

Projeto de Bloco: Sistemas Robóticos [23E4_5]



TP - 9

Robô Seguidor de Linha Residencial: Automatizando o Cotidiano

<https://github.com/nagualcode/robolinha>

Frederico Flores

ÍNDICE

1 - Introdução.....	3
1.1 - Descrição Geral do Projeto.....	3
1.2 - Objetivo SMART.....	3
1.3 - Justificativa.....	3
1.4 - Premissas e Recursos.....	3
2 - Análise de Stakeholders.....	4
3 - Análise SWOT:.....	5
4 - Planejamento do Projeto.....	6
4.1 - Escopo e Metas:.....	6
4.3 - Aplicações:.....	6
4.4 - Limitações Previstas:.....	6
4.5 - Propostas de Implementações Futuras:.....	6
5 - Cronograma e Gestão:.....	7
5.1 - Cronograma Inicial do Projeto:.....	7
5.2 - Gráfico Gantt.....	7
6 - Prototipagem.....	8
6.1 - Lista de Materiais.....	8
6.2 - Diagrama Elétrico.....	9
6.3 - Diagrama Esquemático.....	10
7 - Programação.....	10
7.1 - Pseudocódigo.....	10
7.2 - Código Arduino.....	11
8 - Relatório de Execução.....	13
8.1 - de 20 de Fevereiro a 28 de Fevereiro: Compra de Peças.....	13
8.2 - de 01 de Março a 07 de Março: Projeto e Montagem do Chassi.....	13
8.3 - de 08 de Março a 14 de Março: Integração de Sensores e Desenvolvimento de Algoritmos.....	13
8.4 - 15 de Março a 20 de Março: Testes.....	14
8.6 - Comparativo do Cronograma:.....	14
8.7 - Dificuldades/Riscos:.....	15
9 - Conclusões.....	15
9.1. Resumo dos Resultados:.....	15
9.2. Discussão dos Resultados:.....	15
9.3. Contribuições do Projeto:.....	15
9.4. Limitações e Desafios:.....	16
9.5. Recomendações para Trabalhos Futuros:.....	16
9.6. Considerações Finais:.....	17

1 - Introdução

1.1 - Descrição Geral do Projeto

Este projeto Robô Seguidor de Linha Residencial: Automatizando o Cotidiano visa criar um robô seguidor de linha de tamanho compacto para uso residencial, com o objetivo de um protótipo para uma futura versão comercial em tamanho industrial. A inovação reside na aplicação de tecnologias de robótica de baixo custo, como sensores de IR, e sensor de Ultrassom e placa Arduino. O objetivo é desenvolver know-how de fabricação de um dispositivo capaz de auxiliar em tarefas cotidianas, como transporte de carga em galpões industriais e monitoramento de ambientes, onde a movimentação do robô acontece sem a necessidade de sensores de custo mais elevado, como LiDAR e câmeras.

1.2 - Objetivo SMART

Desenvolver um protótipo funcional de robô seguidor de linha residencial até o final de Março de 2024, capaz de seguir trajetórias pré-determinadas em ambientes internos.

1.3 - Justificativa

Este projeto é relevante, pois oferece uma solução prática e acessível para introduzir a automação em pequenos negócios. Sendo uma tecnologia simples, é fácil ajustar a rota do robô, desenhando a linha no chão com uma fita. E assim aumentar a automação de um processo fabril, por uma pequena fração de preço de um robô com sensores de localização.

1.4 - Premissas e Recursos:

- Premissas: Disponibilidade de componentes eletrônicos no mercado, conhecimento básico em eletrônica e programação.
-
- Recursos: Placa controladora Arduino, motores DC, sensores infravermelhos, materiais para construção do chassi, IDE Arduino, linguagem de programação Python.

Repositório de Código fonte: <https://github.com/nagualcode/robolinha>

2 - Análise de Stakeholders

Consumidores finais como:

1. Indústria Automotiva: Na fabricação de veículos, os robôs seguidores de linha podem ser usados em linhas de montagem para transportar peças ou montagens de um ponto a outro de forma precisa e automatizada.
2. Logística e Armazéns: Em armazéns e centros de distribuição, esses robôs podem ser empregados para transportar mercadorias entre diferentes áreas, otimizando o fluxo de trabalho e reduzindo a necessidade de mão de obra humana.
3. Manufatura em Geral: Em várias indústrias de manufatura, os robôs seguidores de linha podem ser usados para transportar materiais e produtos semi-acabados entre diferentes estações de trabalho, ajudando a otimizar o fluxo de produção.
4. Segurança e Vigilância: Em locais onde a segurança é crucial, como aeroportos, instalações militares ou prédios comerciais, os robôs seguidores de linha podem ser usados para patrulhar áreas designadas, monitorar atividades suspeitas e relatar incidentes em tempo real.

