

VEÍCULO AUTÔNOMO PROGRAMÁVEL PARA UTILIZAÇÃO EM ESTUDOS DE VISÃO COMPUTACIONAL

Luiz Eduardo Sauerbronn

Marcelo Dreux

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)
Departamento de Engenharia Mecânica
Rua Marquês de São Vicente, 225
CEP 22453-900 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil
[sauer, dreux]@mec.puc-rio.br

Ricardo Zelenovsky

Pedro Paulo Levi Mateus Canazio

Instituto Militar de Engenharia (IME)
Departamento de Engenharia Elétrica
Praça General Tibúrcio 80, Praia Vermelha
CEP 22290-270 – Rio de Janeiro, RJ, Brasil
[zele,ppaulo]@aquarius.ime.eb.br

***Resumo.** O presente trabalho descreve a arquitetura de um veículo autônomo programável que possui um suporte mecânico, apoiado sobre três rodas e carrega sobre si dispositivos eletrônicos. Estes dispositivos são responsáveis pelo acionamento dos motores do veículo e pela comunicação (por infravermelho e por rádio) com outros equipamentos externos. A integração das partes mecânicas com as eletrônicas representa o cerne deste trabalho. Este veículo tem como objetivo servir de suporte para estudos em visão computacional, uma vez que sua principal forma de sensoriamento baseia-se, essencialmente, na análise de imagens capturadas por uma câmera acoplada ao veículo.*

***Palavras-chave:** Robótica, Visão, Infravermelho, Rádio.*

1. Introdução

O mundo no qual robôs se movem é tridimensional e dinâmico. Ele se altera em função do próprio movimento do robô e do movimento dos demais objetos e personagens presentes no mundo, que por sua vez estão ocupados cuidando de seus próprios movimentos.

Para interagirem suavemente com o ambiente que os circunda, robôs precisam possuir capacidade de sensoriamento. Dentre as diversas formas de sensoriamento, visão vem sendo reconhecida, há muito, como uma das, potencialmente, mais importantes. Parte deste reconhecimento, deve-se ao fato de que muitos sistemas biológicos utilizam visão como fonte primária na aquisição de informações acerca do ambiente onde se situam.

O projeto de pesquisa (Sauerbronn & Dreux, 1996), que originou o presente trabalho, visa demonstrar a integração das partes eletrônicas e mecânicas utilizadas na implementação de um robô, que servirá de suporte para testes de performance de algoritmos de processamento de imagens e visão robótica.

Para execução destes testes, o robô tem que ser capaz de:

1. Enviar, por rádio, as imagens capturadas pela sua câmera a um micro à distância.
2. Receber comandos provenientes deste mesmo micro à distância.
3. Deslocar-se conforme comando recebido do micro à distância.

O presente trabalho descreve um robô que atende às três características acima.

2. Esquema Geral do Robô

Uma imagem gerada pela câmera é transmitida do veículo para o microcomputador através do aparelho Video-Link (SETO Ind. e Com., 1997), destinado exclusivamente a esta tarefa. A informação transmitida por ele é captada pelo microcomputador através de antena que está diretamente ligada à placa de captura de imagem. Assim, o microcomputador recebe permanentemente as imagens captadas pela câmera e as envia diretamente para a tela do microcomputador.

Esta comunicação é unidirecional (veículo-microcomputador). Conforme o veículo se afasta do microcomputador, o sinal vai perdendo confiabilidade e os níveis de ruído na transmissão aumentam. Caso haja grandes obstáculos (paredes) entre o veículo e o microcomputador o sinal torna-se extremamente ruidoso. Assim sendo, futuramente deve-se procurar desenvolver (ou adquirir) sistema com maior potência de transmissão.

A outra forma de comunicação é utilizada para o microcomputador informar ao veículo que trajetória deve tomar. Para estabelecer-se esta comunicação, foram desenvolvidas 2 placas de infravermelho (uma emissora e outra receptora) especificamente para este fim. Uma destas placas fica acoplada ao microcomputador e sua tarefa é enviar os sinais enviados através da porta paralela do microcomputador para o veículo. A outra placa faz o inverso, capta o sinal do ambiente e o envia para a porta paralela do veículo. O veículo transporta uma placa-mãe de um microcomputador PC/AT486 e é a porta paralela desta placa que recebe o sinal digitalizado. A partir da recepção do sinal, a porta paralela aciona os motores de forma a gerar a trajetória desejada.

A parte mecânica é responsável pelo deslocamento do veículo. A parte de visão procura identificar a melhor trajetória a ser seguida. Por fim, a parte eletrônica é responsável pela conexão entre o resultado do processamento de imagem e o acionamento da parte mecânica.

