REVISTA ERR01 ISSN: 2595-1378

DESENVOLVIMENTO DE ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA E ANÁLISE DE FUNCIONAMENTO COM DIFERENTES TIPOS DE SENSORES

DEVELOPMENT OF A LINE FOLLOWING ROBOT AND ANALYSIS OF ITS OPERATION WITH DIFFERENT TYPES OF SENSORS

DESARROLLO DE UN ROBOT SEGUIDOR DE LÍNEA Y ANÁLISIS DE SU FUNCIONAMIENTO CON DIFERENTES TIPOS DE SENSORES

https://doi.org/10.56238/ERR01v10n5-003

Victor Henrique Mota Macedo Guirra
Graduando em Engenharia Elétrica
Instituição: Faculdade Unopar Anhanguera
E-mail: victor.guirra@hotmail.com

Lucas Nunes Pereira
Técnico em Eletromecânica
E-mail: lucasigold2@gmail.com

Laiane Rocha Macário
Técnica em Eletromecânica
E-mail: macariolaiane@gmail.com

William Guterres Oliveira
Mestre em Engenharia Elétrica
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Campus Juazeiro
E-mail: william.guterres@ifba.edu.br

Lucas de Jesus Oliveira
Técnico de Laboratório
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Campus Jacobin
E-mail: lucas.oliveira@ifba.edu.br

RESUMO
Este trabalho consiste no desenvolvimento de um robô seguidor de linha e da análise de seu comportamento em duas configurações, de modo que ambas tenham capacidade de seguir a trajetória em forma de linha de cor preta em um fundo de cores diferentes e em diferentes ambientes de iluminação e superfície, de maneira automática para usos diversos. Para isso teremos o uso de Motores CC para mobilidade do robô, e um microcontrolador para controle de todas as variáveis do processo. No sistema de orientação do robô utilizaram-se um resistor que varia sua resistência com a luz e um sensor de luminosidade com saída digital, comumente utilizado em robôs seguidores de linha. As superfícies de cor preta têm a propriedade de absorver radiações de todos os comprimentos de onda na faixa visível enquanto as superfícies claras têm propriedades opostas, e é essa a base de orientação do veículo. O presente trabalho consiste na análise comparativa do comportamento de um robô seguidor

de linha com sensor digital e com sensor analógico, o primeiro confeccionado para detecção de linha, e outro confeccionado a partir de componentes eletrônicos.

Palavras-chave: Robô Seguidor de Linha. Arduino. Motor CC. Sensores. Automação.

ABSTRACT
This work is the development of a line follower robot and the analysis of its behavior in two configurations, so that both have the ability to follow the trajectory of black line shape in a different background colors and different lighting environments and surface, in an automatic way for various uses. For this we will use DC motors for robot mobility, and a microcontroller to control all process variables. In robot guidance system used is a resistor that changes its resistance with light and a light sensor with digital output, commonly used in robots line followers. The black surfaces have the property of absorbing radiation of all wavelengths in the visible range while the clear surfaces have opposite properties, and this is the basis of the vehicle orientation. This work is the comparative analysis of the behavior of a follower robot line with digital sensor and analog sensor, the first made for line detection, and another made from electronic components.

Keywords: Follow Line Robot. Arduino. DC Motors. Sensors. Automation.

RESUMEN
Este trabajo consiste en desarrollar un robot seguidor de líneas y analizar su comportamiento en dos configuraciones, cada una capaz de seguir automáticamente una línea negra sobre un fondo de diferentes colores y en diferentes entornos de iluminación y superficie para diversos usos. Para ello, utilizaremos motores de CC para la movilidad del robot y un microcontrolador para controlar todas las variables del proceso. El sistema de orientación del robot utiliza una resistencia que varía su resistencia con la luz y un sensor de luminosidad con salida digital, comúnmente utilizado en robots seguidores de líneas. Las superficies negras absorben la radiación de todas las longitudes de onda en el rango visible, mientras que las superficies claras tienen propiedades opuestas, y esta es la base para la orientación del vehículo. Este trabajo consiste en un análisis comparativo del comportamiento de un robot seguidor de líneas con un sensor digital y un sensor analógico: el primero diseñado para la detección de líneas y el otro fabricado con componentes electrónicos.

Palabras clave: Robot Seguidor de Líneas. Arduino. Motor de CC. Sensores. Automatización.

