



Desenvolvimento de um braço robótico para fins educacionais

Raul Gabriel Carvalho de Melo raullmello@gmail.com IFCe - Maracanaú

Fábio Timbo Brito fabio@ifce.edu.br IFCe – Maracanaú

Otávio Alcântara de Lima Júnior otavio@ifce.edu.br IFCe - Maracanaú

Resumo

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um braço robótico aplicado na área da robótica industrial, composto por um protótipo mecânico e computacional programado por um FPGA que comanda o movimento de cada servomotor. Além disso, o sistema é controlado por um programa em Java que utiliza uma conexão serial e um ambiente amigável ao usuário é facilmente estendido para monitorar todos os parâmetros do braço robótico, por exemplo, posição e corrente de um motor. Por fim, os testes de campo demonstraram ampla utilização deste projeto em outras áreas de conhecimento, como a educação ambiental, melhorando a educação de robótica utilizada por estudantes e pesquisadores.

Palavras chaves

Braço robótico. Educação robótica. FPGA.

1. Introdução

Desde a Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra, as máquinas tornaram-se cada vez mais presentes no meio que antes era destinado apenas ao trabalho humano, permitindo aos robôs executarem tarefas com precisão e velocidade superiores. Em termos gerais, os braços mecânicos deixaram de ser simples mecanismos nas linhas de montagem e, hoje, executam diversas funções.

A finalidade da robótica é executar, de maneira fácil e rápida, as tarefas que o homem tem dificuldade de realizar. Desta forma, surgem diversas tarefas realizadas por robôs no mundo moderno, entre elas: atividades domésticas (CARLOS BALAGUER, TOWRDS ROBOTIC SMART HOME, 2007), educacionais e industriais.

Cada aplicação de robô anteriormente mencionada precisa de um controlador. Os controladores podem ser classificados de acordo com seus diferentes níveis de autonomia, desde o nível mais básico, onde o ser humano controla diretamente ou indiretamente o robô, passando

por um nível intermediário, onde o homem determina a tarefa a ser executada pelo robô e o nível mais alto, no qual o robô tem total autonomia.

No entanto, o desenvolvimento de unidades robóticas bem projetadas tem elevados custos de produção, o que acaba dificultando o acesso de estudantes e pesquisadores a plataformas robóticas competentes. Em virtude deste fato, o desenvolvimento da pesquisa de um projeto-piloto de fácil acesso para estudantes irá diminuir as barreiras presentes na construção de projetos similares, permitindo um rápido avanço nas técnicas de controle robótico.

2. Objeto

O presente trabalho visa o desenvolvimento de um braço robótico de baixo custo capaz de manipular pequenos objetos através de uma interface amigável. Este mecanismo deve ser programado de forma intuitiva através de um controle eletrônico por FPGA, permitindo o uso em atividades educacionais de ensino de robótica.

3. Materiais e Métodos

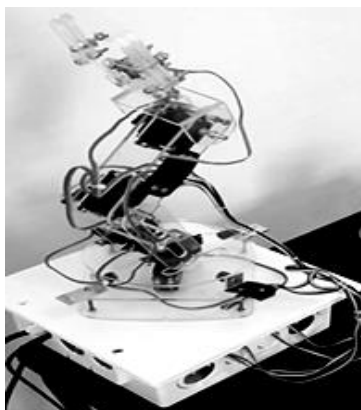
A estrutura física do protótipo foi desenvolvida em acrílico com espessura 5mm com partes de metal como parafusos e porcas. Todo o sistema foi montado em uma caixa plástica que contém os circuitos do FPGA, controle da serial e dos motores. O robô possui 4 graus de liberdade (4 DOF), sendo capaz de sustentar pequenas peças de metal de até 200g sem comprometer o desempenho do projeto.

Cada grau de liberdade do robô possui motores do tipo MG995 capazes de realizar um movimento de acordo com as seguintes variações em graus, mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Limites em graus de cada servomotor.

Designação do motor	Posição mínima (graus)	Posição máxima (graus)
Base	0	180
Ombro	57	151
Cotovelo	32	164
Pulso	104	146

Figura 1 – Braço robótico construído em acrílico.



