

TITANIUM SOUND SYSTEM

Rodrigo de Moura Nogueira

2016



Caixa de som Bass-Reflex

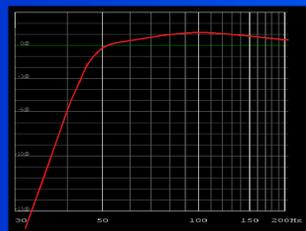
Características	Valor	Unidade
Volume interno de ar da caixa	20.25	L
Frequência de ressonância do duto	50	Hz
Frequência de corte (-3dB)	41.87	Hz
Resposta em frequência	42 - 20k	Hz
Frequência de corte do crossover	3000	Hz
Potência RMS nominal	110	W
Custo total aproximado do sistema	1000	R\$

As caixas são de duas vias, em que dois tipos de alto-falantes são utilizados:
Woofer (para baixas frequências): tem diâmetro considerável (no caso 150 mm) para conseguir mover grandes quantidades de ar, gerando a pressão responsável pelos graves da música.

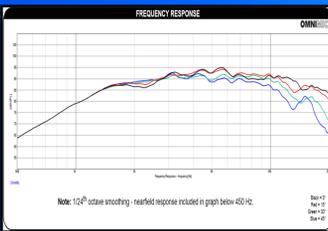
Tweeter (para altas frequências): utiliza um cone muito menor (25 mm) feito de titânio, de modo a ser mais leve e rígido, não distorcendo o som ao se movimentar muito rapidamente.

O design da caixa utiliza o **princípio Bass-Reflex**, em que há um duto de ar de dimensões específicas, contendo uma massa de ar que se movimenta em sincronia com a pressão interna da caixa, gerada pelo **woofer**. O volume interno da caixa e o volume do duto formam um **sistema massa-mola-amortecedor**, melhorando a resposta em baixas frequências.

O componente denominado **crossover** divide o sinal recebido, utilizando um filtro passa-baixas para alimentar o **woofer**, e um passa-altas para o **tweeter**. Dessa forma, cada alto-falante funciona na sua faixa ideal de operação, garantindo uma **reprodução fiel do áudio original**.



Curva de resposta em frequência do **woofer** (esquerda) e **tweeter** (direita)



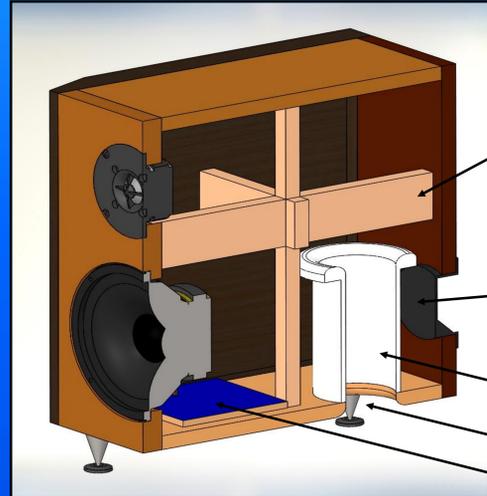
Divisor de frequências (**crossover**) de 3kHz



Corte do furo para o **tweeter**



Antes e depois do verniz



- Suportes internos anti-vibração
- Conexões elétricas
- Duto calculado para $F_s = 50$ Hz
- Spikes isoladores
- Crossover de 3 kHz



Projeto 3D em CAD do amplificador



Projeto 3D em CAD da caixa

Objetivo do projeto: construção de um sistema de som de alta fidelidade (Hi-Fi) com baixo custo e facilidade de montagem.

Como foi feito: projeto, fabricação, acabamento e montagem tanto das caixas como do amplificador foram feitos em casa, utilizando componentes comerciais de alta qualidade.

Máquinas utilizadas: torno mecânico, fresadora, tupa, serra circular, lixadeiras, furadeiras e ferro de solda, entre outras. Todo o trabalho foi feito na minha oficina, ao longo de seis meses.

Função do amplificador:

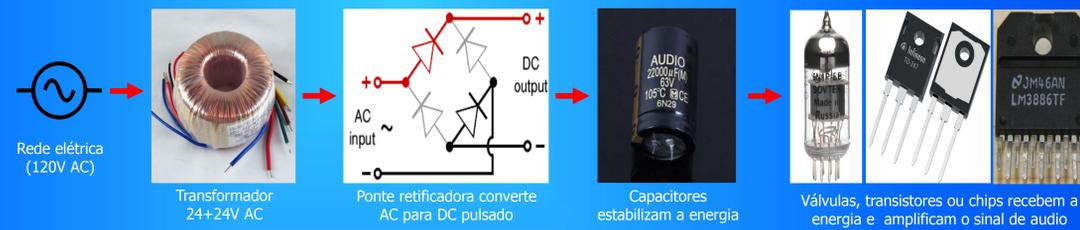
O sinal de áudio gerado por qualquer player, seja ele uma vitrola ou um smartphone, possui muito pouca energia, não conseguindo movimentar os alto-falantes de uma caixa de som. É necessário um aparelho intermediário, alimentado pela rede elétrica, com a função de aumentar a amplitude desse sinal, fornecendo a potência necessária para produzir som em volumes práticos.

Ele deve ser capaz de amplificar todas as frequências da música, de 20 Hz a 20kHz, com o mesmo valor de ganho (volume) e formato de onda (timbre), de modo a se manter fiel à gravação original. Quanto maior a potência desejada, mais difícil se torna essa tarefa para os componentes eletrônicos, que começam a operar mais perto dos seus limites físicos.



Sinal de áudio (azul) e saída amplificada (vermelho) Graves (verde) e agudos (roxo) Sinal de áudio completo

Como funciona o amplificador ?

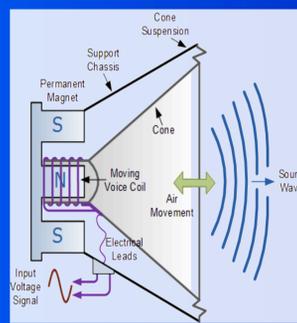


O amplificador recebe um sinal contendo diversas ondas de amplitudes e frequências diferentes, os componentes da música, e deve aumentar o nível de energia dele o suficiente para movimentar os alto-falantes, gerando pressão sonora (SPL). Essa onda tem média zero, não possui componente DC, logo o amplificador precisa de uma alimentação simétrica de energia, por exemplo +30V, 0 e -30V, para aumentar o sinal em relação ao zero. Quanto menor for a diferença entre a forma de onda da entrada e a da saída sob carga, melhor a qualidade do circuito amplificador.



Amplificador Integrado

O sistema de som ideal (Hi-Fi) recebe um sinal de áudio gravado e o amplifica perfeitamente. No mundo real, entretanto, os componentes não são perfeitos e há perdas e distorções. Por isso, é desejável ter um **pré-amplificador**, que modificará o som antes de ele ser amplificado, atingindo as características desejadas, como aumento/diminuição na intensidade dos graves/agudos, e variação do volume. O Amplificador Integrado une as duas funções.



Alto-falantes convertem o sinal elétrico do amplificador em ondas sonoras



Spikes cônicos de aço inox 304



Suportes internos anti-vibração para aumentar a rigidez da estrutura



Usinagem em fresadora da placa frontal



Fabricação e montagem da estrutura

Agradecimentos:

- Isabel e Ricardo
- Alcides Monteiro
- Guilherme Rodrigues
- Matheus Ludolf
- Matheus Mendes
- Mauricio Collaço
- Paulo Biriba