ISSN: 2595-1378

1 INTRODUÇÃO

A indústria moderna procura incessantemente por maneiras de aumentar a sua produtividade afim de consequentemente aumentar o seu lucro. Uma outra maneira de se aumentar o lucro, é a redução de erros juntamente com uma maior efetividade e agilidade no transporte, e é com esses intuitos que se baseiam essa pesquisa, que tenta trazer não uma inovação pois os AGV (Automated guided vehicle) já fazem parte das industrias com alto nível de automação, e sim trazer ele de uma maneira simples porem tão efetiva quanto para as indústrias quem não possuem ou não pretendem investir pesado em automação. Além do aumento da produção, o fator de segurança que a automação traz mais que compensa o seu custo de implementação além de que esse custo vai ser o mínimo possível, por tentar ser eventualmente algo que irá executar uma ordem da maneira mais simples possível sem c que afetar claro o quesito segurança.

2 MATERIAS E MÉTODOS

Primeiro passo, para montagem do robô seguidor de linha é a montagem da sua base, que foi adquirida com todas as peças e suportes necessários para o banco de baterias juntamente com os suportes para a placa Arduino UNO. Após montagem da base, foi acoplado à mesma os motores CC com caixa de redução, e esse dispositivo é importante já que os motores selecionados possuem alta rotação e baixo torque, o que não é recomendado para o projeto, a caixa de redução faz com que o motor tenha sua velocidade reduzia mas tenha seu torque aumentado possibilitando assim sua utilização.

Após a fixação das rodas, foi possível a montagem do arduino, da shield DualMotor, que foi usado como ponte H para controle de sentido dos motores CC, e para controle de sua velocidade, foi utilizado o PWM incluido no arduino que é em 8 bits e com valores de 0 a 255. Com a unidade motriz, a placa arduino e a shield de controle dos motores fixadas a base, conforme Figura 1, a unidade estava pronta para instalação dos sensores.

Figura 1 – Base do robô seguidor de linha montada.

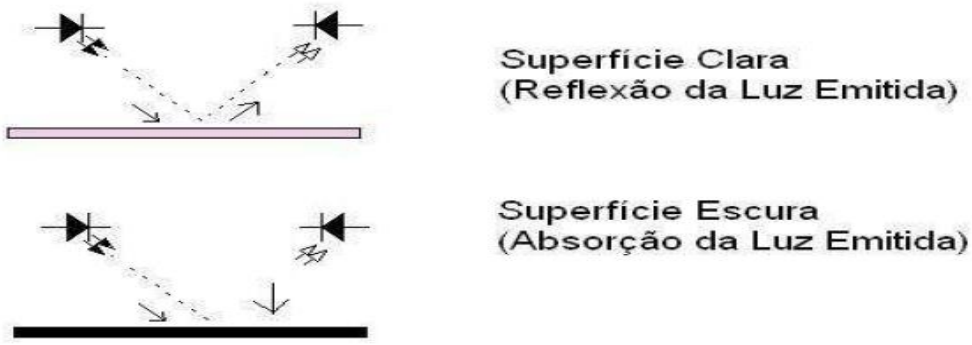


Fonte: Autores.

ISSN: 2595-1378

Com a base montada, iniciou-se a confecção do sensor analógico baseado em LDR (Light Dependent Resistor), que nada mais é do que uma resistência que tem seu valor alterado com base em luminosidade, e para seu uso foi acoplado junto a ele um LED (Light emissor diode) que fornecerá luz para que o LDR reconheça uma faixa de cor escura, cuja operação está ilustrada na Figura 2.

Figura 2: Esquema de reflexão e recepção de luz.

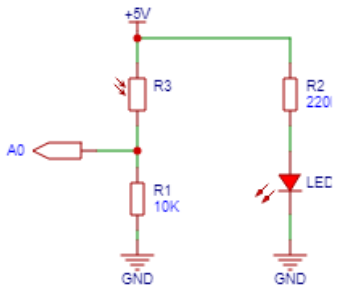


Fonte: (GIOPPO, L et al, 2009).

O LDR altera seu valor, e esse valor é recebido pelo arduino em sua entrada analógica e que compara com os valores estabelecidos na programação irá fazer com que o robô possa identificar a cor de uma superfície através desses valores, e essa propriedade que foi utilizada para identificação da faixa negra para orientação do robô.

