC). - Definir e explicar as condições de funcionamento dos dispositivos de electrónica de potência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sugere-se uma revisão dos conceitos fundamentais dos componentes (díodo, díodo zener, transistor), já estudados no 10º e 11º Ano. - Analisar aplicações concretas de electrónica de potência e discutir as suas possibilidades e limitações. - Acompanhar o estudo dos vários componentes e dos circuitos de disparo com exemplos concretos de aplicação. - Relacionar a escolha de um componente para uma dada aplicação com as respectivas características. - Consultar informação técnica de fabricantes (catálogos, manuais, CD-ROM, Internet) para o estudo dos componentes, seus parâmetros e limites de utilização. - Privilegiar a análise gráfica no tratamento dos rectificadores controlados. 	<p>11</p>

Sistemas Analógicos e Digitais – 12º Ano – Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Automação Industrial e Instalações Eléctricas)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>5.4. Rectificação controlada. – Monofásica. – Trifásica.</p> <p>5.5. Conversores. – Conversor c.a./c.c. (rectificador). – Conversor c.c./c.a. (ondulador). – Conversor c.a./c.a. – Conversor c.c./c.c.</p> <p>5.6. Opto-electrónica. – Fotodíodos. – Fototransistor. – Fototriac. – Opto-acoplador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Descrever o comportamento do tiristor como interruptor unidirecional controlado e a sua aplicação na rectificação controlada. – Descrever o funcionamento de rectificadores controlados mono e trifásicos de baixas complexidade. – Definir e identificar os vários tipos de conversores. – Descrever sumariamente o funcionamento de cada um dos circuitos conversores. – Indicar aplicações dos vários tipos de conversores. – Descrever a constituição e o funcionamento dos dispositivos de interfaceamento óptico. 		

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6 – Accionamentos eléctricos.</p> <p>6.1. As funções de controlo de potência eléctrica.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seccionamento. - Protecção. - Manobra. <ul style="list-style-type: none"> - Binária. - Analógica ou contínua. - Comando. <ul style="list-style-type: none"> - Por lógica cablada. - Por lógica programada. - Dialogo entre a parte de comando e as funções de seccionamento, protecção e manobra. <p>6.2. Seccionamento.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seccionador. - Interruptor. - Interruptor-seccionador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir e distinguir as várias funções de controlo de potência eléctrica e identificar a aparelhagem que executa essas funções. - Definir poder de corte de um aparelho. - Identificar aparelhos que realizam funções múltiplas. - Enquadrar a função de protecção nas restantes funções de controlo de potência eléctrica. - Distinguir manobra binária (directa ou escalonada) de manobra contínua ou progressiva e identificar a aparelhagem que executa cada tipo. Enumerar vários manobras dos vários tipos. - Distinguir comando por lógica cablada de comando por lógica programada. - Identificar as ordens vindas da parte de comando para a aparelhagem de manobra e as informações dos estados de operação vinda da diversa aparelhagem para a parte de comando. - Descrever as características de um de um aparelho de seccionamento, a sua função e as condições em que deve ser operado. - Identificar os contactos principais e auxiliares de um aparelho de seccionamento ou de manobra e descrever as suas funções e características de operação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar o RSIUEE para definir as várias funções de controlo de potência eléctrica e identificar a aparelhagem e as normas a que deve obedecer. - Os conceitos relacionados com o controlo de potência eléctrica aplicam-se, naturalmente, a todo o tipos de instalações de utilização de energia eléctrica. Contudo, neste capítulo, dedicaremos especial atenção ao controlo de motores eléctricos. - O tema das protecções eléctricas já foi abordado na disciplina de Aplicações Tecnológicas do 11.ºano. Aqui pretende-se consolidar os conhecimentos já adquiridos, aprofundar os conceitos e a experiência sobre os aparelhos de protecção e desenvolver competências de escolha tecnológica e dimensionamento de protecção de 	<p>12</p>

