

**CENTRO UNIVERSITÁRIO POSITIVO
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

ROBÔ AUTÔNOMO – MODELO CHÃO DE FABRICA

Élio Rubens Pscheidt

Monografia apresentada à disciplina de Projeto Final como requisito parcial à conclusão do Curso de Engenharia da Computação, orientada pelo Prof. Alessandro Zimmer.

UNICENP/NCET

Curitiba

2007

TERMO DE APROVAÇÃO

Nome do Aluno
Élio Rubens Pscheidt

Robô Autônomo – Modelo Chão de Fabrica

Monografia aprovada como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário Positivo, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Alessandro Zimmer (Orientador)

Prof. Mauricio Perreto (Membro)

Prof. Valfredo Pilla (Membro)

Curitiba, 05 de novembro de 2007.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Alessandro Zimmer, por ter aceitado a idéia deste projeto e pela ajuda, apoio e orientação em toda as etapas do projeto.

Aos meus pais Lidegar Pscheidt e Dometila Pscheidt por todo o esforço e incentivo que me deram para concluir este curso de engenharia da computação, sempre me incentivando em todos os momentos por mais difícil que fossem.

A minha namorada Fernanda Pariz, pelo incentivo, muita paciência e dedicação durante todo o tempo me dando sempre forças para continuar.

A todos os professores do curso, que desde os primeiros anos, tiveram muita paciência e estavam sempre dispostos a me ensinar em tudo o que foi preciso.

Ao meu amigo Jerônimo, que sempre me ajudou nas horas que mais precisava durante o curso com seu conhecimento.

A todas as amizades realizadas ao longo desses anos no curso de Engenharia da Computação.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente me ajudaram nesta conquista. Obrigado a todos!

RESUMO

Neste trabalho desenvolveu-se um robô autônomo na forma de veículo autoguiado, que atue na área de chão de fábrica e integre técnicas de controle e tomadas de decisão. Este trabalho tem por função adequar o robô as características do mundo real.

Foi implementado um simulador de ambiente de chão de fábrica (plataforma para teste do veículo, simulando trajeto de chão de fábrica), onde foi possível para modelar um ambiente de teste.

Após concluído todo processo proposto, foi possível avaliar resultados com através da implementação e testes realizados. O testes com trajetórias, realizando bifurcação, realizando controle de parada e identificação de obstáculos foi efetuado com sucesso.

Palavras chave:

AGV, Veículo Autoguiado, Robô Autônomo, Robótica Móvel

ABSTRACT

The purpose of this project is develop a autonomous robot control system in a way that can be controled as a autoguide vehicle. The main target of this system is to act in factory production lines, making possible integrate control techniques and decision making. This working have a function to fit the robot in a “Real World” environment.

Initially will be used motion robot concepts, like AGV, that make possible control the motion, the obstacles, stop control and decision making for paths.

With the finalized project, it was implemented a factory production line simulator (plataform for test, paths for the robot walk), where can be changed to fit a suitable test environment.

After the project finished, it was possible study the results through the implementation and test.

Key words:

AGV, Auto guide Vehicle, Autonomous Robot, Motion Robot

SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	08
Lista de Figuras.....	09
Lista de Siglas.....	12
CAPÍTULO 1 – Introdução.....	13
CAPÍTULO 2 – Fundamentação Teórica.....	15
2.1 – Conceitos.....	15
2.2 – Histórico da Robótica.....	15
2.3 – Robôs Móveis.....	16
2.4 – Tipos e Classificação Robôs Móveis.....	17
2.4.1 – Anatomia	17
2.4.1.1 – Robôs Aquáticos.....	17
2.4.1.2 – Robôs Aéreos.....	18
2.4.1.3 – Robôs Terrestres.....	18
2.4.2 – Funcionalidades.....	19
2.4.2.1 – Robôs Pessoais.....	19
2.4.2.2 – Robôs de Serviços.....	20
2.4.2.3 – Robôs de Campo.....	20
2.4.2.4 – Robôs Industriais.....	20
2.4.3 – Tipos de Controles.....	21
2.5 – Arquitetura.....	21
2.6 – Navegação.....	22
2.7 – Técnicas de Navegação.....	22
2.7.1 – Trajetória com Grafo.....	22
2.7.2 – Trajetória por Espaço Livre.....	23
2.7.3 – Trajetória Baseada em Comportamento.....	23
2.7.4 – Navegação Heurística.....	23
2.7.5 – Navegação por Obstáculos.....	23
2.8 – Sensores.....	23
2.8.1 Sonar.....	23
2.8.2 – Laser.....	24
2.8.3 – Câmeras de Vídeo.....	24
2.8.4 – Sensores de Posicionamento.....	25
2.8.5 – Sensores Infravermelhos.....	26

2.8.5.1	Optoacoladores.....	26
2.8.5.2	– Fototransistor.....	27
2.8.5.2	– Microinterruptores e Fins de Curso.....	27
2.9	– Microcontrolador.....	28
2.9.1	– Microcontroladores Microchip PIC.....	28
2.9.2	– Principais Modelos de Microcontroladores PIC.....	29
2.9.3	– Microchip PIC16F877A.....	30
2.10	– Motores de Passo.....	31
2.10.1	– Tipos de Motores de Passo.....	31
2.10.1.1	– Motores de Passo Unipolares.....	31
2.10.1.2	– Motores de Passo Bipolares.....	32
2.10.1.3	– Motores Multifases.....	32
2.10.1.4	– Motores de Relutância Variável.....	33
CAPÍTULO 3:	Especificação Técnica.....	34
3.1	– Especificação do Carrinho.....	37
3.2	– Especificação do Hardware.....	37
3.2.1	– Optoacoplador.....	37
3.2.2	– Sensor Fim de Curso.....	38
3.2.3	– Microcontrolador.....	38
3.2.4	– Motor de Passo.....	40
3.2.5	– Interface Para Uso do Motor de Passo.....	40
3.2.6	– Display de LCD.....	41
3.3	– Especificação do Firmware.....	41
3.4	– Estudo de Viabilidade Técnica / Econômica.....	42
3.5	– Cronograma.....	44
CAPÍTULO 4:	Projeto.....	45
4.1	– Hardware.....	45
4.1.1	– Implementação dos Sensores.....	45
4.1.2	– Implementação do Microcontrolador PIC16F877A.....	47
4.1.3	– Implementação do Controle do Motor de Passo.....	47
4.1.4	– Display de LCD.....	47
4.2	– Software.....	48
CAPÍTULO 5:	Resultados e Validações	50
5.1	– Teste Hardware com Motores de Passo.....	51
5.2	– Teste Hardware/Software com PIC16F877A.....	51

5.3 – Teste Implementação dos Sensores de Rota/Bifurcação.....	52
5.4 – Teste Implementação do Sensor de Parada	53
5.5 – Testes Implementação do Sensor de Obstáculos	54
5.6 – Testes Integrados do Protótipo e Montagem das Placas.....	54
5.7 – Testes e Validações Finais.....	55
CAPÍTULO 6: Conclusão.....	56
CAPÍTULO 7: Referências Bibliográficas.....	57
CAPÍTULO 8: Anexos.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Componentes da Placa do Motor de Passo.....	40
Tabela 3.2 – Estudo Viabilidade Técnica / Econômica de Insumos.....	42
Tabela 3.3 – Estudo Viabilidade Técnica / Econômica de Instalações.....	43
Tabela 3.4 – Estudo Viabilidade Técnica / Econômica de Equipamentos.....	43
Tabela 3.5 – Estudo Viabilidade Técnica / Econômica de Softwares	43
Tabela 3.2 – Estudo Viabilidade Técnica / Econômica de Mão de Obra.....	43
Tabela 4.3 – Pinagem Display de LCD.....	48
Tabela 6.1 – Características Elétricas do NS3-040.....	62
Tabela 6.2 – Pinagem PIC16F877A.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Primeiro Robô Móvel Funcional.....	17
Figura 2.2 – Tipos de Robôs Móveis.....	17
Figura 2.3 – Protótipo de Robô Submarino.....	18
Figura 2.4 – Robô Aéreo.....	18
Figura 2.5 – Exemplos de Robô Terrestre.....	19
Figura 2.6 – AGV - Veículo Guiado Automaticamente.....	21
Figura 2.7 – Exemplo de Sensor Sonar.....	24
Figura 2.8 – Modelo de Sensor Laser.....	24
Figura 2.9 – Webcam Utilizada Como Sensor.....	25
Figura 2.10 – Máquina Pulverizadora Utilizando GPS.....	25
Figura 2.11 – Modelo Optoacoplador.....	26
Figura 2.12 – Modelo Fototransistor.....	27
Figura 2.13 – Modelos Sensor de Fim de Curso.....	28
Figura 2.14 – Família Microcontrolador Microchip PIC.....	29
Figura 2.15 – PIC16F877.....	30
Figura 2.16 – Motor de Passo Unipolar.....	32
Figura 2.17 – Motor de Passo Bipolar.....	32
Figura 2.18 – Motor de Passo Multifaces.....	33
Figura 2.19 – Motor de Passo Relutância Variável.....	33
Figura 3.1 – Diagrama em Blocos Geral do Sistema.....	36
Figura 3.2 – Diagrama em Blocos da Rota.....	36
Figura 3.3 – Modelo do Carrinho.....	37
Figura 3.4 – Modelo Físico do Optoacoplador.....	38
Figura 3.5 – Modelo Físico do Sensor NS3-040D.....	38
Figura 3.6 – Arquitetura PIC16F877A.....	39
Figura 3.7 – Motor de Passo.....	40
Figura 3.8 – Interface do Motor de Passo.....	41
Figura 3.9 – Display de LCD.....	41
Figura 4.1 – Diagrama em Bloco do Hardware Simplificado.....	45
Figura 4.2 – Fluxograma do Firmware.....	49
Figura 5.1 – Plataforma de Testes.....	50
Figura 5.2 – Protótipo Apresentado.....	50
Figura 5.3 – Placas de Controle e Motor de Passo.....	51

Figura 5.4 – Protótipo Seguindo a Linha.....	52
Figura 5.5 – Protótipo ao Encontrar Bifurcação na Trajetória.....	53
Figura 5.6 – Implementação de Testes em Protoboard.....	54
Figura 5.7 – Placa de Botões.....	55
Figura 5.8 – Placa de Controle do Protótipo.....	55
Figura 6.1 – Esquemático Controle de Motor de passo.....	58
Figura 6.2 – Esquemático PIC16F877A.....	59
Figura 6.3 – Esquemático Placa de Botões.....	59
Figura 6.4 – Kit didático com LCD.....	60
Figura 6.5 – Esquemático do Projeto.....	61

LISTA DE SIGLAS

NCET- Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas

UNICENP – Centro Universitário Positivo

RMA – Robô Móvel Autônomo

PIC – Periferal Interface Controller

AGV – Automated Guide Vehicle

LASCR – Light Activated SCR

LCD – Liquid Crystal Display

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Desde criança, muitas pessoas costumam imaginar como é ter um robô semelhante ao que se vê nos filmes, como “Eu Robô”, “Exterminador do Futuro”, “O Homem Bicentenário” ou “Inteligência Artificial”, que embora sejam robôs possuem várias capacidades humanas.

Em nossa realidade estamos longe dos desafios da robótica com relação ao que são vistos em filmes, como citados acima, mas com o avanço na área de inteligência artificial e de novos tipos de materiais, nos permite o desenvolvimento dos mais diversificados tipos de robôs.

A robótica móvel é uma área de pesquisa que vem se desenvolvendo bastante nos últimos anos. Os robôs tem auxiliado o homem em diversas tarefas, tais como a exploração espacial, auxílio a pessoas com deficiências físicas, realização de trabalhos industriais ou simplesmente como brinquedo para diversão de crianças.

