

Imagem estereofônica

A imagem estereofônica consiste na **sensação espacial do som**, permitindo ao ouvinte localizar todos os instrumentos e vozes no espaço tridimensional. É através da imagem estereofônica que recriamos, no ambiente de audição, a sensação plena de estarmos participando de uma **audição ao vivo**. A percepção da imagem estereofônica, que é a "**visualização**" **auditiva da disposição das fontes** sonoras no espaço, depende da capacidade que nossos ouvidos têm de reconhecer de onde está vindo determinado som. Isto é possível graças ao efeito binaural, ou seja, a audição com dois ouvidos. O fato do som não chegar simultaneamente aos dois ouvidos, nos permite localizar no espaço a fonte sonora mesmo quando não a estamos vendo.

A obtenção de uma imagem estereofônica perfeita, através do emprego de alto-falantes adequados bem como do seu **correto posicionamento** dentro do veículo, permite vivenciar uma emocionante experiência sonora. Não mais nos limitaremos a ouvir os sons, porém passaremos a "vê-los" como se estivéssemos ouvindo a gravação ao vivo.

Estresse x música

Sistemas com distorção, excesso de ruídos e falta de linearidade nas frequências causa fadiga auditiva podendo aumentar mais ainda o estresse do trânsito.

Palavras da musicoterapeuta Maristela Smith:

" Quanto melhor a qualidade do som, melhor a interação com a música. Um sistema de áudio que dá ao usuário a sensação de que se está diante de um concerto ao vivo é um belo passo para quem quer evitar o estresse."

"Não basta ouvir, é preciso escutar a música."

"Qualquer tipo de música pode combater o estresse do trânsito, do Heavy metal ao clássico" - cada um tem sua individualidade musical.

Decibel, o que é isso?

O Decibel surgiu da necessidade de representar números muito grandes ou muitos pequenos sem a necessidade de colocar muitos “zeros”. O Decibel em homenagem ao pesquisador Graham Bell não é uma unidade como o "metro", o "segundo", pois um valor em dB deve sempre ser medido tendo um valor arbitrário como referência, isto é, um número dividido por outro. Portanto 20dB podem significar 55dB em outro referencial. Esse valor significa o quanto maior ou menor é um número quando comparamos com um valor de referência. O cálculo pode ser feito da seguinte forma:

$$\text{dB} = 10 \cdot \log (\text{valor} / \text{valor de referência})$$

Para o uso do Decibel na medição de **pressão sonora** o valor de referência é **0,00005**. Assim $150\text{dB} = 20.000.000.000$ e $153\text{dB} = 39.905.246.299$ aproximadamente $40.000.000.000$, o dobro de pressão sonora. Portanto, uma leitura de 3dB a mais significa o dobro do valor!!!.

Saída RCA ou saída amplificada?

- Saída RCA:
 - Vantagens:
 - Baixo nível de ruído (baixa distorção) e ampla resposta de frequência (20Hz a 20KHz)
 - Desvantagens:
 - Preço caro a ser pago pelos cabos e conectores (paga-se mais pela maior qualidade do som)
 - Em alguns aparelhos antigos a tensão é um pouco baixa (500mV) tornando suscetível a interferências.
- Saída Amplificada:
 - Vantagens:
 - Média potência para alimentar os alto-falantes de sistemas simples, normalmente tem potência em torno de 30 Watts RMS por canal.
 - Ótima utilização para projetos simples e baratos.
 - Desvantagens:
 - Resposta da frequência não muito plana, isto é, perde um pouco a intensidade do som nas frequências graves ou agudos.
 - Há distorção para alta intensidade sonora.

Podemos utilizar as saídas RCA e amplificada ao mesmo tempo.

Ex: Se o aparelho possui apenas 2 saídas RCA e 4 saídas amplificadas, podemos utilizar o par de RCA (front) para alimentar um amplificador dos canais dianteiros e 2 saídas amplificadas (rear) para alimentar o amplificador do SubWoofers, assim

unimos qualidade nos falantes da frente e versatilidade no controle do fader e balanço.

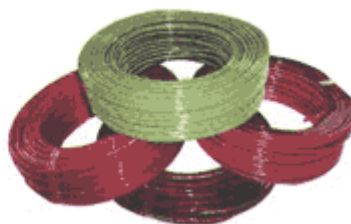
Se o aparelho possui apenas duas saídas RCA utilize cabos "Y" (cabos com conectores rca com bifurcação em Y em uma das pontas, podemos até ter cabos de três pontas) que servirão para mandar o som à um amplificador de quatro canais.

Cabos de alimentação

Cuidados com os cabos de alimentação

- Puxe a fiação positiva diretamente da bateria;
- Tome muito cuidado com curtos-circuitos, utilize anéis de borracha quando o cabo passa por buraco na lataria;
- Lembre-se que a lataria é o pólo negativo (ou terra) de todo sistema elétrico. Se você encostar o fio positivo na lataria causará um curto-circuito que pode danificar a bateria, a fiação, ou outros componentes eletrônicos de seu carro como injeção eletrônica ou outros componentes.
- Instale um porta-fusível perto da bateria (no máximo 50 cm).
- Não passe fios perto de cantos afiados e utilize sempre anéis protetores.
- Puxe a fiação negativa do sistema diretamente da lataria do carro, próximo de onde foi fixado o Amplificador ou CD-Player. Assegure-se de que tenha um bom contato com a lataria lixando o local.
- Lembre-se de que ambos os cabos positivos e negativos de sua alimentação devem ter espessuras idênticas para fazer fluir a corrente elétrica pelo seu sistema.
- Utilize sempre a menor distância para passar os cabos de alimentação.
- Nunca passe cabos de alimentação perto dos cabos de áudio.
- Certifique-se de que haja ótimo contato entre os cabos e os terminais do amplificador ou porta-fusíveis.
- Nunca passe cabos de áudio (RCA) perto de cabos de força, cabos de alta tensão ou cabos do sistema de ignição para evitar ruídos e interferências no sistema de áudio. Tenha preferência para cabos RCA de dupla ou tripla blindagem. Utilize conectores RCA de boa qualidade. Todo cuidado é pouco se tratando de cabos de sinal de baixo nível de tensão com conectores RCA, pois são cabos que transportam sinais de baixa amplitude (variando 500mV até 8 Volts, dependendo do aparelho) que podem facilmente sofrer perdas e interferências elétricas. É por isso que existe aquela malha periférica em volta dos fios internos (cabos coaxiais), eles funcionam como uma blindagem magnética.

Cálculo da bitola do cabo de força:



Como calcular a bitola do cabo de força? Esta sempre foi a dúvida de muita gente. Para obter uma boa precisão do tamanho da bitola você devera seguir estas etapas: A tensão média de uma bateria é de 12,6 volts, portanto com a lei de Ohm podemos encontrar:

$$I = \text{potência} / 12,6 = x \text{ (A)}.$$

Ex.:

-Amplificador de 300 Watts RMS

-Tensão de 12,6 Volts

$I = 300 / 12,6 = 23,81 \text{ (A)}$, seguindo a tabela abaixo você ira encontrar o tamanho da bitola de acordo com este resultado.

Para uma maior segurança quando você for utilizar um sistema abaixo de 4 Ohms, faça a seguinte conta:

Ex.:

$$I = 2 \times 300 / 12,6 = 47,62 \text{ (A)}$$

Tabela:

I(A)	Até 1	De 1 a 2 m	De 2 a 3 m	De 3 a 5 m	De 5 a 7 m	De 7 a 10 m
De 0 a 20 6,00 mm ²	4,00 mm ²	4,00 mm ²	4,00 mm ²	4,00 mm ²	4,00 mm ²	6,00 mm ²
De 20 a 30 13,30 mm ²	4,00 mm ²	4,00 mm ²	4,00 mm ²	6,00 mm ²	6,00 mm ²	13,30 mm ²
De 30 a 40 13,30 mm ²	4,00 mm ²	4,00 mm ²	4,00 mm ²	6,00 mm ²	13,30 mm ²	13,30 mm ²
De 40 a 60 21,20 mm ²	6,00 mm ²	6,00 mm ²	6,00 mm ²	13,30 mm ²	13,30 mm ²	13,30 mm ²
De 60 a 100 33,60 mm ²	13,30 mm ²	13,30 mm ²	13,30 mm ²	13,30 mm ²	21,20 mm ²	21,20 mm ²

De 100 a 125 33,60 mm ²	13,30 mm ²	13,30 mm ²	13,30 mm ²	21,20 mm ²	33,60 mm ²
De 125 a 150 -	21,20 mm ²	21,20 mm ²	21,20 mm ²	33,60 mm ²	-
De 150 a 175 -	33,60 mm ²	33,60 mm ²	33,60 mm ²	33,60 mm ²	-
De 175 a 200	33,60 mm²	33,60 mm²	33,60 mm²	-	-
De 200 a 225 -	33,60 mm ²	33,60 mm ²	-	-	-
De 225 a 300 -	33,60 mm ²	-	-	-	-

Bitolas de cabos mais utilizados numa instalação

- | | |
|---|--|
| 16 AWG ou 1,5 mm² | <ul style="list-style-type: none"> • Para alimentação de Toca-Fitas e CD-Players: até 10 Ampéres • Atenção: para alimentação de amplificadores e aparelhos que consomem acima de 10 Ampéres, consulte a tabela abaixo. |
| 2x18 AWG ou 2x0,75mm² | <ul style="list-style-type: none"> • Para alto-falantes de sistemas básicos (som original) até 30W RMS; • Para falantes do tipo Mid-range, full-range e tweeter até 30W ; |
| 2x1,5mm² (=15AWG) ou 2x14 AWG | <ul style="list-style-type: none"> • Para sistemas de múltiplas vias composto por MidBass, MidRange e tweeter até 100W RMS |
| 2x2,5mm² (=13AWG) ou 2x14 AWG | <ul style="list-style-type: none"> • Para falantes do tipo Woofer e SubWoofer. até 260W RMS |

- - A utilização de cabos mais grossos visa diminuir a resistência elétrica entre dois pontos evitando perdas no meio do caminho, seja os sinais de áudio de baixa voltagem, de média voltagem ou de alimentação do sistema.
- - Cabos mal dimensionados podem representar até 50% de perda de potência transmitida pelo amplificador até os alto-falantes. Veja artigo sobre perdas em cabos de alimentação
- - Conforme o número AWG (American Wire Gauge) vai diminuindo, o diâmetro ou seção transversal do cabo vai aumentando. Veja tabelas de conversão AWG para mm² e vice versa.

Por que dimensionar cabos de força

Muitos sabem que é necessário dimensionar corretamente os cabos de força, mas geralmente não sabem porque. Tentaremos demonstrar o que ocorre caso o cabo não é bem dimensionado.

O cabo de força é o fio que liga a bateria até o amplificador ou bloco de distribuição e possui em média 5 metros de comprimento.

Vamos supor que o amplificador utilizado seja um de 800W RMS classe AB com eficiência de 60%.

Isto significa que somente 60% da energia consumida vira potência sonora, portanto a potência consumida é, utilizando a regra de três:

$$800W = 60\%$$

$$x = 100\%$$

$$x = (800 \cdot 100) / 60$$

$$x = 1333 \text{ W RMS}$$

A corrente consumida quando o amplificador está fornecendo os 800W sonoros é:

$$P = V \cdot i$$

$$i = P / V$$

$$i = 1333 / 12$$

$$i = 111 \text{ Amperes}$$

Sabemos que o cabo de força tem uma pequena resistência interna devido a impurezas no material condutor.

