

APLICAÇÃO DE FILTROS DIGITAIS TIPO FIR A SINAIS BIOMÉTRICOS

Francisco José Alves de Aquino

fcoalves_aq@unifor.br

Juan Carlos Alvarado Alcócer

jealcocer@unifor.br

Fátima Neulsizeuma

Sombra de Medeiros

fsombra@ufc.br

Resumo

No presente trabalho, aplicamos filtros digitais tipo FIR de fase linear a sinais biométricos. É feita uma breve revisão de filtros FIR de fase linear e suas principais características, no tempo e na frequência. Para implementação e testes destes filtros, utilizamos um *software* em linguagem Pascal, baseado no ambiente de programação visual Delphi. Os algoritmos foram aplicados na análise de sinais de voz reais com ruído. Observamos nos resultados dos filtros FIR e da média propostos a possibilidade de eliminar o ruído enquanto a forma do original do sinal é preservada.

Palavras-chave: filtro digital, biométrico, FIR, ECG, ruído.

Abstract

This paper investigates the linear FIR filter for biometric signals preprocessing. It was made a study of linear FIR filters and its principal characteristics in time and frequency. We developed a software in Pascal language, based on the Delphi environment. The proposed linear FIR filter were applied to real voice signals analysis and to noisy ECG signals from MIT/BIH arrhythmia database.

Keywords: digital filter, biometric, FIR, ECG, noise.

1 Introdução

Em geral, sinais biométricos como EEG, ECG e sinais de voz apresentam níveis de ruídos inaceitáveis logo após a sua digitalização, comprometendo muitas vezes a interpretação dos dados e até mesmo conduzindo a diagnósticos incorretos. Desse modo, torna-se necessário algum tipo de pré-processamento como a filtragem do ruído presente no sinal (ALMEIDA e BARRETO, 1998). Para estes casos, a filtragem deve manter a forma do sinal original, implicando assim no uso de filtros digitais de fase linear na banda de passagem (ALMEIDA e BARRETO, 1998).

Os filtros digitais podem ser classificados como do tipo FIR (*finite impulse response*) ou IIR (*infinite impulse response*). Os filtros que atendem à especificação de fase linear são os filtros FIR com resposta simétrica ao impulso (OPPENHEIM e SCHAFER, 1989; KWAKERNAAK e SIVAN, 1991). As características temporais (resposta ao degrau, ao impulso, tempo de acomodação, etc.) destes filtros são mais importantes, que suas características de atenuação na frequência (ALMEIDA e BARRETO, 1998 b). Não existe, entretanto, uma metodologia adequada para o projeto destes filtros, como existe para os filtros analógicos e digitais nos quais se exige apenas uma característica de ganho adequada na banda de passagem (MITRA, 1998; NOCETI, 1998).

Dentre as técnicas de filtragem de sinal, os filtros da média e da mediana (PRATT, 1991) são os mais conhecidos. Neste último, toma-se para cada amostra ruidosa do sinal uma vizinhança contendo um número ímpar de amostras. A mediana m_p desse conjunto de amostras é obtida ordenando-se as mesmas numa lista segundo seu valor. A amostra ruidosa então é atualizada com o valor intermediário dessa lista ordenada. Também no domínio espacial, os filtros de média móvel (passa-baixa) podem ser utilizados para redução de ruído fazendo-se uso de uma simples janela que desliza por todo o sinal atualizando as amostras por uma média dos seus vizinhos dentro da mesma.

Este tipo de filtro é bem geral e não adota nenhum modelo para o ruído. Uma desvantagem da técnica passa-baixa em quaisquer dos dois domínios, a saber, frequência e espaço, é a suavização indiscriminada de todo o sinal, inclusive de detalhes presentes nos mesmos.

Neste trabalho, propõe-se um *software* baseado na linguagem Delphi para auxiliar no projeto e implementação do filtro proposto e dos filtros da média e da mediana.