Com o grande desenvolvimento da tecnologia de informática, principalmente na área do hardware, potentes computadores podem ser usados para desenvolver novas técnicas de controle robótico. Estas técnicas estão permitindo que esses robôs executem tarefas complexas, que até então só eram executadas por seres-humanos, tais como: aprender com a experiência, navegar por ambientes desconhecidos, desviar de obstáculos imprevistos e reagir de forma inteligente a estímulos do ambiente. Para que os robôs móveis consigam executar essas tarefas, todos os seus componentes (sensores, atuadores, etc) precisam estar integrados através de um sistema de controle.

Os sistemas planejados baseiam suas ações em um modelo do mundo, que é predefinido e armazenado na memória do robô. Os sistemas reativos não armazenam nenhuma representação ou modelo do mundo, eles se restringem a reagir aos estímulos recebidos do ambiente pelos sensores, com base nesses estímulos eles decidem o que fazer e em que direção se movimentar. Cada um desses sistemas tem suas vantagens e desvantagens, dependendo da complexidade e do tipo de ambiente onde o RMA (Robô Móvel Autônomo) atua. A principal desvantagem dos sistemas planejados é que por eles possuírem um modelo do ambiente, acabam por limitar a sua área de atuação, e qualquer mudança inesperada no ambiente tornaria o modelo inválido. Já nos sistemas reativos, a principal desvantagem é que é muito difícil implementar comportamentos complexos, muitas vezes limitando os RMA a comportamentos simples e sem objetivos específicos.

Este projeto tem a finalidade, construir um protótipo AGV (Automated Guide Vehicle), para simular tarefas de chão de fábrica, que integre técnicas de controle e tomadas de decisão. Neste projeto, o usuário poderá escolher em quais pontos o robô deverá parar, evitando colisão com obstáculos colocados a sua frente e ao seu final, indicará o tempo de cada volta percorrida

do percurso junto com a média geral de toda sua trajetória.

A primeira parte do projeto mostrará os conceitos básicos sobre robótica, principalmente robótica móvel autônoma e robótica inteligente. São mostrados os principais tipos de RMA e os principais tipos de sensores. Também é visto um breve histórico sobre o surgimento, evolução dos robôs, sistemas de controle robótico, dando uma visão sobre os vários tipos de sistemas e as arquiteturas de controle existentes, bem como alguns tópicos sobre aprendizado. A segunda parte é especificação técnica do trabalho e a terceira é implementação do projeto junto com dados e documentação técnica e forma de implementação do projeto.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceitos

A definição de robô é “maquina controlada por computador” e são programadas para mover, manipular objetos e realizar diversos trabalhos. A idéia em usar um robô é que ele executa tarefas mais rápidas que um ser humano de modo barato, mais eficiente em determinados momentos e capaz de executar tarefas repetitivas sem acusar cansaço ou qualquer outro desgaste que um ser humano teria.

Atualmente os robôs estão divididos em diversos grupos como:

1. AGV (*Automated Guided Vehicle*), que usam sensores que detectam linhas;
2. Robôs utilizando Inteligência Artificial;
3. Robôs para navegação;
4. Robôs Interplanetários que são utilizados para explorações de outros planetas;

2.2 Histórico da Robótica

O termo robô se origina da palavra Tcheca “robota” que significa “trabalho compulsório”, onde em 1921 foi usado pela primeira vez em uma peça de teatro chamada “Rossum’s Universal Robots pelo escritor Karel Capek.[7]

A palavra robô começou a ser difundida em 1939 por Issac Asimov no livro “Eu Robô” onde no mesmo estabeleceu as famosas leis da robótica que utilizamos até hoje:

1 - Um robô jamais deve causar dano a um ser humano nem, através de omissão, permitir que isto aconteça;

2 – Um robô deve sempre obedecer a um ser humano, a menos que isto entre em conflito com a primeira lei

3 – Um robô deve proteger a si mesmo de danos, a menos que isto entre em conflito com a primeira e a segunda lei;

Com a invenção do transistor em 1948 os robôs passaram a ser controlados por computadores. A partir de então em 1954 houve a primeira patente para robô controlado por computador em nome de George Devol.

Em 1963 surgiram os primeiros protótipos de robôs móveis e somente em 1968 foi construído robô móvel com conceitos de robótica fixa e mecânica. A partir desta década começou a evolução dos princípios de sensores, processamento de imagens e inteligência artificial, para ter robôs com capacidade de atuar em ambientes dinâmicos e que fossem simples e robustos. [8]

Na década de 80, surgiram vários trabalhos interessantes na área de robótica. Em 1983 foi desenvolvido o método *freeway*, conforme descrito em [8], que é uma modelagem do espaço livre e planejamento da trajetória, mas tinham restrições com a manutenção e a criação dos mapas do ambiente. Em 1986 começou a trabalhar com leitura baseada em seus sensores. Esta última arquitetura foi essencial para pesquisas de métodos reativos e contribuiu para construção de robôs móveis.

A partir de 1990 começou surgir arquiteturas mais consistentes como a de Mataric, que analisou a necessidade de dotar um robô de capacidades mais elaboradas, com utilização de um mapa construído através de marcas detectadas no ambiente. Nesta análise pressupôs que o mapa seria atualizado sempre que houvesse mudança de ambiente. Neste mesmo ano Zelinski estudou um método que se baseava no mapeamento em tempo de execução.

Em 1994, começaram as grandes revoluções na área de robótica, principalmente a na área de robótica móvel. A NASA junto com a Carnegie Mellon University, desenvolveram um robô para inspeção de vulcões ativos e em Julho de 1997 foi enviado o famoso “Soyjourner”, robô mandado para uma expedição a Marte chegando lá somente no ano de 2000.

Em 2000, a “Carnegie Mellon” criou um robô de quatro rodas para realizar uma expedição a Antártida, em busca de amostras de meteorito, onde o mesmo, utilizando técnicas avançadas de Inteligência Artificial, coletava pedras já classificando as mesmas.

2.3 Robôs Móveis

Este projeto será implementado com teorias e estudos de robótica móvel. Por este motivo segue alguns tipos, aplicações e funcionalidades técnicas neste documento.

Alguns robôs podem funcionar sobre circunstâncias menos controladas do que outros robôs. Eles possuem diversos sensores que lhes permitem captar informações do ambiente. Estes sensores podem ser: sonares, que mandam e recebem ondas de som, infravermelhos, medindo a temperatura e a luminosidade do ambiente; câmeras coletando informações visuais; lasers medindo a luz; etc. Robôs inteligentes usam estas informações para decidir como vão agir, podendo adaptar melhor ao ambiente no qual estão inseridos.

Por exemplo: um robô chão de fábrica inteligente, pode percorrer seu caminho em um

fabrica seguindo uma linha no chão, realizando todas as entregas programadas previamente pelo usuário. Ele pode desviar de obstáculos e pessoas no seu caminho. Também poderia identificar quando está com pouca energia e se plugar em uma estação de recarregamento de energia.

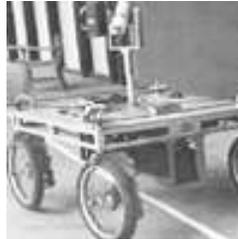


Figura 2.1 – Primeiro Robô Móvel Funcional.

FONTE: www.museudocomputador.com.br(2007)

2.4 – Tipos e Classificação Robôs Móveis

Atualmente há tentativas de classificar robôs em diversas formas , mas nenhuma que seja realmente definitiva. Mas de forma geral podemos classificar em três formas: [8]

1. Anatomia;
2. Funcionalidade;
3. Tipos de Controle;

2.4.1 – Anatomia

Pode-se estar divididos em três diferentes tipos:

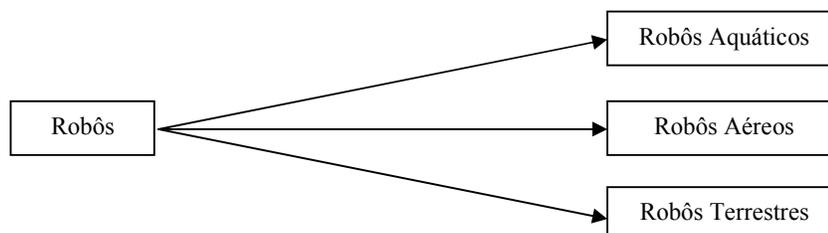


Figura 2.2 – Tipos de Robôs Móveis

2.4.1.1 Robôs Aquáticos

Geralmente são dotados de plataforma equipadas com propulsores ou balões de ar que

permitem permanecer no fundo do mar.



Figura 2.3 – Protótipo de Robô Submarino

FONTE: <http://www.banasmetrologia.com.br>(2007)

2.4.1.2 Robôs Aéreos

Geralmente são formados por aeromodelos, que podem ser equipados com cameras de vídeo e geralmente são utilizados para reconhecimento de terrenos, inspeção de grandes áreas, investigação aérea, entre outras utilizações.



Figura 2.4 – Robô Aéreo

FONTE: <http://www.laas.fr/~sara/photos/robots/karma/karma-Pages>(2007)

2.4.1.3 Robôs Terrestres

Com pernas (duas ou mais pernas): Geralmente utilizados em ambientes específicos, como escadas, terrenos acidentados, subidas, etc. A dificuldade no desenvolvimento destes protótipos, está na maioria das vezes na movimentação das pernas, pois deve-se levar em consideração que o mesmo deve ter articulações e mobilidade das mesmas.

Com esteiras: São geralmente utilizados em ambientes que possuem solos irregulares, como areia, pedregulhos ou qualquer outro tipo de solo fofo. O grande problema está ligado no alto consumo de energia causado pelo movimento da própria esteira.

Com rodas (duas ou mais rodas): Estes são os modelos mais utilizados, pois são os mais simples de serem implementados e conforme o tipo de robô que está sendo projetado, não necessita um hardware tão complexo quanto um robô que utiliza-se de pernas móveis. Geralmente são usados em terrenos regulares, pelo fato de algumas vezes, as rodas não terem as mesmas aderência que os robôs de esteira em determinados tipos de terrenos. Atualmente é muito utilizado para brinquedos e chão de fabricas.



Figura 2.5 – Exemplos de Robôs Terrestres.

FONTE: <http://www.satori.org/images/b8527-2057-xx-13-1.jpg>(2007)

<http://www.laas.fr/~sara/photos/robots/karma/karma-Pages>(2007)

2.4.2 – Funcionalidades

Atualmente os robôs estão divididos em quatro grupos de acordo com respectivas funcionalidades.

1. Robôs Pessoais;
2. Robôs de Serviços;
3. Robôs de Campos;
4. Robôs Industriais;

2.4.2.1 Robôs Pessoais

São os robôs que não desenvolvem nenhuma tarefa, mas interagem com pessoas humanas na forma de entretenimento, ajuda doméstica, etc.

2.4.2.2 Robôs de Serviço

Estes podem atuar tanto em ambientes internos como externos. Neste caso os robôs geralmente necessitam o modelo do ambiente em que estão trabalhando, porém o mesmo deve ter autonomia para reconhecer, processar informações e atuar sobre algumas situações encontradas dentro do ambiente. Exemplo: Desviar de objetos encontrados durante o percurso.

2.4.2.3 Robôs de Campo

Estes robôs tem por finalidade trabalhar em ambientes de pouco conhecimento. Geralmente desenvolvem tarefas como exploração, investigação de bombas, limpeza de acidentes químicos, etc .

