

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

DESENVOLVIMENTO DE ROBÔ MÓVEL COM ESP32 PARA OLIMPIADAS DE ROBÓTICA NA MODALIDADE PRÁTICA DE RESGATE

ACÁCIA A. OLIVEIRA¹, JOÃO PEDRO E. L. FRANCO², NATÁLIA O. SANTOS³,
WENDRICK V. C. ALVES⁴, VERA L. SILVA⁵

¹ Estudante do 1º ano do Técnico em Automação Industrial Integrado ao Ensino Médio, IFSP, Campus Suzano, a.acacia@aluno.ifsp.edu.br.

² Estudante do 2º ano do Técnico em Automação Industrial Integrado ao Ensino Médio, IFSP, Campus Suzano, emidio.f@aluno.ifsp.edu.br

³ Estudante do 2º ano do Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio, Bolsista ICJ, IFSP, Campus Suzano, oliveira.natalia1@aluno.ifsp.edu.br.

⁴ Estudante do 1º ano do Técnico em Automação Industrial Integrado ao Ensino Médio, Campus Suzano, wendrick.alves@aluno.ifsp.edu.br.

⁵ Doutora em Ciências no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica e Computação - área de Informática pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Atua nas áreas de informática geral, tecnologia da informação, linguagens de programação, sistemas multi-agentes, robótica móvel e educacional.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.01.02-0 Linguagem Formais e Autômatos

RESUMO:

Atualmente a robótica vem ocupando um espaço de suma importância na sociedade, em que se destaca como uma ciência que viabiliza e otimiza funções antes realizadas pelo homem, seja em atividades simples do dia-a-dia ou na indústria em geral. Assim, pode-se observar o crescente interesse pelo tema no meio acadêmico pelo público juvenil com o incentivo na participação de competições e olimpíadas, tendo destaque em nível nacional a Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR). Neste contexto, a equipe desenvolveu um robô móvel para competir na OBR e aprimorar seus conhecimentos durante o processo. A estrutura do robô foi projetada em peças 2D e 3D com base no microcontrolador ESP32, utilizando MDF para impressora de corte a laser e impressão 3D. A programação para controle do robô utilizou o Arduino IDE com a linguagem de programação C++. Todas as etapas de desenvolvimento estão sendo registradas num *ebook*. O protótipo apresentou resultados positivos na competição.

PALAVRAS-CHAVE: OBR; ESP32; robótica educacional.

DEVELOPMENT OF A MOBILE ROBOT WITH ESP32 FOR ROBOTIC OLYMPICS

ABSTRACT: *Currently, robotics has occupied an extremely important space in society, where it stands out as a science that enables and optimizes functions previously performed by man, whether in simple day-to-day activities or in industry in general. Thus, we can observe the growing interest in the topic in the academic world among young people with the encouragement of participation in competitions and Olympics, with emphasis on the Brazilian Robotics Olympics (OBR) at national level. In this context, the team developed a mobile robot to compete in the OBR and improve its knowledge during the process. The robot structure was designed in 2D and 3D parts based on the ESP32 microcontroller, using MDF for laser cutting, printer and 3D printing. Programming to control the robot used the Arduino IDE with the C++ programming language. All development stages are being recorded in an ebook. The prototype showed positive results in the competition.*

KEYWORDS: OBR; ESP32; educational robotics.

INTRODUÇÃO

A robótica começou a destacar-se na década de 60. Expandiu na década de 80 e atualmente ela ocupa os espaços escolares fomentando o conhecimento e incentivando o interesse dos alunos pelo assunto. O impacto desta temática no âmbito escolar promove então o surgimento de diversas competições, entre elas a Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR).

A OBR é uma das principais competições científicas do Brasil voltada para estudantes do ensino fundamental e médio. Ela tem como principal objetivo estimular o interesse pela robótica e pelas ciências exatas entre os jovens, promovendo o aprendizado de forma lúdica e desafiadora.

O conhecimento é “Construído progressivamente por ações e coordenações de ações, que são interiorizadas e se transformam” (Almeida, 1999, p. 31 apud Lima, 2009, p. 50). Esta citação destaca a importância de se buscar o conhecimento; o estudo promove a oportunidade de transformar e a robótica está em constante mudança para aprimoramento, sempre visando a otimização.

