



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Energias Alternativas e Renováveis
Departamento de Engenharia Elétrica

Princípios de Comunicações

Atividade de Simulação 1

Prof. Dr. Fabrício Braga Soares de Carvalho

Aluno: Vitor de Sousa França - 20180041455

João Pessoa - PB
2024

1 Introdução

O objetivo dessa atividade é realizar uma revisão sobre alguns conceitos da teoria de Sinais e Sistemas. A linguagem de programação Python em conjunto com as bibliotecas Numpy, Scipy e soundfile foram utilizadas para realizar os exemplos apresentados no Guia. O código relativo a essa atividade e os futuros códigos estarão em acesso público através do link: https://github.com/V-kr0pt/principios_comunicacao_ufpb.

2 Encontrando o espectro de frequência da própria voz

Utilizando o gravador do celular foi salvo o arquivo de áudio da minha voz dizendo “Oi, meu nome é Vitor de França” em formato “ogg”. Utilizando a função *read* da biblioteca *soundfile*, é possível carregar os dados do arquivo e também a taxa de amostragem.

Nesse caso, foram gravados $N = 41.245$ amostras do sinal em uma taxa de amostragem de $f_s = 16.000$ amostras por segundo. Através da divisão desses dois valores é possível saber quanto tempo de áudio foi gravado $t_{total} = \frac{N}{f_s} = 2,58s$.

Através desses dados é possível criar um vetor de tempo para apresentar o áudio no domínio do tempo como na Figura 1.

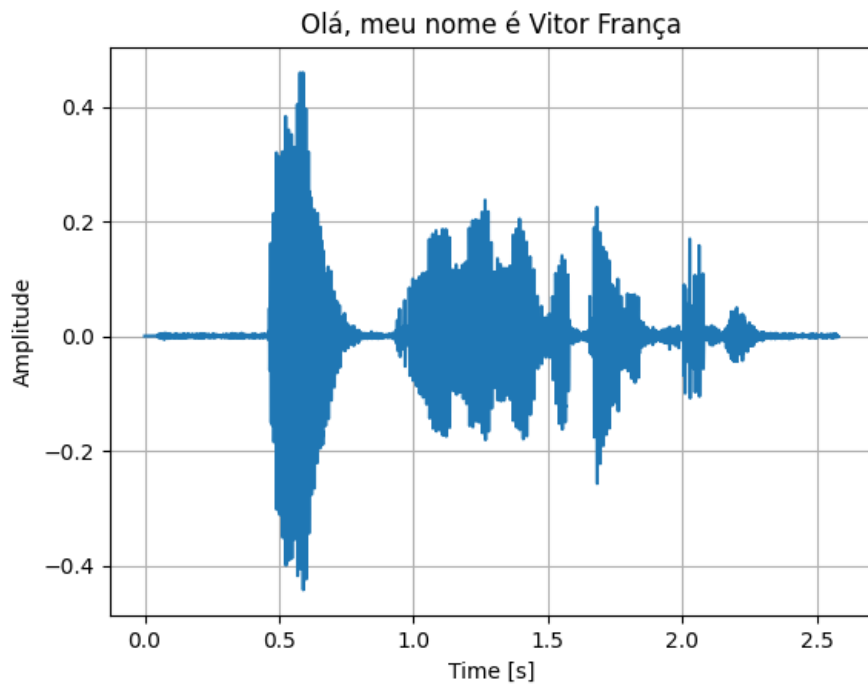


Figura 1: Representação do áudio gravado no domínio do tempo.

Após isso, foi calculado a energia do sinal usando a equação 1.

$$E_s = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \|s[n]\|^2 = \sum_{n=0}^{N-1} \|s[n]\|^2 \quad (1)$$

O resultado obtido foi de $E_s = 111.68J$.

Utilizando o algoritmo da transformada rápida de Fourier (FFT) da biblioteca Numpy, foi calculado o espectro de frequências do sinal de áudio, Figura 2. Uma das propriedades

da Transformada Discreta de Fourier é que, devido a convolução com o trem de impulsos, ela torna os sinais periódicos na frequência. Dessa forma, cria-se uma simetria em relação à metade da frequência de amostragem do sinal $\frac{f_s}{2}$.

Então, só é necessário analisar a metade do espectro obtido. Os valores absolutos da amplitude foram divididos pela quantidade de pontos amostrados e multiplicado por 2 para garantir que a amplitude dos componentes de frequência no espectro seja representada corretamente.