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6.3. Protecção de motores.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aparelhagem de protecção. <ul style="list-style-type: none"> - Corta-circuitos fusíveis. - Disjuntores. - Regulamentação do arranque e protecção de motores. - Dimensionamento das protecções contra sobrecargas e contra curtos-circuitos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterizar os vários tipos e as várias classes de serviço dos Corta-circuitos fusíveis. - Distinguir as características de tempo instantâneo, de tempo independente, de tempo independente e combinadas dos relés de protecção. - Relacionar característica de tempo de uma protecção contra sobreintensidades com a curva de fadiga térmica da instalação protegida. - Descrever sucintamente o princípio de funcionamento dos relés térmicos e electromagnéticos. - Identificar os valores característicos da grandeza actuante que definem um relé de intensidade. - Definir disjuntor e descrever a função de cada um dos seus elementos. - Utilizar os conceitos e as normas regulamentadas no RSIUEE para seleccionar e dimensionar as protecções dos motores eléctricos contra sobrecargas, curtos-circuitos, falta de tensão ou sub-tensão e falta de fase, considerando as condições e características de arranque e de funcionamento da máquina. 	<p>motores, tendo em conta as especificação terminal que os alunos estão a frequentar. Não deve, todavia, cair-se em exageros de aprofundamento teórico que esteja além do âmbito do curso.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recorrer aos conhecimentos e à experiência dos alunos para discutir os defeitos eléctricos e suas consequências, bem como as qualidades que deve ter um sistema de protecção. - Levar os alunos a consultar o RSUIEE no que diz respeito à definição dos vários conceitos e regras relacionadas com a protecção de instalações e equipamentos, especialmente de motores eléctricos, bem como com os aparelhos de protecção e dispositivos associados. - Familiarizar os alunos com a consulta de informação técnica de fabricantes e distribuidores, quer impressa, quer em suporte multimédia, para o estudo dos aparelhos de protecção. 	

Sistemas Analógicos e Digitais – 12º Ano – Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Automação Industrial e Instalações Eléctricas)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6.4. Estudo do contactor.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Função e classificação. - Características e vantagens. - Constituição e funcionamento. - Comportamento em c.a. e em c.c. - Contactos eléctricos. - Processos de extinção do arco eléctrico. - Relés e contactores estáticos. - Acessórios. <ul style="list-style-type: none"> - Contactos auxiliares normais e temporizados. - Encravamentos. - Limitadores de extra-corrente de corte. - Escolha e dimensionamento de contactores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir contactor e enumerar as suas características eléctricas e mecânicas. - Demonstrar que o contactor facilita o comando à distância, a sinalização dos estados de operação, bem como a interligação com a restante aparelhagem de protecção, seccionamento e comando. - Descrever a constituição de um contactor e as funções e características dos seus vários elementos. - Enumerar as vantagens do contactor. - Distinguir o comportamento em c.a e em c.c. e identificar formas de limitar o consumo da bobina. - Definir arco eléctrico e descrever sumariamente o seu funcionamento. - Justificar as principais técnicas de extinção do arco eléctrico usadas no contactor. - Descrever as características dos contactos eléctricos. - Descrever sumariamente a constituição, o funcionamento e as características dos relés e dos contactores estáticos. - Distinguir os vários tipos de contactos auxiliares, suas características de operação e suas utilizações. - Descrever as funções e a forma de utilização dos vários acessórios dos contactores. - Definir e utilizar critérios de escolha e de dimensionamento de contactores. 	<ul style="list-style-type: none"> - A função de manobra, entendida como a modificação do estado de funcionamento de um circuito, é também designada por pré-accionamento, por comutação e até por comando. Pretende-se distinguir, por uma questão de clarificação de conceitos, a manobra binária da manobra contínua. A primeira é do tipo tudo-ou-nada, tipicamente executada por contactores e refere-se, por exemplo, ao arranque directo ou escalonado de motores, à comutação de velocidade e de sentido de marcha e ainda à travagem. A segunda é executada por dispositivos electrónicos como arrancadores e variadores de velocidade, que realizam o controlo de arranque, de velocidade e de travagem de motores de forma progressiva. - Consultar informação técnica de fabricantes. 	

