
PROJETO DO SISTEMA ELETRÔNICO E DA LÓGICA DE CONTROLE PARA UM ROBÔ MÓVEL AUTÔNOMO

Anderson de Jesus Queiróz
Geonilles Oliveira Nascimento
Israel Avelino Bittencourt Júnior
Maria Cléa Soares de Albuquerque
Eduardo Furtado Simas Filho
Fabio Luís Alves Pena

RESUMO: Nos últimos anos, o uso crescente da robótica móvel na indústria despertou o interesse acadêmico na pesquisa com sistemas autônomos inteligentes. Neste trabalho, o processo de desenvolvimento e teste do sistema eletrônico de acionamento e da lógica de controle de um robô móvel, operando na configuração seguidor de linha, é apresentado. A linguagem *Ladder* foi utilizada para a programação do micro controlador, a qual permitiu ao protótipo funcionar com um número de entradas e saídas adequado às necessidades. São apresentadas as modificações realizadas na estrutura robótica, a exemplo da construção de uma placa de acoplamento, com quarenta e um furos que possibilitou uma grande diversidade de modos de fixação dos sensores. Deste modo, foi possível tornar o robô eficiente e autônomo na execução de suas tarefas.

PALAVRAS-CHAVE: Robótica móvel, Microcontroladores, Linguagem *Ladder*.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas robóticos móveis autônomos têm conquistado espaço na indústria e despertado as pesquisas na área, devido à intensa modernização que os sistemas de automação industriais vêm exigindo nos últimos anos. A crescente competitividade aliada ao avanço tecnológico estão entre os fatores que estimulam o aumento da produtividade, a qualidade e a confiabilidade dos produtos (HOWARD E SERAJI, 2001).

O impacto dessa tecnologia é refletido até no ensino de engenharia e da ciência em todos os níveis. Diferentes trabalhos de robótica foram desenvolvidos no Brasil com o objetivo de estimular o ensino e difundir essa área do conhecimento (SCARDUA e Cuadros, 2011; SILVA et al., 2006; COSTA et al., 2003; MEHL et al., 2001).

Um robô móvel autônomo é formado basicamente por três sistemas: eletromecânico, eletroeletrônico e de controle. No sistema eletromecânico estão os motores, as rodas e os eixos, que produzem o movimento do protótipo. A parte mecânica do robô tem a função de controlar as engrenagens, rodas e eixos por meio da caixa de redução e suportar a estrutura eletro-eletrônica fixada em seu

chassi. O sistema de alimentação é composto, na maioria das aplicações, por baterias recarregáveis. A parte eletrônica é formada basicamente pelo conjunto de sensores e suas interconexões com o controlador. O sistema de controle tem com o principal componente o microcontrolador, onde são carregadas as instruções de funcionamento do robô (SILVA, 2007).

Com o atual desenvolvimento da robótica, várias tarefas consideradas perigosas, árduas ou que necessitam de muito tempo para serem executadas por um operador, passaram a ser realizadas por robôs, a exemplo do robô aspirador Roomba (IROBOT, 2010), fabricado pela iRobot, que tem como objetivo aspirar a casa sem interferência humana. Este robô utiliza sensores para não colidir com nenhum obstáculo dentro da casa.

Na indústria automobilística, os robôs têm uma presença marcante, como os chamados braços mecânicos que realizam tarefas como soldagem, usinagem e pintura. Na indústria Química, os robôs fazem, desde a verificação de fissuras e vazamentos nas tubulações até a manutenção em locais de alto risco (NASCIMENTO et al., 2007).

O objetivo deste trabalho é apresentar o processo de desenvolvimento e teste de uma lógica de controle, utilizando a linguagem *Ladder*, para a programação do micro controlador de uma estrutura robótica simples, bem como as modificações realizadas sem tal estrutura para torná-la mais eficiente e autônoma.

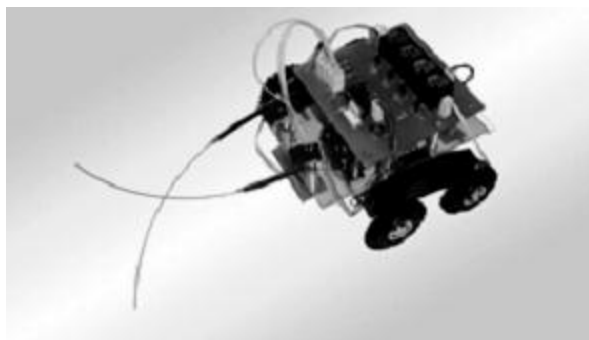
2 A ESTRUTURA ROBÓTICA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi adquirido um *kit* robótico (INOVATECNO, 2010) com estrutura modular (Figura 1), que permitiu a adaptação do robô para a realização de diferentes funções, entre as quais, a elaboração e teste de lógicas de controle, bem como o projeto de novos robôs.