2.4.2.4 Robôs Industriais

Neste projeto foi implementado um robô industrial denominado AGV (Automated Guided Vehicles), que é utilizado para linhas de produção. Este tem por função executar tarefas industriais, sempre seguindo uma sequencia explícitas de ações. O robô deve ter o conhecimento exato do ambiente onde está tralhando e deve saber a sua posição para tomadas de decisão. São usados em linhas de montagem de produtos, transportes de materiais e nas demais tarefas pesadas realizadas dentro da industria.

O AGV, Veículo Guiado Automaticamente sem condutor, realiza desde as tarefas de transporte mais simples, até as mais complexas como transporte de materiais do almoxarifado até pontos determinados da linha de produção.

A idéia do AGV se baseia no desenvolvimento de um sistema modular e em seus diversos campos de aplicação. Inicialmente o AGV tinha por função criar um sistema de transporte sem condutor que:

- Apresentasse baixo custo de planejamento e de investimento, podendo ser instalado facilmente.
- Pudesse ser aplicado de maneira flexível.
- Pudesse ser manipulado com facilidade, melhorando, assim, a produtividade e a qualidade do trabalho.

Suas características técnicas são: manutenção simples, sem controle central para operação do sistema e condução passiva sobre uma trilha (não havendo necessidade de alimentação de corrente).

O AGV transita entre dois postos de trabalho (por exemplo, almoxarifado e linha de montagem). Instala-se, simplesmente, uma fita guia adesiva entre os dois postos de trabalho, de acordo com as necessidades e condições locais. Uma simples interrupção da fita guia marca o ponto de parada. Ao pressionar a tecla de inicialização, o AGV continua o seu percurso.



Figura 2.6 – Modelos AGV (Veículo Guiado Automaticamente)

FONTE: <http://www.aat-agv.com.br/rolete.asp>(2007)

2.4.3 – Tipos de Controles

São separados em três categorias, conforme descrito em [6]:

- Teleoperados: Usuário deve indicar todos os movimentos a serem executados pelo robô.
- Semi-Autônomos: O robô deve executar sozinho a tarefa (macro de execução), que o usuário indicar.
- Autônomos: O robô deve executar suas tarefas dentro do ambiente sem a interferência do ser humano.

2.5 Arquitetura

A arquitetura está ligada a um hardware ou um software para o controle de todo o robô

Podemos citar as seguintes arquiteturas: [6][7]

- Deliberativas: Baseada em reconhecimentos de padrões ou manipulação simbólica.
- Reativas: Baseada na suposição de comportamentos inteligentes que podem ser gerados sem nenhuma representação simbólica explícita. São capazes de reagir ao ambiente sem a utilização de um raciocínio muito complexo.
- Híbridas: Utiliza-se da arquitetura deliberativa para uso de um modelo simbólico do mundo e um reativo, capaz de reagir aos variados ambientes sem raciocínio simbólico.

2.6 Navegação

A navegação robótica está ligada a diversos fatores como: características do ambiente, orientação de rota, distâncias de rotas, colisão com obstáculos, etc.

Abaixo, segue exemplos de navegação:

- Navegação Global: Possui um mapa previamente determinado do ambiente, por este motivo pode-se mover-se para o destino desejado.
- Navegação Local: Leva sempre em questão os objetos do ambiente. Conforme o robô se move é usado fator de análise para evitar colisões com objetos no ambiente
- Navegação Híbrida: Parte do princípio de detectar, desviar obstáculos e planejar sua própria rota.

No projeto, é utilizado tanto a navegação global como a navegação local.

2.7 Técnicas de Navegação

Para técnicas de navegação deve-se considerar duas características:

- Atingir a posição de destinos;
- Evitar colisão;

Os tipos mais usados de navegação são:

2.7.1 Trajetória com Grafo

É implementado com base de um mapa, que modela todos os obstáculos do ambiente geometricamente. O robô investiga todos os caminhos afim de encontrar o melhor caminho. Um

exemplo de algoritmo do melhor caminho é o DIKSTRA.[6]

2.7.2 Trajetória por Espaço Livre

Ao inverso do trajetória com grafos, este considera o caminho livre, ao invés de encontrar obstáculos. Este método tem a possibilidade de construir centros de passagens com espaços livres.[6]

2.7.3 Trajetória Baseada em Comportamentos

Tem por função gerar caminhos que são difíceis de se prever, mas apresenta a navegação reativa independente de um caminho já modelado, ou de um ambiente já conhecido.[6]

2.7.4 Navegação Heurística

Navegação heurística não utiliza um modelo de ambiente (mapa de localização) mas pode usar as informações dos sensores diretamente. O comportamento consiste em uma regra simples: minimizar a distância atual do destino. Neste caso no projeto será escolhido pelo usuário qual parada deseja realizar, e o robô irá percorrer somente os caminhos destinados a parada escolhida, evitando a passagens por caminhos indesejáveis.[6]

2.7.5 Navegação por Obstáculo

Algumas técnicas de navegação podem lidar com obstáculos móveis. Replanejar o caminho, ou tomar uma decisão para o próximo passo, são funções para atualizar o modelo de ambiente onde é executado de maneira rápida, para permitir a inclusão de obstáculos móveis no cálculo da trajetória. [6]

No projeto, é utilizado duas técnicas de navegação citadas acima: por Obstáculos Móveis e Heurística.

2.8 Sensores

Atualmente são utilizados dois tipos de sensores: sensores de posição e obstáculos.

2.8.1 Sonar

Seu funcionamento é simples. Um transdutor emite um onda de som de alta frequência. Quando a mesma atinge um objeto ela se reflete e novamente capturada pelo transdutor. A distancia é calculada dividindo-se o tempo decorrido por 2, e multiplicando pela velocidade do som (em torno de 343 m/s). É muito utilizado pois tem um baixo custo e é fácil de se utilizar.

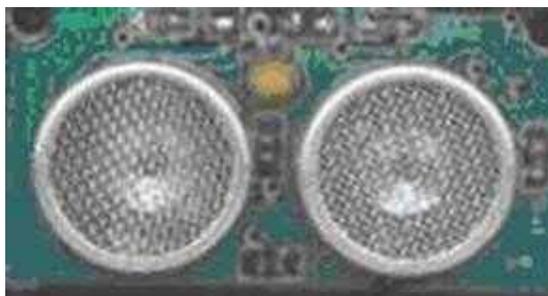


Figura 2.7 – Exemplo de Sensor Sonar

FONTE: <http://www.ppgia.pucpr.br/~santin/ee/2005/3s/5/sonar.html>(2007)

2.8.2 Laser

Seu funcionamento se baseia em um feixe de laser emitido e um fotosensor capta a sua reflexão, e calcula o tempo que foi necessário para o laser retornar. Outro funcionamento é a utilização de espelhos, onde é controlado o ângulo do espelho até que o feixe atinja o fotosensor, podendo então calcular a distância usando o ângulo do espelho por triangulação.



Figura 2.8 – Modelos de Sensor Laser

FONTE: http://www.omron-ap.com/product_info/ZX-L-N(2007)

2.8.3 Câmeras de Vídeo

Utiliza-se câmera (pode ser webcam ou filmadora), instalada no robô, que transmite a

imagem processada para computador analisando e decidindo o que deve ser feito. Este método é conhecido como reconhecimento de padrões, onde o computador analisa certas imagens e identifica certos objetos. As câmeras também podem ser utilizadas para cálculos de distância.



Figura 2.9 – Webcam Utilizada Como Sensor

FONTE: <http://www.satycon.com/images/webcam-satycon-100k.jpg>(2007)

2.8.4 Sensores de Posicionamento

Além de detectar obstáculos, tem por finalidade saber onde exatamente se encontra no ambiente. Estes devem medir de forma absoluta ou relativa a posição atual.

Segue alguns exemplos de sensores de posicionamento:

1. GPS;
2. Bússola;
3. Odômetro;

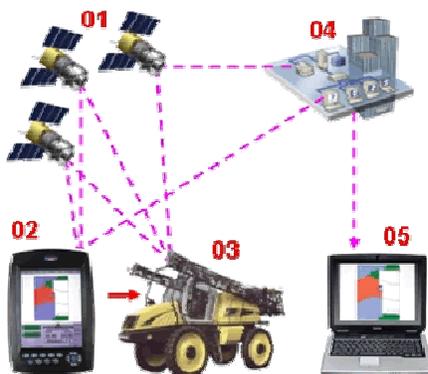


Figura 2.10 – Máquina Pulverizadora Utilizando GPS

FONTE: http://www.pulverizador.com.br/img/terrestre/monitor_gps.gif(2007)

2.8.5 Sensores Infravermelhos

O sensor infravermelho é um diodo que emite um raio modulado, onde o raio atinge um objeto e uma porção de luz é refletida, sendo captada novamente pelo diodo receptor. A luz refletida depende do ângulo apresentado pelos sensores.

Este sensor possui velocidade de resposta alta, embora tenha uma baixa sensibilidade, muitas vezes exige uma grande amplificação nos sinais de saída.

O projeto é composto de sensores de infravermelho, mais conhecido como optoacopladores.

2.8.5.1 Optoacopladores

Um optoacoplador combina um dispositivo semicondutor formado por um fotoemissor, um fotoreceptor e a transmissão do sinal luminoso, entre o emissor e o receptor que é feita por um caminho óptico interno.

Os fotoemissores que se empregam nos optoacopladores são díodos que emitem raios infravermelhos (IRED) e os fotoreceptores podem ser o foto-transistor, o foto diodo, o foto-darlington, o foto-triac e o LASCR.



Figura 2.11 – Modelo Optoacoplador

FONTE: www.electronred.iespana.es/indicomponen.htm(2007)

Todos estes elementos encontram-se dentro de um encapsulamento que geralmente é do tipo DIL/DIP.

Quando é aplicada uma tensão aos terminais do diodo IRED, este emite uma luz de raios infravermelhos que é transmitida ao fotoreceptor. A energia luminosa que incide sobre o fotoreceptor faz com que este gere uma tensão elétrica na sua saída.

A maioria dos acopladores utiliza um foto-transistor como receptor da luz irradiada pelo elemento emissor, e pelo fato da boa sensibilidade do foto-transistor, exige pouca ou nenhuma amplificação, para a maioria das aplicações.

Para uma tensão colector – emissor constante, quanto maior for a corrente direta no led, maior será a sua intensidade luminosa, logo maior a corrente de base no foto-transistor o que acarreta uma maior corrente no seu colector.

O sinal de entrada é aplicado ao fotoemissor (led) e a saída é retirada do fotoreceptor (foto-transistor). Os optoacopladores são capazes de converter um sinal elétrico num sinal luminoso modulado e voltar a convertê-lo em um sinal elétrico.

A grande vantagem de um optoacoplador, reside no isolamento elétrico que pode estabelecer-se entre os circuitos de entrada e saída.

2.8.5.2 Fototransistores

Todos os transistores, são componentes sensíveis à luz. Os fototransistores são projetados para explorar essa propriedade de sensibilidade a luz dos transistores.

Para entendermos o funcionamento de um fototransistor, precisamos entender o princípio básico de um transistor operando como chave. Um transistor apresenta três terminais, no entanto, um fototransistor pode apresentar apenas dois terminais (coletor e emissor). A base é que será sensível à luz. O símbolo de um fototransistor é semelhante ao de um transistor, sendo que a diferença são as setas apontando para a base, mostrando que a mesma é sensível à luz.



Figura 2.12 – Modelos Fototransistor

FONTE: http://www.gta.ufrj.br/grad/01_1/foto/fototrans.htm(2007)

2.8.5.3 – Microinterruptores e Fins de Curso

Os micro-interruptores e fins-de-curso são normalmente utilizados para detectar a posição de objectos e partes móveis.



