

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
PAULA SOUZA (CPS)
ETEC Jorge Street
Mecatrônica**

**Breno Rubelo Quitério
Guilherme Melo Freitas
Henrique Moreno Cardoso da Costa
Marcos Vinicius Lio do Nascimento
Renato Botelho Reis Marques
Thiago Juan Guimarães de Lima**

Mecarrinho de Transporte

São Paulo

2024

Breno Rubelo Quitério
Guilherme Melo Freitas
Henrique Moreno Cardoso da Costa
Marcos Vinicius Lio do Nascimento
Renato Botelho Reis Marques
Thiago Juan Guimarães de Lima

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso Técnico em
Mecatrônica da ETEC Jorge Street
orientado pela Professora Cristina de
Moura Ramos, como requisito parcial
para obtenção do título técnico em
Mecatrônica.

Mecarrinho de Transporte

São Paulo

2024

Dedicatória

Dedicamos este trabalho às nossas famílias, que estiveram ao nosso lado em cada etapa, oferecendo apoio incondicional e motivação para seguirmos em frente. O carinho e o suporte que recebemos tornaram esta jornada mais leve e significativa. Aos nossos amigos, que nos deram incentivo e proporcionaram momentos de descontração e alívio, somos profundamente gratos. Vocês foram peças fundamentais ao longo de todo o processo.

Também gostaríamos de expressar nossa gratidão aos professores da Etec Jorge Street, que com dedicação e paciência compartilharam seu conhecimento e nos orientaram para que pudéssemos desenvolver nosso projeto. Este trabalho é reflexo do aprendizado e dos valores transmitidos por vocês. Dedicamos este projeto a todos que, de alguma forma, contribuíram para que chegássemos até aqui.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer, primeiramente, a todos os professores do curso técnico de Mecatrônica da Etec Jorge Street, que nos guiaram e incentivaram durante cada fase deste projeto. Seus ensinamentos e orientações foram fundamentais para que alcançássemos nossos objetivos.

Agradecemos, também, aos nossos pais, que sempre nos apoiaram com paciência, amor e força. Sem o suporte emocional e material de vocês, este trabalho teria sido muito mais desafiador. Cada gesto de apoio foi essencial para que pudéssemos concluir com êxito esta etapa.

Nosso sincero obrigado a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

"O Brasil tem um potencial tecnológico imenso, e é na educação e na inovação que construiremos um futuro mais eficiente e sustentável."
— Ozires Silva, fundador da Embraer.

Resumo em Idioma Nacional

O presente trabalho descreve o desenvolvimento do projeto intitulado "Mecarrinho de Transporte", um robô seguidor de linha que visa otimizar o transporte de pequenas cargas entre células de produção dentro da indústria. O objetivo do projeto é automatizar parte do processo logístico da indústria, aumentando a eficiência dos operadores e melhorando o fluxo de trabalho. Utilizando sensores infravermelhos, um sistema ESP32 e uma estrutura capaz de carregar até 15 kg, o robô segue trajetos pré-determinados, desviando de obstáculos e transportando cargas de forma autônoma quando acionado pelos operadores. O projeto foi desenvolvido com base nas demandas atuais de automação industrial e busca solucionar problemas relacionados ao tempo gasto por operadores em tarefas logísticas. Este trabalho também explora as possibilidades de melhorias futuras, como o aumento da autonomia e da capacidade de carga do robô.

Resumo em Idioma Estrangeiro

This paper describes the development of the project entitled "Transport Mecarrinho," a line-following robot designed to optimize the transport of small loads between production cells within the industry. The project's goal is to automate part of the industry's logistics process, increasing operator efficiency and improving workflow. Using infrared sensors, an ESP32 system, and a structure capable of carrying up to 15 kg, the robot follows pre-determined paths, avoiding obstacles and transporting loads autonomously when triggered by operators. The project was developed based on current industrial automation demands and seeks to solve problems related to the time spent by operators on logistical tasks. The development faced technical challenges, such as the replacement of electronic components, which were overcome throughout the process. This work also explores future improvement possibilities, such as increasing the robot's autonomy and load capacity.

Lista de ilustrações

Imagem 1: Logo	11
Imagem 2: Módulo Sensor Infravermelho IR TCRT5000	18
Imagem 3: L298N Ponte H Dupla Driver Motor	19
Imagem 4: Módulo Sensor Ultrassônico HC-SR04	19
Imagem 5: Kit Bateria 18650 Li-ion 8800mAh	20
Imagem 6: Regulador de Tensão e Corrente XL4015	20
Imagem 7: ESP32	21
Imagem 8: Kit Carregador Duplo + 2 Baterias de Lítio 18650	21
Imagem 9: Placa Dupla 4WD Omni Mecanum Roda Car Kit, Motor Encoder para Arduino/Raspberry Pi	22
Imagem 10: Movimentação de carga	23
Imagem 11: Mecarrinho de transporte	24