2 Metodologia

A característica de fase linear na banda de passagem de um filtro digital FIR é garantida quando a sua resposta ao impulso é simétrica ou anti-simétrica, com um número par ou ímpar de coeficientes, totalizando quatro casos distintos (OPPENHEIM e SCHAFER, 1989; KWAKERNAAK e SIVAN, 1991). Isto é detalhado nas quatro situações que seguem:

Caso 1. N ímpar e resposta ao impulso simétrica:

$$h[n] = -h[N - n], \quad 0 \leq n \leq N \tag{1}$$

Caso 2. N par e resposta ao impulso simétrica:

$$h[n] = -h[N - n], \quad 0 \leq n \leq N/2 - 1 \tag{2}$$

Caso 3. N ímpar e resposta ao impulso anti-simétrica:

$$h[n] = h[N - n], \quad 0 \leq n \leq N \tag{3}$$

Caso 4. N par e resposta ao impulso anti-simétrica:

$$h[n] = h[N - n], \quad 0 \leq n \leq N/2 - 1 \tag{4}$$

A Figura 1 apresenta exemplos de resposta ao impulso de cada tipo de filtro FIR de fase linear dos casos apresentados nas eqs. (1-4).

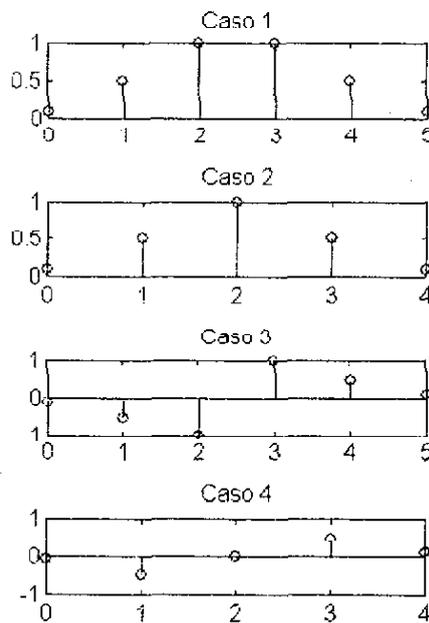


Figura 1. Exemplos de filtros FIR simétricos ou anti-simétricos.

A resposta em frequência de um filtro digital FIR pode ser calculada pela eq. (5) e pode ser visualizada na Figura 2, para os filtros usados como exemplos.

$$H(e^{j\omega}) = \sum_{n=0}^N h[n] e^{-j\omega n} \tag{5}$$

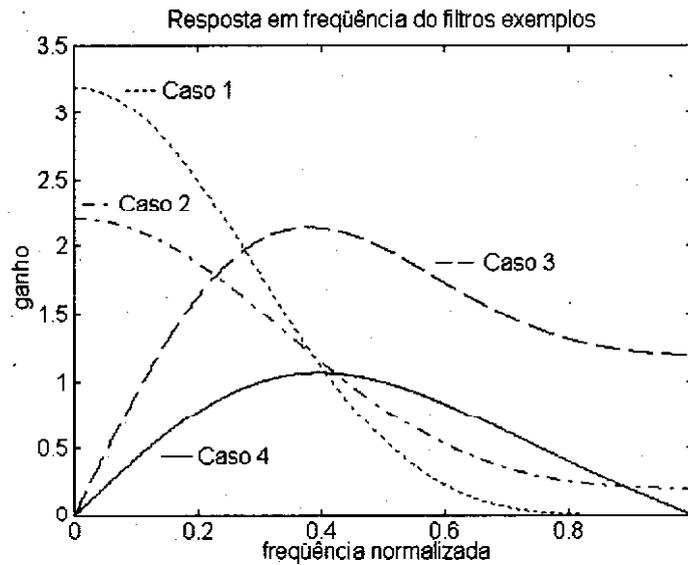


Figura 2. Resposta em frequência.

A resposta no tempo (seqüência) para uma entrada qualquer pode ser calculada pela equação a diferenças que descreve o filtro FIR:

$$y[n] = \sum_{k=0}^N h[k]x[n-k] \tag{6}$$

Para ilustrar essa técnica de filtragem, assume-se que um sinal $x[n]$ original é contaminado por um ruído de tipo gaussiano com média nula e em seguida filtrado por um filtro FIR (ordem 8) de fase linear. Observa-se na Figura 3 que a forma do sinal original é preservada e, portanto o filtro apresenta-se com boas perspectivas de aplicação aos sinais biométricos testados. As Figuras 4 e 5 apresentam a resposta na frequência e no tempo da seqüência utilizada como exemplo.

