



**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL
DEP. ARY DE CAMARGO PEDROSO
MTEC EM AUTOMAÇÃO**

Eloah de Jesus Martins

Luiz Eduardo Marche da Silva

Murilo Marconatto Capello

TRENA ELETRÔNICA PARA MEDIÇÃO DE DISTÂNCIA

Piracicaba

2024

Eloah de Jesus Martins

Luiz Eduardo Marche da Silva

Murilo Marconatto Capello

TRENA ELETRÔNICA PARA MEDIÇÃO DE DISTÂNCIA

Trabalho de Conclusão de Curso da Etec
Deputado Ary de Camargo Pedroso,
orientado pelo Profº Adilson Antônio
Rodrigues apresentado como requisito
parcial para obtenção do título de Técnico
em Automação

Piracicaba

2024

DEDICATÓRIA

A conclusão deste trabalho é um marco importante na nossa trajetória acadêmica, e ele só foi possível graças à ajuda, apoio e inspiração de algumas pessoas que fizeram toda a diferença ao longo do caminho.

Primeiramente, dedicamos este trabalho ao prof. Me Silvio Nunes, por ser uma figura de apoio constante em nossas vidas acadêmicas e pessoais. Seus conselhos e sua sabedoria foram essenciais para nos manter firmes nos momentos de incerteza, sempre incentivando o nosso crescimento. Agradecemos profundamente por acreditar em nós desde o início.

Ao Adilson Rodrigues, nossa eterna gratidão pela paciência e por todos os ensinamentos compartilhados. Sua postura ética e seu compromisso com o conhecimento nos mostraram o verdadeiro valor da educação. Agradecemos pelo exemplo que você é, tanto dentro quanto fora da sala de aula, e pela amizade que se construiu ao longo desta jornada.

Por fim, ao Fábio Musaranho, agradecemos por sua imensa generosidade, sempre disposto a estender a mão quando mais precisávamos. Sua motivação, conselhos e apoio prático foram fundamentais para a superação de muitos obstáculos ao longo dessa caminhada. Obrigado por estar sempre por perto, com palavras de encorajamento e sabedoria.

A todos vocês, dedicamos este trabalho como um símbolo de gratidão e reconhecimento por tudo o que fizeram por nós. Este TCC não é apenas o resultado do nosso esforço coletivo, mas também da força que recebemos de cada um de vocês. Obrigado por serem parte fundamental desta conquista.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho representa um capítulo significativo em nossas vidas acadêmicas, e não poderíamos ter chegado até aqui sem o apoio de diversas pessoas que, de diferentes formas, contribuíram para o nosso sucesso.

Em primeiro lugar, agradecemos aos nossos professores e orientadores, que com sua dedicação e paciência nos guiaram em cada etapa deste processo. Seus conhecimentos e conselhos foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho, e aprendemos não só sobre o tema abordado, mas também sobre a importância da perseverança e da busca pelo conhecimento.

Agradecemos também aos nossos colegas e amigos, que compartilharam dessa jornada conosco, seja com palavras de incentivo, seja nas muitas trocas de ideias e experiências. O apoio mútuo que construímos ao longo dessa caminhada foi fundamental para que cada desafio fosse superado.

Aos nossos familiares, estendemos nossa gratidão por toda a compreensão, amor e suporte. Vocês estiveram ao nosso lado em todos os momentos, oferecendo força quando precisávamos e acreditando em nossa capacidade. Sem o apoio incondicional de vocês, esta conquista não teria sido possível.

Por fim, agradecemos a todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho. Cada gesto de apoio e cada palavra de incentivo fizeram a diferença, e por isso, somos profundamente gratos.

Este trabalho é fruto não apenas de nosso esforço, mas de uma rede de pessoas que nos inspiraram e sustentaram ao longo de todo o caminho. A todos, nosso mais sincero agradecimento.

EPÍGRAFE

*“A tecnologia transforma ferramentas
simples em aliadas poderosas,*

permitindo medições mais precisas com o toque de um botão."

”.

NICOLAS TESLA

RESUMO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma trena eletrônica inteligente, utilizando o sensor de distância VL53L0X, o microcontrolador ESP32, um display OLED e a plataforma Blynk IoT. O projeto foi concebido para superar as limitações das fitas métricas tradicionais, oferecendo maior precisão, conectividade e praticidade. O sensor VL53L0X, baseado na tecnologia Time-of-Flight (ToF), demonstrou-se altamente eficaz para medições precisas em diversos cenários, enquanto o ESP32 proporcionou uma integração eficiente e conectividade Wi-Fi para monitoramento remoto. A interface local foi implementada com um display OLED, permitindo exibir as medições de forma clara e intuitiva. O dispositivo também incluiu um botão para facilitar o controle das medições, além de ser encapsulado em um invólucro compacto impresso em 3D, garantindo portabilidade e robustez. A integração com o Blynk IoT possibilitou a visualização em tempo real dos dados por meio de dispositivos móveis, expandindo sua funcionalidade para aplicações em construção civil, logística e engenharia. A conclusão reforça o êxito do projeto ao criar uma ferramenta acessível, ergonômica e conectada, destacando a relevância de soluções tecnológicas inovadoras em tarefas cotidianas. Além disso, o trabalho abre possibilidades para melhorias futuras, como o armazenamento local de dados, integração com serviços em nuvem e otimizações no design, demonstrando o potencial transformador da tecnologia no aprimoramento de ferramentas tradicionais.

Palavras-chave: VL53L0X, ESP32, Blynk IoT, Sensor de Distância, Automação.

