Resumo

A educação em Sistemas Digitais e Computadores é actualmente ministrada no IST no âmbito do curso de Engenharia Electrotécnica. Este processo iniciou-se em 1970, existindo neste momento um núcleo básico de disciplinas onde são leccionadas técnicas digitais e de computadores. Durante a década de 70 a divulgação crescente dos mini e micro-computadores começou a ter um forte impacto ao nível das aplicações fazendo-se já hoje sentir, de modo significativo, a necessidade de uma evolução curricular neste domínio, no IST.

Para fazer face a tal necessidade propõe-se neste artigo um novo curriculum para o ensino de Sistemas Digitais e baseado na estruturação da educação neste domínio em cinco níveis distintos, que correspondem a diferentes graus de complexidade para os componentes básicos. A preparação que será dada em cada um destes níveis é condicionada pelos problemas que se prevêem que o engenheiro electrotécnico viria a enfrentar no domínio da informática, vista como tratamento automático de informação, no futuro próximo em Portugal. Devido a tendência verificada nos países mais evoluídos tecnologicamente para uma autonomização destas matérias no âmbito de um curso de Ciência e Engenharia de computadores, o curriculum proposto está estruturado de modo a poder eventualmente evoluir para um objectivo idêntico no IST.

1 - INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da tecnologia digital e da informática veio influenciar profundamente diversos campos de actividade ligados à Engenharia Electrotécnica. Na verdade, a elevada capacidade de processamento de informação, a adaptabilidade a diversos algoritmos por simples programação, além da modularidade, inerentes aos sistemas digitais, projectaram-nos para uma posição de grande relevância no panorama tecnológico actual.

A influência da tecnologia digital é extremamente significativa em campos tão diversos como, por exemplo, o das telecomunicações onde as comunicações digitais adquiriram já uma individualidade própria, ou o do controlo onde os processadores digitais ocupam hoje um lugar indispensável.

Este impacto faz-se deste modo sentir na formação dos engenheiros electrotécnicos que têm que fazer face aos novos problemas que lhes são postos. Assim, de uma maneira geral, os cursos de Engenharia Electrotécnica foram-se substancialmente modificando durante as duas últimas décadas, quer pela introdução de novas disciplinas, quer pela adaptação de programas das já existentes.

Foi assim que, dentro dos cursos de Electrotecnia, foram surgindo disciplinas dedicadas principalmente ao "hardware", com o ênfase colocado nos circuitos digitais e seu projecto, na arquitectura de computadores, e em electrónica digital. Tais matérias, embora ligadas mais directamente ao campo tradicional da Engenharia Electrotécnica, não permitem no entanto, só por si, um conhecimento completo e uma utilização eficiente dos sistemas de processamento digital.

Assim, uma maior atenção começou em determinada altura a ser prestada ao "software" e mesmo a cortou aspectos da Teoria da Computação. Esta evolução levou naturalmente, quando a amplitude e profundidade de tratamento das matérias o justificaram, ao aparecimento de cursos autónomos de Engenharia e Ciência de Computadores/1/.

Foi no início da década de 70, com a reforma no ensino de então, que foram introduzidas pela primeira vez no I.S.T. disciplinas dedicadas à teoria e projecto de sistemas digitais, nomeadamente as disciplinas de Sistemas Lógicos e de Computadores no 2º ano do curso de Engenharia Electrotécnica, e as disciplinas de Sistemas Digitais I e II do 4º ano do mesmo curso. Paralelamente, e ligada ao Centro de Cálculo da Universidade de Lisboa, foi criada uma disciplina dedicada a programação utilizando linguagens evoluídas.

As disciplinas de Sistemas Lógicos e de Computadores foi entregue a responsabilidade do ensino da teoria e projecto dos seus temas digitais mais simples, e dos aspectos básicos da arquitectura de computadores. As disciplinas de Sistemas Digitais, inicialmente com carácter puramente teórico, transformaram-se progressivamente de modo a adquirirem características mais ligadas ao projecto, tendo também passado a dispor de algum apoio laboratorial.

Porém, a rápida evolução sentida na última década nas técnicas digitais, nomeadamente no domínio dos mini e micro-computadores, impõe uma reestruturação curricular que permita ir além do âmbito limitado das disciplinas existentes. É essa imposição que motiva o presente artigo. Nele é aliás contemplada a necessidade de adaptação da escola a realidade exterior. Assim, o prosseguimento de um curriculum

como o aqui proposto permitirá aos futuros licenciados neste domínio o projecto, desenvolvimento e manutenção prática de sistemas digitais de processamento e controlo.