Lista de tabelas

Tabela 1: Cronograma	26
Tabela 2: Custos	27

Sumário

Dedicatória	3
Agradecimentos	4
Resumo em Idioma Nacional	6
Resumo em Idioma Estrangeiro	6
Lista de ilustrações	7
Lista de tabelas	8
Introdução	11
Pesquisas	12
Pesquisa 1: A Automação Industrial no Brasil e o Uso de Robôs Seguidores de Linha	12
Pesquisa 2: Impacto da Indústria 4.0 no Mercado de Trabalho brasileiro .	13
Pesquisa 3: Tecnologias Emergentes na Automação Industrial e Seus Benefícios	14
Objetivos do Projeto	15
Objetivos Específicos	15
Objetivos Acadêmicos	15
Justificativa	16
Importância Tecnológica	16
Importância Social	16
Desenvolvimento	17
Inspirações do projeto	17
Robôs AGV (Automated Guided Vehicles)	17
Kiva Systems	17
Materiais	18
Funcionamento Passo a Passo do "Mecarrinho de Transporte"	23
1. Preparação do Sistema	23
2. Ajuste da Rota	23
3. Movimentação e Transporte de Carga	23
4. Execução de Tarefas Específicas	24
Cronograma do Projeto "Mecarrinho de Transporte"	25
.	26
Custos	26
Conclusão	28
Possíveis Futuras Melhorias	28

Integração de Navegação Avançada	28
Uso de Sensores LiDAR ou Câmeras	28
Sistema de Carregamento Automático	28
Aumento da Capacidade de Carga.....	28
Autonomia e Eficiência Energética	28
Interface de Controle Remoto.....	28
Monitoramento de Saúde do Sistema	28
Agradecimentos e Encerramento.....	29
Referencias.....	30

Introdução

A indústria moderna está em constante transformação, impulsionada pela automação e pela busca por eficiência em processos produtivos. Entre as inovações que se destacam nesse cenário, os sistemas autônomos e semiautônomos, como os robôs seguidores de linha, surgem como soluções viáveis para otimizar o transporte interno de materiais. Esses sistemas têm a capacidade de reduzir o tempo necessário para a movimentação de cargas, diminuir o esforço físico dos trabalhadores e aumentar a produtividade de forma significativa.

O projeto "Mecarrinho de Transporte" insere-se nesse contexto de automação industrial, propondo uma solução prática para o transporte de pequenas cargas entre diferentes células de uma linha de produção. Com a utilização de sensores infravermelhos, motores e microcontroladores, o robô segue trajetos pré-definidos, transportando cargas de até 15 kg com eficiência e segurança.

O objetivo principal deste projeto é desenvolver um robô capaz de automatizar o transporte de cargas leves na indústria, facilitando o trabalho dos operadores e otimizando o tempo de produção. O "Mecarrinho de Transporte" atua sob demanda, sendo acionado pelos operadores sempre que necessário, e contribui para a redução do esforço físico dos trabalhadores, que podem focar em suas atividades principais sem interrupções.

Neste trabalho, serão detalhados os materiais utilizados, o funcionamento do robô, os desafios enfrentados durante o desenvolvimento, bem como os benefícios e melhorias potenciais que podem ser implementadas futuramente. O projeto foi desenvolvido por uma equipe de alunos do curso técnico de Mecatrônica da Etec Jorge Street, com o objetivo de aplicar os conhecimentos adquiridos em sala de aula e criar uma solução funcional para um problema real da indústria.

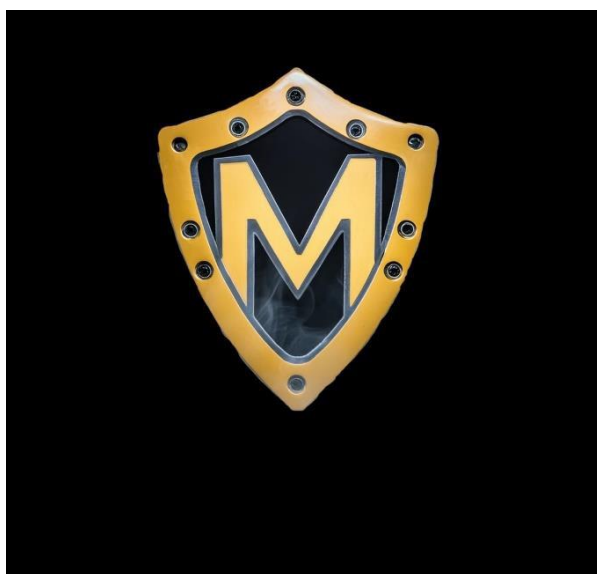


Imagem 1
Autoria própria

Pesquisas

Pesquisa 1: A Automação Industrial no Brasil e o Uso de Robôs Seguidores de Linha

A automação industrial vem desempenhando um papel crucial no aumento da produtividade e competitividade das empresas no Brasil. Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), cerca de 48% das indústrias no país já adotam algum nível de automação em seus processos produtivos, o que reflete a crescente demanda por soluções que permitam otimizar o trabalho manual, reduzir erros humanos e aumentar a eficiência geral das operações. A automação, associada à Indústria 4.0, tem sido impulsionada pela necessidade de modernização, uma vez que a indústria nacional enfrenta desafios como alta carga tributária, elevados custos operacionais e concorrência global.

Uma das soluções emergentes para o transporte de materiais dentro de fábricas e armazéns é o uso de robôs seguidores de linha. Estes robôs são equipados com sensores infravermelhos, como o TCRT5000, que detectam e seguem faixas ou linhas marcadas no chão. Eles são capazes de se deslocar de forma autônoma, seguindo trajetos predeterminados, transportando cargas de até 15 kg com segurança e precisão. Combinados com controladores como o ESP32, esses robôs oferecem um nível adicional de controle e adaptação, permitindo que operem em diferentes ambientes industriais.