ABSTRACT

This study presents the development of an intelligent electronic tape measure using the VL53L0X distance sensor, the ESP32 microcontroller, an OLED display, and the Blynk IoT platform. The project was designed to overcome the limitations of traditional measuring tapes by offering greater accuracy, connectivity, and practicality. The VL53L0X sensor, based on Time-of-Flight (ToF) technology, proved highly effective for precise measurements in various scenarios, while the ESP32 enabled efficient integration and Wi-Fi connectivity for remote monitoring. The local interface was implemented with an OLED display, allowing clear and intuitive visualization of the measurements. The device also included a button to facilitate measurement control and was housed in a compact 3D-printed case, ensuring portability and robustness. Integration with the Blynk IoT platform allowed real-time data visualization through mobile devices, expanding its functionality for applications in construction, logistics, and engineering. The conclusion highlights the project's success in creating an accessible, ergonomic, and connected tool, emphasizing the importance of innovative technological solutions for everyday tasks. Furthermore, the study opens possibilities for future improvements, such as local data storage, integration with cloud services, and design optimizations, demonstrating the transformative potential of technology in enhancing traditional tools.

Keywords: VL53L0X, ESP32, Blynk IoT, Distance Sensor, Automation.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Sensor VL53L0X	7
Figura 2. ESP32. Fonte: Acervo dos autores.....	9
Figura 3. Circuito da Trena. Fonte: Acervo dos autores.....	14
Figura 4 OLED Verso. Fonte: Acervo dos autores.....	11
Figura 5. OLED. Frente.....	11
Figura 6. Trena V1. Fonte: Acervo dos autores.....	17

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	1
1.2 Objetivo	2
2. DESENVOLVIMENTO.....	4
2.1 Introdução aos Sensores de Distância	4
2.3 Microcontrolador ESP32	7
2.4 Display OLED em Projetos Eletrônicos.....	9
2.5 Integração entre componentes e ESP32.....	10
2.6 Medição de Distâncias e Processamento de Dados	12
3. METODOLOGIA.....	14
4 CONCLUSÃO	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1 INTRODUÇÃO

A automação tem ganho espaço em diversas áreas, trazendo mais precisão, praticidade e eficiência para tarefas do dia a dia. Neste trabalho, foi desenvolvido um protótipo de trena eletrônica inteligente que utiliza o sensor de distância VL53L0X, o microcontrolador ESP32 e a plataforma Blynk IoT.

O sensor VL53L0X, conhecido por medir distâncias com alta precisão combinado com a conectividade do ESP32, permitiu criar um dispositivo compacto e eficiente. Além disso, a integração com o Blynk IoT possibilita monitorar e controlar as medições em tempo real por meio de um celular ou tablet, trazendo versatilidade para o uso em áreas como construção civil e logística.

Com este projeto, buscamos mostrar como soluções simples e inteligentes podem facilitar tarefas comuns, tornando-as mais rápidas e precisas, além de explorar os benefícios da tecnologia no dia a dia.

1.1 Justificativa

A necessidade de medir com precisão e eficiência é comum em áreas tão diversas como arquitetura, design de interiores, carpintaria, engenharia e manufatura. Ferramentas de medição tradicionais, como fitas métricas manuais, embora amplamente utilizadas, apresentam limitações de precisão e praticidade, especialmente em ambientes inacessíveis ou quando são necessárias medições contínuas e repetidas.

À medida que a tecnologia avança e surge a proliferação de sistemas microcontroladores, sensores de alta precisão e plataformas de automação, surgem oportunidades para desenvolver fitas métricas eletrônicas inteligentes que superem as limitações das fitas métricas tradicionais. Este projeto tem como objetivo construir um sistema eletrônico de medição utilizando o sensor VL53L0X, um sensor de tempo de voo capaz de medir distâncias com precisão milimétrica. O sistema será controlado por um ESP32, um microcontrolador de baixo custo capaz de se conectar via Wi-Fi, permitindo a visualização remota dos dados de medição através do APP Blynk.

Além disso, o projeto utilizará displays LCD para fornecer feedback em tempo real das medições no próprio dispositivo, garantindo utilidade para os usuários em campo.

O uso de componentes acessíveis e amplamente disponíveis, como o Arduino, facilita a implementação do projeto, tornando-o uma solução viável para profissionais e pessoas inexperientes que procuram uma ferramenta de medição prática, de baixo custo e de alta precisão.

Portanto, o intuito inovador deste trabalho é integrar tecnologias de baixo custo e alta precisão para criar uma solução que melhorará significativamente a forma como as medições são realizadas em diferentes ambientes, proporcionando um método mais eficiente, preciso e de fácil utilização. E além de tudo isso, a conectividade com o APP Blynk permitirá aos usuários registrar, monitorar e controlar medições remotamente, facilitando a automação e otimização de processos que dependem de medições precisas de distância.

1.2 Objetivo

O objetivo principal deste projeto é desenvolver uma trena eletrônica de alta precisão, utilizando um sistema integrado de hardware e software, composta por um microcontrolador ESP32, um sensor de distância VL53L0X, um display OLED, e uma interface móvel via APP Blynk, para facilitar e otimizar o processo de medição em diversas aplicações práticas. Esse dispositivo visa substituir ou complementar trenas manuais tradicionais, oferecendo maior precisão, conectividade remota e facilidade de uso em diferentes cenários.

Objetivos Específicos:

1. Integrar o sensor VL53L0X ao ESP32: Este sensor será responsável pela medição de distâncias e será o coração do sistema. A ideia é garantir que ele funcione de maneira precisa e eficiente, medindo distâncias de forma confiável em diferentes cenários.

2. Criar uma interface visual com display OLED: A ideia é que o usuário possa visualizar as medições diretamente no dispositivo, sem a necessidade de outro equipamento. Será um display simples e claro, que vai mostrar as distâncias medidas em tempo real.

3. Conectar o sistema ao APP Blynk: Além da interface no próprio dispositivo, o sistema será integrado ao APP Blynk, permitindo que o usuário controle e visualize as medições diretamente pelo smartphone. Isso traz a possibilidade de monitoramento remoto e mais flexibilidade de uso.

4. Validar o sistema com testes práticos: Para garantir que o dispositivo funcione bem em diferentes situações, ele será testado em ambientes reais, como construções e espaços internos, para verificar sua precisão e usabilidade.