Tomemos por exemplo um cabo de 13mm² que tem 1,27 Ohms num pedaço de cabo de 1000 m. Veja as informações de outros cabos no artigo <http://autosom.net/artigos/awg.htm>

Como estamos utilizando 5 metros de cabos, vamos fazer uma regra de três para saber a resistência nesse pedaço:

$$1,27 \text{ Ohms} = 1000 \text{ metros}$$

$$x \text{ Ohms} = 5 \text{ metros}$$

$$x = (1,27 \cdot 5) / 1000$$

$$x = 0,00635 \text{ Ohms}$$

Agora sabemos que num cabo de bitola 13mm², cujo comprimento é 5 metros, teremos 0,00635 Ohms de resistência. É um número pequeno, mas vamos saber o que isso é capaz.

Vamos descobrir a tensão no amplificador:

$$V_{amp} = V_{bat} - V_{cabo}$$

Tensão no amplificador igual a tensão na bateria menos a tensão perdida no cabo.

A tensão perdida no cabo é:

$$V = R * i$$

onde R = resistência do cabo

i = corrente no cabo

Agora vamos supor que numa música, a corrente consumida pelo amplificador varie de 20 a 111 Ampéres, vamos estudar a variação da tensão no amplificador.

$$V_{amp} = V_{bat} - R * i$$

$$V_{amp} = 12 - 0,00635 * 20$$

$$V_{amp} = 11,873$$

variação de 1,06%

$$V_{amp} = 12 - 0,00635 * 111$$

$$V_{amp} = 11,295$$

variação de 5,87%

Com isso concluímos que a tensão no amplificador irá variar de 1,06% a 5,87% da tensão na bateria.

Agora vamos ver a potência perdida no cabo:

$$P = V * i$$

$$P = R * i^2$$

Para 20 A:

$$P = 0,00625 * 20^2$$

$$P = 0,00625 * 400$$

$$P = 2,5W$$

Para 111A:

$$P = 0,00625 * 111^2$$

$$P = 0,00625 * 12321$$

$$P = 77W$$

Note que a potência perdida no cabo através de calor é significativa.

Imagine aquele mal contato com a bateria ou no porta-fusíveis ou no bloco de distribuição onde um pequeno ponto tem uma pequena resistência de 0,00625 Ohms, seria como ter aceso uma lâmpada de 77W que vocês sabem que é bem quente.

Com isso mostramos que a menor resistência no cabo, dissipa uma boa potência numa corrente elevada, é por isso que os cabos devem ser bem dimensionados afim de termos as menores perdas evitando também o aquecimento do próprio cabo.

Abaixo, o resultado de um mal contato no cabo ou no fusível.



Efeito do aquecimento no mal contato, fez plástico derreter e criar bolhas



oxidação denuncia mal contato

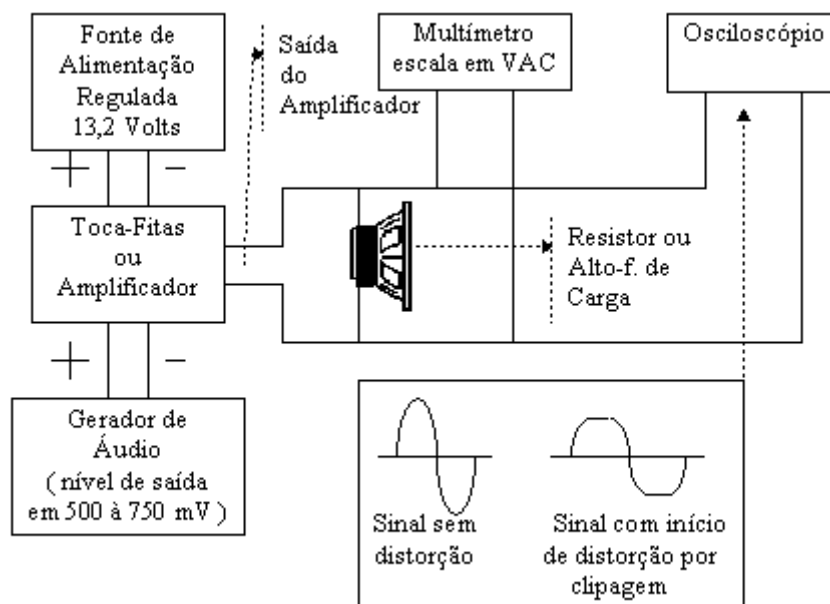


oxidação e fuligem



oxidação e fuligem no próprio fusível ajuda a causar aquecimento

Como medir a potência RMS



Observações: - Resistor de carga: 2, 4 ou 8 Ohms, dependendo da especificação do amplificador. Utilizar resistor de fio, com potência coerente à que será medida.

- Frequência gerada: 1Khz (Padrão internacional) ou 60Hz para teste com subwoofer.
- A potência deve ser medida imediatamente antes do início da distorção.
- Procedimento de medição:

Utilizando 60Hz, você pode utilizar um Cd com faixa de teste com sinal senoidal de 60Hz, e multímetro comum (digital ou analógico):

Antes do início da distorção por clipagem (achatamento do sinal), medir a tensão do voltímetro, e aplicar a fórmula:

$$P = [(U \times U) / R]$$

onde U = tensão medida no voltímetro em modo AC [Volts]

R = resistência utilizada [Ohms]

Exemplo: Tensão medida no multímetro = 20 volts, com um alto-falante de 4 ohms.

$$P = (20 \times 20 / 4)$$

$$P = (400 / 4)$$

$$P = 100 \text{ W RMS}$$

Para frequências diferentes de 60Hz, é necessário um multímetro que meça True RMS, isto é, consiga medir a frequência do sinal e mostrar a potência RMS para esta frequência, pois a potência RMS varia com a frequência.

Se você dispuser de um osciloscópio, pode medir a tensão de pico e aplicar a fórmula

$$P = [(U \times U) / R] \times 0.707$$

Onde 0.707 é a raiz quadrada de 2

Se você necessariamente não puder utilizar 60Hz você pode aplicar uma margem de erro na medição de 11% a mais, isto é, se for medido 100W pela 1ª fórmula, a potência RMS provavelmente será de +/- 111W RMS.

A potência PMPO, como o próprio nome diz, é a potência de pico e é cerca de 3,6 vezes maior que a RMS.

PMPO, lançada originalmente na China, pretende mostrar quanto um amplificador pode fornecer ou um alto-falante agüentar de potência durante um intervalo de tempo extremamente curto.

Já a potência máxima ou de programa musical adota a música como sinal de teste. Essa potência pretende dar uma idéia melhor dos níveis possíveis a serem praticados na utilização normal dos equipamentos de som, uma vez que o consumidor não utiliza o seu sistema de som com sinal de ruído rosa e sim com música. Essa potência normalmente é o dobro da potência RMS.

RMS x SPL - mitos e verdades da potência elétrica

"Um alto-falante de 50 Watts RMS pode receber até 50 Watts RMS sem queimar", explica Sérgio Pires, diretor industrial da Bravox. "Portanto, a potência especificada para um alto-falante é a que ele suporta sem danos e não deve ser confundida com a intensidade de som que ele fornece", completa.

Um alto-falante mais potente não toca mais alto que os outros, pois quem determina a intensidade do som é o SPL do alto-falante e não a sua potência. De acordo com a sua eficiência (SPL), o alto-falante produzirá mais ou menos energia sonora para uma determinada potência a ele fornecida. "Portanto um alto-falante de 100 Watts, quando alimentado por um amplificador de 50 Watts, fornecerá a mesma intensidade de som que outro de 200 Watts - se tiverem o mesmo SPL. Comprar um alto-falante mais "potente" na expectativa de obter maior intensidade sonora é o caminho mais curto para a frustração", completa Pires.

A potência que um alto-falante suporta é, geralmente, determinada pela máxima temperatura que sua bobina móvel pode suportar sem queimar. Essa temperatura depende dos materiais empregados na fabricação da bobina, e principalmente do seu tamanho.

Segundo o diretor, é por este motivo que alto-falantes de grande potência utilizam bobinas móveis de grande diâmetro. Sendo que, quem gera e fornece a potência elétrica é o toca-fitas ou o amplificador, a potência elétrica máxima que podem fornecer depende de sua construção e não da potência do alto-falante. Assim, um amplificador de 100 W RMS, fornecerá 100 W RMS tanto a um alto-falante de 100 W RMS com a um de 1.000 W RMS. "Portanto o fato de usarmos um alto-falante de potência maior, explica, não nos trará nenhum acréscimo de intensidade sonora, podendo muito provavelmente ocorrer o inverso".

"Para evitar danos devemos seguir algumas regras como, não usar um alto-falante com potência menor do que o amplificador ao qual ele será ligado, porque com isso estaremos sobrecarregando-o, podendo até provocar sua queima", aconselha. Por outro lado, usar um alto-falante com potência muito maior do que o amplificador ou toca-fitas, não trará nenhuma vantagem.

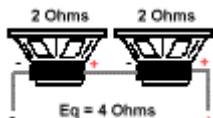
Como escolher o SubWoofers?

O SubWoofers é fabricado para trabalhar em Sub-frequências (20 a 100 Hz), em baixas impedâncias, em caixas geralmente com baixo volume acústico, possui borda emborrachada para permitir maior excursão conseqüentemente possuindo uma bobina de maior altura.

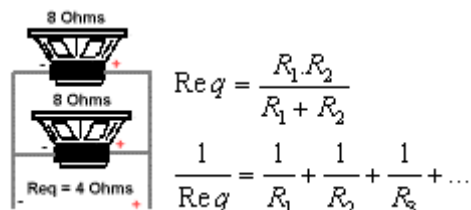
Primeiramente ele deve "casar" com a **potência** fornecida pelo amplificador.

Ex:

Se o amplificador fornece 120W RMS na ligação bridge, utilize um SubWoofers que suporte entre 150W a 200W RMS. Se for utilizar dois SubWoofers, utilize dois de 75W totalizando 150W ou 2 de 100W totalizando 200W suportados pela associação dos falantes. Caso você utilize um SubWoofers que suporte muita potência, você estará perdendo sensibilidade no Sub, pois o amplificador não terá muita "força" para "empurrar" o SubWoofers e você terá batidas mais duras e mais curtas. Se utilizar um Sub que suporte menor potência haverá a chance de queimá-lo. Verifique a **sensibilidade** do mesmo. Os mais sensíveis possuem 90dB/m. Lembrando que quanto maior esse número, mais sensível é o falante e que 3 dB significam o dobro de pressão sonora. (90dB é o dobro de pressão que 87dB) Verifique também a **impedância**. A maioria dos amplificadores aceitam em sua ligação bridge um mínimo de 4 Ohms. Caso vá utilizar somente um SubWoofers tenha preferência por aquele de 4 Ohms. Se for utilizar dois ou mais SubWoofers deve-se fazer a associação dos mesmos para que cheguem a uma impedância final em torno de 4 Ohms. Mas como que é esse tipo de associação?