O uso de robôs seguidores de linha na indústria proporciona diversas vantagens em termos de eficiência operacional. Por exemplo, eles podem ser programados para operar em horários específicos, melhorando o fluxo de materiais entre diferentes células de produção e evitando gargalos no processo produtivo. Além disso, o transporte autônomo de cargas reduz o tempo que os trabalhadores gastam deslocando materiais de um lugar para outro, permitindo que se concentrem em tarefas mais complexas e de maior valor agregado. Estudos mostram que a adoção de tecnologias de automação, como robôs móveis, pode aumentar em até 30% a eficiência das operações logísticas internas.

A automação industrial com robôs seguidores de linha está transformando o modo como as fábricas operam no Brasil. Com a tendência de crescimento do setor de automação, é esperado que mais indústrias adotem soluções desse tipo para otimizar seus processos, reduzir custos e aumentar sua competitividade no cenário global.

Pesquisa 2: Impacto da Indústria 4.0 no Mercado de Trabalho brasileiro

A chegada da Indústria 4.0 está revolucionando não apenas os processos produtivos, mas também o mercado de trabalho no Brasil. Caracterizada pela integração de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA), big data e robótica avançada, essa nova fase industrial tem criado demandas por competências técnicas e gerado discussões sobre o futuro do emprego no país.

Dados da Associação Brasileira de Automação (GS1 Brasil) indicam que o Índice de Automação Industrial no Brasil cresceu 2% em 2020, atingindo 0,305. Esse índice reflete o grau de automação das empresas brasileiras, e esse crescimento mostra que mais indústrias estão investindo em tecnologias automatizadas para aumentar sua competitividade. No entanto, a transformação digital também está redefinindo as qualificações necessárias para o mercado de trabalho. Estima-se que até 2030, cerca de 9 milhões de empregos no Brasil serão impactados pela automação, conforme um estudo realizado pela consultoria McKinsey & Company.

O impacto mais evidente da Indústria 4.0 no mercado de trabalho é a substituição de tarefas repetitivas e manuais por processos automatizados. Robôs, algoritmos e sistemas de IA são capazes de realizar tarefas com mais rapidez e precisão, o que pode levar à eliminação de alguns postos de trabalho. No entanto, a automação também está criando oportunidades, especialmente em áreas que exigem habilidades técnicas avançadas, como programação, manutenção de sistemas automatizados e análise de dados. A demanda por profissionais capacitados em robótica, inteligência artificial e redes de IoT está em crescimento, e muitas empresas estão enfrentando dificuldades para encontrar trabalhadores com essas qualificações.

Apesar dos avanços, a transição para a Indústria 4.0 também levanta questões sociais e econômicas. O processo de automação pode aprofundar as desigualdades se não houver políticas públicas eficazes para a requalificação de trabalhadores. Assim, é essencial que o governo e as empresas invistam em programas de educação continuada e capacitação para preparar a força de trabalho para o futuro.

Pesquisa 3: Tecnologias Emergentes na Automação Industrial e Seus Benefícios

A automação industrial vem evoluindo de maneira significativa nos últimos anos, impulsionada por novas tecnologias que permitem um controle mais preciso, eficiente e seguro dos processos produtivos. No centro dessa transformação estão três tecnologias emergentes: a robótica colaborativa, a Internet das Coisas (IoT) e a inteligência artificial (IA), todas integradas no conceito de Indústria 4.0.

A robótica colaborativa, também conhecida como "cobots", vem ganhando espaço nas fábricas brasileiras. Diferente dos robôs tradicionais, os cobots são projetados para trabalhar lado a lado com os seres humanos, compartilhando o mesmo espaço e executando tarefas complementares. Eles são equipados com sensores avançados que garantem a segurança dos trabalhadores, podendo detectar movimentos humanos e parar imediatamente em caso de proximidade excessiva. Empresas que implementaram cobots relataram um aumento na produtividade sem comprometer a segurança dos funcionários. Um estudo da International Federation of Robotics (IFR) apontou que o uso de robôs colaborativos pode reduzir o tempo de ciclo de produção em até 30%, além de reduzir os custos operacionais.

Outra tecnologia que vem ganhando destaque é a Internet das Coisas (IoT), que permite que máquinas, dispositivos e sistemas estejam interconectados, trocando informações em tempo real. Isso possibilita um monitoramento constante dos processos produtivos, permitindo ajustes imediatos e prevenindo falhas. A IoT também facilita a análise de grandes volumes de dados, o que torna a produção mais eficiente e reduz desperdícios. Um exemplo comum de aplicação da IoT na indústria é o monitoramento de máquinas em tempo real, onde sensores detectam anomalias de desempenho e enviam alertas antes que ocorram quebras ou falhas.

Por fim, a inteligência artificial tem se mostrado uma ferramenta poderosa na automação industrial, principalmente no campo da manutenção preditiva. A IA pode analisar dados de sensores e prever quando uma máquina precisará de manutenção, o que reduz paradas não planejadas e melhora a eficiência geral. Um relatório da McKinsey & Company indica que a IA aplicada à manutenção preditiva pode reduzir os custos de manutenção em até 40%.

A combinação dessas tecnologias emergentes na automação industrial oferece uma série de benefícios, como a redução de custos operacionais, aumento da produtividade e melhoria na qualidade dos produtos. No entanto, para que essas tecnologias sejam eficazmente implementadas, é necessário um alto nível de investimento em infraestrutura tecnológica e capacitação da força de trabalho.

