



CONSTRUÇÃO DE AMPLIFICADORES PARA USO EM TUBO DE IMPEDÂNCIA PARA MEDIÇÃO DE COEFICIENTE DE ABSORÇÃO ACÚSTICA

Ricardo de Vasconcelos Salvo

UFU - Universidade Federal de Uberlândia, FEMEC - Faculdade de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila, 2121 – Campus Santa Mônica – Uberlândia - MG.
ricardo_salvo@mec.ufu.br

Marcelus Tadeu Ferreira Mairink

marcelustfm@yahoo.com.br

Elias Bitencourt Teodoro, PhD

teodoro@mecanica.ufu.br

Resumo: o objetivo deste trabalho é relatar a otimização e a construção de um amplificador de potência e de um pré-amplificador para ser usado em um tubo de impedância sujeito a ondas estacionárias, que será utilizado para a medição do coeficiente de absorção acústica de materiais.

Palavras-chave: amplificador, pré-amplificador, microfone.

1. INTRODUÇÃO

Quando falamos em "amplificador", pensamos logo em amplificador de potência e, mais especificamente, de áudio. No entanto, o conceito de "amplificação" é bastante genérico.

Na eletrônica, direcionada ao áudio, temos os pré-amplificadores, que nada mais são do que "amplificadores de pequenos sinais". Temos as mesas de som, que têm como principal função "misturar" diversos sinais de diversos níveis, para eventualmente, serem amplificados.

Podemos escrever linhas e mais linhas sobre amplificadores, de qualquer tipo, para várias aplicações; mas nosso objetivo aqui é o de dar apenas uma idéia do que é um "amplificador de potência", cuja função é fornecer, a partir de pequenos sinais, grandes sinais a cargas de baixa impedância (grandes correntes), portanto potência.

Um amplificador pode ser representado por um bloco, com dois terminais de entrada e dois de saída.

A entrada é vista como uma "carga" (uma impedância) para qualquer circuito conectado a ela (por exemplo um gerador), e a saída pode ser representada por uma fonte de tensão, com uma impedância interna, para o circuito que vem à frente (um alto-falante, por exemplo).

A tensão de saída é a tensão de entrada multiplicada por um fator G_v , que representa o ganho do circuito.

Devemos observar que o gerador conectado à entrada do amplificador tem uma impedância de saída nula (zero).

Por isso dizemos ser um gerador "ideal" (não existe na prática) e assim fizemos para facilitar a análise.

A utilização destes amplificadores de áudio será principalmente para simplificação de uma cadeia de medição de características acústicas de materiais.

Será utilizado um microfone de eletreto e componentes eletrônicos comumente encontrados nas lojas comerciais do ramo.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Um sistema comum de áudio é composto por microfones, pré-amplificadores e amplificadores de potência, entre outros. Veja esquema representativo na Figura 1.



Figura 1: Sistema simplificado de áudio.

Microfone é o primeiro aparelho do processo de gravação, é um transdutor, e sua função é converter o sinal sonoro em sinal elétrico. As características de um microfone são expressas através de: sua curva de resposta em frequência, faixa dinâmica, diretividade, estabilidade e sensibilidade.

Os sinais de saída de sensores, tanto microfones quanto sensores de vibrações, são geralmente muito fracos, ou seja de pequenas amplitudes. O pré-amplificador é usado para amplificar os sinais fracos e também para transformar as altas impedâncias de saída dos sensores em valores baixos. Uma das características básicas de amplificadores é a Razão de Ruído – RR. O valor de RR é sempre maior que a unidade e dependente da frequência, podendo ser expresso em dB de acordo com a Equação (1).

$$NRR = 10 \log (RR) \quad (1)$$

Os pré-amplificadores podem ser de voltagem ou de carga. Veja representação esquemática na Figura 2. A grande vantagem do amplificador de carga, é que ele não é sensível à capacitância do cabo entre o transdutor e o pré-amplificador, permitindo o uso de um cabo longo. Além disso, o pré-amplificador de carga pode chegar a um limite inferior de frequência muito baixo, por exemplo até 0,1 Hz.