Refira-se ainda que o curriculum proposto, além de corresponder às necessidades actuais, pode considerar-se também como constituindo um núcleo de disciplinas teóricas, laboratoriais e de projecto, a volta do qual se pode vir a desenvolver um futuro curriculum de Engenharia e Ciência de Computadores.

II- PROPOSTA DE CURRÍCULUM

Um ensino eficiente no domínio dos Sistemas Digitais e dos Computadores será conseguido com uma organização curricular estruturada modularmente. Deste modo os Sistemas Digitais serão divididos em vários níveis distintos, sendo cada um dos níveis definido pela complexidade escolhida para os seus componentes básicos. O curriculum ficará assim organizado em módulos de disciplinas afins que garantirão, no seu conjunto, uma cobertura de todos os níveis.

Os Sistemas Digitais serão divididos em cinco níveis de complexidade, de acordo com um critério que foi estabelecido por G. Bell e A. Newell /2/, e que tem sido tradicionalmente aceite por vários autores /3/ e /4/. Os níveis estão organizados hierarquicamente, definindo-se, regra geral, que os sistemas projectados num dado nível servirão como componentes básicos do nível imediatamente superior, fazendo-se assim uma ligação natural entre os diferentes níveis de complexidade.

Estes cinco níveis serão designados respectivamente por: (1) nível de componente discreto, (2) nível de "gate", (3) nível de registo, (4) nível de programação e (5) nível de sistema.

Os componentes básicos do nível (1) são resistências, condensadores, díodos e transístores, e os circuitos projectados com base nesses componentes serão "gates". "Gates" são, por sua vez, os componentes básicos do nível (2), projectando-se tipicamente circuitos combinatórios (somadores, multiplexers, etc.) e circuitos sequenciais (contadores, registos de deslocamento, etc.). O nível de registo tem como componentes básicos os circuitos projectados nível (2) e a partir deles constroem-se circuitos mais complexos; como por exemplo controladores, interfaces, memórias e processadores. O nível de programação tem características especiais pois não aparece como uma evolução natural dos níveis inferiores, sendo exclusivo dos Sistemas Digitais programáveis. Os componentes deste nível (4) são subrotinas e co-rotinas que se estruturam em programas. No nível (5) projectam-se sistemas programáveis com base essencialmente em processadores, memórias e blocos controladores de entrada e saída de informação.

A preparação no domínio dos Sistemas Digitais e dos Computadores no curso de Engenharia Electrotécnica do I.S.T. tem estado centralizada nos três primeiros níveis, com a excepção do ensino, no primeiro ano do curso, de uma linguagem de programação evoluída. Devido ao largo espectro actual de aplicações dos computadores digitais resultante da miniaturização dos sistemas programáveis e da respectiva diminuição de custo, é natural que cada vez mais na sua vida profissional o engenheiro electrotécnico tenha de fazer uso de conhecimentos informáticos. Impõe-se portanto que desde já a educação do futuro engenheiro electrotécnico contemple todos os níveis anteriormente definidos.

O curriculum proposto está organizado em três módulos distintos que, em conjunto, cobrirão os cinco níveis de complexidade definidos para sistemas Digitais. Cada módulo consiste de um conjunto de disciplinas afins, admitindo-se que cada uma das disciplinas corresponda temporalm ente a um semestre escolar. É dado neste curriculum uma forte ênfase à parte laboratorial que dará suporte prático ao ensino ministrado.

No final do curso existirá ainda uma disciplina de Projecto em que o estudante implementará um sistema digital com características específicas.

Na figura 1 está indicada esquematicamente a cobertura dada aos diferentes níveis por cada um dos módulos de disciplinas.

Figura 1 - Organização Modular do Curriculum proposto

A estrutura de cada um destes módulos é analisada em seguida.

MÓDULO A - ELECTRÓNICA DIGITAL

No ensino de Electrónica Digital pretende-se dar ênfase aos aspectos de funcionamento interno dos circuitos utilizados em Sistemas Digitais, englobando portanto matérias que dizem essencialmente respeito ao nível (1). Este módulo consiste de duas disciplinas como se indica na figura 2.

Em Electrónica Digital I estudar-se-ão essencialmente:

- i) a implementação de circuitos digitais com componentes discretos;
- ii) famílias lógicas de circuitos integrados.