Fornecedores e insiders da indústria de automação como:

1. Fabricantes de componentes eletrônicos: Podem se beneficiar da demanda por sensores e placas controladoras.
2. Professores e entusiastas de robótica: Interessados em projetos educacionais e de hobby.

3 - Análise SWOT:

Forças (Strengths):

Tecnologia Acessível: Utilização de componentes eletrônicos de baixo custo e amplamente disponíveis no mercado.

Potencial de Mercado: Crescente demanda por dispositivos de automação industrial, proporcionando oportunidades de comercialização.

Flexibilidade de Aplicação: O robô pode ser adaptado para diversas tarefas, como entrega de objetos e monitoramento de ambientes.

Fraquezas (Weaknesses):

Limitações Técnicas: Restrições de carga útil devido ao tamanho compacto do robô e capacidade dos motores.

Dependência de Linhas Visuais: O funcionamento do robô depende da presença de linhas de contraste visual no ambiente.

Complexidade da Implementação: Desenvolvimento e calibração dos algoritmos de controle podem exigir mais tempo que o disponível para aperfeiçoamento.

Oportunidades:

Mercado em Crescimento: A demanda por dispositivos de automação residencial continua a crescer, oferecendo oportunidades de penetração no mercado.

Parcerias Estratégicas: Possibilidade de estabelecer parcerias com fabricantes de componentes eletrônicos e empresas de automação industrial.

Inovação Tecnológica: O projeto pode servir como plataforma para futuras inovações em robótica e automação industrial, abrindo caminho para novas oportunidades de negócios.

Ameaças:

Concorrência no Mercado: Possibilidade de surgimento de concorrentes com produtos similares a preços competitivos.

Mudanças Tecnológicas: Rápidas mudanças no campo da tecnologia podem tornar obsoletos os componentes utilizados no projeto, exigindo atualizações frequentes.

4 - Planejamento do Projeto

4.1 - Escopo e Metas:

1. Projeto e montagem do chassi do robô.
2. Integração de sensores para detecção de linha.
3. Desenvolvimento e implementação de algoritmos de controle para seguir a linha de forma autônoma na placa Arduino.
4. Testes de funcionamento e refinamento do protótipo.

4.2 - Escopo Detalhado:

O robô seguidor de linha industrial será projetado para operar em ambientes internos, seguindo trajetórias definidas por linhas de contraste visual. As especificações técnicas incluem:

- **Chassi:** Será construído utilizando plástico ABS em impressora 3d, proporcionando leveza e resistência.
- **Sensores:** Serão utilizados sensores infravermelhos para detecção de linhas e sensor de Ultrassom para evitar colisão frontal, garantindo precisão, confiabilidade e baixo custo.
- **Placa Controladora:** A placa Arduino UNO R3 será utilizada como controladora, fornecendo uma plataforma de desenvolvimento flexível e de baixo custo.
- **Motores:** Motores de corrente contínua (DC) serão empregados para a tração do robô, permitindo movimentos suaves e precisos.

4.3 - Aplicações:

Navegação autônoma em ambientes internos.

Entrega automatizada de objetos leves, como correspondências ou pequenos pacotes.

Monitoramento de ambientes residenciais.

4.4 - Limitações Previstas:

O robô será projetado para operar em superfícies planas e regulares, com linhas de contraste visual bem definidas.

Limitações de carga útil devido à capacidade dos motores e tamanho do chassi.

Dependência da iluminação ambiente para a detecção precisa da linha.

4.5 - Propostas de Implementações Futuras:

- Integração de sensores adicionais para evitar obstáculos e realizar mapeamento do ambiente.
- Desenvolvimento de uma interface de controle remoto para interação com o usuário.