Na ligação em série, somasse as impedâncias.



$$Req = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$
$$\frac{1}{Req} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Nas ligações em paralelo divide-se por dois a impedância de um deles (somente para falantes com mesmas impedâncias). Caso sejam diferentes, deve-se utilizar as fórmulas acima.

Quanto de potência está sendo dissipada pelos SubWoofers?

Quantos dB (decibéis) eu ganho aumentando os SubWoofers?

Vamos por partes porque esse assunto é muito confuso.
Temos em mãos um amplificador que gera

200 W RMS em Bridge a 4 Ohms;
400 W RMS a 2 Ohms e
100 W RMS a 8 Ohms.
SubWoofers em caixas seladas (Closed)

- 1o) Ligando apenas um SubWoofers de 4 Ohms teremos 200 W RMS no Sub;
- 2o) Ligando dois SubWoofers de 4 Ohms em **série** teremos 8 Ohms como **impedância equivalente** e o amplificador irá gerar 100 W RMS que serão distribuídos para os SubWoofers , 50 W para cada SubWoofers.
- 3o) Ligando dois SubWoofers de 8 Ohms em paralelo teremos 4 Ohms de impedância equivalente e o amplificador irá gerar 200 W RMS que serão distribuídos para os Subs, 100 W para cada Sub. Agora, quando comparado ao primeiro exemplo, você tem um ganho de 3dB por ter dobrado a área do cone .
- 4o) Ligando dois SubWoofers de 4 Ohms em paralelo teremos 2 Ohms de impedância equivalente e o amplificador irá gerar 400 W RMS que serão distribuídos para os Subs, 200 W para cada Sub. Comparando com o segundo exemplo, você tem um ganho de 3dB por ter dobrado a potência dissipada.
- 5o)Ligando 4 SubWoofers de 2 Ohms da seguinte forma:
2 Sub em série em paralelo com outros 2 Subs em série ($2 + 2 // 2 + 2$). Impedância equivalente de 2 Ohms.
Fará com que o amplificador fornece 400 W distribuídos para os 4 Subs. 100 W para cada Sub.
Comparando com o terceiro exemplo (2 Sub a 200W) teremos um ganho 3 dB por dobrar o número de falantes mais 3 dB por dobrar a potência total dissipada. Total de 6dB quando comparados com o 3o exemplo.

Lembrando que a caixa "dutada" (Vented) tem ganho de 3 dB quando comparadas às caixas seladas utilizando o mesmo SubWoofers.

Como verificar a potência dos alto-falantes?

Você já deve ter visto um alto-falante pequeno do tipo coaxial escrito "250 Watts" e pensa que é melhor que os outros, pois suporta altas potências. **Mas não se engane**, se é um coaxial ou triaxial de uma marca popular, provavelmente sua potência real (potência RMS) não é superior a 60 Watts RMS.

Essa é a jogada dos fabricantes, anunciar a potência PMPO (potência de pico) para vender seus produtos enquanto que a potência real dos produtos fica "escondida". Já percebeu como os anunciantes de micro-system fazem o marketing de 3000 Watts, 5000 Watts, que coisa incrível, não?

Qual a potência dissipada em um kit de MidBass e Tweeter ?

Vamos supor que você tenha um amplificador que forneça 100W RMS em 4 Ohms ou 200W RMS em 2 Ohms e que os falantes são todos de 4 Ohms e suportam 100W RMS.

Se você instalasse o MidBass e Tweeter, ambos 4 Ohms, simplesmente em paralelo, você teria 2 Ohms de impedância final (veja artigo sobre associação de falantes), o que faria o amplificador mandar a potência especificada para 2 Ohms, isto é, 200W. Toda música estaria sendo mandada igualmente para todos os falantes e você teria $(200W / 2 \text{ falantes}) = 100 \text{ Watts}$ em cada falante. Cada falante estaria recebendo toda a gama de frequência, isto é, de 20Hz a 20KHz e seu amplificador estaria forçado a trabalhar em 2 Ohms o que o faria esquentar mais.

Agora se você ligar um crossover passivo de 2 vias e 4 Ohms para filtrar as frequências que vão para os falantes, o amplificador vai "enxergar" 4 Ohms. A frequência será dividida e cada faixa de frequência estará sendo mandada para um falante específico. Assim, de modo geral cada falante vai estar reproduzindo 100W RMS em cada faixa de frequência, 100W para o midbass em 20Hz a 5KHz, pois nesta faixa a impedância mínima seria 4 Ohms e 100W para o tweeter em 5KHz a 20KHz, resultando em potência uniforme de 100W RMS em 20Hz a 20000Hz. Assim, a potência é definida tendo uma faixa de frequência definida.

Impedância dos alto-falantes

Certamente você já ouviu falar em impedância não é mesmo?

Mas o que significa esta palavra que causa pavor nos profissionais do segmento? Sua definição é simples: *impedância é a resistência que a bobina móvel oferece ao sinal de áudio. Ou seja, o enrolamento da bobina do autofalante exerce uma resistência a passagem da corrente elétrica, dependendo do material, seção transversal, temperatura e do comprimento do fio.* Esta resistência é medida em ohms, da mesma forma que um resistor.

Mas se ela é medida em ohms como num resistor, porque não dizemos "resistência" ao invés de "impedância"? Será que é apenas um termo técnico ou um fator de complicação para o instalador de som? Alguns instaladores sentem muitas dificuldades para entender este processo e fazer o áudio funcionar corretamente.

A resistência à corrente contínua não é idêntica à resistência à corrente alternada, que embora sendo medida na mesma unidade (ohms), é chamada "impedância" e tem como

uma de suas características aumentar com a frequência da corrente, dependendo, porém das características da bobina móvel e do alto-falante.

A impedância é importante para a adaptação do alto-falante à saída do amplificador, sendo que as impedâncias de ambos devem ser iguais para evitar perder a eficiência ou danificar o próprio aparelho.

Assim, foi criado o termo "casar a impedância" dos equipamentos, ou seja, igualar a impedância de saída do aparelho com a impedância da bobina do alto-falante. Veja nos exemplos a seguir o que ocorre nos diferentes valores de impedância.

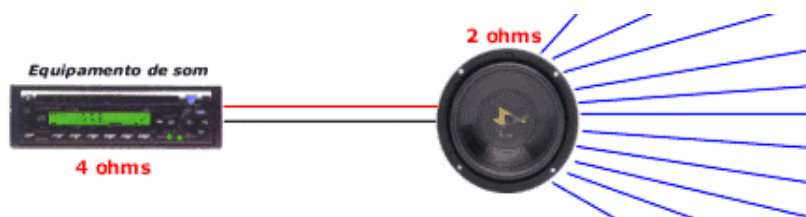
- a) Casamento de impedância - correto, apresentando o rendimento ideal do sistema de som.



- b) Impedância do equipamento inferior ao do alto-falante - apresenta rendimento insuficiente ou perda de potência.



- c) Impedância do equipamento superior ao do alto-falante - apresenta rendimento acima do normal, podendo danificar os equipamentos.



Mas, e se eu tiver um aparelho com impedância de saída de 4 ohms e dois alto-falantes de 8 ohms? O que fazer?

Neste caso entram as associações dos alto-falantes. Ligando-se dois falantes de 8 ohms em paralelo, teremos uma impedância final de 4 ohms, casando-o com o equipamento. Esse assunto iremos explicar numa próxima oportunidade.

Parâmetros básicos sobre auto-falantes

Parâmetros Thiele-Small

Neville Thiele foi um engenheiro australiano pioneiro no estudo de caixas acústicas Bass Reflex (refletor de graves) para calcular o volume ideal e a frequência de sintonia do duto. Logo depois, Richard H. Small que foi professor da Universidade de Sidney, Austrália, desenvolveu e ampliou o trabalho de Thiele. O Resultado foi a padronização dos parâmetros para cálculo da melhor caixa para seu alto-falante.

B: Densidade de fluxo magnético no vão da bobina, em Tesla-metros (TM)

bl: fator de força. A força mecânica produzida pela bobina é em função do produto (CampoMagnético x ComprimentoDoFioNoFluxo x CorrenteNoFio) [N/A] ou [T.m]

C: Velocidade de propagação do ar aprox. 342 m/s

Cas: Acusticamente equivalente ao Cms

Cms: compliância mecânica da suspensão do alto-falante

Compliância mecânica: é o quanto um determinado corpo se desloca quando aplica nele uma determinada força . É dada em m/N ou m/N

D: Diâmetro efetivo do falante, em metros

F3: Ponto de menos 3dB em relação à região de resposta plana em Hertz

Fb: Frequência de sintonia (ressonância) da caixa acústica Vented Box (Bass Reflex). (frequência de um vale entre dois picos)

Fc: Frequência de Ressonância do sistema caixa Closed Box. (frequência de pico)

Fs: Frequência de ressonância ao ar livre (frequência de pico)

Frequência de Ressonância é a frequência de sinal na qual um corpo vibra em sua maior amplitude devido às suas próprias naturezas estruturais.

L: comprimento do fio imerso no campo magnético, em metros

Lcs: Indutância elétrica equivalente do Cms, em henri

Ms: Massa total móvel do cone

Mmd: Massa do diafragma, em gramas

Mms: massa mecânica móvel do alto-falante mais a carga de ar que ele desloca. É dada em Kg

n0 rendimento de referência de um alto-falante. O "no" indica a relação entre potência acústica produzida pelo falante e potência elétrica aplicada. Podemos perceber que os alto-falantes são, na verdade, grandes geradores de calor, uma vez que a maioria dos falantes tem rendimento em torno de apenas 1%.

p (rho): Densidade do ar 1.18 kg/m^3

Pa: Potência acústica

Pe: Potência elétrica

Potência Nominal: Potência eficaz, medida segundo a norma NBR 10303. Aplica-se sinal de ruído rosa, com potência RMS no alto-falante, em câmara anecóica ou semi-anecóica durante 2 horas. O alto-falante não pode apresentar nenhum tipo de problema.

Potência Musical: Potência em Watt que o alto-falante deve suportar em regime de programa musical por tempo indeterminado. Admite-se distorção máxima de 5% do amplificador.

Q: Amortecimento relativo do falante

Qa: Q do sistema no Fb, devido a perdas por absorção, adimensional

Qec: Q do sistema na ressonância (Fc), devido a perdas elétricas, adimensional

Qms: Fator de qualidade mecânico para fs ao ar livre, considera apenas as perdas mecânicas, quanto maior o valor de Qms, menos flexível será o conjunto móvel.

Qes: Fator de qualidade elétrico para fs ao ar livre, considera apenas as perdas elétricas, quanto menor o valor de Qes, maior a força dinâmica do sistema eletromagnético.

Qts: Fator de qualidade total (mecânico e elétrico), indica o tipo de subwoofer.

Ex: Qts abaixo de 0.5 indica que o alto-falante é apropriado para caixa acústica, não devendo ser instalado em tampão. (carga acústica baixa).

Qts acima de 0.5 indica que o alto-falante é do tipo [Free Air](#), recomendado para utilização em tampão (carga acústica baixa) e em vários sistemas de caixas acústicas.

R: Ondulação do sinal, in dB

Ras: Acusticamente equivalente ao RMS

Re ou Res: Resistência ohmica DC, próxima e inferior a impedância nominal do alto-falante, e que pode ser medida por um ohmímetro. Não confunda: esta é uma medição de resistência, e não de impedância.