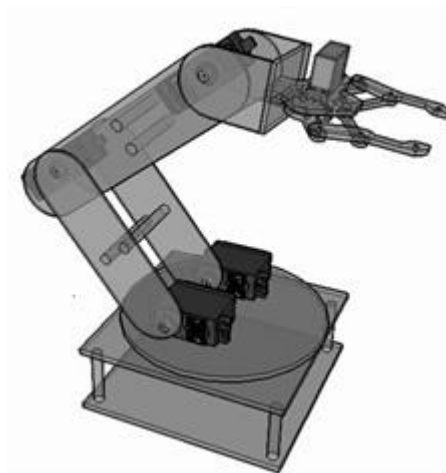
As partes da estrutura física foram interligadas com parafusos e porcas duplas que evitam o travamento devido movimentos rotacionais, conforme apresentado na Figura 1.

4. Desenvolvimento

A partir do estudo bibliográfico foi desenvolvido um sistema composto por um braço robótico, com funcionamento mecânico similar a robôs industriais, e um *software* de computador capaz de realizar a comunicação entre a unidade de controle FPGA e um computador ou celular.

O projeto é composto por um sistema eletrônico, mecânico e computacional. A Figura 2 apresenta o componente físico projetado em laboratório.

Figura 2 – Braço robótico construído em acrílico.



4.1. Software

O *software* foi desenvolvido em Java e estabelece uma comunicação serial entre o computador e o FPGA. Para que os dois dispositivos se comuniquem foi criado um protocolo de comunicação simplificado. O protocolo estabelece algumas regras específicas.

O primeiro valor enviado pela comunicação serial representa qual motor deve ser movimentado, foi estabelecido um caractere ASCII de 181 a 184 correspondendo respectivamente do motor 1 ao motor 4. Posteriormente é enviado o ângulo de deslocamento de cada servomotor do braço robótico. O resumo desta regra é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Regra do protocolo de comunicação.



Para simplificar o envio de comandos ao braço robótico, foi desenvolvida um programa em Java que habilita o controle de cada servomotor de forma independente através de barras deslizantes, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Software desenvolvido em Java para controlo do braço robótico.



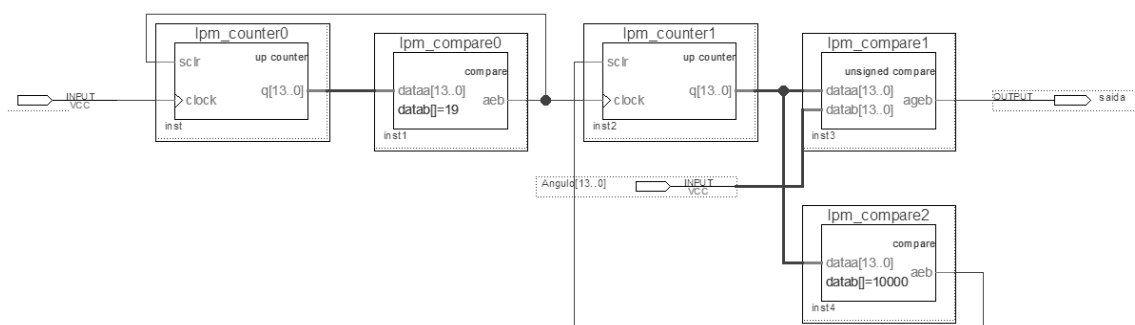
Na tela *Dados de Comunicação* é definida a porta serial e a taxa de transmissão. Na tela *Controle dos Motores* é feita o controle de cada motor individualmente através das barras deslizantes. Pode-se definir posições fixas essenciais para a aplicação, como a posição inicial e a posição final de cada servomotor do robô.

4.2. Unidade Controladora

A unidade central de controle é constituída por um FPGA, que é um circuito integrado projetado para ser configurado de acordo com a necessidade da aplicação. A grande vantagem deste dispositivo é que além de ter um *hardware* reconfigurável, ele pode trabalhar de forma paralela, ou seja, executar várias tarefas ao mesmo tempo. Em uma aplicação onde é crucial a estabilidade dos motores o uso do FPGA é essencial.

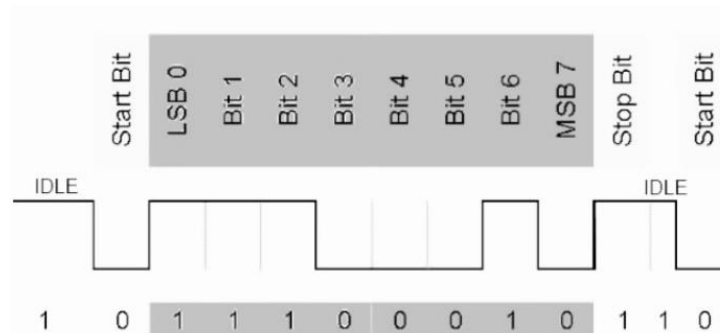
O *firmware* foi desenvolvido na plataforma Quartus II, reunindo aspectos da linguagem VHDL com o desenvolvimento de diagramas em blocos. Todo o programa foi modularizado em blocos e são eles: Bloco Serial e o Bloco PWM. Uma parte da estrutura de blocos é mostrada na Figura 5.

