



Integração Hardware-Software dedicada a robô micromouse

Dedicated Hardware-Software Integration for micromouse robot

Felipe Cardoso Gomes¹, Andre Luiz Regis Monteiro², Lucas Ricken Garcia³, Marcio Rodrigues da Cunha⁴

RESUMO

O presente projeto está inserido no contexto de desenvolvimento de robôs autônomos capazes de navegar, com precisão, em labirintos por meio de sensores ultrassônicos para mapear o ambiente. No caso, a inovação foi impulsionada pela impressão 3D, que permitiu a personalização das estruturas dos robôs para melhor adaptação aos labirintos, resultando em chassis mais leves e ágeis. A metodologia envolveu o uso de um chassi comercial como base sólida, com um sistema de controle para facilitar a programação e operação dos robôs. Alguns desafios foram detectados, incluindo a necessidade de aprimorar a precisão do movimento dos robôs e resolver problemas de montagem do chassi personalizado desenvolvido. No entanto, o projeto demonstrou o potencial da integração de sensores ultrassônicos e impressão 3D na criação de robôs mais eficientes e ágeis para tarefas de navegação em labirintos.

PALAVRAS-CHAVE: Labirintos; Impressão 3D; Robótica.

ABSTRACT

This current project is part of the development of autonomous robots capable of accurately navigating through mazes using ultrasonic sensors to map the environment. In this case, innovation has been driven by 3D printing, which allowed for the customization of robot structures to better adapt to the mazes, resulting in lighter and more agile chassis. The methodology involved the use of a commercial chassis as a solid base, with a control system to facilitate robot programming and operation. Some challenges were identified, including the need to improve the precision of robot movement and resolve assembly issues with the custom-developed chassis. However, the project has demonstrated the potential of integrating ultrasonic sensors and 3D printing in creating more efficient and agile robots for maze navigation tasks.

KEYWORDS: Maze; 3D Printing; Robotics.

INTRODUÇÃO

A robótica móvel tem sido objeto de estudo intensificado por grandes instituições de pesquisa, como a NASA (Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço), que tem utilizado seus robôs exploradores para verificação de substâncias presentes na atmosfera e na superfície de outros planetas (NASA, 2015). Essa busca por avanços na robótica móvel está impulsionando a procura por soluções inovadoras e altamente eficientes, e uma dessas inovações vem na forma de robôs autônomos que podem navegar com precisão através de labirintos, com a utilização de sensores ultrassônicos para mapear o ambiente ao seu redor. Além disso, a revolução da impressão 3D trouxe a capacidade de personalizar e otimizar o design desses robôs, reduzindo o tamanho do chassi comercial padrão e criando estruturas mais adaptadas às necessidades específicas.

¹ Bolsista da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil. E-mail: felipecardosogomes@hotmail.com. ID Lattes: 8742240819030699.

² Docente no Curso de Engenharia Eletrônica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil. E-mail: almonteiro@utfpr.edu.br. ID Lattes: 0961660781313311.

³ Docente no Curso de Engenharia Eletrônica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil. E-mail: lucasgarcia@utfpr.edu.br. ID Lattes: 1085422040174691.

⁴ Docente no Curso de Engenharia Eletrônica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil. E-mail: marciocunha@utfpr.edu.br. ID Lattes: 0516286832674015.



Um robô é considerado móvel se ele pode se deslocar e interagir com um ambiente, seja no solo (esteiras, rodas, patas), ar ou água (WOLF, 2009). Os sensores ultrassônicos desempenham um papel crucial na percepção e navegação de robôs autônomos móveis, permitindo-lhes construir mapas precisos do ambiente e evitar obstáculos enquanto navegam pelo labirinto. A utilização eficaz desses sensores é fundamental para o sucesso de tais missões.

Além disso, a tecnologia de impressão 3D oferece a flexibilidade de criar estruturas personalizadas e leves para os robôs, tornando-os mais ágeis e adaptados às restrições de espaço em labirintos, como mostrado por Santos *et al.* (2022) no artigo “desenvolvimento de robô micromouse utilizando prototipação em impressora 3D”. Artigo que deu início ao desenvolvimento deste projeto.

A integração dessas inovações está transformando a capacidade dos robôs de navegar em ambientes complexos e restritos, abrindo portas para uma ampla gama de aplicações, desde exploração de espaços confinados até busca e resgate de alto risco.

