

Analisador de Espectro de Frequência

Andres Rojas, Jaime Dantas, Ramon Fava

Apresentação

- Projeto
- Hardware
- Software
- Análise dos Resultados
- Vídeo

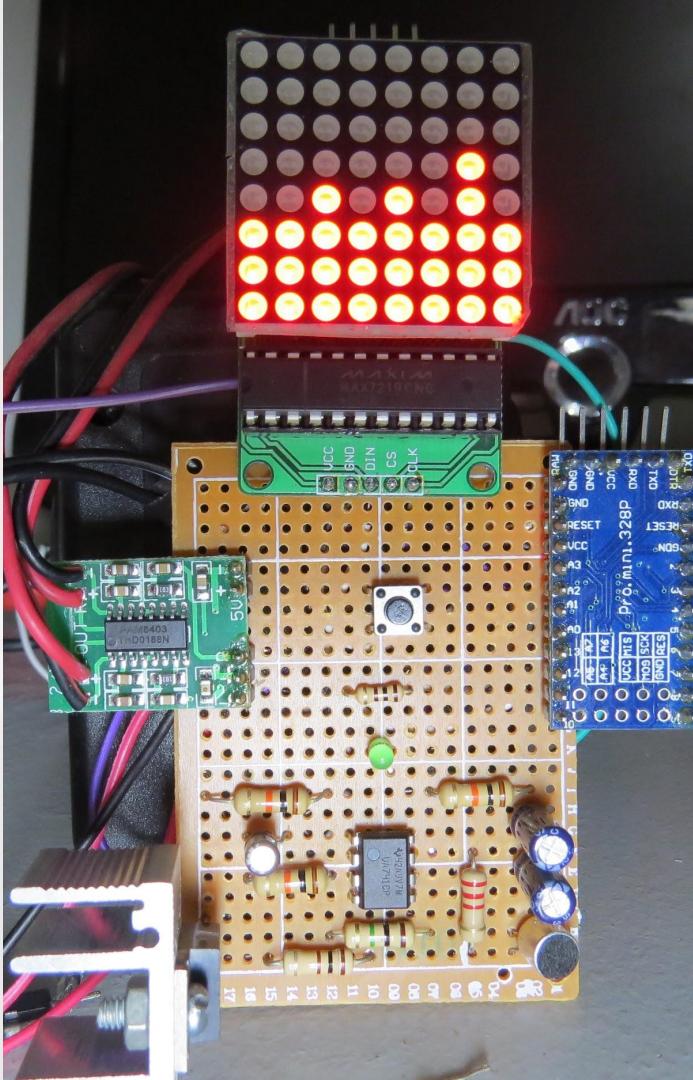
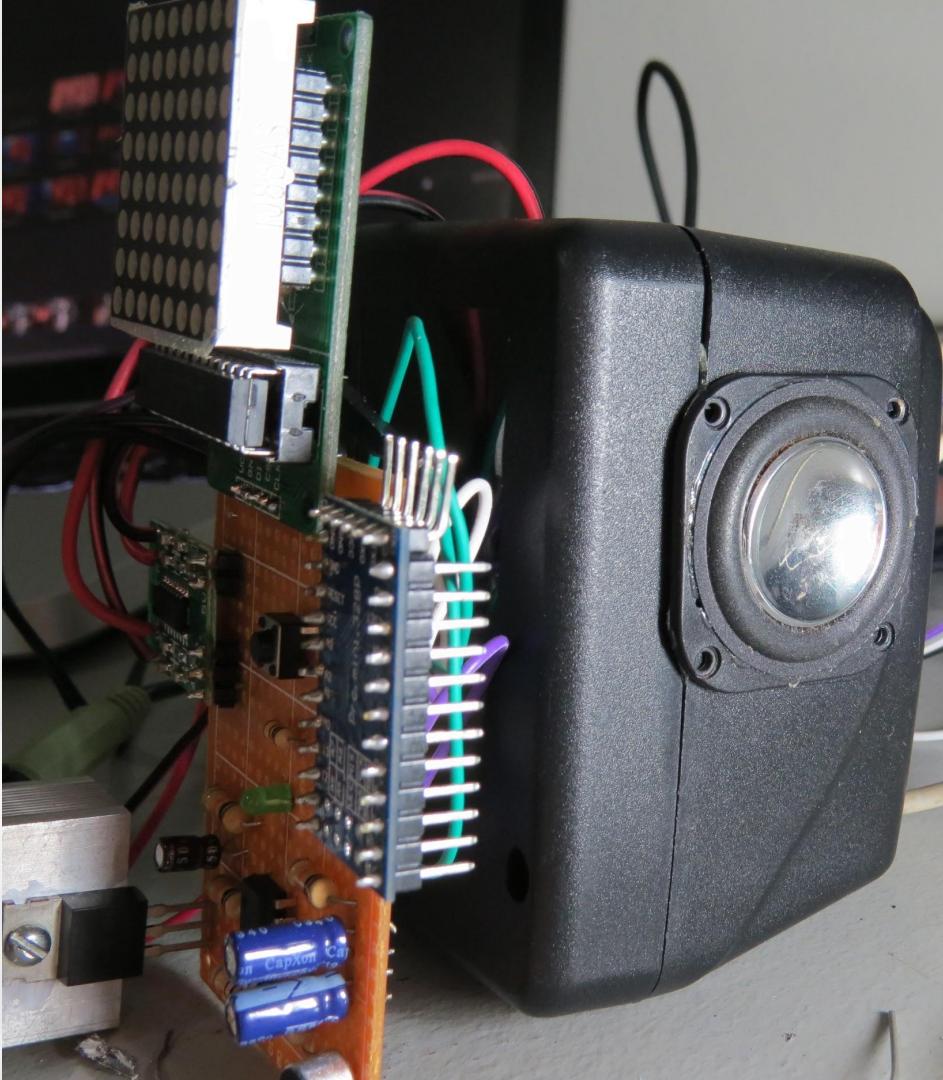
Projeto

