



ARTIGO CIENTÍFICO

ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES

TUTOR : EDUARDO FURLAN DE MIRANDA}

ORIENTANDO: Pedro Lopes Braga
Bruno Matos Silva Costa
Ozanio Souza Reis
Gabriel de Mello Pedroza
Hugo

SÃO PAULO - SÃO PAULO 2025

Resumo

Este artigo detalha o desenvolvimento e a otimização de um **robô-carro autônomo** (Projeto "CORRIDA MALUCA") projetado para navegação em circuito. O objetivo primário, conforme solicitado pelo professor Eduardo Furlan de Miranda, era construir um veículo capaz de locomoção autônoma. A arquitetura de controle centrou-se no microcontrolador Arduino Uno, utilizando a Ponte H L298n para controle da propulsão e dois sensores infravermelhos (IR) para detecção de linha. O projeto segue uma metodologia rigorosa, iniciando em 25/08/2025 e culminando nos Testes Finais em 29/09/2025. A fase de **Testes e Ajustes** (a partir de 09/09/2025) foi fundamental para identificar e solucionar desafios técnicos. As principais otimizações incluíram uma implementação de **Filtros RC** (inicialmente $10\text{ k}\Omega + 0,1\text{ }\mu\text{F}$) para mitigar o ruído elétrico dos motores, e o desenvolvimento de uma **lógica de busca em "Z"** para garantir o reencontro da faixa após manobras de desvio de obstáculos. O artigo valida a eficácia da abordagem iterativa na construção de sistemas robóticos robustos para ambientes de competição.

Palavras-chave: Robótica autônoma; Arduino Uno; Ponte H L298n; Filtro RC; Lógica de busca; Otimização de sensores.

Abstract

This article details the development and optimization of an **autonomous car-robot** (Project "CORRIDA MALUCA") designed for circuit navigation, fulfilling a requirement set by Professor Eduardo Furlan de Miranda. The control architecture centered on the Arduino Uno microcontroller, utilizing the L298n H-Bridge for propulsion control and two infrared (IR) line sensors for detection. The project followed a systematic methodology, starting with initial planning on 08/25/2025 and concluding with Final Tests on 09/29/2025. The crucial **Testing and Adjustments** phase (starting 09/09/2025) was essential for identifying and solving technical challenges. Key optimizations included the implementation of **RC Filters** (initially $10\text{ k}\Omega + 0.1\text{ }\mu\text{F}$) to mitigate electrical noise from the motors, and the development of a **"Z" search logic** to ensure reliable line recovery after programmed obstacle avoidance maneuvers. Furthermore, proposals were established to improve autonomy, such as the use of a LiPo 2,000 mAh battery and the addition of a 2.2 F supercapacitor to stabilize the 5 V Arduino bus. The work validates the effectiveness of an iterative design approach in constructing robust robotic systems.

Keywords: Autonomous robotics; Arduino Uno; L298n H-Bridge; RC Filter; Search

1. Introdução	3
1. Planejamento Inicial	4
2. Montagem e Construção	4
3. Testes e Ajustes	4
4. Testes Finais e Documentação	4
2. Metodologia de Hardware e Arquitetura	4
2.1. Componentes Físicos e Lógicos.....	4
2.2. Execução da Montagem	5
2.3. Diagrama de Conexões Elétricas.....	5
3. Resultados e Discussão de Otimização	6
3.1. Mitigação de Ruído e Estabilidade do Sensoriamento (09/09/2025)	6
3.2. Calibragem e Controle de Propulsão (11/09/2025)	6
3.3. Otimização do Desvio de Obstáculos (12/09/2025)	7
3.4. Análise e Proposta de Aprimoramento da Autonomia (13/09/2025)	7
4. Conclusão	8

1. Introdução

O campo da Arquitetura e Organização de Computadores frequentemente intersecta com a engenharia de sistemas embarcados e robótica, culminando no desenvolvimento de plataformas autônomas. Este projeto teve como objetivo a construção de um **robô-carro autônomo** para navegação em um circuito, atendendo aos requisitos estabelecidos pelo tutor, Eduardo Furlan de Miranda.