Figura 2.13 – Modelos Sensor de Fim de Curso

FONTE: www.electronred.iespana.es/indicomponen.htm(2007)

Os sensores de fim de curso assinalam quando determinada parte em movimento atingiu certa posição. Exemplo:

- Início e fim de curso de cilindros em movimento;
- Qualquer passagem intermédia do mesmo cilindro;

2.9 Microcontrolador

Os microcontroladores são dispositivos capazes de realizar controle de máquinas ou equipamentos eletrônicos, através de programas realizados em diferentes tipos de linguagem. Por se tratar de um componente programável é muito versátil, podendo ser empregado em diversas aplicações.

Atualmente várias empresas como Intel, Microchip, Atmel, Motorola, Philips, entre outros fabricantes realizam grande investimento na área de pesquisa e desenvolvimento de microcontroladores cada vez mais eficientes, velozes, com maior capacidade, recursos de conectividade e consumo de energia elétrica.

Os sistemas microcontrolados, estão nas mais diversas áreas, das quais podemos citar a automação industrial, automação comercial, automação predial, área automobilística, produtos manufaturados, eletrodomésticos, telecomunicações, etc.

2.9.1 Microcontroladores Microchip PIC

O PIC é um produto que se destaca por possuir uma boa diversidade de recursos, capacidade de processamento, custo e flexibilidade de aplicações. O ponto mais forte desta tecnologia está na simplicidade de aplicação, permitindo a aplicação deste microcontrolador em projetos de pequeno porte, facilitando a implementação e diminuindo o custo de desenvolvimento.

Os microcontroladores estão divididos de acordo com suas características de performance e funcionalidade. A família PIC10, de menos recursos, é aplicada a funções mais simples e de menor porte, conseqüentemente possuindo um custo relativamente baixo. Já a família dsPIC30 e dsPIC33, são adequadas para tratamento e processamento veloz de sinal analógico, permitindo um desenvolvimento de aplicações mais complexas ligadas as áreas de telecomunicações, comunicação sem fio de alta performance, controles de tempo real de alta velocidade, etc.

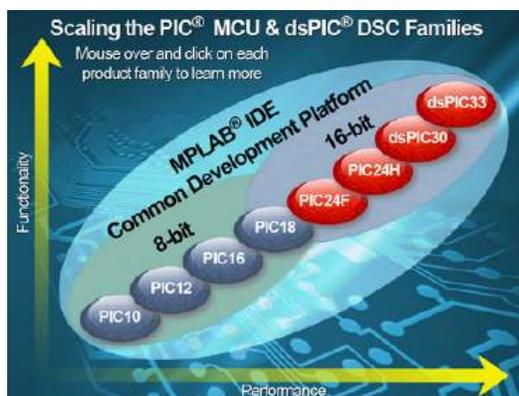


Figura 2.14 – Família Microcontroladores Microchip PIC

FONTE: www.microchip.com(2007)

Apesar da Microchip desenvolver microcontroladores de 16 bits com alto grau de performance, o mais utilizado atualmente são os de 8 bits, pois também possuem uma boa funcionalidade e baixo custo de aquisição e desenvolvimento.

2.9.2 Principais modelos do Microcontrolador PIC

Abaixo segue uma lista dos principais PIC utilizados que vão dos mais simples de 8 bits até os com maior performance de 16bits.

- PIC100F200
- PIC16F84
- PIC16F628
- PIC16F877
- PIC16F877A
- PIC18F4431

2.9.3 Microchip PIC16F877A

É um microcontrolador versátil e cheio de recursos oferecendo bons recursos para aplicação de controle. Uma das principais características é a utilização de recursos que minimizam ou eliminam a necessidade de implementações periféricas, com ganho de tempo e espaço.

Ele possui vários recursos importantes, tais como:

- CPU RISC DE 35 instruções com clock de até 20MHz (5 milhões de instruções por segundo);
- Até 8 Kwords de memória de programa;
- 368 bytes de RAM;
- 256 bytes de EPROM;
- Dois comparadores e geradores PWM;
- Oito canais de conversão A/D de 10 bits;
- Comunicação Serial;
- 33 Pinos de entrada/Saída;

É um microcontrolador ideal para quem busca controle de diversos dispositivos, que demandem uma maior quantidade de controles digitais. Suas duas saídas PWM e seus 8 canais de conversão analógico/digital elevam este microcontrolador a aplicações de controle mais sofisticadas.

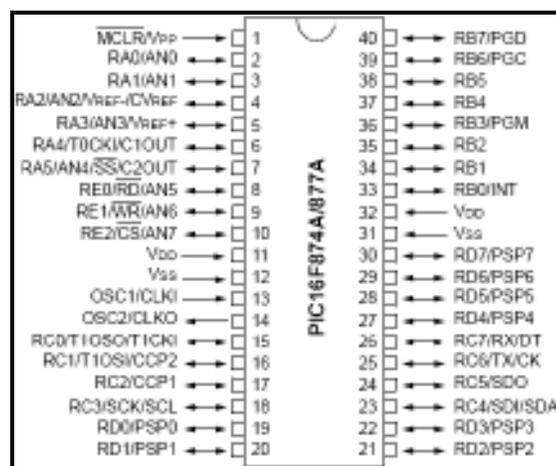


Figura 2.15 – PIC16f877

FONTE: <http://www.microchip.com>(2007)

2.10 Motores de Passo

A crescente popularidade dos motores de passo se deve à total adaptação desses dispositivos à lógica digital. Na robótica esses motores estão sendo cada vez mais usados, em sistemas de movimentação de braços mecânicos, guindastes, etc. Com o auxílio desses motores, pode-se criar diversos tipos de movimento mecânico.

Os motores se deslocam por impulsos ou passos discretos e podem ser representados em três estágios:

- Parados;
- Ativo com motor travado;
- Girando em etapas;

O movimentos dos mesmos podem ser bruscos ou suaves, de acordo com a quantidade de impulsos enviados para ele, em relação a inércia que ele se encontra.

Com relação ao funcionamento, podem ser comparados aos síncronos, ou seja, um campo rotativo faz girar um motor magnético. Os motores foram divididos de acordo com a forma que é gerado o campo : Enrolamento Unipolar ou Bipolar no estator .

Para escolha do motor de passo deve-se levar em consideração a taxa de arranque que é a máxima aceleração permitida pela operação. Portanto vemos sempre seguir alguma regras básicas como:

- Caráter indutivo do estator;
- Correias dentadas de transmissão para engrenagens;
- Precisão (de acordo com que vai ser usado);

2.10.1 Tipos de Motores de Passo

2.10.1.1 Motores de Passo Unipolares

Possuem geralmente cinco ou seis fios, com um fio central em cada um dos rolamentos. O fio central é ligado ao pólo positivo da bateria, e os dois finais de cada enrolamento são levados ao pólo negativo alternadamente para reverter a direção do campo magnético.

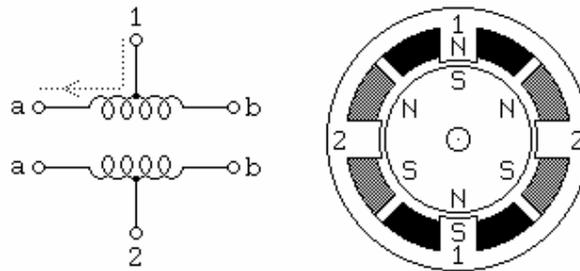


Figura 2.16 – Motor de Passo Unipolar

FONTE: <http://www.mrshp.hpg.ig.com.br/rob/passotipo.htm>(2007)

2.10.1.2 Motores de Passo Bipolares

São construídos exatamente com os mesmos mecanismos usados nos motores unipolares, mas os dois enrolamentos são mais simples e não necessitam a utilização do fio central. Isto torna o circuito eletrônico mais complexo, pois precisa controlar a reversão da corrente para cada enrolamento.

Para diferenciar um motor de passo bipolar de um unipolar basta medir a resistência entre os terminais.

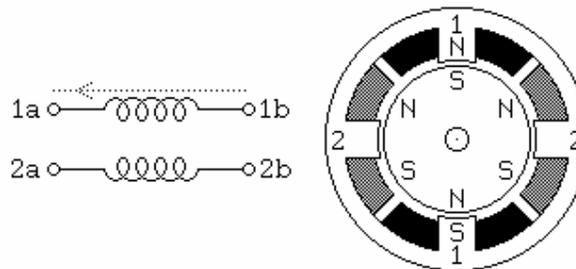


Figura 2.17 – Motor de Passo Bipolar

FONTE: <http://www.mrshp.hpg.ig.com.br/rob/passotipo.htm>(2007)

2.10.1.3 Motores Multifases

Um tipo menos comum, é o motor de passo magnético permanente, que possui seus enrolamentos ligados de uma forma cíclica, com um pequeno enrolamento ligando o centro de cada par de enrolamentos formando um círculo.

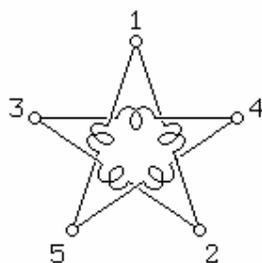


Figura 2.18 – Motor de Passo Multifases

FONTE: <http://www.mrshp.hpg.ig.com.br/rob/passotipo.htm>(2007)

2.10.1.3 Motores de Relutância Variável

Se o motor possuir três enrolamentos, tipicamente conectados com um terminal comum para todos os enrolamentos, este é o tipo mais comum de motores de passo de relutância variáveis. Em uso, o fio comum tipicamente vai para o pólo positivo da bateria e os enrolamentos são energizados em seqüência.

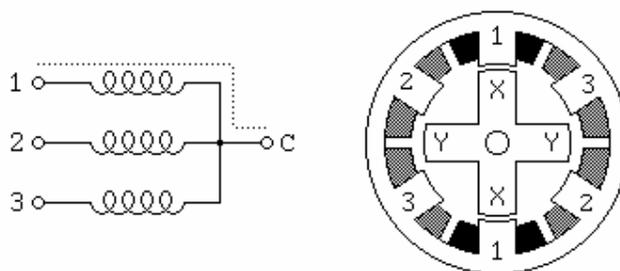


Figura 2.19 – Motor de Passo de Relutância Variável

FONTE: <http://www.mrshp.hpg.ig.com.br/rob/passotipo.htm>(2007)

CAPÍTULO 3 – ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO

O sistema consiste no desenvolvimento de um carrinho tipo AGV, capaz de identificar uma rota a ser seguida, ao deparar-se com uma linha na cor preta desenhada no chão. O mesmo deverá ser inicializado com paradas pré-definidas e atuar na presença de qualquer objeto a sua frente. Ao seu fim deverá apresentar tempo de cada percurso junto com uma média geral de todos os percursos realizados.

O projeto é composto de quatro etapas para implementação:

- **Veículo**

1. A base será desenvolvida em madeira 10 mm;
2. 1 baterias própria de 6V e 1,3A;
3. Dois motores de passo bipolares;
4. Uma roda para equilíbrio do carrinho;
5. Botões para ligar e desligar o carrinho;

- **Aquisição de Sinais**

1. Dois sensores para controle de rota;
2. Um sensor para identificar fim de curso;
3. Um sensor de aproximação para identificar a presença de algum objeto a frente do carrinho;
4. Um sensor para identificar locais de parada;

- **Tratamento de Sinais**

1. Um microcontrolador para realizar a leitura do sensor e atuar sobre os motores de passo;
2. Botão para reinício de percurso para cada parada realizada;

- **Escolha/Leitura de Trajeto**

1. Um display de LCD para mostrar tempo de cada rota e a média de cada trajetória;
2. Botões para escolha de rota;

Para o início de todo o projeto, será desenvolvido um carrinho que se movimentará através de dois motores de passo bipolares que estarão fixados na parte de baixo do carrinho. A sua frente será colocado uma roda para dar somente sustentação ao projeto. Também o protótipo terá funcionamento autônomo, com uma bateria de 6V e 1,3A.