Criar um dispositivo eletrônico para analisar o espectro da frequência de áudio usando o algoritmo de DFT de Goertzel(1953).

Hardware

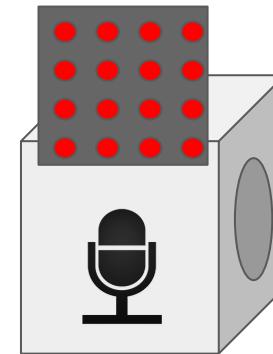
Hardware

- Microcontrolador ATmega 328p (Arduino Pro Mini);
- Amplificador de áudio classe D;
- Amplificador operacional;
- Matriz de led 8x8;
- Microfone;
- Resistores;
- Transistor;
- Led;
- Capacitores.





Conexão



Custos

Correios R\$ 30

Arduino R\$ 15

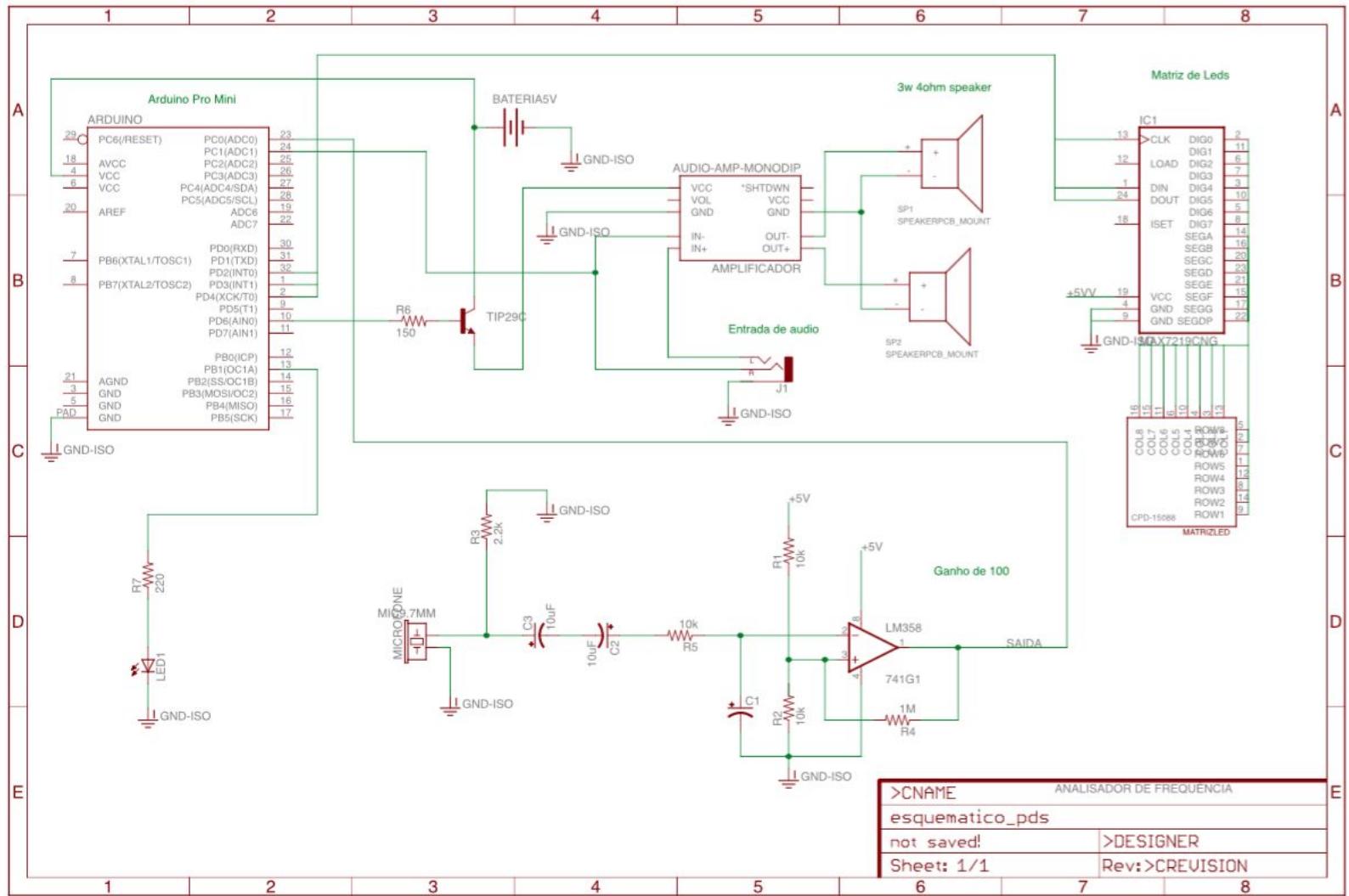
Matriz de Led R\$ 11

Amplificador R\$ 5

Componentes Eletrônicos R\$ 20

TOTAL R\$ ~80

Esquemático Elétrico



Software

Baseado no algoritmo de Goertzel, uma alternativa a transformada rápida de Fourier. Assim, cada coluna da matriz de led representa a frequência escolhida e cada linha a magnitude dela. O microfone é usado para, a partir de uma certa frequência, o sistema é acionado e inicia a reprodução de áudio e a visualização do espectro da música.

Algoritmo de Goertzel

Usado para detectar frequências específicas no espectro, e não o espectro todo em si, tendo um menor custo computacional em relação à FFT.

No nosso trabalho, o algoritmo de Goertzel retorna a magnitude da frequência escolhida. Estamos utilizando blocos de 115 amostras (não precisa ser potência de 2 como na FFT), frequência de amostragem de 9 kHz.

Algoritmo de Goertzel

Constantes:

$$k = \text{(int)}\left(0.5 + \frac{N * \text{target_freq}}{\text{sample_rate}}\right)$$

$$w = (2 * \pi / N) * k$$

$$\cosine = \cos w$$

$$\sine = \sin w$$

$$\text{coeff} = 2 * \cosine$$

N vezes:

$$Q_0 = \text{coeff} * Q_1 - Q_2 + \text{sample}$$

$$Q_2 = Q_1$$

$$Q_1 = Q_0$$

Finalmente:

$$\text{real} = (Q_1 - Q_2 * \cosine)$$

