

ROBÔ MÓVEL MICROCONTROLADO COMO UMA FERRAMENTA DE ENSINO

Carlos Eduardo Magrin¹, Daniel Deda²

Resumo: A robótica móvel é uma área que envolve diretamente diversas áreas tecnológicas, tais como eletroeletrônica, mecânica e informática. Robôs móveis são uma excelente ferramenta de ensino para cursos multidisciplinares de mecatrônica, envolvendo disciplinas de sistemas dedicados, programação, eletroeletrônica, sensores e atuadores, e fabricação mecânica.

Palavras-chave: Robótica móvel. Sistemas embarcados. Ferramenta de ensino. Mecatrônica.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de robótica móvel é fundamental para as áreas envolvidas no curso de mecatrônica (eletroeletrônica, mecânica e informática), assim como o desenvolvimento de eletrônica embarcada aplicada para os cursos de eletrônica, controle e automação. Além do processo de montagem e controle do robô, que vem a contribuir para o desenvolvimento tecnológico do aluno, o trabalho em equipe e a participação em campeonatos de robótica móvel motivam o aluno a procurar novas tecnologias e estudar sobre técnicas de controle de motores, aplicações de diferentes sensores, processos de fabricação, montagem de protótipos, e programação de microcontroladores.

A robótica é uma área em constante desenvolvimento, sendo muito utilizada em áreas industriais, como manipuladores na montagem dos mais diversos produtos. Porém, este tipo de robô normalmente são plataformas fixas, limitando-se a sua área de atuação. O conceito de mobilidade em uma máquina autônoma aumenta em muito suas aplicações, de modo que plataformas móveis podem ser utilizadas para transporte de cargas, exploração de ambientes hostis, e dentre outras aplicações, práticas educacionais (EVERETT, 1995). Os robôs móveis possibilitam a aplicação de diversas tarefas autônomas como seguir linhas e paredes, desviar de obstáculos e navegar em ambientes internos e externos. O desenvolvimento de uma plataforma robótica móvel como uma ferramenta de ensino tem como principais finalidades o desenvolvimento das habilidades de baixo nível do robô como locomoção e percepção. Habilidades de alto nível como localização e navegação podem ser desenvolvidas em um segundo momento que o aluno demonstrar o domínio das habilidades de baixo nível, melhorando as práticas de programação.

Existem plataformas robóticas móveis educacionais, como a *Pioneer P3-DX*, desenvolvida pela *Mobile Robotics*, que além de ser uma plataforma robusta apresenta uma série de sensores para detecção de objetos, paredes e localização do robô (MOBILE ROBOTICS, 2015). Também a plataforma desenvolvida pela *K-Team*, *Khepera III* que, apesar do tamanho reduzido, apresenta uma grande quantidade de sensores, tanto para percepção quanto para localização (K-TEAM, 2015). Porém ambas as plataformas a *Pioneer P3-DX* e a *Khepera III* possuem um alto custo e não possuem tecnologia aberta para o desenvolvimento eletrônico e mecânico, somente interfaces de programação,

¹ Faculdade SOCIESC de Curitiba – UNISOCIESC - E-mail: carlos.magrin@sociesc.org.br

² Faculdade SOCIESC de Curitiba – UNISOCIESC - E-mail: deda.d@hotmail.com



o que prejudica a aplicação didática em cursos de mecatrônica, controle e automação. A UTFPR desenvolveu com seus alunos de mecatrônica uma plataforma como ferramenta de ensino para aprendizado de sistemas embarcados, utilizando um kit de desenvolvimento microcontrolado e desenvolvendo uma plataforma de três rodas omnidirecionais, deixando o robô com um sistema versátil de direção (NETO *et al*, 2009).