5. Desenvolver um design compacto e funcional: O dispositivo será projetado para ser ergonômico e fácil de transportar, sem sacrificar a durabilidade. A ideia é que ele seja resistente e adequado para uso em campo, seja em ambientes internos ou externos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Introdução aos Sensores de Distância

Sensores de distância são dispositivos que permitem a medição da distância entre um objeto e o ponto onde o sensor está posicionado. Esses sensores desempenham um papel fundamental em diversas áreas tecnológicas, pois possibilitam a interação de sistemas eletrônicos com o ambiente físico de maneira precisa e eficiente. A medição de distância é essencial em uma ampla gama de aplicações, incluindo automação industrial, robótica, sistemas de transporte, dispositivos médicos e equipamentos de consumo, como aspiradores de pó robóticos e smartphones.

No contexto industrial, sensores de distância são amplamente utilizados para monitoramento de processos, controle de qualidade e segurança em máquinas. Em robótica, eles permitem que robôs naveguem em ambientes desconhecidos, evitem obstáculos e manipulem objetos com precisão. No setor automotivo, tecnologias como controle de cruzeiro adaptativo e assistência ao estacionamento dependem fortemente desses sensores. Além disso, dispositivos eletrônicos pessoais, como smartphones, utilizam sensores de proximidade para desativar a tela durante chamadas.

Os sensores de distância podem ser classificados com base na tecnologia que utilizam para detectar objetos e medir distâncias. Entre as principais tecnologias estão os sensores ultrassônicos, que funcionam emitindo ondas sonoras de alta frequência e medindo o tempo que leva para o som refletido retornar. Essa abordagem é amplamente utilizada devido à sua robustez e confiabilidade, especialmente em ambientes industriais. Contudo, sua precisão pode ser limitada em situações onde superfícies absorvem ou dispersam ondas sonoras.

Outra tecnologia amplamente utilizada é a baseada em lasers, conhecida como Time-of-Flight (ToF). Esses sensores emitem feixes de luz laser e calculam a distância com base no tempo que a luz leva para retornar ao sensor após refletir em um objeto. Os sensores a laser são altamente precisos e têm um alcance considerável, tornando-os ideais para aplicações que requerem

medições detalhadas, como levantamentos topográficos, modelagem 3D e aplicações médicas. No entanto, eles podem ser mais sensíveis a condições ambientais, como poeira e luz solar intensa.

Os sensores infravermelhos são outra categoria importante, operando com base na emissão e recepção de luz infravermelha. Eles são comuns em aplicações de curto alcance devido ao baixo custo e simplicidade de implementação. No entanto, sua precisão é frequentemente influenciada pelas propriedades ópticas do objeto medido, como cor e textura, o que limita sua aplicabilidade em cenários onde a variabilidade do material é alta.

Cada tipo de sensor tem suas vantagens e desvantagens, e a escolha do sensor apropriado depende do contexto da aplicação. Por exemplo, sensores ultrassônicos são ideais para ambientes industriais devido à sua resistência à poeira e umidade, enquanto sensores a laser são preferidos para medições de alta precisão em ambientes controlados. Sensores infravermelhos, por sua vez, são frequentemente usados em dispositivos domésticos devido ao seu custo acessível e design compacto.

Com o avanço da tecnologia, os sensores de distância têm se tornado cada vez mais compactos, precisos e acessíveis, ampliando ainda mais seu escopo de utilização. Esses avanços permitem que projetos como a trena eletrônica, que utiliza sensores avançados como o VL53L0X, ofereçam soluções eficientes e inovadoras para problemas cotidianos. Esses dispositivos exemplificam como os sensores de distância estão transformando a forma como medimos, interagimos e compreendemos o mundo ao nosso redor.

2.2 O Sensor VL53L0X

O sensor VL53L0X é um dispositivo de medição de distância que utiliza a tecnologia Time-of-Flight (ToF), uma abordagem altamente precisa e eficiente para determinar a distância entre o sensor e um objeto. O princípio de funcionamento baseia-se na emissão de pulsos de luz laser infravermelha e na medição do tempo que essa luz leva para refletir no objeto e retornar ao sensor. Essa técnica permite medições precisas, independentemente da refletividade do

objeto, uma vantagem significativa em comparação com outras tecnologias de medição.

Uma das características notáveis do VL53L0X é sua capacidade de operar em diferentes condições de iluminação, incluindo ambientes com luz solar intensa. Graças à sua tecnologia ToF avançada, ele pode compensar variações ambientais, o que o torna mais confiável em cenários externos. Além disso, o sensor possui um campo de visão estreito e um alcance de medição que pode variar de milímetros a vários metros, dependendo da configuração e das condições do ambiente.

Do ponto de vista técnico, o VL53L0X apresenta uma série de especificações que o destacam no mercado. Ele opera com um comprimento de onda laser de 940 nm, o que o torna invisível ao olho humano e reduz o risco de interferência com outras fontes de luz. Sua precisão é notável, com margens de erro na faixa de milímetros em medições curtas. O sensor também possui baixo consumo de energia, uma característica crucial para dispositivos portáteis e projetos baseados em baterias. A comunicação com microcontroladores é feita por meio do protocolo I2C, facilitando sua integração com plataformas como o ESP32.

Entre as vantagens do VL53L0X está sua capacidade de fornecer medições rápidas e precisas, mesmo em objetos com superfícies complexas ou de baixa refletividade. Além disso, seu design compacto e leve permite sua utilização em dispositivos pequenos, como smartphones, drones e wearables. Outro benefício importante é sua resistência a interferências causadas por ruído ambiental ou condições climáticas adversas, o que aumenta sua confiabilidade em aplicações críticas.

Na prática, o VL53L0X tem sido utilizado em uma ampla gama de aplicações, desde dispositivos eletrônicos de consumo até soluções industriais. Em robótica, por exemplo, o sensor é amplamente empregado para evitar colisões e mapear ambientes. Em smartphones, ele é utilizado para medição de profundidade em câmeras e aplicações de realidade aumentada. No setor automotivo, o VL53L0X encontra uso em sistemas avançados de assistência ao motorista, como detecção de obstáculos e monitoramento de proximidade.