A rota a ser seguida será previamente definida no chão na cor preta (será marcada no chão com fita isolante preta). A trajetória deverá conter curvas no formato de 90 graus. Por este motivo será colocado dois sensores infravermelhos no carrinho, para que eles mantenham o carrinho sempre na rota da fita de cor preta.

É utilizado uma plataforma na cor branca, que serve como base para as rotas a serem traçadas, afim de, evitar interferência de cor para leitura dos sensores de rota.

Antes de o carrinho iniciar a trajetória, o usuário deverá escolher através do botão de parada, quais paradas deverá executar durante o percurso. As paradas estarão sendo mostradas no display de LCD onde um usuário externo deverá realizar a escolha. O projeto conterà 2 paradas não obrigatórias fixas, espalhadas durante o percurso.

Ao iniciar a trajetória dois sensores de rota optoacopladores identificarão uma linha preta na plataforma, fazendo que o carrinho permaneça na rota estabelecida, até completar todo o percurso.

Durante a trajetória o carrinho irá encontrar bifurcações. Neste caso, é identificado no chão com fita isolante (faixas na cor preta acima da plataforma branca), qual bifurcação do percurso o sensor optoacoplador estará avaliando. A partir desta avaliação o carrinho saberá por qual trajetória da bifurcação deverá seguir.

Os pontos de paradas serão identificados através de blocos no chão na cor branca(acima da fita isolante). Após o sensor optoacoplador identificar a parada estabelecida, o carrinho deverá parar, e só voltará a funcionar após o acione de um botão pelo usuário.

Para evitar colisões com qualquer objeto encontrado durante o caminho, será colocado um sensor fim de curso para identificar a presença do mesmo. O carrinho só retorna a sua trajetória após a retirada do objeto.

Para o controle de todo o processo, será feito através de um microcontrolador, onde o mesmo receberá as informações dos sensores e converterá internamente o sinal para digital. Após o tratamento do sinal o microcontrolador irá processar as informações recebidas e enviará um comando para acionar os motores de passo conforme a necessidade de uso dos mesmos.

Após o carrinho realizar todo seu percurso e passar por todas as paradas estabelecida pelo usuário, ele deverá retornar ao ponto inicial do trajeto desligando-se automaticamente. Através do leitor de LCD, o usuário poderá visualizar o tempo que levou para realizar cada volta, e ao final demonstrará a média de todo o percurso realizado.

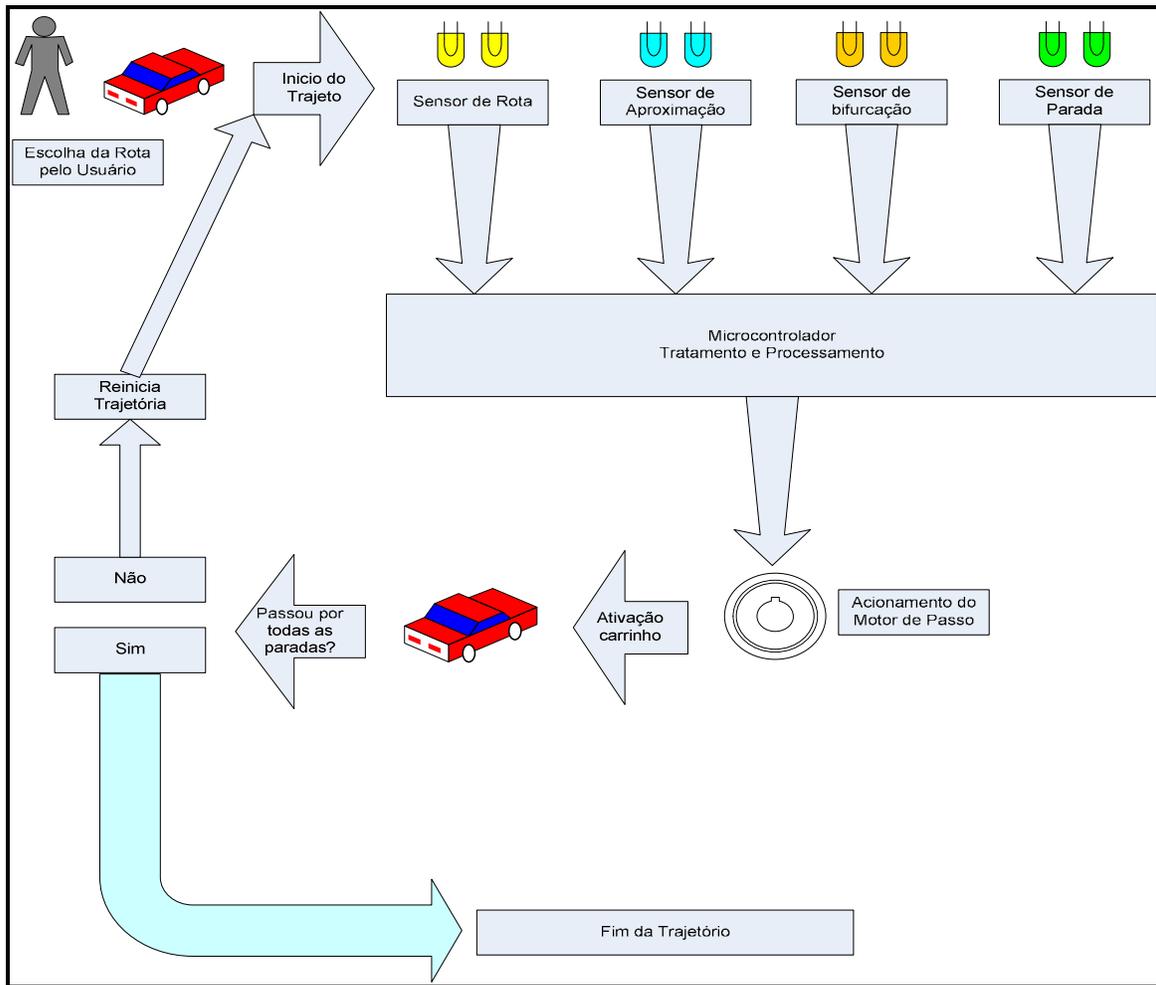


Figura 3.1 – Diagrama em Blocos Geral do Sistema

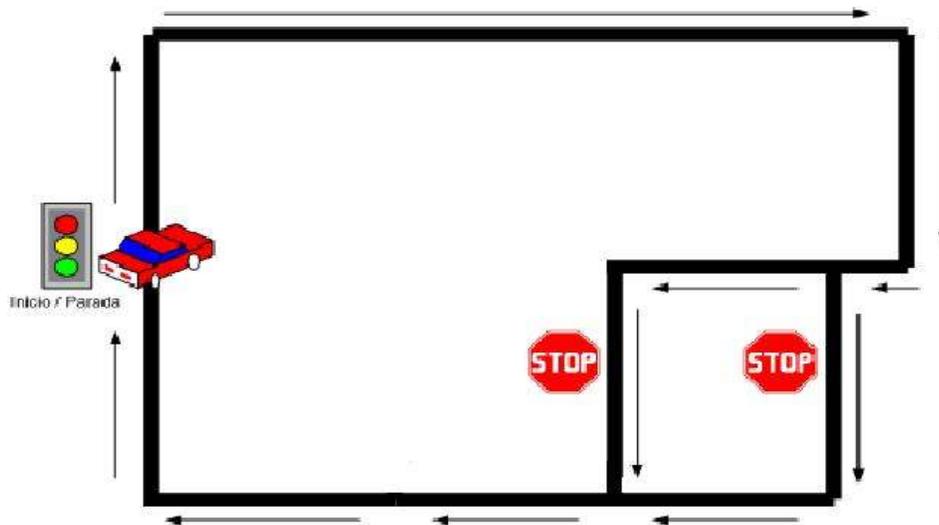


Figura 3.2 – Diagrama em Blocos da Rota

3.1 Especificação do Carrinho

O carrinho foi fabricado em madeira MDF 10 mm, contendo dois motores de passo com rodas de madeira e uma roda de flexível na frente, para dar sustentação ao protótipo. As rodas são revestidas com elástico de borracha para que a mesma tenha maior aderência ao chão.

Abaixo segue foto ilustrativa da forma do protótipo.

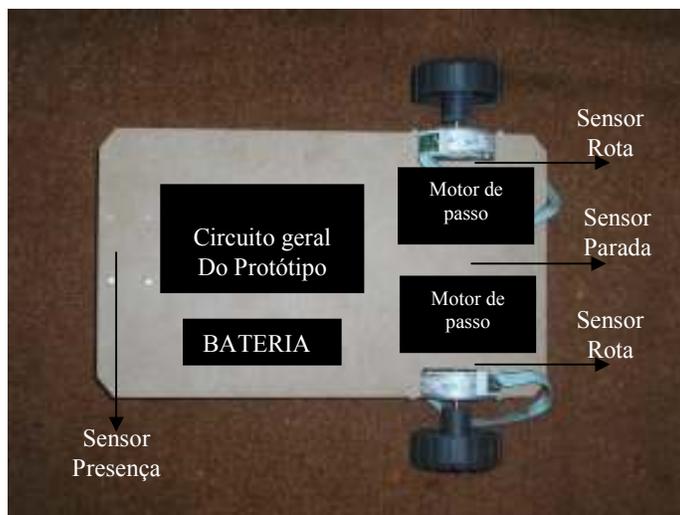


Figura 3.3 – Modelo do Carrinho

3.2 Especificação de Hardware

O hardware foi composto de um microcontrolador PIC que será responsável por todo o tratamento e processamento das informações recebidas dos sensores.

As descrições detalhadas dos componentes que serão utilizadas no projeto serão descritas abaixo:

3.2.1 Optoacoplador

No projeto foi utilizado dois optoacoplador PHCT203 serão responsáveis por reconhecer a trajetória do carrinho.

Este componente será usado pelo fato de emitir uma luz de raios infravermelhos para uma faixa no chão que é transmitida ao receptor afim de identificar se está seguindo a faixa na cor preta no chão. Eles fornecem uma tensão entre 20mV e 5V (tensão que varia entre a cor branca

e preta). A única limitação é o sensor não pode ficar mais que dois centímetros do local onde está sendo medido.

As dimensões físicas do optocoplador segue abaixo:

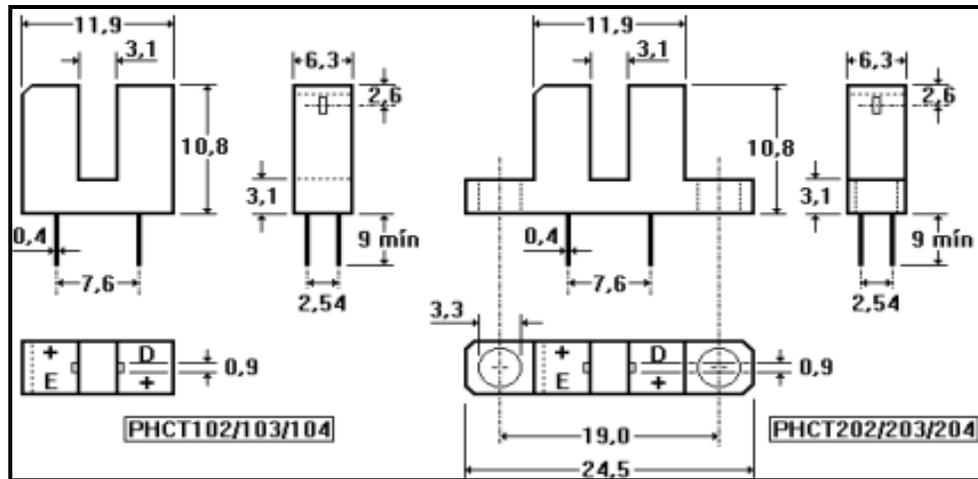


Figura 3.4 – Modelo físico do optocoplador

FONTE: www.electronred.iespana.es/indicomponen.htm(2007)

3.2.2 Sensor Fim de Curso

Para reconhecimentos de obstáculos, foi utilizado um sensor de fim de curso a frente do robô.

