

ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA PARA COMPETIÇÕES

Gabriel Carvalho Domingos da Conceição ¹; Letícia Pedroso Colombo ²; Lucas Mota Ferreira ³; Elias José de Rezende Freitas ⁴;

1 Gabriel Carvalho Domingos da Conceição, Bolsista (CNPq, FAPEMIG ou IFMG), Automação Industrial, IFMG Campus Avançado Itabirito, Itabirito - MG; gabrielcarvalho368@gmail.com

2 Letícia Pedroso Colombo, Automação Industrial, IFMG Campus Avançado Itabirito, Itabirito - MG

3 Lucas Mota Ferreira, Automação Industrial, IFMG Campus Avançado Itabirito, Itabirito - MG

4 Orientador: Pesquisador do IFMG, Campus Avançado Itabirito; orientador@ifmg.edu.br

RESUMO

É perceptível que a tecnologia tem conquistado grande espaço no mundo atual. Além de facilitar a realização de tarefas diárias, o avanço tecnológico proporcionou a invenção de diversos aparelhos fundamentais em vários ramos da ciência, como a medicina. Acompanhando tal avanço, a robótica surge como peça chave quando se trata de agilidade, facilidade e utilidade no cumprimento de atividades. Robôs são compostos por dispositivos eletrônicos que, trabalhando em conjunto, o auxiliam a realizar uma tarefa pré-determinada. O robô seguidor de linha tem como objetivo completar um percurso feito por uma linha branca em um plano preto, com a ajuda de sensores, motores, atuadores e microcontroladores. Existem alguns métodos usados para controlar determinada variável, como a temperatura, pressão, velocidade, vazão, entre outras. Um dos recursos mais utilizados é o Controle PID, que se baseia em três ações: a proporcional, a integral e a derivativa. Em conjunto, as ações buscam diminuir o erro e maximizar o aproveitamento do processo. O PID, além das ações supracitadas, trabalha com o *SetPoint* e o erro. Cada uma das ações possui uma variável (K_p , K_i , e K_d , respectivamente) que auxiliam no cálculo para a redução do erro do sistema. Essas variáveis são definidas por meio da teoria e da prática, considerando-se os resultados obtidos durante os testes. Neste projeto, iniciaram-se as etapas para o desenvolvimento do controle de velocidade e a elaboração de um *hardware* de um robô seguidor de linha, visando baixo-custo (já que os componentes que oferecem alta performance são caros) sem defasar o bom desempenho, uma vez que este robô tem como finalidade participar de competições. A equipe de robótica do IFMG – Itabirito participou da competição brasileira *IronCup*, em março de 2019, na categoria seguidor de linha com esse projeto. A competição é organizada pela *Robocore*, empresa de peças e artefatos relacionados a robótica.

INTRODUÇÃO

O projeto tem o intuito de construir um *hardware* e elaborar um *software* que permitam um bom desempenho nas competições de robótica na categoria robô seguidor de linha. Nessas competições, o robô tem como objetivo identificar e acompanhar uma linha, completando o percurso no menor tempo possível.

Iniciou-se o desenvolvimento do trabalho por meio da revisão bibliográfica para compreender como o robô deve se comportar na pista, seguido do estudo das funções principais e do controle PID. Em acréscimo, elaborou-se de um projeto de *hardware* com todos os componentes necessários.

As tecnologias têm ganhado espaço na sociedade, seja no mercado, nas pesquisas ou até mesmo na medicina. Os robôs auxiliam os homens nos mais diversos ramos. Uma das principais razões para a popularização das tecnologias é o acesso mais barato às tecnologias, a globalização dela, a comodidade que a mesma pode proporcionar, a vantagem competitiva no caso das empresas e o seu efeito multiplicador. (NEVES, R. 2018).

Para estimular esse crescimento, eventos como feiras tecnológicas e competições de robótica são fundamentais e contam com a presença de estudantes de várias escolas e universidades, que se reúnem para construir novas tecnologias.

