

Extensão Dinâmica de Graves em caixas ventiladas

Departamento de Engenharia Electrotécnica
Instituto Politécnico de Tomar
Bruno Ferreira, Élio Neves, Nuno Marques

É proposto um sistema de extensão da frequência inferior de reprodução de caixas ventiladas. Este procede à variação da frequência de corte de um filtro activo em função do sinal de entrada. Permite-se assim aumentar a banda de reprodução a baixos níveis sonoros.

I. Introdução

Na sociedade actual do multimédia, os sistemas reprodutores de som assumem um papel fundamental. Estes podem estar incluídos em *home cinema*, aplicações informáticas ou outras, numa variedade de configurações.

No presente projecto, a estrutura básica do sistema reprodutor, utiliza quatro amplificadores de potência, accionando dois destes os satélites e os outros dois, o *sub-woofer* através de uma ligação em ponte, este constitui uma unidade separada. A configuração presente, ao concentrar a reprodução de graves numa estrutura física, não influencia a noção espacial da proveniência dos sons, mas possibilita a redução significativa do tamanho dos satélites. Este facto, facilita a sua disposição espacial, de modo a otimizar o palco sonoro, o qual é definido essencialmente pelos sons de média e alta frequência.

As caixas utilizadas são do tipo ventiladas ou *bass-reflex*, o que permite aumentar o rendimento e diminuir a frequência de corte do sistema caixa-altifalante. Esta solução, abaixo de certa frequência, deixa de funcionar correctamente, permitindo o curto-circuito acústico. Surgem assim problemas quanto à excursão máxima permitida pelos diafragmas dos altifalantes.

Para solucionar este problema é utilizado um filtro activo, passa-alto, aplicado ao *sub-woofer*, que proporciona o ajuste da frequência mínima de corte do filtro, de modo a nunca ser excedida a curva da potência máxima em função da frequência. Deste modo é possível reproduzir frequências mais baixas quando a potência de saída é reduzida.

II. Sistema Reprodutor

Na figura 1, encontra-se representado o diagrama de blocos, do sistema de reprodução em causa.

O sinal áudio entra no sistema, sendo conduzido aos andares de filtragem após um controlo de volume. Os blocos de filtragem activa (passa-alto e passa-banda) provocam uma primeira separação do espectro de frequências para os reprodutores adequados. As frequências mais elevadas são amplificadas e conduzidas aos seus elementos reprodutores "satélites" onde são sujeitas a uma filtragem passiva de duas vias.

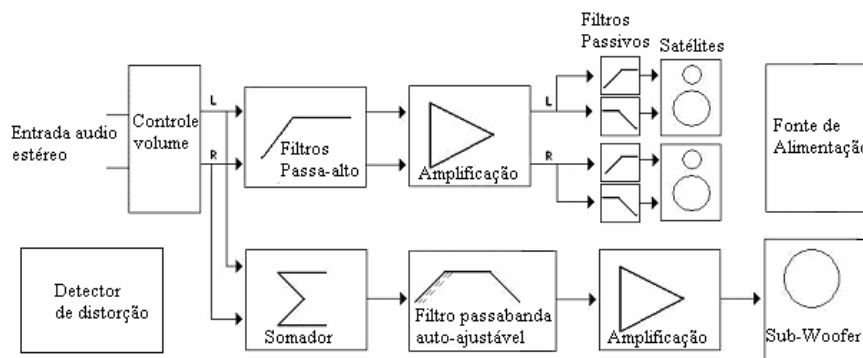


Figura 1. Representação em diagrama de blocos, dos vários sub-sistemas de reprodução.

Para as baixas frequências, somam-se ambos os canais e aplica-se o sinal a um filtro passa-banda auto-ajustável, o qual se explica no próximo ponto. O sistema inclui ainda um circuito detector de distorção capaz de identificar a saturação dos amplificadores.

III. Filtro Passa-Banda, Auto-ajustável

Este filtro é constituído pelo conjunto de um filtro passa-baixo de topologia *Butterworth* de 4ª ordem com frequência de corte a 150Hz, e de um passa-alto cuja frequência de corte varia com a amplitude das frequências a reproduzir. Contrariamente a um filtro fixo, este permite estender a faixa de frequências reproduzidas no registo grave quando se funciona a baixa potência.

A topologia utilizada baseia-se num filtro passa-alto do tipo RC. A adaptação dinâmica da frequência de corte é obtida, modificando o valor de R, através de um sistema comutado, em que o tempo de condução do interruptor muda o valor médio da resistência do filtro. O sinal de controlo do tempo de condução do interruptor, é do tipo PWM, e é obtido a partir da comparação do valor de pico, V_p , da tensão de entrada v_i , com uma onda dente serra. A figura 2 apresenta um diagrama de blocos do circuito.