Uma notação importante é regular o sensor para que reconheça vários tipos de obstáculos como: madeira, ferro, corpo humano, etc.

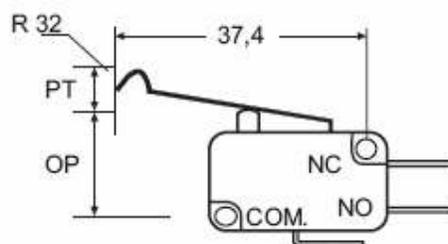


Figura 3.5 – Modelo Físico do Sensor NS3-040D

FONTE: <http://www.alldatasheet.com>(2007)

3.2.3 Microcontrolador

No projeto foi usado um microcontrolador PIC16F877A, que possui bons recursos para

aplicações de controle e oferece alguns recursos que podem minimizar ou eliminar a necessidade de implementações periféricas, com ganho de tempo e espaço.

Para implementação do projeto, dentre os recursos do PIC16F877, podemos citar como os mais importantes: CPU RISC de 35 instruções, com clock de até 20MHz (5 milhões de instruções por segundo). Até 8 KWords de memória de programa, 368 bytes de RAM, 256 bytes de EEPROM, dois comparadores e geradores PWM, 8 canais de conversão A/D de 10 bits, comunicação serial, 33 pinos de Entrada/Saída. Também possui 8 canais de conversão analógico/digital elevam este microcontrolador a aplicações de controle mais sofisticadas.

Na figura 3.6 segue arquitetura do PIC16F877A.

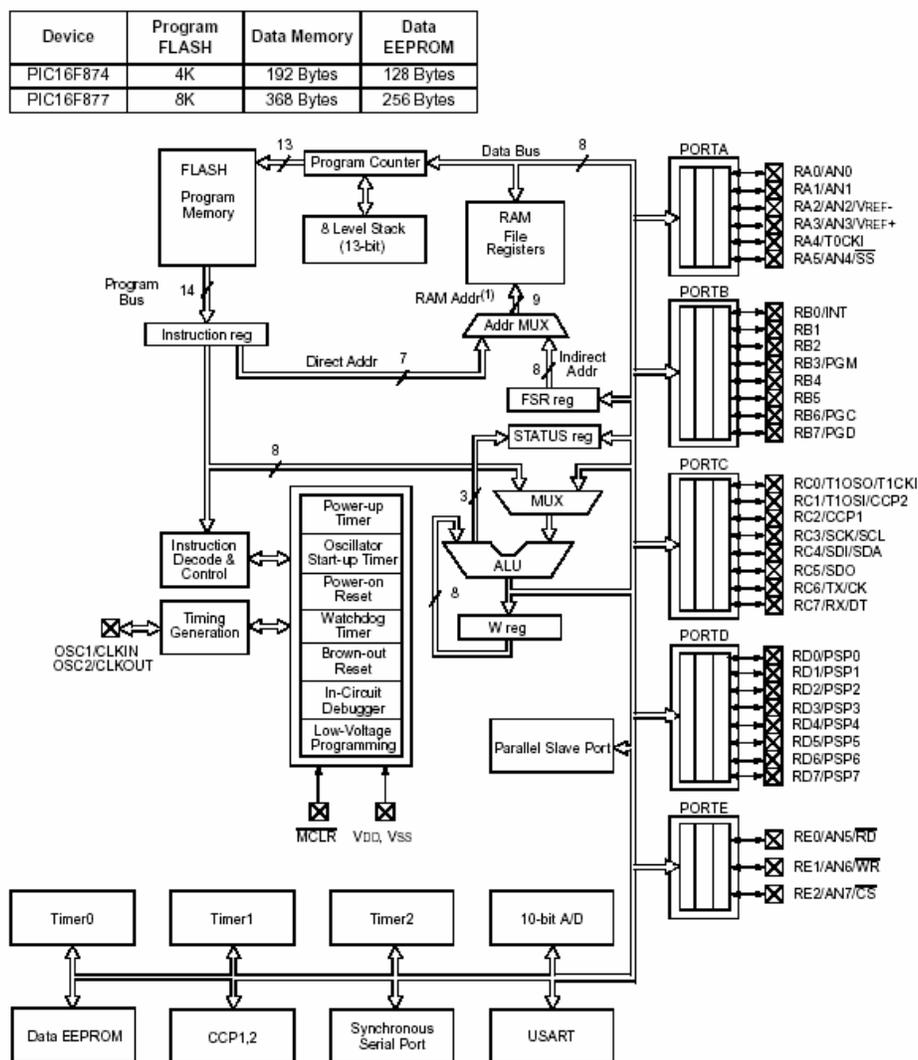


Figura 3.6 – Arquitetura PIC16F877A

FONTE: www.microchip.com(2007)

3.2.4 Motores de Passo

Para a movimentação do protótipo foi usado dois motores de passo 941214 da empresa Sanyo que atuam na escala de 1 grau por passo. O motivo da escolha deste motor, é que tem um tamanho ideal 3cm de raio no que proporciona uma robustez no protótipo e atende a necessidade de locomoção do mesmo.



Figura 3.7 – Motor de Passo

3.2.5 Interface para uso do Motor de Passo

Para o funcionamento do motor de passo, é necessário o uso de um circuito para o controle do mesmo, onde deve prover a lógica e potencia necessária para acionamento do motor de passo. Neste projeto estará sendo usado uma placa padrão para motor de passo da Unicenp.

Na tabela 3.1 segue componentes usados para montagem da placa padrão de controle de motor de passo.

Tabela 3.1 – Lista de Componentes da Placa Motor de Passo

Quantidade	Componente	Referência
1	ULN2003	U4
1	74ls74	U2
1	74ls86	U1
1	Capacitor 10nF	C1
1	Resistor 1k	R1
1	Barra pinos para 11 conexões	
1	Soquete 16 pinos	
2	Soquete 14 pinos	
1	Conector fonte – plug fêmea (jack)	J3

FONTE: <http://engcomp.unicenp.edu.br>(2007)



Figura 3.8 – Interface Motor de Passo

O esquemático da placa padrão encontra-se ao fim deste documento.

3.2.6 Display de LCD

Estes módulos utilizam um controlador próprio, permitindo sua interligação com outras placas através de seus pinos, onde deve ser alimentado o módulo e interligado o barramento de dados e controle do módulo com a placa do usuário.

O LCD será usado para display de escolha de rota e visualização de tempos e média de percurso. O display estará acoplado ao microcontrolador PIC, como especificado anteriormente, para que possa exibir as informações aos usuários.



Figura 3.9 – Display de LCD

FONTE: <http://engcomp.unicenp.edu.br>(2007)

O esquemático da montagem da placa de LCD se encontra ao fim deste documento

3.3 Especificação do Firmware

O firmware é um software embarcado, que controla diretamente o hardware. O programa

ou dados são armazenados permanentemente em um chip de memória de hardware, como uma ROM ou EPROM.

O firmware tem as seguintes características:

- Qualquer Software armazenado sob a forma de memória de leitura, ROM, EPROM, EEPROM, e que, portanto, preserva seu conteúdo mesmo quando a eletricidade é desligada, não volátil.
- Rotinas de software armazenadas na memória de leitura (ROM). Ao contrário da memória de acesso aleatório, a memória de leitura permanece intacta mesmo que não haja corrente elétrica. As rotinas de partida e as instruções de entrada/saída de baixo nível ficam armazenadas sob a forma de firmware. Em termos da facilidade de modificação, o firmware ocupa uma posição intermediária entre o software e o hardware.
- Código do proprietário que é normalmente fornecido como parte de um sistema operacional. O firmware é mais eficiente que o software carregado a partir de uma mídia alterável e mais adaptável a alterações que o circuito de hardware puro.

Este projeto é desenvolvido na linguagem C.

3.4 Estudo de Viabilidade Técnica / Econômica

Tabela 3.2 – Estudo Viabilidade Técnica / Econômica de Insumos

DESCRIÇÃO DE ITENS	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (EM R\$)	VALOR TOTAL (EM R\$)
Protótipo	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Plataforma de teste	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Motor de Passo	2	R\$ 5,00	R\$ 10,00
Protoboard	1	R\$ 45,00	R\$ 45,00
Placa Motor de Passo	2	R\$ 2,00	R\$ 4,00
Microcontrolador	2	R\$ 16,00	R\$ 32,00
Optoacoplador	3	R\$ 3,00	R\$ 9,00
Fototransistor	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
Componentes diversos	30	R\$ 0,25	R\$ 15,00
Gravador PIC	1	R\$ 50,00	R\$ 40,00
Placa padrão	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Bateria 6v	2	R\$ 10,00	R\$ 20,00
Sensor Fim de Curso	2	R\$ 5,00	R\$ 10,00

VALOR TOTAL	R\$ 215,00
-------------	------------

Tabela 3.3 – Estudo Viabilidade Técnica / Econômica de Instalações

DESCRIÇÃO DE ITENS	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (EM R\$)	VALOR TOTAL (EM R\$)
Instalações Unicenp (Luz, Mesa, etc)	400 hrs	R\$ 8,00 m2	R\$ 3.200,00
Instalações Casa (Luz, Mesa, etc)	300 hrs	R\$ 8,00 m2	R\$ 2.400,00
VALOR TOTAL			R\$ 5.600,00

Tabela 3.4 – Estudo Viabilidade Técnica / Econômica de Equipamentos

DESCRIÇÃO DE ITENS	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (EM R\$)	VALOR TOTAL (EM R\$)
Multímetro	1	R\$ 100,00	R\$ 53,00
Fonte	1	R\$ 1.000,00	R\$ 104,00
Notebook	1	R\$ 3.000,00	R\$ 450,00
VALOR TOTAL			R\$ 866,00

Tabela 3.5 – Estudo Viabilidade Técnica / Econômica de Softwares

DESCRIÇÃO DE ITENS	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (EM R\$)	VALOR TOTAL (EM R\$)
Microsof Word 2003	1	R\$ 530,00	R\$ 144,00
Software Proteus	1	R\$ 2.300,00	R\$ 115,00
VALOR TOTAL			R\$ 259,00

Obs.: O valor do software “Windows XP”, já está incluso no valor Notebook

Tabela 3.6 – Estudo Viabilidade Técnica / Econômica de Mão de Obra

DESCRIÇÃO DE HORAS	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (EM R\$)	VALOR ENCARGOS SOCIAIS	VALOR TOTAL (EM R\$)
Horas trabalhadas (normal)	500 hrs	R\$ 16,00	90%	R\$ 15.200,00
Horas trabalhadas (extra)	200 hrs	R\$ 32,00	90%	R\$ 12.160,00
Horas Orientador	72 hrs	R\$ 5,90	90%	R\$ 807,00
Horas Coordenador do Curso	72 hrs	R\$ 0,95	90%	R\$ 133,00
VALOR TOTAL				R\$ 28.300,00

Total = Viabilidade Técnica/Econômica de Insumos do Projeto +
Viabilidade Técnica/Econômica de Instalações +
Viabilidade Técnica/Econômica de Equipamentos +
Viabilidade Técnica/Econômica de Softwares +
Viabilidade de Mão de Obra

Total = R\$ 215,00 + R\$ 5.600,00 + R\$ 866,00 + R\$ 259,00 + R\$ 28.300,00

Total de Custos do Projeto = R\$ 35.240,00

3.5 Cronograma

O cronograma deste projeto se encontra no fim deste documento em anexo.