Revc: resistência DC da bobina, em Ohms

Sd: Área efetiva de irradiação sonora do falante, cone, em metros quadrados

SPLo Sound Pressure Level, usualmente medido a 1 watt, por 1 metro na frente ao falante

Sensibilidade: Quanto maior a sensibilidade, maior o nível de pressão sonora obtido com a mesma potência.

Vas: Volume equivalente de ar que tem a mesma compliância do sistema de suspensão do alto-falante (volume acústico do alto-falante). Grandes valores de Vas pedem grandes volumes [nas](#) caixas acústicas. O volume Vb da caixa acústica depende também do Qts e Fs. Ao utilizar volumes de caixa menores que os especificados, modifica-se a resposta de frequência, geralmente reforçando uma certa região dos graves, aumentando o Fb e também a excursão do cone do alto-falante.

Vb: Volume interno líquido da caixa acústica, oferecido ao alto-falante. O valor de Vb influi na resposta de graves, na frequência de corte F3, na de sintonia Fb e no deslocamento do cone.

Vd: Máximo volume deslocado pelo falante (produto de Sd pelo Xmax), em metros

cúbicos

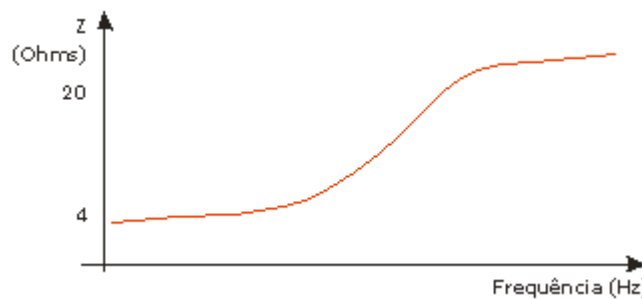
X_{máx}: deslocamento máximo que a bobina apresenta mantendo a mesma quantidade de fio dentro do gap do falante.

Associação de falantes

Resistência é a propriedade elétrica de impor resistência à passagem de corrente elétrica. Essa resistência pode ser medida, sendo sua unidade o Ohm e não varia com a frequência do sinal.

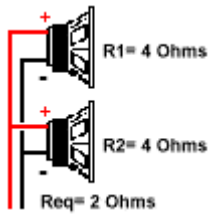
Mas a **Impedância** é definida como a resistência à passagem de corrente, que varia com a frequência do sinal que é aplicada.

O Alto-falante, devido a sua construção interna, possui uma bobina que é um fio geralmente de cobre esmaltado enrolado em um cilindro de papel, alumínio, etc, Esta bobina funciona como um indutor, portanto sua impedância varia com a frequência. Para um SubWoofers temos aproximadamente o seguinte gráfico de impedância.



Impedância de um Subwoofer em relação a frequência

Falantes em paralelo



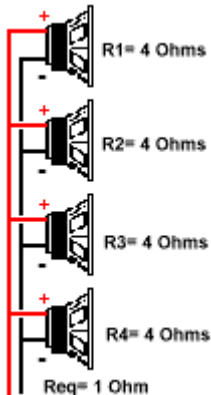
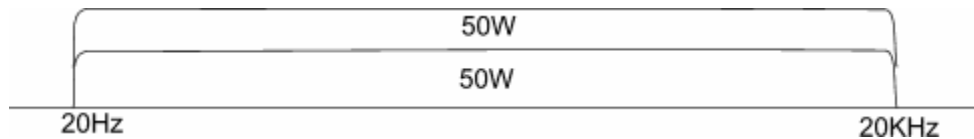
Se você associou vários falantes da seguinte forma (falantes em paralelo) sem o uso de qualquer tipo de crossover estará mandando toda a faixa de frequência para ambos os falantes, assim a impedância que o

amplificador "enxerga" é o paralelo dos dois:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot 4}{4 + 4} = \frac{16}{8} = 2\Omega$$

Nesse caso podemos notar que se dois falantes de mesma impedância forem colocados em paralelo, basta dividir a impedância de um deles pra saber o resultante final. Nesse exemplo $4 / 2 = 2$ Ohms. Se tivermos dois falantes de 8 Ohms o resultante será 4 Ohms.

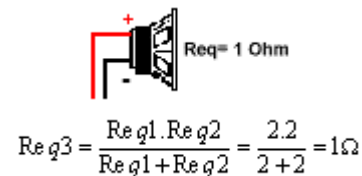
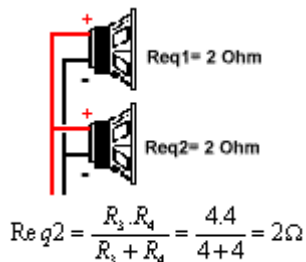
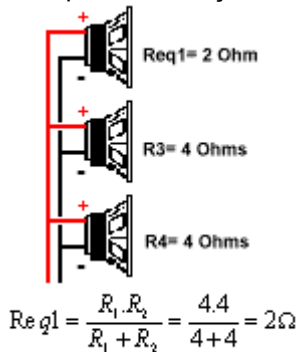
Se tivermos um amplificador que forneça 50W em 4 Ohms ou 100W em 2 Ohms essa potência será dividida igualmente e teremos cada falante reproduzindo 50W:

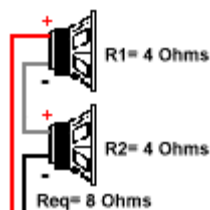


Para 3 ou mais falantes a impedância equivalente é:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$$

ou pela associação dois a dois





Falantes em série

A associação série consiste em ligar os falantes da seguinte forma:

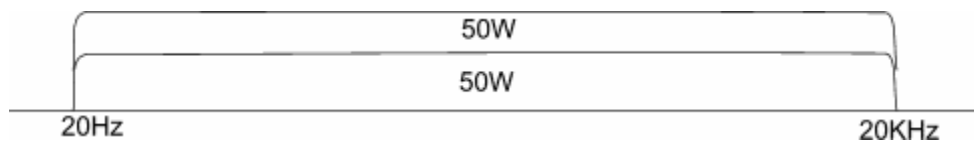
Sua impedância equivalente é a soma das impedâncias de cada falante:

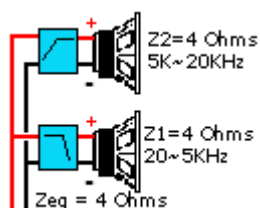
$$R_{eq} = R_1 + R_2 = 4 + 4 = 8 \text{ Ohms}$$

Para 3 ou mais falantes é só somar todas as impedâncias.

Nesse caso o sinal é mandado para ambos os falantes mas a impedância final é maior que na ligação paralela, portanto não há problema para o amplificador. A desvantagem é que não estaremos obtendo toda a potência que o amplificador pode fornecer que normalmente é em 4 ou 2 Ohms finais.

Se tivermos um amplificador que forneça 200W em 4 Ohms ou 100W em 8 Ohms, essa potência será dividida igualmente e teremos cada falante reproduzindo 50W, como no caso dos falantes em paralelo, a diferença é que para conseguirmos 50W em cada falante, foi necessário um amplificador que forneça 200W em 4 Ohms enquanto que no caso paralelo era preciso um amplificador de 50W em 4 Ohms:





Falantes com bobina dupla

A associação das bobinas procede da mesma forma que dois falantes independentes. Podendo ser ligados em série ou paralelo.

Existe a opção de ligar cada bobina em canais diferentes de um amplificador, neste caso as bobinas devem estar reproduzindo a mesma "música", pode-se utilizar cabos em "Y" para alimentar os dois canais do amplificador. Caso as duas bobinas estejam tocando músicas de canais diferentes (esquerdo e direito por exemplo), pode ocorrer que cada bobina "queira ir pra lados opostos" causando a ruptura da bobina.

Falantes em paralelo com filtros passivos

Caso você esteja utilizando um crossover para dividir a frequência a ser usada em cada falante, estaremos com a seguinte configuração:

Cada falante estará recebendo uma faixa de frequência: midbass 20 a 5KHz e tweeter de 5K a 20KHz, bem diferente do esquema paralelo anterior aonde todos os falantes recebiam toda a faixa de frequência (20 a 20KHz).

Nessa nova configuração o amplificador "enxerga" a impedância conforme a faixa de frequência:

20 a 5K Hz	$Z_1 = 4 \text{ Ohms}$
5K a 20K Hz	$Z_2 = 4 \text{ Ohms}$

Um amplificador fornece potência para o alto-falante, mas para entendermos melhor, precisamos saber de onde vem essa potência.
Pela fórmula elétrica:

$$P = V * I$$

$$R = \frac{V}{I}$$

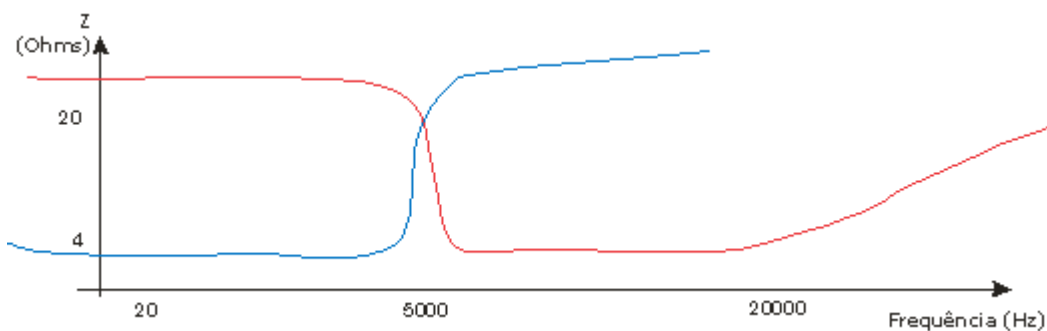
$$I = \frac{V}{R}$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

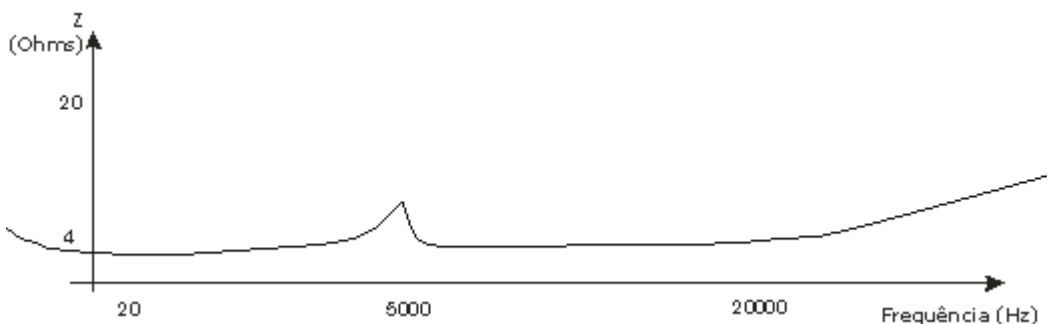
P = potência [Watts]
V = tensão [Volts]
I = corrente [Amperes]
R = Resistência [Ohms]

Notamos que a potência é inversamente proporcional a resistência. No nosso caso a impedância do alto-falante. Mantendo a tensão constante, se aumentarmos a impedância, a potência cai, se diminuirmos a impedância a potência sobe. Para o amplificador fornecer 100W a 4 Ohms, ele terá que fornecer 20Volts.