“Um robô seguidor de linha é aquele que tem a capacidade de detectar uma linha desenhada no chão por meio do contraste entre a cor desta linha e a cor do restante do piso. Estes robôs são conhecidos como veículos guiados automaticamente.” (COSTA, E. R.; GOMES, M. L.; BIANCHI, R. A. 2003).

METODOLOGIA

Após a revisão bibliográfica, foi possível compreender o funcionamento de um seguidor de linha e iniciar a fase de testes de cada componente e da lógica de controle para o desenvolvimento do seguidor de linha. Nas próximas seções serão apresentados esses componentes.

a) SENSORES DE REFLECTÂNCIA

Para que o robô se oriente na linha e nas marcações presentes no circuito, um sensor óptico será crucial. Estes sensores funcionam da seguinte forma: um feixe de luz é enviado por um emissor, reflete na superfície e um receptor recebe esse feixe de volta, podendo assim medir a refletância da superfície e identificar a linha branca e a superfície preta nos arredores. Para maior precisão e percepção das mudanças mínimas na linha principal, é necessário organizar esses sensores em uma matriz.

Para detectar as marcações presentes nas proximidades da linha principal que indicam o início e término da pista, pode-se utilizar também os sensores de reflectância, um no lado esquerdo e um no lado direito.

b) MICROCONTROLADOR

Para fazer a leitura de informações, processá-las e administrar o funcionamento do robô, é necessário o uso de um microcontrolador. Dessa forma, será desenvolvido um programa com toda a lógica necessária para manter o robô o mais próximo possível da linha principal e fazer o percurso no menor tempo possível. Utilizou-se um ESP32 DEVKIT V1 que possui módulo Wifi, Bluetooth, 38 pinos de GPIO, sendo 16 ADCs.

c) RODAS

Para a locomoção do robô, as rodas são peças fundamentais. Elas devem fornecer o atrito necessário para que o robô não saia do percurso. A princípio, serão necessárias duas rodas na

traseira, mas essa quantidade pode variar de acordo com a necessidade do número de motores. Na dianteira será preciso uma esfera deslizante, pois a tração é apenas na traseira. A parte frontal será dedicada para a leitura de dados, onde ficarão os sensores.

d) MOTOR

Os motores e as rodas são os responsáveis pela locomoção do robô. Para um robô seguidor de linhas para competições, alguns parâmetros devem ser levados em conta, como velocidade máxima e aceleração do conjunto, que estão diretamente ligados com as capacidades dos motores e tamanho das rodas. Após analisar os últimos resultados de eventos da *Winter Challenge*, foi estipulado que para o robô ter uma boa classificação, era preciso alcançar uma velocidade média de 3 m/s, uma velocidade máxima de 5 m/s e uma aceleração de 3 m/s². Estes serão os requisitos almejados para o robô.

e) ALIMENTAÇÃO

Durante os estudos, percebeu-se que duas baterias poderiam ser utilizadas: a de Li-po ou a de Li-ion. Ambas possuem uma alta densidade energética e tem material lítio como anodo em sua construção. A diferença está no tipo de eletrólito. Nas baterias de Li-po há somente um eletrólito seco de polímero sólido. Neste caso, o eletrólito é parecido com um filme de plástico que não conduz eletricidade, porém permite a troca de íons. Esse polímero permite uma geometria mais compacta e mais segura, pois não há nenhum líquido ou gel inflamável. Já as baterias de Li-ion há um separador poroso, que é embebido com um eletrólito de gel ou líquido que por sinal é inflamável.

Para trabalhar com motores, é preciso usar um ESC (*Electronic Speed Control*) ou uma ponte H, pois a corrente de saída do microcontrolador é muito baixa para alimentar um motor, além de poder danificar o microcontrolador. O ESC ou a ponte H é a combinação de transistores que permitem amplificar a corrente e controlar o sentido de rotação dos motores. O ESC é utilizado em motores trifásicos e a ponte H em motores bifásicos.