O projeto do robô móvel visa superar os desafios da OBR, sendo desenvolvido em um ambiente escolar. Mesmo com recursos limitados, o foco está no constante aprendizado, demonstrando que o conhecimento pode ser adquirido independentemente da disponibilidade de materiais. Desta forma, o projeto do robô móvel compreende todas as etapas da construção, como projeto mecânico, eletroeletrônico, sua programação e documentação.

O robô móvel é controlado pelo microcontrolador ESP32, escolhido devido seu tamanho reduzido e funcionalidades, comparado com a Plataforma Arduino UNO. A programação foi realizada no Arduino IDE com a Linguagem de Programação C++ e bibliotecas específicas para o ESP32. A estrutura do robô foi projetada e construída utilizando impressão 3D e impressora de corte a laser em 2D.

MATERIAL E MÉTODOS

Na construção do robô móvel para competir na categoria busca e resgate da OBR, a equipe pesquisou os desafios propostos pela olimpíada, modelando o robô para superá-los. Outro fator decisivo para escolha de sensores e atuadores para o robô, deve-se à compatibilidade com o microcontrolador ESP32, que opera com uma tensão de alimentação de 3.3 volts. Assim, pode-se compor um robô com componentes compatíveis ou adaptados para melhor performance.

Materiais utilizados na construção do robô

O robô de busca e resgate é composto pelos seguintes materiais:

- ESP32: Uma placa microcontroladora que possui 34 portas, ideal para projetos Iot, responsável por receber e enviar as informações para o robô, e juntamente controlar os componentes por meio de seu software embarcado;
- Ponte H: Este *Driver Motor Ponte H* é projetado para controlar cargas indutivas. Com o *Driver Ponte H L298M*, é possível controlar de maneira independente a velocidade e a direção de rotação de dois motores de corrente contínua;
- Motores DC com roda: Motores de corrente contínua com roda transformam energia elétrica em energia mecânica;
- Roda boba: roda sem motor; garante o movimento do robô independentemente de sua direção;
- Regulador de tensão, Módulo Regulador de Tensão LM2596 Conversor DC-DC *Step Down*, Faz manter a tensão produzida pelo gerador dentro dos limites exigidos pela bateria ou sistema elétrico que está alimentado, controlando a diferença de potencial entre a entrada e a saída do circuito;
- Bateria de *Li-Ion* 18650 3,7V - Essas baterias são capazes de armazenar mais energia em menos espaço que as demais, tendo como função alimentar o robô;
- Chave gangorra: Utilizada para ligar e desligar o robô;
- Sensores QRE1113: Este sensor possui duas partes: um LED emissor de luz infravermelha e um fototransmissor sensível à luz vermelha. Quando você alimenta a placa o LED infravermelho irá acionar. Quanto maior a luz infravermelha sentida pelo fototransmissor, menor será a tensão de saída no pino da placa;

- Sensor ultrassônico: A função do sensor ultrassônico é realizar a detecção de obstáculos, permitindo ainda que seja calculada a distância entre o objeto e o robô; e
- Outros: Uma *protoboard* (matriz de contato), cabos *jumper*s, parafusos e porcas.

A modelagem das peças foi feita usando os *softwares* AutoCad e Inventor, do tipo CAD 2D e 3D. O chassi superior foi cortado a laser em MDF 3.5mm, utilizado a máquina de corte a marcação a laser Due NXT. Já o chassi inferior e o suporte dos sensores foram modelados, transferidos para o *software* *UltiMaker Cura* e por fim impressos por uma impressora 3D Gtmax3D core h4.

Modelagem e construção das peças da estrutura do robô móvel

A primeira estrutura foi produzida no *software* *SolidWorks* em 2020, sendo utilizado o filamento ABS para estruturá-lo. Posteriormente, em 2023, uma segunda versão utilizou MDF para construção de um robô reduzido, entretanto percebeu-se problemas recorrentes, levando a equipe modificar partes específicas e utilizar outras plataformas e materiais.