O *kit* robótico era composto de um sistema eletrônico de controle e acionamento montado numa placa de circuito, que permitia a execução de diferentes funções a partir do projeto das lógicas de controle e da escolha adequada dos sensores e atuadores.

A estratégia de controle utilizada foi projetada e testada antes de ser inserida no microcontrolador. Inicialmente foram utilizadas lógicas simples com o objetivo de capacitar o robô a evitar (contornar) obstáculos existentes em seu caminho. Em seguida, foram implementadas tarefas mais complexas como a de seguir uma linha marcada no chão.

Figura 1 - Ilustração esquemática da estrutura robótica utilizada



3 A OTIMIZAÇÃO DA ESTRUTURA ROBÓTICA

A estrutura robótica utilizada dispõe de sensores que fazem o protótipo cumprir um trajeto definido. Entretanto, a configuração original, que dispõe de quatro entradas e

duas saídas, não poderia ser modificada a partir do microcontrolador e do gravador adquiridos em conjunto com a estrutura.

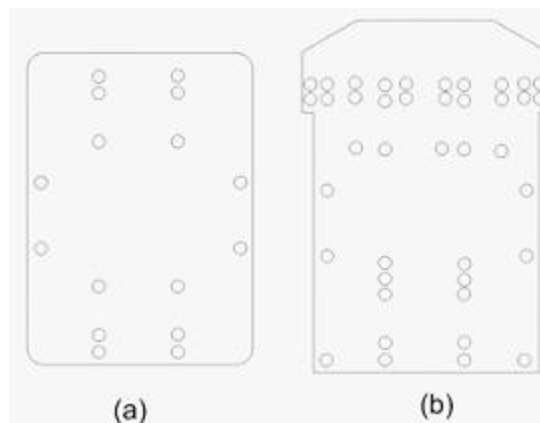
A forma encontrada para aumentar a autonomia do protótipo foi, inicialmente, substituída placa de acoplamento fornecida pelo fabricante por uma que permitisse o reposicionamento dos sensores do *kite* a adição de novos sensores, conforme ilustrado na Figura 2.

A nova placa de acoplamento possibilitou a montagem do protótipo para realizar a função de "seguidor de linha". O robô "seguidor de linha" é utilizado para percorrer um caminho pré-definido (normalmente marcado no chão por uma linha) de modo autônomo, sendo capaz de contornar eventuais obstáculos sem sair do traçado original.

Para o uso da linguagem de programação *Ladder* (SILVEIRA e SANTOS, 2005) - bastante difundida no ambiente industrial para a programação de CLP (Controlador Lógico Programável) e que pode também ser adaptada à programação de microcontroladores (MORAES e CASTRUCCI, 2007) - foi necessária a utilização de um novo gravador.

A utilização da programação em *Ladder* permitiu maior autonomia na programação das configurações de entrada e saída para o desenvolvimento e teste de lógicas de controle. Para executar a lógica de controle foi utilizado um microcontrolador PIC-16F628A, dotado de dezoito pinos: dois para a alimentação e dezesseis que podem ser configurados em entradas e saídas lógicas (SOUZA, 2003).

Figura 2 - (a) Placa de acoplamento fornecida pelo fabricante (b) Nova placa de acoplamento.



Após as modificações do protótipo, o passo seguinte foi testá-lo e comparar o seu desempenho ao de antes das adaptações.