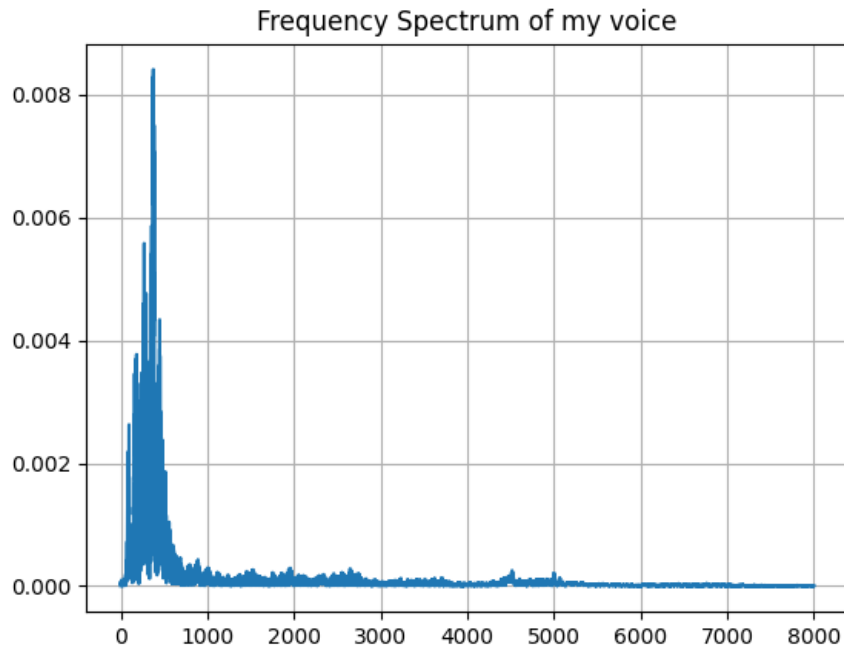


Figura 2: Representação do áudio gravado no domínio da frequência.

A frequência dominante de um sinal pode ser encontrada através da função $\arg \max_{\omega} (S(\omega))$. Porém, como já era esperado, a minha voz é composta por várias frequências. Dessa forma, pode ser preferível determinar uma faixa de frequências que contenham uma quantidade específica da energia do sinal.

Assim, para calcular a energia em cada frequência utilizou-se a equação 1 e após isso foi feita uma reorganização das frequências de forma decrescente de energia. Utilizando uma soma acumulada obteve-se que a faixa de frequências de 376.70Hz até 595.12 Hz obtém 99% da energia total do sinal.

3 Identificando as notas musicais através do espectro de frequências

Foi fornecido junto a atividade uma pasta com arquivos “.wav”, que contêm os sons das notas musicais não identificados, e foi solicitado para observar as componentes em frequência dos áudios e identificar qual nota musical cada arquivo contém. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos e a Figura 3 apresenta os espectros de cada arquivo.

Nota musical	Frequência	Nome do arquivo
Dó	261,63 Hz	audio_6.wav
Ré	293,66 Hz	audio_2.wav
Mi	329,63 Hz	audio_1.wav
Fá	349,23 Hz	audio_5.wav
Sol	392 Hz	audio_3.wav
Lá	440 Hz	audio_4.wav
Si	493,88 Hz	audio_7.wav

Tabela 1: Nota musical que cada arquivo contém

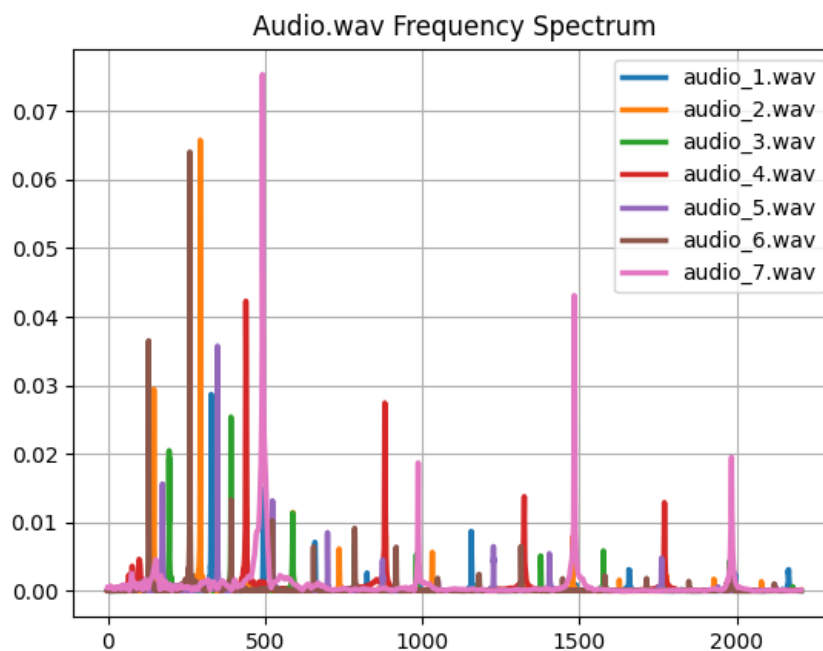


Figura 3: FFT dos arquivos fornecidos

Ao tentar carregar o áudio 4 utilizando a função *read* da biblioteca *soundfile* um problema aconteceu. Os dados do áudio carregado possuem 2 canais. Para corrigir o problema em um primeiro momento usei o método “flatten” que concatena as colunas da matriz, tornando-a um vetor.

