

DESENVOLVIMENTO DE EQUALIZADOR GRÁFICO PARA APLICAÇÕES EM ÁUDIO

Guilherme Frantz

Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica - UNIJUÍ
gui.frantz@gmail.com

Sebastian Martins

Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica - UNIJUÍ
smartins012@gmail.com

Mauro Fonseca Rodrigues

Professor do curso de Engenharia Elétrica - UNIJUÍ

Resumo. *O seguinte artigo visa apresentar resultados obtidos através do desenvolvimento de um equalizador gráfico para aplicações em áudio, partindo da utilização de filtros ativos analógicos, investigando seu funcionamento, aplicação e eficiência a partir de ensaios realizados em laboratório de forma a identificar a possibilidade de criar novos filtros pré-estabelecidos para equalização, além dos comumente usados: rock, classic, pop.*

Palavras-chave: *Equalizador. Filtros ativos. Amplificador de Áudio*

1. INTRODUÇÃO

A música se faz presente no dia-a-dia do ser humano, se apresentando como um meio para entretenimento, trabalho ou consumo extremamente comum. Com o advento da tecnologia, diversos dispositivos foram sendo desenvolvidos e adaptados para se usar na área de áudio. Atualmente, têm-se inúmeras marcas de aparelhos eletrônicos voltados para o áudio, sendo que cada um possui filtros pré-estabelecidos para equalização de áudio (rock, classic, pop, etc.), apresentando, uma resposta específica.

Não é possível prever as variadas situações em que a música é utilizada. Um mesmo equalizador pode ser usado em espaços diferentes, com variações distintas da acústica do próprio ambiente. Da mesma forma que não se pode prever em que

equipamento um determinado áudio irá ser reproduzido, sendo impossível ajustá-lo de uma maneira definitiva.

Neste panorama, considerando ainda uma vasta gama de ritmos e estilos musicais, faz-se necessário adaptar os sinais provenientes das músicas de forma que respondam da maneira mais eficaz à situação em que se aplicam. Para tal, utilizam-se circuitos equalizadores, tendo a finalidade de compensar os efeitos causados pelos diferentes equipamentos e espaços acústicos.

O seguinte trabalho busca investigar o funcionamento dos circuitos equalizadores, os diferentes tipos e aplicações, de forma a constituir o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento prático de um circuito equalizador digital com funções específicas para as preferências do usuário.

2. A PERCEPÇÃO DO ÁUDIO

O ouvido humano tem diversos níveis de percepção do áudio a sua volta. Além disso, as preferências individuais são, praticamente, infinitas.

Dessa forma, a possibilidade de alterar a saída de áudio deve ir além das equalizações pré-ajustadas de fábrica.

2.1 A proposta deste trabalho

O circuito teorizado para montagem constitui-se de um equalizador gráfico, dispositivo empregado em aparelhos para

fins musicais que atuam na alteração dos parâmetros das curvas de resposta em frequência do sinal de áudio, onde o que se deseja é a equalização em três faixas: graves, de 0 a 500 Hz; médios, de 500 a 8 kHz; e agudos, a partir de 8 kHz.

Para tal função, foi projetado um circuito constituído de três estágios de filtros ativos em paralelo, que normalmente são quadripolos capazes de atenuar determinadas frequências do espectro do sinal de entrada e permitir a passagem das demais. Como indica a Fig. 1: Passa-Baixa (grave); Passa-Faixa (médio); Passa-Alta (agudo).

Figura 1. Diagrama de Blocos



2.2 Cálculos do projeto

Os três estágios em questão possuem um ganho fixo comum seguindo a Eq. (1) (PERTENCE, 2003):

$$A_v = - \frac{R_f}{R_g} \quad (1)$$

Onde R_f corresponde a um resistor de 10 k Ω e R_g um de 4,7 k Ω , resultando, então, em um ganho de sinal na saída 2,12 vezes o sinal de entrada.

O desenvolvimento da parte passiva dos filtros deu-se seguindo a fórmula da reatância equivalente do circuito, onde, isolando a frequência, obtemos Eq. (2):

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2)$$

Logo, rearranjando a fórmula, onde se sabe frequência, e limita-se um valor comercial para C , encontram-se as capacitâncias dos filtros.

Passa-baixa (graves).

$$R = \frac{1}{2\pi * 500\text{Hz} * 47\text{nF}} = 6772,3 \Omega \quad (3)$$

Ajustando a valores comerciais de resistores próximos ao desejado, utiliza-se no primeiro filtro um capacitor de 47 nF em conjunto a um resistor de 6,8 k Ω . Sendo assim, o filtro idealizado para a faixa de graves, deixará passar somente sinais de frequências menores que 500 Hz.