É importante estudarmos a curva de impedância do falante para entendermos como é distribuída a potência nos falantes. Abaixo você vê em azul a curva de impedância do midbass visto pelo amplificador. Na faixa de frequência que ele atua, tem impedância de 4 Ohms enquanto que fora dessa faixa, o filtro passa-baixa aplicada faz com que sua impedância suba a mais de 20 Ohms.

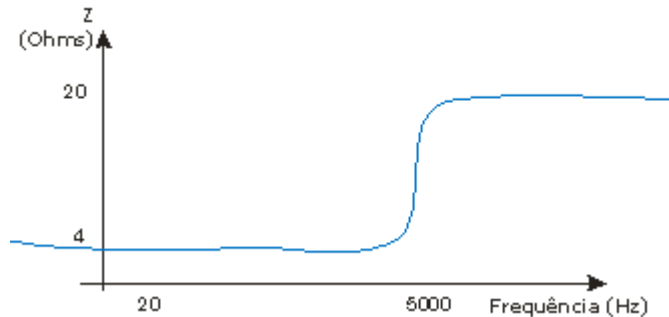


A curva de impedância resultante vista pelo amplificador seria parecido com esta:



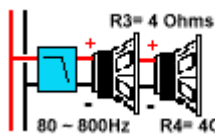
Então podemos deduzir que em toda a faixa de frequência audível (20 a 20KHz) a impedância está perto de 4 Ohms, portanto o amplificador estará fornecendo 100W.

Vamos estudar um pouco a curva de impedância do midbass vista pelo amplificador:



Vamos supor agora que estamos aplicando uma frequência fixa de 50Hz, a impedância neste ponto é de 4 Ohms e a tensão é de 20 Volts. Aplicando a fórmula da potência descrita acima. $P = (V^2) / Z$ descobrimos que a potência é de 100W. Agora supondo que aplicamos uma frequência de 8KHz, a impedância é de 20 Ohms, a tensão continua sendo os mesmos 20 Volts, então a potência será de 20 Watts.

Sabemos que a potência máxima será dada pela tensão máxima ou pela impedância mínima. Já estamos trabalhando na tensão máxima que é de 20 Volts, então a máxima potência fornecida será na menor impedância que é de 4 Ohms, isto é, 100Watts.



Agora, e se você tiver dois midbass "pendurados" no crossover? - Primeiramente o falante deve obedecer a impedância de trabalho do filtro. (Ou o filtro deve ser construído para uma determinada impedância). Se o filtro foi desenvolvido para ter uma frequência de corte f_c utilizando falante de 4 Ohms, a utilização de um falante de 8 ou 2 Ohms modificará a frequência de corte do crossover!!!

Para sabermos a impedância resultante de 2 falantes de 4 Ohms, utilizamos a fórmula

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot 4}{4 + 4} = \frac{16}{8} = 2\Omega$$

genérica:

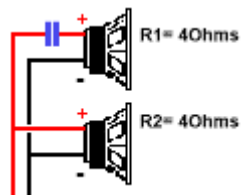
Mas como sabemos que os 2 falantes são iguais, basta dividir a impedância por 2, isto é, $4/2 = 2$ Ohms.

Nesse caso o amplificador estará "enxergando"

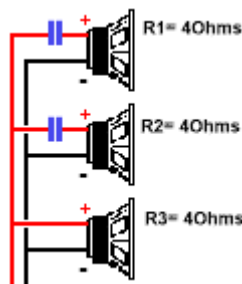
5K a 20K Hz $R_1 = 4$ Ohms

20 a 5K Hz $R_2 = 2$ Ohms

E os **coaxiais** e **triaxiais**? Onde os filtros utilizados são meramente capacitores em série com o falante. A configuração mais comum é a seguinte:



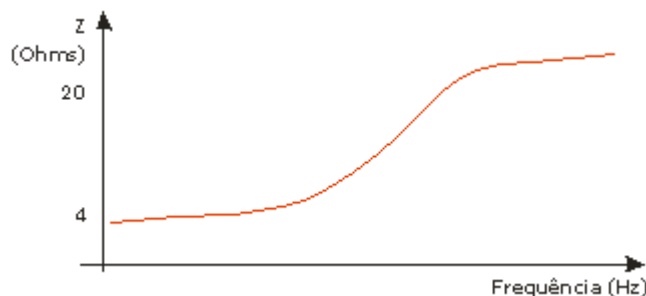
Coaxial:
 5K a 20K Hz ~ Req1 = 2 Ohms
 20 a 5K Hz ~ Req2 = 4 Ohms



Triaxial:
 20 a 1K Hz ~ Req3 = 4 Ohms
 1K a 5K Hz ~ Req1 = 2 Ohms
 5K a 20K Hz ~ Req2 = 1,34 Ohms!! ?
 Certo? Errado!!!!

Vamos por parte, no Coaxial o Req1 (para os agudos) é 2 Ohms porque o amplificador "enxerga" que as altas frequências estão indo tanto para o R2 (woofer) quanto para o R1 (tweeter) que estão em paralelo, então para essa faixa de frequência a impedância é maior ou igual a 2 Ohms. No caso do triaxial a mesma coisa, o amplificador "enxerga" que a faixa de frequência alta está indo para os três falantes, portanto "enxerga" a associação em paralelo dos três falantes. Mas....

Devemos levar em conta que o woofer não reproduz muito bem as altas frequências porque sua impedância é naturalmente alta para altas frequências. A curva da impedância vs. frequência é aproximadamente:



Portanto em altas frequências a impedância a ser considerada no woofer, midbass e midrange deve ser maior que o valor nominal (4 Ohms geralmente) Assim na faixa de 5K a 20KHz o amplificador vai com certeza "enxergar" uma impedância maior que 2 Ohms, portanto pode ficar tranquilo com os triaxiais.

Impedância X Resistência

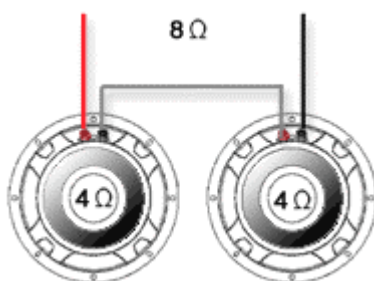
A resistência é a dificuldade que uma corrente elétrica contínua tem ao passar por um componente e a Impedância é a resistência à corrente variável em frequência portanto a impedância varia com a frequência também.

Associação de Subwoofers Bobina simples.

Podemos associar dois subwoofers em paralelo ou em série.

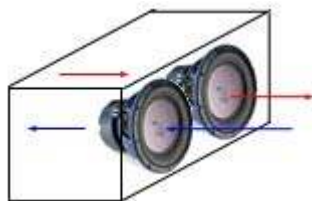
Associação em série.

Consiste em ligar um terminal de um sub no polo oposto do outro, isto é, o polo positivo(vermelho) de um, no polo negativo(preto) do outro (ou vice-versa), afim de termos um polo positivo e outro negativo sobrando como mostra a figura abaixo:



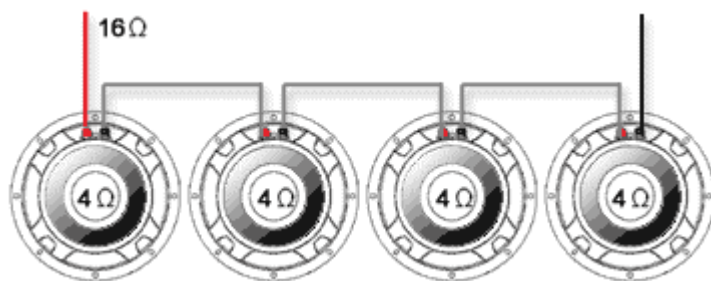
(ligação série de 2 subwoofers)

Se você ligar polo positivo com polo positivo e utilizar os polos negativos (ou vice-versa), os cones de cada subwoofer se deslocarão em sentidos opostos causando o cancelamento de ondas sonoras, pois um força o ar para frente enquanto que o outro força o ar para trás resultando em deslocamento zero (supondo os subwoofers virados para um mesmo lado).



(cancelamento sonoro por deslocamento oposto)

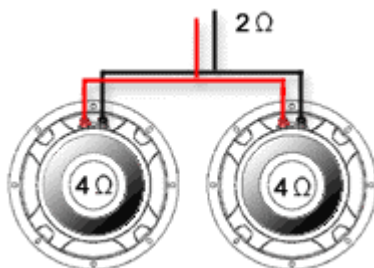
A impedância equivalente medida nos 2 terminais, será a soma das impedâncias. A regra de soma vale para mais de 2 subwoofers ligados em série.



(ligação de subwoofers em série)

Associação em paralelo.

Consiste em ligar polo positivo(vermelho) no polo positivo(vermelho) de outro subwoofer e o polo negativo(preto) do primeiro no polo negativo do segundo como mostra a figura abaixo:



(ligação em paralelo de 2 subwoofers)

Supondo que os dois subwoofers possuam a mesma impedância, o equivalente do conjunto será a metade da impedância dos subs. No nosso exemplo, os 2 subwoofers são de 4 Ohms e a impedância equivalente é de 2 Ohms.

Mas a regra geral para mais de um subwoofer é:

$$R = (R1 * R2) / (R1 + R2)$$

ou para mais subwoofers:

$$R = (R1 * R2 * R3 * R4 * ...) / (R1 + R2 + R3 + R4 + ...)$$

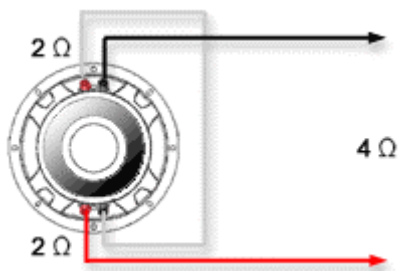
Associação de Subwoofers bobina dupla

Observando um subwoofer de bobina dupla, notamos que ele possui 4 terminais (2 positivos(vermelho) e 2 negativos(preto)), internamente ele é composto por 2 bobinas independentes montadas em um suporte em comum. Podemos aproximar o subwoofer B.D. (bobina dupla) a 2 resistores.

Portanto podemos ligar um subwoofer B.D. em paralelo ou em série com ele mesmo ou em conjunto com outro subwoofer B.D. sempre levando em conta a polaridade.

Ligando as bobinas de um subwoofer B.D. em série.

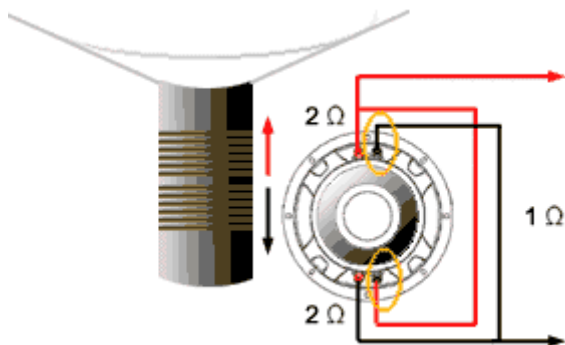
Liga-se polo positivo no polo negativo da outra bobina, sobrando o polo negativo da primeira bobina e o polo positivo da segunda bobina:



(ligação série de um subwoofer bobina dupla)

O resultado é um subwoofer com impedância igual a soma das impedâncias das bobinas e potência total igual à soma das potências suportadas por cada bobina.

