

Amplificador Áudio Comutado com corrente de entrada sinusoidal

Departamento de Eng. Electrotécnica e de Computadores
Instituto Politécnico de Tomar
2300-313 Tomar
Bruno Ferreira, Élio Neves, Nuno Marques

É proposto um sistema de amplificação áudio comutado para reprodução de graves e com corrente de entrada sinusoidal. Este sistema reprodutor de baixos surge com dois objectivos: em primeiro lugar a motivação para o uso das topologias comutadas, com o objectivo de ultrapassar as limitações dos amplificadores lineares, como o peso, o custo, as elevadas dimensões e baixo rendimento, de maior importância nos amplificadores de baixa frequência, onde a densidade de potência é maior; em segundo, vai de encontro aos problemas de distorção harmónica na tensão da rede, que hoje em dia são uma realidade, provocando o mau funcionamento e ruído, quer nos sistemas de áudio quer de outros equipamentos. Face às normas de qualidade de energia cada vez mais restritivas é provável que esta solução venha a ser fortemente utilizada num futuro próximo.

I. Introdução e enquadramento

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

Os sistemas reprodutores tradicionais, de qualidade, apresentam pelo menos sistemas de duas vias, de modo a cobrir toda a banda de áudio. Nos últimos anos e com o advento do multimédia passou a ser comum a utilização de mais uma via, que reproduz as baixas frequências de todos os canais, o qual é tipicamente designado *subwoofer*. Este concentra a maior parte da potência da banda de áudio num único amplificador. Esta configuração, 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. O aumento do rendimento de todo o sistema é desejável, mas é-o em especial no caso do amplificador do *subwoofer*, devido à potência envolvida.

Na prática existem vários factores que limitam a utilização dos sistemas comutados e que é necessário atacar quando se projecta e fabrica um amplificador comutado: o ruído electromagnético produzido, a diminuição da distorção e ruído gerados, os cuidados a ter no desenho do sistema (*layout*), etc., sendo estes assuntos ainda alvo de debate na comunidade científica [1], [2].

Devido à elevada sensibilidade do ouvido humano, um sistema de áudio deve possuir o mínimo ruído possível no sinal de saída. Um dos factores que pode levar ao aparecimento de ruído no sinal áudio é a má qualidade da tensão de alimentação do amplificador. Os problemas de qualidade da tensão da rede, são hoje uma realidade, e em grande parte são devidos ao elevado número de cargas não lineares ligadas à rede eléctrica, nomeadamente cargas com fonte de alimentação composta por circuitos rectificadores com filtragem capacitiva, presentes na maioria dos equipamentos (amplificadores áudio, monitores, PC's,

televisores, etc.) [3]. Face a esse problema têm vindo a ser feitos estudos em torno de topologias de fontes de alimentação com baixa distorção harmónica na corrente de entrada. Daqui surge a motivação para o uso de uma fonte de alimentação com corrente de entrada sinusoidal, também comumente designados de rectificadores de elevado factor de potência.

Tendo em conta as constantes restrições normativas que têm vindo a ser impostas é provável que num futuro próximo todos os amplificadores áudio, e outros equipamentos ligados à rede eléctrica venham a dispor deste tipo de fonte de alimentação. A figura 1 representa o diagrama de blocos do sistema.

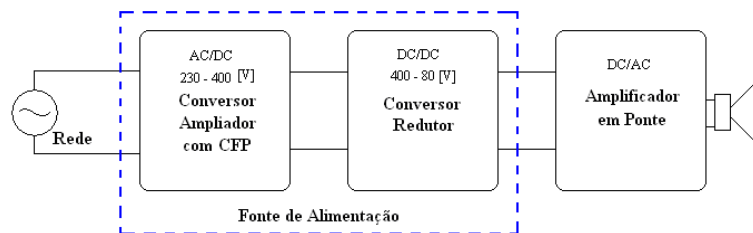


Figura 1. Representação em diagrama de blocos do sistema de amplificação.

