

Projeto de Filtros Digitais para Tratamento de Componentes Ruidosas em Sinas de Fala

Polycarpo S. Neto, Wellington D. de Almeida e Francisco J. A. de Aquino

Resumo — Este artigo apresenta a análise de um sinal de áudio e o uso dos filtros digitais para retirada de componentes ruidosos transmitidos junto com a fala humana. Filtros digitais podem ser implementados a partir das equações diferenciais de filtros analógicos, aproximando-se as derivadas por diferenças finitas. Com o uso de um filtro *Notch*, conseguimos retirar uma faixa de componente ruidosa indesejada. Para complementar o processo de filtragem, optou-se pelo uso de um filtro IIR *Butterworth*, para retirada de componentes de baixa frequência. A escolha pelo filtro IIR, é porque com ele é conseguido resultados tão bons quanto o FIR, porém, com ordem menor, o que afeta no desempenho computacional de forma positiva.

Palavras – chave — Filtros digitais, Filtro iir, Fala humana, Processamento digital de sinais.

I. INTRODUÇÃO

Quase todo sistema é passivo da existência de ruídos, esses, que são provenientes de variáveis aleatórias que comprometem seu funcionamento. Com a finalidade de eliminar componentes ruidosas, melhorando o funcionamento desses sistemas, gerando na saída sinais confiáveis, são utilizados filtros sejam digitais para fazer essa correção.

Filtros são dispositivos que deixam o sinal passar de uma forma adequada para cada aplicação, realizando uma atenuação onde existem frequências indesejadas, como acontece com a existência de ruído.

Para que seja possível a filtragem de sinais analógicos em filtros digitais, é feita uma conversão analógico-digital (ADC) que forneça discretização e quantização do sinal analógico fazendo a conversão para digital. Os valores provenientes da ADC, serão filtrados [1]. Na saída do filtro digital é feita uma conversão digital-analógico (DAC).

II. FILTRO DIGITAIS

A. Filtro Notch

Esse tipo de filtro, faz parte dos filtros rejeita-faixa e são utilizados a eliminação de componentes específicas de frequência [1]. O circuito do filtro é projetado para que a frequência de corte inferior seja ajustada como num filtro passa-baixa (FPB) e a superior como em um filtro passa - alta (FPA).

O filtro não efetua atenuações que realizam a eliminação das frequências abaixo de ω_1 e acima de ω_2 . A função de transferência para um filtro *Notch* é dada na Eq. 1:

$$H(z) = \frac{1 - \cos \frac{2\pi\omega_n}{F_s} z^{-1} + z^{-2}}{1 - 2r \cos \frac{2\pi\omega_n}{F_s} z^{-1} + r^2 z^{-2}} \quad (1)$$

B. Filtro IIR (Infinite Impulsive Response)

Um FPB *Butterworth* é um filtro composto apenas por polos onde a resposta de magnitude ao quadrado é dada pela Eq.2 [2]:

$$|H \propto (j\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{j\Omega}{j\Omega_c}\right)^{2N}} \quad (2)$$

O parâmetro N é a ordem do filtro, ou seja, número de polos da função de sistema e Ω_c é a frequência de corte. A magnitude da resposta em é dada pela Eq.3 [3]:

$$|H \propto (j\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + \epsilon^2 \left(\frac{j\Omega}{j\Omega_c}\right)^{2N}}, \quad (3)$$

onde Ω e Ω_c são a faixa de passagem e de rejeição respectivamente.

Dessa forma para a resposta em frequência do filtro de *Butterworth* a faixa de transição diminui com o aumento o valor de N . Um FPB de 1ª ordem pode ser visto pela representação de um circuito RC na Fig. 1 [3].

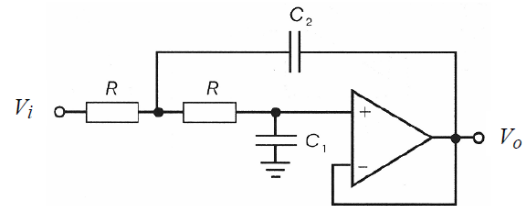


Fig.1. Circuito RC que implementa um FPB de 1ª ordem.

C. Filtro FIR

Filtros FIR (*Finite Impulse Response*) tem sua resposta ao impulso com duração finita e de natureza não recursiva, ou seja, a saída adquirida num determinado momento depende apenas das entradas anteriores[2].

Duas propriedades importantes atribuídas aos filtros FIR é que eles são estáveis e capazes de fornecer uma resposta em frequência com fase linear[4].

III. METODOLOGIA

Primeiramente lê-se o sinal de áudio com fala humana. Utilizando o *software* MATLAB, foi feita uma análise espectrográfica. Na Fig.2a, temos o sinal de voz com os ruídos

Polycarpo S. Neto, Wellington D. de Almeida e Francisco J. A. de Aquino são afiliados ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Fortaleza, CE, Brasil. E-mails: policarponeto.pn@gmail.com, wellingtondantas39@gmail.com, fcoalves_aq@ifce.edu.br.

presentes. Nele pode-se notar que existe um ruído com uma amplitude altíssima, com frequência em torno de 2000Hz.