Sistemas Analógicos e Digitais – 12º Ano – Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Automação Industrial e Instalações Eléctricas)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6.5. Associações de aparelhagem.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tipos de associação. – Aparelhagem de funções múltiplas. <ul style="list-style-type: none"> – Disjuntor magneto-térmico. – Contactor-disjuntor. – Seccionador-contactor-disjuntor. – Escolha e dimensionamento do disjuntor. – Coordenação da vária aparelhagem. <p>6.6. Travagem de motores.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Processos de travagem. <ul style="list-style-type: none"> – Mecânica por electro-freio ou freio hidráulico. – Por contracorrente. – Por injeção de corrente rectificada. – Esquemas de controlo de travagem de motores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fazer a integração da aparelhagem das várias funções de controlo de potência eléctrica, seleccionando-a e dimensionando-a de forma a garantir a sua conveniente coordenação. - Identificar os aparelhos de funções múltiplas. <ul style="list-style-type: none"> - Justificar a necessidade de travagem de motores. - Descrever e caracterizar os vários processos de travagem. - Comparar os vários processos de travagem nomeadamente no que diz respeito à forma de dissipação da energia cinética, aos desgastes mecânicos, aos esforços mecânicos e térmicos, e à necessidade de detecção do momento de paragem. - Desenhar e interpretar esquemas de potência e de comando por lógica cablada, para diversos tipos de travagem de motores eléctricos. 		

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<p>6.7. Controladores electrónicos de velocidade.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipos de controlador. • Quadrantes de funcionamento. • Funcionalidades: <ul style="list-style-type: none"> – Aceleração controlada. – Variação de velocidade. – Regulação de velocidade. – Desaceleração controlada. – Travagem. – Inversão de marcha. – Limitação de corrente. – Protecções eléctricas. – Sequência de fases. • Graduator de tensão. <ul style="list-style-type: none"> – Constituição e funcionamento. – Funcionalidades. – Esquemas de ligação. – Arranque de vários motores com o mesmo arrancador. • Rectificador controlado para motor de c.c. <ul style="list-style-type: none"> – Constituição e funcionamento. – Funcionalidades. – Esquemas de ligação. • Conversor de tensão-frequência para motores assíncronos. <ul style="list-style-type: none"> – Constituição e funcionamento. – Funcionalidades. – Esquemas de ligação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Justificar a substituição, em certas aplicações, dos arranques binários pelo arranque contínuo com arrancador ou variador de velocidade electrónico. - Estabelecer um diagrama de blocos para descrição sumária do módulo de controlo e do módulo de potência de um controlador electrónico de velocidade. - Identificar e definir o funcionamento de um motor nos quatro quadrantes. - Definir cada uma das funcionalidades dos arrancadores e variadores. - Definir os vários modos de funcionamento: unidirecional, reversível, a binário constante, a potência constante, hipersíncrono, etc. - Identificar os vários tipos de controladores electrónicos de velocidade. - Descrever sumariamente a constituição e o princípio de funcionamento de cada tipo de controlador electrónico de velocidade. - Especificar as funcionalidades de cada tipo de controlador. - Estabelecer os critérios de escolha de controladores de velocidade. - Desenhar e interpretar esquemas de ligação de arrancadores e de variadores de velocidade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Os controladores electrónicos de velocidade abrangem os arrancadores progressivos (graduadores de tensão) e os variadores de velocidade. Ressalvando as suas especificidades, servem para fazer o controlo do arranque, da velocidade, da travagem e do sentido de marcha dos motores. Notar que os graduadores de tensão além de servirem de arrancadores (e travadores) de motores assíncronos, também se aplicam para ligar e desligar de forma progressiva cargas resistivas. - Os controladores electrónicos de motores passo-a-passo e de servomotores auto-síncronos, para além de gerarem a sequência de fases que produz o campo girante nos enrolamentos indutores, também servem para controlar a velocidade e o sentido de marcha dos motores. - Quanto à constituição interna e ao funcionamento interno dos vários tipos de controladores electrónicos de velocidade não é necessário entrar em grandes detalhes. 	