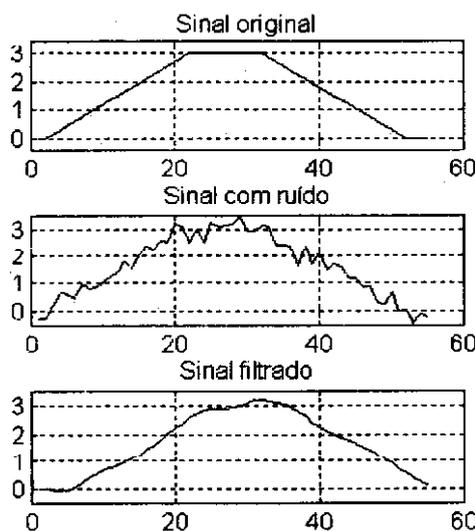


Figura 3. Filtragem do sinal.

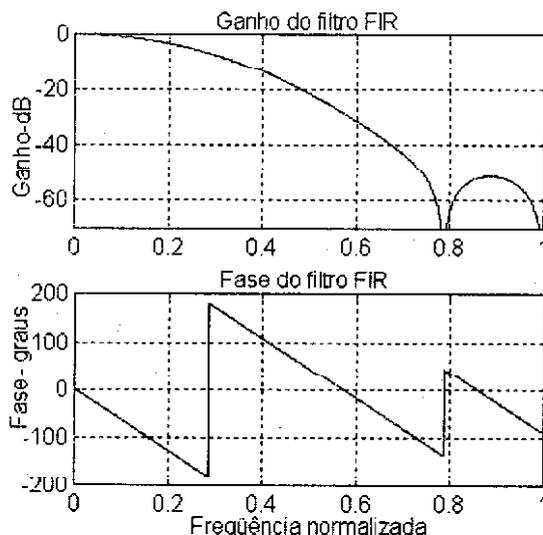


Figura 4. Resposta na frequência do filtro exemplo.

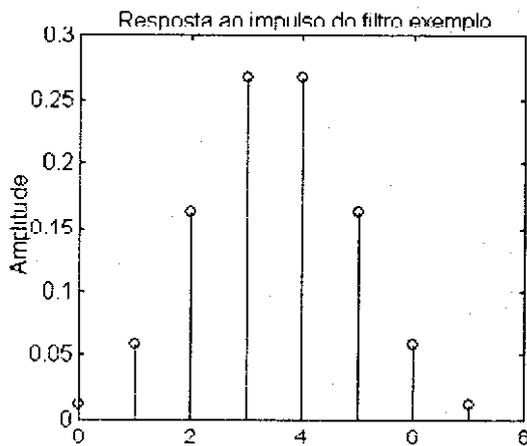


Figura 5. Resposta na seqüência do filtro exemplo.

3 Algoritmos

O artigo proposto implementa um *software* de aplicação à filtragem de sinais biométricos. Para a implementação do *software*, foi utilizado o ambiente de programação Delphi (BORLAND, 1995) que possibilita a programação orientada a objeto em Pascal (BORLAND, 1995). O objetivo deste programa em Delphi é criar um ambiente de projeto de filtro amigável e fácil de ser utilizado por qualquer usuário especialista ou não na área de processamento digital de sinais. O *software* implementa alguns métodos numéricos utilizados para localização de zeros de um polinômio e cálculo da resposta no tempo e na frequência de sistemas lineares discretos (PRESS, 1989).

Na Figura 6, pode-se observar a janela de inicialização do *software* proposto, com o qual é possível projetar e testar o filtro a ser utilizado na filtragem dos sinais biométricos.

O *software* disponibiliza vários coeficientes de filtros para teste. Estes coeficientes foram testados com o objetivo de proporcionar fase linear e uma característica tipo passa-baixa, sem que a frequência de corte neste caso seja um parâmetro crítico.