Num sistema de áudio, o pré-amplificador é um aparelho que se situa antes do amplificador de potência ou principal. É importante frisar que pré-amplificador não é qualquer dispositivo que venha antes do amplificador de potência, mas sim, um amplificador, geralmente de tensão, que antecede o mesmo, num sistema de áudio.

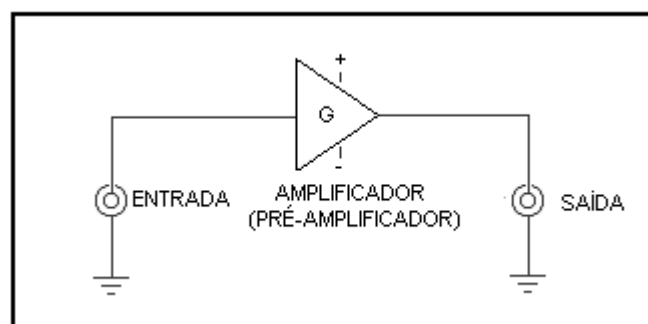


Figura 2: Diagrama de um pré-amplificador

O amplificador de potência é o estágio final de um amplificador de áudio. É o responsável pela conversão, em potência sonora, da potência recebida. É um amplificador sem pré-amplificador, só com o estágio de potência. Normalmente é usado em sistemas de sonorização de *show* (P.A. e amplificação de palco), e também em estúdios. Nesses amplificadores, só há o controle de volume de cada canal, pois o sinal já vem em nível adequado ("line").

Os amplificadores de potência se dividem em três classes: A, B e AB. Os amplificadores da classe A são aqueles em que a corrente no amplificador flui durante todo o ciclo do sinal de entrada. Os amplificadores da classe B só haverá fluxo de corrente se houver um sinal aplicado à entrada do

amplificador. Desse modo, como a corrente média consumida é menor nos amplificadores de classe B, a potência dissipada também será menor nessa classe de amplificadores. Os amplificadores da classe AB são construídos de tal modo que o fluxo de corrente flua num tempo maior do que meio ciclo e menor do que um ciclo inteiro do sinal de entrada, dessa forma atenuando os inconvenientes encontrados nas classes A e B.

Alguns amplificadores de potência, veja Figura 3, possuem características particulares de impedância de entrada e sensibilidade, que permitem a conexão, destes, diretamente à fonte de programa sem a exigência do pré-amplificador. Tornando possível a eliminação de um elo da cadeia de áudio, o que, ao menos teoricamente, deveria trazer benefícios para a qualidade final do programa a ser reproduzido. Porém, nem sempre isto é verdadeiro. É importante observar que a fonte de programa, também, deverá apresentar características mínimas necessárias para tal conexão. Em boa parte dos casos a ausência do pré-amplificador traz problemas difíceis de resolver.

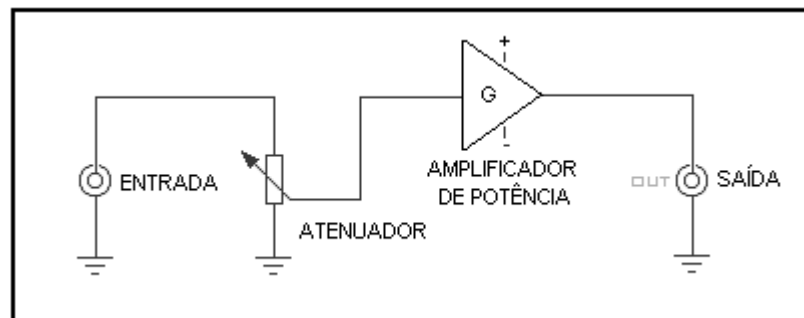


Figura 3: Diagrama de um amplificador de potência

2.1 Resposta em Frequência

Embora para a especificação de potência seja assumida uma única frequência, o amplificador deve ter um mesmo comportamento em toda faixa de áudio (20 Hz a 20.000 Hz), ou seja, deve reproduzir, com iguais características de magnitude e fase, os graves, médios e agudos de qualquer tipo de programa.

