

# Web Controlled Robotic Arm

António Luís Marques, Verónica Vasconcelos, João Perdigoto, Samuel Pereira and Ricardo Oliveira

Departamento de Engenharia Electrotécnica  
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra  
Rua Pedro Nunes - Quinta da Nora  
P-3030-199 Coimbra - Portugal  
Tel.: +351 239 790 320, Fax: +351 239 790 321  
e-mail: {lmarques, veronica, , perdigot}@mail.isec.pt

## Abstract

This paper presents a system which allows users to through teleoperate a robotic arm over the World Wide Web. Users can view the environment live images captured by a web camera. This system could act as a remote teaching tool in the field of robotics, being a way of controlling the robotic arm from anywhere in the world. The main feature of the system is the possibility of total control of a robotic arm movement's through a simple web interface. As a demonstration of the system's capabilities, we can play tic-tac-toe against the robot. One of the goals of this project was also to develop a low-cost system.

**Keywords:** telerobótica, microcontrolador, *webcam*, braço robótico, e-learning.

## 1. Introdução

Mais do que nunca na história, a robótica desempenha um papel primordial no nosso dia a dia. É praticamente impossível passar um dia sem nos depararmos com um sistema robótico ou com produtos finais produzidos com a valiosa contribuição de sistemas robóticos. Assim, os robôs podem realizar os trabalhos mais diversos, sendo especialmente vocacionados para a realização de tarefas difíceis e/ou monótonas, realizadas em ambientes hostis para o ser humano. Tornou-se comum encontrar um robô para nos dispensar medicamentos numa farmácia (já existem várias em Portugal), para nos servir uma cerveja num bar. Num futuro próximo, prevê-se a utilização sistemática da telerobótica na realização das mais diversas tarefas, nomeadamente no campo da medicina - já foram apresentados alguns trabalhos de operações cirúrgicas à distância [1].

A robótica é um campo da engenharia que desperta um interesse crescente na população jovem, especialmente nos estudantes, assim como no público em geral. A

tecnologia necessária para realizar experiências neste campo não se encontra suficientemente disseminada, uma vez que esta tecnologia é ainda bastante dispendiosa e portanto nem sempre disponível à maioria das comunidades (especialmente quando nos referimos a braços robóticos).

Com a telerobótica [2] podemos partilhar tecnologia, experiência e *know-how* com a população em geral e com estudantes de áreas tecnológicas em particular. Por exemplo, uma instituição de ensino superior, como a nossa escola, que possui sistemas robóticos, pode deste modo partilhá-los de um modo simples com a comunidade envolvente e mesmo com o mundo. Estes factos são especialmente verdadeiros para estudantes que residam em meios pequenos ou em países subdesenvolvidos, colocando-os deste modo em contacto com uma tecnologia fascinante, isto sem incorrerem nos custos associados à sua posse, que em muitos casos não se encontram ao seu alcance.

Na secção 2, descreve-se o sistema implementado, (*hardware e software*), fazendo uma descrição dos vários componentes e módulos de *software* implementados. Na secção 3 apresentam-se as valências do sistema e os testes desenvolvidos. Na última secção são apresentadas as conclusões deste trabalho, onde se mostra que é possível implementar um sistema de partilha de recursos robóticos, através do uso da World Wide Web, de um modo simples e económico.

## 2. Sistema Implementado

O nosso sistema consiste num braço de robô - Scorbot ER-IX e no seu controlador (fabricado pela Eshed Robotec), um computador pessoal (PC), uma *webcam* de custo baixo e uma placa microcontroladora, fabricada pela Rabbit Semiconductor, encontrando-se este representado na Figura 1

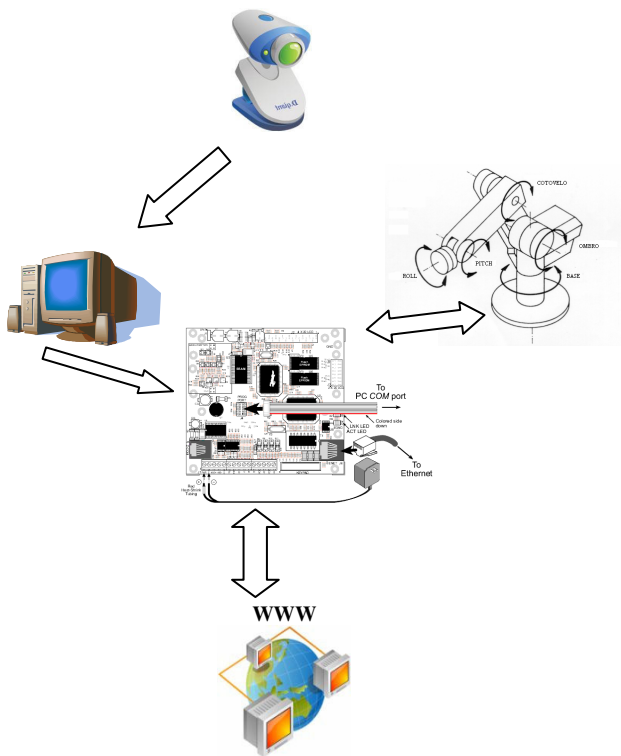


Figura 1 – Layout do sistema implementado.