Esquemáticamente, tem-se (figura 1):

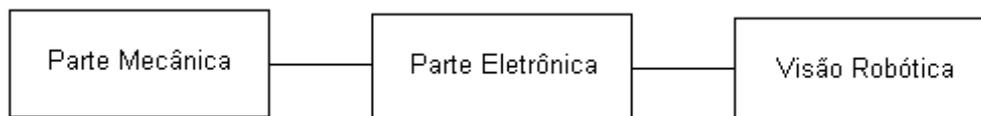


Figura 1 - Integração entre as partes do sistema robótico

3. Parte Mecânica

Há, na verdade, inúmeras configurações mecânicas possíveis para o robô desejado. Caso ele seja móvel, como é o caso do descrito neste trabalho, o veículo pode deslocar-se utilizando rodas, patas, esteiras, dentre outras. Cada possibilidade destas resulta em um enfoque específico em sua implementação. A princípio, deve-se analisar as condições em que o veículo irá trabalhar e, a partir daí, optar pela configuração mais apropriada.

Para a escolha da melhor configuração foram analisados inúmeros modelos de robôs. Foram tomados exemplos oriundos dos mais diferentes e distintos campos de atuação: campeonatos de robótica (FIRST, 1997), universidades (Brooks, 1997), indústrias (ISRobotics, 1997), sites da internet (Robotics Magazine, 1997), dentre outros. Após extensa pesquisa, determinou-se a configuração que melhor atenderia as exigências do projeto. A escolhida, por sua larga gama de aplicações, foi encontrada em robôs de diferentes áreas e propósitos, e utiliza rodas como forma de tração. Na figura 2, pode se ver a disposição dos 02 (dois) motores Gearbox (12V, 20 rpm) da RS do Brasil, 02 (dois) eixos fixos, 01 (uma) roda louca, bem como as correias que ligam os motores aos eixos e a placa de alumínio que agrega o sistema mecânico.

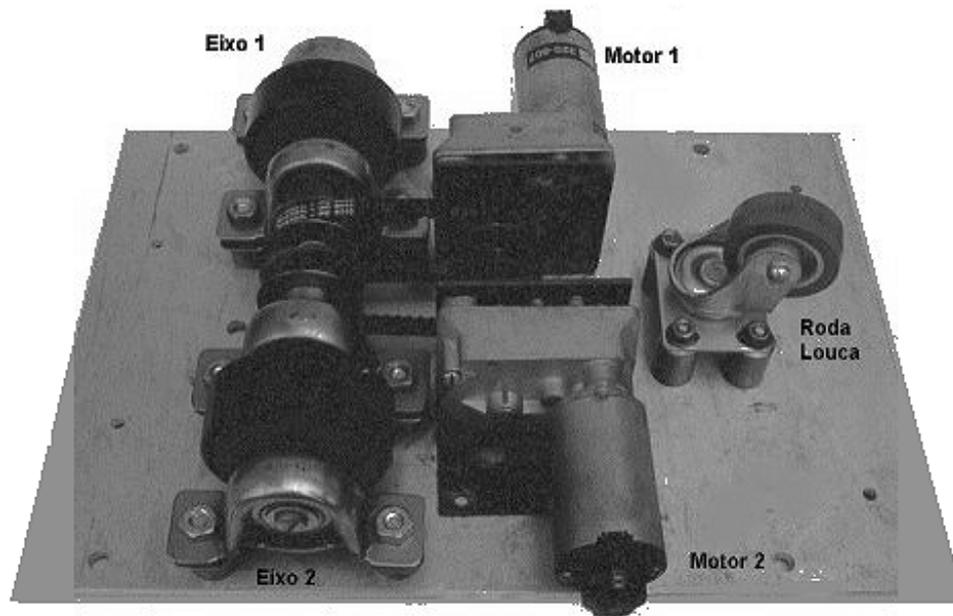


Figura 2 - Configuração mecânica escolhida.

Os motores possuem caixa de redução e possibilitam ao robô atingir uma velocidade de 10cm/seg.. Cada um dos motores mostrados acima (ao centro), são acionados de forma independente pela chamada "placa de interface", que será descrita na seção que segue abaixo.

4. Parte Eletrônica

Descreve-se abaixo, a implementação eletrônica utilizada no projeto. São discutidas as dificuldades encontradas no processo de boot do robô, a questão da autonomia (baterias) e o ítem eletrônico mais importante implementado para o projeto, a "placa de interface".