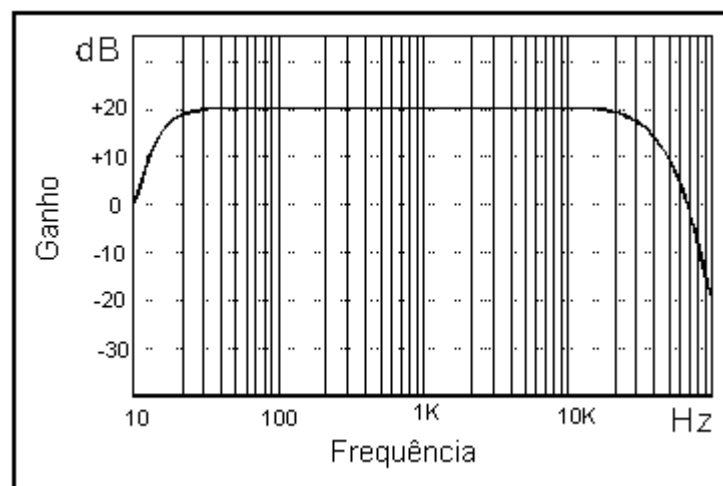


Figura 4: Resposta em frequência da magnitude, em dB.

A curva da Figura 4 representa uma resposta em frequência da magnitude bastante típica: há uma atenuação gradativa abaixo de 20 Hz e acima de 20.000 Hz.

2.2 Distorção

Ao aplicarmos um sinal, genérico, em um amplificador, esperamos que este seja simplesmente amplificado, naturalmente. No entanto, se este sinal sofrer qualquer tipo de alteração (deformação), dizemos que sofreu uma "distorção". Uma distorção pode ocorrer de várias formas: *crossover*, saturação, corte e *slew rate*.

Pelo fato dos semicondutores (diodos, transistores, etc) serem inerentemente não lineares, qualquer amplificador proporcionará um certo nível de distorção, e essa distorção será maior ou menor dependendo do projeto.

3. PROJETO E MONTAGEM DOS AMPLIFICADORES

Os amplificadores foram projetados visando seu uso no tubo de impedância para medição de coeficiente de absorção acústica através da técnica de um microfone e um analisador digital de dois canais. O pré-amplificador foi usado no condicionamento do sinal do microfone usado no tubo de ondas estacionárias e o amplificador de potência foi usado na amplificação do sinal proveniente do gerador de sinais e aplicado nos terminais do alto falante.

As partes constituintes básicas deste aparelho são basicamente um pré-amplificador e um amplificador de potência. Na sequência, serão descritos com maiores detalhes alguns destes componentes.

Com o uso destes amplificadores não se terá a necessidade de usar geradores de função e amplificadores de sinais em geral, assim teremos um sistema de medição mais simples.

3.1 Descrição dos amplificadores

3.1.1 Pré-amplificador

O amplificador compacto de áudio, de baixo custo, pra microfone descrito é provido de boa qualidade de áudio com 0,5 W a 6 Vcc. Este pode ser usado em blocos de intercomunicadores, *Walkie-talkies*, transmissores de baixa potência e receptores de rádio.

Os transistores Q1 e Q2 formam os estágios amplificadores. O resistor R1 proporciona a polarização necessária para o microfone enquanto o potenciômetro VR1 funciona como um controle de ganho para ajustar o ganho entre um estágio amplificador e outro. Na necessidade de conectar este pré-amplificador a um estágio de potência ou um instrumento de análise de sinais, o sinal de saída é conectado via acoplamento capacitivo pelo capacitor C7.

A Figura 5 apresenta a representação esquemática do pré-amplificador.