f) LÓGICA DE CONTROLE

Normalmente, utiliza-se como controlador do seguidor de linha a ação PID (Proporcional, Integral e Derivativo), buscando trabalhar o erro para diminuir as possíveis oscilações e aumentar a eficiência do processo. Porém, optou-se, por simplicidade, em utilizar uma lógica de controle intuitiva, de maneira a determinar os valores adequados para variar a velocidade, conforme os dados do sensor de reflectância. Essa lógica, implementada em C, é bem próxima de um controlador proporcional em que o valor do ganho varia dependendo da situação em que o robô se encontra: alinhado com a linha, fazendo uma curva etc.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O principal resultado desse projeto, apresentado nas subseções seguintes, foi a elaboração do projeto de um robô seguidor de linha, determinando os componentes cujas características atendessem as especificações desejadas para a competição *Winter Challenge*, tendo como base o *datasheet* de cada um desses componentes.

Mais detalhes do projeto após a finalização do hardware e do software do robô seguidor de linha, pode ser visto em: https://drive.google.com/open?id=1XOeJCtkZK_Z7q5iE8LcQ3it3JpfJBfF4

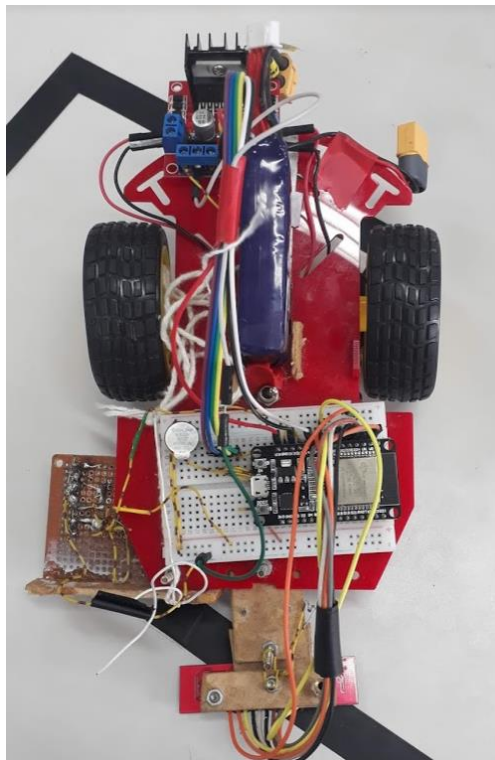
Propõe-se utilizar um Diy 8-Canal como sensor para orientação na linha principal. Este sensor opera de 3,3V até 5V. Optou-se por um modelo analógico para oferecer mais precisão na leitura. Para leitura das marcações presente na lateral da pista, foram utilizados dois sensores ópticos reflexivos analógicos TCRT 5000, que também tem a tensão de funcionamento de 3,3V até 5V. Foram soldados cada um em uma placa de fenolite, e instalados um no lado direito e outro no lado esquerdo do robô.

Outro fator de grande importância para a escolha deste microcontrolador é a capacidade de processamento. Ele possui dois núcleos que podem ser controlados ou energizados individualmente, sendo a frequência do clock ajustada de 80 MHz até 240 MHz.

Para as rodas traseiras propõe-se a utilização de duas rodas modelo Roda 68mm para chassi robô robótica. Como a tração será traseira, na dianteira do robô pretende-se utilizar uma esfera deslizante (raio 3/8 com 15 mm de altura) que garanta a movimentação do robô no plano.

Para a montagem do circuito dos sensores laterais foram utilizadas duas placas de fenolite 70mm x 50 mm com furos de 1 mm. Para a montagem do circuito principal, um protoboard de 400 furos foi utilizado.

Figura 1 - Hardware do seguidor de linha montado.