Este ruído pode ser retirado utilizando o filtro *Notch*. Aplicando-se o filtro *Notch* nesse sinal, temos a Fig.2b:

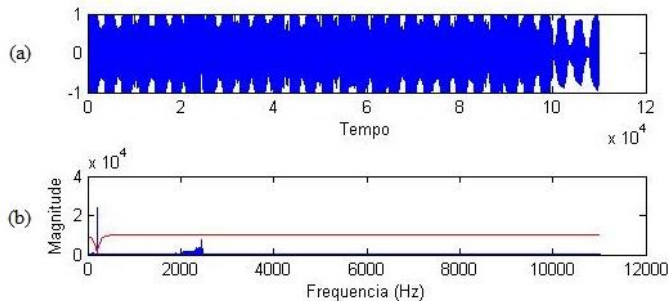


Fig.2. Áudio com aplicação do filtro Notch.

Para o filtro *Notch*, foi utilizado a frequência de corte 2000Hz, valor que se equipara a frequência indesejada. Como o objetivo era eliminar somente a frequência de 2000Hz, gerando mínima distorção no sinal, foi utilizado um *ripple* de $r = 0.98$. Na Fig.3, temos a resposta ao impulso do filtro *Notch*.

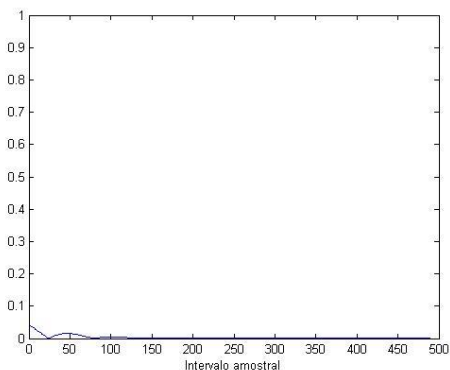


Fig.3. Resposta ao impulse do Filtro *Notch*.

A partir do sinal filtrado, foi preciso a implementação de um FPB para retirar outro ruído. Foi escolhida uma frequência de corte de 1100Hz, e uma ordem $N=13$. O esboço da aplicação do filtro IIR após ter passado pelo filtro *Notch* pode ser visto na Fig. 4.

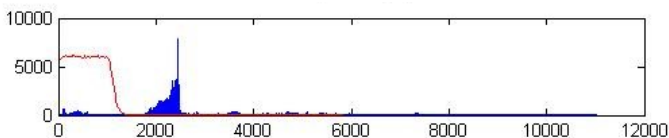


Fig.4. Aplicação do filtro IIR no áudio já filtrado com o filtro *Notch*.

III. RESULTADOS

Após a aplicação do filtro FPB sobre o sinal já filtrado com o *Notch* verificamos pequenas distorções em relação ao sinal original, esse efeito é devido a eliminação de alguns componentes de frequência da voz humana, o que não prejudica seu entendimento.

Foi obtido para o projeto uma ordem $N=13$ que é menor do que seria necessário se utilizássemos um filtro FIR (*Finite Impulse Response*), ocasionando uma vantagem no em

processamento computacional. Na Fig.5, temos o sinal após as duas filtragens. Na Fig.6, sua resposta ao impulso. A resposta ao impulso, é a resposta do sistema por um impulso $\delta [n]$ aplicado como entrada.

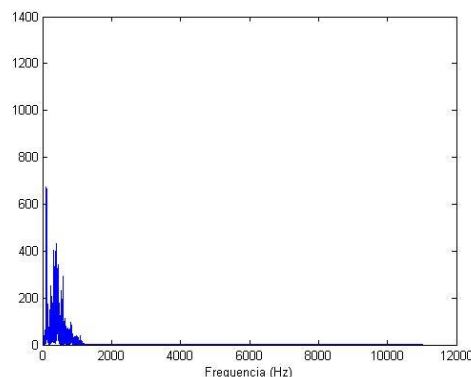


Fig.5. Sinal Filtrado.

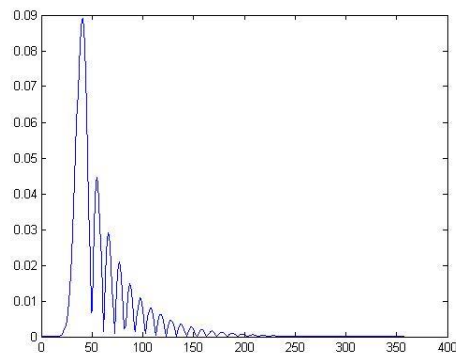


Fig.6. Resposta ao impulse do filtro IIR.

CONCLUSÃO

O ruído que estava na faixa de frequência de 2000Hz, pôde ser eliminado com o filtro *Notch*, já a o outro ruído só pôde ter seu componente eliminada com o filtro IIR. O filtro IIR obteve bom desempenho, este que também poderia ser obtido com um filtro FIR (*Finite Impulse Response*), no entanto, o IIR resolve com uma ordem menor. O desenvolvimento deste trabalho trás um estudo sobre os filtros digitais, visando a melhoria da qualidade na transmissão de sinais de áudio, em especial, o da fala humana, podendo ser usado em implementações como a transmissão telefônica.

REFERÊNCIAS

- [1] M.M.Santos e G.H.Duarte, Projeto de um osciloscópio digital para sinais de até 4MHz com suporte a filtros FIR e IIR em tempo real e análise spectral, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, 2014.
- [2] B. P. Lathi, Sinais e Sistemas Lineares. Bookman, 2007.
- [3] E.E.C. de Oliveira. "Projeto e análise do desempenho dos filtros iir por meio da técnica de invariância ao impulso e transformação bilinear." V CONNEPI, 2010.
- [4] P.S.R Diniz, E.A.B. da Silva, e S.L. Netto. Processamento Digital de Sinais-: Projeto e Análise de Sistemas. Bookman Editora, 2014.