A versão atual do *software* lê arquivos no formato texto que podem ser gerados a partir da amostragem e digitalização de uma fonte de sinal biomédico.

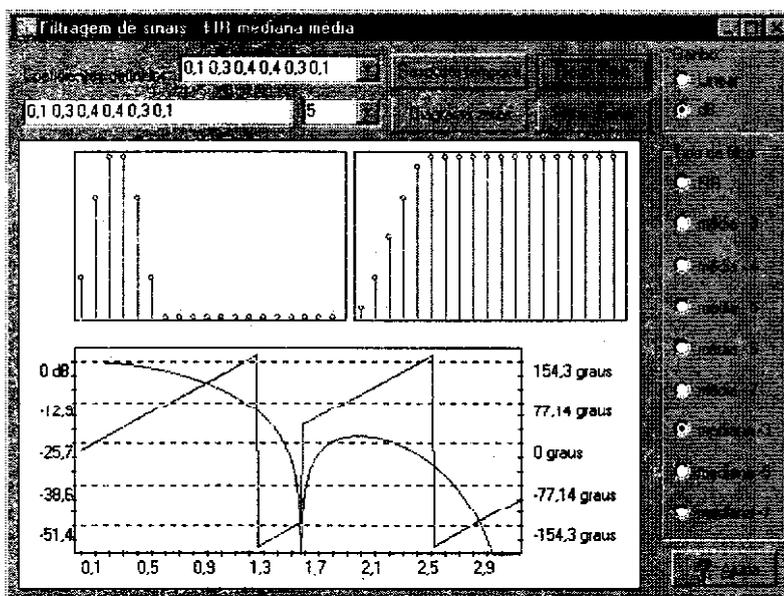


Figura 6. Janela de inicialização do software

4 Resultados e Discussão

Os dados utilizados no presente trabalho foram obtidos a partir de arquivos reais de voz e de ECG da base de dados MIT/BIH [www.physionet.org], que foram transformados em formato numérico e salvos no formato texto. A Figura 7 apresenta um sinal de voz levemente ruidoso e o sinal filtrado obtido a partir do filtro FIR linear proposto.

Na Figura 8, pode-se observar a filtragem de um sinal de voz fortemente ruidoso utilizando o filtro FIR linear proposto neste artigo. Analisando as Figuras 7 e 8, observa-se que os filtros utilizados preservam a forma de onda do sinal original em ambos os casos, gerando apenas um atraso de poucas amostras sendo, portanto, adequado para este tipo de aplicação.

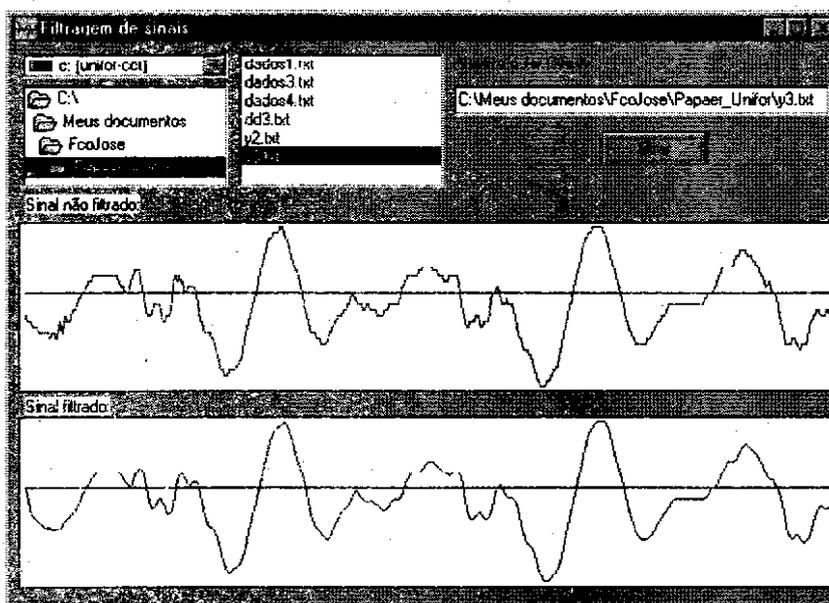


Figura 7. Filtragem de um sinal com pouco ruído.