Sistemas Analógicos e Digitais – 12º Ano – Desenvolvimento do programa
(de acordo com as especificações de Automação Industrial e Instalações Eléctricas)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<ul style="list-style-type: none"> • Controlador/variador para servo-motor auto-síncrono. <ul style="list-style-type: none"> – Constituição. – Princípio de funcionamento. – Funcionalidades. – Esquemas de ligação. <p>6.8. Motorizações eléctricas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterização da máquina accionada. <ul style="list-style-type: none"> – Curva característica do binário resistente (constante, crescente ou decrescente). – Binário de inércia. – Potência. – Frequência de rotação. – Variação e regulação de velocidade. • Escolha do tipo de motor e do tipo de arranque. <p>6.9. Transmissões mecânicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acoplamentos. <ul style="list-style-type: none"> – Rígido. – Elástico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterizar as máquinas a serem accionadas. - Enumerar e identificar casos práticos de máquinas com diferentes curvas características de binários em função da velocidade. - Estabelecer e usar critérios adequados de escolha e dimensionamento de motores e de escolha do tipo de controlo do arranque, da velocidade e da travagem, em função das características da máquina a ser accionada. <ul style="list-style-type: none"> - Justificar a necessidade de alinhamento de veios nos acoplamentos e definir desvios de alinhamento. - Descrever e comparar vários tipos de acoplamentos (de disco rígido, de fole, de juntas ou cardans elásticos, de molas, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> - Discutir exemplos reais de máquinas accionadas com diversas características de binário (elevadores, bombas, ventiladores, centrifugadores, trituradores, compressores, transportadores, desenroladores, etc.). <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar exemplos práticos da indústria para debater e dimensionar transmissões cinemáticas em função de binários ou de velocidades lineares ou angulares desejadas. - Dá-se maior relevo à transmissão por correias por ser a que necessita de maiores cuidados de manutenção. 	

Sistemas Analógicos e Digitais – 12º Ano – Desenvolvimento do programa
 (de acordo com as especificações de Automação Industrial e Instalações Eléctricas)

Temas/Conteúdos	Objectivos	Sugestões metodológicas	Aulas de 90 min
<ul style="list-style-type: none"> • Transformação de movimento. <ul style="list-style-type: none"> – Parafuso. – Pinhão/cremalheira. – Corrente/roda dentada. – Biela manivela. – Came/alavanca. 	<p>diminuição do binário disponível, e à diminuição de rotações corresponde um aumento do binário (conservação de energia desprezando atritos).</p> <ul style="list-style-type: none"> – Descrever, caracterizar e comparar os vários tipos de transformação do movimento rotativo em rectilíneo. 		

Bibliografia Geral

(De acordo com as especificações de Electrónica e de Telecomunicações)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(De acordo com as especificações de Instalações Eléctricas e de Automação Industrial)

Alain, H., Claude N. e Michel P. (1985). *Machines Électriques, Électronique de Puissance. Le Technicien Dunod*. Paris: Bordas.

(Recomendado para docentes).

André, S. (1987). *Cours de Schémas d'Électricité*, Tomo 2. Paris: Édition Eyrolles.

(Recomendado para o estudo da regulação de velocidade e travagem de motores assíncronos. Aconselhado aos docentes).

Arnold, R. e Stehr, W. (1972). *Máquinas Eléctricas* (2 vols.). S. Paulo: E.P.U.