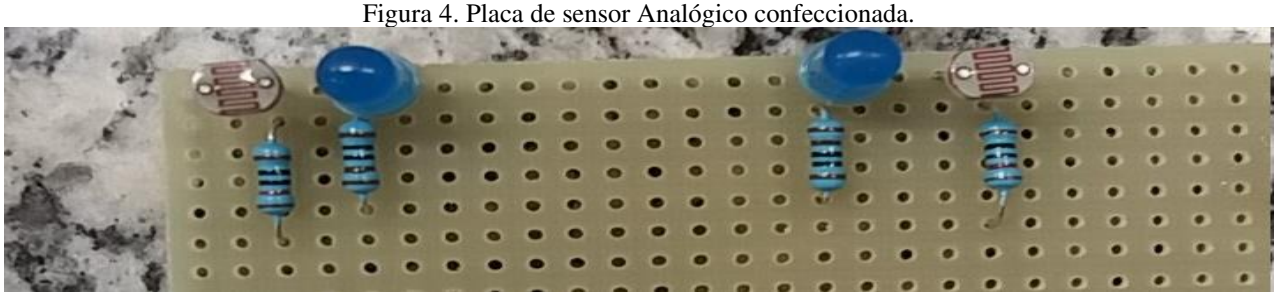
Para a montagem foi utilizado LED's de cor azul, pois apresentaram melhor rendimento em relação as cores vermelha e amarela, após os testes foi montada a placa com os sensores, contendo 2 LED's, 2 LDR's, 2 resistências de 10kΩ e 2 de 220Ω. Sua estrutura foi montada sobre uma placa fenolite perfurada e após o termino, cortada e perfurada para adaptação na base, conforme Figura 4. Na elaboração da unidade de sensoriamento de posição foi utilizado o diagrama ilustrado na Figura 3.

Figura 3. Esquema de ligação do LDR juntamente com LED.



Fonte: Os Autores.

Figura 4. Placa de sensor Analógico confeccionada.



Fonte: Os Autores.

Logo nos primeiros testes com sensores LDR, percebeu-se que a iluminação do ambiente influenciava de maneira significante os valores medidos, deixando os valores consideravelmente altos quando existia uma iluminação alta no ambiente, e sendo reduzido quando os valores de iluminação também reduziam, e com isso, houve a necessidade da criação de uma proteção, onde essa proteção tentaria eliminar de maneira mais eficaz possível as divergências de valores devido à iluminação exterior. Para o isolamento, primeiramente foi feito no próprio LDR, e após no LED, onde somente essas alterações já mostraram resultado significativo, mas não o suficiente para que o LDR tenha a mesma medição sempre independente do meio e iluminação na qual ele transita, características importantes para funcionamento geral do robô.

A última parte do isolamento luminoso foi a confecção de uma “tampa” para o robô, onde essa tampa feita de papelão bloqueia quase toda luminosidade que estaria chegando ao sensor e assim interferindo a sua medição, e após a confecção e instalação, percebeu-se uma considerável mudança, e que os valores medidos alteravam no máximo 5% em faixa preta de diferentes ambientes. Outra característica importante do isolamento, é que permitiu que o LDR conseguisse reconhecer a faixa preta mesmo em ambientes com solo de cor escura, o que possibilita a aplicação em meio industrial.

Executou-se 5 medidas para cada caso do sensor, sem isolamento, isolamento parcial e isolamento completo, e outras 5 para cada caso em faixa escura e em faixas brancas e então foi calculado o valor de média, para análises que forneceram o valor de corte ideal, que irá determinar quando o carro está ou não sobre uma faixa escura, os resultados obtidos podem ser verificados nas Tabelas 1 e 2.

ISSN: 2595-1378

Tabela 1. Valores obtidos usando como indicação da trajetória do robô uma faixa de cor branca, com o sensor LDR sem isolamento, com isolamento parcial e com isolamento total, da iluminação do trajeto. IFBA, 2016.

Faixa Branca						
	Sem isolamento		Isolamento Parcial		Isolamento Total	
	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
Valor 1	748	691	275	224	104	76
Valor 2	748	692	277	224	105	76
Valor 3	745	689	275	225	105	75
Valor 4	748	692	275	223	104	76
Valor 5	747	692	276	224	103	74
Média	747,2	691,2	275,6	224	104,2	75,4

Fonte: Os Autores.

Tabela 2 Valores obtidos usando como indicação da trajetória do robô uma faixa de cor preta, com o sensor LDR sem isolamento, com isolamento parcial e com isolamento total, da iluminação do trajeto. IFBA, 2016.

Faixa escura						
	Sem isolamento		Isolamento Parcial		Isolamento Total	
	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
Valor 1	514	490	45	34	25	20
Valor 2	517	495	45	35	25	20
Valor 3	520	499	44	35	26	20
Valor 4	519	493	47	33	25	21
Valor 5	510	499	48	34	25	20
Média	516	495,2	45,8	34,2	25,2	20,2

Fonte: Os Autores.