Objetivos do Projeto

O objetivo principal deste projeto é desenvolver um robô seguidor de linha utilizando um ESP32, destinado ao transporte de pequenas cargas dentro de ambientes industriais. O projeto visa automatizar parte do processo logístico da indústria, aumentando a eficiência e reduzindo o tempo gasto com o transporte manual de materiais. A implementação desse sistema trará vantagens significativas em termos de otimização de processos, redução de erros humanos e aumento da produtividade no ambiente industrial.

Objetivos Específicos

1. **Desenvolver um robô seguidor de linha capaz de transportar pequenas cargas (até 15 kg)**, utilizando sensores infravermelhos TCRT5000 e o microcontrolador ESP32 para controle e automação do movimento.
2. **Integrar sensores de distância ultra-sônicos (HC-SR04) para detecção de obstáculos**, proporcionando maior segurança ao robô durante suas operações e evitando colisões indesejadas.
3. **Programar o robô para seguir um trajeto pré-determinado**, de forma eficiente e precisa, utilizando os módulos sensores de linha para garantir o correto posicionamento e direcionamento.
4. **Avaliar o desempenho do robô em diferentes tipos de terrenos industriais**, como pisos irregulares e obstáculos comuns em fábricas, garantindo a robustez e confiabilidade do sistema.
5. **Desenvolver uma interface simples de controle e monitoramento** para facilitar a interação dos operadores com o robô, incluindo o controle de acionamento e diagnóstico de falhas.

Objetivos Acadêmicos

1. **Desenvolver habilidades práticas e teóricas adquiridas durante os três anos do curso técnico em Mecatrônica**, aplicando conhecimentos adquiridos em áreas como programação de microcontroladores, automação, eletrônica e robótica.
2. **Mostrar a capacidade de integrar conhecimentos de diferentes disciplinas**, como circuitos eletrônicos, programação, controle e automação, para o desenvolvimento de um sistema funcional e eficiente.
3. **Demonstrar autonomia e capacidade de resolução de problemas técnicos** durante o desenvolvimento do projeto, desde o planejamento até a execução, enfrentando desafios e implementando soluções criativas e eficazes.
4. **Exibir a capacidade de trabalhar em equipe**, coordenando com outros membros do projeto, desenvolvendo a comunicação e a colaboração entre os envolvidos, enquanto se mantém o foco nos objetivos fixados.

Justificativa

O "Mecarrinho de Transporte" foi desenvolvido para otimizar o transporte de pequenas cargas dentro das indústrias, uma tarefa geralmente realizada manualmente pelos operadores. Este processo tradicional consome tempo, aumenta o cansaço dos trabalhadores e pode levar a erros. Com a automação do transporte utilizando um robô seguidor de linha, o projeto visa melhorar a eficiência e segurança, economizando tempo e permitindo que os operadores se concentrem em tarefas mais especializadas. A utilização de tecnologias acessíveis, como o ESP32 e sensores infravermelhos, torna o projeto viável e eficaz para o ambiente industrial.

Importância Tecnológica

O "Mecarrinho de Transporte" aplica tecnologias como o ESP32, sensores infravermelhos TCRT5000 e o sensor ultrassônico HC-SR04 para automatizar o transporte dentro das indústrias. Essas tecnologias são acessíveis e oferecem uma solução eficaz para otimizar o fluxo de trabalho, reduzindo o trabalho manual e aumentando a produtividade. O projeto demonstra como soluções simples podem melhorar a eficiência industrial, servindo de base para futuras inovações em automação e robótica.

Importância Social

Este projeto contribui para a melhoria das condições de trabalho na indústria, ao reduzir o esforço físico necessário para transportar materiais pesados. Isso não apenas melhora a qualidade de vida dos operadores, mas também aumenta a segurança no ambiente de trabalho, minimizando o risco de acidentes. A automação do transporte também permite que os trabalhadores se concentrem em tarefas mais qualificadas, promovendo um ambiente de trabalho mais eficiente e saudável.

Desenvolvimento

Inspirações do projeto

Robôs AGV (Automated Guided Vehicles)

Os robôs AGV (Automated Guided Vehicles) são veículos autônomos projetados para transportar materiais de forma eficiente dentro de um ambiente industrial ou armazém. Eles operam sem a necessidade de operadores humanos, utilizando sistemas de navegação baseados em sensores e trilhas físicas ou digitais. Os AGVs são programados para seguir rotas predefinidas ou responder dinamicamente a mudanças no ambiente, o que os torna ideais para a automação logística. Esses sistemas são amplamente adotados por empresas como Amazon, Alibaba e Toyota, que implementam AGVs em suas operações de armazenamento e distribuição para otimizar o fluxo de trabalho e reduzir custos com mão-de-obra e erros humanos.

Um dos principais benefícios do uso de robôs AGV é a capacidade de operar continuamente, 24 horas por dia, o que aumenta significativamente a eficiência e a produtividade. Eles também contribuem para a melhoria da segurança, já que minimizam o risco de acidentes ao transportar materiais pesados e frequentemente perigosos. Além disso, os AGVs podem ser facilmente integrados com outros sistemas de automação, como controles de estoque e sistemas de gerenciamento de armazém, oferecendo uma solução robusta para grandes operações industriais e de logística.

O uso de AGVs está se expandindo à medida que a indústria busca maior eficiência e redução de custos, com os robôs se tornando cada vez mais acessíveis para empresas de diferentes portes.