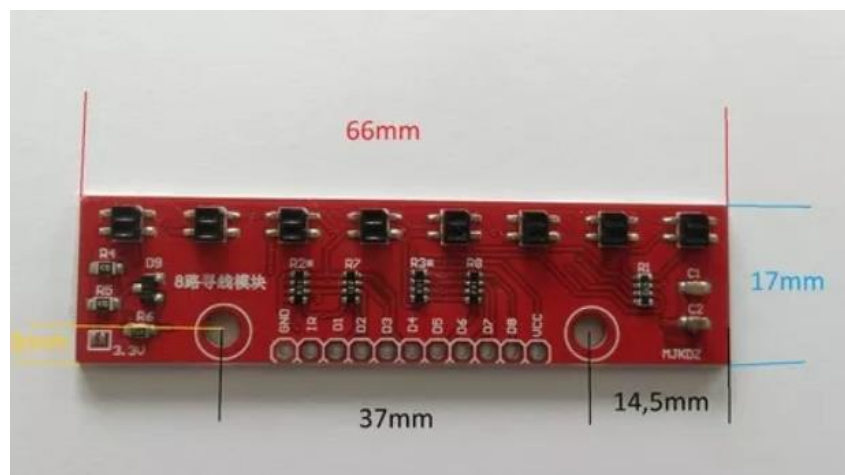
Utilizou-se dois motores DC 3-6V com Caixa de Redução e Eixo Duplo. A utilização foi devida ao fato de o seguidor de linha estar pesado, por isso necessitava de muito torque. Para o controle desse motor é necessário a utilização uma ponte H modelo L298N.

Para alimentação propõe-se a utilização de uma bateria de Li-po, como o modelo de referência Lipo Bateria 1000 Mah 3s 25/50c Turnigy Nano, pelo fato de armazenar muita carga e possibilitar altas correntes de descargas.

Os principais resultados deste projeto:

- Cumprimento de todas as etapas no prazo previsto;
- Conhecimento que o projeto ofereceu aos alunos em relação ao controle intuitivo (Controle Proporcional Integral Derivativo - PID);
- Domínio sobre *hardwares tais* como: sensores, motores;
- Aprimoramento sobre o manuseio da fonte regulável de tensão, do osciloscópio, do gerador de funções disponibilizados no laboratório;
- A implementação de um controle intuitivo;
- Controle Intuitivo: Os sensores do vetor foram convertidos para a base binária, depois divididos em dois lados. O lado ficou definido como valores negativos e outro com valores positivos.

Figura 7 - Sensor de Reflectância.



Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-943661854-sensor-de-refletncia-seguidor-linha-qre-qtr-8a-qtr-8a- JM>

Na categoria seguidor de linha, o indicado é que os sensores centrais fiquem na fita branca. Uma lógica para cumprir essa tarefa foi desenvolvida:

$$v = -(D8 * 8) - (D7 * 4) - (D6 * 2) - (D5 * 1) + (D4 * 1) + (D3 * 2) + (D2 * 4) + (D1 * 8)$$

Dessa forma, tem-se um número que é usado para definir qual motor irá ter uma rotação maior. Se o valor for menor que zero, significa que os sensores da direita estão capitando a reflectância da linha branca, ou seja, o motor esquerdo tem que ter uma rotação maior até que os sensores D5 e D4 estejam centralizados. Quando o valor for maior que zero, os sensores da esquerda estão indicando branco, ou seja, o motor direito tem uma rotação maior, alinhando D5 e D4.

O valor também pode ser igual a zero, o que informa que o seguidor de linha está em uma reta ou em um cruzamento, então os motores têm a mesma rotação.

Outro resultado importante do projeto foi a participação da competição IronCup, no Instituto Inatel, São Rita do Sapucaí - MG.

Após as tomadas de tempo na pista da competição, foi possível identificar algumas falhas no robô: a estrutura estava muito larga, dificultando o controle de angulação e os sensores precisavam ficar mais próximos da superfície. Toda a estrutura do seguidor de linha foi refeita, os sensores foram instalados na altura correta. Para refazer a estrutura, foi preciso fabricar algumas peças, como o suporte que prendem os motores ao chassi, suportes que prendem os sensores e a esfera deslizando ao chassi. Todos estes suportes foram fabricados com placas de madeira MDF.

Dessa maneira, o seguidor de linha seguiu o caminho/linha de fato. Foi possível fazer algumas curvas, porém faltou uma lógica para os cruzamentos, motivo pelo qual não foi possível completar todo o percurso.

