

Estação de Trabalho Baseada em Computador de Apoio ao Ensino da Electrónica

Carlos Alberto Loureiro, Nuno Miguel Neto, Osvaldo Rocha Pacheco

Resumo - Neste artigo apresentamos uma estação de trabalho desenvolvida com base num computador, de apoio ao ensino da electrónica, que foi desenvolvido no âmbito da disciplina de Projecto da Licenciatura em Engenharia Electrónica e Telecomunicações. O sistema integra dois módulos de base, que permitem ao aluno, desenvolver de modo autónomo grande parte do trabalho laboratorial associado à sua aprendizagem, complementando o equipamento tradicional de bancada de um laboratório de electrónica.

I. INTRODUÇÃO

A presença de computadores no apoio ao ensino é nos tempos que correm cada vez mais vulgar. Os computadores são assim muito usados para a elaboração de relatórios, construção de gráficos, armazenamento e processamento de dados, simulações, pesquisa de informação, etc. Surgem agora, sistemas de apoio ao trabalho laboratorial, que disponibilizam a versão electrónica dos documentos de apoio existentes em papel e ainda ferramentas de simulação e teste, que permitem ao estudante o acesso ao trabalho laboratorial, acompanhado de um guia interactivo e de demonstrações e tutores para a resolução de alguns problemas tipo.

Nesta perspectiva, no âmbito deste trabalho, desenvolvemos um sistema de ensino interactivo que possibilita a introdução teórica de um tema e que inclui instrumentos de trabalho tais como o gerador de sinal, osciloscópio, analisador de espectros e multímetro, de modo a que, com um computador, o aluno tenha disponível de um modo integrado todos os meios que possibilitem a resolução do trabalho laboratorial.

A estação de trabalho, baseia-se num PC equipado com uma placa de conversão analógica-digital (A/D) e digital-analógica (D/A). No *software* identificam-se dois módulos distintos; o primeiro consiste basicamente num guia interactivo multimédia que permite a introdução teórica dos temas que se pretendem ensinar e apresenta os trabalhos práticos associados bem como um conjunto de pistas para a ajuda na pesquisa de uma solução; o segundo consiste num conjunto de instrumentos virtuais tais como osciloscópio e gerador de sinal, que poderão ser usados no apoio à resolução dos trabalhos práticos. Após um processo de análise dos resultados e reajuste eventual da montagem, o sistema através do conjunto de instrumentos virtuais permite a recolha, visualização e processamento dos dados, fornecendo ao aluno novas ferramentas de

análise dos resultados obtidos e permitindo integrar esta informação no relatório do trabalho. A exportação dos dados respeitando formatos identificáveis, permite a sua utilização por outras aplicações de processamento, bem como, a passagem de gráficos, dados e resultados para um ficheiro, promovendo a elaboração e entrega do relatório do trabalho no final da aula laboratorial.

II. IMPLEMENTAÇÃO

A. Introdução Teórica

A construção do guia multimédia foi feita em *HTML* utilizando-se como editor o *Microsoft Front Page 98*. Esta opção justifica-se pela grande divulgação das técnicas de navegação na *internet* e pela grande disponibilidade de *browsers* na maioria dos computadores pessoais. Na introdução teórica discutem-se as especificações para conversores analógico/digital e digital/analogico e os problemas inerentes a este tipo de conversores. Dos vários assuntos relevantes possíveis de serem abordados, apenas foram considerados os mais importantes. Seguidamente apresentamos os tópicos apresentados na introdução teórica:

Conversão Analógica Digital e Digital Analógica

- a) – Função de transferência ideal:
 - i) – Conversor analógico/digital (ADC)
 - ii) – Conversor digital/Analógico (DAC)
- b) – Fontes de erros estáticos
 - i) – Erro de offset
 - ii) – Erro de ganho
 - iii) – Erro de não linearidade diferencial (DNL)
 - iv) – Erro de não linearidade integral (INL)
 - v) – Erro precisão absoluto
- c) – Erro de abertura
- d) – Efeitos de quantificação
- e) – Amostragem
 - i) - Amostragem ideal
 - ii) - Amostragem real
- f) – Efeitos de "*aliasing*" e considerações
 - i) – Escolha do filtro
 - ii) – Tipos de filtros
 - (1) – Filtro de Butterworth
 - (2) – Filtro de Chebyshev

(3) – Filtro de Chebyshev inverso.