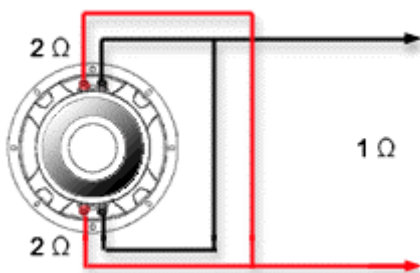
Se você ligar polo positivo de uma bobina com polo negativo da outra bobina e também o polo negativo de um com o polo positivo do outro (como na figura abaixo), as bobinas se deslocarão em sentidos opostos causando o descolamento das mesmas sobre o suporte cilíndrico, travando o cone do subwoofer por dano, possivelmente por descolamento do fio da bobina.



(deslocamento contra por ligação errada)

Ligando as bobinas de um subwoofer B.D. em paralelo.

Basta ligar polo positivo de uma bobina com o polo positivo da outra bobina e polo negativo de uma bobina com o polo negativo da outra bobina, o resultado é um sub com impedância equivalente à metade da impedância de uma das bobinas (quando iguais) e potência equivalente ao dobro da potência suportada por cada bobina.



(ligação em paralelo de um subwoofer bobina dupla)

A ligação de um polo positivo no polo negativo e polo negativo no polo positivo da outra bobina também causará o deslocamento inverso das bobinas no interior do sub, danificando-o.

Para utilização com outros subwoofers podemos simplificar os cálculos agrupando em conjuntos pequenos e calculando aos poucos.

Ex: Temos 2 subwoofers B.D. cada uma com 2 bobinas de 4 Ohms e quero ligá-los em um amplificador de 2 canais bridge com impedância mínima de 4 Ohms

1ª opção:

$$(4 + 4) // (4 + 4) = (8) // (8) = 4 \text{ Ohms}$$

ligando em série as bobinas de um sub, fazendo o mesmo com outro sub e colocando em paralelo os dois subwoofers

2ª opção:

$$(4 // 4) + (4 // 4) = (2) + (2) = 4 \text{ Ohms}$$

ligando em paralelo as bobinas de um subwoofer, fazendo o mesmo com o outro sub e ligando em serie os dois subwoofers.

"//" indica a ligação em paralelo.

O resultado é igual para ambos os casos:

Impedância final de 4 Ohms e potência igual a soma das potências.

Qual a distribuição de potência nos subwoofers?

Vamos utilizar como exemplo um amplificador que gera :

100 W RMS em bridge a 8 Ohms ou;

200 W RMS em bridge a 4 Ohms ou;

400 W RMS em bridge a 2 Ohms;
Vamos fazer algumas experiências.

- 1o) Ligando dois SubWoofers de 4 Ohms em série teremos **8 Ohms** como impedância equivalente e o amplificador irá gerar 100 W RMS que serão distribuídos para os 2 SubWoofers, portanto 50 W para cada SubWoofers;

- 2o) Ligando em bridge **apenas um** SubWoofers de **4 Ohms** teremos 200 W RMS no Sub;

- 3o) Ligando dois SubWoofers de 8 Ohms em paralelo teremos **4 Ohms** de impedância equivalente e o amplificador irá gerar 200 W RMS que serão distribuídos para os Subs, portanto 100 W para cada Sub.

- 4o) Ligando dois SubWoofers de 4 Ohms em paralelo teremos **2 Ohms** de impedância equivalente e o amplificador irá gerar 400 W RMS que serão distribuídos para os Subs, 200 W para cada Sub.

- 5o) Ligando 4 SubWoofers de 2 Ohms da seguinte forma:
2 Sub em série em paralelo com outros 2 Subs em série ($(2 + 2) // (2 + 2)$). Impedância equivalente de **2 Ohms**. Fará com que o amplificador forneça 400 W distribuídos para os 4 Subs. 100 W para cada Sub.

Divisores de frequência



Os divisores de frequências são utilizados para separar as frequências que interessam a um determinado tipo de alto-falante, ou seja, um médio-grave deve receber apenas frequências compreendidas na faixa de 80 a 5000 Hz, neste caso temos de utilizar um divisor de frequências que limite em 80 e 5000 Hz a resposta em frequência.

Para isso são utilizados os filtros que podem ser ativos ou passivos.

:: **Ativos** - são compostos de circuitos eletrônicos;

:: **Passivos** - são compostos de capacitores e indutores.

A vantagem do divisor ativo é que ele não acarreta perdas. Isso ocorre pelo simples fato de que o corte é sempre feito antes do amplificador, ou seja, não existe nenhum componente que faz com que a tensão de saída do amplificador seja dividida.

Já no caso do passivo existem perdas, as quais se devem ao fato de o capacitor e o indutor possuírem reatâncias. Como são utilizados após a saída do amplificador e antes do alto-falante, eles acabam fazendo com que a tensão de saída do amplificador seja dividida.

Os divisores de frequências são utilizados também como uma espécie de proteção para alguns alto-falantes, como no caso dos tweeters, médios, médio-graves, drivers, etc. Isso porque muitos destes alto-falantes não podem ser submetidos a baixas frequências, pois isso acarretaria um excesso de excursão, o que com certeza poderia causar uma possível distorção sonora e até mesmo um rompimento da suspensão.

Um divisor de frequências possui sempre uma taxa de atenuação, que varia de acordo com os componentes que são utilizados. Por exemplo:

1 capacitor - 6 dB

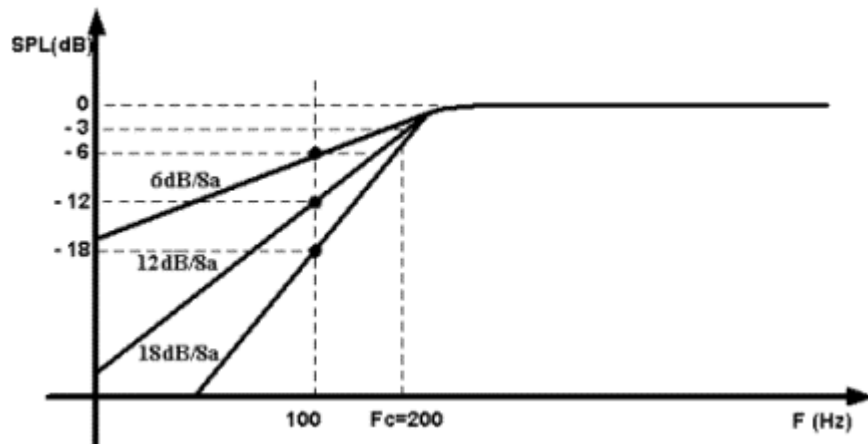
1 indutor - 6 dB

1 capacitor + 1 indutor - 12 dB

2 capacitores + 1 indutor - 18 dB

2 indutores + 1 capacitor - 18 dB

Como podemos ver, à medida que aumentamos a quantidade de componentes, aumentamos também a taxa de atenuação do divisor. Essa taxa é exatamente o quanto o corte será preciso. Isso podemos observar na figura abaixo:



Os valores de corte dos divisores de frequências passivos são calculados de acordo com as seguintes fórmulas:

Passa alta
$$F_c = \frac{1}{6,28 \times C \times Z}$$

Passa baixa
$$F_c = \frac{Z}{6,28 \times L}$$

Para facilitar, abaixo há duas tabelas com os principais valores utilizados:

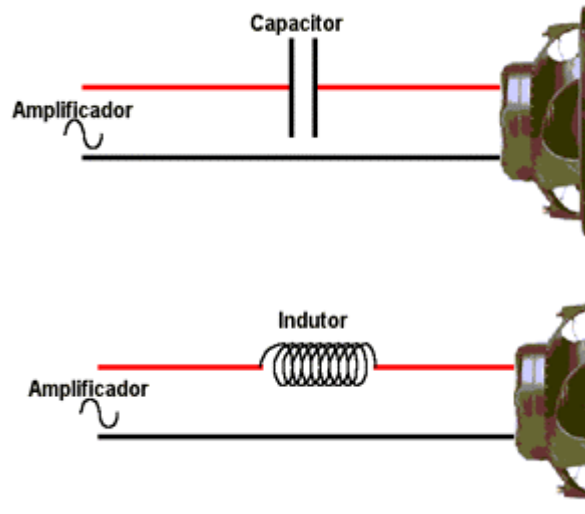
Tabela para cortes de frequência 6 dB / oitava						
Frequência	2 ohms		4 ohms		8 ohms	
Hz	Capacitor (μF)	Indutor (mH)	Capacitor (μF)	Indutor (mH)	Capacitor (μF)	Indutor (mH)

80	1000	4.1	500	8.2	250	16
100	800	3.1	400	6.2	200	22
130	600	2.4	300	4.7	150	10
200	400	1.6	200	3.3	100	6.8
260	300	1.2	150	2.4	75	4.7
400	200	0.8	100	1.6	50	3.3
600	133	0.5	68	1.0	33	2.0
800	100	0.41	50	0.82	25	1.6
1000	78	0.31	39	0.62	20	1.2
1200	68	0.25	33	0.51	15	1.0
1800	47	0.16	22	0.33	10	0.68
4000	22	0.08	10	0.16	5	0.33
6000	15	0.05	6.8	0.10	3.3	0.20
9000	10	0.03	4.7	0.07	2.2	0.15
12000	6.8	0.02	3.3	0.05	1.6	0.10

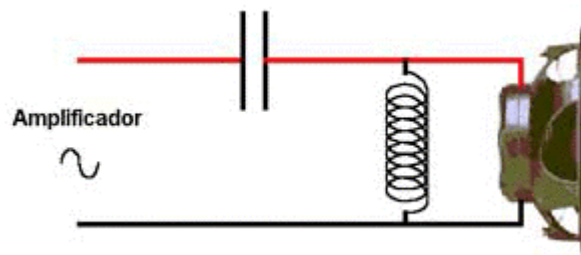
Tabela para cortes de frequência 12 dB / oitava

Frequência	2 ohms		4 ohms		8 ohms	
Hz	Capacitor (µF)	Indutor (mH)	Capacitor (µF)	Indutor (mH)	Capacitor (µF)	Indutor (mH)
80	700	5.6	330	11	180	22
100	500	4.5	270	9.1	150	18
130	470	3.5	150	6.8	100	15
200	330	2.3	100	4.7	75	9.1
260	220	1.7	68	3.6	50	6.8
400	140	1.1	47	2.2	33	4.7
600	100	0.75	33	1.5	26	3.0
800	68	0.56	27	1.0	15	2.0
1000	55	0.45	22	0.91	13	1.8
1200	47	0.38	15	0.75	11	1.5
1800	33	0.25	6.8	0.50	6.8	1.0
4000	15	0.11	4.7	0.22	3.3	0.47
6000	10	0.075	6.8	0.15	2.2	0.33
9000	6	0.050	3.3	0.10	1.5	0.20
12000	4.7	0.038	2.2	0.07	1.0	0.15

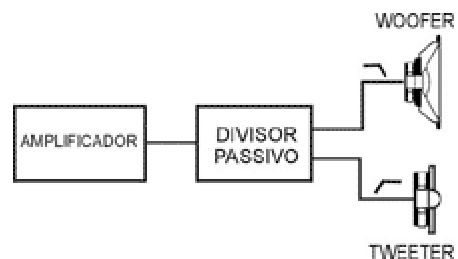
Os divisores com atenuação de 6 dB/oitava devem ser ligados conforme esquema a seguir:



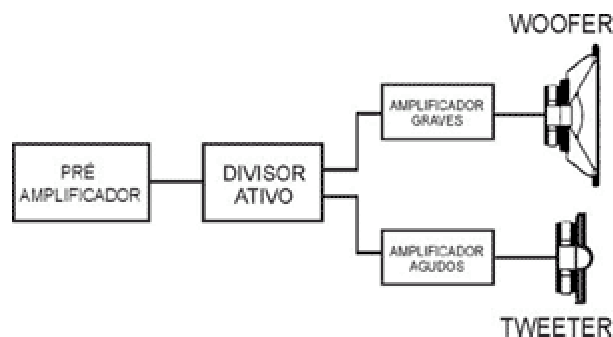
Já os divisores com atenuação de 12dB/oitava devem ser ligados desta forma:



O divisor de frequências passivo é um circuito eletrônico constituído por indutores, capacitores e resistências e que deve ser instalado entre o amplificador e o alto-falante e que tem como função atuar como um filtro, deixando passar as frequências adequadas para cada tipo de alto-falante e bloqueando as outras.