$$\text{imag} = (Q_2 * \sine)$$

$$\text{magnitude}^2 = \text{real}^2 + \text{imag}^2$$

A person's hand is visible on the right side of the frame, holding a smartphone. The screen of the phone displays a digital circuit diagram consisting of various logic gates and connections. The background is a light gray.

Código

Código de Inicialização

```
while(true){  
    Goertzel goertzel = Goertzel(4000, N, FREQUENCIA_AMOSTRAGEM);  
    goertzel.sample(A0); //vai computar as n amostras  
    float ligar = goertzel.detect(); //checa pela frequencia chave  
    if(ligar>900){  
        PORTB &= 0b11111011//apaga led  
        for (int i = 0; i < 8; i++)  
        {  
            lc.setRow(0,i,display[i])//mostra um caracter na matriz  
        }  
        delay(3000);  
        break;  
    }  
}
```

Código de execução

```
for(int i=0; i<8; i++){
    Goertzel goertzel = Goertzel(156+156*i, N, FREQUENCIA_AMOSTRAGEM);
    goertzel.sample(sensorPin); //vai computar as n amostras
    led[i] = goertzel.detect(); //vai computar as n amostras e armazenar em um vetor
    lc.setColumn(0,i, normalizacao(led[i])); //mostra a magnitude na matriz
}
```

Função de Normalização

```
char normalizacao(float valor){  
    char retorno = 0;  
    if(valor>200){  
        retorno += 1;  
    }  
    if(valor>260){  
        retorno += 2;  
    }  
    if(valor>320){  
        retorno += 4;  
    }  
    if(valor>380){  
        retorno += 8;  
    }  
    if(valor>440){  
        retorno += 16;  
    }  
    if(valor>500){  
        retorno += 32;  
    }  
    if(valor>560){  
        retorno += 64;  
    }  
    if(valor>620){  
        retorno += 128;  
    }  
    return retorno;  
}
```