B. Trabalhos Práticos

As especificações dos trabalhos práticos foram feitas tendo em consideração que o estudo da conversão AD/DA engloba vários aspectos que têm que ser levados em conta, para que os resultados obtidos tenham validade. Os conversores analógico/digital e digital/analógico têm mecanismos de compensação interna dos erros associados ao processo de conversão. Para tornar perceptível esses erros, é proposta a implementação de circuitos que potenciam uma melhor percepção e análise do aluno. Assim, os diferentes trabalhos propostos abordam os seguintes temas:

Filtro Anti-Aliasing
Circuito de Sample/Hold
Filtro Passa-Baixo
Erro de offset
Erro de ganho
Erro de não linearidade diferencial (DNL)
Erro de não linearidade integral (INL)
Erro de abertura
Filtros na saída do conversor D/A
Com o filtro sub-dimensionado
Sem filtro

O circuito de base sobre o qual incidem os diferentes trabalhos é apresentado na figura 1.

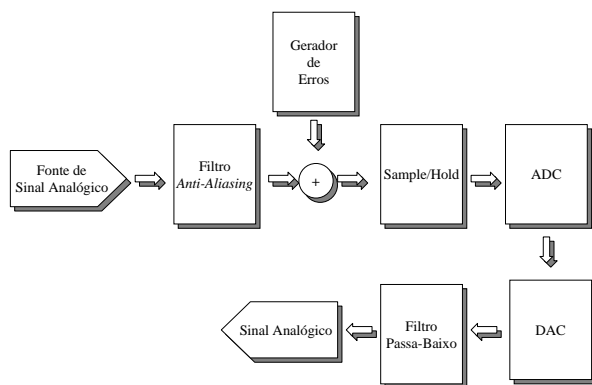


Fig 1 – Principais blocos do circuito do trabalho prático a implementar.

C. Soluções do trabalho prático

O guia multimédia interactivo, tem uma terceira secção, em que são propostas soluções para o trabalho prático. Este documento apresenta esquemas, cálculos e soluções que deveram ser apresentadas pelos alunos, ou usadas por eles quando é necessária algum tipo de ajuda.

D. Navegação na aula prática

Após o estudo dos temas teóricos apresentados na secção própria, a abertura da aula prática é feita através de um *link* para esta página. Na página principal é feita uma apresentação detalhada da matéria a ser abordada através de diversos *links*. O mecanismo de navegação permite ao utilizador navegar por todo o guia, utilizando todas as funcionalidades inerentes ao sistema *Web*, isto é, é possível andar para a frente/trás, saltar através de *links* directos para as páginas, etc. Em cada secção da aula prática existe sempre um *link* para o respectivo conceito teórico. Desta forma a ajuda é feita de uma forma rápida e eficaz, evitando uma procura exhaustiva por toda a matéria.

E. Instrumentação Virtual

O *software* usado no desenvolvimento dos instrumentos virtuais foi o *LabView*, da *National Instruments*. A escolha desta linguagem de programação deve-se quer à facilidade de programação da placa de aquisição, quer à facilidade na criação de interfaces gráficas, quer ainda à disponibilidade de extensas livrarias de funções (figura 2).

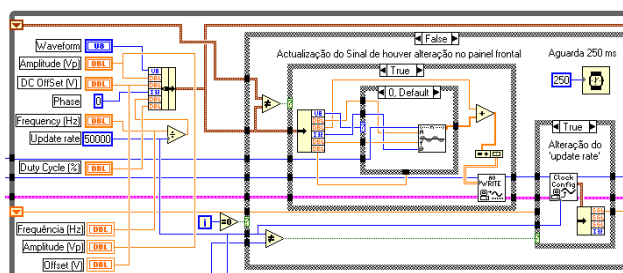


Fig 2 – Linguagem de programação G (*LabView*)

O *software* corre sobre um computador PC-IBM compatível com os seguintes requisitos mínimos: Pentium 120MHz, 16MB RAM, 50MB livres de disco rígido, placa gráfica com 4MB de RAM, 1 *slot* PCI livre e sistema operativo Windows 95/98 ou NT, sendo no entanto, muito vantajoso, configurações com melhores performances.

A placa de aquisição é do modelo PCI-1200. Esta placa tem uma interface PCI, é *jumperless* (as configurações são feitas por *software*) e tem como ligações ao exterior uma ADC de 12 bits de aproximações sucessivas multiplexada por 8 canais, duas DAC's de 12 bits com saída em tensão, 24 linhas TTL de I/O e três contadores de 16 bits.

A ADC têm como características principais, entrada em tensão com a possibilidade de ser configurada num modo bipolar ($\pm 5V$) ou unipolar (0 a 10V), permitindo a aquisição de 100 K amostras por segundo.