I. Fonte de alimentação com Correção do Factor de Potência (CFP)

As soluções mais simples para a correção do factor de potência passam pelo uso de filtros passivos na entrada dos rectificadores tradicionais. No entanto esta solução aumenta significativamente as dimensões, peso e custo do amplificador, o que também é devido à elevada distorção harmónica da corrente consumida e que é necessário filtrar, e que está presente neste tipo de fonte tradicional (típicamente acima de 85%). Por este motivo as fontes de alimentação comutadas com regulação da corrente de entrada são normalmente a melhor solução. O presente sistema reproduz vai de encontro a estes problemas, tendo sido desenvolvida uma fonte de alimentação comutada com corrente de entrada sinusoidal.

O primeiro bloco do sistema é constituído por um conversor *AC/DC* amplificador (*Boost*) aliado a uma ponte de rectificação efectuando a CFP (Compensação do Factor de Potência) e elevando a tensão da rede para 400V contínuos. Esta tensão é depois convertida para a tensão de alimentação do amplificador de 80V através de um conversor *DC/DC* redutor com isolamento galvânico.

A figura 2 apresenta o esquema simplificado do circuito (circuito de potência).

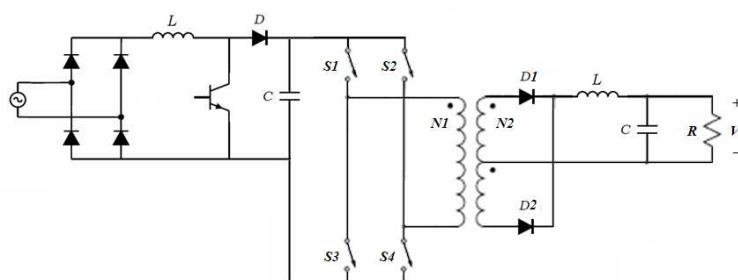


Figura 2. Esquema simplificado da fonte de alimentação.

II. Sistema de Amplificação Comutada

A utilização de sistemas comutados em amplificação áudio tem, nos últimos anos, avançado bastante. Ao contrário das classes de amplificação lineares como a A, ou a AB, que utilizam os transístores na sua zona activa, (permitindo rendimentos máximos ideais de 50% a 78%, respectivamente) os sistemas comutados utilizam-nos como interruptores. Quando os interruptores se encontram fechados não existe tensão aos seus terminais, quando estes se encontram em aberto não existe corrente a atravessá-los, permite-se assim que a potência dissipada nestes, que corresponde ao produto da tensão e da corrente instantâneos nos interruptores seja, em todo o tempo, nula. Depreende-se deste modo que o seu rendimento ideal é de 100%.

Sendo o sinal de saída de um amplificador comutado, um com níveis pré determinados, que tipicamente tem dois ou três níveis, é necessário realizar uma modulação a alta-frequência do sinal que se pretende reproduzir. A modulação consiste na regulação dos tempos que os interruptores se encontram ligados e desligados mantendo a frequência de comutação constante (processo designado de PWM, Pulse Width Modulation). A modulação é obtida por comparação do sinal que se pretende reproduzir com uma onda triangular de frequência adequada, obtendo-se um sinal PWM, que por sua vez irá fazer actuar os transístores do conversor de potência. O sinal comutado de elevada amplitude é filtrado, de modo a eliminar as componentes de alta-frequência do sinal de comutação. De modo a diminuir a distorção do sistema é utilizado um sistema controlador do tipo PI (Proporcional Integral). Na figura 3, encontra-se representado o diagrama de blocos do sistema amplificador em causa.

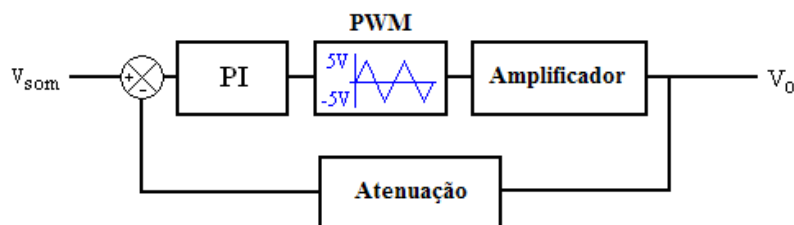


Figura 3. Diagrama de blocos do amplificador.