Neste sentido, o objetivo do presente projeto é desenvolver um robô capaz de navegar de forma autônoma em um labirinto, utilizando sensores para detectar obstáculos com o ESP32 para controle central do robô e projetar um chassi personalizado, do tipo 2WD, menor e mais leve que o chassi comercial que possa ser utilizado para mais funções, impresso em impressora 3D.

METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo de criar um robô capaz de navegar em labirintos, foi adotada uma abordagem que envolveu a utilização de um chassi comercial como ponto de partida. No caso, um chassi 2WD, que comporta dois motores na parte frontal e um rodízio giratório na parte de trás.

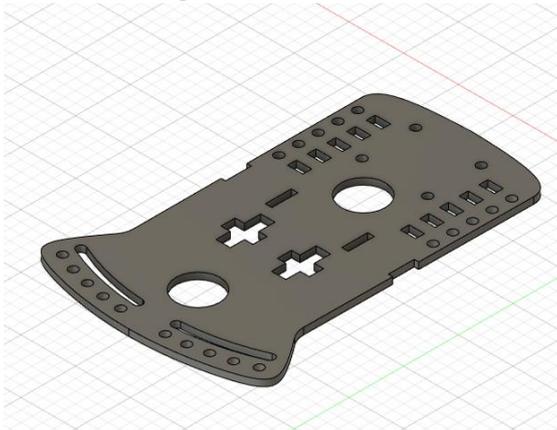
Em termos do hardware de controle, foi escolhido o módulo ESP32 por ser um microcontrolador pequeno e como o desejo era reduzir as dimensões do chassi, seria melhor um microcontrolador menor, cuja placa de desenvolvimento já é originalmente miniaturizada. Para programar o ESP32 optou-se pelo ambiente de desenvolvimento Arduino IDE, uma vez que a plataforma Arduino é conhecida por sua acessibilidade e vasta comunidade de desenvolvedores.

Nos testes com o chassi comercial o robô apresentou o desempenho desejado e desviando de obstáculos pré configurados. Algo comum a este tipo de chassi e que também foi observado nos testes preliminares foi a dificuldade de manter uma linha reta na movimentação do robô. Após os testes preliminares deu-se início à fase de modelagem do chassi personalizado no software Fusion360, tal como mostrado na Figura 1.

Nas primeiras tentativas de impressão, o chassi não atingiu o formato desejado para uso, ficou muito pequeno e com uma aparência não agradável. No entanto, persistindo com o processo de modelagem e considerando *insights* de outros chassis comerciais, foi possível aperfeiçoar o *design*. Para a impressão foi utilizada uma impressora Anet A8 e filamento PLA (Biopolímero ácido poliláctico). Este tipo de filamento é um material mais fácil de trabalhar por não precisar de ambiente aquecido e ter baixo encolhimento comparado aos demais, isto facilitou o processo de impressão, tendo em vista que a Anet A8 não possui câmara para isolamento do ambiente de impressão. O chassi impresso é mostrado na Figura 2.

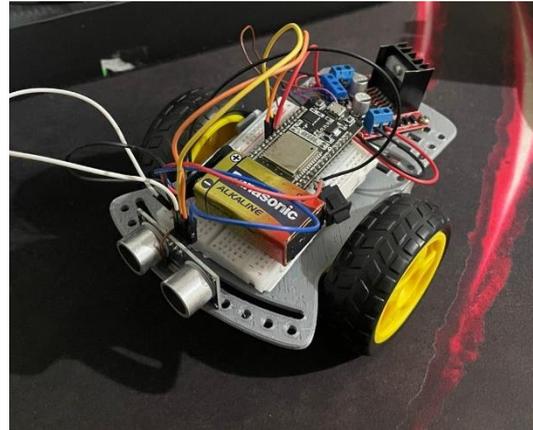
Após a impressão do chassi aprimorado, para deixar o chassi mais fácil de ser utilizado em outras funções, foi acrescentado um segundo andar para o robô. Esse segundo andar proporcionaria mais espaço para a incorporação de componentes adicionais e funcionalidades. Para concretizar essa ideia, foi modelado um novo componente, replicando o chassi da base, mas com furações e características específicas para o segundo nível. Além disso, foram adicionados "para-choques" frontal e traseiro no chassi superior para garantir uma conexão firme e segura com a base, como mostra a figura 3.