O nosso robô é o modelo Scorbot ER-IX, estando fisicamente localizado no Laboratório de Automação e Robótica do Departamento de Engenharia Electrotécnica-ISEC (ver Figura 2). O Scorbot ER-IX é um robô com articulado verticalmente, com cinco juntas de revolução e uma garra, possuindo um total de seis graus de liberdade. Este *design* permite que a garra seja posicionada em qualquer ponto do seu espaço de trabalho. A linguagem utilizada na programação do robô é designada por *Advanced Control Language (ACL)* [3], que é uma linguagem proprietária da Eshed Robotec. O controlador do robô aceita comandos através de uma interface RS-232.



Figura 2 – O braço de robô Scorbot ER-IX residente no Laboratório de Automação e Robótica do DEE-ISEC.

O baixo custo de aquisição, dimensões reduzidas, assim como a facilidade de programação e desenvolvimento de software, foram objectivos para a implementação do sistema. Uma maneira de alcançar estes desideratos era através do uso de uma placa microcontroladora, designada na literatura como *Single Board Computer (SBC)*. De modo ao sistema ter acesso web e ao controlador do robô, a SBC deve possuir um conjunto de portas que possibilitem a ligação directa a uma rede TCP/IP e conectividade RS-232.

Tendo em conta as especificações e as opções apresentadas pelo mercado, optou-se por utilizar uma SBC da Rabbit Semiconductor designada como Rabbit 2000 TCP/IP [4] (ver Figura 3). Esta possui as seguintes características: processador Rabbit 2000 funcionando a 18 MHz (core Z80 compatível), 512 KB de memória (256KB para programas mais 256KB para ficheiros e com possibilidades de expansão), 4 entradas digitais, 4 saídas digitais e interfaces *Ethernet*, RS-232 e RS-485. Para além disto, o *kit* de desenvolvimento inclui um pacote de software que facilita a implementação de serviços TCP/IP.

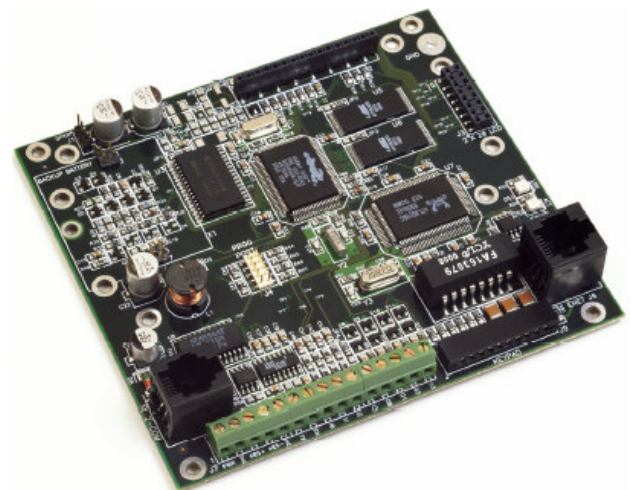


Figura 3 –SBC Rabbit 2000 TCP/IP.

O microcontrolador foi programado numa linguagem de alto nível – linguagem C [5] – o que aumenta a velocidade de desenvolvimento do software, tendo sido utilizado o compilador Dynamic C [6], fornecido com o *kit* de desenvolvimento. Este compilador possui um conjunto vasto de bibliotecas do *stack* TCP/IP o que facilita a escrita das rotinas de comunicação para a Web [7, 8].

Na implementação corrente foi utilizado um computador pessoal para o desenvolvimento do código em linguagem C, a sua compilação e *download* para o microcontrolador Rabbit 2000. A *webcam* utilizada é de baixo custo com interface USB, o que obriga à utilização de um PC para a sua integração no sistema. Em futuros desenvolvimentos pretende-se utilizar uma câmara com interface *Ethernet* de modo a eliminar a necessidade do PC no sistema final, tornando-o assim no sistema flexível e de baixo custo pretendido.