Apesar de o robô não bater todas as metas, a competição foi de fundamental importância. Os competidores são muito abertos para conversar, trocar experiências e dá dicas de otimização. Desde as equipes mais veteranas, até as calouras, eram todos respeitados da mesma forma. Um exemplo, foi o contato com uma equipe polonesa que compartilhou o projeto e algumas soluções utilizadas por eles. Dessa forma, algumas melhorias foram realizadas logo após a competição, como por exemplo, a redução do peso do robô, trocando a bateria para uma mais leve, porém com menos capacidade de corrente.

CONCLUSÃO

O projeto possibilitou a interação dos alunos com equipamentos distintos. O conhecimento adquirido pelas pesquisas e por conversas com pessoas especialistas no assunto foi fundamental para o resultado final. Além disso, a participação nos eventos de robótica possui um grande peso no quesito aprendizado, por ser uma experiência única.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, E. R.; GOMES, M. L.; BIANCHI, R. A. **Um mini robô móvel seguidor de pistas guiado por visão local**. 2003.

GOMES, O. S. M. et al. **Robô seguidor de linha para competições**. ForScience, v. 2, n. 2, p. 07–11, 2015.

NEVES, R. **Avanços tecnológicos**. PWC, 2018. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/2016/pwc-avancos-tecnologicos-16.pdf> Acesso em: 08 jan. 2019.

Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR). **Informações OBR 2018**. Disponível em: <http://www.obr.org.br/por-que-uma-olimpiada-robotica/>. Acesso em: 08 jan. 2019.

ROBOCORE. **Regras da competição.** Disponível em:
https://www.robocore.net/upload/attachments/robocore_regras_seguidor_de_linha_108.pdf.
Acesso em: 09 jan. 2019.

TRINDADE, R. H. L. **Estudo das características de baterias recarregáveis possíveis de serem utilizadas no projeto satélite universitário**, itasat. 12o Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA-XII ENCITA, 2006.

CHRISTIAN, Y. Engenheiro Caiçara. **engenheirocaicara.com**, 2017. Disponível em:
<engenheirocaicara.com/desmistificando-controle-pid-proporcional-integral-derivativo/>. Acesso em: 20 Novembro 2018.

FREITAS, C. M. Embarcados. **www.embarcados.com.br**, 2014. Disponível em:
<<https://www.embarcados.com.br/control-pid-em-sistemas-embarcados/>>. Acesso em: 06 Dezembro 2018.

GARAGEM, L. Controlador PID (Proporcional-Integral-Derivativo). **labdegaragem.com/m/blogpost**, 2012. Disponível em:
<labdegaragem.com/m/blogpost?id=6223006%3ABlogPost%3A154959>. Acesso em: 20 Novembro 2018.

GRAHAM C. GOODWIN, S. F. G. M. E. S. NATIONAL INSTRUMENTS. **www.ni.com**, 2011. Disponível em: <www.ni.com/white-paper/3782/pt/>. Acesso em: 20 Novembro 2018.

NOVUS PRODUTOS ELETRÔNICOS LTDA. **www.novus.com.br**, 2003. Disponível em:
<<https://www.novus.com.br/artigosnoticias/arquivos/ArtigoPIDBasicoNovus.pdf>>. Acesso em: 06 Dezembro 2018.

SANCHES, F. M. **fabriciosmf.blogspot.com**, 2012. Disponível em:
<fabriciosmf.blogspot.com/2012/06/normal-0-21-false-false-false-pt-br-x.html?m=1>. Acesso em: 28 Novembro 2018.

SILVEIRA, C. B. Citisystems. **www.citisystems.com.br**, 2012. Disponível em:
<<https://www.citisystems.com.br/control-pid/>>. Acesso em: 20 Novembro 2018.

SOUSA, M. A. B. ebah. **www.ebah.com.br**. Disponível em:
<<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAfcQAG/control-pid>>. Acesso em: 04 Dezembro 2018.

Citar as obras que foram efetivamente citadas ao longo do texto, seguindo a Norma NBR 6023/2002 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS, PUBLICAÇÕES E/OU PEDIDOS DE PROTEÇÃO INTELECTUAL

IronCup 2019. Inatel. Santa Rita do Sapucaí - MG