Figura 1 – Chassi ideal



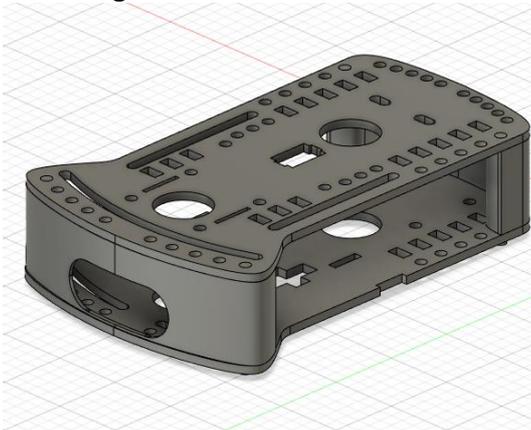
Fonte: Autoria Própria (2023).

Figura 2 – Chassi impresso



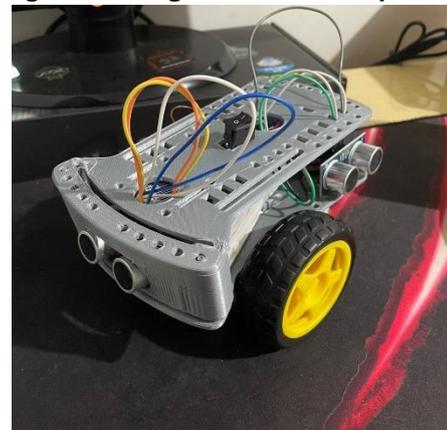
Fonte: Autoria Própria (2023).

Figura 3 – Chassi com 2º andar



Fonte: Autoria Própria (2023).

Figura 4 – Segundo chassi impresso



Fonte: Autoria Própria (2023).

Essa abordagem permitiu uma flexibilidade adicional no projeto, oferecendo espaço para a implementação de sensores, câmeras ou outros dispositivos necessários para a navegação e funcionalidade do robô. No entanto, nesta etapa, outro problema foi detectado, que seria a fixação dessa nova peça, pois da forma que foi implementado, apenas com pinos pequenos (de 2 mm cada) em cada ponta dos para-choques. Esses pinos não foram o suficiente para segurar o corpo do chassi, deixando-o sem firmeza.

Assim, a metodologia envolveu uma evolução progressiva desde o uso do chassi comercial até a modelagem personalizada no Fusion360, culminando na criação de um



sistema de dois andares, proporcionando uma base sólida e adaptável para a funcionalidade do robô de navegação em labirintos.

RESULTADO E DISCUSSÕES

Os esforços para criar um robô capaz de navegar em labirintos resultaram em avanços, mas também surgiu desafios significativos ao longo do processo. Uma das dificuldades encontradas estava relacionada à capacidade do robô de andar em linha reta e manter uma trajetória precisa. Embora os sensores ultrassônicos fossem eficazes na detecção de obstáculos, a execução real do movimento em linha reta se revelou um desafio. As variações na superfície e a tração das rodas eram fatores críticos que influenciavam a capacidade do robô de seguir uma trajetória exata. Foi necessário fazer uma calibração de erro no próprio código para fazer com que o robô andasse em linha reta. Sempre que a distância da parede lateral ficasse menor que o parâmetro escolhido, ele acionaria o outro motor para manter a distância dentro do valor desejado.

Para a personalização do chassi foram utilizadas dimensões de meio termo, não querendo um chassi do tamanho do comercial e também não querendo dimensões pequenas. Então foi escolhido diminuir o chassi em 1,4 vezes do tamanho comercial, deixando o chassi com tamanho favorável para uso, o Quadro 1 mostra as dimensões dos dois chassis. O chassi personalizado ganha vantagem em cima da furação que possui, como é um personalizado a furação pode ser favorável para qualquer uso do chassi, se trocar de sensor, trocar de microcontrolador ou até acrescentar algo, a perfuração vai ser universal, não sendo apenas para uso do sensor ultrassônico, diferente do comercial que muitas vezes fica difícil implementar algum acessório por falta de perfuração para fazer a fixação

Quadro 1 – Dimensões e peso dos chassis

				Peso
	Largura	Comprimento	Altura	
Chassi comercial	15 cm	22 cm	-	45,56 g
Chassi projetado	10,5 cm	15,4 cm	-	21,65 g
Chassi com 2º andar	10,5 cm	15,4 cm	3,5 cm	61,32 g

Fonte: Autoria Própria (2023).