Análise dos Resultados

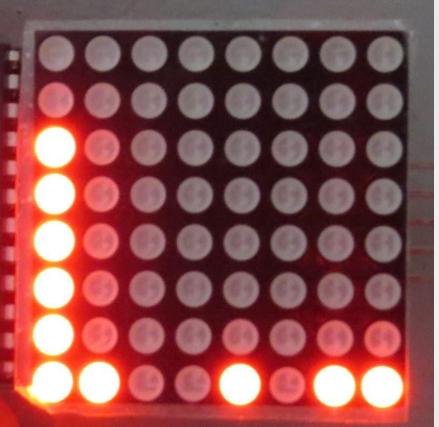
156 Hz até 1248 Hz

156 Hz

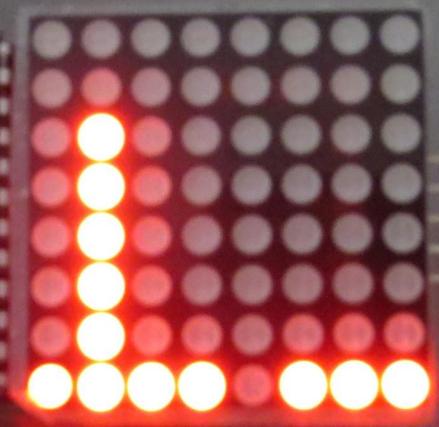


1248 Hz

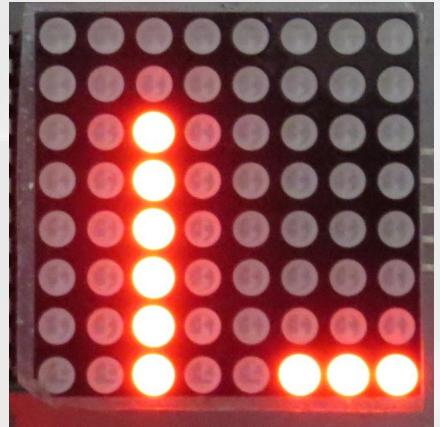




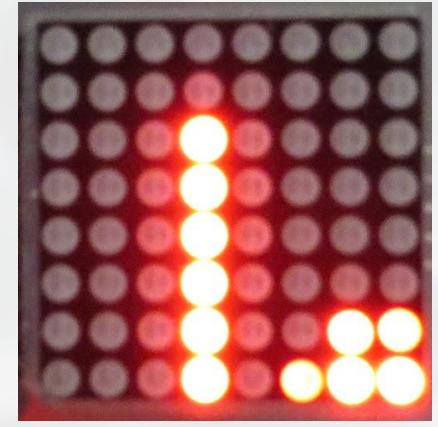
156 Hz