As DAC's têm como características saídas em tensão e possui dois modos de funcionamento: actualização imediata ou actualização com atraso, sendo o modo programado por *software*, permitindo 100 K conversões

por segundo (canal único) e 77 K conversões por segundo, para configuração multi-canal.

Os instrumentos usados nos laboratórios têm muitas vezes funcionalidades que não são usadas por desconhecimento do utilizador ou por não serem mesmo necessárias. No desenvolvimento dos instrumentos virtuais apenas foram desenvolvidas funções essenciais ao estudo desta matéria, sendo a complexidade destes bastante pequena. No decorrer da aula existirá um *link* para o instrumento virtual necessário. No caso de este não existir, é sempre possível activar os instrumentos virtuais através da barra de navegação.

III. UTILIZAÇÃO DO SISTEMA

Como já foi apresentado, o sistema baseia-se em dois módulos principais: o guia multimédia interativo desenvolvido em *HTML* e o conjunto de instrumentos virtuais desenvolvido com o *LabView* (figura 3).

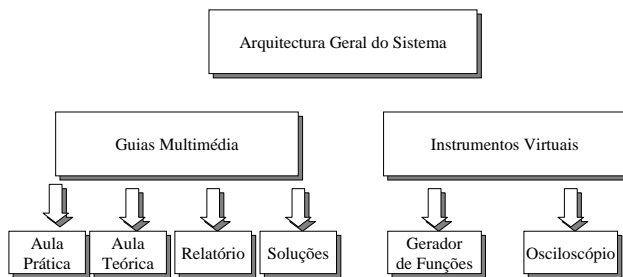


Fig 3 - Esquema da arquitectura geral do demonstrador.

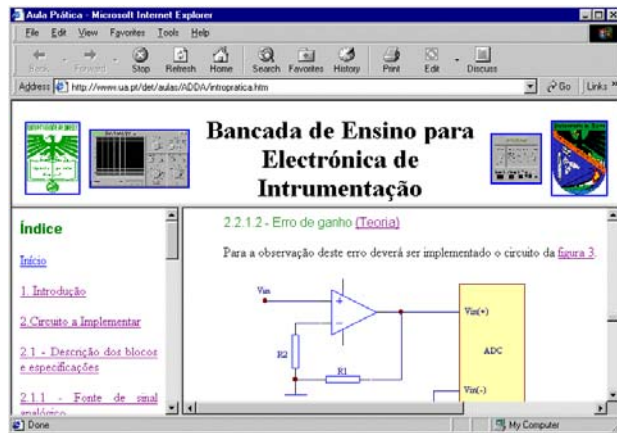


Fig 4 – Documento multimédia - aula prática.

O aluno, através da introdução teórica, pode recordar os princípios teóricos que estão subjacentes à aula prática, ou esclarecer alguma eventual dúvida que surja durante a realização do trabalho. De seguida, usando o módulo da aula prática, o sistema introduz o trabalho prático a realizar (figura 4). O acompanhamento da aula teórica e prática é feita de forma interactiva, de uma forma de todo semelhante à consulta de um *site* na *internet*. Finalmente o

sistema disponibiliza um módulo, eventualmente protegido por *password* e portanto nesse caso só acessível ao tutor, que contém as soluções referentes à parte prática. Na realização do trabalho prático, as ferramentas de trabalho são basicamente instrumentos virtuais que permitem ao utilizador executar no PC as mesmas tarefas que seriam executadas pelos tradicionais instrumentos de bancada (osciloscópio e gerador de funções).