Afim de evitar ruído de comutação no sistema de áudio, a frequência de comutação do sistema deverá ser bastante superior à máxima frequência a reproduzir, tendo sido neste caso adoptada uma frequência de comutação de 190kHz. Para eliminar as altas-frequências do sinal de saída são usados dois filtros LC, um em cada braço da ponte com uma frequência de corte de 40kHz.

IV. Resultados Experimentais

A figura 4 a) representa a tensão e a corrente de entrada da fonte de alimentação; a figura 4 b) mostra o sinal áudio à saída do amplificador: CH1 – depois de filtro; CH2 – antes do filtro. Pode verificar-se a existência de *ripple* de tensão devido à comutação o qual não afecta o altifalante nem qualidade do sinal sonoro.

A figura 4 c) representa o rendimento do sistema comutado desenvolvido, de 300W. Como termo de comparação representa-se também o rendimento de um amplificador de classe AB de 150W.

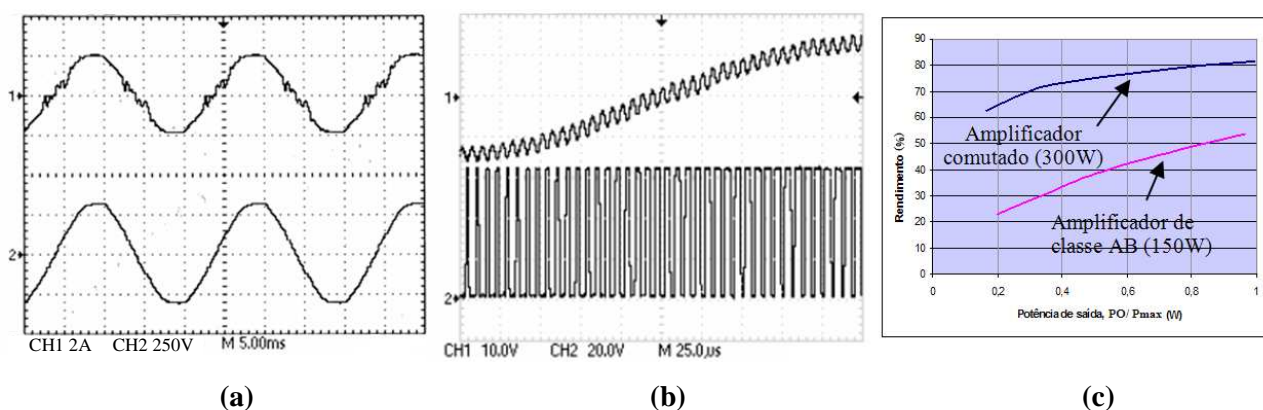


Figura 5. Sinais obtidos experimentalmente: a) tensão e corrente de alimentação; b) saída do sistema antes e depois do filtro; c) rendimento do sistema.

V. Conclusão

Foi projectado um amplificador comutado para amplificação de graves capaz de melhorar substancialmente o rendimento de uma cadeia de amplificação. A fonte de alimentação também é do tipo comutado e permite diminuir o ruído injectado na rede, diminuindo a distorção da forma de onda da tensão presente nesta. Foi construído um protótipo experimental que permitiu confirmar as vantagens referidas.

VI. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Eng. Carlos Ferreira e ao Eng. Hugo Ribeiro pela sua orientação científica na realização do presente trabalho que correspondeu à disciplina de projecto e dissertação de licenciatura. 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] Ronan van der Zee, *High Efficiency Audio Power Amplifiers design and practical use*, 1999.
- [2] Nielsen, Karsten, *Audio Power Amplifier Techniques With Energy Efficient Power Conversion*, Tese de Doutoramento, Technical University of Denmark, Abr. 1998.
- [3] Ferreira B., Neves, É. e Marques, N., Projecto final de curso, *Amplificador Áudio Comutado com corrente de entrada sinusoidal*, Instituto Politécnico de Tomar, Out. 2007.