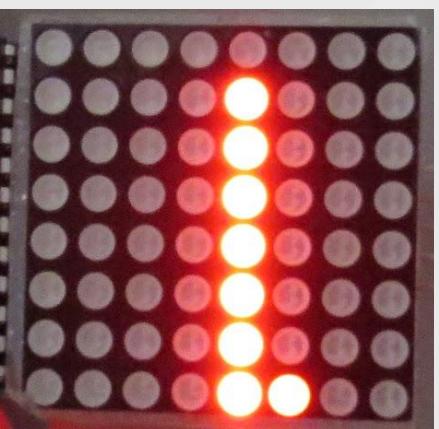
312 Hz



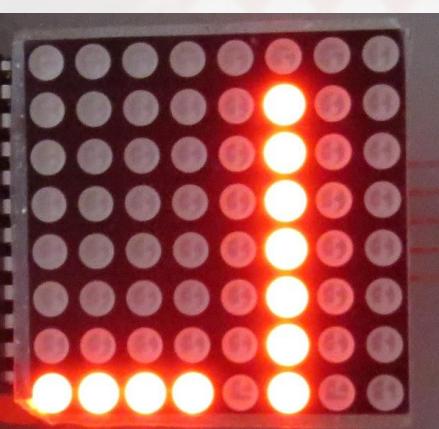
468 Hz



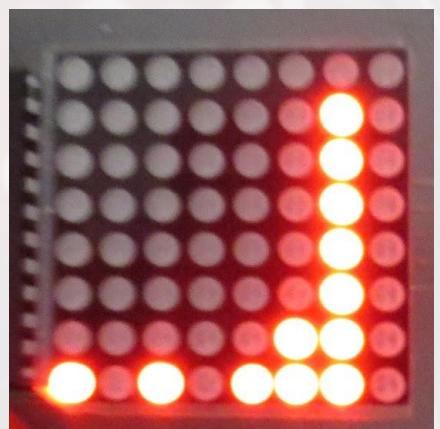
624 Hz



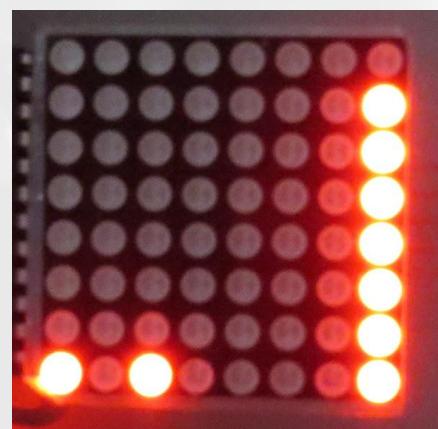
780 Hz



936 Hz

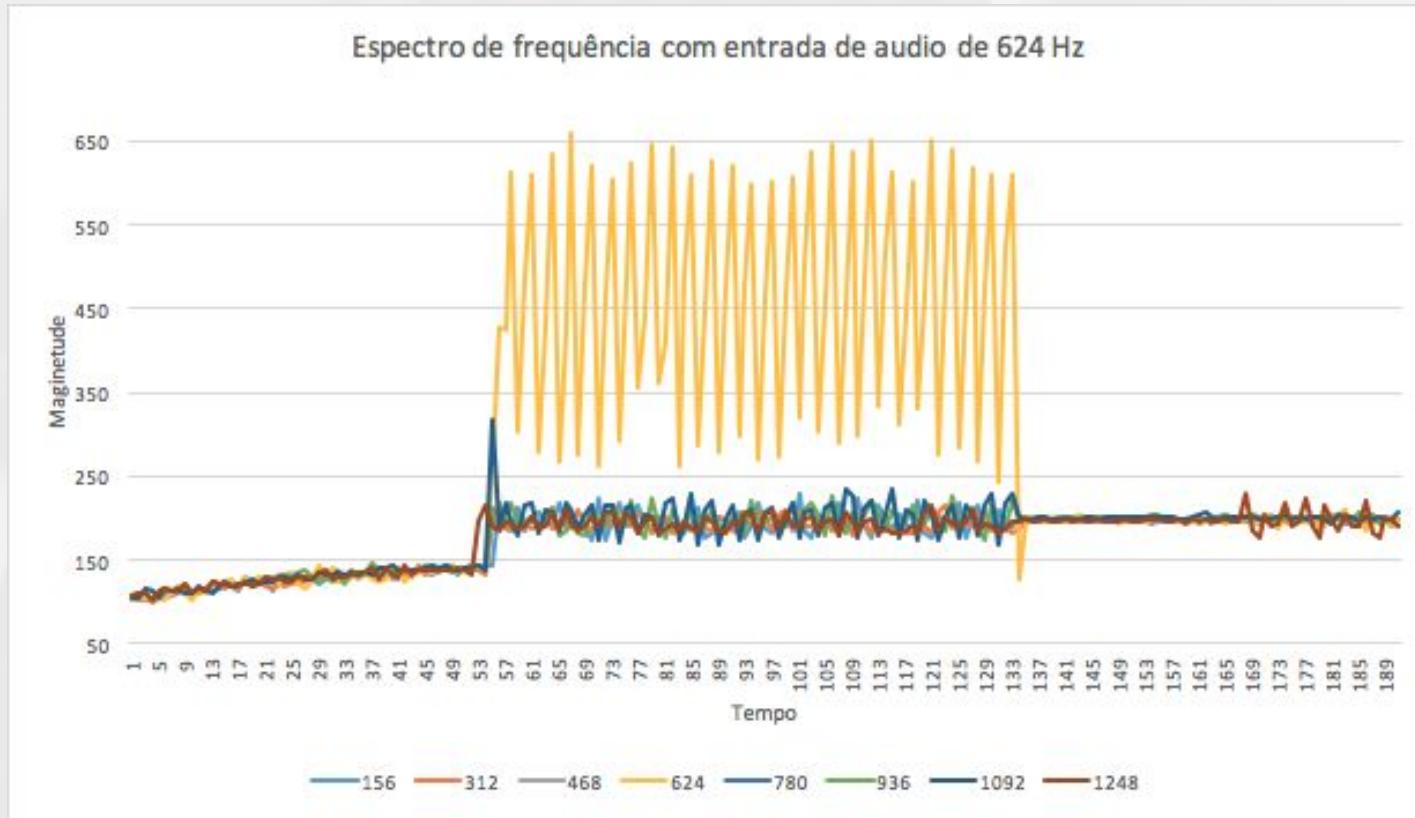


1092 Hz