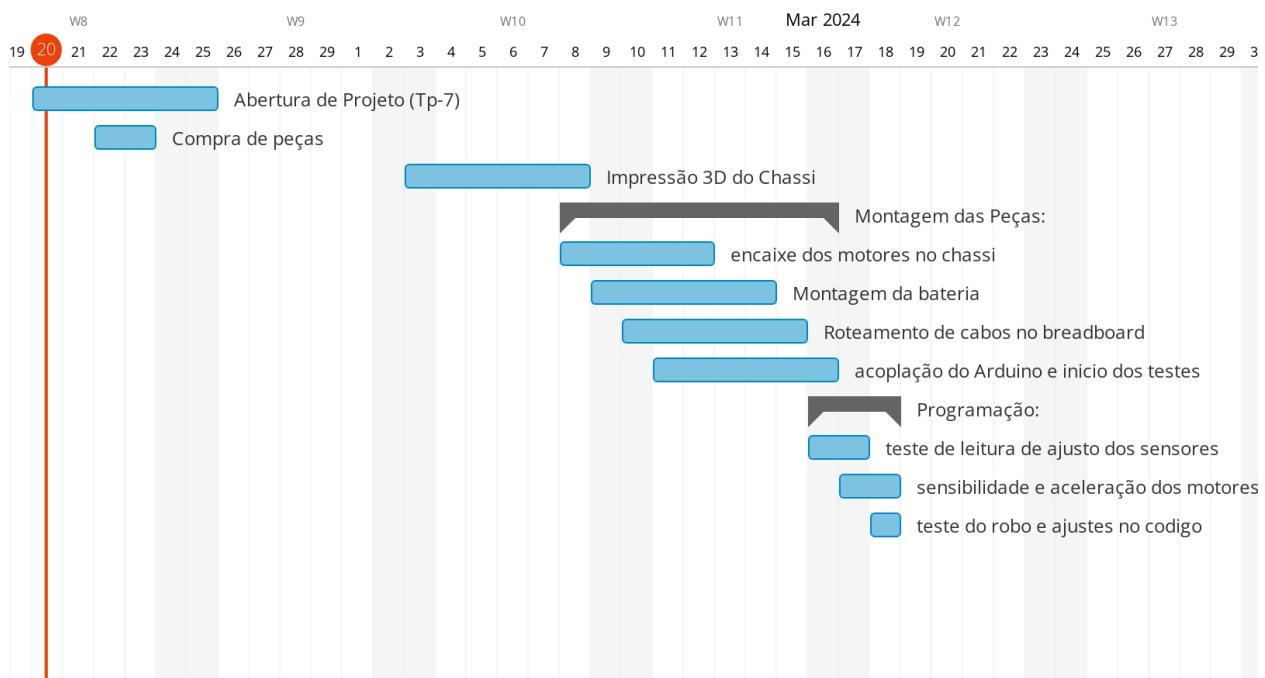
- Implementação de algoritmos de aprendizado de máquina para melhorar a precisão e adaptabilidade do robô em diferentes ambientes.

5 - Cronograma e Gestão:

5.1 - Cronograma Inicial do Projeto:

- 20/fev -> 28/fev: Compra de peças
- 01/Mar -> 07/mar: Projeto e montagem do chassi.
- 08/Mar -> 14/Mar: Integração de sensores, desenvolvimento e implementação de algoritmos, testes e refinamento do protótipo.
- 15/Mar -> 20/Mar: Testes
- 21/Mar a 28/Mar: Documentação e Apresentação