Projetos DIY e soluções Maker também se beneficiam amplamente das capacidades do VL53L0X. Em projetos educacionais, ele é frequentemente usado para ensinar conceitos de medição de distância e integração de sensores em sistemas embarcados. Seu custo acessível e facilidade de uso o tornam uma escolha popular entre estudantes e desenvolvedores iniciantes. Além disso, ele desempenha um papel fundamental em dispositivos de medição, como trenas eletrônicas, que oferecem precisão e conveniência em um formato compacto.

O VL53L0X exemplifica o avanço das tecnologias de medição de distância, combinando alta precisão, eficiência e adaptabilidade. Sua versatilidade em diferentes aplicações e ambientes reafirma sua importância no desenvolvimento de dispositivos modernos. Combinado a plataformas como o ESP32 e displays OLED, o sensor permite criar soluções inovadoras e práticas, como o projeto de trena eletrônica, demonstrando como a tecnologia pode simplificar e aprimorar tarefas do cotidiano.

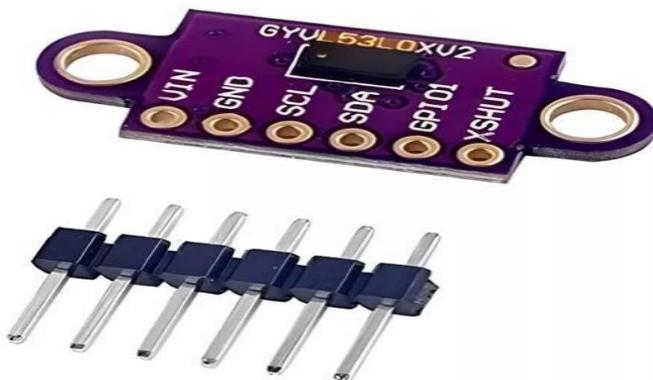


Figura 1. Sensor VL53L0X

2.3 Microcontrolador ESP32

O ESP32 é um microcontrolador avançado, amplamente utilizado em projetos de Internet das Coisas (IoT), automação e sistemas embarcados devido à sua versatilidade e alto desempenho. Desenvolvido pela Espressif Systems, ele é baseado em uma arquitetura dual-core que combina potência de processamento e eficiência energética. Equipado com conectividade integrada,

o ESP32 permite a criação de dispositivos inteligentes e conectados com facilidade.

Uma das características mais notáveis do ESP32 é sua conectividade Wi-Fi e Bluetooth integrada, o que elimina a necessidade de módulos adicionais para comunicação sem fio. Isso o torna ideal para aplicações que requerem conectividade em tempo real, como monitoramento remoto, controle de dispositivos e integração em redes IoT. Além disso, o ESP32 suporta múltiplos protocolos de comunicação, como MQTT, HTTP e WebSocket, ampliando ainda mais sua aplicabilidade.

Do ponto de vista técnico, o ESP32 apresenta especificações impressionantes. Ele possui uma CPU dual-core Xtensa LX6, com clock de até 240 MHz, memória RAM de até 520 KB e suporte para armazenamento em flash externo. O microcontrolador também inclui diversos pinos GPIO configuráveis, interfaces para I2C, SPI e UART, além de um conversor ADC para entrada analógica. Essa diversidade de recursos permite que ele seja usado em projetos que vão desde dispositivos simples até sistemas complexos.

Uma vantagem significativa do ESP32 é sua eficiência energética. Ele oferece múltiplos modos de operação de baixa potência, permitindo que dispositivos alimentados por bateria tenham maior autonomia. Esses modos de economia de energia são especialmente importantes em aplicações IoT, onde a sustentabilidade e a longevidade do dispositivo são prioridades.

Na prática, o ESP32 é amplamente utilizado em projetos que variam de protótipos acadêmicos a produtos comerciais. Ele é comumente empregado em sistemas de automação residencial, como controles de iluminação, fechaduras inteligentes e termostatos conectados. Em aplicações industriais, o ESP32 desempenha um papel importante em sistemas de monitoramento e controle remoto, incluindo máquinas industriais e infraestrutura crítica.

Além de sua versatilidade técnica, o ESP32 é popular na comunidade Maker devido à sua acessibilidade e compatibilidade com diversas plataformas de desenvolvimento. Ferramentas como o Arduino IDE, ESP-IDF e MicroPython permitem que desenvolvedores de todos os níveis programem o ESP32 de forma simples e eficaz. Sua documentação abrangente e a ampla disponibilidade de

bibliotecas facilitam a implementação de funcionalidades avançadas, como comunicação em tempo real e integração com sensores e atuadores.

Em projetos como a trena eletrônica, o ESP32 se destaca como a escolha ideal. Sua capacidade de integrar sensores, como o VL53L0X, e exibir resultados no OLED, combinada à sua conectividade sem fio, permite criar dispositivos portáteis e funcionais. Além disso, o ESP32 possibilita a expansão do projeto com funcionalidades adicionais, como armazenamento de dados na nuvem ou controle remoto via aplicativo, tornando-o uma ferramenta indispensável para soluções inovadoras e conectadas.

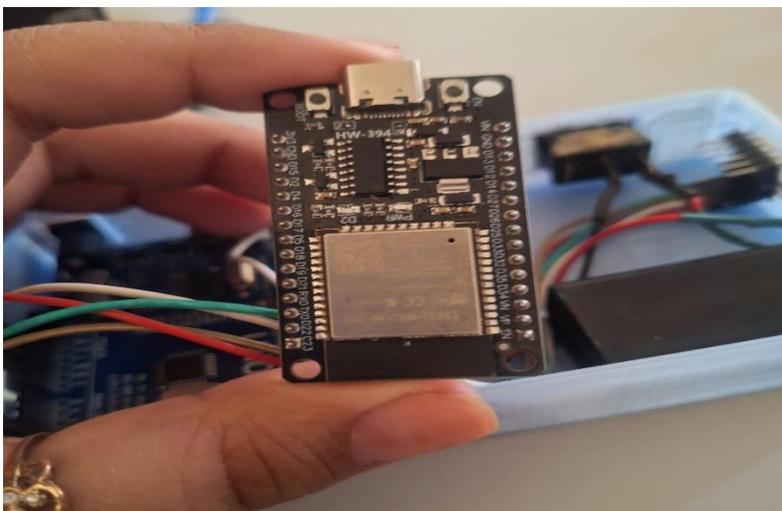


Figura 4. ESP32. Fonte: Acervo dos autores

2.4 Display OLED em Projetos Eletrônicos

Os displays OLED (Diodo Orgânico Emissor de Luz) são uma das tecnologias mais avançadas para exibição de informações em dispositivos eletrônicos. Diferentemente dos displays LCD, os OLEDs utilizam materiais orgânicos que emitem luz própria quando excitados por uma corrente elétrica, eliminando a necessidade de retroiluminação. Isso resulta em telas mais finas, leves e energeticamente eficientes, tornando os OLEDs ideais para aplicações em projetos compactos e portáteis.