(Tradução brasileira do original alemão. Abordagem bastante prática das máquinas eléctricas, de fácil consulta pelo aluno).

Barry, J. (1978). *Schémas d'Électricité*. Paris: Édition Eyrolles.

(Existe a tradução portuguesa editada pela Presença. Contém, entre muitos outros temas, variados esquemas de controlo de arranque e travagem de motores, bem como de comutação de sentido de marcha e de velocidade. Acessível ao aluno).

Bellier, M. e Galichon, A. (1972). *Machines Électriques, Terminal F3*. Paris: Delagrave.

(Livro didáctico para consulta do professor).

Grupo Schneider (1995). *Variação de Velocidade, Curso de formação*. Lisboa: autor.

(Estudo da variação e regulação de velocidade. Aconselhado a docentes e alunos).

Guérin, D. *et al.* (1994). *Esquemateca – Tecnologias do Controlo Industrial*. Paris: Éditions CITEF.

(Manual sobre o controlo de potência eléctrica e de motores com algum tratamento teórico e diversos exemplos práticos. Acessível à consulta por parte dos alunos).

Heumann, K. (1981). *Fundamentos de la Electrónica de Potencia*. Madrid: Paraninfo - AEG-Telefunken.

(Tratamento aprofundado da electrónica de potência e dos conversores de velocidade. Para o professor).

Leote, L. E. e Matias, J. (1982). *Sistemas de Protecção Eléctrica*. Lisboa: Didáctica Editora.

(Recomendado para aluno).

Leote, L. E. e Matias, J. (1982). *Automatismos Industriais – Comando e Regulação*. Lisboa: Didáctica Editora.

(Recomendado para aluno no que se refere ao estudo do contactor).

Malmaison, R. (1991). *La Commande d'Axe – Théorie et Applications Industrielles*. Paris: Éditions CITEF.

(Edição com a colaboração da Télémecanique. Para o professor aprofundar o tema do controlo de eixo e de posição).

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

(Recomendado para alguns trabalhos práticos de componentes electrónicos. Aconselhado aos docentes).

Matias, J. (1990). *Máquinas Eléctricas: Corrente Alternada e Corrente Contínua*. Lisboa: Didáctica Editora.

(Recomendado para o aluno).

Niard, J. (1984). *Électronique, Terminal F3*. Paris: Nathan Technique.

(Recomendado para docentes).

Niard, J. (1985). *Machines Électriques, Terminal F3*. Paris: Nathan Technique.

(Recomendado para docentes).

Papenkort, F. (1989). *Esquemas Eléctricos de Comando e Protecção*. S. Paulo: E.P.U.

(Tradução brasileira do original alemão. Contém muitos esquemas de controlo de arranque e travagem de motores, bem como de comutação de sentido de marcha e de velocidade. Acessível ao aluno).

Pinto, A. e Caldeira, J. (1996). *Tecnologias, 12º Ano*. Porto: Porto Editora.

(Recomendado para o estudo dos componentes da electrónica de potência. Aconselhado aos alunos).

Rodrigues, J. e Matias, J. (1984). *Transformadores*. Lisboa: Didáctica Editora.

(Pode ser usado pelos alunos, apesar de conter tratamento matemático que ultrapassa o nível do curso).

Schuler, C. M. (1986). *Industrial Electronics and Robotics*. E.U.A.: McGraw-Hill.

(Recomendado ao professor. Tratamento prático de temas como a electrónica de potência, controlo de motores).

Silva, V. (1991). *Trabalhos Práticos de Electrónica, 11ºano*. Lisboa: Didáctica Editora.

(Recomendado para os trabalhos de transístores bipolares e de efeito de campo).

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

(Recomendado para os trabalhos de amplificadores operacionais – regulação).

Télémecanique (1988). *Électronique de puissance* (catálogo). Paris: autor.

(Estudo dos componentes da electrónica de potência, aconselhado aos docentes).