

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA

LUIS GUILHERME MACHADO CAMARGO  
MARCELO TEIDER LOPES  
MATHEUS SILVA ARAÚJO

**ROBÔ EXPLORADOR DE AMBIENTES**

MONOGRAFIA

CURITIBA

2011

**LUIS GUILHERME MACHADO CAMARGO  
MARCELO TEIDER LOPES  
MATHEUS SILVA ARAÚJO**

## **ROBÔ EXPLORADOR DE AMBIENTES**

Monografia apresentada ao Departamento Acadêmico de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para aprovação na Disciplina de Oficina de Integração 2.

Orientadora: Profa. Dra. Myriam Regattieri De Biase da Silva Delgado

**CURITIBA**

**2011**

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho não teria sido possível sem o projeto anteriormente apresentado por Bruno Meneguele, Fernando Padilha e Vinicius Arcanjo. Por emprestar o robô e pelos diversos esclarecimentos (muitas vezes sobre assuntos que não os envolviam) nosso muito obrigado.

À Professora Myriam nosso agradecimento por aceitar o desafio de nos orientar.

Aos Professores Hugo Vieira e Mário Sérgio pela oportunidade sem par de aprendizado.

## **RESUMO**

CAMARGO, Luis Guilherme M. ; LOPES, Marcelo Teider; ARAÚJO, Matheus Silva. ROBÔ EXPLORADOR DE AMBIENTES. 21 f. Monografia – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

Texto do resumo (máximo de 500 palavras).

**Palavras-chave:** Palavra-chave 1, Palavra-chave 2, ...

## **ABSTRACT**

CAMARGO, Luis Guilherme M. ; LOPES, Marcelo Teider; ARAÚJO, Matheus Silva. AM-BIANCE EXPLORER ROBOT. 21 f. Monografia – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

Abstract text (maximum of 500 words).

**Keywords:** Keyword 1, Keyword 2, ...

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1	– Diagrama do Robô .....	9
----------	--------------------------	---

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1	– Sistema de Indicação .....	10
----------	------------------------------	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
1.1	MOTIVAÇÃO	8
1.2	OBJETIVO	8
1.2.1	Objetivo Geral	8
1.2.2	Objetivos Específicos	8
1.3	VISÃO GERAL DO PROJETO	8
<b>2</b>	<b>SISTEMA MECÂNICO</b>	<b>9</b>
2.1	PROJETO MECÂNICO	9
2.1.1	Sistema de Alimentação	10
2.1.1.1	Bateria de 9V	10
2.1.1.2	Bateria de 4,2V	10
2.1.1.3	Bateria de 6V	10
2.1.2	Sistema de Indicação	10
2.1.2.1	LEDs	10
2.1.2.2	Speaker	10
2.1.3	Sistema de Tração	11
2.1.3.1	Motores	11
2.1.3.2	Caixas de redução	11
2.1.3.3	Rodas	11
2.1.4	Sistema de Controle	11
2.1.4.1	Ponte H	11
2.1.4.2	Arduíno Duemilanove	11
2.1.4.3	Microcontrolador ATMEGA328P	12
2.2	PLATAFORMA ARDUÍNO	12
2.3	SOFTWARE DE CONTROLE	12
<b>3</b>	<b>SENSORES</b>	<b>13</b>
3.1	BÚSSOLA	13
3.2	CÂMERA	13
<b>4</b>	<b>VISÃO</b>	<b>14</b>
4.1	RECONHECIMENTO DE IMAGENS	14
<b>5</b>	<b>NAVEGAÇÃO</b>	<b>15</b>
5.1	PLACE AGENTS	15
5.2	CONSTRUÇÃO DE MAPA	15
5.3	ROTEAMENTO	15
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>16</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>17</b>
	<b>Apêndice A – CADERNO DE BORDO</b>	<b>18</b>



## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 MOTIVAÇÃO**

### **1.2 OBJETIVO**

#### **1.2.1 OBJETIVO GERAL**

#### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **1.3 VISÃO GERAL DO PROJETO**