Passa-alta (agudos).

$$R = \frac{1}{2\pi * 8\text{kHz} * 4,7\text{nF}} = 4232,8 \Omega \quad (4)$$

Ajustando a valores comerciais de resistores próximos ao desejado, utiliza-se no segundo filtro um capacitor de 4,7 nF em conjunto a um resistor de 4,3 k Ω . Sendo assim, o filtro idealizado para a faixa de agudos, deixará passar somente sinais de frequências maiores do que 8 kHz.

Passa-fixa (médios). O filtro passa-faixa idealizado utiliza dos mesmos cálculos dos esquemas anteriores, porém, em configurações diferentes, com dois resistores e dois capacitores, sendo o resistor de 6,8 k Ω em conjunto com o capacitor de 47 nF fazendo o papel de um passa-alta, e o resistor de 4,3 k Ω em conjunto com o capacitor de 4,7 nF fazendo o papel de um passa-baixa, onde frequências acima de 500 Hz e abaixo de 8 kHz não sofrerão atenuação.

2.3 Montagem do circuito

O circuito prático foi projetado para um melhor aproveitamento em equalização de sinais nas saídas de áudio para *headphones*,

em computadores, em aparelhos portáteis de som e celulares, obtendo também uma resposta menos fiel em caixas de som de pequeno porte.

O amplificador operacional utilizado é o LM741, cujo CI de 8 pinos possui um amplificador em seu encapsulamento, sendo assim necessário três destes circuitos integrados na montagem do sistema.

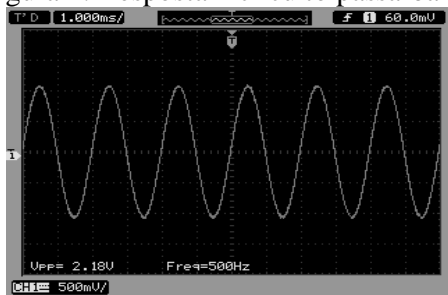
Utiliza-se ainda na saída de cada estágio um potenciômetro que idealmente realiza a barragem do sinal de saída do AmPop, já amplificado, sendo aí então realizado o controle de presença das frequências desejadas. Nota-se que nos três estágios o ganho é fixo, sendo assim, o potenciômetro de acoplamento interfere no nível de sinal que é injetado na saída, de determinada frequência (graves, médios ou agudos).

2.4 Resposta do circuito

Para testar os parâmetros do circuito, utiliza-se uma série de procedimentos, aplicando diferentes frequências e verificando o comportamento do circuito nas variadas situações. Foi convencionado um valor fixo para a amplitude do sinal de entrada em 1 V para todos os testes (BOYLESTAD et al, 2004).

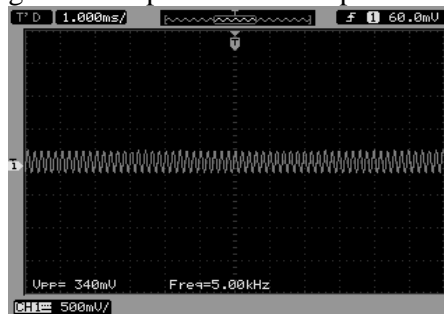
Circuito passa-baixa. O comportamento esperado para este circuito é de que, no momento em que a frequência aplicada ultrapassasse 500 Hz, a amplitude do sinal diminuísse. Sendo assim obtém-se o sinal na saída do circuito, conforme Fig. 2:

Figura 2: Resposta 1 circuito passa-baixa



Para confirmar atenuação, foi aumentada a frequência em uma década, obtendo-se o sinal mostrado na Fig. 3:

Figura 3: Resposta 2 circuito passa-baixa



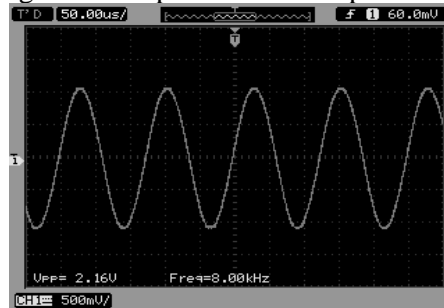
Observa-se os seguintes dados: 2,18 V no sinal de saída para uma frequência de 500 Hz, e 340 mV para uma frequência de 5 kHz. Logo, pode-se constatar o nível de atenuação em decibéis seguindo a Eq.5, que compara as tensões de entrada e saída.

$$G = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (5)$$

Chega-se então a uma atenuação de 16,14 dB por década, ou dez vezes a frequência de corte.