Outro desafio enfrentado foi o encaixe do segundo andar do chassi personalizado. Apesar dos esforços de projeto no Fusion 360, a montagem nem sempre era perfeita. Isso levou a problemas ocasionais em que o segundo andar do chassi não ficava firmemente conectado ao robô. Essa falha no encaixe afetou a estabilidade do robô, tornando-o propenso a desvios inesperados durante a navegação. Para resolver esse problema, foram necessários ajustes nos pinos dos para-choques, deixando eles maiores e deixando os para-choques impressos junto com a base superior para manter o chassi o mais firme possível.



Embora tenham apresentado obstáculos, eles também forneceram valiosas lições. A otimização da tração e da precisão do movimento do robô e a melhoria do encaixe do chassi são áreas contínuas de pesquisa e desenvolvimento. O projeto demonstrou o potencial de personalização e otimização oferecido pela impressão 3D e pela modelagem 3D, mas também enfatizou a importância da atenção aos detalhes na fase de montagem para garantir o desempenho consistente do robô.

CONCLUSÃO

Ao decorrer do projeto as objetivos desejados foram concluídos, conseguimos fazer uma interação hardware-software que consiste em fazer uma combinação com os componentes e o software utilizado em termos de navegação em labirintos, ou seja, foi possível fazer uma boa comunicação entre os sensores que utilizamos (ultrassônicos), o microcontrolador com o software utilizado (Arduino IDE). O chassi desenvolvido e impresso em impressora 3D se adequou aos quesitos desejados.

No entanto surgiram aos problemas na navegação precisa do robô, que apresentou dificuldades em andar em linha reta, conseguimos consertar de modo grosso no código, podendo melhorar mais colocando algum controlador PID para ter uma resposta mais suave seguindo os parâmetros desejados.

Além disso, a montagem do chassi com a base superior apresentou alguns problemas que foi resolvido por um tempo, podendo ser uma solução que com muito uso do chassi acaba se quebrando e tendo que achar outra solução, mas temporariamente foi a solução mais prática e viável, por ser uma solução feita no próprio projeto.

Em suma, nosso trabalho destaca a necessidade contínua de pesquisa e desenvolvimento na área de robótica autônoma e a importância de abordagens multidisciplinares. O futuro desse projeto envolverá a busca por soluções mais robustas para a navegação e aprimoramentos adicionais na montagem do chassi, visando criar um robô mais capaz e confiável para a navegação em labirintos. Com essas melhorias, acreditamos que nossos robôs poderão contribuir significativamente em uma variedade de aplicações, desde a exploração de ambientes complexos até operações de busca e resgate de alto risco.

Agradecimentos

Ao professor Marcio Cunha, por me orientar, tendo tanta paciência, determinação e amizade.

Ao professor Lucas Ricken, por me ajudar nas correções necessárias e ideias que melhoraram o projeto.

Disponibilidade de código

O código do robô encontra-se no google drive, no link: <https://github.com/eugomes/Robo-Micromouse>

Conflito de interesse

“Não há conflito de interesse”.



REFERÊNCIAS

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION – NASA. **NASA's Curiosity Rover Team Confirms Ancient Lake on Mars**. Disponível em: <http://www.nasa.gov/feature/jpl/nasas-curiosity-rover-team-confirms-ancient-lakeson-mars>. Acesso em: 18 de Setembro de 2023.

WOLF, D. F.; do Valle Simões, E.; Osório, F. S.; Junior, O. T. **Robótica móvel inteligente: Da simulação às aplicações no mundo real**. In Mini-Curso: Jornada de Atualização em Informática (JAI), Congresso da SBC, 2009.

SANTOS, Daniel et al. DESENVOLVIMENTO DE ROBÔ MICROMOUSE UTILIZANDO PROTOTIPAÇÃO EM IMPRESSORA 3D. **XXVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR**, [S. l.], p. 1- 5, 8 nov. 2022.

RIBEIRO, Lucas et al. DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES PARA ROBÓTICA MÓVEL. **XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR**, [S. l.], p. 1- 6, 8 nov. 2021.