Kiva Systems

O projeto "Mecarrinho de Transporte" é inspirado em inovações como o Kiva Systems, um sistema de robôs autônomos que transformou a automação de armazéns. O Kiva, agora parte da Amazon, usa robôs móveis para movimentar mercadorias dentro de centros de distribuição, otimizando o espaço e acelerando os processos logísticos. Ao automatizar o transporte de materiais, esses robôs diminuem a necessidade de trabalho manual e aumentam a eficiência operacional, características essenciais para a automação no setor de logística.

Além disso, universidades como a Carnegie Mellon têm se destacado em pesquisas sobre robôs móveis em ambientes industriais. Seus projetos de robôs móveis autônomos têm como objetivo melhorar o transporte de materiais de forma eficiente, sem interromper o fluxo de trabalho dos operadores. Inspirado por esses avanços acadêmicos, o "Mecarrinho de Transporte" incorpora sensores infravermelhos e ultrassônicos, que são tecnologias amplamente usadas em robôs industriais para melhorar a navegação e evitar obstáculos. Esses exemplos de sistemas de robôs móveis autônomos oferecem uma base sólida para a criação de soluções de transporte automatizado simples e acessíveis

Materiais

Esses componentes, quando combinados, tornam o "Mecarrinho de Transporte" capaz de seguir linhas, transportar cargas de até 15kg e desviar de obstáculos de forma eficiente dentro do ambiente industrial. A escolha dos materiais foi baseada na busca por soluções acessíveis e de alto desempenho, adequadas para o desenvolvimento do robô.

Cabo Wire Jumper 20cm 40 Fios Macho-Macho e Macho-Fêmea: São cabos flexíveis usados para fazer conexões elétricas entre os componentes do robô, como o ESP32, sensores e motores. Eles são essenciais para facilitar a montagem e a comunicação entre as partes eletrônicas.

Suporte Case 4 Pilhas Bateria 18650 em Série com Rabicho: Um suporte que acomoda as baterias de lítio 18650, fornecendo a energia necessária para alimentar os componentes eletrônicos do robô, como o ESP32 e os motores.

Módulo Sensor Infravermelho IR TCRT5000: Um sensor utilizado para detectar a linha no chão, permitindo que o robô siga o trajeto de maneira autônoma. Ele emite luz infravermelha e detecta o reflexo para identificar a linha e ajustar o movimento do robô.



Imagem 2
Shopee.com

L298N Ponte H Dupla Driver Motor: Um controlador de motor utilizado para controlar a direção e velocidade dos motores do robô. Ele permite o controle de dois motores de forma independente, permitindo que o robô se mova para frente, para trás e faça curvas.



Imagem 3
Amazon.com

Módulo Sensor Ultrassônico HC-SR04: Usado para medir a distância entre o robô e obstáculos à sua frente. Ele emite ondas sonoras e calcula a distância com base no tempo que as ondas levam para retornar ao sensor. Essencial para desviar de obstáculos no caminho.



Imagem 4
RSRobotica.com

Kit Bateria 18650 Li-ion 8800mAh: Baterias recarregáveis de íons de lítio utilizadas para fornecer a energia necessária ao robô. Com capacidade de 8800mAh, elas oferecem uma boa autonomia de funcionamento.



Imagem 5
MercadoLivre.com

Regulador de Tensão e Corrente XL4015: Um módulo regulador utilizado para manter a tensão constante, garantindo que os componentes eletrônicos recebam a voltagem adequada para funcionar corretamente, mesmo quando as baterias estão sendo descarregadas.

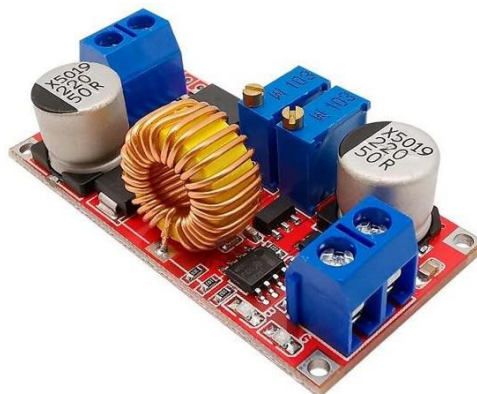


Imagem 6
Shopee.com

ESP32: Um microcontrolador altamente funcional com conectividade Wi-Fi e Bluetooth. Ele é o "cérebro" do robô, controlando os sensores, motores e tomando as decisões necessárias para o movimento autônomo do "Mecarrinho de Transporte".

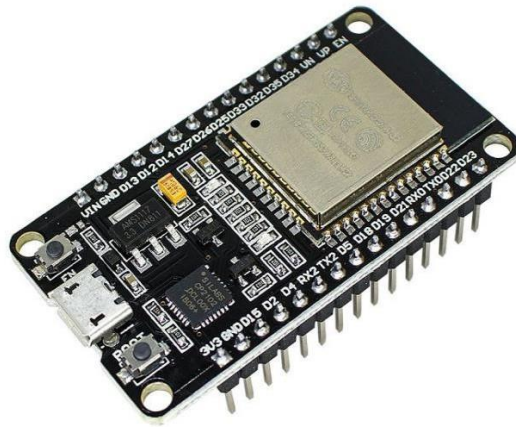


Imagem 7
Amazon.com

Kit Carregador Duplo + 2 Baterias de Lítio 18650: Carregador para as baterias de lítio 18650, permitindo que elas sejam recarregadas para fornecer energia contínua ao robô.