Assim, durante o ano de 2024, as peças foram reprojatadas a partir da *software* AutoCad e mais tarde, transpassou-se seu esboço para o *software* *Inventor* com o objetivo de utilizar a impressão 3D com 40% de preenchimento para produzir as peças, como o suporte para o sensor e re-estruturar o chassi, visando deixar a estrutura mais estável e robusta. Com isso, foi possível posicionar os motores e as rodas de forma estratégica, permitindo que o suporte dos sensores fosse instalado abaixo dos motores, o que otimizou o espaço e a funcionalidade do robô.

O chassi é então uma das principais partes da estrutura, onde possui uma sequência de furos para transpasse de fios e encaixes de componentes. A parte superior foi mantida em MDF e com auxílios de parafusos e hastes metálicas ela é interligada à parte inferior, construída em 2024 com impressão 3D em filamento ABS. Para encaixe dos motores é utilizado um suporte com dois furos em formato de T, que se encaixa perfeitamente com o modelo de motor escolhido.

O suporte dos sensores foi projetado para encaixar abaixo dos motores, com os eixos abaixo dos furos laterais. Possui 6 furos espaçados para movimentação, caso necessário ajustar o posicionamento dos sensores. O projeto do suporte tem como objetivo deixar os sensores QRE1113 à 3 mm do chão para uma leitura mais precisa (Pardue; McPherson, 2013, tradução nossa) e parcialmente igualitária.

Microcontrolador ESP32

Conforme Kareem e Dunaev (2021), o ESP32 já é conhecido no mercado sobre Internet das Coisas (IoT). Entretanto, suas aplicações se estendem a projetos que visam um sistema de baixo custo e de baixo consumo de energia, ademais sua gama extensão de funções se sobrepõem comparado a outros microcontroladores. Com essas informações em mãos, o projeto aderiu o ESP32. O microcontrolador ESP32 é um dos mais populares entre os produtos lançados pela empresa chinesa Espressif Systems. Esse módulo possui *wi-fi*, *bluetooth*, duas Unidades Centrais de Processamento (*Central Processing Unit* - CPU) internas que podem ser controladas individualmente, cujas frequências podem ser configuradas entre 80 e 240 MHz. Além disso, ele se destaca pelo baixo consumo energético (ESP32-WROOM-32 *Datasheet*, n.d.).

Entre os periféricos presentes no microcontrolador, é possível citar a rápida comunicação SPI e UART, utilizada para a troca de dados entre o computador e a placa. Especificamente o ESP32-WROOM-32, variação utilizada nesse projeto, tem faixa de operação de 3,0 a 3,6V, com corrente operacional de 80mA.

Uma de suas características que também tem grande importância ao projeto é a quantidade e diversidade de pinos, contando com 36 pinos que variam entre entradas do tipo modulação por largura de pulso (*Pulse Width Modulation*, PWM), I2S responsável pela transferência de dados de áudio, *General Purpose Input/Output* (GPIO), conversores analógico-digital (ADC) e digital-analógico (DAC), entre outras (ESP32-WROOM-32 *Datasheet*, n.d.).

Para utilizar um controlador em sistemas embarcados, é necessário que ele faça integração com uma ferramenta de desenvolvimento de softwares e com a linguagem de programação utilizada por essa ferramenta (Kareem; Dunaev, 2021). Para isso, usou-se neste projeto o Ambiente de Desenvolvimento Arduino, o Arduino IDE, que é uma plataforma de código aberto para programação e compilação de código com suporte a diversos microcontroladores, através da linguagem de programação C++

(Arduino, 2024). Fez-se necessário a inserção da biblioteca do ESP32 no Arduino IDE, presente no guia oficial da Espressif.

Alimentação do Robô Móvel

Para a alimentação do robô móvel foi escolhida 2 baterias de Li-Ion 18650 3,7V, escolhida depois de testes realizados no laboratório de robótica, visando identificar o tempo de duração e a capacidade de alimentação do robô móvel.