CAPÍTULO 4 – PROJETO

Este projeto envolve práticas de hardware e software (embarcado no microcontrolador PIC), conforme especificado anteriormente neste documento.

O esquemático completo deste projeto segue na sessão de anexos.

4.1 Hardware

A função de hardware neste projeto, é coletar informações dos sensores como: escolha do trajeto, acionamento para retomada de trajetória, e visualização de tempo da trajetória realizada. Também tem a função de realizar todo o controle através de um microcontrolador da família PIC e acionamento de motores de passo.

Segue abaixo, digrama de bloco simplificado do hardware:

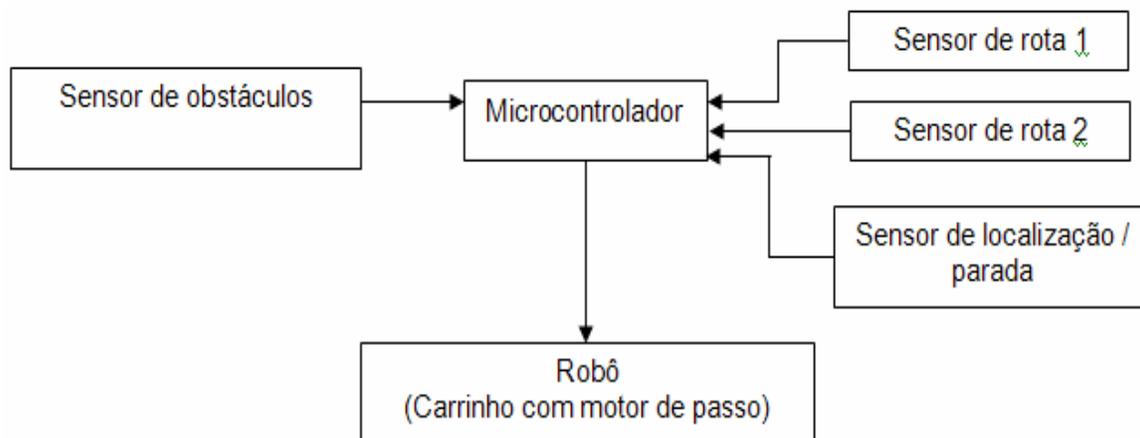


Figura 4.1: Diagrama em Bloco do Hardware Simplificado

Todos os esquemáticos do hardware do projeto se encontram na sessão de anexos.

4.1.1 Implementação dos Sensores

- Sensores de rota / bifurcação: Utilizado optoacoplador PHCT203, para informar qual trajetória o carrinho está seguindo.

Suas características técnicas seguem abaixo:

- Led EMISSOR
 - VR (tensão reversa): 6 V
 - IF (corrente direta): 60 mA

- Led DETECTOR
 - VCEO (tensão coletor-emissor): 30 V
 - VECO (tensão emissor-coletor): 6 V
 - IC (corrente de coletor): 70 mA

 - PD (potência de dissipação): 100 mW

Estes sensores identificam se o protótipo está seguindo a linha de cor preta colocada acima da plataforma de cor branca. Os sensores sofrem uma variação de tensão de 20mV até 5V de acordo com a cor que está sendo analisada. Também terá a função de identificar bifurcações durante a trajetória

Um fator importante a ser levado em consideração, o sensor deve estar adaptado no protótipo para funcionar a 2 cm do chão, pois a faixa de atuação entre o led emissor e receptor para este optoacoplador é pequena.

- Sensor de parada: Neste caso também é utilizado um optoacoplador PHCT203 que é responsável, por identificar pontos de parada (blocos na cor branca acima da linha de cor preta da trajetória). O sensor deverá identificar parada selecionada, que é indicada através de um bloco na cor branca no chão.

O sensor deve ler identificar o bloco branco no chão da trajetória e mandar o sinal para o microcontrolador, para que o mesmo possa analisar e identificar a parada selecionada. No caso de encontrar a parada desejada, o mesmo deve travar, só retomando a trajetória após acione de um botão pelo usuário.

Neste caso o sensor também é adaptado a dois centímetros do chão e suas especificações técnicas seguem no tópico descrito acima.

- Sensor de obstáculos: É utilizado um sensor de Fim de Curso modelo NS3-020D. Com o uso do sensor, é adequado para não haver diferença de sinais de resposta para que o mesmo identifique madeira, ferro, aço e a distancia de parada seja a mesma para qualquer material que esteja-se medindo.

Segue tabela com especificações técnicas do sensor no capítulo de anexos.

4.1.2 Implementação do Microcontrolador PIC16F877A

O microcontrolador tem a função de realizar todo o controle do protótipo. Ele é responsável de receber todas as informações dos sensores e tratar as mesmas através do firmware implementado dentro do microcontrolador. Após tratamento dos sinais recebidos dos sensores, o microcontrolador envia pulsos (variação de sinais de saída do PIC entre 0 e 1), para acionamento dos motores de passo, de acordo com a necessidade de momento da trajetória.

Segue tabela de pinagem do PIC16F877A, no capítulos de anexos.

4.1.3 Implementação do Controle do Motor de Passo

O protótipo possui dois motores de passo alimentados com 5V e ambos consomem juntos uma corrente de 1A. Os motores são acionados a partir pulsos gerados pelo microcontrolador.

Os motores são responsáveis pela aceleração, velocidade e direção do protótipo. Os motores de passo estão acoplados a na parte de trás do protótipo.

Para acionamento e controle dos motores de passo, é utilizado uma placa que é responsável por duas funções importantes:

- Passo: Indica que o motor deve seguir para o passo seguinte. A placa gera uma lógica de controle de acionamento dos rolamentos conforme segue sequência a seguir:

Comum: Pino vermelho do motor de Passo

A1 – Direção: Pino amarelo do motor de Passo

B1 - Direção: Pino marrom do motor de Passo

A2 – A1 negado: Pino laranja do motor de Passo

B2 – A2 negado: Pino preto do motor de Passo

- Direção: Indica para que lado o motor de rodar. O motor esquerdo é ligado no VCC e o motor direito no GND, para ambos manterem a mesma direção.

A placa também consiste em um circuito integrado XOR, um flip-flop do tipo D e um circuito integrado ULN2003N para prover a maior potência.

4.1.4 Display de LCD

No projeto o LCD de 8 segmentos tem a função de mostrar o tempo de cada volta que o

protótipo realizou e ao final de toda a trajetória deverá mostrar a média de tempo de todas as voltas.

O microcontrolador deverá calcular tempo e a média de tempos e enviar todas as informações para o LCD.

Abaixo segue uma tabela da pinagem completa do LCD

Tabela 4.3 – Pinagem Display de LCD

Pino	Função	Descrição
1	Alimentação	Terra ou GND
2	Alimentação	VCC ou +5V
3	VO	Tensão para ajuste de contraste
4	RS	Seleção: 1 – Dado, 0 – Instrução
5	R/W	Seleção: 1 – Leitura, 0 - Escrita
6	E Chip Select	1 ou (1 → 0) – Habilita, 0 – Desabilitado
7	B0 LSB	Barramento de Dados
8	B1	
9	B2	
10	B3	
11	B4	
12	B5	
13	B6	
14	B7 MSB	
15	A	Anodo para LED <i>backlight</i>
16	K	Catodo para LED <i>backlight</i>

FONTE: <http://eletrica.unicenp.edu.br> (2007)

Para os itens de hardware descritos acima, os esquemáticos e datasheets estão na parte final do documento, no capítulo 6 – Anexos.

4.2 Software

Todo o software será desenvolvido na linguagem C. O software será embarcado executado pelo microcontrolador PIC16F877A (firmware).

Abaixo segue fluxograma das funcionalidades do software embarcado no microcontrolador.

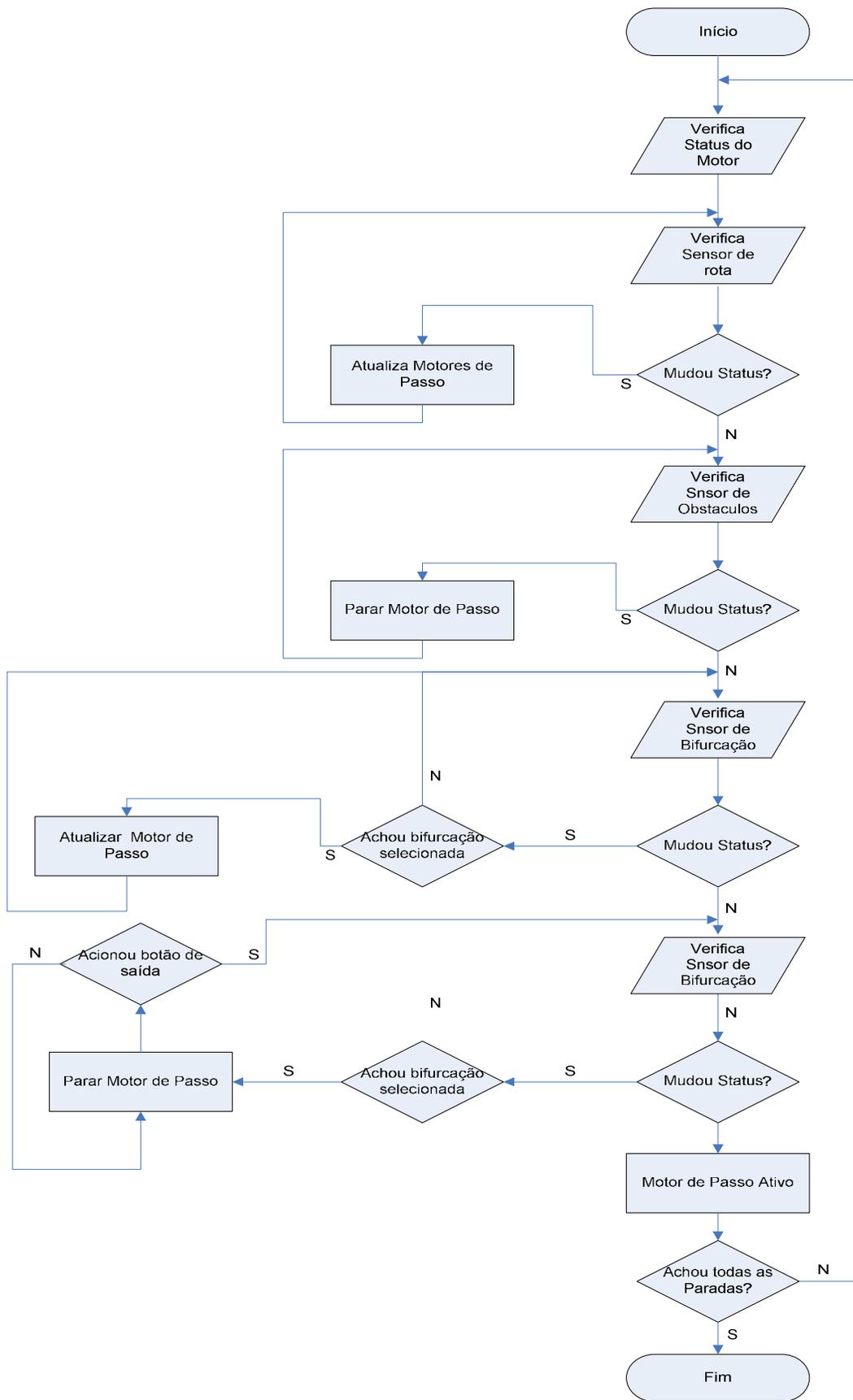


Figura 4.2 – Fluxograma do Firmware

separadamente, a fim de garantir o funcionamento de cada componente implementado, incluindo o desenvolvimento do software e o tratamento dos sinais externos recebidos através dos sensores. Após todos os testes realizados em *protoboard*, foram fabricadas 4 placas:

- Duas placas para controle de lógica dos motores de passo;
- Uma placa para lógica de botões;
- Uma placa para controle dos PIC, aquisição de sinais dos sensores e envio de sinais para as placas de motor de passo;

Segue a descrição de todas as montagens e testes realizados.