Este artigo tem o objetivo de apresentar a aplicação de uma plataforma robótica móvel como uma ferramenta de ensino, explorando três grandes áreas da tecnologia, são elas: eletrônica, informática e mecânica, onde será possível, com a utilização do robô móvel, programar as funções para percepção, locomoção, localização e navegação de um robô móvel autônomo. Além do desenvolvimento de circuitos eletrônicos e componentes mecânicos aplicados à robótica móvel. O presente projeto foi desenvolvido como trabalho de conclusão do curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial e a plataforma utilizada no projeto de extensão Campeonato de Robótica Móvel da Faculdade SOCIESC de Curitiba/PR.

2 PLATAFORMA (MECÂNICA)

Na robótica móvel a plataforma é a base do robô. Essa base serve como suporte para os acessórios do robô, como por exemplo sonares, servo motor, manipuladores e também alojar o sistema e componentes internos. Como o objetivo do robô é servir como uma ferramenta de ensino, sua plataforma foi desenvolvida para ser utilizada de maneira prática, porém comportando todos os componentes necessários para que possa se movimentar de forma autônoma, conforme Figura 1.

Figura 1 - Plataforma robótica móvel educacional.



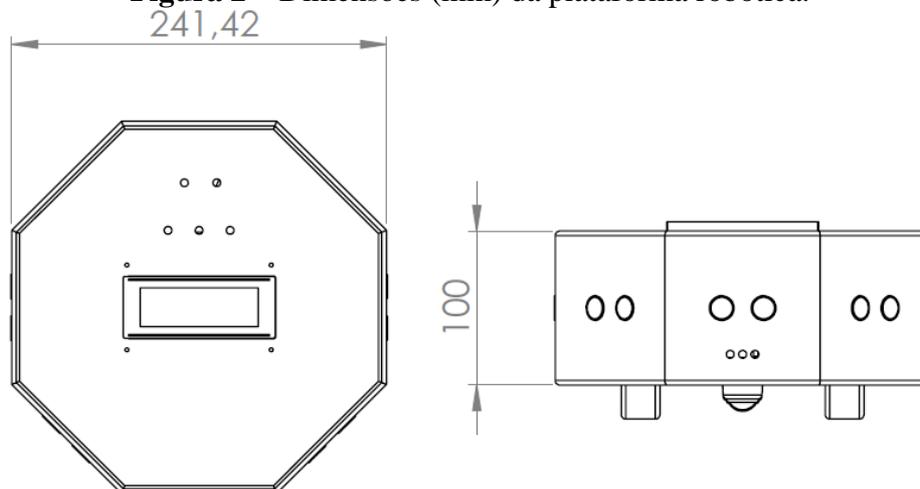
Fonte: Os Autores, (2016).

A base da plataforma apresenta um formato octogonal de 241 mm de diâmetro e 100 mm de altura (Figura 2), pesando 3,8 kg, dimensões e peso ideais para transporte do robô e aplicação em um



ambiente acadêmico. A estrutura da plataforma robótica é composta pela mecânica, construída com duas chapas de alumínio, formando duas bases: base inferior para fixação das rodas e motores, e uma base superior, comportando três botões, um *display LCD* e conectores para gravação e comunicação. A plataforma também é composta por oito módulos de *nylon* posicionados em torno do robô, de maneira que, além de servir como proteção também possa ser utilizada como suporte para os sensores e baterias. Todos os componentes foram fabricados em um centro de usinagem CNC (Controle Numérico Computadorizado) durante a disciplina de projeto integrador, garantindo uma boa precisão e simetria das peças.

Figura 2 – Dimensões (mm) da plataforma robótica.



Fonte: Os Autores, (2015).

A movimentação do robô é feita utilizando duas rodas com motores independentes, de maneira que seja possível alterar o sentido de rotação e velocidade dos motores, permitindo uma boa manobrabilidade da plataforma, podendo até girar em torno do próprio eixo. A base utiliza motores de corrente contínua com módulo redutor, ou seja, reduz a velocidade dos motores através de um conjunto de engrenagens para aumento do torque. Dessa forma, os motores geram torque suficiente para que a movimentação da plataforma, mesmo com pesos adicionais a estrutura, como um manipulador robótico fixo em sua base superior.