5.2 - Gráfico Gantt



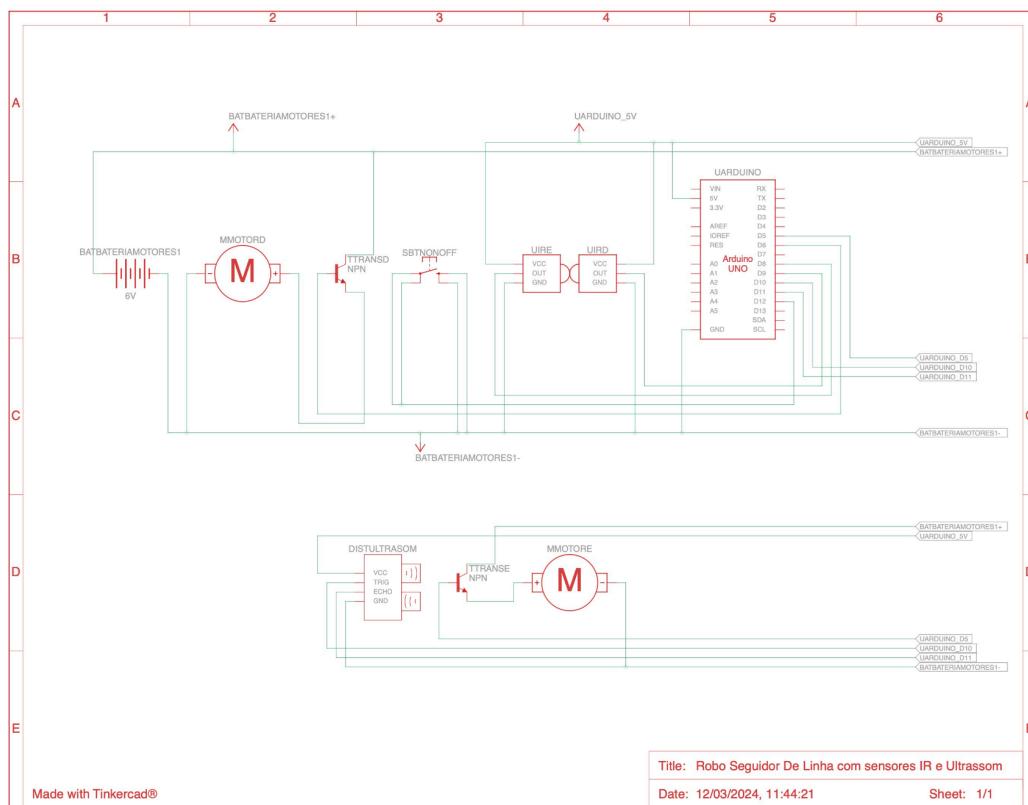
6 - Prototipagem

6.1 - Lista de Materiais

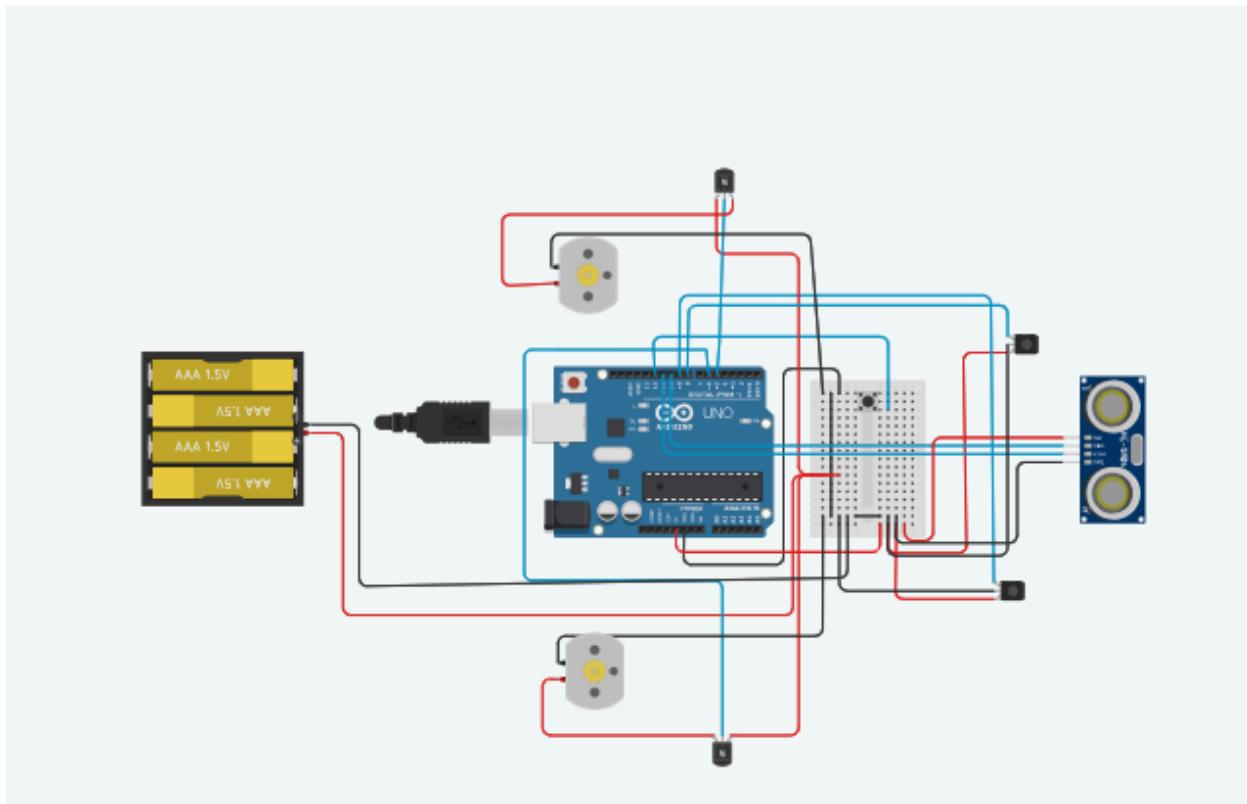
Componente	Especificação	Quantidade	Custo (BRL)
Chassi de ABS	Impresso em 3d	1	\$15
Arduino Uno R3	Placa controladora	1	\$50
Motores DC N20	6V, 100 RPM	2	\$15
Sensores Infravermelhos	TCRT5000	2	\$20
Rodas	2 rodas omnidirecionais, 2 rodas de suporte	-	\$15
Transistores	PNP	2	\$15
Breadboard	Pequena	1	\$40
Encaixe de baterias	para 4 AAA	1	\$20