Afim de evitar ruído de comutação no sistema de áudio, a frequência de comutação do interruptor estará acima da banda áudio, tendo sido neste caso adoptada uma frequência de comutação de 40kHz.

A constante de tempo do sistema reproduzidor, aliada a um filtro passa-baixo inserido a jusante do sistema, filtram o sinal, eliminando a componente à frequência de comutação.

O valor de pico da onda de entrada, aparece amostrado à saída do rectificador de precisão.

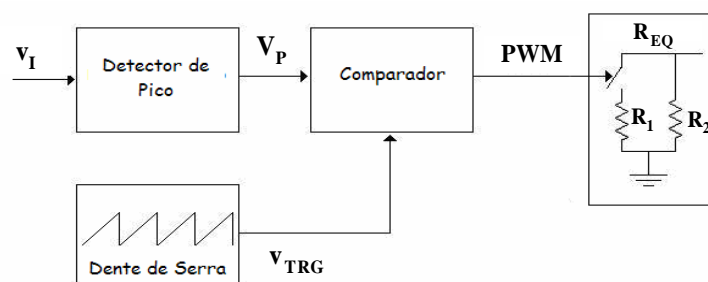


Figura 2. Diagrama de blocos dos componentes do filtro passa-alto.

Ao comparar este, com uma onda triangular adequada, obtém-se um sinal PWM com um factor de ciclo D, correspondente à relação V_p/V_{TRG} . Pode demonstrar-se que o valor médio da resistência vista aos terminais do conjunto R_1 e interruptor, é R_1/D . Tendo em conta o valor da resistência equivalente, R_{EQ} , formada pelo paralelo de R_1/D e R_2 , as relações entre D e V_p , e o ganho do amplificador de potência K_V , é possível obter a equação que relaciona a potência de saída com a tensão de entrada, v_i :

$$P_o = \frac{K_V^2 \cdot R_{EQ}^2}{R_L \cdot \left[R_{EQ}^2 + \left(\frac{1}{2\pi f C} \right)^2 \right]} \quad \text{em que:} \quad R_{EQ} = \frac{R_1}{\frac{R_1}{R_2} + \frac{v_i \sqrt{2}}{V_{TRG}}} \quad (1)$$

O dimensionamento do filtro passa-alto, é feito para o valor de v_i que corresponde ao limite de saturação do amplificador, pois desta forma garante-se que nunca é excedida a excursão máxima do diafragma do altifalante. A constante de tempo de descarga do detector de pico pode ser ajustado em função das necessidades. A figura 3 representa a simulação da potência de saída para vários valores do sinal de entrada de um sistema de 120W. Em 3 a) representa-se o sistema com filtro variável e em 3 b) com filtro fixo, ambos os casos têm uma frequência de corte igual, para uma potência de saída igual à nominal. É visível o acréscimo de potência a baixa frequência.

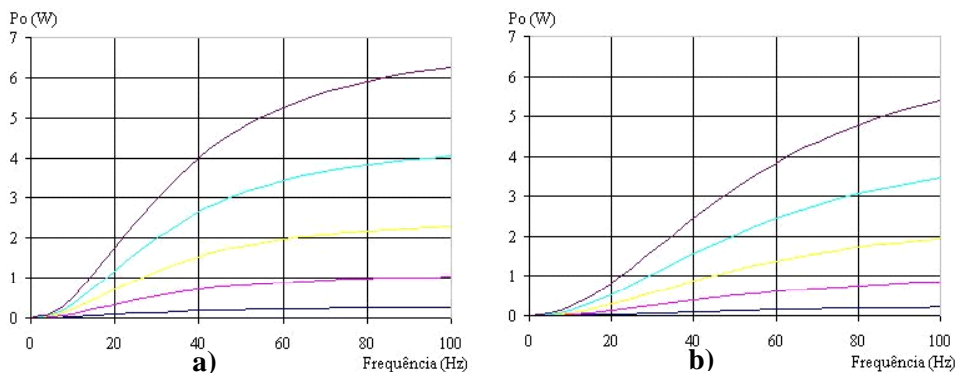


Figura 3. Curvas de potência: a) com filtro auto-ajustável, b) com filtro fixo.