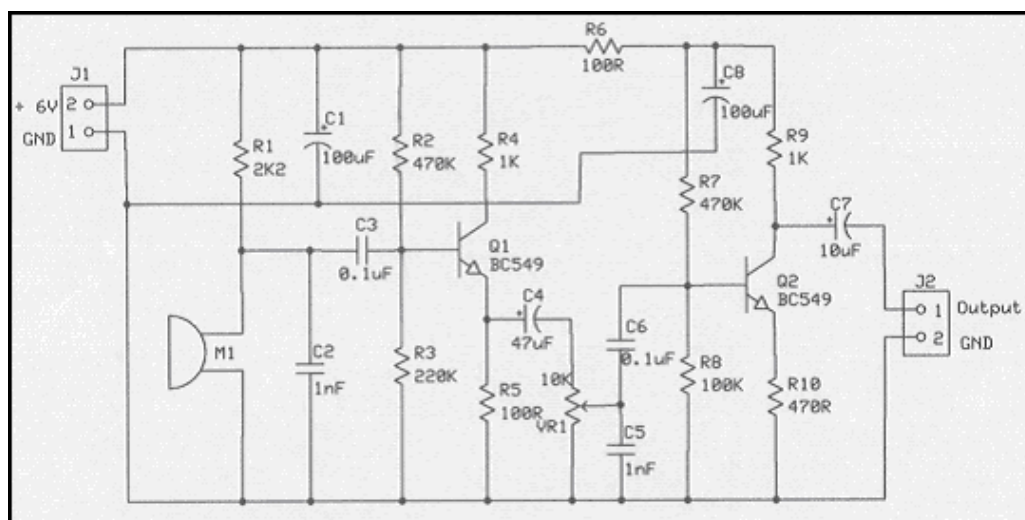


Figura 5: Diagrama esquemático do pré-amplificador.

Este pré-amplificador possui uma resposta em frequência na faixa de 20 Hz a 20.000 Hz, nível de ruído de -85 dBm e um nível de 35 dB de amplificação.

3.1.2 Amplificador de potência

Este é um amplificador de classe AB com configuração de simetria complementar formado pelos transistores Q1 e Q2. O potenciômetro R1 é responsável pelo controle do nível de intensidade “volume”. O acoplamento e desacoplamento do sinal na entrada e saída do amplificador são feitos pelos capacitores C1 e C5 respectivamente. Este amplificador fornece uma potência de 20 W numa faixa de 12 a 25 Vcc. Sua faixa de frequência como no pré-amplificador é de 20 Hz a 20.000 Hz.

A Figura 6 apresenta a representação esquemática do amplificador de potência.