Figura 5 – Bloco PWM.



O Bloco Serial é responsável por fazer a recepção dos dados que são enviados pelo computador. Como não foi utilizada nenhuma biblioteca, a linha de comunicação consiste em um único cabo (RX) de comunicação de dados. Quando o canal de comunicação está ocioso, detém nível lógico alto. Se o nível do canal for para nível lógico zero, isto significa que irá começar a transmissão de dados, como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Transmissão de dados pelo canal serial.



O primeiro *bit* é chamado de *Start Bit* e representa o início da comunicação serial, depois dele vem 8 *bits* de dados mais o *Stop Bit* que é o *bit* de parada e representa o fim da comunicação. Para capturar cada *bit* é necessário conhecer a velocidade do *clock* do FPGA (20MHz) e a taxa de transmissão de dados (9600 bps).

Com o tempo do *bit* e tomando como base o tempo de 5ns que cada instrução precisa para ser executada no FPGA, foi desenvolvido o seguinte pseudocódigo para capturar os *bits* transmitidos do computador para o FPGA, mostrado na Figura 7.

Figura 7 – Transmissão de dados pelo canal serial.

```

1 Se rx_flag == 1 // Flag que indica início da comunicação
2 dados [indice] = rx_line // Captura o valor do bit
3 se cont < 2082 faça // Tempo de um bit, 2082*5ns = 104 microsegundos
4 cont++
5 else
6 cont = 0
7 se cont == 1000 faça // O valor de cada bit é lido na metade do tempo
8 se indice < 9 faça // Se indice menor que 9, existem bits a serem
9 indice++ // capturados
10 else // Se não, os bit já foram todos capturados e
11 rx_flag = 0 // e a comunicação se encerra

```

Para que seja efetuada a leitura correta do *bit*, é necessário ler seu valor na metade do seu tempo de *bit*. Este método evita o risco de ler o próximo *bit* por engano, caso a leitura fosse feita no fim do tempo de cada *bit*, conforme mostrado na linha 7 do pseudocódigo. Após capturar os dados, o *firmware* verifica para qual servo o dado foi destinado e insere este dado na saída correspondente do servo ao qual deseja-se movimentar.

5. Considerações Finais

O sistema desenvolvido (braço robótico e *software* para computador) permite acesso de

alunos e pesquisadores a uma ferramenta de fácil interação e com uma interface amigável para o desenvolvimento e aprendizagem da automação industrial e robótica nos cursos técnicos e superiores da rede de ensino pública e privada do país.

Competições de arremesso robótico foram realizadas e demonstraram a excelente aplicabilidade para fins educacionais do presente projeto. Variações de uso como aplicação em um robô reciclador, capaz de arremessar resíduos no local certo de material reciclado, tornaram o projeto expansível para outras áreas do conhecimento como a área de educação ambiental e infantil.

Figura 8 – Competição de arremesso robótico realizada em Universidade Pública.



Referências

Carlos, B. (2007) “Towards Robotic Smart Homes”, In: 24th International Symposium on Automation & Robotics in Construction, Madras, India.

Jegade, O., Awodele O., Ajayi A. and Dong A. (2007) “Development of a Microcontroller Based Robotic Arm” In Proceedings of the 2007 Computer Science and IT Education Conference, Mauritius.

Peirs, J., Reynaerts, D., Van, B. (1998) “A Micro Robotic Arm for a Self Propelling Colonoscope, In. proceedings actuator 98, 6th int. Conf. On new actuators, pp. 576-579, Bremen, Germany.

Lazzarim, J. (2012) “Construção de um Manipulador Robótico de Baixo Custo para Ensino” Cascavel: Unioeste, Brazil

Ylikorpi, T., Visentin, G. and Suomela, J. (2001) “A Robotic Rover-Based Deep Driller for Mars Exploration” Proceedings of the 35th Aerospace Mechanisms Symposium, Ames Research Center, California, USA.