

DCA01180 - Projeto Final

Interpolação de um sinal de áudio por fator inteiro

Componentes: Raphael Ramos, Franklin Luiz, Niedson Fernando,
Poliana Ellen

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

- Um sistema que aumenta a taxa de amostragem de um sinal de tempo discreto é chamado de interpolador
- Uma das suas aplicações é sua utilização na análise e síntese de sinais em canais de *streaming* nos bancos de filtros multitaxas para a codificação da voz e áudio

Objetivos

Objetivo geral

- Construir um interpolador para triplicar a taxa de amostragem de um sinal de áudio

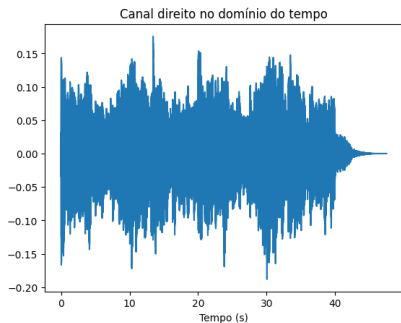
Objetivos específicos

- Realizar o upsampling do sinal de áudio
- Projetar um filtro passa baixas de resposta ao impulso finita para filtrar o sinal de áudio superamostrado
- Utilizar *Transformada Rápida de Fourier* para otimizar a obtenção da resposta do interpolador
- Analisar os plots em tempo contínuo e os espectros do sinal original antes e depois da sua superamostragem e da filtragem

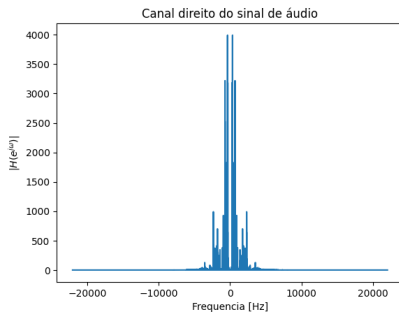
Metodologia

Download do arquivo de áudio do Freesound

- Nome: Soothing Guitar Loop Delay Guitar 1 96bpm A Sharp Minor
- Número de canais: 2
- Frequência de amostragem: 44,1 kHz
- Duração: 47.5s
- Número de amostras: 2.094.750



(a) Domínio do tempo



(b) Espectro

Figura: Canal direito do sinal de áudio

Metodologia

Bloco do interpolador

- Será construído um interpolador de ordem $L = 3$

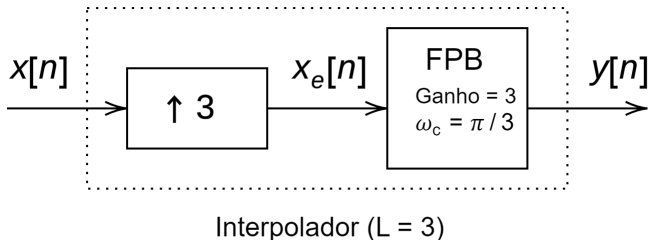


Figura: Diagrama de blocos do interpolador

Metodologia

Upsampling e especificação do filtro FIR

- **Upsampling:** adicionou-se 2 zeros entre cada par de amostras do sinal de áudio. O novo sinal de áudio passou a ter $S = 6.284.248$ amostras
- **Filtro FIR:** para $\omega_c = \pi/3$ a frequência de corte desse filtro em Hertz deve ser

$$\omega_c = T\Omega_c \iff f_c = \frac{\omega_c}{2\pi T} = 7,35 \text{ kHz} \quad (1)$$

Portanto, foi necessário escolher a frequência de rejeição e a de passagem que respeitassem

$$\frac{f_s + f_p}{2} = 7,35 \text{ kHz} \quad (2)$$

Metodologia

Especificação do filtro FIR

- Os valores encontrados foram $f_s = 9,7$ kHz e $f_p = 5$ kHz.
- Parâmetros da faixa de passagem, transição e rejeição

$$\begin{aligned} 0.99 < H(e^{j\omega}) < 1.01 & \quad 0 < \omega < 0.226\pi \\ |H(e^{j\omega})| < 0.01 & \quad 0.439\pi < \omega < \pi \\ \Delta\omega \leq 0.21\pi & \end{aligned} \quad (3)$$

- Oscilação máxima na faixa de passagem e rejeição menores que 0.01
- $P \geq 38$ coeficientes, pela janela de Hamming.
- Escolhemos 40 coeficientes

