

PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM EQUALIZADOR DE ÁUDIO ESTÉREO UTILIZANDO BANCO DE FILTROS FIR EM UMA PLACA DE DSP

Mateus Augusto Schneider Castilhos (PIC/Uem), Rafael Krummenauer (Orientador), e-mail: rkrummenauer2@uem.br

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Maringá, PR

Área: Engenharias / Subárea: Engenharias IV

Palavras-chave: FIR, janelamento, equalizador.

Resumo:

O presente trabalho aborda a implementação de um equalizador de áudio gráfico em computador, controlado pelo ajuste de ganho ou atenuação, através de um banco de filtros passa-faixa de resposta ao impulso finita (FIR) projetados pelo método da janela. Foi desenvolvido um equalizador gráfico digital de dois canais (áudio estéreo) com 6 bandas de ajuste no software de computação numérica MATLAB[®]. Os resultados são apresentados através da resposta em frequência do banco de filtros com ganhos ajustáveis e os espectrogramas original e equalizado para um áudio de teste representativo. A continuidade do projeto está em execução com o desenvolvimento do equalizador no módulo c5535 eZdsp[™] da Texas Instruments.

Introdução

Um equalizador de áudio é um sistema que consiste em atenuar ou aumentar seletivamente o conteúdo de uma banda de frequência de um sinal sonoro, e é constituído por um banco de filtros. Comumente são empregados no mercado atual sistemas digitais de equalização, baseados em filtros digitais, uma vez que possuem menor custo, são reprogramáveis, além de serem menos influenciados por ruídos e distorções.

Os equalizadores podem ser classificados em três categorias a saber: equalizador gráfico; equalizador paramétrico; e equalizador de controle de tonalidade (BODANESE & PETRY, 2008; PAYAN, 2002). Neste trabalho foi desenvolvido um equalizador gráfico com banco de filtros FIR (DINIZ et al., 2012; OPPENHEIM, 1998) para áudio de dois canais (estéreo).

Materiais e métodos

Este projeto trata do estudo e implementação em computador e em processador do tipo DSP de um equalizador digital de áudio estéreo. O

estudo e implementação em computador apresentado neste trabalho teve o objetivo de validar a proposta, cujos resultados servirão de base para validação da implementação em uma placa de desenvolvimento baseada em DSP, C5535 e Zdsp™, em fase de testes no momento.

Um banco de filtros digitais do tipo FIR compõem o equalizador gráfico de dois canais. Tais filtros são caracterizados de forma discreta segundo a equação a diferenças $y[n] = \sum b_m \cdot x[n-m]$, para $m=0, 1, \dots, M$, na qual cada coeficiente pondera o sinal no m-ésimo atraso *do sinal de entrada*.

Filtros FIR são sistemas discretos intrinsecamente estáveis e com possibilidade de atuar com fase linear, sendo classificados como Tipo I, Tipo II, Tipo III e Tipo IV, cada um com uma simetria característica em relação aos coeficientes do polinômio.

Implementação

Para implementar o equalizador optou-se por um banco de filtros passa faixa, na qual a frequência de corte superior de um filtro é igual a frequência inferior do filtro subsequente. Isto permite com que as distorções do sinal de áudio sejam mínimas. Tais filtros podem, assim como os demais filtros FIR, ser aproximados através de vários métodos, em específico o Método da Janela foi o utilizado, o qual consiste em truncar a resposta ao impulso ideal através da multiplicação deste por uma função janela, que tem como objetivo reduzir a amplitude de *ripple* nas bordas de passagem. A janela de Hann foi escolhida para ser aplicada ao banco de filtros de ordem 132, pois apresenta uma boa atenuação para frequências abaixo e acima da banda passante.

Resultados e Discussão

Para as frequências 31 Hz, 62 Hz, 125 Hz, 250 Hz e 500 Hz o filtro passa faixa se comporta como um passa baixa devido à ordem do filtro, escolhida como 132. Estipulou-se então um FIR passa faixa cuja as frequências de corte inferior e superior são 16 Hz e 750 Hz respectivamente, permitindo que a as frequências acima citadas sejam incorporadas a um único filtro. Ao se fazer tal alteração, ocorre que curva referente a banda de passagem seguinte possua uma amplitude relativamente menor que 0 dB para um ganho unitário, assim para reverter tal estado deveu-se aumentar o valor da mesma para manter a ordem do filtro intacta.

Atribui-se ganhos a cada banda de passagem, como mostrado na Tabela 1 e gerou-se a resposta em magnitude do equalizador para estes ganhos ajustados e unitários, assim como o espectrograma dos sinais, que estão apresentados na Figura 2 e 3 respectivamente. Como observou-se graficamente das figuras assim como pela reprodução do áudio equalizado, os ganhos definem quais as bandas de frequências se sobressairão sobre as demais, o que de fato ocorre em um equalizador gráfico, sendo que para o presente caso que as frequências em torno de 1 kHz foram acentuadas enquanto frequências acima e abaixo desta banda estão atenuadas.

Tabela 1 – Ganhos e efeitos para cada banda passante de frequência.