Com o uso das duas baterias foi necessário utilizar um regulador de tensão, Módulo Regulador de Tensão LM2596 Conversor DC-DC Step Down, para alimentar o ESP32 e os demais componentes do robô. O regulador de tensão tem a função de converter a tensão da bateria para 5v, valor necessário para alimentar o ESP32. Isso garante com que o microcontrolador funcione de forma segura e eficiente, evitando danos causados por uma alimentação inadequada. Dessa forma, o ESP32 pode operar com segurança e estabilidade, além de maior precisão no controle dos componentes.

Para facilitar o manuseio do sistema, o regulador foi soldado a um botão. Esse sensor foi implementado para ligar e desligar o sistema, permitindo que a tensão correta seja enviada aos componentes apenas quando necessário. Ao integrar o regulador de tensão no circuito e conectá-lo a um botão de gangorra, foi possível direcionar a tensão correta para o ESP32, enquanto as baterias de *Li-Ion* continuam alimentando os demais componentes. Essa abordagem centralizada e controlada simplifica o sistema elétrico do robô, evitando a necessidade de múltiplas fontes de alimentação e garantindo que todos os componentes recebam a energia adequada.

Assim, consegue-se garantir que o ESP32 opere de forma segura e estável, enquanto também facilitou o gerenciamento do circuito, essencial para o controle eficaz dos componentes do robô.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve empenho e dedicação durante todo o tempo estudando sensores antes de selecionar o mencionado QRE1113. Tal escolha se deve ao decorrer de diversos testes com enfoque na obtenção de leituras estáveis sob diferentes condições de luminosidade. Dentre os sensores avaliados temos, LDR e os QRE1113, no qual o último mostrou maior estabilidade em suas medições, tanto com luz artificial ou natural.

Ao longo do desenvolvimento do projeto com o ESP32, o processo foi significativo e de aprendizado. Inicialmente, foi necessário adaptar a forma de uso desse microcontrolador, então, a partir do mapeamento e pinagem, registrou-se quais portas devem ser usadas para os componentes escolhidos, suas restrições para não causar mal funcionamento e suas especificidades.

Outro enfoque foi a utilização do regulador de tensão. Com o objetivo de melhorar a eficiência e simplificação do sistema, a equipe substituiu suas duas fontes de energia, um *powerbank* 5000mAh e uma bateria de LiPo, por um conjunto de 2 pilhas de Li-Ion, capazes de oferecer tensão para o circuito como um todo. Essa alteração permitiu a redução do peso do robô, e também simplificou a gestão de energia, como visto na Figura 1.

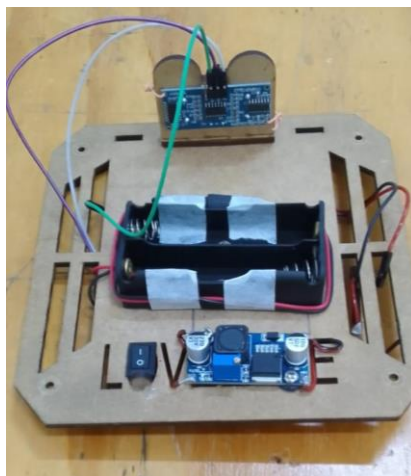


FIGURA 1. Chassi superior com regulador de tensão e suporte da bateria de Li-Ion.

Ademas, estudos subsequentes foram conduzidos referente a alimentação do microcontrolador, visto que alguns dos componentes utilizados são requeridos para serem alimentados por 5 volts, enquanto que a capacidade do ESP32 de fornecer é de somente 3.3 volts. Percebeu-se que equipamentos como sensor ultrassônico apresentam instabilidade em distâncias altas devido a essa diferença de tensão, outros componentes não apresentaram empecilhos semelhantes.

Ao analisar o suporte dos sensores, conforme as Figuras 2 e 3, revelou-se que, apesar de ter cumprido parcialmente seus objetivos, são necessários ajustes adicionais, ao ver que a altura estipulada não permite que os sensores QRE1113 operem com o máximo de seu desempenho. Desta forma, uma nova versão do suporte para os sensores foi projetada e está em fase de testes. Por outrora, o posicionamento abaixo das rodas não interferiu nos movimentos que o robô deve fazer para superar os desafios da OBR.