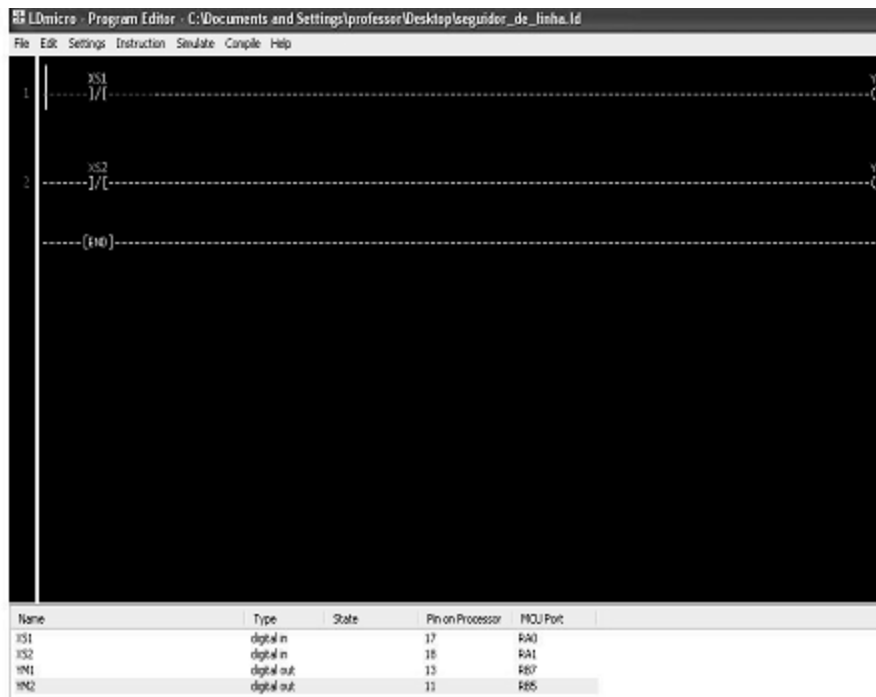
Na configuração de seguidor de linha, foram definidas quatro entradas: duas direcionadas para os sensores infravermelhos, e duas para a os sensores de luminosidade-LDR (THOMAZINI e ALBUQUERQUE, 2005). Os sensores infravermelhos têm a função de guiar o seguidor de linha na trajetória a preestabelecida (uma linha que não reflita a radiação infravermelha). Foram definidas

duas saídas, as quais foram utilizadas para controlar os motores elétricos.

4 LÓGICA DE CONTROLE

A programação realizada no microcontrolador da estrutura robótica utilizando a linguagem *Ladder* está ilustrada na Figura 3. Os Símbolos XS1 e XS2 representam os sensores infravermelhos, peças chaves para fazer o robô seguir a trajetória preestabelecida. Os símbolos YM1 e YM2 representam os motores elétricos.