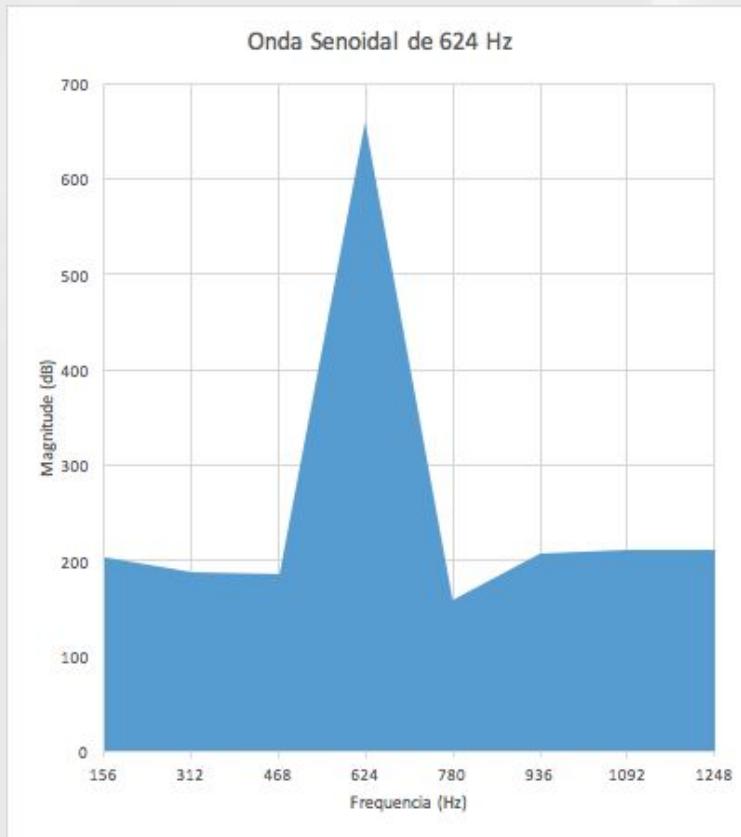


1248 Hz

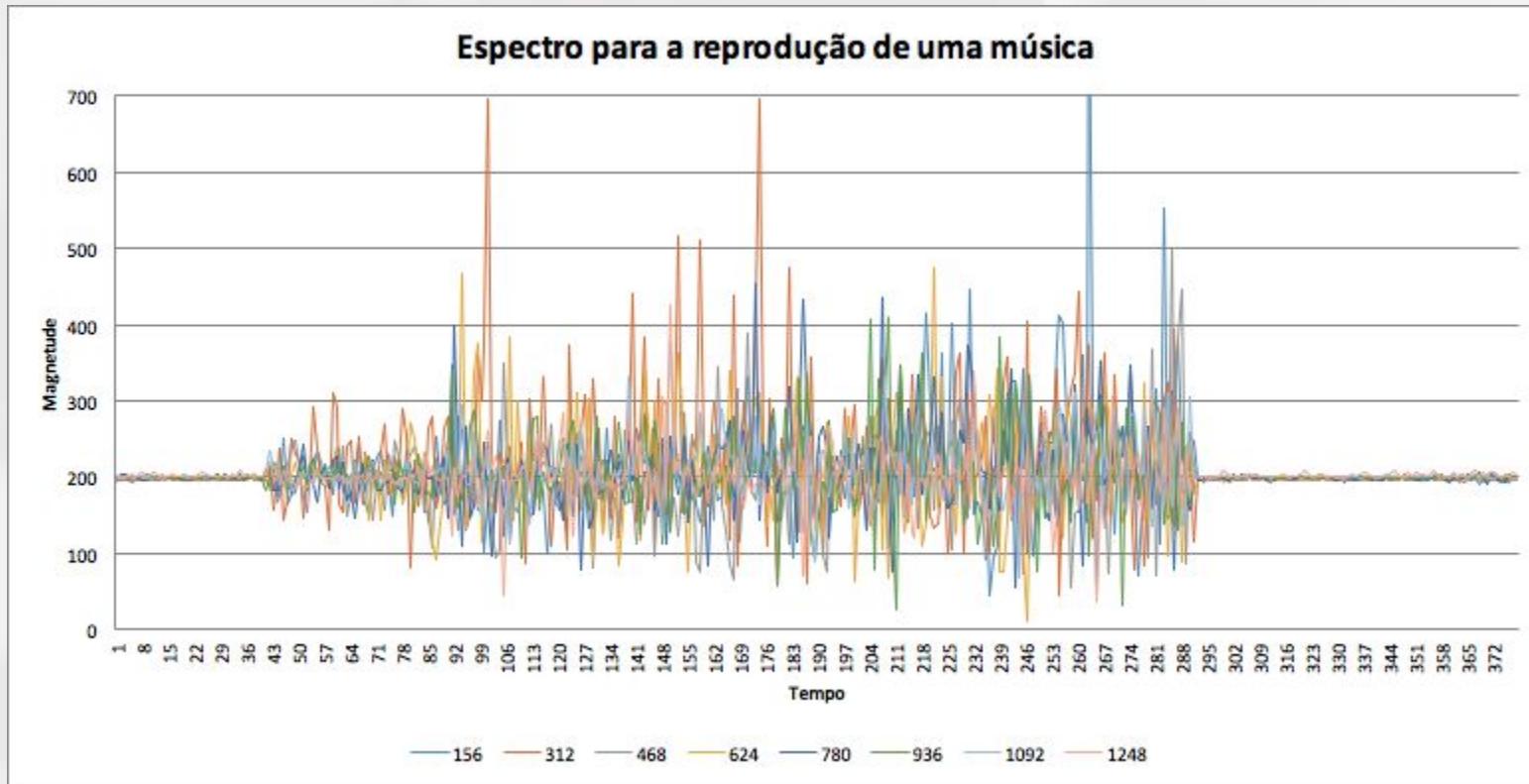
Análise do Espectro para $f = 624$ Hz



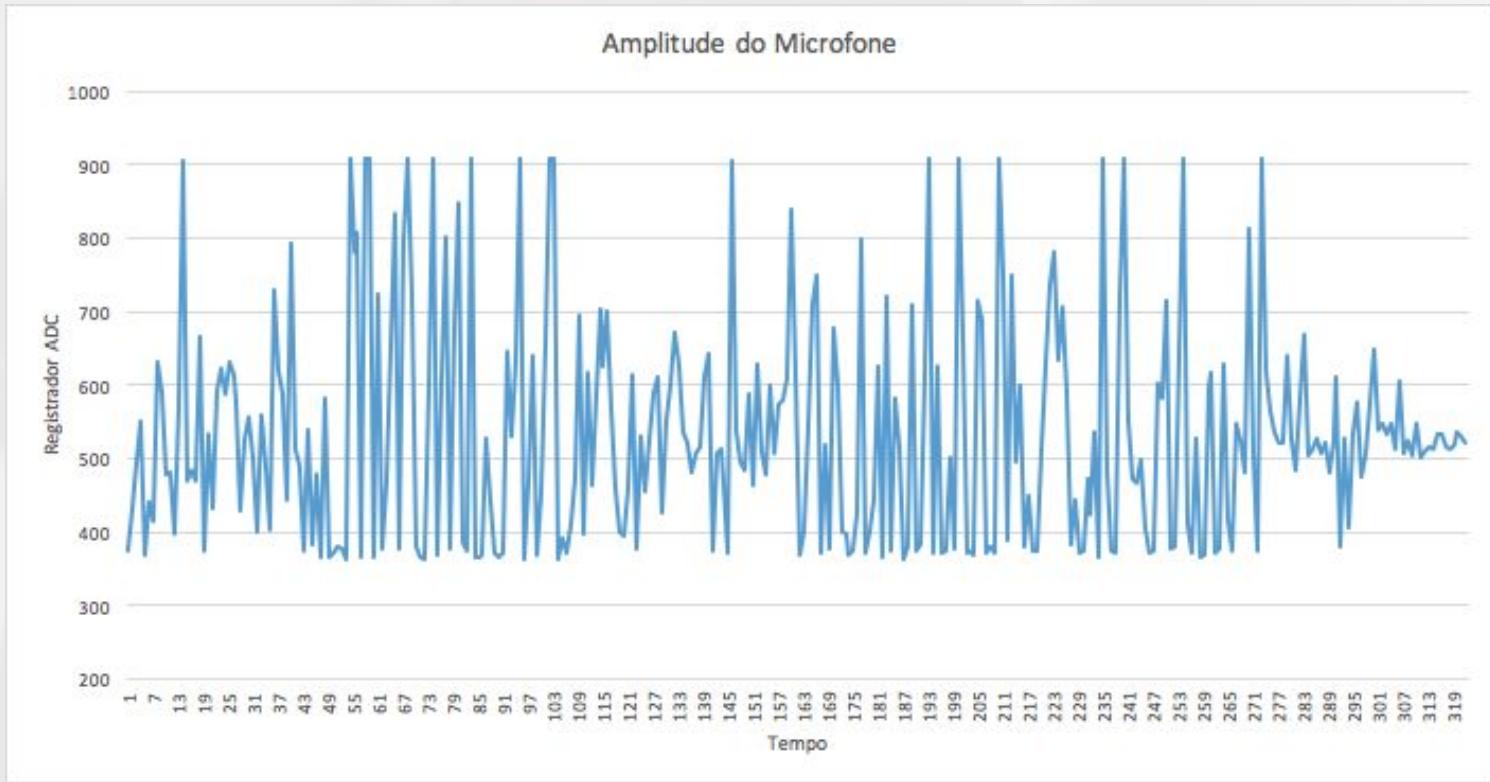
Análise do Espectro $f = 624$ Hz



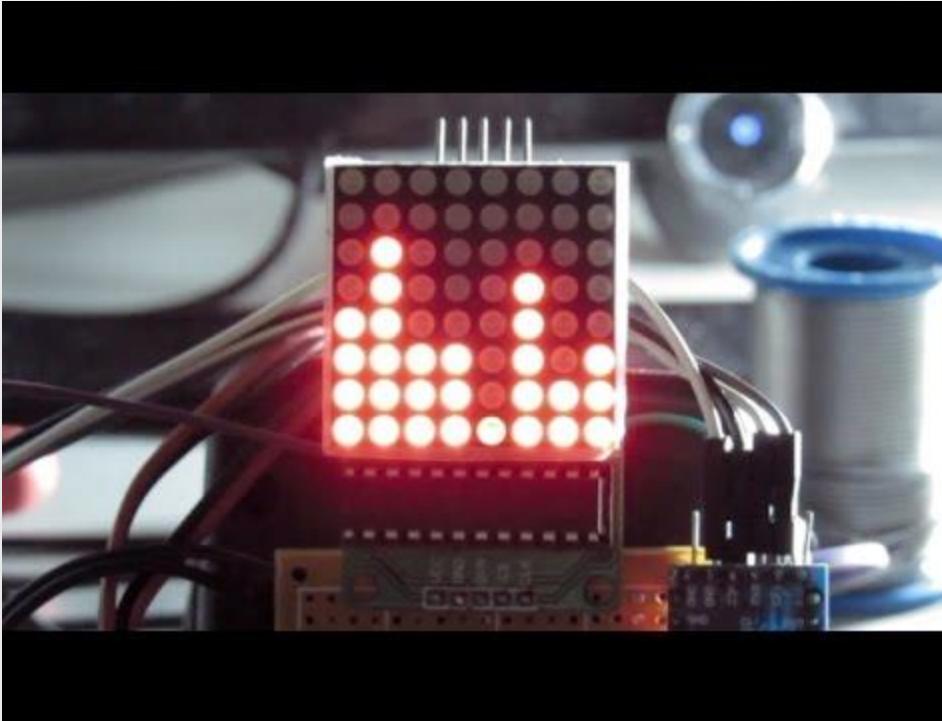