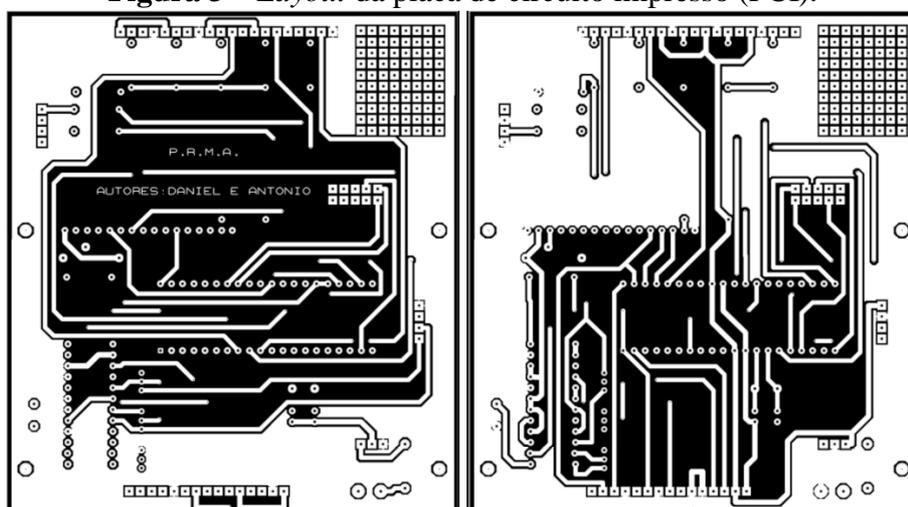
3 ELETRÔNICA

O circuito de controle do robô utiliza um microcontrolador da família *PIC* do fabricante *Microchip* com encapsulamento *DIP-40*, diferente do encapsulamento *SMD* utilizado em placas de computadores, esse tipo de encapsulamento permite trabalhar com o componente manualmente, sem a necessidade de utilizar equipamentos especiais. Os microcontroladores *PIC DIP-40* permitem utilizar tanto a família *PIC16F*, modelo 16F877A, quanto a família *PIC18F*, modelo 18F4550, apresentando compatibilidade pino-a-pino entre os modelos. A escolha dos modelos foi baseada em algumas características e funções especiais presentes em ambos os modelos, como: 33 portas de entrada ou saída; 2 funções *PWM*; conversores analógicos-digitais; temporizadores internos;

interrupção externa; comunicação serial e interface de programação. O modelo da família *PIC18F* ainda possui comunicação padrão *USB* e interrupções externas adicionais, características úteis para alguns projetos.

Devido ao espaço interno disponível na plataforma, o mesmo foi confeccionado em PCI (Placa de Circuito Impresso) com *layout* em face dupla, assim reduzindo a área ocupada pela placa eletrônica e possibilitando também que o circuito possa ser duplicado facilmente utilizando o mesmo *layout* da PCI (Figura 3).

Figura 3 – *Layout* da placa de circuito impresso (PCI).



Fonte: Os Autores, (2015).

O circuito eletrônico do robô é responsável pelo controle dos sensores e do módulo de controle dos motores, além de dispor de um módulo LCD para demonstração de informações, três botões, um potenciômetro ligado a um dos conversores analógicos para o controle da velocidade dos motores, uma conexão para comunicação serial, utilizando um módulo de comunicação *bluetooth*, e uma zona de prototipação, que possibilita a inserção dos componentes diretamente à placa.