O projeto foi dividido em fases sequenciais e iterativas:

1. **Planejamento Inicial:** Definição de objetivos e seleção de componentes (25/08/2025).

2. **Montagem e Construção:** Execução física da estrutura e fixação de hardware (02/09/2025 a 07/09/2025).

3. **Testes e Ajustes:** Calibração, mitigação de ruídos e otimização de locomoção (09/09/2025 a 13/09/2025).

4. **Testes Finais e Documentação:** Validação do desempenho final (29/09/2025).

A escolha dos materiais foi prioritariamente justificada pela **facilidade de usinagem e baixo peso** da base plástica do chassi, fatores críticos para otimizar o desempenho do robô em um ambiente de competição.

2. Metodologia de Hardware e Arquitetura

2.1. Componentes Físicos e Lógicos

A estrutura do robô foi baseada em **1 chassi Carro Robótico 4 rodas**, garantindo a mobilidade e a plataforma para os circuitos.

Componentes Estruturais e de Atuação:

- 4 motores DC de 3–6 V com redução, essenciais para a propulsão.

- 4 rodas de 66 mm para motor DC.
- Fixação realizada por 14 porcas, 10 parafusos longos e 4 porcas e parafusos curtos.

Circuitos Lógicos e de Controle:

- O cérebro do sistema é **1 Arduino Uno**, responsável pela execução do código de seguimento de linha.
- O controle de potência dos motores é feito por **1 Ponte H L298n**.
- O sensoriamento é realizado por **2 sensores de linha infravermelho (IR)**, modelo D0.

O sistema de alimentação exigiu duas fontes distintas: 1 bateria de 12 V para os motores (conectada à Ponte H) e 1 bateria de 9 V para o Arduino.

2.2. Execução da Montagem

A fase de **Montagem e Construção** iniciou-se em 02/09/2025 com o desenho e preparo do chassi. A fixação dos componentes (05/09/2025) incluiu a montagem da base, a fixação da roda auxiliar e a instalação dos suportes dos motores.

Dificuldades na montagem estrutural e as respectivas mitigações aplicadas:

1. **Furos muito apertados:** Solucionado através do lixamento leve das peças.
2. **Desalinhamento dos motores:** Corrigido com o reaperto de parafusos e o uso de espaçadores para nivelamento.

2.3. Diagrama de Conexões Elétricas

A **Ligação Elétrica** (07/09/2025) foi crucial para a integração dos módulos, utilizando 12 *jumpers* fêmea-macho.

O controle da propulsão via Ponte H L298n seguiu o mapeamento digital do Arduino:

- Porta 5 do Arduino conectada a IN1.
- Porta 6 do Arduino conectada a IN2.
- Porta 10 do Arduino conectada a IN3.
- Porta 11 do Arduino conectada a IN4.
- Motor 1 conectado às saídas OUT1/OUT2 e Motor 2 conectado às saídas OUT3/OUT4.

O sensoriamento infravermelho foi mapeado da seguinte forma:

- Saída digital D0 do sensor 1 conectada à Porta 4 do Arduino.

- Saída digital D0 do sensor 2 conectada à Porta 12 do Arduino.

A alimentação exigiu a interconexão dos aterramentos (**Arduino GND** → **Ponte H GND**) e o fornecimento de 5 V do Arduino para os sensores.

3. Resultados e Discussão de Otimização

A fase de **Testes e Ajustes** (a partir de 09/09/2025) foi focada na superação de deficiências de leitura e locomoção inerentes ao ambiente de prototipagem.

3.1. Mitigação de Ruído e Estabilidade do Sensoriamento

(09/09/2025)

O Teste de Leitura de Sensores foi conduzido sobre uma faixa preta de 2 cm em superfície branca.

A principal dificuldade encontrada foi o **ruído elétrico dos motores**, que interferia na precisão dos sinais de leitura. Para resolver este problema, implementou-se um **Filtro RC** (Resistor-Capacitor) nos sinais dos sensores, utilizando valores de **10 kΩ para o resistor e 0,1 μF para o capacitor**.