Por sua vez em Electrónica Digital II contemplar-se-ão as seguintes matérias:

- i) memórias electrónicas;
- ii) conversão analógico-digital e digital-analógico;
- iii) meios de transmissão de dados.

A parte prática destas disciplinas terá apoio laboratorial, sendo aí estudadas as características de comutação de díodos e transístores, e onde se construirão circuitos digitais com componentes discretos, conversores analógico-digital e digital-analógico, etc.

NÓDULO B - SISTEMAS DIGITAIS

Pretende-se com este módulo ensinar a análise e a síntese de circuitos lógicos combinatórios e sequenciais. Como se indica na figura 3, o módulo consiste de duas disciplinas teóricas e de uma disciplina laboratorial.

As matérias leccionadas em Sistemas Digitais I relacionam-se com o nível (2) e consistem basicamente de:

- i) introdução à Álgebra de Boole;
- ii) análise e síntese de circuitos combinatórios;
- iii) análise e síntese de circuitos sequenciais.

Por sua vez os assuntos tratados em Sistemas Digitais II estão mais ligados ao nível (3), como se conclui do conteúdo a seguir indicado para esta disciplina:

- i) estudo de blocos lógicos fundamentais, por exemplo descodificadores, contadores e somadores;
- ii) síntese de sistemas digitais com base em blocos de complexidade superior à do "gate", incluindo blocos RTM ("Register-Transfer-Modules");
- iii) linguagens de descrição de "hardware".

Pretende-se que nas aulas práticas destas disciplinas, a par da resolução de problemas de análise e síntese de circuitos digitais, os estudantes tomem um primeiro contacto com os aspectos práticos de implementação de sistemas digitais de baixa complexidade.

Finalmente, na disciplina laboratorial, os alunos projectarão e construirão sistemas digitais de complexidade média e elevada, com especial incidência em circuitos de controle.

Módulo C - COMPUTADORES

O objectivo das disciplinas leccionadas neste módulo será o de ensinar a organização de computadores digitais e respectiva programação, e de salientar as suas aplicações mais relevantes. Os níveis de complexidade mais elevada ficarão assim cobertos por este grupo de disciplinas, estando a organização do módulo C indicada na figura 4.

Na disciplina de Introdução aos Computadores e Programação deverão ser leccionados os princípios básicos de programação depois de se definir em esquema de blocos um computador digital. O núcleo da disciplina consistirá no ensino de uma linguagem de programação evoluída, que será complementado na sua parte pratica pela escrita de programas que serão executados por uma máquina que permitirá o processamento interactivo e em "batch".

Em Computadores I estudar-se-ão as seguintes matérias:

- i) estrutura de um computador digital ao nível de registo;
- ii) linguagem Assembler para um dado computador;
- iii) unidade aritmética e lógica;
- iv) sistemas de memória;
- v) unidade de controlo.

Por sua vez, em Computadores II estudar-se-ão os seguintes assuntos:

- i) sistemas de entrada/saída;
- ii) tempo repartido, multiprocessadores e redes de computadores;
- iii) introdução ao software de sistemas;
- iv) características específicas de mini e micro-computadores;
- v) especificação de sistemas informáticos.

Para suporte das aulas praticas destas disciplinas serão utilizados minicomputadores com um numero de terminais adequado ao conjunto de utilizadores previsto. Os minicomputadores serio utilizados para a execução de programas escritos pelos estudantes em linguagem Assembler, para prática de operações de consola, de entrada e saída de dados, e de técnicas elementares de software. Programas simuladores de outras maquinas poderio eventualmente ser executadas no minicomputador, permitindo deste modo apresentar aos alunos uma gama variada de computadores com arquitectura e repertório diferentes.

No laboratório de microprocessadores que constitui a disciplina final deste módulo, serão implementados sistemas digitais com base em microprocessadores. A individualização de um laboratório deste tipo resulta da necessidade de dar um ênfase especial as aplicações deste componente digital, que é parte fundamental de muitos equipamentos recentes. Este laboratório teria como suporte essencial um conjunto de sistemas de desenvolvimento de micro-computadores e de material de teste adequado, como por exemplo analisadores lógicos.

Para completar a apresentação do curriculum proposto, resta indicar a distribuição que as disciplinas atrás definidas terão ao longo dos cinco anos do curso de Engenharia Electrotécnica no I.S.T., bem como as precedências que se entende que as disciplinas devem apresentar entre si. Essa distribuição está esquematizada na figura 5, estando as precedências entre disciplinas do mesmo módulo indicadas a traço continuo e entre disciplinas de módulos diferentes a traço interrompido.