Uma característica distintiva dos displays OLED é sua capacidade de exibir cores vibrantes e pretos profundos. Como cada pixel em um OLED pode

ser desligado individualmente, a tela apresenta um contraste muito superior ao das tecnologias convencionais. Essa qualidade visual é especialmente importante em dispositivos que requerem informações legíveis em ambientes com diferentes condições de iluminação, como dispositivos portáteis e wearables.

Os benefícios dos displays OLED em projetos compactos vão além da qualidade de imagem. Por serem finos e leves, esses displays reduzem o peso e o volume total dos dispositivos. Além disso, os OLEDs consomem menos energia em comparação com as telas LCD, especialmente quando exibem conteúdos predominantemente escuros, pois apenas os pixels ativos consomem energia. Essa eficiência energética é um fator crucial para dispositivos alimentados por bateria, como smartwatches, sensores portáteis e, claro, trenas eletrônicas.

Do ponto de vista da interface, os displays OLED normalmente utilizam protocolos de comunicação como I2C ou SPI para se conectar a microcontroladores. O protocolo I2C é vantajoso em projetos que exigem simplicidade, já que utiliza apenas dois pinos (SDA e SCL) para comunicação. Por outro lado, o protocolo SPI oferece maior velocidade de transferência de dados, sendo ideal para aplicações que demandam atualizações rápidas na tela. Ambos os métodos são amplamente suportados por microcontroladores como o ESP32, tornando a integração simples e flexível.

Além de sua eficiência, os displays OLED são versáteis em termos de funcionalidade. Eles podem ser usados para exibir texto, gráficos e até mesmo imagens básicas. Em projetos como a trena eletrônica, os OLEDs são especialmente úteis para exibir medições em tempo real de maneira clara e visível. A resolução típica de 128x64 pixels encontrada em muitos modelos compactos é suficiente para informações críticas, como números, ícones e mensagens de status.

Outro benefício significativo dos displays OLED é sua robustez em ambientes diversos. Ao contrário de displays LCD, que podem ser afetados por temperaturas extremas ou quedas bruscas, os OLEDs apresentam maior durabilidade e são mais resistentes a choques. Isso os torna ideais para projetos

que exigem mobilidade e operação em condições adversas, como dispositivos de medição utilizados em ambientes industriais ou externos.

A combinação de qualidade visual, eficiência energética, flexibilidade de integração e durabilidade faz dos displays OLED uma escolha ideal para projetos eletrônicos modernos. Em dispositivos como a trena eletrônica baseada no ESP32, eles permitem a criação de soluções portáteis e de alto desempenho que atendem às demandas do mercado atual. Sua integração com sensores avançados, como o VL53L0X, e a conectividade do ESP32 demonstra como os OLEDs podem agregar valor em projetos inovadores e tecnológicos.

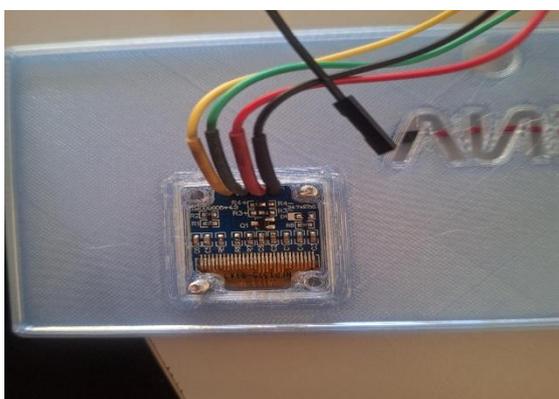


Figura 4.OLED. Verso. Fonte: Acervo dos autores

Figura 5. Frente.

autores

2.5 Integração entre componentes e ESP32

A integração de componentes em projetos eletrônicos é uma etapa fundamental para garantir o funcionamento harmonioso de sistemas que combinam sensores, microcontroladores e dispositivos de exibição. No caso de uma trena eletrônica, a comunicação entre o ESP32, o sensor VL53L0X e o display OLED deve ser planejada cuidadosamente para assegurar precisão nas medições e clareza na exibição dos resultados. Cada elemento desempenha um papel específico, e a conexão eficiente entre eles é essencial para o sucesso do projeto.

A comunicação entre o ESP32 e o sensor VL53L0X ocorre por meio do protocolo I2C, que é amplamente utilizado em projetos eletrônicos devido à sua simplicidade e eficiência. O VL53L0X atua como um dispositivo "slave", enquanto

o ESP32 opera como "master", controlando a leitura e interpretação dos dados enviados pelo sensor. O protocolo I2C utiliza apenas dois pinos do ESP32, SDA (dados) e SCL (clock), permitindo economizar pinos de entrada/saída para outras funcionalidades. Para garantir a precisão nas medições, é importante configurar o endereço I2C do VL53L0X corretamente e utilizar bibliotecas específicas que facilitam sua integração, como a biblioteca VL53L0X da Adafruit.

No que diz respeito à comunicação entre o ESP32 e o display OLED, o protocolo I2C também pode ser utilizado, tornando o processo de integração mais simplificado, já que ambos os dispositivos compartilham o mesmo barramento. Outra opção é o protocolo SPI, que oferece maior velocidade de transferência de dados, sendo útil em casos onde o display precisa ser atualizado rapidamente. Assim como no sensor VL53L0X, o uso de bibliotecas como a Adafruit SSD1306 para displays OLED é altamente recomendado, pois elas fornecem funções prontas para inicializar o display, definir gráficos e exibir textos ou números com facilidade.

