



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

FEUP



Ricardo Jorge Guedes da Silva Nunes da Costa

Infra-estrutura laboratorial para experimentação remota

Ricardo Jorge Guedes da Silva Nunes da Costa
Licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores pela FEUP

Infra-estrutura laboratorial para experimentação remota

Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
(área de Informática Industrial)

Dissertação realizada sob
orientação dos
Professor Doutor José Manuel Martins Ferreira,
do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
e
Doutor Gustavo Ribeiro da Costa Alves,
do Departamento de Engenharia Electrotécnica
do Instituto Superior de Engenharia do Porto

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

PORTO, JUNHO DE 2003

Aos meus Pais.

Resumo

Palavras chave:

Educação à distância, aprendizagem electrónica, laboratórios remotos.

A evolução tecnológica dos últimos anos na área da comunicação tem contribuído consideravelmente para uma globalização do conhecimento. Das tecnologias existentes, destacam-se os computadores que interligados através de *Intranets* ou através da *Internet*, têm contribuído para a transmissão de informação entre locais geograficamente distantes. Além da flexibilidade fornecida aos diferentes utilizadores no acesso à informação, destacam-se ainda os recursos multimédia disponibilizados para a sua apresentação, que permitem tornar mais atraentes os conteúdos.

Torna-se assim evidente a importância e o contributo que a tecnologia, nomeadamente os computadores e a *Internet*, podem ter na melhoria da qualidade do ensino e consequentemente na aprendizagem. Neste contexto, já existem muitos ambientes de ensino e aprendizagem capazes de fornecer os meios necessários para que professores possam levar aos alunos cursos à distância, com resultados pedagógicos semelhantes aos obtidos em salas de aula tradicionais. Embora estes ambientes incluam mecanismos para disponibilizar e gerir conteúdos, bem como sistemas de gestão e de avaliação, e ainda ferramentas de comunicação que permitem a interacção entre alunos (a trabalhar em diferentes computadores) de forma semelhante à das salas de aula tradicionais, nenhum deles inclui ferramentas capazes de contemplar algumas das necessidades dos cursos tecnológicos, nomeadamente os ligados às ciências e engenharias, onde a componente prática é fundamental. O projecto europeu PEARL (*Practical Experimentation by Accessible Remote Learning*) teve por base esta limitação e foi concebido com o objectivo de criar infra-estruturas laboratoriais remotas capazes de disponibilizar um conjunto de experiências em várias áreas científicas. O trabalho descrito nesta dissertação teve por objectivo o desenvolvimento de uma destas infra-estruturas, que permite a realização de experiências remotas no ramo da electrónica, nomeadamente a programação de circuitos baseados em microcontroladores, introdução ao projecto e teste

de sistemas digitais em FPGAs, e teste de circuitos compatíveis com as normas IEEE 1149.1 e 1149.4. Foi também desenvolvido um sistema de gestão que permite controlar os acessos dos alunos a este laboratório remoto, permitindo a reserva antecipada dos recursos pretendidos e ainda a manutenção da infra-estrutura laboratorial remota, fornecendo a um administrador a possibilidade de gerir clientes e experiências.

Por fim, realizaram-se dois conjuntos de sessões de validação com alunos (envolvendo duas das três experiências suportadas), para tirar conclusões sobre o sistema desenvolvido, bem como uma demonstração a pessoal docente e investigador, com o mesmo objectivo.

Abstract

Keywords: Distance education, *e-learning*, remote laboratories.

Recent trends in communication technologies contributed significantly to knowledge globalisation as we know it today. The *Internet* and all types of *Intranets* play an important role in this context, by enabling an almost immediate exchange of information among people in different geographical locations. On the other hand, multimedia technologies enabled a far more attractive format for the same contents.

Altogether, computers and the *Internet* were able to improve education activities in many aspects, including flexibility and pedagogical effectiveness. Currently available *e-learning* platforms provide the required tools to support distance delivery of educational contents, with overall results similar to those achievable in conventional classroom settings. Although these tools support a wide range of teaching and learning activities, including content management and delivery, and also course management and student assessment, as well as synchronous and asynchronous communication resources to enable student interaction irrespective of their location, none has so far provided a satisfactory solution to a fundamental requirement in science and engineering courses: remote access to laboratory facilities. The European project PEARL (*Practical Experimentation by Accessible Remote Learning*) was conceived to overcome this restriction, by developing a set of remote laboratory infrastructures able to support practical experiments over the web, in several scientific domains. The work described in this dissertation addressed the development of one of these infrastructures, and enables remote access to an electronics workbench supporting experiments in three areas: microcontroller-based circuits, FPGA-based introductory logic design, and test of IEEE 1149.1 and 1149.4 circuits. A scheduling/booking application was also developed to support management of the remote workbench, enabling the students to book one-hour sessions and the instructors/technicians to manage experiments and control user access.

