

DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ MULTI-TAREFAS

Kledermon Garcia¹, Laércio L. Paiva², Luis Filipe Wiltgen Barbosa³

^{1,2,3}LRA/FEAU/UNIVAP – São José dos Campos – SP

¹kleder@iae.cta.br, ²laercioipaiva@uol.com.br, ³wiltgen@univap.br

Resumo - O Robô Multi-tarefas, terrestre, sobre esteiras, foi projetado para navegar por rádio-controle ou de forma autônoma. Quando operado por rádio-controle é totalmente dependente do ser humano, pois, o rádio envia sinais de movimentos, direção e sentidos que são determinados pelo operador. A distância máxima entre o rádio-controle e o robô, é de até 20 metros. A navegação autônoma depende do *firmware* pois é realizada por sensores. Na forma autônoma ele também executa tarefas especiais, como a troca de lâmpada, entrar e sair de labirintos, entre outros.

Palavras-chave: Robótica, Robô Autônomo, Rádio Controle, Microcontroladores

Área do Conhecimento: III - Engenharias

Introdução

Em muitos segmentos de atividades a mão de obra do ser humano está sendo substituída por máquinas extremamente dedicadas, robustas, rápidas, precisas e repetitivas, principalmente onde existe risco de operação, como por exemplo: ambientes explosivos, de temperaturas extremas, de pressões elevadas ou no vácuo, onde jamais um ser humano suportaria trabalhar sem um vestuário adequado, além disso, determinados tipos de vestuário, muitas vezes dificultam os movimentos do ser humano, impossibilitando a execução de manobras rápidas e repetitivas. Estas máquinas são conhecidas como robôs.

Pode-se construir robôs de diversos modelos como por exemplo: sobre rodas, esteiras, bípedes, aéreos, aquáticos, além dos robôs industriais.

Apartir de 1930, surgem na ficção científica os chamados "Robôs amigáveis" idealizado pelo escritor Issac Azimov. Tais Robôs eram máquinas bem projetadas, cuja a construção e programação estavam baseados em princípios denominados "As Leis da Robótica".

Os robôs podem ser classificados pelos modos de operação, que podem ser: manual, onde é fundamental a presença do humano para controlar os movimentos; e autônomo onde o robô pode operar por longos períodos sem intervenção humana, para isso os robôs devem possuir a capacidade de verificar o ambiente a sua volta, e interagir de forma a executar tarefas pré-programadas.

Em operações autônomas os robôs são dotados de sensores capazes de identificar obstáculos intransponíveis nas diversas condições ambientais, como por exemplo: em dias ensolarados ou nublados, esta não é uma

tarefa trivial para os sensores comumente utilizados em automação de máquinas ou em robótica.

Para solucionar esta dificuldade, utilizam-se sensores de mesma aplicação, porém com diferentes princípios de funcionamento, como no caso da medição de distâncias, onde se pode usar sensores do tipo ultra-som e infravermelho de forma a obter redundância na medição, e garantir que ao menos um dos sensores será capaz de identificar o objeto em questão.

Uma característica comum aos robôs autônomos é a necessidade de um robô ou plataforma versátil que possa ser utilizado em diversas aplicações e ambientes para executar a tarefa exigida. Em operações controladas por humano, não é exigida a sofisticação dos sensores e do processamento dos sinais, tendo em vista que as decisões não serão tomadas pelo processador e sim pelo operador da máquina, neste caso o robô, não tem o compromisso de verificar obstáculos, podendo vir a sofrer danos por inabilidade de operação.

A proposta deste trabalho é desenvolver um robô multi-tarefas, terrestre com esteiras, que permitirá operações autônomas ou controladas remotamente via rádio-controle. Este será construído sobre esteiras para adaptar-se a ambientes hostis e possuir uma plataforma onde os dispositivos necessários à execução das tarefas serão integrados de forma intercambiável.

A operação autônoma será totalmente controlada por um microcontrolador que deverá monitorar os obstáculos através de sensores e encontrar um caminho adequado. Também executará de forma autônoma, a atividade de instalação e remoção de lâmpadas, em dispositivo padrão, entrar e sair de labirintos, entre outros (MARTINS, 2005).

Na operação rádio controlada, os movimentos serão executados através da orientação do ser humano, onde o nível de sofisticação será os circuitos de rádio controle (transmissor) e da interface de controle dos movimentos no chassi do robô (receptor).

Descrição Técnica do Robô

A estrutura do Robô multi-tarefas é composta de dois níveis, sendo que o nível inferior ou *chassi* localiza-se os motores, bateria, controle de potência, o circuito receptor e a placa de controle, como mostra a Figura 1.

