



ENGENHARIAS
FEMIC MAIS

Diego Antônio de Melo Moraes

Gustavo Laureano de Almeida

João Pedro Ferreira Lemos

Paulo Oliveira Santos

Karolliny Danielle Santos

Marcos Alberto Saldanha

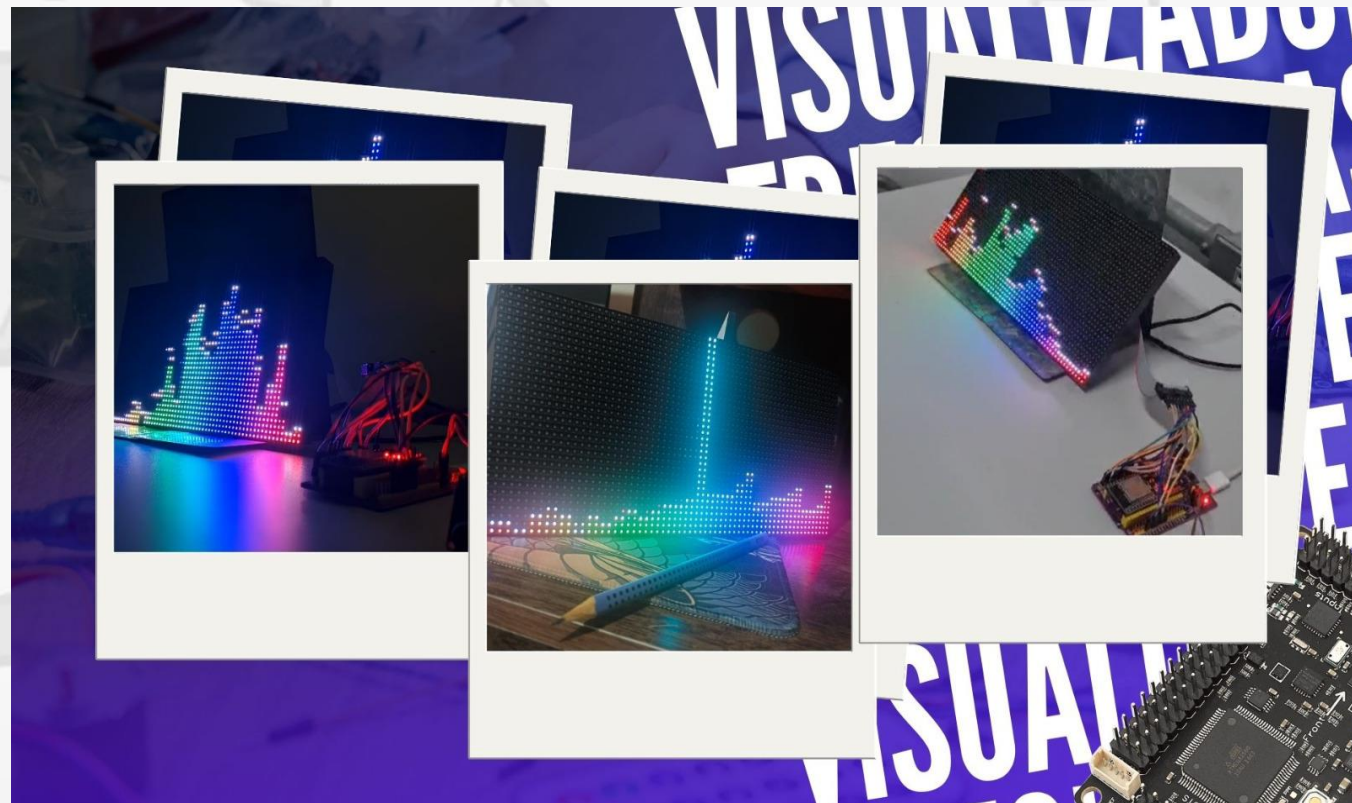
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Divinópolis, Minas Gerais, Brasil



joao.241167154@discente.uemg.br

VISUALIZADOR DE FREQUÊNCIAS DE ÁUDIO EM TEMPO REAL COM ESP32



Apresentação



- Muitos conceitos matemáticos são abstratos, mas possuem grande importância e têm enorme utilidade em nosso dia a dia, mesmo que não saibamos.
- A Transformada de Fourier é um desses. Amplamente utilizada na análise de sinais, e quase indispensável nas tecnologias de comunicação como WIFI, 5G.
- Nosso projeto é um visualizador de áudio em tempo real, que usa a Transformada Rápida de Fourier (FFT) para separar as frequências de sons captados do ambiente e exibi-las graficamente em uma matriz de LEDs.

Objetivos



Objetivo geral

Desenvolver um sistema embarcado para a visualização do espectro de áudio em tempo real, a fim de demonstrar a aplicação prática da Transformada Rápida de Fourier (FFT) e servir como uma ferramenta didática para a compreensão de conceitos de processamento de sinais.