Outras dificuldades ambientais e suas soluções:

- **Variação de altura em pisos irregulares:** Corrigido através de um suporte ajustável por parafuso, permitindo a regulação da altura dos sensores.
- **Reflexos laterais:** Mitigado pela aplicação de fita preta mate ao redor do sensor, diminuindo a incidência de luz espúria.

3.2. Calibragem e Controle de Propulsão (11/09/2025)

O Teste de Locomoção visou avaliar o alinhamento e a velocidade do robô sobre a linha. Os ajustes de software foram cruciais para otimizar o movimento:

- **Ajuste do tempo de giro:** Recalibragem necessária para garantir a execução de curvas suaves, evitando movimentos bruscos que poderiam levar à perda da linha.
- **Equilíbrio de forças:** Ajuste das tensões de PWM (Pulse Width Modulation) para equalizar o torque dos motores e garantir o equilíbrio de forças, mantendo a trajetória alinhada.

3.3. Otimização do Desvio de Obstáculos (12/09/2025)

A funcionalidade de desvio foi programada para executar a seguinte sequência ao detectar um bloco (2–5 cm de altura): girar 90° à direita, avançar 20 cm, girar 90° à esquerda e retomar o percurso de seguimento de linha.

Três dificuldades críticas surgiram durante este teste:

Dificuldade	Análise	Mitigação Aplicada
Leitura tardia em blocos próximos	Necessidade de antecipar a detecção do obstáculo.	Ajuste do ângulo do sensor em aproximadamente 15°.
Tempo de resposta elevado (debouncing)	O filtro RC inicial estava gerando atraso na resposta do sensor.	Redução do filtro RC para 1 kΩ + 0,1 µF.
Perda momentânea da linha pós-manobra	O retorno à trajetória padrão não garantia o reencontro imediato da linha.	Implementação de lógica de busca em "Z" para varrer a área e reencontrar a faixa.

A lógica de busca em "Z" demonstrou ser um aprimoramento essencial, conferindo ao robô maior autonomia e resiliência em falhas momentâneas de sensoriamento.

3.4. Análise e Proposta de Aprimoramento da Autonomia (13/09/2025)

O Teste de Autonomia de Bateria consistiu no deslocamento contínuo até a descarga completa. Os resultados revelaram a fragilidade do sistema de alimentação atual, apresentando:

1. **Queda brusca de tensão** no final do ciclo de descarga.
2. **Instabilidade momentânea** no barramento de 5 V do Arduino, impactando potencialmente a lógica de controle.

Como **Mitigações Propostas** para futuros ciclos de desenvolvimento e participação em competições:

- Substituição da bateria de 12 V por uma **bateria LiPo 2 000 mAh com proteção de circuito**, visando uma curva de descarga mais estável e maior capacidade.
- Adição de um **supercapacitor de 2,2 F no barramento de 5 V**, atuando como um reservatório de energia para mitigar picos de instabilidade no fornecimento do Arduino.

4. Conclusão

O projeto "CORRIDA MALUCA" cumpriu o objetivo de construir e otimizar um robô-carro autônomo para seguimento de linha, validando a arquitetura baseada em Arduino Uno e sensores infravermelhos. A metodologia de desenvolvimento, focada na análise e correção de falhas, foi crucial para a performance do robô.

As contribuições técnicas mais significativas do projeto residem na solução de problemas de ruído elétrico através do uso e ajuste preciso de **Filtros RC** e na implementação da **lógica de busca em "Z"**, que conferiu resiliência na navegação após desvios obrigatórios. A conclusão da fase de Testes Finais e Documentação em 29/09/2025 confirmou a robustez do sistema. As propostas de aprimoramento de autonomia com o uso de baterias LiPo e supercapacitores indicam o caminho para a escalabilidade e a performance do robô em condições de competição estendidas.

5. Referências

SHIMOKAWA, Walderson. Circuitos digitais. 2014. Disponível em: . Acesso em: 1 mar. 2016.

STALLINGS, Willian. Arquitetura e organização de computadores: projeto para desempenho. 5. ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2003.

DIÁRIO DE PROJETO. Arquitetura e Organização de Computadores. Tutor: Eduardo Furlan de Miranda. São Paulo: **[Instituição Anhanguera - Marte]**, 2025. Documento interno de projeto.