Ganho	Valor	Banda (Hz)	Efeito
G1	0,3	16 a 750	Atenuação
G2	2,5	600 a 1600	Ganho
G3	0,5	1250 a 2750	Atenuação
G4	0,4	2750 a 5250	Atenuação
G5	0,2	5250 a 10750	Atenuação
G6	0,1	10750 a 21250	Atenuação

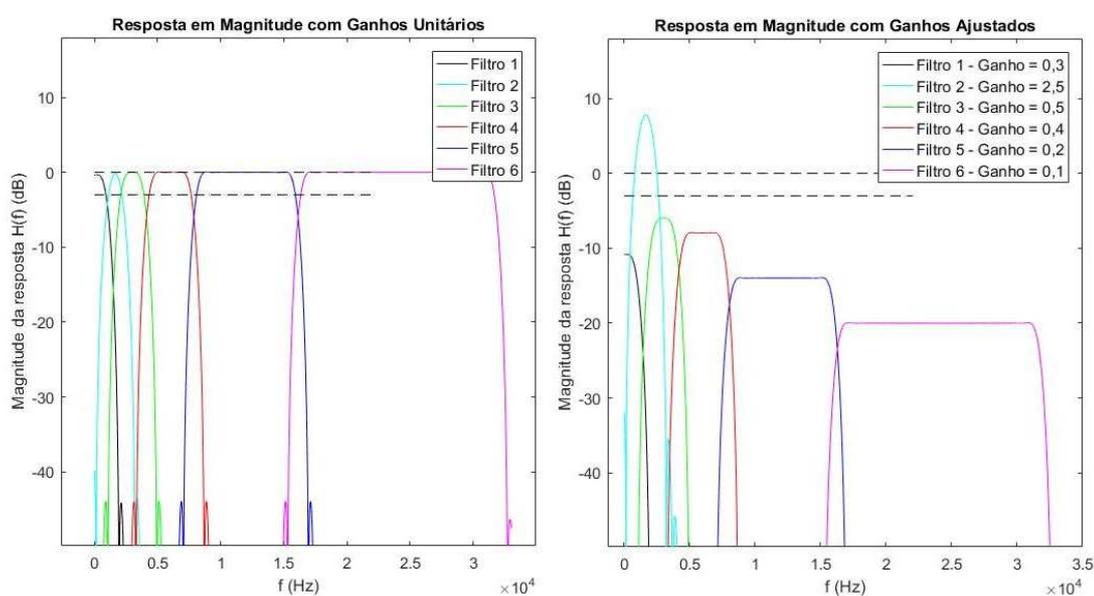


Figura 2 – Comparação das respostas em magnitude do equalizador.

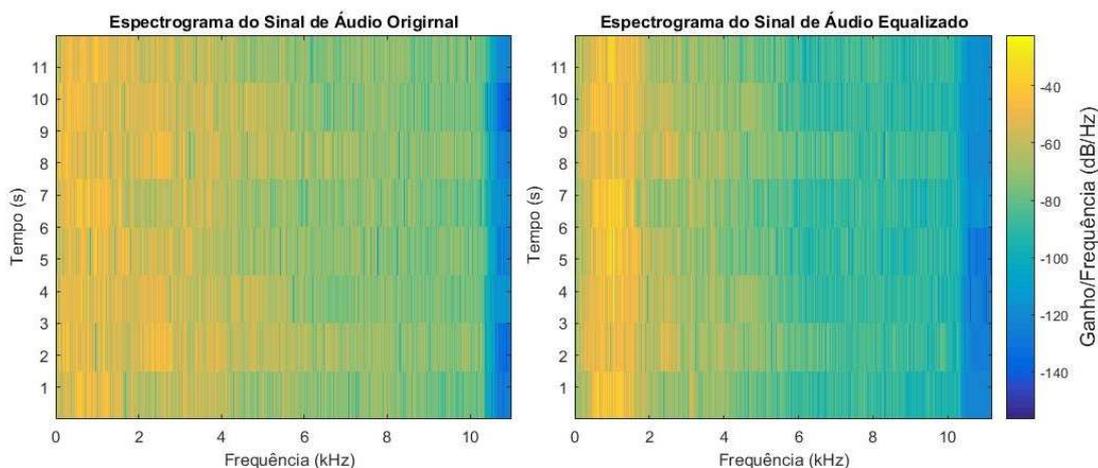


Figura 3 – Espectrogramas do sinal de áudio original e equalizado.

Conclusões

Neste trabalho foi desenvolvido um equalizador gráfico de áudio estéreo utilizando um banco de filtros FIR. A implementação foi realizada em computador utilizando representação de 64 bits no software MATLAB[®]. Os resultados obtidos nos testes validaram a implementação do equalizador. A validação foi feita através da análise da resposta em frequência do equalizador digital e da análise do espectro do sinal equalizado através do espectrograma do áudio de teste. Esta implementação serviu de base para implementação em hardware no módulo C5535 eZdsp[™], da Texas Instruments, cujos testes e validação estão em fase de execução.

Agradecimentos

DEQ - UEM

Referências

BODANESE J. P., PETRY C.; **Implementação de um equalizador de áudio em DSP**, CEFET de Santa Catarina, 2008.

DINIZ, P.; SILVA, R. E.; NETTO, S. **Digital Signal Processing – System Analysis and Design**. 2 ed. Cambridge University Press, 2012.

OPPENHEIM, A.; SCHAFER, R.; BUCK, J. **Discrete-Time Signal Processing**. 2 ed. Prentice Hall, 1998.

PAYAN R.; **Parametric Equalization on TMS320C6000 DSP**, Application Report SPRA867, Texas Instruments, 2002.