Imagem 8
MercadoLivre.com

Placa Dupla 4WD Omni Mecanum Roda Car Kit, Motor Encoder para Arduino/Raspberry Pi: Conjunto de rodas mecanum e motores com encoder que permitem ao robô se mover de forma omnidirecional (em qualquer direção) e com controle preciso da velocidade e posição dos motores. Isso dá maior flexibilidade e agilidade ao robô, facilitando o transporte das cargas.



Imagem 9
Amazon.com

Funcionamento Passo a Passo do "Mecarrinho de Transporte"

O funcionamento do "Mecarrinho de Transporte" envolve uma série de etapas coordenadas entre os componentes eletrônicos e mecânicos do sistema. O objetivo é criar um robô seguidor de linha que transporta pequenas cargas de forma eficiente dentro de uma indústria, acionado apenas pelo operador. Abaixo está o passo a passo de como o projeto opera:

1. Preparação do Sistema

Inicialmente, o robô é configurado com os componentes necessários, como o ESP32, os sensores infravermelhos (TCRT5000), o módulo de controle de motores (L298N), e os sensores ultrassônicos (HC-SR04). A alimentação do sistema é realizada através de um conjunto de baterias 18650, que alimenta tanto o ESP32 quanto os motores de movimentação.

2. Ajuste da Rota

O robô começa a operar em um ambiente onde há uma linha de orientação. Essa linha pode ser definida por fita preta no chão ou outro tipo de marcador visual que seja detectado pelos sensores infravermelhos. Esses sensores detectam a linha e ajudam o robô a seguir a trajetória predeterminada. Caso o robô saia da linha, ele será capaz de corrigir sua rota utilizando os comandos gerados pelo ESP32.

3. Movimentação e Transporte de Carga

Quando o robô é acionado pelo operador, ele começa a se mover, guiado pela linha. O motor, controlado pelo módulo L298N, é responsável pelo movimento das rodas. O "Mecarrinho de Transporte" está equipado com rodas Omni, que permitem movimentação em múltiplas direções, facilitando a navegação e tornando o transporte mais ágil e flexível. O sensor ultrassônico HC-SR04 ajuda o robô a medir a distância até objetos à frente, evitando colisões com obstáculos. Caso o caminho esteja obstruído, o robô pode parar ou desviar automaticamente para continuar o percurso.

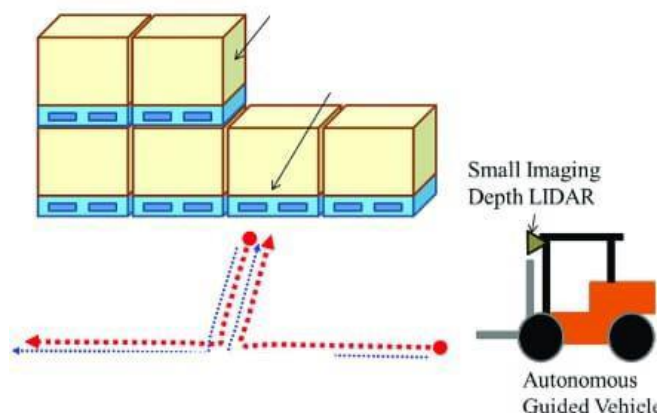


Imagem 10
Labs.com

4. Execução de Tarefas Específicas

O operador pode acionar o robô em diferentes momentos para transportar materiais de uma célula para outra. O robô não é independente, ou seja, ele só se move quando acionado pelo operador. Quando o robô alcança o destino, o operador pode interromper o movimento, permitindo que a carga seja descarregada ou transferida de maneira segura.

Esse funcionamento permite ao "Mecarrinho de Transporte" operar de forma simples, mas eficaz, no ambiente industrial, proporcionando ganhos de tempo e eficiência para as operações logísticas dentro de uma célula de produção.

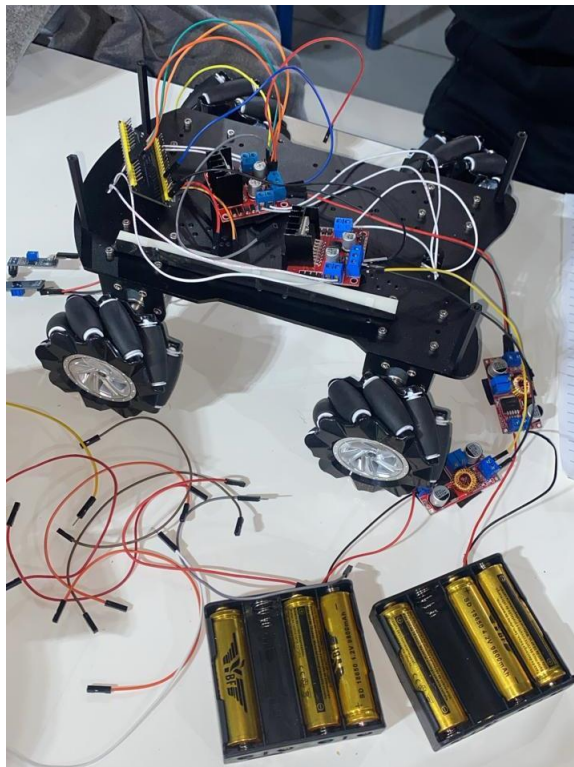


Imagem 11
Autoria própria

Cronograma do Projeto "Mecarrinho de Transporte"