Nos dois primeiros anos do curso de Engenharia Electrotécnica, que são anos de preparação básica, pretende-se que o estudante seja posto em contacto com as noções fundamentais de Sistemas Digitais e Computadores, expressas pelo conteúdo das disciplinas de Introdução aos Computadores e Programação e Sistemas Digitais I. Nos três últimos anos, a medida que a especialização do estudante se vai definindo, irão sendo introduzidas as restantes disciplinas do curriculum, terminando com um projecto que se pretende possa constituir uma síntese de grande parte dos conhecimentos adquiridos.

III - EVOLUÇÃO FUTURA

O curriculum proposto no ponto II, pela sua forma modular e estrutura por níveis, permite uma fácil evolução para o ensino de Engenharia e Ciência de Computadores /5/ /6/. Fundamentalmente, não são aí considerados, ou são-no superficialmente, aspectos ligados à teoria da computação e, em especial, os ligados a engenharia de "software".

Esta última lacuna, considerada a mais importante por se tratar de ensino no âmbito de um curso de engenharia, pode contudo ser facilmente ultrapassada numa fase posterior por simples extensão do ensino nos níveis (4) e (5) anteriormente definidos. Esta extensão pode ser feita, quer dentro do quadro de uma licenciatura, quer numa pós -graduação.

Assim, uma extensão possível para o curriculum anteriormente proposto envolverá todos ou alguns dos seguintes pontos:

i) ao nível (4)

a) sistemas operativos, com especial ênfase em sistemas de multiprogramação e de tempo repartido;
b) estruturas de dados;

c) linguagens de programação;

ii) ao nível (5)

d) multiprocessadores;

e) processadores paralelos;

f) redes de computadores.

Considera-se ainda como desejável a extensão deste curriculum de modo a poderem ser abrangidas matérias que embora não

(Falta Página 12)

a ordenação de prioridades em investimentos públicos e da educação tenha necessariamente que coincidir com as necessidades tecnológicas dos sectores secundário e terciário. É a estes que compete assumir a sua responsabilidade de propiciar a formação dos quadros técnicos de que necessitamos, investindo, a tempo e horas e a nível adequado, na Universidade e exigindo, em contrapartida, uma justa reciprocidade em termos de dialogo institucional e de partilha de recursos humanos especializados.

De modo a que não fiquem duvidas quanto ao conteúdo das afirmações acima expostas, fica aqui formulado um desafio a todos os que, com muita razão, se vem queixando da incapacidade da Universidade Portuguesa em dar resposta as necessidades tecnológicas nacionais. Queiram algumas das grandes empresas, indústrias e serviços nacionais como, para citar apenas alguns exemplos, os CTT/TLP, a EDP, as Forças Armadas Portuguesas, a CP, a Quimigal e a petroquímica, contribuir durante dez anos com a verba anual de, digamos, cinco mil contos cada, para financiar o currículo científico-pedagógico aqui apresentado, e disponham -se estas entidades bem como a Ordem dos Engenheiros, a Associação Industrial Portuguesa, a Associação Portuguesa de Informática e outros congéneres a colaborar na definição do mercado de trabalho neste sector, bem como no estabelecimento de mecanismos para a sua previsão, e garantimos que a Universidade Portuguesa apetrechara, com o corpo técnico adequado, o domínio de Engenharia e Ciência de Sistemas Digitais, ate ao final da década de 80.

REFERÊNCIAS

/1/ - C. V. Ramamoorthy, "Trends and Perspectives in Computer Science and Engineering Education", Proc. IEEE, Agosto 1978.

/2/ -C. Bell and A. Newell, "Computer Structures: Readings and Examples", Mccraw-Hill, 1971.

/3/ -J. Grason and D. Siewiorek, "Teaching with a Hierarchically structured Digital Systems Laboratory", Computer, Dez. 1975.

/4/ -S. Shiva, "Computer Hardware Description Languages", Proc. IEEE, Dez. 1979.

/5/ -"A Recommended Curriculum in Computer Science and Engineering" - Autores Vários, Computer, Dez. 1977.

/6/ -"Curriculum 78" - A Report of the ACM Curriculum Committee on Computer Science, Com. of the ACM, Março 1979.