Metodologia



Fundamentação Teórica e Planejamento

- O trabalho iniciou-se com um estudo aprofundado dos algoritmos de decomposição de sinais de áudio, com foco principal na **Transformada Rápida de Fourier (FFT)**, essencial para a análise espectral.
- Em paralelo, foi feita uma pesquisa sobre a aplicação de análise espectral em **sistemas embarcados de baixo custo**.
- Foram definidos os critérios essenciais para o processamento de sinais. Como o número de amostras do sinal, taxa de amostragem e o número de bandas de frequência.

Metodologia

Prototipagem

- **Hardware:** ESP32, microfone MAX9814 e matriz de LEDs P4;
- **Desenvolvimento de software:** desenvolvido em C++ na Arduino IDE, utilizando as bibliotecas ArduinoFFT e ESP32-HUB75-MatrixPanel-DMA;
- **Circuito auxiliar:** filtro passa-baixa RC para limitar altas frequências, utilizando um resistor de $33\ \Omega$ e um capacitor de 220nF ;
- A partir disso foram realizados testes para ajustes nos parâmetros do software e disposição do hardware.

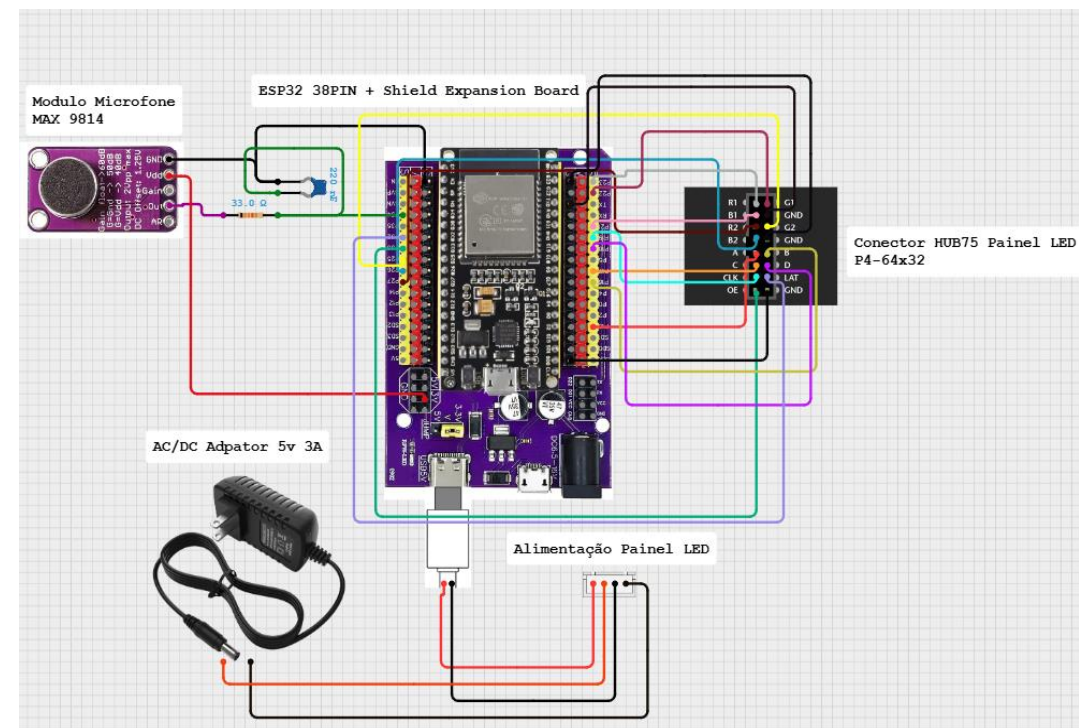


Figura 1: Diagrama do circuito empregado no projeto.

Resultados alcançados



O protótipo alcançou uma integração funcional bem-sucedida, operando em um fluxo de dados contínuo. Conforme ilustrado, o Microfone Max9814 (Figura 2) capta e filtra o áudio, o ESP32 (Figura 3) executa a análise espectral (FFT), e o Painel de LED P4 (Figura 4) exibe o resultado visual em tempo real.

Captação e Filtragem do áudio



Figura 2: Microfone Max9814.

Amostragem e Processamento do Sinal



Figura 3: Microcontrolador ESP32

Visualização

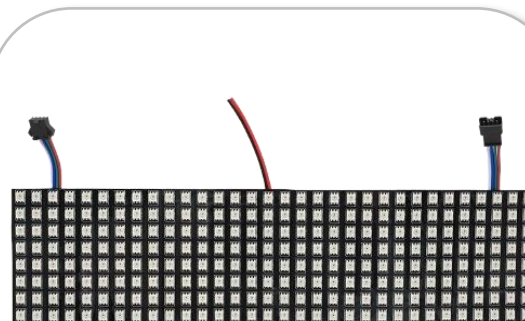


Figura 4: PAINEL LED P4 32x64.

Resultados alcançados



- **Resultado principal:** protótipo funcional, visto na Figura 5, que exibe o espectro do áudio em tempo real. O sistema comprova a integração bem-sucedida do hardware (ESP32, microfone, LEDs) com o software de análise (FFT).
- **Limitações:** Durante os testes, também foi observado distorção em frequências muito altas. Esse problema foi descoberto como uma limitação de hardware inerente ao próprio ADC do ESP32.