Two validation sessions were carried out with students accessing the remote workbench and two of the three experiments, followed by a demonstration session to teaching staff with the objective of evaluating the proposed solutions in terms of usability and pedagogical effectiveness.

Résumé

Mots clés: Education à la distance, apprentissage électronique, laboratoires lointains.

L'évolution technologique dans les dernières années dans le secteur des communications a contribué d'une façon considérable à une globalisation de la connaissance. Parmi les technologies actuelles on met en évidence les ordinateurs qui inter-liés à travers des *Intranets* ou à travers l'*Internet*, ont contribué à la transmission d'information entre lieux géographiquement éloignés. Au-delà de la flexibilité fournie aux différents utilisateurs dans l'accès à l'information, sont aussi mit en évidence les ressources multimédia disponibles pour leur présentation, qui rendent les contenus plus attractifs.

Ainsi, il est parfaitement visible l'importance et l'apport que la technologie, nommément les ordinateurs et l'*Internet* peuvent avoir dans l'amélioration de la qualité de l'enseignement et en conséquence de l'apprentissage. Dans ce contexte, il y a déjà plusieurs ambiances d'enseignements et d'apprentissages capables de fournirent les moyens nécessaires pour que les professeurs puissent mener aux élèves des cours à distance, avec des résultats pédagogiques comparables à ceux qui sont enseignés dans les classes traditionnelles. Bien que ces ambiances incluent des mécanismes pour disposer et gérer des contenus, ainsi que des systèmes de gestion et d'évaluation, et aussi des outils de communication qui permettent l'interaction entre élèves (à travailler en différents ordinateurs) de façon similaire à des classes traditionnelles, aucun d'entre eux incluent des outils capables de sauvegarder quelques-unes des nécessités des cours technologiques, nommément ceux liés aux sciences et ingénierie, où la partie pratique est fondamentale. Le projet européen PEARL (*Practical Experimentation by Accessible Remote Learning*) a eu comme base cette limitation et a été conçu avec l'objectif de créer des infrastructures des laboratoires lointains capables de mettre à la disposition un ensemble d'expériences dans divers secteurs scientifiques. Le travail décrit dans cette dissertation a eu comme objectif le développement d'une de ces infrastructures, qui permet la réalisation d'expériences lointaines dans la branche de

l'électronique, notamment la programmation de circuits basés en micro-contrôleurs, introduction au projet et teste de systèmes digitaux en FPGAs, et teste de circuits IEEE 1149.1 et 1149.4. Il a été aussi développé un système de gestion qui donne la possibilité de contrôler les accès des élèves à ce type de laboratoire lointain, permettant la réserve anticipée des ressources prétendues et aussi la maintenance de l'infrastructure laboratoire lointain donnant la possibilité a un administrateur de gérer clients et expériences.

Finalement ont été réalisés deux groupes de sessions de validation avec les élèves, afin de retirer des conclusions sur le système développé et sur deux des trois expériences proposées, bien qu'une démonstration aux corps professoral et investigateur, avec le même objectif.

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível com a contribuição de um conjunto de pessoas e instituições a quem devo os meus mais sinceros agradecimentos e aos quais não poderia deixar de fazer referência.

- Em particular destaco o Professor Doutor José Manuel Martins Ferreira e o Doutor Gustavo Ribeiro da Costa Alves na qualidade de orientadores. Ambos foram indispensáveis para a realização deste trabalho, quer pela orientação científica dada quer pelo incentivo e motivação que sempre procuraram transmitir.
- A todos os colegas do laboratório de Projecto e Teste de Sistemas Electrónicos, em particular ao António Cardoso, Eng. Domingos Santos, Eng. Miguel Silva, Eng. Telmo Amaral e à Dr.^a Inês Cambeiro.
- À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em particular aos elementos do CICA (Centro de Informática Prof. Correia de Araújo) que se mostraram sempre disponíveis para a resolução de problemas informáticos, e ao GAUTI (Gabinete de Apoio à Utilização das Tecnologias de Informação) pela cedência de material.
- Às várias instituições Europeias que constituíram o consórcio PEARL, pelas contribuições dadas para a realização deste trabalho.
- A todos os amigos que demonstraram interesse e me incentivaram durante o desenvolvimento do trabalho e escrita da dissertação.
- E por fim, a toda a minha família por toda a compreensão manifestada em inúmeras ocasiões.