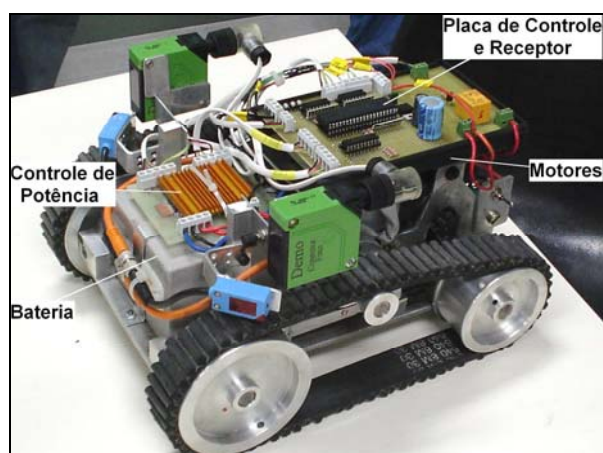


Figura 1: Fotografia do chassi

No nível superior ou *plataforma*, estão instalados os dispositivos de visão e sensores, além dos módulos especiais para tarefas específicas conforme mostra a Figura 2.

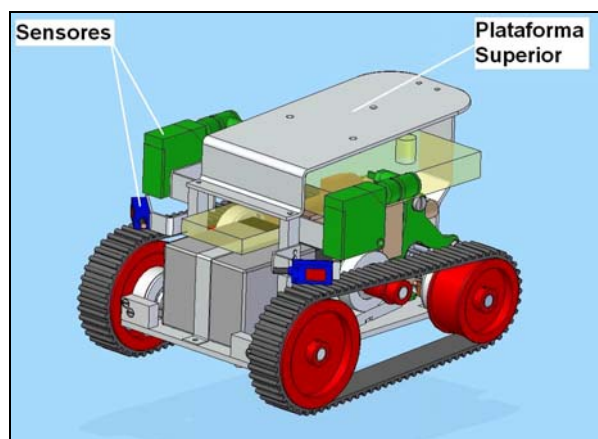


Figura 2: Ilustração da plataforma superior

O Robô Multitarefa consegue transpor obstáculos de até 50 mm de altura, não importando a geometria do obstáculo (desde que as esteiras estejam em contato com o solo) e pode desviar de obstáculos superiores a 70 mm.

Suas principais características físicas são mostradas na Tabela 1.

A mecânica do Robô Multitarefa é robusta, construída de alumínio e aço carbono. Sendo que o chassi, plataforma superior, tencionador e os mancais são de alumínio e os eixos rotativos e os rolamentos de transmissão de potência mecânica são de aço carbono. A plataforma superior é projetada para adaptar dispositivos de funções específicas ou de visão (torre giratória de sensores), de forma rápida e intercambiável.

A transmissão do movimento é realizada pelas rodas traseiras, onde estão alojados dois motores, as rodas dianteiras determinam a altura máxima do obstáculo que o veículo poderá transpor. O tencionador foi projetado para manter a correia esticada e garantir uma boa transmissão do movimento. Todas as rodas possuem rolamentos de esfera, para dar o máximo rendimento e reduzir o atrito mecânico.

Cada motor controla o movimento de uma esteira. São motores robustos e de baixa rotação podendo atingir 95 rpm, com torque máximo de 9,12 Nm, quando alimentados com 12 Vcc. O seu consumo em giro livre é de ~ 1,5 A, e em regime de pico pode chegar a 27 A.

Para efetuar o controle dos motores, tem-se dois circuitos integrados do tipo *ponte H*, *MC33886*, que é projetado para acionar motores de até 5 A, possui ainda proteção de sobrecorrente, excesso de temperatura e lógica de controle para comunicação direta com microcontroladores.

A configuração do tipo ponte H facilita a polarização do motor de corrente contínua, possibilitando o giro em sentido horário e anti-horário. Sendo que cada motor possui o seu *driver*, realizando o acionamento individual dos motores, em qualquer sentido e rotação. Desta forma, quando acionado em sentidos opostos e em mesma rotação, o robô descreve um giro em seu próprio eixo (MICROCHIP – an539, an885, 2007), (IDOETA, 2001).

O circuito utilizado neste projeto é constituído basicamente de uma placa de controle principal, onde está localizado o microcontrolador *PIC16F877* (SOUZA, 2002), a qual recebe todos os sinais de controle dos sensores e ou do rádio-controle e gera sinais para o controle dos motores, tanto de movimento do robô quanto do dispositivo especial de troca de lâmpada.