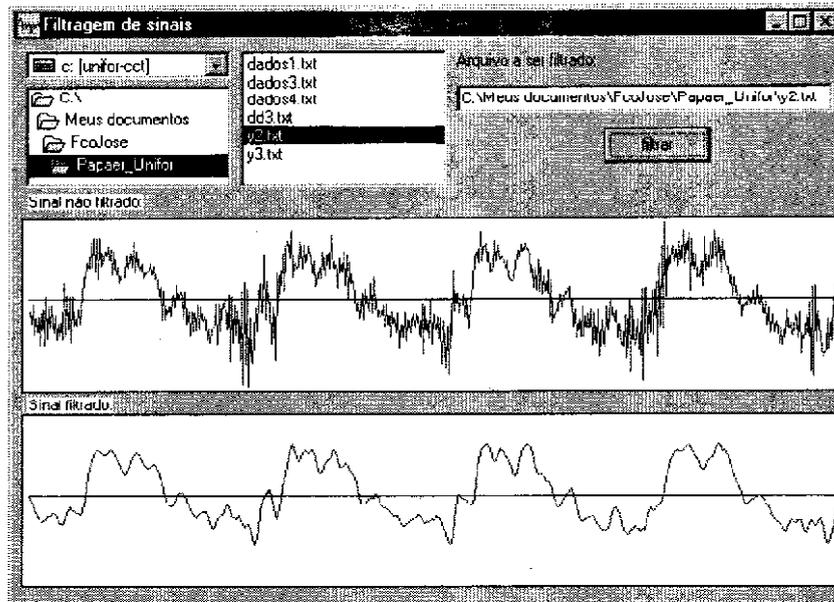


Figura 8. Filtragem de um sinal com muito ruído.

Na Figura 9, pode-se observar a filtragem de um sinal de ECG ruidoso com forte interferência de 60 Hz. Foi utilizado o filtro FIR linear proposto neste artigo para a filtragem do sinal. Observa-se novamente que os filtros utilizados preservam a forma de onda do sinal original, gerando também apenas um atraso de poucas amostras sendo, portanto, adequado para este tipo de aplicação.

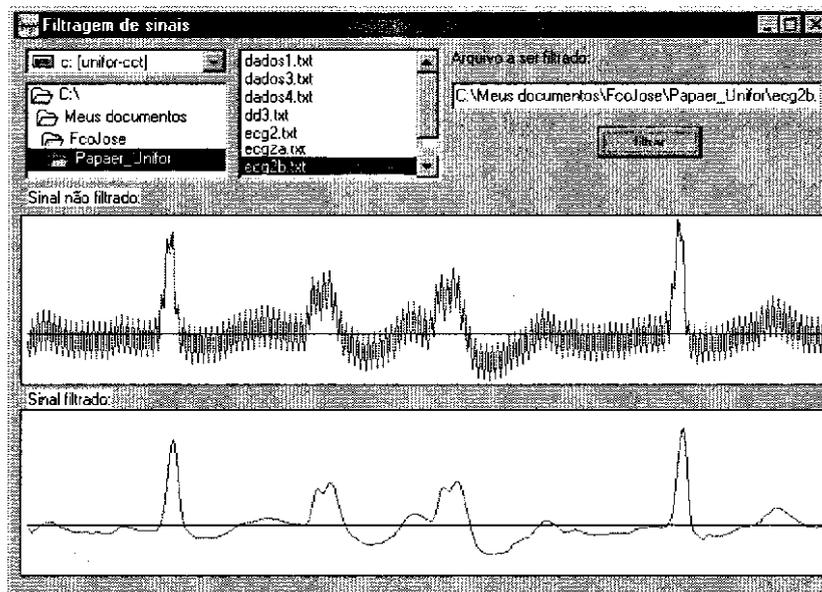


Figura 9. Filtragem de um sinal de ECG com forte interferência de 60 Hz.