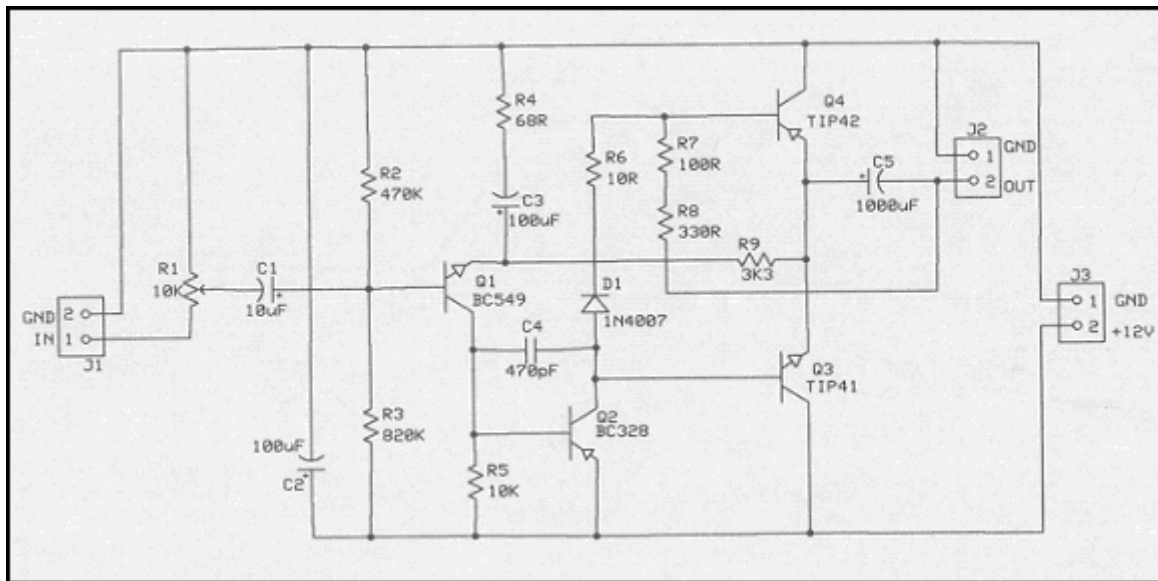


Figura 6: Diagrama esquemático do amplificador de potência

3.2 Montagem

O pré-amplificador de áudio foi montado em uma placa de circuito impresso seguindo o *lay-out* da Figura 7. A placa com os componentes montados foram acomodados em uma caixa plástica contendo os terminais de alimentação, entrada do microfone e saída do sinal.

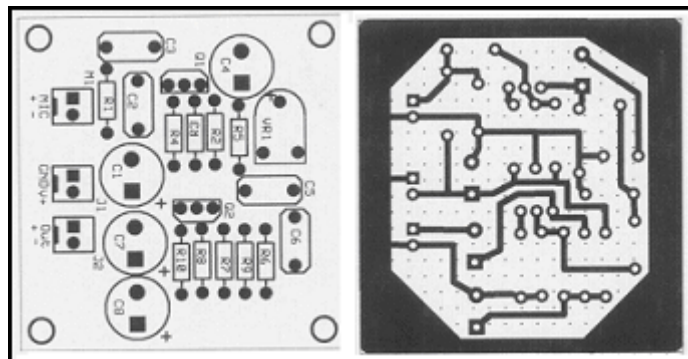


Figura 7: *Lay-out* e distribuição dos componentes na placa PCI para o pré-amplificador

O amplificador de potência foi acomodado em uma caixa plástica como o pré-amplificador, contendo terminais para alimentação, entrada de sinal e saída do sinal amplificado para o alto-falante e um potenciômetro para o ajuste do nível de intensidade “volume”. A Figura 8 apresenta o *lay-out* da placa e a distribuição dos componentes para o amplificador de potência.

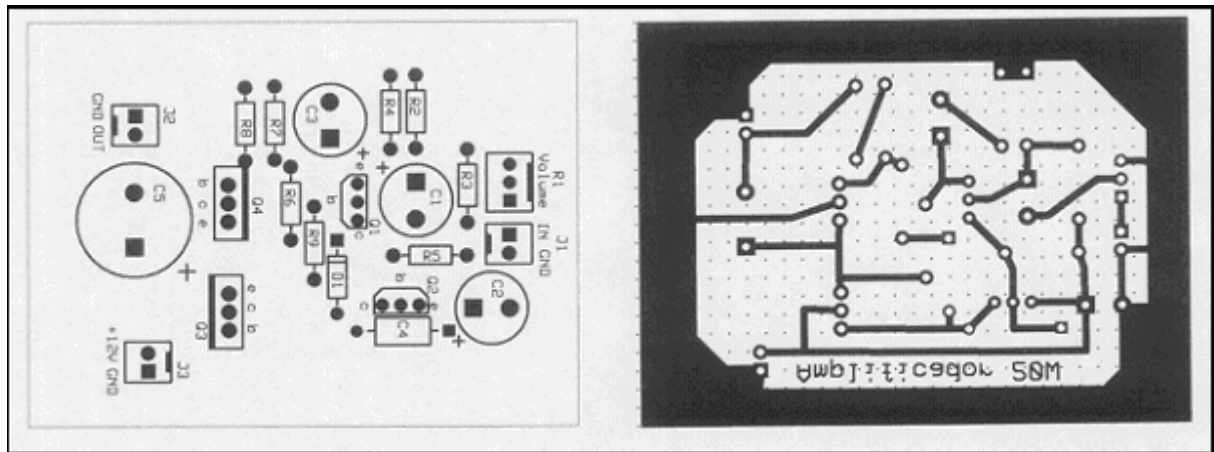


Figura 8: Lay-out e distribuição dos componentes na placa PCI para o amplificador de potência

4. MATERIAL UTILIZADO

A seguir apresentamos a listagem dos componentes necessários para a confecção dos amplificadores.