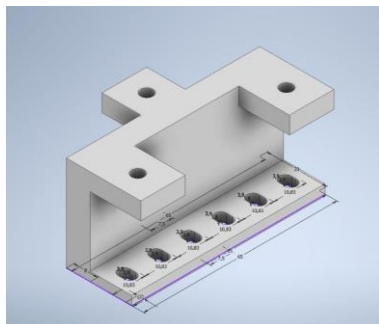


FIGURA 2. Suporte dos sensores em filamento ABS.



FIGURA 3. Suporte dos sensores com os sensores posicionados abaixo do eixo das rodas.

O protótipo do robô móvel pode ser observado na Figura 4, com seus sensores e atuadores.

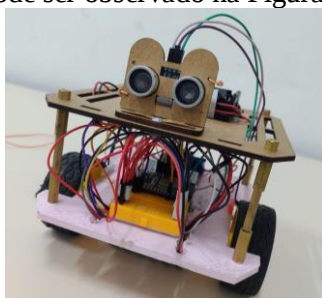


FIGURA 4. Protótipo do Robô Móvel com ESP32

O protótipo enfrentou problemas recorrentes referente à montagem elétrica. A utilização de uma *protoboard* provou-se problemática quando usada a longo prazo, por sua constante instabilidade de conexões, comprometendo a execução do robô. Desta forma, está em processo de estudos e elaboração uma placa de circuito impresso (PCI) para a montagem eletrônica do robô.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que, após a participação na OBR, a montagem do protótipo do robô móvel, apesar de seus empecilhos, foi bem sucedida. Entretanto, faz-se necessária melhorias para o desempenho e otimização do projeto, especificamente o suporte do sensor. Tal necessidade deriva do empecilho de poder ter uma leitura no ápice da sua eficiência com o material utilizado.

Futuramente planeja-se a implantação de estruturas para realizar os demais desafios que a OBR propõe. Entre elas, é possível citar uma garra e um espaço para armazenar objetos. Também se planeja

a otimização da programação com o intuito de tornar o robô mais eficiente ao seguir a linha. Ainda visando a melhoria, a equipe também desenvolveu um plano para reestruturação do esquema elétrico com a prototipagem de uma placa de circuito impresso (PCI) com o objetivo de reduzir a incidência de falhas.

Com tais alterações para o contínuo aprimoramento, almeja-se grande progresso para a próxima competição da OBR. Espera-se que o *ebook* registrado chegue em seus passos finais de produção para poder ser disponibilizado de forma gratuita, incentivando trabalhos nessa área e compartilhando conhecimento técnico.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

A autora Natália O. Santos procedeu com a administração deste projeto, todos os autores prosseguiram e contribuíram com a metodologia, pesquisa, análise de dados, com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à nossa instituição de ensino pelas oportunidades oferecidas na área de Ciência e Tecnologia, à nossa orientadora, por nos mostrar que podemos e devemos ocupar esses espaços, e ao CNPq, pelo auxílio financeiro que nos possibilitou continuarmos a fazer o que tanto gostamos.

REFERÊNCIAS

- LIMA, Márcio Roberto de. Construcionismo de papert e ensino-aprendizagem de programação de computadores no ensino superior. 2009. 143 f. Dissertação de mestrado. UFSJ. São João Del-rei, Minas Gerais – Brasil, Agosto de 2009
- Arduino. (n.d.). Software. www.arduino.cc. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>. Acesso em: 10 jul 2024.
- ESP32-WROOM-32 Datasheet. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 07 set. 2024.
- KAREEM, H.; DUNAEV, D. The Working Principles of ESP32 and Analytical Comparison of using Low-Cost Microcontroller Modules in Embedded Systems Design. 2021 4th International Conference on Circuits, Systems and Simulation (ICCSCS), 26 maio 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/iccscs51193.2021.9464217>>. Acesso em: 07 set. 2024.
- PARDUE, Laurel S; MCPERSON, Andrew P. Near-Field Optical Reflective Sensing for Bow Tracking, 1 junho 2013. Disponível em: <https://www.nime.org/web_archive/2013/program/papers/day3/paper8/247/247_Paper.pdf>. Acesso em: 07 set. 2024.