Bateria 9V		1	\$20
Plug Bateria Arduino		1	\$5
Cabos conexao	coloridos	30	\$2

6.2 - Diagrama Elétrico



6.3 - Diagrama Esquemático



Disponível Online em:

<https://www.tinkercad.com/things/elk2yoNNw5u-robo-seguidor-de-linha-com-sensores-ir-e-ultrasom>

7 - Programação

7.1 - Pseudocódigo

- a) Leitura do estado do botão: É verificado se o botão foi pressionado ou liberado. Se detectado uma mudança de estado, uma mensagem é enviada para o monitor serial indicando se o movimento do robô está sendo iniciado ou parado.
- b) Parada do robô se o botão estiver desligado: Se o botão estiver desligado, os motores do robô são desligados e o programa retorna para o início do loop.
- c) Leitura dos sensores: Os sensores de linha e o sensor ultrassônico são lidos para obter informações sobre o ambiente ao redor do robô.

- d) Controle de velocidade com feedback: Com base nas leituras dos sensores, são tomadas decisões sobre as velocidades dos motores para evitar obstáculos e seguir um percurso. Se um objeto estiver muito próximo, os motores são completamente desligados para parar o robô. Se houver um obstáculo à esquerda, o robô vira para a direita e vice-versa.
- e) Aceleração gradativa dos motores: As velocidades dos motores são ajustadas gradualmente para evitar movimentos bruscos, o que é feito através de um loop que aumenta gradualmente a velocidade dos motores.

7.2 - Código Arduino

```
#include <Arduino.h>

// Definição dos pinos
const int sensorEsquerdo = 8;
const int sensorDireito = 9;
const int trigPin = 10;
const int echoPin = 11;
const int transistorEsquerdo = 6;
const int transistorDireito = 5;
const int botaoPin = 12;

// Variáveis
bool estadoBotao = false;
bool estadoBotaoAnterior = false;
long duracao, distancia;
float velocidadeEsquerda, velocidadeDireita;

// Função para configurar os pinos
extern "C" void setup() {
    pinMode(sensorEsquerdo, INPUT);
    pinMode(sensorDireito, INPUT);
    pinMode(transistorEsquerdo, OUTPUT);
    pinMode(transistorDireito, OUTPUT);
    pinMode(trigPin, OUTPUT);
    pinMode(echoPin, INPUT);
    pinMode(botaoPin, INPUT_PULLUP);
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("Inicialização completa. Aguardando botão de controle...");
}

// Função principal
extern "C" void loop() {
    // Leitura do estado do botão
    bool botaoPressionado = digitalRead(botaoPin) == LOW;
    if (botaoPressionado && !estadoBotaoAnterior) {
        estadoBotao = !estadoBotao;
        if (estadoBotao) {
            Serial.println("Botão de controle pressionado. Iniciando movimento do robô...");
        } else {
            Serial.println("Botão de controle liberado. Parando movimento do robô...");
        }
    }
    estadoBotaoAnterior = botaoPressionado;
}
```

```

// Se o botão estiver desligado, pare o robô
if (!estadoBotao) {
    digitalWrite(transistorEsquerdo, LOW);
    digitalWrite(transistorDireito, LOW);
    return;
}

// Leitura dos sensores
int leituraEsquerda = digitalRead(sensorEsquerdo);
int leituraDireita = digitalRead(sensorDireito);

// Leitura do sensor ultrassônico
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duracao = pulseIn(echoPin, HIGH);
distancia = (duracao / 2) / 29.1; // Conversão para cm
Serial.print("Distância medida pelo sensor ultrassônico: ");
Serial.print(distancia);
Serial.println(" cm");

// Controle de velocidade com feedback
velocidadeEsquerda = 100;
velocidadeDireita = 100; // Velocidade inicial (50% da capacidade)
if (distancia < 10) { // Se um objeto estiver próximo, freie o robô
    velocidadeEsquerda = velocidadeDireita = 0;
    Serial.println("Objeto detectado próximo. Freando o robô...");
} else if (leituraEsquerda == HIGH && leituraDireita == LOW) {
    // Obstáculo à esquerda, virar para a direita
    velocidadeEsquerda = 0;
    velocidadeDireita = 100;
    Serial.println("Obstáculo detectado à esquerda. Virando para a direita...");
} else if (leituraEsquerda == LOW && leituraDireita == HIGH) {
    // Obstáculo à direita, virar para a esquerda
    velocidadeEsquerda = 100;
    velocidadeDireita = 0;
    Serial.println("Obstáculo detectado à direita. Virando para a esquerda...");
}

// Aceleração gradativa e suave dos motores
for (int i = 0; i < 10; i++) {
    analogWrite(transistorEsquerdo, velocidadeEsquerda * i / 10);
    analogWrite(transistorDireito, velocidadeDireita * i / 10);
    delay(10);
}
}