Figura 3 - Programação em Ladder

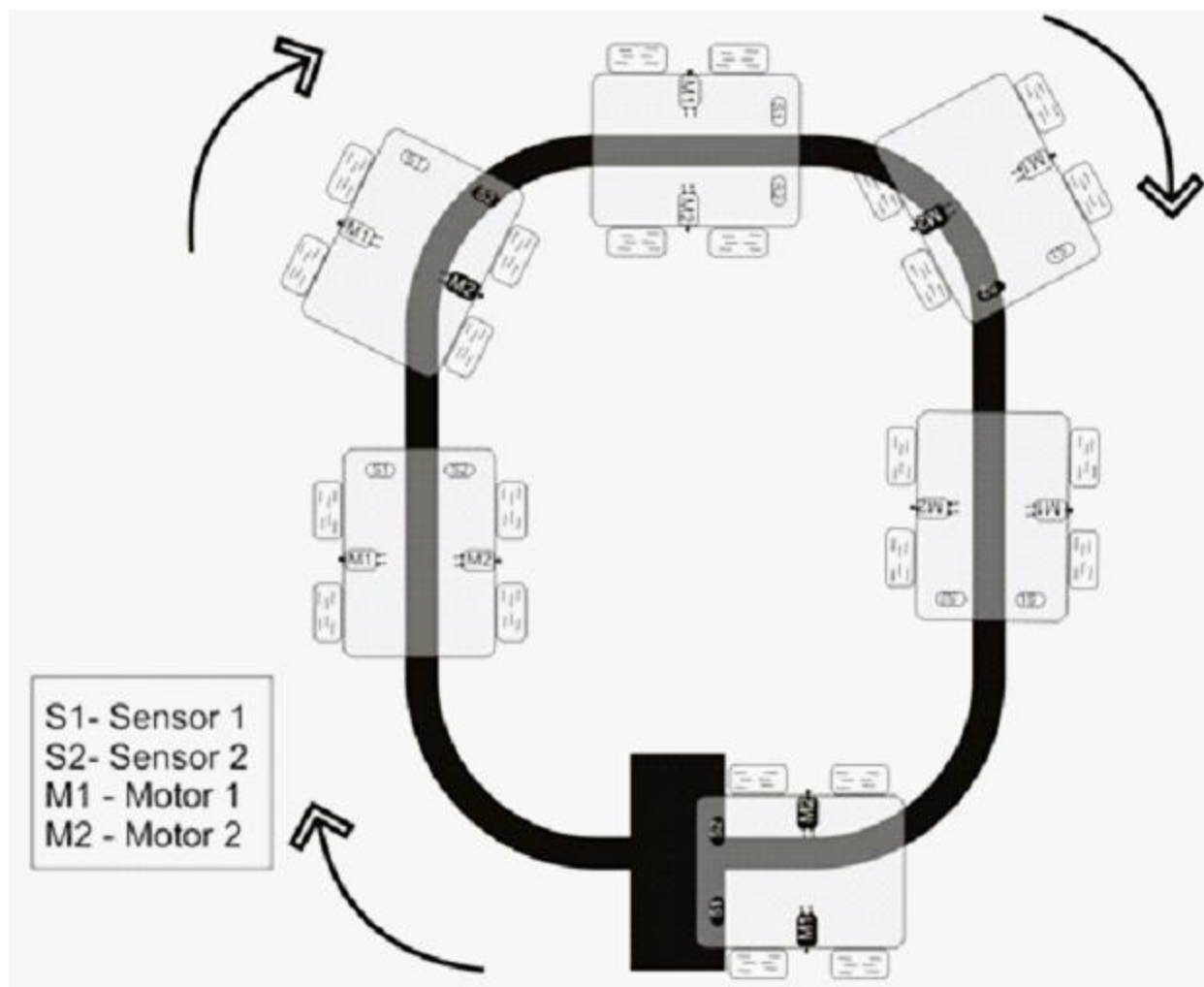


A Figura 4 ilustra a trajetória do protótipo operando segundo a lógica de programação, descrita anteriormente, implementada no microcontrolador. Quando os sensores infravermelhos são acionados, os dois motores são ligados e o robô inicia sua trajetória. Numa curva, quando um sensor se posiciona sobre a parte escura, o outro continua sobre a parte branca. Nesse

instante, o motor associado ao sensor sobre a parte escura irá parar de funcionar, permitindo que o robô realize a curva.

Ao final da curva, o sensor que se encontrava sobre a parte escura, retornará à parte branca e o motor associado a ele irá funcionar. Quando os dois sensores ficarem sobre a parte escura o protótipo encerrará sua trajetória.

Figura 4 - Ilustração esquemática da trajetória do protótipo segundo a lógica de programação em Ladder (a cor preta indica desligado, e a branca ligado.)



5 APLICAÇÕES PRÁTICAS DE UM ROBÔ MÓVEL AUTÔNOMO NA CONFIGURAÇÃO SEGUIDOR DE LINHA

Ao percorrer caminhos pré-estabelecidos, o robô na configuração seguidor de linha pode substituir o trabalho humano no transporte repetitivo de materiais em ambientes conhecidos. Além da área de manufatura e transporte de materiais, outras aplicações destes sistemas incluem o trabalho em ambientes perigosos ou insalubres e a exploração espacial (HOWARD E SERAJI, 2001).

Diversas situações práticas podem ser automatizadas como, por exemplo, o transporte de documentos entre diferentes setores de uma empresa ou o transporte de peças em uma linha de produção de uma indústria (PAPADOPOULOS e MISAILIDIS, 2008).

Outras aplicações podem envolver o transporte de material em lojas de departamentos e hospitais (HU e GU, 2000).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estrutura robótica adquirida do fabricante possuía uma placa de acoplamento com apenas dezesseis furos, sendo quatro responsáveis pela sustentação da placa de fenolite e fixação dos motores elétricos. Os demais furos serviam para fixar os sensores.

Essa configuração limitava o protótipo a realizar funções mais simples como deslocar-se para frente e para trás, encontrar uma linha escura, movimentar-se para os lados e encontrar um determinado objeto.

O desenvolvimento de uma nova placa de acoplamento com quarenta e um furos

permitiu uma maior diversidade de opções para fixação dos sensores. Anova estrutura possibilitou o posicionamento dos dois sensores infravermelhos responsáveis por identificar a linha escura na parte frontal do robô, o que não era possível anteriormente. Deste modo, foi possível melhorar o desempenho do protótipo quando operando na configuração seguidor de linha. Além disso, a nova estrutura permite a fixação de outros sensores, como o ultrassônico, e de novos atuadores, como “braços” móveis, possibilitando uma melhor interação com o ambiente ao seu redor.