Nos sistemas robóticos, a eletrônica atua como interface entre os algoritmos de programação e as partes mecânicas envolvidas no processo. O que se espera é que um comando lógico possa ser traduzido em esforços mecânicos. O sistema a ser descrito abaixo foi idealizado a partir do Projeto Pebbles do Laboratório de Inteligência Artificial do MIT (Pebbles Project, 1997).

O primeiro arranjo da implementação eletrônica a ser testado consistiu na utilização de uma placa-mãe de micro PC/AT486, alimentado diretamente a partir de uma bateria de 6 Volts. A montagem do conjunto placa-mãe/bateria é demonstrada esquematicamente abaixo (figura 3):



Figura 3 - Representação da alimentação da placa-mãe a partir da bateria de 6 Volts

O Pino de “Power Good” tem a função de permitir o funcionamento do computador somente quando os níveis de tensão nos demais pinos estejam estabilizados. Aterrando-se momentaneamente o pino Power Good, resseta-se a placa-mãe.

É válido ressaltar que a tensão de alimentação tem que ser capaz de polarizar os transistores contidos nos Circuitos Integrados (CI) e não pode ser superior a determinado valor sob pena de superaquecer os CI, queimando-os. Estes valores, para a placa mãe utilizada, foram respectivamente de 3,5Volts (mínimo) e 5,2Volts (máximo).

O processo de Boot

O processo de boot utilizado no corrente trabalho consiste, inicialmente, em ligar a bateria aos terminais de alimentação da placa-mãe. Após isto, nenhuma alteração é sentida até que se aterre momentaneamente o Power Good. Entra então em ação o processo de Reset da placa. Verificou-se que a placa-mãe consome algo na faixa de 3 Ampéres.

Com o Reset, o processo de Boot se inicia. Dentre as primeiras conseqüências, percebe-se uma queda de tensão na bateria e o início de aquecimento nos diodos, que dissipam aproximadamente 2 Watts cada (ver diodos de silício na figura 3).

A BIOS¹ (Bios, 1998) processa então um teste de auto-verificação. Neste teste, irá verificar a configuração do sistema, identificando possíveis situações onde o processo de boot não pode prosseguir (falta de memória RAM, chip da CPU ou placa de vídeo acoplada à placa mãe). Há necessidade também que haja um teclado (ou um terminador no conector do teclado) conectado à placa mãe durante o período de Boot.

¹ Basic Input Output System

Após executar sua auto-verificação, a BIOS inicia o processo de leitura e execução do sistema operacional. Para isto, verifica em sua configuração o dispositivo que contém o sistema (tipicamente dispositivo de disco flexível), acessa-o e inicia a leitura do mesmo.

Após o processo de boot, são desconectados do robô, o teclado e o dispositivo de disco flexível (todo o sistema operacional, bem como programa de gerenciamento dos processos, já foram carregados na memória). E assim, o robô está livre para trafegar pelo ambiente sem nenhuma limitação de fios que o conectem a quaisquer outros objetos.

A Placa de Interface

Parte do projeto original, a chamada Placa de Interface possui 3 objetivos distintos, sendo eles:

i) Controlar os motores DC a partir de sinal recebido pela porta paralela da placa-mãe. O circuito responsável por este controle é mostrado abaixo (figura 4):

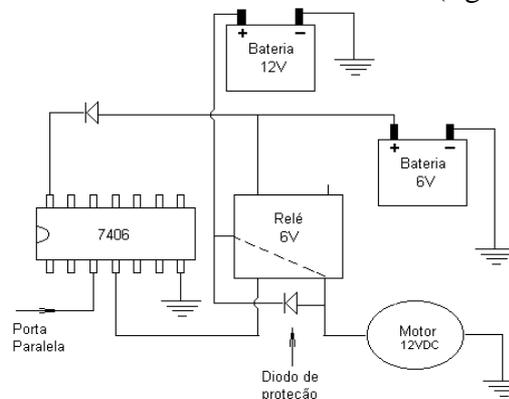


Figura 4 - Circuito responsável pelo acionamento dos Motores 12VDC a partir do sinal da Porta Paralela

Assim, quando a porta paralela envia sinal lógico 0 (equivalente ao terra), o relé fecha a conexão e o motor DC começa a girar. Foi também inserido ao conjunto um diodo com o intuito de evitar corrente reversa sobre o relé. A presença desta corrente reversa reduz a vida útil do relé, pois evita o centelhamento toda vez que há o chaveamento liga/desliga.