A placa principal foi projetada para permitir que sensores industriais, com tensões de até 30 Vcc, fossem conectados nas entradas digitais do microcontrolador. Para isso ocorre-se, foi utilizado o *ULN2003* como interface, onde suas entradas são conectadas aos sensores e as saídas conectadas ao microcontrolador, juntamente com resistores de *pull-up*. Assim, quando um dos sensores enviar nível alto, o

ULN2003 entra em saturação e leva sua saída correspondente a nível baixo. Isto protege as entradas digitais do microcontrolador, e adapta os sensores ao microcontrolador.

Os sensores que fazem o monitoramento dos obstáculos são do tipo óptico-difuso de luz infravermelha. Este opera com tensões que variam de 10 até 30 Vcc, e possuem saídas NPN e ajuste da distância que varia de 50 a 300 mm.

Na posição central está instalado um sensor de ultra-som (sonar), com frequência de ressonância de 40 kHz. Este sensor está posicionado estrategicamente de forma a ser uma redundância dos sensores ópticos.

O *Controle Remoto* foi construído a partir de um controle comercial, e adicionado teclas e potenciômetros para o controle de direção, velocidade e funções especiais, conforme mostra Figura 3. Os potenciômetros e teclas são interligados ao microcontrolador PIC, que por sua vez envia o sinal de movimento e velocidade ao transmissor e envia o sinal de RF para o receptor (SINCLAIR, 1996), (MICROCHIP - an513, 2006).

O transmissor funciona em frequência de 2,4 GHz, e a modulação é por *GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)* e seu alcance é de até 20 metros. O transmissor está instalado no controle remoto e o receptor no chassi do robô.



Figura 3: Fotografia do controle remoto

Tabela 1 - Características gerais do robô

Comprimento	290 mm
Largura	225 mm
Altura	145 mm
Peso	6,2 kg
Velocidade máxima	20 m/s
Torque do motor	09 Nm
Número de motores	02
Número de sensores óticos	04
Frequência do controle remoto	2,4GHz
Tipo de modulação	GFSK
Número de canais	01
Alcance do controle remoto	20 m

Dispositivo com a Configuração para Troca de Lâmpada Incandescente Padrão E27

Esta é uma função especial executada pelo robô, no qual o mesmo deve ser capaz de trocar uma lâmpada do tipo E27 incandescente posicionada a uma distância de 200 mm do suporte padrão, onde está localizado o bocal de conexão da lâmpada, como mostra a Figura 4.

Após inserir a lâmpada na garra o robô deverá aproximar-se do bocal, inserir a lâmpada até ficar acesa, em seguida, deve sair e aguardar novo comando para efetuar a retirada da lâmpada.

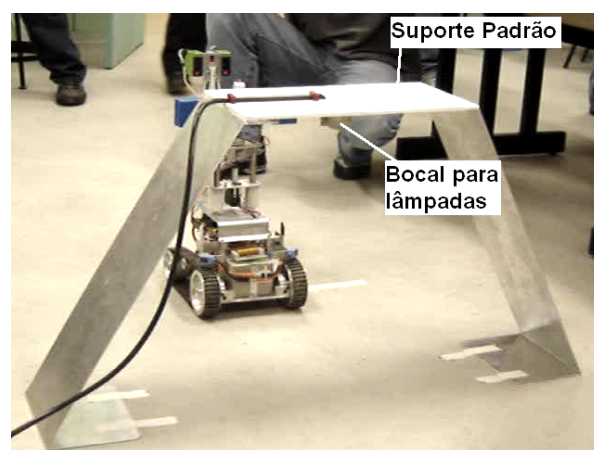


Figura 4: Fotografia do robô e suporte padrão de troca de lâmpadas

O posicionamento exato do robô para executar a função de troca de lâmpadas é realizado através de sensores do tipo infravermelho, posicionados em uma torre.

O dispositivo de troca de lâmpadas está acoplado sobre o robô, e possui três motores, sendo uma para elevação e outros dois para fixação da lâmpada.

O mecanismo de elevação foi concebido através de um fuso (barra roscada), onde o motor é fixado na extremidade inferior em mancal móvel. A fixação da lâmpada é feita através de uma mandíbula, que é constituída por dois mordentes em formato circular para adaptar-se perfeitamente ao formato da lâmpada.

Cada mordente está acoplado a um motor através de um fuso, de forma que os motores devem ser acionados sempre em sentidos opostos, fazendo com que os mordentes possam se afastar ou se aproximar, como é apresentado na Figura 5.

Discussão

Os sensores do tipo óptico-difuso de luz infravermelha utilizados apresentam diferenças de resposta em relação às cores. Superfícies

onde a cor clara (Ex.: branco) é predominante são captadas pelos sensores com uma distância maior do que as superfícies escuras (Ex.: preto).

Dado estas características, optou-se por utilizar sensores redundantes, como por exemplo, os sensores ópticos e os sensores por ultra-som.