Após a captação e análise dos dados, foi executada uma outra análise, a existência ou não de diferentes valores de faixa escura em relação a iluminação, novamente foram medidos 5 valores de cada parâmetro e foi calculado sua média aritmética para melhor precisão nos testes. Os casos foram os seguintes: Primeiro teste em ambiente com exposição solar às 12 horas da manhã (Meio dia). O teste de numero dois foi executado em ambiente de laboratório, onde a iluminação é constante durante o dia e noite. O terceiro e último teste foi executado sobre a bancada do laboratório sem nenhuma luz ligada e após o por do sol, onde tecnicamente pode ser considerado sem nenhum tipo de luz. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 3.

ISSN: 2595-1378

Tabela 3. Valores obtidos utilizando-se faixa escura como trajetória do robô em diferentes tipos de iluminação. IFBA, 2016.

Faixa escura Isolamento Total em Diferentes iluminações						
	Sol Meio dia		Luz do Laboratório		Sem luz	
	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
Valor 1	27	21	25	20	21	18
Valor 2	27	22	25	20	20	19
Valor 3	26	22	26	20	21	18
Valor 4	25	21	25	21	20	18
Valor 5	25	20	25	20	20	18
Média	26	21,2	25,2	20,2	20,4	18,2

Fonte: Os Autores.

Com a análise dos dados, é possível identificar que os valores com isolamento total conseguem manter uma consistência razoavelmente mais alta que os demais, e os valores de isolamento muito parecidos com o mínimo de alteração, independentemente da iluminação do ambiente, o que não acontece nem com o isolamento parcial e o isolamento completo, o que nos leva a crer que o isolamento total é realmente necessário e de suma importância.

Para a definição do valor de corte, foi selecionado o valor de 30 para o sensor da direita e 25 para sensor esquerdo, o motivo da escolha de valores diferentes para os sensores é que os mesmos medem valores diferentes por N motivos, posição do LED, posição LDR, altura do sensor e etc. Com o valor de corte definido pouco acima do valor medido da faixa escura, significa que qualquer outro tipo de solo diferente do negro, irá ativar o valor de corte, e essa situação desejada na programação.

Com a finalização do sensor LDR, começou-se a ser montado o sensor TRCT 500, vide Figura5, um sensor adequado para detecção de faixas negras, para comparação com o sensor LDR. A grande diferença de funcionamento entre o LDR e o TCRT 500, é que o sensor TRCT 500 é digital, que significa que somente emite valores 0 e 1, e que ele possui um regulador, que pode ser ajustado mesmo que durante o funcionamento, facilitando o seu uso, visto que o LDR somente pode ser alterado em seu código de programação e o LDR é analógico, fazendo que emita valores entre 0 e 1000, obrigando a seleção de um valor de corte, o que já foi calculado anteriormente, para representar quando ele está ou não sobre uma faixa negra.

Não houve necessidade de montagem e circuito eletrônico para o sensor TRCT 500, visto que ele possui uma placa com um amplificador operacional que compara a luminosidade com um valor ajustado por *trimpot*, sendo necessário somente sua implementação à base do robô.

Figura 5. Sensor TRCT juntamente com sua placa e reguladores.



Fonte: Os Autores.

O sensor TCRT 500 não necessitou de isolamento luminoso como o LDR necessitou isso devido a uma caraterística de sua construção.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos pelos sensores foram os esperados, onde ambos conseguiram identificar a faixa escura no chão independente da iluminação do ambiente, que foi um dos pilares do trabalho, já que em ambientes industriais que será o foco de aplicação desse projeto, dispõem de diversos níveis de iluminação e o robô devera se locomover de modo autônomo entre todos eles sem nenhum tipo de alteração para isso.

O LDR, sensor criado a partir de componentes eletrônicos de baixo custo e confeccionado sobre uma placa fenolite perfurada, obteve resultados de detecção com uma consistência considerável se levado em consideração o seu preço, e em comparação com o TCRT5000, seu maior empecilho foi a necessidade de isolamento, onde necessitou de testes em diferentes âmbitos e diferentes esquemas de isolamento.

O TCRT5000 executou a sua função exatamente como esperado, com um ajuste inicial ele detectou a faixa escura independente da luz ambiente e independente da outra cor usada para comparar com a faixa escura, e tudo sem necessidade de isolamento pois é uma característica importante do mesmo, o uso do infravermelho não é alterado independentemente da situação o ambiente.