O fundamental no acionamento do relé consiste na tensão entre seus bornes e a corrente por ele requerida. Ou seja, há necessidade de uma potência mínima dissipada no relé para que ele permaneça acionado.

Assim, com este aparato é possível acionar os motores DC a partir de comandos enviados para a porta paralela. O comando *outportb*, da Linguagem C de programação é um bom exemplo de comando que envia sinais para a porta paralela. Através do comando *outportb* consegue-se definir os níveis de tensão em oito pinos (equivalentes a um byte) da porta paralela.

ii) Estabelecer comunicação com um micro à distância:

Como previsto no projeto original, o robô envia as imagens obtidas em sua câmera através do aparelho Video Link (SETO Ind. e Com., 1997). Esta imagem é capturada por um micro à distância através de antena sintonizada no canal 12, então, é digitalizada e processada.

O resultado do processamento é então retornado ao robô por infravermelho. Um dos objetivos funcionais da placa de interface é o de estabelecer esta comunicação por infravermelho.

iii) Utilizar ultra-som no reconhecimento de obstáculos:

Adquiriu-se uma placa de ultra-som para detecção de obstáculos na faixa de 30 cm a 1,5 m. O objetivo previsto em projeto consiste em aparelhar o robô com mais este dispositivo de sensoriamento. A partir do momento em que a placa detecta algum objeto aproximando-se, ela envia um sinal à placa de interface que, automaticamente, transfere este sinal ao micro remoto, para que este tome a decisão acerca da nova rota a ser tomada. Esta última função da placa de interface ainda está em fase de implementação.

Após a implementação das partes mecânica e eletrônica acima descritas, obteve-se a primeira versão do robô desejado, cujas fotos podem ser vistas abaixo:



Figura 5 - Vista em perspectiva do robô



Figura 6 - Vista frontal do robô

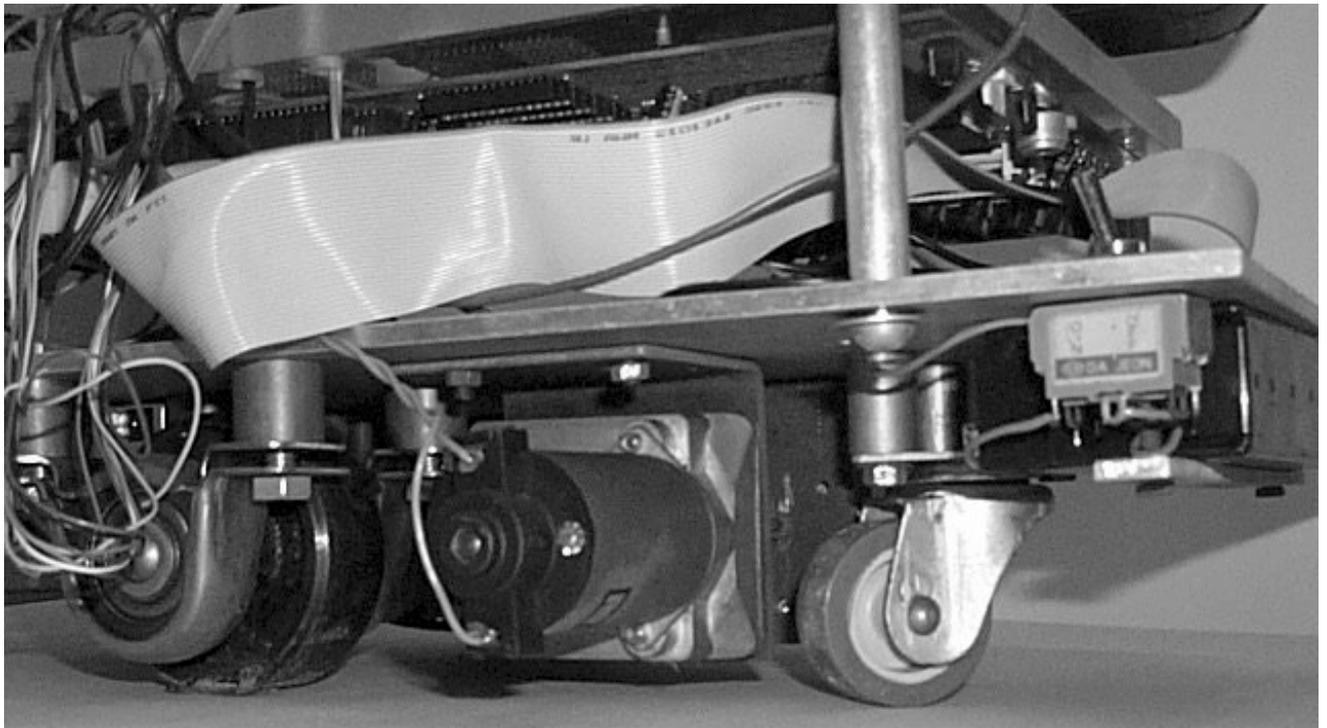


Figura 7 - Vista lateral do robô.