Índice

| | |
|---|-----------|
| Capítulo 1: Introdução | 1 |
| 1.1 Enquadramento e motivação | 1 |
| 1.2 Estrutura e organização | 3 |
| Capítulo 2: E-learning | 5 |
| 2.1 Tecnologia e modelos de aprendizagem | 5 |
| 2.1.1 Evolução histórica | 6 |
| 2.1.2 A importância dos modelos de aprendizagem..... | 8 |
| 2.1.3 Apoio a actividades colaborativas..... | 11 |
| 2.2 Funcionalidade dos ambientes de e-learning | 14 |
| 2.2.1 Disponibilização de conteúdos..... | 15 |
| 2.2.2 Gestão administrativa..... | 17 |
| 2.2.3 Gestão da aprendizagem e avaliação..... | 18 |
| 2.3 Breve caracterização do estado da tecnologia..... | 20 |
| 2.3.1 Elementos comparativos | 21 |
| 2.3.2 Principais limitações | 24 |
| 2.4 Sumário | 25 |
| Capítulo 3: Experimentação remota via Web..... | 27 |
| 3.1 Vantagens e desvantagens da experimentação via Web | 27 |
| 3.1.1 Flexibilidade e partilha de recursos..... | 28 |
| 3.1.2 Experimentação x Simulação | 31 |
| 3.1.3 Complemento x substituição do acesso ao laboratório | 33 |
| 3.1.4 Custos envolvidos (experiência x infra-estrutura) | 35 |
| 3.2 Importância das ferramentas de comunicação | 36 |
| 3.2.1 Trabalho cooperativo, aprendizagem colaborativa | 37 |
| 3.2.2 Comunicação síncrona e assíncrona..... | 38 |
| 3.3 Arquitectura de uma ILR..... | 40 |
| 3.3.1 A camada lógica de uma ILR..... | 41 |
| 3.3.2 A camada física de uma ILR | 44 |

| | | |
|--|--|------------|
| 3.4 | O projecto PEARL | 47 |
| 3.4.1 | Áreas de trabalho..... | 47 |
| 3.4.2 | Contribuição da FEUP | 48 |
| 3.5 | Sumário | 51 |
| Capítulo 4: O laboratório remoto | | 53 |
| 4.1 | Interfaces dos componentes individuais..... | 53 |
| 4.1.1 | Instrumentos de teste e medição..... | 54 |
| 4.1.2 | Controladores dedicados e WebCam | 58 |
| 4.1.3 | Aspectos de desenvolvimento | 63 |
| 4.2 | Interfaces dos ambientes experimentais..... | 67 |
| 4.2.1 | 8051 Microcontroller..... | 68 |
| 4.2.2 | Introductory logic design | 73 |
| 4.2.3 | IEEE 1149.x test Std. | 78 |
| 4.2.4 | Aspectos de desenvolvimento | 82 |
| 4.3 | Ferramenta de trabalho cooperativo..... | 83 |
| 4.4 | Sumário | 86 |
| Capítulo 5: Gestão de acessos ao laboratório remoto | | 87 |
| 5.1 | Especificação..... | 87 |
| 5.2 | Páginas do cliente..... | 89 |
| 5.2.1 | Página de entrada | 89 |
| 5.2.2 | Processo de registo..... | 92 |
| 5.2.3 | Processo de reserva | 93 |
| 5.2.4 | Acesso às experiências..... | 95 |
| 5.2.5 | Aspectos de desenvolvimento | 96 |
| 5.3 | Páginas do administrador | 104 |
| 5.3.1 | Página de entrada | 105 |
| 5.3.2 | Acesso aos clientes..... | 105 |
| 5.3.3 | Definição ou consulta das experiências disponíveis | 109 |
| 5.3.4 | Gestão de reservas..... | 112 |
| 5.3.5 | Aspectos de desenvolvimento | 114 |
| 5.4 | Acessibilidades..... | 115 |
| 5.5 | Sumário | 117 |
| Capítulo 6: Validações experimentais..... | | 119 |
| 6.1 | Objectivos..... | 120 |
| 6.2 | IEEE 1149.x test Std. – Validação intermédia..... | 120 |
| 6.2.1 | Preparação e realização das sessões experimentais..... | 121 |
| 6.2.2 | Validação técnica | 125 |
| 6.2.3 | Validação funcional..... | 127 |

| | | |
|------------------------------------|--|------------|
| 6.3 | 8051 Microcontroller – Validação final | 129 |
| 6.3.1 | Preparação e realização das sessões experimentais..... | 130 |
| 6.3.2 | Validação técnica | 145 |
| 6.3.3 | Validação funcional..... | 148 |
| 6.4 | Demonstração a docentes/investigadores da FEUP | 151 |
| 6.5 | Sumário | 153 |
| Capítulo 7: Conclusão | | 155 |
| 7.1 | Principais dificuldades e limitações | 156 |
| 7.2 | Perspectivas de desenvolvimento..... | 157 |
| Referências | | 161 |
| Anexos | | 171 |