```

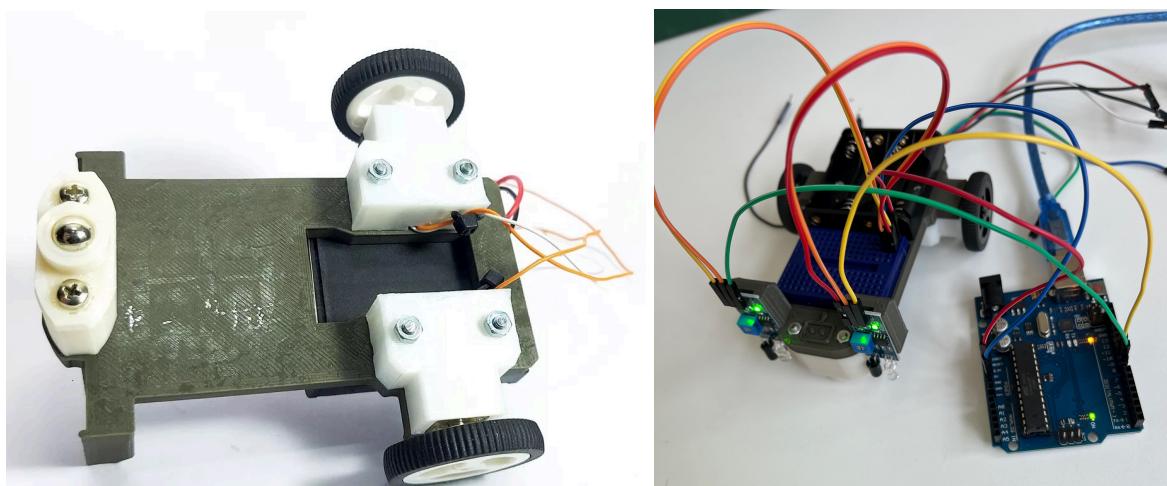
8 - Relatório de Execução

8.1 - de 20 de Fevereiro a 28 de Fevereiro: Compra de Peças

Durante esta fase inicial do projeto, concentrei meus esforços na pesquisa e aquisição de todas as peças necessárias para o projeto. Encontrei uma opção de chassi já impresso em 3D no site da <https://www.conectabit.com.br/>. Foram comprados todos os componentes necessários como os motores N20, sensores IR, ultrassom, baterias e cabos.

8.2 - de 01 de Março a 07 de Março: Projeto e Montagem do Chassi

Nesta etapa, foquei no projeto e montagem do chassi do robô. Um desafio encontrado durante esta fase foi a necessidade de ajustes no projeto do chassi para acomodar corretamente todos os componentes e garantir um equilíbrio adequado. Esses encaixes foram realizados com sucesso, porém, consumiram mais tempo do que o inicialmente previsto.



8.3 - de 08 de Março a 14 de Março: Integração de Sensores e Desenvolvimento de Algoritmos

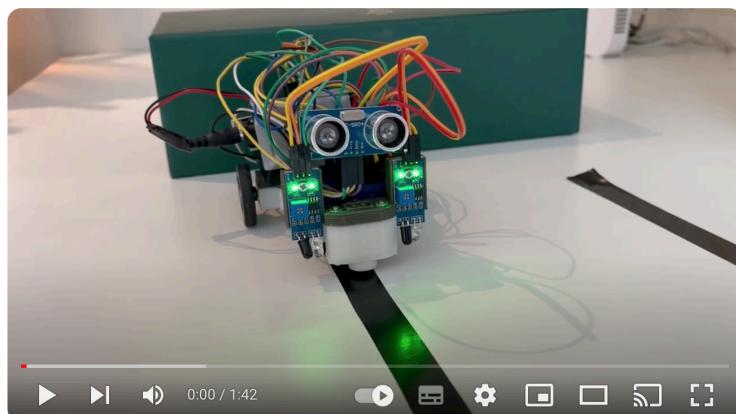
Nesta fase, integrei os sensores IR e ultrassônico ao chassi e desenvolvi os algoritmos necessários para o controle dos motores com base nas leituras dos sensores. Um

desafio significativo encontrado nesta etapa foi a calibração dos sensores IR para garantir leituras precisas e consistentes. Além disso, o desenvolvimento dos algoritmos de controle exigiu várias iterações para alcançar o desempenho desejado. Uma dificuldade encontrada durante esta fase foi o mau funcionamento dos transistores. Então me deparei com o fato de estar utilizando transistores errados, do tipo NPN, então pude compreender que eu necessitava de transistores do tipo PNP para meu projeto, que então foram comprados novos.