5. Conclusão

Após todo trabalho dispendido na implementação da parte eletrônica, verificou-se quanto o projeto ainda poderia ser simplificado. A única necessidade eletrônica do projeto consiste na implementação de uma placa que acione os motores a partir de comandos de rádio (ou infravermelho) dados por um micro à distância. Não há sequer necessidade da placa-mãe e de toda complexidade de seu acionamento.

Neste sentido, foram adquiridas placas com sistemas embutidos e barramento PC104. Estas placas possuem DOS implementado em hardware, são pequenas, leves, compactas; preenchem todos os requisitos necessários ao presente projeto, ou seja capacidade de processamento (CPU) e comunicação com a placa de interface (através de sua porta paralela) e ainda, não necessitam a conexão de quaisquer periféricos (dispositivo de disco flexível ou teclado) para seu acionamento. Sua alimentação também se dá através da bateria de 6Volts.

Assim, o próprio sistema mecânico poderia tornar-se menor e mais leve. A câmera utilizada também deve ser substituída por uma CCD ligada diretamente à porta paralela. O processamento de imagem passaria assim a ser realizado pelo próprio robô e sua comunicação com o microcomputador à distância teria apenas a finalidade de informar sua atual situação, bem como os resultados encontrados oriundos do processamento das imagens capturadas.

A placa responsável pelo sistema de reconhecimento de obstáculos por ultra-som também irá compor uma nova versão do presente projeto de pesquisa.

Informações bem mais abrangentes sobre o projeto acima mencionado podem ser encontradas na homepage (<http://www.mec.puc-rio.br/~sauer/trab/mest/meurobo/vision1.html>).

Agradecimentos

Aos funcionários da oficina mecânica do laboratório de Termociências da PUC-Rio, pelo carinho e atenção. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, por ter financiado uma bolsa de estudos ao primeiro autor, cujo trabalho de pesquisa deu origem a este artigo. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, FAPERJ, por ter financiado a implementação do robô. Ao Instituto Militar de Engenharia, IME, pelo apoio institucional.

REFERÊNCIAS

- Sauerbronn & Dreux, 1996, Robótica aplicada a reconhecimento de ambientes, Projeto de pesquisa, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).
- SETO Ind. e Com., 1997, - Seto Indústria Comércio Produtos Eletrônicos Ltda., Rua Dr. Siqueira Campos, n^o 147, São Paulo, SP, C.G.C.45.922.465/0001-38, 1997.
- FIRST, 1997, - Organização “FIRST - For Inspiration and Recognition in Science and Technology”, <http://www.usfirst.org>, 1997.
- Brooks, 1997, - Prof. Rodney Brooks, diretor do laboratório de Inteligência Artificial, Instituto de Tecnologia de Massachusetts, Boston, Massachusetts, Estados Unidos, <http://www.ai.mit.edu/people/brooks/>, email: brooks@ai.mit.edu, 1997.
- ISRobotics, 1997, Sistemas Robóticos Inteligentes, Boston, Massachusetts, Estados Unidos, <http://www.isr.com>, 1997.
- Robotics Magazine, 1997, “RS&T Magazine for Educators, Students, Hobbyists & Enthusiasts”, <http://www.robotmag.com>, 1997.
- Peebles Project, 1997, Projeto Pebbles, Robôs Exploradores, Laboratório de Inteligência Artificial, Instituto de Tecnologia de Massachusetts, Boston, Massachusetts, Estados Unidos, <http://www.ai.mit.edu/projects/mars-rovers/pebbles.html>, 1997.
- Bios, 1998, MR Bios (Microid Research), <http://www.mrbios.com>, 1998.

AUTONOMOUS PROGRAMMABLE VEHICLE FOR USE IN COMPUTER VISION

***Abstract.** This paper describes the architecture of an autonomous programmable vehicle whose mechanical support rests on three wheels. There are two motors in order to transport some electronic devices. These devices are responsible for powering the vehicle motors, as well as for communication (radio and infrared) with external equipments that are monitoring the process. The integration of the mechanical parts with the electronic parts represents the core of this paper. This vehicle has the purpose of supporting an automated vision system, that works as its main form of sensing.*

***Keywords:** Robotics, Vision, Infrared, Radio.*