## 2 SISTEMA MECÂNICO

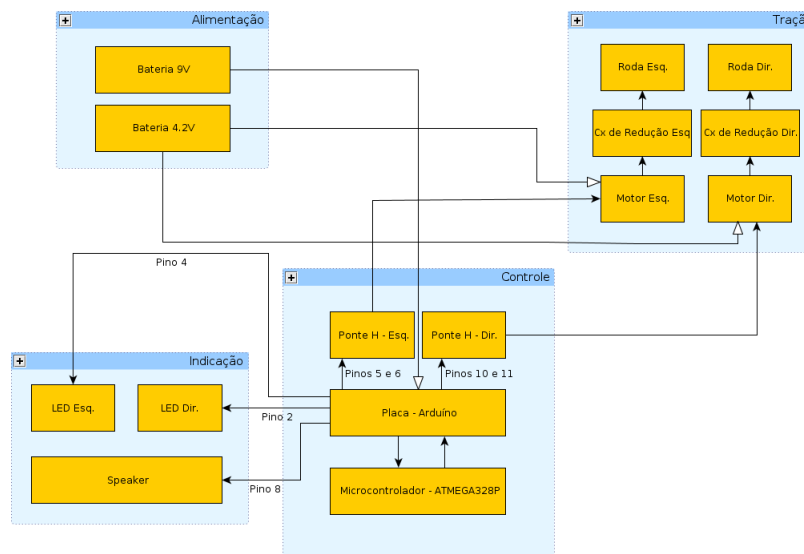
O robô utilizado no projeto é o mesmo robô construído durante o projeto **Robô Explorador de Labirintos 2D** (MENEGUELE et al., 2011) desta mesma disciplina.

No projeto original o robô era utilizado para explorar e solucionar labirintos em duas dimensões feitos através de trilhas pretas em um chão branco, utilizado emissores e sensores de luz infravermelha para identificar a pista.

Todo o projeto mecânico foi reutilizado neste trabalho, incluindo rodas, caixa de redução e chassi. Foram reutilizados também o sistema de alimentação e a uma placa *Arduíno Duemilanove*; o conjunto de sensores do robô original foi substituído por uma câmera *CMUCam3*.

### 2.1 PROJETO MECÂNICO

O diagrama do projeto físico do robô é apresentado na Figura 1.



**Figura 1: Diagrama do Robô**

### 2.1.1 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

Conjunto de baterias utilizadas como alimentação do robô.

#### 2.1.1.1 BATERIA DE 9V

Utilizada para alimentação do *Arduíno Duemilanove*, uma bateria PP3.

#### 2.1.1.2 BATERIA DE 4,2V

Usada na alimentação dos motores, bateria de câmera fotográfica digital.

#### 2.1.1.3 BATERIA DE 6V

Usada na alimentação da CMUCam3, quatro pilhas AA em série.

### 2.1.2 SISTEMA DE INDICAÇÃO

LEDs e *Speaker* usados para indicar as ações do robô.

#### 2.1.2.1 LEDS

Usados para indicação dos estados do robô, detalhados na Tabela 1

<b>Estado</b>	<b>LED Esquerdo</b>	<b>LED Direito</b>
Parado	Apagado	Apagado
Andando para frente	Aceso	Apagado
Virando para esquerda	Aceso	Apagado
Virando para direita	Apagado	Aceso

**Tabela 1: Sistema de Indicação**

#### 2.1.2.2 SPEAKER

Utilizado como indicador sonoro de estados específicos do sistema, como reconhecimento do objeto e início e fim da busca do mesmo.

### 2.1.3 SISTEMA DE TRAÇÃO

Para tração do robô foi construído um sistema baseado em um motor elétrico e duas rodas centrais.

#### 2.1.3.1 MOTORES

Motor elétrico de corrente contínua *Tamiya* de 3V com rotação de 12300 rpm, ou 205 voltas por segundo (MENEGUELE et al., 2011)

#### 2.1.3.2 CAIXAS DE REDUÇÃO

Acopladas ao motor e às rodas reduzem a rotação do motor para que seja possível acionar as rodas. Na configuração usada, a redução é de 344:1 (MENEGUELE et al., 2011).

#### 2.1.3.3 RODAS

O robô utiliza duas rodas *off-road* em seu centro e uma esfera com giro livre atrás para manter o equilíbrio.