8.4 - 15 de Março a 20 de Março: Testes

Nos testes práticos do robô, verifiquei sua capacidade de seguir uma linha pré definida e responder a obstáculos detectados pelo sensor ultrassônico, indicando que os objetivos do projeto foram atingidos.

Uma captura de vídeo do funcionamento do robô está disponível em:



https://youtu.be/g9j2-MSI_kg

8.6 - Comparativo do Cronograma:

Em cada etapa do cronograma, houve variações temporais decorrentes de desafios encontrados durante a execução do projeto. No entanto, essas variações foram gerenciáveis e não comprometeram significativamente o progresso geral do projeto. O comparativo entre o cronograma inicial e o atual revela uma distribuição equilibrada das atividades ao longo do tempo, demonstrando uma gestão eficiente do projeto e a capacidade de adaptação às mudanças necessárias.

8.7 - Dificuldades/Riscos:

Durante todo o processo de desenvolvimento, encontrei diversos desafios e riscos que foram previstos e outros que surgiram inesperadamente. As principais dificuldades incluíram a disponibilidade de peças, a calibração dos sensores e o desenvolvimento dos algoritmos de controle.

Também com relação a construção do chassis, é possível notar que o peso das baterias e outros componentes não estão igualmente distribuídos, por falta de mais espaço. Assim o robô exibe uma tendência de andar para a esquerda. O seu sistema de seguir linha, corrige a direção. Porém uma possível melhoria seria desenvolver o novo chassi para distribuir melhor o peso.

9 - Conclusões

9.1. Resumo dos Resultados:

O projeto "Robô Seguidor de Linha Residencial: Automatizando o Cotidiano" foi concluído com sucesso, resultando na criação de um protótipo funcional capaz de seguir linhas predefinidas em ambientes internos. O robô foi construído com materiais de baixo custo, utilizando componentes eletrônicos de fácil acesso no mercado.

9.2. Discussão dos Resultados:

O protótipo desenvolvido demonstrou a viabilidade de construir um robô seguidor de linha com baixo custo e alta capacidade de adaptação a diferentes ambientes. O robô se mostrou eficiente em seguir linhas predefinidas, mesmo em superfícies irregulares e com diferentes níveis de iluminação.

9.3. Contribuições do Projeto:

O projeto apresenta as seguintes contribuições:

Desenvolvimento de um protótipo funcional de baixo custo: O robô foi construído utilizando materiais de baixo custo e componentes eletrônicos facilmente encontrados no mercado, tornando-o acessível para uma ampla gama de usuários.

Implementação de algoritmos de controle eficientes: O robô utiliza algoritmos de controle robustos que permitem seguir linhas predefinidas com alta precisão, mesmo em ambientes com obstáculos e mudanças de iluminação.

Potencial para aplicações diversas: O robô pode ser utilizado em diversas aplicações, como transporte de objetos em ambientes residenciais, monitoramento de ambientes e auxílio em tarefas cotidianas.

9.4. Limitações e Desafios:

O projeto também apresentou algumas limitações e desafios:

Calibração dos sensores: A calibração dos sensores infravermelhos foi um processo desafiador, devido à sensibilidade à luz ambiente e à necessidade de ajuste fino para garantir a leitura precisa da linha.

Desenvolvimento de algoritmos de navegação mais complexos: O robô ainda não possui a capacidade de navegar autonomamente em ambientes complexos, com obstáculos e mudanças bruscas de direção.

Integração de outros sensores e dispositivos: O projeto se concentrou no desenvolvimento do seguidor de linha, mas outras funcionalidades podem ser adicionadas no futuro, como sensores de distância e sistemas de comunicação.

9.5. Recomendações para Trabalhos Futuros:

Com base nos resultados do projeto, as seguintes pesquisas e desenvolvimentos futuros são recomendados:

Aprimoramento dos algoritmos de controle: Implementar algoritmos mais robustos para lidar com diferentes tipos de linhas e ambientes, além de otimizar a velocidade e a precisão do robô.

Desenvolvimento de algoritmos de navegação autônoma: Implementar algoritmos que permitam ao robô navegar autonomamente em ambientes complexos, mapeando o ambiente e evitando obstáculos.