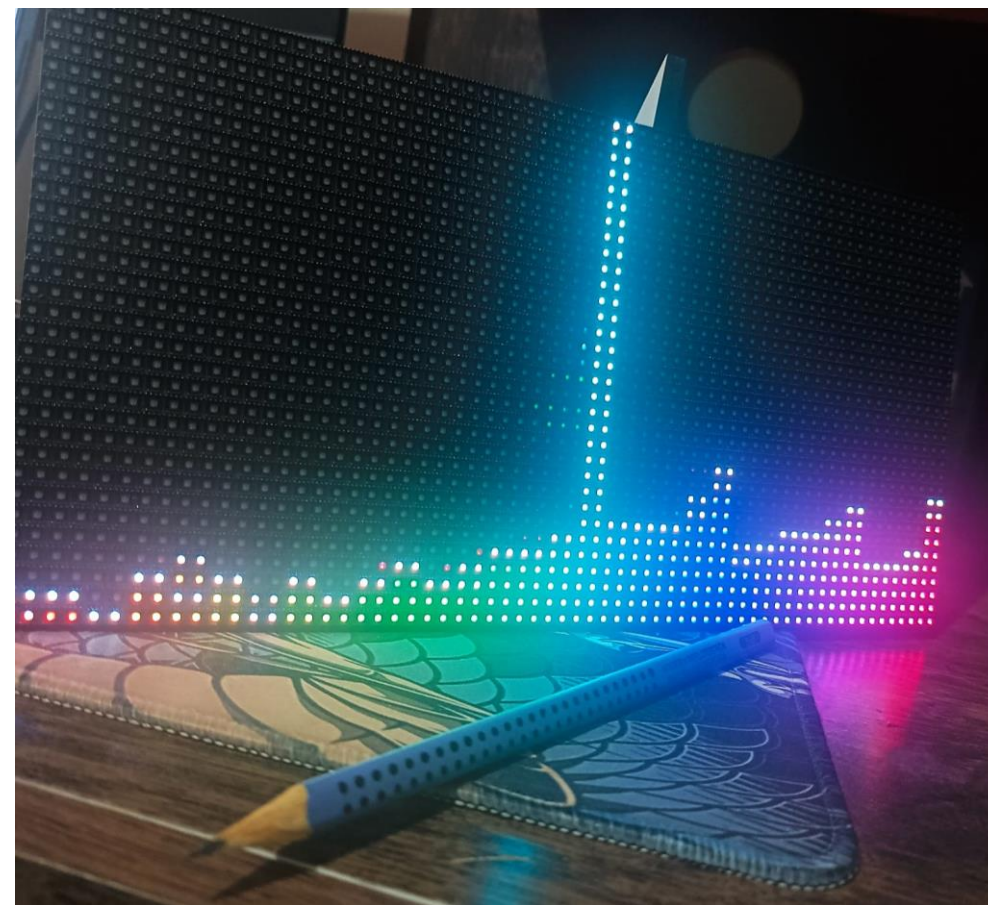


Figura 5: Imagem do painel de LED, mostrando a decomposição de frequência.

Aplicabilidade dos resultados no cotidiano da sociedade



- O projeto demonstra possuir duas grandes aplicabilidades práticas. Primeiramente, serve como uma **ferramenta educacional** de baixo custo para o ensino visual de conceitos abstratos de física (ondas) e matemática (FFT/Cálculo). Além de propiciar e instigar estudantes na área de programação e desenvolvimento de sistemas embarcados
- A ideia surgiu de um **trabalho de faculdade**, com o objetivo de demonstrar a **aplicação prática do Cálculo** na Engenharia da Computação, especificamente no processamento digital de sinais.

Criatividade e inovação



- A principal criatividade deste projeto foi transformar conceitos matemáticos abstratos, como o Cálculo e a Transformada de Fourier (FFT), em um produto físico, interativo e que permite "ver o som" em tempo real.
- A inovação está em democratizar essa tecnologia. Usamos componentes de baixo custo e fáceis de encontrar (ESP32, Matriz P4) para criar uma ferramenta de análise de sinal, que normalmente é cara, tornando-a acessível para fins educacionais e para entusiastas de música e eletrônica.

Considerações finais



Este trabalho cumpriu seu objetivo principal ao aplicar conceitos teóricos complexos, como o Cálculo e a FFT, em um projeto prático de engenharia. O resultado foi um protótipo de analisador de espectro funcional, interativo e de baixo custo, que "traduz" a matemática abstrata em um dispositivo visualmente atraente.

O desenvolvimento validou o ciclo completo de engenharia, desde a pesquisa e adaptação de componentes até a superação de desafios reais de hardware e software. O projeto não apenas alcançou sua meta acadêmica, mas também demonstrou ter grande potencial como ferramenta educacional para o ensino de física e tecnologia.



UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
MINAS GERAIS



9ª Feira Mineira de Iniciação Científica



De 08 a 28 de novembro de 2025

Realização



Associação Mineira de
Pesquisa e Iniciação Científica

UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE MINAS GERAIS



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