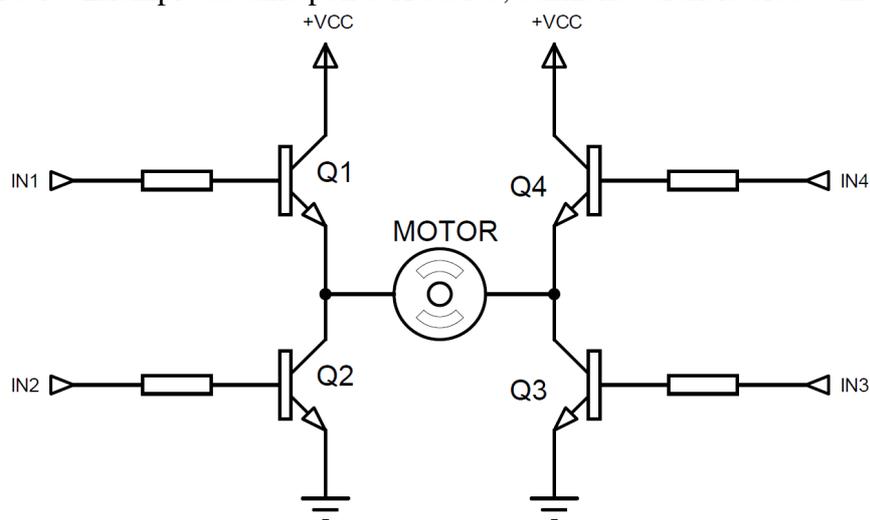
O controle do sentido de rotação dos motores de corrente contínua normalmente é realizado através de circuitos conhecido como ponte-H. Este tipo de circuito alterna o sentido de rotação dos motores, mudando a polaridade da alimentação, através de chaves eletrônicas (transistores). A Figura 4 mostra a disposição em “H” das chaves e do motor, conforme ligações das chaves para controle do motor, para realizar o giro do motor em um determinado sentido, aciona as chaves Q1 e Q3 (nível alto em IN1 e IN3), e desliga as chaves Q2 e Q4 (nível baixo em IN2 e IN4); para o motor girar no sentido oposto, desliga as chaves Q1 e Q3 (nível baixo em IN1 e IN3), e aciona as chaves Q2 e Q4 (nível alto em IN2 e IN4). Nunca deve ligar as chaves de um mesmo lado da ponte-H, pois isso conduz a um curto circuito, podendo danificar a fonte de alimentação e componentes eletrônicos, quando utilizados. Acionando as chaves na parte superior ou inferior da ponte-H, ocorre a frenagem do motor.

Para alimentação do circuito são utilizadas duas baterias separadas das baterias dos motores, dessa forma a alimentação da eletrônica, microcontrolador e sensores, não são influenciados pelos motores quando exigirem uma corrente maior em situações de frenagem ou mesmo aumento de velocidade. Segmentar a alimentação da eletrônica e placa de controle dos motores, também



permite demonstrar a leitura dos sensores e funcionalidades da programação no *display LCD* somente com a base superior da plataforma alimentada.

Figura 4 – Exemplo de uma ponte-H básica, utilizando transistores como chaves.



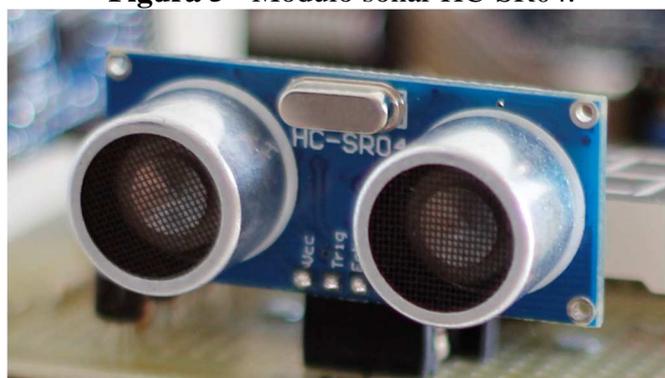
Fonte: Os Autores, (2015).