Se ocorrer detecção em um dos sensores, o microcontrolador deve atuar de forma a evitar colisão e seguir o trajeto sem que nenhum obstáculo prejudique o seu movimento.

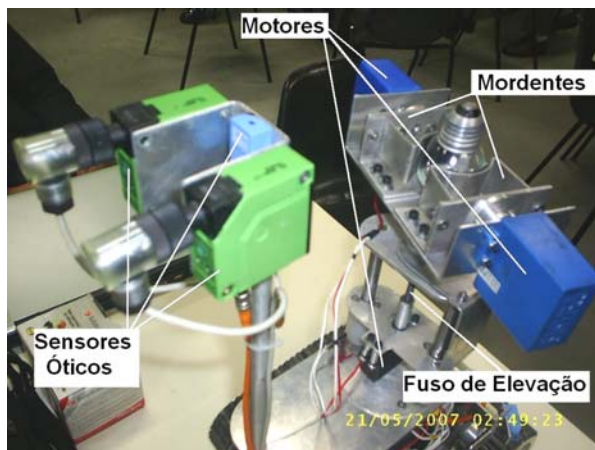


Figura 5: Fotografia da torre de sensores e dos mordentes da mandíbula

Resultados

Na elaboração do projeto, obteve-se grandes conhecimentos em integração de sistemas mecânicos, tais como: engrenagens, rolamentos, rodas, esticadores e chassi. Com os sistemas elétricos e eletrônicos que fazem toda a parte de acionamento e controle do robô, como: motores, sensores, bateria, microcontrolador e seus periféricos.

O conjunto mecânico projetado apresenta excelente rigidez mecânica, o que proporciona robustez e versatilidade ao robô.

O sistema de transmissão de dados, que compõe o conjunto transmissor-receptor adquirido inicialmente, não atendeu as necessidades devido à limitação na taxa transferência de dados, e falta de confiabilidade da informação recebida, pois estes módulos operavam em frequência de 433 Mhz e não possuía sistemas de verificação CRC. Esta frequência de operação é utilizada por diversos outros aparelhos como por exemplo: telefones sem-fio, alarmes residenciais e automotivos, rádios de intercomunicação e outros. Isto gera uma infinidade de ruídos que são captados pelo receptor, dificultando muito a validação dos dados recebidos (GOMES, 1998), (SEDRA, 2000).

Este problema foi solucionado com o novo módulo que opera em frequência de 2,4 Ghz e

possui verificação CRC de 16 bits. Tem a capacidade de transmitir até 1 Mbit/s, atendendo plenamente todos os requisitos do projeto.

Para validação do projeto, foi executado o teste prático com operação em modo: autônomo e rádio controlado. Sendo que em modo autônomo o robô executou as tarefas de entrar e sair de um labirinto, e troca de lâmpada em dispositivo padrão. O labirinto e o dispositivo padrão foram fornecidos pelo LRA/FEAU.

Em modo rádio controlado o robô apresenta um funcionamento rápido e preciso, o que facilita a interface homem máquina.

Conclusão

O projeto do robô multi-tarefas foi realizado com sucesso, desempenhando todas as funções tanto em modo autônomo quanto em rádio-controlado, para o qual foi projetado.

Este projeto pode ser modificado quanto aos sensores para melhorar o desempenho geral do sistema. Sua principal vantagem é sem dúvida a robustez, tanto mecânica, quanto eletro-eletrônica.

Esta plataforma robótica permite que outros dispositivos sejam acoplados ao nível superior, tornando-a uma plataforma versátil para o desenvolvimento de diversas aplicações.

Referências

- MARTINS, N. A. **Sistemas Microcontrolados**. São Paulo: Novatec, 2005. 259p.
- MICROCHIP; Analog to Digital Conversion using PIC16C54; Application note AN513; Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00513d.pdf>. Acesso em 20 nov. 2006
- MICROCHIP; Frequency and Resolution Options for PWM Outputs; Application note AN539; Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00539c.pdf>. Acesso em 15 jan. 2007
- SOUZA, D. J. **Desbravando o PIC**. 5. ed. São Paulo: Érica, 2002. 197p
- SINCLAIR, I. **Practical Electronics Handbook**; Editora BH Newnes; 4º Edição
- GOMES, A. T. **Telecomunicações Transmissão e Recepção AM/FM**. 13. ed. São Paulo: Érica, 1998. 403p
- SEDRA A. S.; SMITH K. C. **Microeletrônica**. São Paulo: Makron Books, 2000. 1245p
- IDOETA I. V.; CAPUANO F. G. **Elementos de Eletrônica Digital**. Editora Érica; 27º Ed., 2001.