O divisor de frequência ativo é um circuito eletrônico composto por transistores, capacitores e resistores e que deve ser instalado entre a fonte de sinal e o amplificador. Semelhantemente ao divisor passivo, também executa a tarefa de filtrar as frequências indesejáveis deixando passar só aquelas adequadas àquele particular alto-falante. O divisor de frequências ativo apresenta as vantagens de ser mais eficiente, menos volumoso e geralmente mais econômico porém tem a desvantagem de exigir um amplificador separado para cada alto-falante.



Como parâmetros mais importantes dos divisores podemos citar:

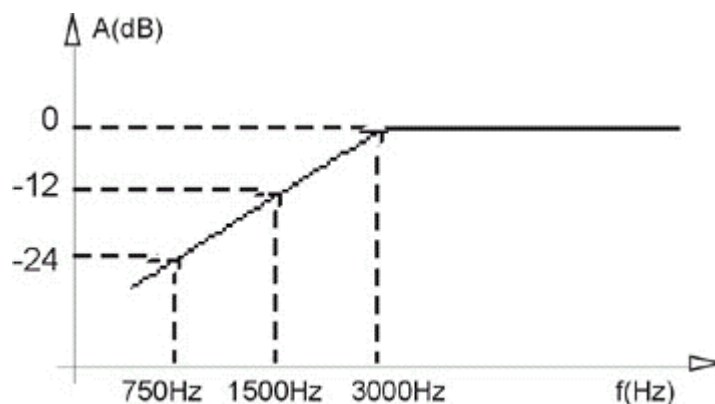
Frequência(s) de corte.

São as frequências que determinam a faixa que será enviada ao alto-falante.

Atenuação.

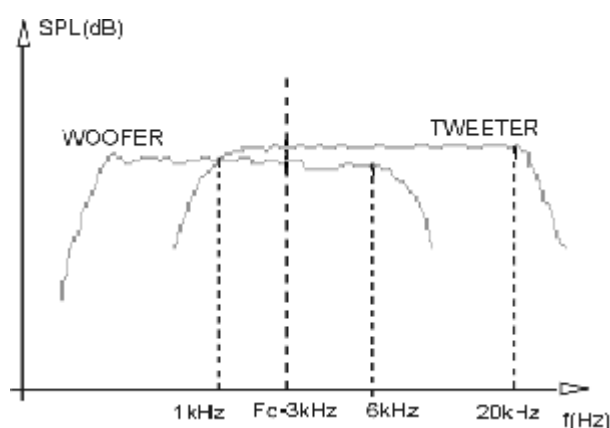
É o grau de atenuação (geralmente especificado em dB/oitava) a que estão sujeitas as frequências fora da faixa passante.

Como exemplo, um divisor de frequências tipo “passa-altas” (adequado para ser ligado a um tweeter) com frequências de corte de 3000 Hz e atenuação de 12 dB / oitava, deixará passar todas as frequências acima de 3000 Hz, e atenuará as frequências abaixo de 3000 Hz à razão de 12 dB para cada oitava (uma oitava é representada por duas frequências uma o dobro da outra). Assim na frequência de 1500 Hz teremos uma atenuação de 12 dB e na de 750 Hz 24 dB.



O gráfico da página anterior mostra a curva de atenuação de um divisor passa-alta com frequência de corte 3000Hz e atenuação 12dB/oitava.

Existem inúmeras topologias adequadas para divisores de frequências passivos tais como Butterworth, Bessel, Chebyshev e LinkwitzRiley, cada uma com características específicas de atenuação e fase. O cálculo dos componentes do divisor de frequências é geralmente feito com o auxílio de softwares específicos e deve levar em conta os parâmetros dos alto-falantes ao qual será ligado. O alto-falante sendo um circuito complexo com comportamento capacitivo, resistivo ou indutivo de acordo com a frequência do sinal, acaba fazendo parte do divisor, que não pode portanto ser calculado por fórmulas que considerem o alto-falante como um resistor fixo. Os valores reais da impedância e fase de cada alto-falante devem ser considerados no cálculo, que portanto necessita geralmente do auxílio de um computador para o correto dimensionamento dos valores dos componentes do divisor.



Também é muito importante a escolha correta da(s) frequência(s) de corte, levando em conta tanto a faixa de resposta em frequência de cada alto-falante bem como a sua diretividade. Por exemplo, no cálculo de um divisor de frequências de 2 canais (woofer + tweeter), o woofer deve ser capaz de responder pelo menos uma oitava acima da frequência de corte e o tweeter cerca de 1,5 oitavas abaixo. Se a frequência de corte escolhida for, por exemplo, 3 kHz, o woofer deve responder até 6 kHz e o tweeter até 1 kHz.

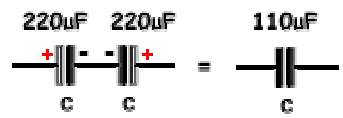
Considerações de potência máxima, principalmente no caso do tweeter, devem ser também levadas em conta. Outro fator que influi na escolhas da(s) frequência(s) de corte é a diretividade dos alto-falantes. O corte do woofer deve ocorrer no ponto em que ele passa a se comportar de maneira direcional, de modo a manter a diretividade da caixa acústica dentro de limites aceitáveis.

A realização prática dos divisores de frequências também tem grande influência na qualidade do som emitido pela caixa acústica. Os indutores devem apresentar baixa resistência ôhmica (principalmente os que são ligados em série com os alto-falantes) e não devem apresentar saturação magnética do núcleo mesmo nas potências máximas. Neste particular, o uso de indutores de núcleo de ar é aconselhável, mesmo levando em conta o seu maior volume e custo. Os capacitores devem ser idealmente do tipo de filme plástico (poliéster ou polipropileno) porem nas seções de baixa frequência podem ser

alternativamente usados eletrolíticos bipolares. Tolerâncias estreitas nos valores dos componentes também são recomendáveis, visando manter a frequência de corte o mais próximo possível dos valores teóricos.

A disposição dos componentes na placa de circuito impresso também é muito importante, principalmente no caso dos indutores, que geram fluxos magnéticos. Devem ser posicionados o mais longe possível um do outro e com seus eixos perpendiculares.

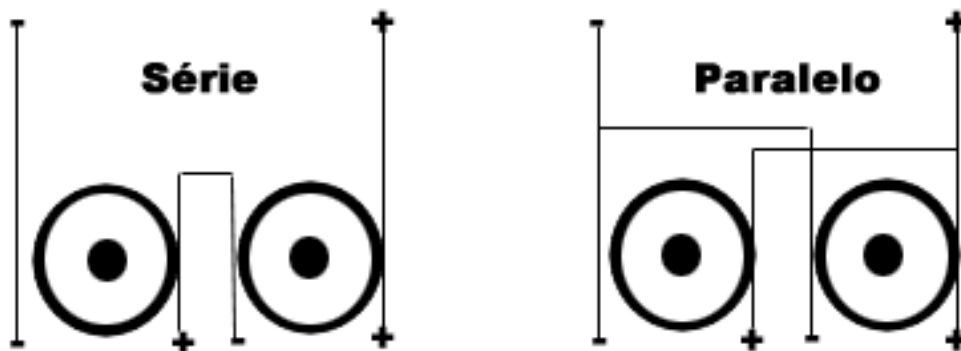
Capacitores como filtro passa-alta

- - **Pra quê?** Usando capacitores em série com o alto-falante, eles funcionarão como filtro-passa alta, eliminando um pouco das baixas frequências (sons graves) que podem ser prejudiciais para falantes pequenos causando distorção quando o "volume" do som está alto. Sub-graves exigem grandes deslocamentos do cone podendo causar descolamento do cone ou batida da bobina do falante, para melhor reproduzir essa gama de frequência é necessário um subwoofer.
 - Utilize um capacitor de preferência **despolarizado** ligado em série em cada Coaxial que vai na parte frontal do veículo para cortar as baixas frequências, evitando excesso de distorção nos falantes.
- - **Como?** Caso você tenha somente **capacitores eletrolíticos** (com polaridade positiva e negativa) saiba "**despolarizá-los**" ligando os terminais negativos de dois capacitores eletrolíticos iguais e usando os terminais positivos para interligar o amplificador e o alto-falante. Agora você tem um capacitor "despolarizado", mas com **metade** do valor !
Ex: ligando dois capacitores eletrolíticos de 220uF 50Volts em série (terminal negativo com negativo) você terá um capacitor despolarizado equivalente a 110uF 100Volts.
- - Seu valor pode variar de 50 uF a 250 uF (microFarads) com tensão superior a 50 Volts, com isso, o corte de frequência (passa-alta) varia de +/- 460 Hz a 160 Hz respectivamente.
- - **Ex:** Se você colocar um capacitor de 100uF em série com um coaxial de 4 Ohms, você terá um filtro passivo passa-alta de atenuação 6dB/oitava com frequência de corte em 400Hz (isto é, atenuação de 6dB em 200Hz = uma oitava).
- - Atenção: para falantes com impedâncias diferentes deve-se consultar a tabela de componentes para crossovers.

Tipos de Ligação

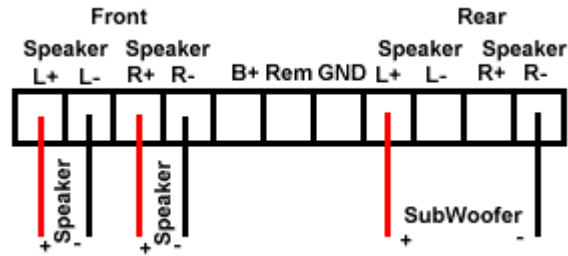
Existem 2 tipos de ligação:

- Série**
- paralelo**



Ligação Bridge

- Consiste em ligar o positivo do subwoofer na saída positiva do canal esquerdo e o negativo do subwoofer na saída negativa do canal direito, ou vice-versa.
- Essa ligação não é aceita em módulos do tipo Booster
- Em alguns amplificadores é necessário mover chaves e configurar crossovers. Verifique sempre seu manual.