A alimentação de todos os componentes é um aspecto crítico a ser considerado no projeto. O ESP32, o sensor VL53L0X e o display OLED têm diferentes requisitos de tensão e corrente, e todos devem ser atendidos de forma segura e estável. Normalmente, o ESP32 funciona em 3,3V, enquanto o VL53L0X e o display OLED podem operar em 3,3V ou 5V, dependendo do modelo. É importante verificar as especificações de cada componente e, se necessário, utilizar reguladores de tensão para evitar sobrecarga ou subalimentação, que podem causar falhas ou danos permanentes.

O consumo energético é outro ponto relevante, especialmente em projetos alimentados por bateria. O ESP32, embora seja eficiente, consome energia considerável devido à sua conectividade Wi-Fi e Bluetooth. Já o sensor VL53L0X consome muito pouco, mas o display OLED pode ser um dos maiores consumidores de energia do sistema, dependendo do conteúdo exibido. Para otimizar a eficiência energética, estratégias como desligar o Wi-Fi do ESP32 quando não estiver em uso, reduzir a frequência de medições do sensor e apagar o display OLED em períodos de inatividade podem ser implementadas.

Outro desafio na integração de componentes é a interferência elétrica e o gerenciamento de sinais. Como o protocolo I2C compartilha o mesmo

barramento entre múltiplos dispositivos, é fundamental assegurar que cada componente tenha um endereço único para evitar conflitos. Além disso, resistores pull-up adequados devem ser utilizados nos pinos SDA e SCL para garantir que os sinais sejam transmitidos corretamente. O uso de capacitores de desacoplamento próximos a cada componente também ajuda a reduzir ruídos e instabilidades no sistema.

Por fim, a integração bem-sucedida desses componentes depende de uma combinação de planejamento, uso eficiente de bibliotecas de software e atenção aos detalhes na montagem do hardware. Com uma comunicação estável entre o ESP32, o VL53L0X e o display OLED, além de uma alimentação energética confiável, o projeto da trena eletrônica pode alcançar alto desempenho e confiabilidade, demonstrando como a tecnologia embarcada pode ser usada para criar soluções práticas e inovadoras.

2.6 Medição de Distâncias e Processamento de Dados

A medição de distâncias em um projeto como a trena eletrônica depende do processamento eficiente dos dados obtidos pelo sensor VL53L0X no ESP32. O sensor utiliza a tecnologia Time-of-Flight (ToF) para medir o tempo que um pulso de luz laser infravermelho leva para refletir de um objeto e retornar ao sensor. Esses dados brutos, que representam o tempo de viagem da luz, são processados internamente no VL53L0X para fornecer valores de distância em milímetros, que são enviados ao ESP32 por meio do protocolo I2C. Esse fluxo de dados precisa ser gerenciado cuidadosamente para garantir leituras precisas e consistentes.

No ESP32, os dados recebidos do VL53L0X são processados usando bibliotecas específicas, como a VL53L0X.h. Essas bibliotecas simplificam o trabalho do programador ao fornecer funções prontas para inicializar o sensor, realizar leituras e configurar parâmetros como alcance e precisão. Após a leitura dos dados, o ESP32 pode realizar cálculos adicionais para ajustar os valores às necessidades específicas do projeto, como compensação por variáveis ambientais ou correções baseadas na geometria do objeto medido.

Um dos aspectos fundamentais do processamento de dados é a conversão dos valores brutos de distância em informações legíveis e significativas para o usuário. Em muitos casos, as medições em milímetros fornecidas pelo sensor são diretamente utilizáveis, mas, dependendo do contexto, pode ser necessário converter esses valores para outras unidades, como centímetros ou metros. Essa conversão é simples e pode ser feita diretamente no código do ESP32, usando operações matemáticas básicas.

Uma vez processados, os dados precisam ser exibidos no display OLED de maneira clara e organizada. Para isso, o ESP32 utiliza bibliotecas como a Adafruit SSD1306, que fornecem funções para inicializar o display, configurar fontes e posicionar texto ou números na tela. Por exemplo, os valores de distância podem ser formatados com duas casas decimais e exibidos com uma fonte grande no centro do display, garantindo que sejam facilmente legíveis pelo usuário em diferentes condições de iluminação.

Além de exibir os dados, o sistema pode incluir algoritmos básicos para melhorar a experiência do usuário. Um exemplo é a implementação de um filtro simples, como uma média móvel, para suavizar variações nas leituras causadas por flutuações do sensor ou movimentos do dispositivo. Isso ajuda a garantir que os valores exibidos sejam estáveis e confiáveis, evitando que pequenas inconsistências prejudiquem a usabilidade da trena eletrônica.

Outro ponto importante é o uso de feedback visual ou sonoro para alertar o usuário sobre condições específicas, como quando a medição excede o alcance do sensor ou quando o objeto medido está fora do campo de visão. Isso pode ser implementado no código do ESP32 como parte do processamento de dados, utilizando LEDs, sons ou mensagens no display para indicar possíveis erros ou limitações na leitura.

O processamento de dados em projetos como a trena eletrônica não se limita apenas à exibição imediata das medições. Ele também pode incluir funcionalidades adicionais, como registro das leituras em uma memória interna ou transmissão dos dados via Wi-Fi para um aplicativo ou serviço em nuvem. Essas expansões permitem que o dispositivo seja integrado em sistemas maiores e mais complexos, ampliando sua utilidade e tornando-o uma ferramenta versátil para diferentes contextos e necessidades.

3. METODOLOGIA

Este projeto utiliza o sensor de distância a laser baseado na tecnologia Time-of-Flight (ToF). Este sensor é acessado via protocolo I²C e apresenta uma rápida capacidade de resposta, com um tempo de reação de 50 milissegundos. Ele oferece duas opções de alcance: no modo normal, a faixa é de 0 a 1000 mm, enquanto no modo de longo alcance, ela se estende de 0 a 2000 mm, tornando-o versátil para diversas aplicações.

