

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

Bruno de Souza Silva (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: Filtros digitais, DSP, Equalizador.

Resumo:

Este trabalho trata do problema de equalização de áudio digital utilizando microprocessadores do tipo DSP (*Digital Signal Processor*).

Os objetivos principais foram dominar as técnicas de projeto de filtros IIR (*Infinite Impulse Response*), dominar a implementação de filtros digitais em no DSP TMS320C5535 da Texas Instruments, e investigar o desempenho de um banco de filtros IIR atuando na forma de um equalizador gráfico de áudio estéreo.

Os resultados apresentados neste trabalho são referentes aos desenvolvimentos realizados em computador utilizando o software de computação numérica MATLAB[®], com representação em 64 bits. O estudo e desenvolvimento de um equalizador digital implementado com banco de filtros IIR representa a primeira etapa do projeto de iniciação científica. A continuidade do projeto, referente à implementação na placa de desenvolvimento C5535 eZdsp[™], está em fase de execução.

Introdução

Equalização de áudio consiste em aumentar ou atenuar seletivamente componentes (ou conteúdo) de certas bandas de frequência em sinais de áudio e o processo de controle da amplitude das componentes espectrais é feito por filtros seletivos em frequência (PAYAN 2002). O equalizador desenvolvido neste projeto é do tipo gráfico, isto é, composto por um banco de filtros digitais de resposta ao impulso infinita (IIR), sendo que cada um dos filtros atua numa das dez bandas de frequências escolhidas, com frequência central e largura de bandas pré-fixadas, para cada um dos dois canais (estéreo). O usuário controla o equalizador apenas pelo ajuste do ganho/atenuação em decibel (dB) em cada banda.

Bancos de filtros são utilizados em aplicações que requerem decomposição de sinais para processamento, culminando posteriormente na recomposição dos sinais (DINIZ et al., 2012), como é o caso da equalização gráfica. Os filtros IIR são sistemas discretos realimentados e, conseqüentemente,

requerem menor ordem para a mesma faixa de transição se comparados com filtros FIR (*Finite Impulse Response*). Os filtros IIR utilizados serão projetados pelo método da aproximação de filtros analógicos utilizando a transformação bilinear (vide (DINIZ et al., 2012), (LYONS 2011) e (OPPENHEIM et al., 1998)). Até o presente momento, foi concluída a etapa de análise do equalizador gráfico estéreo no software de computação científica MATLAB®. O projeto está em andamento, na etapa de implementação em hardware e teste do equalizador na placa DSP C5535 eZdsp™, da Texas Instruments.

Materiais e métodos

A função de transferência de um filtro recursivo é dada por $H(z)=N(z)/D(z)=(\sum^M b_i z^{-i})/(1+\sum^N a_i z^{-i})$. Como, na maioria dos casos, tais funções de transferência dão origem a filtros com respostas impulsivas de duração infinita, os filtros recursivos também são chamados de filtros de resposta ao impulso com duração infinita (IIR).

Foi utilizado o método clássico de aproximação de filtro analógico Butterworth, sendo que função de transferência normalizada é descrita por: $H'(s')=H'_0/A(s')=H'_0/\prod^N (s'-p_i)$, onde H'_0 é escolhido de modo que $|H'(j0)|=1$, logo $H'_0=\prod^N (-p_i)$. Uma característica importante da aproximação de Butterworth é que sua atenuação aumenta monotonicamente com a frequência, e aumenta muito lentamente na banda passante e rapidamente na banda de rejeição. Para aumentar a atenuação é preciso aumentar a ordem do filtro. Neste estudo, um filtro de ordem quatro foi satisfatório.

O método de transformação bilinear, o qual consiste no mapeamento do lado esquerdo do plano s para o interior do círculo unitário do plano z , dado matematicamente por $s \rightarrow k(z-1)/(z+1)$. Com tal método, projetou-se um filtro digital Butterworth, começando com um protótipo analógico correspondente. A transformação bilinear sempre gera filtros digitais estáveis, desde que o filtro analógico do protótipo seja estável. Usando o procedimento de prewarping, o método manteve as características de magnitude do protótipo, mas introduz distorções na resposta de fase.

Resultados e Discussão

A análise foi feita por meio de simulação numérica, com auxílio do software de computação científica MATLAB®. As dez frequências centrais fixadas para a equalização foram: 31Hz, 62Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz, 8kHz e 16kHz.

Projetou-se um banco de filtros digitais IIR passa-faixa, cada um de acordo com cada banda especificada, para equalização gráfica de um sinal de áudio de três segundos com uma frequência de amostragem de 44.1kHz. Escolheu-se ganho de 5dB para as bandas com frequência central de 31Hz, 4kHz e 8kHz. E uma atenuação de 8dB para as bandas com frequência central de 500Hz, e 1kHz. Os gráficos gerados no MATLAB® da resposta do

equalizador sem nenhuma atenuação ou ganho e com uma configuração específica são apresentadas nas figuras a seguir:

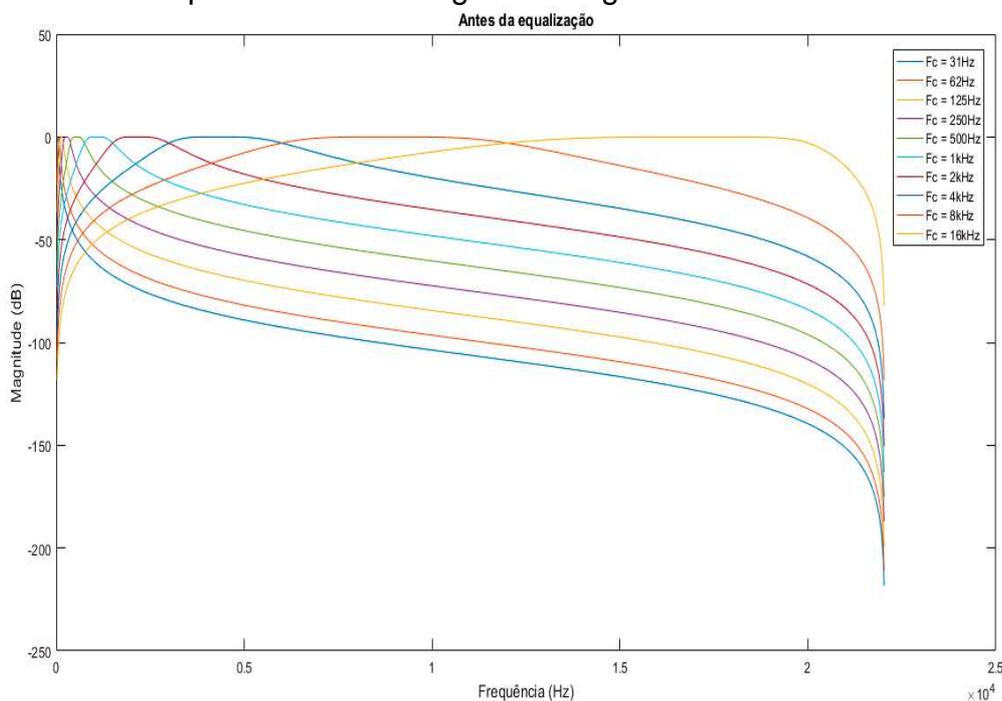


Figura 1 – Resposta em frequência do equalizador com 0 dB de ganho em todas as bandas (ou seja, sem modificação do sinal original).

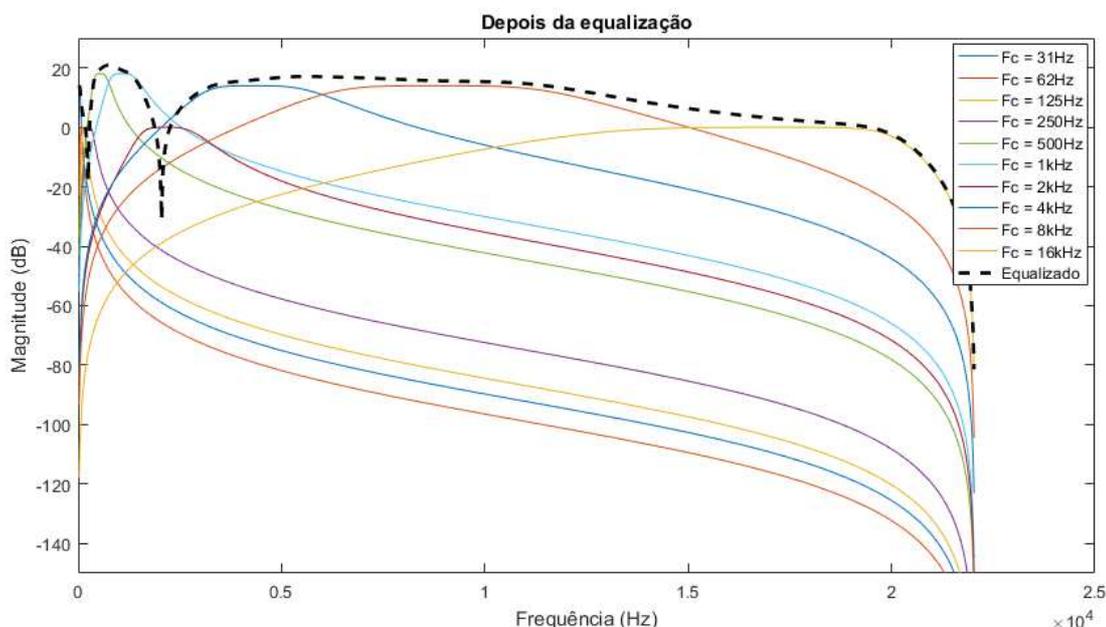


Figura 2 – Resposta em frequência do equalizador com os ajustes de ganhos/atenuações especificados: ganhos de 5 dB para f_c de 31 Hz, 4 kHz e 8 kHz e atenuação de 8 dB para f_c de 500 Hz e 1 kHz.

Os filtros digitais passa-faixa foram projetados de modo que a frequência de corte superior de uma banda coincidissem com a frequência de corte inferior da banda subsequente. Assim, o sinal de saída reconstituído com todas as bandas teria o mínimo de distorção possível, como constatou-se na Figura 1. Foram implementados os ganhos e atenuações mencionados anteriormente, e na Figura 2 observou-se que o equalizador respondeu com precisão aos parâmetros estabelecidos.

Conclusões

Tendo em vista a análise dos algoritmos e dos resultados da pesquisa, percebe-se que o equalizador gráfico estéreo projetado com banco de filtros IIR e implementado no software de computação numérica MATLAB®, com representação em 64 bits, responde com boa precisão aos ganhos e/ou atenuações determinados por um usuário qualquer, nas bandas de frequência pré-fixadas. Além disso, após a decomposição do sinal original para o processamento digital, obteve-se em sua recomposição perdas mínimas de componentes das bandas de frequência. A implementação em hardware na placa C5535 eZdsp™ está em fase de execução e testes, com processamento em representação de ponto fixo de 16 bits.

Agradecimentos

DEQ-UEM

Referências

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

LYONS, R. **Understanding digital signal processing**. 3 ed. Prentice Hall, 2011.

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.