4.1 Para o pré-amplificador foram utilizados os seguintes componentes:

C1 - Capacitor 100uF	J1 - Alimentação	R4 - Resistor 1K
C2 - Capacitor 1nF	J2 - Saída	R5 - Resistor 100R
C3 - Capacitor 0.1uF	M1 – Microfone de Eletreto	R6 - Resistor 100R
C4 - Capacitor 47uF	Q1 - Transistor BC549	R7 - Resistor 470K
C5 - Capacitor 1nF	Q2 - Transistor BC549	R8 - Resistor 100K
C6 - Capacitor 0.1uF	R1 - Resistor 2K2	R9 - Resistor 1K
C7 - Capacitor 10uF	R2 - Resistor 470K	R10 - Resistor 470R
C8 - Capacitor 100uF	R3 - Resistor 220K	VR1 - Potenciômetro 10K
Fios, cabos, caixa plástica.		

4.2 Para o amplificador de potência foram usados os seguintes componentes:

C1 - Capacitor 10uF	J3 - Alimentação	R4 - Resistor 68R
C2 - Capacitor 100uF	Q1 - Transistor BC549	R5 - Resistor 10K
C3 - Capacitor 100uF	Q2 - Transistor BC328	R6 - Resistor 10R
C4 - Capacitor 470pF	Q3 - Transistor TIP41	R7 - Resistor 100R
C5 - Capacitor 1000uF	Q4 - Transistor TIP42	R8 - Resistor 330R
D1 - Diodo 1N4007	R1 - Potenciômetro 10K	R9 - Resistor 3K3
J1 – Entrada	R2 - Resistor 470K	
J2 - Saída	R3 - Resistor 820K	
Fios, cabos, caixa plástica.		

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho procurou fazer uma síntese de termos descritores sobre amplificadores a partir dos quais se originou o projeto e a construção de dois amplificadores que farão parte de um sistema para medição do coeficiente de absorção acústica de materiais.

Foram analisados atributos acústicos e respectivos parâmetros de quantificação que constituem em indicadores, critérios ou índices para avaliação da qualidade acústica dos amplificadores para adequação de acordo com o projeto do tubo de impedância e conseqüente minimização de ruído e

distorções que podem ocorrer no projeto dos mesmos. A partir daí foi possível rever a teoria sobre amplificadores, destacando atributos acústicos importantes que devem ser quantificados para um bom desempenho acústico de amplificadores de áudio.

Os amplificadores obtidos apresentaram um comportamento satisfatório, ganho de amplificação, baixo ruído e baixa distorção e os componentes empregados são de uso comercial e de baixo custo, sendo estes, parâmetros importantes para seu uso em equipamentos de medição.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte oferecido pelo LVA – Laboratório de Vibrações e Acústica, na aquisição do material necessário a construção do tubo e dos amplificadores.

7. REFERÊNCIAS

<http://www.audioespresso.com.br/cursos/amp/amp.htm>

<http://www.jonasbairros.hpg.ig.com.br/amplificador%20de%2010%20w%20com%20o%20tda%202003.gif>

<http://www.epanorama.net/circuits/micamp.html>

AUDIO AMPLIFIERS FOR USE IN IMPEDANCE TUBE FOR MEASUREMENT OF ACOUSTICS ABSORPTION

Ricardo de Vasconcelos Salvo

UFU - Universidade Federal de Uberlândia, FEMEC - Faculdade de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila, 2121 – Campus Santa Mônica – Uberlândia - MG.

ricardo_salvo@mec.ufu.br

Marcelus Tadeu Ferreira Mairink

marcelustfm@yahoo.com.br

Elias Bitencourt Teodoro, PhD

teodoro@mecanica.ufu.br

Abstract: *The main aim of this paper is to report the project and construction of an audio power amplifier and audio pre-amplifier to be used in a impedance tube to measurements of the acoustic absorption, using a single microphone technique.*

Keywords: *amplifier, pre-amplifier, microphone.*