Com a rotação de 205 voltas/segundo e a redução de 344:1, a roda completa 0,6 voltas por segundo.

### 2.1.4 SISTEMA DE CONTROLE

Sistema para controle da movimentação do robô.

#### 2.1.4.1 PONTE H

A Ponte H é um circuito que permite a um microcontrolador acionar um motor de corrente contínua. Por questões eletrônicas (MENEGUELE et al., 2011), o circuito utilizado no projeto foi construído a partir de componentes discretos.

#### 2.1.4.2 ARDUÍNO DUEMILANOVE

Placa *Arduíno* utilizada no projeto anterior e reutilizada no projeto atual. Faz o interfaceamento dos diversos sistemas do projeto, *i.e.*, recebe as decisões tomadas pelo Sistema

de Navegação, embarcado na câmera, e aciona os motores para que o robô as execute. Seu funcionamento é detalhado na seção 2.2.

#### 2.1.4.3 MICROCONTROLADOR ATMEGA328P

Microcontrolador presente da *Arduíno Duemilanove*, os códigos construídos para controle do robô (Seção 2.3) serão executados por ele.

## 2.2 PLATAFORMA ARDUÍNO

## 2.3 SOFTWARE DE CONTROLE

### **3   SENSORES**

#### **3.1   BÚSSOLA**

#### **3.2   CÂMERA**

## **4 VISÃO**

### **4.1 RECONHECIMENTO DE IMAGENS**

## **5 NAVEGAÇÃO**

### **5.1 PLACE AGENTS**

### **5.2 CONSTRUÇÃO DE MAPA**

### **5.3 ROTEAMENTO**



## **6 CONCLUSÃO**

## REFERÊNCIAS

MENEGUELE, B.; PADILHA, F.; ARCANJO, V. Robô explorador de labirintos 2d. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, 2011.

## **APÊNDICE A – CADERNO DE BORDO**

### **10 de Agosto**

Primeira aula da disciplina.

### **17 de Agosto**

Marcelo Teider e Matheus Araujo decidem formar a equipe, têm em mente o projeto de um robô explorador. A equipe ainda não tem os três integrantes, como sugerido para a Disciplina. Então iniciam-se negociações com outras equipes para a definição dos integrantes.

### **12 de Agosto**

Após algumas conversas, as equipes da disciplina são definidas. Luis Camargo é integrado à equipe.

### **13 de Agosto**

Após a definição da equipe, a professora Myriam Delgado é convidada para nos orientar, aceitando a proposta.

### **13 de Agosto**

O projeto é então definido como a construção de um robô explorador. A intenção é “mostrar” ao robô um objeto para reconhecimento, então esse mesmo objeto é escondido de seu campo de visão e o robô deve então explorar o ambiente procurando-o. Ele deve também evitar obstáculos durante o percurso.

### **24 de Agosto**

Apresentação da pré-proposta. A equipe apresentou aos professores da disciplina a pré-proposta de projeto, sendo aceita pelos professores. Como sugerido pelo professor Hugo durante a apresentação, decidimos comprar uma *SmartCam*. A primeira ideia seria utilizar a *CMUcam*, mas optamos por pesquisar outros modelos.

### **29/30 de Agosto**

Iniciamos as pesquisas das câmeras. Pesquisamos os modelos *AVRcam*, que não está sendo produzido no momento; e alguns modelos comerciais, que foram descartados devido ao elevado custo, acima de US\$ 2000,00. Dentre os modelos *CMUcam*, ficamos em dúvida entre dois modelos, *CMUcam1* e *CMUcam2*.

Fizemos um levantamento do material que será necessário para a construção do robô, como motor, chassi, bateria e microprocessador.

### **31 de Agosto**

Em conversa com o professor Hugo, optamos pela *CMUcam1*; uma vez que ela atende os requisitos do projeto e tem menor custo. Os procedimentos para adquiri-la foram tomados.

Conseguimos com a equipe que desenvolveu o Robô Explorador de Labirintos 2D nessa mesma disciplina, em 2011-01, o robô emprestado. Segundo a Equipe, uma das Pontes H do robô apresenta problemas, precisaremos solucioná-lo.