Figura 4 – Página web no modo “Jogo do Galo”

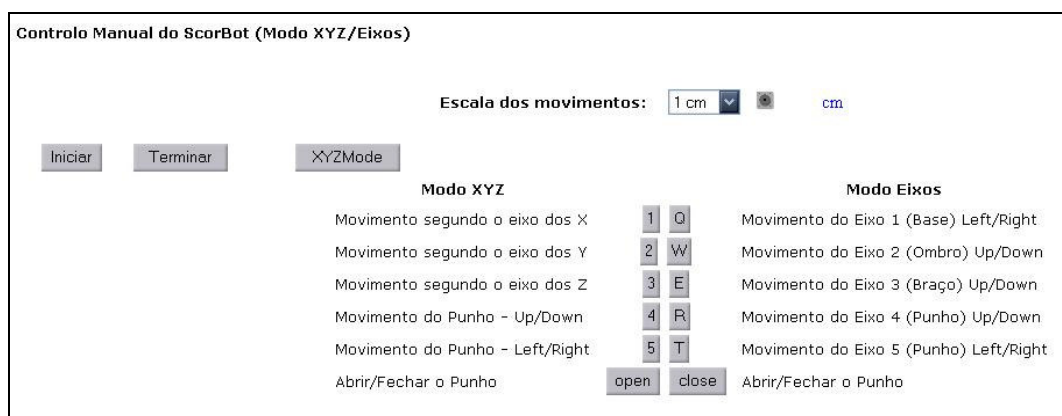


Figura 5 – Frame no modo XYZ.

O servidor http foi implementado na zona de memória da placa Rabbit SBC, e a interface com o mundo é realizada através de uma página html amigável. Acedendo a esta página dispomos dos seguintes modos de operação:

- Modo simples: o utilizador pode escolher, através de caixas de diálogo, as várias acções a realizar pelo robô, por exemplo: abertura/fecho da garra ou a execução de um de cinco movimentos previamente programados. Este modo serve

apenas para demonstrar as potencialidades do braço robótico a realizar tarefas;

- Modo XYZ: o utilizador indica a acção que o robô deve realizar (direcção, sentido do movimento, etc.) pressionando botões na página (Ver figura 5);
- Modo Especialista: assume-se que o utilizador é um conhecedor da linguagem ACL, pelo que este introduz os comandos directamente numa caixa de diálogo.

Foi ainda implementado, de modo a demonstrar as potencialidades do sistema, o jogo do galo (ver Figura 4) que é jogado contra o robô, usando peças de duas cores. O utilizador remoto possui uma interface *web* a partir da qual escolhe o movimento a realizar e de seguida o robô faz o seu movimento, e assim sucessivamente, até à conclusão do jogo. O utilizador observa os movimentos através da imagem apresentada na janela da *webcam*. Após a conclusão do jogo, o robô reorganiza o tabuleiro e fica à espera de um novo jogo.

Todas as instruções recebidas através da página *web* são processadas pelo programa residente no microcontrolador, sendo gerados os comandos ACL e enviados através da porta RS-232 ao robô. Todos os movimentos captados pela *webcam* são visualizados na *frame* respectiva da página *web*.

A utilização do Modo Especialista é especialmente vocacionada para o *e-learning*, disponibilizando-se assim uma maneira dos alunos poderem testar trabalhos laboratoriais que envolvam a programação do robô a partir de sua casa ou, para o efeito, de qualquer local do mundo.

#### 4. Conclusões

Os desenvolvimentos da robótica colocam problemas que são simultaneamente excitantes e desafios para os estudantes, mas a falta de sistemas robóticos para a realização de novas experiências, ou simplesmente para a aprendizagem de conceitos novos, limitam severamente a sua interação com este tipo de sistemas. Neste artigo, apresentámos um sistema, de baixo custo, para teleoperação de um braço robótico, tendo demonstrado as suas potencialidades como ferramenta auxiliara no ensino da robótica, havendo mesmo a possibilidade de ser inserido num sistema global de *e-learning*.

Como desenvolvimentos futuros pretendemos alterar o *layout* do nosso sistema de modo a eliminar a necessidade do computador pessoal, o que permitiria baixar os custos globais e aumentar a flexibilidade do sistema. Uma outra funcionalidade a implementar é a possibilidade de, no modo especialista, ser possível inserir um programa ACL completo e não apenas comandos linha a linha. A integração do sistema desenvolvido num sistema alargado de *e-learning* que daria apoio a um conjunto de unidades curriculares na área da robótica, também constitui um objectivo a atingir.

#### Referências

- [1] Andreoni C, Araújo M, Gattás N, Ortiz V, Poli de Figueiredo LF, Srougi M., “Telerobotic-assisted laparoscopic operation performed at a remote site: initial experience”, *Acta Cir Bras*, [serial online] 2004 May-Jun; 19(3).
- [2] Crayg Sayers, *Remote Control Robotics*, Springer-Verlag, 1999.
- [3] ACL Programming Language, Eshed Robotics.
- [4] Rabbit 2000 TCP/IP Development Kit, Rabbit Semiconductor, 2000.
- [5] K. N. King, *C Programming: A Modern Approach*, W. W. Norton & Company.
- [6] *Dynamic C User's Manual*, Z-World, 1999.
- [7] Ian S. Graham, *The HTML Sourcebook*, John Wiley & Sons Inc Wiley, May 1998
- [8] Chuck Musciano, Bill Kennedy, *HTML and XHTML: The Definitive Guide*, O'Reilly UK, 2002