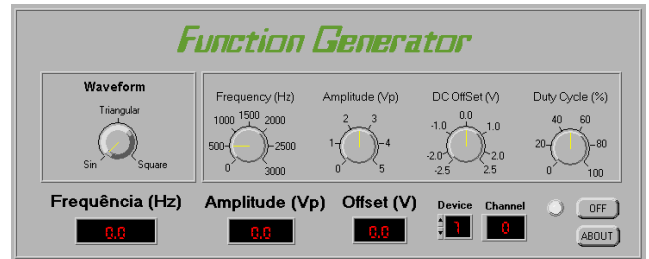


Fig 5 – Gerador de funções virtual

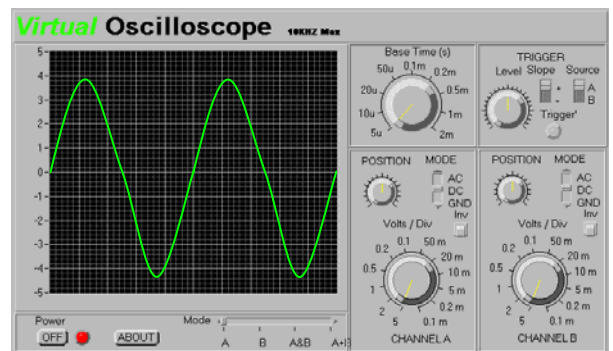


Fig 6 – Osciloscópio virtual

O arranque da aplicação faz-se pelo documento multimédia que contém a introdução teórica sobre o tema a abordar. Neste documento é possível a navegação usual numa qualquer página *Web*, com todas as funcionalidades inerentes e com os mesmos princípios de navegação, bem como aceder directamente aos instrumentos virtuais se o computador estiver equipado com placa de aquisição. No final da introdução teórica é iniciada a componente prática. Neste módulo, como foi referido, em cada secção existe um *link* para o respectivo conceito teórico. Desta forma a ajuda é rapidamente enquadrada, perdendo-se, no entanto, o exercício de pesquisa de informação. Finalmente, se o aluno se sentir capaz, pode iniciar a realização do trabalho prático, implementando o circuito, verificando os resultados e registando as conclusões.

Ao longo da aula prática, existem *links* para os instrumentos virtuais necessários. Em qualquer situação, é sempre possível, através da barra de navegação, a activação de um qualquer instrumento virtual (figuras 5 e 6). Nesta fase, a estação de trabalho tem disponíveis um osciloscópio e um gerador de funções.

A elaboração do relatório pode ser feita em tempo real, ou seja, à medida que os vários circuitos práticos são implementados, toda a informação necessária, vai sendo

adquirida para um ficheiro, por ordem do utilizador. Deste modo, no final da experimentação todos os valores e informações necessários ao relatório final estão disponíveis, não sendo necessária a composição pelo utilizador. A criação do relatório de um modo semi-automático pode ser complementada através de outras funcionalidades existentes na aplicação guia. No final é possível o envio do relatório ao tutor por *e-mail* ou a impressão do relatório para entrega imediata.

IV. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Foi dedicado especial cuidado à elaboração dos guias interactivos de modo a que sejam usados com pequena resistência por uma população muitas vezes pouco atraída pelas novas tecnologias. As interfaces dos instrumentos virtuais, semelhantes às interfaces dos instrumentos de bancada permitem uma rápida adaptação pelos utilizadores.

Pensamos que numa primeira fase esta estação de trabalho poderá disponibilizar a baixo custo uma pequena bancada, que permitirá a preparação de aulas práticas de disciplinas como análise de circuitos e electrónica, faltando, no entanto, ainda algum trabalho de validação e de adaptação a cenários de ensino concretos.

O trabalho seguinte, consistirá em testar ferramentas de autor para a re-implementação dos guias multimédia, o que poderá permitir a orientação do aluno, em caso de dúvida ou erro, sugerindo uma solução para a resolução do problema e em implementar novos instrumentos virtuais de análise (analisador de espectros e multímetro) e de simulação. Por outro lado também não nos parece difícil a integração de ferramentas de análise e simulação, como o *Spice*, pois alguns resultados assim obtidos poderão ser usados para a preparação do trabalho prático e para a construção do relatório.

O ensino à distância também poderá condicionar o desenvolvimento futuro. Numa fase mais avançada este sistema poderá ser desenvolvido de modo a funcionar num servidor remoto, onde estarão disponíveis os assuntos a serem abordados. Poderá haver uma distinção entre alunos e tutores, podendo esta ser feita com o uso de diferentes *logins*. O sistema permitirá que a baixo custo se disponibilizem ferramentas essenciais para o trabalho laboratorial, permitindo a sua disseminação.

REFERÊNCIAS

- [1] Texas Instruments, *Data Acquisition Circuits*, Custom Printing Company, Owensville-Missouri, 1998.
- [2] The Engineering Staff of Analog Devices Inc, *Analog-Digital Conversion Handbook*, 3rd ed, Prentice-Hall, 1986.
- [3] Sedra, Adel S. e Smith, Kenneth C., *Microelectronic Circuits*, 3rd ed., New York: Oxford University Press Inc., 1989.
- [4] Leland B Jackson, *Digital Filters and Signal Processing*, 2nd ed., Kluwer Academic Publishers, 1989;
- [5] National Instruments, *LabView Basics*, 2nd ed., National Instruments.
- [6] National Instruments, *LabView for Windows User Manual*, National Instruments, 1996.
- [7] Lisa K. Wells, *LabView - Students Edition User's Guide*, 1st ed, Prentice Hall, New Jersey, 1994.