Precisamos agora decidir e conseguir o microcontrolador para o Robô. Os da plataforma *Arduíno* apresentam possibilidade de comunicação com a câmera via software e pela familiaridade dos membros da equipe podem se tornar uma boa escolha.

### **5 de Setembro**

Pegamos o robô com a equipe do semestre passado. Sem problemas com a ponte H, o robô não apresenta nenhum problema mecânico ou elétrico-eletrônico. Estamos utilizando o mesmo microcontrolador da equipe, um *ATMEGA 328P* em uma placa *Arduíno Duemilanove*.

### **7 de Setembro**

Desenvolvemos uma API para controle do hardware do Robô. Fizemos uma classe *Robot* em C++ com funções pré-definidas como *startrobot*, *forward*, *turnleft*. No código a ser desenvolvido não necessitaremos controlar o robô diretamente, apenas através dessa classe.

### **12 de Setembro**

Por indicação de nossa orientadora, conhecemos o trabalho *A Distributed Cognitive Map for Spatial Navigation Based on Graphically Organized Place Agents*, de Jörg Conradt e Rodney Douglas, e por orientação do professor Luiz Merkle com um algoritmo de busca recursiva em um espaço bidimensional pelas quatro direções cardeais através de pilha, no livro *Data Structures - An advanced approach using C*.

### **21 de Setembro**

Definida a data da banca final, 7 de Dezembro.

Por orientação do professor Hugo, entramos em contato com diversos artigos de Prestes, Lowe, Bay e Artolazabal.

### **23 a 28 de Setembro**

Escrita do relatório de Qualificação, entregue aos professores no dia 28. Percebemos a necessidade de usar uma bússola como sensor para definir a direção em que se encontra o robô.

### **28 de Setembro**

Entrega da Qualificação aos professores da Disciplina. Conseguimos emprestado com o professor Hugo duas bússolas *Dinsmore*, uma digital e outra analógica. Durante a próxima semana faremos os testes para definir qual iremos usar. A bússola será integrada ao sistema através da placa do *Arduíno*.

### **30 de Setembro**

Foram encontrados problemas com o interfaceamento entre a bússola e o arduíno devido a diferentes níveis de tensão e corrente, será necessário construir um conversor DC-DC para fazer a integração.

### **6 de Outubro**

Após orientação do professor Hugo e pesquisa de outros projetos, fizemos o primeiro experimento com a bússola e obtivemos 5 [V] na saída, o que possibilita interfaceamento direto com o arduíno.

### **12 de Outubro**

Construímos um *shield* para a bússola, possibilitando conectá-la ao Arduíno.

### **14 de Outubro**

A câmera foi finalmente enviada de Hong Kong. A previsão de entrega é de um mês, precisamos elaborar um plano B caso a câmera não chegue a tempo da finalização do projeto.

### **15 de Outubro**

Conectamos o *shield* da bússola ao Arduíno; tivemos alguns problemas de mau contato com os cabos, mas o robô é capaz de interpretar as informações fornecidas pela bússola e segue os comandos que lhe foram dados.

### **18 de Outubro**

Tivemos uma reunião com nossa orientadora, Prof. Myriam, onde apresentamos o estado atual do projeto e elaboramos um segundo plano, caso a câmera não chegue. Iremos

utilizar os sensores do projeto passado, cinco pares de leds emissor/receptor, e construir uma pasta com marcas de diferentes cores perceptíveis pelo robô, onde ele deverá construir um mapa cognitivo.

### **19 de Outubro**

A câmera chegou! Iremos começar os testes com ela em breve. Precisaremos de um cabo serial ou um adaptador para comunicação com a placa e também de baterias para alimentação da mesa, 6V.

### **26 de Outubro**

Compramos um adaptador para o cabo de comunicação e um suporte para quatro pilhas AA que servirá como alimentação.

Conseguimos compilar e gravar os códigos de exemplo na câmera.

### **2 de Novembro**

Estamos estudando a comunicação da *CMUCam* com o *Arduíno*.

### **9 de Novembro**

Concentramos nossas atenções na finalização da primeira versão da monografia.