Para a alimentação do sistema, utilizamos uma bateria de 9 volts juntamente com um módulo step-down, que converte a tensão de entrada para 5 volts, permitindo o fornecimento de energia de forma estável para o protótipo em uma breadboard. Os dois componentes principais, o display OLED de 0,91 polegadas e o sensor ToF, compartilham os mesmos pinos SCL e SDA do barramento I²C, que são conectados ao microcontrolador ESP32. Essa configuração simplifica a comunicação entre os dispositivos.

Um botão adicional é integrado ao circuito e, ao ser pressionado, inicia o processo de medição de distância. Os resultados obtidos pelo sensor são exibidos em tempo real no display OLED, proporcionando uma interface visual simples e eficaz para o usuário. Para implementar este projeto, são necessárias três bibliotecas externas: a biblioteca VL53L0X para o sensor ToF e as bibliotecas Adafruit GFX e Adafruit SSD1306 para o controle do display OLED. A Figura 1 mostra o circuito.

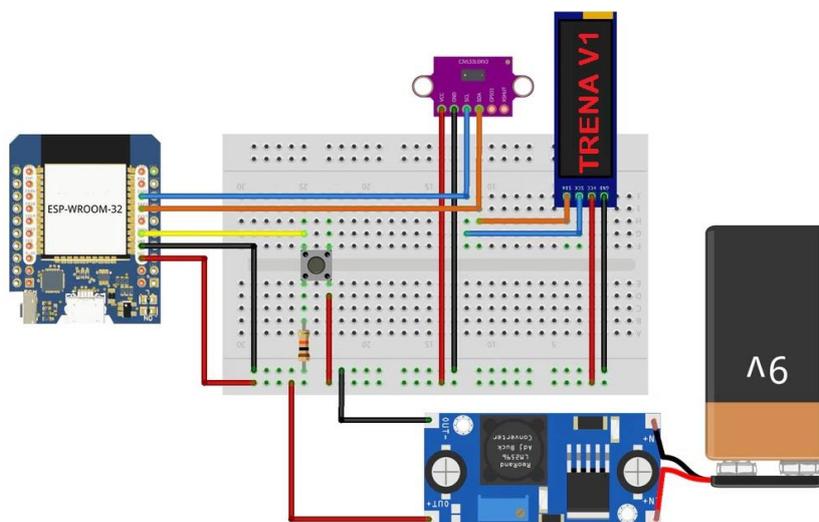


Figura 2. Circuito da Trena. Fonte: Acervo dos autores.

No início do código-fonte, são criadas variáveis globais para gerenciar o botão, bem como um objeto para o sensor ToF. O display OLED também é configurado com as informações necessárias para sua inicialização. A função responsável por exibir as medições no display, chamada de ShowMeasurement, organiza os dados recebidos do sensor e os apresenta de forma legível.

Na seção de configuração (setup), define-se o modo de operação do botão e inicializa-se tanto o display OLED quanto o sensor ToF. Além disso, parâmetros relacionados à precisão do sensor podem ser ajustados, permitindo um controle mais detalhado do comportamento do sistema. Essa configuração inicial garante que o dispositivo funcione de maneira consistente e confiável.

Durante a execução do código principal (loop), o sistema monitora os cliques no botão. Sempre que o botão é pressionado, uma nova medição de distância é realizada, e os valores atualizados são imediatamente exibidos no display OLED. Este processo contínuo torna o dispositivo altamente responsivo e intuitivo para o usuário.

O dispositivo foi finalizado com a criação de um invólucro compacto e portátil, impresso em 3D. Esse acabamento não apenas protege os componentes internos, mas também torna o equipamento prático para uso diário, funcionando como um medidor digital de distâncias alimentado por bateria, ideal para aplicações em diversos ambientes. A Figura 2 mostra o produto finalizado.

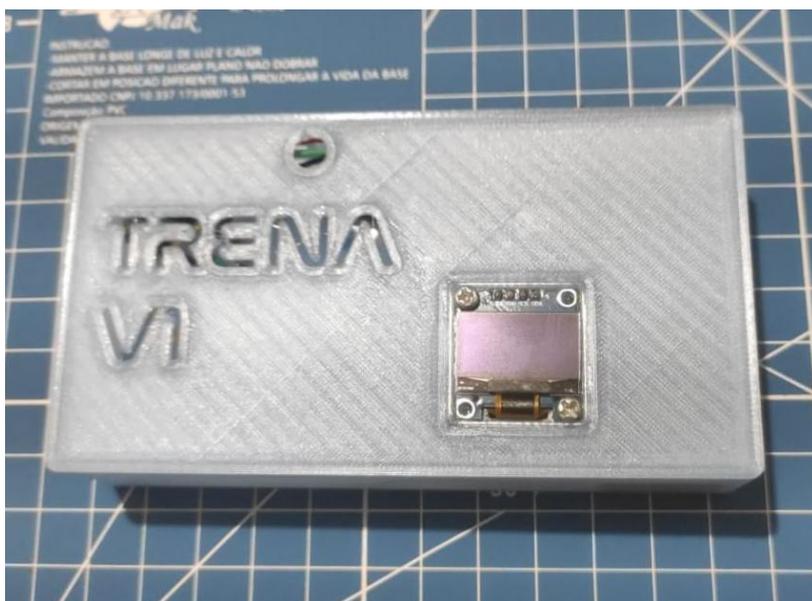


Figura 2. Trena V1. Fonte: Acervo dos autores.

4 CONCLUSÃO

A conclusão deste trabalho destaca o sucesso do desenvolvimento de uma trena eletrônica inteligente, integrando tecnologias avançadas e acessíveis para criar uma solução prática e funcional. O projeto demonstrou como o uso de componentes como o sensor de distância VL53L0X, o microcontrolador ESP32 e o display OLED, combinado à plataforma Blynk IoT, possibilitou a criação de um dispositivo compacto e eficiente, capaz de realizar medições de alta precisão e exibi-las de forma clara e intuitiva, tanto no display local quanto em dispositivos móveis.