Metodologia

Máscara do filtro projetado

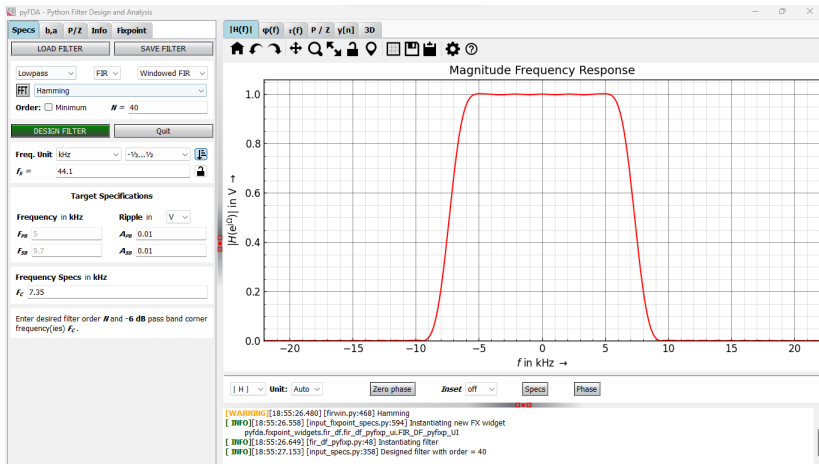


Figura: Máscara do filtro FIR projetado na *library* pyfda

Metodologia

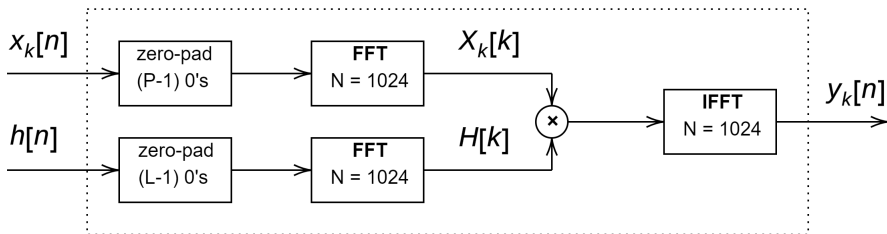
Convolução por blocos

- Dividiu-se $x_e[n]$ em M blocos para obter $y_k[n] = x_k[n] * h[n]$,
 $k = 0 \dots M - 1$
- Comprimento da FFT em cada convolução $N = 1024$
- Como $P = 40$, serão $L = 985$ elementos por bloco
- S sendo o total de amostras, adicionaram-se $L - S \bmod L$ zeros nesse total para nenhum bloco ficar incompleto
- $M = 6380$ blocos extraídos

Metodologia

Bloco da convolução linear

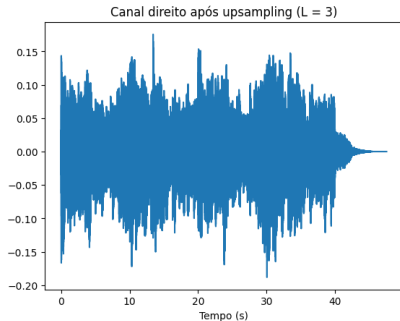
- Convolução linear pode ser calculada pela convolução circular se $x_k[n]$ tem o mesmo número de elementos de $h[n]$
- Nos aproveitamos desse fato para fazer a convolução linear com o uso da FFT
- A união dos blocos foi feita pelo método *overlap and add*



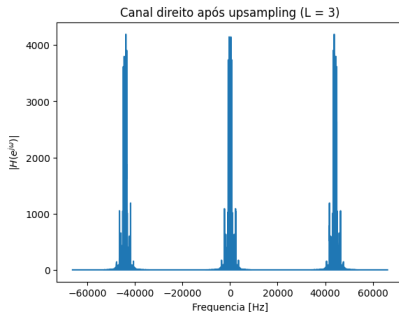
$$y_k[n] = x_k[n] * h[n]$$

Resultados

Canal direito após *upsampling*



(a) Domínio do tempo

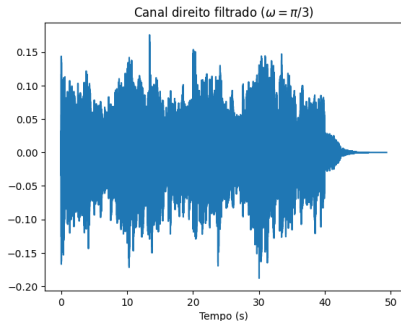


(b) Espectro

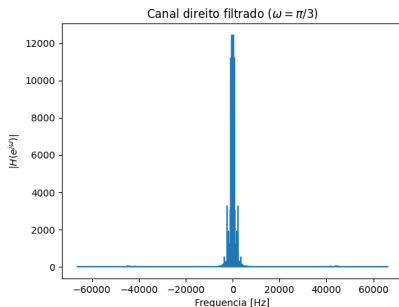
Figura: Canal direito do sinal de áudio após *upsampling*

Resultados

Canal direito após *upsampling* e filtrado



(a) Domínio do tempo



(b) Espectro

Figura: Canal direito do sinal de áudio após *upsampling* e filtragem

Conclusões

- O upsampling do sinal retornou um espectro conforme a teoria: com réplicas e com eixo de frequências triplicado em relação ao original
- A FFT otimizou a execução da convolução: em torno de milissegundos foi possível calcular a resposta do filtro para uma sequência relativamente grande
- As frequências na rejeição e na passagem do filtro foram bem definidas uma vez que não houve a filtragem de réplicas indesejadas