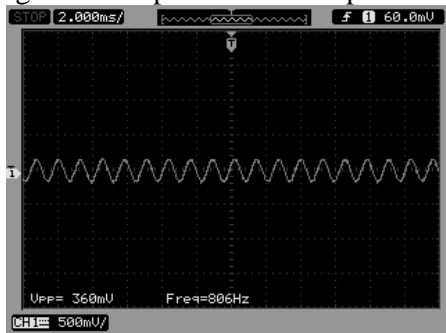
Circuito passa-alta. O funcionamento esperado do circuito é de que atenuie frequências abaixo deste valor. Aplicando um sinal de 8 kHz e 1 Vpp, se obtém o sinal da Fig. 4.

Figura 4. Resposta 1 circuito passa-alta



Para a confirmação da atenuação é aumentada a frequência do sinal de entrada em uma década, de acordo com a Fig. 5:

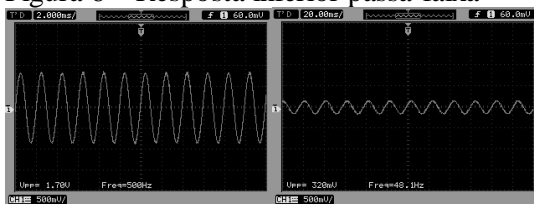
Figura 5: Resposta 2 circuito passa-alta



Desse modo constata-se uma atenuação de 15,54 dB/década, seguindo a Eq. (5), com 2,16 V no sinal de saída para uma frequência de 8 kHz, e 360 mV para uma frequência de 806 Hz.

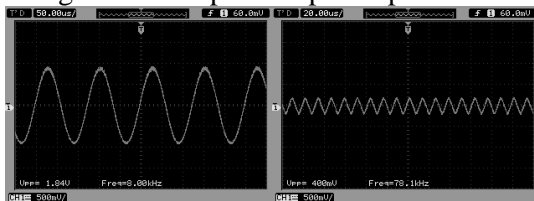
Circuito passa-faixa. O circuito passa-faixa projetado atenua frequências abaixo de 500 Hz e acima de 8 kHz. Portanto, aplicam-se sinais com frequências maiores e menores em décadas às frequências de corte citadas.

Figura 6 – Resposta inferior passa-faixa



De acordo com a figura temos, na resposta de frequência inferior, 1,7 V para uma frequência de 500 Hz, e 320 mV uma década abaixo, resultando em uma atenuação de 14,49 dB/década.

Figura 7 – Resposta superior passa-faixa



Seguindo com a frequência de corte superior, têm-se uma tensão pico-a-pico de saída de 1,84 V para uma frequência de 8 kHz, e, conseqüentemente, 400 mV, uma

década acima, resultando em uma atenuação de 13,24 dB/década.

Banda passante. Por fim, estipula-se um sinal de entrada de 1 Vpp, onde deseja-se encontrar os pontos de frequências de corte, onde acontece atenuação de -3 dB ou 0,707 vezes a tensão de entrada, para determinar a faixa de frequência em que este equalizador é eficiente. Desta maneira, por meios experimentais conclui-se que o equalizador projetado é eficiente desde a frequência de 52,1 Hz, até 39,7 kHz.

3. REFERÊNCIAS

PERTENCE JÚNIOR, A. Amplificadores Operacionais e Filtros Ativos. 6ª edição. São Paulo: Artmed Editora S.A., 2003.

BOYLESTAD, R. L; NASHELSKY, L. Dispositivos Eletrônicos e teoria de circuitos. 8ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004. 478 – 489 p.

SOM AO VIVO. **Trabalhando com equalizadores.** Disponível em: <<http://www.somaovivo.mus.br/artigos.php?i d=64>> Acesso em 19 jun. 2013.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro da importância da equalização em sinais de áudio, analisando sua larga utilização, com o referido trabalho contata-se a possibilidade de construção do mesmo, ainda que simples, com um custo baixo, e, ainda assim, sendo possível uma resposta fiel dentro dos parâmetros do mercado.

Por fim, sinaliza a possibilidade de criar uma alternativa viável de ajuste pessoal para melhorar a percepção auditiva individual para sinais de áudio provenientes de equipamentos sonoros com saída para *headphones*, de forma a criar novos filtros pré-estabelecidos a partir de uso e análises em laboratório de acordo com a preferência pessoal manifestada.