A escolha do sensor VL53L0X mostrou-se especialmente acertada devido à sua tecnologia Time-of-Flight, que proporciona medições confiáveis em diferentes condições de iluminação e distâncias variadas. Sua integração com o ESP32, utilizando o protocolo I²C, foi facilitada pelo uso de bibliotecas específicas, que garantiram a comunicação eficaz entre os componentes e possibilitaram o processamento preciso dos dados obtidos.

O uso do ESP32 como microcontrolador central também se destacou pela sua conectividade integrada e capacidade de gerenciamento de múltiplos dispositivos simultaneamente. A integração com o Blynk IoT permitiu expandir a funcionalidade da trena eletrônica, possibilitando o monitoramento remoto e o registro das medições em tempo real, atendendo a um público que demanda maior versatilidade e conectividade em ferramentas de medição.

Além disso, o display OLED foi fundamental para a experiência do usuário, oferecendo uma interface visual compacta e eficiente. Sua capacidade de exibir informações de forma legível, mesmo em ambientes de baixa iluminação, foi um diferencial importante para tornar o dispositivo acessível e funcional em diversas situações práticas, como medições em obras e locais internos.

Do ponto de vista da usabilidade e design, o projeto alcançou seus objetivos ao criar um dispositivo leve, portátil e ergonômico, adequado tanto para profissionais quanto para usuários casuais. A inclusão de um botão para iniciar medições e o encapsulamento em um invólucro impresso em 3D garantiram um equipamento robusto e prático para uso diário, combinando funcionalidade e durabilidade.

O sucesso deste projeto reforça a relevância de soluções tecnológicas acessíveis em áreas como construção civil, logística e engenharia. A trena eletrônica desenvolvida não apenas atendeu aos objetivos propostos, mas também demonstrou como a integração de tecnologias modernas pode transformar ferramentas convencionais em dispositivos mais eficientes, conectados e precisos.

Este trabalho abre espaço para futuras melhorias e expansões. Entre as possibilidades estão a adição de novas funcionalidades, como armazenamento local de medições, integração com serviços em nuvem para análise de dados e otimizações no design do dispositivo para atender a requisitos específicos de diferentes áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SOUZA, Vitor Amadeu. Programação para Arduino. Clube de Autores, 2014.
- PEREIRA, Marcelo Robson Sousa. A aplicação do microcontrolador ESP32 no ensino: Medindo posições em função do tempo utilizando o sensor VL53L0X associado ao ESP32. UNIFAP – Universidade Federal do Amapá, 2021.
- ALVES, J. L. L. Instrumentação, controle e automação de processos. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- BONALDO, S. A. Técnicas digitais. Santa Maria: CTISM/UFSM, 2011.
- CAPELLI, A. Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos. 2. Ed. São Paulo: Érica, 2010.
- DORF, R. C.; BISHOP, R. H. Sistemas de controle moderno. 12. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY JR., C.; UMANS, S. D. Máquinas elétricas. 6. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- FRANCHI, C. M. Acionamentos elétricos. 4. Ed. São Paulo: Érica, 2011.
- FRANCHI, C. M. Controle de processos industriais: princípios e aplicações. São Paulo: Érica, 2013.
- FUENTES, R. C. Apostila de automação industrial. Santa Maria: UFSM, 2013.
- CARVALHO, Gilson Amorim; SANTOS, José Vicente Cardoso; SANTOS, Raul. Arduino na automação industrial: vantagens, limitações e perspectivas futuras.
- CARRASQUEIRA, R.; MENDES, O. L.; CARRASQUEIRA, A. Protótipo de um eletrocardiograma utilizando ESP32. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 141–150, 2022. DOI: 10.31510/infa.v19i2.1489. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1489>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- DE OLIVEIRA BORGES, E. A. Sistema de automação residencial utilizando a tecnologia ESP32 como alternativa de baixo custo. Engenharia de Computação, n. 1, p. 59, 2019.

ESPRESSIF SYSTEMS. ESP32: ESP32 Wi-Fi & Bluetooth MCU. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>. Acesso em: 03 jun. 2024

YOUTUBE. O que é Arduino, afinal de contas? #ManualMaker Aula 4, vídeo 1. Publicado em: 14 mar. 2019. Disponível em: <https://youtu.be/sv9dDtYnE1g>. Acesso em: 11 abr. 2024.

YOUTUBE. ESP32: O vídeo que todos precisam assistir antes de utilizar! Publicado em: 27 Mar.2021 Disponível em: <https://youtu.be/1LJBXSoGTzI>. Acesso em: 26 Mai.2024.

YOUTUBE. Aula 15 ESP32 e Blynk IOT P1. Publicado em: 10 nov. 2021. Disponível em: <https://youtu.be/k7kQsBfY0tQ>. Acesso em: 09 Jul.2024.

YOUTUBE. OLÁ MAKER!VEJA O NOVO SENSOR DE DISTÂNCIA! CHEGA DE USAR SENSOR ULTRASSÔNICO Publicado em: 17 nov. 2019. Disponível em: <https://youtu.be/F5cx2uNY4Kw>. Acesso em: 15 ago. 2024

BORGES, Rodrigo; MACHADO, Rodrigo; GONÇALVES, Natália. Trens digitais tornam as medições “inteligentes”. AECweb, 29 set. 2014. Atualizado em: 13 abr. 2015. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br>. Acesso em 14 Set. 2024

FERREIRAS KENNEDY. Como funciona uma trena digital? Ferramentas Kennedy, 26 nov. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/parana/especial-publicitario/ferramentas-kennedy/guia-das-ferramentas/noticia/2019/11/26/como-funciona-uma-trena-digital.g14.Set> Acesso: 14.Set 2024.

SOUZA, Vitor Amadeu. Domótica através da internet com ESP32 programado em Arduino, App Inventor e PHP. 2020. Clube de Autores.

KAUE. Vantagens de usar uma trena digital portátil em seus projetos de medição. 16 jul. 2024. Disponível em: <https://ferramentas.asttools.com.br/paquimetros-digitais/blog/categorias/artigos/vantagens-de-usar-uma-trena-digital-portatil-em-seus-projetos-de-medicao>. Acesso em: 06 out. 2024.