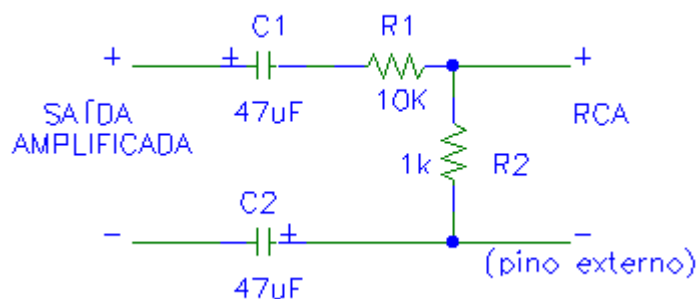
- Assim você tem uma saída mono com cerca de 3 vezes mais potência do que numa ligação comum em estéreo.
- A maioria dos amplificadores aceita uma mínima impedância de 4 Ohms nesta ligação, mas em alguns amplificadores, chamados de alta corrente, podemos ligar uma associação de SubWoofers com 0,5 Ohms podendo chegar a até 10 vezes mais de potência fornecida pelo amplificador comparando com uma ligação comum em 4 Ohms (caso do Áudio Art 100HC).
- Em alguns amplificadores como o 4.6x da Rockford Fosgate é necessário inverter a polaridade do subwoofer em relação à polaridade de saída do amplificador caso esteja utilizando crossover passa-alta para os falantes da frente e passa-baixa para o SubWoofers.
- Verifique sempre o manual do amplificador para se certificar se ele aceita este tipo de ligação e como fazer a correta ligação em modo Bridge.
- Geralmente os amplificadores MOS-FET trabalham com tensões de -28 Volts a 0 volts e 0 a +28 Volts na ligação estéreo (2 canais) e na ligação bridge (1 canal) a tensão varia de -28 a +28 Volts.

Como ligar a saída amplificadora do cd-player na entrada RCA de amplificadores?

Com este pequeno circuito, é possível fazer a conversão da impedância e tensão para entrar no amplificador

Muitos amplificadores bons, possuem somente entrada RCA (entradas de alta impedância e baixo nível de tensão com conectores RCA) e muitas vezes você quer instalar um amplificador desses com seu toca-fitas/cd-player original que possuem somente saídas

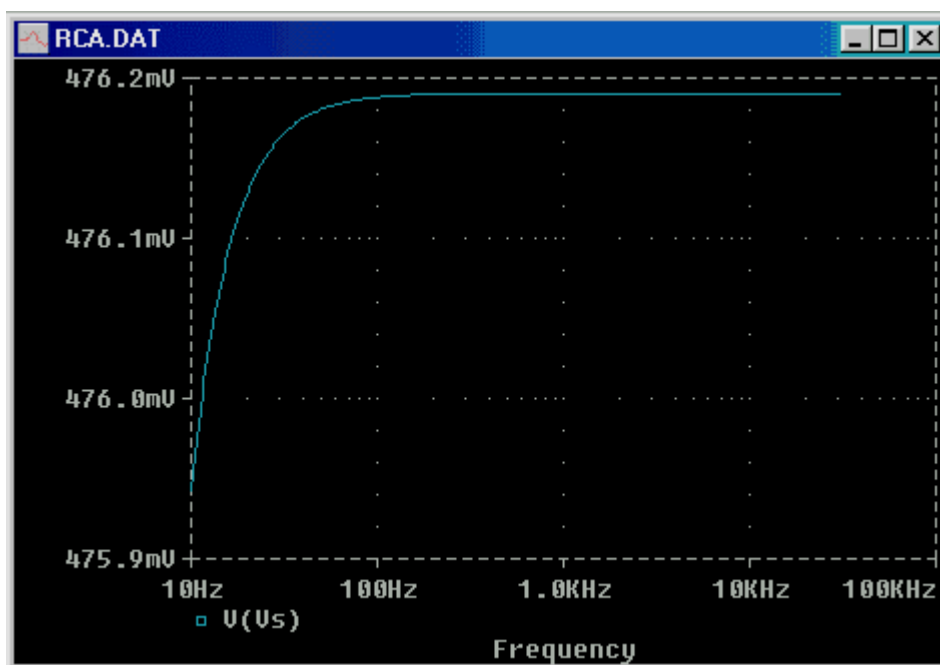
amplificadas e nada de RCA. Não podemos ligar as saídas amplificadas diretamente [nas](#) entradas RCA do amplificador, pois a saída amplificada possui baixa impedância e tensões altas, entre 2 a 8 volts, não compatíveis com a entrada RCA, o que fazemos com o circuito da figura abaixo, é atenuar esta tensão em 10 vezes e aumentar a impedância para 1K ohms, fazendo o perfeito "casamento" entre o cd-player/toca-fitas e o amplificador.



dois circuitos destes para cada cabo com par de RCA

Lista de material para um par de RCA:

- 4 capacitores de 47uF x 25 Volts
- 2 resistores de 10K 1/4 watts
- 2 resistores de 1K 1/4 watts
- 2 conectores RCA macho
- 2 conectores RCA fêmea



Acima podemos ver a simulação do circuito, ao qual foi injetado um sinal senoidal de

10Volts que variou de 10Hz a 30KHz simulando a saída amplificada do CD-Player. O sinal na saída do circuito foi atenuado e caiu para cerca de 0.5 Volts e notamos uma pequena queda de 3 miliVolts para a frequência de 10Hz que vai aumentando até estabilizar em aproximadamente 100Hz. Portanto o circuito tem uma pequena perda que pode ser imperceptível para sub-graves.

Atenção: O inverso do circuito não é válido, isto é, ligar a saída RCA do Cd-player na entrada de alto nível do amplificador utilizando este circuito invertido.

Capac. de 1 FARAD X20 V



Quando se possui um sistema de som muito forte ele acaba exigindo muito do sistema de alimentação provocando uma perda de energia na iluminação do veículo, nessas ocasiões uma boa solução é este capacitor que evita essa perda na iluminação.

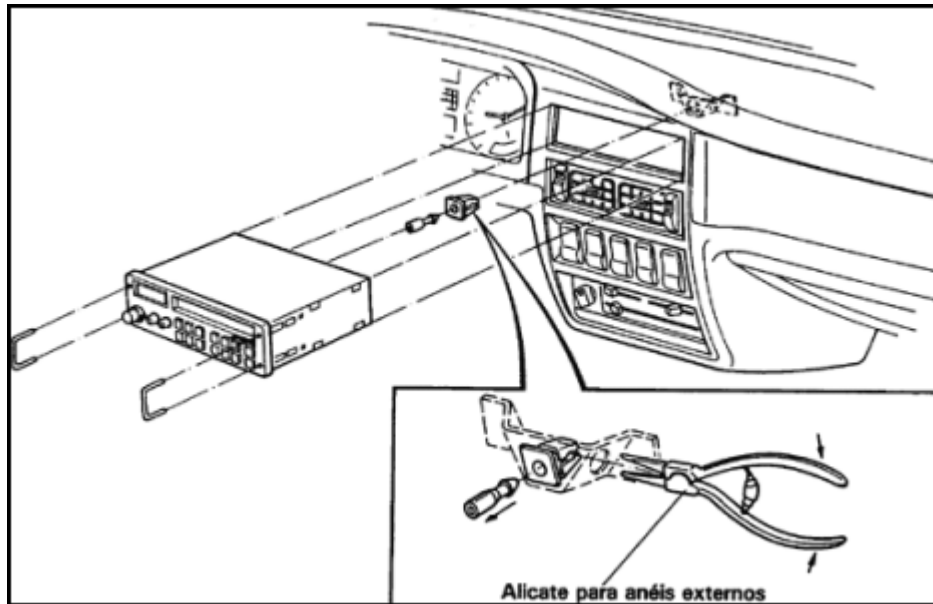
Fixação do amplificador e acabamento

- - Fixe o amplificador numa chapa de madeira 20mm (compensado, MDF, etc) encapada (carpete ou curvin) e parafusada atrás do banco ou em lateral moldada. Não coloque a carcaça do amplificador em contato com a lataria do carro.
- - Existe no mercado também laterais moldadas para amplificadores.
- - Não obstrua o acesso ao amplificador, ele deve estar bem ventilado para poder dissipar o calor gerado.
- - Para fixação de alto-falantes, tenha preferência à parafusos do tipo Philips, pois ao contrário dos parafusos normal (tipo fenda), os do tipo Philips permite maior segurança contra escapes da chave podendo furar o alto-falante.

Instalando auto-rádios, toca-fitas e cd-player – dicas

Primeiro passo: Verifique se existe fiação e conectores adequados para alimentar o aparelho de áudio. Geralmente a maioria dos veículos possuem essas fiações que

ficam localizados no mesmo compartimento onde será instalado o rádio. Caso a fiação não exista alguns cuidados deverão ser tomados.



CUIDADO: Sempre que um novo condutor elétrico for adicionado com o sistema elétrico do veículo certifique-se de desconectar o cabo negativo da bateria para evitar qualquer contato que possa provocar um curto-circuito.

Consulte o manual do carro e verifique em que parte do veículo se encontra a caixa de fusíveis de proteção ou a central elétrica e verifique em que parte deste sistema se encontra o fusível de proteção para o rádio. No local indicado pelo manual do veículo, conecte um fio de bitola 2.5mm ao terminal de saída do porta fusível, devidamente encapado e protegido com material anti-chama para maior segurança e puxe-o até o painel de instalação do rádio. Utilize condutores com capa de silicone ou similar e de cor clara para diferenciar dos demais condutores. O próximo passo você deve utilizar um condutor de cor escura e aterrará-lo num ponto da carroceria do carro de preferência sem fazer furos e não se esqueça de usar terminais para melhor segurança.

Atenção: evite passar os condutores de alimentação próximos de motores elétricos, relês e qualquer outro dispositivo que possa causar interferência e ruído no rádio.

Segundo passo: A fiação para os alto-falantes também deverão receber atenção especial assim como os fios de alimentação, pois os fios dos alto-falantes também estão sujeitos a interferência por ruído e danos mecânicos, portanto ao passar com a fiação dos falantes sob o painel do veículo tome o mesmo cuidado dado aos cabos de alimentação.

Terceiro passo: Com todos os condutores posicionados ao painel do veículo inclusive o cabo de antena, agora você irá encaixar a cinta de fixação do rádio que acompanha o aparelho, encaixando-a no painel de instrumentos e dobrando firmemente as lingüetas com uma chave de fenda ou ferramenta adequada para que

não fique solta e fazendo barulho podendo também fazer com que seus discos pulem demasiadamente (no caso de CDs).

Faça uma análise nos cabos do painel, verifique se não faltou nenhum fio e não esqueça de conectar o cabo negativo de volta a bateria para a verificação da tensão elétrica 12V nos fios que alimentarão o rádio, em seguida conecte o terminal de encaixe ao aparelho e siga as instruções das operações e funções que acompanham no manual.

Processador "Delay Time"

Os processadores "Delay Time" são muito usados em campeonatos de qualidade já que neste segmento ter um ouvido afinado conta muito e pequenos atrasos de sinal que poucas pessoas são capazes de perceber contam pontos.

Este equipamento funciona da seguinte forma, ele corrige estes atrasos para que o sinal seja emitido para os 2 ouvidos simultaneamente evitando os atrasos de sinal.

O resultado é muito satisfatório já que assim o som será reproduzido limpo, por igual e sem erros.