Com o objetivo de oferecer maior autonomia ao protótipo, foi utilizada uma linguagem de programação diferente da anterior, que era limitada a funcionar com um número de saídas e de entradas limitado a apenas dois e quatro, respectivamente. A linguagem de programação utilizada (Ladder) permitiu desenvolver lógicas de operação do protótipo que utilizam um número de entradas e saídas adequadas às necessidades.

7 REFERÊNCIAS

- COSTA, E. R., GOMES, M. L., BIANCHI, R. A. **Um Mini Robô Móvel Seguidor de Pistas Guiado por Visão Local**. VI Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. Bauru-SP, 2003.
- HOWARD, A., SERAJI, H. **An Intelligent Terrain-Based Navigation System for Planetary Rovers**. IEEE Robotics & Automaton Magazine, v. 8, n. 4, p. 9-17, Dec. 2001.
- HU, H.; GU, D. **“Landmark - based navigation of industrial mobile robots”**, Industrial Robot: An International Journal, Vol.27Iss:6,pp.458-467, 2000.
- INOVATECNO. Disponível em: <www.inovatecnorobotica.com.br>. Acessado em 16Jun. 2010.
- IROBOT. Disponível em: <<http://store.irobot.com/product/index.jsp?productId=3768632&cp=280401652>>. Acessado em 16Jun. 2010.
- MEHL, EWALDO. L.; ZANI, ANDERSON C.; KÜNTZE, JACKSON; MOGNON, VILSON R. **O “futebol de robôs” como ferramenta tecnológica para o ensino de engenharia elétrica e ciência da computação**. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Porto Alegre-RS, 2001.
- MORAES, C.C.; CASTRUCCI, P.L. **Engenharia de Automação Industrial**. Ed.LTC, 2007.
- NASCIMENTO, T.P.; ALBUQUERQUE, M.C.S.; SIMASFILHO, E.F. **Desenvolvimento do Protótipo de Uma Planta Integrada de Manufatura**, Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, pag. 1-9, São Paulo-SP, 2007.
- PAPADOPOULOS, E.; MISAILIDIS, M. **Calibration and planning techniques for mobile robots in industrial environments**, Industrial Robot: An International Journal, Vol.35, pp.564-572, 2008.
- SCARDUA, L.A., CUADROS, M. A. S. L. **Desenvolvimento de um Robô Móvel Autônomo para os Ensinos Técnico e Superior**, Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau-SC, 2011.
- SILVA, L.E., BISPO, J., LEITE, R. et al. **Utilização do Estudo de Robôs Seguidores de Linha como Estratégia de Avaliação na Disciplina Controle de Processos no Curso de Engenharia de Computação**, Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, pag.148-153, Passo Fundo, RS, 2006.
- SILVA, L.S. **Instrumentação para Robôs Móveis**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Mecatrônica, Faculdade de Tecnologia e Ciências, Salvador-BA, 2007.
- SILVEIRA, P.R.; SANTOS, W.E. **Automação e Controle Discreto**. São Paulo: Ed. Érica, 2005.
- SOUZA, D.J. **Desbravando o PIC**. São Paulo: Ed.Érica, 2003
- THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P.U.B., **Sensores Industriais, Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Ed. Érica, 2005.

8 DADOS DOS AUTORES

ANDERSON DE JESUS QUEIROZ

IFBA - Campus Simões Filho
anderson.j.queiroz@hotmail.com

GEONILLES OLIVEIRA NASCIMENTO

IFBA - Campus Simões Filho
icmgeo@hotmail.com

ISRAEL AVELINO BITTENCOURT JUNIOR

IFBA - Campus Simões Filho
iabj_ba@yahoo.com.br

MARIA CLÉA SOARES DE ALBUQUERQUE

IFBA - Campus Simões Filho
cleaalbuquerque@ifba.edu.br

EDUARDO FURTADO SIMAS FILHO

UFBA - Escola Politécnica de Engenharia
Departamento de Engenharia Elétrica
eduardo.simas@ufba.br

FÁBIO LUÍS ALVES PENA

IFBA - Campus Simões Filho
fabiopena@ifba.edu.br