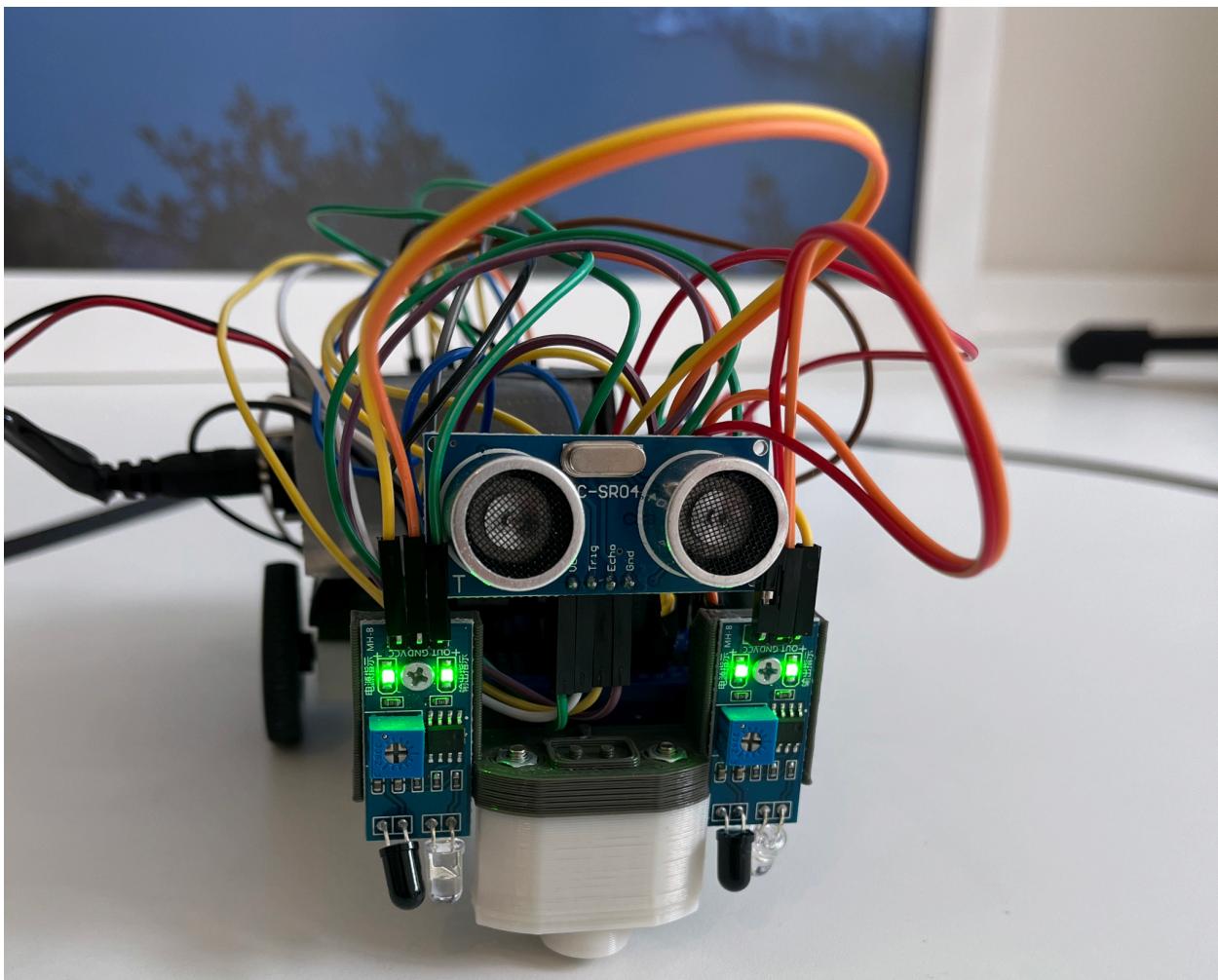
Design do chassi: Um novo design de chassi que distribua melhor o peso das baterias é desejável em uma futura versão.

Integração de outros sensores e dispositivos: Adicionar outros sensores, como sensores de distância e câmeras, para aumentar a capacidade de percepção do robô e permitir a realização de tarefas mais complexas.

Estudo de viabilidade comercial: Avaliar a viabilidade comercial do robô, incluindo a análise de custos de produção, mercado-alvo e estratégias de marketing.

9.6. Considerações Finais:

O projeto "Robô Seguidor de Linha Residencial: Automatizando o Cotidiano" foi um sucesso, demonstrando o potencial da robótica para automatizar tarefas cotidianas em ambientes residenciais. O protótipo desenvolvido serve como base para pesquisas e desenvolvimentos futuros, com o objetivo de criar robôs mais inteligentes, autônomos e acessíveis para a população.



18/Março/2024.