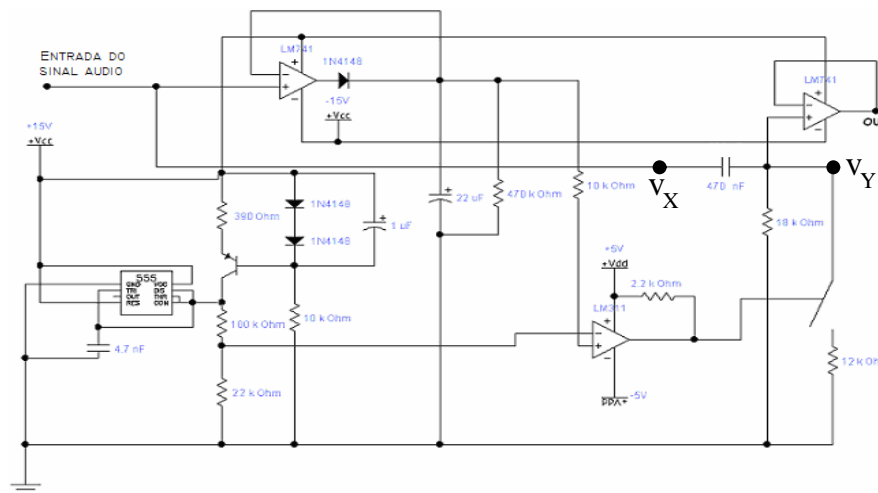


Figura 4. Circuito do filtro passa-alto de frequência ajustável.

IV. Resultados Experimentais

A figura 4 representa o esquema utilizado para implementar o circuito. Apresentam-se três imagens de resultados experimentais. Na figura 5 a) mostra-se a saída do bloco de geração do PWM em função de uma tensão de teste, que para a operação normal, corresponde a V_p . Na figura 5 b) e 5 c) apresentam-se as ondas de entrada, v_x , e saída, v_y , do filtro passa-alto para uma frequência de 39Hz. Em b) encontra-se representado o sinal v_x e v_y , para uma amplitude $V_x=135\text{mV}$, em c) tem-se a mesma situação mas para $V_x=1800\text{mV}$. Como se pode verificar, para $V_x=135\text{mV}$ a atenuação do filtro é menor.

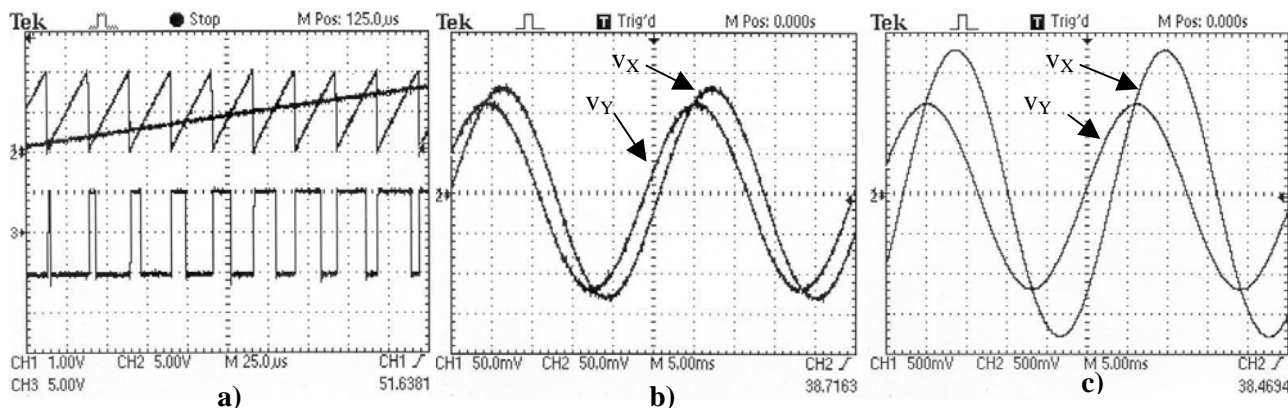


Figura 5. Sinais obtidos experimentalmente.

V. Conclusão

Foi criado um sistema capaz de melhorar a reprodução do som, em sistemas ventilados. Este permite aumentar a profundidade de graves a baixo volume quando comparado com os filtros de frequência fixa tradicionais. Foi criado um protótipo experimental que permitiu confirmar a validade do princípio, a sua implementação é simples e de baixo custo. Para a obtenção de sistemas de ordem superior, a lógica de controlo é comum, de modo que a complexidade acrescida é muito pequena.

VI. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Eng. Carlos Ferreira e ao Eng. Hugo Ribeiro pela sua disponibilidade e valiosa ajuda no presente trabalho. Agradecem ainda ao Departamento de Engenharia Electrotécnica do Instituto Politécnico de Tomar, pelo apoio e a disponibilidade de espaços e material, que tornaram o projecto possível.

VII. Bibliografia

- [1] Nielsen, Karsten, *Audio Power Amplifier Techniques With Energy Efficient Power Conversion*, Tese de Doutoramento, Technical University of Denmark, Abr. 1998, p. 5.
- [2] Ferreira B., Neves, É. e Marques, N., Trabalho final de curso, *Reprodutor de som com filtros activos, auto ajustável*, Instituto Politécnico de Tomar, Abr. 2005.