- 1. Definir objetivos do projeto – Fevereiro e Março**
Definição das metas gerais e requisitos do robô, alinhando expectativas de uso no ambiente industrial.
- 2. Estudo de viabilidade – Fevereiro e Março**
Análise de custos, disponibilidade de materiais e tecnologia, garantindo a viabilidade do projeto dentro do orçamento e prazo.
- 3. Definir requisitos técnicos - Fevereiro, Março e Abril**
Estabelecimento das especificações dos sensores, motores e do microcontrolador, além das capacidades do robô.
- 4. Estudo de layout e trajeto - Fevereiro, Março e Abril**
Planejamento do trajeto do robô no ambiente industrial, considerando obstáculos e estratégias de navegação.
- 5. Projeto mecânico - Maio e Junho**
Desenvolvimento da estrutura física do robô, incluindo rodas, motores e suporte para os componentes eletrônicos.
- 6. Desenvolvimento de eletrônica - Maio e Junho**
Integração dos sensores, módulos de controle e ESP32, além de realizar testes de comunicação entre os componentes.
- 7. Desenvolvimento de software - Julho, Agosto e Setembro**
Programação do software para controlar os motores e processar dados dos sensores, com ajustes durante os testes.
- 8. Integração de segurança - Julho, Agosto e Setembro**
Implementação de sistemas de segurança para proteger o robô e o ambiente, como monitoramento de falhas e temperaturas.
- 9. Aquisição de componentes - Julho, Agosto e Setembro**
Compra dos materiais necessários para o robô, como sensores, motores e baterias, garantindo disponibilidade.
- 10. Montagem mecânica - Setembro, Outubro e Novembro**
Montagem da estrutura física, fixando os componentes e garantindo estabilidade e alinhamento.
- 11. Instalação de eletrônica – Outubro e Novembro**
Conexão dos circuitos e sensores, garantindo a comunicação entre os módulos e o microcontrolador.
- 12. Configuração do software – Outubro e Novembro**
Ajustes no código para calibrar sensores e implementar algoritmos de navegação e controle.
- 13. Testes funcionais – Outubro e Novembro**
Testes para garantir que o robô funcione corretamente, com ajustes conforme necessário.

14. Testes de navegação – Outubro e Novembro

Avaliação da capacidade do robô de seguir o trajeto e evitar obstáculos de forma eficiente.

15. Testes de segurança - Novembro

Verificação da eficácia dos sistemas de segurança implementados, garantindo a operação segura do robô.

16. Ajustes e otimização - Novembro

Otimização do desempenho do robô, com foco em eficiência e precisão nos sensores e no consumo de energia.

17. Instalação no ambiente real - Novembro

Implementação do robô no ambiente industrial, realizando ajustes finais para integração e funcionamento adequado.

Atividade	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Definir objetivos do projeto	█	█								
Estudo de viabilidade	█	█	█							
Definir requisitos técnicos	█	█	█	█						
Estudo de layout e trajeto	█	█	█	█	█					
Projeto mecânico				█	█	█				
Desenvolvimento de eletrônica				█	█	█	█			
Desenvolvimento de software				█	█	█	█	█		
Integração de segurança						█	█	█	█	
Aquisição de componentes						█	█	█	█	█
Montagem mecânica						█	█	█	█	█
Instalação de eletrônica								█	█	█
Configuração do software								█	█	█
Testes funcionais								█	█	█
Testes de navegação									█	█
Testes de segurança									█	█
Ajustes e otimização										█
Instalação no ambiente real										█

Tabela 1
Autoria própria

Custos

O custo do projeto "Mecarrinho de Transporte" envolve a aquisição de diversos componentes eletrônicos e mecânicos, como o ESP32, sensores infravermelhos, sensores ultrassônicos, motores e a estrutura física do robô. Além disso, há custos associados à programação e integração dos sistemas. Os materiais foram selecionados para atender ao desempenho desejado, mantendo o projeto dentro de um orçamento acessível e viável para a execução em um ambiente industrial. O controle de custos foi uma prioridade ao longo do desenvolvimento, garantindo que o robô fosse funcional sem comprometer a qualidade dos componentes.

Produto	Custo Unitário	Custo Total
Cabo Wire Jumper 20cm 40 Fios Macho-Macho	R\$16,90	R\$16,90
Cabo Wire Jumper 20cm 40 Fios Macho-Fêmea	R\$14,16	R\$14,16
Módulo sensor infravermelho Ir Tcrt5000	R\$9,52	R\$47,90
L298n ponte h dupla driver motor	R\$24,00	R\$48,00
Módulo sensor ultra sônico distancia Hc-sr04	R\$16,00	R\$16,00
Suporte case 4 pilhas bateria 18650 em serie com rabicho	R\$26,00	R\$52,00
Kit bateria18650 Li-ion 8800mh	R\$8,15	R\$48,90
Regulador de tensão e corrente XL4015	R\$20,00	R\$40,00
Placa Esp32	R\$40,00	R\$40,00
Protoboard	R\$18,90	R\$18,90
Kit Carregador Duplo + 2 baterias de lítio 18650	R\$42,00	R\$42,00
Placa dupla 4WD Omni Mecanum Roda Car Kit, Motor Encoder para Arduino Raspberry Pi Raspberry Pi ROS Robot, Placa dupla, 4Pcs, 15kg	R\$690,21	R\$690,21

Tabela 2
Autoria própria

Conclusão

O projeto "Mecarrinho de Transporte" representou um grande avanço no desenvolvimento de soluções de automação industrial acessíveis e eficientes. A proposta inicial, que visava criar um robô seguidor de linha para o transporte de pequenas cargas dentro de um ambiente industrial, foi executada com sucesso e atingiu seus objetivos principais: otimizar o transporte, reduzir o esforço físico dos operadores e aumentar a eficiência do fluxo de trabalho. A utilização do ESP32 como microcontrolador, combinado com sensores infravermelhos e ultrassônicos, garantiu a precisão e segurança nas operações de navegação do robô.