Análise do Espectro para Música



Amplitude do Microfone



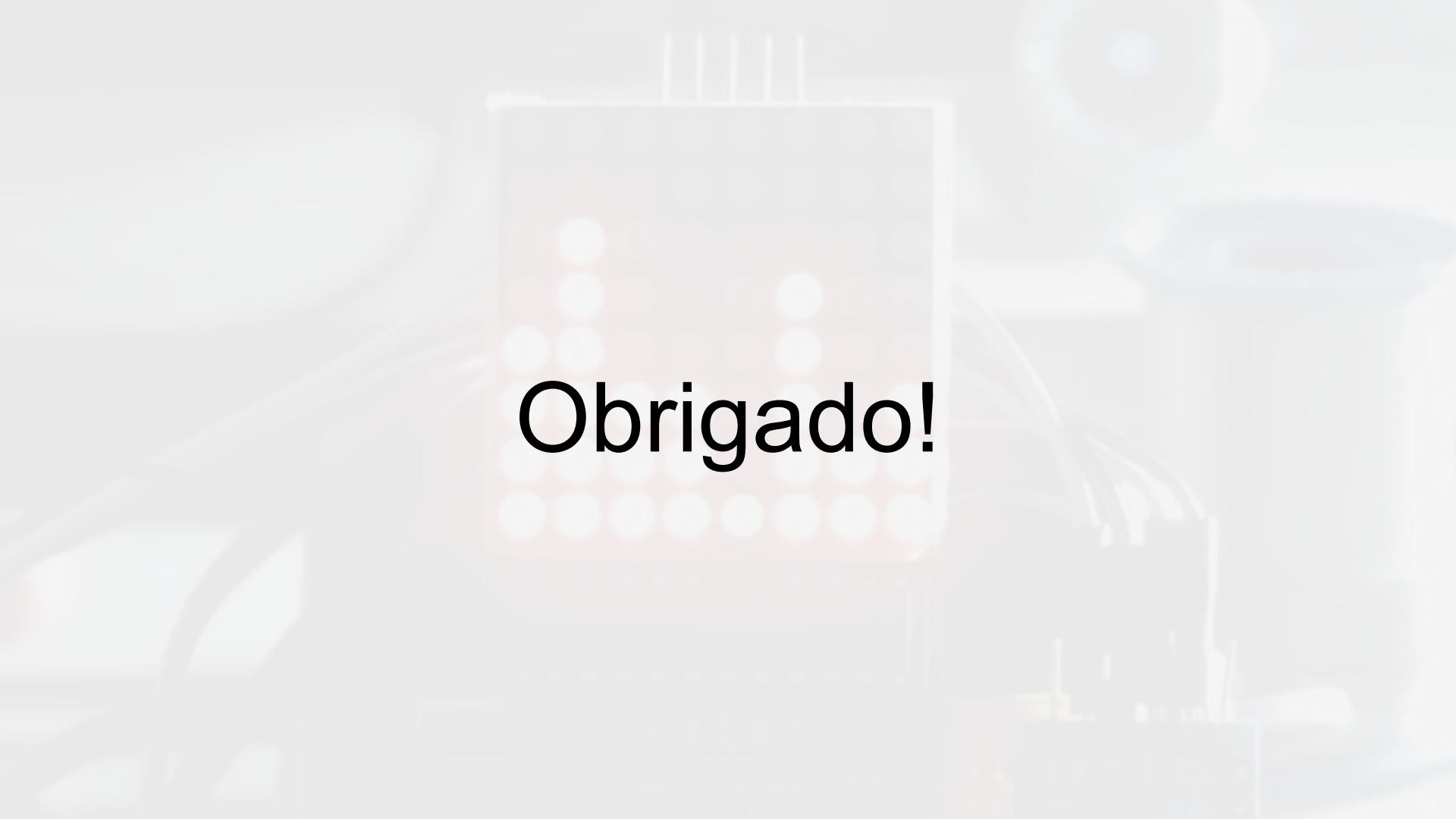
Vídeo



<https://www.youtube.com/watch?v=YXr14HbQrq8>

Conclusão

- Importância da Transformada Discreta de Fourier
- Aplicação de processamento digital de sinais na prática

A blurred background image of a person sitting at a desk, facing a laptop computer. The person is wearing a light-colored shirt. The scene is set in an office environment with a window showing a city skyline in the distance.

Obrigado!