5.1 Testes do Hardware com Motores de Passo

Para início do projeto foi desenvolvido a parte de controle de motor de passo. Nesta etapa foram montada duas placas (uma para cada motor de passo). As mesmas foram testadas com os motores de passo unipolares onde não foi encontrado nenhuma dificuldade em suas montagens e testes.

A partir desta etapa foi implementado o PIC foi integrado as placas de controle de motor de passo, passando a fornecer pulsos contínuos (0 e 1) para testar o funcionamento das placas e motores de passo.



Figura 5.3 – Placas de Controle e Motores de Passo

5.2 Testes do Hardware/Software com PIC16F877A

Inicialmente foram desenvolvidos pequenos programas para estudo do PIC. Após realização do estudo sobre o microcontrolador, foi implementado o hardware para seu

funcionamento e os primeiros códigos para testes do PIC com motor de passo, onde o mesmo só mandava pulsos para movimentação dos motores de passo. Nesta etapa antes de testar o código no hardware, cada módulo do software desenvolvido era simulado no *Proteus* (software de simulação do circuito implementado), para garantir seu funcionamento. Após o código implementado no processador, foram realizados testes para regular a velocidade do protótipo para garantir o funcionamento do PIC integrado as placas de controle de motor de passo.

5.3 Testes Implementação dos Sensores de Rota/Bifurcação

Foi realizado a implementação dos sensores de rota, com a função diferenciar a cor preta da cor branca. Alcançado esta etapa, foi implementado no PIC o controle dos sinais vindos dos sensores. O PIC diferenciava as cores (preta ou branca) e enviava o sinal para as placas de motores de passo, para o protótipo seguir a linha preta .

Um das dificuldades encontradas nesta implementação foi identificar o posicionamento dos sensores no carrinho, ou seja, a distância entre os sensores para identificar a linha na cor preta e proximidade dos sensores em relação ao chão.

Após todas estas validações, passou a ser testado o protótipo andando na linha. Mesmo analisando todo o posicionamento dos sensores antes dos testes, notava-se alguns erros do carrinho tais como: pouco de lentidão e travamento em curvas de 90 graus. Com a correção dos erros os testes foram realizados obtendo ótimos resultados de desempenho do carrinho em sua trajetória.



Figura 5.4 – Protótipo Seguindo a Rota

Nesta etapa também foi implementado os controles para bifurcação. A idéia inicial era antes de cada bifurcação fossem colocadas pequenas linhas na cor branca (simulando linhas de códigos de barra), por exemplo, ao sensor deparar-se com uma linha branca o carrinho deveria

continuar a trajetória, ou quando deparava-se com duas linhas brancas deveria rotacionar 90 graus para esquerda. Isto não foi possível ser implementado devido a leitura do sensor PHCT203, onde muitas vezes não realizava corretamente a sequencia de leitura da linhas brancas ou o PIC processava com atraso, devido a leitura errada das linhas brancas que simulavam o código de barras. Outra tentativa para reconhecer bifurcação era usar leitura por cores, mas foi descartado pois deveriam ser utilizados sensores industriais com custo muito elevado para está implementação. Também foi estudado o fototransistor L14G1 – Motorola, mas também foi descartado pois a resposta do sensor entre as cores era muito pequena.

A solução encontrada foi tratar no próprio software o controle de bifurcação. Quando os dois sensores de rota deparavam com a cor preta simultaneamente, o software analisava mandava informação referente o que fazer na bifurcação encontrada. O grande problema encontrado foi a capacidade de memória flash do PIC (8 Kb de memória flash), pois como o tratamento passou a ser realizado pelo software, o tamanho do código aumentou respectivamente. Neste caso foi decidido usar apenas duas rotas ao invés de usar três, ajudando a diminuir o tratamento no código fonte. Com essa solução foi possível realizar as bifurcações e realizar todos os testes necessários para o funcionamento ideal do protótipo.

Segue abaixo foto ilustrando o protótipo realizando bifurcação do projeto.



Figura 5.5 – Protótipo ao encontrar bifurcação na trajetória

5.4 Testes Implementação do Sensor de Parada

A implementação das paradas do projeto, foram realizadas sem maiores dificuldades.

Como o sensor utilizado para identificar as paradas era o mesmo modelo dos sensores usados para identificar a rota a ser seguida, facilitou a implementação do mesmo. A diferença

neste caso quando o sensor encontrava blocos brancos durante o percurso, o mesmo enviava informações ao PIC, indentificando a parada solicitada.

O mesmo foi testado com o protótipo montando e a rota traçada, onde obtive resultado rápidos e satisfatórios para esta implementação.

5.5 Testes Implementação do Sensor de Obstáculos

Para implementação foi usado um sensor de fim de curso, com a implentação rápida e sem maiores dificuldades na sua implementação.

Os testes foram realizados inicialmente em *protoboard*, logo em seguida testados no protótipo para validação durante o percurso. Nesta etapa não foi encontrado nenhum problema e dificuldade para validação do sensor.

5.6 Testes Integrados do Protótipo e Montagem das Placas

Inicialmente o projeto era validado em etapas. Conforme eram testadas encontravam-se pequenos problemas. Uma vez solucionados os mesmos eram realizados novos testes para validar o protótipo funcionando na trajetória, termnando por testar todas suas funcionalidades especificadas anteriormente neste documento.

Para realizar todas as validações primeiramente o projeto foi implementado em *protoboard*, o que facilitava alterações, testes e validações.

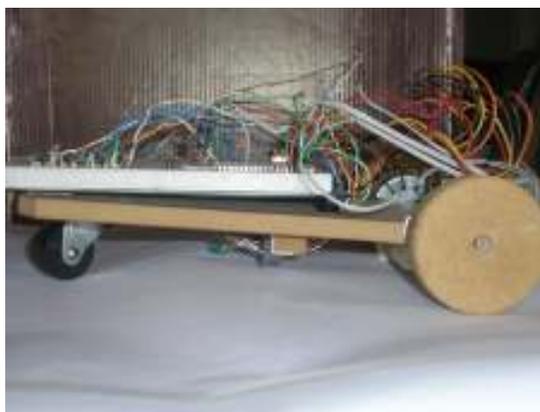


Figura 5.6 – Implementação de Teste em protoboard

Após testes realizados em *protoboard*, foi realizada a confecção das placas do protótipo.

Foi implementado uma placa para os botões do protótipo (Parada1, Parada2, Início, Retorna a Trajetória e Tempo Total), onde não foi identificado nenhum problema nos testes realizados.



Figura 5.7 – Placa de Botões

A outra placa implementada foi dos controles do PIC e sensores. Na montagem da placa foi encontrado alguns problemas com trilhas que não foram bem traçadas ocasionando problemas na leituras dos sensores. Após corrigir as falhas da placa, foi testada no projeto para validação geral do protótipo, não encontrando nenhum problema para finalização do mesmo.



Figura 5.8 – Placa de Controle do Protótipo

Nesta placa consta dois PIC, onde um é usado para controle de geral do carrinho e outro seria usado para implementação do leitor LCD. Neste caso não foi implementado o LCD devido a dificuldades de usar a biblioteca “lcd.c” do PIC quando é utilizado interrupções no processamento do mesmo.

5.7 Testes e Validações Finais

Concluído todo o processo, foi montado o protótipo com todos os módulos conectados para testes finais. O carrinho teve um bom funcionamento, só encontrando dificuldades com o peso que sobrecarregou um pouco o funcionamento dos motores de passo, e a bateria que foi utilizada uma menos potente para diminuir o peso sobre o protótipo.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

Este projeto conseguiu atender seu objetivo principal, a criação de um protótipo de veículo autoguiado, capaz de identificar rotas definidas pelo usuário, inteligente para localizar trajetórias e encontrar suas paradas pré determinadas. Também foi útil para explorar conceitos de robótica com implementação de baixo custo, pois o custo de veículos autoguiados para chão de fábrica é muito elevado, tratando dos componentes e peças utilizados nos mesmos.

O protótipo desenvolvido, realizou todo o traçado definido com curvas com ângulo de 90 graus, e sempre mantendo-se na trajetória. Outro ponto importante foi o reconhecimento de bifurcações, e sempre que encontrava as mesmas, realizava o processamento e tomava uma decisão indicando qual trajeto o protótipo deveria seguir. Também a implementação dos controles de parada e obstáculos, foram desenvolvidos sem problemas.

Todas as implementações citadas acima tiveram um bom desempenho no seu funcionamento, embora a bateria utilizada, deveria ser mais potente para atender as necessidades de consumo do protótipo. Também não foi possível implementar o display de LCD, pois a biblioteca utilizada no PIC impossibilitava o uso de interrupções junto com o display.

O projeto apresentado aqui, mesmo tendo atingido seu principal objetivo, e ser um protótipo funcional, continuará sendo implementado com melhorias e novas funcionalidades para atender novos estudos e novas formas de implementações de veículos autônômicos.

CAPÍTULO 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para apresentação de documentos científicos**. Editora UFPR, volume 6, 2003.
- [2] COUGHLIN, ROBERT F. *Operational Amplifiers & Linear integrated Circuits*, Editora Prentice-Hall do Brasil, Rio de Janeiro, 1991.
- [3] PEREIRA, FABIO. *Microcontroladores Pic – Programação em C*, Editora Érica, São Paulo, 2003.
- [4] SOUZA, David José. *Desbravando o PIC – Editora Érica, São Paulo, 2003.*
- [5] Halliday, D. *Fundamentos da Física 4, Ótica e Física Moderna*, Rio de Janeiro, 2001.
- [6] SANDI, Franz A. *Sistema de Navegação e guiagem de robôs móveis autônomos*, SBA Controle e Automação, 1998.
- [7] PROF. EDSON ROBERTO DE PIERI. *Curso de Robótica Móvel*, Santa Catarina, Florianópolis 2002.
- [8] Daniel Cortelleti - *Introdução à programação de microcontroladores Microchip PIC*, Senai, Rio Grande do Sul, 2006.
- [9] *Microcontroladores Microchip PIC*.
www.microchip.com Data: 21/03/2007
- [10] *Datasheets*
www.datasheetsarchive.com – Data: 21/03/2007
- [11] *Demais sites de pesquisa*
<http://www.mrshp.hpg.ig.com.br/rob/passotipo.htm> – Data: 02/04/2007
engcomp.unicenp.edu.br – Data: 02/04/2007
eletrica.unicenp.edu.br – Data: 02/04/2007
<http://www.dca.ufrn.br> – Data: 02/04/2007
www.electronred.iespana.es – Data: 02/04/2007

CAPÍTULO 8 - ANEXOS