Ao longo do processo, fomos desafiados a resolver problemas técnicos, como o superaquecimento de componentes e a necessidade de ajustes na estrutura mecânica para suportar a carga de até 15 kg. Contudo, a resolução dessas dificuldades só fortaleceu o aprendizado e a capacidade técnica da equipe. O "Mecarrinho de Transporte" provou ser uma solução viável para melhorar a produtividade nas indústrias, diminuindo o tempo gasto com tarefas repetitivas e pesadas e permitindo que os operadores se concentrem em atividades mais estratégicas.

Possíveis Futuras Melhorias

Integração de Navegação Avançada: Implementar algoritmos de inteligência artificial (IA) para otimizar o trajeto do robô e permitir sua adaptação a ambientes dinâmicos, com maior precisão e eficiência na navegação.

Uso de Sensores LiDAR ou Câmeras: Adicionar sensores LiDAR ou câmeras para detecção de obstáculos, proporcionando uma navegação mais precisa e evitando colisões com maior eficácia.

Sistema de Carregamento Automático: Implementar um sistema de carregamento automático, permitindo que o robô recarregue suas baterias de forma autônoma, sem a necessidade de intervenção humana.

Aumento da Capacidade de Carga: Melhorar a estrutura do robô para suportar maiores cargas, ampliando sua funcionalidade em diferentes cenários industriais.

Autonomia e Eficiência Energética: Melhorar a autonomia do robô, aumentando a capacidade da bateria e otimizando o consumo de energia para garantir maior tempo de operação.

Interface de Controle Remoto: Desenvolver uma interface de controle remoto mais avançada, permitindo aos operadores monitorar e gerenciar o robô de forma mais intuitiva e eficiente.

Monitoramento de Saúde do Sistema: Implementar um sistema de monitoramento de saúde para acompanhar o desempenho do robô em tempo

real, identificando possíveis falhas ou necessidades de manutenção antes que ocorram problemas críticos.

Agradecimentos e Encerramento

Este projeto só foi possível graças ao apoio e dedicação de todos os envolvidos. Gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão aos nossos colegas da Etec Jorge Street, que colaboraram de forma incansável para o desenvolvimento do "Mecarrinho de Transporte". Sem o trabalho em equipe e a troca de ideias e experiências, esse projeto não teria a mesma qualidade e impacto.

Agradecemos também aos nossos familiares, que nos forneceram o suporte emocional necessário para superar os desafios e nos manter motivados ao longo de toda a jornada. Cada conselho, palavra de incentivo e gesto de apoio foi fundamental para o nosso sucesso.

Por fim, agradecemos aos nossos professores e orientadores, que compartilharam seu conhecimento técnico e científico, nos guiando e oferecendo a base necessária para o desenvolvimento do projeto. O aprendizado adquirido durante a execução deste projeto será, sem dúvida, valioso para o futuro de cada um de nós na área de mecatrônica.

Com a conclusão deste trabalho, encerramos uma etapa importante em nossa formação acadêmica, mas sabemos que o aprendizado continua. Este projeto não é o fim, mas um marco no início de muitas outras inovações e desafios que, com certeza, enfrentaremos no futuro. Agradecemos a todos que nos apoiaram e acreditaram em nossa capacidade de realizar este projeto.

Referencias

Pesquisa 1:

- Confederação Nacional da Indústria (CNI). "Automação Industrial no Brasil: Panorama Atual e Perspectivas Futuras." (revistaft.com.br)
- Revista Fator. "O Avanço da Automação Industrial no Brasil: Cenário Atual e Perspectivas Futuras." (revistaft.com.br)
- Associação Brasileira de Automação (GS1 Brasil). "Relatório sobre Automação Industrial e Robôs Móveis." (gs1br.org)

Pesquisa 2:

- Associação Brasileira de Automação (GS1 Brasil). "Índice de Automação da Indústria Registra Crescimento em 2020." (noticias.gs1br.org)
- A Voz da Indústria. "Indústria 4.0: Qual é o Impacto no Mercado de Trabalho?" (avozdaindustria.com.br)
- McKinsey & Company. "The Future of Work in Brazil: The Impact of Automation on Jobs." (mckinsey.com)

Pesquisa 3:

- International Federation of Robotics (IFR). "Robotics and Automation: The Future of Industrial Efficiency." (ifr.org)
- McKinsey & Company. "Unlocking the Value of Internet of Things in Manufacturing." (mckinsey.com)

Inspirações do projeto:

Robôs AGV

- [Inspectro: Tudo sobre o Robô AGV](#)
- [Linde Material Handling - AGVs](#)
- [Automated Guided Vehicles: A Complete Guide](#)

1.2 Kiva Systems (atualmente parte da Amazon Robotics):

- [Kiva Systems - Wikipédia](#)
- [Amazon Robotics - Kiva](#)