Porém ao fazer a transformada de Fourier desse sinal, Figura 4, apareceu componentes de alta frequência no sinal. Como espera-se notas musicais, ou seja, frequências menores que 20kHz, testou-se utilizar somente os dados advindos de um único canal.

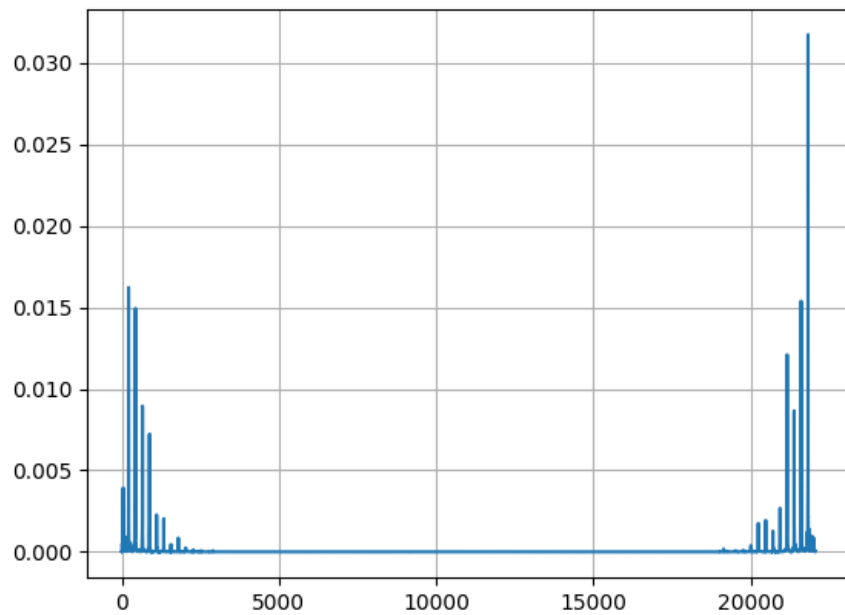


Figura 4: FFT do arquivo audio_4.wav usando flatten no vetor de dados

A transformada de Fourier desse sinal, Figura 5, apresentou resultados mais plausíveis ao contexto da simulação. Portanto, foi a abordagem escolhida para continuar o exercício. Mais informações sobre o problema e testes podem ser vistos através do código que está disponível no link do GitHub citado anteriormente.

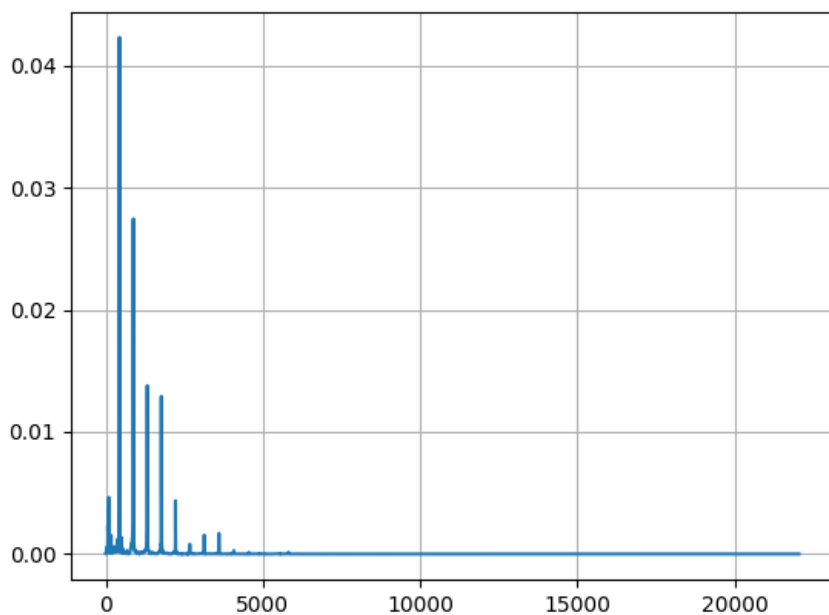


Figura 5: FFT do arquivo audio_4.wav usando um canal do vetor de dados