Além do perfeito funcionamento do sensor, também foi possível observar o possível funcionamento da programação do seguidor de linha do robô, foi utilizado o sensor TCRT5000, pois o mesmo a princípio demonstrou ser mais simples de trabalhar e não necessitava de um valor de corte como o sensor baseado no LDR

Quanto a eficiência de curva do carro, foi observada grande exatidão em ambas as configurações, e isso teoricamente deixaria a velocidade durante o circuito muito estável, pois se ambos os sensores estão apresentando os valores corretos e com detecção imediata isso garante que ambos irão trabalhar de maneira similar, já que ambos os sensores dividem código de programação, e

única diferença são os próprios sensores cada um com suas particularidades e diferentes tipos de detecção.

Baseado em todos os dados e em todas as análises foi possível afirmar que o sensor LDR apesar de não ser o ideal, consegue executar a mesma função de um sensor que foi construído por uma empresa especializada e que tem sua função principal a detecção de linha, enquanto o LDR foi adaptado para essa função.

Apesar do destaque do sensor LDR, o escolhido para utilização no projeto foi o TCRT5000 pois é de simples estrutura, pode ser encomendado em grande escala e não necessita de isolamento e muito menos de valores de cortes para seu funcionamento.

4 CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho foi a construção de um robô seguidor de linha e o teste com os diferentes sensores (LDR e TCRT5000), e assim comparar o funcionamento de cada tipo de sensor, em ambas as abordagens os sensores funcionaram perfeitamente, e o projeto final também teve êxito ao cumprir o circuito proposto. Sendo assim, é possível afirmar que este projeto conseguiu atender seu objetivo principal. Também foi útil para explorar conceitos de robótica com implementação de baixo custo, pois o custo de robôs autoguiados para chão de fábrica é muito elevado, tratando dos componentes e peças utilizadas nos mesmos.

Como já foi observado anteriormente, o sensor mais barato (LDR) que foi construído a partir de componentes eletrônicos avulsos e de baixo preço conseguiu funcionar tão bem quanto o sensor digital TCRT5000.

O sensor LDR e o sensor digital, o primeiro apresenta um melhor custo/benefício, mesmo levando em consideração o isolamento de luz externa e de serem necessários realizar cálculos para valor de corte, e todos esses fatores acabam sendo compensados pelo seu custo, já que todo o valor para sua construção não ultrapassou os 5 R$ o par e não necessita de mão de obra com alta especialização para sua construção, enquanto o sensor TCRT5000 custou R$18,90.

O sensor LDR apesar de não ser o escolhido para a parte prática, deve ganhar foco com seu potencial acadêmico, onde os alunos projetariam o robô, o programariam e ainda podem ter a oportunidade de construir o sensor, o que prende a atenção do aluno e por ser um projeto tecnológico e prático, é algo que atinge uma grande gama de novos aficionados por tecnologias e até aqueles que não demonstram tanto interesse podem se interessar com um projeto pratico totalmente montado por eles, visto que se for um projeto acadêmico até o chassis pode ser confeccionado com peças avulsas ou até mesmo com sucatas de metal ou pedaços de madeiras abandonados.

O microcontrolador possui entradas e saídas de dados não utilizadas permitindo a expansão do número de sensores ou outros dispositivos para complemento do robô. O software também ainda pode ser melhorado, incluindo algoritmos para outros casos, quando a pista for mais complexa ou para determinar número de voltas e etc., já que o Arduíno possui memória disponível mesmo após o termino do projeto. Essas melhorias podem ser alcançadas de maneiras diversas, dando total liberdade para que a pessoa que quiser seguir com o projeto de o moldar da sua maneira, com seus próprios

AGRADECIMENTOS

Aos grupos de Pesquisas Institucional do IFBA campus Jacobina, Automação, Eficiência Energética e Produção e do campus Juazeiro, Eficiência Energética, Saúde e Segurança do Trabalho, Construção Civil e Tecnologias Limpas.

ISSN: 2595-1378

REFERÊNCIAS

GIOPPO, L. et al. **ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA:** MONOGRAFIA RELACIONADA AO PROJETO DE OFICINAS DE INTEGRAÇÃO II. 2009. 36 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia da Computação, Acadêmico de Eletrônica/informática, Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/msergio/portuguese/ensino-de-fisica/oficina-de-integracao-ii/oficina-de-integracao-ii/Monog-09-2-Seguidor-de-linha.pdf>. Acesso em: 21 set. 2016.

ROSÁRIO, João Maurício. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Prentice-Hall, 2005. 369p.

MONK, Simon. **Programação com Arduino**: começando com sketches. Porto Alegre: Bookman, 2013. 147 p.

CIPELLI, A. M. V.; CRUZ, E. C. A.; SANDRINI, W. J. **Teoria e Desenvolvimento de Proj de Circuitos Eletrônicos**. 23. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.