3.1 SENSORES

Uma das mais importantes tarefas de qualquer tipo de sistema autônomo é o conhecimento sobre o ambiente e a tarefa de extrair informações sobre o ambiente é dada aos sensores. Uma plataforma robótica móvel deve ter a capacidade de movimentar-se livremente, ela deve ser capaz de ter uma percepção do ambiente ao seu redor, para poder evitar obstáculos e interagir com objetos (SIEGWART *et al*, 2011).

Para realizar a detecção de obstáculos, a plataforma utiliza sensores de ultrassom (Figura 5), e o modelo utilizado trabalha com uma frequência de 40 kHz que permite detectar objetos com dimensões superiores a 8,5 mm, além das características do sonar atender uma faixa de medição de 20 mm a 4000 mm.

Figura 5 - Módulo sonar HC-SR04.

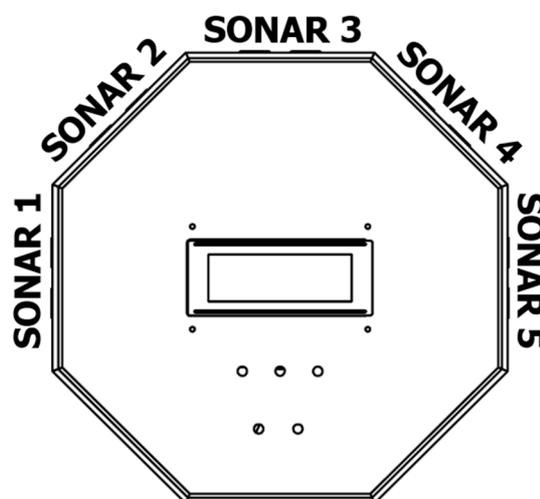


Fonte: Os Autores, (2015).



Destes sonares, dois estão dispostos nas laterais, dois com angulação de 45° e um na parte frontal, totalizando cinco sonares que podem realizar uma percepção em 180° do ambiente, conforme Figura 6. A utilização de sonares em uma plataforma robótica móvel possibilita não só a detecção de obstáculos, mas também a distância que o robô está de uma parede ou objeto, com uma precisão que pode chegar a 3 mm.

Figura 6 – Posicionamento dos sonares.



Fonte: Os Autores, (2015).

O robô também possui dois sensores de infravermelho posicionados abaixo de sua plataforma, podendo ser utilizados para seguir uma linha no chão. Estes sensores fazem parte de um circuito com um comparador lógico, garantindo que um sinal digital (0 ou 5 V) seja recebido pelo microcontrolador, ao invés do sinal analógico enviado pelo sensor, possibilita também que sejam feitos ajustes para adaptar o sensor ao chão em que a linha se encontra utilizando um potenciômetro.

3.2 INTERFACE

Para que seja possível interagir com o robô, é necessário que haja uma interface entre homem e máquina. Esta é feita através de um *display LCD* que exhibe as informações do robô, como a seleção de funções ou os valores de leitura dos sensores. Sua escolha foi baseada na praticidade de sua utilização, já que pode ser facilmente aplicado tanto no circuito eletrônico quanto na programação.

Também é possível realizar essa interação através de uma interface serial, onde as informações são enviadas ou recebidas através de um módulo *bluetooth*. A interface serial possibilita que, além da interação entre homem e máquina, também seja possível estabelecer uma comunicação entre duas máquinas, como um computador ou até mesmo outro robô.



4 INFORMÁTICA

Devido a sua simplicidade e a versatilidade, foi escolhida a linguagem C para programar as rotinas do robô. Por ser uma linguagem de médio nível, suas instruções podem ser escritas de forma semelhante ao inglês cotidiano, garantindo agilidade e eficiência no desenvolvimento de programas, gerando códigos curtos e simples se comparada com outras linguagens, como o *Assembly*, o que é uma grande vantagem quando utilizada em aplicações com memória limitada, como em microcontroladores (PEREIRA, 2014).