5 Conclusões

Neste artigo, foi desenvolvido e implementado um *software* para filtragem de sinais biométricos. A utilização deste programa é relativamente simples, podendo ser usado não apenas por especialistas da área de tratamento de sinais. Para a avaliação deste *software*, foram utilizados dados reais, e os resultados mostraram que a metodologia utilizada é adequada para essa aplicação.

O cálculo dos coeficientes dos filtros ainda está em fase de estudo e desenvolvimento com vistas à melhoria do mesmo. Como perspectiva futura de melhoria do trabalho observa-se que é preciso automatizar todo o processo automático, deixando ao usuário a tarefa de determinar a frequência de corte desejada e o ganho do filtro.

Ressalta-se que este trabalho pode ser utilizado como uma ferramenta de pré-processamento em várias áreas de pesquisa que envolva sinais digitais. Utilizando-se da versatilidade desta ferramenta, pretende-se integrá-la a um módulo de reconhecimento de padrões de patologias em sinais de voz que incorpore outras ferramentas de análise e decomposição multiescala de sinais.

Referências

- ALMEIDA, M. A. F.; BARRETO, J. M. Ambiente para ensino do projeto de filtros digitais no domínio do tempo: aplicação a sinais de eletrocardiografia. In: FORUM NACIONAL CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM SAÚDE, 4., 1998, Curitiba. *Anais...* Curitiba: UFPR, 1998. p. 407-408.
- ALMEIDA, M. A. F.; BARRETO, J. M. Filtragem não causal de sinais de urofluxometria. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA BIOMÉDICA, 1998, Mazatlán. *Anais...* Mazatlán: Memória de Trabajos Científicos, 1998. 1 CD-ROM.
- BORLAND delphi for windows: user's guide. Scotts Valley: Borland, 1995.
- KWAKERNAAK, H.; SIVAN, R. *Modern signals and systems*. New Jersey: Prentice Hall, 1991. 791p.
- MITRA, S. K. *Digital signal processing: a computer-based approach*. New York: McGraw-Hill, 1998. 635p.
- NOCETI FILHO, S. *Filtros seletores de sinais*. Florianópolis: UFSC, 1998. 276p.
- OPPENHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W. *Discrete-time signal processing*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1989. 870p.
- PRATT, W. K. *Digital image processing*. 2th ed. New York: John Wiley & Sons, 1991. 656p.
- PRESS, H. W. *Numerical recipes in Pascal: the art of scientific computing*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 781p.

SOBRE OS AUTORES

Francisco José Alves de Aquino

Engenheiro eletricitista pela Universidade Federal do Ceará (UFC) em 1992, M. Sc. Eng. Elétrica pela UFC junto ao laboratório LINSE em 1998. Atualmente ocupa o posto de professor dos cursos de Telecomunicações (técnico) e Telemática (superior) do CEFET-Ce (Antiga Escola Técnica Federal do Ceará). Também é professor na UNIFOR desde fevereiro de 2000 junto ao Centro de Ciências Tecnológicas da UNIFOR.

Juan Carlos Alvarado Alcócer

Bacharel em Física pela Universidad de Costa Rica em 1988, M. Sc. Eng. Elétrica pela UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas) em 1994, Dr. Eng. Elétrica pela Unicamp em 2000. Atualmente ocupa o posto de professor titular junto ao Centro de Ciências Tecnológicas da UNIFOR, onde atua em nível de graduação.

Fátima Nelsizeuma Sombra de Medeiros

Engenheira eletricitista pela Universidade Federal do Ceará (UFC) em 1985, M. Sc. Eng. Elétrica pela PUC do Rio de Janeiro em 1988, Dra. em Física pela Universidade de São Paulo (USP) em 1999. Atualmente ocupa o posto de professora adjunta junto ao Departamento de Engenharia de Teleinformática da UFC, onde atua em nível de graduação e pós-graduação. Sub chefe do departamento de Engenharia de Teleinformática da UFC. Chefe do laboratório de Visão, Imagem e Sinais.