A plataforma permite que novos programas sejam desenvolvidos e gravados através de uma comunicação serial *ICSP*, porém o microcontrolador já contém algumas rotinas pré-definidas para demonstrar algumas aplicações do robô, são elas:

- **Demonstração:** Através da leitura dos sonares, o robô vira na direção de um objeto próximo a ele e então mantém uma distância de 100 mm deste objeto.
- **Resolução de labirinto:** Também conhecida como *Maze Solver*, o robô utiliza a leitura de seus sonares para se locomover dentro de um labirinto.
- **Seguidor de linha:** Utilizando os sensores de infravermelho, o robô segue uma linha preta no chão e irá parar caso encontre um obstáculo à sua frente.
- **Controle remoto:** Utilizando o módulo *bluetooth*, o robô fica no aguardo de comandos recebidos através da comunicação serial.

Para que o robô possa realizar estas rotinas, algumas funções no microcontrolador devem ser configuradas, como o controle de velocidade através do modo *PWM* (Modulação por Largura de Pulso), aplicado na ponte-H. O valor do ciclo de trabalho do *PWM* é definido utilizando um potenciômetro, onde o valor da tensão é convertido para um sinal digital utilizando-se da entrada analógica do microcontrolador.

O robô também deve ser capaz de realizar a leitura de seus sensores, onde para obter as medições dos sonares, é emitido um pulso de ultrassom e temporizadores internos calculam o tempo para o retorno do eco deste pulso, e então este tempo multiplicado pela velocidade do som (340 m/s) é dividido pela metade, já que o cálculo leva em conta o tempo da viagem de ida e volta do pulso, conforme equação 1:

$$d = \frac{v \cdot t}{2} \quad (1)$$

Onde, d é a distância até o objeto, v é a velocidade do pulso emitido, que por ser um pulso sonoro, é utilizada a velocidade do som, e t é o tempo até o retorno do eco.

5 CONCLUSÃO

Do ponto de vista acadêmico, plataformas robóticas móveis são ótimas ferramentas de ensino, já que demonstram a integração entre mecânica, eletrônica e informática funcionando em conjunto. A plataforma educacional desenvolvida tem a função de demonstrar essa interação, já contendo algumas



rotinas pré-definidas, porém, abrindo espaço para o desenvolvimento de rotinas próprias, integrando desde a leitura dos sensores e a utilização da interface até o controle dos motores, ou o desenvolvimento de uma nova plataforma seguindo os princípios da mesma, podendo ser aplicada nos cursos de Tecnologia e Engenharia, nas áreas de mecatrônica, controle e automação, e computação.

REFERÊNCIAS

EVERETT, H. R. **Sensors for Mobile Robots: Theory and Application**. A K Peters, Ltd., 1995.

MOBILE ROBOTICS. **Pioneer P3-DX**. 2015. Disponível em: <<http://www.mobilerobotics.com/>> Acesso em: 10 mar. 2015.

K-TEAM. **KheperaIII**. 2015. Disponível em: <<http://www.k-team.com/>> Acesso em: 10 mar. 2015.

NETO, H, V; NUNES, J. F. C; SIMAS, A. G.; SCHNEIDER, F. K. **Mobile Robotics as a Tool for Teaching and Learning Embedded Systems Design**. Towards Autonomous Robotic Systems, 2009.

SIEGWART, R.; NOURBAKHSI, I. R.; SCARAMUZZA, D. **Introduction to Autonomous Mobile Robots**. 2. ed. MIT Press, 2011.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC - Programação em C**. 7ª edição. Editora Érica, 2014.

MOBILE ROBOT MICROCONTROLLER AS A TEACHING TOOL

Abstract: *Mobile robotics is an area that involves many technological areas such as electronics, mechanics and programming. Mobile robots are an excellent teaching tool for multidisciplinary courses in mechatronics, involving subjects of embedded systems, programming, electronic, sensors and actuators, and mechanical manufacturing.*

Keywords: *Mobile robotics. Embedded systems. Teaching tool. Mechatronics.*